

Υπεραπορροφητικά Πολυμερή: Τα έξυπνα μπιλάκια

Τζάμου Βασιλική¹, Λαμπροπούλου Ηλιάνα, Μπακιρτζή Δέσποινα², Οικονόμου
Ευαγγελία, Σαμαρά Κατερίνα³

1^ο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Θεσ/νίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»
¹ vasstz@gmail.com, ² despoina_mpa@hotmail.com, ³ katsam@gmail.com

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Δρ Κλαίρη Αχιλλέως⁴, Φυσικός και Δρ. Σταύρος Παπαδόπουλος⁵, Φυσικός

1^ο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Θεσ/νίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»
⁴ cachilleosa@gmail.com, ⁵ stpapado@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υπεραπορροφητικά πολυμερή (S.A.P) είναι οργανικά υλικά τα οποία μπορούν να απορροφούν μεγάλη ποσότητα νερού σε σχέση με τη μάζα τους.

Τα βιομηχανικά SAP που κυκλοφορούν στην αγορά είναι σε σφαιρίδια, ίνες, μικρά ακανόνιστα κομμάτια ή films και έχουν πια και διάφορα χρώματα. Πριν απορροφήσουν το νερό είναι σκληρά. Όταν απορροφήσουν νερό γίνονται μαλακά σαν gel.

Στην εργασία αυτή μελετούμε τα SAP του εμπορίου που χρησιμοποιούνται για να κρατούν υγρό το χώμα των φυτών. Προσπαθούμε να διαπιστώσουμε αν η ποσότητα νερού που απορροφούν και η ταχύτητα απορρόφησης του νερού εξαρτώνται από τον αρχικό τους όγκο.

Έχει διαπιστωθεί ότι αν χρησιμοποιηθεί απιονισμένο ή απεσταγμένο νερό η ικανότητα απορρόφησης των σφαιριδίων SAP είναι 500 φορές το βάρος τους. Αν τα σφαιρίδια τοποθετηθούν σε φυσιολογικό ορό η ικανότητα απορρόφησης μειώνεται. Στο φυσιολογικό ορό απορροφούν 50 φορές το βάρος τους. Γι' αυτό μελετάται και η ικανότητα απορρόφησης των σφαιριδίων αν στο νερό προστεθούν διάφορες προσμίξεις.

Ακόμα γίνεται έρευνα για την ικανότητα των σφαιριδίων SAP του εμπορίου να απορροφούν

« βρωμιές» μετατρέποντας σε στερεό τη ρύπανση στα υγρά. Έτσι γίνεται πιο εύκολη και ασφαλής η απομάκρυνση τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: super absorbent polymer, hydrogels, hydrophilic gels, water absorbent polymers.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπεραπορροφητικά πολυμερή (SAP: Superabsorbent Polymers) ονομάζονται τα υδρόφιλα υλικά και υδατικά gel που μπορούν να απορροφήσουν και να διατηρήσουν τεράστιες ποσότητες νερού ή διάφορα υδατικά διαλύματα(wikipedia.org/wiki). Η συνολική απορροφητική και διογκωτική τους ικανότητα εξαρτάται από τον τύπο και τον βαθμό των δεσμών που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί το gel τους. Έτσι η χαμηλή πυκνότητα του gel, των υπεραπορροφητικών πολυμερών, σε δεσμούς έχει ως αποτέλεσμα την υψηλότερη απορροφητική ικανότητα και διόγκωση από ότι η μεγάλη περιεκτικότητα. Τα πρώτα έχουν πιο μαλακό και κολλώδες gel ενώ στα δεύτερα η σκληρότητα του gel είναι ισχυρότερη με αποτέλεσμα να διατηρεί το σχήμα του ακόμη και κάτω από ισχυρή πίεση .

Η σύνθεση των πρώτων υπεραπορροφητικών πολυμερών ξεκινάει το 1938. Στις αρχές του 1960 και μετά από έρευνες του υπουργείου γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA) αναπτύχθηκε μια ρητίνη η οποία απορροφούσε 400 φορές το βάρος της και δεν επέτρεπε στο νερό να διαφύγει. Στην συνέχεια το USDA έδωσε την τεχνολογία αυτή σε διάφορα εταιρίες των ΗΠΑ για την περαιτέρω ανάπτυξη της βασικής τεχνολογίας (www.m2polymer.com/html). Το 1978 στην Ιαπωνία άρχισαν να χρησιμοποιούνται υπεραπορροφητικά πολυμερή σε γυναικείες σερβιέτες ενώ η ανάπτυξη τους οδήγησε το 1980 στην χρήση τους (στην Γερμανία και στην Γαλλία) ακόμη και σε πάνες(en.wikipedia.org/wiki, Mohammad J. etal,2008). Στα τέλη του 1990 η παγκόσμια παραγωγή υπεραπορροφητικών πολυμερών υπολογίστηκε στο ένα εκατομμύριο τόνους! Τέλος αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί πως στο πυρηνικό ατύχημα στην Fukushima, προκειμένου να σταματήσει η άκρως ραδιενεργή διαρροή νερού χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός υπεραπορροφητικών πολυμερών, πριονιδιού και τεμαχισμένης εφημερίδας. Ωστόσο αυτή η προσπάθεια απέτυχε.

Η δικιά μας έρευνα εστιάζεται στον έλεγχο της ικανότητας απορρόφησης των υπεραπορροφητικών πολυμερών που κυκλοφορούν στην αγορά και χρησιμοποιούνται για να συγκρατούν την υγρασία στα φυτά. Με τα πειράματά μας, έγινε προσπάθεια να απαντηθούν κάποια δικά μας ερωτήματα. Ποιος τύπος πολυμερών από αυτά που κυκλοφορούν στην αγορά απορροφούν περισσότερο νερό ; Πώς μπορούμε να αυξήσουμε την ικανότητα απορρόφησης τους; Απορροφούν επιλεκτικά κάποιες ουσίες ή

βρωμιές ώστε να γίνεται πιο εύκολη η απομάκρυνση τους από ένα υγρό όπως αναφέρεται για κάποια υπεραπορροφητικά πολυμερή στη διεθνή βιβλιογραφία; (en.wikipedia.org/wiki/Oil_spill);

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Για τα πειράματα μας χρησιμοποιήθηκαν μπιλάκια αρχικής διαμέτρου 2mm περίπου και ορθογώνια ζελεδάκια διαστάσεων 4mm x5mm x 6mm περίπου. Τα μπιλάκια είναι πάρα πολύ σκληρά. Έγινε προσπάθεια να θρυμματιστούν αλλά απέτυχε. Από την άλλη πλευρά τα ζελεδάκια είναι μαλακά και εύκολα μπορεί κάποιος να τα κόψει ακόμη και πριν απορροφήσουν νερό. Στην εικόνα 1 φαίνονται τα πολυμερή που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις μας μετά την απορρόφηση ποσότητας νερού.

Εικόνα 1: Αριστερά φαίνονται τα μπιλάκια και δεξιά τα ζελεδάκια



Αρχικά τοποθετήθηκε μια συγκεκριμένη ποσότητα υπεραπορροφητικών πολυμερών (μπιλάκια) σε ένα ποτήρι ζέσεως και προστέθηκε συγκεκριμένος όγκος νερού. Στην συνέχεια και ανά 15 λεπτά γινόταν ογκομέτρηση της ποσότητας νερού που έμενε στο ποτήρι. Με αφαίρεση του όγκου αυτού από τον αρχικό υπολογιζόταν ο όγκος του νερού που απορροφήθηκε από τα πολυμερή μας. Ωστόσο στην πορεία του πειράματος παρατηρήθηκε ότι η μέτρηση του όγκου του νερού που απορροφούσαν τα πολυμερή δεν ήταν πρακτική και ακριβής. Έτσι αποφασίστηκε πως είναι ορθότερο να γίνεται μέτρηση της μάζας τους.

Τοποθετήθηκαν ορισμένης μάζας υπεραπορροφητικά πολυμερή (μπιλάκια και ζελεδάκια) σε δύο ποτήρια ζέσεως. Κάθε 15 λεπτά γινόταν μέτρηση και καταγραφή της μάζας με ζυγαριά ακριβείας 0,1g. Στη συνέχεια και όταν τα πολυμερή απορρόφησαν την μέγιστη ποσότητα νερού που μπορούσαν τα μισά από αυτά μοιράστηκαν στα δύο και τα άλλα μισά στα τέσσερα. Τα κομμένα υλικά αφήθηκαν μερικές μέρες κοντά σε ζεστό μέρος ώστε να χάσουν το νερό που απορρόφησαν και να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση. Μετά ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως και στα ολόκληρα.

Στη συνέχεια δοκιμάστηκε η απορροφητικότητα τους μέσα σε απιονισμένο νερό, σε διάλυμα νερού-ξιδιού, σε διάλυμα αλατόνευρο. Ακόμη σε διαλύματα νερού-ξιδιού και νερού-αμμωνίας μετρήθηκε το pH του διαλύματος ώστε να διαπιστωθεί αν απορροφούν επιλεκτικά κάποια ουσία.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 1: Μπιλάκια-Οι τιμές μεταβολής της μάζας τους σε σχέση με το χρόνο απορρόφησης.

t(min)	ΔM/M		
	Ολόκληρα	1/2	1/4
0	0,00	0,00	0,00
15	7,50	12,50	17,50
30	13,50	25,00	33,00
45	18,50	32,00	43,00
60	22,50	41,00	50,50
75	27,50	49,50	54,50
90	30,00	51,50	57,50
105	34,50	54,50	59,50
120	39,00	58,00	60,50
135	39,50	59,00	60,50
150	39,50	59,50	60,50

Στον πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές που μετρήθηκαν για την μεταβολή της μάζας σε σχέση με το χρόνο για τα ολόκληρα και τα κομμένα μπιλάκια ενώ στον πίνακα 2 φαίνονται οι ίδιες τιμές για τα ζελεδάκια. Οι αντίστοιχες καμπύλες είναι στα διαγράμματα 1 και 2.

Πίνακας2: Ζελεδάκια- Οι τιμές μεταβολής της μάζας τους σε σχέση με το χρόνο απορρόφησης.

t(min)	ΔΜ/Μ		
	Ολόκληρα	1/2	1/4
0	0,00	0,00	0,00
15	2,33	3,67	42,50
30	5,00	6,33	78,50
45	7,67	9,80	116,50
60	9,67	11,60	146,50
75	11,67	13,20	169,50
90	13,00	15,33	189,00
105	14,33	16,60	210,50
120	16,33	18,07	220,50
135	17,00	19,80	237,50
150	18,33	21,40	248,50

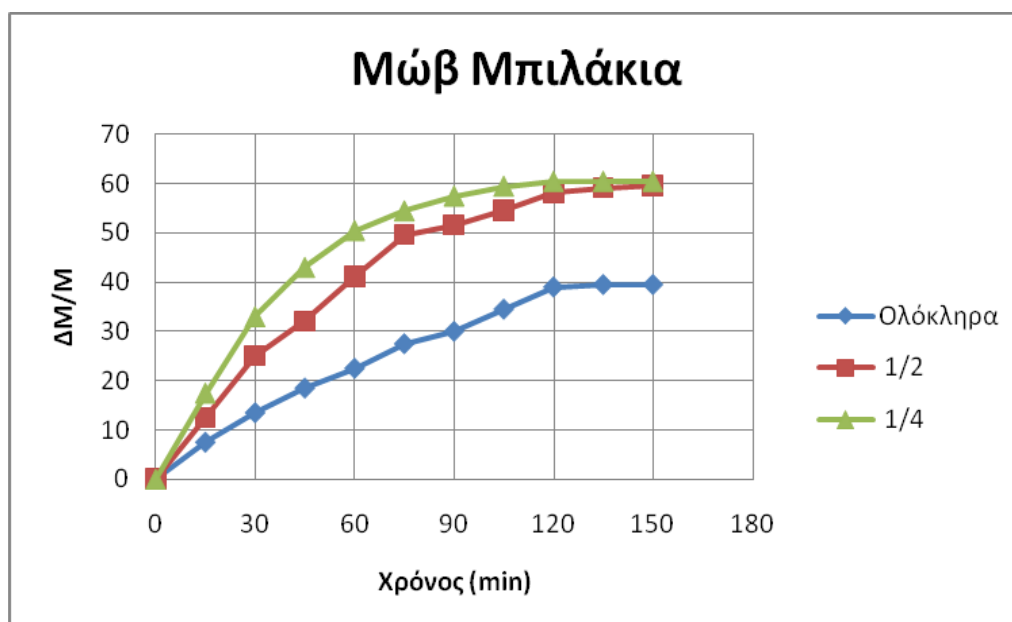
Όπου: ½ τα μπιλάκια έχουν μοιραστεί στα δύο

¼ τα μπιλάκια έχουν μοιραστεί στα τέσσερα

ΔΜ: η διαφορά της μετρούμενης μάζας κάθε φορά από την αρχική πριν μπουνέ τα μπιλάκια στο νερό. Έτσι υπολογίζεται πόση μάζα νερού απορροφήθηκε.

ΔΜ/Μ: Ο λόγος της μάζας του υγρού που απορροφάται προς την αρχική μάζα των πολυμερών

Διάγραμμα 1: Μπιλάκια- Η μεταβολή της μάζας τους σε σχέση με το χρόνο απορρόφησης

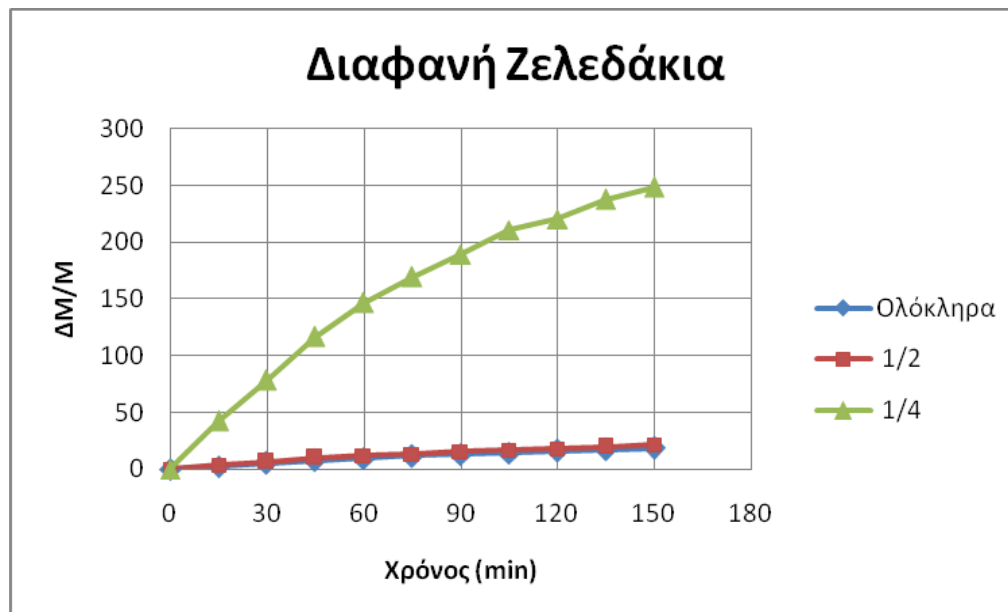


Αυτό που παρατηρείται από το διάγραμμα είναι ότι με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η απορρόφηση του νερού από τα μπιλάκια. Βέβαια κάποια στιγμή- 2,5 ώρες περίπου για τα μπιλάκια-επέρχεται ο κορεσμός και η απορρόφηση σταματάει. Η συνολική απορρόφηση του νερού από τα μπιλάκια είναι περίπου 40 φορές η αρχική τους μάζα.

Κόβοντας τα μπιλάκια στα δύο ή στα τέσσερα, αυτό που στην πράξη επιτυγχάνεται είναι να αυξηθεί η επιφάνεια επαφής των πολυμερών με το υγρό που απορροφούν. Είναι σαφές από το διάγραμμα ότι στα

μπιλάκια η απορρόφηση του νερού αυξάνεται κατά 50% όταν αυξάνεται η επιφάνεια επαφής τους με το νερό. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα μοιρασμένα στα δύο και τα μοιρασμένα στα τέσσερα μπιλάκια έχουν περίπου την ίδια απόκριση στην απορρόφηση του νερού. Ακόμα πρέπει να επισημανθεί ότι σε 2,5 ώρες τα μπιλάκια σε όποια κατάσταση και να είναι απορροφούν την μέγιστη ποσότητα νερού.

Διάγραμμα 2: Ζελεδάκια- Η μεταβολή της μάζας τους σε σχέση με το χρόνο απορρόφησης



Παρατηρώντας το διάγραμμα 2 διαπιστώνεται ότι η συνολική απορρόφηση που έχουν τα ζελεδάκια μετά από 2,5 ώρες είναι περίπου 18 φορές η αρχική τους μάζα. Η απορρόφηση αυτή περίπου η μισή της απορρόφησης που έχουν τα μπιλάκια στον ίδιο χρόνο.

Πάρα πολύ μικρή διαφορά στην απορρόφηση έχουν τα μισά ζελεδάκια από τα ολόκληρα.

Θεαματική είναι η μεταβολή της απορρόφησης όταν τα αρχικά ζελεδάκια μοιραστούν στα τέσσερα. Από το διάγραμμα και από τον αντίστοιχο πίνακα διαπιστώνεται ότι τα ζελεδάκια ενός τετάρτου αυξάνουν την συνολική τους απορρόφηση, σε σχέση με τα ολόκληρα, εννέα φορές. Η ποσότητα νερού που απορροφούν είναι 450% της αρχικής τους μάζας. Ακόμα, πρέπει να αναφερθεί ότι τα ζελεδάκια στις 2,5 ώρες δεν έχουν απορροφήσει την μέγιστη ποσότητα νερού. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 2 στα 150 λεπτά η απορρόφηση δεν εμφανίζει πιατώ.

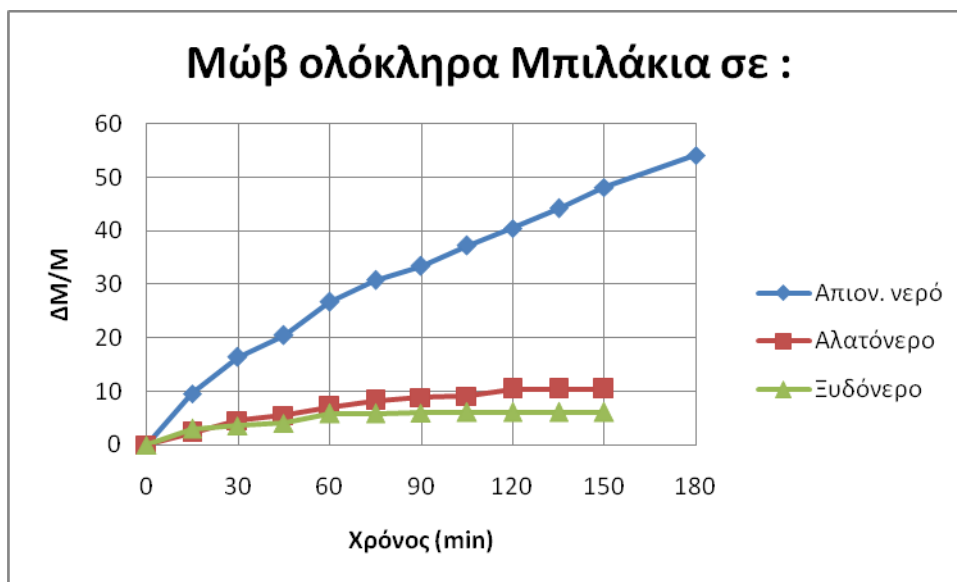
Στον πίνακα 3 φαίνεται η απορρόφηση που έχουν τα μπιλάκια όταν βρίσκονται σε απιονισμένο νερό, σε αλατόνερο και σε ξυδόνερο και στο διάγραμμα 3 φαίνονται οι αντίστοιχες καμπύλες.

Πίνακας 3: Μπιλάκια- Οι τιμές απορρόφησης σε άλλα υγρά

t(min)	ΔΜ/Μ		
	Απιονισμένο	Αλατόνερο	Ξυδόνερο
0	0,00	0,00	0,00
15	9,60	2,30	3,00
30	16,40	4,50	3,60
45	20,40	5,50	4,10
60	26,70	7,10	5,90
75	30,80	8,30	5,90
90	33,40	8,80	6,00
105	37,20	9,10	6,10
120	40,50	10,40	6,10
135	44,20	10,40	6,10
150	48,10	10,40	6,10

Διαπιστώνεται ότι η απορροφητική ικανότητα που έχουν τα μπιλάκια αυξάνεται περίπου κατά 20% όταν αυτά βρίσκονται σε απιονισμένο νερό. Αυτό ήταν αναμενόμενο γιατί σύμφωνα με την βιβλιογραφία (en.wikipedia.org/wiki/) η παρουσία ιόντων σε ένα διάλυμα μειώνει την απορροφητική ικανότητα των πολυμερών. Για τον ίδιο λόγο τα μπιλάκια εμφανίζουν σημαντική μείωση στην ικανότητα απορρόφησης τους όταν βρίσκονται σε αλατόνερο ή ξυδόνερο.

Διάγραμμα 3: Μπιλάκια- Η απορρόφηση σε σχέση με το χρόνο και σε διαφορετικά υγρά.



Από τη μέτρηση του pH που έγινε στο ξυδόνερο και σε διάλυμα αμμωνίας διαπιστώθηκε ότι το pH των διαλυμάτων παραμένει σταθερό με την πάροδο του χρόνου. Επομένως τα μπιλάκια δεν απορροφούν επιλεκτικά ξύδι ή αμμωνία ή μόνο νερό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα υπεραπορροφητικά πολυμερή που κυκλοφορούν στην αγορά μας, έχουν διαφορετική απορρόφηση στο νερό ανάλογα με τον τύπο τους. Αν κάποιος θέλει να αυξήσει την απορροφητικότητα τους και επομένως την ικανότητα τους να συγκρατήσουν περισσότερο νερό, πρέπει να τα κόψει στα δύο αν είναι μπιλάκια ή στα τέσσερα αν είναι ζελεδάκια. Φαίνεται ότι η επιφάνεια επαφής τους με το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην ικανότητα απορρόφησης που έχουν. Βέβαια το γεγονός ότι μπιλάκια διαιρεμένα στα δύο και στα τέσσερα έχουν περίπου την ίδια απορρόφηση και ζελεδάκια ολόκληρα και μισά έχουν επίσης την ίδια απορρόφηση μας κάνει να σκεφτούμε ότι ενδεχομένως υπάρχει ένα άνω και ένα κάτω όριο στην επιφάνεια επαφής σε σχέση με την ικανότητα απορρόφησης για κάθε τύπο πολυμερών.

Διαπιστώθηκε επίσης ότι ο χρόνος που απαιτείται για να απορροφηθεί η μέγιστη ποσότητα νερού αυξάνεται όταν αυξάνεται η επιφάνεια επαφής.

Δοκιμάστηκε η δράση των πολυμερών σε λαδόνερο. Δεν παρατηρήθηκε καμιά επιλεκτική απορρόφηση της 'βρωμιάς'.

Τέλος, όπως και σε όλα τα υπεραπορροφητικά πολυμερή έτσι και σε αυτά, διαλύματα που περιέχουν ιόντα μειώνουν δραστικά την απορροφητική ικανότητα που έχουν τα μπιλάκια και τα ζελεδάκια. Αντίθετα η απορροφητική τους ικανότητα αυξάνεται σε απιονισμένο νερό.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ, κ. Χαρίτωνα Πολάτογλου., για τον πολύτιμο χρόνο που μας αφιέρωσε όποτε χρειαστήκαμε την βοήθεια του.

Ευχαριστούμε ακόμα τον διευθυντή του σχολείου μας κ. Φριλίγκο Στυλιανό για την αμέριστη συμπαράσταση που μας προσφέρει καθώς και για την ενθάρρυνση του ώστε να επιμένουμε στις προσπάθειες μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Mohammad J. Zohuriaan-Mehr and Kourosh Kabiri, Iranian Polymer Journal, 17(6),2008,451-477

http://en.wikipedia.org/wiki/Superabsorbent_polymer

http://www.inda.org/subscrip/inj03_3/p35-40-whitmore.pdf

http://www.m2polymer.com/html/superabsorbent_polymers.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_spill#Cleanup_and_recovery