

Τεχνολογίες Παραγωγής και Αξιοποίησης του Βιοαερίου

Λευτέρης Γιακουμέλος
(Φυσικός)

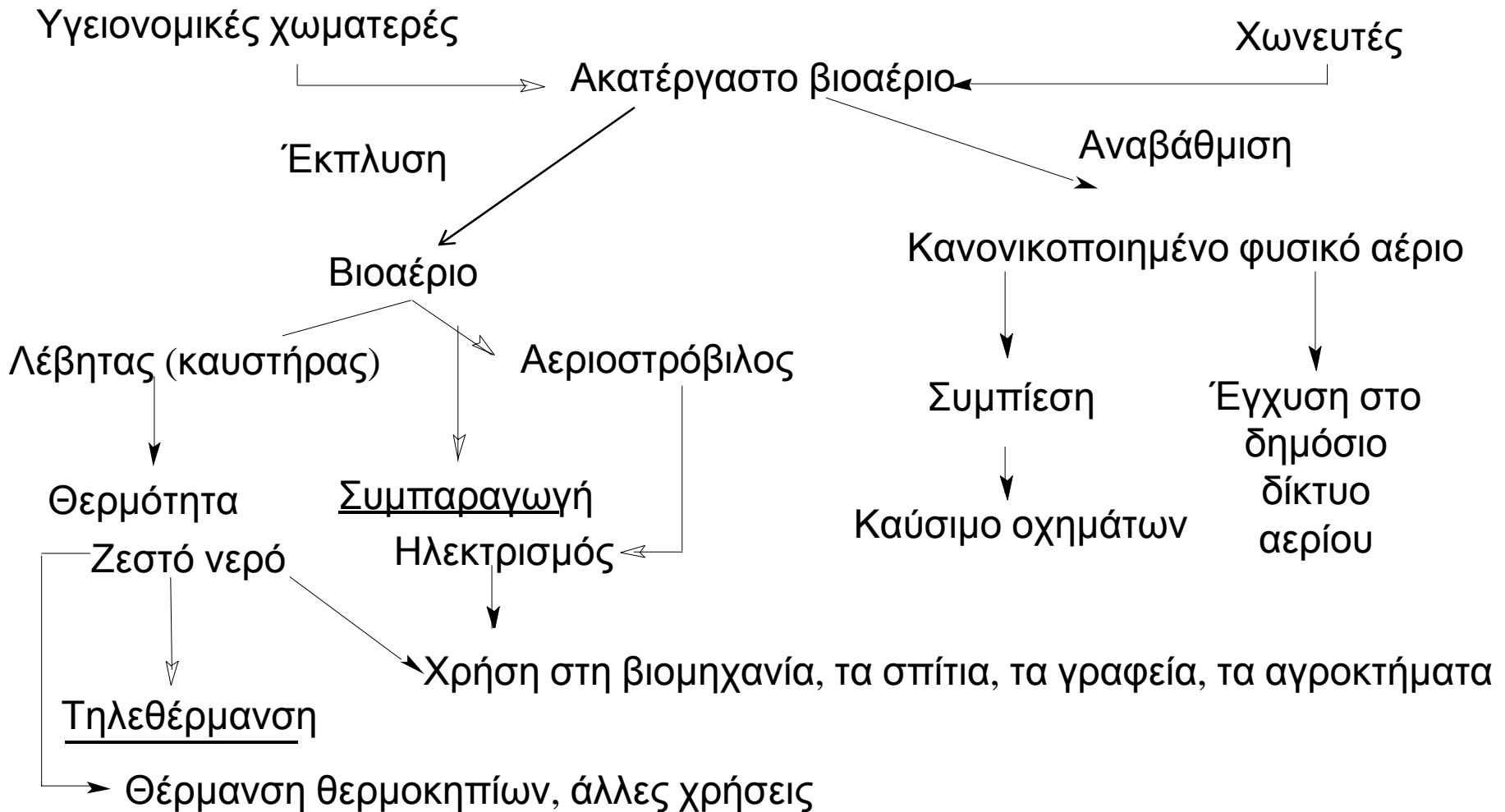
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης
Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Τμήμα Εκπαίδευσης

- Τεχνολογίες αξιοποίησης του βιοαερίου
 - Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας
 - Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού & Θερμότητας (ΣΗΘ)
 - Αναβάθμιση του βιοαερίου (βιομεθάνιο)

- Το βιοαέριο έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, ανάλογα με την τοπική ζήτηση για μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την:
 - ✓ παραγωγή **θερμότητας** μέσω άμεσης καύσης,
 - ✓ παραγωγή **ηλεκτρισμού** από κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους,
 - ✓ **συνδυασμένη παραγωγή** θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) ή ως καύσιμο οχημάτων.

Τελικές χρήσεις βιοαερίου



Άμεση καύση και χρήση της θερμότητας

- Ο απλούστερος τρόπος χρήσης του βιοαερίου είναι η άμεση καύση του σε λέβητες / καυστήρες αερίου.
- Αυτό γίνεται κατά κόρον με το βιοαέριο που παράγεται από μικρούς οικογενειακούς χωνευτές.
- Το βιοαέριο μπορεί να καεί για την παραγωγή θερμότητας είτε επί τόπου, είτε να μεταφερθεί με σωληνώσεις στους τελικούς χρήστες.
- Για τις εφαρμογές θέρμανσης το βιοαέριο δεν χρειάζεται καμία αναβάθμιση, ενώ δεν περιορίζει την χρήση του αερίου το επίπεδο “μόλυνσής” του τόσο όσο στην περίπτωση άλλων εφαρμογών.
- Πάντως, το βιοαέριο πρέπει να υποβληθεί σε συμπύκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και ξήρανση.

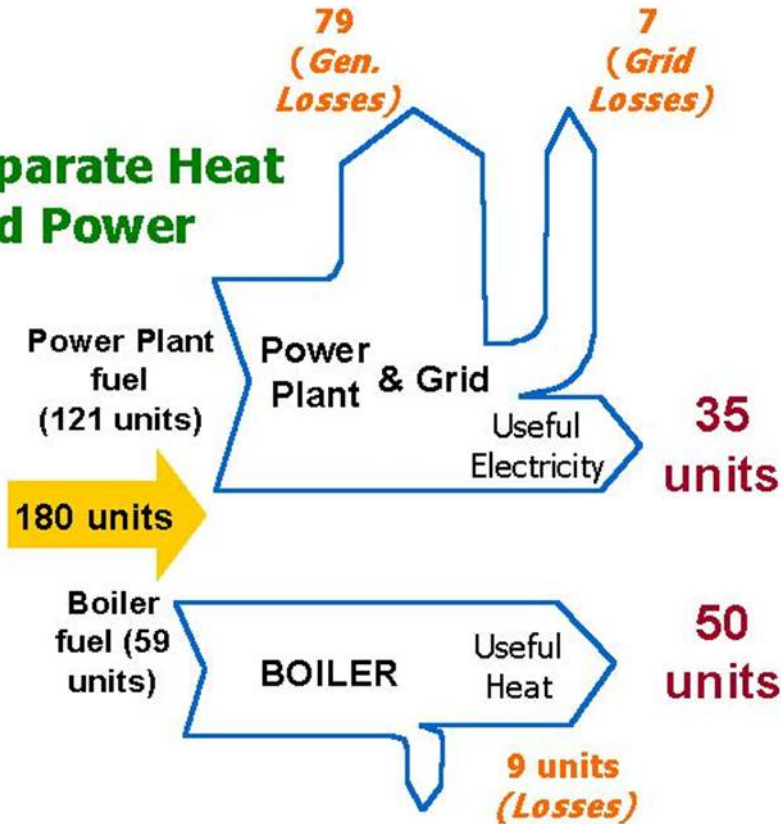


Συμπαγωγή (ΣΗΘ)

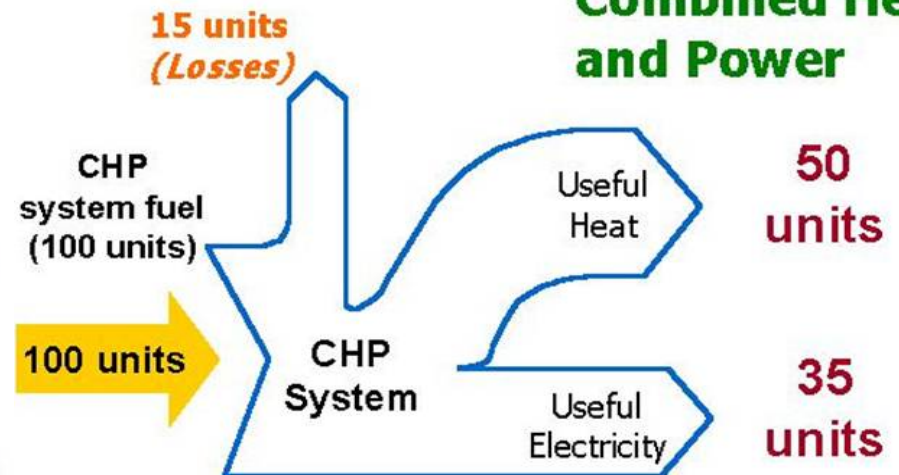
- Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι η τυπική εφαρμογή του βιοαερίου από την ΑΧ σε πολλές χώρες.
- Θεωρείται ως μια πολύ αποδοτική χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας.
- Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.
- Πριν από τη μετατροπή της ΣΗΘ, το βιοαέριο πρέπει να έχει αποξηρανθεί.
- Οι περισσότερες μηχανές αερίου έχουν μέγιστα όρια για τα επίπεδα του υδρόθειου, των αλογονικών υδρογονανθράκων και των ενώσεων οργανοπυριτίου στο βιοαέριο.

Συμπαράγωγή (ΣΗΘ)

Separate Heat and Power



Combined Heat and Power



Συμπαγωγή (ΣΗΘ)

- Η συνηθέστερη εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου **συστοιχίας**, με μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) που συνδέονται με μια γεννήτρια.
- Οι ΜΕΚ μπορεί να είναι τύπου Otto, Ντίζελ ή προέγχυσης.
- ✓ Τόσο οι μηχανές αερίου Ντίζελ όσο και οι Otto λειτουργούν χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης, σύμφωνα με την αρχή του Otto.
- ✓ Η διαφορά αυτών των μηχανών είναι μόνο στη συμπίεση.
- Εναλλακτικές τεχνολογίες που είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης είναι οι μικροί αεριοστρόβιλοι (μικροστρόβιλοι), οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου.
- Η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτόπου στη μονάδα για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες.
- Σε πολλές χώρες με υψηλά τιμολόγια αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, όλη η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και η ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας αγοράζεται από το ίδιο το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Συμπαγωγή (ΣΗΘ)

- Οι τιμές της βιομάζας (π.χ. καλαμπόκι) έχουν αυξηθεί και δεν είναι πλέον αρκετή μόνο η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας μιας μονάδας βιοαερίου.
- Σημαντικό ζήτημα για την ενεργειακή και οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου είναι η **χρήση** της παραχθείσας **θερμότητας**.
- ✓ Ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται συνήθως για τη θέρμανση των χωνευτών (θερμότητα διεργασίας).
- ✓ Περίπου τα 2/3 της παραχθείσας θερμικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές χρήσεις.
- ✓ Η θερμότητα της ΣΗΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές διεργασίες, σε γεωργο-κτηνοτροφικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτηρίων.
- ❖ Ο καταλληλότερος χρήστης της θερμότητας είναι η βιομηχανία, δεδομένου ότι η ζήτηση εκεί είναι σταθερή καθόλη τη διάρκεια του έτους ⇒ Σημαντικό ζήτημα για τις βιομηχανικές εφαρμογές είναι η ποιότητα της θερμότητας (ύψος θερμοκρασίας)!

- ❖ Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το διαχωρισμό και την περαιτέρω επεξεργασία του χωνεμένου υπολείμματος.
- ❖ Άλλη επιλογή είναι η χρήση της θερμότητας από βιοαέριο για τη θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών (μίνι-δίκτυο ή τηλεθέρμανση), αν και αυτή η εφαρμογή έχει χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και πολύ υψηλή κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
- Η θερμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού».
- ✓ Η ενέργεια εισαγωγής είναι θερμότητα, η οποία μετατρέπεται σε ψύξη μέσω ενός κύκλου απορρόφησης.
- ✓ Μία διεργασία γνωστή από τα ψυγεία τύπου κάμπινγκ που χρησιμοποιείται π.χ. για την ψυχρή αποθήκευση τροφίμων ή τον κλιματισμό χώρων.
- ✓ Το πλεονέκτημα της ψύξης μέσω της απορρόφησης είναι οι μικρές φθορές λόγω των λίγων μηχανικών μερών και η μικρή κατανάλωση ενέργειας, σε σύγκριση με τις εγκαταστάσεις ψύξης με συμπίεση.

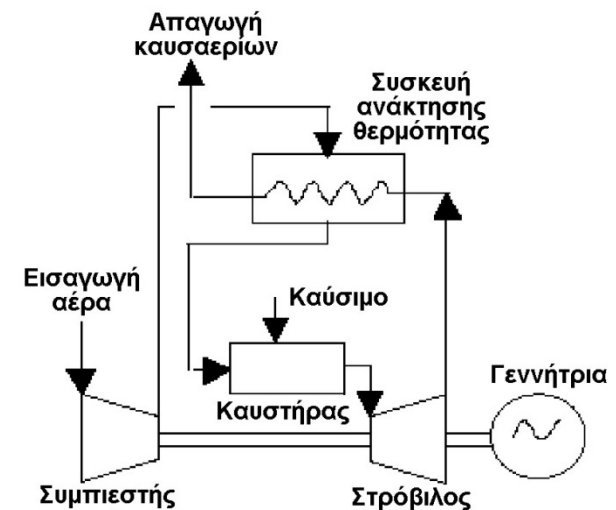
Μηχανές Stirling

- Η μηχανή Stirling είναι «μηχανή εξωτερικής καύσης».
- Τα έμβολα της μηχανής κινούνται λόγω της διαστολής ενός εσώκλειστου αερίου, ως αποτέλεσμα της έγχυσης θερμότητας από μια εξωτερική πηγή ενέργειας.
- Η απαραίτητη θερμότητα μπορεί να παρασχεθεί από διάφορες πηγές, όπως ένας καυστήρας αερίου που λειτουργεί με βιοαέριο.
- Είναι απαραίτητη κάποια τεχνική προσαρμογή τους εάν πρόκειται χρησιμοποιηθούν για το βιοαέριο.
- Λόγω της εξωτερικής καύσης, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί βιοαέριο με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε μεθάνιο.
- Η ηλεκτρική αποδοτικότητα κυμαίνεται μεταξύ 24 και 28%.
- Οι θερμοκρασίες των καυσαερίων είναι μεταξύ 250 και 300°C.
- Η δυναμικότητα των μηχανών Stirling είναι μικρότερη από 50 kWel.
- Λόγω της χαμηλής φθοράς των τμημάτων της μηχανής Stirling, οι δαπάνες συντήρησης είναι χαμηλές.

Συμπαγωγή (ΣΗΘ)

Μικροστρόβιλοι βιοαερίου

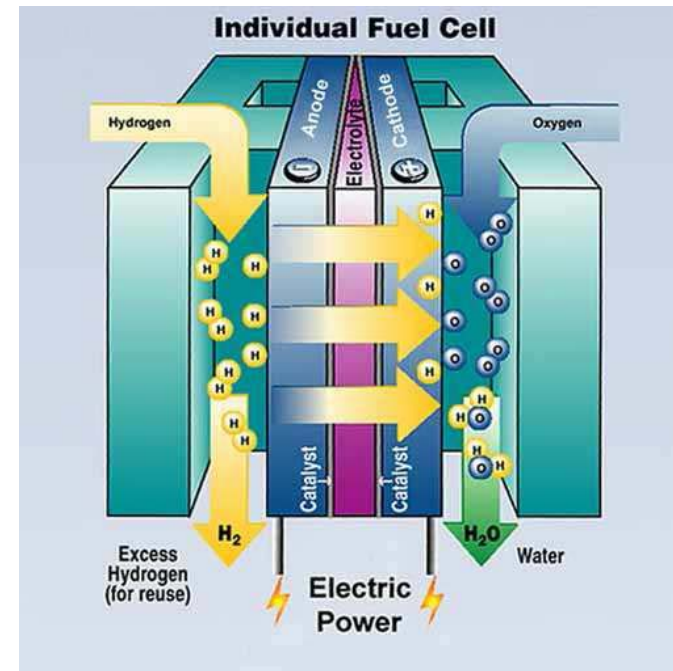
- Στους μικροστρόβιλους βιοαερίου, ο αέρας συμπιέζεται σε έναν θάλαμο καύσης, σε υψηλή πίεση και αναμιγνύεται με το βιοαέριο.
- Το μίγμα αέρα-βιοαερίου καίγεται και λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, το αέριο μίγμα διαστέλλεται.
- Τα καυτά καυσαέρια απελευθερώνονται μέσω ενός στροβίλου, ο οποίος συνδέεται με την ηλεκτρογεννήτρια.
- Οι ηλεκτρικές δυναμικότητες των μικροστροβίλων είναι εν γένει κάτω από 200 kW_{el}.
- Σήμερα, οι μικροστρόβιλοι βιοαερίου είναι πάρα πολύ ακριβοί ώστε να είναι οικονομικά ανταγωνιστικοί, αλλά γίνονται πειράματα με το βιοαέριο και αναμένονται μακροπρόθεσμα μειώσεις στα κόστη.



Συμπαγωγή (ΣΗΘ)

Κυψέλες καυσίμου

- Οι κυψέλες καυσίμου είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Η βασική φυσική δομή (δομική μονάδα) μιας κυψέλης καυσίμου αποτελείται από μια στρώση ηλεκτρολύτη σε επαφή με μια πορώδη άνοδο και κάθοδο και στις δύο πλευρές.
- Το αέριο καύσιμο (π.χ. βιοαέριο) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της ανόδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) και ένα οξειδωτικό (π.χ. οξυγόνο από τον αέρα) τροφοδοτείται συνεχώς στο διαμέρισμα της καθόδου (θετικό ηλεκτρόδιο).
- Στα ηλεκτρόδια λαμβάνει χώρα μια ηλεκτροχημική αντίδραση που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα.



Αναβάθμιση του βιοαερίου (βιομεθάνιο)

- Το βιοαέριο μπορεί:
 - ✓ να διανεμηθεί μέσω των υπαρχόντων δικτύων φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί για τους ίδιους σκοπούς όπως το φυσικό αέριο
 - ή
 - ✓ να συμπιεστεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο οχημάτων.
- Πριν από τη χρησιμοποίησή του για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου ή ως καύσιμο οχημάτων, το βιοαέριο πρέπει να υποστεί μία διαδικασία **αναβάθμισης**:
 - ✓ Αφαιρούνται όλοι οι μολυσματικοί παράγοντες και το CO₂.
 - ✓ Ενισχύεται το περιεχόμενό του σε μεθάνιο, από το συνηθισμένο 50-75% σε πάνω από 95%.

Η αφαίρεση του CO₂ πρέπει να γίνεται προκειμένου να επιτευχθεί ο απαιτούμενος δείκτης Wobbe του αερίου. Ο δείκτης Wobbe χρησιμοποιείται για να συγκρίνει το ενεργειακό αποτέλεσμα καύσης από διαφορετικής σύνθεσης αέρια καύσιμα σε μια συσκευή. Αν δύο καύσιμα έχουν ταυτόσημους Δείκτες Wobbe, για δεδομένη πίεση η παραγωγή ενέργειας θα είναι η ίδια. Κατά κανόνα, παραλλαγές τους μέχρι ποσοστού 5% επιτρέπονται.

- Το αναβαθμισμένο βιοαέριο ονομάζεται **“βιομεθάνιο”**.

- Κατά την αφαίρεση του διοξειδίου του άνθρακα από το βιοαέριο, αφαιρούνται επίσης και μικρές ποσότητες μεθανίου (CH_4).
- Το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου 23 φορές ισχυρότερο από το CO_2 , (δηλ. ένα μόριο μεθανίου είναι 23 φορές πιο αποδοτικό ως προς τη δέσμευση της θερμότητας από τη γη από ένα μόριο CO_2).
- ❖ Είναι σημαντικό να κρατηθούν σε χαμηλά επίπεδα οι απώλειες μεθανίου, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους.

Αναβάθμιση του βιοαερίου (βιομεθάνιο)

- Το συνολικό κόστος για τον καθαρισμό και την αναβάθμιση του βιοαερίου προέρχεται:
 - από το κόστος της επένδυσης,
 - από τη λειτουργία της μονάδας και
 - τη συντήρηση του εξοπλισμού.
- Στην περίπτωση των δαπανών επένδυσης, ένας σημαντικός παράγοντας είναι το μέγεθος της μονάδας:

«Οι συνολικές δαπάνες επένδυσης αυξάνονται με την αύξηση της δυναμικότητας, αλλά το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος είναι χαμηλότερο για τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις σε σχέση με τις μικρές (οικονομία κλίμακας)».
- Στην περίπτωση των λειτουργικών δαπανών, το πιο δαπανηρό μέρος της επεξεργασίας είναι η αφαίρεση του CO₂.

Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

- Η χρήση του βιομεθανίου στον τομέα των μεταφορών είναι μια τεχνολογία με μεγάλο δυναμικό και σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη.
- Το βιοαέριο χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο οχημάτων σε χώρες όπως η Σουηδία, η Γερμανία και η Ελβετία.
 - ✓ *Αυξάνεται σημαντικά ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων, των οχημάτων δημοσίων μεταφορών, και των φορτηγών που κινούνται με αέριο (π.χ. ένας αυξανόμενος αριθμός Ευρωπαϊκών πόλεων αλλάζουν τα πετρελαιοκίνητα λεωφορεία τους με άλλα που τροφοδοτούνται με βιομεθάνιο).*

Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

- Το βιομεθάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο με τον ίδιο τρόπο (και στα ίδια οχήματα) όπως το φυσικό αέριο.
- Τα περισσότερα Ι.Χ. οχήματα που κινούνται με αέριο έχουν υποστεί μετατροπή, κατά την οποία τοποθετείται στο χώρο αποσκευών μία δεξαμενή συμπιεσμένου αερίου και το σύστημα ανεφοδιασμού με αέριο (επιπλέον του συστήματος συμβατικού καυσίμου).

Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

- Υπάρχουν και ειδικής κατασκευής οχήματα που βελτιστοποιούνται για καλύτερη απόδοση και πιο βολική τοποθέτηση των φιαλών αερίου, χωρίς απώλειες στο χώρο των αποσκευών.
- Σήμερα, περισσότεροι από 50 κατασκευαστές παγκοσμίως προσφέρουν περίπου 250 μοντέλα ελαφρών και βαρέων οχημάτων μετατρέπόμενων σε καύσιμο αέριο.
- Τα βαρέα οχήματα μπορούν να μετατραπούν ώστε να τροφοδοτούνται μόνο με αέριο μεθάνιο, αλλά σε μερικές περιπτώσεις επίσης χρησιμοποιούνται οι μηχανές διπλού καυσίμου.

Το βιοαέριο ως καύσιμο οχημάτων

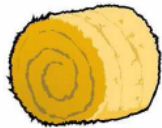
- Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) θεωρείται ότι έχει το υψηλότερο δυναμικό ως καύσιμο οχημάτων, συγκρινόμενο με άλλα βιοκαύσιμα.
 - ❖ Το δυναμικό του βιομεθανίου είναι ακόμα υψηλότερο εάν ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται απόβλητα αντί ενεργειακών καλλιεργειών.

Αναβάθμιση του βιοαερίου (βιομεθάνιο)



Βιομεθάνιο

67 600 km



BtL (Βιομάζα σε υγρό)

64 000 km



Κραμβέλαιο

23 300 km

+ 17 600 km*



Βιοντήζελ

23 300 km

+ 17 600 km*



Βιοαιθανόλη

22 400 km

+ 14 400 km*



* Βιομεθάνιο ως παραπροϊόν
(ελαιοκράμβη, πίτα, άχυρο)

Κατανάλωση καυσίμου οχήματος: βενζινοκινητήρας 7,4 l/100 km
ντιζελοκινητήρας 6,1 l/100 km

Σύγκριση των βιοκαυσίμων μεταφορών σε σχέση με την απόσταση που καλύπτεται από ένα αυτοκίνητο (εμβέλεια) κινούμενο με το αντίστοιχο βιοκαύσιμο, το οποίο παράγεται από πρώτη ύλη βιομάζας προερχόμενης από 1 εκτάριο (= 10 στρέμματα) καλλιεργήσιμης γης.

Πηγή(FNR 2008)

Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο

- Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) μπορεί να εγχυθεί και να διανεμηθεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου, αφού έχει συμπιεστεί στην αντίστοιχη πίεση των αγωγών.
- Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα χρήσης του δικτύου αερίου για τη διανομή του βιομεθανίου είναι ότι το δίκτυο συνδέει την περιοχή παραγωγής (συνήθως σε αγροτικές περιοχές) με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτό επιτρέπει στο αέριο να φθάσει στους νέους πελάτες.
- Είναι επίσης δυνατό να αυξηθεί η παραγωγή του βιοαερίου σε μια απομακρυσμένη περιοχή, χωρίς ανησυχίες για τη χρήση της περίσσειας θερμότητας

Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο

- ❑ Χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία, η Γερμανία και η Γαλλία διαθέτουν πρότυπα (σύστημα πιστοποίησης) για την έγχυση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου.
- ❑ Τα πρότυπα, που προκαθορίζουν τα όρια για συστατικά όπως το θείο, το οξυγόνο, τα σωματίδια και το σημείο δρόσου του ύδατος, έχουν ως στόχο την αποφυγή της μόλυνσης του δικτύου του αερίου ή των τελικών χρηστών.

Βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο

- ❑ Τα πρότυπα στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εύκολα επιτεύξιμα μέσω των υφιστάμενων διεργασιών αναβάθμισης.
- ❑ Τα κύρια εμπόδια για την έγχυση του βιομεθανίου είναι τα υψηλά κόστη της αναβάθμισης και της σύνδεσης στο δίκτυο.
- ❑ Η έγχυση στο δίκτυο περιορίζεται από τη θέση των κατάλληλων περιοχών παραγωγής και αναβάθμισης του βιομεθανίου, οι οποίες πρέπει να είναι κοντά στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ