



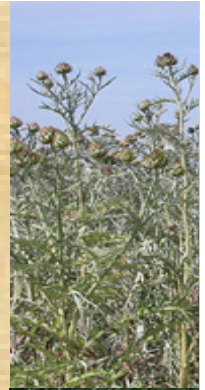
Βέλτιστες πρακτικές στην επιλογή ενεργειακών καλλιεργειών για τα Ελληνικά δεδομένα

Ευθυμία Αλεξοπούλου
Γεωπόνος
Τμήμα Βιομάζας
ΚΑΠΕ



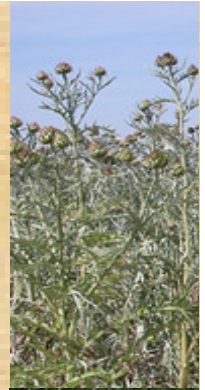
Περιεχόμενα

- ✓ Ενεργειακές καλλιέργειες
- ✓ Πρακτικές βέλτιστης ανάπτυξης
- ✓ Οικονομική αξιολόγηση
- ✓ Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα
- ✓ Συμπεράσματα



Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς.



Παραδοσιακές καλλιέργειες

- σιτάρι
- το κριθάρι,
- ο αραβόσιτος,
- τα ζαχαρότευτλα
- ο ηλίανθος

όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντήζελ).



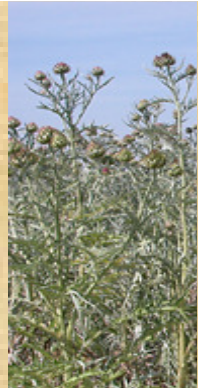
Ενεργειακές καλλιέργειες

Πολυετείς

- ✓ Καλάμι (*Arundo donax*)
- ✓ Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*)
- ✓ Μίσχανθος (*Miscanthus sinensis x giganteus*)
- ✓ Switchgrass (*Panicum virgatum*)
- ✓ Ευκάλυπτος (*Eucalyptus spp.*)
- ✓ Ψευδακακία (*Robinia pseudacacia*)

Ετήσιες

- ✓ Γλυκό και ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor*)
- ✓ Κενάφ (*Hibiscus cannabinus*)
- ✓ Ελαιοκράμβη (*B. carinata, B. napus*)



Ενεργειακές καλλιέργειες

Τελικές χρήσεις

- Παραδοσιακές

- σιτηρά,
- αραβόσιτος,
- ηλίανθος, κ.ά.

- Νέα είδη

- ελαιοκράμβη,
- Γλυκό σόργο,
- μίσχανθος,
- αγριαγκινάρα,
- καλάμι
- Ευκάλυπτος, κ.ά

- Βιοντήζελ

- Βιοαιθανόλη

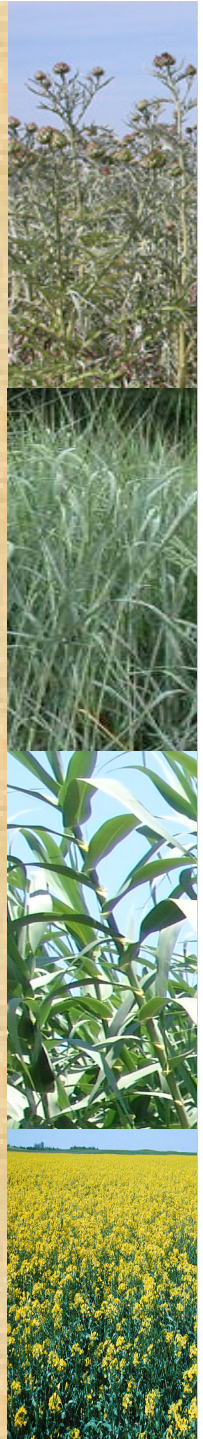
- Θερμική & ηλεκτρική ενέργεια



Πρακτικές μιας αειφορικής γεωργικής παραγωγής

Η στρατηγική της επιλογής των ενεργειακών φυτών πρέπει να λαμβάνει υπόψη μια σειρά παραμέτρων και τοπικών συνθηκών:

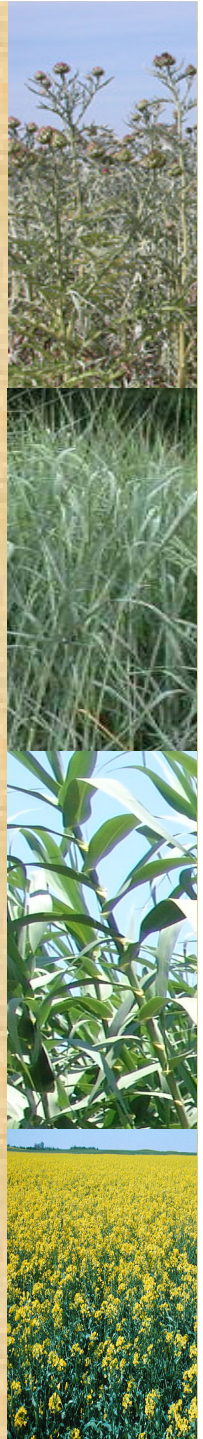
- τοπογραφία της περιοχής και κλίμα
- εδαφικά χαρακτηριστικά του αγροκτήματος,
- εχθρούς και ασθένειες,
- τοπική διαθεσιμότητα εισροών,
- στόχους κάθε αγρότη χωριστά και τις ανάγκες της τοπικής αγοράς όπου το τελικό προϊόν απευθύνεται



Πρακτικές μιας αειφορικής γεωργικής παραγωγής

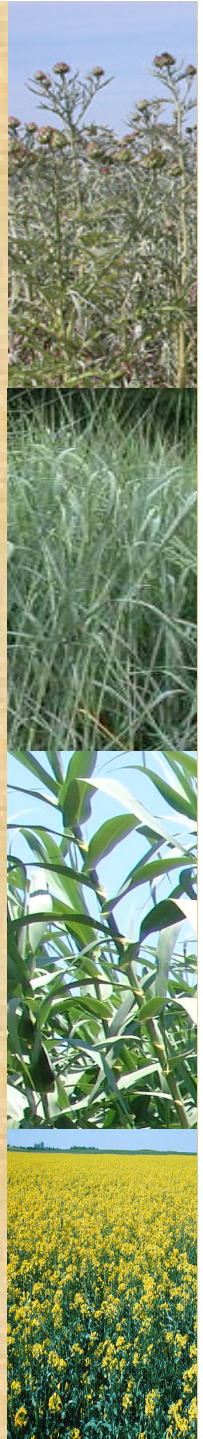
Οι πρακτικές μιας αειφορικής γεωργικής παραγωγής περιλαμβάνουν μια ποικιλία από διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως:

- επιλογή ειδών και ποικιλιών που είναι καλά προσαρμοσμένα στις τοπικές συνθήκες (κλίμα, έδαφος),
- αποτελεσματική χρήση των εισροών,
- διαχείριση του εδάφους για την βελτίωση και προστασία της ποιότητάς του
- καλλιεργητικές πρακτικές για την βελτίωση τόσο της παραγωγής όσο και του οικοσυστήματος.



Γιατί όχι μονοκαλλιέργεια;

- αποφεύγονται οι κίνδυνοι απώλειας της συγκομιδής.
- ενισχύεται η βιοποικιλότητα
- εξασφαλίζεται ορθολογικότερη χρήση του ανθρώπινου δυναμικού και των μηχανημάτων στη διάρκεια του έτους.
- Εξασφαλίζεται σταθερή παροχή πρώτης ύλης με σταθερά ποιοτικά χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου λειτουργίας της μονάδας παραγωγής ενέργειας
- μειώνεται ο οικονομικός κίνδυνος από μεγάλες διακυμάνσεις τιμών

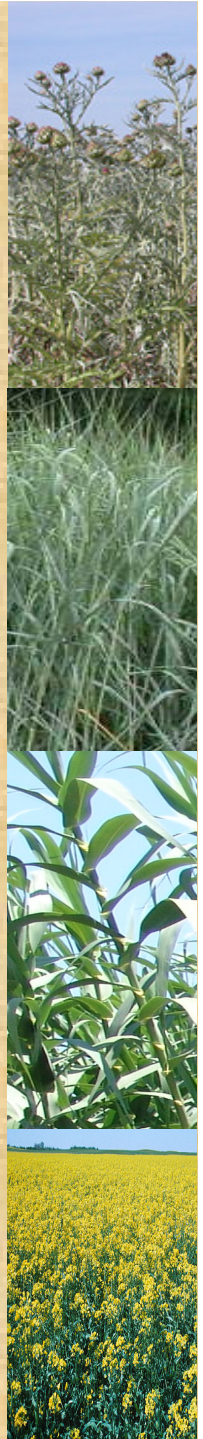


Κριτήρια επιλογής

- Ο πολυετής κύκλος ζωής τους
- Ο χρόνος συγκομιδής τους
- Το (εκτιμώμενο) κόστος παραγωγής τους
- Η δυνατότητα πολυτροφοδοσίας των μονάδων θερμικής επεξεργασίας της βιομάζας

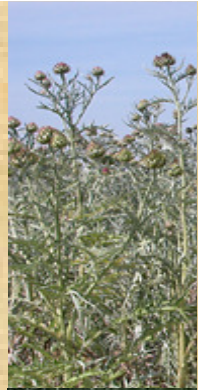
Όστε να επιτευχθεί:

- Διαθεσιμότητα βιομάζας στη διάρκεια του έτους, μέσω της καλλιέργειας φυτών, διαδοχικά συγκομιζόμενων, με σημαντικά οικονομικά οφέλη (μειωμένο κόστος αποθήκευσης, ορθολογικότερη χρήση μηχανημάτων, κ.α)
- Εξασφάλιση διαφόρων ειδών καυσίμου στη διάρκεια του χρόνου για να περιοριστεί η πιθανότητα ελλείψεων σε πρώτη ύλη, γεγονός που αποτελεί τον πλέον καθοριστικό παράγοντα για τη βιωσιμότητα μιας μονάδας ενεργειακής μετατροπής βιομάζας.



Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

Γεωργικά φυτά



Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.)



- ✓ **Σπορά:** Άνοιξη - Φθινόπωρο
- ✓ **Συγκομιδή:** Καλοκαίρι (Ιούλιος, Αύγουστος)

- Πολυετές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης.
- Πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών.
- Ως χειμερινό φυτό έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλεύεται τις βροχοπτώσεις και να δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση.
- Λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή κι άγονα εδάφη.

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)



✓ Σπορά: Άνοιξη

✓ Συγκομιδή: από Νοέμβριο ως Φεβρουάριο

- Πολυετές ριζωματώδες φυτό που ανήκει στα αγροστώδη (Gramineae).
- Αυτόχθονο στη Νότιο Αμερική
- Παραδοσιακά καλλιεργούμενο στις ΗΠΑ σε βοσκότοπους και λειμώνες τα τελευταία 50 χρόνια.
- Η καλλιέργεια του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία).
- Οι αρδευτικές ανάγκες του Switchgrass είναι χαμηλές αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού.

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)



View of the crop at the harvesting time (December - February)



View of the crop at the regrowth (early to middle of March)



Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*)



- ✓ **Φύτευση ριζωμάτων:** τέλη Φεβρουαρίου
- ✓ **Συγκομιδή:** από Δεκέμβριο ως Φεβρουάριο

- Πολυετές ριζωματώδες φυτό που ανήκει στα αγροστώδη (Gramineae).
- Προέρχεται από την Ανατολική Ασία, όπου απαντάται σε περιοχές με τροπικό, υποτροπικό έως εύκρατο κλίμα.
- Ο γονότυπος που χρησιμοποιείται εισάχθηκε από την Ιαπωνία το 1930.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία).
- Μπαίνει σε υψηλή παραγωγικότητα από τον τρίτο χρόνο καλλιέργειας.

Καλάμι (*Arundo donax* L.)



- ✓ **Φύτευση ριζωμάτων:** Νοέμβριος - Φεβρουάριος
- ✓ **Συγκομιδή:** Ιανουάριος - Φεβρουάριος

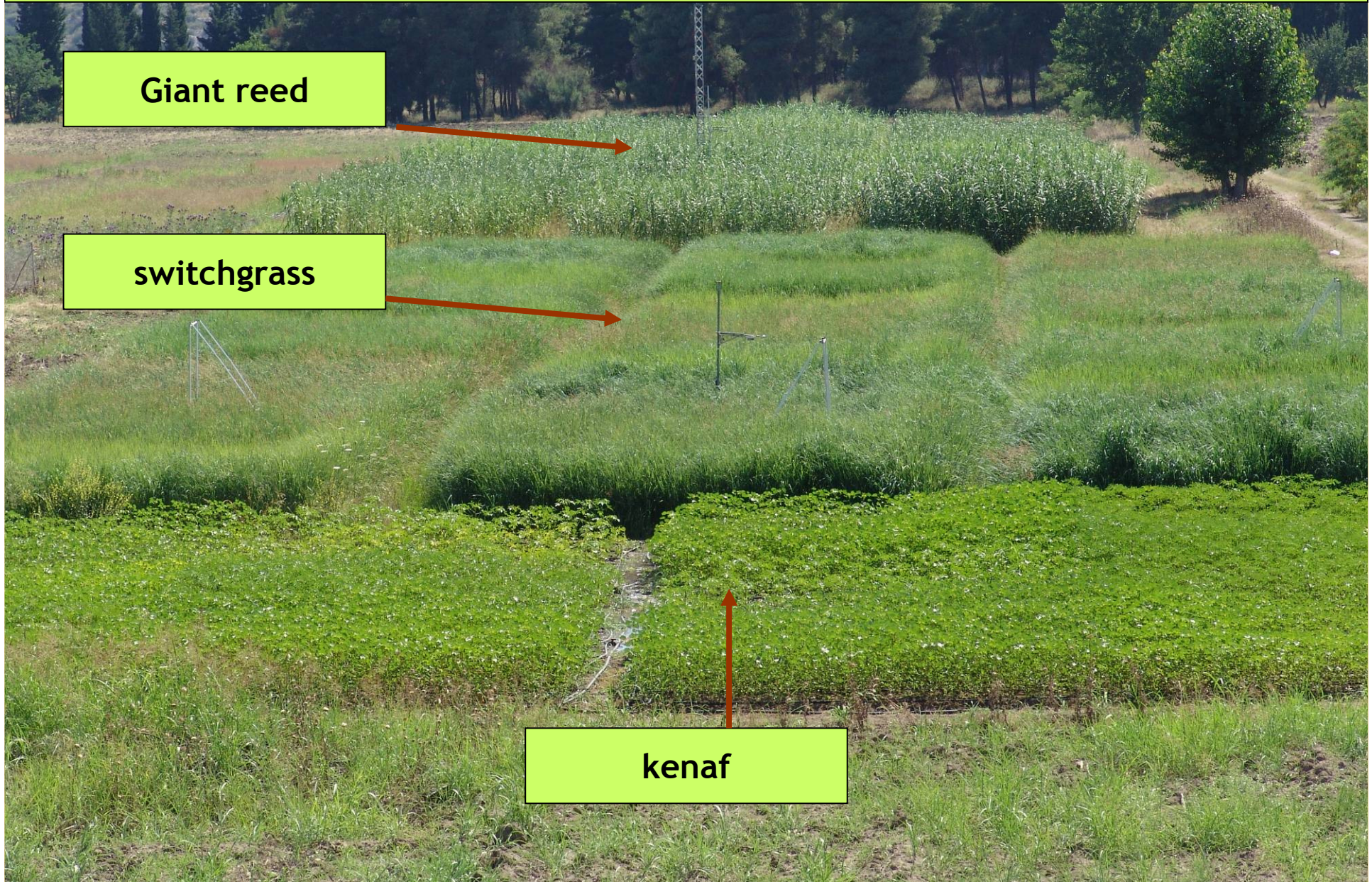
- Πολυετές ριζωματώδες φυτό που ανήκει στα αγροστώδη (Gramineae).
- Αυτόχθονο στις χώρες της Μεσογείου.
- Πιστεύεται ότι προέρχεται από την Ασία. Απαντάται στη Νότιο Ευρώπη, Νότιο Αφρική, Μέση Ανατολή, Αυστραλία, Βόρεια και Νότια Αμερική, σε μεγάλο εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτονία).

View of energy fields in Aliartos, Greece (CRES)

Giant reed

switchgrass

kenaf

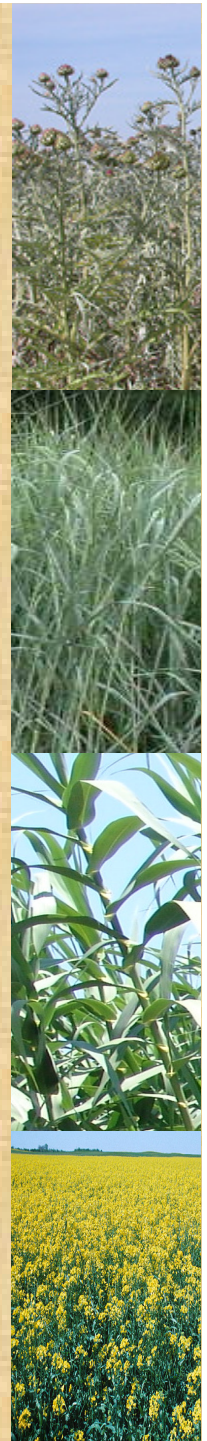


Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

Δασικά φυτά ‘μικρού περίτροπου χρόνου’

Συγκομίζονται ανά μικρά και τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε 2 ή 3 χρόνια) όταν καλλιεργούνται για παραγωγή ενέργειας, λόγω της ικανότητάς τους να αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς μετά τη συγκομιδή.

Τέτοια φυτά, που προωθούνται, στη μεν βόρεια Ευρώπη είναι η ιτιά κι η λεύκη, ενώ στη νότια Ευρώπη ο ευκάλυπτος κι η ψευδοακακία.



Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh & *E. globulus* Labill.)



- *E. globulus* Labill, καλλιεργούμενο είδος σε πολλές μεσογειακές χώρες για παραγωγή χαρτοπολτού. Είναι απαιτητικός σε άρδευση και ευαίσθητος στο ασβέστιο και γι αυτό το λόγο περιορίζεται το εύρος της καλλιέργειας του (σε περιοχές με υψηλά επίπεδα βροχόπτωσης και με όξινα εδάφη).
- *E. camaldulensis* Dehnh., που χρησιμοποιείται επίσης για παραγωγή χαρτοπολτού σε εμπορική κλίμακα στο Μαρόκο και σε μικρότερη έκταση στην Ισπανία και Πορτογαλία. Είναι το πιο διαδεδομένο είδος ευκαλύπτου στις περιοχές της νότιας Ευρώπης, λόγω ανθεκτικότητας στην ξηρασία και στις υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου, που χαρακτηρίζουν τα περισσότερα εδάφη της νότιας Ευρώπης.

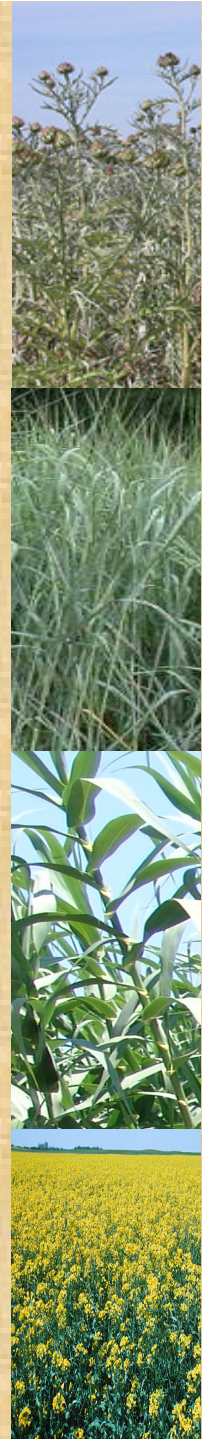
Ψευδακακία (Robinia pseudacacia)



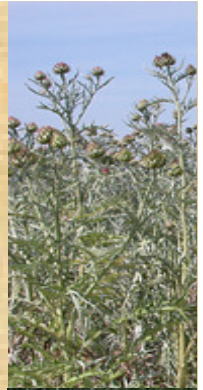
- Φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας κι εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή.
- Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία.
- Η ψευδακακία, εξ αιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.

Παραγωγικότητα ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα

Φυτικά είδη	Αποδόσεις (τόνοι ξ.ο/στρ/χρόνο)
Καλάμι	2-3
Αγριαγκινάρα	1-2
Μίσχανθος	1-3
Switchgrass	1,4-2,5
Ευκάλυπτος	<3,5
Ψευδακακία	0,6-1,7
Γλυκό/Ινώδες σόργο	1 - 4
Κενάφ	1,5
Ελαιοκράμβη	0,3-0,8



Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες



Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench)



- ✓ Σπορά: Μάιος
- ✓ Συγκομιδή: Οκτώβριος

- Ετήσιο αγροστώδες φυτό.
- Προέρχεται από την Ασία και απαντάται σε περιοχές με υποτροπικό έως εύκρατο κλίμα.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτονία).
- Έχει μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες.
- Τα τελευταία χρόνια μελετάται ευρύτατα, τόσο στην Ευρώπη, όσο και στις ΗΠΑ, για παραγωγή αλκοόλης από τα στελέχη του.

Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)



✓ **Σπορά:** Μάιος

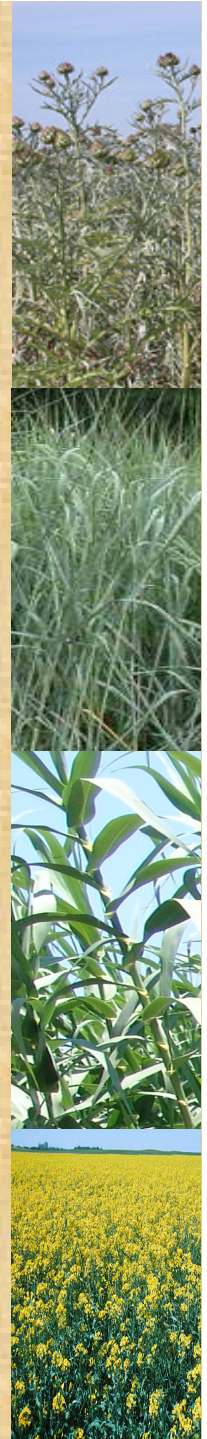
✓ **Συγκομιδή:** Οκτώβριος-Δεκέμβριος
(ανάλογα με την τελική χρήση)

- Ετήσιο αγροτώδες φυτό μικρής ημέρας.
- Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων. Μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών.
- Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας.
- Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτονία).

Παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά & αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και λάδι

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση (κιλά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρ.)
Βιοντήζελ	Ηλίανθος	120 - 300	40 - 70	43 - 75
	Ελαιοκράμβη	120 - 300	40 - 83	43 - 90
	Βαμβάκι	120 - 160	17 - 23	18 - 25
	Σόγια	160 - 240	27 - 41	29 - 44
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150 - 800	36 - 190	45 - 240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Τεύτλα	6.000	475	600
	Σόργο	7.000 - 10.000	553 - 790	675 - 900

Στάδια διαχείρισης της πρώτης ύλης



Στάδια διαχείρισης της πρώτης ύλης

Στον αγρό

Στη μονάδα μετατροπής

Συλλογή / Συγκομιδή	
Μορφή	Διαστάσεις
Σωρός	5m
Στοίβες	5m
Μπάλες	0.5 – 1.0m
Billets	0.1 – 0.5m
Ψιλοτεμαχισμένη	0.05m
Σκόνη	0.005m

Μεταφορά

Αποθήκευση
Μεταχείριση
Κονιορτοποίηση
Ταξινόμηση
Ξήρανση
Τροφοδοσία

Μεταφορά

Αποθήκευση
Μεταχείριση
Κονιορτοποίηση
Ξήρανση

Μεταφορά

Συλλογή καλαμιού και μίσχανθου



Μηχανήματα συγκομιδής



Πηγή: CLAAS company

Συγκομιδή switchgrass



Mowing



Raking-windrowing



Baler



Baling



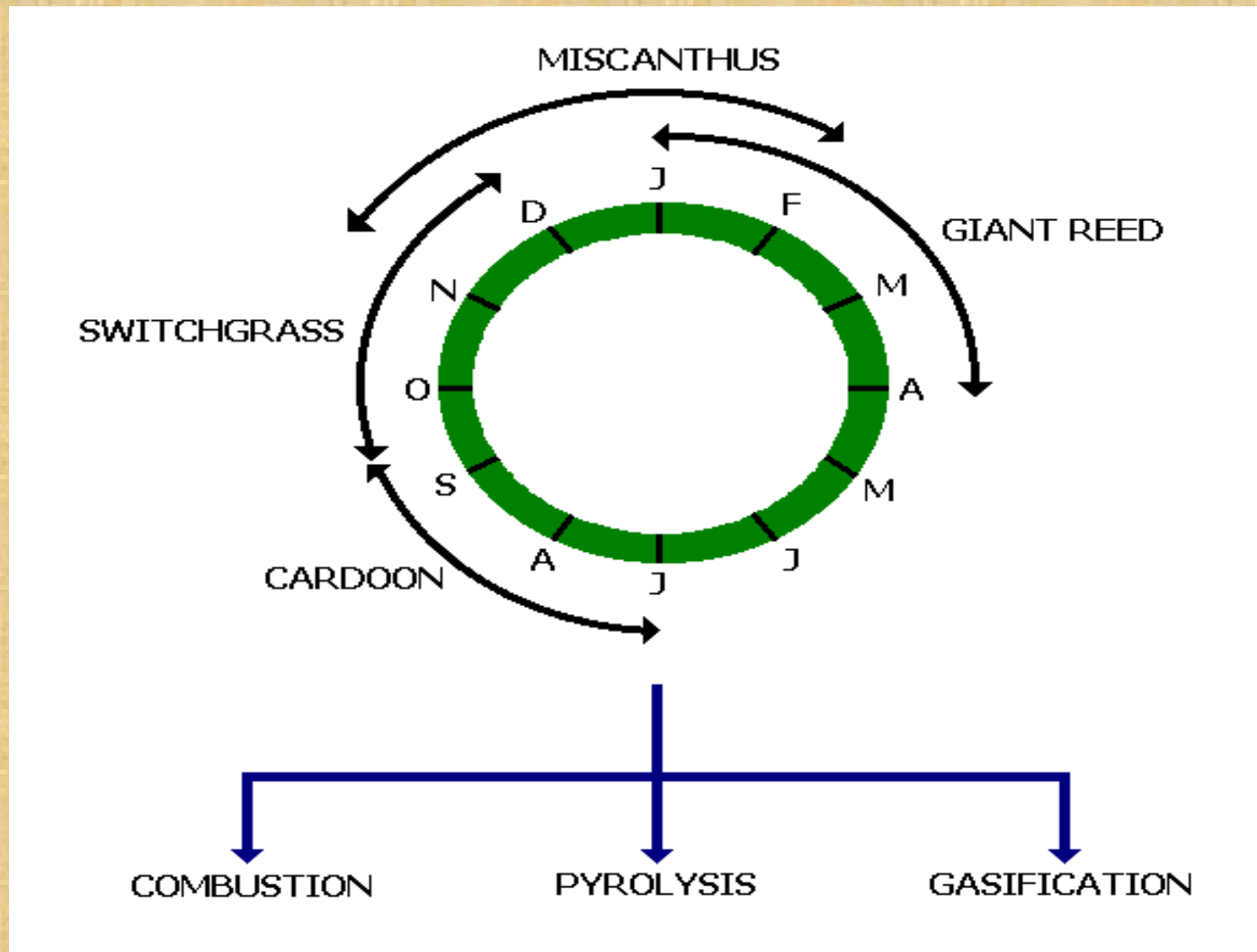
Συγκομιδή switchgrass



Συγκομιδή αγριαγκινάρας



Availability of biomass



Χαρακτηρισμός του καυσίμου

- Περιεκτικότητα σε υγρασία
- Θερμιδική αξία
- Περιεκτικότητα σε τέφρα
- Χημική σύσταση (C, H, N, S, Cl, Si, Ca, Mg, K, Na, P, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Cd, Hg)

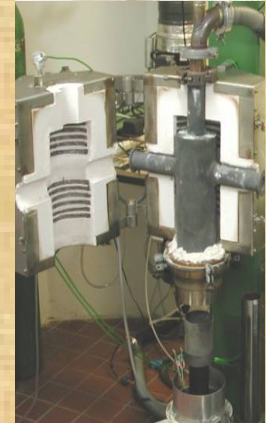
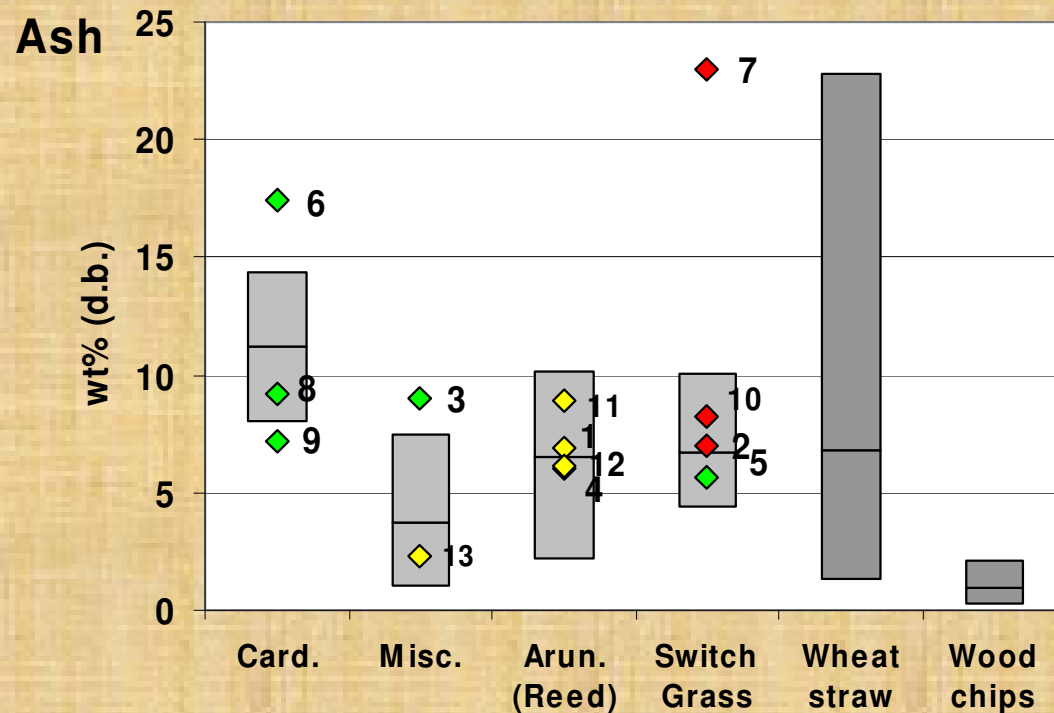
Αποτελέσματα

- Η περιεκτικότητα σε C, H, N, είναι παρόμοια για τα τέσσερα πολυετή φυτά
- Η υψηλή θερμιδική αξία (HHV) κυμαίνεται από ~17.5 έως 18.5 MJ/kg.

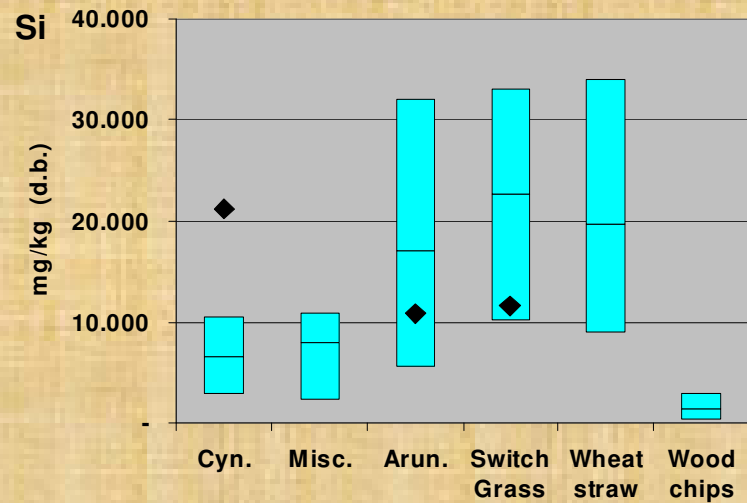
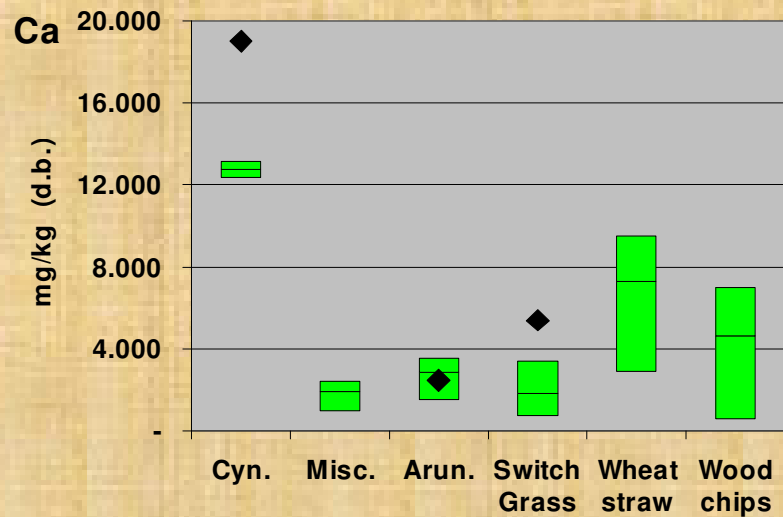
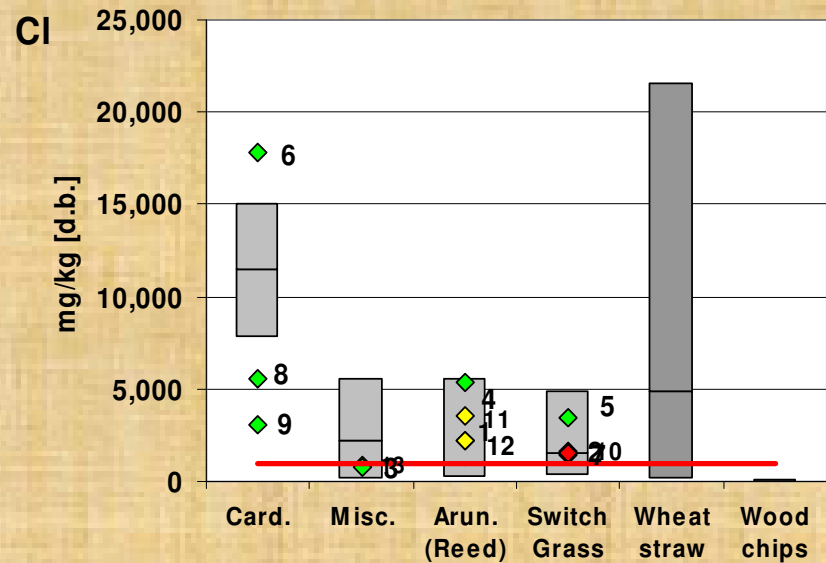
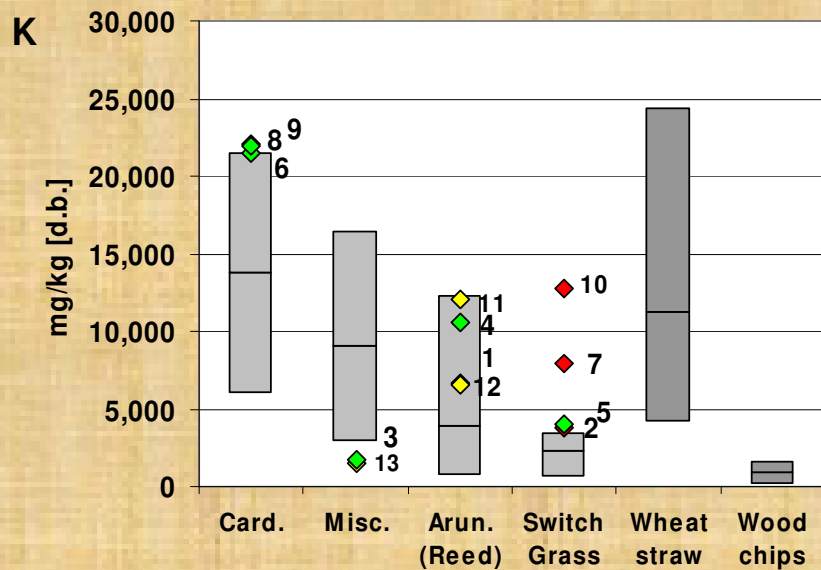


Περιεκτικότητα σε τέφρα

- Στα επίπεδα του άχυρου
- Σημαντικά υψηλότερη από το ξύλο
- Επηρεάζεται από τη μέθοδο συγκομιδής και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκειά της

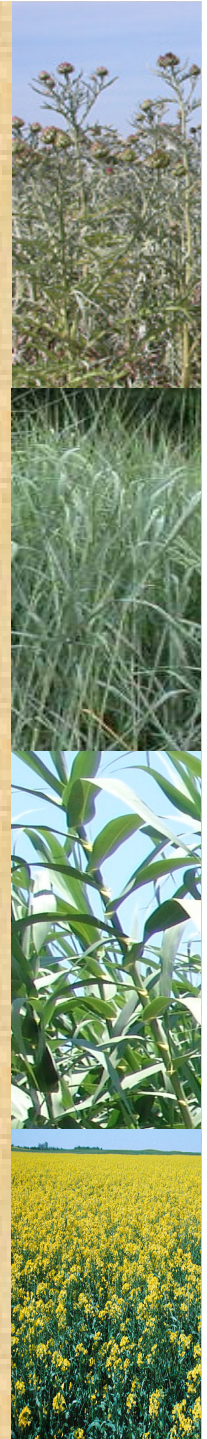


Περιεκτικότητα σε K, Cl, Ca, Si



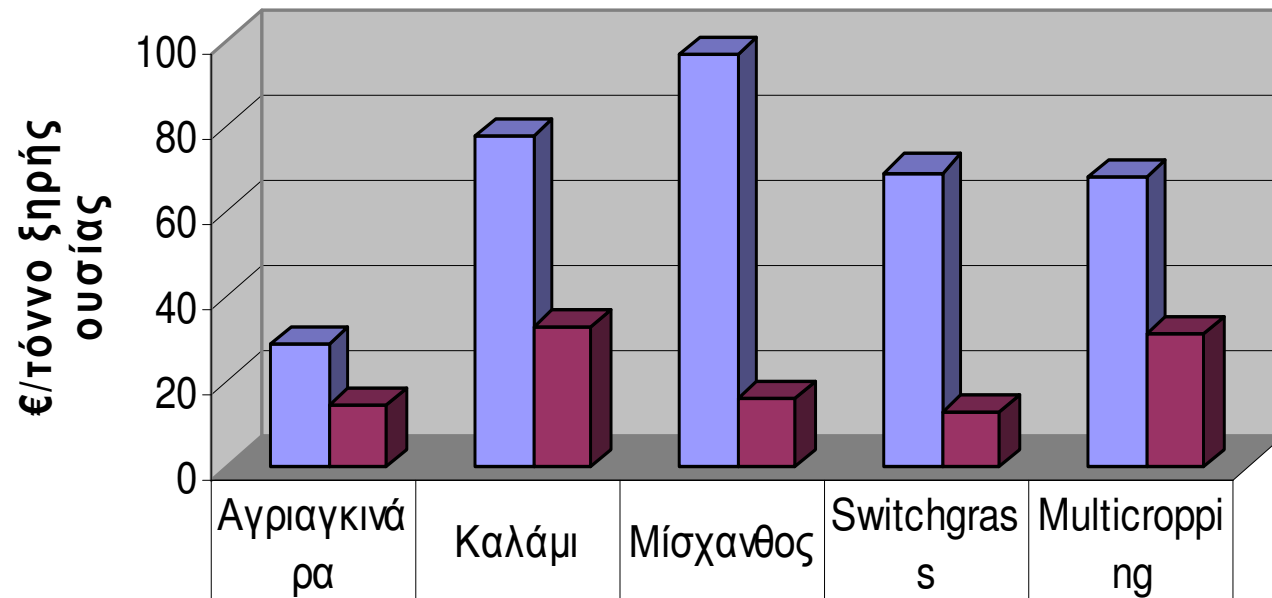
Στα επίπεδα του αχύρου και σημαντικά υψηλότερα του ξύλου

Οικονομικά στοιχεία



Οικονομικά στοιχεία

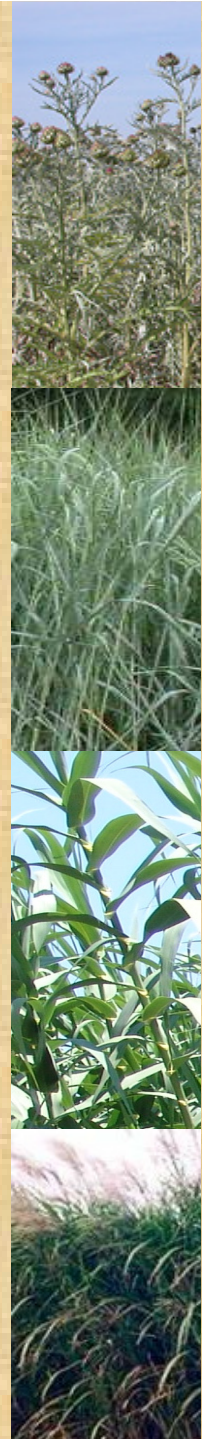
Κόστος παραγωγής και διαχείρισης βιομάζας



■ Παραγωγή βιομάζας	28,87	78,12	97,24	69,36	68,4
■ Logistics	14,41	32,88	15,5	12,46	30,78

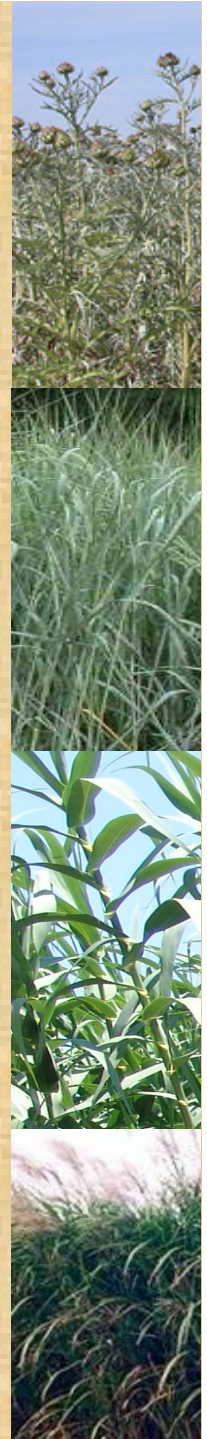
Περιβαλλοντικά οφέλη των πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών

- Οι πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να επιβαρύνουν τα φυσικά οικοσυστήματα, αν τα συστήματα παραγωγής τους σχεδιαστούν σωστά. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιολογικά φίλτρα για τον καθαρισμό λυμάτων.
- Η περιβαλλοντική συνεισφορά τους δεν εξαρτάται μόνο από το είδος των φυτών αλλά και από τη διαχείριση της καλλιέργειάς τους (χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, μηχανολογικού εξοπλισμού).



Βασικά χαρακτηριστικά τους

- Παρουσιάζουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού. Ειδικότερα, η αγριαγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά, όπως το σιτάρι και το κριθάρι. Το καλάμι και ο μίσχανθος μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά χωρίς άρδευση, αν και όταν αρδεύονται η παραγωγή τους σε βιομάζα είναι υψηλότερη.
- Απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λιπάνσεων, σε σχέση με τα ετήσια φυτά
- Απαιτούν χαμηλότερες εισροές φυτοφαρμάκων.
- Έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης εδαφών χαμηλής γονιμότητας,
- Παρέχουν προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους, χάρις στο πλούσιο υπέργειο τμήμα και το εκτεταμένο ριζικό τους σύστημα



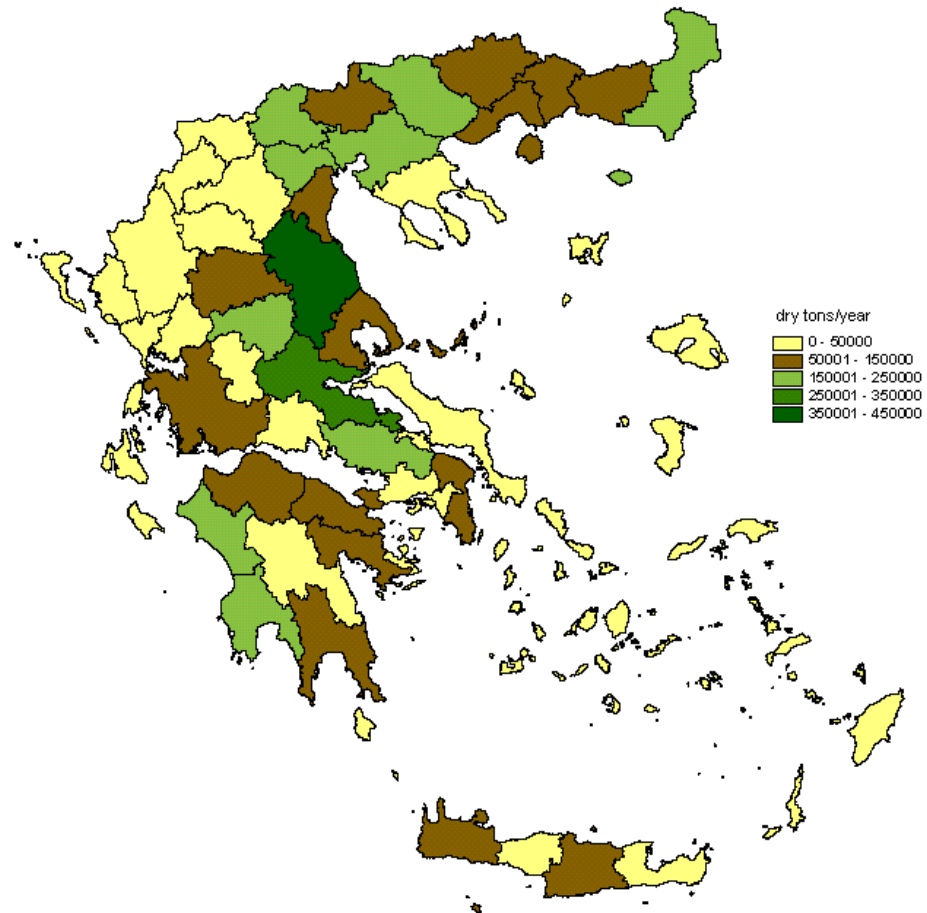
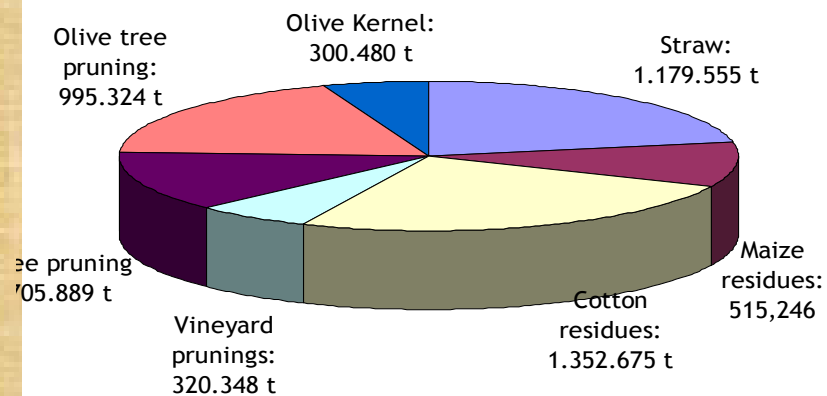
Γεωργικά υπολείμματα

✓Θεωρητικό δυναμικό
βιομάζας: ~8.7 ΜΤ
ξ.ο./year

✓Θεωρητικά διαθέσιμο
δυναμικό βιομάζας: ~5.5
ΜΤ dm/year

✓Ενεργειακό δυναμικό:
~99 PJ/year (~ 27.7 TWh)

Greece 2003 - Dry Biomass



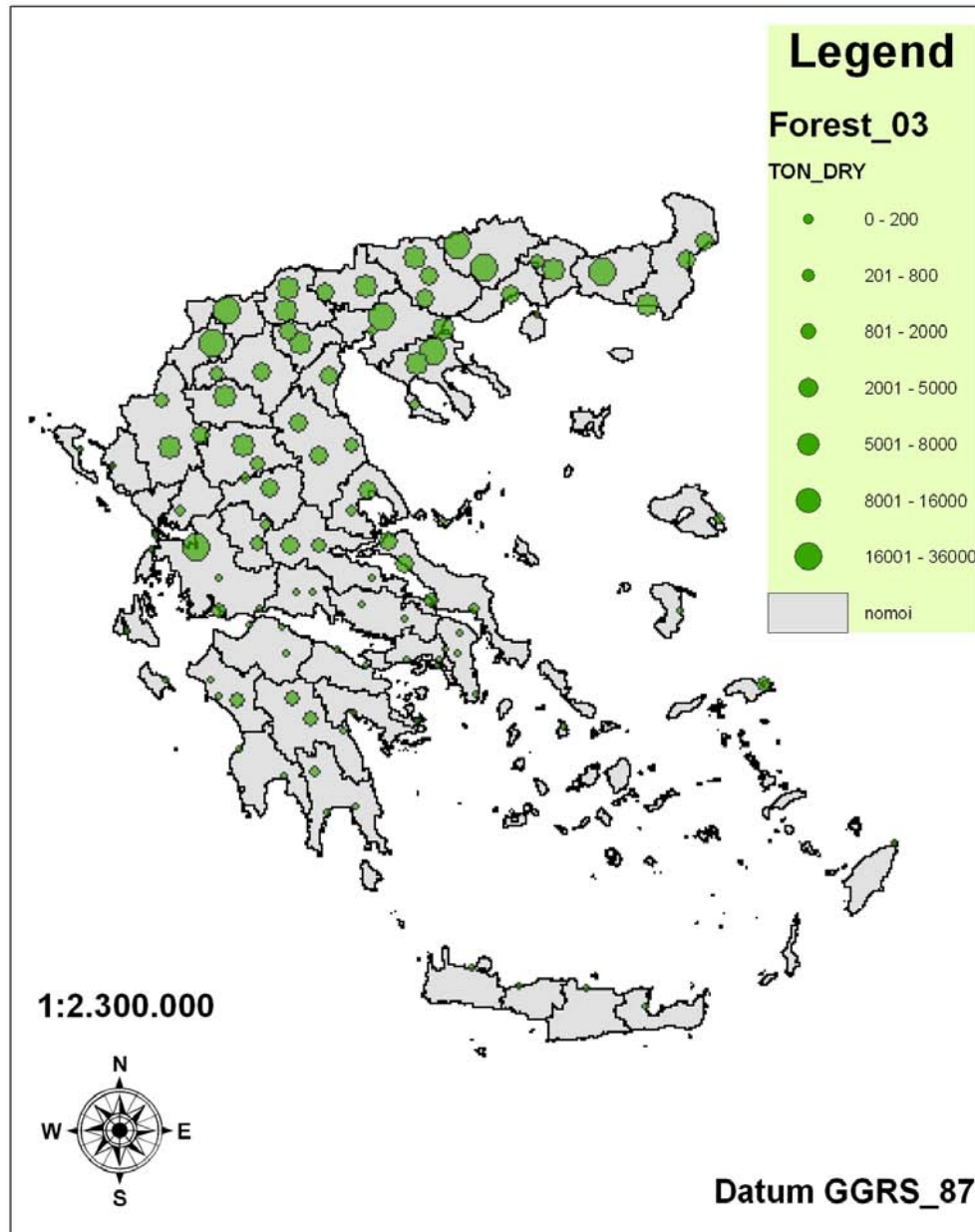
Υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών

- ✓ Ορυζόμυλοι: *Φλοιός ρυζιού*
- ✓ Εκκοκκιστήρια βαμβακιού: *Φύλλα, άχρηστες ίνες*
- Βιομηχανίες μεταποίησης φρούτων: *Πυρήνες*
- Σπαστήρια αμυγδάλων: *Κέλυφος αμυγδάλων*
- Πυρηνελαιουργεία: *Πυρηνόξυλο*
- Ελαιουργεία: *Ελαιοπυρήνας*
- ✓ Θεωρητικό δυναμικό: *~0.7 εκ τόνοι ξηρής ουσίας/χρόνο*
- ✓ Ενεργειακό δυναμικό: *~6 PJ/χρόνο*

Υπολείμματα γεωργικών βιομηχανιών

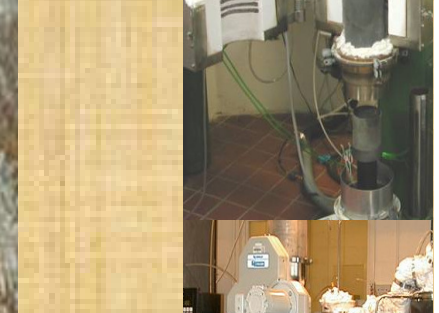
- ✓ Αρκετά εκκοκκιστήρια χρησιμοποιούν τα υπολείμματά τους για κάλυψη των θερμικών τους αναγκών (~ 0.4 PJ/έτος)
- ✓ Οι περισσότερες ποσότητες πυρηνόξυλου χρησιμοποιούνται σε τοπικές εφαρμογές (~ 3 PJ/έτος)
- ✓ Οι πυρήνες των φρούτων και τα κελύφη των αμυγδάλων χρησιμοποιούνται για θέρμανση κατοικιών (~ 0.01 PJ/έτος)
- ✓ Οι φλοιοί του ρυζιού χρησιμοποιούνται στους οριζόμυλους για παραγωγή θερμότητας (0.09 PJ/έτος) και ηλεκτρισμού σε ένα εργοστάσιο (0.44 MWe)

FUELWOOD PRODUCTION YEAR 2003 (Dry tones)



Δυναμικό παραγωγής καυσοξύλων

- ✓ Θεωρητικό δυναμικό :
~410,000 τόνοι ξ.ο/χρόνο
- ✓ Ενεργειακό περιεχόμενο:
~7.7 PJ/χρόνο (~ 2.1 TWh)



Για πληροφορίες:

ΚΑΠΕ / Τμήμα Βιομάζας

19ο χλμ. Λεωφόρου Μαραθώνα, Πικέρμι

Τηλ: 210 6603300

Fax: 210 6603301

E-mail: ealex@cres.gr



Χρήσιμες ιστοσελίδες έργων που έχουν συντονιστεί ή συντονίζονται από το ΚΑΠΕ

- www.cres.gr/biokenaf
- www.cres.gr/bioenergy_chains
- www.4fcrops.eu
- www.crops2industry.eu
- www.cres.gr/biodiesel_chains

