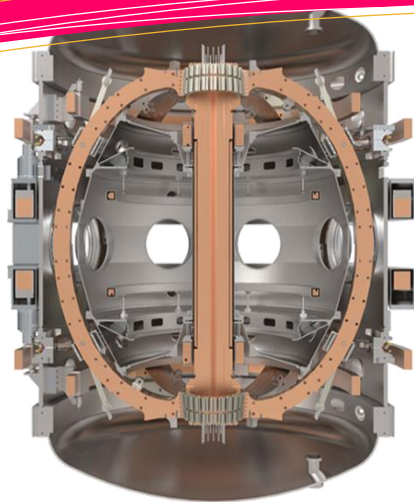


Το σφαιρικό tokamak της [TOKAMAK ENERGY](http://tokamak-energy.com), UK

Τα τελευταία χρόνια στην επιστημονική και επενδυτική κοινότητα υπάρχει η πεποίθηση ότι στο εγγύς μέλλον η [πυρηνική σύντηξη](#) θα αποτελέσει μια βιώσιμη και ασφαλή λύση στο ενεργειακό πρόβλημα και ταυτόχρονα την απάντηση στην κλιματική αλλαγή. Σε αυτό συνηγορούν οι πρόσφατες επιστημονικές εξελίξεις σε συνδυασμό με το συνεχώς αυξανόμενο επενδυτικό ενδιαφέρον.

Προοπτικές εμπορικής παραγωγής ενέργειας από σύντηξη

Στο άρθρο με τίτλο "[Essay: Overcoming the Obstacles to a Magnetic Fusion Power Plant](#)" ο καθηγητής A. Fasoli, διευθυντής του [Swiss Plasma Center](#), τονίζει ότι οι προκλήσεις στην πορεία για τη δημιουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω σύντηξης είναι πολλές. Καθώς οι σταθμοί αυτοί πρέπει να είναι μεγάλοι και αναπόφευκτα περίπλοκοι, απαιτούνται μεγάλης κλίμακας συνεργασίες, συμπεριλαμβανοντας όχι μόνο διεθνείς συνεργασίες αλλά και συμπράξεις ιδιωτικού και δημοσίου τομέα. Με το παραπάνω συμπέρασμα συμφωνούν και τα μέλη του Κογκρέσου των ΗΠΑ Armstrong και Kishnamoorti. Στο δελτίο τύπου

Σε αυτό το τεύχος

Προοπτικές εμπορικής παραγωγής ενέργειας από σύντηξη	Σ1
Νέα από τη βιομηχανία σύντηξης	Σ2
Επιχειρηματικές εξελίξεις	Σ2-3
Επιστημονικές εξελίξεις	Σ3
Τεχνητή νοημοσύνη στη σύντηξη	Σ4
40 χρόνια JET	Σ4
Νέα της ομάδας Τεχνολογίας Σύντηξης του «Δημόκριτου»	Σ5

Στο δεύτερο ενημερωτικό τεύχος «**Σύντηξη για Ενέργεια**» παρουσιάζουμε τα σημαντικότερα νέα από το χώρο των βιομηχανιών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της σύντηξης καθώς και τις πρόσφατες επιστημονικές εξελίξεις που αποτελούν ορόσημα στην ιστορία της παραγωγής ενέργειας από σύντηξη.

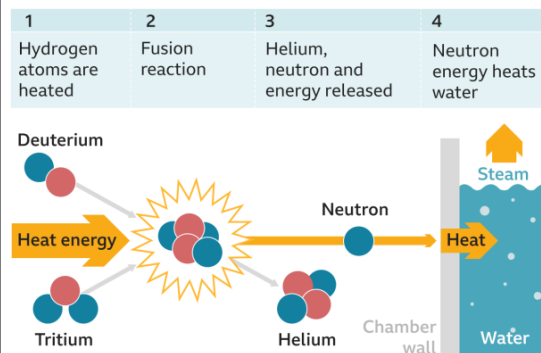
[“Breakevens and breakthroughs: What fusion means for our energy future”](#), με αφορμή την ιστορική επίτευξη περίσσειας ενέργειας περίπου 50% [στο Lawrence Livermore National Laboratory](#), δηλώνουν ότι για να ξεπεραστούν οι προκλήσεις για την παραγωγή ενέργειας από σύντηξη θα απαιτηθεί να ευθυγραμμιστούν ο δημόσιος και ο ιδιωτικός τομέας, να συνεργαστούν τα έθνη μεταξύ τους και να συγκεντρωθεί ανθρώπινο δυναμικό με υψηλό επιστημονικό επίπεδο και τεχνογνωσία. Επίσης αναφέρονται σε στοιχεία από την Υπηρεσία Πληροφοριών Ενέργειας των ΗΠΑ βάσει των οποίων οι **παγκόσμιες ανάγκες για ενέργεια θα αυξηθούν κατά 50% ως το 2050** και βλέπουν στη σύντηξη μια πολλά υποσχόμενη λύση.

Β. Χατζίκος, Δ. Παπαδάκης

Για να ξεπεραστούν οι προκλήσεις για την παραγωγή ενέργειας από σύντηξη θα απαιτηθεί να ευθυγραμμιστούν ο δημόσιος και ο ιδιωτικός τομέας, να συνεργαστούν τα έθνη μεταξύ τους και να συγκεντρωθεί ανθρώπινο δυναμικό με υψηλό επιστημονικό επίπεδο και τεχνογνωσία

«Η βιομηχανία σύντηξης έχει προσελκύσει επενδύσεις συνολικού ύψους 6,21 δις δολαρίων, με 1,4 δις δολάρια επενδύσεις το τελευταίο έτος» ανακοίνωσε ο Σύνδεσμος Βιομηχανιών Σύντηξης ο οποίος απαριθμεί 37 μέλη παγκοσμίως

How nuclear fusion works



Η αντίδραση της πυρηνικής σύντηξης για παραγωγή ενέργειας

Νέα από τη βιομηχανία σύντηξης Έκθεση του Συνδέσμου Βιομηχανιών Σύντηξης

Ο [Σύνδεσμος Βιομηχανιών Σύντηξης](#) (ΣΒΣ) είναι ανεξάρτητος εμπορικός σύνδεσμος που ιδρύθηκε στις ΗΠΑ με στόχο την επιτάχυνση της επίτευξης ενέργειας από σύντηξη. Στην ετήσια έκθεσή τους "[The Global Fusion Industry in 2023](#)" αναφέρεται ότι η βιομηχανία σύντηξης έχει προσελκύσει επενδύσεις συνολικού ύψους 6,21 δις δολαρίων, με 1,4 δις δολάρια επενδύσεις το τελευταίο έτος. Στην έκθεση αυτή παρουσιάζονται 43 ιδιωτικές εταιρείες σύντηξης, εδραιωμένες και νεοσυσταθείσες, οι οποίες δραστηριοποιούνται στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που πρέπει να ξεπεραστούν για την εμπορική εκμετάλλευση της σύντηξης.

Με την ωρίμανση της βιομηχανίας σύντηξης, ο κύκλος εργασιών προβλέπεται να ανέρχεται σε τρισεκατομμύρια δολάρια. ([The Fusion Industry Supply Chain: Opportunities and Challenges](#)).

«Οι επενδυτές - και αυξανόμενα επίσης οι κυβερνήσεις - ποντάρουν στο ότι το χρονοδιάγραμμα προς την εμπορική ενέργεια σύντηξης επιταχύνεται" και "όσο πιο γρήγορα φέρουμε τη σύντηξη στην αγορά, τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο αντίκτυπος στην επιχειρηματικότητα, την ενεργειακή ασφάλεια, το κλίμα, και ακόμη και την παγκόσμια γεωπολιτική" όπως εύστοχα επισημαίνεται στον πρόλογο της ετήσιας έκθεσης του ΣΒΣ.

Επιχειρηματικές εξελίξεις

Κροατία-Ισπανία, DONES: Το 2022 υπογράφηκαν συμφωνίες €35 εκατομμυρίων για θέσεις εργασίας σε κροατικές επιχειρήσεις στο πλαίσιο του προγράμματος τεχνολογίας σύντηξης [DONES](#). Το πρόγραμμα DONES συμπεριλαμβάνεται από το 2018 στα έργα [ESFRI](#) (European Strategy Forum on Research Infrastructures) ως ισπανο-κροατικό πρόγραμμα το οποίο έχει στρατηγική σημασία για την ΕΕ.

Σουηδία, [KTH-Novatron-EIT InnoEnergy](#): Το [KTH Royal Institute of Technology](#) της Σουηδίας ανακοίνωσε τον Δεκέμβριο του 2022 την από κοινού επένδυση με τον όμιλο [Novatron Fusion Group AB](#) καθώς και την εταιρεία [EIT InnoEnergy](#) προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης της σύντηξης ως βιώσιμης ενεργειακής λύσης στο μέλλον.

Αγγλία, UKAEA – Καναδάς, General Fusion: Πιλοτικό εργοστάσιο της εταιρείας [General Fusion](#) αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία το 2026 και να είναι πλήρως λειτουργικό μέχρι τις αρχές του 2027, στις εγκαταστάσεις της [UKAEA](#) (United Kingdom Atomic Energy Authority) στο Culham. Η πειραματική αυτή διάταξη προσομοιάζει με ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας αλλά έχει σχεδιαστεί στο 70% του μεγέθους μιας εμπορικής μονάδας. Η θέση του, εν μέσω του ακμάζοντος συγκροτήματος UK Fusion Cluster στις εγκαταστάσεις της UKAEA, δίνει στην General Fusion πρόσβαση σε κορυφαίες επιστημονικές και τεχνολογικές δυνατότητες.

ΗΠΑ, Princeton – εταιρίες start-up: Δύο συνεργασίες δημόσιου-ιδιωτικού τομέα ανάμεσα στο [Princeton Plasma Physics Laboratory](#) του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ και στη νεοφυή επιχείρηση [Princeton Stellarators Inc.](#) θα λάβουν συνολική χρηματοδότηση περίπου 500 χιλιάδων δολαρίων από το πρόγραμμα [INFUSE](#) (Innovation Network for Fusion Energy).



Εικόνα αντιδραστήρα που δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα μηχανικής μάθησης leonardo.ai

ΗΠΑ, Commonwealth Fusion Systems – MIT: Η ιδιωτική εταιρεία [Commonwealth Fusion Systems](https://commonwealthfusion.com) (CFS) εγκαινιάζει νέες εγκαταστάσεις στο Devens της Μασαχουσέτης. Οι εγκαταστάσεις αυτές θα φιλοξενήσουν την κεντρική διοίκηση της εταιρείας, μια προηγμένη μονάδα παραγωγής, καθώς και το κτίριο στο οποίο θα εγκατασταθεί πειραματική διάταξη μαγνητικού περιορισμού πλάσματος ισχύος 100 MW. Η CFS ιδρύθηκε το 2018 ως παρακλάδι του [Plasma Science and Fusion Center](https://plasma-science.mit.edu) του [Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης](https://mit.edu) (MIT). Υποστηρίζεται με χρηματοδοτήσεις άνω των 2 δις δολαρίων από τους κορυφαίους επενδυτές στην καθαρή ενέργεια.

Επιστημονικές εξελίξεις

Ανάμεσα στα πολλά καθημερινά πειραματικά ευρήματα που προσθέτουν γνώση και μας φέρνουν σταδιακά πιο κοντά στην αξιοποίηση της σύντηξης, συμβαίνουν και αλματώδεις εξελίξεις. Τον τελευταίο χρόνο ξεχώρισαν δύο επιτεύγματα.

Μετά από προσπάθειες δεκαετιών για την πραγματοποίηση στη Γη του τρόπου που παράγουν την ενέργειά τους τα αστέρια και ο Ήλιος, η αντίδραση πυρηνικής σύντηξης με θετικό ενεργειακό ισοζύγιο επιτεύχθηκε για 20 δισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου το Δεκέμβριο του 2022 στο [Lawrence Livermore National Laboratory](https://livermore.lbl.gov). Χρησιμοποιήθηκαν 192 από τα πιο ισχυρά λέιζερ στον κόσμο για να θερμάνουν ένα μικροσκοπικό σφαιρίδιο ατόμων υδρογόνου με τέτοια ισχύ, ώστε τα άτομα υδρογόνου να συντηχθούν και να παράξουν ήλιο και - το πιο σημαντικό - περίσσεια ενέργειας. Επιτεύχθηκε ένα μέτριο

Νότια Κορέα: Σχεδιάζεται η κατασκευή αντιδραστήρα σύντηξης το 2035, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 500 MW περίπου το 2050. Η κυβέρνηση της Ν. Κορέας θα επενδύσει στην έρευνα ώστε να εξασφαλίσει τις βασικές τεχνολογίες που θα απαιτηθούν μέχρι το 2035 για την επίτευξη του στόχου. Μέσω της λειτουργίας του tokamak [KSTAR](https://kstar.kaeri.ac.kr) που διαθέτει, η Νότια Κορέα κατέχει ηγετικό ρόλο παγκοσμίως στον τομέα της πυρηνικής σύντηξης.

Η ομάδα Τεχνολογίας Σύντηξης του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος» έχει αναπτύξει, από το 2009 που ξεκίνησε η δράση της στον τομέα αυτό, διάφορες τεχνολογίες με εφαρμογή στην [Κοινή Πειραματική Ευρωπαϊκή Συσκευή Σύντηξης \(JET\)](https://jet.fusion-iaea.org) αλλά και στο διεθνές αντιδραστήρα σύντηξης [ITER](https://iter.org). Αυτά τα τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν εφαρμογές και σε άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες. Οι τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν από την ομάδα του «Δημόκριτου» όπως και εκείνες άλλων ομάδων που συμμετέχουν στο [Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Σύντηξης](https://euratom.eu) μπορούν να αναζητηθούν [εδώ](#).

B. Νουσίου

ενεργειακό κέρδος της τάξης του 50%, αρκετό όμως για να χαρακτηριστεί το πείραμα ως ιστορική επιτυχία.

Στις 12 Απριλίου 2023, ο αντιδραστήρας [EAST](https://east.iaea.org) στο Hefei της Κίνας κατόρθωσε για πρώτη φορά να διατηρήσει [πλάσμα](#) 100 εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου σε δυναμική κατάσταση για πάνω από **έξι λεπτά**. Η συγκράτηση θερμού πλάσματος εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου με τη χρήση ισχυρών μαγνητικών πεδίων στους θαλάμους κενού των αντιδραστήρων σύντηξης τύπου [tokamak](#) είναι εξαιρετικά δύσκολο εγχείρημα και μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της σύντηξης. Το επίτευγμα του [EAST](#) ήρθε να επιστεγάσει εκείνο του [JET](#) tokamak, στο Ηνωμένο Βασίλειο το Δεκέμβριο του 2021, όπου πραγματοποιήθηκε παραγωγή ενέργειας 59 MJ σε διάστημα 5 δευτερολέπτων (ισχύς 11 MW).

Ε. Μήτση, Β. Χατζίκος

Η συγκράτηση θερμού πλάσματος εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου με τη χρήση ισχυρών μαγνητικών πεδίων στους θαλάμους κενού των αντιδραστήρων σύντηξης τύπου tokamak είναι εξαιρετικά δύσκολο εγχείρημα και μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της σύντηξης

Τεχνητή νημοσύνη στη σύντηξη

Βασική παράμετρος για την επιτυχία της παραγωγής ενέργειας μέσω σύντηξης είναι το μίγμα ισοτόπων του υδρογόνου που χρησιμοποιείται στην αντίδραση της σύντηξης. Στο [επιστημονικό άρθρο του Μ. Koubiti](#) εξετάστηκε η χρήση της **μηχανικής μάθησης** σε συνδυασμό με τη φασματοσκοπία πλάσματος για τον προσδιορισμό της αναλογίας των ισοτόπων υδρογόνου που μεγιστοποιεί την απόδοση του πλάσματος σύντηξης.

Επιστήμονες από το MIT και αλλού, επίσης, χρησιμοποίησαν μοντέλα [ανάλυσης εικόνας μέσω μηχανικής μάθησης](#) για να εντοπίσουν και να ιχνηλατήσουν τυρβώδεις δομές, που ονομάζονται

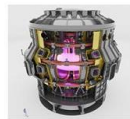
νήματα ή κηλίδες (blobs), οι οποίες εμφανίζονται στις συνθήκες που γίνονται οι αντιδράσεις σύντηξης. Οι ερευνητές κατασκεύασαν ένα σύνολο δεδομένων βίντεο τυρβώδους πλάσματος και το χρησιμοποίησαν για να εκπαιδεύσουν τέσσερα μοντέλα υπολογιστικής όρασης, καθένα από τα οποία αναγνωρίζει και παρακολουθεί τις τυρβώδεις δομές. Τα μοντέλα αποδείχθηκε ότι μπορούσαν να αναγνωρίσουν τις κηλίδες με ακρίβεια μεγαλύτερη από 80%. Αυτό καθιστά ευόαινη τη χρήση των παραπάνω τεχνικών και σε άλλα προβλήματα στην έρευνα σύντηξης, όπως για την πρόβλεψη της κίνησης σωματιδίων στα όρια του πλάσματος.

Δ. Παπαδάκης

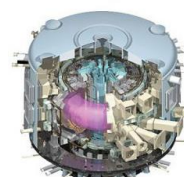
Το **JET** αποτελεί πρόδρομη πειραματική διάταξη για τους αντιδραστήρες σύντηξης **ITER** και **DEMO**



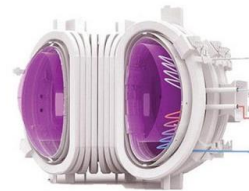
JET
80 m³



JT-60SA
135 m³



ITER
800 m³



DEMO
~ 1000 – 3500 m³

40 χρόνια JET – Τέσσερις δεκαετίες επαναστατικής προόδου στη σύντηξη

Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Σύντηξης (**EUROfusion**) τιμά με περηφάνια την **40^η επέτειο από την πρώτη παραγωγή πλάσματος** στην [Κοινή Πειραματική Ευρωπαϊκή Συσκευή Σύντηξης](#) (Joint European Torus, **JET**)) η οποία είναι η μεγαλύτερη και πιο προηγμένη διεθνώς ερευνητική συσκευή tokamak, που συνεχώς σημειώνει επιτυχίες στην επιστήμη και τεχνολογία της σύντηξης.

Από την ίδρυσή του το 1983, το **JET** έχει βρεθεί στην πρώτη γραμμή πρωτοποριακών επιτευγμάτων. Έχει αποτελέσει την αιχμή του δόρατος για το στόχο της παραγωγής ασφαλούς, βιώσιμης και χαμηλής σε εκπομπές άνθρακα ενέργειας μέσω σύντηξης. Το **JET** χρησιμοποιεί μαγνητικά πεδία για να περιορίσει το πλάσμα ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύντηξη ισοτόπων του υδρογόνου με την απελευθέρωση ενέργειας. Λειτουργεί στην εντυπωσιακή θερμοκρασία των **150 εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου** — δέκα φορές υψηλότερη από τη θερμοκρασία που επικρατεί στον πυρήνα του Ήλιου. Ως πρόδρομος του διεθνούς αντιδραστήρα σύντηξης **ITER**, το **JET** είναι επί του παρόντος **το μόνο tokamak στον κόσμο που μπορεί να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας δευτέριο και τρίτιο**, το μίγμα καυσίμου που σχεδιάζεται να χρησιμοποιηθεί στους μελλοντικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας μέσω σύντηξης.

Η ιστορία του **JET** χαρακτηρίζεται από τα εξής ορόσημα:

- 1983: Πρώτο πλάσμα
- 1984: Επίσημα εγκαίνια από τον Γάλλο Πρόεδρο Φ. Μιτεράν και τη Βασίλισσα της Βρετανίας Ελισάβετ Β'
- 1991: Το πρώτο πλάσμα δευτερίου-τρίτιου. Επιτεύχθηκε ρεκόρ ισχύος 1,8 MW
- 1997: Πρώτα πειράματα δευτερίου-τρίτιου και παγκόσμιο ρεκόρ ισχύος 16,1 MW και ενέργειας 21,7 MJ
- 2011: Ολοκλήρωση της εγκατάστασης μεταλλικών τοιχωμάτων του τύπου που επρόκειτο μέχρι πρότινος να χρησιμοποιηθεί στο **ITER**
- 2021: Δεύτερη σειρά πειραμάτων δευτερίου-τρίτιου και επίτευξη παγκόσμιου ρεκόρ [παραγωγής ενέργειας 59 MJ σε διάστημα 5 δευτερολέπτων](#), αποδεικνύοντας έτσι ότι υπάρχει προοπτική για την παραγωγή ενέργειας μέσω σύντηξης

Σ. Παντούσα

Τα νέα της ομάδας Τεχνολογίας Σύντηξης του «Δημόκριτου»

Συμμετοχές σε Συνέδρια

21^ο Διεθνές Συνέδριο Υλικών για Αντιδραστήρες Σύντηξης (ICFRM-21), 22-27 Οκτωβρίου 2023, Γρανάδα

Οι υποψήφιοι διδάκτορες του «Δημόκριτου» Δημήτρης Παπαδάκης, Σοφία Παντούσα και Ελένη Μήτση παρουσίασαν τέσσερις εργασίες με το έργο της ομάδας του «Δημόκριτου» σε θέματα επίδρασης της ακτινοβολίας νετρονίων και ιόντων στις ιδιότητες των υλικών συμβάλλοντας στο σχεδιασμό προηγμένων υλικών.

29^ο Συνέδριο ΔΟΑΕ Ενέργεια από Σύντηξη (FEC 2023), 16-21 Οκτωβρίου 2023, Λονδίνο

Παρουσιάστηκε η συμβολή της ομάδας του «Δημόκριτου» α) στην τεχνολογική προετοιμασία για τη λειτουργία του [ITER](#), του διεθνούς πειραματικού αντιδραστήρα σύντηξης υπό κατασκευή στη Νότια Γαλλία και β) στις ραδιολογικές ιδιότητες των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του [ITER](#).

15ο Διεθνές Συμπόσιο για τις Πυρηνικές Τεχνολογίες Σύντηξης, (ISFNT-15), 10-15 Σεπτεμβρίου 2023, Γκραν Κανάρια, Ισπανία

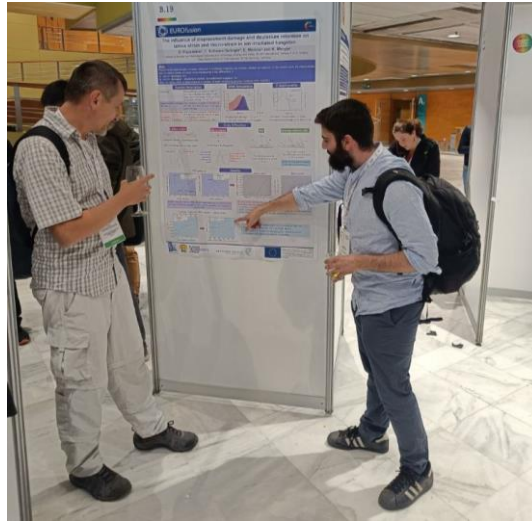
Οι επιστήμονες του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» συμμετείχαν σε τρεις εργασίες που αφορούσαν στην τεχνολογία της πρόσφατης λειτουργίας του JET με πηγή πλάσματος δευτερίου-τρίτιου.

Συνεργασίες

Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Σύντηξης, [EUROfusion](#), ο «Δημόκριτος» συνεχίζει τις συνεργασίες που έχει αναπτύξει με την [UKAEA](#) στη μελέτη των ιδιοτήτων υλικών σύντηξης και στον τομέα των νετρονικών υπολογισμών. Επίσης εδραίωσε συνεργασία με α) τη [CEA](#) για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης του πλάσματος με τα τοιχώματα που το περιβάλλουν διερευνώντας τις αλλαγές που προκαλεί το πλάσμα στο βολφράμιο, υλικό από το οποίο θα κατασκευαστούν τα εσωτερικά τοιχώματα του [ITER](#) και β) με το [Ινστιτούτο Φυσικής Πλάσματος Max Planck](#) για τη διερεύνηση των παραμενουσών τάσεων στο βολφράμιο ύστερα από ακτινοβόληση.

Συντακτική Επιτροπή

Δρ Κωνσταντίνα Μεργιά, kmergia@ipta.demokritos.gr
Δρ Γιώργος Αποστολόπουλος, gapost@ipta.demokritos.gr
Δρ Ίων Σταματελάτος, ion@ipta.demokritos.gr



Η Ε. Μήτση και ο Δ. Παπαδάκης παρουσιάζουν
το ερευνητικό τους έργο στο συνέδριο [ICFRM-21](#)

Χρηματοδότηση

Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Σύντηξης, [EUROfusion](#), στο FP9, η ομάδα Τεχνολογίας Σύντηξης του «Δημόκριτου» προσέλκυσε χρηματοδότηση περίπου 1 εκατομμυρίου Ευρώ αναλαμβάνοντας να εκτελέσει ερευνητικό έργο στους εξής τομείς τεχνολογίας και επιστήμης της σύντηξης:

- Διερεύνηση της αλληλεπίδρασης του πλάσματος με τα υλικά των τοιχωμάτων των αντιδραστήρων σύντηξης με στόχο τη βελτίωση της αντοχής τους και παράταση της ζωής τους
- Μελέτη της επίδρασης των νετρονίων στις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται στους Αντιδραστήρες Σύντηξης - ανάπτυξη νέων προηγμένων υλικών
- Ανάπτυξη μεθοδολογιών για την ανίχνευση των νετρονίων και μελέτη της ενεργοποίησης των υλικών που προκαλούνται από αυτά.

Δρ Βίκη Νουσιού, v.nousiou@ipta.demokritos.gr
Δρ Δώρα Βασιλοπούλου, dora@ipta.demokritos.gr