



Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας

Πέμπτη, 25 Νοεμβρίου 2010

Εμμανουήλ Κακαράς , Παναγιώτης Γραμμέλης,

Πανόπουλος Κυριάκος, Καρέλας Σωτήρης

Μιχάλης Αγρανιώτης, Εμμανουήλ Καραμπίνης

Εβδομάδα Ενέργειας - «Ενέργεια B2B»





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



- ▶ Στερεά Βιοκαύσιμα
- ▶ Τεχνολογίες αξιοποίησης βιομάζας
 - ▶ Παραγωγή θερμότητας στη μικρή κλίμακα ($< 1 \text{ MW}_{\text{th}}$)
 - λέβητες ζεστού νερού/ ατμού
 - ▶ Συμπαράγωγή στη μικρή κλίμακα ($1\text{-}5 \text{ MW}_e$ και $< 1 \text{ MW}_e$)
 - αεριοποίηση
 - αναερόβια χώνευση
 - ▶ Ηλεκτροπαραγωγή / Συμπαράγωγή στη μεγάλη κλίμακα ($> 5 \text{ MW}_e$)
 - λέβητες εσχάρας, λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης
 - μικτή καύση σε υφιστάμενους ανθρακικούς σταθμούς
- ▶ Ερευνητικές/ επιδεικτικές δραστηριότητες του ΕΚΕΤΑ/ ΙΤΕΣΚ
- ▶ Δραστηριότητες του τεχνοβλαστού «Clean Energy ΕΠΕ»



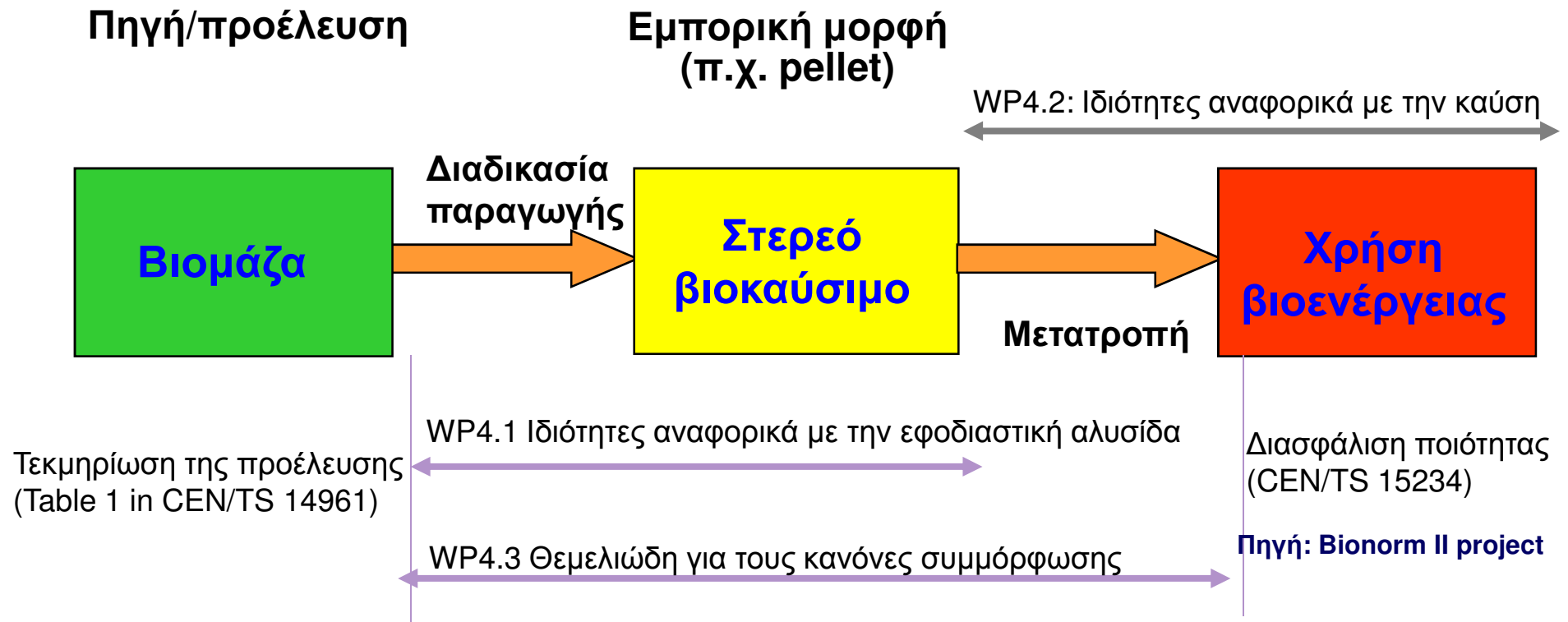
Στερεά Βιοκαύσιμα σύμφωνα με CEN/TC 337



Η προτυποποίηση των στερεών βιοκαυσίμων βάσει συγκεκριμένων προδιαγραφών ενισχύει την ανάπτυξη της αγοράς και τη διασφάλιση ποιότητας των καυσίμων

Προδιαγραφές για κατηγοριοποίηση:

Προέλευση, Υγρασία, Πυκνότητα σωματιδίων, διαστάσεις, τέφρα, πρόσθετα, Θερμογόνος ικανότητα





Εμπορεύσιμες μορφές στερεών βιοκαυσίμων



- Μπρικέτες (briquettes)
- Πελλέτες (pellets)
- Πυρηνόξυλο (exhausted olive cake)
- Κομμάτια ξύλου (wood chips)
- Τεμαχισμένο ξύλο (hog fuel)
- Άχυρο (sawdust)
- Φλοιός δέντρων (bark)
- Μπάλες, δέματα άχυρου (straw bales)
- Γενικός πίνακας κατηγοριοποίησης για άλλες μορφές



Πηγή: Bionorm II project



Δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας

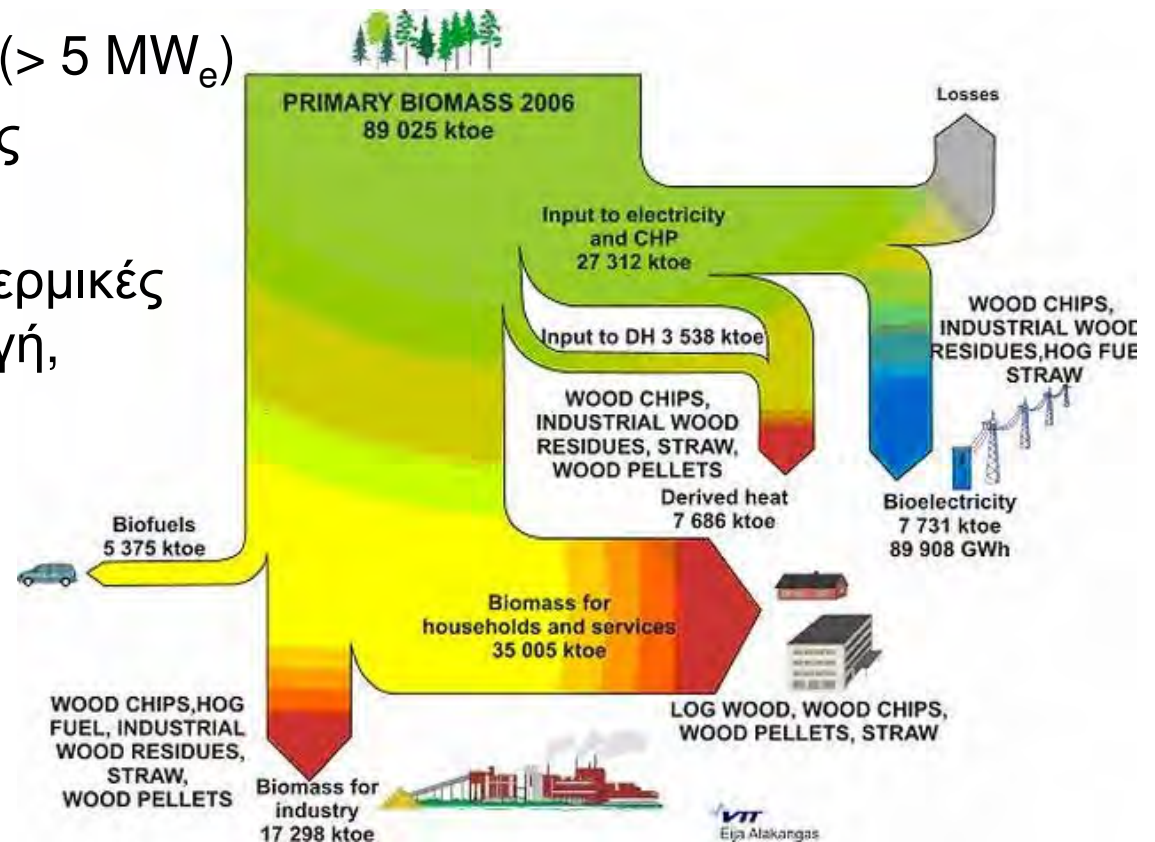


Μικρές μονάδες

- ▶ Παραγωγή θερμότητας με καύση (λέβητες ζεστού νερού/ ατμού)
- ▶ Συμπαγωγή με αεριοποίηση
- ▶ Συμπαγωγή με αναερόβια χώνευση

Μεγάλες, βιομηχανικές μονάδες (> 5 MW_e)

- ▶ Μονάδες αποκλειστικής καύσης βιομάζας
- ▶ Μικτή καύση σε υφιστάμενες θερμικές εγκαταστάσεις (ηλεκτροπαραγωγή, τσιμεντοβιομηχανία)





Λέβητες βιομάζας



- ▶ Ο πιο διαδεδομένος τρόπος αξιοποίησης βιομάζας
- ▶ Αναπτυγμένη αγορά, κυρίως στη Β. Ευρώπη
- ▶ Τεχνολογικά ζητήματα που έχουν αντιμετωπιστεί ικανοποιητικά στις νέες γενιές λέβητων:
 - αυτόματη τροφοδοσία λέβητα
 - αυτόματη απαγωγή τέφρας
 - συνεχής έλεγχος διεργασίας καύσης
 - εκπομπές ρύπων



Βιομηχανίες κατασκευής λεβήτων βιομάζας



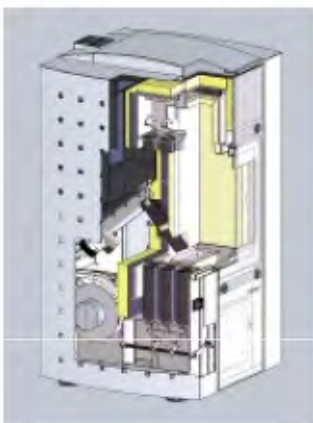
www.stuv.com



www.sht.at



www.calimax.com



www.palazzetti.it



www.rika.at



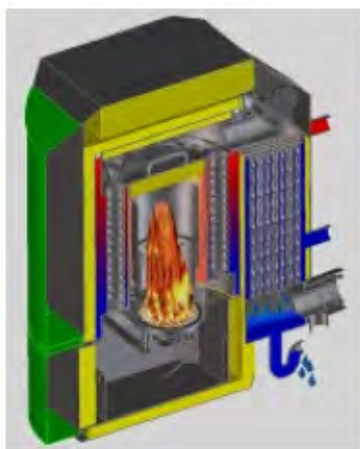
www.spartherm.de



www.froeling.com



www.oekofen.com



www.hargassner.at



www.windhager.com



www.kwb.com

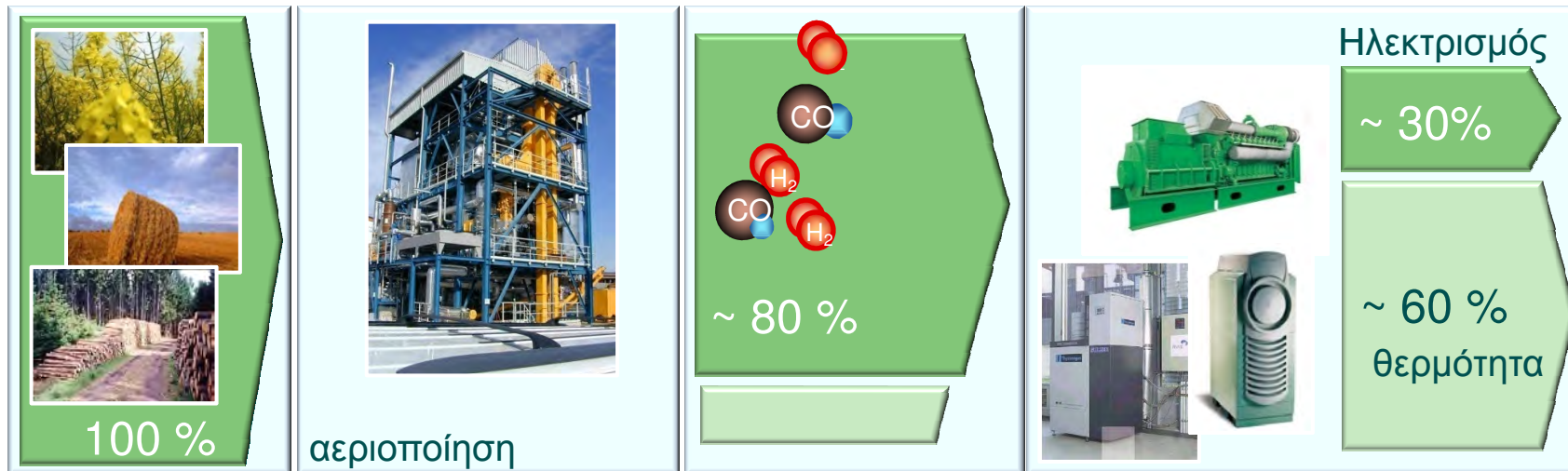




Αεριοποίηση



- ▶ Στερεό καύσιμο + Ατμός/αέρας $\rightarrow$ Αέριο σύνθεσης
- ▶ Καύσιμο αέριο σύνθεσης (synthesis gas)
Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων H_2 , CO , H_xC_y
- ▶ Αξιοποίηση του αερίου σε ΜΕΚ, μικροστρόβιλο





Αεριοποίηση βιομάζας, διαθέσιμες τεχνολογίες



Biomass IGCC
Värnamo 6 MW_{el}

Αυτόθερμη αεριοποίηση (με αέρα)

Fixed bed, fluidised bed, entrained flow

- Πλεονέκτημα: Μικρές μονάδες πιο εύκολα υλοποιήσιμες
- Μειονέκτημα : χαμηλή θερμογόνος ικανότητα αερίου, πίσσεις



Βιομηχανικός αεριοποιητής
Güssing 10 MW_{th} 2 MW_{el}

Αλλόθερμη αεριοποίηση (με ατμό)

- fluidised bed
- Πλεονέκτημα: υψηλή θερμογόνος ικανότητα
- Μειονέκτημα: δυσκολία στην πρόσδοση θερμότητας





Αναερόβια χώνευση



- ▶ Αναερόβια χώνευση: φυσική διαδικασία κατά την οποία οι οργανικές ύλες διασπώνται από ένα μικροβιακό πληθυσμό που ζει σε αναερόβιο περιβάλλον
- ▶ Προκύπτει βιοαέριο με τυπική σύσταση CH_4 :50-75 %, CO_2 :25-45 % και H_2O : 2-7 %
- ▶ Το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε ΜΕΚ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ▶ Τιμή πώλησης της ενέργειας από βιοαέριο (για εγκαταστάσεις < 3 MW_e) σύμφωνα με τα νέα τιμολόγια για τις ΑΠΕ (νόμος 3581/ 2010): 220 €/ MWh
- ▶ Το στερεό υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως compost



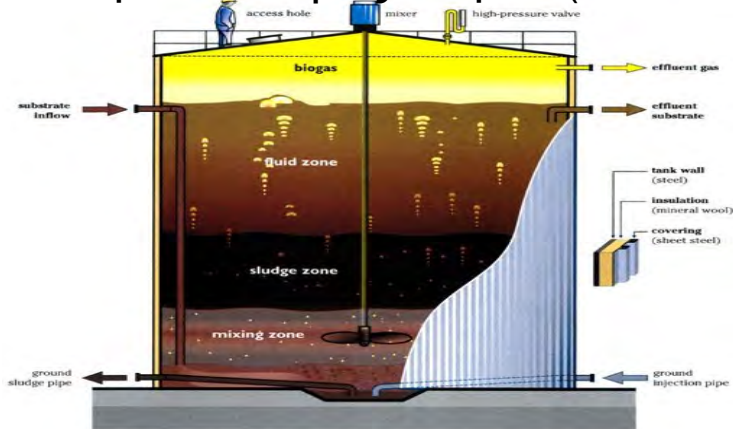


Αναερόβια χώνευση - Υλοποίηση



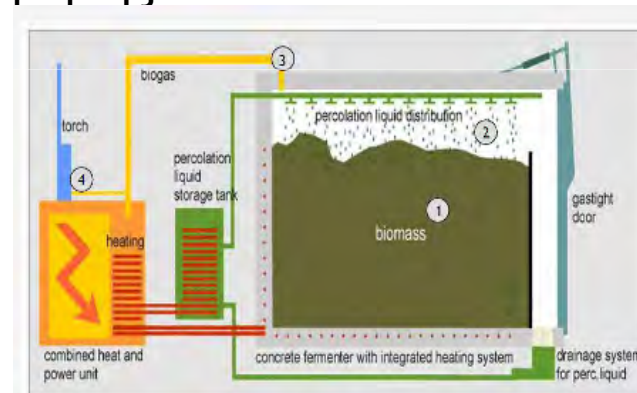
Χωνευτήρας με συνεχή ανάδευση (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR)

- Πιο διαδεδομένη τεχνολογία
- Κατάλληλος για χώνευση κοπριάς και μιγμάτων (κοπριάς, αγροτικών υπολειμμάτων, ζωικών υπολειμμάτων)
- Χώνευση σε μίγμα με χαμηλής περιεκτικότητας στερεά (15-20%)



Χωνευτήρας «τύπου γκαράζ»

- Κατάλληλος για τη χώνευση στερεής κοπριάς
- Τροφοδοσία αποβλήτων με βακτηριακή βιομάζα μέσω επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης.



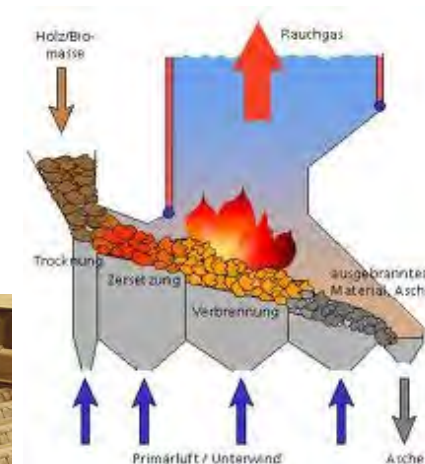


Μεγάλες μονάδες αποκλειστικής καύσης βιομάζας



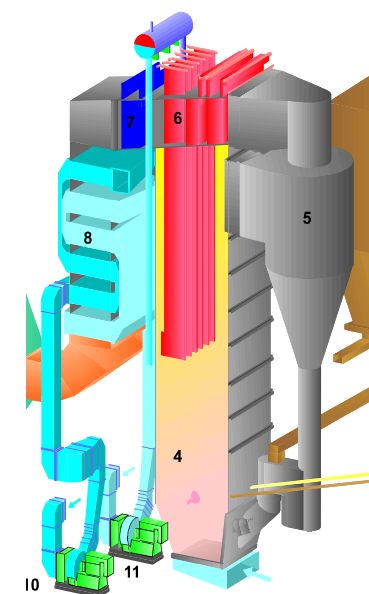
Λέβητες εσχάρας

- Σύστημα αποθήκευσης/ τροφοδοσίας βιομάζας
- Εσχάρα καύσης
- Σύστημα απαγωγής-εκροής της τέφρας.
- Σύστημα προσαγωγής του αέρα καύσης.
- Θάλαμος καύσης/ επιφάνειες συναλλαγής



Λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης

- Σύστημα αποθήκευσης/ τροφοδοσίας βιομάζας
- Σύστημα προετοιμασίας των χημικών αντιδραστηρίων της κλίνης (πχ. CaO).
- Σύστημα προσαγωγής του αέρα καύσης.
- Ρευστοποιημένη κλίνη.
- Σύστημα απαγωγής της τέφρας.
- Κυκλωνικός διαχωριστής σωματιδίων (για την περίπτωση ρευστοποιημένης κλίνης με ανακυκλοφορία).





Εφαρμογές (1/3)

Ε.Ο.Ν. – Steven's Croft



- Τοποθεσία: Lockerbie, Σκωτία (σε λειτουργία από 2009)
- Επένδυση 90m€
- 44 MWe, λέβητας ρευστοποιημένης κλίνης (P.K.), ατμοστρόβιλος συμπύκνωσης
- Κατανάλωση βιομάζας: 480,000 tn/yr
- 60% παράγωγα πριονιστηρίου και μικρής ξυλείας
- 20% SRC
- 20% Ανακυκλωμένες ίνες
- Τοπική πρώτη ύλη 800 ha δάσους και 4000 ha SRC

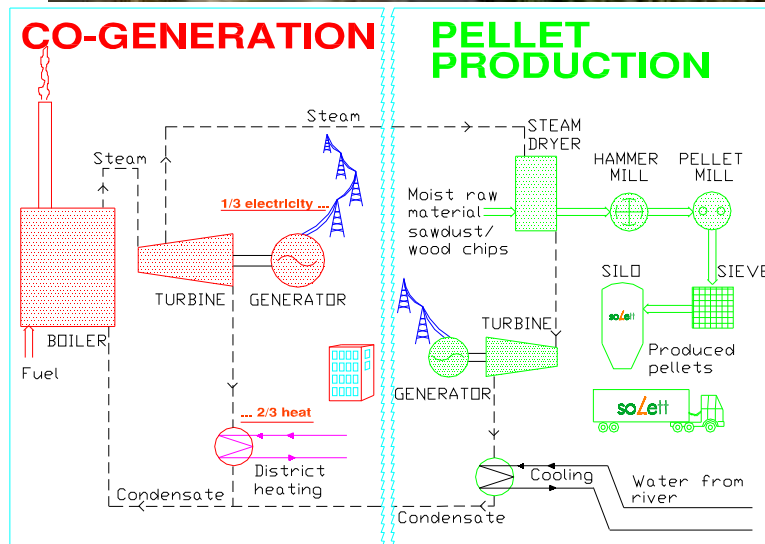


Εφαρμογές (2/3)

Skellefteå Kraft - The Bioenergy Combine



- Τοποθεσία: Hedensbyn, Σουηδία (σε λειτουργία από 1996)
- 98 MW, Δύο λέβητες P.K., Ατμοστρόβιλος (34.4 + 4.9 MW), τηλεθέρμανση (48 MW)
- Κατανάλωση βιομάζας: 1350 GWh/yr δασικά υπολείμματα και υπολείμματα πριονιστηρίου 150 GWh/yr τύρφης
- Μέση θερμογόνο ικανότητα ~ 17 MJ/kg
- Ενσωμάτωση διεργασίας πελλετοποίησης με απομάστευση ατμού
- Παραγωγή: 260 GWh θερμότητας, 170 GWh ηλεκτρισμού, 130,000 tn βιοκαύσιμου/yr

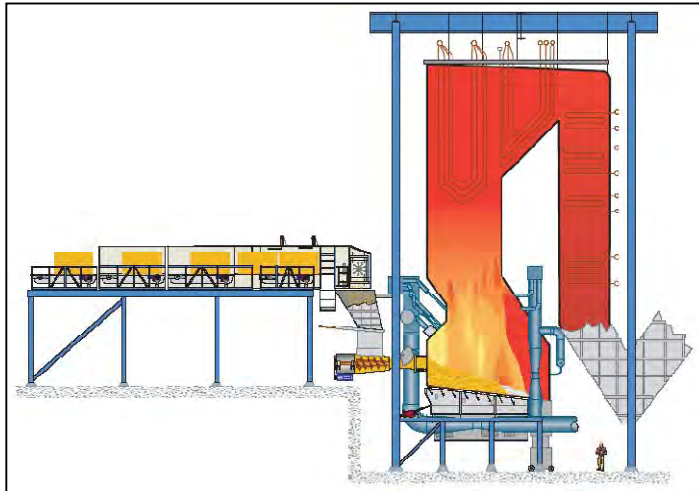




Εφαρμογές (3/3) DONG Energy – Avedøre Unit 2



- Τοποθεσία: Κοπεγχάγη, Δανία (σε λειτουργία από 2002)
- Δυνατότητα ταυτόχρονης καύσης πολλών καυσίμων. Δύο υπερκρίσιμοι λέβητες για βιομάζα, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ξυλεία (535 MWe, 620 MW_{th} για τηλεθέρμανση)
- Λέβητας βιομάζας: υδρόψυκτη κινούμενη εσχάρα
- Κατανάλωση βιομάζας: (10% συνολικής κατανάλωσης καυσίμου) 150,000 tn/yr άχυρο. Παραγωγή 35 MWe και 50 MW_{th}

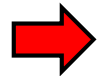




Σχεδιασμός επένδυσης για την πρώτη ύλη



- ▶ Από την εμπειρία σε άλλες χώρες προκύπτει ότι η βιωσιμότητα μονάδων βιομάζας στηρίχθηκε σε είδη που υπάρχουν σε αφθονία (απόβλητα στην Γερμανία, άχυρο στην Δανία, ξυλεία στην Σουηδία).



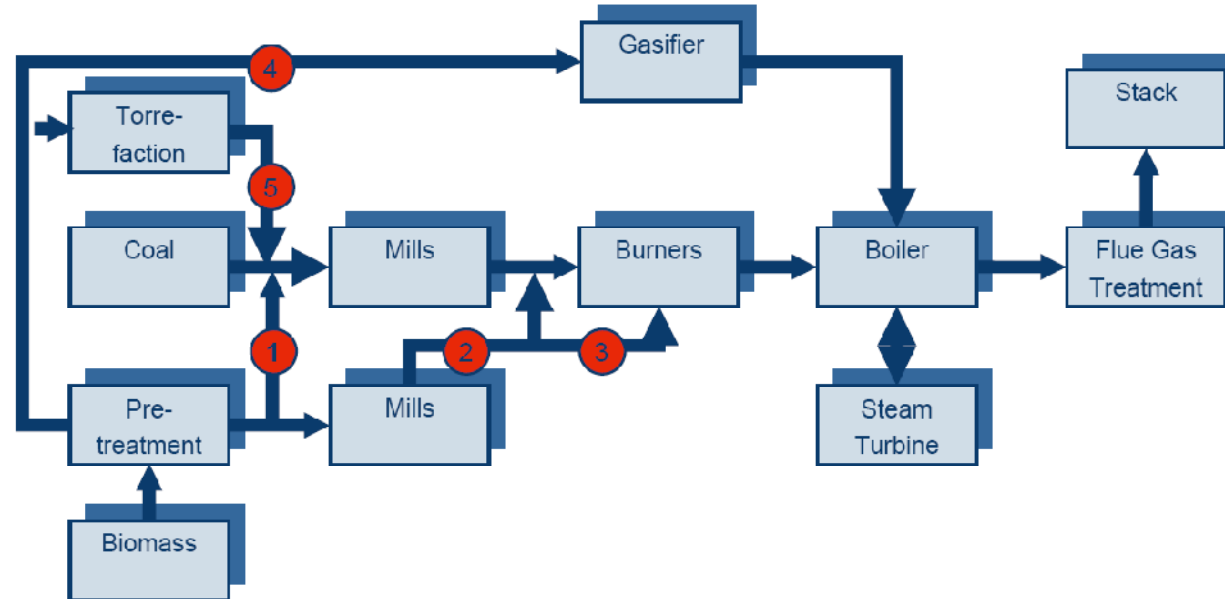
Για την Ελλάδα το ενδιαφέρον εστιάζεται στα αγροτικά υπολείμματα

Ιεράρχηση ειδών βιομάζας προς ενεργειακή αξιοποίηση :

- ▶ Υπολείμματα από την υφιστάμενη αγροτική και βιομηχανική δραστηριότητα
- ▶ Απόβλητα με αυξημένο βιογενές κλάσμα (ΚΑΠ, λυματολάσπη κλπ.)
- ▶ Ενεργειακές καλλιέργειες



Μικτή Καύση βιομάζας σε ανθρακικούς σταθμούς



Τεχνολογικές δυνατότητες

1. Από κοινού κονιοποίηση και τροφοδοσία του καύσιμου μίγματος
2. Ξεχωριστή άλεση του καυσίμου υποκατάστασης, εισαγωγή του στον αγωγό τροφοδοσίας βασικού καυσίμου, καύση στους υπάρχοντες καυστήρες
3. Ξεχωριστή άλεση του δευτερογενούς καυσίμου, καύση σε νέους καυστήρες βιομάζας
4. Αεριοποίηση της βιομάζας, καύση του παραγόμενου αερίου σύνθεσης στους καυστήρες του λέβητα
5. Χρήση «επεξεργασμένης» βιομάζας (torrefaction)

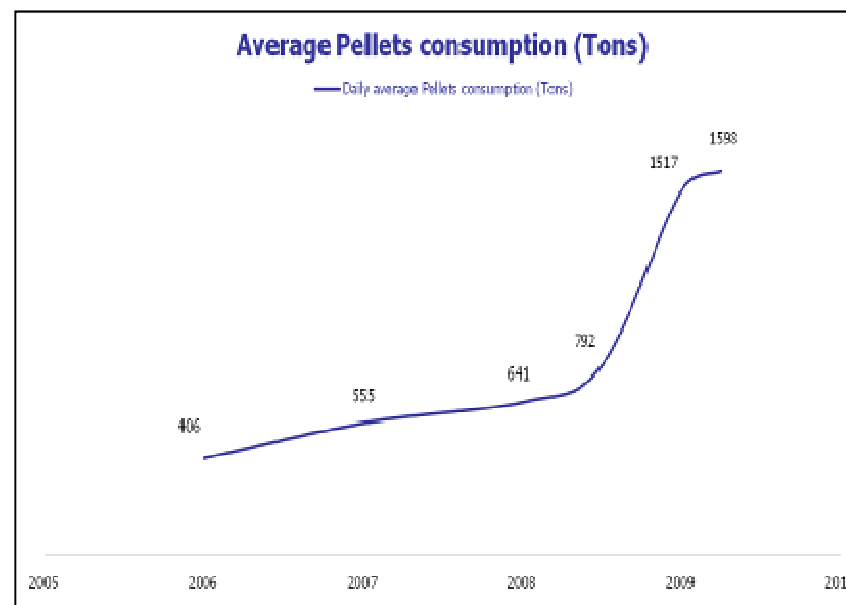
Σημείωση: Καθεμία από τις παραπάνω εναλλακτικές μικτής καύσης έχει ειδικές λειτουργικές ανάγκες και απαιτήσεις στην ποιότητα του καυσίμου.



Εφαρμογές μικτής καύσης Μονάδα Rodenhuijze 4



- ❖ Ιδιοκτησία: GDF Suez / Electrabel
- ❖ Έτος κατασκευής 1974, Μέγιστη Δυναμικότητα 280 MWe
- ❖ Καύσιμο: Λιθάνθρακας, Αέριο Υψικαμίνων, Φυσικό Αέριο
- ❖ Έργο “GREEN” (2004): Εφαρμογή μικτής καύσης με πελλέτες ξύλου. Μέγιστη δυναμικότητα βιομάζας 65 MWe
- ❖ Έργο “ADVANCED GREEN” (2008): Διπλασιασμός δυναμικότητας βιομάζας στα 136 MWe. Ετήσια κατανάλωση 600.000 τόνοι πελλετών ξύλου / έτος.
- ❖ Έργο “MAX GREEN” (2010): Αντικατάσταση όλης της ποσότητας λιθάνθρακα με βιομάζα, δυναμικότητα βιοενέργειας 195 MWe
- ❖ Εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης, άλεσης και αποθήκευσης πελλετών





Δραστηριότητες ΕΚΕΤΑ/ ΙΤΕΣΚ

Μικτή καύση βιομάζας στον ΑΗΣ Καρδιάς



1^η Δράση : Μικτή καύση ελαιοπυρηνόξυλου

Χαρακτηριστικά μεγέθη:

- Ποσότητα πυρηνόξυλου: 130 tn
- Διάρκεια δοκιμών: 24 h
- Ποσοστό υποκατάστασης: 6% κ.β. έως 12% π.ι.
- Εξοικονόμηση λιγνίτη: 300 tn
- Μείωση CO₂: 210 tn



Αποτελέσματα

Καμία αρνητική επίπτωση δεν παρατηρήθηκε

- Στο σύστημα τροφοδοσίας
- Στη λειτουργική συμπεριφορά της μονάδας
- Στις εκπομπές αερίων ρύπων





Δραστηριότητες ΕΚΕΤΑ/ ΙΤΕΣΚ

Μικτή καύση βιομάζας στον ΑΗΣ Καρδιάς



*2^η Δράση : Μικτή καύση αγριαγκινάρας
(Οκτώβριος 2010)*

Χαρακτηριστικά μεγέθη:

- Ποσότητα αγριαγκινάρας (cardoos): 1.700 tn
- Διάρκεια δοκιμών 5 ημέρες
- Ποσοστό θερμικής υποκατάστασης: 8,8 – 9.3% κ.β.

Αποτελέσματα

Καμία αρνητική επίδραση δεν παρατηρήθηκε

- Στο σύστημα τροφοδοσίας
- Στη λειτουργική συμπεριφορά της μονάδας
- Στις εκπομπές ρύπων

Διερευνήθηκε με χρήση ειδικών μετρητικών ληπτών

- Συνεισφορά της βιομάζας στην τάση δημιουργίας επικαθήσεων συσσωματώσεων ιπτάμενης τέφρας στις επιφάνειες συναλλαγής





Προσφερόμενες υπηρεσίες του ΕΚΕΤΑ/ ΙΤΕΣΚ



- ▶ Αναλύσεις καυσίμου (στοιχειακή, προσεγγιστική, θερμογόνο ικανότητα, CI, βαρέα μέταλλα) σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα CEN
- ▶ Αναλύσεις τέφρας (Χημικές, Ορυκτολογικές και σημεία μαλάκυνσης)
- ▶ Προσδιορισμός βιογενούς μέρους σε εναλλακτικά καύσιμα (SRF/ RDF)
- ▶ Μετρήσεις αερίων ρύπων (συμβατικών, μη συμβατικών) στις εγκαταστάσεις καύσης
- ▶ Ενημέρωση πιθανών επενδυτών για τις τεχνολογικές εξελίξεις μέσω και της συμμετοχής στο Πάνελ Βιομάζας της RHC-ETP



Δραστηριότητες τεχνοβλαστού CLEAN ENERGY ΕΠΕ



- ▶ Ανάπτυξη νέων έργων στην Ελλάδα και το εξωτερικό σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας και εναλλακτικών καυσίμων
- ▶ Συνεχής υποστήριξη υποψήφιων επενδυτών σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης ενός έργου, από το αρχικό στάδιο (αρχική μελέτη σκοπιμότητας) έως και το τελικό στάδιο (δοκιμές παραλαβής)

Παρεχόμενες υπηρεσίες μεταξύ άλλων

- ▶ Εκτίμηση δυναμικού βιομαζικών/ εναλλακτικών καυσίμων – Μελέτη σκοπιμότητας - Μελέτη εφοδιαστικής αλυσίδας
- ▶ Σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών για τον απαραίτητο εξοπλισμό
- ▶ Τεχνοοικονομική αξιολόγηση προσφορών
- ▶ Παρακολούθηση φάσης ανέγερσης
- ▶ Μετρήσεις εκπομπών ρύπων, μετρήσεις βαθμού απόδοσης
- ▶ Υπηρεσίες “third party” σε δοκιμές παραλαβής



Έργα τεχνοβλαστού Clean Energy ΕΠΕ υπό εξέλιξη



Εργοδότης	Έργο
Agroelectrica S.A. / Valvis Holding S.A.	Υπηρεσίες συμβούλου μηχανικού για μονάδα συμπαραγωγής βιομάζας στη Ρουμανία εγκατεστημένης ισχύος 30 MW _e
ECOELASTICA A.E.	Διαχείριση ποιότητας ανακτηθέντων καυσίμων (Refused Derived Fuels, RDF) με ανάμιξή τους με καύσιμα από ελαστικά (Tyre Derived Fuels, TDF)
ΔΕΗ Α.Ε.	Μελέτη συστήματος τροφοδοσίας βιομάζας σε υφιστάμενο λιγνιτικό σταθμό



ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ



Site: www.cleanenergy-isfta.gr (under construction)

Email: cleanenergy@certh.gr,

Παναγιώτης Γραμμέλης

Email: grammelis@certh.gr

Τηλ: 2106501593

Fax: 2106501598

Μιχάλης Αγρανιώτης

Email: agraniotis@certh.gr

Τηλ: 2106501509