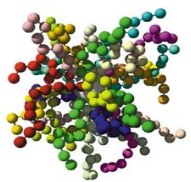




# The FUELGAE Project



Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering



**CPERI**  
Chemical  
Process and  
Energy  
Resources  
Institute

The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



**Funded by  
the European Union**



# Παραγωγή Προηγμένων Καυσίμων Μεταφορών Μέσω Βελτιωμένων Μικροφυκών και Αποδοτικών Συστημάτων Καλλιέργειας Προσαρμοσμένων σε Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις

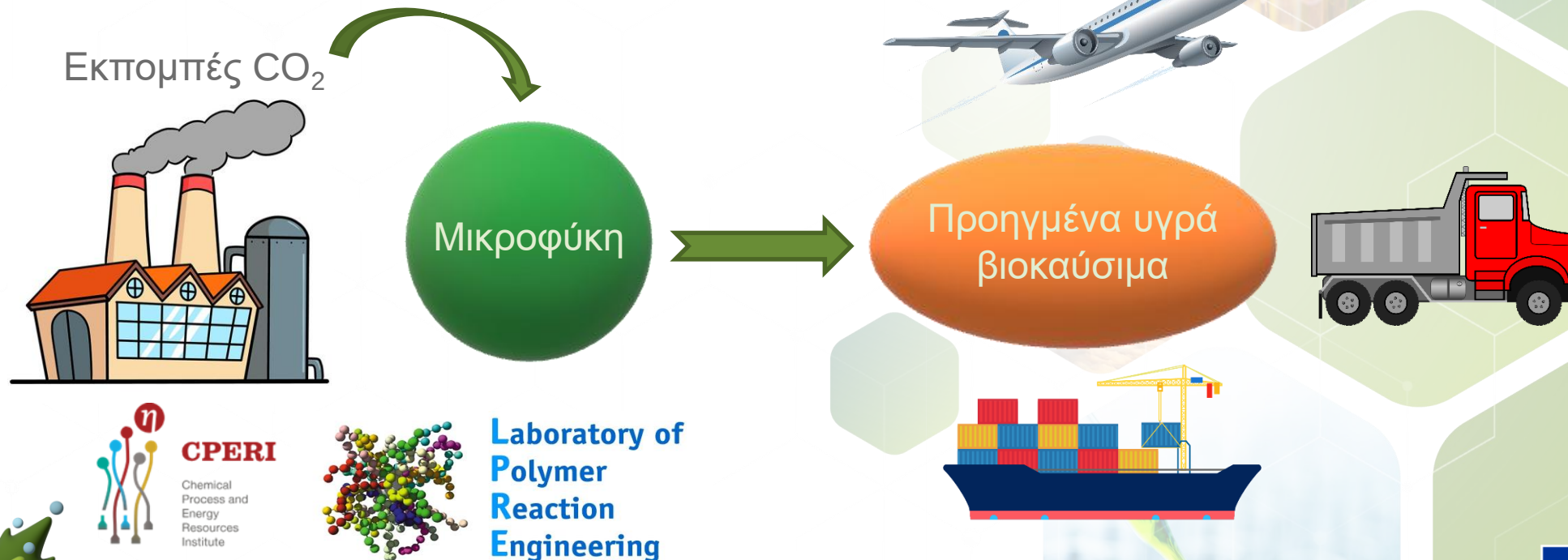
Παύλου Αλέξανδρος<sup>1</sup>, Πενλόγλου Γιάννης<sup>1</sup>, Κυπαρισσίδης Κώστας<sup>1,2</sup>

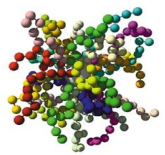
<sup>1</sup>Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ), Εθνικό Κέντρο Έρευνας  
και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

<sup>2</sup>Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ),  
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

# Το Έργο FUELGAE

Κύριος στόχος του έργου FUELGAE είναι η μετατροπή βιομηχανικών εκπομπών CO<sub>2</sub> σε προηγμένα βιοκαύσιμα.





# Βιομάζα και Βιοκαύσιμα

□ Η κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας και βιοκαυσίμων με ελάχιστο περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

□ Τα βιοκαύσιμα **1<sup>ης</sup> γενιάς** συμβάλλουν στον ανταγωνισμό των γόνιμων εδαφών με τα τρόφιμα. **ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ**

□ Τα βιοκαύσιμα **2<sup>ης</sup> γενιάς** (από λιγνοκυτταρινική βιομάζα καλλιεργειών και υπολείμματα) είναι υποσχόμενα, ωστόσο απαιτούν μεγάλες εκτάσεις γης.

□ Τα βιοκαύσιμα **3<sup>ης</sup> γενιάς** (από μικροφύκη) αποτελούν μια εναλλακτική λύση, δίχως τα μειονεκτήματα της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> γενιάς.

**2<sup>ης</sup> Γενιάς:**  
χρήση πρώτων υλών που δεν χρησιμοποιούνται για τροφές

**3<sup>ης</sup> Γενιάς:**  
μεγάλης στρεμματικής απόδοσης βιομάζα

**4<sup>ης</sup> Γενιάς:**  
γενετικά τροποποιημένα, ταυτόχρονη δέσμευση του CO<sub>2</sub>

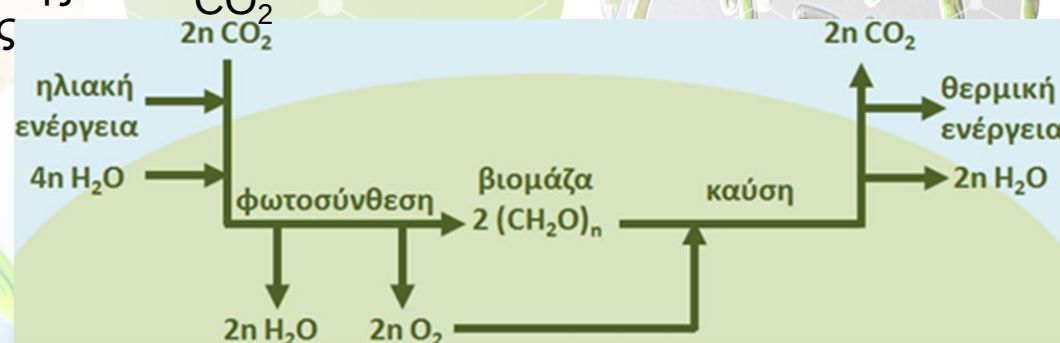
1<sup>ης</sup> γενιάς

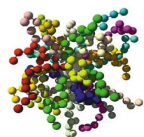


2<sup>ης</sup> γενιάς



3<sup>ης</sup> γενιάς





Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering

www.fuelgae.eu



EKETA  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοκαυσίμων & Εναλλακτικών Καυσίμων  
15 & 16 Μαΐου 2025, Λίμνη Πλαστήρα

# FUELGAE: Τεχνολογίες και Εταίροι

ANALISIS-DSC  
DYNAMIC & SECURITY COMPUTATIONS



Πάροχοι εργαλείων μαθηματικής προσομοίωσης και ψηφιακού διδύμου

Εκπομπές  
CO<sub>2</sub>

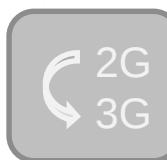


Μικρο-  
φύκη

Λιπίδια  
Biocrude



Βιοκαύσιμα



Μονάδες  
βιοαιθανόλης και  
χάλυβα

ArcelorMittal

Πάροχοι τεχνολογιών



CERTH  
CENTRE FOR  
RESEARCH & TECHNOLOGY  
HELLAS



CSIC  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



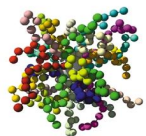
CPERI  
Chemical  
Process and  
Energy  
Resources  
Institute



The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Funded by  
the European Union



Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering

**RTOs**



**SMEs**



**HEI**



**IND**



www.fuelgae.eu



**EKETA**  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



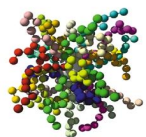
# FUELGAE: Τεχνολογίες και Εταίροι



The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Funded by  
the European Union



Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering

www.fuelgae.eu



EKETA  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

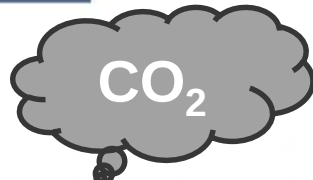
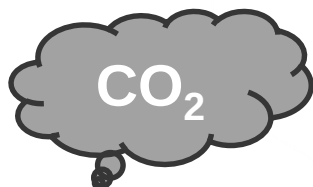


3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοκαυσίμων & Εναλλακτικών Καυσίμων  
15 & 16 Μαΐου 2025, Λίμνη Πλαστήρα

# FUELGAE: Τεχνολογίες και Εταίροι

Μονάδα χάλυβα

ArcelorMittal



Χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές βιομηχανικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από μία μονάδα παραγωγής χάλυβα (ArcelorMittal) και ένα βιοδιυλιστήριο παραγωγής βιοαιθανόλης 2G (Perseo Biotechnology)

Μονάδα  
βιοαιθανόλης

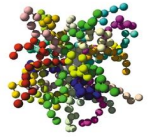


CPERI  
Chemical  
Process and  
Energy  
Resources  
Institute

The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

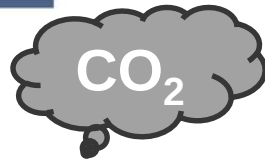
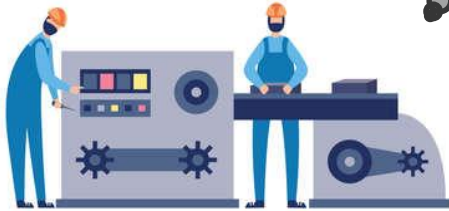
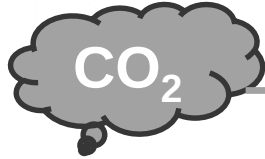


Funded by  
the European Union



Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering

Μονάδα χάλυβα

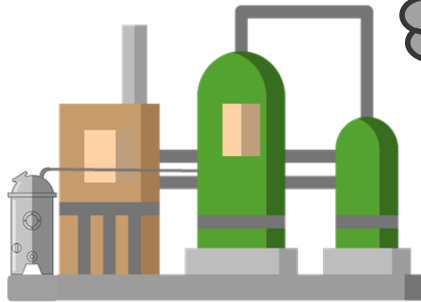


Το CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από τις μονάδες δεσμεύεται και μετατρέπεται σε μία καινοτόμα πιλοτική μονάδα καλλιέργειας μικροφυκών



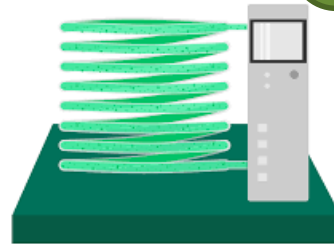
CERTH  
CENTRE FOR  
RESEARCH & TECHNOLOGY  
HELLAS

Ανάπτυξη διαδικασιών καλλιέργειας για διαφορετικά στελέχη μικροφυκών που παράγουν πολυσακχαρίτες και λιπίδια και για μεγιστοποίηση της μετατροπής CO<sub>2</sub>



Μονάδα  
βιοαιθανόλης

PBR

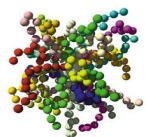


VTT

Προσαρμογή επιλεγμένων στελεχών και εντατικοποιημένες καλλιεργητικές διαδικασίες

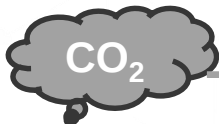


CPERI  
Chemical  
Process and  
Energy  
Resources  
Institute



Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering

Μονάδα χάλυβα



# FUEL

Μελέτη παραγωγής βιοαερίου  
μέσω της χώνευσης αποβλήτων  
από μικροφύκη με σκοπό τη  
βελτίωση της κερδοφορίας και  
της βιωσιμότητας του έργου

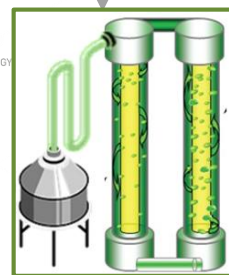


Καινοτόμες μέθοδοι  
επεξεργασίας για τη  
κλασματοποίηση της  
βιομάζας μικροφυκών



Επεξεργασία/κλασματοποίηση

Η βιομάζα μικροφυκών θα κλασματοωθεί  
στα κύρια συστατικά της:  
**πολυσακχαρίτες, λιπίδια και  
υπολειπόμενη βιομάζα**



PBR

VTT

Μονάδα  
βιοαιθανόλης



Βιομάζα μικροφυκών πλούσια  
σε πολυσακχαρίτες



The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Funded by  
the European Union

EKETA

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοκαυσίμων & Εναλλακτικών Καυσίμων  
15 & 16 Μαΐου 2025, Λίμνη Πλαστήρα

# FUELGAE: WP 8, 9 & 12

Όλα τα υπολείμματα βιομάζας και τα παράπλευρα ρεύματα που παράγονται στο έργο τροφοδοτούνται σε μία **μονάδα υδροθερμικής υγροποίησης (HTL)** εργαστηριακής κλίμακας

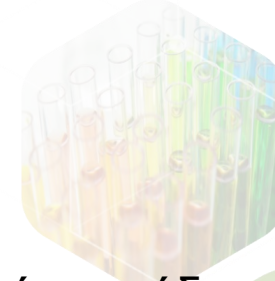




# FUELGAE: WP 12



**CERTH**  
CENTRE FOR  
RESEARCH & TECHNOLOGY  
HELLAS

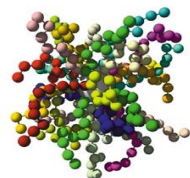


- Ανάπτυξη προγνωστικού ψηφιακού δίδυμου σε επίπεδο παραγωγικής μονάδας για το έργο FUELGAE.
- Σύνδεση on-line αισθητήρων με το ψηφιακό δίδυμο (Digital Twin) της διεργασίας.
- Ανάπτυξη μεθόδων ανάλυσης εικόνας και δεδομένων για το ψηφιακό δίδυμο.
- Ανάλυση Κύκλου και Κόστους Ζωής, LCA/LCC.

**VTT**



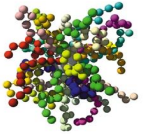
**ANALISIS-DSC**  
DYNAMIC & SECURITY COMPUTATIONS



**Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering**



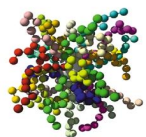




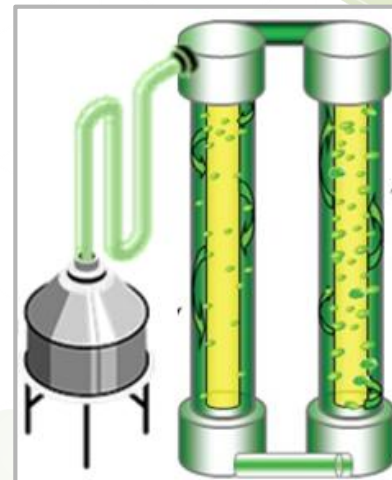
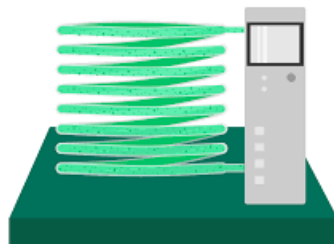
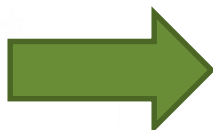
# FUELGAE: ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

Το έργο στοχεύει:

- στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών με βάση την άμεση δέσμευση CO<sub>2</sub> από μικροφύκη,
  - στην βελτίωση επιλεγμένων στελεχών μικροφυκών μέσω μελετών εξελικτικής εργαστηριακής προσαρμογής σε μη ευνοϊκές συνθήκες καλλιέργειας,
  - στην εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων παραγωγής και επεξεργασίας της βιομάζας μικροφυκών για την ανάκτηση και απομόνωση λιπιδίων και πολυσακχαριτών,
  - στη σύνθεση πολυλειτουργικών καταλυτών υψηλής απόδοσης για την παραγωγή βιοκαυσίμων μέσω υδρογονοεπεξεργασίας.
  - στην προσομοίωση όλης της αλυσίδας αξίας με τη χρήση νέων εργαλείων μαθηματικής μοντελοποίησης, ενσωματωμένων με τη μορφή ψηφιακού διδύμου (**digital twin**).
  - στην περαιτέρω αξιολόγηση των τεχνολογιών του μέσω ανάλυσης κύκλου και κόστους ζωής (LCA/LCC).
- Απώτερος στόχος η επέκταση των τεχνολογιών σε Επίπεδο Τεχνολογικής Ετοιμότητας 5 (TRL 5).



Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering



[www.fuelgae.eu](http://www.fuelgae.eu)



**EKETA**  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοκαυσίμων & Εναλλακτικών Καυσίμων  
15 & 16 Μαΐου 2025, Λίμνη Πλαστήρα

# FUELGAE: Κλιμάκωση



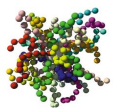
**CPERI**

Chemical  
Process and  
Energy  
Resources  
Institute

The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



**Funded by  
the European Union**



# FUELGAE: Ολοκληρωμένες Ενέργειες

## Λίστα στελεχών υπό διερεύνηση

| No. | Στέλεχος                      | Κωδικός      | Σχόλιο                                                                                               |
|-----|-------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <i>Arthrospira fusiformis</i> | TAU-MAC 0113 | <i>Spirulina</i> , καλά μελετημένα στελέχη                                                           |
| 2   | <i>Arthrospira maxima</i>     | TAU-MAC 0213 |                                                                                                      |
| 3   | <i>Chlamydomonadales sp.</i>  | TAU-MAC 3510 | Νέα στελέχη υπό διερεύνηση                                                                           |
| 4   | <i>Chlorella sp.</i>          | ACA17        | Υποψήφια στελέχη ως παραγωγοί λιπιδίων για τη Μελέτη Περίπτωσης II (Μονάδα χάλυβα)                   |
| 5   | <i>Chlorella sp.</i>          | ASP14        |                                                                                                      |
| 6   | <i>Chlorella vulgaris</i>     | TAU-MAC 1110 |                                                                                                      |
| 7   | <i>Chlorella vulgaris</i>     | TAU-MAC 3210 |                                                                                                      |
| 8   | <i>Chlorella vulgaris</i>     | Wild-AUTH    |                                                                                                      |
| 9   | <i>Chlorophyta sp.</i>        | TAU-MAC 3917 | Νέα στελέχη υπό διερεύνηση                                                                           |
| 10  | <i>Komarekiella sp.</i>       | TAU-MAC 0117 |                                                                                                      |
| 11  | <i>Stichococcus sp.</i>       | Wild-TUC     | Καλά μελετημένα στελέχη που παράγουν πολυσακχαρίτες για τη Μελέτη Περίπτωσης I (Μονάδα βιοαιθανόλης) |
| 12  | <i>Stichococcus sp.</i>       | TAU-MAC 0119 |                                                                                                      |
| 13  | <i>Stichococcus sp.</i>       | EMS1-TUC     |                                                                                                      |
| 14  | <i>Stichococcus sp.</i>       | EMS3-TUC     |                                                                                                      |
| 15  | <i>Stichococcus sp.</i>       | Wild-AUTH    |                                                                                                      |

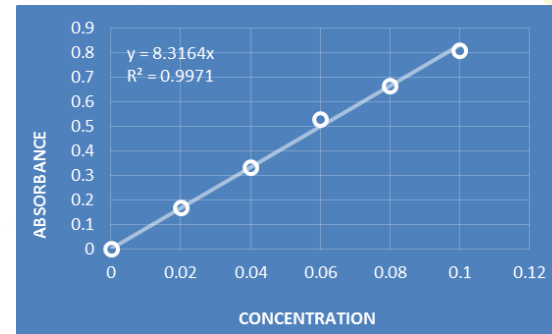
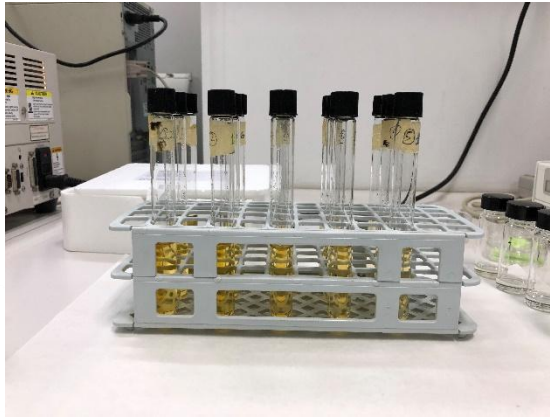
# FUELGAE: Ολοκληρωμένες Δραστηριότητες

Επιλογή στελεχών: αποτελέσματα συγκέντρωσης βιομάζας



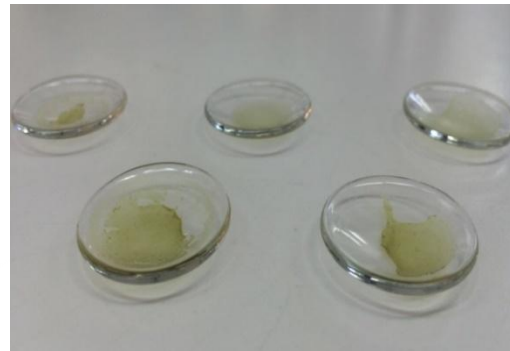
# FUELGAE: Ολοκληρωμένες Δραστηριότητες

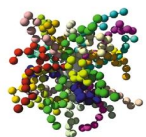
Επιλογή στελεχών: αποτελέσματα συγκέντρωσης πολυσακχαριτών



# FUELGAE: Ολοκληρωμένες Δραστηριότητες

Επιλογή στελεχών: αποτελέσματα συγκέντρωσης λιπιδίων





Laboratory of  
Polymer  
Reaction  
Engineering

www.fuelgae.eu



EKETA  
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



# FUELGAE: Υπό Εξέλιξη

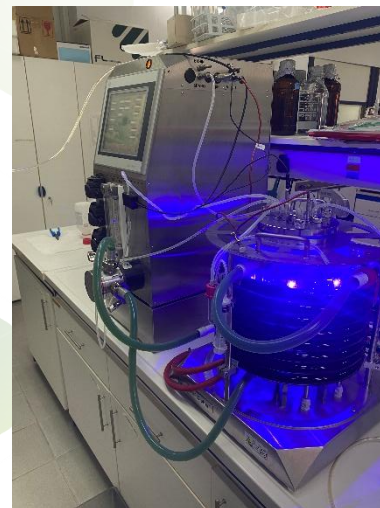
## Στατιστικός Σχεδιασμός (DoE): επιλεγμένες παράμετροι και πρώτος σχεδιασμός για κάθε είδος

Για τα στελέχη *Chlorella vulgaris* and *Stichococcus* sp

| Παράμετρος                             | Επίπεδο 1 | Επίπεδο 2 | Επίπεδο 3 |
|----------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Χρώμα Φωτός                            | Μπλε      | Λευκό     | Κόκκινο   |
| Περιεκτικότητα CO <sub>2</sub> (% v/v) | 5         | 7.5       | 10        |
| Συγκέντρωση NaNO <sub>3</sub> (g/L)    | 0.25      | 0.75      | 1.25      |

### Κύριες μεταβλητές εξόδου:

- Συγκέντρωση βιομάζας (και για τις δύο CS)
- Συγκέντρωση πολυσακχαριτών (για CS I)
- Συγκέντρωση λιπιδίων (για CS II)



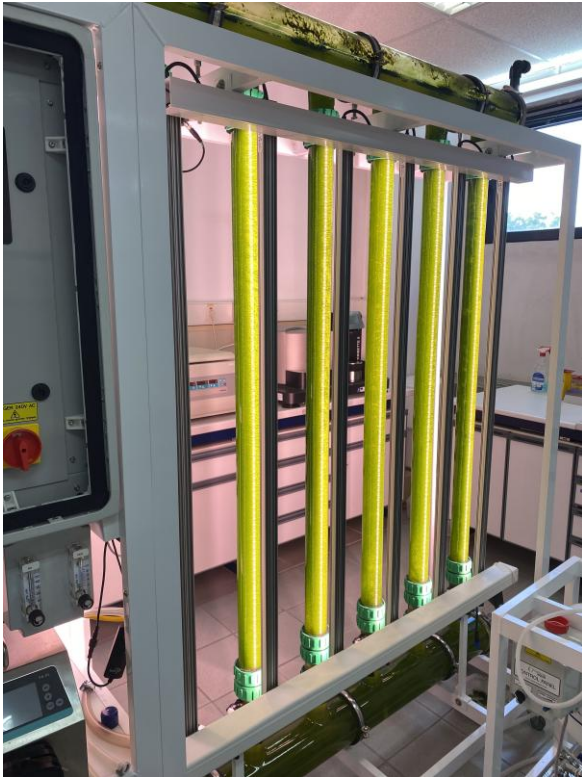
The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



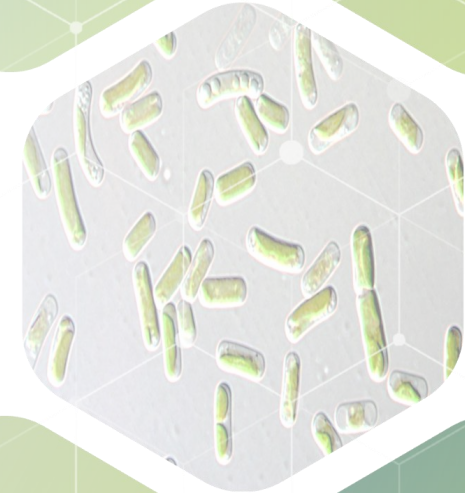
Funded by  
the European Union



# Πιλοτικός Φωτο-Βιοαντιδραστήρας



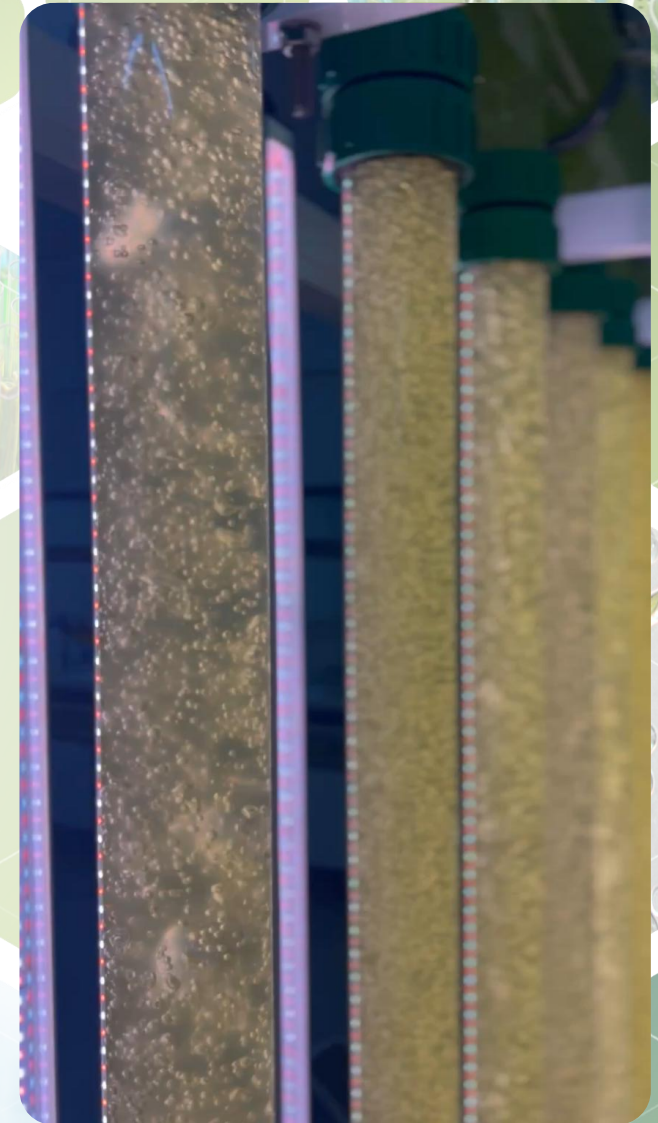
*Stichococcus* sp. (CSI)

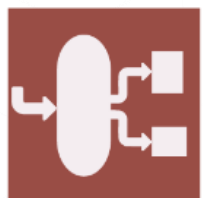


# Πιλοτικός Φωτο-Βιοαντιδραστήρας

## Επόμενα Βήματα

- Πλήρης ανάλυση των αποτελεσμάτων του στατιστικού σχεδιασμού (DoE) για τα δύο είδη μικροφυκών και των case studies.
- Επιβεβαίωση των πρωτοκόλλων βελτιστοποίησης DoE με τους εργαστηριακής κλίμακας PBR.
- Κλιμάκωση των επιλεγμένων πρωτοκόλλων στον πιλοτικό PBR.
- Εντατικοποίηση της μεθόδου συλλογής και αφυδάτωσης της βιομάζας που βασίζεται σε μία μονάδα διήθησης μεμβράνης.
- Καθιέρωση ενός πρωτοκόλλου κλασματοποίησης βιομάζας με τη χρήση ενός πλανητικού μύλου.





# processes

an Open Access Journal by MDPI



www.fuelgae.eu



2400 CHF

IMPACT  
FACTOR  
**2.8**

CITESCORE  
**5.1**

## Guest Editors



**Dr. Giannis Penloglou**

*Guest Editor*

Chemical Process and Energy Resources  
Institute—CPERI/LPRE, Centre for  
Research and Technology Hellas—  
CERTH, Thessaloniki, Greece



**Dr. Alexandros Pavlou**

*Guest Editor Assistant*

Chemical Process and Energy Resources  
Institute—CPERI/LPRE, Centre for  
Research and Technology Hellas—  
CERTH, Thessaloniki, Greece

## Author Benefits:

**Open Access:** free for readers, paid by authors

**High visibility:** Indexed in SCIE and Scopus

**Rapid publication:** Submission to First Decision: 14.9  
days

**Website:** [mdpi.com/si/200989](http://mdpi.com/si/200989)

**E-Mail:** [processes@mdpi.com](mailto:processes@mdpi.com)

**Twitter:** @Processes\_MDPI



## Special Issue:

### Innovative Bioreactor Design and Advanced Optimization Strategies for Biorefineries and Bioprocessing

**Submission Deadline: 30 November 2025**

This Special Issue of *Processes* aims to attract high-quality original research contributions and review articles in the field of “Innovative Bioreactor Design and Advanced Optimization Strategies for Biorefineries and Bioprocessing”. This could include individual experimental and theoretical studies or combined approaches.

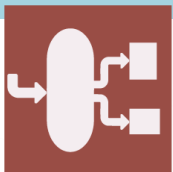
Specific topics for the Special Issue include, but are not limited to, the following:

- Design of innovative bioreactor configurations, including photo-bioreactors.
- 2G and 3G biorefineries for energy, fuels and materials.
- Fermentative production of biofuels, biochemicals, and biopolymers.
- Hybrid (photo-)bioreactor systems for bioremediation and wastewater treatment.
- Microbial activity towards bioprocessing and downstream processing.
- Experimental and model-based intensification and scale-up of bioproduction systems.
- Advanced multi-scale modeling and simulation of complex bioreactor phenomena.
- Versatile monitoring and efficient control systems for bioreactors.
- Techno-economic assessment and Life Cycle Analysis (LCA) of multi-purpose bioreactors.

The FUELGAE Project is funded by the European Union under Grant Agreement number 101122151. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



**Funded by  
the European Union**



# processes

an open access journal by MDPI

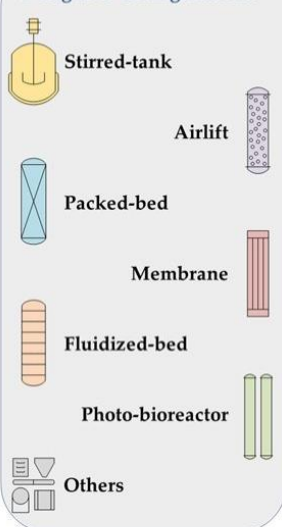
www.fuelgae.eu

IMPACT  
FACTOR  
2.8

CITESCORE  
5.1

## Innovative Bioreactor Design and Advanced Optimization Strategies for Biorefineries and Bioprocessing

### Designs & Configurations:



### Optimization:

- Design of experiments
- Modeling & simulation
- Monitoring & control
- Strain improvement
- Bioreactor engineering

### Scale-up:



### Applications:

- Pharmaceuticals
- Wastewater treatment
- Bioremediation
- Biofuels production
- Food & beverages
- Enzymes production
- Tissue engineering
- Biopolymers
- (Micro)algae
- Biological research

### Evaluation & Outcome:

- Technical analysis
- Economic assessment
- Environmental Life-cycle analysis
- Social analysis & impact
- Sustainable bioeconomy

## Processes 2024 Awards

**Processes 2023 Best Paper Award** (500 CHF)

**Processes 2024 Outstanding Reviewer Award**

See details on the *Processes* awards:

[www.mdpi.com/journal/processes/awards](http://www.mdpi.com/journal/processes/awards)



2024 OUTSTANDING REVIEWER

# AWARD

Submit to **Special Issue:**

**“Innovative Bioreactor Design and Advanced Optimization Strategies for Biorefineries and Bioprocessing”**

**Website:** [mdpi.com/si/200989](http://mdpi.com/si/200989)

**Deadline:** 30 November 2025



an Union under Grant Agreement number 101122151. Views and author(s) only and do not necessarily reflect those of the European or the granting authority can be held responsible for them.



Funded by  
the European Union

# Ευχαριστώ!

