

Αειφόρος Κατασκευή στο Δημόσιο και Ιδιωτικό Τομέα μέσω της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων

Βιώσιμη Κατασκευή σε Ελλάδα & Κύπρο

Αθήνα, 18 Σεπτεμβρίου 2008

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αίθουσα Τελετών, Κτήριο Διοίκησης
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

*Κατασκευή Σύγχρονων Ωμοπλίνθων από Μπάζα
Λατομείου - Εμπειρίες και Προοπτικές*

Δρ. Γιάννης Ξεσάς



Η εργασία που θα παρουσιαστεί έγινε μέσα στα πλαίσια του έργου ΝΕΤΠΡΟ/0204/03 που χρηματοδοτήθηκε από το Ίδρυμα Προώθησης Έρευνας στην περίοδο Νοεμβρίου 2004 - Μαΐου 2007.

Στο έργο συμμετείχαν οι πιο κάτω φορείς:

- Proplan Ltd	Δρ. Γιάννης Ξεσάς	Χημικός Μηχανικός
- Πανεπιστήμιο Frederick	Δρ. Vsevolod Levitchitch	Πολιτικός Μηχανικός
- Geocratis Ltd	κ. Γιώργος Νικήτα	Γεωλόγος
- Aristo Developers Ltd	κ. Ιούλιος Άσσια	Αρχιτέκτονας

και τους οποίους ευχαριστώ για την συνεργασία.



2

Το χύμα χρησιμοποιείται για την κατασκευή κτιρίων από την αρχαιότητα και παραδοσιακά κτίσματα που βρίσκονται σε πολλά μέρη του κόσμου αποτελούν μαρτυρίες αυτού του γεγονότος.

Αγνωσμένο και ξεχασμένο μπροστά στα βιομηχανοποιημένα δομικά υλικά, ειδικά το τσιμέντο και τον χάλυβα, το χύμα είναι σήμερα το αντικείμενο ανανεωμένου ενδιαφέροντος τόσο σε αναπτυσσόμενες όσο και σε αναπτυγμένες βιομηχανικές χώρες.

Ενώ συχνά κατηγορείται για την ευαισθησία του στο νερό και την απουσία αντοχής στον χρόνο, αυτό το δομικό υλικό έχει στην σημερινή του μορφή πολλά πλεονεκτήματα για την κατασκευή ανθεκτικών στον χρόνο, άνετων και χαμηλού κόστους κατοικιών.



3

Αν η λογική και οι σύγχρονες μέθοδοι εφαρμοστούν στην χρήση του τότε μπορεί να είναι όλα τα πιο κάτω:

- αποδοτικό και ανθεκτικό στον χρόνο.
- διαθέσιμο τοπικά και με χαμηλό κόστος.
- οικονομικό σε ενέργεια και ξένο συνάλλαγμα.
- ενθάρρυνση στην ανάπτυξη οικοδομικών δεξιοτήτων.
- δημιουργός θέσεων εργασίας.
- δημιουργός κεφαλαιουχικών κερδών.
- δυναμικό στοιχείο στην οικοδομική βιομηχανία
- ιδανικό για μικρό-μεσαία επιχείρηση.



4

Ο αντισεισμικός κώδικας στην Κύπρο απαιτεί όπως το φορτίο σε μια οικοδομή φέρεται από κολώνες, πλάκες και δοκούς από σπλιμένο σκυρόδεμα. Τα ανοίγματα που μένουν «γεμίζονται» με διάφορα υλικά που δεν φέρουν όμως φορτία πλην το δικό τους βάρος. Τέτοια υλικά είναι τα τούβλα, τσιμεντόπετρες, μαρμαριανίδες, γυψοσανίδες, γυαλί κλπ. Στη παρούσα εργασία έγινε διερεύνηση της χρήσης συμπιεσμένων πλινθών χύματος με τη χρήση συνδετικού υλικού (τσιμέντου) αντί συνηθισμένων τούβλων.

Ο στόχος είναι η σημαντική μείωση του ενεργειακού περιεχομένου ενός κτιρίου και η φιλικότερη προς το περιβάλλον κατασκευή του αφού για κάθε λίτρο ψημένου χύματος (οπτόπλινθος, τούβλα) χρειάζονται 14000 kJ ενώ για ένα λίτρο «αμμού» χύματος (ωμόπλινθος) χρειάζονται μόνο 300 kJ. Δηλαδή μόνο το 2%.



5

Γενικός στόχος του έργου ήταν να συμπληρώσει τα κενά στη γνώση όσον αφορά τις δυνατότητες χρήσης του σύγχρονου πλινθού μέσα από την παροχή μετρημένων μηχανικών και θερμικών ιδιοτήτων σε ωμόπλινθους που έχουν κατασκευαστεί από κυπριακά χύματα με την πρόσμιξη τσιμέντου.



6

Τι είναι οι ωμόπλινθοι

Οι σύγχρονοι ωμόπλινθοι είναι μια μορφή του κλασικού πλινθίου που κατασκευάζεται με σύγχρονα μέσα και τεχνικές με βασικότερη διαφοροποίηση την χρήση πολύ λιγότερου νερού και πολύ ψηλής πίεσης.

Χρησιμοποιείται προς αντικατάσταση του κοινού τούβλου (οπτόπλινθος) για διάφορους λόγους.

Το ενεργειακό περιεχόμενο του ωμόπλινθου υπολογίζεται ότι είναι μόνο 2% αυτού του οπτόπλινθου.



7

Στόχος ήταν η μέτρηση των πιο κάτω ιδιοτήτων:

- Μηχανική Αντοχή μετά την κατασκευή και σε 5 προκαθορισμένα χρονικά στάδια μετά την κατασκευή (θλίψη, κάμψη) ενώ είναι ξηροί.
- Μηχανική Αντοχή μετά την κατασκευή και σε 5 προκαθορισμένα χρονικά στάδια μετά την κατασκευή ενώ είναι υγροί (σύμφωνα με συγκεκριμένη προδιαγραφή).
- Απορρόφηση νερού και ποσοστό υγρασίας
- Συρρίκνωση
- Πυκνότητα
- Θερμική αγωγιμότητα
- Θερμοχωρητικότητα

Τα δύο τελευταία δεν μπόρεσαν να γίνουν.



8

Το Ερευνητικό Έργο αφορούσε πρώτα στον εντοπισμό κατάλληλων χυμάτων για χρήση της μεθόδου κατασκευής υμοπλίνθων για σύγχρονες κατασκευές με χαμηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο.

Εξετάστηκαν κατάλοιπα διεργασιών λατομείων από δύο λατομεία, κατασκευάστηκαν δοκίμια, έγιναν μετρήσεις αντοχής, και κατασκευάστηκε πειραματικό δωμάτιο.



9

Σύγχρονες Κατασκευές και Προοπτικές του Ωμόπλινθου (Σε Φωτογραφίες)



10



Εξωτερική όψη σύγχρονης οικίας κατασκευασμένης από υμοπλίνθους



11



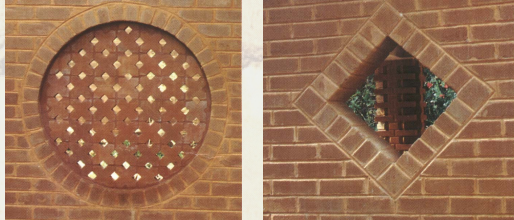
Εσωτερική όψη σύγχρονης οικίας κατασκευασμένης από υμοπλίνθους



Βεράντα σύγχρονης κατοικίας κατασκευασμένης από υμοπλίνθους



12



Διακοσμητικά στοιχεία σύγχρονης αρχιτεκτονικής με ωμοπλίνθους



13

Οι έρευνες για τα χύματα σε συνάρτηση με τον τελικό στόχο της παραγωγής εμπορεύσιμου προϊόντος με πιθανότητες αποδοχής του στην αγορά, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η έρευνα θα έπρεπε να στραφεί προς υλικά τα οποία:

- Έχουν σταθερές και προβλέψιμες ιδιότητες
- Υπάρχουν σε αφθονία σε χώρους αδειοδοτημένους για την παραγωγή και διαχείριση τους
- Υπάρχουν σε χώρους με επαρκή υποδομή να φιλοξενήσει μόνιμη ή ημιμόνιμη εγκατάσταση παραγωγής
- Μπορούν να παράξουν προϊόντα που επιδέχονται επιχρίσματα και άλλες περατωτικές διεργασίες κάτι που φάνηκε ότι είναι σημαντικό για τους πελάτες



14

Αποφασίστηκε να μελετηθούν και να χρησιμοποιηθούν άχρηστα υλικά που προκύπτουν από λατομεία άμμου αφού

(α) έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες και κοκκομετρία και

(β) αποτελούν ένα πρόβλημα για τα λατομεία, που επιζητά λύση.

Διευθετήθηκε η μεταφορά των αναγκαίων ποσοτήτων από δύο τέτοια λατομεία, ένα από την Λευκωσία (Α) και ένα από τη Λάρνακα (Β).



15

Για την παραγωγή των ωμοπλίνθων χρησιμοποιήθηκαν αργιλώδεις ιλύες προερχόμενες από τα δύο λατομεία ασβεστίτικου ψαμμίτη.

Οι αργιλώδεις ιλύες είναι το προϊόν του πλυσίματος των ασβεστίτικων ψαμμιτικών άμμων των δύο λατομείων τα οποία προμηθεύουν με τους άμμους αυτούς πολλές μονάδες παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος με βάση τις Ευρωπαϊκές Προδιαγραφές CYS EN 12620. Για το υλικό αυτό μέχρι τώρα δεν είχε βρεθεί χρήση, με αποτέλεσμα να μαζώνεται και να καταλαμβάνει μεγάλους χώρους εντός των προνομίων λατόμευσης.



16

Τα επιλεγέντα χώματα παρουσίασαν ένα μη αναμενόμενο σφάλμα το οποίο απαιτούσε την χρήση μύλου ή σπαστήρα και κόσκινου για να μπορούν να επεξεργαστούν σε ικανοποιητικό ρυθμό.

Η δοκιμές που έγιναν επί των χωμάτων αυτών έδειξαν ότι η υγρασία και ο λόγος νερού/τσιμέντου είναι κρίσιμες παράμετροι με αποτέλεσμα τα χώματα να μη μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγρά.

Ο πηλός για το κτίσιμο παρασκευάστηκε από το ίδιο χώμα αλλά με άλλες αναλογίες νερού/τσιμέντου.



17



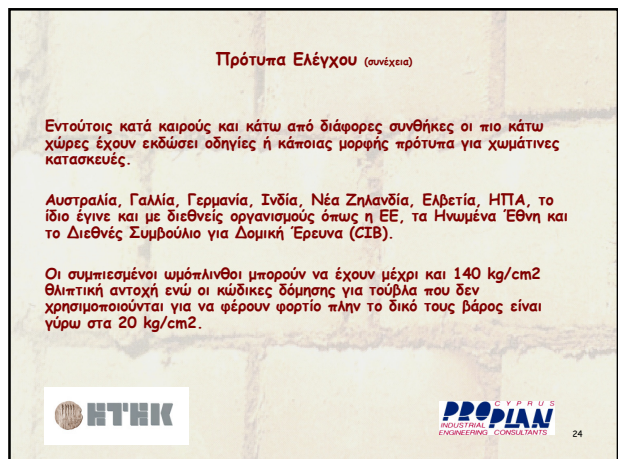
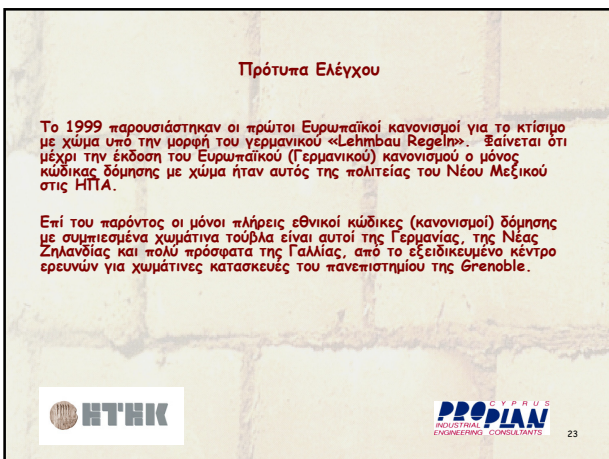
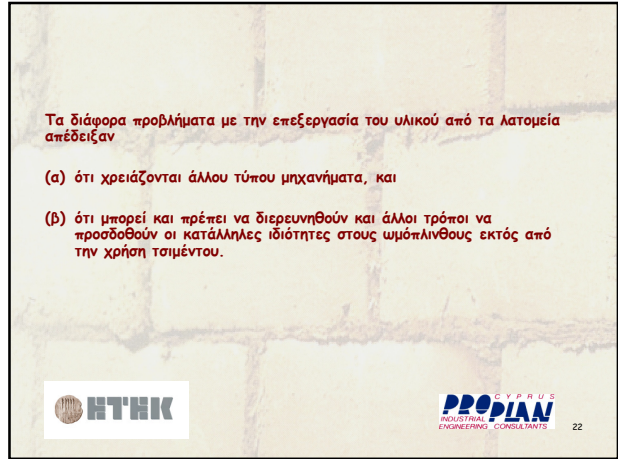
18



19



20





α) Κοκκομετρική Διαβάθμιση

Οι υδρομετρήσεις οι οποίες διενεργήθηκαν επί των δειγμάτων των λατομείων Α και Β καταδεικνύουν ότι η πρώτη ύλη είναι αργιλώδης ιλύς με τις εξής συνθέσεις:

Διάμετρος Κόκκου	Διερχόμενο % Λατομείο Α	Διερχόμενο % Λατομείο Β	Διερχόμενο % Όριο
2,00 - 0,063 mm	85	95	40 - 20
0,063 - 0,0039	13	28	20 - 10

Αν και το διερχόμενο ποσοστό ιλύος και στα δύο δείγματα είναι υπερδιπλάσιο απ' αυτό της προδιαγραφής για τα χύματα, αυτό θα πρέπει μάλλον να θεωρηθεί ότι είναι πλεονέκτημα αφού η έλλειψη κόκκου και άμμου βοηθά στο να επιτευχθεί καλύτερη συμπίεση, μείωση του πορώδους και καλύτερη επαφή της ιλύος με το τσιμέντο.



29

β) Όρια Atterberg

Οι δοκιμές Atterberg για τον προσδιορισμό των ορίων υδαρότητας, πλαστικότητας και του δείκτη πλαστικότητας έχουν δώσει πολύ καλά αποτελέσματα αφού βρίσκονται πολύ πλησίον των ορίων.

Τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα θα πρέπει να θεωρούνται εξαιρετικά.

Atterberg Limits	Λατομείο Α	Λατομείο Β	Όρια %
Όριο Υδαρότητας L.L.	35,75%	38,41%	30%
Όριο Πλαστικότητας P.L.	22,19%	22,69%	15%
Δείκτης Πλαστικότητας P.I.	13,57%	15,72%	15%



30

γ) Ξυσική Υγρασία

Η δοκιμή Ξυσικής Υγρασίας διενεργήθηκε σε όλα τα δοκίμια στα οποία διενεργήθηκαν δοκιμές Ολιπτικής Αντοχής και Μέτρου Ρηγμάτωσης. Το ποσοστό της Ξυσικής Υγρασίας είναι πολύ σημαντικό στοιχείο λόγω και της παρουσίας τσιμέντου στο δείγμα. Τα αποτελέσματα κρίνονται εξαιρετικά.

Ξυσική Υγρασία %	Λατομείο Α 1% Τσιμέντο	Λατομείο Α 2% Τσιμέντο	Λατομείο Α 3% Τσιμέντο	Λατομείο Β 5% Τσιμέντο	Όριο %
Διακύμανση %	1,04 - 3,23	0,84 - 2,07	1,14 - 5,36	1,58 - 4,09	
Μέσος Όρος %	1,94	1,36	2,67	2,66	4,0



31

δ) Μέτρο Ρηγμάτωσης

Τα αποτελέσματα των δοκιμών Μέτρου Ρηγμάτωσης είναι πολύ ψηλότερα από το όριο των διαφόρων προδιαγραφών το οποίο καθορίζεται στα 0,39 MPa.

Μέτρο Ρηγμάτωσης MPa	Λατομείο Α 1% Τσιμέντο	Λατομείο Α 2% Τσιμέντο	Λατομείο Α 3% Τσιμέντο	Λατομείο Β 5% Τσιμέντο	Όριο
Διακύμανση	1,68 - 1,73	1,98 - 2,31	2,56 - 2,78	1,37 - 2,38	
Μέσος Όρος	1,71	2,14	2,67	1,77	0,39



32

ε) Οργανική Ύλη

Τα ποσοστά οργανικής ύλης βρίσκονται πολύ κοντά στην προδιαγραφείσα τιμή η οποία καθορίζεται από 0-3%

Οργανική ύλη	Λατομείο Α	Λατομείο Β	Όριο %
%	3,44%	6,04%	0 - 3



33

στ) Θλιπτική Αντοχή

Τα αποτελέσματα Θλιπτικής Αντοχής των κατασκευασθέντων δοκιμών είναι επίσης εξαιρετικά (N/mm²).

Θλιπτική Αντοχή N/mm ²	Λατομείο Α 1% Τσιμέντο	Λατομείο Α 2% Τσιμέντο	Λατομείο Α 3% Τσιμέντο	Λατομείο Β 5% Τσιμέντο	Όριο
Κατώτερη Τιμή	1,83	3,56	3,12	2,27	1,90
Μέσος Όρος	2,03	4,93	3,12	2,69	2,20



34

ζ) Υδατοδιαλυτά Άλατα

Από τις χημικές αναλύσεις οι οποίες διενεργήθηκαν επί των αργιλωδών ιλύων είναι εμφανές ότι η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε άλατα είναι πολύ χαμηλές και εντός των ορίων των προδιαγραφών. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί καθιστά τα πιεσμένα δοκίμια άτρωτα σε θέματα ρηγμάτωσης.

	Λατομείο Α	Λατομείο Β	Όριο
Θειικά SO ₃ %	0,04	0,245	0,3 - 3,0 %
Φωσφορικά PO ₄ ³⁻ ppm	20,5	19,5	3000 - 30000
Νιτρικά NO ₃ ⁻ ppm	57	52	3000 - 30000
Χλωριούχα Cl ⁻ ppm	410	560	3000 - 30000



35

ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΘΡΑΥΣΗ ΧΩΜΑΤΙΝΩΝ ΠΙΕΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Συμπιεσμένο χώμα σε 1% Τσιμέντο (Λατομείο Α)

Αριθμός Δοκιμίου	Αντοχή N/mm ²	Modulus of Rupture MPa	Ψυκτική Υγρασία %
1030	2,08	1,73	1,04
1031	2,05		1,26
1032	2,00		1,90
1033	1,83		2,84
1034	2,11	1,68	1,14
1035	1,98		2,07
1036	2,12		3,23
1037	2,05		2,08



36

Συμπιεσμένο χύμα σε 2% Τσιμέντο (Λατομείο Α)

Αριθμός Δοκιμίου	Αντοχή N/mm ²	Modulus of Rupture MPa	Ξυσιική Υγρασία %
1038	3,56		1,70
1039	6,06		1,30
1040	4,26		1,91
1041	4,21	1,98	1,25
1042	8,72	2,31	1,14
1043	6,08		2,07
1044	4,59		0,84
1045	6,86		1,08
1046	8,35		0,99



37

Συμπιεσμένο χύμα σε 3% Τσιμέντο (Λατομείο Α)

Αριθμός Δοκιμίου	Αντοχή N/mm ²	Modulus of Rupture MPa	Ξυσιική Υγρασία %
1047	3,16		1,72
1048	3,78		2,86
1049	3,33		1,20
1050	4,28		4,18
1051	3,21	2,78	1,14
1052	3,12		2,63
1053	3,77		1,67
1054	3,44		3,30
1055	4,29	2,56	5,36



38

Συμπιεσμένο χύμα σε 5% Τσιμέντο (Λατομείο Β)

Αριθμός Δοκιμίου	Αντοχή N/mm ²	Modulus of Rupture MPa	Ξυσιική Υγρασία %
1056	3,17		1,99
1057	2,59	1,37	1,58
1058	3,29		2,36
1059	2,72	2,18	1,96
1060	2,45		2,83
1061	2,36		4,09
1062	2,27		3,82



39

Συμπεράσματα

Το γενικό συμπέρασμα από τις δοκιμές και αναλύσεις οι οποίες διενεργήθηκαν τόσο επί των αργιλωδών ιλύων (πρώτη ύλη), όσο και επί των πιεσμένων δοκιμίων είναι εξαιρετικά. Η τεκμηρίωση για τον χαρακτηρισμό αυτό προκύπτει από όλα τα αποτελέσματα.



40

Σήμερα οι κατασκευές από χύμα εκτείνονται από τις πιο στοιχειώδεις και απλές, χειρωνακτικές και ερασιτεχνικές μέχρι τις πιο εξεζητημένες, μηχανοποιημένες και βιομηχανικές. Στη κορυφή αυτού του φάσματος που έγινε το αντικείμενο πάρα πολλής επιστημονικής εργασίας η παραγωγή κτιρίων από χύμα δεν είναι πλέον με οποιοδήποτε τρόπο υποδεέστερη σε σχέση με αυτήν από άλλα υλικά ακόμα και των πιο περίπλοκων.

Στην περίπτωση των συμπεσιμένων μπλοκ από χύμα η τάση για βιομηχανοποίηση εμφανίστηκε πριν από περίπου 40 χρόνια και συνεχίζεται αμείωτη.



41

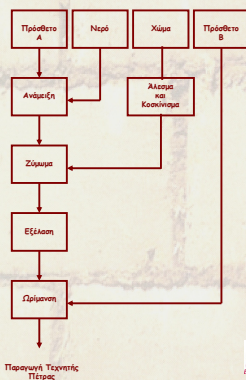
Η τεχνολογία του χύματος δεν είναι πλέον ένα θέμα ερασιτεχνικών πρακτικών χωρίς περιθώρια ανάπτυξης. Η εξέλιξη από χειροτεχνία σε βιομηχανία είναι δυνατή και λαμβάνει χώρα σήμερα αλλά είναι προφανές ότι αυτή η τάση χρειάζεται να δικαιολογηθεί όσον αφορά τις παραμέτρους συγκεκριμένων καταστάσεων όπως: την παγκόσμια πολιτική ανάπτυξης, τους κοινωνικό-οικονομικούς και πολιτιστικούς παράγοντες, την οικονομική και τεχνολογική αλληλεξάρτηση.

Είναι επομένως ιδιαίτερα σημαντικό η επιλογή εξοπλισμού να γίνεται υπό το φως αυτών των παραμέτρων και κριτηρίων ώστε να εξασφαλιστεί ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός εξοπλισμού στη κάθε δεδομένη κατάσταση.

Οι δοκιμές στην παρούσα εργασία έδειξαν ότι όχι μόνο είναι δυνατή η βελτίωση της ποιότητας αλλά και των αντοχών ενώ προκαταρκτικά πειράματα έδειξαν ότι από τα επιλεγμένα χύματα είναι δυνατή και η παραγωγή τεχνητής πέτρας. Το πιο κάτω διάγραμμα δείχνει το σχετικό σκεπτικό.



42



43



44

ΗΤΗΚ

PROPLAN
CYPRUS
INDUSTRIAL
ENGINEERING CONSULTANTS

45

ΗΤΗΚ

PROPLAN
CYPRUS
INDUSTRIAL
ENGINEERING CONSULTANTS

46

Ελπίζεται ότι με την ανακίνηση του θέματος στην Κύπρο θα υπάρξει ενδιαφέρον από ιδρύματα και άλλους φορείς, εταιρείες κλπ να ενδιατριφούν και να ασχοληθούν με τα σχετικά θέματα έτσι ώστε να αρχίσει και στην Κύπρο η εφαρμογή φιλοπεριβαλλοντικών μεθόδων οικοδόμησης κτηρίων, αγροτόσπιτων, εξοχικών κατοικιών, στάβλων κλπ.

ΗΤΗΚ

PROPLAN
CYPRUS
INDUSTRIAL
ENGINEERING CONSULTANTS

47

ΜΕΡΙΚΑ ΑΚΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

ΗΤΗΚ

PROPLAN
CYPRUS
INDUSTRIAL
ENGINEERING CONSULTANTS

48





