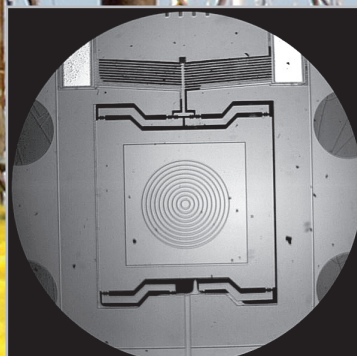


ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ



ΔΙΜΗΝΙΑΙΑ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΤΕΥΧΟΣ 10 | ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ-ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2018

Γαλλική Σκάλα Λαυρίου: Ένα εμβληματικό βιομηχανικό μνημείο



8-10 | **ΕΡΕΥΝΑ**
Υπολογιστικό μικροσκόπιο

14-15 | **ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ**
Εμμ. Πρωτονοτάριος
Ομ. Καθηγητής ΣΗΜΜΥ



Το ΕΜΠ μπροστά στο μέλλον που έρχεται

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΖΕΤΑΙ από την τεχνολογία με ταχύτατους ρυθμούς. Η έρευνα για τη διασύνδεση των καλούμενων συγκλινουσών τεχνολογιών θα επιδράσει σύντομα σημαντικά στα επιστημονικά πεδία των μηχανικών. Νανο-βιο-πληροφορικά συστήματα, βιοαισθητήρες που θα συμβάλουν στην αντιμετώπιση ασθενειών, κατασκευή «εξωτικών» υλικών που δεν συναντιούνται στη φύση αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα ενός μέλλοντος, που πλησιάζει γρήγορα. Παράλληλα, η συνεχώς αυξανόμενη παγκοσμιοποίηση θα μεταβάλει ριζικά το σύστημα παραγωγής και κατανάλωσης προϊόντων και υπηρεσιών.

Ο ΠΥΡΗΝΑΣ ΒΕΒΑΙΑ ΤΟΥ ΡΟΛΟΥ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ δεν αλλάζει στον νέο κόσμο που έρχεται. Ο μηχανικός πρέπει να μπορεί να επιλύει αποτελεσματικά το εκάστοτε πρόβλημα βρίσκοντας τις βέλτιστες λύσεις κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Πρέπει όμως επίσης να είναι ικανός να επικοινωνεί τις λύσεις αυτές στις αρμόδιες αρχές αλλά και στο ευρύ κοινό. Επομένως ο μηχανικός πρέπει να διαθέτει όχι μόνο δεξιότητες που σχετίζονται άμεσα με την αριστεία στη μηχανική και την τεχνολογία αλλά και ικανότητες επικοινωνίας, συνεργασίας και ανάπτυξης διαπροσωπικών σχέσεων, καθώς είναι πολύ πιθανό λόγω της παγκοσμιοποίησης να συμμετέχει ή και να ηγείται διεπιστημονικών και διαπολιτισμικών ομάδων.

ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΟΤΙ ΣΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΔΙΑ του μηχανικού η γνώση αυξάνεται με γεωμετρικούς ρυθμούς, είναι φανερό ότι ένα πρόγραμμα σπουδών δεν θα πρέπει να αποσκοπεί μόνο στην απόκτηση της τρέχουσας γνώσης. Ο μηχανικός του μέλλοντος πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθεί τις γρήγορες αλλαγές στις γνώσεις, να μπορεί να εφαρμόζει νέες ποσοτικές μεθόδους και τεχνολογίες στην επίλυση των προβλημάτων και να υιοθετεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, που θα περιλαμβάνει εκτός από την τεχνική, την περιβαλλοντική, την οικονομική, τη νομική αλλά και την κοινωνική θεώρηση. Οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις αναμένεται να φέρουν επίσης στο προσκήνιο σημαντικούς προβληματισμούς αναφορικά με ηθικά διλήμματα, ζητήματα ασφάλειας κ.ά.

ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΕΠΟΜΕΝΩΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ για τους Μηχανικούς που θα εξασφαλίζουν μεταξύ άλλων την ανάπτυξη δεξιοτήτων για συνδυασμένη αναλυτική και συνθετική προσέγγιση, τη δυνατότητα επιλογής με πολυπαραμετρικά κριτήρια, την απόκτηση γνώσεων οικονομικής διαχείρισης, την ωρίμανση σε θέματα ηθικής, την εμφύσηση προσόντων ηγεσίας, τη δυνατότητα διαμόρφωσης συνολικής στρατηγικής στην αντιμετώπιση των θεμάτων.

Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΖΗΤΗΣΗΣ προς την κατεύθυνση αυτή στο ΕΜΠ δεν μπορεί να καθυστερήσει.



Προσδιορισμός μηχανικών σταθερών ιερομητρικών συνδέσμων θηλυκού επίμυος

Η Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (ΣΕΜΦΕ) άρχισε να λειτουργεί κατά το ακαδημαϊκό έτος 1999-2000, ως μετεξέλιξη του Γενικού Τμήματος, το οποίο λειτούργησε στο ΕΜΠ από το 1981 έως το 1999, στην κατεύθυνση μιας οικονομίας κλίμακος του προσωπικού, με σκοπό την υποστήριξη των άλλων Τμημάτων του ΕΜΠ στο διδακτικό έργο το σχετιζόμενο με τις βασικές επιστήμες των Μαθηματικών, της Φυσικής, της Μηχανικής και των Ανθρωπιστικών Σπουδών.

Η ίδρυση της ΣΕΜΦΕ ως αυτόνομης Σχολής (κατ' αναλογία αντίστοιχων Σχολών, "Engineering Mathematics", "Engineering Physics", "Applied Mathematical and Physical Sciences", τόσο στην Ευρώπη όσο και την Αμερική) ήταν η φυσική «συνέπεια» της αναγνώρισης και από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο της αδιαμφισβήτητης αλληλεπίδρασης των βασικών επιστημών και των σύγχρονων τεχνολογιών αιχμής (όπως η βιοτεχνολογία και η βιοϊατρική, η πληροφορική και η ρομποτική, η ανάπτυξη νέων υλικών και νανοδιατάξεων, η γνωσιακή επιστήμη, τα χρηματοοικονομικά) και της αναπόδραστης σύνδεσης των βασικών επιστημών με καινοτόμες ερευνητικές περιοχές (όπως η επίλυση μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων, οι κβαντικοί υπολογιστές, η θεωρία αλγορίθμων, οι απεικονιστικές μέθοδοι στην ιατρική, η νανοτεχνολογία και άλλες τεχνολογίες αιχμής).

Η Σχολή σήμερα αριθμεί 73 μέλη Διδακτικού και Ερευνητικού Προσωπικού (ΔΕΠ), υποστηρίζεται από 21 Διοικητικούς Υπαλλήλους, 10 μέλη ΕΤΕΠ και 20 μέλη Ειδικού Διδακτικού Προσωπικού (ΕΔΙΠ). Στη Σχολή φοιτούν 1600 προπτυχιακοί φοιτητές και περίπου 380 μεταπτυχιακοί φοιτητές. Παράλληλα στη Σχολή εκπονούν τη διδακτορική τους διατριβή περίπου 150 υποψήφιοι διδάκτορες. Αριθμός εκ των διατριβών αυτών εκπονείται σε συνεργασία της ΣΕΜΦΕ είτε με άλλες Σχολές του ΕΜΠ είτε με Ερευνητικά Ινστιτούτα εγνωσμένου κύρους (ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Ινστιτούτο Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών κλπ.). Την όλη λειτουργία της Σχολής υποστηρίζει η Γραμματεία, στην οποία εργάζονται 10 μέλη Διοικητικού Προσωπικού και 1 μέλος ΕΤΕΠ.

Η Σχολή διαθέτει 13 νομοθετημένα Εργαστήρια και 2 νομοθετημένα Σπουδαστήρια στο πλαίσιο των οποίων λειτουργούν δεκάδες Εργαστηριακές Μονάδες με εξαιρετική υλικοτεχνική υποδομή, στις οποίες πραγματοποιείται έρευνα διεθνούς εμβέλειας. Το συγγραφικό και ερευνητικό έργο των μελών της Σχολής είναι πλούσιο και περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό διδακτικών βιβλίων και δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων. Ο κατά κεφαλήν αριθμός δημοσιεύσεων σε Επιστημονικά Περιοδικά και σε Πρακτικά Διεθνών Συνεδρίων των μελών της Σχολής, αλλά και ο αριθμός ετεροαναφορών στις δημοσιεύσεις αυτές, κατατάσσουν τη ΣΕΜΦΕ στις πρωτοπόρες Σχολές της χώρας με ιδιαίτερα ικανοποιητική κατάσταση και σε αντίστοιχες διεθνείς αξιολογήσεις. Στη Σχολή υλοποιήθηκαν ήδη και υλοποιούνται τη στιγμή αυτή δεκάδες ανταγωνιστικά ερευνητικά προγράμματα, με συνολικό προϋπολογισμό αρκετών εκατομμυρίων Ευρώ, τα οποία χρηματοδοτούνται τόσο από εθνικούς πόρους (Δημοσίου και Ιδιωτικών φορέων) όσο και από πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΕΚΔΟΤΗΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: Μ. Κάβουρας | ΑΡΧΙΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: Άγγελος Σιδόλας

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: Βόλγα Γρίβα, Σωτήρης Κάτσενος, Γιώργος Σιδόλας | ΜΕΛΗ ΣΧΟΛΩΝ: Καβαβάδας Μιχάλης (ΠΜ), Βοσνιάκος Γιώργος-Χριστόφορος (ΜΜ), Ασκούνης Δημήτρης (ΗΜΜΥ), Δεμίρη Κωνσταντίνη (ΑΜ), Χαριτίδης Κωνσταντίνος (ΧΜ), Στρατηγέα Αναστασία (ΑΤΜ), Δαμίγος Δημήτρης (ΜΜΜ), Σαμουηλίδης Εμμανουήλ (ΝΜΜ), Κουρκούλης Σταύρος (ΕΜΦΕ)

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΚΕΙΜΕΝΩΝ: Ελένη Γιαννακοπούλου | ΦΩΤ. ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ: Παραχώρηση του ΕΚΠΑ | ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: ΑΝΑΓΡΑΜΜΑ | ΕΚΤΥΠΩΣΗ: PAPERGRAPH

www.ntua.gr/promitheas || email: promitheas@central.ntua.gr



Η Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του ΕΜΠ

Του καθηγητή **Σταύρου Κουρκουλή**, Κοσμήτορα ΣΕΜΦΕ

Οι προπτυχιακοί φοιτητές της Σχολής, μετά το δεύτερο έτος σπουδών, έχουν την ευκαιρία να επιλέξουν είτε την κατεύθυνση του Μαθηματικού Εφαρμογών είτε την κατεύθυνση του Φυσικού Εφαρμογών, ως προϊόν ώριμης και τεκμηριωμένης σκέψης, μετά από δύο έτη συστηματικής έκθεσης σε διάφορα γνωστικά πεδία. Η εκπόνηση διπλωματικής εργασίας στο πέμπτο έτος σπουδών είναι υποχρεωτική, προσφέροντας την απαραίτητη εξοικείωση με την έρευνα, ενώ υπάρχει η δυνατότητα συμμετοχής σε πρακτική άσκηση για την απόκτηση εμπειρίας σε εργασιακούς χώρους.

Οι διπλωματούχοι της Σχολής μπορούν (α) να αξιοποιηθούν ως ερευνητικό προσωπικό σε Ερευνητικά Κέντρα και Α.Ε.Ι., (β) να στελεχώσουν τμήματα έρευνας, σχεδιασμού και ανάπτυξης βιομηχανιών, εταιριών και τραπεζών, (γ) να εργαστούν ως σύμβουλοι επιχειρήσεων του Δημόσιου ή Ιδιωτικού Τομέα για ανάλυση και αξιοποίηση δεδομένων, (δ) να συμβάλουν στην εισαγωγή σύγχρονων εφαρμογών των μαθηματικών και της φυσικής, τόσο από τη σκοπιά της μεθοδολογίας όσο και από τη σκοπιά του εξοπλισμού σε όργανα, στον ευρύτερο Τομέα της Υγείας, (ε) να απασχοληθούν στη δευτεροβάθμια και μετα-δευτεροβάθμια εκπαίδευση της Γενικής, Τεχνικής ή Επαγγελματικής Κατεύθυνσης κ.λπ. Τα επαγγελματικά δικαιώματα των διπλωματούχων της Σχολής προσδιορίζονται αναλυτικά στο Προεδρικό Διάταγμα 199/2007 (Φ.Ε.Κ. 226/14.9.2007).

Σήμερα στη ΣΕΜΦΕ ανήκουν οι Τομείς των Μαθηματικών, της Φυσικής, της Μηχανικής, των Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών και Δικαίου.

Οι τέσσερις Τομείς θεραπεύουν τα αντίστοιχα επιστημονικά πεδία, αλλά και αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα που απορρέουν, τόσο σε ερευνητικό όσο και σε εκπαιδευτικό επίπεδο, από τη συνύπαρξη και λειτουργία τους στα πλαίσια μιας ενιαίας Σχολής.

Ο Τομέας Μαθηματικών αριθμεί 28 μέλη ΔΕΠ, 3 μέλη ΕΔΙΠ, 1 μέλος ΕΤΕΠ και 3 μέλη Διοικητικού Προσωπικού. Συντονίζει δύο Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ), ήτοι το ΠΜΣ «Εφαρμοσμένες Μαθηματικές Επιστήμες» και το ΠΜΣ «Μαθηματική Προτυποποίηση στις Σύγχρονες Τεχνολογίες και στην

Χρηματοοικονομική». Μέχρι σήμερα ο Τομέας έχει απονεμίσει περίπου 100 Διδακτορικά Διπλώματα και πλέον των 250 Μεταπτυχιακών Διπλωμάτων στις ερευνητικές κατευθύνσεις: Διαφορικές Εξισώσεις, Μαθηματική Ανάλυση, Άλγεβρα και Γεωμετρία, Υπολογιστικά Μαθηματικά, Οικονομικά Μαθηματικά, Στατιστική και Πιθανότητες.

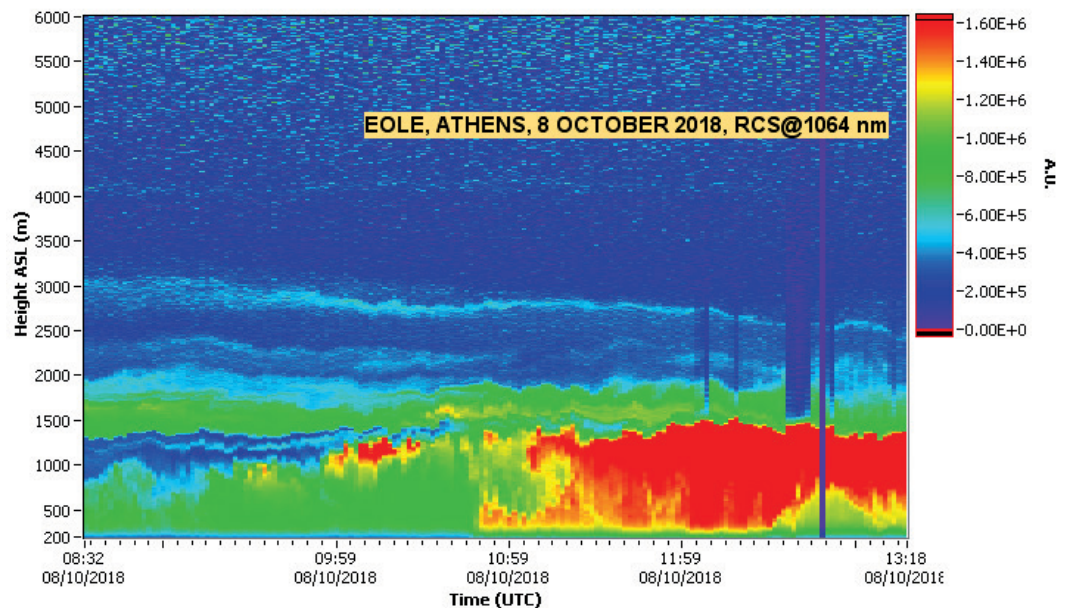
Ο Τομέας Φυσικής αριθμεί 25 μέλη ΔΕΠ, 12 μέλη ΕΔΙΠ, 2 μέλη ΕΤΕΠ και 2 μέλη Διοικητικού Προσωπικού. Πέραν της διδασκαλίας των μαθημάτων Φυσικής, υποστηρίζει και την εργαστηριακή εξάσκηση στη Φυσική των φοιτητών όλων των Σχολών του ΕΜΠ. Ο Τομέας συντονίζει δύο ΠΜΣ, ήτοι το ΠΜΣ «Φυσική και Τεχνολογικές Εφαρμογές» και το ΠΜΣ «Μικροσυστήματα και Νανοδιατάξεις» με δυνατότητα συνέχισης για την απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος στις παρακάτω ερευνητικές κατευθύνσεις: Θεωρητική Φυσική Συμπυκνωμένης Ύλης, Υπεραγωγιμότητα, Νανοτεχνολογία, Φυσική Διηλεκτρικών, Οπτική Φασματοσκοπία, Ανάπτυξη Συστημάτων Λέιζερ και Εφαρμογές των Λέιζερ, Θεωρητική και Πειραματική Φυσική Υψηλών Ενεργειών, Κοσμολογία, Πυρηνική Φυσική, Μελέτη Κοσμικών Ακτίνων και Βιοφυσική.

Ο Τομέας Μηχανικής αριθμεί 14 μέλη ΔΕΠ, 1 μέλος ΕΔΙΠ, 1 μέλος ΕΔΠ, 3 μέλη ΕΤΕΠ και 5 μέλη Διοικητικού Προσωπικού. Συντονίζει ένα ΠΜΣ με τίτλο «Εφαρμοσμένη Μηχανική» και συμμετέχει σε

πλήθος άλλων Προγραμμάτων Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΜΠ. Πυρήνα του Τομέα αποτελούν οι εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Αντοχής και Υλικών (ΕΑΥ) με πλούσιο εξοπλισμό, παραδοσιακό και σύγχρονο. Το ΕΑΥ, πέραν των διδακτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων, λειτουργεί και ως Μονάδα Παροχής Υπηρεσιών σε φορείς του Δημοσίου αλλά και σε ιδιώτες. Οι ερευνητικές κατευθύνσεις του Τομέα Μηχανικής είναι: Πειραματική Μηχανική, Μηχανική των Πολυμερών και Σύνθετων Υλικών, Ελαστική Ευστάθεια Κατασκευών, Μαθηματική θεωρία Πλαστικότητας, Θεωρητική και Αναλυτική Μηχανική, Μηχανική των Ρευστών, Εμβιομηχανική.

Ο Τομέας Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών και Δικαίου αριθμεί 6 μέλη ΔΕΠ, 5 μέλη ΕΔΙΠ, 2 μέλη ΕΤΕΠ και 1 μέλος Διοικητικού Προσωπικού. Διδάσκονται τα αντικείμενα της Οικονομίας, του Δικαίου, Φιλοσοφία και Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας, Φιλοσοφία της Τέχνης, Ιστορία Πολιτισμού και Κοινωνιολογία. Ο Τομέας ΑΚΕΔ συνδιοργανώνει με το Τμήμα ΜΙΘΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο «Φιλοσοφία των Επιστημών και της Τεχνολογίας» ενώ συμμετέχει στα Μεταπτυχιακά Προγράμματα «Αρχιτεκτονική – Χώρος – Σχεδιασμός» και «Συντήρηση Μνημείων» της Σχολής Αρχιτεκτόνων του ΕΜΠ. ■

Κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσης των αερολυμάτων ερημικής σκόνης στην Αθήνα με χρήση της τεχνικής Raman lidar (Εργαστήριο Οπτοηλεκτρονικής, Laser και Εφαρμογών τους, Τομέας Φυσικής Ε.Μ.Π.)



Μια βραδιά για ερευνητές

Για 13η χρονιά ολοκληρώθηκε με επιτυχία η «Βραδιά του Ερευνητή» από την επιστημονική κοινότητα του ΕΜΠ

Με διαδραστικά εργαστήρια, επιστημονικές συναντήσεις, διαγωνισμούς, αλλά και την παρουσία των εκπροσώπων της Πολιτείας ολοκληρώθηκε και φέτος η «Βραδιά του Ερευνητή» στο κεντρικό κτήριο του ΕΜΠ στην οδό Πατησίων.

Πρόκειται για το ετήσιο «ραντεβού» των επιστημόνων του Ιδρύματος με μικρούς και μεγάλους, φοιτητές, μαθητές και πολίτες της Αθήνας, τους οποίους και καλούν για να γνωρίσουν από κοντά την έμπνευση και τον δυναμισμό της έρευνας και της καινοτομίας.

Η ίδια συνάντηση πραγματοποιείται ετησίως την τελευταία εβδομάδα του Σεπτεμβρίου σε 300 ευρωπαϊκές πόλεις με τη συμμετοχή περισσότερων από 1.500.000 επισκεπτών, ενώ ξεκίνησε με πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης πριν από 13 χρόνια.

Φέτος στη «Βραδιά του Ερευνητή» έγιναν διαδραστικά πειράματα με νανοϋλικά, εφαρμογές laser, μετρήσεις ραδιενέργειας, επιδείξεις ρομπότ, drones, μη καταστρεπτικών τεχνικών, τρισδιάστατων απεικονίσεων, γεωδαιτικών μετρήσεων, παρουσίαση πρωτότυπων αρχιτεκτονικών μελετών κ.ά. Ακόμη, το κοινό είχε

την ευκαιρία να δει πρότυπα οχήματα κατασκευασμένα από ερευνητικές ομάδες του ΕΜΠ, να συνομιλήσει με τους εκπροσώπους μουσείων και ερευνητικών ομάδων των ΑΕΙ της χώρας.

Φέτος η εκδήλωση έγινε υπό την αιγίδα του Ευρωπαϊκού έτους Πολιτιστικής Κληρονομιάς, ενώ δόθηκε έμφαση στη διεπιστημονική συμβολή των ερευνητών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σ' αυτήν.

Η εκδήλωση φιλοξενήθηκε στο ιστορικό συγκρότημα του Πολυτεχνείου στην Πατησίων για 5η συνεχόμενη χρονιά.

Ο Πρύτανης του ΕΜΠ, καθηγητής Ιωάννης Γκόλιας, επισήμανε στην ομιλία του ότι παρά την κρίση οι ερευνητικές επιδόσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου το φέρνουν στις πρώτες θέσεις στην Ευρώπη και στον κόσμο, εναρμονίζοντας την έρευνα με την εκπαίδευση και την κοινωνική προσφορά.

Το μήνυμα της διοργάνωσης, όπως τόνισε η επιστημονική υπεύθυνη του ομόλογου ευρωπαϊκού προγράμματος για το ΕΜΠ, καθηγήτρια Αντωνία Μοροπούλου, είναι ότι η έρευνα και η καινοτομία μπορούν, εφόσον εφαρμοστούν, να

Το μήνυμα της διοργάνωσης είναι ότι η έρευνα και η καινοτομία μπορούν να συμβάλουν στην παραγωγική ανασυγκρότηση, στην προώθηση της πραγματικής οικονομίας, στην απασχόληση του επιστημονικού δυναμικού της χώρας και στην έξυπνη διαχείριση φυσικών καταστροφών και ακραίων φαινομένων.

συμβάλουν αντιμετωπίζοντας μείζονα διακυβεύματα στη μεταμνημονιακή εποχή: στην παραγωγική ανασυγκρότηση, στην προώθηση της πραγματικής οικονομίας, στην απασχόληση του πολύτιμου ανθρώπινου επιστημονικού δυναμικού της χώρας, ακόμη και στην έξυπνη διαχείριση φυσικών καταστροφών και ακραίων φαινομένων, όπως αυτά που φέρνει η κλιματική αλλαγή.

Απο την πλευρά του, ο καθηγητής Κώστας Φωτάκης, Αναπληρωτής Υπουργός Έρευνας και Καινοτομίας, κηρύσσοντας την έναρξη της εκδήλωσης τόνισε ότι η πολιτική της έρευνας αποσκοπεί να δημιουργήσει ευκαιρίες απασχόλησης και καινοτόμου επιχειρηματικότητας αντιστρέφοντας το Brain Drain. Υπενθύμισε δε ότι η εκδήλωση είναι αφιερωμένη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο έτος 2018 για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς και δήλωσε ότι έτσι το Πολυτεχνείο έχει την «τιμητική» του.

Οι συνδιοργανωτές, με έμφαση στους εκπροσώπους του ΤΕΕ, την Πρόεδρο της Αντιπροσωπείας του ΤΕΕ και τον Εκπρόσωπο της Ελληνικής Πλατφόρμας Έρευνας και Τεχνολογίας για την αειφόρο κατασκευή και την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, Ε. Κασσελά, Γ.Γ. της ΠΕΔΜΕΔΕ, υπογράμμισαν την ανάγκη διαλόγου και συμμετοχής στη χάραξη της στρατηγικής της έρευνας, ώστε τα πορίσματα της προηγμένης έρευνας να ενισχύσουν την ανάπτυξη με τρόπο αειφόρο, καινοτόμο και αποτελεσματικό, σε συνεργασία του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα.

Στην εναρκτήρια εκδήλωση μετείχαν πρυτάνεις συνδιοργανωτές και εκπρόσωποι της πόλης της Αθήνας, σύμφωνα με το πρόγραμμα, καθώς και χορηγοί επικοινωνίας.

Στη διάρκεια της εκδήλωσης, τα διαδραστικά εργαστήρια, οι θεματικές γωνιές, οι ζωντανές συνδέσεις, τα θεατρικά και μουσικά δρώμενα και οι διαγωνισμοί υπογράμμισαν με την παρουσία μικρών και μεγάλων, φοιτητών, μαθητών και πολιτών της Αθήνας την έμπνευση και τον δυναμισμό της έρευνας και της καινοτομίας. Η διεπιστημονική συμβολή του ΕΜΠ στην κοινωνία και στον πολιτισμό παρουσιάστηκε υποδειγματικά στις ειδικές εκδηλώσεις για τον Πανάγιο Τάφο και το Γεφύρι της Πλάκας, καθώς και για τα 20 χρόνια λειτουργίας του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΜΠ «Προστασία Μνημείων». ■



Σχολή ΗΜΜΥ ΕΜΠ: σε συνεχή διάλογο με την κοινωνία και τις ανάγκες της

Της **Κατερίνας Κριθινάκη**, Υπεύθυνης Γρ. Επικοινωνίας Σχολής ΗΜΜΥ ΕΜΠ

Στο πλευρό των αθλητών των Πανελληνίων Αγώνων Special Olympics 2018, που διεξήχθησαν στο Λουτράκι από 14 έως 18 Μαΐου 2018, βρέθηκε και φέτος η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του ΕΜΠ και οι φοιτητές της. Συγκεκριμένα, δέκα ταλαντούχοι φοιτητές της Σχολής διέμεναν στο συγκρότημα του Αθλητικού Κέντρου του Λουτρακίου κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των αγώνων, προσφέροντας εθελοντική εργασία όσον αφορά τη διαχείριση του συστήματος αγώνων και αποτελεσμάτων για τα πέντε διαγωνιζόμενα αθλήματα (Στίβος, Κολύμβηση, Επταπύζια Αντισφαίριση, Αντιπέριση και Καλαθοσφαίριση). Οι φοιτητές είναι (με αλφαβητική σειρά) οι: Βουλγαρίδης Ιωάννης (2ο έτος), Γαλανάκη Σοφία (3ο έτος), Γεωργόπουλος Παναγιώτης (3ο έτος), Γιαννιός Γεώργιος (2ο έτος), Δαμιανού Μυρτώ (5ο έτος), Ελευθερίου Σοφία (4ο έτος), Καπερώνη Έρικα (2ο έτος), Μαρκουλέσκου Έλενα-Μπιάνκα (3ο έτος), Μεγαλοοικονόμου Ειρήνη (4ο έτος) και Μπέτζελος Χρήστος (2ο έτος).

Η Σχολή ΗΜΜΥ του ΕΜΠ στην εκατονταετή και πλέον λειτουργία της έχει ισχυρό αποτύπωμα στον τομέα του εθελοντισμού μέσα από διάφορες μορφές έκφρασης εθελοντικής προσφοράς προς το κοινωνικό σύνολο. Με γνώμονα ότι το Πανεπιστήμιο είναι ο κατεξοχήν χώρος όπου διαμορφώνονται συνειδήσεις και θεμελιώνονται αξίες και ιδανικά, κύριο χαρακτηριστικό της κουλτούρας της Σχολής μας αποτελεί η εξασφάλιση υψηλής στάθμης ανθρωπιστικής παιδείας και εν προκειμένω η ευαισθητοποίηση των νέων επιστημόνων με βιωματικό τρόπο σε θέματα εθελοντισμού και αλληλεγγύης που προάγουν την απόκτηση κοινωνικού κεφαλαίου. Μια πληθώρα καθημερινών παραδειγμάτων μαρτυρούν ότι οι φοιτητές της Σχολής συμβάλλουν, ατομικά και συλλογικά, σε εθελοντικές δράσεις μη κερδοσκοπικών οργανισμών ή αναλαμβάνουν σημαντικές πρωτοβουλίες με κοινωνικό σκοπό για να αναπληρώσουν τα κενά που δημιουργεί η αδυναμία του κρατικού μηχανισμού, έχοντας συνειδητοποιήσει την αξία και την αναγκαιότητα της εθελοντικής προσφοράς στη σύγχρονη εποχή που χαρακτηρίζεται από πολυδιάστατη κρίση.

Οι δέκα φοιτητές της Σχολής που υποστήριξαν τους αγώνες Special Olympics 2018 με υψηλό αίσθημα ευθύνης και ανιδιοτελή χαρακτήρα δήλωσαν στη συνέχεια ότι έζησαν μια μοναδική εμπειρία που τους έδωσε τη δυνατότητα όχι μόνο να προσφέρουν βοήθεια στους 500 και πλέον αθλητές με διανοητική αναπηρία που διαγωνίστηκαν, αλλά και να έρθουν κοντά με αυτούς τους ανθρώπους, τους προπονητές τους και τους διοργανωτές των Special Olympics, προσπαίζοντας με τη στάση τους και τη συμπεριφορά τους την κοινωνική συνοχή και την ενεργή συμμετοχή των πολιτών στα κοινά. Για πέντε ημέρες, οι εθελοντές της Σχολής έζησαν από κοντά την υπερπροσπάθεια αυτών των ανθρώπων, οι οποίοι επιδίωκαν όχι μόνο να διακριθούν στο άθλημα της επιλογής τους, αλλά κυρίως να αθληθούν και να συναγωνιστούν με τους φίλους τους, προάγοντας το αίσθημα του ευ αγωνίζεσθαι. Εκτός αγωνιστικού χώρου οι αθλητές των Special Olympics απέδειξαν το μεγαλείο ψυχής που έχουν, τόσο μέσα από το διάλογο με τους εθελοντές μας, όσο και μέσα από τη στάση που κρατούσαν απέναντι σε κάθε αντιξοότητα ή απρόοπτο.

Χαρακτηριστικό της κουλτούρας της Σχολής αποτελεί η ευαισθητοποίηση των νέων επιστημόνων με βιωματικό τρόπο σε θέματα εθελοντισμού και αλληλεγγύης που προάγουν την απόκτηση κοινωνικού κεφαλαίου.

~ Οι δηλώσεις των φοιτητών

Οι πραγματικοί ήρωες είναι τα παιδιά και οι γονείς τους, εμείς είμαστε μόνο μια μικρή βοήθεια στην προσπάθειά τους να κάνουν κάτι μεγαλύτερο. ~ **Μυρτώ Δαμιανού**

Η εικόνα που σου μένει τελικά είναι η στιγμή όταν όλοι οι αθλητές στο τέλος αγκαλιάζουν με ανιδιοτελή αγάπη κάθε εθελοντή και βιώνεις μια γλυκιά αίσθηση αληθινής ευτυχίας.

~ **Παναγιώτης Γεωργόπουλος**

Ο κόσμος θα ήταν πολύ καλύτερος και ευτυχισμένος αν αγαπούσαμε όπως αγαπούν αυτά τα παιδιά.

~ **Έρρικα Καπερώνη**

Είναι κρίμα τέτοιοι σπουδαίοι αγώνες να πραγματοποιούνται κάθε δυο χρόνια. Αγώνες στους οποίους συγκροτούνται ισχυρές φιλίες μεταξύ των παιδιών, αναγνωρίζεται το ταλέντο του καθενός, επιβραβεύεται η παραμικρή προσπάθεια. Ήμασταν χαρούμενοι που συμμετείχαμε και ανυπομονούμε για την επόμενη φορά!

~ **Γιώργος Γιαννιός**

Μια υπέροχη εβδομάδα και μια αξέχαστη εμπειρία. Άνθρωποι που αξίζουν θαυμασμό και σεβασμό. Τόσο για όλους τους εθελοντές – προπονητές – συνοδούς – γιατρούς που συμβάλουν στην αξιοζήλευτη διοργάνωση αλλά και για όλη την αγάπη που δίνουν στα παιδιά. Τα παιδιά αυτά είναι special γιατί ξέρουν πολύ καλά να δίνουν και να παίρνουν απεριόριστη αγάπη χωρίς αντάλλαγμα. Και αυτό είναι που θεωρείται διαφορετικό στις μέρες μας.

~ **Ειρήνη Μεγαλοοικονόμου**



Γαλλική Σκάλα Λαυρίου: Ένα εμβληματικό βιομηχανικό μνημείο

Η Γαλλική Σκάλα Λαυρίου αποτελεί ένα εμβληματικό λιμενικό – βιομηχανικό μνημείο, από τα σημαντικότερα τοπία της πόλης και του ευρύτερου ιστορικού και αρχαιολογικού συνόλου της Λαυρεωτικής. Ταυτόχρονα είναι το μεγαλύτερο μνημείο τέτοιου τύπου στην Ελλάδα. Αποτέλεσε το πρότυπο για δημιουργία δεκάδων ανάλογων σημείων φορτοεκφόρτωσης σε πολλά σημεία της Λαυρεωτικής, σε περίπου 30 νησιά με μεταλλευτική δραστηριότητα του Αιγαίου, όπως και σε αντίστοιχα σημεία της ηπειρωτικής ακτής.

Η Σκάλα κατασκευάστηκε το 1886-1888 και διατηρείται ως σήμερα, σχεδόν στην αυθεντική της μορφή. Δεν έχει μελετηθεί ούτε έχει συντηρηθεί μετά τη σταδιακή παύση της λειτουργίας των μεταλλείων Λαυρίου (1982-1992). Μοναδική μέριμνα της Πολιτείας έκτοτε αποτέλεσε η κήρυξη της ιστορικής κατασκευής ως διατηρητέας (1987) χωρίς να ληφθούν άλλα μέτρα προστασίας και αποκατάστασής της. Η κατάσταση του μνημείου αξιολογήθηκε, μέσω αρχικών αυτοψιών, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν το 2016-2017, από ειδικούς επιστήμονες, καθηγητές της στατικής και των αναστηλώσεων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, σε συνεργασία με τον Δήμο Λαυρεωτικής. Κρίθηκε ως ιδιαίτερα βεβαρμένη, λόγω της διάβρωσης από τη θάλασσα, της φυσιολογικής γήρανσης και φθοράς των υλικών, όπως και από επεμβάσεις και ζημιές τις οποίες είχε υποστεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της.

Τελικά, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο σε συνεργασία με τον Δήμο Λαυρεωτικής, μέσω Προγραμματικής Σύμβασης, ανέλαβε να εκπονήσει την πρότυπη έρευνα-μελέτη αποκατάστασής της.

Η δράση στοχεύει:

- Στη μελέτη του συνόλου των ιστορικών και τεχνολογικών παραμέτρων της Γαλλικής Σκάλας Μεταλλείων Λαυρίου, ενταγμένης στο ευρύτερο δίκτυο της Λαυρεωτικής και των μεταλλείων του Αιγαίου στο οποίο ανήκει.
- Στη δημιουργία επιστημονικού προτύπου ιστορικής και τεχνικής τεκμηρίωσης, κατάλληλου για εφαρμογή σε αντίστοιχα μνημεία σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.
- Στην ανάδειξη ενός κορυφαίου τεχνικού-λιμενικού μνημείου εντός του ιστορικού χώρου της Λαυρεωτικής.

- Στη συμβολή στη βιώσιμη και αειφόρα τουριστική ανάπτυξη της Λαυρεωτικής, μέσω του πολιτιστικού-αρχαιολογικού τουρισμού.

Το ΕΜΠ συμμετέχει σε αυτό το καινοτόμο ερευνητικό έργο με επιστημονικό υπεύθυνο τον Αναπλ. Πρύτανη καθηγητή Ε. Σαπουντζάκη και με τη συμβολή των Εργαστηρίων Στατικής και Αντισεισμικών Ερευνών, Μεταλλικών Κατασκευών (καθηγ. Χ. Γαντές), Εδαφομηχανικής (αν. καθηγ. Μ. Καββαδάς) της Σχολής Πολ. Μηχ. Αστικού Περιβάλλοντος (αν. καθηγ. Ν. Μπελαβίλας), Οικοδομικής (καθηγ. Ε. Εφεσίου) της Σχολής Αρχ. Μηχ. Φωτογραμμετρίας (καθηγ. Α. Γεωργόπουλος), της Σχολής Τοπ. Αγρ. Μηχ. Δυναμικής και Κατασκευών (καθηγ. Ι. Αντωνιάδης), της Σχολής Μηχ. Μη., της Σχολής Μεταλλουργών-Μηχ. Μεταλλείων (αν. καθηγ. Μαρία Μενεγάκη) όπως και του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Προστασία Μνημείων».

Η ερευνητική ομάδα πλαισιώνεται από ομάδες νέων ερευνητών/τριών και υποψήφιους διδάκτορες των πολυτεχνειακών εργαστηρίων όπως και από ομάδα ιστορικών του Δήμου Λαυρεωτικής.

Ο Απρίλιος 2018 υπήρξε ένας πολύ γόνιμος μήνας για το έργο. Προχώρησαν οι εκτεταμένες αποτυπώσεις με συμβατικά μέσα, με φωτογραμμετρικές μεθόδους και με εναέρια αποτύπωση. Προχώρησε επίσης η αναγνώριση του φέροντος οργανισμού, των οικοδομικών στοιχείων, του μηχανολογικού εξοπλισμού και του περιβάλλοντος χώρου. Το τελευταίο συναρτάται από το ότι η πρόταση ανάδειξης περιλαμβάνει και τον σχεδιασμό της ομαλής ένταξης του μνημείου στην ευρύτερη πόλη. Η σημαντική για την έρευνα ιστορική τεκμηρίωση έχει προχωρήσει επίσης σε βάθος, αποκαλύπτοντας μυστικά της οικοδόμησης, των τεχνικών και των υλικών της πρώτης αλλά και των μεταγενέστερων φάσεων της Γαλλικής Σκάλας.

Αξίζει να τονιστεί ότι η συνεργασία με τον Δήμο Λαυρεωτικής και τους ντόπιους επιστήμονες (σχέση πολλών χρόνων που σχετίζεται με τη δημιουργία του Τεχνολογικού-Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου) είναι πολύτιμη με αμοιβαία οφέλη. Η καλή σχέση αποδεικνύεται σήμερα και με τη συνεχή συνεργασία του Δήμου και του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου με τις ομάδες της έρευνας, στις επί τόπου εργασίες.

Αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε εξέλιξη η εργα-





**Η μελέτη
αποκατάστασης
της Γαλλικής
Σκάλας
Λαυρίου από
το ΕΜΠ και τον
Δήμο Λαυ-
ρεωτικής θα
δημιουργήσει
επιστημονικό
πρότυπο ιστορι-
κής και τεχνικής
τεκμηρίωσης,
κατάλληλο
για εφαρμογή
σε αντίστοιχα
μνημεία σε εθνι-
κό και διεθνές
επίπεδο.**

στηριακή έρευνα των υλικών, του μεταλλικού φορέα, των ενάλιων θεμελιώσεων και του μεγάλου χερσαίου λιθόκτιστου βάθρου της πλατφόρμας μεταφοράς. Οι αυτοψίες όπως και η τεκμηρίωση έφεραν στην επιφάνεια σημαντικά προβλήματα ασφάλειας, αντοχής και εν γένει παθολογίας του μνημείου. Η βαριά χρήση της γέφυρας και του λιθόκτιστου βάθρου, με μεταλλεύματα και ατμόπλοια χιλιάδων τόνων επί δεκαετίες, το μάλλον προβληματικό αργιλώδες υπέδαφος και τα διαβρωτικό θαλάσσιο περιβάλλον έχουν φέρει την κατασκευή στα όρια της.

Η μελέτη ενός τέτοιου ιδιόμορφου τεχνουργήματος, πρότυπη για τα ελληνικά δεδομένα, θα δώσει τη δυνατότητα δρομολόγησης κατ' αρχάς σωστικών επεμβάσεων και στη συνέχεια επεμβάσεων μεγάλης κλίμακας σταθεροποίησης και εξασφάλισης της διατήρησης της Γαλλικής Σκάλας.

Οι επιστημονικές ομάδες έχουν να διερευνήσουν δύσκολα, πρωτόγνωρα δεδομένα, μιας καινοτόμου και σχετικά άγνωστης τεχνολογίας του 19ου αιώνα, η οποία εισήχθη από τη Γαλλία, εφαρμόστηκε και εξελίχθηκε στα μηχανουργεία του Λαυρίου και σήμερα, εκατόν τριάντα χρόνια μετά, ανακαλύπτεται ξανά για να αναβιώσει μέσα από τη διάσωση, την αποκατάσταση και τη μνημειακή ανάδειξη. ■

«Υπολογιστικό μικροσκόπιο» για διεργασίες χημικής μηχανικής

Γεώργιος Κόκκορης, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Ινστιτούτο Ναυοπιστήμης & Ναυοτεχνολογίας, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Διδάκτορας ΕΜΠ
Νικόλαος Χειμαριός, Scienomics SARL, Paris, France, Διδάκτορας ΕΜΠ
Ανδρέας Γ. Μπουντουβής, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Η διεργασία χημικής απόθεσης από ατμό (ΧΑΑ) αποτελεί βασική διεργασία χημικής μηχανικής και σημαντικό κρίκο στην αλυσίδα διεργασιών της μικρο- και νανο-τεχνολογίας. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή υμενίων σε υποστρώματα και λαμβάνει χώρα σε αντιδραστήρες χαμηλής ή υψηλής πίεσης. Πρόδρομη ένωση τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα και διασπάται μέσω ομογενών χημικών αντιδράσεων στον κύριο όγκο του αντιδραστήρα. Το υμένιο προκύπτει μέσω ετερογενών αντιδράσεων στην επιφάνεια θερμαινόμενου υποστρώματος. Το φάσμα εφαρμογών για τα υμένια που παράγονται με ΧΑΑ ξεκινά από το πεδίο των ημιαγωγικών διατάξεων στη μικρο- και νανο-ηλεκτρονική, περνά από αυτό των μικρο- και νανο-ηλεκτρο-μηχανικών συστημάτων και φτάνει σε αυτό των φωτοβολταϊκών συστημάτων και τη βιομηχανία επικαλύψεων.

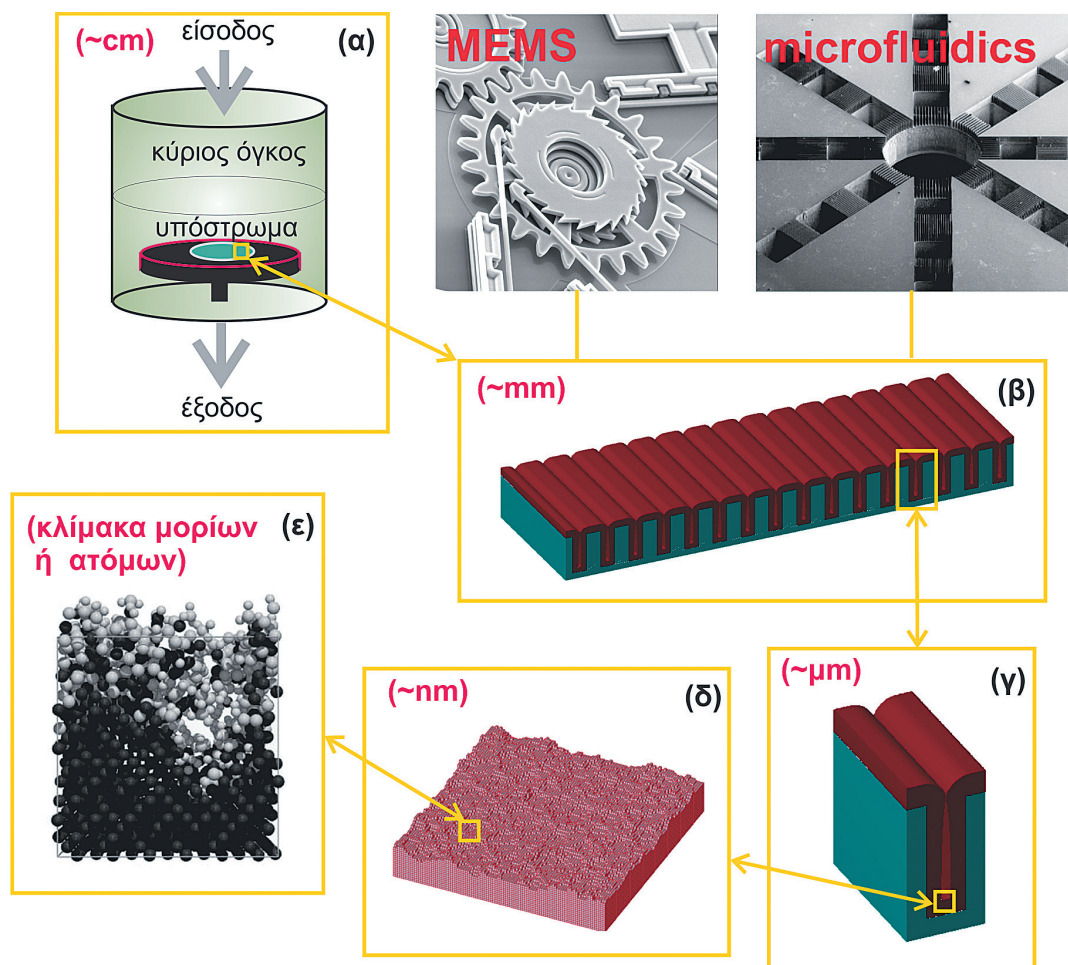
Η σύγχρονη τάση για αμίκρυνση των διατάξεων και των συστημάτων συνοδεύεται από προδιαγραφές για τα αποτιθέμενα υμένια, όπως η ομοιομορφία του πάχους τους και η τραχύτητα της επιφανειακής τους μορφολογίας, στη μικρο- ή/και νανο-κλίμακα. Έτσι, για τη μελέτη και τον σχεδιασμό διεργασιών ΧΑΑ που ικανοποιούν τις νέες προδιαγραφές απαιτούνται υπολογιστικά πλαίσια (μαθηματικά πρότυπα, μέθοδοι και αλγόριθμοι σύζευξης) που να περιγράφουν τα φαινόμενα σε κάθε κλίμακα καθώς και την αλληλεπίδρασή τους.

Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι χωρικές κλίμακες σε μία διεργασία ΧΑΑ. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 1α φαίνεται σε σκαρίφημα ένας τυπικός αντιδραστήρας ΧΑΑ με διαστάσεις μερικών δεκάτων ή μερικών εκατοστών του μέτρου. Αν τοποθετούσαμε ένα μικροσκόπιο στην επιφάνεια του υποστρώματος, θα βλέπαμε μία συστοιχία από μικροαυλάκια (Σχήμα 1β), η οποία αποτελεί δομικό στοιχείο διάταξης και στην οποία αποτίθεται το υμένιο. Αυξάνοντας τη μεγέθυνση θα βλέπαμε ένα από τα μικροαυλάκια της συστοιχίας (Σχήμα 1γ). Περαιτέρω αύξηση της μεγέθυνσης θα μας αποκάλυπτε τη μορφολογία σε μια στοιχειώδη επιφάνεια του

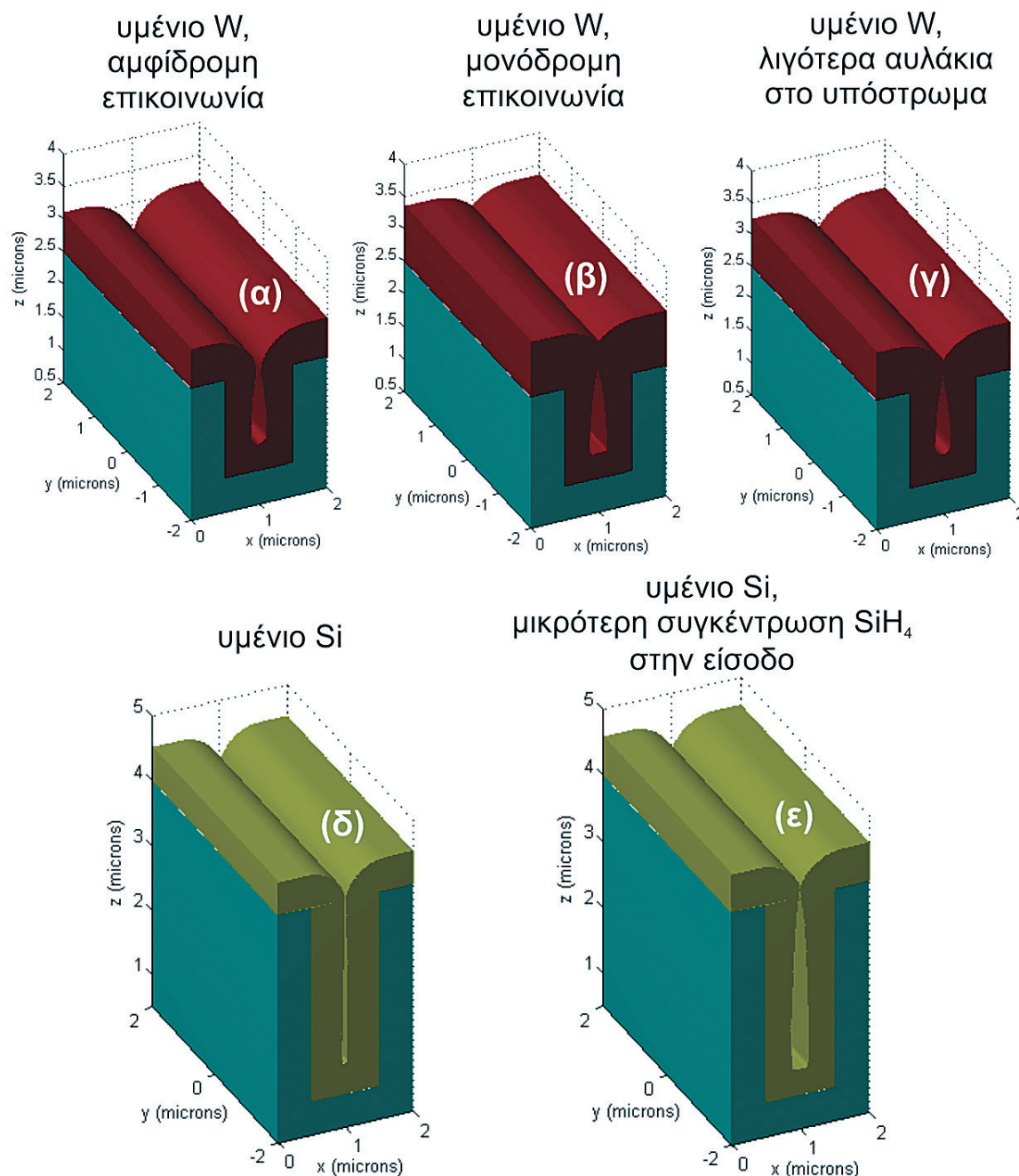
υμενίου στο μικροαυλάκι (Σχήμα 1δ) με διαστάσεις μερικών δεκάδων ή μερικών νανομέτρων. Με ακόμη μεγαλύτερη μεγέθυνση θα βλέπαμε μία ομάδα ατόμων του αποτιθέμενου υμενίου (Σχήμα 1ε). Όλες οι κλίμακες «συνομιλούν» μεταξύ τους και για να ακούσουμε τη συνομιλία τους χρειάζεται να επιστρατεύσουμε μαθηματικά πρότυπα (μοντέλα) για κάθε κλίμακα.

Η μελέτη περίπτωσης εστιάζει στο πρόβλημα ΧΑΑ υμενίου μέσα σε προσχηματισμένη συστοιχία μικροαυλακών (Σχήμα 1β). Στόχος είναι η διερεύνηση των συνθηκών που οδηγούν σε ομοιό-

μορφη απόθεση υμενίων μέσα στα μικροαυλάκια και της αλληλεπίδρασης μεταξύ της μακρο- και μικρο-κλίμακας. Για τη μελέτη χρησιμοποιείται υπολογιστικό πλαίσιο¹ το οποίο συνδυάζει δύο μοντέλα. Το πρώτο είναι το μοντέλο για τη μακροκλίμακα του αντιδραστήρα (μοντέλο μακροκλίμακας, MMA), το οποίο περιγράφει τα φυσικά και χημικά φαινόμενα στον κύριο όγκο του αντιδραστήρα και αποτελείται από τις εξισώσεις συνέχειας, διατήρησης ορμής, ενέργειας και μάζας των χημικών συστατικών του μείγματος αερίων που εισέρχονται και παράγονται στον αντιδραστήρα. Στο δεύτερο μο-



Σχήμα 1. α) Τυπικός αντιδραστήρας ΧΑΑ (~cm). β) Υμένιο που έχει αποτεθεί σε συστοιχία μικροαυλακών (~mm) στο υπόστρωμα. Η συστοιχία μπορεί να είναι τμήμα μικροηλεκτρο-μηχανικού συστήματος (MEMS) ή μικρορευστονικής διάταξης (microfluidics) γ) Υμένιο σε ένα μικροαυλάκι (~μm) δ) Στοιχειώδης επιφάνεια του υμενίου (~nm). ε) Ομάδα μορίων ή ατόμων του αποτιθέμενου υμενίου.



Σχήμα 2. Προφίλ υμενίων W and Si σε μικροαυλάκια που βρίσκεται σε συγκεκριμένη θέση (45 mm έως 50 mm από το κέντρο του υποστρώματος) συστατικής μικροαυλακίων του υποστρώματος. α) Προφίλ υμενίου W όταν υπάρχουν 8 αυλάκια ανά 32 μm στο υπόστρωμα και η επικοινωνία των MMA και MMI είναι αμφίδρομη. β) Το ίδιο με το Σχήμα 2α όταν η επικοινωνία μεταξύ των μοντέλων είναι μονόδρομη. γ) Το ίδιο με το Σχήμα 2α όταν υπάρχουν 2 αυλάκια ανά 32 μm . δ) Προφίλ υμενίου Si όταν το γραμμομοριακό κλάσμα του SiH_4 στην είσοδο είναι 0.1. ε) Το ίδιο με το Σχήμα 2δ με γραμμομοριακό κλάσμα SiH_4 στην είσοδο ίσο με 0.001.

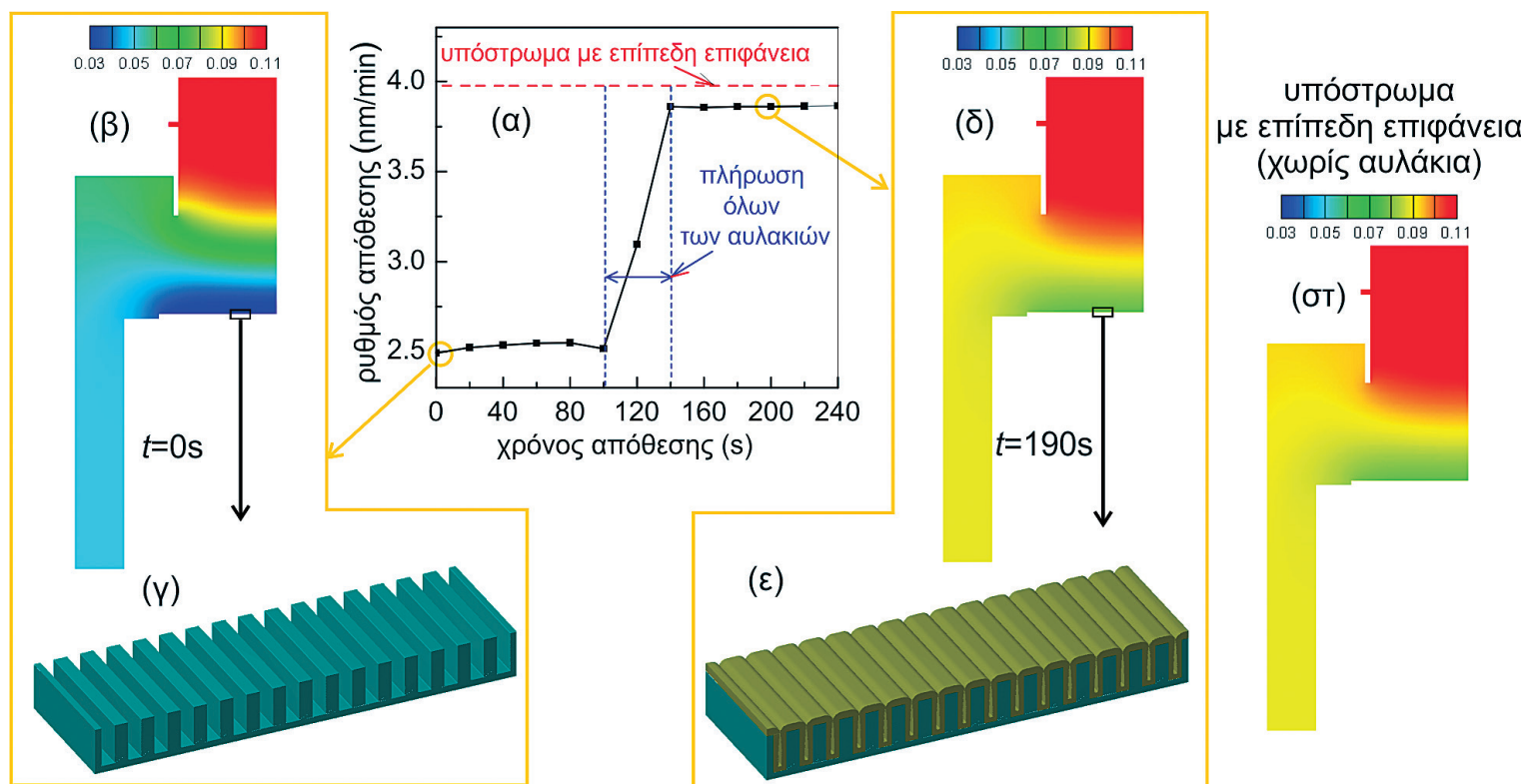
ντέλο, στο μοντέλο για τη μικροκλίμακα των αυλακίων (μοντέλο μικροκλίμακας, MMI), δεν μπορεί να εφαρμοστεί η θεωρία του συνεχούς μέσου όπως στο MMA. Στη μακροκλίμακα οι συγκρούσεις μεταξύ των μορίων είναι συχνές (αριθμός Knudsen < 0.1), ενώ στη μικροκλίμακα οι συγκρούσεις συμβαίνουν κυρίως με τα τοιχώματα των αυλακίων (αριθμός Knudsen μέσα στα αυλάκια > 1). Αντί αυτού χρησιμοποιείται βαλλιστικό μοντέλο για τη μεταφορά των συστατικών μέσα στα μικροαυλάκια καθιστώντας έτσι το υπολογιστικό πλαίσιο υβριδικό. Το δεύτερο μοντέλο ενσωματώνει και έναν αλγόριθμο εξέλιξης του προφίλ του υμενίου μέσα στα μικροαυλάκια (μέθοδος ισουψών, level set method). Με το MMA υπολογίζονται οι κατανομές της ταχύτητας, πίεσης, θερμοκρασίας και συγκέντρωσης των συστατικών

στον κύριο όγκο του αντιδραστήρα. Με το MMI υπολογίζεται ο τοπικός ρυθμός απόθεσης και η εξέλιξη του προφίλ του υμενίου στα μικροαυλάκια. Τα μοντέλα σε ακόμη μικρότερες κλίμακες (Σχήματα 1δ και 1ε) συνεισφέρουν στη μελέτη μέσω της εξαγωγής της χημικής κινητικής των ετερογενών αντιδράσεων που χρησιμοποιείται στο MMI για τον υπολογισμό του ρυθμού απόθεσης.

Η σύζευξη των MMA και MMI επιτυγχάνεται μέσω του συντελεστή ενεργής κατανάλωσης, ϵ , ο οποίος εισάγεται στη συνοριακή συνθήκη για την κατανάλωση των χημικών συστατικών στην επιφάνεια του υποστρώματος. Η ύπαρξη των μικροαυλακίων στο υπόστρωμα αυξάνει τη διαθέσιμη για απόθεση επιφάνεια (ενεργή επιφάνεια) με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης των χημικών συστατικών. Ο ϵ εισάγεται στη συνοριακή

συνθήκη προκειμένου η μακροκλίμακα να «αντιληφθεί» την αυξημένη αυτή κατανάλωση, και κατ' επέκταση την ύπαρξη των μικροαυλακίων στο υπόστρωμα, χωρίς η γεωμετρία των αυλακίων να υπεισέρχεται στους υπολογισμούς της μακροκλίμακας. Ο ϵ υπολογίζεται μέσω επαναληπτικής διαδικασίας που απαιτεί την αμφίδρομη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των δύο κλιμάκων. Εκτός από την τοπική μεταβολή του ϵ στο υπόστρωμα, ο ϵ μεταβάλλεται και χρονικά, καθώς η ενεργή επιφάνεια μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της απόθεσης.

Η επίλυση των εξισώσεων του MMA γίνεται με εμπορικό κώδικα και η επίλυση των εξισώσεων του MMI γίνεται με κώδικα σε γλώσσα C++. Για την επιτάχυνση των υπολογισμών χρησιμοποιούνται μέθοδοι παράλληλης επεξεργασίας και στις δύο κλίμακες. Πιο συγκεκριμένα,



Σχήμα 3. Η επίδραση του χρόνου απόθεσης στον ρυθμό απόθεσης και της σύστασης της αέριας φάσης. α) Ο μέσος ρυθμός απόθεσης Si σε προσχηματισμένη τοπογραφία μικροαυλακιών. Οι συνθήκες περιγράφονται στη λεζάντα του Σχήματος 2δ. β) Το γραμμομοριακό κλάσμα του SiH₄ για t=0. γ) Συστοιχία αυλακιών στο υπόστρωμα για t = 0. δ) Το γραμμομοριακό κλάσμα του SiH₄ την t = 190 s. ε) Συστοιχία αυλακιών στο υπόστρωμα για t = 190 s (μετά την πλήρωση). στ) Το γραμμομοριακό κλάσμα του SiH₄ όταν η επιφάνεια του υποστρώματος είναι επίπεδη, χωρίς αυλάκια.

χρησιμοποιείται η μέθοδος διαχωρισμού του χωρίου (domain decomposition) για τους υπολογισμούς με το MMA και η μέθοδος «αφέντη-εργάτη» (master-worker) για τους υπολογισμούς με το MMI. Οι υπολογισμοί στα μικροαυλάκια σε διαφορετικά σημεία του υποστρώματος γίνονται παράλληλα σε διαφορετικούς υπολογιστικούς πυρήνες, καθώς είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Με τους παράλληλους υπολογισμούς ο χρόνος επίλυσης μπορεί να μειωθεί από μερικές ημέρες σε μερικές ώρες.

Χαρακτηριστικά αποτελέσματα της σύζευξης του MMA με το MMI για ΧΑΑ υμενίων Βολφράμιο (W) από εξαφθοριούχο Βολφράμιο (WF₆) και Υδρογόνο (H₂) και υμενίων Πυριτίου (Si) από Σιλάνιο (SiH₄) σε μικροαυλάκια φαίνονται στα Σχήματα 2 και 3.

Στα Σχήματα 2α και 2β αναδεικνύεται η σημασία της αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ της μακρο- και μικρο-κλίμακας. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται το προφίλ υμενίου W σε μικροαυλάκι σε συγκεκριμένη θέση στο υπόστρωμα με μονόδρομη (από τη μακρο- στη μικρο-κλίμακα) και αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των δύο κλιμάκων. Όταν δεν υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία, ο ρυθμός απόθεσης υπερεκτιμάται και το πάχος του υμενίου είναι μεγαλύτερο. Και στις δύο περιπτώσεις η απόθεση δεν είναι ομοιόμορφη.

Στα Σχήματα 2α και 2γ φαίνεται η επίδραση της πυκνότητας των μικροαυλακιών στο υπόστρωμα στο προφίλ του αποτιθέμενου υμενίου. Στο Σχήμα 2γ φαίνεται το προφίλ υμενίου W στην ίδια θέση στο υπόστρωμα και υπό τις

ίδιες λειτουργικές συνθήκες με το Σχήμα 2α. Η διαφορά είναι ότι στο Σχήμα 2γ η πυκνότητα των μικροαυλακιών στο υπόστρωμα είναι μικρότερη (2 αυλάκια ανά 32 μm αντί 8 αυλάκια ανά 32 μm στο Σχήμα 2α), το οποίο συνεπάγεται μικρότερη ενεργή επιφάνεια, μικρότερη κατανάλωση αντιδρώντων και συνεπώς μεγαλύτερο ρυθμό απόθεσης.

Στα Σχήματα 2δ και 2ε φαίνεται η επίδραση των λειτουργικών παραμέτρων στην ομοιομορφία απόθεσης υμενίων Si σε μικροαυλάκια. Η μείωση της συγκέντρωσης του SiH₄ στο ρεύμα εισόδου (Σχήμα 2ε) οδηγεί σε αύξηση του φαινόμενου συντελεστή προσκόλλησης του SiH₄ στην επιφάνεια του αναπτυσσόμενου υμενίου, η οποία συνεπάγεται τη μείωση της ομοιομορφίας απόθεσης και τη δημιουργία ανεπιθύμητου κενού (οπή) στην πλήρωση του αυλακιού.

Στο Σχήμα 3 φαίνεται η επίδραση της ύπαρξης μικροαυλακιών στο υπόστρωμα στο ρυθμό απόθεσης και στη σύσταση της αέριας φάσης. Στο Σχήμα 3α φαίνεται ο μέσος ρυθμός απόθεσης Si στα μικροαυλάκια του υποστρώματος συναρτήσει του χρόνου απόθεσης. Στη χρονική στιγμή t=0 τα μικροαυλάκια είναι άδεια (Σχήμα 3γ). Σε σύγκριση με την περίπτωση όπου η επιφάνεια του υποστρώματος είναι επίπεδη (χωρίς μικροαυλάκια), η ενεργή επιφάνεια είναι μεγαλύτερη και η κατανάλωση των αντιδρώντων στην επιφάνεια είναι επίσης μεγαλύτερη. Η αυξημένη κατανάλωση οδηγεί στην εξάντληση των αντιδρώντων στη γειτονιά του υποστρώματος, όπως φαίνεται από το μειωμένο γραμμομοριακό κλάσμα του

SiH₄ (Σχήμα 3β), και σε μειωμένο μέσο ρυθμό απόθεσης (Σχήμα 3α). Με την πάροδο του χρόνου, τα αυλάκια γεμίζουν και μετά την πλήρωσή τους (Σχήμα 3ε) ο ρυθμός απόθεσης προσεγγίζει το ρυθμό απόθεσης σε υπόστρωμα με επίπεδη επιφάνεια. Όμοια, η σύσταση της αέριας φάσης προσεγγίζει τη σύσταση σε περίπτωση υποστρώματος με επίπεδη επιφάνεια (βλ. Σχήματα 3δ και 3στ).

Το υβριδικό υπολογιστικό πλαίσιο πολλαπλών χωρικών κλιμάκων μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εικονικό «υπολογιστικό μικροσκόπιο» στις διεργασίες ΧΑΑ εστιάζοντας άλλοτε στην κλίμακα των μικροδομών στην επιφάνεια του υποστρώματος και άλλοτε στον κύριο όγκο του αντιδραστήρα. Λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση μεταξύ μακρο- και μικρο-κλίμακας και μπορεί σε ρεαλιστικούς χρόνους να προβλέψει το προφίλ απόθεσης υμενίων σε μικροδομές και να εξηγήσει μηχανισμούς και φαινόμενα. Παραδείγματα εφαρμογής του υπολογιστικού μικροσκοπίου σε κλίμακες και διεργασίες χημικής μηχανικής που δεν καλύπτει το παρόν άρθρο υπάρχουν σε πρόσφατες δημοσιεύσεις^{2,3}.

Αναφορές

- [1] Cheimarios N, Kokkoris G and Boudouvis A G 2010 *Chem. Eng. Sci.* **65** 5018
- [2] Aviziotis I G, Duguet T, Vahlas C and Boudouvis A G 2017 *Advanced Materials Interfaces* **4** 1601185
- [3] Mouchtouris S and Kokkoris G 2017 *Plasma Process. Polym.* **14** 1600147 ■

Σύγχρονες Πολιτικές για την Κλιματική αλλαγή: Η επιστήμη με επίκεντρο τον άνθρωπο

Του **Χ. Δούκα**, επίκουρου καθηγητή Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Ένα νέο, σύγχρονο επιστημονικό «εργαλείο» στις πολιτικές υποστήριξης αποφάσεων για τη διαμόρφωση πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής έχει αναπτύξει η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και το Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, σε συνεργασία με Ευρωπαϊκά ερευνητικά κέντρα.

Όπως είναι γνωστό, η κλιματική αλλαγή είναι μία από τις μεγαλύτερες απειλές για την ανθρωπότητα και το μέλλον της. Διεθνώς, αναζητούνται αποτελεσματικές πολιτικές και δράσεις άμβλυνσης του φαινομένου της. Πολιτικές, δηλαδή, που να είναι επιστημονικά τεκμηριωμένες, τεχνικά εφικτές και οικονομικά βιώσιμες. Μα, πρωτίστως, πολιτικές που να διαμορφώνονται με επίκεντρο τον άνθρωπο, σε ένα συνεργατικό περιβάλλον. Οι προσπάθειες αυτές αποκτούν ιδιαίτερο νόημα μετά την ιστορική Συμφωνία του Παρισιού, της 12ης Δεκεμβρίου 2015, σύμφωνα με την οποία η απάντηση της παγκόσμιας κοινότητας στην κλιματική αλλαγή απαιτεί τη συμβολή και συνεργασία όλων των κρατών για τον περιορισμό της αύξησης, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, της παγκόσμιας θερμοκρασίας έως τους 1.5-2 βαθμούς Κελσίου.

Σε επιστημονικό επίπεδο, το καθιερωμένο επιστημονικό υπόδειγμα βασίζεται κυρίως σε προσομοιώσεις μοντέλων ενεργειακών συστημάτων και κλίματος-οικονομίας. Παρά την αδι-αμφισβήτητη προσφορά των μοντέλων αυτών στη μελέτη των επιπτώσεων τόσο της κλιματικής αλλαγής όσο και των πολιτικών για την αντιμετώπισή της, ο βαθμός στον οποίο το συγκεκριμένο επιστημονικό υπόδειγμα μπορεί να απαντήσει στις σύγχρονες προσκλήσεις και να υποστηρίξει αποτελεσματικά τους φορείς χάραξης κλιματικής πολιτικής απασχολεί σήμερα, περισσότερο από ποτέ, την επιστημονική κοινότητα.

Τα βασικά ερωτήματα που τίθενται προς διερεύνηση είναι τα ακόλουθα:

- **Συμμετοχή:** Πώς θα διασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη συμμετοχή των ίδιων των φορέων χάραξης πολιτικής αλλά και των υπόλοιπων μερών της κοινωνίας στις αντίστοιχες επιστημονικές δραστηριότητες;
- **Ευελιξία:** Πώς θα ενισχυθεί η ευελιξία της μοντελοποίησης των ποικίλων μέτρων κλιματικής πολιτικής, καθώς και πώς θα καταστούν τα ίδια τα μοντέλα περισσότερο διαφανή, όσον αφορά στις πολυάριθμες υποθέσεις τους;
- **Αβεβαιότητα:** Πώς, σε επίπεδο αποτελεσμάτων, μπορούν τα μοντέλα να ενισχύσουν τις δυνατότητες ενσωμάτωσης, διαχείρισης και εξάλειψης των διαφορετικών τύπων αβεβαιότητας, από την οικονομική δυνατότητα και την τεχνολογική ετοιμότητα έως την κοινωνική αποδοχή και την πολιτική βούληση;

Σε αυτό το απαιτητικό πλαίσιο, το Εργαστήριο

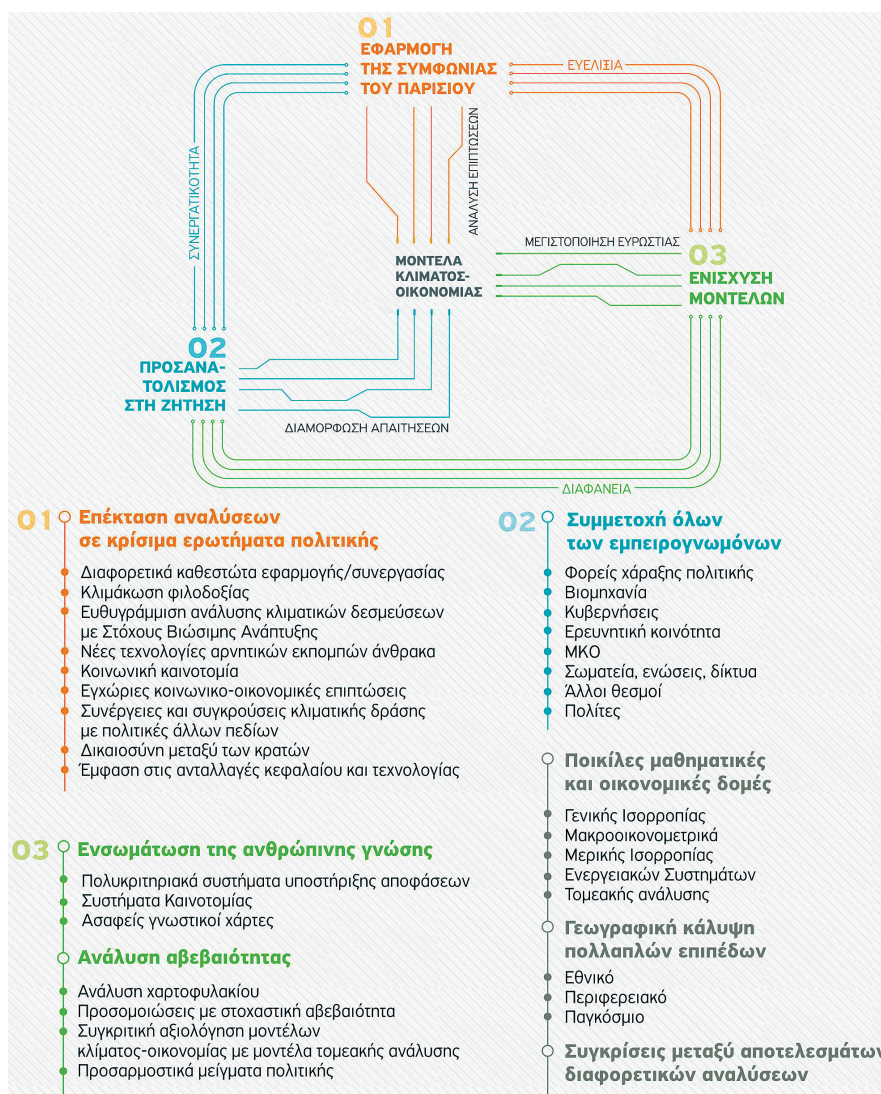
Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ανέπτυξε, σε συνεργασία με εγνωσμένου κύρους ευρωπαϊκά πανεπιστήμια και ινστιτούτα (Cambridge, Sussex και Basque Centre for Climate Change), ένα νέο, συνεργατικό, επιστημονικό υπόδειγμα που περιλαμβάνει:

- (α) τη χρήση συνόλων διαφορετικών και συμπληρωματικών μεταξύ τους μοντέλων κλίματος-οικονομίας, με όρους μαθηματικής δομής (γενικής/μερικής ισορροπίας, μακροοικονομικά, ενεργειακά, βέλτιστης ανάπτυξης κλπ.), γεωγραφικής κάλυψης, εκπροσώπησης οικονομικών τομέων, και μελέτης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- (β) τη συμμετοχή ενδιαφερόμενων/εμπλεκόμενων μερών που εκπροσωπούν ολόκληρη την κοινωνία (φορείς χάραξης πολιτικής, βιομηχανία, εθνικές κυβερνήσεις, ερευνητική κοινότητα, περιβαλλοντικές οργανώσεις, σωματεία και ενώσεις κ.ά.), σύμφωνα και με τον μηχανισμό καθολικού διαλόγου που θέσπισαν οι πρόσφατες Σύνοδοι των Ηνωμένων Εθνών, και

(γ) την αξιοποίηση συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, για την αναπαράσταση και ενσωμάτωση της ανθρώπινης γνώσης και εμπειρίας στα μοντέλα, καθώς και για τη διαχείριση της αβεβαιότητας που σχετίζεται με τα αποτελέσματά τους.

Το νέο επιστημονικό υπόδειγμα, με βάση τη συνεργατικότητα, τη διαφάνεια και την ευρωστία, έχει ήδη δημοσιευθεί σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά και έχει αξιοποιηθεί σε πλήθος πραγματικών εφαρμογών υποστήριξη χάραξης κλιματικής πολιτικής, όπως στην:

- Υποστήριξη διαμόρφωσης του νέου σχεδίου δράσης για την ενεργειακή αποδοτικότητα στην Ελλάδα
- Ανάλυση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων της πράσινης μετάβασης του ενεργειακού συστήματος της Πολωνίας
- Εύρεση βέλτιστων στρατηγικών πολιτικής για τη βιώσιμη χρήση καυσίμων στην Ανατολική Αφρική
- Διερεύνηση κατάλληλων επενδυτικών χαρτοφυλακίων έρευνας και ανάπτυξης στον ευρωπαϊκό ενεργειακό τομέα. ■



Ξανά όρθιο το Γεφύρι της Πλάκας

Ολοκληρώνεται σύντομα το μεγαλύτερο πρόγραμμα αναστήλωσης πέτρινης γέφυρας στον κόσμο

Στην τελική του ευθεία είναι το τίτλιο έργο που ανέλαβε ομάδα επιστημόνων (23 μελών Διδακτικού και Ερευνητικού Προσωπικού και 46 ερευνητών) για την αναστήλωση του ιστορικού Γεφυριού της Πλάκας, που κατέρρευσε τον Φεβρουάριο του 2015. Στις 18 Σεπτεμβρίου υπεγράφη η σύμβαση για το έργο «Στερέωση, Αποκατάσταση, Αναστήλωση, Ανάδειξη Γέφυρας Αράχθου στην Πλάκα», με την οποία εγκαθίσταται ο ανάδοχος του έργου, προϋπολογισμού 4,5 εκ. ευρώ, με στόχο την ολοκλήρωση του έργου εντός των επομένων 16 μηνών.

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο βρέθηκε από την πρώτη στιγμή στην προμετωπίδα των προσπαθειών για την αναστήλωση του Γεφυριού. Και θα παραμείνει μέχρι να σταθεί το Γεφύρι, Ξανά, όρθιο.

«Πρόκειται για ένα πολύ δύσκολο τεχνικό έργο», δήλωσε σχετικά ο **καθηγητής Δημήτρης Καλιαμπάκος**, συντονιστής της επιστημονικής ομάδας που ολοκληρώνει το έργο. «Η γέφυρα της Πλάκας είναι η πιο μεγάλη πέτρινη γέφυρα που αναστηλώνεται σε παγκόσμιο επίπεδο. Τεχνικά αυτό δεν είναι μια καθόλου εύκολη υπόθεση» ανέφερε.

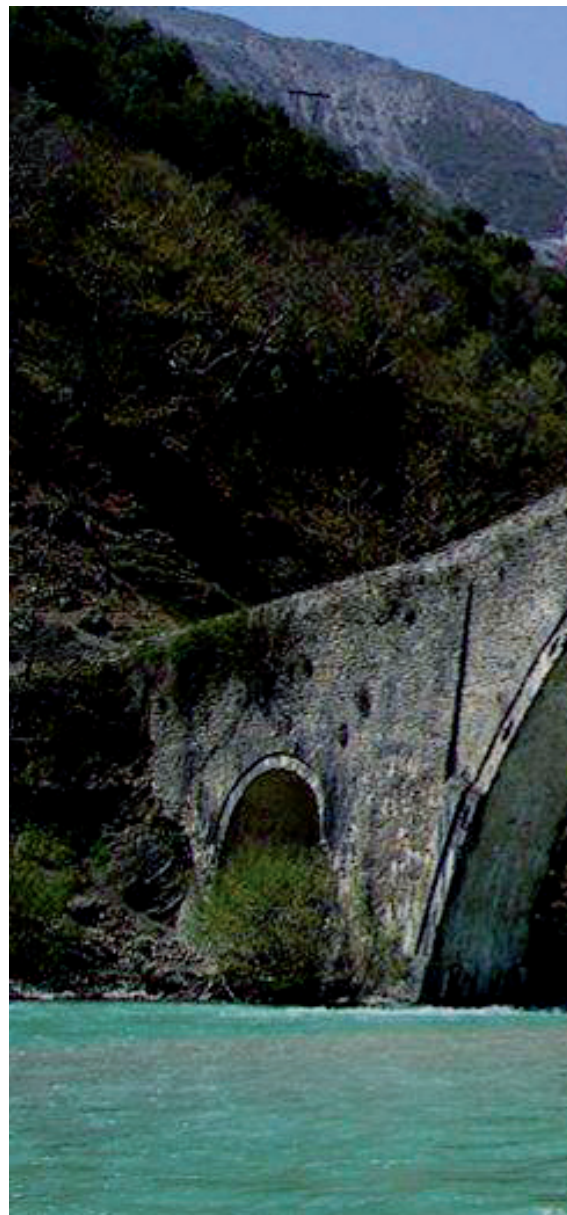
Όπως τόνισε περιγράφοντας το έργο, στόχος είναι «να φτιάξουμε Ξανά το γεφύρι που έκτισε το 1866 ο πρωτομάστορας Μπέκας, και όχι κάτι που του μοιάζει μόνο εξωτερικά. Συλλέξαμε όσο δυνατόν περισσότερο υλικό από την πεσμένη γέφυρα και, μελετώντας το, μπορέσαμε να αποκρυπτογραφήσουμε ως έναν βαθμό την τεχνική που ακολούθησε ο πρωτομάστορας τότε».

«Μεμονωμένες πέτρες που έχουμε συλλέξει μία προς μία θα χρησιμοποιηθούν στο γεφύρι, όχι όμως στο τόξο του, που είναι το πιο ευαίσθητο κομμάτι. Ποτέ ο πρωτομάστορας δεν θα επέλεγε μια κουρασμένη πέτρα, που έχει πάνω της κονίαμα· θα επιθυμούσε μια φρεσκοκομμένη πέτρα γιατί πίστευε πολύ περισσότερο στην επαφή πέτρας με πέτρα, παρά στο κονίαμα» σημείωσε ο κ. Καλιαμπάκος.

«Η φιλοδοξία και το σχέδιό μας είναι δίπλα στη γέφυρα να δημιουργηθεί ένα υπαίθριο μουσείο όπου θα εκτίθενται τα μεγάλα κομμάτια της γέφυρας που σώθηκαν, ως αντικείμενα παρατήρησης και μελέτης από επισκέπτες και ερευνητές. Τα συλλέξαμε, τα προφυλάσσουμε και θα τους συμπεριφερθούμε ως πολύτιμα στοιχεία της πολιτιστικής μας κληρονομιάς» προσέθεσε.

Στην ερώτηση ωστόσο αν η μέθοδος των μαστόρων εκείνης της εποχής είναι σήμερα οικεία, οι επιστήμονες του ΕΜΠ απαντούν ότι πολλά σημεία της, δυστυχώς, αποτελούν μια γνώση που χάθηκε. «Προσπαθούμε, με εγχειρήματα σαν αυτό της Γέφυρας της Πλάκας, να την ανακτήσουμε» τόνισαν. «Ξε αρκετά κρίσιμα σημεία έπρεπε να μαντέψουμε τις αποφάσεις που είχε πάρει ο πρωτομάστορας Μπέκας. Οι σύγχρονοι μηχανικοί και οι καθηγητές του Πολυτεχνείου εμπιστευόμαστε τον πρωτομάστορα και ξαναφτιάχνουμε το γεφύρι του. Αυτή τη λογική εισήγαγε ο Μανώλης Κορρές, ο Πρόεδρος της Επιστημονικής Επιτροπής για την αναστήλωση του γεφυριού» ανέφεραν.

«Μιλάμε συχνά για τον πρωτομάστορα. Είναι γιατί αυτός προσωποποιεί και εκφράζει τις δυνάμεις της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, την ισχυρή γνώση που περνούσε από τον πατέρα στο παιδί και μέσα από τα μπουλούκια των μαστόρων ταξίδευε για αιώνες. Σήμερα, 'καβαλάμε' το άρμα της τεχνολογίας και έχουμε συχνά την αίσθηση ότι ο σύγχρο-

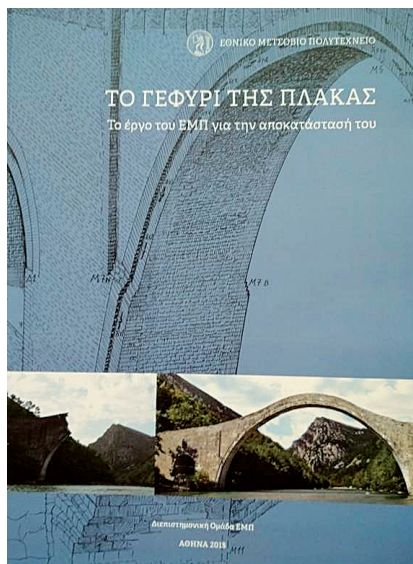


Οι σύγχρονοι μηχανικοί και οι καθηγητές του Πολυτεχνείου εμπιστευόμαστε τον πρωτομάστορα και ξαναφτιάχνουμε το γεφύρι του.

νος άνθρωπος είναι πιο έξυπνος από τις προηγούμενες γενιές. Στην πραγματικότητα η ευστροφία, η εφευρετικότητα, το 'μηχανικά', ας μου επιτραπεί η έκφραση, εκείνων των ανθρώπων ήταν εντυπωσιακά» είπε ο κ. Καλιαμπάκος.

«Ένα από τα ωραία (και δύσκολα) θέματα που μας απασχόλησε ήταν ότι το γεφύρι αυτό είχε μια 'καμπούρα' – στο ψηλότερο σημείο της η καμάρα δεν ήταν τμήμα ενός τέλει ημικύκλιου, και αυτό ήταν μια από τις σχεδιαστικές ιδιορρυθμίες που το καθιστούσαν τόσο εντυπωσιακό. Ξέρουμε, πλέον, ότι ο πρωτομάστορας το έκανε συνειδητά, γιατί ήθελε να σφηνώσουν καλύτερα οι πέτρες αλλάζοντας την κλίση. Όμως, σύμφωνα με τη σύγχρονη στατική ανάλυση, εκεί που αλλάζει η κλίση της καμπύλης διαμορφώνεται μια επιφάνεια αδυναμίας. Πιστοί, όμως, σε αυτό που επέλεξε ο Μπέκας, κρατήσαμε αυτό το σχεδιαστικό στοιχείο και, μάλιστα, χωρίς κρυμμένη ενίσχυση. Έχουμε τη βαθιά πεποίθηση ότι αν κάνουμε ό,τι έκανε ο πρωτομάστορας, το γεφύρι και θα στηθεί και θα μείνει για πάρα πολλά χρόνια στη θέση του» σημείωσε.

Πάντως, φαίνεται πως όλοι όσοι



Η έκθεση της διεπιστημονικής ομάδας έργου του ΕΜΠ



Η κεντρική κατεύθυνση της αναστήλωσης: Να φτιαχτεί στην ίδια θέση το ίδιο Γεφύρι

έχουν εμπλακεί στην αναστήλωση, όταν θα ξεκαλουπώνεται το γεφύρι, θα έχουν την ίδια αγωνία που είχε ο πρωτομάστορας Μπέκας, αν το γεφύρι θα στηθεί...

Όπως προκύπτει από τα ιστορικά δεδομένα, τρία χρόνια πριν από τον Μπέκα, το 1863, είχε αναλάβει να κτίσει τη γέφυρα στην Πλάκα ένας άλλος Ηπειρώτης πρωτομάστορας, ο Ζιώγας Φρόντζος. Κοιτισιώτης στην καταγωγή, ικανότατος και διάσημος. Ο ίδιος αργότερα έκτισε το γεφύρι της Κόνιτσας που ακόμα στέκει. Έστησε, λοιπόν, ο Φρόντζος το γεφύρι και τη μέρα του ξεκαλουπώματος έγινε στα πόδια του, όπως αναφέρουν οι

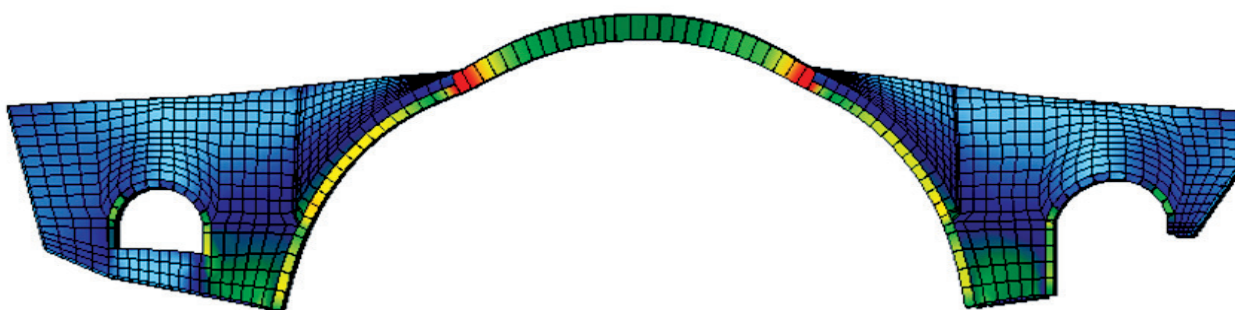
επιστήμονες του ΕΜΠ σύμφωνα με τις μαρτυρίες, και ένα μεγάλο πανηγύρι. Το ξεκαλούπωμα ήταν πολύ εντυπωσιακό. Συνήθως, έβαζαν φωτιά στα ξύλινα καλούπια, για να υποχωρήσουν σταδιακά και να αναλάβει σταδιακά φορτία η κατασκευή. Αλλά, την ίδια μέρα το γεφύρι έπεσε. «Σκεφτείτε τον πρωτομάστορα, πώς βρέθηκε τότε από τον παράδεισο στην κόλαση. Αυτή την ίδια αγωνία θα έχουμε και εμείς – γιατί δεν φτιάχνουμε ένα σύγχρονο γεφύρι με επένδυση πέτρας, αλλά ένα παραδοσιακό πέτρινο γεφύρι. Θα έχουμε, λοιπόν, την ίδια αγωνία όταν ξεκαλουπώνουμε, αλλά έχουμε και

Η ευστροφία, η εφευρετικότητα, το 'μηχανιλικά', των παραδοσιακών μαστόρων ήταν εντυπωσιακά

τη βαθιά πεποίθηση ότι τελικά θα τα καταφέρουμε» είπε ο κ. Καλιαμπάκος.

«Επειδή πέρασε καιρός και έπρεπε να επιλυθούν αρκετά προβλήματα, αυτό που κράτησε την υπόθεση του γεφυριού ζωντανή είναι η πολύ μεγάλη απαίτηση της ελληνικής κοινωνίας να ξαναστηθεί το γεφύρι, η οποία πιστοποιήθηκε και από τις σχετικές πανελλαδικές έρευνες του ΕΜΠ», κατέληξε. «Θα δώσει έναν τόνο αισιοδοξίας η αναστήλωσή του, ότι η Ελλάδα ακόμα και σε αυτές τις συνθήκες αντιστέκεται στην καταστροφή. Τα πράγματα που αγαπάμε δεν θα τα αφήσουμε να τα πάρει το ποτάμι». ■

Τα σημεία αλλαγής της καμπυλότητας αποτελούν επιφάνειες αδυναμίας. Λήφθηκε όμως η απόφαση να κρατηθεί η διπλή καμπυλότητα χωρίς κρυφές ενισχύσεις.



Μανώλης Πρωτονοτάριος: «Πρέπει να ‘ξαναφανταστούμε’ την εκπαίδευση των Μηχανικών στην Ελλάδα»

Ο Ομότιμος καθηγητής του ΕΜΠ μιλάει
στον «Προμηθέα» για τις ελπίδες από την ευρεία χρήση
των νέων τεχνολογιών αλλά και τους κινδύνους που
ελλοχεύουν, για τα ελληνικά πανεπιστήμια
και τη σωστή κατάρτιση των Μηχανικών

*«Η τεχνολογική ανάπτυξη δεν
θα πρέπει να αναστέλλεται,
είναι όμως ζωτικής
σημασίας να υπάρχουν
δικλίδες ασφαλείας ώστε
να διασφαλίζεται πάντα η
προστασία του χρήστη και
της ιδιωτικότητάς του»,
σημείωσε μιλώντας στον
«Προμηθέα» ο ομότιμος
καθηγητής Επικοινωνιών,
Ηλεκτρονικής και Συστημάτων
Πληροφορικής του Εθνικού
Μετσόβιου Πολυτεχνείου
κ. Εμμ. Πρωτονοτάριος.*

Ο κ. Πρωτονοτάριος αναφέρθηκε
στην πολιτική των κυβερνήσεων
διεθνώς στα θέματα ανώτατης
εκπαίδευσης, αλλά και στη θέση των ελ-
ληνικών πανεπιστημίων στον παγκόσμιο
ακαδημαϊκό «χάρτη».

**ΕΡ: Τι πιστεύετε για τις νέες τεχνο-
λογίες και τις σύγχρονες “οδούς”
των επικοινωνιών; Εχθροί ή σύμμα-
χοι;**

Σίγουρα ελλοχεύουν κίνδυνοι. Η συνε-
χής αυτοματοποίηση, τουλάχιστον σε
ένα πρώτο στάδιο, θα αναστατώσει την
αγορά εργασίας, αυξάνοντας την ανεργ-
γία. Αυτό, παρ’ όλα αυτά, όπως έδειξε η
ιστορία, ειδικά ύστερα από τη Βιομηχανι-
κή Επανάσταση, θα είναι παροδικό. Νέα
πεδία και θέσεις εργασίας θα αναδυθούν

στη θέση των παλιών. Είναι στο χέρι της
κυβέρνησης να διασφαλίσει την ομαλή
μετάβαση από το παλιό status quo στο
νέο. Ύστερα, τίθεται το θέμα της ασφάλ-
ειας των προσωπικών δεδομένων. Η
συλλογή δεδομένων είναι ακρογωνιαίος
λίθος στην εξέλιξη του κλάδου μας. Πού
είναι όμως τα όρια; Φαίνεται πως αυτό θα
είναι ένα φλέγον ζήτημα στο άμεσο μέλ-
λον, ειδικά όταν ακόμη και κυβερνήσεις
κρατών είναι επιρρεπείς σε κυβερνοεπι-
θέσεις. Η τεχνολογική ανάπτυξη δεν θα
πρέπει να αναστέλλεται, είναι όμως ζω-
τικής σημασίας να υπάρχουν δικλίδες
ασφαλείας ώστε να διασφαλίζεται πάντα
η προστασία του χρήστη και της ιδιωτι-
κότητάς του. Η τεχνολογία Blockchain θα
βοηθήσει στο να αυξηθεί η εμπιστοσύνη
στον κυβερνοχώρο.

**ΕΡ: Πώς βλέπετε την εξέλιξη της εκ-
παίδευσης των πολυτεχνικών σπου-
δών, δηλαδή ποιο είναι το μέλλον
της παιδείας των μηχανικών;**

Είναι ανάγκη να ξαναφανταστούμε και να
ξανασκεφτούμε με ποιους τρόπους πρέ-
πει να εκπαιδεύουμε τους μηχανικούς και
τους τεχνικούς εφαρμογής σε όλες τις
βαθμίδες λαμβάνοντας υπόψη τι γίνεται
σε όλον τον κόσμο. Ας επικεντρωθούμε
εδώ στις πολυτεχνικές σπουδές. Οι σύγ-
χρονες απόψεις αποκρυσταλλώνονται
σε 3 τάσεις για τη Μελλοντική Παιδεία
των Μηχανικών. Η πρώτη τάση είναι
η κλίση του άξονα της ηγεσίας για την
εκπαίδευση των μηχανικών ώστε να είναι
λιγότερο αποκεντρωμένη, στα ιδρύματα
την Ηνωμένων Πολιτειών και της Βόρει-

**Είναι ανά-
γκη να συν-
δεθούν οι
σπουδές με
την εθνική
οικονομία
και σε όλη
την παιδεία
των STEM να
μπουν καθε-
τοποιημένα
μαθήματα
και projects.**

ας Ευρώπης. Είναι επιτακτική ανάγκη να
λάβουμε υπόψη τόσο τις απαιτήσεις όσο
και τη συνεισφορά από την πρόοδο του
υπόλοιπου κόσμου. Η δεύτερη τάση
είναι μία μετατόπιση προς προγράμμα-
τα σπουδών που αφομοιώνουν τεχνικές
μάθησης με κέντρο τον σπουδαστή και
είναι προσανατολισμένες στις πιεστικές
προκλήσεις του 21ου αιώνα, είτε αυτές
είναι κοινωνικές, περιβαλλοντικές, τε-
χνολογικές. Τέλος, η τρίτη τάση είναι
η δημιουργία, επιλογή και ανάδειξη μιας
νέας γενιάς ηγετών που θα έχουν τον
δυναμισμό και την αποφασιστικότητα να
φέρουν εις πέρας τα παραπάνω σπου-
δατοκεντρικά προγράμματα σπουδών
σε μεγάλη κλίμακα, δηλαδή σε όλες τις
βαθμίδες εκπαίδευσης και τα επιστημο-
νικά πεδία.

**ΕΡ: Πώς μπορεί η παιδεία να αποτε-
λέσει “όπλο” κατά της οικονομικής
κρίσης και να στηρίξει την ανάπτυξη
της χώρας;**

Πολλοί πολιτικοί ηγέτες διεθνώς υλο-
ποιούν επενδύσεις στην εκπαίδευση
των μηχανικών σαν θερμοκοιτίδα για
την ανάδειξη επιχειρηματικών ταλέντων
που θα οδηγήσουν στην ανάπτυξη της
εθνικής οικονομίας. Για να επιτύχουμε
την πολυπόθητη ανάπτυξη είναι ανά-
γκη να επιλύσουμε μερικές προκλήσεις
κλειδιά που αντιμετωπίζει η εκπαίδευση
των μηχανικών και γενικότερα η ανώτατη
παιδεία ως σύνολο. Σύμφωνα με πρό-
σφατες μελέτες του MIT οι προκλήσεις
αυτές περιλαμβάνουν την ευθυγράμμιση
των στόχων των εθνικών κυβερνήσεων



και των πολυτεχνείων και πανεπιστημίων. Πρέπει να παραδώσουμε μεθόδους μάθησης επικεντρωμένες στις σπουδαστικές ανάγκες σε μεγάλες συλλογικότητες ή κοόρτες (cohorts) και στήνοντας ένα σύστημα για την επιλογή και προαγωγή καθηγητών που αναγνωρίζουν καλύτερα τη διδασκαλία υψηλής ποιότητας από άτομα με μεγάλη ζωτικότητα, μεταδοτικότητα και ταλέντο.

ΕΡ: Βλέπετε τα ελληνικά πανεπιστήμια να αλλάζουν; Φαίνεται να επιστρέφουν οι εικόνες γεμάτων αμφιθεάτρων και των φοιτητών που είναι συνεπείς στα καθήκοντά τους;

Τα τελευταία 40 χρόνια τα ελληνικά πανεπιστήμια υπέστησαν εντυπωσιακό μετασχηματισμό και για να σκεφτούμε τα θετικά σχημάτισαν κέντρα αριστείας όχι μόνο στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη αλλά και σε πολυάριθμες πόλεις όλης της Ελλάδος. Οι απόφοιτοί μας, και κυρίως του πολυτεχνείου, είναι ηγέτες στη βιομηχανία, στα τεχνικά έργα, στους παρόχους ενέργειας, τηλεπικοινωνίας, ύδρευσης. Επίσης έχουν παίξει ηγετικό ρόλο στην εκπαίδευση και τη διακυβέρνηση της χώρας. Επιπλέον, οι απόφοιτοί μας κατατάσσονται στην κορυφή των ξενογεννημένων καθηγητών στις Ηνω-

μένες Πολιτείες και στην Ευρώπη. Για να γεμίσουν τα αμφιθέατρα χρειάζονται προικισμένοι καθηγητές όπως ανέφερα προηγουμένως. Τώρα για να αντιμετωπίσουμε την ενεργειακή φτώχεια, την περιβαλλοντική κρίση συμπεριλαμβανομένης και της κλιματικής αλλαγής, τα θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας στην ψηφιοποιημένη ζωή και οικονομία, την ανεργία και το χαμένο εισόδημα και πλούτο κλπ. πρέπει να συνδέσουμε τις σπουδές με την εθνική οικονομία όπως προανέφερα. Είναι ανάγκη να γεφυρωθεί το "skills gap", δηλαδή το χάσμα επιδεξιοτήτων, τεχνικών ικανοτήτων και ταλέντων. Δηλαδή είναι ανάγκη σε όλη την παιδεία των STEM (Science Technology Engineering and Mathematics) να βάλουμε καθετοποιημένα μαθήματα και projects. Μπορούμε να πετύχουμε συμφωνία και ολοκλήρωση του πολυτεχνικού curriculum με την ανάπτυξη μέσα από μια σπονδυλική στήλη από προγράμματα μελέτης και σχεδιασμού (design projects). Μακροπρόθεσμα τα ηγετικά πολυτεχνικά προγράμματα σπουδών θα είναι εκείνα που αναμειγνύουν την προσωποποιημένη εκμάθηση off campus προσβάσιμα online από τους σπουδαστές για τις ανάγκες τους με εμπειρική και πειραματική μάθηση μέσα στο πανεπιστήμιο και σε θέσεις εργασίας εκτός αυτού. ■

Ο **Εμμανουήλ Νικολάου Πρωτονοτάριος** είναι ομότιμος καθηγητής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, το οποίο αγάπησε πολύ, όταν από οκτώ χρονών ο πατέρας του επισκεπτόταν την Αθήνα και τον έφερνε στο προαύλιο της Πατησίων 42 για να του δώσει προοπτική και κίνητρο μπροστά στο θαυμάσιο κτήριο Αβέρωφ του Καυτατζόγλου. Αποφοίτησε από τη σχολή Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων του ΕΜΠ το 1963, έχοντας λάβει 9 βραβεία, πρωτεύοντας τόσο στη σχολή όσο και σε ολόκληρο το ίδρυμα. Με προτροπή των καθηγητών του ξενιτεύτηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου έλαβε το διδακτορικό του το 1966, λαμβάνοντας πάλι πολλές τιμητικές διακρίσεις και υποτροφίες, όπως τις Fullbright, Institute of International Education, BOESE, Higgins και National Science Foundation Scholarships. Εργάστηκε στις μοντέρνες τηλεπικοινωνίες πρώτα στα Bell Laboratories, όπου είχε θεμελιώδη συμβολή στην ψηφιακή μετάδοση αναλογικών σημάτων (slope overload noise in differential PCM), και στη συνέχεια ως καθηγητής στο πανεπιστήμιο Columbia της Νέας Υόρκης, στο πεδίο των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Στο Ε.Μ.Π. επί 35 χρόνια υπηρέτησε ως καθηγητής και επέβλεψε πάνω από 60 διδακτορικές διατριβές και 600 διπλωματικές εργασίες στη σχολή Ηλεκτρολόγων και Μηχανικών Υπολογιστών. Εθέτευσε πρώτα ως κοσμήτωρ και μετά ως πρόεδρος της σχολής Ηλεκτρολόγων και φρόντισε τον εκσυγχρονισμό του προγράμματος σπουδών, τη μετονομασία της σχολής και την ίδρυση του διεπιστημονικού μεταπτυχιακού προγράμματος «Τεχνο-οικονομικά Συστήματα» (MBA). Διετέλεσε αντιπρύτανης ακαδημαϊκών υποθέσεων του ιδρύματος, μαζί με τους αείμνηστους Γεώργιο Βουδούρη και Θεόδωρο Σκουλικίδη. Επιπρόσθετα, συνέβαλε στην ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών και στην άνθιση της έρευνας στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και σε όλη την χώρα, ως διευθύνων σύμβουλος στο Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. Είχε την τύχη να ζήσει με τους καλύτερους φοιτητές του κόσμου και να δει στη Νέα Υόρκη και στην Αθήνα τη ραγδαία ανάπτυξη, από τα υψοστοφικά τηλεφωνικά κέντρα μέχρι το Internet. Οι μαθητές του επανδρώνουν τα καλύτερα πολυτεχνεία της Ευρώπης, της Αμερικής και της Ελλάδας και είναι ηγέτες στη βιομηχανία, στην παιδεία και στην έρευνα.

Βραβείο για το ΕΜΠ στον Μαραθώνιο Οικονομίας Shell



Το Βραβείο Ασφάλειας Οχήματος απονεμήθηκε στην ομάδα «Προμηθέας» της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ κατά τον φετινό «Μαραθώνιο Οικονομίας της Shell», που πραγματοποιήθηκε στο Λονδίνο με συμμετοχή 147 ομάδων από 27 χώρες. Η ομάδα του ΕΜΠ διαγωνίστηκε με το ηλεκτροκίνητο όχημα Πυρφόρος στην κατηγορία Prototype (Battery Electric), όπου κατέλαβε την 23η θέση, με επίδοση 201 χιλιομέτρων ανά κιλοβατώρα. Η κριτική επιτροπή απένειμε στην ομάδα του ΕΜΠ το Βραβείο Ασφάλειας Οχήματος, ένα από τα 5 βραβεία που απονέμονται για τις δοκιμασίες εκτός πίστας επιβραβεύοντας τον τρόπο με τον οποίο η ομάδα διαχειριζόταν και ενσωμάτωνε τον έλεγχο κινδύνου στο έργο συνολικά, από τη σχεδίαση του αυτοκινήτου μέχρι την ασφάλεια στην πίστα. Στην εκδήλωση συμμετείχε επίσης η ομάδα «Ποσειδώνας» από τα τμήματα Μηχανολόγων, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Μηχανικών Αυτοματισμού και Σχολής Διοίκησης και Οικονομίας του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα με το όχημα Τριήρης στην ίδια κατηγορία με το ΕΜΠ –Prototype (Battery Electric)– που κατέλαβε τη 10η θέση με 458 χιλιόμετρα ανά κιλοβατώρα. ■

Στις κορυφαίες θέσεις των επιστημονικών κατατάξεων διεθνώς οι επιστήμονες του ΕΜΠ

Στο 1% των ερευνητών με την υψηλότερη επίδραση διεθνώς βρίσκονται και για το 2018 οι επιστήμονες του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου («Top 1% Highly Cited Researchers by Thomson Reuters 2018»).

Στη συγκεκριμένη λίστα περιλαμβάνονται οι καθηγητές του ΕΜΠ προερχόμενοι από το Εργαστήριο των ΜΕΚ, του Τομέα Θερμότητας, της ΣΜΜ: Κωνσταντίνος Δ. Ρακόπουλος, Ομότιμος Καθηγητής (για 4η συνεχόμενη χρονιά), Ευάγγελος Γ. Γιακουμής, Αναπληρωτής Καθηγητής (για 3η συνεχόμενη χρονιά) και Δημήτριος Κ. Ρακόπουλος, Εξωτερικός

συνεργάτης Δρ Μηχανολόγος απόφοιτος του ΕΜΠ και Ερευνητής Γ' στο ΕΚΕΤΑ (για 4η συνεχόμενη χρονιά).

Η λίστα με το 1% των «Highly Cited Researchers by Thomson Reuters 2018» ανακοινώνεται από τον Clarivate Analytics, τον γνωστό έγκριτο Οίκο Αξιολόγησης που απονέμει στα περιοδικά τον Impact Factor.

Στο ποσοστό αυτό ταξινομούνται 6050 ερευνητές όλων των Επιστημών παγκοσμίως, εκ των οποίων 204 ανήκουν στους Μηχανικούς (Engineering). Στον τιμητικό αυτόν κατάλογο περιλαμβάνονται εφέτος 16 ερευνητές που υπηρετούν σε ελληνικά Πανεπι-

στήμια. Συγκεκριμένα: 2 Κλινικής Ιατρικής, 1 Μοριακής Βιολογίας/ Γενετικής, 1 Φαρμακολογίας/Τοξικολογίας, 1 Βιολογίας/Χημείας, 1 Κοινωνικών Επιστημών, 2 Επιστήμης Η/Υ, 1 Γεωπονικής, 3 Διεπιστημονικών Πεδίων, και 4 Μηχανικοί (Engineering) εκ των οποίων 3 από το ΕΜΠ και ένας από το Πανεπιστήμιο Αθηνών.

«Η επαναλαμβανόμενη αυτή διάκριση αναδεικνύει, εκτός από τους ίδιους, και το Ίδρυμα στο οποίο δραστηριοποιούνται» δήλωσε χαρακτηριστικά στον «Προμηθέα» σχολιάζοντας το θέμα ο πρώην πρύτανης του Ιδρύματος κ. Σίμος Ε. Σιμόπουλος. ■