

ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Κάποιος θα νόμιζε ότι ο κύριος στόχος των διαδικασιών αποσυμπίεσης είναι να επιτρέψουμε στο επιπλέον Άζωτο να απομακρυνθεί από το σώμα τόσο αργά ώστε να μην δημιουργηθούν φυσαλίδες. Παρόλα αυτά οι έρευνες με την μέθοδο των υπερήχων Doppler έχουν δείξει ότι ακόμα και η πιο προσεχτικά διεκπεραιωμένη αποσυμπίεση μπορεί να δημιουργήσει φυσαλίδες στο φλεβικό σύστημα. Εάν είναι λίγες σε αριθμό οι φυσαλίδες αυτές μπορεί να κατακρατηθούν στους πνεύμονες, να απομακρυνθούν με την αναπνοή και να μην δημιουργήσουν πρόβλημα. Έτσι λοιπόν, η πρόληψη για την δημιουργία φυσαλίδων στο φλεβικό αίμα δεν είναι, αυτός καθαυτός, ο κύριος στόχος για την πρόληψη της Νόσου. Αυτό που είναι σημαντικό, είναι η γρήγορη απομάκρυνση του συσσωρευμένου Άζωτου από περιοχές που η δημιουργία φυσαλίδων μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα, όπως είναι οι αρθρώσεις, το νευρικό σύστημα, η αρτηριακή κυκλοφορία ή ακόμα και οι πνεύμονες εάν οι φυσαλίδες είναι πολλές σε αριθμό.

Η θεωρία της αποσυμπίεσης και η πρόληψη της Νόσου μπορούν να χωριστούν σε τρία τμήματα :

- **την μεταφορά του Άζωτου προς και από τους ιστούς**
- **την "φύλαξη" του Άζωτου από τους ιστούς (πόσο πολύ και πόσο γρήγορα)**
- **την δημιουργία και την αύξηση του όγκου των φυσαλίδων**

Το πόσο πολύ και πόσο γρήγορα το Άζωτο θα μεταφερθεί προς και από τους ιστούς καθορίζεται από δύο παράγοντες : την **ΑΙΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ** και την **ΔΙΑΧΥΣΗ**. Η αιματική ροή είναι η ποσότητα του αίματος που ρέει διαμέσου ενός ιστού και καθορίζεται από τον αριθμό των αιμοφόρων αγγείων ανά μονάδα επιφανείας του ιστού. Αυτή ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του ιστού (καμία ροή για τον κερατοειδή χιτώνα του ματιού και υψηλή ροή για τους μύς και για τους ιστούς του εγκεφάλου) και ανάλογα με την ενεργητικότητα του ιστού (χαμηλή ροή για ένα μυ σε ανάπαυση και υψηλή ροή για ένα μυ σε πλήρη κινητικότητα). Για να λάβουν υπ' όψιν τους οι επιστήμονες τους διάφορους τύπους ιστών και το τεράστιο εύρος αριθμητικών τιμών της αιματικής ροής επινόησαν μια σταθερή ομάδα **"διαμερισμάτων" (compartments)** , καθένα με τον δικό του ρυθμό συσσώρευσης αλλά και απαλλαγής αδρανούς αερίου. Είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι τα "διαμερίσματα" δεν αποτελούν συγκεκριμένα ανατομικά διαμερίσματα ούτε καν τύπους βιολογικών ιστών. Είναι μόνο θεωρητικές κατασκευές που χρησιμεύουν για να καλύψουν τους πιθανούς χρόνους εναζώτωσης και αποβολής του Άζωτου από τα διάφορα σημεία του σώματος.

Η διάχυση ελέγχει πόσο γρήγορα το Άζωτο θα κινηθεί από το αίμα προς τους ιστούς. Η διάχυση θα καθορίσει την δυνατότητα ενός βιολογικού ιστού να συσσωρεύσει Άζωτο. Το πόσο Άζωτο θα συσσωρευτεί εξαρτάται από την **ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ** του αδρανούς αερίου μέσα στον ιστό. Ο νόμος της διαλυτότητας του Henry καθορίζει ότι η συνολική ποσότητα του αερίου που διαλύεται σε ένα υγρό είναι ανάλογη της μερικής πίεσης του αερίου, θερμοκρασίας και της ικανότητας του υγρού να απορροφήσει το αέριο. Για παράδειγμα, το Άζωτο στους 37 °C (θερμοκρασία σώματος), έχει μια διαλυτότητα στο νερό περίπου 0.0145ml N₂/ml νερό αλλά πολύ μεγαλύτερη διαλυτότητα στο λίπος, περίπου 0.07 ml N₂/ml λίπους. Αυτή η διαφορά στην διαλυτότητα μεταξύ του νερού και του λίπους θεωρείται ένας προδιαθεσικός παράγοντας για την εμφάνιση της Νόσου.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ο φυσιολόγος J.S. Haldane ανέλαβε να εξελίξει τις διαδικασίες αποσυμπίεσης εκ μέρους του Αμερικανικού πολεμικού ναυτικού. Ο Haldane ήξερε ότι η διάχυση του αδρανούς αερίου στους ιστούς έπαιζε ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην συσσώρευση και απαλλαγή του αερίου από τους ιστούς. Επειδή όμως οι μαθηματικοί υπολογισμοί της διάχυσης είναι εξαιρετικά

Νεκταριος Κατριβσης – Αρχείο 3 – Αποσυμπίεση

πολύπλοκοι (ιδιαίτερα την εποχή του Haldane όπου οι υπολογιστές ήταν ανύπαρκτοι), αυτός επινόησε μια διαδικασία η οποία όχι μόνο εξηγεί την μεταφορά του αδρανούς αερίου στους ιστούς αλλά και την συσσώρευση αυτού.

Η σύγχρονη θεωρία του Haldane υποστηρίζει ότι το Άζωτο συσσωρεύεται αλλά και αποβάλλεται από τους ιστούς με "εκθετική" μορφή. Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα συσσώρευσης του Αζώτου στους ιστούς είναι αρχικά υψηλή ακολουθώντας την αύξηση της πίεσης του περιβάλλοντος και ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου. Παρομοίως, μετά από την ελάττωση της πίεσης του περιβάλλοντος (ανάδυση) η ταχύτητα αποβολής του αδρανούς αερίου είναι αρχικά υψηλή και αργότερα ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου (Σχ. 1).

Ο Haldane υπέθεσε ότι η ταχύτητα εισαγωγής και εξαγωγής του Αζώτου από τους ιστούς ήταν η ίδια. Για παράδειγμα, εάν ένας ιστός χρειάζεται δύο ώρες για πλήρη κορεσμό μετά από μια αύξηση της πίεσης, θα χρειαζόταν άλλες δύο ώρες για πλήρη αποκορεσμό μετά από την ελάττωση της πίεσης και η ταχύτητα εξόδου θα ήταν ένα ακριβές είδωλο της ταχύτητας εισόδου (Σχ. 1).

Ο Haldane επίσης γνώριζε ότι η ταχύτητα εισόδου και αποβολής του αδρανούς αερίου δεν ήταν ομοιόμορφη μέσα στο σώμα : ότι υπάρχει ένα μεγάλο φάσμα χρόνων εισόδου και αποβολής μεταξύ των διαφορετικών βιολογικών ιστών ακόμα και μεταξύ του ίδιου τύπου ιστού που βρίσκεται σε διαφορετικά όργανα και περιοχές του σώματος. Αυτή η γκάμα χρόνων υπάρχει εξαιτίας της διαφορετικής διαλυτότητας του αερίου μέσα στους ιστούς (λίπος, οστά, χόνδροι, μύες, τένοντες κ.λπ), καθώς επίσης και λόγω των διαφορετικών ταχυτήτων της αιματικής ροής προς αυτούς τους ιστούς.

Η ιδέα να χρησιμοποιηθούν θεωρητικά διαμερίσματα έγινε απλά με σκοπό να προσεγγιστεί τι ακριβώς συνέβαινε μέσα στο σώμα.

Η εκθετική μορφή της εισόδου και αποβολής του αδρανούς αερίου εμπεριέχει την έννοια της "ημιζωής". Σαν ημιζωή ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται ένας ιστός να απορροφήσει το μισό αδρανές αέριο από αυτό που έχει την δυνατότητα να απορροφήσει στην πίεση που είναι αυτός εκτεθειμένος. Για παράδειγμα, ένας ιστός με ημιζωή 20 λεπτά θα απορροφήσει 50% του αερίου που μπορεί να απορροφήσει σε 20 λεπτά, 75% του αερίου σε 40 λεπτά, 87.5% σε 60 λεπτά κοκ., μέχρι τον πλήρη κορεσμό.

Αντί λοιπόν να προβληματιζόμαστε για τις πραγματικές ημιζωές των πραγματικών βιολογικών ιστών με την τόσο μεγάλη ποικιλία ταχυτήτων αιματικής ροής ο Haldane απλά είπε το εξής : « Ας διαιρέσουμε τους ιστούς με τις διαφορετικές ταχύτητες αιματικής ροής σε πολλά διαμερίσματα.. Εάν συμπεριλάβουμε ποια μπορεί να είναι η ημιζωή του γρηγορότερου ιστού (συνήθως 5 λεπτά) και ποια του αργότερου (συνήθως αρκετές ώρες), θα είμαστε σε θέση να προσομοιάσουμε τι ακριβώς συμβαίνει μέσα στο σώμα.»

Αντιλαμβάνεστε βέβαια, ότι αυτό είναι ένα μοντέλο που προσπαθεί να περιγράψει τον πραγματικό κόσμο. Το τι ακριβώς συμβαίνει μέσα στο ανθρώπινο σώμα είναι πολύ πιο πολύπλοκο από ένα μοντέλο, και αυτός είναι ο λόγος που ένα μοντέλο πρέπει να δοκιμάζεται όσο περισσότερο γίνεται.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΟΡΕΣΜΟΣ?

Ο "κορεσμός" και η "ημιζωή" είναι δύο πολύ σημαντικές έννοιες στην θεωρία της αποσυμπίεσης.

Μέσα στο πλαίσιο της θεωρίας της αποσυμπίεσης, κορεσμός σημαίνει πόσο "γεμάτος" είναι ένας ιστός με ένα αδρανές αέριο. Οι ιστοί μπορεί να είναι ακόρεστοι, μερικώς κορεσμένοι ή πλήρως κορεσμένοι με αδρανές αέριο. Πλήρης κορεσμός σημαίνει ότι το αίμα ή οι ιστοί έχουν "γεμίσει" με όλο το αδρανές αέριο που μπορεί να δεχτούν **για την συγκεκριμένη πίεση στην οποία έχουν εκτεθεί**. Αυτό επίσης σημαίνει ότι η πίεση του αερίου στον ιστό ισούται με την πίεση του αερίου στο περιβάλλον.

Επομένως "κορεσμός", τουλάχιστον στην περίπτωση των αδρανών αερίων, αναφέρεται όχι μόνο στην ποσότητα του αερίου αλλά και στην πίεση του αερίου. Κάθε διαμέρισμα που είναι πλήρως κορεσμένο με αδρανές αέριο σε μια συγκεκριμένη πίεση μπορεί να "χωρέσει" περισσότερο αέριο σε μια μεγαλύτερη πίεση περιβάλλοντος.

ΠΩΣ ΟΙ ΗΜΙΖΩΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟ ΤΟΥ ΑΔΡΑΝΟΥΣ ΑΕΡΙΟΥ?

Εάν ένας αυτοδύτης που αναπνέει αέρα καθίσει αρκετό χρόνο στα 10 μέτρα βάθος θα καταφέρει να φέρει σε κορεσμό όλους τους ιστούς του σώματός του στις δύο ατμόσφαιρες συνολική πίεση αερίου. Από αυτή την συνολική πίεση, η μερική πίεση του Αζώτου PN₂ θα είναι $2 \times 0.78 = 1.56$ ATA. Πόσος χρόνος θα χρειαστεί για να φτάσουν όλοι οι ιστοί στις δύο ατμόσφαιρες συνολική πίεση (και PN₂=1.56 ATA)? Με άλλα λόγια πόσος χρόνος χρειάζεται για να κορεστούν όλοι οι ιστοί στην πίεση του περιβάλλοντος?

Η απάντηση είναι πολύπλοκη, διότι το σώμα δεν "φορτώνει" Άζωτο ομοιόμορφα. Υπάρχει ένα φάσμα ταχυτήτων εναζώτωσης εξαιτίας των διαφορετικών τύπων ιστών και των διαφορετικών ταχυτήτων διάχυσης.

Οι λιπώδεις ιστοί έχουν μεγάλους χρόνους ημιζωής διότι το λίπος χρειάζεται πολύ χρόνο να κορεσθεί με άζωτο όταν εκτίθεται σε υψηλή πίεση (έχει μεγάλη διαλυτότητα για το Άζωτο) και διότι η αιματική ροή του λίπους είναι σχετικά φτωχή σε σχέση με τους άλλους ιστούς : είναι επομένως ένας **αργός ιστός**.

Οι νευρικοί ιστοί θεωρούνται ότι έχουν γρήγορους χρόνους ημιζωής διότι έχουν πολύ καλή αιματική ροή. Το αίμα που βρίσκεται σε επαφή με τις κυψελίδες, είναι ο γρηγορότερος ιστός διότι απορροφά το Άζωτο πολύ γρήγορα από τον αναπνεόμενο αέρα.

Ας κοιτάξουμε όμως πιο αναλυτικά σε ένα διαμέρισμα με ημιζωή 20 λεπτών που βρίσκεται σε περιβάλλον 2ATA. Ένας χρόνος ημιζωής των 20 λεπτών σημαίνει ότι το μισό από το Άζωτο που πρόκειται να "χωρέσει" στο διαμέρισμα θα μπει μέσα στα πρώτα 20 λεπτά. Εκείνη την στιγμή η μερική πίεση του Αζώτου θα είναι :

$$0.78 + \frac{1}{2} (0.78) = 1.17 \text{ ATA}$$

Αυτό σημαίνει ότι $\frac{1}{2}(0.78)$ PN2 μένει να "χωρέσει" μέσα στον ιστό μέχρι τον πλήρη κορεσμό (1.56ATA). Σημειώστε ότι αν και τα πρώτα 0.39ATA Αζώτου "μπήκαν" σε 20 λεπτά, τα επόμενα 0.39ATA Αζώτου δεν θα "μπούν" στα επόμενα 20 λεπτά. Αυτό συμβαίνει διότι η ταχύτητα

εισόδου ελαττώνεται καθώς το διαμέρισμα προχωρά στον πλήρη κορεσμό. Στα επόμενα 20 λεπτά, θα "μπί" στον ιστό το μισό από το υπολειπόμενο Άζωτο :

$$1.17 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} (0.78) = 1.37 \text{ ATA}$$

Το ίδιο θα ισχύσει για κάθε επόμενο 20 λεπτά, μέχρι ο ιστός να κορεστεί πλήρως. Για πρακτικούς λόγους ένα διαμέρισμα θεωρείται κορεσμένο μετά την πάροδο έξι ημιζωών. Μετά από έξι ημιζωές το διαμέρισμα θα είναι 98.5% κορεσμένο.(Πίνακας 1)

Η έννοια των έξι ημιζωών έως τον πλήρη κορεσμό (98.5%) ισχύει ανεξαρτήτως της πίεσης ή της απόλυτης τιμής της ημιζωής . Στα 20 μέτρα βάθος το σώμα (η οποιοσδήποτε ιστός ή θεωρητικό διαμέρισμα) θα μπορούσε να συγκρατήσει (3 x 0.78) ATA Αζώτου κοκ.

Περίοδος ημιζωής	Ημιζωή (min)	Συνολικός Χρόνος (min)	Ποσοστό πλήρους κορεσμού	PN2 στους πνεύμονες	PN2 στον ιστό
Πρώτη	20	20	50	1.56	1.17
Δεύτερη	20	40	75	1.56	1.365
Τρίτη	20	60	87.5	1.56	1.46
Τέταρτη	20	80	93.75	1.56	1.51
Πέμπτη	20	100	96.875	1.56	1.535
Έκτη	20	120	98.5	1.56	1.55

Πίνακας 1

Ημιζωές έως πλήρη κορεσμό για ένα διαμέρισμα με ημιζωή 20 λεπτών, σε ένα βάθος 10 μέτρων.

ΤΙ ΣΧΕΣΗ ΕΧΟΥΝ ΟΙ ΗΜΙΖΩΕΣ ΚΑΙ Ο ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΑΤΑΔΥΤΙΚΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ?

Ο Haldane σκέφτηκε ότι εάν ήξερε ποια διαφορά πίεσης δεν θα δημιουργήσει συμπτώματα Νόσου, και εάν επίσης ήξερε την ταχύτητα με την οποία οι ιστοί φτάνουν στον κορεσμό και αποκορεσμό θα μπορούσε να σχεδιάσει ένα πίνακα αποσυμπίεσης . Πειραματικά η ομάδα του Haldane έδειξε ότι τα πειραματόζωα που χρησιμοποίησε δεν εμφάνιζαν συμπτώματα Νόσου εάν σε κάθε στάδιο αποσυμπίεσης η διαφορά της πίεσης δεν ήταν μεγαλύτερη από 2:1. Αμέσως λοιπόν αυτός υπέθεσε ότι είναι απόλυτα ασφαλές κάποιος να καταδύεται στα 10 μέτρα βάθος για απεριόριστο χρονικό διάστημα
 Νεκταριος Κατριβεςης – Αρχείο 3 – Αποσυμπίεση

και μετά να αναδυθεί χωρίς να υπάρξει κανένα απολύτως πρόβλημα. (Σήμερα γνωρίζουμε ότι αυτό δεν είναι σωστό. Τα πειραματόζωα του Haldane συμπιέστηκαν μόνο για λίγες ώρες, όχι αρκετά για τους πολύ αργούς ιστούς να φτάσουν σε πλήρη κορεσμό: τα πιο αργά διαμερίσματα έχουν ημιζωή πολύ περισσότερο από 75 λεπτά που υπέθεσε ο Haldane, πιθανόν περισσότερο και από 12 ώρες. Εάν ένας δύτες παραμείνει αρκετό χρόνο στα 10 μέτρα και φτάσει μέχρι πλήρη κορεσμό τότε θα αναγκαστεί οπωσδήποτε να κάνει στάσεις αποσυμπίεσης. Στις καταδύσεις αναψυχής οι χρόνοι παραμονής στα μικρά βάθη δεν είναι τόσο μεγάλοι ώστε να οδηγήσουν τα αργά διαμερίσματα σε πλήρη κορεσμό.)

Η ανησυχία του Haldane ήταν για τα μεγάλα βάθη. Τι θα συμβεί σε μία κατάδυση στα 30 μέτρα (4ATA)? Σε αυτό το βάθος κάποιος πρέπει να ασχοληθεί με τις αποσυμπίεσεις και επομένως με τις ημιζωές των διαμερισμάτων. Ας δούμε λοιπόν πέντε διαφορετικά διαμερίσματα, το καθένα με τον δικό του χρόνο ημιζωής, να βρίσκονται στα 30 μέτρα βάθος (Πίνακας 2)

Ημιζωή (min)	Αριθμός ημιζωών	% κορεσμός	PN2 (ATA)	PN2 2:1 πτώση	MSW 2:1 πτώση
5	4	93.75	2.97	1.49	9
10	2	75	2.54	1.27	6.2
20	1	50	1.95	0.98	2.25
40	0.50	25	1.37	< 0.68	επιφάνεια
80	*	*	*	< 0.68	επιφάνεια

μπορεί να γίνει ανάδυση χωρίς πτώση της πίεσης 2:1

Πίνακας 2.

Πέντε διαφορετικά διαμερίσματα με χρόνους ημιζωής 5,10,20,40 και 80 λεπτά αντίστοιχα μετά απο παραμονή 20 λεπτών στα 30 μέτρα (4ATA)

Βλέπουμε λοιπόν στον Πίνακα 2. ότι το διαμέρισμα με χρόνο ημιζωής 5 λεπτά καθορίζει την διαδικασία αποσυμπίεσης διότι η βαθύτερη στάση που επιτρέπεται για μία πτώση της πίεσης 2:1 είναι η στάση των 9 μέτρων . Εάν ο δύτες δεν σταματήσει στην στάση των 9 μέτρων θα ξεπεράσει τον ασφαλή λόγο αποσυμπίεσης 2:1 για το διαμέρισμα με χρόνο ημιζωής 5 λεπτά με αποτέλεσμα να υπάρξει πιθανότητα δημιουργίας φυσαλίδων από το συγκεκριμένο διαμέρισμα.

Με αυτές τις θεωρήσεις ο Haldane και οι συνεργάτες του οδηγήθηκαν στην δημιουργία των πρώτων πινάκων αποσυμπίεσης.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΥΠΕΡΚΟΡΕΣΜΟΣ?

Ο υπερκορεσμός συμβαίνει όταν η πίεση του Αζώτου στα διάφορα διαμερίσματα είναι μεγαλύτερη από την πίεση του περιβάλλοντος. Έως ένα βαθμό μια κατάσταση υπερκορεσμού πάντα συμβαίνει κατά την ανάδυση : για μία μικρή χρονική περίοδο η πίεση του Αζώτου σε κάποια από τα διαμερίσματα θα είναι υψηλότερη από ότι στους πνεύμονες και το αίμα.

Ο υπερκορεσμός δεν είναι πρόβλημα απο την στιγμή που μπορούμε να τον κρατήσουμε σε χαμηλό βαθμό. Εάν ο βαθμός του υπερκορεσμού είναι μεγάλος, τότε μπορεί να δημιουργηθούν φυσαλίδες και να δημιουργήσουν συμπτώματα Νόσου. Οι φυσαλίδες θα δημιουργηθούν διότι η έξοδος του Αζώτου από το υπερκορεσμένο διαμέρισμα είναι πολύ μεγάλη για να μπορέσει το αδρανές αέριο να παραμείνει σε διάλυση μέσα στο αίμα.

Κατά μία έννοια ο υπερκορεσμός και η αποσυμπίεση πάνε μαζί χέρι-χέρι. Όποτε η πίεση του αδρανούς αερίου είναι υψηλότερη σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος απο την πίεση του περιβάλλοντος, θα αρχίσει αμέσως η διαδικασία της αποσυμπίεσης (το αδρανές αέριο θα αρχίσει να εγκαταλείπει το υπερκορεσμένο διαμέρισμα).

Κάθε φορά που πετάμε με το αεροπλάνο ή ανεβαίνουμε σε ένα υψηλό βουνό βάζουμε τους ιστούς μας σε κατάσταση υπερκορεσμού.Από πλευράς εξέλιξης του ανθρώπου η αποσυμπίεση είναι κάτι το οποίο το ανθρώπινο σώμα έχει σχεδιαστεί να μπορεί να αντιμετωπίζει έως ένα βαθμό.

Ο Haldane κατέληξε, με τα πειράματα που έκανε με κατσίκες , ότι το ανθρώπινο σώμα μπορεί να ανεχθεί έως και διπλάσιο βαθμό υπερκορεσμού δίχως να δημιουργηθούν φυσαλίδες (μείωση στο μισό της πίεσης του περιβάλλοντος). Όπως είπαμε και προηγουμένως αυτός δεν είναι πάντα ένας ασφαλής βαθμός υπερκορεσμού. Σε αυτό το σημείο πρέπει να πούμε ότι η παράλειψη του Haldane ήταν ότι έλαβε υπ' όψιν του την ελάττωση της πίεσης του αναπνεύσιμου μίγματος ενώ θα έπρεπε μόνο του Αζώτου ($2 \times 0.79 = 1.56$). Έτσι λοιπόν ο λόγος του Haldane πρέπει να είναι 1.56:1 και όχι 2:1.

Βασιλης Μαυρος
Εκπαιδευτης ΕΟΥΔΑΑΤΚ – CMAS
Χημικος ΜΧ Πολυμερων.