



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων"**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΖΥΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΕΛΕΓΧΟΣ  
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ»**

**Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή**

**Νικολάου Βαρελά Α.Μ.: 86**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Κωνσταντίνος Ψωμόπουλος, PhD, Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών  
Μηχανικών**

---

**Αθήνα, Ιούλιος 2019**



Copyright © Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
EXECUTIVE SUMMARY .....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1. ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗ .....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Μετρολογικές έννοιες.....	12
1.2.1 Ακρίβεια (accuracy) .....	12
1.2.2 Επαναληψιμότητα (Repeatability).....	12
1.2.3 Αβαιβαιότητα (Uncertainty).....	13
1.2.4 Ιχνηλασιμότητα (Traceability) .....	13
1.2.5 Γραμμικότητα (linearity).....	13
1.2.6 Υστέρηση (hysteresis).....	14
1.2.7 Βαθμονόμηση (Calibration) .....	15
1.2.8 Διακρίβωση .....	15
1.3 Μετρολογική επιτήρηση και νομική μετρολογία .....	15
1.3.1 Νομική μετρολογία και εμπόριο.....	16
1.3.2 Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας.....	17
1.3.3 R 50 Συστήματα αυτόματης ζύγισης συνεχούς αθροίσματος (ταινιοζυγοί).....	18
1.3.4 R 51 Αυτόματα όργανα ζυγίσεως.....	19
1.3.5 R 60 Μετρολογική ρύθμιση για δυναμοκυψέλες .....	19
1.3.6 R 76 Μη αυτόματα όργανα ζύγισης .....	19
1.3.7 R 111 Βάρη κλάσεων E1, E2, F1, F2, M1, M1–2, M2, M2–3 και M3 .....	19
2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΥΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	21
2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2 Εισαγωγή για το αισθητήριο μέτρησης .....	21
2.2.1 Γέφυρα Wheatstone.....	22
2.2.2 Πιεζοαντίσταση .....	24
2.2.3 Δυναμοκυψέλη .....	25
2.2.4 Σχήματα δυναμοκυψελών.....	27
2.2.5 Μετρολογικές απαιτήσεις OIML.....	32
2.3 Κυτίο σύνδεσης .....	35
2.4 Πλατφόρμες ζύγισης χύμα υλικών .....	36
2.4.1 Εισαγωγή.....	36
2.4.2 Μοντέλα ζύγισης με χοάνη.....	37
2.4.3 Γεφυροπλάστιγγες .....	42
2.4.4 Ελεγκτής βάρους (checkweigher).....	46
2.4.5 Ταινιοζυγοί (belt weighers) .....	50

2.5 Ενδείκτες ζυγιστικών συστημάτων .....	55
2.5.1 Μετρολογικές απαιτήσεις.....	55
2.5.2 Τεχνικές απαιτήσεις για όργανα αυτόματης ή ημιαυτόματης ένδειξης.....	57
2.5.3 Τεχνικές απαιτήσεις ηλεκτρονικών διατάξεων .....	59
3. ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ .....	62
3.1 Βάρη των τάξεων $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_{1-2}, M_2, M_{2-3}$ και $M_3$ .....	62
3.1.1 Μετρολογικές απαιτήσεις.....	62
3.1.2 Τεχνικές απαιτήσεις.....	65
3.1.3 Σχήμα.....	65
3.1.4 Μαγνητισμός .....	66
3.1.5 Υλικό .....	66
3.1.6 Επιφανειακές συνθήκες .....	67
3.1.7 Προσαρμογή.....	68
3.1.8 Καθαρισμός βαρών.....	69
3.1.9 Θερμική σταθεροποίηση .....	69
3.2 Προσωμοιωτές (Simulators).....	71
4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΖΥΓΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	72
4.1 Έλεγχος και δοκιμή δυναμοκυψελών .....	72
4.1.1 Συνθήκες δοκιμής OIML.....	72
4.1.2 Λανθασμένοι τροποί τοποθέτησης δυναμοκυψέλης .....	73
4.1.3 Πρεοσδιορισμός προβλήματος.....	77
4.2 Έλεγχος και δοκιμή υπόλοιπου ζυγιστικού συστήματος.....	81
4.2.1 Γενικές συνθήκες.....	81
4.2.2 Έλεγχος του μηδενός.....	83
4.2.3 Απόβαρο .....	86
4.2.4 Παράγοντες επιρροής .....	88
5. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ - ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ.....	91
5.1 Συστήματα Ποιότητας.....	91
5.2 ISO 9001.....	91
5.2.1 ISO 9001:2008.....	91
5.2.2 ISO 9001:2015.....	92
5.3 ISO 17025.....	92
5.4 Ορισμός διακρίβωσης.....	93
5.5 Διαδικασία διακρίβωσης .....	95
5.6 Αβαιβεότητα μετρήσεων .....	97
5.7 Πιστοποιητικό διακρίβωσης.....	97
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	99
7. ΟΔΗΓΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑΣ .....	100
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	102

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ .....	103
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	104
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	105

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο μελέτης αυτής της διπλωματικής είναι τα βιομηχανικά ζυγιστικά συστήματα, οι κανόνες και οι απαιτήσεις που διέπουν αυτά για να είναι εντός των συνθηκών της νομικής μετρολογίας σύμφωνα με τους διεθνείς Ευρωπαϊκούς κανόνες της ΟΙΜΛ (International Organization of Legal Metrology) και των εθνικών κανόνων του ΕΣΥΔ (Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης).

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος στο οποίο εμπεριέχονται τα κεφάλαια Διεθνές Σύστημα Μονάδων, Μετρολογικές Έννοιες, Μετρολογική Επιτήρηση, Ανάλυση Ζυγιστικών Συστημάτων και Όργανα Ελέγχου. Περιγράφονται και αναλύονται όλα όσα χρειάζεται να γνωρίζει κάποιος ο οποίος προορίζεται να ασχοληθεί με τα ζυγιστικά συστήματα εντός και εκτός βιομηχανιών.

Στο πρώτο κεφάλαιο (Διεθνές Σύστημα Μονάδων) παρατίθενται οι μονάδες του SI, κάποια ιστορικά σημαντικά στοιχεία της εξέλιξης των διεθνών συστημάτων μέτρησης. Έπειτα περιγράφονται εκείνες οι μετρολογικές έννοιες που αφορούν τα ζυγιστικά συστήματα όπως γραμμικότητα και υστέρηση. Τέλος γίνεται περιγραφή της νομικής μετρολογίας και αναφορά σε κάποια έγγραφα της ΟΙΜΛ.

Στο δεύτερο κεφάλαιο (Ανάλυση Ζυγιστικών Συστημάτων) αναλύονται τα τέσσερα απαραίτητα τμήματα ενός ζυγιστικού συστήματος. Αυτά είναι οι δυναμοκυψέλες, το κυτίο σύνδεσης των δυναμοκυψελών, τα διάφορα είδη ζυγιστικών πλατφορμών και τα ενδεικτικά συστήματα.

Στο τρίτο κεφάλαιο (Όργανα Ελέγχου) περιγράφονται τα μέσα με τα οποία κάποιος μπορεί να κάνει ελέγχους και δοκιμές των ζυγιστικών συστημάτων.

Έπειτα αφού γίνει η γνωριμία με τις αναγκαίες έννοιες για τα ζυγιστικά συστήματα σε μία βιομηχανία περιγράφονται στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής. Οι τρόποι με τους οποίους κάποιος μπορεί να κάνει πετυχημένους, σωστούς ελέγχους σε ένα ζυγιστικό σύστημα. Επίσης τι προϋποθέσεις πρέπει να πληροί έτσι ώστε να μπορεί να κάνει πιστοποίηση των ζυγών και διακρίβωση για μεγαλύτερη αξιοπιστία του ζυγού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο (Ελεγχος και Δοκιμή Ζυγιστικού Συστήματος) παρατίθενται οι συνθήκες κατά τις δοκιμές των ζυγών κατά ΟΙΜΛ, βασικοί έλεγχοι που πρέπει να γίνονται για πριν την έγκυρη διαδικασία ελέγχου και κάποιοι σημαντικοί παράγοντες επιρροής των αποτελεσμάτων ζύγισης.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο (Πιστοποίηση – Διακρίβωση) παρουσιάζονται και περιγράφονται τα συστήματα ποιότητας ISO που απασχολούν την διαδικασία διαπίστευσης των ζυγών σύμφωνα με τις οδηγίες του ΕΣΥΔ.

Στο τέλος της διπλωματικής εργασίας υπάρχουν όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν και οι κατάλογοι με τις εξισώσεις τους πίνακες τα σχήματα και τις εικόνες που εμπεριέχονται στην εργασία.

## EXECUTIVE SUMMARY

The subject of this diploma thesis is the industrial weighing rules, the rules and requirements governing them to be within the legal metrology conditions in accordance with the OIML (International Organization of Legal Metrology) international European rules and the national rules of the ESYD (National Accreditation System).

This work is divided into two main parts. The first part, includes the chapters of the International System of Units, Metrological Control, Metrological Monitoring, Weighing Systems and Control Analysis. Describes and analyzes the required knowledge about scales inside and outside industries.

The first chapter (International System of Units) lists the units of SI, some historically important elements of the evolution of international measuring systems. Then describes those metrological concepts concerning the weighing systems such as linearity and lag. In the end describes legal metrology and references to some OIML documents.

The second chapter (Analysis of Weighing Systems) analyzes the four necessary parts of a weighing system. These are the load cells, the junction box, the various types of weighing platforms and the indicator systems.

The third chapter (Controls) describes the means by which one can make checks and tests of weighing systems.

After having become acquainted with the necessary concepts for the weighing systems in an industry, the second part of the diploma thesis describes. The ways in which one can make the right ones in a weighing system Also the conditions he must meet in order to be able to certify of scale scales for greater reliability of the weighing scales.

In the fourth chapter (Testing of the Weighing System), the OIML weighing test conditions, basic tests to be performed prior to the valid control procedure and some important influence factors for the weighing results are presented.

In the fifth and final chapter (Certification - Calibration), the ISO quality systems dealing with the accreditation procedure of the weighing scales are presented and described according to ESYD instructions.

At the end of the diploma thesis there are all the sources used and the lists with their equations paint the shapes and images contained in the work.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε βιομηχανική μονάδα είτε είναι μικρή, είτε μεσαία είτε μεγάλη έχει ως στόχο την μείωση του κόστους παραγωγής και αύξηση της ασφάλειας του προϊόντος. Τα συστήματα ζύγισης χρησιμοποιούνται σε πολλές στιγμές της καθημερινότητας του ανθρώπου, από την απλή ζυγαριά, που υπάρχει σε μια οικία για να δει κάποιος καθημερινά πόσο ζυγίζει ή να μετρήσει την αναλογία των υλικών σε ένα φαγητό, μέχρι την ποσότητα των προϊόντων που αγοράζει στα σούπερ μάρκετ. Το αντικείμενο που πρέπει να ζυγιστεί μπαίνει πάνω στην επιφάνεια ζύγισης και αν απαιτείται πρέπει να πατηθεί κάποιο κουμπί. Αμέσως μετά στην οθόνη της ζυγαριάς εμφανίζεται το βάρος του αντικειμένου, όπως συνηθίζεται να λέγεται. Στην πραγματικότητα όμως αυτο που εμφανίζεται είναι η μάζα, αλλά ο πρώτος όρος αν και λανθασμένος έχει επικρατήσει στην καθημερινότητα.

Το βάρος στην πραγματικότητα είναι μια δύναμη και η μονάδα μέτρησης του στο διεθνές σύστημα είναι το Newton (N), ενώ αντίθετα οι ζυγαριές είναι βαθμονομημένες σε χιλιόγραμμα, (κιλά δηλαδή) στις υποδιαιρέσεις και τα πολλαπλάσιά τους, προγραμματισμένες να μετράνε και να απεικονίζουν το αποτελέσματα σε χιλιόγραμμα (ή αλλιώς κιλά) και σε άλλες υποδιαιρέσεις της μονάδας αυτής. Όταν για παράδειγμα ζυγίζεται ένας άνθρωπος και πάρει ένδειξη 90Kg, αυτό δεν είναι το βάρος του, αλλά η μάζα του. Και μάλιστα αν γίνει χρήση μιας ζυγαριάς με ελατήρια, η ένδειξη θα είναι ακριβής μόνο αν πραγματοποιηθεί σε μηδενικό υψόμετρο. Στο παράδειγμα αυτό το βάρος του ανθρώπου θα είναι περίπου 882,6N. Η μάζα είναι κάτι που παραμένει σταθερό με τις διακυμάνσεις της βαρύτητας και αυτό είναι το ζητούμενο από μια ζυγαριά. Σαν τελικό παράδειγμα, οι αστροναύτες παρόλο που βρίσκονται σε σημεία έλλειψης βαρύτητας και το βάρος τους είναι μηδενικό δεν σημαίνει πως έχει ελαττωθεί και η μάζα τους ή έχουν εξαφανιστεί. Το βάρος, λοιπόν, είναι η δύναμη που ασκείται στη ζυγαριά, αλλά η ζυγαριά το χρησιμοποιεί προκειμένου να μετρήσει μάζα.

Τα πρώτα ζυγιστικά μηχανήματα δημιουργήθηκαν από την ανάγκη των ανθρώπων για μέτρηση των προς πώληση προϊόντων τους στους αρχαίους χρόνους και ο δρόμος, μέχρι να φτάσουν στον συνδυασμό αυτοματοποίησής τους με μηχανήματα συσκευασίας και ελέγχου, υπήρξε μακρής. Εφευρέθηκαν κατά την ραγδαία ανάπτυξη του εμπορίου και των ανταλλαγών, καθώς οι έμποροι προσπαθούσαν να βρουν, για χύμα υλικά, έναν άλλο τρόπο μέτρησης της ανταλλακτικής αξίας των αντικειμένων τους, εκτός από τη μέτρηση κατά τεμάχιο.

Σήμερα οι τομείς του λιανεμπορίου δέχονται μεγάλες πιέσεις για την μείωση του κόστους, την άμεση απόκριση στις αλλαγές στη ζήτηση, τη διαφοροποίηση από τον ανταγωνισμό και τη διασφάλιση της ποιότητας και ασφάλειας των προϊόντων. Στο πλαίσιο της ενοποιημένης λογικής για τη διαχείριση της εφοδιαστικής τους αλυσίδας, οι αλυσίδες λιανεμπορίου ζητούν από τους προμηθευτές τους να πραγματοποιούν οι ίδιοι την ζύγιση και να παρέχουν σήμανση για τα προϊόντα που πωλούνται βάσει του βάρους.

Σε αυτούς τους τομείς, οι βιομηχανίες πρέπει να υλοποιήσουν αξιόπιστα συστήματα ζύγισης και πιστοποίησης αυτών, που θα ικανοποιούν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις των πελατών τους και θα συνεργάζονται αρμονικά με τα υπάρχοντα συστήματα εσωτερικά ή εξωτερικά της επιχείρησης.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι να περιγραφεί ένα σύστημα ζύγισης για οποιαδήποτε βιομηχανία. Να αναλυθούν τα επιμέρους τμήματα ενός ζυγιστικού συστήματος ώστε να μπορεί να γίνεται σωστή επιλογή των εξαρτημάτων και η αποδοτικότερη εγκατάσταση στον χώρο της βιομηχανίας. Τέλος η εργασία αυτή έχει στόχο να ενημερώσει για τις διεθνείς απαιτήσεις ενός προαναφερόμενου συστήματος για να θεωρηθεί πιστοποιημένο και τις ενέργειες που απαιτούνται για την διακρίβωσή του.

# 1. ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗ

## 1.1 Εισαγωγή

Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) αποτελεί ένα δεκαδικό σύστημα έκφρασης συμβατικών μονάδων μέτρησης φυσικών μεγεθών μέτρων και σταθμών. Το SI υιοθετήθηκε το 1960 κατά την 11η Γενική Διάσκεψη Μέτρων και Σταθμών και αντικατέστησε τα παλαιότερα συστήματα μονάδων της φυσικής, όπως το Μετρικό Σύστημα Μονάδων MKS (Meter Kilogram Second) και το CGS (Centimeter Gram Second). Το SI χρησιμοποιείται επίσης λόγω του δεκαδικού χαρακτήρα του και σε τεχνικές εφαρμογές σε μεγάλο ποσοστό του κόσμου έναντι παλαιότερων άλλων συστημάτων (όπως τα Αγγλοσαξονικά συστήματα που βασίζονται σε ιδιαίτερες μονάδες όπως η ίντσα, η λίβρα κλπ.).

Το SI βασίζεται στις παρακάτω αρχές (Measurement Units. (2019, Ιούνιος). Ανακτήθηκε από <https://www.bipm.org/en/measurement-units/>):

- Υπάρχουν 7 θεμελιώδεις μονάδες.
- Υπάρχει ένα σύνολο πολλαπλασιαστών που μπαίνουν ως προθέματα στις μονάδες.
- Από τις θεμελιώδεις μονάδες προκύπτουν παράγωγες μονάδες από τα γινόμενα και τα πηλίκά τους.
- Το σύνολο των θεμελιωδών και των παράγωγων μονάδων του SI, εκφράζει ποσοτικά τα διάστατα φυσικά μεγέθη.

Παρακάτω είναι ο πίνακας 1.1 των Θεμελιώδη και Συμπληρωματικών μεγεθών του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων.

Πίνακας 1.1. Θεμελιώδη και Συμπληρωματικά μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων

	Μέγεθος	Μονάδα
Θεμελιώδεις	Μάζα	Χιλιόγραμμα (Kg)
Θεμελιώδεις	Μήκος	Μέτρο (m)
Θεμελιώδεις	Χρόνος	Δευτερόλεπτο (s)
Θεμελιώδεις	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	Αμπέρ (A)
Θεμελιώδεις	Απόλυτη / Θερμοδυναμική Θερμοκρασία	Κέλβιν (K)
Θεμελιώδεις	Ποσότητα Ουσίας	Μολ (mol)
Θεμελιώδεις	Ένταση Φωτεινότητας	Καντέλα (Κηρίο) (cd)
Συμπληρωματικό	Επίπεδη Γωνία	Ακτίνιο (rad)
Συμπληρωματικό	Στερεά Γωνία	Στερακτίνιο (sr)

Μέγεθος: **Μάζα**

Μονάδα : Χιλιόγραμμα (kg)

Ορισμός: Το χιλιόγραμμα (kg) είναι η μονάδα της μάζας είναι ίση με τη μάζα του διεθνούς πρωτοτύπου του χιλιόγραμμου.

Αυτό το διεθνές πρωτότυπο είναι κατασκευασμένο από ιριδιούχο λευκόχρυσο και φυλάσσεται στο διεθνές γραφείο μέτρων και σταθμών (BIPM) στο Παρίσι, Γαλλία. Το πρωτότυπο χιλιόγραμμα που έγινε το 1889, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα καθώς το μέγεθος της μάζας είναι το τελευταίο μέγεθος στην σύγχρονη μετρολογία που βασίζεται σε ένα αντικείμενο. Τα διεθνή ιδρύματα μετρολογίας έχουν αντίγραφα του, τα οποία ονομάζονται εθνικά πρωτότυπα. Κάθε ένα από τα εθνικά πρωτότυπα συγκρίνεται τακτικά με το διεθνές αντίστοιχό του. Εντούτοις, τα διάφορα εθνικά πρωτότυπα παρουσιάζουν όλο και περισσότερη απόκλιση μεταξύ τους.

Η επιθυμία πολλών Ευρωπαίων επιστημόνων για την δημιουργία ενός νέου ενιαίου και πιο ομοιόμορφου μετρητικού συστήματος βρήκε διέξοδο κατά την διάρκεια της Γαλλικής Επανάστασης. Ο ίδιος ο βασιλιάς Λουδοβίκος ο δέκατος έκτος (XVI) πρότεινε την δημιουργία ενός δεκαδικού μετρητικού συστήματος. Γνωρίζοντας ότι το νέο αυτό μετρητικό σύστημα θα έπρεπε να βασίζεται σε μετρήσεις μεγεθών που αφορούν την γη, ο Gabriel Mouton πρότεινε το 1670 ένα δεκαδικό μετρητικό σύστημα, το οποίο θα βασιζόταν στο μήκος ενός λεπτού του τόξου του μεσημβρινού ενώ το 1671 ο Jean Picard, Γάλλος αστρονόμος, πρότεινε μια μονάδα μήκους βασιζόμενη στο εκκρεμές. Παρόλα αυτά θα έπρεπε να περάσει ένας αιώνας μέχρι την δημιουργία του μετρικού συστήματος. Το 1790 στα μέσα της Γαλλικής Επανάστασης, η εθνική συνέλευση της Γαλλίας ανέθεσε στη Γαλλική Ακαδημία επιστημών να δημιουργήσει αμετάβλητα πρότυπα για όλα τα μέτρα και τα σταθμά. Η ακαδημία δημιούργησε ένα σύστημα μονάδων που ήταν ταυτόχρονα απλό και επιστημονικό, στηριζόμενη στην πρόταση του Mouton. Ύστερα από διεργασίες σχεδόν μια δεκαετίας, το μετρικό σύστημα ήταν πλέον γεγονός τον Ιούνιο του 1799. Έτσι τελικά ως μονάδα μήκους και βάση του μετρικού συστήματος ορίστηκε το μέτρο το οποίο ισούται με το ένα δεκάκις εκατομμυριοστό του τεταρτημρίου του μήκους του μεσημβρινού που διέρχεται από το Παρίσι. Τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των νέων μονάδων προκύπταν πολλαπλασιάζοντας και διαιρώντας αντίστοιχα τις βασικές μονάδες με το 10, κάτι που έκανε το νέο σύστημα μονάδων πολύ πιο εύχρηστο. Οι νέες μονάδες επιφανείας και όγκου προκύπταν από το μέτρο και ήταν το τετραγωνικό και κυβικό μέτρο αντίστοιχα. Επίσης ως βασική μονάδα βάρους καθορίστηκε το γραμμάριο, το οποίο είναι ίσο με τη μάζα ενός κυβικού εκατοστόμετρου καθαρού νερού στη θερμοκρασία μέγιστης πυκνότητας του (4 °C). Το λίτρο προέκυπτε από τον όγκο κύβου με μήκος κάθε πλευράς ίσο με 10 εκατοστόμετρα.

Αν και το μετρικό σύστημα δεν έγινε αρχικά αποδεκτό με ενθουσιασμό, η υιοθέτηση του από άλλα έθνη άρχισε να αυξάνει σταθερά ύστερα από την υποχρεωτική χρήση του στην Γαλλία το 1840. Δεν είναι τυχαίο ότι η ανάπτυξη του μετρικού συστήματος συνέπεσε με την τεχνολογική ανάπτυξη στην Ευρώπη και την Αμερική. Προς τα τέλη του 1860 έγινε φανερή η ανάγκη για ακόμα πιο ακριβείς και σαφώς καθορισμένες μονάδες, λόγω των απαιτήσεων που δημιουργούσαν οι νέες επιστημονικές ανακαλύψεις. Αυτό έγινε δυνατό με τη Συνθήκη του Μέτρου (Meter Convention) το 1875, μια διεθνή συνθήκη στην οποία συμμετείχαν 17 χώρες μεταξύ των οποίων και οι ΗΠΑ, ενώ μέχρι το 1900, 35 συνολικά έθνη είχαν δεχτεί επίσημα το μετρικό σύστημα. Η συνθήκη αυτή καθόρισε με ακρίβεια τις μονάδες όπως επίσης και τους μηχανισμούς για την σύσταση και υιοθέτηση των περαιτέρω καθορισμών στο μετρικό σύστημα, ενώ επίσης κατασκευάστηκαν τα μετρικά πρότυπα και διανεμήθηκαν σε κάθε έθνος που επικύρωσε την συνθήκη. Το διεθνές γραφείο μέτρων και σταθμών των Σεβρών στην Γαλλία έχει ως σκοπό την διαρκή υποστήριξη της Συνθήκης του Μέτρου καθώς και την ανταλλαγή πληροφοριών γύρω από την χρήση και την βελτίωση του μετρικού συστήματος. Το γραφείο επέκτεινε τις εργασίες διεθνούς προτυποποίησης στα ηλεκτρικά πρότυπα (1921), στα πρότυπα φωτισμού (1933) και στα πρότυπα μέτρησης των ιονίζουσών ακτινοβολιών (1960). Την ίδια χρονιά (1960) αποφασίστηκε μια γενικευμένη απλοποίηση του μετρικού συστήματος καθώς και η μετονομασία του σε Διεθνές Σύστημα Μονάδων (Système International d'Units - S.I.). Περαιτέρω βελτιώσεις στο SI έγιναν το 1964, 1967-1968, 1971, 1975, 1979, 1983, καθώς και το 1991. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων έχει καθιερωθεί πλέον παγκοσμίως ακολουθώντας ταυτόχρονα τις συνεχώς δημιουργούμενες επιστημονικές ανάγκες για τον

καθορισμό νέων και ακριβέστερων κάθε φορά μετρητικών μονάδων (Brief history of the SI. (2018, Αύγουστος). Ανακτήθηκε από <https://www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/>).

Στην Ελλάδα η πλήρης καθιέρωση του Μετρικού συστήματος έγινε την 1η Απριλίου το 1959 οπότε αντικαταστάθηκε η μέχρι πρότινος μονάδα βάρους η οκά, από το χιλιόγραμμο (κιλό). Η οκά υποδιαιρούνταν σε 400 δράμια, ενώ μία οκά ισοδυναμούσε με 1282 γραμμάρια.

## 1.2 Μετρολογικές έννοιες

### 1.2.1 Ακρίβεια (accuracy)

Ο όρος ακρίβεια στην μετρολογία έχει να κάνει με το μέγιστο σφάλμα που παρουσιάζει ένας αισθητήρας κατά την διάρκεια μιας μέτρησης. Έχει τρεις τρόπους έκφρασης οι οποίοι είναι οι εξής (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σελ.. 33). Αθήνα: Κλειδάριθμος):

- Ως μονάδα της μετρούμενης τιμής

Αν ένα θερμόμετρο έχει ακρίβεια  $\pm 0,5$  °C και η μετρούμενη τιμή του οργάνου αυτού είναι 20 °C, αυτό σημαίνει πως η πραγματική τιμή κυμαίνεται μεταξύ 19,5 °C και 20,5 °C.

- Ως εκατοστιαίο σφάλμα (%) ως προς την μετρούμενη τιμή

Αν ένα θερμόμετρο έχει ακρίβεια  $\pm 5\%$  και η μετρούμενη τιμή του οργάνου αυτού είναι 20 °C, αυτό σημαίνει πως η πραγματική τιμή κυμαίνεται μεταξύ 19 °C και 21 °C.

- Ως εκατοστιαίο σφάλμα (%) ως προς το εύρος πλήρους κλίμακας του οργάνου

Αν ένα θερμόμετρο έχει ακρίβεια  $\pm 5\%$ , το εύρος του θερμομέτρου είναι 0 – 50 °C και η μετρούμενη τιμή του οργάνου αυτού είναι 20 °C, αυτό σημαίνει πως η πραγματική τιμή κυμαίνεται μεταξύ 17,5 °C και 22,5 °C.

Στην αγγλική γλώσσα, η λέξη ακρίβεια, μεταφράζεται ως accuracy και precision. Παραπάνω χρησιμοποιούμε την έννοια accuracy, καθώς precision είναι η ικανότητα διάκρισης δύο σχεδόν ίδιων τιμών που έχουν διαφορετικό αριθμό ψηφίων.

### 1.2.2 Επαναληψιμότητα (Repeatability)

Σε πολλές περιπτώσεις, οι προηγούμενες μεταβολές της εισόδου του αισθητήρα επηρεάζουν την τιμή της μέτρησης, όπως για παράδειγμα όταν ο αισθητήρας παρουσιάζει υστέρηση. Έτσι ενδέχεται να εμφανίζονται αποκλίσεις μεταξύ επαναλαμβανόμενων μετρήσεων της ίδιας τιμής της εισόδου του αισθητήρα. Το σφάλμα μεταξύ διαφορετικών μετρήσεων της ίδιας τιμής της εισόδου του αισθητήρα, χαρακτηρίζει την επαναληψιμότητα του αισθητήρα και εκφράζεται συνήθως σαν ποσοστό επί του συνολικού εύρους τιμών. Όσο μικρότερο είναι το ποσοστό αυτό, τόσο καλύτερη είναι η επαναληψιμότητα του αισθητήρα. Είναι σημαντικό να είναι πάντα ίδιες οι συνθήκες μέτρησης για να καθοριστεί η επαναληψιμότητα. Οι συνθήκες μέτρησης του μεγέθους αφορούν την ίδια διαδικασία μέτρησης, με το ίδιο όργανο μέτρησης, στην ίδια τοποθεσία και με τον ίδιο παρατηρητή. Επίσης, οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις εκτελούνται μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να παραμένουν οι ίδιες εξωτερικές συνθήκες.

### 1.2.3 Αβεβαιότητα (Uncertainty)

Αβεβαιότητα μιας μέτρησης είναι μέρος αποτελέσματος μιας μέτρησης ή διακρίβωσης, που εκφράζεται σαν αριθμητική τιμή στην μονάδα μέτρησης και εκφράζει το πόσο καλά εκτελέστηκε η μέτρηση και πόσο <<σφάλμα>> παρουσιάζει. Υπολογίζεται με στατιστικές μεθόδους λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα του οργάνου - προτύπου, τη σταθερότητα του αντικειμένου και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι αβεβαιότητες στο αποτέλεσμα μιας μέτρησης προέρχονται από διάφορους παράγοντες και χωρίζονται σε δύο τύπους ανάλογα με τον τρόπο που υπολογίζονται.

- Η αβεβαιότητα τύπου Α όπου οφείλεται σε τυχαία μεταβολή παραγόντων και υπολογίζεται με στατιστικές μεθόδους.
- Η αβεβαιότητα τύπου Β, όπου στην κατηγορία αυτή υπάγονται συστηματικά σφάλματα, η αβεβαιότητα έμμεσης μέτρησης και η σύνθετη αβεβαιότητα.

### 1.2.4 Ιχνηλασιμότητα (Traceability)

Ιχνηλασιμότητα είναι η ιδιότητα που πρέπει να έχει το αποτέλεσμα μιας μέτρησης ώστε να μπορεί να συσχετισθεί με ένα πρότυπο μέτρησης. Στην διπλωματική παρουσιάζεται πως, για να μπορέσει να γίνει έλεγχος ή και βαθμονόμηση ενός ζυγιστικού συστήματος, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν κάποια πιστοποιημένα ή διακριβωμένα βάρη τα οποία έχουν δημιουργηθεί βάση κάποιας ανώτερης κλάσης πρότυπου βάρους. Η ιχνηλασιμότητα είναι ιδιότητα του αποτελέσματος μιας συγκεκριμένης μέτρησης και όχι ιδιότητα ενός αντικειμένου (π.χ. όργανο μέτρησης, αισθητήρας ή ολόκληρου εργαστηρίου διακρίβωσης) (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σελ. 44). Αθήνα: Κλειδάριθμος).

Ο όρος αυτός περιλαμβάνει συνήθως:

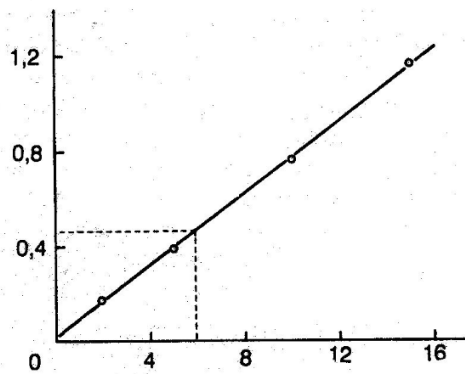
- Μια καθορισμένη μετρούμενη ποσότητα.
- Περιγραφή του συστήματος και της διαδικασίας μέτρησης της ποσότητας.
- Ένα δηλωμένο αποτέλεσμα με τεκμηριωμένη αβεβαιότητα.
- Πλήρη προδιαγραφή του προτύπου που χρησιμοποιήθηκε.

### 1.2.5 Γραμμικότητα (linearity)

Ο κάθε αισθητήρας διαθέτει ένα χαρακτηριστικό ή ιδιότητα, του οποίου η τιμή μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η φυσική ποσότητα που μετρά ο αισθητήρας. Είναι επιθυμητό οι μεταβολές της φυσικής ποσότητας να προκαλούν αυστηρά ανάλογες μεταβολές της ιδιότητας του αισθητήρα. Η ιδιότητα αυτή ονομάζεται γραμμικότητα (linearity) και είναι ιδιαίτερης σημασίας. Εάν ο αισθητήρας δεν είναι γραμμικός, τότε η αντιστοίχιση των τιμών του μετρούμενου μεγέθους με τις τιμές εξόδου του αισθητήρα γίνεται με βάση την καμπύλη « βαθμονόμησης ». Η μη-γραμμικότητα είναι συχνά εγγενής ιδιότητα του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αισθητήρας και εν γένει είναι αδύνατο να μηδενιστεί. Ένας αισθητήρας ονομάζεται γραμμικός όταν η συνάρτηση μεταφοράς του είναι της μορφής (ο.π. σσ 36-37):

$$V_o = aX_i + b \quad [1]$$

Όπου το  $X_i$  είναι το φυσικό μέγεθος που μετρείται και  $a, b$  είναι σταθερές. Παρακάτω στην εικόνα 1.1 φαίνεται η γραφική παράσταση της παραπάνω συνάρτησης.



Εικόνα 1.1 Γραφική παράσταση γραμμικής συνάρτησης

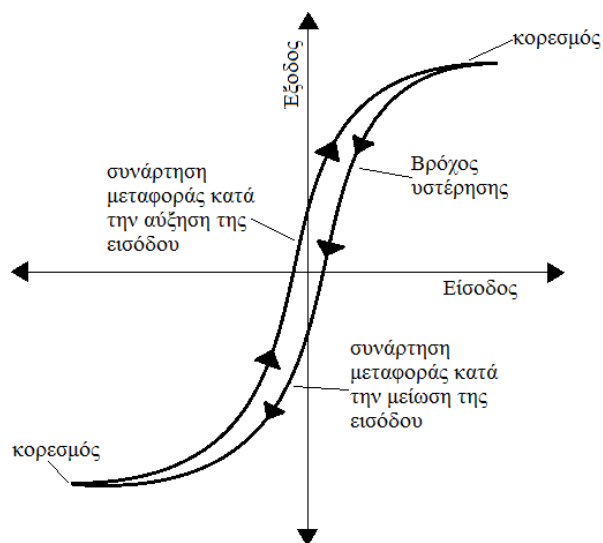
Η μη-γραμμικότητα (non-linearity) ενός αισθητήρα ή ενός μετρητικού συστήματος είναι η απόκλιση της χαρακτηριστικής μεταφοράς του από την ιδανική απόκριση του αισθητήρα η οποία είναι ευθεία γραμμή.

Στην περίπτωση των αισθητηρίων που ασχολείται αυτή η διπλωματική, οι δυναμοκυψέλες παρουσιάζουν γραμμικότητα πολύ κοντά στην ιδανική ευθεία λόγω της γέφυρας wheatstone, όπως θα αναλυθεί και σε επόμενο κεφάλαιο.

### 1.2.6 Υστέρηση (hysteresis)

Υστέρηση είναι το φαινόμενο στο οποίο υπάρχουν διαφορές στη έξοδο του αισθητήρα ή ενός συστήματος μέτρησης, όταν αντιστραφεί η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου.

Στη παρακάτω εικόνα 1.2 παρακάτω ο αισθητήρας παρουσιάζει υστέρηση.



Εικόνα 1.2 Καμπύλη υστέρησης

Αν η τιμή του σήματος εισόδου μεταβάλλεται σταθερά, ξεκινώντας από αρνητικές τιμές, το σήμα εξόδου περιγράφεται από την πάνω καμπύλη. Αν το σήμα εισόδου μειώνεται σταθερά το σήμα εξόδου περιγράφεται από την κάτω καμπύλη. Συνήθως στα άκρα της καμπύλης υπάρχει μια

συμπεριφορά όπου για περαιτέρω αύξηση ή μείωση της εισόδου, η έξοδος παραμένει σταθερή. Αυτό ονομάζεται **κορεσμός**. Αυτή η κλειστή διαδρομή ονομάζεται **βρόχος υστέρησης** (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σελ. 42). Αθήνα: Κλειδάριθμος).

### 1.2.7 Βαθμονόμηση (Calibration)

Βαθμονόμηση είναι η διαδικασία καθορισμού της συνάρτησης μεταφοράς ενός αισθητηρίου ή ενός συστήματος μέτρησης. Η ακρίβεια με την οποία έχει καθοριστεί η συνάρτηση μεταφοράς επηρεάζει ανάλογα και την ακρίβεια των μετρούμενων τιμών που λαμβάνονται από τον αισθητήρα. Στην διαδικασία αυτή εφαρμόζονται γνωστές τιμές του μετρούμενου φυσικού μεγέθους και στην συνέχεια γίνεται υπολογισμός του σήματος εξόδου αυτού (ο.π. σελ. 42).

### 1.2.8 Διακρίβωση

Η σύγκριση ενός οργάνου μέτρησης και ελέγχου ή ενός μετρητικού προτύπου, άγνωστης ακρίβειας με ένα άλλο γνωστής ακρίβειας, προκειμένου να αποκαλύψει, συσχετίσει ή με κάποια ρύθμιση εξαλείψει - αν είναι δυνατόν - κάθε απόκλιση στην ακρίβειά του.

## 1.3 Μετρολογική επιτήρηση και νομική μετρολογία

Η μετρολογία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως η «επιστήμη της μέτρησης» που αφορά θεωρητικές και πειραματικές διαδικασίες σε ζητήματα των μετρήσεων. Αναφερόμαστε σε αυτή όταν θέλουμε να καθορίσουμε αντικειμενικά την τιμή κάποιας ποσότητας, όπως του μήκους, του βάρους ή του χρόνου. Θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε την μετρολογία σε τρεις κατηγορίες. Την επιστημονική, την βιομηχανική και την νομική μετρολογία. Παρακάτω αναλύεται η νομική μετρολογία. Η νομική μετρολογία είναι η εφαρμογή νομικών απαιτήσεων στις μετρήσεις και τα όργανα μέτρησης. Οι μετρήσεις είναι τόσο μέρος της καθημερινής ζωής μας, που συχνά τις θεωρούμε δεδομένες και ενδεχομένως να μην τις παρατηρούμε. Για παράδειγμα:

- Παρακολούθηση της ταχύτητας με την οποία οδηγούμε για να εξασφαλίσουμε ότι ταξιδεύουμε με ασφάλεια και έτσι να μειώσουμε τα τροχαία ατυχήματα.
- Υποβάλλονται σε ιατρικές εξετάσεις για να βεβαιωθούμε ότι παραμένουμε υγιείς.
- Χρησιμοποιούμε τον χρόνο για να είμαστε ακριβείς στα ραντεβού, και δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης για να εντοπίσουμε την τοποθεσία μας.
- Καταναλώνουμε ηλεκτρική ενέργεια, φυσικό αέριο και νερό που χρεώνονται με βάση τις μετρήσεις.
- Αγοράζουμε κρέας, ψάρια, φρούτα και λαχανικά κατά βάρος.
- Γεμίζουμε τα αυτοκίνητά μας με καύσιμο κατά όγκο.
- Γίνεται έλεγχος στα οχήματά μας για την παρακολούθηση των επιπέδων εκπομπών καυσαερίων, και ούτω καθεξής.

Πολύ συχνά, τα μικρά σφάλματα σε κάθε κατεύθυνση μέσου όρου γίνονται σε έναν μεγάλο αριθμό μετρήσεων. Ωστόσο, τα προκατειλημμένα σφάλματα μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές

οικονομικές ζημιές - για παράδειγμα, οι ανακριβείς μετρήσεις του πετρελαίου σε καθένα από τα πολλά σημεία συναλλαγών από το πετρέλαιο, έως τον τελικό καταναλωτή, μπορούν να έχουν σοβαρές οικονομικές συνέπειες. Ως άλλο παράδειγμα της σημασίας της μέτρησης, οι λανθασμένες δόσεις ακτινοβολίας στη θεραπεία του καρκίνου μπορούν να έχουν κρίσιμη επίδραση στην υγεία μας. Η νομοθεσία για τις μετρήσεις και τα όργανα μέτρησης απαιτείται σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, καθώς και όταν υπάρχει ανάγκη προστασίας τόσο του αγοραστή, όσο και του πωλητή, σε μια εμπορική συναλλαγή ή όπου χρησιμοποιούνται μετρήσεις για την επιβολή κυρώσεων. Σχεδόν όλες οι χώρες παρέχουν την προστασία αυτή με τη συμπερίληψη της μετρολογίας στη νομοθεσία τους - εξ ου και ο όρος "νόμιμη μετρολογία". Η δημιουργία παγκόσμιων προτύπων για χρήση στη νομοθεσία νόμιμης μετρολογίας είναι ο ρόλος του OIML (Legal metrology and trade. (2018, Σεπτέμβριος) Ανακτήθηκε από <https://www.oiml.org/en/about/legal-metrology/trade>).

### 1.3.1 Νομική μετρολογία και εμπόριο

Στις περισσότερες εμπορικές συναλλαγές εμπλέκονται μετρήσεις και για να εξασφαλιστεί η ισότητα σε όλα τα μέρη, πρέπει να μπορούν να θεωρηθούν ως "αποδεκτά". Εκτός από την εκπροσώπηση της εύλογης αξίας για τα χρήματα, τα καταναλωτικά αγαθά πρέπει επίσης να είναι ασφαλή. Για παράδειγμα (ο.π.):

- τα τρόφιμα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από επικίνδυνα περιεχόμενα (τοξίνες, εντομοκτόνα, αντιβιοτικά, ορμόνες κ.λπ.)
- τα προϊόντα πρέπει να υποβάλλονται σε ασφαλή επεξεργασία και να επισημαίνονται με ακρίβεια
- το βάρος των εμπορευμάτων πρέπει να προσδιορίζεται με ακρίβεια ώστε να διασφαλίζονται δίκαιες χρηματοοικονομικές συναλλαγές.

Τεράστια χρηματικά ποσά μπορεί να εμπλέκονται σε μια συναλλαγή που βασίζεται, για παράδειγμα, στη μέτρηση του όγκου του πετρελαίου που ρέει μέσω ενός αγωγού, όπου ένα σφάλμα μέτρησης ενός κλάσματος ενός ποσοστού μπορεί να οδηγήσει σε τεράστια διαφορά στο ποσό που τιμολογείται. Χωρίς τη δυνατότητα εκτέλεσης ακριβών μετρήσεων, ένα ή το άλλο μέρος θα ήταν μειονεκτικό και το κράτος μπορεί επίσης να χάσει τα φορολογικά έσοδα (ο.π. σελ. 42). Οι τεχνικοί κανονισμοί και τα πρότυπα υιοθετούνται και νομοθετούνται από τις κυβερνήσεις για την προστασία τόσο των παραγωγών, όσο και των καταναλωτών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) εκτιμά ότι περίπου το 80% του παγκόσμιου εμπορίου επηρεάζεται από πρότυπα ή κανονισμούς. Ωστόσο, εάν δεν υπάρχει σύστημα μέτρησης του ήχου, αυτοί οι κανονισμοί και τα πρότυπα ενδέχεται να καταστούν τεχνικό εμπόδιο στο εμπόριο (Technical Barrier to Trade - TBT), το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του κόστους, να εμποδίσει την ελεύθερη ροή αγαθών ή να απαιτήσει επαναλαμβανόμενες δοκιμές. Ακόμη και στους μη ελεγχόμενους τομείς του εμπορίου, η ανάγκη συμβατότητας εξαρτημάτων και συστημάτων απαιτεί συνεκτικότητα και ομοιομορφία στον τρόπο με τον οποίο μετράμε. Τα εξαρτήματα κατασκευάζονται συχνά σε μία χώρα και στη συνέχεια συναρμολογούνται με εξαρτήματα ή συστήματα που κατασκευάζονται σε άλλη χώρα. Επιπλέον, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση να κατασκευαστεί εν μέρει ένα εξάρτημα σε μια χώρα και να ολοκληρωθεί η κατασκευή του σε μια άλλη χώρα. Φυσικά, όλα αυτά είναι δυνατά μόνο εάν υπάρχει ένα ομοιόμορφο παγκόσμιο σύστημα μέτρησης. Ένα ηχητικό σύστημα μέτρησης αποτελεί βασικό στοιχείο για την επίτευξη παγκοσμίως αποδεκτών αποτελεσμάτων βαθμονόμησης και δοκιμών. Βασικοί παράγοντες για ένα τέτοιο σύστημα είναι (ο.π.).



- η ιχνηλασιμότητα στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων ή στο SI (scientific metrology - επιστημονική μετρολογία).
- οι ρυθμισμένες μετρήσεις και όργανα μέτρησης (νόμιμη μετρολογία).
- εμπιστοσύνη στις δοκιμές και τα αποτελέσματα των μετρήσεων μέσω πιστοποίησης, τυποποίησης, διαπίστευσης και βαθμονόμησης (βιομηχανική μετρολογία).

Λόγω του ζωτικού ρόλου των μετρήσεων σε συμμόρφωση και αξιολόγησης της συμμόρφωσης, η Διεθνής Επιτροπή Βάσεων και Μέτρων (International Committee for Weights and Measures - CIPM) δημιούργησε Διακανονισμό Αμοιβαίας Αναγνώρισης (Mutual Recognition Arrangement - CIPM MRA) και ο Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας (OIML - International Organization of Legal Metrology) δημιούργησε το Σύστημα Πιστοποίησης OIML (Certification System - OIML-CS) εντός του οποίου μπορεί να αποδειχθεί η διεθνής συνοχή των μετρήσεων και των δοκιμών. Το CIPM MRA διασφαλίζει την ισοδυναμία των εθνικών προτύπων μέτρησης και των πιστοποιητικών βαθμονόμησης και μέτρησης που εκδίδονται από τα εθνικά ινστιτούτα μετρολογίας. Το OIML-CS διευκολύνει τη διεθνή αποδοχή των πιστοποιητικών OIML ή / και των σχετικών εκθέσεων αξιολόγησης τύπου OIML ως βάση για την έκδοση εθνικών ή περιφερειακών εγκρίσεων τύπου για ελεγχόμενα όργανα μέτρησης. Ως αποτέλεσμα, ο στόχος των "άπαξ μετρημένων, αποδεκτών παντού" μπορεί να εξασφαλιστεί και οι εποπτικές αρχές μπορούν να βασίζονται σε ακριβείς μετρήσεις που γίνονται στο πλαίσιο του CIPM MRA και του OIML-CS ως απόδειξη συμμόρφωσης με τους εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα. Το Διεθνές Γραφείο Βάσεων και Μέτρων (International Bureau of Weights and Measures - BIPM) και ο Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας (OIML) συντονίζουν το διεθνές δίκτυο των εθνικών ινστιτούτων μετρολογίας και των εθνικών αρχών νόμιμης μετρολογίας. Το δίκτυο αυτό παρέχει την υποστήριξη που απαιτείται για να διασφαλιστεί ότι υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις ποιότητας για το εμπόριο (Legal metrology and trade. (2018, Σεπτέμβριος) Ανακτήθηκε από <https://www.oiml.org/en/about/legal-metrology/trade>).

### 1.3.2 Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας

Ο Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας είναι μια διακυβερνητική οργάνωση συνθηκών ο οποίος (What is the International Organization of Legal Metrology. (2018, Σεπτέμβριος) Ανακτήθηκε από <https://www.oiml.org/en/about/about-oiml>):

- αναπτύσσει πρότυπους κανονισμούς, πρότυπα και συναφή έγγραφα για χρήση από τις νόμιμες αρχές μετρολογίας και τη βιομηχανία,
- παρέχει συστήματα αμοιβαίας αναγνώρισης που μειώνουν τους εμπορικούς φραγμούς και το κόστος σε μια παγκόσμια αγορά,
- αντιπροσωπεύει τα συμφέροντα της κοινότητας νόμιμης μετρολογίας σε διεθνείς οργανισμούς και φόρουμ που ασχολούνται με τη μετρολογία, την τυποποίηση, τον έλεγχο, την πιστοποίηση και τη διαπίστευση,
- προωθεί και διευκολύνει την ανταλλαγή γνώσεων και ικανοτήτων στο πλαίσιο της νόμιμης κοινότητας μετρολογίας παγκοσμίως,
- συνεργάζεται με άλλους φορείς μετρολογίας για την ευαισθητοποίηση σχετικά με τη συμβολή μιας υγιούς υποδομής νόμιμης μετρολογίας σε μια σύγχρονη οικονομία.

Το OIML εκδίδει διάφορες κατηγορίες δημοσιεύσεων (What is the International Organization of Legal Metrology. (2018, Σεπτέμβριος) Ανακτήθηκε από <https://www.oiml.org/en/about/about-oiml>):

- Διεθνείς συστάσεις, οι οποίες προορίζονται να αποτελέσουν υπόδειγμα κανονισμών για ορισμένες κατηγορίες οργάνων μέτρησης και τα οποία τα κράτη μέλη του OIML υποχρεώνονται ηθικά να εφαρμόσουν στο μέτρο του δυνατού.
- Διεθνή έγγραφα, τα οποία είναι ενημερωτικά και προορίζονται για καθοδηγητικούς σκοπούς
- Άλλες δημοσιεύσεις όπως Λεξιλόγια, Οδηγούς, Βασικές Εκδόσεις και Εκθέσεις Εμπειρογνομώνων.

Επιπλέον, ο OIML έχει αναπτύξει το σύστημα πιστοποίησης OIML (International Organization of Legal Metrology –Certification System). Σύμφωνα με τους συμμετέχοντες του OIML-CS, δηλώνεται ότι προτίθενται να δεχθούν και να χρησιμοποιήσουν τις εκθέσεις αξιολόγησης OIML ή / και OIML από τους συμμετέχοντες που έχουν το δικαίωμα να εκδώσουν Πιστοποιητικά OIML (ο.π.).

Σε αυτή την εργασία θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω διεθνείς συστάσεις του OIML:

- R 50 Συστήματα αυτόματης ζύγισης συνεχούς αθροίσματος (ταινιοζυγοί)
- R 51 Αυτόματα όργανα ζυγίσεως
- R 60 Μετρολογική ρύθμιση για δυναμοκυψέλες
- R 76 Μη αυτόματα όργανα ζύγισης
- R 111 Βάρη κλάσεων E1, E2, F1, F2, M1, M1–2, M2, M2–3 και M3

### **1.3.3 R 50 Συστήματα αυτόματης ζύγισης συνεχούς αθροίσματος (ταινιοζυγοί)**

Πεδίο εφαρμογής

Η σύσταση R 50 εφαρμόζεται και καθορίζει τις μετρολογικές και τεχνικές απαιτήσεις για τα όργανα αυτόματης ζύγισης συνεχούς αθροίσματος του τύπου μεταφορικού ιμάντα, εφεξής αναφερόμενα ως "ταινιοζυγοί", που υπόκεινται σε εθνικό μετρολογικό έλεγχο. Σκοπός της είναι να παράσχει τυποποιημένες απαιτήσεις και διαδικασίες δοκιμών για την αξιολόγηση των μετρολογικών και τεχνικών χαρακτηριστικών με ενιαίο και ανιχνεύσιμο τρόπο (International Organization of Legal Metrology. (1997). OIML R 50-1, International Recommendations, (σελ. 11)).

Εφαρμογή

Η παρούσα σύσταση εφαρμόζεται (ο.π. σελ. 11).

- σε ταινιοζυγούς που καθορίζουν τη μάζα ενός χύμα προϊόντος χρησιμοποιώντας τη δράση της βαρύτητας σε αυτό προϊόν
- σε ταινιοζυγούς που προορίζονται για χρήση με μεταφορικές ταινίες μονής ταχύτητας και ταινιοζυγούς που προορίζονται για χρήση με μεταφορικούς ιμάντες μεταβλητής ταχύτητας.

### **1.3.4 R 51 Αυτόματα όργανα ζυγίσεως**

#### Πεδίο εφαρμογής

Η σύσταση R 51 εφαρμόζεται και καθορίζει τις μετρολογικές και τεχνικές απαιτήσεις και τις δοκιμές διαδικασίες για όργανα αυτόματης συλλογής ζυγίσεων (ελεγκτές ζύγισης), εφεξής καλούμενες "όργανα" (ή ενδείκτες), τα οποία υπόκεινται σε εθνικό μετρολογικό έλεγχο. Σκοπός της είναι να παράσχει τυποποιημένες απαιτήσεις και διαδικασίες δοκιμών για την αξιολόγηση των μετρολογικών και τεχνικών χαρακτηριστικών με ενιαίο και ανιχνεύσιμο τρόπο. Μια τυποποιημένη μορφή αναφοράς δοκιμής δίδεται στο δεύτερο μέρος της σύστασης (R 51-2) (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 51-1, International Recommendations, (σελ. 18)).

#### Εφαρμογή

Η παρούσα σύσταση εφαρμόζεται σε όργανα που ζυγίζουν αυτομάτως διακεκριμένα φορτία ή μεμονωμένα φορτία υλικού.

### **1.3.5 R 60 Μετρολογική ρύθμιση για δυναμοκυψέλες**

Η σύσταση R 60 εφαρμόζεται και καθορίζει τα κύρια μετρολογικά στατικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες στατικής αξιολόγησης των δυναμοκυψελών που χρησιμοποιούνται στη μέτρηση της μάζας. Παρέχει στις αρχές ομοιόμορφα μέσα για τον προσδιορισμό των μετρολογικών χαρακτηριστικών των κυψελών αυτών που χρησιμοποιούνται στα όργανα μέτρησης που υπόκεινται σε μετρολογικούς ελέγχους. Χρησιμοποιεί την αρχή σύμφωνα με την οποία πολλά σφάλματα δυναμοκυψελών πρέπει να εξετάζονται από κοινού όταν εφαρμόζονται χαρακτηριστικά απόδοσης δυναμοκυψελών σε το επιτρεπόμενο φάκελο σφάλματος. Επομένως, δεν κρίνεται σκόπιμο να προσδιοριστούν μεμονωμένα σφάλματα για δεδομένα χαρακτηριστικά (μη γραμμικότητα, υστέρηση, κ.λπ.), αλλά να εξεταστεί το συνολικό περιθώριο σφάλματος που επιτρέπεται για ένα στοιχείο φορτίου ως περιοριστικό παράγοντα. Η χρήση ενός φακέλου σφαλμάτων επιτρέπει την εξισορρόπηση των μεμονωμένων συνεισφορών στο συνολικό σφάλμα της μέτρησης ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα (International Organization of Legal Metrology. (2000). OIML R 60, International Recommendations, (σελ. 5)).

### **1.3.6 R 76 Μη αυτόματα όργανα ζύγισης**

#### Πεδίο εφαρμογής

Η σύσταση R 76 εφαρμόζεται και καθορίζει τις μετρολογικές και τεχνικές απαιτήσεις για όργανα ζύγισης μη αυτόματης λειτουργίας που υπόκεινται σε επίσημο μετρολογικό έλεγχο. Σκοπός της είναι να παράσχει τυποποιημένες απαιτήσεις και διαδικασίες δοκιμών για την αξιολόγηση των μετρολογικών και τεχνικών χαρακτηριστικών με ενιαίο και ανιχνεύσιμο τρόπο (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, International Recommendations, (σελ 5)).

### **1.3.7 R 111 Βάρη κλάσεων E1, E2, F1, F2, M1, M1–2, M2, M2–3 και M3**

#### Πεδίο εφαρμογής

Η παρούσα σύσταση περιλαμβάνει τεχνικά (π.χ. κύρια φυσικά χαρακτηριστικά) και μετρολογικές απαιτήσεις για τα χρησιμοποιούμενα βάρη (International Organization of Legal Metrology. (2004). OIML R 111-1, International Recommendations, (σελ. 4)):

- Ως πρότυπα για την επαλήθευση των οργάνων ζύγισης.
- Ως πρότυπα για την επαλήθευση ή τη βαθμονόμηση των βαρών μιας κλάσης χαμηλότερης ακρίβειας.
- Με όργανα ζύγισης.

#### Εφαρμογή

Η παρούσα σύσταση εφαρμόζεται σε βάρη με ονομαστικές τιμές μάζας από 1 mg έως 5 000 kg στις κλάσεις E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub> και M<sub>3</sub>.

## 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΖΥΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### 2.1 Εισαγωγή

Όλα τα ζυγιστικά συστήματα έχουν μεταξύ τους τέσσερα κοινά τμήματα τα οποία είναι αναγκαία για τις ελάχιστες λειτουργίες στις οποίες μπορούν αυτά να διεξάγουν. Τα τμήματα αυτά είναι τα εξής:

- Οι δυναμοκυψέλες (load cells) οι οποίες είναι το αισθητήριο με το οποίο η μέτρηση του βάρους (με συγκεκριμένες συνθήκες επιτάχυνσης βαρύτητας) δίνει την μάζα ενός υλικού που ασκεί δύναμη σε αυτήν.
- Το κυτίο σύνδεσης το οποίο είναι υπεύθυνο για την παράλληλη και ποιοτική σύνδεση μεταξύ των δυναμοκυψελών με στόχο να οδηγήσουν ηλεκτρικό σήμα σε ένα σύστημα διαχείρισης.
- Η πλατφόρμα ζύγισης, η οποία είναι η επιφάνεια στην οποία τοποθετούνται πάνω τα υλικά για ζύγιση.
- Το ενδεικτικό σύστημα, το οποίο είναι ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο διαθέτει σύστημα επεξεργασίας και διαχείρισης του σήματος από το κυτίο σύνδεσης με σκοπό την άμεση ένδειξη των αποτελεσμάτων ή και την αποθήκευσή τους σε βάσεις δεδομένων.

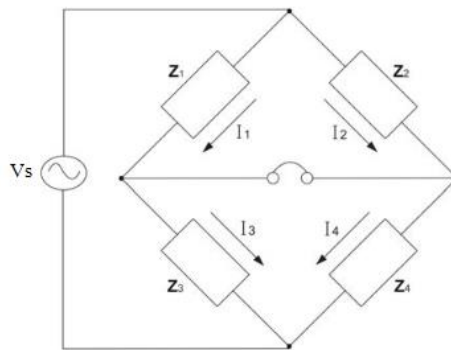
Σε διάφορες περιπτώσεις ένα ζυγιστικό σύστημα διαθέτει επιπλέον μηχανισμούς όπως εκτυπωτές, δευτερεύουσες ενδείξεις, μπάρες ασφαλείας, αυτοματισμούς ανάδευσης, τερματικά πληρωμής και οτιδήποτε άλλο μπορεί να είναι αναγκαίο για μία βιομηχανία σε συνδυασμό με τα ζυγιστικά συστήματα.

### 2.2 Εισαγωγή για το αισθητήριο μέτρησης

Μέθοδοι μέτρησης με πολύ μεγάλη κλάση ακρίβειας στο μετρούμενο μέγεθος είναι η μέθοδος ισορροπίας. Σε αυτή τη μέθοδο η γενική ιδέα είναι πως, όταν θα μηδενιστεί το ρεύμα σε ένα ηλεκτρικό στοιχείο υπό την επίδραση του μετρούμενου φυσικού μεγέθους, τότε έχει επέλθει ισορροπία. Στο σημείο αυτό όταν γίνεται λόγος για μέτρηση μάζας, εννοείται πως πάνω σε μια πλατφόρμα ζύγισης δεν υπάρχει κανένα αντικείμενο που να ασκεί δύναμη πάνω στη ζυγαριά. Μια μεγάλη εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι οι γέφυρες ισορροπίας, και πιο συγκεκριμένα οι γέφυρες Wheatstone. Η δομή μιας γέφυρας μέτρησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αποτελείται από τέσσερις σύνθετες αντιστάσεις και μια πηγή ημιτονοειδούς τάσης Vdc. Εάν ισχύει η συνθήκη ισορροπίας μεταξύ των σύνθετων αντιστάσεων τότε θα ισχύει η σχέση (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σσ 346-347). Αθήνα: Κλειδάριθμος):

$$Z1 \times Z3 = Z2 \times Z4 \quad [2]$$

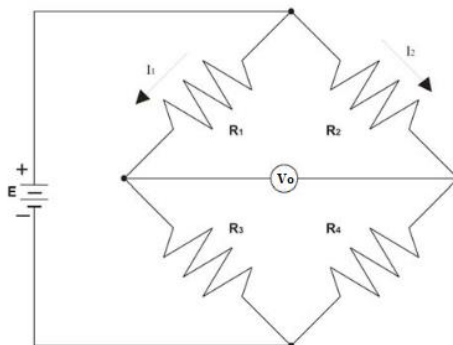
Παρακάτω στην εικόνα 2.1 φαίνεται η διάταξη γέφυρα ισορροπίας σύνθετου φορτίου.



Εικόνα 2.1 Γέφυρα ισορροπίας σύνθετου φορτίου

### 2.2.1 Γέφυρα Wheatstone

Η γέφυρα Wheatstone είναι μια συσκευή αντιστάθμισης, καθώς μπορεί να αλλάξει η τιμή τάσης και ρεύματος σε σημεία της ηλεκτρικής της διάταξης χωρίς να επηρεαστούν άλλα σημεία ώστε να επέλθει το σημείο μηδενισμού. Σε αντίθεση με την γενική δομή μιας γέφυρας ισορροπίας η wheatstone αποτελείται μόνο από αντιστάσεις και η πηγή τάσης είναι συνεχής (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σς 347-348). Αθήνα: Κλειδάριθμος). Παρακάτω στην εικόνα 2.2 φαίνεται η διάταξη μιας γέφυρας Wheatstone.



Εικόνα 2.2 Γέφυρα Wheatstone

Για να εξασφαλισθεί ότι  $V_0 = 0$  όταν ένας αισθητήρας που παίρνει τη θέση μιας αντίστασης, βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας, πρέπει να ισχύει η συνθήκη ισορροπίας:

$$R_1 \times R_3 = R_2 \times R_4 \quad [3]$$

Η τάση εξόδου  $V_0$  υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_0 = \frac{(R_1 \times R_3 - R_2 \times R_4) \times E}{(R_1 + R_4) \times (R_2 + R_3)} \quad [4]$$

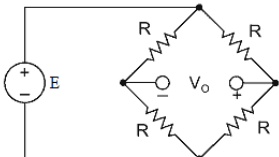
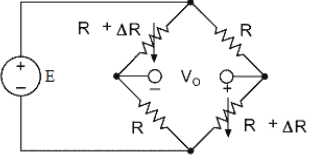
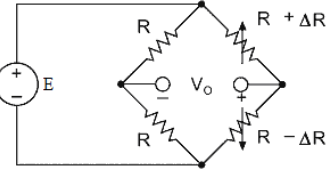
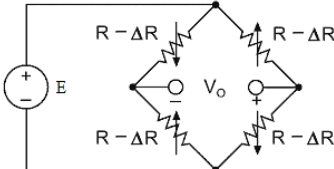
Πρόκειται για μια διαφορική εξίσωση τάσης στους κόμβους εξόδους της γέφυρας. Αν η πηγή τάσης μεταβληθεί κατά  $\Delta E$  (πχ λόγω θορύβου, μεταβολής θερμοκρασίας, κλπ.), όπως δείχνεται στο σχήμα παραπάνω, τότε η τάση εξόδου  $V_0$  μεταβάλλεται λιγότερο, συγκρινόμενη με

την αντίστοιχη μεταβολή που θα προέκυπτε από την συνδεσμολογία ενός ρυθμιστή τάσης για παθητικούς αισθητήρες. Επομένως, η διαφορική μέτρηση παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία στο θόρυβο και τις διακυμάνσεις της πηγής τροφοδοσίας. Μια διάταξη γέφυρας μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερους από έναν αισθητήρες όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Η πρώτη διάταξη είναι κατάλληλη για εφαρμογές αισθητήρων μεταβολής αντίστασης με την θερμοκρασία όπως είναι τα RTDs και τα θερμίστορ, ενώ οι υπόλοιπες διατάξεις είναι κατάλληλες όταν χρησιμοποιούνται πιεζοαντιστάτες. Ανάλογα με την διάταξη που χρησιμοποιείται, μεταβάλλεται η τάση εξόδου για την ίδια μεταβολή του αισθητήρα  $\Delta R$  και το σφάλμα γραμμικότητας (linearity error) της τάσης εξόδου. Για τις διατάξεις του παρακάτω πίνακα, το σφάλμα γραμμικότητας ορίζεται ως εξής (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σσ 347-348). Αθήνα: Κλειδάριθμος).

$$Linearity\ error\ \left(\frac{\%}{\%}\right) = \frac{\left(\frac{Es \times \Delta R}{4 \times R}\right) - \left(\frac{Es \times \frac{\Delta R}{R + \frac{\Delta R}{2}}}{\frac{Es \times \Delta R}{4 \times R}}\right) \times 100}{\frac{\Delta R}{R} \times 100} \quad [5]$$

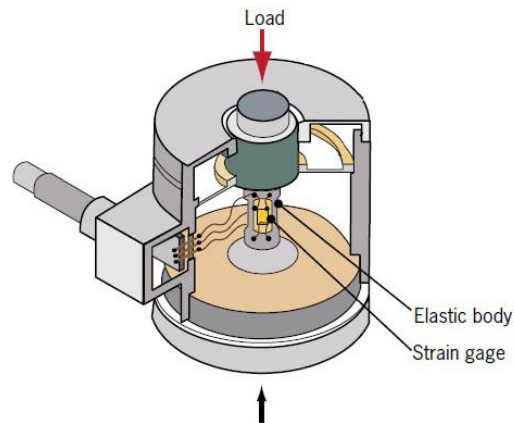
Η μεγαλύτερη δυνατή τάση εξόδου για την ίδια μεταβολή της τιμής του αισθητήρα,  $\Delta R$ , παράγεται από την τέταρτη διάταξη. Η τρίτη και τέταρτη διάταξη έχουν μηδενικό σφάλμα γραμμικότητας ενώ στην περίπτωση της πρώτης και της δεύτερης διάταξης το σφάλμα είναι 0.5% ανά 1% μεταβολή της αντίστασης R. Παρακάτω είναι ο πίνακας 2.1 με τις διατάξεις μέτρησης ισορροπίας.

Πίνακας 2.1. Διατάξεις μέτρησης ισορροπίας

Συνδεσμολογία	Τάση εξόδου	Σφάλμα γραμμικότητας
	$V_o = \frac{Es}{4} \times \frac{\Delta R}{R + \Delta R/2}$	0,5 %
	$V_o = \frac{Es}{2} \times \frac{\Delta R}{R + \Delta R/2}$	0,5 %
	$V_o = \frac{Es}{2} \times \frac{\Delta R}{R}$	0
	$V_o = Es \times \frac{\Delta R}{R}$	0

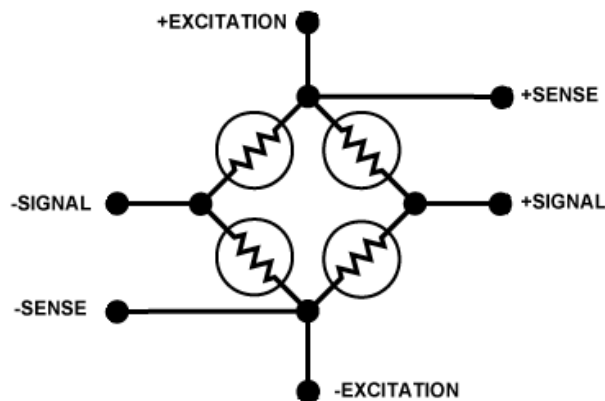
### 2.2.2 Πιεζοαντίσταση

Στη παρακάτω εικόνα 2.3 απεικονίζεται μια διάταξη μέτρησης δύναμης με πιεζοαντίσταση. Η διάταξη αυτή ονομάζεται κυψελίδα φορτίου ή δυναμοκυψέλη (load cell). Χρησιμοποιείται ένα ελαστικό στοιχείο και στις πλευρές του τοποθετούνται πιεζοαντιστάσεις. Η εφαρμογή της μετρούμενης δύναμης προκαλεί την παραμόρφωση του ελαστικού στοιχείου, η οποία μετρείται με τις πιεζοαντιστάσεις.



Εικόνα 2.3 Αναπαράσταση τομής δυναμοκυψέλης

Στην επόμενη εικόνα 2.4 φαίνεται η συνδεσμολογία των πιεζοαντιστάσεων σε γέφυρα, όπου η τάση εξόδου είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης δύναμης.



Εικόνα 2.4 Αγωγοί εισόδων και εξόδων μιας δυναμοκυψέλης

Στην διάταξη του παραπάνω σχήματος αν χρησιμοποιηθούν ελεύθερες πιεζοαντιστάσεις επιτυγχάνεται η μέτρηση σχετικά μικρών δυνάμεων, ενώ αν χρησιμοποιηθούν προσκολλημένες πιεζοαντιστάσεις, επιτυγχάνεται η μέτρηση τόσο των εφελκυστικών και θλιπτικών δυνάμεων μέχρι και εκατοντάδες τόνους. Οι δυναμοκυψέλες διατίθενται συνήθως με έξι ακροδέκτες για την διασύνδεση τους με συστήματα μέτρησης χρησιμοποιώντας την παραπάνω διάταξη. Στην διάταξη αυτή οι ακροδέκτες  $+V_{sense}$  και  $-V_{sense}$  χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της τάσης τροφοδοσίας της γέφυρας με σκοπό την αντιστάθμιση των μεταβολών της από το σύστημα της μέτρησης, ώστε



να αυξηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων (Καλαϊτζάκης, Κ. & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ* (σσ 252-253). Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος).

### 2.2.3 Δυναμοκυψέλη

Μία δυναμοκυψέλη είναι ένας μετατροπέας που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός ηλεκτρικού σήματος του οποίου το μέγεθος είναι άμεσα ανάλογο με τη δύναμη που του ασκείται.

Οι δυναμοκυψέλες με πιεζοαντιστάσεις είναι οι πολύ κοινές στη βιομηχανία. Αυτές (οι δυναμοκυψέλες) είναι ιδιαίτερα δύσκαμπτες, έχουν πολύ καλές τιμές συντονισμού και τείνουν να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Οι δυναμοκυψέλες αυτές δουλεύουν με την αρχή ότι ο πιεζοαντιστάτης παραμορφώνεται όταν το υλικό των αισθητηρίων αυτών παραμορφώνεται κατάλληλα. Η παραμόρφωση του πιεζοαντιστάτη αλλάζει την ηλεκτρική αντίσταση του, κατά μία ποσότητα που είναι ανάλογη προς την ένταση. Η μεταβολή της αντίστασης του πιεζοαντιστάτη παρέχει μια αλλαγή ηλεκτρικής τιμής που βαθμονομείται με το φορτίο που τοποθετείται στο αισθητήριο. Στην παρακάτω εικόνα 2.5, απεικονίζεται μία τυπική δυναμοκυψέλη.



Εικόνα 2.5 Δυναμοκυψέλη

Μία δυναμοκυψέλη αποτελείται συνήθως από τέσσερις μετρητές τάσης σε μια διαμόρφωση γέφυρας Wheatstone. Μπορούν επίσης να φορτωθούν δυναμοκυψέλες ενός πιεζοαντιστάτη (τεταρτημοριακή γέφυρα) ή δύο πιεζοαντιστάτες (μισή γέφυρα). Η έξοδος του ηλεκτρικού σήματος είναι τυπικά της τάξης των μερικών millivolts (mV) και απαιτεί ενίσχυση από έναν ενισχυτή οργάνων πριν να μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η έξοδος του μετατροπέα μπορεί να κλιμακωθεί για να υπολογίσει τη δύναμη που εφαρμόζεται στον μετατροπέα. Μερικές φορές μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ADC υψηλής ανάλυσης, συνήθως 24 bit.

Τα ίδια τα όργανα μέτρησης συνδέονται πάνω σε δοκό ή δομικό στοιχείο που παραμορφώνεται όταν εφαρμόζεται βάρος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται τέσσερις πιεζοαντιστάσεις για τη λήψη μέγιστης ευαισθησίας και αντιστάθμισης της θερμοκρασίας. Δύο από τα αισθητήρια αυτά είναι συνήθως σε τάση μπορούν να εκπροσωπούνται ως T1 και T2 και δύο εκπροσωπούνται ως C1 και C2 και είναι ενσύρματα με προσαρμογές αντιστάθμισης. Η δυναμοκυψέλες με πιεζοαντιστάσεις είναι θεμελιωδώς ένα αισθητήριο βελτιστοποιημένο για τη μέτρηση της καταπόνησης. Οι πιεζοαντιστάσεις τοποθετούνται σε περιοχές που παρουσιάζουν τάση στη συμπίεση. Όταν εφαρμόζεται βάρος στο κελί του συστήματος αυτού (δυναμοκυψέλη), οι μετρητές C1 και C2 συμπιέζονται μειώνοντας τις αντιστάσεις τους. Ταυτόχρονα, οι μετρητές T1 και T2 τεντώνονται αυξάνοντας τις αντιστάσεις τους. Η μεταβολή των αντιστάσεων προκαλεί τη ροή περισσότερου ρεύματος μέσω C1 και C2 και λιγότερου ρεύματος για ροή μέσω των T1 και T2. Επομένως, γίνεται αισθητή μία διαφορά δυναμικού μεταξύ των αγωγών εξόδου ή σήματος της

δυναμοκυψέλης. Οι μετρητές τοποθετούνται σε μια διαφορική γέφυρα για να βελτιώσουν την ακρίβεια μέτρησης. Όταν εφαρμόζεται βάρος, η τάση μεταβάλλει την ηλεκτρική αντίσταση των πιεζοαντιστάσεων ανάλογα με το φορτίο. Άλλες δυναμοκυψέλες εξασθενούν στις εφαρμογές τους, καθώς οι δυναμοκυψέλες με πιεζοαντιστάσεις συνεχίζουν να αυξάνουν την ακρίβειά τους και να μειώνουν το κόστος τους.

## Παρουσίαση βλαβών

- Μηχανική τοποθέτηση: τα κελιά πρέπει να τοποθετηθούν σωστά. Όλη η δύναμη φορτίου πρέπει να περάσει από το τμήμα του κυκλώματος φορτίου όπου ανιχνεύεται η παραμόρφωσή του. Η τριβή μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση ή υστέρηση. Η λανθασμένη τοποθέτηση ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα τις δυνάμεις αναφοράς των κυψελών κατά μήκος ανεπιθύμητου άξονα, οι οποίες εξακολουθούν να συσχετίζονται κάπως με το φορτίο που αντιλαμβάνονται, προκαλώντας λανθασμένες μετρήσεις.
- Υπερφόρτωση: Στο πλαίσιο της διαβάθμισής της, η δυναμοκυψέλη παραμορφώνεται ελαστικά και επιστρέφει στο σχήμα της μετά την εκφόρτωσή της. Εάν υποβληθεί σε φορτία που υπερβαίνουν τη μέγιστη ανοχή της, το υλικό του στοιχείου φορτίου μπορεί να παραμορφωθεί πλαστικά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μετατόπιση σήματος, απώλεια γραμμικότητας, δυσκολία ή αδυναμία βαθμονόμησης ή ακόμα και μηχανική βλάβη στο στοιχείο ανίχνευσης (π.χ. αποκόλληση, ρήξη).
- Θέματα καλωδίωσης: τα σύρματα στη δυναμοκυψέλη μπορεί να αναπτύξουν υψηλή αντίσταση, π.χ. λόγω διάβρωσης. Εναλλακτικά, παράλληλες διαδρομές ρεύματος μπορούν να σχηματιστούν με εισχώρηση υγρασίας. Και στις δύο περιπτώσεις το σήμα αναπτύσσει μετατόπιση (εκτός αν όλα τα καλώδια επηρεάζονται εξίσου) και η ακρίβεια θα χαθεί.
- Ηλεκτρική βλάβη: τα κυτία φορτίου μπορούν να υποστούν βλάβη από επαγόμενο ρεύμα. Οι κεραυνοί που χτυπούν την κατασκευή ή η συγκόλληση που πραγματοποιείται κοντά στις δυναμοκυψέλες μπορεί να υπερφορτώσει τις πολύτιμες αντιστάσεις των πιεζοαντιστάσεων και να προκαλέσει τη ζημιά ή την καταστροφή τους. Για τη συγκόλληση σε κοντινή απόσταση, προτείνεται να αποσυνδέεται η δυναμοκυψέλη και να περνάει όλες τις ακίδες του στο έδαφος, κοντά στην ίδια την δυναμοκυψέλη. Υψηλές τάσεις μπορούν να σπάσουν τη μόνωση μεταξύ του υποστρώματος και των πιεζοαντιστάσεων.
- Μη γραμμικότητα: στο χαμηλότερο άκρο της κλίμακας τους, οι δυναμοκυψέλες τείνουν να είναι μη γραμμικές. Αυτό είναι σημαντικό για τα αισθητήρια αυτά που ανιχνεύουν πολύ μεγάλες περιοχές βάρους ή με μεγάλο πλεόνασμα ικανότητας φορτίου για να αντέχουν σε προσωρινές υπερφορτώσεις ή κρούσεις (π.χ. σφιγκτήρες σχοινιών). Μπορεί να χρειαστούν περισσότερα σημεία για την καμπύλη βαθμονόμησης.
- Η σωστή επιλογή μίας δυναμοκυψέλης για τον αυτοματισμό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την πραγματοποίηση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας. Επομένως, αυτή η παράμετρος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή μιας κυψέλης φορτίου.

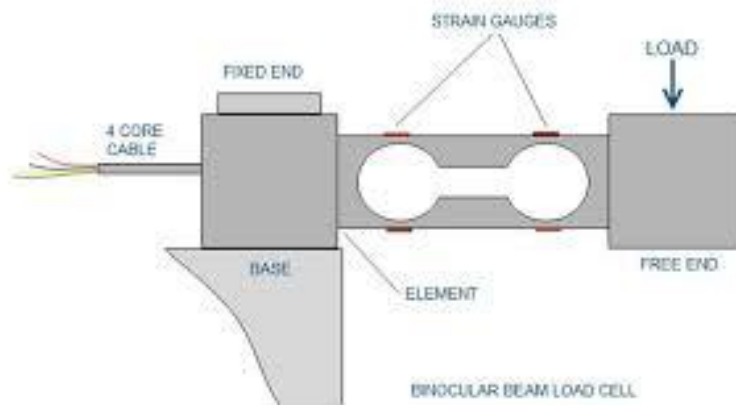
## Χρήση πολλαπλών δυναμοκυψελών

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μία ή περισσότερες δυναμοκυψέλες για την ανίχνευση ενός μόνο φορτίου. Εάν η δύναμη μπορεί να συγκεντρωθεί σε ένα μόνο σημείο (ανίχνευση μικρής κλίμακας, σχοινιά, εφελκυστικά φορτία, φορτία σημείων), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μόνο αισθητήριο. Για τις μεγάλες δοκούς, χρησιμοποιούνται δύο κελιά στο άκρο της δοκού. Οι κάθετοι κύλινδροι μπορούν να μετρηθούν σε τρία σημεία, τα ορθογώνια αντικείμενα απαιτούν συνήθως τέσσερις αισθητήρες. Οι περισσότεροι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για μεγάλα εμπορευματοκιβώτια ή πλατφόρμες ή για πολύ μεγάλα φορτία.

Οι δυναμοκυψέλες μπορούν να συνδεθούν παράλληλα. Στην περίπτωση αυτή όλα τα αντίστοιχα σήματα συνδέονται μεταξύ τους ( $E_{x+}$  με  $E_{x+}$ ,  $S+$  με  $S+$ , ...) και το προκύπτον σήμα είναι ο μέσος όρος των σημάτων από όλα τα αισθητήρια στοιχεία. Αυτό χρησιμοποιείται συχνά π.χ. οικιακές ζυγαριές ή σε άλλους ζυγούς πολλαπλών σημείων.

Η πιο συνηθισμένη εκχώρηση χρώματος καλωδίων είναι κόκκινη για  $E_{x+}$ , μαύρη για  $E_{x-}$ , πράσινη για  $S+$  και λευκή για  $S-$ .

Μικρότερες αναθέσεις είναι κόκκινες για το  $E_{x+}$ , το λευκό για την  $E_{x-}$ , το πράσινο για το  $S+$  και το μπλε για το  $S-$  ή το κόκκινο για το  $E_{x+}$ , το μπλε για την  $E_{x-}$ , το πράσινο για το  $S+$  και το κίτρινο για το  $S-$ . Άλλες αντιστοιχίες είναι επίσης δυνατές, π.χ. κόκκινο για  $E_{x+}$ , πράσινο για  $E_{x-}$ , κίτρινο για  $S+$  και μπλε για  $S-$  ανάλογα τον κατασκευαστή. Στην παρακάτω εικόνα 2.6, απεικονίζεται μία τυπική δομή δυναμοκυψέλης μονής όψης.



Εικόνα 2.6 Δυναμοκυψέλη μονής όψης

### 2.2.4 Σχήματα δυναμοκυψελών

Υπάρχουν αρκετά κοινά σχήματα δυναμοκυψελών:

- Μονής όψης (Single-ended shear beam), ένα ίσιο τεμάχιο υλικού στερεωμένο στο ένα άκρο και φορτωμένο στο άλλο.

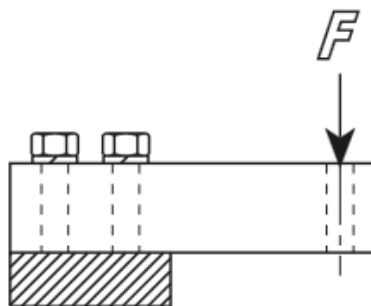
- Διπλής όψης (Double-ended shear beam), ένα ίσιο μπλοκ υλικού που είναι στερεωμένο στα δύο άκρα και φορτωμένο στο κέντρο.
- Συμπίεσης (Compression), ένα μπλοκ υλικού σχεδιασμένο για να φορτώνεται σε ένα σημείο ή σε περιοχή συμπίεσης.
- Τύπου S (S-type), ένα μπλοκ υλικού σχήματος S το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε συμπίεση, όσο και σε τάση (οι σύνδεσμοι φορτίου και τα κυτία φορτίου τάσης είναι σχεδιασμένα μόνο για τάνυση).

### Δυναμοκυψέλη μονής όψης

Οι δυναμοκυψέλες single-end beam (μονού άκρου) προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα όταν χρησιμοποιούνται σε καλά σχεδιασμένα συστήματα ζύγισης. Οι μονάδες που χρησιμοποιούν τέτοιες δυναμοκυψέλες έχουν χαμηλό προφίλ και γενικά αυτοελέγχονται. Η αντικατάσταση των δυναμοκυψελών είναι εφικτή στα περισσότερα συστήματα ζύγισης μονής λήψης ανυψώνοντας την πλατφόρμα μόνο για να αφαιρεθεί η πίεση από το αισθητήριο (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ. 31)). Στην παρακάτω εικόνα 2.7, απεικονίζεται το σημείο άσκησης δύναμης μιας δυναμοκυψέλης μονής όψης.

### Γενικές αρχές τοποθέτησης

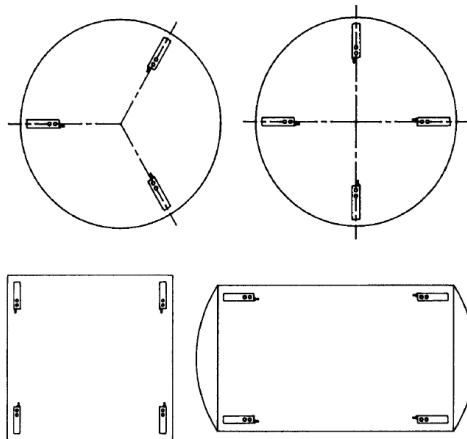
- Η επιφάνεια τοποθέτησης πρέπει να είναι επίπεδη και αλφαδιασμένη.
- Το μπλοκ στερέωσης πρέπει να είναι αρκετά χοντρό ώστε να παρέχει κατάλληλα σπειρώματα για τις βίδες στερέωσης.
- Στην γωνία της επιφάνειας τοποθέτησης πρέπει να είναι δύσκολο να αποφευχθεί η διόγκωση.
- Οι βίδες στερέωσης πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικές, ώστε να αποφεύγεται το τέντωμα ή η πιθανότητα σπασίματος.
- Το φορτίο πρέπει να εφαρμόζεται κατακόρυφα μέσω της κεντρικής γραμμής της οπής φορτίου (το φορτίο μπορεί να εφαρμοστεί από πάνω, όπως απεικονίζεται στο σχήμα παρακάτω σχήμα ή μπορεί να κρεμαστεί από κάτω).
- Τα μέσα εισαγωγής φορτίου πρέπει να παρέχουν ευελιξία για να αποφευχθεί η μετάδοση ξένων δυνάμεων και για να ανέχεται την αναπόφευκτη εκτροπή της ίδιας της δυναμοκυψέλης.
- Οι βίδες στερέωσης θα πρέπει να σφίγγονται σε καθορισμένες τιμές.



Εικόνα 2.7 Δυναμοκυψέλη μονής όψης

### Προσανατολισμός δυναμοκυψελών μονής όψης

Η εικόνα 2.8 παρακάτω απεικονίζει τέσσερα διαφορετικά δοχεία και συνιστώμενες διαμόρφωσης τοποθέτησης για κυψέλες ζύγισης μονού άκρου. Η πλατφόρμα στην άνω σειρά, δεξιά, απεικονίζουν ένα κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο. Ο διαμήκης άξονας διαμέσου κάθε κυψέλης φορτίου δείχνει προς το κέντρο του σκάφους. Αυτή η αρχή θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για τα δοχεία στην κάτω σειρά, αν ήταν βολικό να τοποθετήσουμε τις δυναμοκυψέλες σε κάθε γωνία με τον διαμήκη άξονα να δείχνει προς το κέντρο. Ωστόσο, μπορεί να είναι πιο βολικό και αποδεκτό να τοποθετούνται τα αισθητήρια όπως απεικονίζεται. Καθώς αυτές οι δυναμοκυψέλες είναι σχετικά άνισες στις εξωγενείς δυνάμεις που εφαρμόζονται κατά μήκος του διαμήκους άξονα της κυψέλης, πρέπει να δείχνουν προς την κατεύθυνση οποιασδήποτε επικρατούσας πλευρικής δύναμης (για παράδειγμα, σε ένα μεταφορέα κυλίνδρων, τα κυτία φορτίου πρέπει να δείχνουν προς την κατεύθυνση της διαδρομής) (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ. 31)).



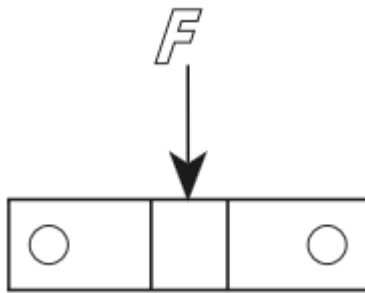
Εικόνα 2.8 Σημεία τοποθέτησης δυναμοκυψέλης μονής όψης

### Δυναμοκυψέλη διπλής όψης

Οι δυναμοκυψέλες double-end shear beam (διπλής όψης) είναι αισθητήρια που υποστηρίζουν μέσες και υψηλές χωρητικότητες, οι οποίες είναι ανθεκτικές, σταθερές και ικανές να χειρίζονται καλά τα πλευρικά φορτία. Το αισθητήριο αυτό είναι χωρισμένο σε δύο δυναμοκυψέλες που ενώνονται στο κέντρο της κατασκευής τους και επικοινωνούν επίσης στο κέντρο. Η εικόνα 2.9 παρακάτω παρουσιάζει μερικές σημαντικές οδηγίες για την εφαρμογή φορτίου σε μια δυναμοκυψέλη διπλής όψης και για τον προσανατολισμό αυτού του στοιχείου (ο.π. σελ. 39).

### Γενικές αρχές τοποθέτησης

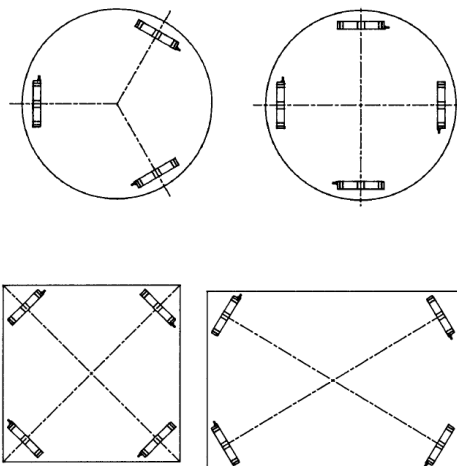
- Η δυναμοκυψέλη πρέπει να είναι οριζόντια και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- Το φορτίο πρέπει να εφαρμόζεται κάθετα μέσα από το κέντρο της κυψέλης.
- Το φορτίο πρέπει να εισάγεται χωρίς να προκαλείται στρέβλωση γύρω από το κέντρο.
- Το φορτίο δεν πρέπει να κινείται κατά μήκος της κυψέλης.



Εικόνα 2.9 Δυναμοκυψέλη διπλής όψης

### Προσανατολισμός δυναμοκυψελών διπλής όψης

Η εικόνα 2.10 παρακάτω, παρουσιάζει μερικές συνιστώμενες μεθόδους τοποθέτησης για δυναμοκυψέλες διπλής απόληξης. Οι βάσεις για αυτές τις δυναμοκυψέλες επιτρέπουν την λιγότερο περιορισμένη κίνηση του σκάφους σε κατεύθυνση κάθετη προς τον διαμήκη άξονα μέσω του αισθητηρίου. Η καλύτερη θέση τοποθέτησης για πολλά σχήματα πλατφορμών φαίνεται πάνω δεξιά, όπου μια γραμμή από το κέντρο του δοχείου είναι ορθή γωνία προς τον διαμήκη άξονα μέσω της δυναμοκυψέλης. Αυτές οι συστάσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές όταν αναμένεται σημαντική θερμική διαστολή / συστολή. Η ζυγιστική πλατφόρμα θα πρέπει να προσανατολίζεται με τον διαμήκη άξονα του αισθητηρίου σύμφωνα με την αναμενόμενη κίνηση. Σε γεφυροπλάστιγγες, αυτό θα είναι κανονικά προς την κατεύθυνση της διαδρομής του φορτηγού (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 39)).

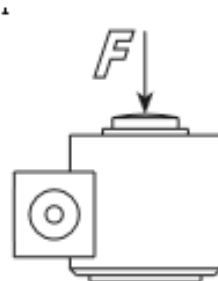


Εικόνα 2.10 Σημεία τοποθέτησης δυναμοκυψέλης διπλής όψης

### Δυναμοκυψέλη συμπίεσης

Όταν απαιτούνται βάσεις στήριξης σε χωρητικότητες άνω των 50 τόνων, η τοποθέτηση δυναμοκυψέλης Compression Canister (κυλινδρικού κυτίου) μπορεί να είναι η μόνη επιλογή. Αυτά τα αισθητήρια είναι ανθεκτικά σε δύσκολες συνθήκες και έχουν δείξει αποδεδειγμένες επιδόσεις για δεκαετίες σε φορτηγά, σιδηροδρομικές και βαριές δεξαμενές. Διαθέσιμο σε χωρητικότητες έως 250 τόνους ανά αισθητήριο, οι δυναμοκυψέλες αυτές απαιτούν πιο σύνθετα εξαρτήματα από τις βάσεις που χρησιμοποιούν κυψέλες ζύγισης, ειδικά εάν οι βάσεις έχουν σχεδιαστεί για να

διευκολύνουν την επέκταση. Το φορτίο μεταφέρεται στην δυναμοκυψέλη μέσω ενός σκληρυμένου, κυρτού και ανθεκτικού μετάλλου που εφάπτεται ομοιόμορφα με την ίδια την δυναμοκυψέλη, το οποίο συνδυάζεται με μία σκληρή επίπεδη πλάκα φόρτωσης. Το στρογγυλεμένο αυτό εξάρτημα και η επίπεδη πλάκα τείνουν να προάγουν τη φόρτιση του σημείου, ελαχιστοποιώντας τις ξένες δυνάμεις. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια τέτοια δυναμοκυψέλη (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ. 45)). Στην παρακάτω εικόνα 2.11, απεικονίζεται το σημείο άσκησης δύναμης μιας δυναμοκυψέλης συμπίεσης.



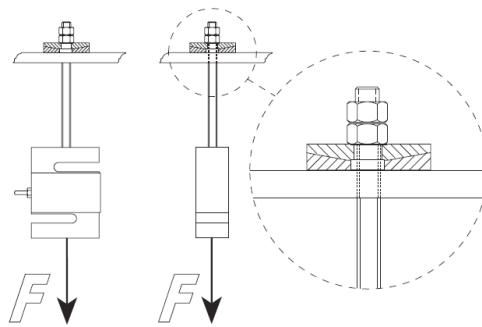
Εικόνα 2.11 Δυναμοκυψέλη συμπίεσης

#### Γενικές αρχές τοποθέτησης

- Μία δυναμοκυψέλης συμπίεσης πρέπει να τοποθετηθεί σε επίπεδη πλάκα επαρκούς πάχους για να αποτραπεί η εκτροπή.
- Το θεμέλιο πρέπει να είναι άκαμπτο.
- Το φορτίο πρέπει να εισάγεται μέσω ενός στρογγυλεμένου σκληρού εξαρτήματος με σφαιρική ακτίνα.
- Το φορτίο πρέπει να εισάγεται κατακόρυφα κατά μήκος της κεντρικής γραμμής του αισθητηρίου.
- Η πλάκα κορυφής που έρχεται σε επαφή με το στρογγυλεμένο εξάρτημα πρέπει να σκληρυνθεί για να αποφευχθεί η διόγκωση του σημείου επαφής.
- Μπορεί να απαιτείται κάποια εξωτερική μέθοδος οριζόντιου και κάθετου ελέγχου.

#### Δυναμοκυψέλη τύπου S

Η τοποθέτηση δυναμοκυψελών S γίνεται συχνά για ελαφρά έως μεσαία βάρη, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια υπάρχουσα υπερυψωμένη δομή για την ζύγιση του βάρους. Η παρακάτω εικόνα 2.12 παρουσιάζει μια δυναμοκυψέλη S και το σημείο εφαρμογής της δύναμης (ο.π. σελ. 48).



Εικόνα 2.12 Δυναμοκυψέλη S

### Γενικές αρχές τοποθέτησης

Το σχήμα παραπάνω απεικονίζει τον σωστό τρόπο φόρτωσης φορτίου σε δυναμοκυψέλη S.

- Η επιφάνεια από την οποία αναστέλλεται η δυναμοκυψέλη πρέπει να είναι άκαμπτη και να παρέχει ελάχιστη εκτροπή υπό φορτία.
- Ολόκληρη η ανάρτηση πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μακρύτερη με το αισθητήριο να τοποθετείται περίπου στο κέντρο.
- Η κεντρική γραμμή των ράβδων κορυφής και βάσης πρέπει να διέρχεται από τις οπές φορτίου της δυναμοκυψέλης. Η κεντρική γραμμή μέσω του συγκροτήματος πρέπει να είναι κάθετη.
- Το καλώδιο κυψελίδας φορτίου πρέπει να βγαίνει από το σταθερό άκρο της κυψέλης έτσι ώστε να μην επηρεάζει την ακρίβεια.
- Τα άκρα του εναιωρήματος θα πρέπει να συνδέονται με τη δυναμοκυψέλη και το σταθερό σημείο με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ελεύθερα να μετακινούνται.

### 2.2.5 Μετρολογικές απαιτήσεις ΟΙΜΛ

#### Αρχή ταξινόμησης δυναμοκυψελών

Η ταξινόμηση των δυναμοκυψελών σε κλάσεις ακριβείας συγκεκριμένα παρέχεται για τη διευκόλυνση της εφαρμογής τους σε διάφορα συστήματα μέτρησης μάζας. Η αποτελεσματική απόδοση μιας συγκεκριμένης δυναμοκυψέλης μπορεί να βελτιωθεί εντός του συστήματος μέτρησης με το οποίο εφαρμόζεται. Ως εκ τούτου, δεν απαιτείται ότι μια δυναμοκυψέλη είναι της ίδιας κλάσης ακριβείας με το σύστημα μέτρησης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ούτε αυτό απαιτεί ότι μια μέτρηση μάζας, δίνοντας ενδείξεις της μάζας, χρησιμοποιείται μια δυναμοκυψέλη, η οποία να έχει εγκριθεί μαζί με τις υπόλοιπες του συστήματος (International Organization of Legal Metrology. (2000). OIML R 60, (σελ. 9)). Παρακάτω είναι ο πίνακας 2.2 με την ταξινόμηση δυναμοκυψελών με βάση τον αριθμό υποδιαϊρέσεων.

Πίνακας 2.2 Ταξινόμηση δυναμοκυψελών με βάση τον αριθμό υποδιαϊρέσεων

	Κλάση A	Κλάση B	Κλάση C	Κλάση D
Κατώτατο όριο	50.000	5.000	500	100
Ανώτατο όριο	Απεριόριστο	100.000	10.000	1.000



## Συμπληρωματικές ταξινομήσεις

Οι δυναμοκυψέλες κατατάσσονται επίσης από το είδος του φορτίου που μπορεί να εφαρμοστεί στην επιφάνειά τους (δηλαδή Double-End Beam, Compression Canister, S-Beam). Ένα αισθητήριο φόρτωσης μπορεί να φέρει διαφορετικές ταξινομήσεις για διαφορετικούς τύπους φορτίου που εφαρμόζεται σε αυτές. Για δυναμοκυψέλες πολλαπλών χωρητικότητας, για κάθε χωρητικότητα κατατάσσονται χωριστά σε διαφορετική κλάση ακρίβειας.

## Πλήρης ταξινόμηση των δυναμοκυψελών

Η δυναμοκυψέλη ταξινομείται σύμφωνα με έξι μέρη (International Organization of Legal Metrology. (2000). OIML R 60, (σελ. 10)):

- Ονομασία κλάσης ακριβείας.
- Μέγιστος αριθμός υποδιαιρεμένου φορτίου.
- Τύπος φορτίου, εάν είναι απαραίτητο.
- Ειδικά όρια θερμοκρασίας λειτουργίας, εάν είναι απαραίτητο.
- Σύμβολο υγρασίας, αν είναι απαραίτητο.
- Πρόσθετες πληροφορίες.

Μέγιστη χωρητικότητα ( $E_{max}$ ): Μεγαλύτερη τιμή μίας ποσότητας (μάζας) που μπορεί να εφαρμοστεί σε μια δυναμοκυψέλη χωρίς να υπερβαίνει το  $mpe$ .

Μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα (Maximum permissible error -  $mpe$ ): Ακραίες τιμές σφάλματος που επιτρέπεται από την παρούσα σύσταση για κυψελίδα φορτίου.

Υποδιαιρέσεις δυναμοκυψέλης ( $v$ ): Η υποδιαίρεση των δυναμοκυψελών, εκφρασμένη σε μονάδες μάζας, που χρησιμοποιείται στη δοκιμή των αισθητηρίων ζύγισης για την ταξινόμηση της κλάσης ακρίβειας.

Μέγιστος αριθμός υποδιαιρέσεων δυναμοκυψέλης ( $v_{max}$ ): Ο μέγιστος αριθμός υποδιαίρεσης των δυναμοκυψελών για τον οποίον ισχύει η κλάση ακριβείας ορισμένη σε πραγματικές μονάδες (π.χ. 3.000) ή, σε συνδυασμό με την ονομασία κλάσης ακριβείας, για την παραγωγή ενός συμβόλου ταξινόμησης.

Ελάχιστος αριθμός υποδιαιρέσεων δυναμοκυψέλης ( $v_{min}$ ): Ο μικρότερος αριθμός υποδιαιρέσεων δυναμοκυψελών μάζας στο οποίο μπορεί να διαιρεθεί το εύρος μέτρησης των αισθητηρίων.

Συντελεστής κατανομής ( $pLC$ ): Η τιμή ενός κλάσματος χωρίς διαστάσεις που εκφράζεται ως δεκαδικό (για παράδειγμα 0,7) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του  $mpe$ . Αντιπροσωπεύει αυτή την κατανομή ενός ολόκληρου σφάλματος (όπως μπορεί να ισχύει για ένα όργανο ζύγισης), το οποίο έχει αντιστοιχιστεί μόνο στη δυναμοκυψέλη.

## Μέγιστα αποδεκτά σφάλματα δυναμοκυψελών

Τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα δυναμοκυψελών για κάθε κλάση ακριβείας (η ενδεικνυόμενη έξοδος των αισθητηρίων μάζας έχει ρυθμιστεί στο μηδέν στο ελάχιστο νεκρό φορτίο,  $E_{min}$ )

σχετίζονται με τον μέγιστο αριθμό υποδιαίρεσεων των δυναμοκυψελών που καθορίζονται για το αισθητήριο, η πραγματική τιμή της υποδιαίρεσης του κυκλώματος φόρτισης,  $v$  (International Organization of Legal Metrology. (2000). OIML R 60, (σσ 12-13)). Παρακάτω είναι ο πίνακας 2.3 με τα μέγιστα αποδεκτά σφάλματα δυναμοκυψελών

Πίνακας 2.3 Μέγιστα αποδεκτά σφάλματα δυναμοκυψελών

mpe	Load, m			
	Κλάση A	Κλάση B	Κλάση C	Κλάση D
$P_{lc} \times 0,5v$	$0 \leq m \leq 50.000v$	$0 \leq m \leq 5.000v$	$0 \leq m \leq 500v$	$0 \leq m \leq 50v$
$P_{lc} \times 1,0v$	$50.000 \leq m \leq 200.000v$	$5.000 \leq m \leq 20.000v$	$500 \leq m \leq 2.000v$	$50 \leq m \leq 200v$
$P_{lc} \times 1,5v$	$20.000 \leq m$	$20.000 \leq m \leq 100.000v$	$2.000 \leq m \leq 10.000v$	$200 \leq m \leq 1000v$

### Κανόνες σχετικά με τον προσδιορισμό των σφαλμάτων

Τα ανωτέρω όρια σφάλματος ισχύουν για όλες τις κλίμακες μέτρησης δυναμοκυψελών που πληρούν τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

$$n \leq n_{max} \quad [6]$$

$$v \geq v_{min} \quad [7]$$

### Όρια σφαλμάτων

Τα ανώτερα όρια σφάλματος αναφέρονται στην ευθεία που διέρχεται από την ελάχιστη έξοδο φορτίου και την έξοδο των δυναμοκυψελών για φορτίο 75% της περιοχής μέτρησης που λαμβάνεται με το φορτίο στους 20 ° C. Αυτό βασίζεται στην αρχική δοκιμή φορτίου στους 20 ° C.

### Αρχικές αναγνώσεις

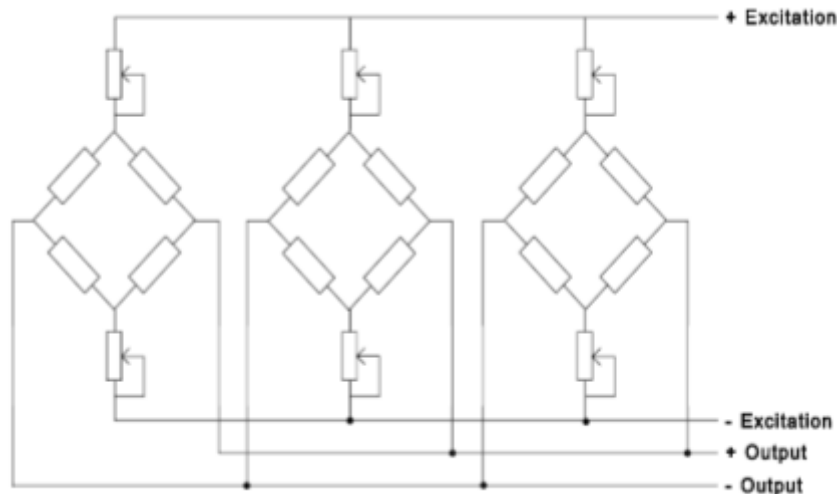
Κατά τη διενέργεια των δοκιμών, η αρχική ανάγνωση λαμβάνεται σε χρονικό διάστημα μετά την έναρξη της φόρτωσης ή εκφόρτωσης, ανάλογα με το ποια είναι η εφαρμογή, όπως ορίζεται στον πίνακα 2.4 παρακάτω.

Πίνακας 2.4 Χρόνος αναμονής για την ανάγνωση του φορτίου

Αλλαγή φορτίου		Χρόνος
Μεγαλύτερο από	Μέχρι και	
0kg	10kg	10 sec
10kg	100kg	20 sec
100kg	1.000kg	30 sec
1.000kg	10.000kg	40 sec
10.000kg	100.000kg	50 sec
100.000kg		60 sec

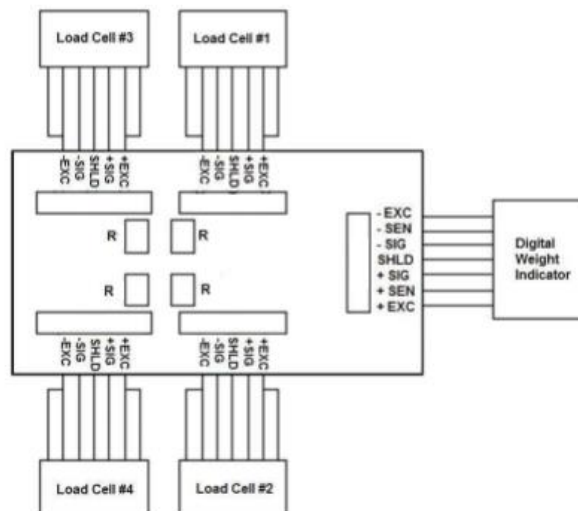
### 2.3 Κυτίο σύνδεσης

Για να λειτουργεί σωστά μια ζυγαριά, τα σήματα που φθάνουν στον ενδείκτη από τις δυναμοκυψέλες πρέπει να είναι πανομοιότυπα, ανεξάρτητα από το πού τοποθετείται βάρος στην πλατφόρμα ζύγισης. Τα σήματα μπορεί να διαφέρουν λόγω των διαφορών στις ονομαστικές εξόδους των δυναμοκυψελών που χρησιμοποιούνται στην πλατφόρμα ζύγισης. Για να ταιριάζουν αυτά τα σήματα, χρησιμοποιείται μια διάταξη σαν στην παρακάτω εικόνα 2.13 που διαφέρει ανάλογα με τον αριθμό των αισθητηρίων.



Εικόνα 2.13 Σύνδεση δυναμοκυψελών με κυτίο σύνδεσης

Το κιβώτιο διασταύρωσης είναι σχεδιασμένα για να συνδέουν τα σήματα αισθητηρίων σε ζυγαριές, γεφυροπλάστιγγες και σιλό. Ο κύριος λόγος χρήσης τους είναι στα ποτενσιόμετρα που έχουν στην διάταξη τους έτσι ώστε να μπορούν να διορθώνουν τα σήματα από τις δυναμοκυψέλες όταν αυτές έχουν μικρές διαφορές στην τάση εξόδου ( $\pm$ output) για το ίδιο βάρος. Η πράξη αυτή ονομάζεται **διόρθωση των γωνιών**. Επίσης περιλαμβάνουν αντικεραυνικές αντιστάσεις προστασίας έναντι κεραυνών. Στην παρακάτω εικόνα 2.14, απεικονίζεται η τυπική σύνδεση των δυναμοκυψελών σε ένα κυτίο σύνδεσης.



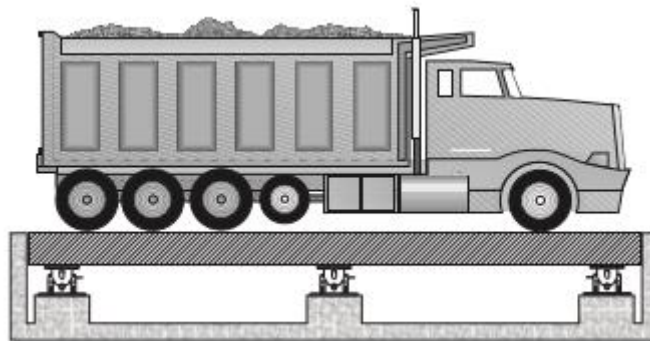
Εικόνα 2.14 Επαφές κυτίου σύνδεσης

## 2.4 Πλατφόρμες ζύγισης χύμα υλικών

### 2.4.1 Εισαγωγή

Τα χύμα υλικά ζυγίζονται για διάφορους λόγους. Αν και αυτό το κεφάλαιο επικεντρώνεται στη ζύγιση των χύμα στερεών, πολλές από τις αρχές είναι εξίσου εφαρμόσιμες στη ζύγιση των χύμα υγρών. Για λόγους ευκολίας, έχει ταξινομηθεί η ζύγιση του χύμα υλικού σε τρεις γενικούς τύπους (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 4)):

#### Μεταφορά αγαθών

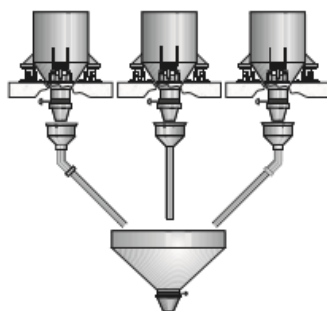


Εικόνα 2.15 Σχέδιο φορτηγού πάνω σε γεφυροπλάστιγγα

Το χύμα υλικό σε γεφυροπλάστιγγες είναι ένα τυπικό παράδειγμα ζύγισης μετά ή πριν από κάποια μεταφορά όπου το υλικό αντιστοιχείται για χρήματα. Η εικόνα 2.15 παραπάνω απεικονίζει την τοποθέτηση ενός σταθμευμένου φορτηγού πάνω σε μια γεφυροπλάστιγγα. Το γεμάτο φορτηγό ζυγίζεται και αφαιρείται το γνωστό απόβαρο του φορτηγού για να καθοριστεί το καθαρό βάρος του προϊόντος. Αυτό μπορεί να γίνει για σκοπούς τιμολόγησης ή ελέγχου απογραφής. Τυπικά, η επίτευξη ενός προκαθορισμένου βάρους δεν είναι σημαντική σε αυτή την περίπτωση. Αυτό που είναι σημαντικό είναι να γνωρίζουμε πόσο υλικό εισέρχεται ή εξέρχεται από την εγκατάσταση (ο.π. σελ. 4).

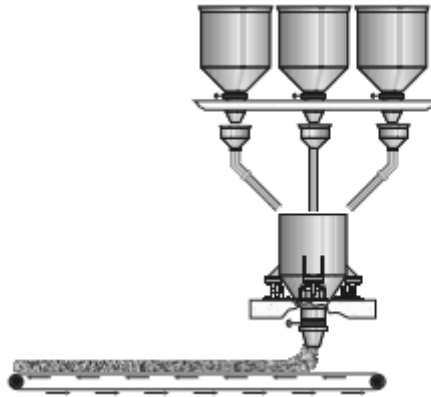
#### Ανάμιξη υλικών

Η εικόνα 2.16 παρακάτω δείχνει ότι διάφορα συστατικά ζυγίζονται σε ξεχωριστές ζυγαριές και κατόπιν αναμειγνύονται. Κάθε ζυγαριά πρέπει να είναι ακριβής καθώς μπορεί να έχει επίσημα επίδραση στις αναλογίες κάθε συστατικού και στο τελικό προϊόν (ο.π. σελ. 4).



Εικόνα 2.16 Σχέδιο ζυγιστικού συστήματος ανάμιξης υλικών (1)

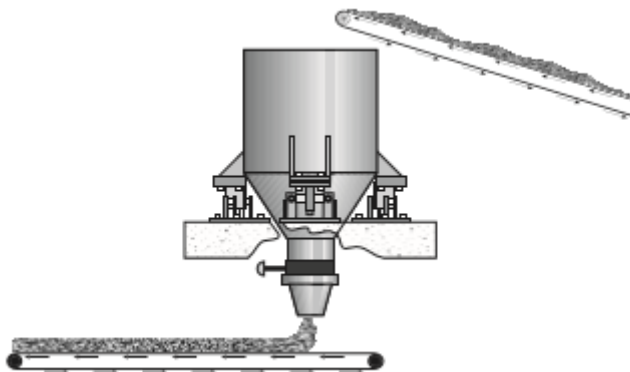
Η εικόνα 2.17 παρακάτω δείχνει ότι πολλά υλικά αναμειγνύονται με μια δοθείσα συνταγή και ρίχνουν κάθε σιλό με την σειρά σε μία μόνο χοάνη ζύγισης. Καθώς όλα τα συστατικά ζυγίζονται στην ίδια χοάνη ζύγισης, το σύστημα ζύγισης πρέπει να είναι γραμμικό ώστε να επιτυγχάνεται σωστή αναλογία. Δεν χρειάζεται να βαθμονομείται με ακρίβεια εάν το τελικό καθαρό βάρος του προϊόντος δεν είναι κρίσιμο (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 4)).



Εικόνα 2.17 Σχέδιο ζυγιστικού συστήματος ανάμιξης υλικών (2)

#### Απώλεια υλικού (loss in weight)

Η εικόνα 2.18 παρακάτω δείχνει μια κατάσταση όπου η χοάνη ζύγισης πρώτα συμπληρώνεται και όταν η διαδικασία πλήρωσης σταματήσει, το υλικό τροφοδοτείται με ελεγχόμενο ρυθμό σε μια ταινία μεταφοράς υλικού. Η συνολική ποσότητα υλικού που παρέχεται στη διαδικασία μπορεί να είναι σημαντική, αλλά ο ρυθμός με τον οποίο το προϊόν τροφοδοτείται στη διαδικασία διανομής από τη χοάνη ζύγισης είναι συνήθως πιο σημαντικός (ο.π. σελ. 4).



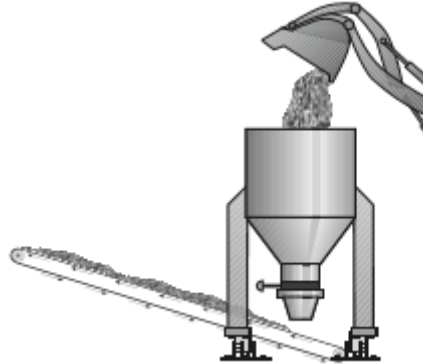
Εικόνα 2.18 Σχέδιο ζυγιστικού συστήματος απώλειας υλικού μετά την πλήρωση της χοάνης

#### 2.4.2 Μοντέλα ζύγισης με χοάνη

Παρακάτω φαίνονται τα συνηθέστερα μοντέλα χοανών ζύγισης

1. Ένα από τα απλούστερα συστήματα ζύγισης σιλό απεικονίζεται παρακάτω. Η εικόνα 2.19 παρακάτω απεικονίζει την φόρτωση σιλό σε ένα ζυγιστικό σύστημα με φορτωτή. Η χοάνη ζύγισης μπορεί να γεμίσει χρησιμοποιώντας μεταφορέα τροφοδοσίας, έναν εμπρόσθιο

φορτωτή, τρυπάνι κλπ. Και το υλικό μπορεί να αφαιρεθεί από τη χοάνη με τη χρήση ενός μεταφορέα εκφόρτωσης (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 5)).



Εικόνα 2.19 Φόρτωση ζυγιστικού συστήματος με φορτωτή

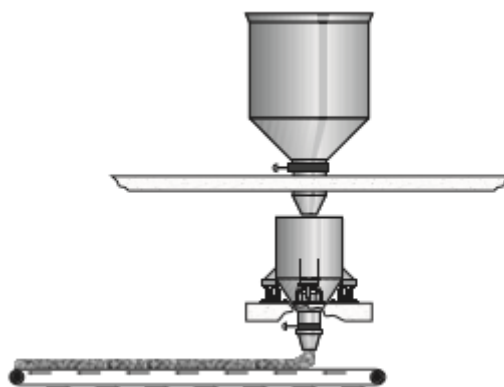
Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλα συστήματα.
- Χαμηλό συνολικό ύψος.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Αργή πλήρωση και εκφόρτιση (χαμηλή απόδοση).
- Δύσκολο να επιτευχθεί ακριβές βάρος, λόγω της ασυνέπειας στη ροή υλικού στην είσοδο.

2. Η εικόνα 2.20 παρακάτω απεικονίζει μια χοάνη ζύγισης τοποθετημένη απευθείας κάτω από το σιλό αποθήκευσης (ο.π. σελ. 5).



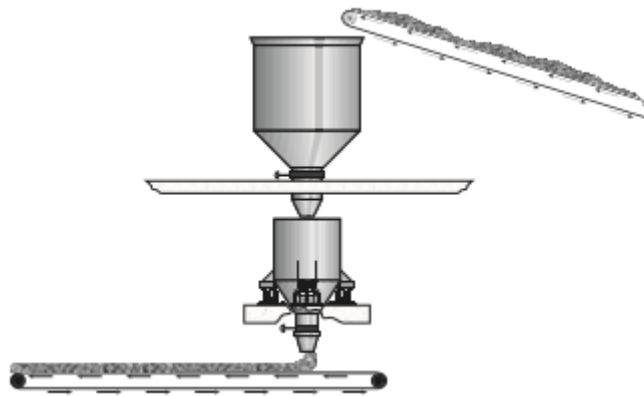
Εικόνα 2.20 Ζυγιστικό σύστημα με χοάνη πλήρωσης του ζυγιστικού σιλό

Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Η χοάνη ζύγισης τροφοδοτείται με την βαρύτητα, απλοποιώντας τη διαδικασία τροφοδοσίας και παρέχοντας πιο ομοιόμορφη ροή.
- Ταχύτερος κύκλος γεμίσματος και επομένως μεγαλύτερη απόδοση.
- Πλήρωση δυο ταχυτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγαλύτερη ακρίβεια στόχου.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Υψηλότερο συνολικό ύψος.
  - Το υλικό πρέπει να μεταφέρεται ψηλότερα στο σιλό αποθήκευσης.
3. Ένα σύστημα τροφοδοτούμενο μεταφορέα μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη μιας άνω χοάνης όπως φαίνεται στην εικόνα 2.21 παρακάτω. Η χοάνη υπερχειλίσσης επιτρέπει στον μεταφορέα να λειτουργεί συνεχώς και απομονώνει τη χοάνη ζύγισης από την ενίοτε ακανόνιστη ροή υλικού από τον μεταφορέα (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 5)).



Εικόνα 2.21 Ζυγιστικό σύστημα πλήρωσης με μεταφορική ταινία την χοάνη και ύστερα το ζυγιστικό σιλό

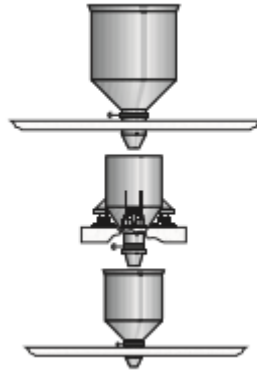
Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι τα εξής:

- Ζύγιση της χοάνης απομονωμένη από τον μεταφορέα τροφοδοσίας.
- Ο μεταφορέας εισόδου μπορεί να λειτουργεί συνεχώς.
- Η χοάνη υπερχειλίσσης χρησιμεύει ως ρυθμιστικό για την εξομάλυνση της ζήτησης υλικού.
- Είναι δυνατή η πλήρωση δυο ταχυτήτων.
- Ταχύτερη πλήρωση και υψηλότερη δυνατή απόδοση.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Υψηλότερο συνολικό ύψος.
  - Υψηλότερο κόστος.
  - Πιο πολύπλοκα χειριστήρια και μηχανικές διατάξεις.
4. Η διάταξη της εικόνας 2.22 είναι παρόμοια με την διάταξη προηγουμένως, ωστόσο, έχει προστεθεί μια χαμηλότερη χοάνη για την επιτάχυνση του κύκλου εκκένωσης. Το βάρος

κάθε βύθισης μπορεί να συσσωρευτεί και το τελικό βάρος του τελικού σχεδίου να ρυθμιστεί ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό καθαρό φορτίο (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 6)).



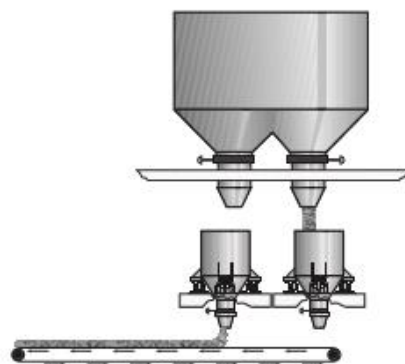
Εικόνα 2.22 Σύνθετη ζυγιστική μονάδα πλήρωσης ζυγιστικού σιλό και χοάνης

Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Ζύγιση της χοάνης απομονωμένη από τον μεταφορέα τροφοδοσίας.
- Η χοάνη υπερχειλίσεως χρησιμεύει ως ρυθμιστικό για την εξομάλυνση της ζήτησης υλικού.
- Είναι δυνατή η πλήρωση δύο ταχυτήτων.
- Ταχύτερη πλήρωση, απαλλαγή και δυνατότητα απόδοσης.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Υψηλότερο συνολικό ύψος.
  - Υψηλότερο κόστος.
  - Πολύπλοκο χειριστήριο και μηχανική διάταξη.
5. Η εικόνα 2.23 απεικονίζει ένα μονό σιλό αποθήκευσης με δύο χοάνες ζύγισης αναρτημένες από κάτω. Αυτή η διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει υλικό συνεχώς σε μια διαδικασία. Καθώς μια χοάνη αδειάζει, η άλλη μπορεί να γεμίσει. Εάν το σύστημα έχει σωστή διάσταση, δεν υπάρχει διακοπή στη ροή υλικού στον μίαντα εκκένωσης (ο.π. σελ. 6).



Εικόνα 2.23 Ζυγιστικό σιλό δύο εξόδων για συνεχή ροή υλικού



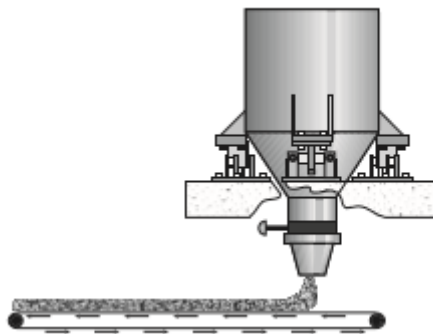
Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Συνεχής ροή υλικού.
- Υψηλή απόδοση.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Υψηλότερο συνολικό ύψος.
- Υψηλότερο κόστος από τα συστήματα εκκένωσης.
- Πιο πολύπλοκα χειριστήρια και μηχανικές διατάξεις.

6. Η επόμενη εικόνα 2.24 απεικονίζει ένα σύστημα απώλειας υλικού (loss in weight). Αυτό χρησιμοποιείται όταν μια διαδικασία χρειάζεται μια παρτίδα υλικού (όχι μεγαλύτερη από την χωρητικότητα της χοάνης ζύγισης), αλλά το υλικό πρέπει να τροφοδοτείται στη διαδικασία με ελεγχόμενο ρυθμό. Η διαδικασία ξεκινά γεμίζοντας τη χοάνη με τουλάχιστον αρκετό υλικό για την επερχόμενη διαδικασία. Η πλήρωση στη συνέχεια διακόπτεται και αρχίζει η εκκένωση. Ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιείται η εκκένωση ελέγχεται από την παρακολούθηση της "απώλειας υλικού" της χοάνης και κατόπιν της διαμόρφωσης των ποσοστών εκφόρτωσης για τη διατήρηση της επιθυμητής παροχής. Η απόρριψη μπορεί να ολοκληρωθεί με την ολοκλήρωση του σταδίου της διαδικασίας ή όταν έχει αφαιρεθεί συγκεκριμένη ποσότητα υλικού (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 6)).



Εικόνα 2.24 Σύστημα ζυγιστικού σιλό loss in weight

Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Δίνει τη δυνατότητα να παρέχει υλικό σε σταθερή ταχύτητα.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Συμπληρωματικοί έλεγχοι και μηχανική διάταξη.
- Υψηλότερο κόστος από τα συστήματα εκκένωσης.

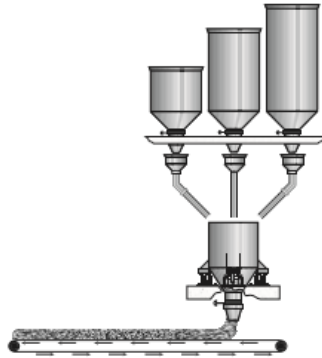
7. Η εικόνα 2.25 παρακάτω απεικονίζει ένα σύστημα δοσολογίας πολλαπλών συστατικών όπου όλα τα συστατικά ζυγίζονται μία φορά και έπειτα προωθούνται σε μία μόνο χοάνη ζύγισης (ο.π. σελ. 7).

Πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Χαμηλότερο κόστος από τις πολλαπλές χοάνες.
- Η βαθμονόμηση της ζυγαριάς μπορεί να μην είναι κρίσιμη, καθώς όλα τα συστατικά ζυγίζονται σε μία ζυγαριά, εξασφαλίζοντας τις σωστές αναλογίες.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- Η ακρίβεια των δευτερευόντων συστατικών μπορεί να μειονεκτεί όταν η χωρητικότητα του ζυγού είναι μεγάλη σε σύγκριση με το βάρος του συστατικού.
- Το σύστημα είναι σχετικά αργό, επειδή κάθε υλικό πρέπει να προωθηθεί μία φορά και ο κύκλος δεν μπορεί να επαναληφθεί μέχρι να αποφορτιστεί η χοάνη ζύγισης.



Εικόνα 2.25 Σύστημα ζυγιστικού σιλό ανάμιξης προϊόντων

### 2.4.3 Γεφυροπλάστιγγες

Οι γεφυροπλάστιγγες διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Παρέχουν πολύτιμα δεδομένα βάρους για τα εισερχόμενα και εξερχόμενα οχήματα σε λατομεία, εργοστάσια ανακύκλωσης, η ενέργεια από τις περιοχές των αποβλήτων, λιμάνια και τερματικούς σταθμούς, τσιμεντοβιομηχανίες και εργοστάσια επεξεργασίας. Ένα μίγμα οργάνων, φιλικό προς το χρήστη λογισμικό, εξοπλισμός ελέγχου και οι τεχνολογίες της επικοινωνίας αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς το πεδίο εφαρμογής της γεφυροπλάστιγγας, διευρύνοντας έτσι τις δυνατότητες επιχειρησιακά, τη συλλογή δεδομένων και τη συνδεσιμότητα τους. Επιπλέον, οι γεφυροπλάστιγγες δρουν ως κρίσιμα σημεία ελέγχου σε πολλές περιοχές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της επί τήπου ροής της κυκλοφορίας και την ασφάλεια της εγκατάστασης. Μια γεφυροπλάστιγγα (πλάστιγγα) είναι μια σημαντική επένδυση κεφαλαίου. Ενώ είναι ζωτικής σημασίας να ληφθεί έρευνα περιοχής και να προσδιοριστεί κάθε παράμετρος ανάλογα με το περιβάλλον και τη χρήση, υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά σε όλες τις γεφυροπλάστιγγες. Η εικόνα 2.26 απεικονίζει μια τυπική δομή εγκατάστασης ζυγιστικού συστήματος.



*Εικόνα 2.26 Σχέδιο φορτηγού πάνω σε γεφυροπλάστιγγα, τυπική δομή εγκατάστασης ζυγιστικού συστήματος*

Αυτά τα εργαλεία εργασίας της ζύγισης έρχονται σε όλα τα διαφορετικά σχήματα, μεγέθη και σχέδια, κατασκευασμένα από μέταλλο, τσιμέντο ή σύνθεση αυτών. Οι τυπικές χωρητικότητες κυμαίνονται από 30 έως 100 τόνους, μήκους εννέα, δεκαπέντε και δεκαοχτώ μέτρων και πλάτους μέχρι 4,5 μέτρα. Ο κοινός παράγοντας για όλες αυτές τις παραλλαγές είναι ότι πρέπει να είναι ισχυρές (στις καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και τις καταπονήσεις από τα φορτηγά), ακριβείς και αξιόπιστες. Η επιλογή για μια συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται από παράγοντες όπως το μέγιστο μέγεθος και βάρος του οχήματος, ο διαθέσιμος χώρος, η χρήση και φυσικά ο προϋπολογισμός. Οι περισσότερες γεφυροπλάστιγγες λειτουργούν με ένα τρόπο οδήγησης. Με άλλα λόγια, τα οχήματα κινούνται με συγκεκριμένη φορά. Ωστόσο, σε εφαρμογές όπου ο χώρος είναι περιορισμένος, τα οχήματα μπορούν να πάνε και να σβήνουν από το ίδιο άκρο. Για τα εργοστάσια στα οποία ζυγίζονται και εξέρχονται τα οχήματα, η προφανής επιλογή είναι να λειτουργούν δύο χωριστές γέφυρες. Όχι μόνο αυτό εξορθολογεί τη ροή της κυκλοφορίας, αλλά δίνει επίσης την ευκαιρία να εξυπηρετήσει μία γέφυρα διατηρώντας ταυτόχρονα την άλλη λειτουργική. Ωστόσο, αυτή είναι σαφώς πιο δαπανηρή επιλογή και σε πολλές εφαρμογές αρκεί μια πλάστιγγα.

### **Χωρητικότητα και μέγεθος πλατφόρμας**

Κατά την επιλογή μιας νέας γεφυροπλάστιγγας, το σημαντικότερο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι το απαιτούμενο μέγεθος πλατφόρμας και η μέγιστη ικανότητα ζύγισης της ζυγιστικής βάσης - μια απόφαση που έχει άμεσες οικονομικές επιπτώσεις στο κόστος του έργου. Πρέπει να ληφθεί υπόψη τα οχήματα που αναμένεται να ζυγιστούν σε μια ζυγαριά, εξετάζοντας το συνολικό μέγεθος, τη μεγαλύτερη βάση τροχών, το πλάτος πάνω από τα ελαστικά, το μέγιστο συνολικό βάρος οχήματος, τα μέγιστα φορτία ενός άξονα καθώς και συχνότητα χρήσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αλλαγή του μεγέθους και της χωρητικότητας του ζυγού μετά την αγορά δεν είναι πρακτικά και οικονομικά εφικτή, οπότε είναι σκόπιμο να ληφθούν υπόψη αυτά τα πράγματα από την αρχή. Οι περισσότεροι από τους συνδυασμούς ενός ρυμουλκούμενου μπορούν να τοποθετηθούν σε μια γεφυροπλάστιγγα μήκους 18 μέτρων με χωρητικότητα 60 τόνων. Άλλα κοινά μήκη γεφυρών είναι 7,5 μέτρα, 12 μέτρα και 16 μέτρα. Αν και τα περισσότερα οχήματα ταιριάζουν σε πλάτη πλατφόρμας 3 μέτρων και σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται πλάτος 3,5 μέτρων για ευκολία χειρισμού. Τα οχήματα εκτός δρόμου που φέρουν πολύ συγκεντρωμένα φορτία, απαιτούν ειδικές διαμορφώσεις μεγέθους και χωρητικότητας. Οι περισσότεροι εγκατεστημένοι προμηθευτές προσφέρουν προσαρμοσμένα μεγέθη και ικανότητες για να ανταποκριθούν στις συγκεκριμένες αυτές ανάγκες, αλλά συνήθως συνεπάγονται υψηλότερο κόστος και μεγαλύτερους χρόνους παράδοσης.

## Τοποθέτηση πλάστιγγας

### Πλάστιγγα λάκκου

Οι γεφυροπλάστιγγες που είναι τοποθετημένες στο έδαφος είναι ευθυγραμμισμένες με το έδαφος. Ως εκ τούτου δεν θέτουν περιορισμούς στην κίνηση των οχημάτων και επομένως είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι σε χώρους όπου η ροή του οχήματος μπορεί να είναι σε πολλαπλές κατευθύνσεις. Τα περισσότερα μηχανικά βάρη τοποθετήθηκαν σε λάκκους για να φιλοξενήσουν τα συγκροτήματα μοχλών, έτσι ώστε όταν αναβαθμιστούν ή αντικατασταθούν. Η εικόνα 2.27 απεικονίζει μια πλάστιγγα τοποθετημένη μέσα σε λάκκο.



Εικόνα 2.27 Πλάστιγγα λάκκου

### Πλάστιγγα επιφάνειας

Οι γεφυροπλάστιγγες επιφάνειας προσφέρουν απλές διαδικασίες εγκατάστασης και τα πλευρικά πλαίσια βοηθούν στην οδήγηση οχημάτων κεντρικά μέσω της γέφυρας. Αυτός ο τύπος γεφυροπλάστιγγων βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του δρόμου και απαιτούνται ράμπες σε κάθε άκρο για να επιτραπεί στα οχήματα να έχουν πρόσβαση στην πλατφόρμα. Οι ράμπες προσέγγισης και αναχώρησης μπορεί να είναι κατασκευασμένες από μέταλλο. Η απαιτούμενη ποσότητα έργων πολιτικών θεμελίων μειώνεται για επιφανειακά εγκατεστημένες πλάστιγγες, αλλά η συνολική απαίτηση χώρου είναι μεγαλύτερη. Οι υψηλότερες πλατφόρμες χρειάζονται μεγαλύτερες ράμπες, οι οποίες αυξάνουν το συνολικό αποτύπωμα του ζυγού καθώς και τον κύκλο περιστροφής των οχημάτων που προσεγγίζουν την πλάστιγγα. Αυτός ο τύπος εγκατάστασης είναι πιο κατάλληλος όταν χρειάζεται να μετακινηθεί η γεφυροπλάστιγγα ή για προσωρινές εγκαταστάσεις.

Στην περίπτωση επιφανειακά τοποθετημένων γεφυρών, απαιτούνται ράμπες προσέγγισης, οι οποίες μπορεί να είναι από σκυρόδεμα ή μέταλλο. Οι ράμπες απορροφούν τη βίαη δύναμη από ένα όχημα προς την πλάστιγγα, καθώς αυτό ανεβαίνει στην ζυγαριά. Το σκυρόδεμα μπορεί να προσφέρει μακροζωία, ενώ η μεταλλική ράμπα είναι ιδανική αν η πλάστιγγα είναι πιθανόν να μετακινηθεί. Η εικόνα 2.28 απεικονίζει μια πλάστιγγα επιφάνειας και τις ράμπες οδήγησης του οχήματος.



Εικόνα 2.28 Πλάστιγγα επιφάνειας και ράμπες

### Υλικό κατασκευής πλάστιγγας

#### Πλάστιγγα μπετού

Οι γεφυροπλάστιγγες από σκυρόδεμα μπορεί να προσφέρουν πλεονεκτήματα για ορισμένες εφαρμογές. Η κατασκευή τους γίνεται απευθείας στον χώρο του εργοστασίου (γενικότερα στον χώρο χρήσης της), σαν πιο οικονομική λύση, καθώς η κατασκευές αυτές είναι πολύ πιο περίπλοκες από τις μεταλλικές πλάστιγγες. Αυτές αποτελούνται από ένα χαλύβδινο εξωτερικό πλαίσιο, εσωτερικά δοκάρια ενισχυμένα με μεταλλικά πλέγματα. Μόλις η μονάδα συναρμολογηθεί επί τόπου, χύνεται το σκυρόδεμα μέσα και όταν η κατασκευή σκληρυνθεί, οι δυναμοκυψέλες τοποθετούνται. Εναλλακτικά, μια πλήρης γεφυροπλάστιγγα μπορεί να κατασκευαστεί στο εργοστάσιο και παραδίδεται στο χώρο όπου γίνεται και η τοποθέτηση των δυναμοκυψελών. Η εικόνα 2.29 απεικονίζει μια τυπική πλάστιγγα μπετού.



Εικόνα 2.29 Πλάστιγγα μπετού

#### Μεταλλική πλάστιγγα

Μια γεφυροπλάστιγγα σχεδιασμένη με μεταλλική δομή είναι ταχύτερη, ευκολότερη και στις περισσότερες περιπτώσεις, πιο αποδοτική για την εγκατάσταση. Με επιφάνεια καθαρισμένη και καλής ποιότητας βαφή, οι μεταλλικές κατασκευές μπορούν να είναι ανθεκτικές κατά της διάβρωσης και κατά συνέπεια μεγαλύτερης διάρκειας ζωής. Είναι επίσης ευκολότερο να μεταφερθούν, όταν απαιτείται. Όσον αφορά τη διατήρηση της ποιότητας της κατασκευής, οι μεταλλικές κατασκευές πρέπει να κατασκευάζονται υπό ελεγχόμενες εργοστασιακές συνθήκες και

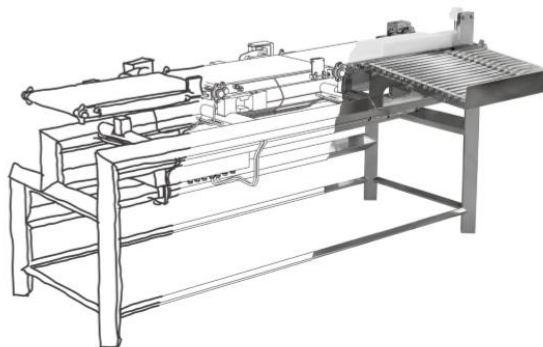
να μπορούν να επιθεωρούνται κατά την κατασκευή πριν από την αποστολή τους. Το βάρος της πλάστιγγας δεν αποτελεί δείκτη ποιότητας, καθώς δεν αντιπροσωπεύει πτυχές σχεδιασμού και κατασκευής. Καινοτομικά σχεδιασμένες και συγκολλημένες αρθρωτές κατασκευές μπορούν να παρέχουν καλύτερη αντοχή με μικρότερο βάρος. Η εικόνα 2.30 απεικονίζει μια τυπική μεταλλική πλάστιγγα.



Εικόνα 2.30 Μεταλλική πλάστιγγα

#### 2.4.4 Ελεγκτής βάρους (checkweigher)

Ένας ελεγκτής βάρους (checkweigher) είναι ένα σύστημα που ζυγίζει αντικείμενα καθώς περνούν από μια γραμμή παραγωγής, ταξινομεί τα αντικείμενα με προκαθορισμένες ζώνες βάρους και εξαγει ή ταξινομεί τα αντικείμενα με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Οι ζυγοί αυτοί ζυγίζουν το 100% των αντικειμένων σε μια γραμμή παραγωγής. Τυπικά, ένα τμήμα τροφοδοσίας, ένα τμήμα κλίμακας, ένα τμήμα εκφόρτωσης, ένας απορριπτήρας ή ένας διαχωριστής γραμμής και ένας ηλεκτρονικός έλεγχος περιλαμβάνουν το φυσικό σύστημα ελέγχου του ελεγκτή βάρους. Οι ελεγκτές αυτοί και τα εξαρτήματά τους διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται, τα αντικείμενα που ζυγίζονται και το περιβάλλον που τα περιβάλλει. Με απλά λόγια, ένας τέτοιος ζυγός ελέγχου ζυγίζει, ταξινομεί και διαχωρίζει τα στοιχεία κατά βάρος (Siemens Level and Weighing. Product Application Guidelines, (n.d.) Checkweighers, (σελ. 4)). Η εικόνα 2.31 απεικονίζει την μορφή ενός ελεγκτή βάρους. Η εικόνα 2.32 απεικονίζει τα επιμέρους τμήματα ενός ελεγκτή βάρους.



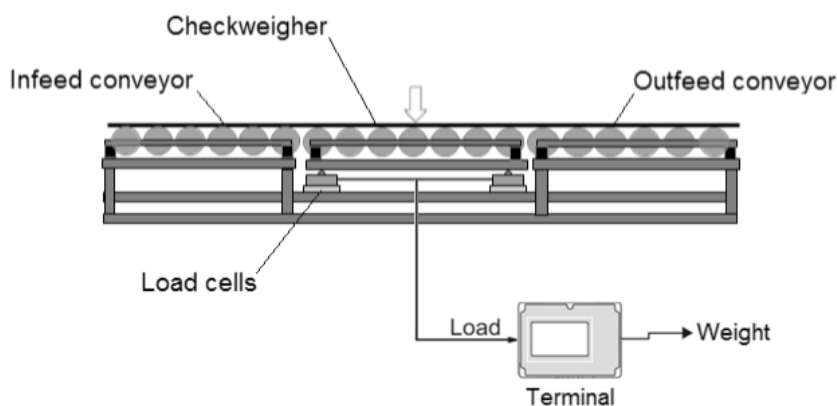
Εικόνα 2.31 Ελεγκτής βάρους (checkweigher)

#### Τυπικές χρήσεις ενός checkweigher

Πολλές πιθανές χρήσεις για έναν ελεγκτή βάρους περιλαμβάνουν (ο.π. σελ. 4):

- Έλεγχος των πακέτων που είναι γεμάτα κάτω από το υπερβολικό βάρος.

- Ασφαλής συμμόρφωση με τους νόμους περί καθαρού περιεχομένου για προσυσκευασμένα προϊόντα.
- Έλεγχος στοιχείων που λείπουν σε ένα πακέτο που περιλαμβάνει ετικέτες, οδηγίες, καπάκια, κουπόνια ή προϊόντα.
- Επαλήθευση αριθμού προϊόντων κατά βάρος ελέγχοντας ένα χαρτοκιβώτιο, τσάντα ή φιάλη που σε μια περίπτωση λείπει κάποιο προϊόν.
- Ταξινόμηση προϊόντων σε κατηγορίες βάρους.
- Εξασφάλιση των συμμορφώσεων των προϊόντων με προδιαγραφές πελατών, συσχέτισης ή αντιπροσωπείας.
- Ζύγιση των υλικών πριν και μετά από μια διαδικασία ολοκληρωμένης παραγωγής προϊόντων για τον έλεγχο της απόδοσης της διαδικασίας.
- Μέτρηση και αναφορά της απόδοσης της γραμμής παραγωγής.



Εικόνα 2.32 Επιμέρους τμήματα ελεγκτή βάρους

Οι ελεγκτές βάρους χρησιμοποιούνται συνήθως σε τέσσερις βασικούς τομείς (Siemens Level and Weighing. Product Application Guidelines, (n.d.) Checkweighers, (σφ 4-5)):

1. Προσυσκευασία: Το βάρος του προϊόντος επαληθεύεται πριν συσκευασθεί, ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα σύμφωνα με τα κανονιστικά πρότυπα.
2. Πρωταρχική συσκευασία: Το προϊόν συσκευάζεται, επαληθεύεται πριν από τη μαζική συσκευασία για να αποφευχθεί μη συμμορφούμενη επεξεργασία στην επόμενη φάση.
3. Δευτερεύουσα συσκευασία: Πολλαπλά προϊόντα ενοποιούνται και το βάρος επαληθεύεται πριν από την μαζική συσκευασία.
4. Τελική συσκευασία: Τα συσκευασμένα αντικείμενα συσκευάζονται σε μεγαλύτερα πακέτα και το βάρος τους επαληθεύεται. Έτσι εξασφαλίζεται η βέλτιστη συσκευασία και τα δεδομένα αποστολής είναι σωστά.

Η διέλευση και η ταχύτητα του μεταφορέα μπορούν να είναι αντιστρόφως ανάλογες με την ακρίβεια. Προκειμένου να επιτευχθεί η μεγαλύτερη ακρίβεια, το προϊόν πρέπει να είναι σε ζυγαριά αρκετά μεγάλη ώστε η δυναμοκυψέλη να προλάβει να αντιδράσει στην αλλαγή του βάρους και να σταθεροποιηθεί. Δεν είναι ασυνήθιστο οι πολλαπλές γραμμές παραγωγής να χρησιμοποιούνται με μειωμένη ταχύτητα μεταφοράς, για μεγαλύτερη ακρίβεια, επιτυγχάνοντας παράλληλα την ίδια συνολική απόδοση. Το μήκος του ελεγκτή βάρους μπορεί επίσης να βελτιστοποιηθεί ανάλογα με το μέγεθος του προϊόντος και την ταχύτητα του μεταφορέα. Τα νομικά πρότυπα απαιτούν το βάρος

του προϊόντος ενός συσκευασμένου αντικειμένου να μην είναι σημαντικά μικρότερο ή μεγαλύτερο από το αναγραφόμενο βάρος στη συσκευασία και ότι μια ομάδα συσκευασιών θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από το αναγραφόμενο στην συσκευασία βάρος (Siemens Level and Weighing. Product Application Guidelines, (n.d.) Checkweighers, (σελ 5)).

### **Συνθήκες επιρροής της ακρίβειας του ελεγκτή βάρους**

Πολλές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια του ελεγκτή βάρους κάθε κατασκευαστή. Υπάρχουν τρόποι αντιστάθμισης ή εξάλειψης αυτών των προβλημάτων στο εργοστάσιο που γίνεται η εγκατάσταση. Όταν προγραμματιστεί να γίνει εγκατάσταση ενός ελεγκτή βάρους σε μια βιομηχανία, πρέπει να υπολογιστούν το περιβάλλον της εγκατάστασης και του προϊόντος, τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια του ελεγκτή βάρους (Mettler Toledo Company. (1997) Principles of Checkweighing. Third Edition, (σελ 19)).

### **Το περιβάλλον**

Κοινή σε όλες τις ζυγαριές είναι η επίδραση του περιβάλλοντος στην ακρίβεια. Ορισμένα συστήματα ελεγκτών βάρους είναι καλύτερα εξοπλισμένα για να εργάζονται σε πιο ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες από άλλα. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένοι από τους περιβαλλοντικούς κινδύνους για την ακρίβεια της ζύγισης.

Ορισμένες δυναμοκυψέλες δεν είναι εξοπλισμένες για να χειρίζονται τις **διακυμάνσεις της θερμοκρασίας**. Εάν οι πιεζοαντιστάσεις στην δυναμοκυψέλη δεν είναι σφραγισμένες έναντι υγρασίας και εξωτερικών ρύπων, οι υπερβολικές θερμοκρασίες και η υγρασία μπορούν να καταστρέψουν την ακεραιότητα του αισθητηρίου (ο.π. σελ. 19).

Τα **συντρίμμια** και η **σκόνη** που πέφτει πάνω και γύρω από τον ελεγκτή βάρους μπορούν να προσθέσουν απόβαρο (tare) σε αυτόν. Εάν τα συντρίμματα συνεχώς πέφτουν σε μεταφορείς ή πλατφόρμες ελεγκτών βάρους, τότε οι ζυγαριές αυτές θα χρειαστεί να μηδενίζονται συνεχώς (zero set). Θα ήταν πιο αποτελεσματικό να προστατεύεται το τμήμα της κλίμακας από εξωτερικές μάζες ή να διατηρείται μια λογικά καθαρή περιοχή παραγωγής γύρω από τον ταινιοζυγό (ο.π. σελ. 19).

Οποιαδήποτε **δόνηση** εισάγει "θόρυβο" ή ανεπιθύμητα σήματα στον ζυγό. Η αιτία θα μπορούσε να είναι μια χοάνη, ένα κοντινό πιεστήριο, χαλασμένα ρουλεμάν στον μεταφορέα του ελεγκτή βάρους, κάποιος σπαστήρας ή ακόμα και ένας άλλος μεταφορέας που έρχεται σε επαφή με τον ελεγκτή βάρους. Πολλοί ελεγκτές βάρους μπορούν να φιλτράρουν αυτόματα κάποιο εξωτερικό θόρυβο. Ωστόσο, για βέλτιστη απόδοση, ένας ελεγκτής βάρους θα πρέπει να απομονώνεται από εξωτερικούς κραδασμούς (ο.π. σελ. 19).

Τα **ρεύματα αέρα**, όπως τα συντρίμμια, μπορούν επίσης να επηρεάσουν τις ενδείξεις του ζυγού. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αποφευχθεί η εγκατάσταση εξαιρετικά ευαίσθητου ελεγκτή βάρους όπως αυτών που χρησιμοποιούνται συνήθως στη φαρμακευτική βιομηχανία. Καθώς ακόμη και η κίνηση του αέρα επηρεάζει στο ελάχιστο το αποτέλεσμα της ζύγισης, μπορεί να είναι χρήσιμη μια ασπίδα ανύψωσης (ο.π. σελ. 19)).

Ο **ηλεκτρικός θόρυβος**, όπως ηλεκτροστατική εκφόρτιση και η παρεμβολή ραδιοσυχνοτήτων (RFI), μπορεί να επηρεάσει τις ενδείξεις ελέγχου βάρους. Η RFI μπορεί να προκληθεί από συσκευές τηλεειδοποίησης, κινητά τηλέφωνα και "walkie-talkies", καθώς και από άλλα μηχανήματα. Η στατική συσσώρευση μπορεί να προκληθεί από το μηχάνημα ή τα αντικείμενα που



διασχίζουν την κλίμακα. Ακόμη και ένα κάγκελο ασφαλείας ή ένα προστατευτικό κάλυμμα αν έχει επαφή με την ταινία μπορεί να προκαλέσει στατική συσσώρευση (Mettler Toledo Company. (1997) Principles of Checkweighing. Third Edition, (σελ 20)).

Ένα **καυστικό περιβάλλον** μπορεί να υποβαθμίσει μια δυναμοκυψέλη και άλλα εξαρτήματα του ελεγκτή βάρους. Πρέπει να γίνεται μελέτη των υλικών του προϊόντος και συχνός καθαρισμός στην περιοχή του ελεγκτή βάρους για την συντήρηση του ελεγκτή βάρους (ο.π. σελ. 20).

### **Το προϊόν**

Το ιδανικό προϊόν για έναν ελεγκτή βάρους είναι σφιχτά κλειστό σε ομοιόμορφη συσκευασία και δεν πρέπει να εκτραπεί, να μην ταρακουνηθεί, ούτε να δονηθεί καθώς περνάει κατά μήκος της ζυγαριάς. Το ιξώδες ενός υγρού προϊόντος μπορεί να επηρεάσει τις μετρήσεις βάρους από τον ελεγκτή βάρους όταν **αναδεύεται** ή **δονείται** (ο.π. σελ. 23).

Όταν η συσκευασία μεταβιβαστεί στην πλατφόρμα ζύγισης, όσο λιγότερο σταθερά είναι τα περιεχόμενα, τόσο περισσότερο χρόνο θα χρειαστεί η κλίμακα για να πετύχει ακριβή ανάγνωση βάρους. Υπάρχουν πολλοί τρόποι αντιμετώπισης της **αστάθειας του προϊόντος** (ο.π. σελ. 23)).

Όπως και τα συντρίμια, το **χαλαρό προϊόν** που πέφτει στην ζυγαριά μπορεί να εμποδίσει ακριβείς ενδείξεις βάρους. Οι περισσότεροι ελεγκτές βάρους, ανά τακτά διαστήματα, μηδενίζουν εκ νέου την κλίμακα, αλλά συνήθως αυτό δεν είναι δυνατό για κάθε προϊόν (ο.π. σελ. 23).

Το χύμα υλικό μπορεί να μην καθαριστεί πριν από την είσοδο της επόμενης δόσης στην ζυγαριά. Ο ελεγκτής βάρους δεν έχει το χρόνο να ξαναμηδενίσει την ζυγαριά πριν από την επόμενη συσκευασία. Παρόλο που ο επόμενος σάκος μπορεί είναι πιο ελαφρύς, ο ελεγκτής βάρους μπορεί να το δεχτεί με το πρόσθετο βάρος στην ζυγαριά που είχε απομείνει από πριν (ο.π. σελ. 23).

Ένα χαμηλό και φαρδύ πακέτο είναι πολύ πιο σταθερό από ένα ψηλό και λεπτό πακέτο. Τα μπουκάλια σαμπουάν θεωρούνται συνήθως ασταθή λόγω της υψηλής αναλογίας ύψους προς πλάτος. Καθώς μια φιάλη σαμπουάν διασχίζει τον ελεγκτή βάρους έχει την τάση να ταλαντεύεται (ο.π. σελ. 23)).

Η ταλάντωση ενός **ασταθούς προϊόντος** θα επηρεάσει την ακρίβεια της ανάγνωσης, επειδή δεν μπορεί ποτέ να εγκατασταθεί πλήρως στην κλίμακα. Κατευθυντήριες γραμμές πριν και μετά την ζυγαριά μπορούν να βοηθήσουν (ο.π. σελ. 24)).

Όπως και ο λόγος ύψους προς πλάτος, το **αποτύπωμα** του αντικειμένου είναι επίσης πολύ σημαντικό. Όσο περισσότερη επιφάνεια αγγίζει τον ελεγκτή βάρους, τόσο καλύτερα. Όσο χαμηλότερο είναι το κέντρο βάρους, τόσο πιο σταθερό θα είναι το πακέτο. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να καθοριστεί το αποτύπωμα καθώς και τις φυσικές διαστάσεις του αντικειμένου σε έναν κατασκευαστή ελεγκτών βάρους (ο.π. σελ. 24).

Είναι ευκολότερο να ζυγίζονται ομοιόμορφα χαρτοκιβώτια και δοχεία συγκεκριμένου σχήματος από τα σακιά των οποίων το σχήμα και το αποτύπωμα μπορεί να διαφέρει από είδος σε είδος. Είναι πιο δύσκολο να υπολογιστεί το **προϊόν με μεταβλητό σχήμα** κατά τον προγραμματισμό του ελεγκτή βάρους και μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο χρόνο ζύγισης (ο.π. σελ. 24).

Στους περισσότερους ελεγκτές βάρους, ένας φωτοευαίσθητος αισθητήρας υποδεικνύει στην ζυγαριά ότι ένα στοιχείο εισέρχεται σε αυτήν. Ένα προϊόν με μη κυκλικό αποτύπωμα που γυρίζει από τη μία πλευρά στην άλλη ή ένα **μετατοπιζόμενο προϊόν** μπορεί να προειδοποιήσει την ζυγαριά πολύ σύντομα για να ξεκινήσει την εγγραφή βάρους (Mettler Toledo Company. (1997) Principles of Checkweighing. Third Edition, (σ 25)).

Τα **αντανεκλαστικά προϊόντα**, όπως μερικές πολυ-σακούλες, μεταλλικές επιφάνειες και πλαστικά κιβώτια, μπορούν να προκαλέσουν σύγχυση στο φωτοευαίσθητο αισθητήριο. Το αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι η ζύγιση με καθυστέρηση (υποδεικνύοντας ένα ελαφρύ προϊόν) ή μη καταγραφή του βάρους, καθόλου. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με τη ρύθμιση της γωνίας του φωτοκύτταρου ή του φωτισμού (ο.π. σελ. 25).

Ο **ακατάλληλος χρονισμός** και η **απόσταση των αντικειμένων** μπορεί να υπερφορτώσουν την κλίμακα τοποθετώντας περισσότερες από μία συσκευασίες στην ζυγαριά κάθε φορά. Ως γενικός κανόνας, τα αντικείμενα πρέπει να είναι σε απόσταση δύο ίντσες μακρύτερα από το πλάτος της ταινίας που μεταφέρονται (ο.π. σελ. 25).

### Οδηγίες βέλτιστης εγκατάστασης

Οι παρακάτω οδηγίες μειώνουν την ανάγκη για περαιτέρω τροποποίηση μετά την εγκατάσταση του ελεγκτή βάρους:

- Προσαρμογή της ροής του προϊόντος όπως απαιτείται για να περνάνε επαναλαμβανόμενα μοτίβα ροής για συνεπή μετακίνηση από την ταινία τροφοδοσίας προς τον ελεγκτή βάρους.
- Αποφυγή των προϊόντων που δεν μπορούν να σταθεροποιηθούν πάνω στον μεταφορέα ή και τα υλικά που θα κολλήσουν στις επιφάνειες της ζυγαριάς.
- Προστασία των εξαρτημάτων του συστήματος ελεγκτή βάρους από ζημιογόνες, καυστικές ουσίες. Μπορεί να προκληθεί βλάβη από το ζυγισμένο υλικό.
- Εάν απαιτείται, πρέπει να γίνει βέβαιο ότι ο ελεγκτής βάρους έχει τον απαραίτητο εξοπλισμό που απαιτείται για τη λειτουργία του σε επικίνδυνο περιβάλλον.
- Η θερμοκρασία του υλικού που ζυγίζεται πρέπει να εμπίπτει στο εύρος θερμοκρασίας του ελεγκτή βάρους. Η θερμοκρασία του υλικού μπορεί να έχει μεγαλύτερη εμβέλεια από τις συνθήκες περιβάλλοντος γύρω από τον ταινιοζυγό. Επίσης, πρέπει να γίνει βέβαιο ότι η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος δεν είναι υπερβολικά υψηλή.
- Πρέπει να γίνει απομόνωση του ζυγού από τυχόν επιρροή από κραδασμούς.

#### 2.4.5 Ταινιοζυγοί (belt weighers)

Ο ταινιοζυγός είναι ένα κομμάτι βιομηχανικού εξοπλισμού ελέγχου που χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη μάζα ή το ρυθμό ροής του υλικού που ταξιδεύει πάνω από έναν μεταφορικό ιμάντα οποιουδήποτε μήκους, ο οποίος είναι ικανός να συγκρατεί επαρκώς το υλικό που ζυγίζεται. Αυτοί είναι επίσης γνωστοί ως ζυγαριές ζωνών, δυναμικές κλίμακες, ζυγαριές μεταφορέων και ζυγιστές εν κινήσει. Πολλοί τέτοιοι σταθμοί ελέγχου ή ζυγιστές τροφοδοσίας αποτελούν ένα ενεργό μέρος του ελέγχου ροής της διαδικασίας της γραμμής μεταφοράς.

Ένας ταινιοζυγός αντικαθιστά ένα σύντομο τμήμα του μηχανισμού υποστήριξης του ιμάντα, το οποίο μπορεί να είναι ένα ή περισσότερα σετ κυλίνδρων αδράνειας ή ένα μικρό τμήμα καναλιού ή πλάκας. Αυτό το ζυγισμένο στήριγμα συναρμολογείται σε δυναμοκυψέλες, είτε περιστρεφόμενες, αντισταθμισμένες είτε όχι, ή πλήρως αναρτημένες. Η μάζα που μετράται από τις κυψέλες είναι ενσωματωμένη στην ταχύτητα της ζώνης για τον υπολογισμό της μάζας του υλικού που κινείται στον ιμάντα, αφού αφαιρεθεί η μάζα του ίδιου του ιμάντα. Οι ταινιοζυγοί περιλαμβάνουν γενικά τα απαραίτητα ηλεκτρονικά για την εκτέλεση αυτού του υπολογισμού, συχνά με τη μορφή ενός μικρού βιομηχανοποιημένου συστήματος μικροεπεξεργαστών. Η εικόνα 2.33 απεικονίζει την βάση της μεταφορικής ταινίας ενός ταινιοζυγού.



Εικόνα 2.33 Βάση της μεταφορικής ταινίας ενός ταινιοζυγού (belt weigher)

Ένας ταινιοζυγός είναι συνήθως τοποθετημένος σε μια καλά υποστηριζόμενη ευθεία τομή της ταινίας μεταφοράς, χωρίς κατακόρυφη ή πλάγια καμπυλότητα, και όσο πιο κοντά στο επίπεδο που είναι εφικτό. Το ζυγισμένο υποστήριγμα πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένο κάθετα και οριζόντια με τα παρακείμενα υποστηρίγματα, ώστε να αποφευχθούν οι δυνάμεις εφελκυσμού στον ιμάντα που πραγματοποιείται η μέτρηση. Λόγω της διακύμανσης της τάσης του ιμάντα, πρέπει να γίνει συχνή βαθμονόμηση του ελέγχου.

Οι έξοδοι από τους ταινιοζυγούς είναι συνήθως παλμοί σε προκαθορισμένες αυξομειώσεις της μάζας ή ένα αναλογικό σήμα ανάλογο του ρυθμού ροής. Επιπλέον, ορισμένοι ελεγκτές ταινιοζυγών προσφέρουν χαρακτηριστικά όπως η οδήγηση εξόδου για τη διακοπή του ιμάντα όταν έχει μετρηθεί μια προκαθορισμένη μάζα υλικού ή μια σειρά συναγερωμών που υποδεικνύουν μηδενική ροή, ολίσθηση ιμάντα και διακοπή ιμάντα. Οι χρήσεις περιλαμβάνουν διεργασίες εκχύλισης ορυκτών και αδρανών, συνεχείς διαδικασίες ανάμιξης, έλεγχος τροφοδοτικών με μεταβλητό ρυθμό, διαδικασίες χειρισμού λιμένων και φόρτωσης πλοίων.

Τυπικές εφαρμογές όπου χρησιμοποιούνται ταινιοζυγοί:

- Εξόρυξη, Λατομεία
- Ανάμιξη χύμα υλικού
- Φόρτωση φορτηγού / φορτηγίδας / σιδηροτροχιάς
- Εφαρμογές ελέγχου διαδικασιών

Επιπλέον, μια ζυγαριά μεταφορικού ιμάντα μπορεί να υπολογίσει τη συνολική μάζα του υλικού που μεταφέρεται σε μια δεδομένη χρονική περίοδο και ενώ βρίσκεται σε κίνηση (RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2018, Ιούλιος). Belt Scale. Reference Guide, (σελ 2)).

## Εξαρτήματα συστήματος κλίμακας μεταφορικού ιμάντα

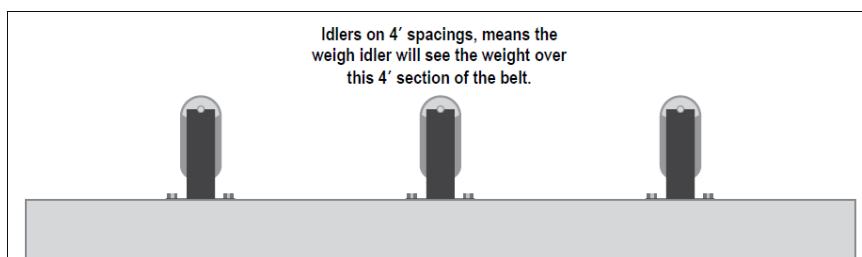
Τα κύρια στοιχεία μιας βασικής κλίμακας μεταφορικής ταινίας είναι:

- Εγκατάσταση του ταινιοζυγού
- Οι δυναμοκυψέλες
- Αισθητήρας καταγραφής ταχύτητας ιμάντα
- Ενδείκτης

Υπάρχουν τέσσερις παράγοντες που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό μιας κατάλληλης εφαρμογής ταινιοζυγών σε έναν συγκεκριμένο ιμάντα.

- Η μέγιστη τιμή φόρτωσης των δυναμοκυψελών
- Η ταχύτητα του ιμάντα
- Η χωρητικότητα του ιμάντα
- Η συγκόλληση των ζωνών (ανοχή τάνησης των ιμάντων)

Η ταχύτητα του ταινιοζυγού ορίζεται ως η μέγιστη ταχύτητα του μη φορτωμένου μεταφορικού ιμάντα. Η ταχύτητα του ιμάντα μπορεί να είναι μεταβλητή, αλλά για τις απαιτήσεις μεγάλων φορτίων απαιτείται η μέγιστη ταχύτητα. Η απόσταση μεταξύ των μηχανισμών ολίσθησης πρέπει να συμμορφώνεται με τις υποδείξεις του κατασκευαστή και των προδιαγραφών του κατασκευαστή του εξοπλισμού του ιμάντα. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι ο μηχανισμός ολίσθησης στηρίζει τον ιμάντα κατά το ήμισυ της απόστασης από το προηγούμενο ίδιο μηχανισμό μέχρι το ήμισυ της απόστασης από το επόμενο ίδιο μηχανισμό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2018, Ιούλιος). Belt Scale. Reference Guide, (σελ. 7)).



Εικόνα 2.34 Απόσταση ράουλων ταινιοζυγού

Η εικόνα 2.334 παραπάνω απεικονίζει την απόσταση των ράουλων ενός ταινιοζυγού. Ο αριθμός των ράουλων (μηχανισμών ολίσθησης - κύλισης) που απαιτούνται για την ακριβή ζύγιση του υλικού που μεταφέρεται, καθορίζεται από την ταχύτητα του μεταφορικού ιμάντα. Ο χρόνος αναγέννησης του υλικού στον ταινιοζυγό πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 400 mSec. Εάν η ταχύτητα της ζώνης πολλαπλασιασμένη με την απόσταση του ράουλου είναι μικρότερη από 400 mSec, πρέπει να αυξηθεί η απόσταση του μηχανισμού αυτού ή να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά

ράουλα. Ο χρόνος γεννήσεως μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον τύπο (RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2018, Ιούλιος). Belt Scale. Reference Guide, (σελ. 8)):

$$Scale\ Time = \frac{Idler\ Spacing}{Belt\ Speed} \quad [8]$$

$$Παράδειγμα: Scale\ Time = \frac{4\ m}{8.33\ m/s} = 480\ mSec.$$

Οι συνδέσεις των ιμάντων έχουν επίσης έναν παράγοντα που συμβάλλει στον περιορισμό της χωρητικότητας της ζυγαριάς. Οι μηχανικές συνδέσεις των ιμάντων μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στο φορτίο και να καταστρέψουν τις δυναμοκυψέλες σε μεταφορείς υψηλής ταχύτητας. Οι βουλκανισμένες συνδέσεις προτιμώνται για τη σωστή λειτουργία της κλίμακας (ο.π. σελ. 8).

### Επιλογή θέσης τοποθέτησης

Είναι σημαντικό να επιλεγθεί η σωστή θέση τοποθέτησης για τον ταινιοζυγό κατά μήκος της δομής του μεταφορέα και τη θέση του αισθητήρα ταχύτητας. Αρκετοί παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή μιας θέσης τοποθέτησης και θα καθορίσουν τη συνολική μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη ακρίβεια που αναμένεται. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν (ο.π. σελ. 8):

- Ένταση ιμάντα
- Ομοιόμορφη φόρτιση των ιμάντων
- Μονό σημείο φόρτισης στον ιμάντα
- Ολίσθηση υλικού
- Κυρτές καμπύλες
- Κοίλες καμπύλες
- Θέση στερέωσης αισθητήρα ταχύτητας
- Θέση ηλεκτρονικής καλωδίωσης
- Τροχός ταχύτητας
- Γωνία πρόσκρουσης

### Ένταση ιμάντα

Η μεταφορά του βάρους κατά μήκος του μεταφορικού ιμάντα μπορεί να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από την τάση του ιμάντα. Με τον εντοπισμό του τμήματος του ταινιοζυγού σε μια περιοχή του ιμάντα με τη μικρότερη ένταση, η ζύγιση θα είναι πιο ακριβής και θα επιτύχει καλύτερη απόδοση. Μια ιδανική θέση για τη συναρμολόγηση του ταινιοζυγού είναι κοντά σε ένα τμήμα της ουράς του μεταφορέα. Το σχήμα παρακάτω απεικονίζει την κατάλληλη τάση του ιμάντα (ο.π. σελ. 8).

## **Ομοιόμορφη φόρτιση των ιμάντων**

Η φόρτιση του ιμάντα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη, ώστε να αποφεύγεται η άνιση μετατόπιση του υλικού. Οι χώροι αποθήκευσης πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με πύλες που περιορίζουν το βάθος ή άλλες διατάξεις ελέγχου ροής, όπως τροφοδότηση, για την ελαχιστοποίηση των υπερτάσεων ή των μεταβολών τροφοδοσίας (RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2018, Ιούλιος). Belt Scale. Reference Guide, (σελ 9)).

## **Μονό σημείο φόρτωσης στον ιμάντα**

Σε εγκαταστάσεις υψηλής ακρίβειας, ο μεταφορέας πρέπει να φορτίζεται σε ένα σταθερό σημείο. Αυτό εξασφαλίζει σταθερή τάση του ιμάντα στην κλίμακα κατά τη διάρκεια όλων των συνθηκών φόρτωσης (ο.π. σελ. 9).

## **Ολίσθηση υλικού**

Το σύστημα του ταινιοζυγού επεξεργάζεται τη φόρτιση του ιμάντα και τη διαδρομή του ιμάντα για να αποφέρει ακριβές βάρος. Η ταχύτητα του προϊόντος πρέπει να είναι ίση με την ταχύτητα του ιμάντα στην κλίμακα. Η ταχύτητα και η κλίση του μεταφορέα δεν πρέπει να υπερβαίνουν εκείνη στην οποία λαμβάνει χώρα ολίσθηση υλικού. Τυπικά αυτό είναι μικρότερο από το 20% της κλίσης για τα περισσότερα υλικά (ο.π. σελ. 9).

## **Κυρτές καμπύλες**

Οι μεταφορείς που έχουν κυρτές καμπύλες πρέπει να αποφεύγονται ή η κλίμακα να τοποθετείται σε ένα τμήμα του μεταφορέα που δεν επηρεάζεται από την καμπύλη. Οι κυρτές καμπύλες είναι επιτρεπτές σε απόσταση 6 μέτρων ή τουλάχιστον πέντε ράουλα πέρα από τα άκρα του διαστήματος ζύγισης (ο.π. σελ. 9).

## **Κοίλες καμπύλες**

Οι μεταφορείς με κοίλες καμπύλες πρέπει να αποφεύγονται ή η κλίμακα να βρίσκεται σε ένα τμήμα του μεταφορέα που δεν επηρεάζεται από την καμπύλη. Αν υπάρχει κοίλη καμπύλη, ο ιμάντας θα πρέπει να παραμένει πάντα σε επαφή με τους κυλίνδρους ακινητοποίησης για τουλάχιστον 6 m (ο.π. σελ. 9).

## **Γωνία πρόσκρουσης**

Για όλες τις εγκαταστάσεις υψηλής ακρίβειας προτιμώνται γωνίες κλίσης 35° ή λιγότερο. Οι γωνίες ανύψωσης των 45° είναι αποδεκτές υπό ορισμένες συνθήκες. Η χρήση μηχανισμών κύλισης με απότομες γωνίες καμψής μπορεί να προκαλέσουν πολλά προβλήματα. Η επίδραση της δέσμης ή της αλυσοειδούς ζώνης γίνεται πιο έντονη καθώς αυξάνεται η σκληρότητα και ενισχύεται η επίδραση της εσφαλμένης ευθυγράμμισης (ο.π. σελ. 9).

## 2.5 Ενδείκτες ζυγιστικών συστημάτων

Οι ζυγοί έχουν ευρύ φάσμα χρήσεων σε βιομηχανικές, εμπορικές και καταναλωτικές εφαρμογές. Ο σχεδιασμός ηλεκτρονικών ζυγών βάρους βασίζεται στη χρήση μιας δυναμοκυψέλης ως πρωτεύοντα μετατροπέα του φυσικού μεγέθους της μάζας σε ηλεκτρικό σήμα. Οι δυναμοκυψέλες μετατρέπουν το φορτίο που τους επενεργεί σε ηλεκτρικά σήματα με ισχύ εξόδου mV/V. Το σήμα πρέπει στη συνέχεια να υποβληθεί σε επεξεργασία και δεν θα εξαρτάται από την θερμοκρασία και σφάλματα μετατόπισης. Οι πιο σημαντικές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος ζύγισης είναι η δυναμική περιοχή ADC του ενδείκτη, η ανάλυση του σήματος, ο ρυθμός ανάκτησης δεδομένων, οι διαδικασίες επεξεργασίας του σήματος, το κέρδος του συστήματος και η μετατόπιση του κέρδους-σφάλματος. Όλα αυτά τα πραγματοποιεί μια ηλεκτρονική διάταξη που λέγεται **ψηφιακός ενδείκτης βάρους**. Ο ψηφιακός ενδείκτης βάρους, που ονομάζεται επίσης συνήθως **ενδείκτης βάρους**, είναι ένα σύστημα ένδειξης ή καταγραφής του σήματος εξόδου μιας ή πολλών δυναμοκυψελών, όπου όλες οι τιμές παρουσιάζονται ψηφιακά ή σε αριθμούς.

Ο Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας (International Organization of Legal Metrology) στη σύσταση R76-1 απαριθμεί τις μετρολογικές και τεχνικές απαιτήσεις για όργανα αυτόματης ή ημιαυτόματης ένδειξης. Περιλαμβάνει επίσης τις τεχνικές προδιαγραφές για τα ηλεκτρονικά όργανα και για τα όργανα μη αυτόματης ένδειξης.

### 2.5.1 Μετρολογικές απαιτήσεις

Αρχές των μετρολογικών απαιτήσεων

Οι απαιτήσεις ισχύουν για όλα τα όργανα μέτρησης ανεξάρτητα από τις αρχές μέτρησής τους. Τα όργανα ταξινομούνται σύμφωνα με την υποδιαίρεση, που αντιπροσωπεύει την απόλυτη ακρίβεια και τον αριθμό των υποδιαίρεσεων, που αντιπροσωπεύουν τη σχετική ακρίβεια. Ισχύουν για τα μικτά φορτία όταν το απόβαρο είναι δεν υπολογισμένο και για τα καθαρά φορτία. Τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα δεν ισχύουν για τις υπολογιζόμενες καθαρές τιμές όταν είναι ενεργοποιημένο το απόβαρο. Έχει καθοριστεί μια ελάχιστη χωρητικότητα (Min) για να δείξει ότι η χρήση του οργάνου κάτω από αυτήν την τιμή είναι πιθανό να προκαλέσει σημαντικά σχετικά σφάλματα. Οι τάξεις ακριβείας για τα όργανα και τα σύμβολά τους δίδονται στον πίνακα 2.5 παρακάτω.

Πίνακας 2.5 Συμβολισμός κλάσης ενδεικτών

Όνομα	Σύμβολο πάνω στο όργανο	Σύμβολο που χρησιμοποιείται στα έντυπα της OIML
Ειδική ακρίβεια		I
Υψηλή ακρίβεια		II
Μεσαία ακρίβεια		III
Συνήθης ακρίβεια		IIII

Η υποδιαίρεση, ο αριθμός των υποδιαίρεσεων και η ελάχιστη χωρητικότητα, σε σχέση με την κλάση ακριβείας ενός οργάνου, παρατίθενται στον πίνακα 2.6 παρακάτω.

Πίνακας 2.6 Αριθμός υποδιαιρέσεων για κάθε κλάση ενδεικτών

Κλάση ακρίβειας	Υποδιαίρεση, e	Αριθμός υποδιαιρέσεων, n		Ελάχιστη χωρητικότητα, Min
		Ελάχιστος	Μέγιστος	
I	$0,001g \leq e$	50.000	-	100e
II	$0,001g \leq e \leq 0,05g$	100	100.000	20e
	$0,1g \leq e$	5.000	100.000	50e
III	$0,1g \leq e \leq 2g$	100	10.000	20e
	$5g \leq e$	500	10.000	20e
III	$5g \leq e$	100	1.000	10e

Η ελάχιστη χωρητικότητα μειώνεται στις 5 υποδιαιρέσεις για τα όργανα που καθορίζουν τιμολόγια, μεταφορά εμπορευμάτων ή διοδίων (π.χ. ταχυδρομικοί ζυγοί και όργανα που ζυγίζουν απόβλητα). Παρόμοιοι ενδείκτες χρησιμοποιούνται επίσης με τους όρους Min, n και Max. Για ειδικές εφαρμογές που επισημαίνονται σαφώς στο όργανο, ένα όργανο μπορεί να έχει εύρος ζύγισης στις κλάσεις I και II ή στις κλάσεις II και III (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 27)).

Τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα για την αύξηση ή τη μείωση των φορτίων παρατίθενται στον πίνακα 2.7 παρακάτω. Τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα κατά τη λειτουργία είναι διπλάσια από τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα κατά την αρχική επαλήθευση (ο.π. σελ. 30).

Πίνακας 2.7 Μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα

Μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα στην υποδιαίρεση	Μάζα, m, εκφρασμένη σε υποδιαιρέσεις, e			
	Κλάση I	Κλάση II	Κλάση III	Κλάση III
$\pm 0,5e$	$0 \leq m \leq 50.000$	$0 \leq m \leq 5.000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1,0e$	$50.000 \leq m \leq 200.000$	$5.000 \leq m \leq 20.000$	$500 \leq m \leq 2.000$	$50 \leq m \leq 200$
$\pm 1,5e$	$20.000 \leq m$	$20.000 \leq m \leq 100.000$	$2.000 \leq m \leq 10.000$	$200 \leq m \leq 1.000$

### Επιρροή της ένδειξης από εξωτερικού παράγοντες

#### Θερμοκρασία

Εάν δεν αναφέρεται συγκεκριμένη θερμοκρασία λειτουργίας στην περιγραφική ετικέτα ενός οργάνου ζύγισης, το όργανο αυτό πρέπει να διατηρεί τις μετρολογικές του ιδιότητες εντός των ακόλουθων ορίων θερμοκρασίας:

$$- 10^{\circ}\text{C} / + 40^{\circ}\text{C}$$

Ένα όργανο για το οποίο αναφέρονται συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας λειτουργίας στην περιγραφική ετικέτα πρέπει να πληροί τις μετρολογικές απαιτήσεις εντός των ορίων αυτών. Τα όρια μπορούν να επιλέγονται ανάλογα με την εφαρμογή του οργάνου. Οι εμβέλειες εντός αυτών των ορίων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσες με  $5^{\circ}\text{C}$  για όργανα κλάσης I,  $15^{\circ}\text{C}$  για όργανα κλάσης II, και  $30^{\circ}\text{C}$  για όργανα των κατηγοριών III και III (ο.π. σελ. 34).



## Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος

Ένα όργανο πρέπει να πληροί τις μετρολογικές απαιτήσεις, εάν η τάση της τροφοδοσίας διαφέρει από την ονομαστική τάση  $U_{nom}$  ή από την περιοχή τάσης  $U_{min}$   $U_{max}$  του οργάνου σε (ο.π. σελ. 34):

1. Δημόσια παροχή ρεύματος (AC): κατώτατο όριο =  $0,85 U_{nom}$  ή  $0,85 U_{min}$  και ανώτερο όριο =  $1,10 U_{nom}$  ή  $1,10 U_{max}$ .
2. Πρίζα (AC ή DC), συμπεριλαμβανομένης της τροφοδοσίας της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας εάν είναι δυνατή η (εκ νέου) φόρτιση των μπαταριών κατά τη λειτουργία του οργάνου: κατώτατο όριο = κατώτερο όριο τάσης λειτουργίας και ανώτατο όριο =  $1.20 U_{nom}$  ή  $1.20 U_{max}$ .
3. Μη επαναφορτιζόμενη μπαταρία (DC), συμπεριλαμβανομένης της τροφοδοσίας της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, εάν η επαναφόρτιση των μπαταριών κατά τη λειτουργία του οργάνου δεν είναι δυνατή: κατώτατο όριο = κατώτερο όριο τάσης λειτουργίας και ανώτατο όριο =  $U_{nom}$  ή  $U_{max}$ .
4. Τροφοδοσία μπαταρίας οδικών οχημάτων 12 V ή 24 V: κατώτατο όριο = κατώτερο όριο τάσης λειτουργίας και ανώτατο όριο = 16 V (μπαταρία 12 V) ή 32 V (μπαταρία 24 V).

Σημείωση: Η ελάχιστη τάση λειτουργίας ορίζεται ως η χαμηλότερη δυνατή τάση λειτουργίας πριν το όργανο να απενεργοποιείται αυτόματα. Τα ηλεκτρονικά όργανα και τα όργανα που λειτουργούν με μπαταρία και διαθέτουν εξωτερική πρίζα (AC ή DC) πρέπει, είτε να εξακολουθούν να λειτουργούν σωστά, είτε να μην υποδεικνύουν τιμές βάρους, εάν η τάση είναι κάτω από την καθορισμένη τιμή του κατασκευαστή, η τελευταία είναι μεγαλύτερη ή ίση στην ελάχιστη τάση λειτουργίας (ο.π. σελ. 34).

## Μηδενική ένδειξη

Η απόκλιση κατά την επιστροφή στο μηδέν μόλις σταθεροποιηθεί ο ενδείκτης, μετά την αφαίρεση φορτίου που παρέμεινε στο όργανο για 30 λεπτά δεν πρέπει να ξεπερνάει το 0,5 ε.

### 2.5.2 Τεχνικές απαιτήσεις για όργανα αυτόματης ή ημιαυτόματης ένδειξης

Οι ακόλουθες απαιτούμενες τεχνικές προδιαγραφές αφορούν το σχεδιασμό και την κατασκευή των οργάνων και προορίζονται να εξασφαλίσουν ότι τα όργανα δίνουν σωστά και ευανάγνωστα αποτελέσματα ζύγισης και άλλες βασικές πληροφορίες για τις ενδείξεις, κάτω από κανονικές συνθήκες χρήσης και σωστό χειρισμό από τους χρήστες.

## Ένδειξη των αποτελεσμάτων ζύγισης

Η ανάγνωση των κύριων ενδείξεων πρέπει να είναι αξιόπιστη, εύκολη και αδιαμφισβήτητη υπό κανονικές συνθήκες χρήσης, τα στοιχεία, οι μονάδες και οι ονομασίες που αποτελούν τις κύριες

ενδείξεις πρέπει να έχουν μέγεθος, σχήμα και ευκρίνεια ώστε η ανάγνωση να είναι εύκολη. Οι κλίμακες, η αρίθμηση και η εκτύπωση πρέπει να επιτρέπουν την ανάγνωση των αριθμών που σχηματίζουν τα αποτελέσματα με απλή αντιπαράθεση (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 43)).

Τα αποτελέσματα ζύγισης και, κατά περίπτωση, η τιμή και η τιμή μονάδας πρέπει να περιλαμβάνουν τα ονόματα ή σύμβολα των μονάδων στις οποίες εκφράζονται. Για οποιαδήποτε ένδειξη βάρους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μία μονάδα μάζας. Η υποδιαίρεση για τα αποτελέσματα ζύγισης πρέπει να έχει τη μορφή  $1 \times 10^k$ ,  $2 \times 10^k$  ή  $5 \times 10^k$  μονάδες στις οποίες το αποτέλεσμα εκφράζεται, ο δείκτης, k, είναι ένας θετικός ή αρνητικός ακέραιος αριθμός ή ίσος με το μηδέν. Όλες οι συσκευές που εμφανίζουν, εκτυπώνουν και ζυγίζουν πρέπει μεταξύ τους, εντός οποιουδήποτε εύρους ζυγίσματος να έχουν την υποδιαίρεση για οποιοδήποτε δεδομένο φορτίο (ο.π. σελ. 43).

Όταν η υποδιαίρεση αλλάζει αυτόματα, η υποδιαστολή διατηρεί τη θέση της στο απεικόνιση. Ένα δεκαδικό κλάσμα πρέπει να διαχωρίζεται από τον ακέραιο του με υποδιαστολή (κόμμα ή τελεία), με την δεκαδική ένδειξη να δείχνει τουλάχιστον έναν αριθμό στα αριστερά του σημείου και όλα τα αριθμητικά στοιχεία στα δεξιά. Το μηδέν μπορεί να υποδεικνύεται από ένα μηδέν στην άκρα δεξιά, χωρίς δεκαδικό σημάδι. Η μονάδα μάζας επιλέγεται έτσι ώστε οι τιμές βάρους να μην υπερβαίνουν ένα μη σημαντικό μηδέν. Για τιμές με υποδιαστολή, το μη σημαντικό μηδέν επιτρέπεται μόνο στην τρίτη θέση μετά την υποδιαστολή. Για όργανα πολλαπλών υποδιαίρεσεων και όργανα πολλαπλών φάσεων με αυτόματη αλλαγή αυτών των απαιτήσεων, ισχύει μόνο για το μικρότερο εύρος ζύγισης (ο.π. σελ. 43).

Παραδείγματα στον πίνακα 2.8 και πίνακα 2.9 ενός οργάνου πολλαπλών υποδιαίρεσεων ή ενός οργάνου πολλαπλών φάσεων με αυτόματη μετάβαση.

Πίνακας 2.8 Παράδειγμα 1ο επιτρεπτών ενδείξεων οργάνου

MAX <sub>i</sub>	e <sub>i</sub>	Επιτρεπτή ένδειξη			
MAX <sub>1</sub> =150kg	e <sub>1</sub> =50g	xxx,050kg	xxx,050kg	xxx,05kg	xxx,05kg
MAX <sub>2</sub> =300kg	e <sub>2</sub> =100g	xxx,050kg	xxx,1kg	xxx,10kg	xxx,1kg

Πίνακας 2.9 Παράδειγμα 2ο επιτρεπτών ενδείξεων οργάνου

MAX <sub>i</sub>	e <sub>i</sub>	Επιτρεπτή ένδειξη
MAX <sub>1</sub> =1500kg	e <sub>1</sub> =500g	xxxx.5kg
MAX <sub>2</sub> =3000kg	e <sub>2</sub> =1000g	xxx1.0kg

Δεν πρέπει να υπάρχει ένδειξη πάνω από την μέγιστη χωρητικότητα του ζυγού συν εννέα υποδιαίρεσεις (Max + 9e). Μια ένδειξη κάτω από το μηδέν είναι δυνατή όταν ο υπολογισμός του απόβαρου είναι ενεργοποιημένος και το απόβαρο έχει αφαιρεθεί από τον δέκτη φορτίου. Είναι επίσης πιθανό να εμφανίζονται αρνητικές τιμές κάτω από -20d ακόμα και αν δεν είναι ενεργοποιημένο το απόβαρο, υπό την προϋπόθεση ότι αυτές οι τιμές δεν μπορούν να μεταδοθούν, να τυπωθούν ή να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό ποσών τιμολόγησης (ο.π. σελ. 43).

Μια ένδειξη ορίζεται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας εάν είναι αρκετά κοντά στην τελική τιμή βάρους. Η κατάσταση αυτή θεωρείται ότι επιτυγχάνεται εάν στην περίπτωση εκτύπωσης ή και αποθήκευσης δεδομένων, οι τυπωμένες ή αποθηκευμένες τιμές βάρους δεν αποκλίνουν

περισσότερο από μια υποδιαίρεση από την τελική τιμή βάρους (δηλαδή επιτρέπονται δύο παρακείμενες τιμές) ή σε περίπτωση μηδενισμού του βάρους, επιτυγχάνεται σωστή λειτουργία της συσκευής σύμφωνα με σχετικές απαιτήσεις επαναφοράς της μηδενικής ένδειξης του οργάνου μέτρησης. Κατά τη συνεχή ή προσωρινή διαταραχή της ισορροπίας, το όργανο δεν εκτυπώνει, και δεν αποθηκεύει δεδομένα.

### Ενεργοποίηση μηδενισμού βάρους και μηδενική παρακολούθηση

Η επίδραση οποιασδήποτε διάταξης μηδενικής ρύθμισης δεν πρέπει να μεταβάλλει τη μέγιστη ικανότητα ζύγισης του οργάνου. Η συνολική επίδραση των συσκευών μηδενικής ρύθμισης και μηδενικής ανίχνευσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4% και η αρχική διάταξη μηδενισμού δεν υπερβαίνει το 20% της μέγιστης χωρητικότητας. Αυτό δεν επηρεάζει ένα όργανο της κλάσης III, εκτός εάν χρησιμοποιείται για εμπορικές συναλλαγές. Μετά τον μηδενισμό του βάρους, η επίδραση της μηδενικής απόκλισης επί του αποτελέσματος της ζύγισης δεν πρέπει να υπερβαίνει το  $\pm 0,25 e$ . Ένα ψηφιακό όργανο πρέπει να διαθέτει συσκευή που εμφανίζει ειδικό σήμα όταν η απόκλιση από το μηδέν δεν είναι μεγαλύτερη από  $\pm 0,25 e$ . Αυτή η συσκευή μπορεί επίσης να λειτουργήσει όταν το μηδέν εμφανίζεται μετά από ενεργοποίηση του απόβαρου. Αυτή η συσκευή δεν είναι υποχρεωτική σε όργανο που διαθέτει βοηθητική συσκευή ένδειξης ή μηδενικής ανίχνευσης, με την προϋπόθεση ότι ο ρυθμός μηδενικής ανίχνευσης δεν είναι μικρότερος από 0,25d/δευτερόλεπτο. Μια συσκευή μηδενικής ανίχνευσης πρέπει να λειτουργεί μόνο όταν η ένδειξη είναι μηδενική ή σε αρνητική καθαρή τιμή ισοδύναμη με το ακαθάριστο μηδέν, η ισορροπία είναι σταθερή και οι διορθώσεις δεν υπερβαίνουν τα 0,5d/δευτερόλεπτο (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σς 47-48)).

### Απόβαρο

Η ενεργοποίηση του απόβαρου πρέπει να επιτρέπει τον μηδενισμό της ένδειξης με ακρίβεια καλύτερη από  $\pm 0,25 e$  για ηλεκτρονικά όργανα. Οι παράμετροι του απόβαρου πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από την μηδενική ένδειξη ή πάνω από τη μέγιστη δυνατή ένδειξη. Η λειτουργία του απόβαρου πρέπει να είναι εμφανής στο όργανο. Στα όργανα με ψηφιακή ένδειξη, αυτό γίνεται με τη σήμανση της αναφερόμενης καθαρής τιμής με το σύμβολο "NET" (ο.π. σς 49-51).

### Παράδειγμα ενδείξεων για αποτελέσματα ζύγισης

Προδιαγραφές του οργάνου : Κλάση III, Max = 15kg, e = 5g

Ζυγός χωρίς φορτίο

Εικονιζόμενη τιμή = 0.000 kg

Φόρτωση απόβαρου = 2.728 kg

Στρογγυλοποιημένη εικονιζόμενη τιμή = 2.730 kg

Μετά την ενεργοποίηση του υπολογισμού απόβαρου

Εικονιζόμενη καθαρή τιμή = 0.000 kg Net

Φόρτωση του καθαρού φορτίου = 11.833 kg

Στρογγυλοποιημένη εικονιζόμενη τιμή = 11.835 kg Net

Μεικτή φόρτωση = 14.561 kg

Στρογγυλοποιημένη εικονιζόμενη τιμή = 14.560 kg

### 2.5.3 Τεχνικές απαιτήσεις ηλεκτρονικών διατάξεων

Ένα ηλεκτρονικό όργανο πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται έτσι ώστε, όταν εκτίθεται σε διαταραχές, να μην εμφανίζονται σημαντικές βλάβες ή να εντοπίζονται και να επισημαίνονται σημαντικά ελαττώματα. Η ένδειξη σημαντικών βλαβών στην οθόνη δεν πρέπει να συγχέεται με άλλα μηνύματα που εμφανίζονται στην οθόνη. Αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να εφαρμοστούν χωριστά σε κάθε μεμονωμένη αιτία σημαντικού σφάλματος. Όταν έχει εντοπιστεί ένα σημαντικό

σφάλμα, το όργανο πρέπει είτε να τεθεί εκτός λειτουργίας αυτόματα, ή μια οπτική ή ηχητική ένδειξη πρέπει να παρέχεται αυτόματα και να συνεχίζεται μέχρι τη στιγμή που ο χρήστης ενεργεί ή το σφάλμα εξαφανίζεται (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σσ 61-65)).

### Λειτουργικές απαιτήσεις

Κατά την ενεργοποίηση (του ενδείκτη) πρέπει να ενεργεί ειδική διαδικασία η οποία να δείχνει ότι όλες οι σχετικές ενδείξεις του δείκτη στην ενεργή και μη ενεργή κατάστασή του είναι επαρκώς εμφανής ώστε να ελέγχονται από τον χειριστή. Ένα ηλεκτρονικό όργανο πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις σε σχετική υγρασία 85%, ενώ βρίσκεται στο ανώτατο όριο της θερμοκρασίας. Αυτό δεν ισχύει για ένα ηλεκτρονικό όργανο κλάσης I, ούτε για κλάση II εάν το  $e$  είναι μικρότερο από 1g. Τα ηλεκτρονικά όργανα, εκτός από τα όργανα της κλάσης I, πρέπει να υποβάλλονται στη δοκιμή σταθερότητας των ενδείξεων του ζυγού. Το σφάλμα κοντά στη μέγιστη χωρητικότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα και η απόλυτη τιμή της διαφοράς μεταξύ των σφαλμάτων που προκύπτουν για οποιεσδήποτε δύο μετρήσεις και δεν πρέπει να υπερβαίνει το ήμισυ της υποδιαίρεσης ή το ήμισυ της απόλυτης τιμής του μέγιστου επιτρεπτού σφάλματος. Όταν ένα ηλεκτρονικό όργανο υπόκειται στις διαταραχές που φαίνονται στην παρακάτω στήλη, η διαφορά μεταξύ της ένδειξης βάρους που οφείλεται στη διατάραξη και στην ένδειξη χωρίς διαταραχή (εγγενές σφάλμα) δεν πρέπει να υπερβαίνει το  $e$  ή το όργανο πρέπει να ανιχνεύει και να αντιδρά σε ένα σημαντικό σφάλμα (ο.π. σσ 61-65).

- Στατική θερμοκρασία
- Απορριπτόμενη θερμοκρασία
- Μεταβολές της τάσης
- Βυθίσεις τάσης και βραχυκυκλώματα στο δίκτυο παροχής
- Ηλεκτροστατική εκφόρτιση
- Ακτινοβολούμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία
- Διεξαγόμενα πεδία ραδιοσυχνότητας

Κατά τη διάρκεια του χρόνου προθέρμανσης του οργάνου μέτρησης βάρους δεν πρέπει να υπάρχει ένδειξη ή μετάδοση του αποτελέσματος ζύγισης.

Το ηλεκτρονικό όργανο μπορεί να είναι εφοδιασμένο με θύρες επικοινωνίας που επιτρέπουν τη σύνδεση του οργάνου με οποιαδήποτε περιφερειακή συσκευή ή άλλο όργανο. Μια τέτοια θύρα δεν επιτρέπει να επηρεάζονται σημαντικά οι μετρολογικές λειτουργίες του οργάνου και τα δεδομένα μετρήσεων από τις περιφερειακές συσκευές (π.χ. υπολογιστές), από άλλα διασυνδεδεμένα όργανα ή από διαταραχές που δρουν στη θύρα. Οι λειτουργίες που εκτελούνται ή εκκινούνται μέσω θυρών πρέπει να πληρούν τις σχετικές απαιτήσεις (ο.π. σσ 61-65).

Δεν πρέπει να είναι δυνατή η εισαγωγή σε όργανο μέσω προγραμμάτων ή οδηγιών που προορίζονται να εμφανίζουν δεδομένα που δεν είναι σαφώς καθορισμένα και τα οποία θα μπορούσαν να θεωρηθούν λάθος για αποτέλεσμα ζύγισης, να παραποιήσουν τα αποτελεσμάτων ζύγισης που εμφανίζονται, επεξεργάζονται ή αποθηκεύονται, να ρυθμίσουν το όργανο ή να αλλάξουν οποιονδήποτε παράμετρο του οργάνου. Εντούτοις, μπορεί να δίδονται οδηγίες που μέσω κάποιου προγράμματος, ή μπορεί να γίνει σύνδεση για την ρύθμιση του μετρητή του ζυγού που να είναι ενσωματωμένες μέσα στο όργανο. Επίσης δεν πρέπει να είναι δυνατή η παραποίηση των κύριων ενδείξεων που εμφανίζονται σε περίπτωση απευθείας πωλήσεως στο κοινό. Μια θύρα

επικοινωνίας που προορίζεται να συνδεθεί με μια περιφερειακή συσκευή στην οποία ισχύουν οι παρούσες απαιτήσεις, διαβιβάζει δεδομένα που σχετίζονται με κύριες ενδείξεις κατά τέτοιο τρόπο ώστε η περιφερειακή συσκευή να μπορεί να ικανοποιεί τις απαιτήσεις (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σσ 61-65)).

### 3. ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

#### 3.1 Βάρη των τάξεων $E_1$ , $E_2$ , $F_1$ , $F_2$ , $M_1$ , $M_{1-2}$ , $M_2$ , $M_{2-3}$ και $M_3$

Η κλάση ακριβείας για τα βάρη που χρησιμοποιούνται ως πρότυπα για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων των οργάνων ζύγισης πρέπει να είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις των σχετικών συστάσεων του OIML(OIML Recommendation 111) (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 4)).

Οι κλάσεις βάρους του OIML ορίζονται ως εξής:

- Κλάση  $E_1$ : Βάρη που προορίζονται να εξασφαλίσουν την ιχνηλασιμότητα μεταξύ των εθνικών προτύπων μάζας (με τιμές που προέρχονται από το διεθνές πρότυπο του χιλιόγραμμου) και τα βάρη της κλάσης  $E_2$  και χαμηλότερα. Τα σύνολα (set) βάρους ή ανεξάρτητα βάρη κατηγορίας  $E_1$  που συνοδεύονται από πιστοποιητικό βαθμονόμησης.
- Κλάση  $E_2$ : Βάρη που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση ή βαθμονόμηση των βαρών κατηγορίας  $F_1$  και για χρήση με όργανα ζύγισης ειδικής κλάσης ακριβείας I. Τα σετ βάσεων ή ανεξάρτητα βάρη τάξης  $E_2$  πρέπει να συνοδεύονται από πιστοποιητικό βαθμονόμησης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάρος κλάσης  $E_1$  εάν συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις για **τραχύτητα επιφανείας, μαγνητική ευαισθησία και μαγνήτιση** για τα βάρη κλάσης  $E_1$  και εάν το πιστοποιητικό βαθμονόμησης τους παρέχει τα κατάλληλα δεδομένα.
- Κλάση  $F_1$ : Βάρη που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση ή βαθμονόμηση των βαρών κατηγορίας  $F_2$  και για χρήση με όργανα ζύγισης ειδικής κατηγορίας ακριβείας I και κατηγορίας II υψηλής ακρίβειας.
- Κλάση  $F_2$ : Βάρη που προορίζονται για τη διενέργεια επαλήθευσης ή βαθμονόμησης των κατηγοριών  $M_1$  και, ενδεχομένως, των κλάσεων  $M_2$ . Επίσης προορίζεται για χρήση σε σημαντικές εμπορικές συναλλαγές (π.χ. πολύτιμα μέταλλα και πέτρες) σε όργανα ζύγισης κατηγορίας II υψηλής ακρίβειας.
- Κατηγορία  $M_1$ : Βάρη που προορίζονται για τη διενέργεια επαλήθευσης ή βαθμονόμησης των βαρών κατηγορίας  $M_2$  και για χρήση με όργανα ζύγισης μέσης ακριβείας κατηγορίας III.
- Κλάση  $M_2$ : Βάρη που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση ή τη βαθμονόμηση των βαρών κατηγορίας  $M_3$  και για χρήση σε γενικές εμπορικές συναλλαγές και με όργανα ζύγισης μέσης ακρίβειας κλάσης III.
- Κλάση  $M_3$ : Βάρη που προορίζονται για χρήση με όργανα ζύγισης μέσης ακριβείας κατηγορίας III και συνηθισμένης κλάσης ακριβείας III.
- Κλάση  $M_{1-2}$ : Βάρη από 50 kg έως 5 000 kg χαμηλότερης ακρίβειας που προορίζονται για χρήση με όργανα ζύγισης.
- Κλάση  $M_{2-3}$ : κατηγορία μέσης ακρίβειας III.

##### 3.1.1 Μετρολογικές απαιτήσεις

Τα μέγιστα επιτρεπόμενα σφάλματα για την αρχική επαλήθευση μεμονωμένων βαρών δίδονται στον πίνακα παρακάτω και αφορούν τη συμβατική μάζα. Τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα για επακόλουθη επαλήθευση ή επαλήθευση κατά τη λειτουργία παραμένουν στη διακριτική ευχέρεια κάθε κράτους. Εάν, ωστόσο, τα μέγιστα επιτρεπόμενα σφάλματα είναι μεγαλύτερα από αυτά του

πίνακα , το βάρος δεν μπορεί να δηλωθεί ως ανήκον στην αντίστοιχη κατηγορία OIML (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 11)).

Για κάθε βάρος, η διευρυμένη αβεβαιότητα  $U$  για το  $k = 2$  της συμβατικής μάζας είναι μικρότερη ή ίση με το ένα τρίτο του μέγιστου επιτρεπόμενου σφάλματος στον πίνακα παρακάτω.

$$U \leq 1/3 \delta m \quad [9]$$

Για κάθε βάρος, η συμβατική μάζα  $m_c$  (προσδιοριζόμενη με αυξημένη αβεβαιότητα  $U$ ) δεν πρέπει να διαφέρει από την ονομαστική τιμή του βάρους  $m_0$  κατά περισσότερο από το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα  $\delta m$  μείον την αυξημένη αβεβαιότητα:

$$m_0 - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta m - U) \quad [10]$$

Για τα βάρη των κατηγοριών  $E_1$  και  $E_2$ , τα οποία συνοδεύονται πάντα από πιστοποιητικά που παρέχουν τα κατάλληλα δεδομένα, ο χρήστης λαμβάνει υπόψη την απόκλιση από την ονομαστική τιμή  $m_c - m_0$ .

Στον επόμενο πίνακα 3.1 φαίνονται πως ορίζονται τα επιτρεπτά σφάλματα βαρών ανάλογα την κλάση τους.

Πίνακας 3.1 Επιτρεπτά σφάλματα βαρών ανάλογα την κλάση τους

Όνομαστική τιμή	Κλάση E <sub>1</sub>	Κλάση E <sub>2</sub>	Κλάση F <sub>1</sub>	Κλάση F <sub>2</sub>	Κλάση M <sub>1</sub>	Κλάση M <sub>1-2</sub>	Κλάση M <sub>2</sub>	Κλάση M <sub>2-3</sub>	Κλάση M <sub>3</sub>
5.000 kg			25.000	80.000	250.000	500.000	800.000	1.600.000	2.500.000
2.000 kg			10.000	30.000	100.000	200.000	300.000	600.000	1.000.000
1.000 kg		1.600	5.000	16.000	50.000	100.000	160.000	300.000	500.000
500 kg		800	2.500	8.000	25.000	50.000	80.000	160.000	250.000
200 kg		300	1.000	3.000	10.000	20.000	30.000	60.000	100.000
100 kg		160	500	1.600	5.000	10.000	16.000	30.000	50.000
50 kg	25	80	250	800	2.500	5.000	8.000	16.000	25.000
20 kg	10	30	100	300	1.000		3.000		10.000
10 kg	5,0	16	50	160	500		1.600		5.000
5 kg	2,5	8,0	25	80	250		800		2.500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100		300		1.000
1 kg	0,5	1,6	5,0	16	50		160		500
500 g	0,25	0,8	2,5	8,0	25		80		250
200 g	0,10	0,3	1,0	3,0	10		30		100
100 g	0,05	0,16	0,5	1,6	5,0		16		50
50 g	0,03	0,10	0,3	1,0	3,0		10		30
20 g	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5		8,0		25
10 g	0,020	0,06	0,20	0,6	2,0		6,0		20
5 g	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6		5,0		16
2 g	0,012	0,04	0,12	0,4	1,2		4,0		12
1 g	0,010	0,03	0,10	0,3	1,0		3,0		10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		
200 mg	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6		2,0		
100 mg	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4				
20 mg	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3				
10mg	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25				
5 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,2				
2 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,2				
1 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,2				



### 3.1.2 Τεχνικές απαιτήσεις

Τα βάρη πρέπει να έχουν απλό γεωμετρικό σχήμα για να διευκολύνουν την κατασκευή τους. Δεν πρέπει να έχουν αιχμηρές άκρες ή γωνίες για να αποφευχθεί η φθορά τους και να μην υπάρχουν έντονες κοιλότητες για την αποτροπή της απόθεσης (δηλαδή σκόνης) στην επιφάνεια τους.

### 3.1.3 Σχήμα

- Βάρη μικρότερα ή ίσα με 1g

Βάρη μικρότερα από 1g πρέπει να είναι επίπεδα πολυγωνικά φύλλα ή σύρματα, με σχήματα σύμφωνα με τον πίνακα παρακάτω, τα οποία επιτρέπουν εύκολο χειρισμό. Το σχήμα των βαρών που δεν φέρουν την ονομαστική τους τιμή πρέπει να είναι σύμφωνο με τις τιμές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Ένα σετ βαρών μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες από μία ακολουθίες σχημάτων, που διαφέρουν από τη μια ακολουθία στην άλλη. Σε μια σειρά αλληλουχιών, ωστόσο, μια σειρά βαρών διαφορετικού σχήματος δεν πρέπει να εισάγεται μεταξύ δύο ακολουθιών βαρών που έχουν το ίδιο σχήμα. Στον πίνακα 3.2 δίνονται οι ονομαστικές τιμές σετ βαρών (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 13)).

Πίνακας 3.2 Ονομαστικές τιμές σετ βαρών

Ονομαστικές τιμές	Πολυγωνικά φύλλα	Καλώδια		
5, 50, 500mg	Πεντάγωνο	Πεντάγωνο	} ή {	5 segments
2, 20, 200mg	Τετράγωνο	Τετράγωνο		2 segments
1, 10, 100, 1.000mg	Τρίγωνο	Τρίγωνο		1 segment

- Βάρη 1g έως 50 kg

Ένα βάρος 1g μπορεί να έχει είτε το σχήμα των πολλαπλασίων των 1g είτε το σχήμα των υπομονάδων των 1g. Αυτά τα βάρη μπορούν επίσης να έχουν κυλινδρικό ή κωνικό σώμα. Το ύψος του σώματος πρέπει να είναι μεταξύ 3/4 και 5/4 της μέσης διαμέτρου του. Αυτά τα βάρη μπορούν επίσης να εφοδιάζονται με έναν κοχλία ανύψωσης που έχει ύψος μεταξύ 0,5 μέχρι 1 επί τη μέση διάμετρο του σώματος. Εκτός από τα σχήματα του παραπάνω πίνακα, τα βάρη των 5kg έως 50kg μπορούν να έχουν διαφορετικό σχήμα κατάλληλο για τη μέθοδο χειρισμού τους. Αντί για ένα κουμπί ανύψωσης, μπορεί να έχουν άκαμπτες διατάξεις χειρισμού που ενσωματώνονται με τα βάρη, όπως άξονες, λαβές, άγκιστρα κλπ. Τα βάρη κλάσης M με ονομαστικές τιμές από 5kg έως 50kg μπορούν επίσης να έχουν σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου με στρογγυλεμένες άκρες και άκαμπτη λαβή. Τυπικά παραδείγματα διαστάσεων για αυτά τα βάρη φαίνονται στα σχήματα A.2 και A.3 της σχετικής οδηγίας της OIML (βλ. OIML R 111-1 Edition 2004 (E) παράρτημα A) (ο.π. σελ. 13).

- Βάρη μεγαλύτερα ή ίσα των 50kg

Τα βάρη μεγαλύτερα ή ίσα των 50kg μπορούν να έχουν κυλινδρικά, ορθογώνια ή άλλα κατάλληλα σχήματα. Το σχήμα πρέπει να εξασφαλίζει την ασφαλή αποθήκευση και χειρισμό. Τα βάρη

μεγαλύτερα ή ίσα των 50kg μπορούν να εφοδιάζονται με άκαμπτες διατάξεις χειρισμού, όπως άξονες, χειρολαβές, άγκιστρα, κλπ. Εάν τα βάρη της κατηγορίας M προορίζονται να κινούνται σε επίπεδο δάπεδο (ή σε σιδηροτροχιές), θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με κυλιόμενες τροχιές ή αυλακώσεις περιορισμένης περιοχής (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 14)).

### 3.1.4 Μαγνητισμός

Ο μαγνητισμός, M, εκφρασμένος ως πόλωση,  $\mu M$ , δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές που δίνονται στον πίνακα 3.3 παρακάτω.

Πίνακας 3.3 Μέγιστη πόλωση βαρών

Κλάσεις βαρών	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1-2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2-3</sub>	M <sub>3</sub>
Μέγιστη πόλωση, $\mu M$ , ( $\mu T$ )	2,5	8	25	80	250	500	800	1.600	2.500

Η ευαισθησία ενός βάρους δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4 Επιτρεπτά όρια ευαισθησίας μαγνητισμού βαρών

Κλάσεις βαρών	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
$m \leq 1 \text{ g}$	0,25	0,9	10	-
$2 \text{ g} \leq m \leq 10 \text{ g}$	0,06	0,18	0,7	4
$20 \text{ g} \leq m$	0,02	0,07	0,2	0,8

Εάν οι τιμές όλων των τοπικών μετρήσεων μαγνητισμού και ευαισθησίας είναι μικρότερες από αυτά τα όρια, τότε μπορεί να υποτεθεί ότι τα συστατικά αβεβαιότητας που οφείλονται στο μαγνητισμό του βάρους είναι αμελητέα. Η μέγιστη μόνιμη μαγνήτιση και οι μαγνητικές ευαισθησίες που δίδονται στους παραπάνω πίνακες είναι τέτοιες ώστε, σε μαγνητικά πεδία και βαθμίδες μαγνητικού πεδίου που ενδεχομένως υπάρχουν στα δοχεία ισορροπίας, παράγουν μια μεταβολή της συμβατικής μάζας μικρότερη από το 1/10 του μέγιστου επιτρεπτού σφάλματος του βάρους δοκιμής (ο.π. σσ 16-17).

### 3.1.5 Υλικό

- Βάρη κατηγορίας E<sub>1</sub> και E<sub>2</sub>

Για βάρη ίσα ή μεγαλύτερα από 1g, η σκληρότητα αυτού του υλικού και η αντοχή του στη φθορά πρέπει να είναι όμοια ή καλύτερη από εκείνη του ωστενιτικού ανοξείδωτου χάλυβα (ο.π. σελ. 15).

- Βάρη κατηγορίας F

Η επιφάνεια των βαρών κατηγορίας F μεγαλύτερη ή ίση με 1g μπορεί να υποστεί κατεργασία με κατάλληλη μεταλλική επικάλυψη για να βελτιώσει την αντοχή στη διάβρωση και τη σκληρότητα. Για βάρη τάξης F μεγαλύτερα ή ίσα με 1g, η σκληρότητα και η ευθραυστότητα των

χρησιμοποιούμενων υλικών πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τη σκληρότητα και την ευθραυστότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών. Για βάρη τάξης F μεγαλύτερα ή ίσα των 50kg, η σκληρότητα και η ευθραυστότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για ολόκληρο το σώμα ή για τις εξωτερικές επιφάνειες πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσες με εκείνη του ανοξείδωτου χάλυβα (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 16)).

- Κλάση M1, M2 και M3 βάρους 50kg ή λιγότερο

Η επιφάνεια των βαρών ίση ή μεγαλύτερη από 1g μπορεί να επεξεργαστεί με μια κατάλληλη επικάλυψη για να βελτιώσει την αντοχή στη διάβρωση ή τη σκληρότητα. Βάρη κατηγορίας M μικρότερα από 1g πρέπει να κατασκευάζονται από υλικό που είναι επαρκώς ανθεκτικό στη διάβρωση και την οξείδωση. Τα κυλινδρικά στρώματα κατηγορίας M1 κάτω των 5kg και τα βάρη των κατηγοριών M2 και M3 κάτω των 100g πρέπει να είναι κατασκευασμένα από ορείχαλκο ή από υλικό του οποίου η σκληρότητα και η αντίσταση στη διάβρωση είναι όμοια ή καλύτερη από εκείνη του ορείχαλκου. Αλλα κυλινδρικά στρώματα των κατηγοριών M1, M2 και M3 ίσα ή μεγαλύτερα από 50kg πρέπει να είναι κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο ή από άλλο υλικό του οποίου η ευθραυστότητα και η αντίσταση στη διάβρωση είναι όμοια ή καλύτερη από εκείνη του χυτοσιδήρου. Τα βάρη με ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο σχήμα από 5kg έως 50kg πρέπει να κατασκευάζονται από υλικό που έχει αντίσταση στη διάβρωση τουλάχιστον ίση με εκείνη του χυτοσιδήρου. Η ευθραυστότητα τους δεν πρέπει να υπερβαίνει εκείνη του χυτοσιδήρου. Οι λαβές ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου βάρους πρέπει να είναι κατασκευασμένες από χαλύβδινο σωλήνα άνευ ραφής ή από χυτοσίδηρο, ενσωματωμένο στο σώμα του βάρους (ο.π. σελ. 16).

- Βάρη κατηγορίας M μεγαλύτερα των 50kg

Η επιφάνεια των βαρών μπορεί να επεξεργαστεί με μια κατάλληλη επίστρωση για να βελτιώσει την αντοχή τους στη διάβρωση. Αυτή η επίστρωση πρέπει να αντέχει σε κρούσεις και εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Τα βάρη πρέπει να κατασκευάζονται από ένα ή περισσότερα υλικά που έχουν αντίσταση στη διάβρωση ίση ή καλύτερη από εκείνη του χυτοσιδήρου. Το υλικό πρέπει να είναι τέτοιας σκληρότητας και αντοχής ώστε να αντέχει στα φορτία και τους κραδασμούς που θα προκύψουν υπό κανονικές συνθήκες χρήσης. Οι λαβές ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου βάρους πρέπει να είναι κατασκευασμένες από χαλύβδινο σωλήνα άνευ ραφής ή από χυτοσίδηρο, ενσωματωμένο στο σώμα του βάρους (ο.π. σελ. 16).

### 3.1.6 Επιφανειακές συνθήκες

Υπό κανονικές συνθήκες χρήσης, οι επιφανειακές ιδιότητες πρέπει να είναι τέτοιες ώστε οποιαδήποτε μεταβολή της μάζας των βαρών να είναι αμελητέα σε σχέση με το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα (ο.π. σελ. 18).

Η επιφάνεια των βαρών (συμπεριλαμβανομένης της βάσης και των γωνιών) πρέπει να είναι ομαλή και τα άκρα να στρογγυλεύονται.

Η επιφάνεια των βαρών τάξης E και F δεν πρέπει να είναι πορώδης και να παρουσιάζει γυαλιστερή εμφάνιση όταν εξετάζονται οπτικά. Μια οπτική εξέταση μπορεί να είναι αρκετή, εκτός εάν υπάρχει αμφισβήτηση της εμφάνισής τους. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τιμές που δίνονται στον πίνακα παρακάτω. Η μέγιστη επιφανειακή τραχύτητα που επιτρέπεται για βάρη άνω των 50kg πρέπει να είναι διπλάσια από τις τιμές που καθορίζονται στον κατωτέρω πίνακα 3.5 (ο.π. σελ. 18).

Πίνακας 3.5 Συνθήκες επιφάνειας βαρών κλάσεις E και F

Κλάση	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
R <sub>z</sub> (μm)	0,5	1	2	5
R <sub>a</sub> (μm)	0,1	0,2	0,4	1

### 3.1.7 Προσαρμογή

Το βάρος της δεδομένης ονομαστικής τιμής ρυθμίζεται κατά τρόπον ώστε η συμβατική μάζα του αποτελέσματος της ζύγισης αυτού του βάρους στον αέρα να είναι ίση με τη δεδομένη ονομαστική τιμή εντός των ορίων των μέγιστων επιτρεπτών σφαλμάτων που καθορίζονται για την κλάση ακριβείας στην οποία το βάρος ανήκει.

- Βάρη κατηγορίας E

Τα βάρη ρυθμίζονται με τριβή, άλεση ή οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη μέθοδο. Οι απαιτήσεις επιφάνειας πρέπει να πληρούνται στο τέλος της διαδικασίας. Βάρη μεγαλύτερα των 50kg με κοιλότητα ρύθμισης μπορούν να ρυθμιστούν με το ίδιο υλικό από το οποίο κατασκευάζονται (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 19)).

- Βάρη κατηγορίας F

Τα στερεά βάρη ρυθμίζονται με τριβή, άλεση ή με οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη μέθοδο που δεν αλλοιώνει την επιφάνεια των βαρών. Τα βάρη με τις προσαρμοζόμενες κοιλότητες ρυθμίζονται με το ίδιο υλικό από το οποίο κατασκευάζονται ή με ανοξειδωτο χάλυβα, ορείχαλκο, κασσίτερο, μολυβδαίνιο ή βολφράμιο (ο.π. σελ. 19).

- Βάρη κατηγορίας M

Τα βάρη των λεπτών φύλλων και συρμάτων από 1mg έως 1g ρυθμίζονται με κοπή, τριβή ή λείανση. Τα κυλινδρικά βάρη που δεν έχουν κοιλότητες ρυθμίζονται με λείανση. Τα βάρη που έχουν ικανότητα ρύθμισης ρυθμίζονται με την προσθήκη ή την αφαίρεση πυκνού, μεταλλικού υλικού, όπως μόλυβδου. Εάν δεν μπορεί να αφαιρεθεί άλλο υλικό, μπορεί να ρυθμιστεί με λείανση (ο.π. σελ. 19).

Συνθήκες αναφοράς:

Οι συνθήκες αναφοράς που ισχύουν για την προσαρμογή των τυπικών βαρών είναι οι εξής:

- Τυπική πυκνότητα αναφοράς: 8.000kg m<sup>-3</sup>.
- Πυκνότητα αέρα περιβάλλοντος: 1,2kg m<sup>-3</sup>.
- Ισορροπία στον αέρα στους 20, χωρίς διόρθωση για πλευστότητα αέρα.

### 3.1.8 Καθαρισμός βαρών

Είναι σημαντικό να καθαρίζονται τα βάρη πριν από οποιαδήποτε μέτρηση, επειδή η διαδικασία καθαρισμού μπορεί να αλλάξει τη μάζα του βάρους. Ο καθαρισμός δεν θα πρέπει να απομακρύνει σημαντικές ποσότητες υλικού βάρους. Τα βάρη πρέπει να διακινούνται και να αποθηκεύονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένουν καθαρά. Πριν τη βαθμονόμηση πρέπει να αφαιρεθεί η σκόνη και οποιαδήποτε ξένα σωματίδια. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να μην αλλάζουν οι επιφανειακές ιδιότητες του βάρους (δηλαδή με το ξύσιμο του βάρους). Εάν ένα βάρος περιέχει σημαντικές ποσότητες βρωμιάς που δεν μπορούν να αφαιρεθούν με τις προαναφερόμενες μεθόδους, το βάρος ή κάποιο μέρος του μπορεί να πλυθεί με καθαρή αλκοόλη, απεσταγμένο νερό ή άλλους διαλύτες. Τα βάρη με εσωτερικές κοιλότητες κανονικά δεν πρέπει να βυθίζονται στο διαλύτη για να αποφευχθεί η πιθανότητα διείσδυσης του υγρού στο άνοιγμα. Εάν υπάρχει ανάγκη παρακολούθησης της σταθερότητας ενός βάρους κατά τη χρήση, η μάζα του βάρους πρέπει, αν είναι δυνατόν, να προσδιοριστεί πριν από τον καθαρισμό. Αφού τα βάρη καθαριστούν με διαλύτες, πρέπει να σταθεροποιηθούν για τους χρόνους που δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.6 (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 111-1, (σελ 29)).

Πίνακας 3.6 Χρόνος αναμονής χρήσης βαρών από τον καθαρισμό τους με διαλύτες

Κατηγορία βάρους	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> to M <sub>3</sub>
Μετά τον καθαρισμό με αλκοόλ	7-10 days	3-6 days	1-2 days	1 hour
Μετά τον καθαρισμό με απεσταγμένο νερό	4-6 days	2-3 days	1 day	1 hour

### 3.1.9 Θερμική σταθεροποίηση

Πριν από κάθε δοκιμή βαθμονόμησης, τα βάρη πρέπει να εγκλιματιστούν στις συνθήκες περιβάλλοντος του εργαστηρίου. Συγκεκριμένα, τα βάρη των κατηγοριών E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> και F<sub>1</sub> πρέπει να είναι κοντά στην θερμοκρασία στην περιοχή ζύγισης. Οι υποχρεωτικοί ελάχιστοι χρόνοι που απαιτούνται για τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας (ανάλογα με το μέγεθος του βάρους, την κατηγορία βάρους και τη διαφορά μεταξύ της αρχικής θερμοκρασίας των βαρών και της θερμοκρασίας χώρου στο εργαστήριο) φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Ως πρακτική κατευθυντήρια γραμμή, συνιστάται χρόνος αναμονής 24 ωρών. Στον πίνακα 3.7 και 3.8 αποτυπώνεται ο χρόνος αναμονής για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας βαρών εκφρασμένος σε ώρες (ο.π. σελ. 29).

Πίνακας 3.7 Χρόνος αναμονής για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας βαρών εκφρασμένος σε ώρες

$\Delta T^*$	Nomimal value	Class E <sub>1</sub>	Class E <sub>2</sub>	Class F <sub>1</sub>	Class F <sub>2</sub>
± 20 °C	1.000, 2.000, 5.000 kg	-	-	79	5
	100, 200, 500 kg	-	70	33	4
	10, 20, 50 kg	45	27	12	3
	1, 2, 5 kg	18	12	6	2
	100, 200, 500 g	8	5	3	1
	10, 20, 50 g	2	2	1	1
	< 10 g	1			0,5
± 5 °C	1.000, 2.000, 5.000 kg	-	-	1	1
	100, 200, 500 kg	-	40	2	1
	10, 20, 50 kg	36	18	4	1
	1, 2, 5 kg	15	8	3	1
	100, 200, 500 g	6	4	2	0,5
	10, 20, 50 g	2	1	1	0,5
	< 10 g	0,5			

Πίνακας 3.8 Χρόνος αναμονής για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας βαρών εκφρασμένος σε ώρες

$\Delta T^*$	Nomimal value	Class E <sub>1</sub>	Class E <sub>2</sub>	Class F <sub>1</sub>	Class F <sub>2</sub>
± 2 °C	1.000, 2.000, 5.000 kg	-	-	1	0,5
	100, 200, 500 kg	-	16	1	0,5
	10, 20, 50 kg	27	10	1	0,5
	1, 2, 5 kg	12	5	1	0,5
	100, 200, 500 g	5	3	1	0,5
	< 100 g	2	1		0,5
± 0,5 °C	1.000, 2.000, 5.000 kg	-	-	0,5	-
	100, 200, 500 kg	-	1	0,5	0,5
	10, 20, 50 kg	11	1	0,5	0,5
	1, 2, 5 kg	7	1	0,5	0,5
	100, 200, 500 g	3	1	0,5	0,5
	< 100 g	1	0,5		

\*  $\Delta T$  = Αρχική διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας βάρους και εργαστηριακής θερμοκρασίας.

### 3.2 Προσομοιωτές (Simulators)

Με τα ζυγιστικά συστήματα οι δυναμοκυψέλες μπορούν να ζυγίζουν μεγάλες ποσότητες υλικών, τροφίμων, αποθεμάτων και υφασμάτων. Συχνά βρίσκονται στη γεωργία, στην κατασκευή και στα εργοστάσια, και πρέπει να ελέγχονται τακτικά. Χρησιμοποιώντας προσομοιωτές για να δοκιμαστούν, να αντιμετωπιστούν προβλήματα και να βαθμονομηθούν οι δυναμοκυψέλες, οι τεχνικοί μπορούν να μάθουν με ακρίβεια το ζήτημα και να το διορθώσουν χωρίς απώλεια αγαθών. Οι προσομοιωτές είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για την αντιμετώπιση προβλημάτων και τη δοκιμή ηλεκτρονικών δεικτών βάρους. Αυτές οι συσκευές προσομοιώνουν το σήμα μιας δυναμοκυψέλης φορτίου κάτω από ένα εύρος συνθηκών φορτίου.

Αυτή είναι ίσως η απλούστερη και ταχύτερη μέθοδος βαθμονόμησης κλίμακας, ιδιαίτερα σε ζυγαριές και γεφυροπλάστιγγες μεγάλης χωρητικότητας. Είναι λιγότερο ακριβή από τις άλλες μεθόδους, όπως με βάρη καθώς υπάρχει το κόστος συντήρησης, βαθμονόμησης, αγοράς και μεταφοράς στην εγκατάσταση του ζυγιστικού συστήματος. Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι δεν ελέγχει μηχανικά τη ζυγαριά ή δεν λαμβάνει υπόψη το επιρροή της τριβής, των σωληνώσεων, της εκτροπής της στήριξης κ.λπ. Ωστόσο, η μέθοδος είναι μερικές φορές επαρκής για τη ζύγιση της διαδικασίας εφαρμογής που δεν χρειάζεται να πληρούν τις απαιτήσεις νομικής προστασίας.

Στο παράδειγμα βαθμονόμησης ενός ενδείκτη παρακάτω θεωρούμε πως αυτός τροφοδοτεί τις εισόδους των δυναμοκυψελών με 10 VDC.

Έστω ότι χρησιμοποιούνται τέσσερις δυναμοκυψέλες των 2.000Kg 3 mV/V για μια ζυγαριά χωρητικότητας 8.000Kg, η ρύθμιση του προσομοιωτή αναμένεται όταν η τιμή των 4.000Kg τοποθετείται στην ζυγαριά, μπορεί να προσδιοριστεί από τα ακόλουθα:

$$\frac{3mV/V}{8.000Kg} = \frac{mV/V \text{ ρύθμιση προσομοιωτή}}{4.000Kg}$$

Επομένως, ο προσομοιωτής πρέπει να ρυθμιστεί σε 1,5 mV/V (RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2010). Load Cell and Weigh Module Handbook, (σελ. 14)).

## 4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΖΥΓΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 4.1 Έλεγχος και δοκιμή δυναμοκυψελών

#### 4.1.1 Συνθήκες δοκιμής OIML

Πριν από την κατάλληλη δοκιμή και αξιολόγηση μιας δυναμοκυψέλης φόρτωσης, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες και στις συνθήκες δοκιμών υπό τις οποίες πρόκειται να πραγματοποιηθούν οι εν λόγω αξιολογήσεις. Σημαντικές αποκλίσεις είναι συχνά αποτέλεσμα ανεπαρκούς αναγνώρισης τέτοιων στοιχείων. Τα ακόλουθα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά πριν από κάθε πρόγραμμα δοκιμών αξιολόγησης προτύπων.

#### Επιτάχυνση βαρύτητας

Τα πρότυπα μάζας που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές διορθώνονται, αν είναι αναγκαίο, για τον τόπο δοκιμής και καταγράφεται η τιμή της σταθεράς βαρύτητας,  $g$ , στον τόπο δοκιμής με τα αποτελέσματα των δοκιμών. Η αξία των προτύπων μάζας που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της δύναμης πρέπει να είναι ανιχνεύσιμη στο εθνικό πρότυπο μάζας (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 60, (σελ 18)).

#### Περιβαλλοντικές συνθήκες

Οι δοκιμές πρέπει να εκτελούνται υπό σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος θεωρείται σταθερή όταν η διαφορά μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της δοκιμής δεν υπερβαίνει το ένα πέμπτο του εύρους θερμοκρασίας της υπό δοκιμή κυψελίδας φορτίου χωρίς να είναι μεγαλύτερη από  $2^{\circ}\text{C}$  (ο.π. σελ. 18).

#### Συνθήκες φόρτωσης

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις συνθήκες φόρτωσης για να αποφευχθεί η εισαγωγή σφαλμάτων που δεν είναι εγγενή στο φορτίο. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η τραχύτητα της επιφάνειας, η επιπεδότητα, η διάβρωση, οι γρατζουνιές, η εκκεντρότητα κ.λπ. Οι συνθήκες φόρτωσης πρέπει να είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή των δυναμοκυψελών φορτίου. Τα φορτία εφαρμόζονται και απομακρύνονται κατά μήκος του ευαίσθητου άξονα της κυψελίδας φόρτωσης χωρίς να προκαλείται πλήγμα στην κυψέλη φορτίου (ο.π. σελ. 18).

#### Όρια εύρους μετρήσεων

Το ελάχιστο φορτίο,  $D_{\min}$ , πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερο στο ελάχιστο φορτίο  $E_{\min}$ , αλλά όχι μικρότερο από το ελάχιστο φορτίο, όπως επιτρέπεται από το σύστημα δημιουργίας δυνάμεων. Το μέγιστο φορτίο,  $D_{\max}$ , δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 90% της  $E_{\max}$ , ούτε πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το  $E_{\max}$  (ο.π. σελ. 18).



## **Περίοδος σταθεροποίησης**

Πρέπει να παρέχεται περίοδος σταθεροποίησης για τη δοκιμαζόμενη δυναμοκυψέλη και το όργανο ένδειξης, όπως συνιστάται από τους κατασκευαστές του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 60, (σ 19)).

## **Συνθήκες θερμοκρασίας**

Είναι σημαντικό να δοθεί επαρκής χρόνος για τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας του αισθητηρίου φορτίου που πρέπει να επιτευχθεί. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην απαίτηση αυτή για τις μεγάλες δυναμοκυψέλες. Το σύστημα φόρτωσης πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μην εισάγει σημαντικές θερμικές κλίσεις εντός της δυναμοκυψέλης φορτίου. Η δυναμοκυψέλη και τα μέσα σύνδεσης (καλώδια, σωλήνες κ.λπ.) που είναι ενσωματωμένα ή συνεχόμενα πρέπει να βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία δοκιμής. Το όργανο ένδειξης πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία δωματίου. Η επίδραση της θερμοκρασίας στα βοηθητικά μέσα σύνδεσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων (ο.π. σελ. 19).

## **Επιδράσεις βαρομετρικής πίεσης**

Όταν οι μεταβολές στη βαρομετρική πίεση μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την έξοδο κυψελών φορτίου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αλλαγές αυτές (ο.π. σελ. 19).

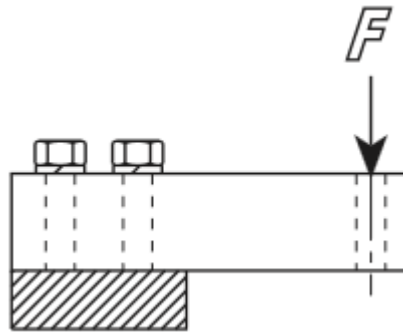
## **Σταθερότητα συστήματος**

Η τοποθέτηση της δυναμοκυψέλης φορτίου στο σύστημα δημιουργίας δυνάμεων πρέπει να πραγματοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή, δεδομένου ότι ο σκοπός αυτής της δοκιμής δεν είναι η μέτρηση της επιρροής στις μετρολογικές επιδόσεις της συναρμολόγησης/αποσυναρμολόγησης της δυναμοκυψέλης από και στο σύστημα παραγωγής ισχύος (ο.π. σελ. 19).

### **4.1.2 Λανθασμένοι τρόποι τοποθέτησης δυναμοκυψέλης**

Μια σαφής κατανόηση του ακριβούς τρόπου με τον οποίο ένα φορτίο πρέπει να τοποθετηθεί σε μια δυναμοκυψέλη βοηθάει τόσο στο σχεδιασμό μιας ζυγιστικής πλατφόρμας ή ενός ζυγιστικού σιλό που θα είναι εξοπλισμένο με δυναμοκυψέλες, όσο και στην επιλογή του σωστού τύπου δυναμοκυψελών και στηρίζεων για την εφαρμογή.

Οι προδιαγραφές των κυψελίδων φορτίου λαμβάνονται υπό εργαστηριακές συνθήκες, όπου το φορτίο εφαρμόζεται στο αισθητήριο υπό σχεδόν τέλειες συνθήκες. Η απόδοση των δυναμοκυψελών φορτίου σε μια πραγματική διαδικασία ζύγισης μπορεί να υποβαθμιστεί σε μεγάλο βαθμό, αν δεν ληφθεί μέριμνα στα μέσα με τα οποία το φορτίο εφαρμόζεται στο περίβλημα του αισθητηρίου.

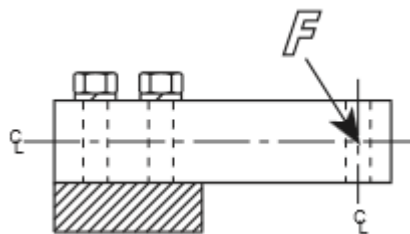


Εικόνα 4.1 Σωστή διάταξη στερέωσης δυναμοκυψέλης Single Ended

Η εικόνα 4.1 παραπάνω δείχνει μία τυπική διάταξη στερέωσης για μια δυναμοκυψέλη Single Ended. Το σταθερό άκρο στερεώνεται σε ένα "άκαμπτο" θεμέλιο, ενώ το ελεύθερο άκρο είναι πρόβολο για να επιτρέψει την προς τα κάτω εκτροπή καθώς εφαρμόζεται φορτίο (F). Υπό ιδανικές συνθήκες, η επιφάνεια τοποθέτησης θα είναι επίπεδη, οριζόντια και άκαμπτη. Το φορτίο F θα εισάγεται κατακόρυφα με ελάχιστες εφαρμοζόμενες εξωγενείς δυνάμεις και η δυναμοκυψέλη φορτίου θα είναι εντελώς ανενεργή σε όλες τις δυνάμεις εκτός από ακριβώς τις κάθετες. Ωστόσο, στον πραγματικό κόσμο, οι συνθήκες τοποθέτησης και φόρτωσης κυψελών φορτίου απέχουν πολύ από το ιδανικό. Η εσφαλμένη φόρτωση είναι μακράν η πιο συνηθισμένη αιτία των προβλημάτων ακρίβειας που αντιμετωπίζουν οι τεχνικοί. Η κατανόηση των ακόλουθων προβλημάτων σχετικά με την καθιέρωση κοινού φορτίου θα αποτρέψει τα σφάλματα φόρτωσης στο σκάφος ζύγισης. Αν και η συζήτηση περιορίζεται σε αισθητήρια μονής όψης, πολλές από τις αρχές ισχύουν εξίσου και σε άλλους τύπους τέτοιων αισθητηρίων (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 8)).

### Γωνιακή φόρτωση

Αυτή είναι μια κατάσταση όπου το φορτίο F εισάγεται μέσω της οπής φόρτωσης, αλλά σε μια γωνία προς την κεντρική της γραμμή. Αυτή η γωνιακή δύναμη μπορεί να σπάσει στο κατακόρυφο τμήμα της κατά μήκος της κεντρικής γραμμής οπών φόρτωσης, την οποία το αισθητήριο θα καταγράψει και τη οριζόντια συνιστώσα της σε απόσταση 90° από την κεντρική γραμμή. Αυτή η οριζόντια συνιστώσα είναι μια πλευρική δύναμη στην οποία, ιδανικά, η δυναμοκυψέλη φορτίου θα ήταν εντελώς ανενεργή. Για παράδειγμα, εάν η δύναμη F είναι κεκλιμένη στην κεντρική γραμμή της οπής φορτίου υπό γωνία 5°, τότε η δύναμη που καταγράφεται από την δυναμοκυψέλη μειώνεται κατά 0,4%, ενώ εφαρμόζεται επίσης μία πλευρική δύναμη 0,01F (ο.π. σελ. 8).

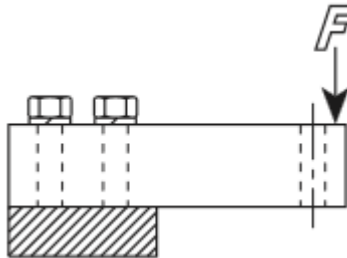


Εικόνα 4.2 Γωνιακή φόρτωση δυναμοκυψέλης

Η εικόνα 4.2 παραπάνω δείχνει μια δυναμοκυψέλη να δέχεται γωνιακή φόρτωση. Εάν η κατεύθυνση της δύναμης είναι σταθερή, η βαθμονόμηση θα αντισταθμίσει αυτό και η ζυγαριά θα ζυγίζει με ακρίβεια. Ωστόσο, αν αλλάξει η γωνία με την εφαρμογή της δύναμης, αυτό θα προκαλέσει μη γραμμικότητα και εάν υπάρχει τριβή στο μηχανικό σύστημα, θα υπάρξει επίσης υστέρηση. Τα γωνιακά φορτία μπορούν να προκληθούν από τοποθετημένα επίπεδα, μη σταθερά

θεμέλια, θερμική διαστολή/συστολή, εκτροπή δομής κάτω από το φορτίο και την αναπόφευκτη εκτροπή του ίδιου του αισθητήριου (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 8)).

### Έκκεντρη φόρτωση

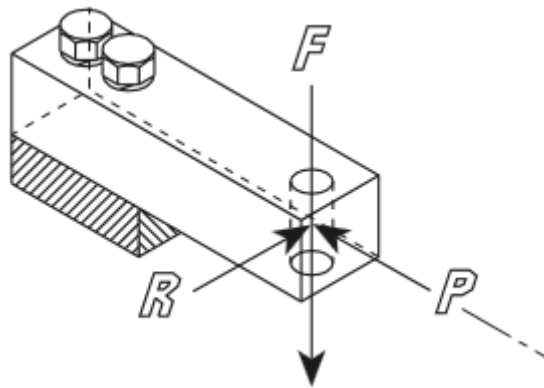


Εικόνα 4.3 Έκκεντρη φόρτωση δυναμοκυψέλης

Αυτή είναι μια κατάσταση όπου η δύναμη  $F$  εφαρμόζεται κάθετα στο κελί, αλλά η γραμμή δράσης της μετατοπίζεται από την κάθετη γραμμή μέσω της οπής φόρτωσης. Αυτό δεν είναι επιβλαβής προϋπόθεση εάν η δύναμη εφαρμοστεί σταθερά στο ίδιο σημείο, δεδομένου ότι η βαθμονόμηση θα αντισταθμίσει αυτό το αποτέλεσμα. Ωστόσο, εάν το σημείο εφαρμογής μετακινείται οριζόντια καθώς φορτώνεται η κλίμακα, θα προκαλέσει μη γραμμικότητα και ενδεχομένως υστέρηση. Τα έκκεντρα φορτία μπορεί να προκληθούν από ανεπαρκώς σχεδιασμένες διατάξεις στερέωσης και θερμική διαστολή/συστολή του ζυγού. Η εικόνα 4.3 παραπάνω δείχνει μια δυναμοκυψέλη να δέχεται έκκεντρη φόρτωση (ο.π. σελ. 9).

### Πλευρική φόρτωση

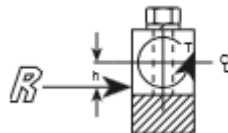
Αυτή είναι μια κατάσταση όπου η κάθετη δύναμη  $F$  (την οποία γίνεται προσπάθεια να μετρηθεί) συνοδεύεται από μία πλευρική δύναμη  $R$  που εφαρμόζεται σε  $90^\circ$  έως το  $F$ . Αυτή η δύναμη μπορεί να είναι σταθερή, αλλά τυπικά είναι μια δύναμη που ποικίλλει με την πάροδο του χρόνου και επομένως επηρεάζει τη γραμμικότητα και ενδεχομένως την υστέρηση της ζυγαριάς. Η ιδανική δυναμοκυψέλη θα ήταν τελείως μη ευαίσθητη στα πλευρικά φορτία. Ωστόσο, στην πράξη αυτές οι εξωγενείς δυνάμεις επηρεάζουν την έξοδο του αισθητήριου και δύο φαινομενικά πανομοιότυπα αισθητήρια μπορούν να αντιδρούν διαφορετικά στο ίδιο πλευρικό φορτίο. Μια σχετική συνθήκη είναι η  $P$  δύναμη, η οποία είναι παρόμοια με μια πλευρική δύναμη, εκτός από το ότι δρα στην ακραία όψη του αισθητήριου. Οι πλάγιες δυνάμεις είναι αποτέλεσμα, τυπικά, της θερμικής διαστολής/συστολής, των μη οριζόντιων στηριγμάτων και της δυναμικής των πλατφορμών (ο.π. σελ. 9).



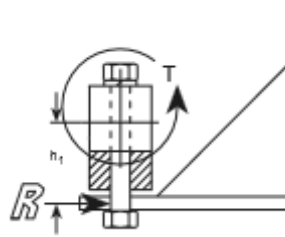
Εικόνα 4.4 Πλευρική φόρτωση δυναμοκυψέλης

### Φορτία συστροφής

Τυπικά, μια πλευρική δύναμη δεν δρα ακριβώς στον ουδέτερο άξονα και ως εκ τούτου παράγει μια ροπή ή ένα στρίψιμο εκτός από την πλευρική δύναμη. Μια δυναμοκυψέλη μπορεί να υποβληθεί σε ροπή ( $T$ ) με διάφορους τρόπους. Η εικόνα 4.5 παρακάτω απεικονίζει μια κατάσταση όπου η γραμμή δράσης μιας πλευρικής δύναμης απομακρύνεται από τον ουδέτερο άξονα κατά μία απόσταση  $h$  που έχει ως αποτέλεσμα ροπή  $P_0$ . Η εικόνα 4.6 παρακάτω απεικονίζει μια κατάσταση όπου το φορτίο κρέμεται από την κυψέλη χρησιμοποιώντας ένα μπουλόνι. Οποιαδήποτε πλευρική δύναμη εφαρμόζεται από αυτή τη διάταξη έχει πολύ μεγαλύτερη συστροφή στην δυναμοκυψέλη λόγω της αυξημένης απόστασης  $h_1$  προς τον ουδέτερο άξονα. Η εικόνα 4.7 παρακάτω απεικονίζει μια ροπή μεγέθους  $F_y$  που ασκείται ως αποτέλεσμα του φορτίου  $F$  που εφαρμόζεται σε μια απόσταση  $y$  από την κεντρική γραμμή οπής φόρτωσης (RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) Load Cell Installation Guide, (σελ 8)).

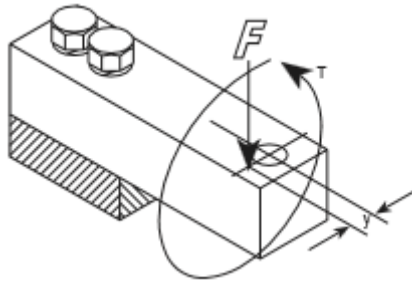


Εικόνα 4.5 Δυνάμεις συστροφής σε δυναμοκυψέλη



Εικόνα 4.6 Δυνάμεις συστροφής σε δυναμοκυψέλη

Οι τοποθετήσεις που είναι εκτός επιπέδου, η θερμική διαστολή/συστολή, η εκτροπή όλης της δομής υπό φορτίο και οι δυναμικές πλευρικές δυνάμεις (που προκαλούνται από περιστρεφόμενους αναμίκτης, κ.λπ.) προκαλούν την περιστροφή της κυψέλης φορτίου. Δεδομένου ότι οι δυνάμεις αυτές τείνουν να ποικίλλουν σε μέγεθος ως συνάρτηση του χρόνου, της θερμοκρασίας ή και του φορτίου, τα αποτελέσματα δεν είναι προβλέψιμα και υποβαθμίζουν την ακρίβεια του συστήματος (ο.π. σελ. 8).



Εικόνα 4.7 Δυνάμεις συστροφής σε δυναμοκυψέλη

### 4.1.3 Προσδιορισμός προβλήματος

Τα αισθητήρια φόρτωσης είναι σχεδιασμένα να ανιχνεύουν δύναμη ή βάρος σε ένα ευρύ φάσμα δυσμενών συνθηκών. Δεν αποτελούν μόνο το βασικότερο μέρος ενός ηλεκτρονικού συστήματος ζύγισης, αλλά και το πιο ευάλωτο.

Τα αισθητήρια αυτά ενδέχεται να καταστραφούν εξαιτίας της υπερφόρτωσης (κλονισμού), των κεραυνών ή των μεγάλων ηλεκτρικών υπερτάσεων γενικά, της εισροής χημικών ουσιών ή υγρασίας, κακομεταχείρισης (πτώση, ανύψωση καλωδίου κ.λπ.), δόνησης ή δυσλειτουργίας εσωτερικού στοιχείου. Ως άμεσο αποτέλεσμα η ζυγαριά ή το σύστημα μπορεί να παρέχει ασταθείς και μη αξιόπιστες μετρήσεις ή να μη καταχωρεί καθόλου αποτελέσματα στον ενδείκτη καταγραφής βάρους.

Πρέπει να γίνεται έλεγχος προσεκτικά για την ακεραιότητα του συστήματος πριν την αξιολόγηση των δυναμοκυψελών:

- Έλεγχος εάν υπάρχει διαρροή δύναμης (μπορεί να προκληθεί από ακαθαρσίες, μηχανική εσφαλμένη ευθυγράμμιση ή συνοδευτικά εξαρτήματα).
- Έλεγχος για ζημιές, διάβρωση ή σημαντική φθορά στις περιοχές εισαγωγής φορτίου.
- Έλεγχος στις συνδέσεις καλωδίων και στο κιβώτιο διακλαδώσεων.

Επίσης πρέπει να γίνεται οπτική επιθεώρηση των δυναμοκυψελών φορτίου πριν εκτελεστούν οι δοκιμές που περιγράφονται παρακάτω. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στα σημάδια διάβρωσης (ειδικά γύρω από την περιοχή κρίσιμης ακτινοβολίας), την ακεραιότητα του καλωδίου (μπορεί να υποστεί βλάβη λόγω κοψίματος, εκδορών κ.λπ.) και την κατάσταση της εισόδου καλωδίου. Απαιτείται ο ακόλουθος εξοπλισμός δοκιμών για την κατάλληλη αξιολόγηση ενός στοιχείου φορτίου:

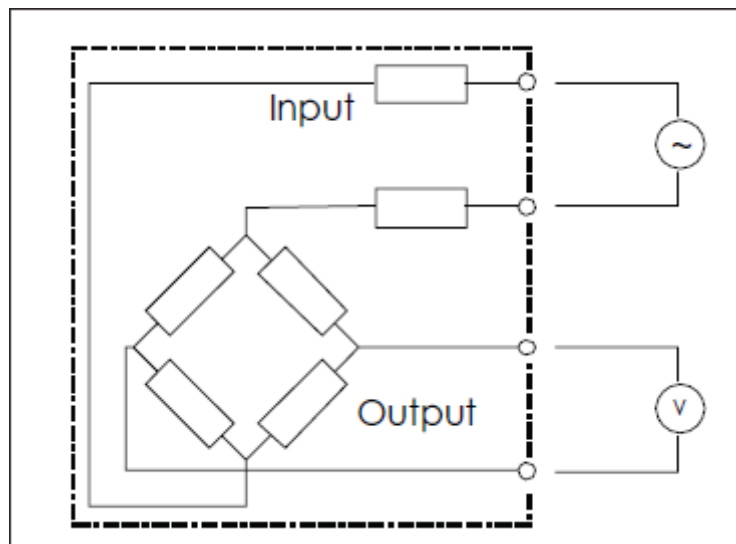
- Υψηλής ποιότητας, βαθμονομημένο, ψηφιακό πολύμετρο με ακρίβεια μέτρησης  $\pm 0,5 \Omega$  και  $\pm 0,1mV$ , για τη μέτρηση της ισορροπίας του μηδενός και της ακεραιότητας του κυκλώματος γέφυρας.
- Ομόμετρο, ικανό να μετρά  $5000M\Omega$  με ακρίβεια  $500M\Omega$  στα  $50volts$ , για τη μέτρηση της αντίστασης μόνωσης. Δεν πρέπει να γίνεται χρήση ομόμετρου που τροφοδοτεί πάνω από  $50 volts$  στο αισθητήριο φόρτισης, για να αποφευχθεί μόνιμη βλάβη.
- Ένα μέσο ανύψωσης (π.χ. γρύλος, κλαρκ, γερανός κ.λπ.) του νεκρού φορτίου (ζυγός, δεξαμενή, χοάνη, μεταφορέας κλπ.) από τη δυναμοκυψέλη ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της ισορροπίας του μηδενός ή η αφαίρεση των δυναμοκυψελών.

Τα αισθητήρια φορτίου κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις ανοχές που περιγράφονται σε οδηγίες για την κάθε δυναμοκυψέλη. Λεπτομερέστερες πληροφορίες υπάρχουν στα πιστοποιητικά βαθμονόμησης που ανήκουν στις δυναμοκυψέλες αυτές. Τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης αναφέρουν τις ακριβείς τιμές για την αντίσταση εισόδου και εξόδου, την αντίσταση μόνωσης, την ισορροπία μηδενός, την ονομαστική ισχύ και τον σωστό κωδικό καλωδίωσης.

### Έλεγχος ισορροπίας μηδενός

Η ισορροπία μηδενός ορίζεται ως η έξοδος της δυναμοκυψέλης σε κατάσταση "χωρίς φορτίο". Επομένως, όλο το βάρος (συμπεριλαμβανομένου του νεκρού φορτίου) πρέπει να αφαιρεθεί από το αισθητήριο. Τα αισθητήρια μικρής χωρητικότητας πρέπει να μετρηθούν στη θέση στην οποία η δυναμοκυψέλη έχει σχεδιαστεί για τη μέτρηση της δύναμης για να αποτραπεί το βάρος του στοιχείου που δίνει λανθασμένα αποτελέσματα. Το αισθητήριο θα πρέπει να συνδέεται με μια σταθερή παροχή ρεύματος, (έναν ενδείκτη με τάση διέγερσης τουλάχιστον 10 volt). Σε περίπτωση πλατφόρμας πολλών δυναμοκυψελών, οι υπόλοιπες θα πρέπει να είναι απομονωμένες. Τα βήματα της μέτρησης πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (VPGTransducers. Technical Note VPGT-08 (2015) Load Cell Troubleshooting, (σελ 2)):

- Μέτρηση της τάσης στους ακροδέκτες εξόδου των δυναμοκυψελών με ένα βολτόμετρο (με ευαισθησία στα millivolt) και διαίρεση της τιμής από την τάση εισόδου ή διέγερσης για να ληφθεί το μηδενικό υπόλοιπο σε mV/V.
- Σύγκριση της ισορροπίας μηδενός με το αρχικό πιστοποιητικό βαθμονόμησης των δυναμοκυψελών.



Εικόνα 4.8 Διάταξη ελέγχου ισορροπίας μηδενός σε δυναμοκυψέλη

### Ανάλυση

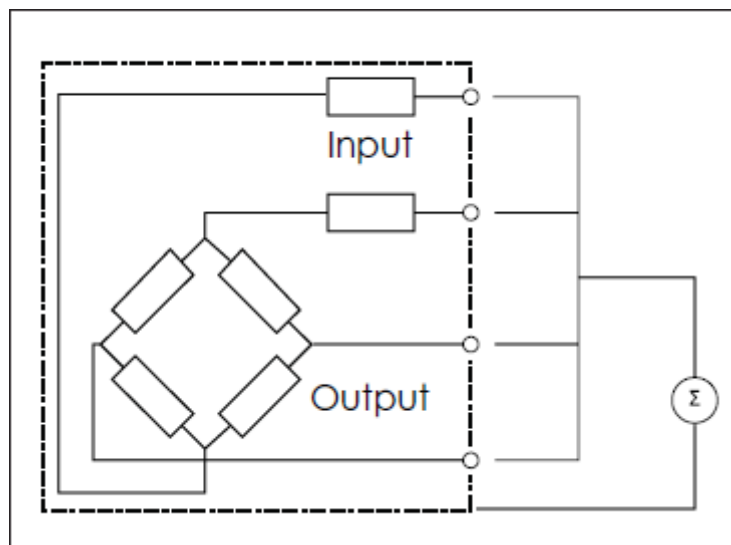
Η εικόνα 4.8 δείχνει την διάταξη ελέγχου ισορροπίας μηδενός σε δυναμοκυψέλη. Οι αλλαγές στην ισορροπία μηδενισμού συνήθως συμβαίνουν εάν η δυναμοκυψέλη φορτίου έχει παραμορφωθεί μόνιμα λόγω υπερφόρτωσης ή και υπερβολικών κραδασμών. Τα φορτία των κυψελών που

παρουσιάζουν μεταβολές προοδευτικής μηδενικής εξόδου ανά χρονική περίοδο πιθανότατα υφίστανται μεταβολή στην αντοχή του δείκτη καταπόνησης λόγω χημικής εισβολής ή εισβολής υγρασίας. Εντούτοις, σε αυτή την περίπτωση η αντίσταση μόνωσης ή και η ακεραιότητα της γέφυρας θα υπονομευθούν επίσης (VPGTransducers. Technical Note VPGT-08 (2015) Load Cell Troubleshooting, (σελ 2)).

### Έλεγχος αντοχής της μόνωσης

Η αντίσταση μόνωσης μετράται μεταξύ του κυκλώματος της δυναμοκυψέλης και του προστατευτικού στοιχείου ή καλωδίου. Τα βήματα της μέτρησης πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (ο.π. σελ. 3):

- Αποσύνδεση της δυναμοκυψέλης από το κουτί διακλάδωσης και σύνδεση όλων των καλωδίων εισόδου και εξόδου.
- Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης με ομόμετρο μεταξύ αυτών των τεσσάρων ή έξι συνδεδεμένων αγωγών και του σώματος κυψελών φορτίου.
- Επανάληψη της μέτρησης μεταξύ των ίδιων 4 ή 6 αγωγών και της θωράκισης καλωδίου.
- Τέλος, μέτρηση της αντίστασης μόνωσης ανάμεσα στο σώμα δυναμοκυψελών και την θωράκιση των καλωδίων. Δεν πρέπει να γίνεται ποτέ μέτρηση της αντίστασης εισόδου ή εξόδου με ομόμετρο που παρέχει τάση (megohmmeter), καθώς κανονικά λειτουργεί με τάση που υπερβαίνει κατά πολύ τη μέγιστη τάση διέγερσης.



Εικόνα 4.9 Διάταξη ελέγχου αντοχής της μόνωσης σε δυναμοκυψέλη

### Ανάλυση

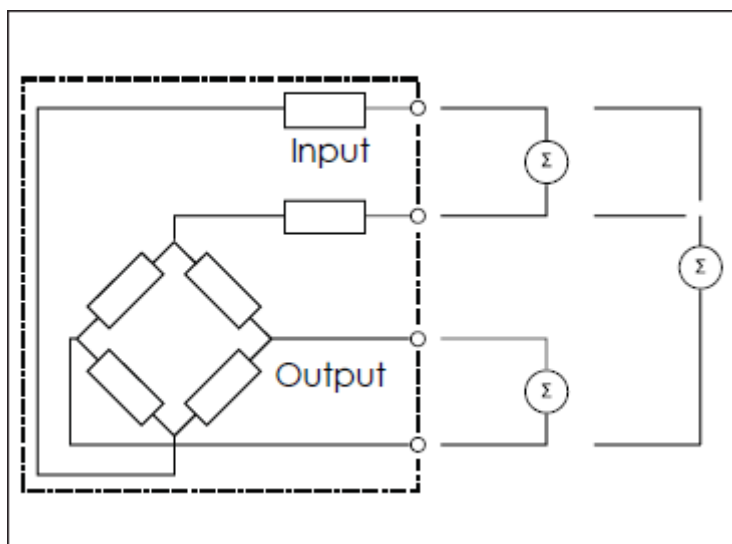
Η εικόνα 4.9 δείχνει την διάταξη ελέγχου αντοχής της μόνωσης σε δυναμοκυψέλη. Η αντίσταση μόνωσης όλων των δυναμοκυψελών πρέπει να είναι 5000 MΩ ή μεγαλύτερη για το κύκλωμα γέφυρας με το περίβλημα, το κύκλωμα γεφυρών με το βύσμα του καλωδίου και το περίβλημα με του καλωδίου. Μία χαμηλότερη τιμή υποδηλώνει ηλεκτρική διαρροή, η οποία συνήθως προκαλείται από υγρασία ή χημικές μολύνσεις εντός της δυναμοκυψέλης ή του καλωδίου. Εξαιρετικά χαμηλές τιμές ( $\leq 1$  kΩ) υποδεικνύουν βραχυκύκλωμα αντί για υγρασία. Τα ηλεκτρικά

αποτελέσματα διαρροής συνήθως παρουσιάζουν ασταθή δυναμοκυψέλη στην έξοδο ανάγνωσης του ζυγού (ενδείκτης). Η σταθερότητα μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία (VPGTransducers. Technical Note VPGT-08 (2015) Load Cell Troubleshooting, (σελ 3)).

### Έλεγχος ακεραιότητας γέφυρας

Η ακεραιότητα της γέφυρας επαληθεύεται με μέτρηση της αντίστασης εισόδου και εξόδου καθώς και της ισορροπίας της γέφυρας. Τα βήματα της μέτρησης πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (ο.π. σελ. 3):

- Αποσύνδεση της δυναμοκυψέλης από το κουτί διακλάδωσης ή τη συσκευή μέτρησης. Η αντίσταση εισόδου και εξόδου μετράται με ένα ομόμετρο σε κάθε ζεύγος εισόδου και εξόδου.
- Σύγκριση της αντίστασης εισόδου και εξόδου με το αρχικό πιστοποιητικό βαθμονόμησης. Η ισορροπία της γέφυρας επιτυγχάνεται συγκρίνοντας την αντίσταση από την αρνητική έξοδο προς την αρνητική είσοδο και την αρνητική έξοδο προς την θετική είσοδο. Η διαφορά μεταξύ των δύο τιμών πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 1 Ω.



Εικόνα 4.10 Διάταξη ελέγχου ακεραιότητας γέφυρας σε δυναμοκυψέλη

### Ανάλυση

Η εικόνα 4.10 δείχνει την διάταξη ελέγχου ακεραιότητας γέφυρας σε δυναμοκυψέλη. Οι αλλαγές στην αντίσταση στη γέφυρα ή στην ισορροπία της γέφυρας προκαλούνται συνήθως από σπασμένο ή καμένο καλώδιο, από βλάβη ηλεκτρικού στοιχείου ή από εσωτερικό βραχυκύκλωμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε υπερβολική τάση (αστραπή ή συγκόλληση), φυσικές βλάβες από κραδασμούς, κραδασμούς ή κόπωση, υπερβολική θερμοκρασία ή από ασυνέπειες στην παραγωγή (ο.π. σελ. 3).

### Έλεγχος αντοχής σε κρούση

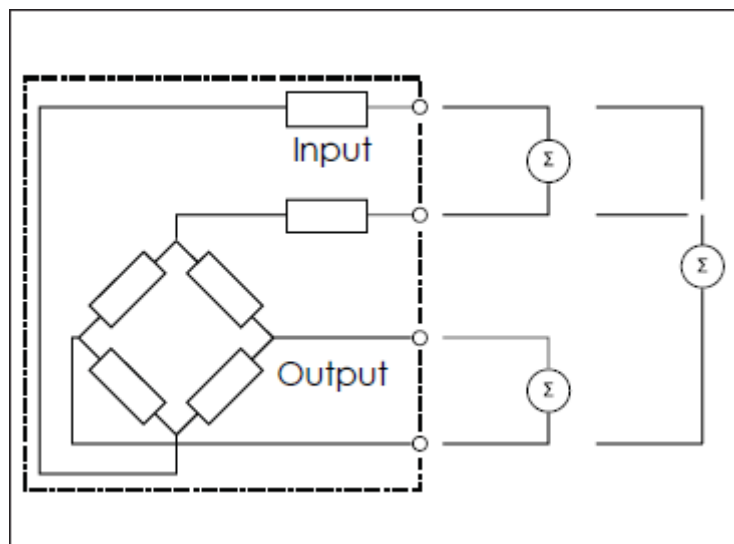


Η δυναμοκυψέλη θα πρέπει να συνδέεται με μια σταθερή παροχή ρεύματος, κατά προτίμηση έναν ενδείκτη με τάση διέγερσης τουλάχιστον 10 volt. Τα βήματα της μέτρησης πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (VPGTransducers. Technical Note VPGT-08 (2015) Load Cell Troubleshooting (σελ 4)):

- Αποσύνδεση όλων των δυναμοκυψελών που δεν απασχολούν την συγκεκριμένη μέτρηση.
- Με ένα βολτόμετρο συνδεδεμένο με τους ακροδέκτες εξόδου, πρέπει να δοθεί στην δυναμοκυψέλη με ένα μικρό σφυρί ένα ελαφρύ χτύπημα για να κουνηθεί ελαφρώς. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην υπερφορτωθούν οι φορτισμένες δυναμοκυψέλες χαμηλής χωρητικότητας κατά τη δοκιμή της αντοχής τους σε κρούσεις.
- Τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο βολτόμετρο δεν πρέπει να είναι ακανόνιστα, πρέπει να παραμένουν σχετικά σταθερά και να επιστρέφουν στις αρχικές μηδενικές τιμές.

### Ανάλυση

Η εικόνα 4.11 δείχνει την διάταξη ελέγχου αντοχής σε κρούση σε δυναμοκυψέλη. Οι λανθασμένες ενδείξεις μπορεί να υποδεικνύουν μια αποτυχημένη ηλεκτρική σύνδεση ή μια κατεστραμμένη στρώση κόλλας μεταξύ της πιεζοαντίστασης εσωτερικά της δυναμοκυψέλης ως αποτέλεσμα μίας ηλεκτρικής στιγμιαίας υπέρτασης (ο.π. σελ. 4).



Εικόνα 4.11 Διάταξη ελέγχου αντοχής σε κρούση σε δυναμοκυψέλη

## 4.2 Έλεγχος και δοκιμή υπόλοιπου ζυγιστικού συστήματος

### 4.2.1 Γενικές συνθήκες

#### Συνήθεις συνθήκες δοκιμής

Τα σφάλματα καθορίζονται υπό κανονικές συνθήκες δοκιμής. Όταν αξιολογείται η επίδραση ενός

παράγοντα, όλοι οι άλλοι παράγοντες πρέπει να διατηρούνται σχετικά σταθεροί, σε τιμή κοντά στο κανονικό. Για τα όργανα της κλάσης I, πρέπει να εφαρμόζονται όλες οι απαραίτητες διορθώσεις όσον αφορά τους παράγοντες επιρροής που οφείλονται στο φορτίο ελέγχου, δηλαδή επιρροή της πλευστότητας του αέρα (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 85)).

### **Θερμοκρασία**

Οι δοκιμές διεξάγονται σε σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος, συνήθως σε κανονική θερμοκρασία δωματίου, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά. Η θερμοκρασία θεωρείται σταθερή όταν η διαφορά μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της δοκιμής δεν υπερβαίνει το ένα πέμπτο του εύρους θερμοκρασίας του δεδομένου οργάνου χωρίς να είναι μεγαλύτερη από 5°C (2°C στην περίπτωση δοκιμής ερπυσμού) και ο ρυθμός μεταβολής δεν υπερβαίνει τους 5°C ανά ώρα (ο.π. σσ 85-86).

### **Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος**

Τα όργανα που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από το δίκτυο παροχής πρέπει κανονικά να συνδέονται με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος ή τη συσκευή τροφοδοσίας ρεύματος και να ενεργοποιούνται καθόλη τη διάρκεια των δοκιμών (ο.π. σελ. 86).

### **Θέση αναφοράς πριν από τις δοκιμές**

Για όργανο που μπορεί να είναι κεκλιμένο, το όργανο πρέπει να ισοπεδώνεται στη θέση αναφοράς τους.

### **Αυτόματη μηδενική ρύθμιση και μηδενική παρακολούθηση**

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, η επίδραση της αυτόματης συσκευής ρύθμισης του μηδενός ή της διάταξης μηδενικής ανίχνευσης μπορεί να απενεργοποιηθεί ή να κατασταλεί με την έναρξη της δοκιμής με φορτίο ίσο με το 10e. Σε ορισμένες δοκιμές όπου η αυτόματη μηδενική ρύθμιση ή η μηδενική παρακολούθηση πρέπει να είναι σε λειτουργία (ή όχι), η συγκεκριμένη αναφορά γίνεται σε αυτές τις περιγραφές δοκιμών (ο.π. σελ. 86).

### **Ένδειξη με υποδιαίρεση μικρότερη από το e**

Εάν ένα όργανο με ψηφιακή ένδειξη διαθέτει συσκευή για την εμφάνιση της ένδειξης με μικρότερη υποδιαίρεση (όχι μεγαλύτερη από 1/5e), αυτή η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του σφάλματος. Εάν χρησιμοποιείται μια συσκευή, πρέπει να σημειωθεί στην αναφορά ελέγχου (ο.π. σελ. 86).

### **Χρήση προσομοιωτή (load cell simulator)**

Εάν χρησιμοποιείται προσομοιωτής για τον έλεγχο κάποιας λειτουργίας του ενδείκτη, η επαναληψιμότητα και η σταθερότητα του προσομοιωτή πρέπει να επιτρέπουν τον προσδιορισμό της απόδοσης της μονάδας με τουλάχιστον την ίδια ακρίβεια όπως όταν δοκιμάζεται ένα πλήρες όργανο με βάρη, το m<sub>pre</sub> πρέπει να θεωρείται ίδιο με αυτό που ισχύει για τις αντίστοιχες

δυναμοκυβέλες του συστήματος. Εάν χρησιμοποιείται προσομοιωτής, αυτό πρέπει να σημειώνεται και να αναφερθεί η ανιχνευσιμότητά του (OIML. (2006). OIML R 76-1, (σελ 86)).

## 4.2.2 Έλεγχος του μηδενός

### Αρχική μηδενική ρύθμιση

Τα βήματα της διαδικασίας πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (ο.π. σελ. 86)):

- Ρύθμιση του οργάνου στο μηδέν με την πλατφόρμα κενή. Τοποθέτηση ενός βάρους ελέγχου στην πλατφόρμα και απενεργοποίηση του ενδείκτη και ύστερα ενεργοποίηση.
- Συνέχιση της διαδικασίας έως ότου, μετά την τοποθέτηση ενός φορτίου στον υποδοχέα φορτίου και την απενεργοποίηση και την ενεργοποίηση του οργάνου, δεν θα επαναληφθεί ξανά. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να μηδενιστεί εκ νέου είναι το θετικό τμήμα της αρχικής κλίμακας μηδενισμού.
- Αφαίρεση οποιοδήποτε φορτίου από τον δέκτη φορτίου και ρύθμιση του ενδείκτη στο μηδέν. Στη συνέχεια, αφαίρεση του δέκτη φορτίου (πλατφόρμα) από το όργανο. Εάν σε αυτό το σημείο το μηχάνημα μπορεί να μηδενιστεί με την απενεργοποίησή του και ξανά, η μάζα της πλατφόρμας χρησιμοποιείται ως το αρνητικό τμήμα της αρχικής κλίμακας μηδενισμού.
- Εάν το όργανο δεν μπορεί να αποκατασταθεί στο μηδέν με τον δέκτη φορτίου αφαιρεμένο, πρέπει να γίνει τοποθέτηση βαρών σε οποιοδήποτε ενεργό τμήμα της ζυγαριάς (π.χ. στα μέρη όπου βρίσκεται η πλατφόρμα) έως ότου το όργανο δείξει πάλι μηδέν.
- Αφαίρεση των βαρών και, αφού αφαιρεθεί κάθε βάρος επανενεργοποίηση του οργάνου. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να αφαιρεθεί ενώ το όργανο μπορεί ακόμα να μηδενιστεί με την απενεργοποίηση και ενεργοποίηση είναι το αρνητικό τμήμα της αρχικής κλίμακας μηδενισμού. Το αρχικό εύρος μηδενισμού είναι το άθροισμα των θετικών και αρνητικών τμημάτων. Εάν ο δέκτης φορτίου δεν μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα, πρέπει να ληφθεί υπόψη μόνο το θετικό μέρος της αρχικής περιοχής μηδενισμού.

### Μη αυτόματα και ημιαυτόματα ρύθμιση μηδενισμού

Αυτή η δοκιμή εκτελείται με τον ίδιο τρόπο όπως περιγράφεται στην αρχική μηδενική ρύθμιση, εκτός από το ότι χρησιμοποιούνται τα μέσα μηδενικής ρύθμισης και όχι η απενεργοποίηση και η ενεργοποίηση του οργάνου (ο.π. σελ. 87).

### Αυτόματα ρύθμιση μηδενισμού

Τα βήματα της διαδικασίας πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά(International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 87)):

- Αφαίρεση της ζυγιστικής πλατφόρμας όπως περιγράφεται στην αρχική ρύθμιση μηδενισμού και τοποθέτηση των βαρών στο όργανο μέχρι να δείξει μηδέν.
- Αφαίρεση των βαρών σε μικρές ποσότητες και αφού αφαιρεθεί κάθε βάρος. Αφού περάσει ο απαραίτητος χρόνος για να λειτουργήσει η αυτόματη συσκευή ρύθμισης μηδενισμού, το μηχάνημα επαναφέρεται αυτόματα στο μηδέν.
- Επανάληψη της διαδικασίας μέχρι να μη γίνει αυτόματη επαναφορά του οργάνου στο μηδέν. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να αφαιρεθεί έτσι ώστε το όργανο να μπορεί να επαναρυθμιστεί στο μηδέν είναι το εύρος μηδενισμού. Εάν η πλατφόρμα δεν μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί, μια πρακτική προσέγγιση μπορεί να είναι να προστεθούν βάρη στο όργανο και να χρησιμοποιηθεί άλλη συσκευή ρύθμισης μηδενισμού, εάν υπάρχει, για να ρυθμιστεί το όργανο στο μηδέν.
- Αφαίρεση των βαρών και έλεγχος, αν η αυτόματη ρύθμιση μηδενισμού εξακολουθεί να ρυθμίζει το μηχάνημα στο μηδέν. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να αφαιρεθεί έτσι ώστε το όργανο να μπορεί να επαναρυθμιστεί στο μηδέν είναι το εύρος μηδενισμού.

### **Μηδενική ένδειξη**

Για όργανα εξοπλισμένα με συσκευή μηδενικής ένδειξης και ψηφιακή ένδειξη, χρειάζεται ρύθμιση το όργανο σε περίπου μία υποδιαίρεση κάτω από το μηδέν. Τότε με την προσθήκη ισοδύναμων βαρών, για παράδειγμα, στο 1/10 της υποδιαίρεσης, γίνεται καθορισμός του εύρους πάνω στο οποίο η μηδενική συσκευή ένδειξης υποδεικνύει την απόκλιση από το μηδέν (ο.π. σελ. 87).

### **Ρύθμιση του μηδενός πριν από τη φόρτωση**

Για τα όργανα με ψηφιακή ένδειξη, η ρύθμιση στο μηδέν ή ο προσδιορισμός του μηδενικού σημείου πραγματοποιείται ως εξής (ο.π. σελ. 88):

- Για όργανα με μη αυτόματη ρύθμιση μηδενός, βάρη ισοδύναμα με μισή υποδιαίρεση τοποθετούνται στην πλατφόρμα και ο ενδεικτής ρυθμίζεται μέχρις ότου η ένδειξη εναλλάσσεται μεταξύ μηδέν και μίας υποδιαίρεσης.
- Στη συνέχεια, τα βάρη που ισοδυναμούν με μισή υποδιαίρεση αφαιρούνται από την πλατφόρμα για να επιτευχθεί ένα κέντρο μηδενικής θέσης αναφοράς.

### **Αξιολόγηση σφαλμάτων**

Για τα όργανα με ψηφιακή ένδειξη και χωρίς συσκευή για την ένδειξη των αποτελεσμάτων με μικρότερη υποδιαίρεση (όχι μεγαλύτερη από 1/5e), τα σημεία αλλαγής πρέπει να χρησιμοποιούνται

για τον προσδιορισμό της ένδειξης του οργάνου, πριν από τη στρογγυλοποίηση, ως εξής (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 88)).

Σε ένα ορισμένο φορτίο,  $L$ , σημειώνεται η υποδεικνυόμενη τιμή,  $I$ . Επιπρόσθετα βάρη, π.χ.  $1/10 e$ , προστίθενται διαδοχικά μέχρις ότου η ένδειξη του οργάνου αυξηθεί αναμφίβολα κατά μία υποδιαίρεση ( $I + e$ ) (ο.π. σελ. 88).

Το πρόσθετο φορτίο  $\Delta L$  που προστίθεται στην πλατφόρμα δίνει την ένδειξη  $P$ , πριν από τη στρογγυλοποίηση, χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$P = I + \frac{1}{2} \times e - \Delta L \quad [11]$$

Το σφάλμα πριν από τη στρογγυλοποίηση είναι:

$$E = P - L = I + \frac{1}{2} \times e - \Delta L - L \quad [12]$$

Το διορθωμένο σφάλμα πριν από τη στρογγυλοποίηση είναι:

$$E_c = E - E_0 \leq mpe \quad [13]$$

όπου  $E_0$  είναι το σφάλμα που υπολογίζεται στο μηδέν ή σε φορτίο κοντά στο μηδέν (π.χ.  $10e$ ).

Παράδειγμα: Ένα όργανο με υποδιαίρεση  $e$ ,  $5g$  φορτώνεται με  $1kg$  και ως εκ τούτου υποδεικνύει  $1.000g$ . Μετά την προσθήκη διαδοχικών βαρών  $0,5g$ , η ένδειξη μεταβάλλεται από  $1.000g$  σε  $1.005g$  σε πρόσθετο φορτίο  $1,5g$ . Εισήχθησαν στον ανώτερο τύπο οι παρατηρήσεις αυτές δίνουν:

$$P = (1.000 + 2,5 - 1,5)g = 1.001g$$

Έτσι, η πραγματική ένδειξη πριν από τη στρογγυλοποίηση είναι  $1.001 g$ , και το σφάλμα είναι:

$$E = (1.001 - 1.000)g = 1g$$

Εάν το σημείο αλλαγής στο μηδέν όπως υπολογίστηκε παραπάνω ήταν  $E_0 = + 0,5g$ , το διορθωμένο σφάλμα είναι:

$$E_c = 1 - (+ 0,5) = 0,5g$$

### Έλεγχος ζύγισης με χρήση υποκατάστατου βάρους

Τα βήματα της διαδικασίας πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (ο.π. σελ. 87):

- Έλεγχος του σφάλματος επαναληψιμότητας σε φορτίο περίπου της τιμής όπου γίνεται η αντικατάσταση, τοποθετώντας το τρεις φορές στον υποδοχέα φορτίου. Τα αποτελέσματα

της δοκιμής επαναληψιμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν εάν τα φορτία δοκιμής έχουν συγκρίσιμη μάζα.

- Εφαρμογή των φορτίων ελέγχου από το μηδέν έως και τη μέγιστη ποσότητα τυποποιημένων βαρών. Προσδιορισμός του σφάλματος και, στη συνέχεια, αφαίρεση των βαρών, ώστε να επιτευχθεί η ένδειξη χωρίς φορτίο ή, στην περίπτωση ενός οργάνου με συσκευή μηδενικής ανίχνευσης, η ένδειξη π.χ. 10e.
- Αντικατάσταση των προηγούμενων βαρών με υποκατάστατα βάρη έως ότου επιτευχθεί το ίδιο σημείο αλλαγής, όπως χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του σφάλματος. Επανάληψη της παραπάνω διαδικασίας μέχρι να φανεί το μέγιστο του οργάνου.
- Εκφόρτωση των βαρών με αντίστροφη σειρά από την φόρτωση μέχρις ότου φανεί το σημείο 0. Τοποθέτηση των βαρών πίσω και αφαίρεση των υποκατάστατων βαρών έως ότου επιτευχθεί το ίδιο σημείο αλλαγής. Επανάληψη της διαδικασίας μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη χωρίς φορτίο.

### 4.2.3 Απόβαρο

#### Έλεγχος ζύγισης

Οι δοκιμές ζύγισης πρέπει να εκτελούνται με διαφορετικές τιμές απόβαρου. Πρέπει να επιλεγούν τουλάχιστον 5 βήματα φορτίου. Τα βήματα πρέπει να περιλαμβάνουν τιμές κοντά στο Emin (μόνο εάν  $E_{min} \geq 100$  mg), ή κοντά σε εκείνες στις οποίες το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα (mpe) αλλάζει και η τιμή κοντά στο μέγιστο δυνατό καθαρό φορτίο (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 90)).

Οι έλεγχοι ζύγισης πρέπει να διενεργούνται στους ενδείκτες με:

1. Απομακρυσμένο απόβαρο: με μία τιμή μεταξύ 1/3 και 2/3 του μέγιστου απόβαρου.
2. Πρόσθετο απόβαρο: με δύο τιμές απόβαρου περίπου 1/3 και 3/3 της μέγιστης επίδρασης του απόβαρου.

#### Συσκευή ζύγισης απόβαρου

Εάν ο ενδείκτης διαθέτει διάταξη ζύγισης απόβαρου, συγκρίνονται τα αποτελέσματα που λαμβάνονται για το ίδιο φορτίο (απόβαρο), με τη διάταξη ζύγισης απόβαρου και τη συσκευή ένδειξης (ο.π. σελ. 90).

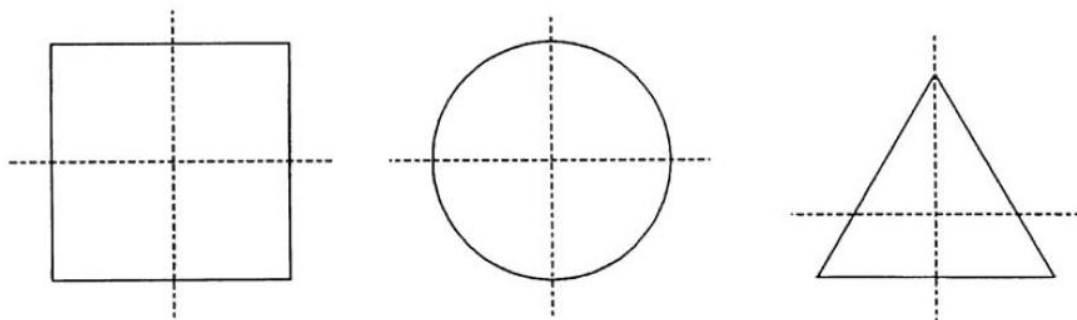
#### Δοκιμές εκκεντρότητας

Κατά προτίμηση πρέπει να χρησιμοποιούνται μεγάλα βάρη σε αντίθεση με μικρά βάρη. Τα μικρότερα βάρη πρέπει να τοποθετούνται πάνω από μεγαλύτερα βάρη και πρέπει να αποφεύγεται η

περιττή στοίβαξη στο τμήμα της πλατφόρμας που πρόκειται να δοκιμαστεί. Το φορτίο εφαρμόζεται κεντρικά στην πλατφόρμα εάν χρησιμοποιείται ένα μόνο βάρος και εφαρμόζεται ομοιόμορφα επί της πλατφόρμας, εάν χρησιμοποιούνται μερικά μικρά βάρη. Το μηδενικό σφάλμα  $E_0$  που χρησιμοποιείται για τη διόρθωση είναι η τιμή που καθορίστηκε πριν από κάθε μέτρηση. Κανονικά αρκεί να προσδιοριστεί το μηδενικό σφάλμα μόνο στην αρχή της μέτρησης, αλλά σε ειδικά όργανα (κλάση ακρίβειας I, υψηλή χωρητικότητα κ.λπ.) συνιστάται να προσδιορίζεται το μηδενικό σφάλμα πριν από κάθε φόρτιση εκκεντρότητας. Ωστόσο, σε περίπτωση υπέρβασης του  $m_{pe}$ , είναι απαραίτητη η δοκιμή με μηδενικό σφάλμα πριν από κάθε φόρτωση. Εάν το όργανο είναι εφοδιασμένο με αυτόματη ρύθμιση μηδενός ή μηδενική παρακολούθηση, δεν πρέπει να λειτουργεί κατά τις ακόλουθες δοκιμές (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σ 90)).

### **Όργανα με δέκτη φορτίου που δεν έχει περισσότερα από τέσσερα σημεία στήριξης (π.χ. σιλό)**

Τα τετράγωνα τμήματα που αντιστοιχούν περίπου στο  $\frac{1}{4}$  της επιφάνειας της πλατφόρμας (όπως φαίνεται στα σκίτσα της εικόνας 4.12 παρακάτω ή παρόμοια σκίτσα) φορτώνονται με τη σειρά (ο.π. σελ. 91).



*Εικόνα 4.12 Τεταρτημόρια επιφανειών διάφορων πλατφορμών ζύγισης*

Παραδείγματα: Ένας δέκτης φορτίου ο οποίος μεταδίδει τη δύναμη από το φορτίο απευθείας σε 1 μονοκόμματο φορτίο έχει 1 σημείο στήριξης, απευθείας σε 3 κυψέλες φορτίου έχει 3 σημεία υποστήριξης και με 4 στοιχεία μηχανικής σύνδεσης σε ένα μοχλό, έχει 4 σημεία στήριξης.

### **Όργανα με δέκτη φορτίου με περισσότερα από τέσσερα σημεία στήριξης**

Το φορτίο εφαρμόζεται πάνω σε κάθε στήριγμα σε περιοχή της ίδιας τάξης μεγέθους με το κλάσμα  $1/n$  της επιφάνειας του υποδοχέα φορτίου, όπου  $n$  είναι ο αριθμός σημείων στήριξης. Όταν δύο σημεία υποστήριξης είναι πολύ κοντά μεταξύ τους για να κατανέμεται το προαναφερθέν φορτίο ελέγχου όπως υποδεικνύεται ανωτέρω, το φορτίο διπλασιάζεται και κατανέμεται σε δύο φορές την περιοχή και στις δύο πλευρές του άξονα που συνδέει τα δύο σημεία υποστήριξης. Σε όργανα με ειδικές δεξαμενές φορτίου ( πλάγια δεξαμενή, χοάνη κ.λπ.) το φορτίο εφαρμόζεται σε κάθε σημείο στήριξης (ο.π. σελ. 91).

### **Όργανα που χρησιμοποιούνται για τη ζύγιση των τροχαίων φορτίων**

Τέτοιοι ζυγοί στην βιομηχανία είναι οι ραουλοζυγοί. Πρέπει να εφαρμόζεται φορτίο σε διαφορετικές θέσεις στον δέκτη φορτίου. Αυτές οι θέσεις πρέπει να βρίσκονται στην αρχή, στη μέση και στο τέλος του δέκτη φορτίου στην κανονική κατεύθυνση οδήγησης. Στη συνέχεια, οι θέσεις επαναλαμβάνονται κατά την αντίθετη κατεύθυνση, εάν είναι εφικτή η εφαρμογή και στις δύο κατευθύνσεις. Πριν αλλαχθεί η διεύθυνση, το μηδέν πρέπει να καθοριστεί και πάλι. Εάν ο δέκτης φορτίου αποτελείται από περισσότερα τμήματα, η δοκιμή πρέπει να εφαρμόζεται σε κάθε τμήμα (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 91)).

### **Έλεγχος επαναληψιμότητας**

Για την έγκριση τύπου, εκτελούνται δύο σειρές ζυγίσεων, μία ένα φορτίο περίπου 50% και ένα με φορτίο πλησίον του 100% του μέγιστου. Για ζυγούς με μέγιστο βάρος μικρότερο από 1.000 kg, κάθε σειρά αποτελείται από 10 ζυγίσεις. Σε άλλες περιπτώσεις, κάθε σειρά αποτελείται από τουλάχιστον 3 ζυγίσεις. Οι μετρήσεις λαμβάνονται κατά τη φόρτιση του οργάνου και όταν στο μη φορτωμένο όργανο έχει περάσει κάποιος χρόνος μεταξύ των ζυγίσεων. Σε περίπτωση μηδενικής απόκλισης μεταξύ των ζυγίσεων, το όργανο επαναφέρεται στο μηδέν, χωρίς να προσδιορίζεται το σφάλμα στο μηδέν. Η πραγματική μηδενική θέση δεν χρειάζεται να προσδιοριστεί μεταξύ των ζυγίσεων. Εάν το όργανο διαθέτει αυτόματο μηδενισμό ή μηδενική παρακολούθηση, πρέπει να λειτουργεί κατά τη διάρκεια του ελέγχου. Για την επαλήθευση είναι αρκετή μια σειρά ζυγίσεων με περίπου 0,8 του E<sub>max</sub> του συστήματος. Απαιτούνται τρεις ζυγίσεις των κατηγοριών III και III ή έξι ζυγίσεις των κλάσεων I και II (ο.π. σελ. 93).

#### **4.2.4 Παράγοντες επιρροής**

##### **Κλίση (μόνο για όργανα τάξης II, III και III)**

Ο ζυγός πρέπει να είναι κεκλιμένος τόσο προς τα εμπρός όσο και προς τα πίσω διαμήκως, και από την μία πλευρά στην άλλη, εγκάρσια. Τα βήματα της διαδικασίας πρέπει να είναι τα παρακάτω με την εξής σειρά (ο.π. σελ. 94):

- Μετά τη μηδενική ρύθμιση στη θέση αναφοράς, η ένδειξη (πριν από τη στρογγυλοποίηση) προσδιορίζεται σε μηδενικό φορτίο και σε δύο φορτία ελέγχου.
- Στη συνέχεια το όργανο εκφορτώνεται και γέρνει (χωρίς νέα ρύθμιση μηδενισμού), μετά από το οποίο προσδιορίζονται οι ενδείξεις χωρίς φορτίο και στα δύο φορτία ελέγχου.
- Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε μία από τις κατευθύνσεις κλίσης.

Για να προσδιοριστεί η επίδραση της κλίσης στο φορτωμένο ζυγό, η ένδειξη που λαμβάνεται σε κάθε κλίση διορθώνεται για την απόκλιση από το μηδέν που είχε το όργανο πριν από τη φόρτωση. Εάν το όργανο διαθέτει αυτόματο μηδενισμό ή μηδενική παρακολούθηση, δεν πρέπει να λειτουργεί (ο.π. σελ. 94).

##### **Κλίση χωρίς φορτίο**



Το όργανο τίθεται στο μηδέν στη θέση αναφοράς του (δεν έχει κλίση). Στη συνέχεια, το όργανο πρέπει να κλίνει διαμήκως μέχρι την οριακή τιμή της κλίσης. Η ένδειξη μηδενισμού σημειώνεται. Η δοκιμή επαναλαμβάνεται με εγκάρσια κλίση (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 95)).

### **Κλίση όταν φορτώνεται**

Το όργανο τίθεται στο μηδέν στη θέση αναφοράς του και δύο ζυγίσεις πραγματοποιούνται σε φορτίο κοντά στο χαμηλότερο φορτίο όπου αλλάζει το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα και σε φορτίο κοντά στο μέγιστο. Στη συνέχεια, το όργανο εκφορτώνεται και γέρνει διαμήκως και ρυθμίζεται στο μηδέν. Η κλίση πρέπει να είναι ίση με την οριακή τιμή της κλίσης. Πρέπει να διεξάγονται δοκιμές ζύγισης όπως περιγράφονται ανωτέρω. Η δοκιμή επαναλαμβάνεται με εγκάρσια κλίση (ο.π. σελ. 95).

### **Δοκιμή κλίσης για κινητούς ζυγούς που χρησιμοποιούνται εξωτερικά.**

Οι πλατφόρμες πρέπει να παρέχουν τους κατάλληλους υποδοχείς φορτίου για την εφαρμογή των δοκιμαστικών φορτίων (π.χ. στα σιλό με στρογγυλεμένη επιφάνεια πρέπει να υπάρχει μία κατασκευή που να επιτρέπει την στήριξη των βαρών ελέγχου). Ο έλεγχος κλίσης πραγματοποιείται με την οριακή τιμή της κλίσης. Το όργανο πρέπει να είναι κεκλιμένο τόσο προς τα εμπρός όσο και προς τα πίσω διαμήκως, και από την μία πλευρά στην άλλη, εγκάρσια. Πρέπει να διεξάγονται δοκιμές λειτουργίας για να εξασφαλιστεί ότι οι αισθητήρες κλίσης ή οι διακόπτες κλίσης, κατά περίπτωση, λειτουργούν κατάλληλα, ιδίως όταν δημιουργείται σήμα ότι η μέγιστη επιτρεπτή κλίση έχει φθάσει ή υπερβεί (π.χ. σβήσιμο οθόνης, σήμα σφάλματος) το όριο. Η δοκιμή εκτελείται κοντά στο σημείο απενεργοποίησης (στην περίπτωση αισθητήρα αυτόματης κλίσης) ή κοντά στην κλίση, όπου ο υποδοχέας φορτίου έρχεται σε επαφή με την περιβάλλουσα κατασκευή του πλαισίου. Αυτή είναι η περιοριστική τιμή της κλίσης. Εάν το όργανο διαθέτει αυτόματο μηδενισμό ή μηδενική παρακολούθηση, δεν πρέπει να λειτουργεί (ο.π. σελ. 95).

### **Θερμοκρασία**

#### **Έλεγχος χρόνου θέρμανσης**

Ένα όργανο που χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να αποσυνδεθεί από την παροχή για τουλάχιστον 8 ώρες πριν από τον έλεγχο. Εν συνεχεία το όργανο συνδέεται και τίθεται σε λειτουργία και, μόλις η ένδειξη σταθεροποιηθεί, το όργανο τίθεται στο μηδέν και προσδιορίζεται το σφάλμα στο μηδέν. Το όργανο φορτώνεται με φορτίο κοντά στο Max. Οι παρατηρήσεις αυτές επαναλαμβάνονται μετά από 5, 15 και 30 λεπτά. Κάθε μεμονωμένη μέτρηση που πραγματοποιείται μετά από 5, 15 και 30 λεπτά, διορθώνεται για το μηδενικό σφάλμα εκείνη τη στιγμή (ο.π. σελ. 95).

Για τα όργανα της κατηγορίας I, πρέπει να τηρούνται οι διατάξεις του εγχειριδίου λειτουργίας για το χρόνο μετά τη σύνδεση με το δίκτυο.

### **Στατικές θερμοκρασίες**

Οι έλεγχοι ζύγισης (φόρτωση και εκφόρτωση) διεξάγονται (ο.π. σελ. 96):

- Σε θερμοκρασία αναφοράς (κανονικά 20°C αλλά για όργανα κατηγορίας I τη μέση τιμή των καθορισμένων ορίων θερμοκρασίας) ·
- Στην καθορισμένη υψηλή θερμοκρασία.
- Στην καθορισμένη χαμηλή θερμοκρασία.
- Σε θερμοκρασία 5°C, εάν η προδιαγραφόμενη χαμηλή θερμοκρασία είναι  $\leq 0^\circ \text{C}$ .
- Στην θερμοκρασία αναφοράς.

Η αλλαγή θερμοκρασίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τον 1°C/min κατά τη θέρμανση και την ψύξη. Για τα όργανα της κατηγορίας I, λαμβάνονται υπόψη οι μεταβολές στη βαρομετρική πίεση. Για τις δοκιμές ζύγισης στην καθορισμένη υψηλή θερμοκρασία, η σχετική υγρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20g/m<sup>3</sup>.

### **Επιρροή θερμοκρασίας στην ένδειξη χωρίς φορτίο**

Το όργανο τίθεται στο μηδέν και στη συνέχεια αλλάζει στις προδιαγεγραμμένες υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες καθώς και στους 5°C, εάν υπάρχει. Μετά τη σταθεροποίηση πρέπει να προσδιορίζεται το σφάλμα της ένδειξης του μηδενός. Πρέπει να υπολογίζεται η μεταβολή της μηδενικής ένδειξης ανά 1°C (όργανα κλάσης I) ή ανά 5°C (άλλα όργανα). Οι μεταβολές αυτών των σφαλμάτων ανά 1°C (όργανα κλάσης I) ή ανά 5°C (άλλα όργανα) υπολογίζονται για οποιοδήποτε δύο διαδοχικές θερμοκρασίες αυτής της δοκιμής. Η δοκιμή αυτή μπορεί να διεξαχθεί μαζί με τον έλεγχο θερμοκρασίας. Τα σφάλματα στο μηδέν πρέπει να καθορίζονται επιπρόσθετα αμέσως πριν από την αλλαγή στην επόμενη θερμοκρασία και μετά από την περίοδο των 2 ωρών από τη στιγμή που το όργανο έχει φτάσει σε σταθερότητα στη θερμοκρασία αυτή (International Organization of Legal Metrology. (2006). OIML R 76-1, (σελ 96)).

## 5. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ - ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ

### 5.1 Συστήματα Ποιότητας

Αντίθετα με τις μεθόδους του ελέγχου ποιότητας που εξετάζουν το αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας τα συστήματα ποιότητας εστιάζουν στον έλεγχο της ίδιας της παραγωγικής διαδικασίας. Ένα σύστημα ποιότητας δεν περιορίζεται μόνο στο να θέτει κάποιους κανόνες στην παραγωγική διαδικασία ώστε μέσω αυτών η παραγωγή να συμμορφώνεται με προδιαγραφές και απαιτήσεις. Άλλωστε σε ένα σύστημα ποιότητας ο έλεγχος επεκτείνεται από την παραγωγική διαδικασία σε όλες τις διαδικασίες της επιχειρήσεις που επηρεάζουν την ποιότητα και επίσης εξετάζονται παράγοντες όπως οι πόροι και οι μέθοδοι που απαιτούνται για την διασφάλιση της ποιότητας καθώς και η οργανωτική δομή της εταιρείας. Κάθε σύστημα ποιότητας σε οποιαδήποτε επιχείρηση και αν εφαρμόζεται πρέπει να είναι τεκμηριωμένο ακριβέστατα. Μάλιστα οποιαδήποτε αλλαγή και αν γίνεται σε αυτό θα πρέπει όλα τα σχετικά έγγραφα να ενημερώνονται. Έτσι οποιοσδήποτε παίρνει μέρος σε μια διαδικασία εξασφαλίζεται ότι του παρέχονται όλες οι πληροφορίες που του είναι απαραίτητες (Χάρης, Γ. (2012). *ISO 9001:2008 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΕΣ*. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, Αθήνα (Αθήνα). (σς 5-6)).

Από τα πιο γνωστά και ευρέως διαδεδομένα συστήματα ποιότητας είναι η σειρά ISO 9001. Η οικογένεια προτύπων ISO 9000 αποτελείται από πρότυπα και οδηγίες σχετικές με Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας. Παρακάτω θα αναλυθεί το πρότυπο ISO 9001:2015, ως μέσο για να μπορέσει μια εταιρία να εξουσιοδοτηθεί πως πράττει τις απαραίτητες ενέργειες για την πιστοποίηση ζυγιστικών συστημάτων και βαρών ελέγχου αυτών σε βιομηχανίες και επιχειρήσεις που δεν προορίζονται για εμπορική χρήση. Επίσης θα αναλυθεί το ISO 17025 το οποίο δίνει την επίσημη αναγνώριση ότι ένα εργαστήριο είναι ικανό να εκτελεί ορισμένες διακριβώσεις ή δοκιμές (ο.π. σς 5-6).

### 5.2 ISO 9001

#### 5.2.1 ISO 9001:2008

Το πρότυπο ISO 9001: 2008 προσδιορίζει τις απαιτήσεις για ένα σύστημα διοίκησης ποιότητας για χρήση, όπου η ικανότητα ενός οργανισμού να παρέχει προϊόντα που ικανοποιούν τις απαιτήσεις του πελάτη και των ισχυόντων κανονισμών πρέπει να επιδεικνύεται. Τα πρότυπα ISO 9001/2/3:1994 ενώθηκαν δημιουργώντας το ISO 9001:2000 και αυτό αναβαθμίστηκε στο ISO 9001: 2008, στο οποίο ορίζονται οι απαιτήσεις ενός ποιοτικού συστήματος διοίκησης, το οποίο είναι απαραίτητο για κάθε οργανισμό που επιθυμεί να παρέχει συνεχώς προϊόντα που συμβαδίζουν με τις απαιτήσεις του πελάτη. Ένα βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτού του προτύπου, είναι το γεγονός ότι ήταν φιλικό στο χρήστη και παράλληλα βοήθησε να αποδείξουν οι οργανισμοί και οι επιχειρήσεις ότι ακολουθούν τις κινήσεις και τις στρατηγικές των διοικήσεών τους (Παπάζογλου, Σ. (2011). *Διακρίβωση Οργάνων και Συγκρότηση ενός Σύγχρονου Εργαστηρίου Διακρίβωσης Οργάνων*. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, Αθήνα (Αθήνα). (σς 67-68)).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, όλες οι απαιτήσεις του προτύπου ISO 9001:2008 προορίζονται να εφαρμόζονται σε όλους τους οργανισμούς, ανεξάρτητα από τον τύπο, το μέγεθος και τα

προϊόντα τους. Το πρότυπο ISO 9001:2008 καθορίζει απαιτήσεις για ένα σύστημα διαχείρισης ποιότητας όπου ένας οργανισμός:

- Πρέπει να αποδείξει την ικανότητά του να παρέχει συνεχώς προϊόντα που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του πελάτη και στις ισχύουσες νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις.
- Να στοχεύει στην ενίσχυση της ικανοποίησης των πελατών μέσω της αποτελεσματικής εφαρμογής του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών συνεχούς βελτίωσης του συστήματος και της διασφάλισης της συμμόρφωσης προς τους πελάτες και ισχύουσες νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις.

### 5.2.2 ISO 9001:2015

Το πρότυπο διαχείρισης ποιότητας ISO 9001:2015 καθιερώθηκε σε αντικατάσταση του προτύπου ISO 9001:2008 στο πλαίσιο της αναθεώρησης των προτύπων ISO ανά πενταετία, εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο. Ο στόχος της αναθεώρησης των προτύπων είναι να διασφαλιστεί ότι τα επικαιροποιημένα πρότυπα βοηθούν τις επιχειρήσεις να αντιμετωπίσουν τις αυξανόμενες προκλήσεις της αγοράς και να παραμείνουν ανταγωνιστικές. Επιπλέον, οι ανάγκες και οι προσδοκίες των πελατών μεταβάλλονται με την αύξηση της πρόσβασης στην πληροφορία με αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις να υποχρεούνται στην υιοθέτηση προτύπων ποιότητας, ικανών να αντικατοπτρίζουν αυτές τις αλλαγές.

Αναμένονται λεπτομερέστερες διαδικασίες, διαγράμματα ροής με σαφή καθορισμό ευθυνών, δεδομένα και αποτελέσματα. Αυτό δεν προβλεπόταν ως αυστηρή απαίτηση παλαιότερα. Σίγουρα μια χρήσιμη, αναγκαία και πιο αναλυτική προσέγγιση από αυτήν της έκδοσης του 2008. Τώρα προσδιορίζονται σαφώς οι απαιτήσεις για το τι ζητείται από αυτές τις διαδικασίες και οι εταιρείες/έργα θα πρέπει να αρχίσουν να συντάσσουν εμπειριστατωμένα διαγράμματα ροής διαδικασιών όσο το δυνατόν γρηγορότερα.

### 5.3 ISO 17025

Το πρότυπο ISO 17025 χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, οργάνωση και διαπίστευση εργαστηρίων μετρήσεων, δοκιμών διακριβώσεων. Διαπίστευση ενός εργαστηρίου από έναν ανεξάρτητο επίσημο φορέα (που στην Ελλάδα συνηθίζεται να είναι το Ε.ΣΥ.Δ. – Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης) σύμφωνα με το πρότυπο ISO 17025 σημαίνει ότι το εργαστήριο έχει τις τεχνικές και διοικητικές ικανότητες να διεξάγει συγκεκριμένες δοκιμές, μετρήσεις και διακριβώσεις σύμφωνα με συγκεκριμένες πρότυπες ή ενδοεργαστηριακές (in house) μεθόδους, με συγκεκριμένο εξοπλισμό και εντός συγκεκριμένων και δηλωμένων ορίων ακρίβειας (Παπάζογλου, Σ. (2011). Διακρίβωση Οργάνων και Συγκρότηση ενός Σύγχρονου Εργαστηρίου Διακρίβωσης Οργάνων. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, Αθήνα (Αθήνα). (σσ 64-65)).

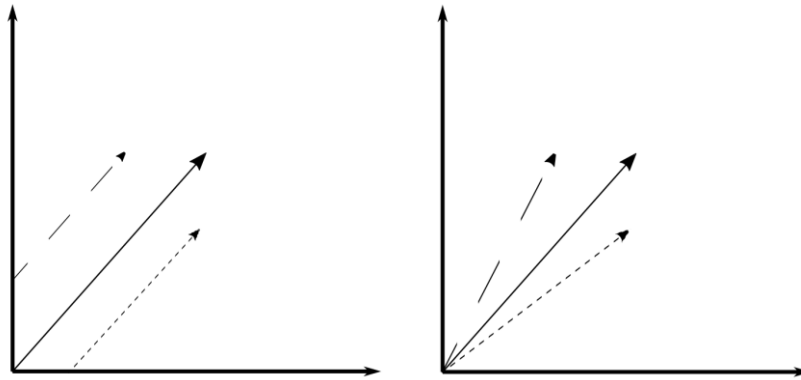
Η διαπίστευση ενός εργαστηρίου αποτελεί την επίσημη αναγνώριση της τεχνικής επάρκειας και της αξιοπιστίας του, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα σημαντικά για τη διεξαγωγή δοκιμών που σχετίζονται με δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις και προϊόντα ή κατασκευές. Αυτό το γεγονός συνεπάγεται ότι η παροχή των υπηρεσιών του σε επίπεδο αναλύσεων είναι τόσο αναγνωρίσιμη και αξιόπιστη, που τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους πελάτες τους σε οποιαδήποτε

διαφωνία, αμφισβήτηση ή κρίση. Κάτι τέτοιο είναι ομολογουμένως η ειδοποιός διαφορά έναντι του ανταγωνισμού και το κίνητρο των επιχειρήσεων με αποτέλεσμα την αύξηση του πελατειακού εύρους. Τα οφέλη από την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος είναι (Παπάζογλου, Σ. (2011). Διακρίβωση Οργάνων και Συγκρότηση ενός Σύγχρονου Εργαστηρίου Διακρίβωσης Οργάνων. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, Αθήνα (Αθήνα). (σσ 64-65)):

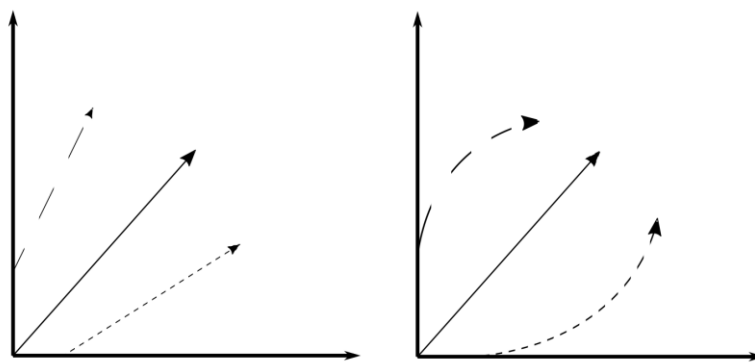
- Αύξηση του κύρους του εργαστηρίου σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.
- Έγκυρα αποτελέσματα, τα οποία μπορεί ο πελάτης – εσωτερικός και εξωτερικός – να εμπιστευθεί.
- Καλύτερη οργάνωση του εργαστηρίου.
- Αναγνώριση της ικανότητας του προσωπικού.
- Αναγνώριση των δυνατοτήτων του εξοπλισμού του εργαστηρίου.
- Διερεύνηση των δυνατοτήτων βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών.
- Αύξηση του πελατολογίου λόγω της συγκριτικής διαφοράς με τον ανταγωνισμό (διαπιστευμένο εργαστήριο σε σχέση με τα συμβατικά).
- Ανάλυση εξειδικευμένων εργασιών για φορείς (Κρατικούς ελεγκτικούς φορείς-Ιδιωτικές επιχειρήσεις), ιδιαίτερα σε περιοχές που απουσιάζουν κρατικά εργαστήρια ελέγχων.

## 5.4 Ορισμός διακρίβωσης

Διακρίβωση είναι η σύγκριση μεταξύ των μετρήσεων μιας συσκευής γνωστής ακριβείας, η οποία καλείται πρότυπη, και μιας άλλης συσκευής μέτρησης, η οποία είναι υπό έλεγχο, ώστε να ανιχνευθεί, να διορθωθεί αν χρειαστεί, και να πιστοποιηθεί η ακρίβεια της τελευταίας. Όλες οι συσκευές μέτρησης απαιτούν διακρίβωση, ακόμη και οι καινούργιες, γιατί θέλουμε να σιγουρευτούμε ότι αυτές παρέχουν ακριβή ένδειξη ή σήμα εξόδου όταν τίθενται σε λειτουργία. Αλλά γιατί δεν επαναπαυόμαστε όσο το όργανο λειτουργεί σωστά και συνεχίζει να μας παρέχει την αναμενόμενη ένδειξη. Ποικιλία παραγόντων οφείλεται για τα λάθη των οργάνων μέτρησης: σκόνη, περιβάλλον, παροχή ρεύματος, παρεμβολές σημάτων στην έξοδο, αλλαγή χρήσης κ.τ.λ. Τα λάθη αναγνωρίζονται όταν εκτελούμε διακρίβωση, συγκρίνοντας ή εφαρμόζοντας ένα γνωστό σήμα στο υπό εξέταση όργανο. Το λάθος ορίζεται ως η αλγεβρική διαφορά μεταξύ μιας ένδειξης και της πραγματικής τιμής της μετρηθείσας μεταβλητής. Τα τυπικά λάθη, που συμβαίνουν, περιλαμβάνουν τα λάθη εύρους, τα λάθη μηδενισμού, τα λάθη συνδυασμού εύρους και μηδενισμού και τα λάθη ευθυγράμμισης (ο.π. σσ 22-24).



Εικόνα 5.1 Διαγράμματα τυπικών λαθών διακρίβωσης: Λάθος μηδενισμού (Αριστερά), Λάθος εύρους (Δεξιά)



Εικόνα 5.2 Διαγράμματα τυπικών λαθών διακρίβωσης: Λάθος συνδυασμού εύρους και μηδενισμού (Αριστερά), Λάθος ευθυγράμμισης. (Δεξιά)

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η διακρίβωση των συσκευών στοιχίζει πολύ, και έτσι πρέπει να γνωρίζουμε ότι το εργαστήριο που πρόκειται να ελέγξει τις συσκευές μας είναι το ίδιο πιστοποιημένο από τον εθνικό φορέα, που για την χώρα μας είναι το ΕΣΥΔ. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουμε ότι το πιστοποιητικό διακρίβωσης που θα λάβουμε για τις συσκευές μας είναι αναγνωρισμένο με βάση τα εθνικά και διεθνή πρότυπα. Υπάρχει αρκετός ανταγωνισμός μεταξύ των φορέων διακρίβωσης, ο οποίος δημιουργεί διακυμάνσεις στις τιμές. Το κριτήριο λοιπόν για να επιλέξουμε τον κατάλληλο για μας δεν θα πρέπει να είναι μόνο το κόστος, γιατί τότε η επιλογή μας μπορεί να μετατραπεί σε «Δούρειο Ίππο», κρύβοντας απρόσμενα έξοδα και προβλήματα. Ελλοχεύουν κίνδυνοι στις φθηνές τιμές διακρίβωσης. Θα πρέπει να εξετάσουμε καλά, τι ελέγχους μας προσφέρουν στη τιμή που μας προτείνουν (Παπάζογλου, Σ. (2011). Διακρίβωση Οργάνων και Συγκρότηση ενός Σύγχρονου Εργαστηρίου Διακρίβωσης Οργάνων. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, Αθήνα (Αθήνα). (σσ 22-24)). Η εικόνα 5.1 απεικονίζει τα διαγράμματα τυπικών λαθών διακρίβωσης: Λάθος μηδενισμού (Αριστερά), Λάθος εύρους (Δεξιά) και η εικόνα 5.2 απεικονίζει τα Διαγράμματα τυπικών λαθών διακρίβωσης: Λάθος συνδυασμού εύρους και μηδενισμού (Αριστερά), Λάθος ευθυγράμμισης. (Δεξιά).

## 5.5 Διαδικασία διακρίβωσης

### Αρχικοί έλεγχοι της διαδικασίας

Πριν από την έναρξη των απαραίτητων μετρήσεων πρέπει να γίνονται κάποιοι συνηθισμένοι αρχικοί έλεγχοι για να είναι πιο σαφής οι αιτίες των αποκλίσεων που ίσως να εντοπισθούν. Αυτοί είναι οι εξής:

- Έλεγχος του τεχνικού εγχειριδίου που δίνει ο κατασκευαστής του ζυγιστικού συστήματος ή του ενδεικτικού συστήματός του για χαρακτηριστικά όπως το εύρος, η κλίμακα μέτρησης η ελάχιστη υποδιαίρεση του συστήματος, η γραμμικότητα, η θερμοκρασιακή ολίσθηση και οι πιθανές διαδικασίες και ρυθμίσεις που χρειάζονται να γίνουν πριν την διακρίβωση.
- Οπτικός έλεγχος της κατάστασης που βρίσκεται ο ζυγός. Στην περίπτωση που το ζυγιστικό σύστημα είναι σύστημα ζύγισης φορτηγών και αμαξιών (γεφυροπλάστιγγα) πρέπει να γίνεται οπτικός έλεγχος οπωσδήποτε για τυχόν ραγίσματα και σκουριές που μπορούν να προκαλέσουν μοιραίες βλάβες μελλοντικά.
- Έλεγχος καθαριότητας του ζυγού ιδιαίτερα στα σημεία όπου βρίσκονται τα αισθητήρια των δυναμοκυψελών, καθώς συμπαγή και σκληρά υλικά μπορεί να εμποδίζουν την ομαλή επαφή του αισθητηρίου με τα σημεία στήριξης (π.χ. κάτω από πλάστιγγες σε τσιμεντοβιομηχανίες μετά από βροχές το υλικό που πέφτει από τα φορτηγά σχηματίζει μπετόν).
- Έλεγχος και ρύθμιση επιπεδότητας του ζυγού.
- Έλεγχος λειτουργίας του ενδεικτικού συστήματος και της συμβατότητας της δευτερεύουσας οθόνης ένδειξης με την κύρια, σε περίπτωση που αυτή υπάρχει. Η ένδειξη πρέπει να δοκιμάζεται με τον ζυγό άδειο και με τον ζυγό με βάρος.
- Εκτίμηση των μέγιστων αλλαγών της θερμοκρασίας στο τμήμα όπου είναι ο ζυγός από πληροφορίες κάποιου υπευθύνου του χώρου.
- Ρύθμιση της ευαισθησίας του ζυγού με πιστοποιημένα πρότυπα βάρη.
- Προθέρμανση του ενδεικτικού συστήματος όπως ορίζει ο κατασκευαστής του ζυγού (συνήθως 30 λεπτά αν δεν ήταν ήδη ενεργοποιημένος).

### Απαραίτητες δοκιμές διαδικασίας

Παρακάτω φαίνονται οι τρεις απαραίτητες δοκιμές που πρέπει να γίνονται σε όλα τα ζυγιστικά συστήματα για να προχωρήσει η διαδικασία διακρίβωσης.

- Δοκιμή γραμμικότητας / ορθότητας ενδείξεων

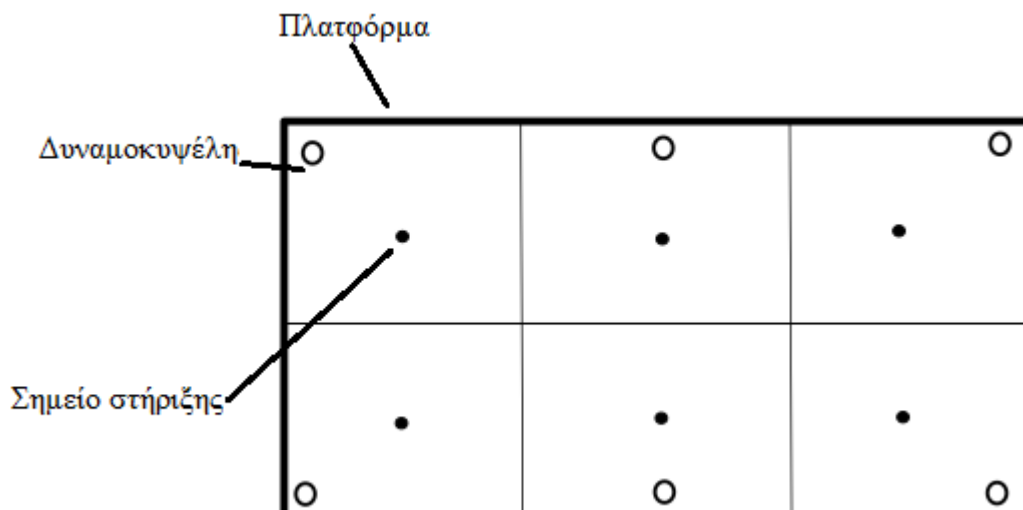
Κατά την διαδικασία αυτή ο ενδείκτης είναι επιθυμητό να απεικονίζει το πραγματικό βάρος το οποίο είναι τοποθετημένο πάνω στην πλατφόρμα ζύγισης. Για τον λόγο αυτό αφαιρείται οποιοδήποτε βάρος δεν συμμετέχει στην διαδικασία και απενεργοποιείται η επιλογή του απόβαρου (στην περίπτωση που είναι ενεργοποιημένη). Έπειτα από τα μηδέν κιλά έως τα μέγιστα κιλά αντοχής του ζυγού τοποθετούνται πρότυπα βάρη, και σημειώνεται κάθε φορά η συμβατότητα των βαρών που είναι πάνω στην πλατφόρμα με την κύρια και δευτερεύουσα ένδειξη. Είναι σημαντικό η κατανομή των βαρών να γίνεται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια ζύγισης για να μην ασκηθεί πολύ μεγάλο βάρος πάνω από μια δυναμοκυψέλη.

- Δοκιμή επαναληψιμότητας

Προσδιορίζεται ο βαθμός διασποράς των ενδείξεων του ζυγού κατά την επαναληπτική ζύγιση ενός προτύπου βάρους. Σε αυτή τη περίπτωση γίνεται κράτηση στοιχείων της ένδειξης με χρήση του προτύπου βάρους που επιλέχθηκε, και της ένδειξης κατά την αφαίρεση του βάρους, δηλαδή αν γίνεται επιστροφή του μηδενός. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται και έλεγχος υστέρησης.

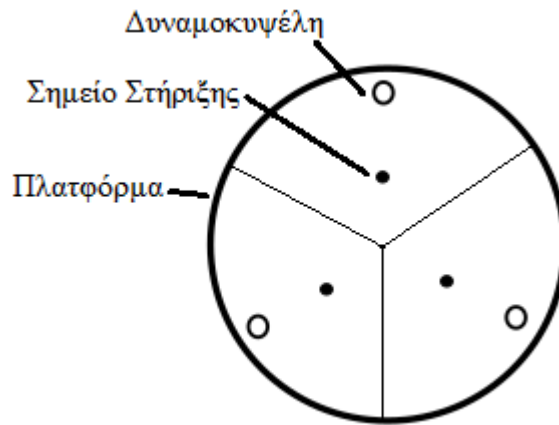
- Δοκιμή εκκεντρότητας

Με την δοκιμή αυτή προσδιορίζεται η μέγιστη απόκλιση της ένδειξης σε κάθε σημείο της πλατφόρμας λόγω έκκεντρης φόρτισης προτύπου βάρους. Ανάλογα με τον αριθμό των δυναμοκυψελών που στηρίζουν την πλατφόρμα ζύγισης, διαφέρει και ο όγκος πληροφοριών που θα παρθούν και ο αριθμός των δοκιμών. Ουσιαστικά η πλατφόρμα θα πρέπει να χωρίζεται σε τόσα ομοιόμορφα μέρη όσες είναι και οι δυναμοκυψέλες που την στηρίζουν. Έτσι και οι μετρήσεις θα είναι στον αριθμό τόσες όσο και οι δυναμοκυψέλες συν μία μέτρηση η οποία προσδιορίζει το κέντρο της πλατφόρμας. Είναι πολύ σημαντικό το βάρος να τοποθετείται στο κέντρο της περιοχής της δυναμοκυψέλης και όχι πάνω από την δυναμοκυψέλη έτσι ώστε να συμμετέχουν και οι υπόλοιπες δυναμοκυψέλες στην μέτρηση.



Εικόνα 5.3 Σημεία τοποθέτησης βαρών ελέγχου σε ορθογώνια πλατφόρμα 6 δυναμοκυψελών





Εικόνα 5.4 Σημεία τοποθέτησης βαρών ελέγχου σε κυκλική πλατφόρμα 3 δυναμοκυψελών

Παραπάνω στην εικόνα 5.3 απεικονίζονται τα σημεία τοποθέτησης βαρών ελέγχου σε ορθογώνια πλατφόρμα 6 δυναμοκυψελών και στην εικόνα 5.4 τα σημεία τοποθέτησης βαρών ελέγχου σε κυκλική πλατφόρμα 3 δυναμοκυψελών. Ποτέ δεν πρέπει να τοποθετηθεί βάρος που ξεπερνά την μέγιστη αντοχή μίας από τις δυναμοκυψέλες του συστήματος καθώς μπορεί να καταστρέψει αυτή στην οποία το βάρος έχει τοποθετηθεί πάνω της.

## 5.6 Αβεβαιότητα μετρήσεων

Το εργαστήριο απαιτείται να παρουσιάσει μια εκτίμηση της αβεβαιότητας των μετρήσεών του, να περιλαμβάνει τον υπολογισμό της αβεβαιότητας στις μεθόδους και στις διαδικασίες του για τη διακρίβωση και τις δοκιμές και να αναφέρει την αβεβαιότητα των μετρήσεων στα πιστοποιητικά διακρίβωσης, στα πιστοποιητικά δοκιμών και στις εκθέσεις δοκιμών, ανάλογα με την περίπτωση.

## 5.7 Πιστοποιητικό διακρίβωσης

Το Εργαστήριο πρέπει να χρησιμοποιεί μεθόδους και διαδικασίες για τη διακρίβωση του εξοπλισμού μετρήσεων, των προτύπων μέτρησης αναφοράς (συμπεριλαμβανομένων των υλικών αναφοράς) και του εξοπλισμού δοκιμών, που χρησιμοποιούνται στα εργαστήρια διακρίβωσης και δοκιμών που συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025. Αυτές οι μέθοδοι και διαδικασίες πρέπει να περιλαμβάνουν τα εξής, χωρίς όμως να περιορίζονται σε αυτά:

- Προσδιορισμό της ταυτότητας του οργάνου, μετρητή ή εξοπλισμού δοκιμών ή της ομάδας αυτών των αντικειμένων στα οποία εφαρμόζεται η διαδικασία.
- Προσδιορισμό της ταυτότητας όλων των προτύπων μέτρησης/ υλικών αναφοράς και συναφούς εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή της διακρίβωσης.
- Τις διαδικασίες που θα υιοθετηθούν για το χειρισμό, τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη χρήση του εξοπλισμού μετρήσεων και των υλικών αναφοράς που χρησιμοποιούνται για τη διακρίβωση, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερειών σχετικά με τη διάρκεια ζωής και τα μέτρα αποτροπής της μόλυνσης ή απώλειάς του προς διακρίβωση / δοκιμή αντικειμένου.

- Τις διαδικασίες που πρέπει να υιοθετηθούν για το χειρισμό, τη μεταφορά, την αποθήκευση και την προετοιμασία των αντικειμένων για διακρίβωση.
- Τις περιβαλλοντικές συνθήκες που πρέπει να επιτευχθούν, τα όρια που ισχύουν, την διαδικασία οποιωνδήποτε διορθώσεων που ενδέχεται να πρέπει να γίνουν ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών συνθηκών και, όπου είναι συναφές, την ελάχιστη περίοδο σταθεροποίησης πριν από τη διακρίβωση.
- Τη μέθοδο ή τη διαδικασία διακρίβωσης υπό μορφή γραπτών οδηγιών και σχεδιαγραμμάτων, όπου αρμόζει.
- Τις λεπτομέρειες των προς καταχώρηση δεδομένων των μετρήσεων ή διακρίβώσεων και τη μέθοδο της παρουσίασης και ανάλυσης των δεδομένων αυτών.
- Τα όρια αποδοχής για τα δεδομένα διακρίβωσης του αντικειμένου ή του τύπου του αντικειμένου που διακριβώνεται.
- Την εκτίμηση της αβεβαιότητας των μετρήσεων της διεργασίας διακρίβωσης.
- Τις διαδικασίες που πρέπει να υιοθετηθούν για την επιλογή των χρονικών διαστημάτων διακρίβωσης, όταν ο εξοπλισμός/το υλικό αναφοράς χρησιμοποιείται από το εργαστήριο για τη διενέργεια διακρίβώσεων ή δοκιμών.
- Τις διαδικασίες ελέγχου του εξοπλισμού και των υλικών αναφοράς μεταξύ των διακρίβώσεων.
- Έναν αριθμό προσδιορισμού ταυτότητας, αριθμό σελίδων, ημερομηνία έκδοσης και το όνομα του ατόμου που παρέχει την έγκριση της έκδοσης και χρήσης της κάθε διαδικασίας.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά η ανάγκη της ζύγισης προϋπήρχε πριν από πολλά χρόνια, όταν δηλαδή χρειαζόταν να γίνει ανταλλαγή αγαθών έναντι κάποιου κοινού αντίτιμου και να μην γίνεται άνιση ποσοτικά ανταλλαγή. Για να πραγματοποιηθεί μία αποτελεσματική ζύγιση ή αλλιώς μέτρηση μάζας σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες και συγκεκριμένες συνθήκες τοποθετήσεις του ζυγού θα πρέπει να δηλωθεί η αποτελεσματικότητα των ενδείξεων του ζυγού και το πόσο αληθής είναι οι μετρήσεις του.

Με την πάροδο του χρόνου η ανάγκη διασφαλίσεις της ποιότητας και της ποσότητας των προϊόντων και των αγαθών έφερε στο προσκήνιο ένα ενιαίο σύστημα μέτρησης μονάδων το οποίο έγινε αποδεκτό παγκοσμίως. Αυτό είναι το SI που πέρα από την προσφορά του σε άλλα μέτρα και σταθμά βοήθησε να γίνει η ζύγιση πιο συγκεκριμένοι και ασφαλής.

Ο Διεθνής Οργανισμός Νομικής Μετρολογίας ανέπτυξε πρότυπους κανονισμούς, μείωσε εμπορικούς φραγμούς με συστήματα αμοιβαίας αναγνώρισης και συνεργάστηκε με όλους τους φορείς μετρολογίας. Πλέον αυτός ο οργανισμός για τα συστήματα ζύγισης και αυτόματης ζύγισης έχει δώσει ένα πλήθος συστάσεων για τις απαιτήσεις των εξαρτημάτων που απαρτίζουν ένα σύστημα ζύγισης, και πλήρη γνώση για την δοκιμή και τον έλεγχο τους. Συμπληρωματικά έδωσε συστάσεις που έχουν να κάνουν με την επαλήθευση και την βαθμονόμηση βαρών κλάσεων E1 έως M3, με εύρος μάζας από 1 mg έως 5.000 kg.

Τα τέσσερα βασικά εξαρτήματα που χρειάζονται για ένα ολοκληρωμένο ζυγιστικό σύστημα είναι το αισθητήριο της μέτρησης του ποιο είναι μία δυναμοκυψέλη, το κυτίο σύνδεσης των δυναμοκυψελών, η επιφάνεια στην οποία θα γίνει η ζύγιση και το σύστημα επεξεργασίας των αισθητηρίων και ένδειξη του τελικού αποτελέσματος της ζύγισης. Πέρα από αυτά τα βασικά εξαρτήματα μπορεί να υπάρχουν και κάποια δευτερεύοντα όπως ένας υπολογιστής ο οποίος θα έχει μία βάση δεδομένων για μελλοντική χρήση των δεδομένων της ζύγισης, ένας εκτυπωτής π.χ. για έκδοση τιμολογίων ή μία δευτερεύουσα ένδειξη σε κάποιον απομακρυσμένο χώρο.

Στους βιομηχανικούς χώρους τα είδη των ζυγιστικών μηχανημάτων διαφέρουν ανάλογα με τις ανάγκες. Παραδείγματος χάριν αντί για μία απλή μεταλλική επιφάνεια η οποία θα δέχεται το προϊόν προς ζύγιση, μπορεί να μεταφέρει το προϊόν και σε κάποια σημεία της ταινίας να πραγματοποιείται στιγμιαία η ζύγιση, ή να είναι ολόκληρο φορτηγό φορτωμένο με το προϊόν και αφού είναι γνωστό Το απόβαρο του φορτηγού να υπολογίζετε το καθαρό βάρος που επιθυμείτε.

Πέρα από τις γενικές δοκιμές που πρέπει να γίνονται στους ζυγούς για να είναι αυτοί η αξιόπιστοι, πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία στον έλεγχο και τη δοκιμή των δυναμοκυψελών. Σημαντικότεροι από αυτούς τους ελέγχους είναι οι συνθήκες φόρτωσης των δυναμοκυψελών, έτσι ώστε να μην φορτωθούν με βάρος που δεν επιτρέπει ο κατασκευαστής ή που μπορεί να δημιουργήσουν τραχύτητας στην επιφάνεια της κυψέλης. Επιπλέον θα πρέπει να γίνεται και έλεγχος του υπολοίπου συστήματος ζύγισης. Σημαντικός έλεγχος είναι ο έλεγχος του μηδενός πριν από κάθε ζύγιση, ο έλεγχος του απόβαρου ή αλλιώς ο έλεγχος της μάζας της συσκευασίας που φέρει το καθαρό προϊόν και κάποιοι παράγοντες επιρροής όπως η κλίση και η θερμοκρασία του ζυγού.

Τέλος για να γίνεται χρήση ενός ζυγού αυτός θα πρέπει πρώτα να έχει βαθμονομηθεί. Με άλλα λόγια θα πρέπει να έχει πιστοποιηθεί, και για να γίνει αυτό ο φορέας πιστοποίησης θα πρέπει να έχει το ISO 9001. Όμως για εμπορική χρήση του λογιστικού συστήματος θα πρέπει ο ζυγός να έχει διακριβωθεί από φορέα με κάτοχο ISO17025, το οποίο αναγνωρίζει τις εργαστηριακές συνθήκες και την επαρκή οργάνωση ενός χώρου.

## 7. ΟΔΗΓΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑΣ

Οι ζυγοί είναι συστήματα μέτρησης που ο τύπος τους εξαρτάται από τις ανάγκες που θέλει να καλύψει μία βιομηχανία. Αν για παράδειγμα το προϊόν το οποίο πρέπει να ζυγιστεί δεν είναι συγκεκριμένο κάθε φορά, τότε ένας απλός επιδαπέδιος ζυγός με φόρτωση από ένα παλετοφόρο είναι αρκετός. Στην περίπτωση που το προϊόν το οποίο ζυγίζεται είναι κάθε φορά ίδιο, όπως σε μία γραμμή παραγωγής, τότε ένας ταινιοζυγός ή ένας ελεγκτής βάρους πληροί καλύτερα τις προϋποθέσεις μιας αποτελεσματικής και οικονομικής ως προς την διαδικασία ζύγισης. Το κομμάτι της ζύγισης όμως που απασχολεί περισσότερο τις βιομηχανίες είναι η ζύγιση φορτηγών. Το φορτηγό από μόνο του έχει ένα σταθερό βάρος και αυτό ονομάζεται απόβαρο. Και το φορτίο το οποίο θα μεταφέρει, θα ζυγιστεί και ονομάζεται καθαρό βάρος. Και τα δύο μαζί αποτελούν το μικτό βάρος.

Για να γίνει μία εγκατάσταση μιας γεφυροπλάστιγγας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη το κόστος της εγκατάστασης, ο χώρος και το σημείο της εγκατάστασης, το μέγιστο βάρος των φορτίων που θα δέχεται η γεφυροπλάστιγγα και ο χρόνος για τον οποίον η εγκατάσταση αυτή θα είναι χρήσιμη.

Το κόστος της εγκατάστασης δεν θα επηρεάσει την λειτουργικότητα της ίδιας της πλάστιγγας καθώς αυτή έχει κάποιες βασικές προϋποθέσεις για να λειτουργήσει, και τις περισσότερες φορές αυτό είναι το επιθυμητό. Ένα καταγραφικό μηχάνημα, μια δευτερεύουσα ένδειξη, ένας εκτυπωτής, ένας υπολογιστής, ένα επιπλέον λογισμικό, μία κάμερα για να αναγνωρίζετε το φορτίο το οποίο υπάρχει μέσα στο φορτηγό, επιπλέον αυτοματισμοί ή οι μπάρες εισόδου και εξόδου του φορτηγού από την πλάστιγγα συναντώνται στις περισσότερες βιομηχανίες, παρόλα αυτά ανεβάζουν πολύ το κόστος της εγκατάστασης.

Ο χώρος στον οποίο πρόκειται να γίνει η εγκατάσταση είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες επιρροής για το τί πλάστιγγα θα εγκατασταθεί. Οι επιλογές είναι είτε να μπει πλάστιγγα λάκκου, που κάποιο φορτηγό θα μπορεί να κάνει με μικρή ταχύτητα μανούβρες και πάνω στην επιφάνεια της πλάστιγγας έτσι ώστε να έρθει στο σωστό σημείο ζύγισης, είτε να μπει πλάστιγγα επιφάνειας όπου το φορτηγό θα πρέπει να έρθει σε ευθεία προτού να φτάσει στην ίδια την πλάστιγγα και επίσης να έχει χώρο για να βγει σε ευθεία. Αυτή η επιλογή επηρεάζει και το κόστος της εγκατάστασης, καθώς για την πρώτη επιλογή θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας λάκκος με σταθερές δομές, και στην δεύτερη περίπτωση θα πρέπει να βρεθεί απλά ένα σημείο με σταθερή και επίπεδη επιφάνεια. Στις πλάστιγγες επιφάνειας θα πρέπει να υπολογιστεί επιπλέον και το μήκος της ράμπας εισόδου και εξόδου του φορτηγού.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας επιλογής της πλάστιγγας είναι το μέγιστο βάρος το οποίο θα δεχθεί. Μία πλάστιγγα μπετού μπορεί να αντέξει πολύ μεγαλύτερο βάρος από μία πλάστιγγα μεταλλική. Επίσης μία πλάστιγγα από μπετό δεν διαβρώνεται τόσο εύκολα από το εξωτερικό περιβάλλον και δεν καταπονείται τόσο εύκολα από τις κρούσεις των φορτηγών όσο η μεταλλική. Παρόλα αυτά είναι αρκετά πιο ακριβή, δυσκολότερο να μεταφερθεί και αρκετά πιο βαριά. Όσο πιο μεγάλο είναι το βάρος της εγκατάστασης, τόσο πιο πολλά σημεία στήριξης χρειάζεται από τις δυναμοκυψέλες. Επίσης αυτές θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερη μέγιστη φόρτιση βάρους. Όπως γίνεται αντιληπτό οι πλάστιγγες μπετού επιλέγονται για πιο δυσμενή περιβάλλοντα με μεγαλύτερα βάρη φόρτωσης. Η δυναμοκυψέλες που στηρίζουν την επιφάνεια μπορούν ανάλογα με το μήκος της πλάστιγγας να είναι είτε τέσσερις είτε 6 είτε 8. το πλήθος τους και το μέγιστο βάρος που θα δεχθούν το οποίο είναι η ίδια η πλάστιγγα και το φορτηγό επηρεάζουν την δυναμικότητά τους.

Τέλος θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο χρόνος στον οποίο θα είναι χρήσιμη η εγκατάσταση. Αν ο χώρος της εγκατάστασης είναι ένα εργοτάξιο το οποίο θα διαρκέσει 2 χρόνια, τότε το συμφέρον

είναι, αν το επιτρέπουν και οι άλλοι παράγοντες, η πλάστιγγα να είναι επιφάνειας καθώς αυτή μπορεί πολύ εύκολα να μετακινηθεί και να πάει σε άλλο εργοτάξιο ή να πωληθεί. Αν ο χώρος της εγκατάστασης είναι μία μόνιμη βιομηχανία, τότε πέραν από του οικονομικού κόστους το συμφέρον είναι η πλάστιγγα να είναι λάκκου καθώς κάθε χώρος σε μία βιομηχανία είναι χρήσιμος και δεν πρέπει να γίνεται κατάληψη από φορτηγά που κάνουνε μανούβρες.

Ύστερα από την εγκατάσταση της πλάστιγγας στην οποία θα έχουν προηγηθεί η εγκατάσταση των δυναμοκυψελών, θα πρέπει να γίνει η επιλογή του ενδεικτικού συστήματος. Οι ενδείκτες ζύγισης ποικίλουν στην αγορά και η επιλογή τους έχει να κάνει με τις ανάγκες της βιομηχανίας.

Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση και πλέον αναφερόμαστε σε ολοκληρωμένο ζυγιστικό σύστημα, πρέπει να γίνει βαθμονόμηση η και διακρίβωση του συστήματος αυτού μετά ανάλογα ISO που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Χάρης, Γ. (2012) *ISO 9001:2008 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ*. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ, Αθήνα.
- [2] Καλαϊτζάκης, Κ., & Κουτρούλης, Ε. (2010). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- [3] Παπάζογλου, Σ. (2011) *Διακρίβωση Οργάνων και Συγκρότηση ενός Σύγχρονου Εργαστηρίου Διακρίβωσης Οργάνων*. ΕΜΠ ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ. Αθήνα.
- [4] *International Organization of Legal Metrology*. (2006). *OIML R 51-1*, International Recommendations.
- [5] RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2018) *Belt Scale Reference Guide*.
- [6] *Brief history of the SI*. (2018, Αυγουστος). Ανάκτηση από BIMP: <https://www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/>
- [7] Siemens Level and Weighing. *Product Application Guidelines*, (n.d.) Checkweighers.
- [8] *International Organization of Legal Metrology*. (1997). *OIML R 50-1*, International Recommendations.
- [9] *Legal metrology and trade* . (2018, Σεπτέμβριος). Ανάκτηση από OIML: <https://www.oiml.org/en/about/legal-metrology/trade>
- [10] RICE LAKE WEIGHING SYSTEMS. (2010) *Load Cell and Weigh Module Handbook*.
- [11] RICE LAKE. WEIGH MODULES, (1997) *Load Cell Installation Guide*.
- [12] VPGTransducers. *Technical Note VPGT-08 (2015) Load Cell Troubleshooting*.
- [13] *International Organization of Legal Metrology*. (2000). *OIML R 60* , International Recommendations.
- [14] *International Organization of Legal Metrology*. (2006). *OIML R76-1*, International Recommendations.
- [16] Mettler Toledo Company. (1997) *Principles of Checkweighing*. Third Edition.
- [17] *International Organization of Legal Metrology*. (2004). *OIML R 111*, International Recommendations.
- [18] *What is the International Organization of Legal Metrology?* (2018, Σεπτέμβριος). Ανάκτηση από OIML: <https://www.oiml.org/en/about/about-oiml>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

α/α	Εξίσωση	Σελίδα
1.	$V_o = aX_i + b$ .....	13
2.	$Z_1 \times Z_3 = Z_2 \times Z_4$ .....	21
3.	$R_1 \times R_3 = R_2 \times R_4$ .....	22
4.	$V_o = (R_1 \times R_3 - R_2 \times R_4) \times E / (R_1 + R_4) \times (R_2 + R_3)$ .....	22
5.	$Linearity\ error\ \%/\% = Es/4 \times \Delta R/R - Es/4 \times \Delta R/R + \Delta R/2Es/4 \times \Delta R/R \times 100 \Delta R/R \times 100$ .....	23
6.	$n \leq n_{max}$ .....	34
7.	$v \geq v_{min}$ .....	34
8.	$Scale\ Time = Idler\ Spacing / Belt\ Speed$ .....	53
9.	$U \leq 13 \delta m$ .....	63
10.	$m_0 - (\delta m - U) \leq mc \leq m_0 + (\delta m - U)$ .....	63
11.	$P = I + 12 \times e^{-\Delta L}$ .....	85
12.	$E = P - L = I + 12 \times e^{-\Delta L} - L$ .....	85
13.	$E_c = E - E_0 \leq mpe$ .....	85

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>α/α Πίνακας</b>	<b>Σελίδα</b>
1. Πίνακας 1.1 Θεμελιώδη και Συμπληρωματικά μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων...	10
2. Πίνακας 2.1 Διατάξεις μέτρησης ισορροπίας .....	23
3. Πίνακας 2.2 Ταξινόμηση δυναμοκυψελών με βάση τον αριθμό υποδιαίρέσεων .....	322
4. Πίνακας 2.3 Μέγιστα αποδεκτά σφάλματα δυναμοκυψελών .....	34
5. Πίνακας 2.4 Χρόνος αναμονής για την ανάγνωση του φορτίου.....	34
6. Πίνακας 2.5 Συμβολισμός κλάσης ενδεικτών.....	55
7. Πίνακας 2.6 Αριθμός υποδιαίρέσεων για κάθε κλάση ενδεικτών .....	56
8. Πίνακας 2.7 Μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα .....	56
9. Πίνακας 2.8 Παράδειγμα 1ο επιτρεπτών ενδείξεων οργάνου.....	58
10. Πίνακας 2.9 Παράδειγμα 2ο επιτρεπτών ενδείξεων οργάνου.....	58
11. Πίνακας 3.1 Επιτρεπτά σφάλματα βαρών ανάλογα την κλάση τους.....	64
12. Πίνακας 3.2 Ονομαστικές τιμές σερ βαρών .....	65
13. Πίνακας 3.3 Μέγιστη πόλωση βαρών .....	66
14. Πίνακας 3.4 Επιτρεπτά όρια ευαισθησίας μαγνητισμού βαρών .....	66
15. Πίνακας 3.5 Συνθήκες επιφάνειας βαρών κλάσεις E και F .....	68
16. Πίνακας 3.6 Χρόνος αναμονής χρήσης βαρών από τον καθαρισμό τους με διαλύτες .....	69
17. Πίνακας 3.7 Χρόνος αναμονής για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας βαρών εκφρασμένος σε ώρες.....	70
18. Πίνακας 3.8 Χρόνος αναμονής για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας βαρών εκφρασμένος σε ώρες.....	70



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Γραφική παράσταση γραμμικής συνάρτησης.....	144
Εικόνα 1.2 Καμπύλη υστέρησης.....	14
Εικόνα 2.1 Γέφυρα ισορροπίας σύνθετου φορτίου.....	22
Εικόνα 2.2 Γέφυρα Wheatstone.....	22
Εικόνα 2.3 Αναπαράσταση τομής δυναμοκυψέλης.....	24
Εικόνα 2.4 Αγωγοί εισόδων και εξόδων μιας δυναμοκυψέλης.....	24
Εικόνα 2.5 Δυναμοκυψέλη.....	25
Εικόνα 2.6 Δυναμοκυψέλη μονής όψης.....	27
Εικόνα 2.7 Δυναμοκυψέλη μονής όψης.....	28
Εικόνα 2.8 Σημεία τοποθέτησης δυναμοκυψέλης μονής όψης.....	29
Εικόνα 2.9 Δυναμοκυψέλη διπλής όψης.....	30
Εικόνα 2.10 Σημεία τοποθέτησης δυναμοκυψέλης διπλής όψης.....	30
Εικόνα 2.11 Δυναμοκυψέλη συμπίεσης.....	31
Εικόνα 2.12 Δυναμοκυψέλη S.....	32
Εικόνα 2.13 Σύνδεση δυναμοκυψελών με κωτίο σύνδεσης.....	35
Εικόνα 2.14 Επαφές κωτίου σύνδεσης.....	35
Εικόνα 2.15 Σχέδιο φορτηγού πάνω σε γεφυροπλάστιγγα.....	36
Εικόνα 2.16 Σχέδιο ζυγιστικού συστήματος ανάμιξης υλικών (1).....	36
Εικόνα 2.17 Σχέδιο ζυγιστικού συστήματος ανάμιξης υλικών (2).....	37
Εικόνα 2.18 Σχέδιο ζυγιστικού συστήματος απώλειες υλικού μετά την πλήρωση της χοάνης.....	37
Εικόνα 2.19 Φόρτωση ζυγιστικού συστήματος με φορτωτή.....	38
Εικόνα 2.20 Ζυγιστικό σύστημα με χοάνη πλήρωσης του ζυγιστικού σιλό.....	38
Εικόνα 2.21 Ζυγιστικό σύστημα πλήρωσης με μεταφορική ταινία την χοάνη και ύστερα το ζυγιστικό σιλό.....	39
Εικόνα 2.22 Σύνθετη ζυγιστική μονάδα πλήρωσης ζυγιστικού σιλό και χοάνης.....	40
Εικόνα 2.23 Ζυγιστικό σιλό δύο εξόδων για συνεχή ροή υλικού.....	40
Εικόνα 2.24 Σύστημα ζυγιστικού σιλό loss in weight.....	41
Εικόνα 2.25 Σύστημα ζυγιστικού σιλό ανάμιξης προϊόντων.....	42

Εικόνα 2.26 Σχέδιο φορτηγού πάνω σε γεφυροπλάστιγγα .....	43
Εικόνα 2.27 Πλάστιγγα λάκου .....	44
Εικόνα 2.28 Πλάστιγγα επιφάνειας .....	45
Εικόνα 2.29 Πλάστιγγα μπετού .....	45
Εικόνα 2.30 Μεταλλική πλάστιγγα.....	46
Εικόνα 2.31 Ελεγκτής βάρους (checkweigher) .....	46
Εικόνα 2.32 Επιμέρους τμήματα ελεγκτή βάρους .....	47
Εικόνα 2.33 Ταινιοζυγός (belt weigher) .....	51
Εικόνα 2.34 Απόσταση ράουλων ταινιοζυγού.....	52
Εικόνα 4.1 Σωστή διάταξη στερέωσης δυναμοκυψέλης Single Ended .....	74
Εικόνα 4.2 Γωνιακή φόρτωση δυναμοκυψέλης.....	74
Εικόνα 4.3 Έκκεντρη φόρτωση δυναμοκυψέλης.....	75
Εικόνα 4.4 Πλευρική φόρτωση δυναμοκυψέλης .....	76
Εικόνα 4.5 Δυνάμεις συστροφής σε δυναμοκυψέλη (1).....	76
Εικόνα 4.6 Δυνάμεις συστροφής σε δυναμοκυψέλη (2).....	76
Εικόνα 4.7 Δυνάμεις συστροφής σε δυναμοκυψέλη (3).....	77
Εικόνα 4.8 Διάταξη ελεγχου ισορροπίας μηδενός σε δυναμοκυψέλη .....	78
Εικόνα 4.9 Διάταξη ελεγχου αντοχής της μόνωσης σε δυναμοκυψέλη .....	79
Εικόνα 4.10 Διάταξη ελεγχου ακεραιότητας γέφυρας σε δυναμοκυψέλη.....	80
Εικόνα 4.11 Διάταξη ελεγχου αντοχής σε κρούση σε δυναμοκυψέλη .....	81
Εικόνα 4.12 Τεταρτημόρια επιφανειών διάφορων πλατφορμών ζύγισης .....	87
Εικόνα 5.1 Διαγράμματα τυπικών λαθών διακρίβωσης: Λάθος μηδενισμού(Αριστερά), Λάθος έυρους(Δεξιά).....	94
Εικόνα 5.2 Διαγράμματα τυπικών λαθών διακρίβωσης: Λάθος συνδυασμού εύρους και μηδενισμού (Αριστερά), Λάθος ευθυγράμμισης. (Δεξιά).....	94
Εικόνα 5.3 Σημεία τοποθέτησης βαρών ελέγχου σε ορθογώνια πλατφόρμα 6 δυναμοκυψελών.....	96
Εικόνα 5.4 Σημεία τοποθέτησης βαρών ελέγχου σε κυκλική πλατφόρμα 3 δυναμοκυψελών .....	97

