**Παράρτημα 1: Μονάδες, Διαστάσεις και Μετατροπές**

Υδρολογικά μεγέθη

Μονάδες και διαστάσεις

Σημαντικά ψηφία και ακρίβεια

Μετατροπές μονάδων

**Υδρολογικά μεγέθη ή ποσότητες**

Μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα μεγέθη που συναντάμε στην Υδρολογία σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα *βασικά ή θεμελιώδη*. Για παράδειγμα μπορούμε να μετρήσουμε το ύψος του νερού σε ένα μανόμετρο, σε ένα πιεζόμετρο ή σε ένα πηγάδι, την ταχύτητα του νερού σε ένα ρεύμα, την μάζα του νερού σε ένα βροχόμετρο ή την θερμοκρασία του νερού σε μια λίμνη. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την παροχή σε ένα ρεύμα (υπολογιζόμενη από την μέση ταχύτητα και το εμβαδόν της υγρής διατομής), ή την συνολικό όγκο της βροχόπτωσης που πέφτει σε μια λεκάνη κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας (υπολογιζόμενο από την επιφάνεια της λεκάνης και το μέσο ύψος της βροχής). Αυτά είναι τα *παράγωγα μεγέθη*, εφόσον δεν μετριώνται άμεσα αλλά υπολογίζονται από μετρημένα μεγέθη χρησιμοποιώντας μια εξίσωση που εκφράζει κάποια σχέση ανάμεσα τους. Ανεξάρτητα από τον τύπο τους, τα υδρολογικά μεγέθη έχουν κάποια μονάδα, όπως εκατοστά ανά δευτερόλεπτο, και κάποια διάσταση όπως μήκος δια χρόνο (αν και κάποια μπορούν να είναι αδιάστατα και χωρίς μονάδες). Κατά την καταγραφή των βασικών μετρήσεων ή κατά την χρήση τους για τον υπολογισμό άλλων μεγεθών πρέπει να μας απασχολήσουν διάφορα ζητήματα όπως η *ακρίβεια* και οι κατάλληλες μονάδες και διαστάσεις, ζητήματα που είναι και το θέμα αυτού του παραρτήματος.

**Μονάδες και Διαστάσεις**

Ας δούμε ένα απλό παράδειγμα. Κατά την διάρκεια μιας επιτόπιας επίσκεψης σε μια μικρή υδρολογική λεκάνη καταγράφονται κάποια βασικές μετρήσεις, συμπεριλαμβανομένου του ύψους του νερού στο μοναδικό βροχόμετρο της λεκάνης. Θα θέλαμε να γνωρίζουμε με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούμε (precisely and accurately)με τα διαθέσιμα δεδομένα, την συνολική ποσότητα του νερού που δέχτηκε η λεκάνη κατά την διάρκεια μιας βροχόπτωσης:

**Όγκος = Ύψος (νερού)**  **Επιφάνεια (λεκάνης)**

Η μέτρηση της βροχόπτωσης έχει μια *διάσταση*, σε αυτή την περίπτωση το μήκος [L], ή και μια *μονάδα*, για παράδειγμα εκατοστά ή ίντσες. Σαν θεμελιώδεις διαστάσεις χρησιμοποιούμε το μήκος [L], τη μάζα [M], τον χρόνο [T], και την θερμοκρασία []. Πολλές ποσότητες έχουν διαστάσεις που είναι κάποιος συνδυασμός αυτών των θεμελιωδών διαστάσεων. Για παράδειγμα, ο όγκος της βροχής που δέχεται η λεκάνη έχει διαστάσεις μήκους στον κύβο [L3]. Για να συνεχίσουμε τον υπολογισμό μας, πρέπει πρώτα να ελέγξουμε εάν η σχέση ανάμεσα στο ύψος και στον όγκο είναι *διαστατικά ομογενής*, δηλαδή εάν οι διαστάσεις και των δύο σκελών της παραπάνω εξίσωσης είναι οι ίδιες:

**[L3] = [L]**  **[L2] = [L3]**

Όπως περιμέναμε, αυτή η εξίσωση είναι διαστατικά ομογενής. Η ομοιογένεια αυτή δεν εγγυάται ότι η εξίσωση θα δώσει ένα ακριβές ή έστω σωστό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε κατά λάθος να βάλουμε στον υπολογισμό το πλάτος του ρεύματος αντί για το ύψος του νερού στο βροχόμετρο. Ωστόσο, μια εξίσωση που ολοκληρωτικά και με ακρίβεια περιγράφει μια φυσική σχέση πρέπει να είναι διαστατικά ομογενής. Είναι χρήσιμο να ελέγχετε πάντοτε εάν η εξίσωση που χρησιμοποιείτε είναι διαστατικά ομογενής.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Μεγέθη ή ποσότητες** | **Διάσταση** | **Μονάδα** | **Σύμβολο SI** | **Τύπος** |
| **Θεμελιώδεις :** |  |  |  |  |
| μήκος | [L] | μέτρο | m |  |
| μάζα | [M] | χιλιόγραμμο | kg |  |
| θερμοκρασία | [] | kelvin | K |  |
| χρόνος | [T] | δευτερόλεπτο | s |  |
| **Παράγωγες:** |  |  |  |  |
| εμβαδόν | [L2] | μέτρο τετραγωνικό |  | m2 |
| όγκος | [L3] | μέτρο κυβικό |  | m3 |
| ταχύτητα | [L T1] | μέτρο ανά δευτερόλεπτο |  | m s1 |
| επιτάχυνση | [L T2] | μέτρο ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο |  | m s2 |
| πυκνότητα | [M L3] | χιλιόγραμμο ανά κυβικό μέτρο |  | kg m3 |
| δύναμη | [M L T2] | newton | N | kg m s2 |
| πίεση | [M L1 T2] | pascal | Pa | N m2 |
| τάση | [M L1 T2] | pascal | Pa | N m2 |
| ενέργεια | [M L2 T2] | joule | J | N·m |
| ποσότητα θερμότητας | [M L2 T2] | joule | J | N·m |
| έργο | [M L2 T2] | joule | J | N·m |
| ισχύς | [M L2 T3] | watt | W | J s1 |
| συνεκτικότητα, δυναμική | [M L1 T1] | pascal-second |  | Pa·s |
| συνεκτικότητα, κινηματική | [L2 T1] | Τετραγωνικό μέτρο ανά δευτερόλεπτο |  | m2 s1 |
| Ειδική θερμότητα | [L2 1 T2] | joule ανά χιλιόγραμμο και kelvin |  | J kg1 K1 |
| **Πίνακας A1.1 Θεμελιώδεις και παράγωγες μονάδες σχετικές με την υδρολογία στο σύστημα SI** | | | | |

Σε κάθε διαστατική ποσότητα αντιστοιχούν πολλές μονάδες. Το μήκος μπορεί να δίνεται σε μέτρα, σε εκατοστά, σε ίντσες ή ακόμα σε γαλόνια ανά τετραγωνικό πόδι. Επομένως, χρειάζεται προσοχή για να εξασφαλίσουμε ότι κάθε υπολογισμός γίνεται σε ίδιες μονάδες. Για το παράδειγμα της βροχής σε μια λεκάνη:

**Όγκος (m3) = Ύψος (m) x Επιφάνεια (m2)**

Δεν χρειάζεται να πούμε ότι εάν οι μονάδες δεν είναι ίδιες σε κάθε σκέλος της εξίσωσης θα έχουμε λανθασμένο αποτέλεσμα.

Το πιο διαδεδομένο σύστημα μονάδων που χρησιμοποιείται σήμερα είναι το SI (*System International d'Unites*; [Πίνακας A1.1](file:///D:\\ELEMENTS\\EPH\\APP1.HTM" \l "taba1.1)). Άλλα ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα μονάδων συμπεριλαμβάνουν το Αγγλικό Σύστημα (foot, pound) και το σύστημα *cgs* (centimeters, grams, seconds). Το μετρικό σύστημα περιλαμβάνει και μια σειρά από προθέματα που δηλώνουν τάξη μεγέθους. Για παράδειγμα το kilogram ισούται με 1000 grams, και το nanogram ισούται με 109 grams.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Πρόθεμα** | **Σύμβολο SI** | **Παράγοντας πολλαπλασιασμού** |
| tera | T | 1 000 000 000 000 = 1012 |
| giga | G | 1 000 000 000 = 109 |
| mega | M | 1 000 000 = 106 |
| kilo | k | 1 000 = 103 |
| hectoa | h | 100 = 102 |
| dekaa | da | 10 = 101 |
| decia | d | 0.1 = 101 |
| centia | c | 0.01 = 102 |
| milli | m | 0.001 = 103 |
| micro | µ | 0.000 001 = 106 |
| nano | n | 0.000 000 001 = 109 |
| pico | p | 0.000 000 000 001 = 1012 |
| femto | f | 0.000 000 000 000 001 = 1015 |
| atto | a | 0.000 000 000 000 000 001 = 1018 |
| **Πίνακας A1.2 Προθέματα στο σύστημα SI  aΑποφύγετε την χρήση όπου είναι δυνατόν.** | | |

**Σημαντικά ψηφία και ακρίβεια**

Για να συμπληρώσουμε το απλό παράδειγμα με το οποίο αρχίσαμε, θα χρησιμοποιήσουμε τις μετρημένες ποσότητες για να υπολογίσουμε τον όγκο της βροχής, δεδομένου του ύψους της βροχής, 13 mm (0.013 m) και της επιφάνειας της λεκάνης, 2.065x105 m2. Ό όγκος του νερού που δέχτηκε η λεκάνη είναι 0.013 m 2.065 x 105 m2 = 2684.5 m3. Αυτή η απάντηση είναι σωστή μαθηματικά, αλλά είναι εκφρασμένη με μεγαλύτερη σχετική ακρίβεια απ' ότι δικαιολογούν οι μετρημένες τιμές. Υπάρχουν πολλά σημαντικά ψηφία στην απάντηση. Θα πρέπει όμως να το εξηγήσουμε αυτό. Πρώτον, οι μετρημένες ποσότητες έχουν μια συγκεκριμένη απόλυτη ακρίβεια. Για το μετρημένο ύψος της βροχής η απόλυτη ακρίβεια είναι 1 mm. Κατά πάσα πιθανότητα το βροχόμετρο μπορεί να μετρήσει το ύψος της βροχόπτωσης στο πλησιέστερο χιλιοστό. Η απόλυτη ακρίβεια για το εμβαδόν (206,500 m2) είναι 100 m2. Αυτό είναι φανερό γιατί γράψαμε αρχικά το εμβαδόν με τον επιστημονικό συμβολισμό των αριθμών. Για έναν αριθμό που έχει γραφτεί σαν 206,500 δεν είναι φανερό εάν η απόλυτη ακρίβεια είναι 100 m, 10 m, ή 1 m. Η σχετική ακρίβεια γίνεται καλύτερα αντιληπτή με όρους σημαντικών ψηφίων. Σε μια δεδομένη ποσότητα, σημαντικό ψηφίο είναι κάθε ψηφίο εκτός από τα μηδέν στα αριστερά του πρώτου μη μηδενικού ψηφίου που χρησιμεύουν μόνο σα σύμβολα κράτησης θέσης (για να δείξουν την θέση της υποδιαστολής). Μερικά παραδείγματα δίνονται στον πίνακα  [A1.3](file:///D:\ELEMENTS\EPH\APP1.HTM#taba1.3).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ποσότητα** | **Σημαντικά ψηφία** | **Επιστημονικός συμβολισμός** |
| 650,000 | 2a | 6.5105 |
| 30 | 1a | 3101 |
| 30. | 2 | 3.0101 |
| 30.0 | 3 | 3.00101 |
| 30.01 | 4 | 3.001101 |
| .01 | 1 | 1102 |
| 0.01 | 1 | 1102 |
| 0.010 | 2 | 1.0102 |
| 0.00500 | 3 | 5.00103 |
| 1,000.0010 | 8 | 1.0000010103 |
| **Πίνακας A1.3 Παραδείγματα ποσοτήτων και των σημαντικών τους ψηφίων  aΤα μηδενικά στη σειρά χωρίς υποδιαστολή είναι διφορούμενα** | | |

Υπάρχουν κανόνες για τον χειρισμό των παράγωγων μεγεθών που διασφαλίζουν ότι οι απαντήσεις έχουν εκφραστεί με την σωστή σχετική ακρίβεια, ή αριθμό σημαντικών ψηφίων. Όταν πολλαπλασιάζουμε ή διαιρούμε αριθμούς, η απάντηση θα πρέπει να δοθεί με τον ίδιο αριθμό σημαντικών ψηφίων με αυτά που έχει *ο αριθμός με την μικρότερη σχετική ακρίβεια* που εισέρχεται στον υπολογισμό, δηλαδή ο αριθμός με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία. Στο παράδειγμά μας, το ύψος βροχής (13 mm) έχει δύο σημαντικά ψηφία ενώ η επιφάνεια της λεκάνης (2.065105 m2) έχει τέσσερα. Επομένως η απάντηση μας θα πρέπει να έχει δύο σημαντικά ψηφία, 2.7103 m3.

Όταν προσθέτουμε ή αφαιρούμε αριθμούς, ο κανόνας είναι ότι η απάντηση θα πρέπει να εκφραστεί χρησιμοποιώντας τόσα σημαντικά ψηφία όσα έχει ο αριθμός με τα λιγότερα δεκαδικά. Τέλος, σε έναν υπολογισμό με πολλά βήματα, οι αριθμοί δεν θα πρέπει να στρογγυλοποιούνται παρά μόνο στο τελευταίο βήμα.

**Μετατροπές μονάδων**

Οι μετρήσεις που εκφράζουν υδρολογικές ποσότητες μπορούν να εκφραστούν με μια ποικιλία από διαφορετικές μονάδες. Σαν αποτέλεσμα, πρέπει συχνά να μετατρέπουμε μια ποσότητα από μια μονάδα σε μια άλλη. Για παράδειγμα, υποθέστε ότι η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας (δες [Κεφάλαιο 6](file:///D:\ELEMENTS\EPH\CHAP6A.HTM)) που αναφέρεται σε μια ερευνητική αναφορά δίνεται σαν 6.2 πόδια ανά ημέρα. Θα θέλαμε να εκφράσουμε αυτή την τιμή σε μονάδες SI, σαν μέτρα το δευτερόλεπτο. Ένας τρόπος είναι να πολλαπλασιάσουμε την τιμή με λόγους ισοδύναμων μονάδων. Οι λόγοι είναι έτσι φτιαγμένοι ώστε οι παλιές μονάδες απαλείφονται, αφήνοντας μόνο τις καινούργιες. Η διαδικασία αυτή δείχνεται παρακάτω:

D:\ELEMENTS\EPH\IMAGESA1\EQA1_0.GIF

Σημειώστε ότι η απάντηση εκφράζεται με επιστημονικό συμβολισμό, και με τον ίδιο αριθμό σημαντικών ψηφίων (2) που έχει και ο λιγότερο ακριβής αριθμός που εισέρχεται στον υπολογισμό, που σε αυτή την περίπτωση είναι η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας. Είναι φανερό ότι ο πολλαπλασιασμός κατέληξε σε απαλοιφή των αρχικών μονάδων (πόδια, ημέρες).

Οι πίνακες [A1.4](file:///D:\ELEMENTS\EPH\APP1.HTM#taba1.4) έως [A1.8](file:///D:\ELEMENTS\EPH\APP1.HTM#taba1.8) παρέχουν ισοδύναμες τιμές για πολλές ποσότητες που χρησιμοποιούνται συχνά στην υδρολογία. Για να χρησιμοποιήσετε αυτούς τους πίνακες, ψάξετε την αριστερή στήλη να βρείτε την μονάδα στην οποία θέλετε να γίνει η μετατροπή . Στο παραπάνω παράδειγμα θέλαμε να μετατρέψουμε πόδια σε μέτρα. Ψάχνοντας την πρώτη στήλη του πίνακα θα βρείτε μια γραμμή που ξεκινά με "μέτρα". Διαβάζοντας κατά μήκος της γραμμής αυτής, θα βρείτε ότι ένα μέτρο είναι ισοδύναμο με 3.281 πόδια, τιμή που χρησιμοποιήσαμε για να κατασκευάσουμε τον λόγο του παραπάνω παραδείγματος.

(Στμ: στους πίνακες καθώς και στο κείμενο ακολουθείται ο ‘αγγλοσαξωνικός’ συμβολισμός όπου η υποδιαστολή συμβολίζεται με τελεία και ο διαχωρισμός των μηδενικών γίνεται με κόμμα).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ισοδύναμαa** | | | | | |
| **Μονάδα** | **millimeter** | **inch** | **foot** | **meter** | **kilometer** | **mile** |
| millimeter | 1 | 0.03937 | 0.003281 | 0.001000 | 1.0 x 106 | 0.6214 x 106 |
| inch | 25.4 | 1 | 0.0833 | 0.02540 | 25.4 x 106 | 15.78 x 106 |
| foot | 304.8 | 12 | 1 | 0.3048 | 304.6 x 106 | 189.4 x 106 |
| *meter* | 1000 | 39.37 | 3.281 | 1 | 0.001 | 621.4 x 106 |
| kilometer | 1,000,000 | 39,370 | 3281 | 1000 | 1 | 0.6214 |
| mile | 1,609,000 | 63,360 | 5280 | 1609 | 1.609 | 1 |
| **Πίνακας A1.4 ισοδύναμες μονάδες για το μήκος** aΣτους πίνακες A1.4 έως A1.8, οι τιμές δίνονται με 4 σημαντικά ψηφία και η μονάδα στο SI, στις θεμελιώδεις είτε στις παράγωγες ποσότητες, είναι με πλάγια στοιχεία. | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ισοδύναμα** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Μονάδα** | **inch2** | | **foot2** | | | ***meter*2** | | | **acre** | **hectare** | | **kilometer2** | | | **mile2** | |
| inch2 | 1 | | 0.006944 | | | 645.2x106 | | | 15.94x108 | 64.52x109 | | 645.2x1012 | | | 249.1x1012 | |
| foot2 | 144 | | 1 | | | 929.0x104 | | | 22.96x106 | 9.290x109 | | 92.90x 109 | | | 35.87x 109 | |
| *meter*2 | 1550 | | 10.76 | | | 1 | | | 247.1x106 | 104 | | 106 | | | 386.1x 109 | |
| acre | 6.273x 106 | | 4.356x104 | | | 4047 | | | 1 | 0.4047 | | 0.004047 | | | 0.001563 | |
| hectare | 1.550x 107 | | 1.076x105 | | | 104 | | | 2.471 | 1 | | 0.01 | | | 0.003861 | |
| kilometer2 | 1.550x 109 | | 1.076x107 | | | 106 | | | 247.1 | 100 | | 1 | | | 0.3861 | |
| mile2 | 4.014x 109 | | 2.788x107 | | | 2.590x 106 | | | 640 | 259 | | 2.590 | | | 1 | |
| **Πίνακας A1.5 ισοδύναμες μονάδες για το εμβαδόν** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **Ισοδύναμα** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Μονάδα** | **inch3** | **liter** | | | **U.S. gallon** | | | **foot3** | | **yard3** | | | ***meter*3** | | | **acre-foot** |
| inch3 | 1 | 0.01639 | | | 0.004329 | | | 578.7x106 | | 21.43x 106 | | | 16.39x 106 | | | 13.29x109 |
| liter | 61.02 | 1 | | | 0.2642 | | | 0.03531 | | 0.001308 | | | 103 | | | 810.6x109 |
| U.S. gallon | 231.0 | 3.785 | | | 1 | | | 0.1337 | | 0.004951 | | | 0.003785 | | | 3.068x106 |
| foot3 | 1728 | 28.32 | | | 7.481 | | | 1 | | 0.03704 | | | 0.02832 | | | 22.96x106 |
| yard3 | 46660 | 764.6 | | | 202.0 | | | 27 | | 1 | | | 0.7646 | | | 619.8x106 |
| *meter*3 | 61020 | 1000 | | | 264.2 | | | 35.31 | | 1.308 | | | 1 | | | 810.6x106 |
| acre-foot | 75.27x106 | 1.233x106 | | | 3.259x105 | | | 4.356 x 105 | | 1613 | | | 1233 | | | 1 |
| **Πίνακας A1.6 ισοδύναμες μονάδες για τον όγκο** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **Ισοδύναμα** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Μονάδα** | **gallon minute1** | | | **liter second1** | | | **acre-foot day1** | | | | **foot3 second1** | | | ***meter*3 *second*1** | | | |
| gallon minute1 | 1 | | | 0.06309 | | | 0.004419 | | | | 0.002228 | | | 63.09 x 106 | | | |
| liter second1 | 15.85 | | | 1 | | | 0.07005 | | | | 0.03531 | | | 103 | | | |
| acre-foot day1 | 226.3 | | | 14.28 | | | 1 | | | | 0.5042 | | | 0.01428 | | | |
| foot3 second1 | 448.8 | | | 28.32 | | | 1.983 | | | | 1 | | | 0.02832 | | | |
| *meter*3 *second*1 | 15,850 | | | 1000 | | | 70.04 | | | | 35.31 | | | 1 | | | |
| **Πίνακας A1.7 ισοδύναμες μονάδες για την παροχή** | | | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ισοδύναμα** | | | | |
| **Μονάδα** | **foot day1** | **km hr1** | **foot s1** | **mile hr1** | ***meter s*1** |
| foot day1 | 1 | 12.70106 | 11.57 x 106 | 7.891 x 106 | 3.528 x 106 |
| km hr1 | 78,740 | 1 | 0.9113 | 0.6214 | 0.2778 |
| foot s1 | 86,400 | 1.097 | 1 | 0.6818 | 0.3048 |
| mile hr1 | 126,700 | 1.609 | 1.467 | 1 | 0.4470 |
| *meter s*1 | 283,500 | 3.600 | 3.281 | 2.237 | 1 |
| **Πίνακας A1.8 ισοδύναμες μονάδες για την ταχύτητα** | | | | | |