

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΖΥΓΙΣΗΣ

ΕΙΣΑΒΕΤ ΑΜΑΝΑΤΙΔΟΥ¹, ΕΛΕΝΗ ΤΡΙΚΟΙΛΙΔΟΥ², ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΟΥ ΜΟΥΣΙΔΟΥ¹, ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΑΟΥΣΑΝΙΔΗΣ¹, ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ¹, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΑΜΙΩΤΗΣ¹

¹ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ, ΚΟΖΑΝΗ 50100, ΤΗΛ./FAX:2461040161. E-MAIL:

eAmanatidou@teikoz.kozani.gr

²ΑΜΙΓΗΣ ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ “ΚΕΝΤΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ”, 10 ΧΙΑΜ. ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ – ΚΟΖΑΝΗΣ, ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ 502 00, ΤΗΛ./FAX 24630 53571, 53666. E-MAIL: eTrikilidou@kepekozani.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μέτρηση της μάζας συγκαταλέγεται μεταξύ των κρίσιμων παραμέτρων μέτρησης στα χημικά εργαστήρια. Οι ζυγοί πρέπει να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του εργαστηρίου σε ότι αφορά το κατάλληλο εύρος και την αβεβαιότητα των μετρήσεων, να χρησιμοποιούνται σε σταθερό περιβάλλον, να διακριβώνονται σε τακτά διαστήματα με πρότυπα βάρη που δίνουν ιχνηλασιμότητα σε εθνικά ή διεθνή πρότυπα, μεταξύ δε των διακριβώσεων να ελέγχεται η λειτουργία τους σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις των εθνικών και διεθνών προτύπων.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται αφενός η διαδικασία ελέγχου και διακρίβωσης ζυγού, όπως πρέπει να εφαρμόζεται σε ένα εργαστήριο δοκιμών, αφετέρου ο τρόπος υπολογισμού της συνδυασμένης τυπικής αβεβαιότητας ζύγισης και καθορισμού των ορίων αποδοχής των ενδείξεων ζυγού.

Η βιβλιογραφικά προτεινόμενη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της συνδυασμένης τυπικής αβεβαιότητας ζύγισης επικυρώθηκε με μετρήσεις με πρότυπα βάρη σε ζυγούς με διακριτική ικανότητα 0,1 mg και 0,01 mg, με τις οποίες προσδιορίστηκαν και οι παράμετροι που εισάγουν αβεβαιότητα και καθορίστηκαν τα όρια αποδοχής τους.

Η συνδυασμένη αβεβαιότητα της ένδειξης ενός ζυγού, κατά τη ζύγιση μιας συγκεκριμένης μάζας m , υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη την τυπική απόκλιση των ενδείξεων του ζυγού κατά τη δοκιμή επαναληψιμότητας και γραμμικότητας, τον παράγοντα αβεβαιότητας λόγω έκκεντρης τοποθέτησης βάρους και την εκτίμηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων αβεβαιότητας.

Το αποτέλεσμα του υπολογισμού δίνεται ως μία γραμμική έκφραση της αβεβαιότητας του ζυγού συναρτήσει της μάζας σε όλη την κλίμακα ζύγισης 0-100% .

Λέξεις Κλειδιά: Μέτρηση μάζας, Παράμετροι Αβεβαιότητας, Αβεβαιότητα Ζύγισης

ABSTRACT

The weighing is one of the most important measurements in chemical laboratories. The balances must be conformed to the laboratory requirements related to the suitable weigh range and the measurements uncertainty, operated in stable ambient conditions and

accredited in regular times. Their operation must be checked very regularly, between the accreditations, in order to fulfill the national and international standards requirements.

In this work, the procedure of balance control and accreditation, the calculation of Combined Standard Uncertainty and the determination of the weight limits are presented.

The bibliographically proposed methodology for the weighing Combined Standard Uncertainty calculation was verified by Standard weights measurements in balances with 0,1 mg and 0,01 mg resolution.

The balance Combined Standard Uncertainty is calculated by taking into account the departure of nominal values from linearity test, the repeatability checkout, the eccentric or off-center loading checkout and the ambient conditions.

The calculation result is expressed as a linear relationship between the uncertainty, U , of the balance and the indication m , for every weight within the weighting range 0-100%

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση των διαδικασιών που εφαρμόζονται από ένα εργαστήριο δοκιμών, ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του προτύπου ISO 17025 σχετικά με τη διαδικασία του ελέγχου λειτουργίας των ζυγών (που πραγματοποιείται από το εργαστήριο), της διακρίβωσης και του τρόπου υπολογισμού της αβεβαιότητας ζύγισης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι διαδικασίες που εφαρμόζονται στους ζυγούς είναι ο έλεγχος λειτουργίας, η διακρίβωση, από την οποία προκύπτει και ο υπολογισμός της αβεβαιότητας ζύγισης, και ο καθορισμός των ορίων αποδοχής για έλεγχο του ζυγού με πρότυπα βάρη.

2.1 Έλεγχος Λειτουργίας Ζυγών

2.1.1 Γενικά

Έλεγχος λειτουργίας ζυγού είναι ο απλός έλεγχος του ζυγού που εκτελείται στο εργαστήριο σε τακτά χρονικά διαστήματα, με σκοπό την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας του. Ο έλεγχος γίνεται ως προς όρια αποδοχής που καθορίζονται από το εργαστήριο όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

Όρια αποδοχής είναι τα αριθμητικά όρια που το εργαστήριο καθορίζει σαν απαίτηση για την ένδειξη του ζυγού σε ένα συγκεκριμένο βάρος. Με τα όρια αποδοχής καθορίζεται εύρος τιμών, εντός των οποίων πρέπει να βρίσκεται η ένδειξη του ζυγού.

Τα όρια αποδοχής ορίζονται αναλόγως των απαιτήσεων για την ακρίβεια της μέτρησης και την ακρίβεια της αναλυτικής μεθόδου, σε περίπτωση δε χρήσης του ζυγού για πολλές μεθόδους, από τη μέθοδο με την υψηλότερη ακρίβεια.

Είναι ευθύνη του εργαστηρίου να καθορίσει τα όρια αποδοχής, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της ζύγισης επί του τελικού αποτελέσματος και την απαιτούμενη ακρίβεια της μέτρησης.

Τα όρια αποδοχής εκφράζονται συχνά με το σχετικό εύρος των τιμών, εντός των οποίων πρέπει να κείτονται οι ενδείξεις του ζυγού για συγκεκριμένο βάρος. Έτσι, για παράδειγμα, για ένα βάρος μάζας 1.000g το εργαστήριο μπορεί να αποφασίσει τα όρια αποδοχής να είναι του επιπέδου 0.1%, που σημαίνει ότι είναι αποδεκτές (για το βάρος αυτό) ενδείξεις στην περιοχή 0.9995g - 1.0005g. Γενικά, αν οι απαιτήσεις για ακρίβεια είναι σχετικά αυστηρές, τα όρια αποδοχής μπορούν να τεθούν στην περιοχή 3 - 5% στην περίπτωση μικρών μαζών (1 - 10mg) και περί το 0.02% για μεγαλύτερες μάζες (10 - 100g).

Συχνότητα ελέγχου ζυγού: Ο έλεγχος λειτουργίας του ζυγού με σταθμά που καλύπτουν όλο το εύρος λειτουργίας του γίνεται μία φορά το δεκαπενθήμερο ή ανάλογα με τον αριθ-

μό των ζυγίσεων (αρ. ελέγχων = 5% του αριθμού των ζυγίσεων, δηλαδή ένας έλεγχος κάθε 20 ζυγίσεις). Χρησιμοποιούνται βάρη που αντιστοιχούν στις περιοχές συνήθους χρήσης του ζυγού. Τα σταθμά ελέγχονται αμέσως μετά τη διακρίβωση του ζυγού.

Βάρη ελέγχου λειτουργίας είναι τα βάρη που χρησιμοποιούνται κατά τους τακτικούς ελέγχους λειτουργίας των ζυγών. Τα βάρη που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο λειτουργίας πρέπει να έχουν αβεβαιότητα μικρότερη της διακριτικότητας (resolution) του ζυγού και είναι συνήθως:

- σταθμά που συνοδεύονται από πιστοποιητικό διαπιστευμένου εργαστηρίου διακρίβωσης κατά ISO 17025. Η μετρολογική τάξη των σταθμών είναι κατά κανόνα χαμηλότερη από αυτήν των σταθμών της διακρίβωσης.
- σταθμά που διακριβώνονται εσωτερικά στο εργαστήριο, αμέσως μετά τη διακρίβωση του ζυγού. Στην περίπτωση αυτή, τα σταθμά ζυγίζονται τουλάχιστον πέντε φορές και υπολογίζεται η μέση τιμή τους. Η τιμή που υπολογίζεται με τη διακρίβωση αυτή, είναι η "αληθής" μάζα του βάρους.

2.1.2 Διαδικασία Ελέγχου Λειτουργίας Ζυγών

- i. Βεβαιώνεται ότι ο δίσκος του ζυγού είναι καθαρός και σε καλή κατάσταση.
- ii. Ελέγχεται και ρυθμίζεται η οριζόντια θέση του ζυγού.
- iii. Τοποθετείται το βάρος/ βάρη στον υποδοχέα του ζυγού και αναγιγνώσκεται η ένδειξη, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που ακολουθείται και στην εργασία ρουτίνας (ανάγνωση κατόπιν συγκεκριμένου χρόνου ή μέχρι σταθερής ενδείξεως).
- iv. Εάν η ένδειξη του ζυγού μετακινείται μεταξύ δύο τιμών (π.χ. 9.999 και 10.000), συστηματικά λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη ή μικρότερη τιμή.
- v. Η ένδειξη καταγράφεται στο Έντυπο ελέγχου ζυγού και συγκρίνεται με τα καταγεγραμμένα όρια αποδοχής. Καταγράφονται: η λαμβανόμενη τιμή, η ημερομηνία εκτέλεσης του ελέγχου το όνομα και η υπογραφή του αναλυτή που εκτέλεσε τον έλεγχο.
- vi. Ο χειρισμός των βαρών ελέγχου γίνεται με προσοχή, είτε με ειδικές λαβίδες, είτε με ειδικά γάντια (π.χ. από δέρμα τύπου chamois ή από αντιστατικό ύφασμα). Τα βάρη φυλάσσονται στο κουτί φύλαξης τους (συνήθως ξύλινη θήκη) σε χώρο που δεν διαφέρει θερμοκρασιακά από το χώρο στον οποίον είναι εγκατεστημένος ο ζυγός.
- vii. Εάν η ένδειξη του ζυγού είναι εντός των ορίων αποδοχής για το συγκεκριμένο ζυγό, ο έλεγχος θεωρείται ολοκληρωμένος.
- viii. Εάν η ένδειξη του ζυγού είναι εκτός των ορίων αποδοχής, ο ζυγός καθαρίζεται, ελέγχεται και ρυθμίζεται η οριζόντια θέση του. Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται ο έλεγχος.
- ix. Εάν η ένδειξη είναι πάλι εκτός των ορίων αποδοχής, τίθεται ο ζυγός εκτός λειτουργίας και επισημαίνεται με την ετικέτα "εκτός λειτουργίας" μέχρι την επιδιόρθωση και την επαναδιακρίβωσή του.
- x. Στην περίπτωση ηλεκτρονικών ζυγών με ενσωματωμένο βάρος ελέγχου, γίνεται αυτόματη βαθμονόμηση του ζυγού και στη συνέχεια αυτός ελέγχεται εκ νέου. Εάν η ένδειξη για το βάρος ελέγχου είναι πάλι εκτός των ορίων ακολουθείται η διαδικασία ix.

2.2 Διακρίβωση Ζυγού

Η διακρίβωση αναφέρεται στο σύνολο των διαδικασιών που εφαρμόζονται για να εκτιμηθεί η συνολική κατάσταση λειτουργίας του ζυγού.

Σε όλες τις εφαρμοζόμενες διαδικασίες (π.χ. γραμμικότητα, επίδραση της έκκεντρης φόρτισης, επαναληψιμότητα του ζυγού σε συγκεκριμένα βάρη) ο ζυγός φορτίζεται με σταθμά που παρέχουν ιχνηλασιμότητα στα εθνικά ή διεθνή πρότυπα. Η διακρίβωση αποσκοπεί στον καθορισμό της σχέσης μεταξύ της «πραγματικής» μάζας των σταθμών και της ένδει-

ξης του ζυγού, **συμπεριλαμβάνει δε επιπλέον εκτίμηση για την αβεβαιότητα του ζυγού.**

Η διακρίβωση δεν πρέπει να συγχέεται με τη ρύθμιση ή τη συντήρηση (service) του ζυγού, ούτε με τη "διακρίβωση" που είναι ενσωματωμένη στις λειτουργίες ορισμένων ηλεκτρονικών ζυγών. Η διαδικασία της διακρίβωσης και ο υπολογισμός της αβεβαιότητας του ζυγού περιγράφονται στη συνέχεια.

2.2.1 Δοκιμή εκκεντρότητας ζυγού

Προσδιορίζεται ο παράγοντας αβεβαιότητας λόγω έκκεντρης τοποθέτησης βάρους κατά τη ζύγιση του.

Επιλέγεται πρότυπο βάρος περίπου 25%-50% της δυναμικότητας του ζυγού. Το πρότυπο βάρος τοποθετείται διαδοχικά στα σημεία a-b-c-d-e-a, όπου:

a: το κέντρο του δίσκου,

b, c, d, e : τα μέσα των διαδοχικών τεσσάρων πλευρών του δίσκου

Καταγράφονται στο Έντυπο Εσωτερικής Διακρίβωσης Ζυγού (E 506-3) οι ενδείξεις για κάθε σημείο και υπολογίζονται:

-ο μέσος όρος των δύο ενδείξεων του κέντρου,

-η απόκλιση από τον μέσο για κάθε ένδειξη,

-η μέγιστη απόκλιση από τον μέσο a_{max} και,

-η διακύμανση (variance) των αποκλίσεων v_e , ίση με $1/3[a_{max} / Max]^2$

2.2.2 Δοκιμή γραμμικότητας ζυγού

Κατά τη δοκιμή γραμμικότητας χρησιμοποιούνται τα πρότυπα βάρη που έχουν επιλεγεί.

Επιλέγονται τα εξής σημεία φόρτισης του ζυγού:

0 (ένδειξη μηδενός χωρίς φόρτιση)

Min (10d έως 100d ανάλογα με τον τύπο του ζυγού)

90%-99% Max

25% Max

50% Max

75% Max

Οι ονομαστικές τιμές των Προτύπων φορτίων σημειώνονται σε κατάλληλο έντυπο και καταγράφονται οι αντίστοιχες ενδείξεις. Υπολογίζονται οι αποκλίσεις των ενδείξεων από τα Πρότυπα φορτία (απόκλιση = ένδειξη ζυγού μείον ονομαστική τιμή προτύπου), οι σχετικές αποκλίσεις (απόκλιση / ονομαστική τιμή προτύπου), οι απόλυτες τιμές των σχετικών αποκλίσεων και τέλος:

-Η μέση τιμή a των απόλυτων σχετικών αποκλίσεων a_i , $\{a = \sum_i |a_i| / n\}$

-Η τυπική τους απόκλιση s_a

2.2.3 Δοκιμή επαναληψιμότητας ζυγού

Χρησιμοποιείται ένα μόνο πρότυπο βάρος στην περιοχή μέτρησης του ζυγού 10-100%. Πραγματοποιούνται τουλάχιστον 6 διαδοχικές μετρήσεις με μηδενισμό της ένδειξης μεταξύ μετρήσεων. Καταγράφονται στο πρωτόκολλο διακρίβωσης οι ενδείξεις και οι αποκλίσεις τους και υπολογίζεται η τυπική τους απόκλιση s .

2.2.4 Εκτίμηση περιβαλλοντικών παραμέτρων αβεβαιότητας

Η Εκτίμηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων αβεβαιότητας γίνεται ως εξής:

- από το εγχειρίδιο του κατασκευαστή του ζυγού σημειώνεται ο συντελεστής ολίσθησης του ζυγού S (ppm ανά °C)

- υπολογίζεται η ολίσθηση του ζυγού ως το γινόμενο $Sx\Delta T$ (σε ppm), όπου ΔT η μέγιστη εκτιμώμενη μεταβολή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και η διακύμανση (variance) της ολίσθησης $vt = 1/3[\Delta T x S]^2$

2.2.5 Υπολογισμός Αβεβαιοτήτων

Η αβεβαιότητα της ένδειξης ενός ζυγού κατά την ζύγιση μιας συγκεκριμένης μάζας m εκφράζεται από την επόμενη σχέση:

$$U=2*\sqrt{S^2+S_a^2m^2+V_e^2m^2+V_t^2m+V_k^2m^2+a*n}$$

Οι όροι της παραπάνω σχέσης είναι οι επιμέρους συνεισφορές στην αβεβαιότητα από τους παράγοντες και υπολογίζονται ως εξής:

- **s**: τυπική απόκλιση των ενδείξεων του ζυγού κατά τη δοκιμή επαναληψιμότητας. Στην περίπτωση που η τυπική απόκλιση των ενδείξεων του ζυγού s είναι μικρότερη από τη διακριτικότητα του ζυγού d , τότε γίνεται η παραδοχή ότι $s=d$.
- **sa**: τυπική απόκλιση των απόλυτων σχετικών αποκλίσεων των ενδείξεων κατά τη δοκιμή ενδείξεων του ζυγού.
- **ve**: διακύμανση (variance) της μέγιστης απόκλισης **amax** κατά την δοκιμή εκκεντρότητας που ισούται με $1/3[amax / Max]^2$ όπου **Max** η μέγιστη δυναμικότητα του ζυγού.
- **vt**: διακύμανση (variance) της ολίσθησης λόγω της μέγιστης μεταβολής θερμοκρασίας που ισούται με $1/3[\Delta T x S]^2$ όπου ΔT και S αντίστοιχα η μέγιστη μεταβολή θερμοκρασίας και ο συντελεστής ολίσθησης του ζυγού (ppm/ °C).
- **vK**: διακύμανση (variance) της συγκεκριμένης μάζας m τιμής **MAX** που ισούται με $(2\sigma/2m)^2$.
- **a**: η μέση τιμή των απόλυτων σχετικών αποκλίσεων $|ai|$ κατά την δοκιμή ενδείξεων του ζυγού που ισούται με $a = \sum i | ai | / n$

2.2.6 Αποτέλεσμα της Διακρίβωσης

Το αποτέλεσμα της διακρίβωσης του ζυγού δίνεται ως μία γραμμική έκφραση της αβεβαιότητας του ζυγού συναρτήσει της μάζας σε όλη την κλίμακα ζύγισης 0-100% και εκφράζεται από τη σχέση:

$$u = u_0 + b \cdot m$$

Οι παράμετροι u_0 και b υπολογίζονται από τη σχέση της αβεβαιότητας του ζυγού ως εξής:

- $u_0 = u'$ για $m=0$ και ισούται με $2s$
- $u_1 = u'$ για $m=Max$
- $b = (u_1 - u_0) / Max$

2.2.7 Συχνότητα Διακρίβωσης

Η διακρίβωση των αναλυτικών ζυγών στο εργαστήριο γίνεται μία φορά το χρόνο. Ανάλογα όμως με το περιβάλλον του ζυγού, τη συχνότητα χρήσης, τη σταθερότητά του ζυγού, καθώς και τις ειδικότερες απαιτήσεις κάθε εργαστηρίου για την αβεβαιότητα των μετρήσεων, η συχνότητα διακρίβωσης μπορεί κατά περίπτωση να αυξάνεται ή να ελαττώνεται. Ζυγοί που μεταφέρονται από εργαστήριο σε εργαστήριο πρέπει να επαναδιακρίβώνονται πριν τη χρήση τους, ενώ όταν μεταφέρονται μέσα στο ίδιο εργαστήριο, αρκεί ο έλεγχος λειτουργίας τους (βλ. § 2.1.1. και 2.1.2.) πριν την εκ νέου χρήση τους.

2.2.8 Σταθμά που χρησιμοποιούνται για τη Διακρίβωση

Χρησιμοποιούνται πρότυπα σταθμά αναφοράς που φέρουν πιστοποιητικό διακρίβωσης από διαπιστευμένο εργαστήριο διακρίβωσης ή από εργαστήριο που κατέχει το εθνικό πρότυπο.

Πίνακας 1. Χαμηλότερη απαιτούμενη κατηγορία προτύπων σταθμών για διαφορετικούς τύπους ζυγών

Δυναμικότητα	Αναγνωσιμότητα							
	100g	10g	1g	100mg	10mg	1mg	0,1mg	≤ 0,1mg
Μέχρι 50 g	M3	M3	M3	M3	M2	F2	E2	E1
Μέχρι 100 g	M3	M3	M3	M3	M1	F1	E2	E1
Μέχρι 500 g	M3	M3	M3	M2	F2	E2		
Μέχρι 1 kg	M3	M3	M3	M1	F1	E1		
Μέχρι 5 kg	M3	M3	M2	F2	E2			
Μέχρι 10 kg	M3	M3	M1	F1	E1			

3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ –ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Μέτρηση Αβεβαιότητας Ζυγών

Η συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα δύο ζυγών, **METTLER TOLEDO μοντέλων XS205 & AB304S** με κλίμακα ζύγισης 0-81 / 0-220 g και 0-320 g και διακριτική ικανότητα 0,01 mg / 0,1 mg και 0,1 mg αντίστοιχα, υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τρόπο που περιγράφεται στις § 2.2.4. και 2.2.5., με στοιχεία μετρήσεων από τα πιστοποιητικά διακρίβωσης αυτών, επικυρώθηκε δε και με ενδοεργαστηριακές μετρήσεις.

Τα αποτελέσματα υπολογισμού των αβεβαιοτήτων και η γραμμική έκφραση της αβεβαιότητας των δύο ζυγών συναρτήσει της μάζας, σε όλη την κλίμακα ζύγισης 0-100%, παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Ο ζυγός **METTLER TOLEDO XS205** στην κλίμακα μέτρησης 0-81g, με διακριτική ικανότητα 0,01 mg, παρουσιάζει τη μικρότερη αβεβαιότητα.

Πίνακας 2. Υπολογισμός αβεβαιότητας ζυγών

Ζυγός METTLER TOLEDO XS205		Ζυγός METTLER TOLEDO AB304S
Εύρος ζύγισης	0-81 / 0-220 g	0-320 g
Διακριτική Ικανότητα:	0,01 mg / 0,1 mg	0,1 mg
Θερμοκρασιακή ολίσθηση:	±1,5 ppm/ °C	±2,5 ppm/ °C
	Κλίμακα ζύγισης	Κλίμακα ζύγισης
	0-81g	0-220 g
s	1,41 10 ⁻⁵	1,41 10 ⁻⁵
sa	6,86 10 ⁻⁷	9 10 ⁻⁷
ve	3,06 10 ⁻¹⁴	3,06 10 ⁻¹⁴
vt	1,2 10 ⁻¹¹	1,2 10 ⁻¹¹
a	1,29 10 ⁻⁶	8,1 10 ⁻⁷
u_o	0,00003	0,0002
b	9,77 10 ⁻⁶	8,66 10 ⁻⁶
Σύμφωνα με τον τύπο: $u = u_o + bm$, η σχέση αβεβαιότητας του κάθε ζυγού και για κάθε κλίμα-		

κα ζύγισης είναι:		
$U=0,00003+0,0000097733m$ (g)* *πιστοπ. Διακρίβωσης, 15/11/2006	$U=0,0002+0,0000086629m$ (g) *πιστοπ. Διακρίβωσης, 15/11/2006	$U=0,0002+ 1,5686 \cdot 10^{-5}m$ (g) *πιστοπ. Διακρίβωσης, 11/11/2006

3.2 Καθορισμός Ορίων Αποδοχής για Έλεγχο Λειτουργίας Ζυγών με Πρότυπα Βάρη

Το εύρος των τιμών εντός των οποίων πρέπει να βρίσκεται η ένδειξη των ζυγών κατά τον έλεγχο τους, για τους δύο ζυγούς **METTLER TOLEDO** μοντέλων **XS205 & AB304S** με κλίμακα ζύγισης 0-81 / 0-220 g και 0-320 g και διακριτική ικανότητα 0,01 mg / 0,1 mg και 0,1 mg αντίστοιχα, δίνεται στους πίνακες 3 & 4 για όλα τα πρότυπα βάρη του εργαστηρίου.

Υπολογίσθηκαν σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των ζυγών, των πρότυπων βαρών και τις απαιτήσεις του εργαστηρίου (§ 2.1.1.).

Για την κλίμακα 0-81 g με διακριτική ικανότητα 0,01 mg του ζυγού **METTLER TOLEDO XS205** (η οποία χρησιμοποιείται για παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων ή διαλυμάτων αναφοράς και οι απαιτήσεις για ακρίβεια είναι αυστηρές) καθορίστηκαν όρια που κυμαίνονται από 0,5 έως 0,005%.

Για την κλίμακα 0-220 g mg του ζυγού **METTLER TOLEDO XS205** και για το ζυγό **METTLER TOLEDO AB304S**, με διακριτική ικανότητα 0,1 καθορίστηκαν όρια που κυμαίνονται από 1 έως 0,02%.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η διακρίβωση των αναλυτικών ζυγών στο εργαστήριο γίνεται μία φορά το χρόνο.
- Το αποτελέσματα υπολογισμού της αβεβαιότητας ζυγού είναι γραμμική έκφραση της αβεβαιότητας των δύο ζυγών συναρτήσει της μάζας σε όλη την κλίμακα ζύγισης 0-100%.
- Ζυγοί με μεγάλη διακριτική ικανότητα παρουσιάζουν μικρότερη αβεβαιότητα.
- Τα όρια αποδοχής ελέγχου ζυγού με πρότυπα βάρη καθορίζονται με ευθύνη του εργαστηρίου, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της ζύγισης επί του τελικού αποτελέσματος και την απαιτούμενη ακρίβεια της μέτρησης.
- Ο καθορισμός αυστηρότερων ορίων αποδοχής, όταν οι απαιτήσεις για ακρίβεια είναι αυστηρές, απαιτεί ζυγό με υψηλή διακριτική ικανότητα.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ISO-IEC 17025: 2005. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. ISO, Geneva (2005)
2. EURACHEM /CITAC GUIDE CG 4, "Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement", 2nd Ed., 2000
3. Explanation on ISO /IEC 17025 "Calculation Certificates", RvA-12.10, Dutch Accreditation Council, 30-08-2004
4. J. P. Clark & H. Shull, "Reproducibility: A Major Source of Uncertainty in Weighing", Westinghouse Savannah River Company, Aiken, S.C. 29808 USA, Contract for U.S. Department of Energy
5. "Standard Methods for the Examination of Water & WasteWater", APHA, 21st Ed., 2005

Πίνακας 3. Όρια αποδοχής που τίθενται από το εργαστήριο κατά τον έλεγχο του ζυγού με πρότυπα βάρη

Ζυγός METTLER TOLEDO AB304S								
Διακριτική Ικανότητα:	0,1 mg	Εύρος ζύγισης	0-320 g	Θερμοκρασιακή ολίσθηση:	±2,5 ppm/°C	Πρότυπα βάρη Εργαστηρίου (στοιχεία πιστοποιητικών)		
ονομαστική τιμή πρότυπου βάρους		a=% όριο απόκλισης	απόκλιση (m*a/2)	αποδεκτή τιμή		Ονομαστική τιμή	Αβεβαιότητα	Μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα
0,1 gr		± 1%	0,0005	0,0995	0,1005	0,1 gr	± 0,005mg	± 0,015mg
1 gr		±0,1%	0,0005	0,9995	1,0005	1 gr	± 0,01mg	± 0,03mg
10 gr		±0,02%	0,001	9,999	10,001	10 gr	± 0,06mg	± 0,06mg
50 gr		±0,02%	0,005	49,995	50,005	50 gr	± 0,03mg	± 0,1mg

Πίνακας 4. Όρια αποδοχής που τίθενται από το εργαστήριο κατά τον έλεγχο του ζυγού με πρότυπα βάρη

Ζυγός METTLER TOLEDO XS205											
Διακριτική Ικανότητα:	0,01 mg / 0,1 mg		Εύρος ζύγισης		0-81 g / 0-220 g	Θερμοκρασιακή ολίσθηση	±1,5 ppm/°C	Πρότυπα βάρη Εργαστηρίου (στοιχεία πιστοποιητικών)			
ονομαστική τιμή πρότυπου βάρους	ΚΛΙΜΑΚΑ 0-81 g				ΚΛΙΜΑΚΑ 0-220 g				Ονομαστική τιμή	Αβεβαιότητα	Μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα
	a=% όριο απόκλισης	απόκλιση (m*a/2)	αποδεκτή τιμή		a=% όριο απόκλισης	απόκλιση (m*a/2)	αποδεκτή τιμή				
0,1 gr	± 0,5%	0,00025	0,099750	0,10025	± 1%	0,0005	0,0995	0,1005	0,1 gr	± 0,005mg	± 0,015mg
1 gr	±0,1%	0,0005	0,999500	1,0005	±0,1%	0,0005	0,9995	1,0005	1 gr	± 0,01mg	± 0,03mg
10 gr	±0,01%	0,0005	9,999500	10,0005	±0,02%	0,001	9,999	10,001	10 gr	± 0,020mg	± 0,06mg
50 gr	±0,01%	0,0025	49,997500	50,0025	±0,02%	0,005	49,995	50,005	50 gr	± 0,033mg	± 0,1mg
					±0,02%	0,02	199,98	200,02	200 gr	± 0,039mg	± 0,3mg