



## Μελέτη σχετικά με την εξολόθρευση του βακτηριακού φορτίου στο εσωτερικό ενός δωματίου ξενοδοχείου από σύστημα απολύμανσης με όζον.

Alessandro De Toni <sup>a,c</sup>, Elisabetta Pasqualotto <sup>a</sup>, Stefano Girardi <sup>b</sup>, Marco Quarta <sup>b,c</sup>, Prof. Carlo Reggiani<sup>b</sup>, Prof. Alessandro Paccagnella <sup>a</sup>

### Στόχος της έρευνας

Σε όλους τους χώρους που μας περιβάλλουν υπάρχει προδιάθεση για την εμφάνιση των ιών και των βακτηρίων, και σε ορισμένες περιπτώσεις περισσότερο από ό, τι σε άλλες. Είναι αναγκαίο να θεσπιστούν κατάλληλες διαδικασίες αποστείρωσης έτσι ώστε να εμποδίζεται η εκδήλωση των νόσων.

Η παρούσα εργασία έγινε με σκοπό να προσδιορίσουμε την ικανότητα της εξολόθρευσης του οργανικού φορτίου ενός νέου συστήματος απολύμανσης που βασίζεται στη χρήση του όζοντος, αξιολογώντας την ικανότητα απολύμανσης του μηχανήματος που χρησιμοποιήσαμε στο εσωτερικό ενός δωματίου του ξενοδοχείου.

### Εισαγωγή

Ως “ απολύμανση” εννοούμε την συνεχή ή περιοδική διενέργεια καθαριότητας και αποστείρωσης μιας οποιαδήποτε επιφάνειας.

Η διαδικασία απολύμανσης αποτελείται από τέσσερις φάσεις : 1) καθαρισμός με χρήση απορρυπαντικού 2) ξέπλυμα, 3) απολύμανση, 4) ξέπλυμα, .

Μία επιφάνεια μπορεί να χαρακτηριστεί αποστειρωμένη όταν : 1) οπτικά δεν υπάρχει παρουσία ρύπος, 2) δεν είναι λιπαρό στην αφή και έχει απολιπανθεί, 3) δεν εκπέμπει κακοσμία, 4) δεν υπάρχουν παθογόνα μικρόβια και 5) υπάρχει μειωμένη παρουσία άλλων μικροβίων.

Αναλυτικά, ο ρύπος μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικές κατηγορίες : οργανικός (υπολείμματα από κρέας, ψάρι, ζάχαρη, βακτήρια, ζύμες και μούχλες) και ανόργανο (υπολείμματα από άλατα και άλλα υλικά). Η εξάλειψή του εξαρτάται από την σωστή επιλογή του απορρυπαντικού σχέση με το είδος του ρύπου προς εξάλειψη.

Όσον αφορά την απολύμανση, αυτή συνίσταται στη μείωση της ποσότητας των παρόντων μικροοργανισμών και την εξάλειψη των παθογόνων μικροβίων. Το τελικό αποτέλεσμα στη μεθοδολογία της κλασικής καθαριότητας εξαρτάται από

την αποτελεσματικότητα της δράσης των απορρυπαντικών, από την πληρότητα της δράσης της έκπλυσης, από τον τύπο και την συγκέντρωση του απολυμαντικού και από τον χρόνο επαφής. Τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση είναι ποικίλα, το καθένα με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Ένα καλό απολυμαντικό πρέπει να μπορεί να καταστρέφει του παθογόνους μικροοργανισμούς χωρίς όμως να αφήνει κηλίδες ή να διαβρώνει τις επιφάνειες, και επιπλέον να είναι ικανό να δρα ακόμη και σε σκληρό νερό καθώς επίσης και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Η ενδιάμεση φάση του ξεπλύματος είναι πολύ βασική επειδή επιτρέπει την εξάλειψη τυχόν υπολειμμάτων ρύπου και απορρυπαντικού και να προετοιμάσουμε την επιφάνεια για να κάνουμε την απολύμανση. Η τελική φάση ξεπλύματος απεναντίας έχει σκοπό την εξάλειψη υπολειμμάτων από απολυμαντικά διαλύματα , ώστε να αποτρέψουμε μία άμεση επαφή μεταξύ χημικών ουσιών και τροφίμων.

Η νέα τεχνολογία της απολύμανσης που βασίζεται στη χρήση του όζοντος, μπορεί να εφαρμοστεί στη φάση της αποστείρωσης, με σημαντικό πλεονέκτημα τη μη χρήση χημικών προϊόντων, την άμεση εφαρμογή και την δράση σε όλες τις επιφάνειες που υπάρχουν στο χώρο προς απολύμανση.

Η τεχνολογία αυτή εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε κλειστό χώρο, ειδικά δε εκεί όπου είναι επιθυμητή μία πλήρης απολύμανση όπως π.χ στα δωμάτια των ξενοδοχείων, όπου ένας σημαντικός αριθμός ανθρώπων οι οποίοι μπορούν να έρθουν σε επαφή , ή το αυτοκίνητο όπου συχνά δεν πλένεται επιμελώς και υπάρχει υψηλός πολλαπλασιασμός βακτηρίων. Ο χώρος που επιλέχθηκε για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου απολύμανσης με όζον, είναι ένα δωμάτιο ξενοδοχείου.

Το όζον (αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου)είναι ένα ασταθές αέριο που προέρχεται από το τρισθενές οξυγόνο (O<sub>3</sub>). Στην ατμόσφαιρα δημιουργείται κατά την διάρκεια των καταιγίδων, από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις που

παράγουν οι κεραυνοί και επίσης με ακτινοβολία από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου.

Το όζον είναι ένα φυσικό αέριο που δεν αφήνει κανένα ίχνος ή χημικά κατάλοιπα. Γίνεται αντιληπτό οσφρητικά σαν μια ισχυρή και διεισδυτική μυρωδιά και είναι οπτικά άχρωμο.

Η υψηλή οξειδωτική του δράση και η φυσική του τάση να διασπάται σε οξυγόνο (ο χρόνος μετατροπής εξαρτάται από τη θερμοκρασία, σχετική υγρασία, συγκέντρωση παραγόμενου O<sub>3</sub>, χρήση στο νερό ή στον αέρα) μας επιτρέπουν να αναπτύξουμε ολοκληρωμένα συστήματα απολύμανσης που να είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν την βακτηριοκτόνο δράση του όζοντος.

### Χρησιμοποιηθέν Υλικό

Η απολύμανση με όζον (παραγωγή, διατήρηση της συγκέντρωσης και κατάλυση) πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή τύπος “OZOSI’ ROOM” παραγόμενο από την Εταιρία Evergreen Tecno Plants srl (Πατενταρισμένη βιομηχανική εφεύρεση Νο 0001370912).

Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα ικανό να παράγει όζον στην ζητούμενη συγκέντρωση, να μας εγγυηθεί την διατήρηση της συγκέντρωσης για έναν προσδιοριζόμενο χρόνο και στο τέλος του κύκλου, να μετατρέπει σε οξυγόνο την ποσότητα του όζοντος που παρέμεινε σε κατάλοιπο (μετά την επεξεργασία) αποκλείοντας στη συνέχεια τυχόν κινδύνους για τους χειριστές (κατώτατα όρια καθοριζόμενα από την επιθεώρηση εργασίας, από τη AGGIH και από τη NIOSH).

Το αναλυθέν σύστημα (OZOSI’ ROOM), καταλύοντας σε οξυγόνο το κατάλοιπο όζοντος που υπάρχει στο χώρο, αποτρέπει την απομάκρυνση του στον εξωτερικό χώρο με πλήρη σεβασμό στην Ισχύουσα Νομοθεσία που θεωρεί το όζον ρυπογόνο για το περιβάλλον καθορίζοντας και σε αυτή την περίπτωση τα όρια ανοχής για τον άνθρωπο.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του μικροβιακού φορτίου που υπάρχει στις εξεταζόμενες επιφάνειες χρησιμοποιήθηκαν **πλάκες άγαρ** για την μέτρηση του συνολικού βακτηριακού φορτίου (CBT) (Plate count agar, Lickson, διαμέτρου 65 mm) για την μέτρηση ζύμης και μούχλας (Sabouraud dextrose agar, Lickson, 65 mm) Οι **πλάκες** που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατάλληλες σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς, έχουν μία επιφάνεια δειγματοληψίας ίση με 24 cm<sup>2</sup> και περιέχουν χρώμα σε μορφή agar, κυρτό και κατάλληλο για τις εφαρμογές επαφής στην επιφάνεια προς ανάλυση. Αυτό το χρώμα μπορεί να είναι επιλεκτικό, για την ανάπτυξη ζύμης και μούχλας, ή όχι επιλεκτικό, για την μέτρηση του συνολικού βακτηριακού φορτίου.

Τα εξεταζόμενα δωμάτια του ξενοδοχείου είναι διαστάσεων 15 m<sup>2</sup> το καθένα, που περιλαμβάνουν και ένα μπάνιο χωρίς παράθυρο των 2 m<sup>2</sup> το καθένα.

### Μεθοδολογία

*Προσδιορισμός των περιοχών της δειγματοληψίας:* Μετά από μια πρώτη επιτόπια επιθεώρηση του επιλεγμένου δωματίου, προσδιοριστήκανε οι επιφάνειες που θα γίνουν οι αναλύσεις και αξιολογήθηκαν σε σχέση με τον όγκο του χώρου, οι απαραίτητοι χρόνοι ώστε να διασφαλίσουμε τον κορεσμό (1ppm) και την σωστή κατάλυση του όζοντος. Προσδιοριστήκανε οι ειδικοί χώροι ενός δωματίου το οποίο είχε ήδη καθαριστεί με νορμάλ απορρυπαντικά και ενός δωματίου που δεν είχε καθαριστεί. Όσον αφορά το δωμάτιο που πλύθηκε, οι επιλεγμένοι χώροι για τον δειγματοισμό φαίνονται στον. Πίν. 1

### Πίνακας. 1 – Χώροι δειγματοισμού καθαρισμένου δωματίου

|                    | Πριν την απολύμανση   | Μετά την απολύμανση |
|--------------------|---|---------------------|
| Κεφαλάρι κρεβατιού | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |                     |
| Τηλέφωνο           | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |
| Διακόπτες          | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |
| Πλακάκια μπάνιου   | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |
| Κουρτίνα μπάνιου   | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |                     |

Για το δωμάτιο το οποίο δεν έχει ακόμη επεξεργαστεί, οι επιλεγόμενοι χώροι για τον δειγματοισμό φαίνονται στον. Πίν. 2

### Πίνακας,2- Χώροι δειγματοισμού δωματίου προς καθαρισμό

|                      | Πριν την απολύμανση   | Μετά την απολύμανση |
|----------------------|---|---------------------|
| Κεφαλάρι κρεβατιού   | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |                     |
| Τηλέφωνο             | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |
| Τοίχος               | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |                     |
| Φίλτρο κλιματιστικού | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |
| Διακόπτες            | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |
| Τηλεκοντρόλ          | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |                     |

|                  |   |
|------------------|---|
| Πλακάκια μπάνιου | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |
| Κουρτίνα μπάνιου | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |
| Ράφι μπάνιου     | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> ) / Ζύμες και μούχλα (96 cm <sup>2</sup> ) |
| Σεσουάρ          | Σύνολο μικροβίων (96 cm <sup>2</sup> )  |

*Συλλογή των δειγμάτων:* Η συλλογή των δειγμάτων γίνεται δια της απ' ευθείας επαφής της πλάκας με την εξεταζόμενη επιφάνεια στην οποία εφαρμόζεται μία σταθερή πίεση για 10 δευτερόλεπτα. Ο δειγματισμός εξετάζει για κάθε ταμπόν τέσσερα κοντινά σημεία συνολικής επιφάνειας 96 cm<sup>2</sup>. Για τις επιφάνειες που δεν μας επιτρέπουν να έχουμε πλήρη επαφή της πλάκας, χρησιμοποιηθήκανε αποστειρωμένα ταμπόν για την συλλογή των βακτηρίων, αφού προηγουμένως έχουν υγρανθεί με φυσιολογικά διαλύματα και ακολούθως τα φέρνουμε σε επαφή με την πλάκα ώστε να επιτρέψουμε την βακτηριακή ανάπτυξη. Οι πλάκες, μετά το πέρας του δειγματισμού σφραγίστηκαν με μεμβράνη παραφίλμ, και τοποθετήθηκαν σε έναν επωαστήρα (Heraeus) για 48 ώρες ώστε να εξασφαλίσουμε στους μικροοργανισμούς ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης. Ακολούθως έγινε η καταμέτρηση της παροικίας που αναπτύχθηκε σε ολόκληρη τη πλάκα (24 cm<sup>2</sup>), εκφράζοντας το αποτέλεσμα σε UFC/100cm<sup>2</sup>.

#### Αποτελέσματα

Στον πίνακα 3 υπάρχουν οι τιμές των UFC/100 cm<sup>2</sup> που αφορούν το προηγούμενο επεξεργαζόμενο δωμάτιο, ενώ στο στον πίνακα 4 οι τιμές που αφορούν το δωμάτιο προς καθαρισμό. Και για τις δύο περιπτώσεις η δειγματοληψία είναι διαφορετική για κάθε επεξεργαζόμενη επιφάνεια σε pre και post απολύμανση.

Όπως φαίνεται στους πίνακες 3 και 4, η απολύμανση του χώρου (δωμάτιο) με όζον αποδεικνύει ότι για όλες τις εξεταζόμενες επιφάνειες έχουμε μείωση του βακτηριακού φορτίου καθώς και ζύμης και μούχλας, σε μέσο όρο αντίστοιχα γύρω στο 61% για το συνολικό βακτηριακό φορτίο και γύρω στο 56% για ζύμες και μούχλας.

Παρατηρούμαι επιπλέον ότι αξιολογώντας τις ίδιες επιφάνειες στα δύο δωμάτια, η μείωση έχει τιμές πολύ κοντινές, επιβεβαιώνοντας ότι η δράση του όζοντος προσφέρει βελτίωση της αποτελεσματικότητας εξαρτώμενη από τον τύπο των επιφανειών και δρα με τον ίδιο τρόπο σε ίσες επιφάνειες μεταξύ των.

**Πίνακας 3 – τιμές UFC/100 cm<sup>2</sup>, διαιρούμενες κατά ζώνες στο γενικό σύνολο και ζύμες και μούχλας, σχετικά με το καθαρισμένο δωμάτιο.**

|                      |                  |         |           | Πριν | Μετά | Μείωση % |
|----------------------|------------------|---------|-----------|------|------|----------|
| Απολυμασμένο δωμάτιο | Σύνολο Μικροβίων | Δωμάτιο | Κεφαλάρι  | 304  | 42   | -86,18   |
|                      |                  |         | Τηλέφωνο  | 871  | 757  | -11,94   |
|                      |                  |         | Λιακόπτες | 667  | 217  | -67,47   |
|                      |                  | Μπάνιο  | Πλακάκια  | 17   | 4    | -76,47   |
|                      |                  |         | Κουρτίνα  | 108  | 53   | -50,93   |
|                      |                  |         |           |      |      |          |
|                      | Ζύμες και μούχλα | Δωμάτιο | Κεφαλάρι  | 21   | 17   | -19,05   |
|                      |                  | Μπάνιο  | Κουρτίνα  | 33   | 16   | -51,52   |
|                      |                  |         |           |      |      |          |

**Πίνακας 4 – τιμές UFC/100 cm<sup>2</sup>, διαιρούμενες κατά ζώνες στο γενικό σύνολο και ζύμες και μούχλας, σχετικά με το δωμάτιο προς καθαρισμό.**

|                         |                  |         |                | Πριν | Μετά | Μείωση % |
|-------------------------|------------------|---------|----------------|------|------|----------|
| Δωμάτιο προς απολύμανση | Σύνολο Μικροβίων | Δωμάτιο | Κεφαλάρι       | 354  | 63   | -82,34   |
|                         |                  |         | Τηλέφωνο       | 858  | 721  | -16,02   |
|                         |                  |         | Βόρειος τοίχος | 158  | 71   | -55,26   |
|                         |                  |         | Φίτρο          | 1800 | 633  | -64,81   |
|                         |                  |         | Λιακόπτες      | 678  | 213  | -68,66   |
|                         |                  |         | Τηλεκοντρόλ    | 2333 | 775  | -66,79   |
|                         |                  | Μπάνιο  | Πλακάκια       | 125  | 33   | -73,33   |
|                         |                  |         | Κουρτίνα       | 183  | 96   | -47,73   |
|                         |                  |         | Ράφι           | 1079 | 313  | -71,04   |
|                         |                  |         | Σεσουάρ        | 158  | 29   | -81,58   |

|                  |         |                |     |        |        |
|------------------|---------|----------------|-----|--------|--------|
| Ζύμες και μούχλα | Δωμάτιο | Κεφαλάρι       | 42  | 8      | -80,00 |
|                  |         | Βόρειος τοίχος | 100 | 46     | -54,17 |
|                  |         |                |     |        |        |
|                  | Μπάνιο  | Πλακάκια       | 25  | 8      | -66,67 |
|                  |         | Κουρτίνα       | 121 | 54     | -55,17 |
| Ράφι             |         | 271            | 92  | -66,15 |        |

Ακολουθώς εξετάσαμε τις προηγούμενες περιπτώσεις, στο καθαρισμένο δωμάτιο και στο δωμάτιο προς καθαρισμό, με σκοπό να αξιολογήσουμε πόσο ποιο αποτελεσματική είναι η δράση του όζοντος σε σχέση με την απολύμανση που επιτυγχάνεται με αντιβακτηριδιακά απορρυπαντικά διαθέσιμα εμπορικά προς κοινή χρήση. Στον πίνακα 5 συγκρίνονται οι ποσοστιαίες μειώσεις του συνολικού οργανικού φορτίου με την παραδοσιακή καθαριότητα και τον συνδυασμό της τελευταίας με την απολύμανση με όζον.

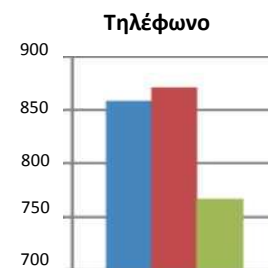
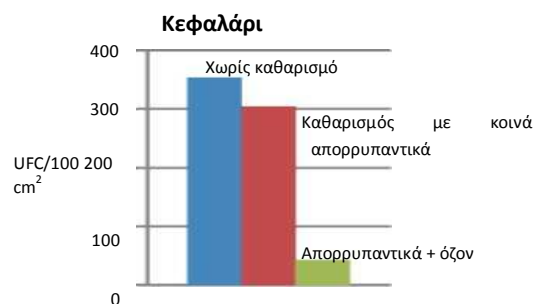
**Πίνακας 5.- Τιμές μείωσης του γενικού συνόλου , ζύμες και μούχλες από την καθαριότητα μόνο με απορρυπαντικά και από τον συνδυασμό απορρυπαντικών και απολύμανσης με όζον.**

|                  |           | Συμβατικά Απορρυπαντικά | Όζον |
|------------------|-----------|-------------------------|------|
| Σύνολο Μικροβίων | Κεφαλάρι  | -14%                    | -88% |
|                  | Τηλέφωνο  | 0%                      | -11% |
|                  | Διακόπτες | 0%                      | -68% |
|                  | Πλακάκια  | -84%                    | -97% |
|                  | Κουρτίνα  | -40%                    | -71% |
| Ζύμες και μούχλα | Κεφαλάρι  | -60%                    | -90% |
|                  | Κουρτίνα  | -72%                    | -87% |

Η επεξεργασία των δεδομένων, που εν μέρει δείχνεται από τα ιστογράμματα της fig.1 αποδεικνύει το όζον, σε σχέση με τα παραδοσιακά καθαριστικά, έχει μεγαλύτερη ισχύ στη μείωση του οργανικού φορτίου : Εκεί όπου τα απορρυπαντικά δρουν αποτελεσματικά η χρήση της συσκευής που μελετήθηκε σε αυτή την αξιολόγηση μας επιτρέπει ώστε η μείωση να φθάσει σε υψηλά επίπεδα μέχρι και 97 %.Στις ζώνες όπου η μείωση με την κανονική καθαριότητα είναι μηδέν ( ζώνες που ασφαλώς δεν μπορούν

να επεξεργαστούν ), η δράση του όζοντος είναι καθοριστική και φθάνει και στο 88 % μείωσης. Αυτό αναδεικνύει την κριτική προς τις παραδοσιακές μεθόδους καθαριότητας, κυρίως τις περισσότερες φορές έχουν στόχο έναν μικρό αριθμό επιφανειών και όχι ολόκληρο το δωμάτιο, και έτσι προκύπτει η ανάγκη μιας συνδυασμένης δράσης μεταξύ απορρυπαντικών και όζοντος, η οποία μας επιτρέπει να φθάσουμε τα επίπεδα του οργανικού φορτίου πολύ χαμηλά.

**Fig.1: Ιστογράμματα με τις τιμές UFC / 100 cm<sup>2</sup> που εντοπιστήκανε στην ίδια επιφάνεια στην περίπτωση μη καθαρισμένου δωματίου, καθαρισμένου με απορρυπαντικά και καθαρισμένου με απορρυπαντικά και όζον.**



## Συμπεράσματα

Η μελέτη αυτή είχε σκοπό την δυνατότητα απολύμανσης της εξεταζόμενης συσκευής, σε πρώτη φάση, στον κορεσμό ενός συγκεκριμένου χώρου, στη δική μας περίπτωση ένα δωμάτιο ξενοδοχείου πλήρες με μπάνιο, και σε στην επόμενη φάση της κατάλυσης , να καταστήσουμε εκ νέου προσιτό τον χώρο.

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν με την μέτρηση του συνολικού βακτηριακού φορτίου καθώς και τις ζύμες και τις μούχλες, μετρημένες πριν και μετά την απολύμανση, τόσο σε ένα δωμάτιο που είχε καθαριστεί με τις παραδοσιακές

μεθόδους όσο και σε ένα δωμάτιο βρώμικο, αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της δράσης του όζοντος στο βακτηριακό φορτίο και ακολούθως την χρησιμότητά του στις διεργασίες της απολύμανσης.

Επαναλαμβανόμενες επεξεργασίες στη διάρκεια του χρόνου ή απλώς με μεγαλύτερη διάρκεια ( σε σχέση με αυτούς που υιοθετήσαμε στα test ) και σε συνεργασία με τις παραδοσιακές μεθόδους καθαριότητας , μας επιτρέπουν να πετύχουμε υψηλά επίπεδα απολύμανσης

Via A.Gabelli, 65 - 35121 Padova - Telefono 049 827 2324 - Fax 049 827 2328- E-mail: [stefania.celegato@unipd.it](mailto:stefania.celegato@unipd.it) Via A.Gabelli, 65-35121

Padua - Italy - Phone (+39) 0498272324 - Fax (+39) 049 8272328 - E - mail: [stefania.celegato@unipd.it](mailto:stefania.celegato@unipd.it)