

ΑΦΙΕΡΩΜΑ - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η ποιότητα του έτοιμου σκυροδέματος, που παράγεται στα εργοστάσια σκυροδέματος, εξαρτάται κυρίως από τις παρακάτω παραμέτρους:

- **Μελέτη συνθέσεως**
- **Ακρίβεια δοσολογίας υλικών**
- **Ποιότητα Α' υλών και κυρίως των αδρανών υλικών**

Μια μελέτη συνθέσεως που γίνεται από ένα αναγνωρισμένο εργαστήριο, προσδιορίζει, για κάθε κατηγορία σκυροδέματος, τις ακριβείς ποσότητες των υλικών που πρέπει να χρησιμοποιηθούν από το εκάστοτε εργοστάσιο, ώστε το παραγόμενο σκυροδέμα να έχει την απαιτούμενη αντοχή και εργασιμότητα (κάθιση).

Το πρόβλημα της υγρασίας των αδρανών

Η αναλογία του νερού μιας μελέτης σύνθεσης υπολογίζεται πάντα με ξηρά αδρανή υλικά. Το ίδιο και ο λόγος N/T (νερό/τσιμέντο), που είναι ένα πολύ κρίσιμο στοιχείο, με καθορισμένες μέγιστες επιτρεπτές τιμές από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα εργοστάσια παραγωγής σκυροδέματος σχετίζεται με το νερό. Η ποσότητα του νερού σπάνια ταυτίζεται με αυτή της μελέτης συνθέσεως, για τον απλό λόγο ότι τα αδρανή υλικά, και κυρίως η άμμος, ποτέ δεν είναι στεγνά. Και, για να γίνει εύκολα αντιληπτό το πρόβλημα, παραθέτουμε το παρακάτω παράδειγμα:

Έστω ότι η μελέτη μιας συγκεκριμένης συνθέσεως ορίζει, πέραν των άλλων υλικών, ποσότητα στεγνής άμμου 1000 Kg/m³, τσιμέντου 270 Kg/m³ και νερού 180 Kg/m³ με λόγο N/T = 0,66. Κατά την εφαρμογή της συνθέσεως στην παραγωγή, ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή και την εποχή του χρόνου, η μέση τιμή της υγρασίας της άμμου που χρησιμοποιείται μπορεί να μεταβάλλεται από 1-10%.

Αυτή η διακύμανση της υγρασίας της άμμου έχει τρομερές συνέπειες στην ποιότητα και την κάθιση του παραγόμενου σκυροδέματος

καθώς ζυγίζεται νερό και όχι στεγνό υλικό. Πιο συγκεκριμένα: Αν υποθέσουμε ότι η άμμος έχει μια υγρασία 6%, τότε στα 1000 kg άμμου που ζυγίζονται, τα 60 kg είναι νερό, και, κατά συνέπεια, αν ακολουθούσαν η μελέτη συνθέσεως χωρίς καμία διόρθωση, τότε το συνολικό νερό θα ήταν 180+60=240 Kg/m³ και ο πραγματικός λόγος N/T θα ήταν 0,88.

Πως αντιμετωπίζεται στην πράξη

Ο τρόπος αντιμετώπισης που εφαρμόζεται στα περισσότερα ελληνικά παρασκευαστήρια σκυροδέματος, βασίζεται στον ανθρώπινο παράγοντα. Ο χειριστής του εργοστασίου

Ποια είναι η σωστή διαδικασία;

Η υγρασία των αδρανών υλικών πρέπει να καταμετράται συνεχώς στο σημείο εξόδου τους από τις δεξαμενές αποθήκευσης προς τη ζυγαριά. Οι μετρούμενες και διαρκώς μεταβαλλόμενες τιμές υγρασίας πρέπει να ενημερώνουν τον αυτοματισμό δοσολογίας υλικών, που σήμερα πλέον υπάρχει σε κάθε εργοστάσιο, προκειμένου να γίνεται αυτόματη διόρθωση του βάρους των αδρανών σε πραγματικό χρόνο, πριν την τροφοδοσία του αναμεικτήρα. Μετά το τέλος της αντισταθμισμένης ζύγισης των αδρανών υλικών, πρέπει να υπολογιστεί αυτόματα η σωστή ποσότητα του νερού, που θα διοχετευτεί στον αναμεικτήρα.

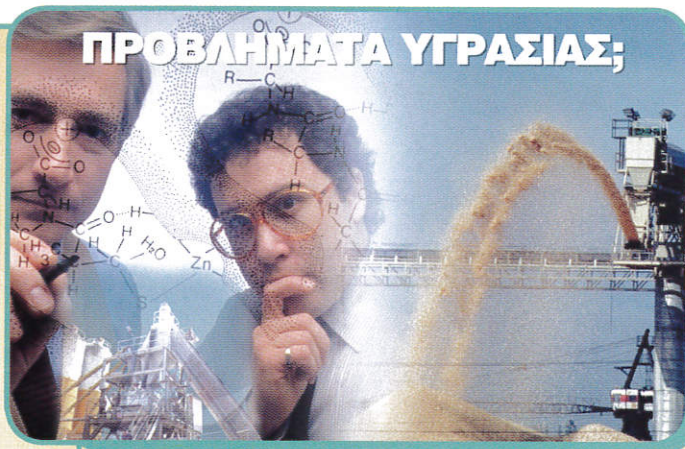
Σωστή θεωρείται η τιμή που προκύπτει αν, από την προβλεπόμενη από τη μελέτη συνθέσεως ποσότητα νερού, αφαιρεθεί το νερό, που υπήρχε ως υγρασία στα αδρανή υλικά της συγκεκριμένης ανάμειξης.

Η παραπάνω διαδικασία επιτρέπει τη σταθεροποίηση της ποιότητας, αντοχής και κάθισης του σκυροδέματος στην έξοδο του αναμεικτήρα και εξασφαλίζει πραγματικούς λόγους N/T, που διαφοροποιούνται ελάχιστα ή καθόλου (εξαρτάται πολύ και από τον εργαστηριακό της μονάδας) από τους προβλεπόμενους στη μελέτη συνθέσεως.

Τι εξοπλισμός απαιτείται;

Η αυτόματη μέτρηση της υγρασίας των αδρανών επιτυγχάνεται με ειδικούς αισθητήρες που ονομάζονται υγρασιόμετρα. Τα υγρασιόμετρα τοποθετούνται έτσι ώστε να έρχονται σε επαφή με το μετρούμενο υλικό και μετατρέπουν την τιμή της υγρασίας σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο συνδέεται με κάποιο ενδεικτικό όργανο, ή, απευθείας στον αυτοματισμό παραγωγής σκυροδέματος, εφόσον βέβαια ο αυτοματισμός υποστηρίξει τη δυνατότητα αυτή.

Υγρασιόμετρα κυκλοφορούν εδώ και πολλά χρόνια στην αγορά. Το ζητούμενο είναι ο βαθμός αξιοπιστίας αυτών των οργάνων,



που ελέγχει τη δοσολογία και την τροφοδοσία του αναμεικτήρα με υλικά, παρακολουθεί οπτικά στην έξοδο του αναμεικτήρα τη ρευστότητα κάθε αναμίγματος και, ανάλογα με το αποτέλεσμα και την εμπειρία του, αυξομειώνει την ποσότητα του νερού που προβλέπει η μελέτη συνθέσεως.

Η παραπάνω μεθοδολογία βελτιώνει κάπως την κατάσταση αλλά, σε καμία περίπτωση, δεν επιλύει το πρόβλημα, για δύο βασικούς λόγους:

1. Η ομοιογένεια και η ποιότητα της παραγωγής εξαρτώνται διαρκώς από την εμπειρία και την υπευθυνότητα του χειριστή.
2. Η διόρθωση του νερού δεν αρκεί, αφού πρέπει να διορθώνεται αντίστοιχα και η ποσότητα των αδρανών υλικών, σε σχέση με την υγρασία τους, πριν αυτά εισαχθούν στον αναμεικτήρα. (Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος '97 - Άρθρο 6.6).

που σχετίζεται κυρίως με την αρχή λειτουργίας τους και τη συχνότητα που απαιτείται να επαναλαμβάνεται η αρχική ρύθμιση (καλιμπράρισμα).

Τα πιο διαδεδομένα υγρασιόμετρα που κυκλοφορούν στην αγορά, λόγω και του πολύ χαμηλού κόστους, είναι τα λεγόμενα "τύπου ακίδας" ή αλλιώς Ωμικά. Βασίζονται στην τεχνική μέτρησης της αντίστασης, η οποία είναι επιρρεπής σε σφάλματα, αφού το νερό δεν έχει σταθερή αγωγιμότητα. Για παράδειγμα, το απεσταγμένο νερό (όπως το βρόχινο) είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού, σε αντίθεση με το εμπλουτισμένο σε άλατα νερό, το οποίο είναι αγωγίμο.

Επίσης το μέταλλο του αισθητηρίου που έρχεται σε επαφή με το μετρούμενο υλικό, σταδιακά οξειδώνεται ή επικαλύπτεται με άλατα, με αποτέλεσμα να αλλάζει διαρκώς η συμπεριφορά του και, κατ' επέκταση, η ακρίβεια των μετρήσεων.

Μια άλλη διαδεδομένη κατηγορία υγρασιόμετρων είναι τα χωρητικά (capacitive). Η τεχνική που χρησιμοποιούν βασίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή λόγω της υγρασίας του μετρούμενου υλικού που λειτουργεί ως διαλεκτικό μέσο.

Και σ' αυτή την τεχνική υπάρχουν μειονεκτήματα, που οδηγούν σε σημαντικά σφάλματα μετρήσεων, λόγω της επιρροής τους από παράγοντες όπως πυκνότητα και θερμοκρασία του μετρούμενου υλικού, φαινόμενα κορεσμού σε υψηλές τιμές υγρασίας κ.ά.

Υπάρχει αξιόπιστο υγρασιόμετρο;

Η καλύτερη και πιο ακριβής τεχνική μέτρησης της υγρασίας είναι αυτή των μικροκυμάτων. Τα υγρασιόμετρα αυτού του τύπου παράγουν ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο από μικροκύματα, το οποίο ακτινοβολείται στο μετρούμενο υλικό. Όπως και στους φούρνους μικροκυμάτων που χρησιμοποιούνται ευρέως στη μαγειρική, έτσι και εδώ τα μόρια του νερού είναι αυτά που απορροφούν το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας των μικροκυμάτων. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά ότι η ενέργεια που απορροφάται από το νερό, είναι 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή των υπολοίπων στεγνών υλικών. Αυτή η απορροφώμενη ενέργεια μετρίεται από τον αισθητήρα και μεταφράζεται σε μια τιμή υγρασίας.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των

μικροκυμάτων είναι η ικανότητά τους να διεισδύουν βαθιά μέσα στο μετρούμενο υλικό (μέχρι και 15 cm) επιτρέποντας τη μέτρηση της υγρασίας σε μεγάλη απόσταση από το αισθητήριο. Εξαιτίας αυτού, η μετρούμενη τιμή υγρασίας παραμένει ανεπηρέαστη από την επικάθιση λεπτού στρώματος βρεγμένου υλικού πάνω στην επιφάνεια του αισθητηρίου.

Αξίζει ακόμη να επισημάνουμε ότι η τεχνική των μικροκυμάτων δεν επηρεάζεται από άλατα, χρώμα, θερμοκρασία (όπως συμβαίνει με τα άλλα υγρασιόμετρα) και επηρεάζεται πολύ λίγο από αυξομειώσεις στην κοκκομετρία του μετρούμενου υλικού.

Με τα υγρασιόμετρα μικροκυμάτων λύνονται όλα τα προβλήματα υγρασίας στην παραγωγή;



Όλοι όσοι έχουν ασχοληθεί με την αντιμετώπιση του προβλήματος γνωρίζουν πολύ καλά ότι η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα δεν είναι τόσο απλή ώστε να καλυφθεί απόλυτα από ένα ΝΑΙ ή ένα ΟΧΙ. Σε κάθε περίπτωση όμως, η χρήση υγρασιόμετρων μικροκυμάτων είναι ένα θεμέλιο και αποτελεσματικό όπλο για τους παραγωγούς ετοιμού σκυροδέματος που επιθυμούν εμπράκτως, αυτό που όλοι διατυμπανίζουν και λέγεται ΠΟΙΟΤΗΤΑ.

Από εκεί και έπειτα σημαντικό ρόλο παίζει και η τεχνογνωσία του εργαστηρίου ποιοτικού ελέγχου (που πρέπει να διαθέτει κάθε εργοστάσιο σκυροδέματος), στον τομέα αντιμετώπισης των επιπτώσεων της υγρασίας των αδρανών υλικών και η διαρκής ενασχόλησή του με το συγκεκριμένο θέμα.

Είναι ένα μεγάλο θέμα που δεν μπορεί να καλυφθεί στο παρόν άρθρο, και θα περιοριστούμε στο να αναφερθούμε μόνο σε μερικές ακόμη πτυχές του:

● Η συνολική υγρασία της άμμου δεν επηρεάζει εξ ολοκλήρου την εργασιμότητα (slump) του παραγόμενου σκυροδέματος, αφού ο σημαντικότερος παράγοντας είναι η επιφανειακή υγρασία. Υπάρχει όμως και ο παράγοντας υγρασίας που είναι εγκλωβισμένη ή εγκλωβίζεται (στη φάση ανάμιξης) στο εσωτερικό των κόκκων του μετρούμενου υλικού, σχετίζεται με τον βαθμό υδατοαπορρόφησης κάθε υλικού και διαφέρει από υλικό σε υλικό αναλόγως την κοκκομετρική του διαβάθμιση, την ποιότητα και το είδος των πετρωμάτων.

Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι έχοντας εγκαταστήσει υγρασιόμετρα μικροκυμάτων τότε λόγω της αρχής λειτουργίας τους, η μετρούμενη τιμή της υγρασίας είναι η συνολική και συμπεριλαμβάνει και την υγρασία που υπάρχει εγκλωβισμένη στο εσωτερικό των κόκκων του μετρούμενου υλικού. Αλλά και χωρίς τη χρήση υγρασιόμετρων, τα αποτελέσματα των εργαστηριακά μετρούμενων τιμών υγρασίας με την μέθοδο ξήρανσης του υλικού σε φούρνο, αφορούν στη συνολική υγρασία.

Γίνεται λοιπόν εύκολα αντιληπτό ότι αν δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψιν η υδατοαπορροφητικότητα του μετρούμενου υλικού (κυρίως της άμμου) τότε θα αντισταθμίζεται δηλαδή θα αφαιρείται αυτόματα από το νερό της συνταγής η συνολική ποσότητα υγρασίας ενώ παράλληλα θα προστίθεται η αντίστοιχη ποσότητα άμμου.

● Η συνολική ποσότητα του νερού σε σχέση με την κατηγορία και με την επιθυμητή εργασιμότητα (slump) του παραγόμενου σκυροδέματος, εξαρτάται και από το ποσοστό φύλλερ που εμπεριέχεται στην άμμο. Άλλωστε είναι κάτι που αναφέρεται σε κάθε επίσημη μελέτη συνθέσεως. Σπάνια όμως η άμμος που προμηθεύονται τα εργοστάσια έχει σταθερό ποσοστό φύλλερ και ακόμη πιο σπάνια τα εργοστάσια ετοιμού σκυροδέματος κάνουν συνεχείς δειγματοληψίες στην άμμο που προμηθεύονται και αναλόγως της περιεκτικότητας σε φύλλερ τροποποιούν τις μελέτες συνθέσεως του.

● Σε όλα σχεδόν τα παρασκευαστήρια σκυροδέματος χρησιμοποιούνται για λόγους παραγωγικότητας πολλαπλές δεξαμενές αποθήκευσης για κάθε αδρανές υλικό (π.χ. 2 ή 3 δεξαμενές για την άμμο, 2 για χαλίκι)

Το σύνθημα για λόγους οικονομίας είναι να τοποθετείται ένα υγρασιόμετρο ανά υλικό, δηλαδή σε μια από τις δεξαμενές αποθήκευσης του ίδιου υλικού. Έτσι η υγρασία καταμετράται μόνο στη μια δεξαμενή στην οποία έχει τοποθετηθεί το υγρασιόμετρο και τεκμαρτά θεωρείται η ίδια και για το υπόλοιπο υλικό των άλλων δεξαμενών. Αυτό δεν είναι σωστό αφού στην πράξη αποδεικνύεται ότι ποτέ σχεδόν οι δεξαμενές ενός υλικού δεν τροφοδοτούνται ομοιόμορφα από κάθε παρτίδα παραλαβής από το λατομείο και ποτέ δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αδειάζουν ομοιόμορφα.

Αναλόγως με τη χρήση που προορίζεται το έτοιμο σκυροδέμα υπάρχει πρόσθετος εξοπλισμός και διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος της υγρασίας.

Π.χ. στην παραγωγή σκυροδέματος για τσιμεντοπροϊόντα, ακόμη και μικρές διακυμάνσεις στην ποσότητα του νερού είναι πολύ πιο κρίσιμες για το παραγόμενο προϊόν (πλάκες, κυβόλιθους, σωλήνες κ.λ.π.). Στα εργοστάσια αυτά εκτός από την πρωτογενή μέτρηση και αντιστάθμιση της υγρασίας τη στιγμή της ζύγισης των υλικών προτείνεται

και δευτερογενής αντιστάθμιση του τελικού προϊόντος με υγρασιόμετρο μέσα στον αναμικτήρα.

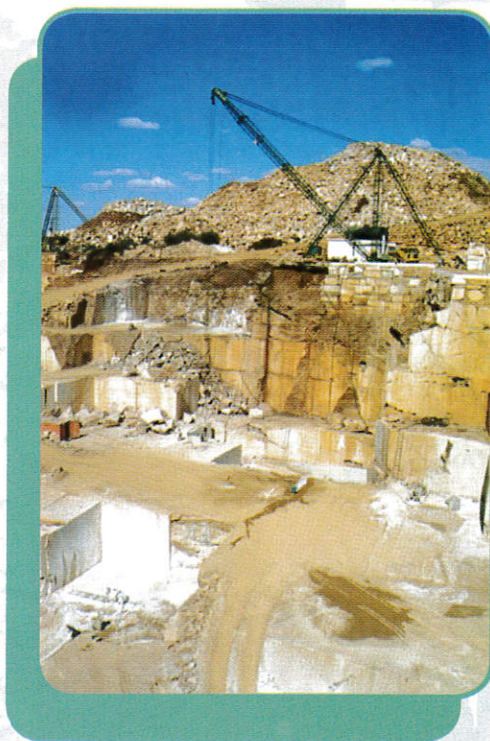
Επίλογος

Η υγρασία είναι ένα θέμα που αρχίζει να απασχολεί όλο και πιο σοβαρά τους παραγωγούς σκυροδέματος στην Ελλάδα, παρόλο που ο ισχύον Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος που συντάχτηκε το 1997 είναι σαφής ως προς το τι πρέπει να εφαρμόζεται (κεφ. 6.7).

Η σημερινή τεχνολογία παρέχει αξιόπιστες λύσεις, χωρίς όμως να είναι η πανάκεια του προβλήματος.

Για να υπάρξει αξιόπιστη αποτελεσματική και διαρκής, χωρίς χρονοβόρες διαδικασίες, αντιμετώπιση του προβλήματος, Χρειάζεται εξειδικευμένη τεχνογνωσία από τις εταιρείες που προμηθεύουν και εγκαθιστούν τον εξοπλισμό αλλά και από τους χρήστες,

Δημήτριος Τσελεπής
Γενικός Διευθυντής Ομίλου εταιρειών
PROTEM

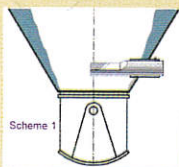


Υγρασιόμετρα μικροκυμάτων

HYDRO-PROBE II Το υγρασιόμετρο για την Άμμο



Νέος αισθητήρας μέτρησης της υγρασίας της άμμου και όλων των αδρανών υλικών, με απίστευτες δυνατότητες και μοναδική ακρίβεια μέτρησης (0,2%). Ενσωματώνει όλα τα ηλεκτρονικά κυκλώματα χωρίς να απαιτείται καμία εξωτερική συσκευή πέραν του τροφοδοτικού. Διαθέτει 32 bit micro controller και δίνει αναλογική έξοδο απευθείας (0-10 V) και ψηφιακή RS485. Η ρύθμιση και ο προγραμματισμός του αισθητήριου γίνονται μέσω Η/Υ και του λογισμικού διαχείρισης Hydro-Link.



Το Hydro-Probell ενδείκνυται για συνεχή (δυναμική) μέτρηση της υγρασίας των αδρανών υλικών που αδειάζουν μέσα από δεξαμενές. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην τεχνική των μικροκυμάτων, η οποία επιτρέπει τη μέτρηση της υγρασίας σε μεγάλη απόσταση από τον αισθητήρα (10 cm) χωρίς να επηρεάζεται από αλάτα, χρώμα, θερμοκρασία του μετρούμενου υλικού (όπως συμβαίνει με τα άλλα υγρασιόμετρα) ή από την επικάλυψη λεπτού στρώματος βρεγμένου υλικού πάνω στην επιφάνεια του αισθητήριου.

Με τη χρήση του υγρασιόμετρου **Hydro Probe II**, ο αυτοματισμός μπορεί να ενημερώνεται συνεχώς για τη μέση τιμή της υγρασίας της άμμου και να διορθώνει on line την τιμή βάρους που πρέπει να ζυγίσει με αντισταθμισμένη την υγρασία, ενώ παράλληλα διορθώνει και την τιμή του συνολικού νερού που πρέπει να δοσολογήσει.

Κ.Τ.Σ. -97
καμία επιβάρυνση του βάρους ή του υλικού τους ανάλογα με το αν είναι σε σκόνη ή σε μορφή υγρού.
Τα υλικά του σκυροδέματος θα μπαίνουν στον αναμικτήρα με τις αναλογίες που στον αναμικτήρα με τις αναλογίες που προβλέπονται στη Μελέτη Συνθέσεως, αφού οι αναλογίες άμμου και νερού διασφαλιστούν ανάλογα με τη φυσική υγρασία των αδρανών. Ο έλεγχος της υγρασίας των αδρανών και οι σχετικές διορθώσεις πρέπει να γίνονται πριν από κάθε σκυροδέτηση.
Δεν πρέπει να γίνεται φόρτωση του αναμικτήρα αν το προηγούμενο ανάμιγμα δεν έχει αποφορτωθεί.
Απαιτείται η προσθήκη υλικών στο μίγμα (όπως στεγανοποιητικών ή άλλων) μόνον μετά την πιστοποίηση της

HYDRO MIX V & HYDRO PROBE ORBITER Υγρασιόμετρα για αναμικτήρες

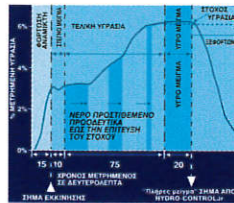


Το **HYDRO-MIX V** τοποθετείται στον πάτο ή στο πλάι όλων των πλανητικών ή οριζοντίου άξονα αναμικτήρων



Το **HYDRO-PROBE ORBITER** είναι το νέο περιστρεφόμενο αισθητήριο για μέτρηση υγρασίας και θερμοκρασίας εντός του αναμικτήρα

Και τα 2 αισθητήρια συνδέονται προαιρετικά με το **HYDRO-CONTROL V**. Η κεραμική επιφάνειά τους, που έρχεται σε επαφή με το σκυρόδεμα, είναι ειδικά επεξεργασμένη ώστε να αντέχει στην τριβή για πολλά χρόνια συνεχούς λειτουργίας.



HYDRO-CONTROL V Αυτοματισμός διαχείρισης νερού

Ρυθμίζει αυτόματα την επιθυμητή κάθιση του παραγόμενου σκυροδέματος βάσει συνταγών. Συνδέεται με το **HYDRO-MIX** ή **ORBITER**, ελέγχει την υγρασία του μίγματος εντός του αναμικτήρα και υπολογίζει ακριβώς την απαιτούμενη ποσότητα νερού την οποία και καταμετρά μέσω υδρομετρητή.



Ιδανικός εξοπλισμός για παραγωγούς τσιμεντοπροϊόντων και προκάτ, δεδομένου ότι ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία παραγωγής είναι ο έλεγχος της υγρασίας του τελικού προϊόντος. Το **HC V** συνδέεται παράλληλα με τον αυτοματισμό δοσολογίας υλικών και αναλαμβάνει τη διαχείριση του νερού.



Ολοκληρωμένες Λύσεις Αυτοματοποίησης
Μηχανογράφησης & Εξοπλισμού
για τη Βιομηχανία Δομικών Υλικών

ΠΑΡΝΑΣΣΙΔΟΣ 64, 121 36 ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ • ΤΗΛ. ΚΕΝΤΡΟ: 210 5716500
FAX: 210 5710008, e-mail: info@protem.gr

www.protem.gr

Εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος HYDRONIX L.T.D.