

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η θερμική επεξεργασία εξυπηρετεί:

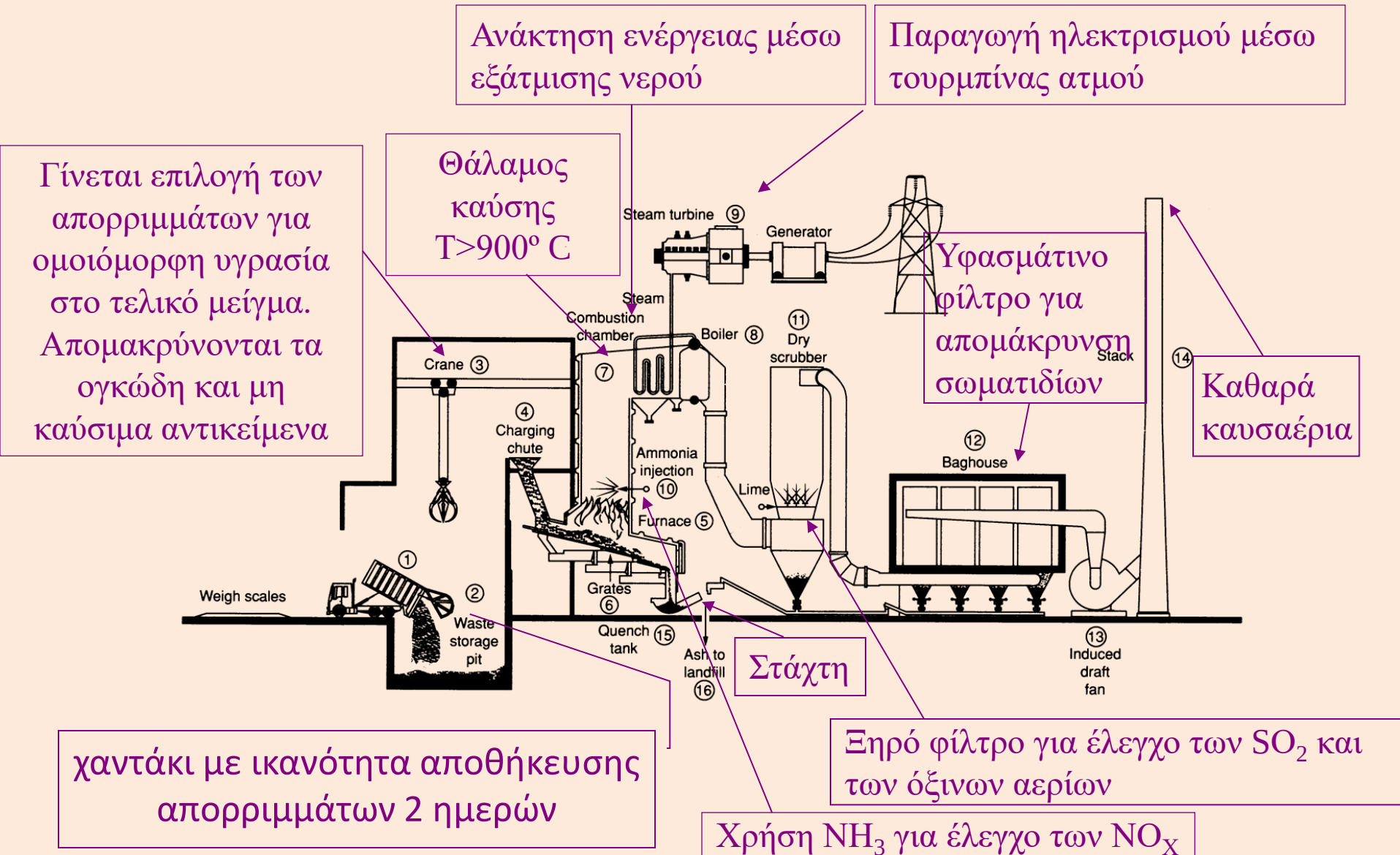
- Υγιεινή: έτσι ξεκίνησε πριν από 130 χρόνια
- Παραγωγή ενέργειας
- Μείωση του CO₂

Διεργασίες θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ

- **Καύση (incineration):** θερμική οξείδωση παρουσία περίσσειας οξυγόνου
- **Πυρόλυση (pyrolysis):** θερμική επεξεργασία των αστικών στερεών απορριμμάτων σε απουσία αέρα
- **Αεριοποίηση (gasification):** συναφής διεργασία με την πυρόλυση, όπου πραγματοποιείται προσθήκη αερίων (οξυγόνο, ατμός ή υδρογόνο) με σκοπό την ενίσχυση του σχηματισμού αερίων προϊόντων και/ ή την απελευθέρωση θερμότητας μέσα στον αντιδραστήρα.

- Σημαντικοί παράγοντες για την καύση: η σύσταση των αστικών στερεών απορριμμάτων και ιδιαίτερα η θερμογόνο δύναμή τους.
- Κυριότερη πηγή θερμογόνου δύναμης: τα πλαστικά και η κυτταρίνη (π.χ. στο χαρτί).
- Συνήθης τιμή θερμογόνου δύναμης (άμεση συνάρτηση της υγρασίας των απορριμμάτων): $\sim 2.500 \text{ Kcal/ Kg}$ απορριμμάτων.
- Στην Ελλάδα, τυπική τιμή θερμογόνου δύναμης (λόγω αυξημένης υγρασίας των απορριμμάτων) : $\sim 1.750 \text{ Kcal/ Kg}$

Τυπική μονάδα καύσης



Ενδεικτικό Μέσο Ενεργειακό Περιεχόμενο και Υπόλειμμα Διαφόρων Συστατικών

Συστατικό	Υπόλειμμα (%)	Ενεργ.περιεχόμενο kJ/kg
Υπολείμματα τροφών	5	4.650
Χαρτί	6	17.000
Χαρτόνι	5	16.000
πλαστικά	10	32.000
υφάσματα	6,5	18.000
ελαστικά	9,9	23.000
Υπολ. αυλών	4,5	23.000
ξύλο	1,5	6.500
γυαλί	98	150
λευκοσίδηρος	98	750
αργίλιο	96	-
Άλλα μέταλλα	98	750
Σκόνη, στάχτη	68	7.000

Παράδειγμα: Υπολογισμός εν.περιεχομένου και μείωσης όγκου

Συντελεστής υπολείμματα τροφών	Ποσοστό	πυκνότητα (kg/m3)	% αδρανούς υπολείμματος	ποσότητα υπολείμματος (kg)	Ενεργειακό περοεχόμενο KJ/kg	συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο kJ
χαρτί	9	291	5	0,45	4652	41868
χαρτόνι	34	89	6	2,04	16747,2	569404,8
πλαστικά	6	50	5	0,3	16282	97692
υφάσματα	7	65	10	0,7	32564	227948
λάστιχο	2	65	6,5	0,13	17445	34890
δέρμα	0,5	131	9,9	0,0495	23260	11630
υπολείμματα αυλών	0,5	160	8	0,04	17445	8722,5
ξύλο	18,5	101	4,5	0,8325	6512,8	120486,8
λοιπά οργανικά	2	237	1,5	0,03	18608	37216
γυαλί	0	0	0	0	0	0
λευκοσίδηρος	8	196	98	7,84	139,56	1116,48
αλουμίνιο	6	89	98	5,88	697,8	4186,8
άλλα μέταλλα	0,5	160	96	0,48	0	0
λοιπά ανόργανα	3	320	98	2,94	697,8	2093,4
	3	481	68	2,04	6978	20934
ΣΥΝΟΛΟ	100			23,752		1178188,78

μέσο εν.περιεχόμενο
kJ/kg

11782

% μείωση

μέση πυκνότητα
kg/m3

136

αρχικός όγκος
100 kg

0,7352183

m3

94,6

μέση πυκνότητα
υπολ. kg/m3

600

τελικός όγκος
υπολείμματος

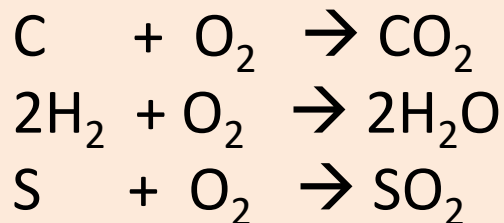
0,0395867

m3

Τα κύρια στοιχεία των στερεών απορριμμάτων είναι **C, O, N** και **S**.

Υπό ιδανικές συνθήκες τα καυσαέρια θα περιέχουν κυρίως CO_2 , H_2O , N_2 και μικρές ποσότητες SO_2 .

Οι κύριες αντιδράσεις κατά την καύση είναι οι εξής:



Θεωρούμε ότι ο ξηρός αέρας περιέχει 23,15% οξυγόνο κατά βάρος, οπότε **1 kg C** απαιτεί **11,52 kg** αέρα.

Τα αντίστοιχα ποσά για το H_2 και το S είναι **34,56** και **4,31** αντίστοιχα.

Σύσταση του Υπολείμματος (%κατά βάρος)

Συντελεστής	Φάσμα	Τυπικά
Μερικώς καμμένα ή μη καύσιμα υλικά	3 - 10	5
Κονσέρβες	10 - 25	18
Αλλα Fe	6 - 15	10
Αλλα μέταλλα	1 - 4	2
Γυαλί	30 - 50	35
Κεραμικά, πέτρες, τούβλα	2 - 8	5
Στάχτη	10 - 35	25
		100

Γενικά η στοιχειομετρική απαίτηση οξυγόνου για
απορρίμμα με σύσταση $\text{CH}_a\text{O}_b\text{S}_c$ είναι:

$1+a/4+c-b/2$ moles O_2 / “mole” απορρίμματος ή

$(1+a/4+c-b/2)*32/(12+a+16b+32,1c)$ kg οξυγόνου/kg
απορρίμματος.

Προκειμένου να αποφύγουμε ημιτελή καύση συνήθως λειτουργούμε με περίσσεια αέρα μέχρι και 100%.

Όσο υψηλότερη η περίσσεια αέρα ωστόσο, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που θα αναλωθεί για θέρμανση των αερίων με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουμε χαμηλότερη θερμοκρασία καύσης.

Άσκηση

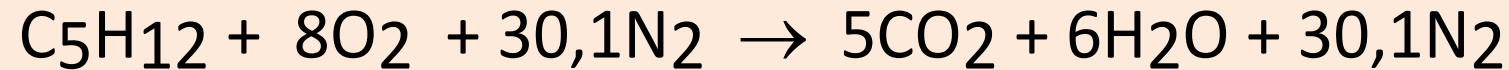
Προσδιορίστε το ποσό (kg και m^3) του αέρα που απαιτείται για πλήρη καύση **ενός τόνου οργανικών στερεών** απορριμμάτων.

Θεωρείστε ότι η σύσταση του οργανικού απορρίμματος που θα καεί είναι C_5H_{12} , και το ειδικό βάρος του αέρα είναι $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Λύση

Έχουμε $\text{C}_5\text{H}_{12} + 8\text{O}_2 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Άρα αν έχουμε αέρα



Άρα η **απαίτηση σε O₂** είναι $256/72 \times 1000 \text{ kg/ton}$
 $= 3556 \text{ kg/ton}$

και ο **απαιτούμενος αέρας** είναι:

$$3556 \text{ kg/ton} / 0,2315 = 15361 \text{ kg/ton} = 15361/1,2 = 12801 \text{ m}^3/\text{ton}$$

Η **θερμοκρασία** των καυσαερίων (της καύσης) προκύπτει από ένα **ισοζύγιο θερμότητας**.

Υπολογίζεται η θερμότητα που απελευθερώνεται κατά την καύση και αφού αφαιρεθούν απώλειες υπολογίζεται η θερμοκρασία των καυσαερίων με δεδομένη τη σύσταση τους, μια και χρειάζεται ενέργεια για να ανυψώσει τη θερμοκρασία των καυσαερίων.

Διαχειριστικά θέματα

- Επιλογή της τοποθεσίας
- Αέριες εκπομπές
- Διάθεση των υπολειμμάτων
- Υγρές εκροές
- Οικονομικό κόστος

Καύσιμο από Απορρίμματα (Refuse Derived Fuel) (RDF)

Με τον όρο RDF υποδηλώνεται το στερεό απόβλητο το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο σε λέβητες για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το RDF είναι τα ακόλουθα:

- α) Αρκετά σταθερή ποιότητα καυσίμου.
- β) Καλή θερμική απόδοση.
- γ) Μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

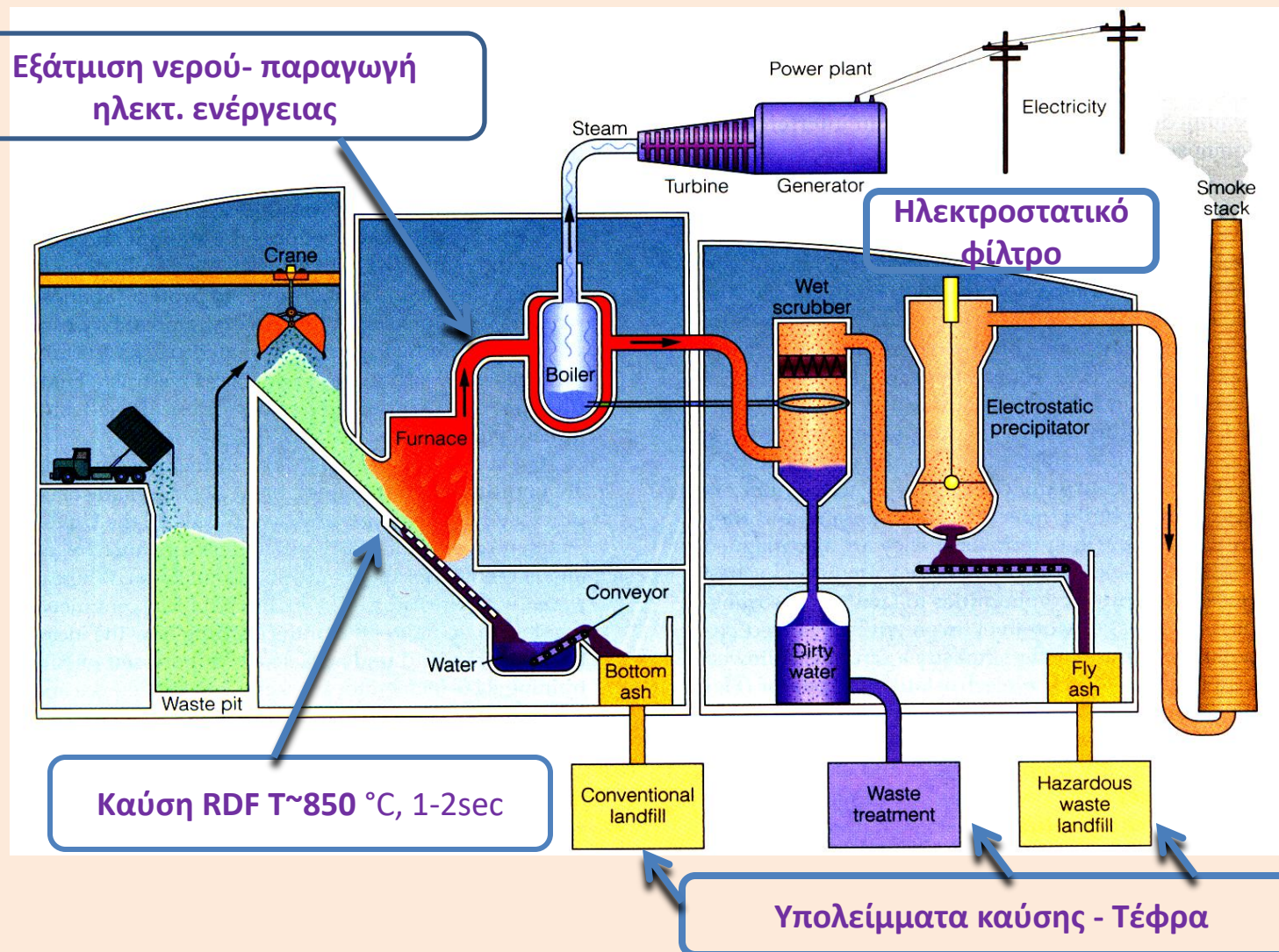


Παράγονται δύο είδη καύσιμης ύλης από απορρίμματα:

- αλεσμένη μορφή (έχει υποστεί ελαφρά προεπεξεργασία όπου απαλλάσσεται από τυχόν μέταλλα και γυαλιά)
- ποιοτικά αναβαθμισμένη μορφή υπό μορφή σφαιριδίων (αποτελείται αποκλειστικά από χαρτί και πλαστικό)

ΚΑΥΣΗ (RDF)

- Σε ειδικά εργοστάσια καύσης αστικών απορριμμάτων MSW (Municipal Solid Waste)
- Συναποτέφρωση σε εργοστάσια τσιμέντου



Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην ευρεία εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η **αγορά του RDF**.

Η αγορά του RDF αποτελείται από:

- θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- βιομηχανίες τσιμέντου και χαρτιού και
- μεταλλουργίες.

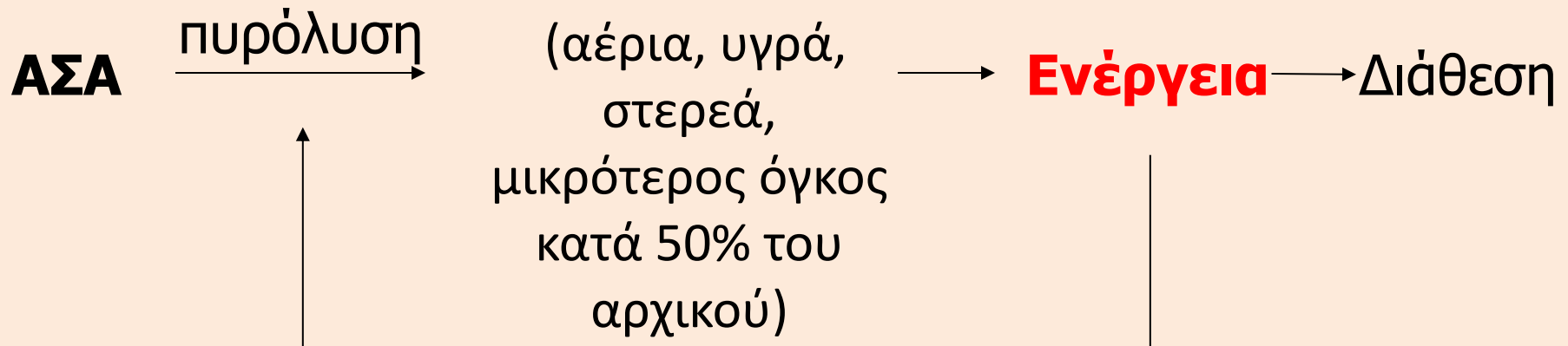
Σύγκριση του RDF με άνθρακα με βάση 18.000 MJ ωφέλιμης παραγόμενης θερμικής ενέργειας

Χαρακτηριστικό	RDF	Άνθρακας
Καύσιμο που καταναλώθηκε (Kg)	1.266	781
Καύσιμο που καταναλώθηκε (m ³)	2,11	1,03
Τέφρα (Kg)	161	50
Πτητικά (Kg)	905	240
Ανθρακας που κάηκε (Kg)	101	230
Απαιτούμενος στοιχ. αέρας (Kg)	6.949	8.600
Διοξείδιο του θείου (Kg)	4,1	21
Υδροχλώριο (Kg)	10,4	2,2

Πυρόλυση

Πυρόλυση είναι η θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων και ειδικότερα η καταστρεπτική αποστακτική διαδικασία που διενεργείται απουσία οξυγόνου και σε θερμοκρασίες 250 - 1.000°C ανάλογα με τα επιθυμητά προϊόντα

Προϊόντα



Ιστορικό

- Παλιά χρησιμοποιόταν για παραγωγή αερίου πόλης από άνθρακα
- Στη Γερμανία στα 70 κατασκευάστηκε κοντά στο Μόναχο εργοστάσιο δύο σταδίων 40.000 τόνων ετησίως
- Πλέον μόνο πιλοτικές εγκαταστάσεις

Προϊόντα πυρόλυσης

- **Αέριο ρεύμα:** H_2 , CH_4 , CO , CO_2 και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ.
- **Υγρό ρεύμα:** πίσσα ή λάδι το οποίο περιέχει οξικό οξύ, ακετόνη, μεθανόλη και περίπλοκους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο του συμβατικού λαδιού Νο 6 με περαιτέρω επεξεργασία.
- **Στερεό υπόλειμμα (char):** σχεδόν καθαρός άνθρακας όλα τα αδρανή υλικά που περιείχαν αρχικά τα ΑΣΑ.

Ισοζύγια μάζας για την πυρόλυση

<i>Θερμοκρασία (°C)</i>	<i>Μάζα ΑΣΑ (tn)</i>	<i>Αέρια (tn)</i>	<i>Πίσσα & πυρολυτικά έλαια (tn)</i>	<i>Char (tn)</i>
481,7	1.000	123,30	610,80	247,10
648,2	1.000	186,40	591,80	218,00
814,7	1.000	236,90	596,70	172,40
925,7	1.000	243,60	587,00	176,70

Σύσταση αερίων πυρόλυσης σαν συνάρτηση της θερμοκρασίας

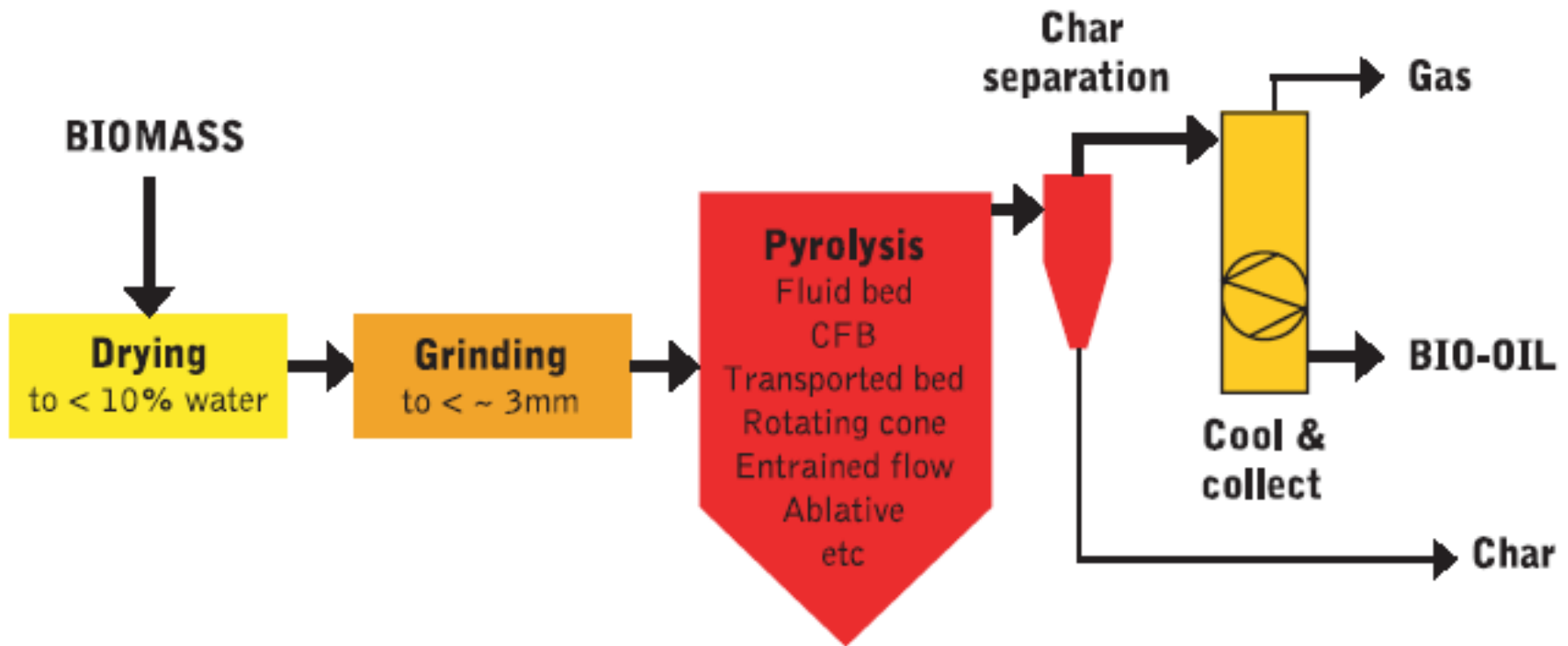
Αέριο	Ποσοστό κατ' όγκο			
	481,7° C	648,2° C	814,7° C	925,7° C
H ₂	5,56	16,58	28,55	32,48
CH ₄	12,43	15,91	13,73	10,45
CO	33,50	30,49	34,12	35,25
CO ₂	44,77	31,78	20,59	18,31
C ₂ H ₄	0,45	2,18	2,24	2,43
C ₂ H ₆	3,03	3,06	0,77	1,07

Τεχνολογίες – Προϊόντα - Χρήσεις

Είδος	Συνθήκες	Προϊόν υγρό/ αέριο/ στερεό wt%
Ταχεία Πυρόλυση	Θερμοκρασία αντίδρασης ~ <u>500 °C</u> και μικρός χρόνος παραμονής αερίου ~ 1 s	75 12 13
Μεσαία Πυρόλυση	Θερμοκρασία αντίδρασης ~ <u>500 °C</u> και χρόνος παραμονής αερίου ~ 10 – 20 s	50 20 30
Αργή Πυρόλυση	Θερμοκρασία αντίδρασης ~ <u>400 °C</u> και μεγάλος χρόνος παραμονής αερίου	30 35 35

Ταχεία πυρόλυση

Τυπικό Διάγραμμα Ροής

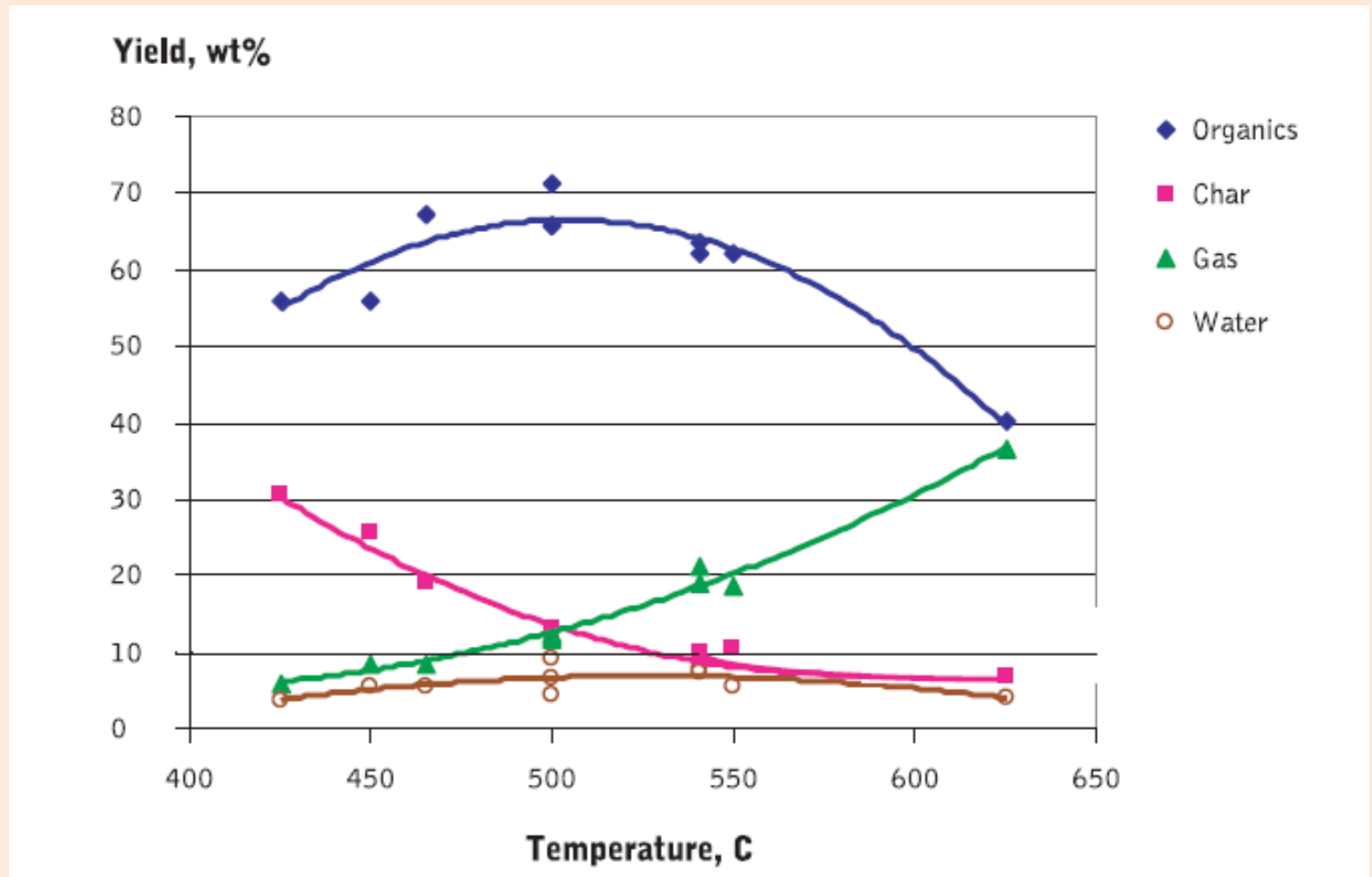


Ταχεία (Flash) Πυρόλυση- παραγωγή βιο-ελαίου

- Πολύ υψηλοί ρυθμοί θέρμανσης και μεταφοράς θερμότητας
- Μικρός χρόνος παραμονής αερίου
- Λεπτόκοκκη τροφοδοσία (~2 mm), με 10% υγρασία
- Προσεκτική ρύθμιση θερμοκρασίας αντίδρασης 500 °C και θερμοκρασίας αερίου 400 – 450 °C
- Ταχεία ψύξη αερίου στην έξοδο => μέγιστη ανάκτηση βιο-ελαίου.
- Απόδοση 75% σε βιο-έλαιο και χρήση κωκ και αερίου για κάλυψη θερμικών αναγκών μονάδας => πλήρης χρήση πρώτης ύλης

Ταχεία Πυρόλυση

Παραγωγή προϊόντων σε συνάρτηση με την θερμοκρασία



Ιδιότητες βιο-ελαίου

- Σκουρόχρωμο υγρό, με έντονη μυρωδιά
- Μικρή διαλυτότητα στο νερό, καλή σε οργανικούς διαλύτες αλλά καθόλου σε παράγωγα πετρελαίου (βενζίνη, ντίζελ).
- Χημικά ασταθές. Μετατρέπεται σε στερεό και αέριο σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. κατά την διύλισή του) αλλά και σε θερμοκρασία δωματίου.
- Με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται το ιξώδες, μειώνεται η πτητικότητά του, παρατηρούνται κατακαθίσεις και συσσωματώματα.

Τυπικά χαρακτηριστικά βιο-ελαίου

Physical property		Typical value
Moisture content		25%
pH		2.5
Specific gravity		1.20
Elemental analysis	C	56%
	H	6.5%
	O	37.5%
	N	0.1%
	Ash	0%
HHV* as produced		17 MJ/kg
Viscosity (40°C and 25% water)		50cp
Solids (char)		0.1%
Vacuum distillation residue		up to 50%
<i>*HHV: Higher Heating Value</i>		

Χρήσεις Βιο-ελαίου

Χημικά προϊόντα

- Οξικό οξύ
- Υδρογόνο
- Συντηρητικά
- Κόλλες
- Ρητίνες
- Αρωματικές ουσίες
- Λιπάσματα αργής δράσης

Ενέργεια

- Καυστήρες
- Μηχανές εσωτερικής καύσης

Αναμόρφωση

- Αέρια καύσιμα
- Υγρά καύσιμα και για οχήματα

Αέριο και Στερεό Προϊόν

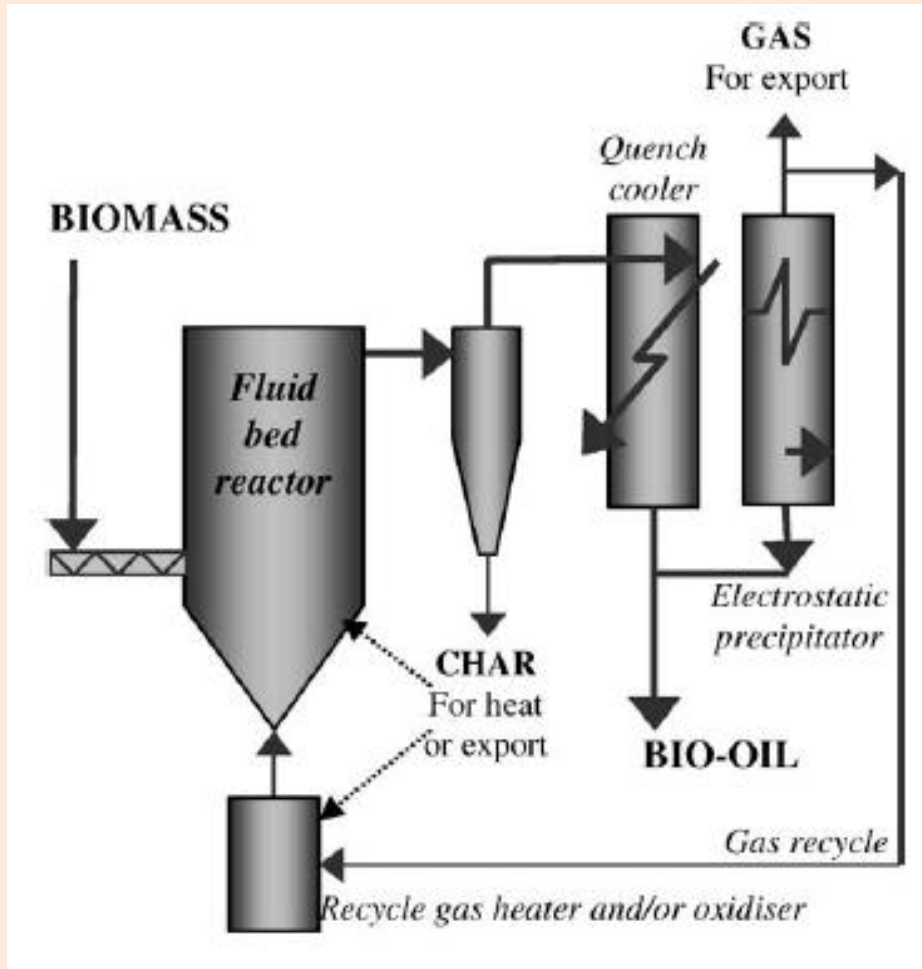
Αέριο

- Κ.Θ.Δ.= 5-15 MJ/Nm³
- Είναι κορεσμένο σε πτητικά και απαιτείται τριτογενής καθαρισμός ή απευθείας καύση
- Περιέχει ολεφίνες και αιθυλένιο σε πολύ μικρές ποσότητες
- Κύρια χρήση: η κάλυψη ενεργειακών αναγκών

Στερεό

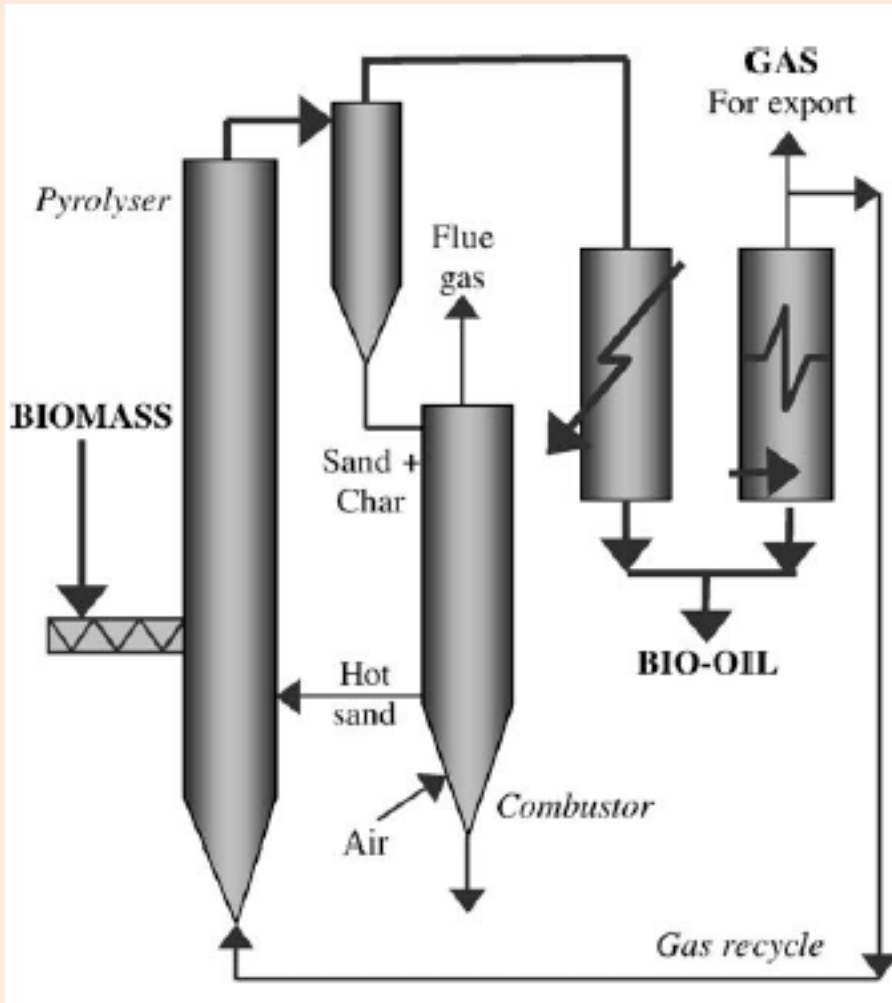
- Αποτελείται από κωκ και ανόργανη ύλη από την τροφοδοσία
- Χρησιμοποιείται για την κάλυψη θερμικών αναγκών της εγκατάστασης.

Αντιδραστήρες Πυρόλυσης Bubbling Fluidized Bed



- Εύκολη κατασκευή & εφαρμοσμένη τεχνολογία
- Καλός έλεγχος θερμοκρασίας
- Πολύ καλή μεταφορά θερμότητας
- Εύκολη κλιμάκωση μεγέθους
- Καλή και συνεχής απόδοση: 70–75 wt.% επί ξηρού
- Έλεγχος χρόνου παραμονής στερεών και αερίου
- Το κωκ αποτελεί αποτελεσματικό καταλύτη προς παραγωγή βιο-ελαίου
- Απαιτείται μικρή κοκκομετρία
- Απαιτείται καλή κατακράτηση κωκ

Αντιδραστήρες Πυρόλυσης Circulating Fluidized Bed



- Καλός έλεγχος θερμοκρασίας
- Χρόνος παραμονής κωκ όμοιος με αέριο και υγρό
- Χρησιμοποιούνται σε μεγάλης κλίμακας εφαρμογές
- Εφαρμοσμένη τεχνολογία
- Πολύπλοκη κίνηση σωματιδίων
- Το κωκ φθείρεται λόγω μεγάλων ταχυτήτων αερίου
- Ο αντιδραστήρας καύσης πρέπει να ελέγχεται συνεχώς
- Δυσκολία μεταφοράς θερμότητας σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις

Αεριοποίηση

- Ως αεριοποίηση θεωρείται η διεργασία της μερικής καύσης κατά την οποία τα ΑΣΑ καίγονται με ποσότητες αέρα, οξυγόνου ή ατμού μικρότερες από τις στοιχειομετρικά απαιτούμενες.
- Η αεριοποίηση είναι μια αποδοτική μέθοδος η οποία στοχεύει στη μείωση του όγκου των ΑΣΑ με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας.
- Μέσω της μερικής καύσης των ΑΣΑ παράγεται καύσιμο αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μερικούς κορεσμένους υδρογονάνθρακες, κυρίως μεθάνιο.
- Το αέριο αυτό μπορεί στη συνέχεια να καεί σε μηχανές εσωτερικής καύσεως, σε αεροστρόβιλους, ή σε λέβητες σε συνθήκες περίσσειας αέρα.

Κατά τη διεργασία της αεριοποίησης λαμβάνουν χώρα πέντε βασικές αντιδράσεις:



Η θερμότητα που απαιτείται για να συντηρήσει αυτοδύναμα τη διεργασία προέρχεται από τις εξώθερμες αντιδράσεις.

Τεχνολογία Αεριοποίησης

Αλλόθερμη

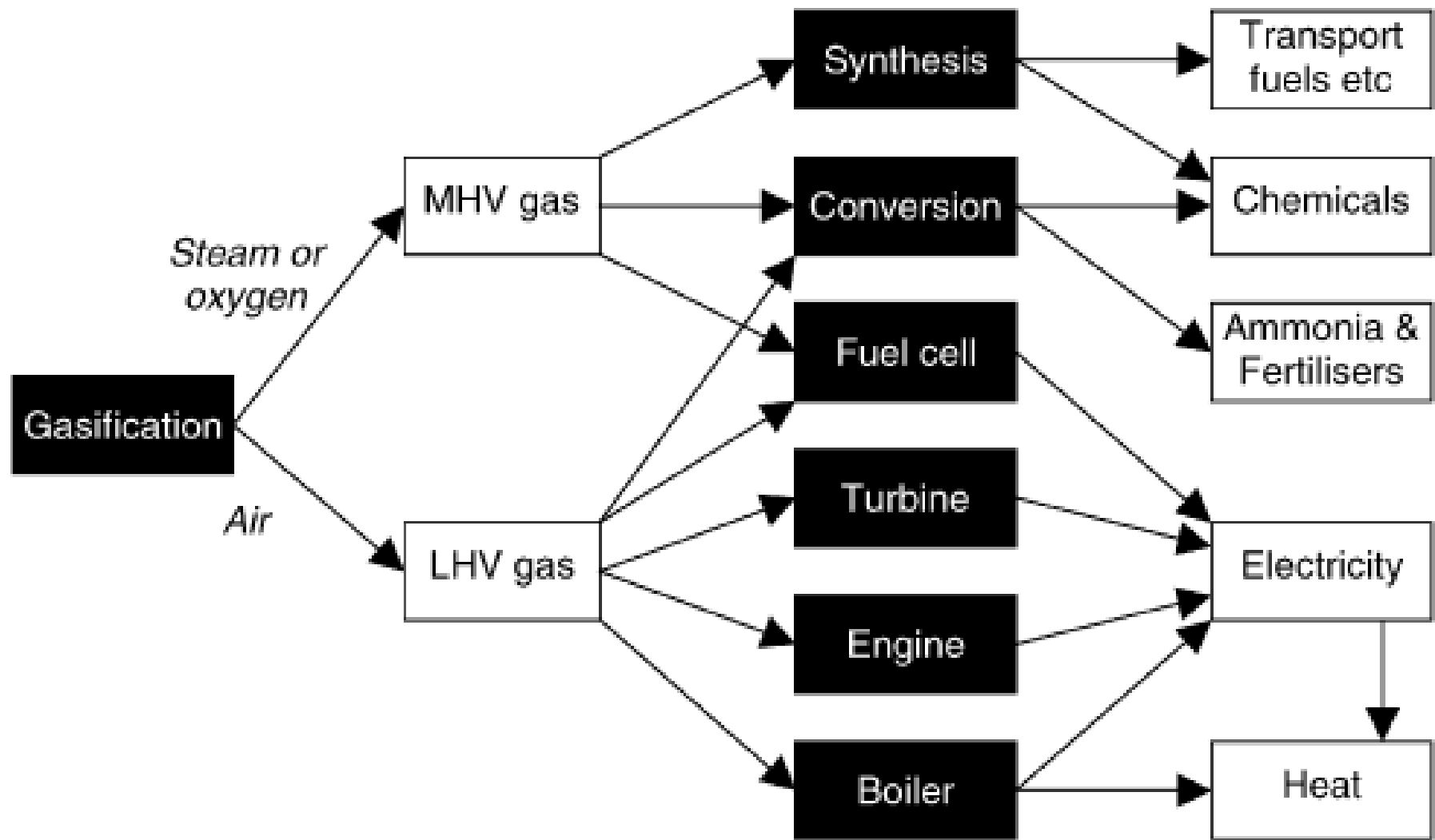
- Μεταφορά θερμότητας μέσω θερμού ρεύματος ρευστού (στερεό ή αέριο)
- Πολύπλοκα συστήματα
- Θερμικές απώλειες
- Παραγωγή αερίου μέσης θερμογόνου δύναμης

VS

Αυτόθερμη

- Τροφοδοσία συστήματος με αέρα ή O_2 , καύση μέρος του υλικού για κάλυψη θερμικών αναγκών
- Βέλτιστη μεταφορά θερμότητας
- Απλή κατασκευή αντιδραστήρα
- Παραγωγή αερίου κατώτερης θερμογόνου δύναμης

Χρήση Αερίου



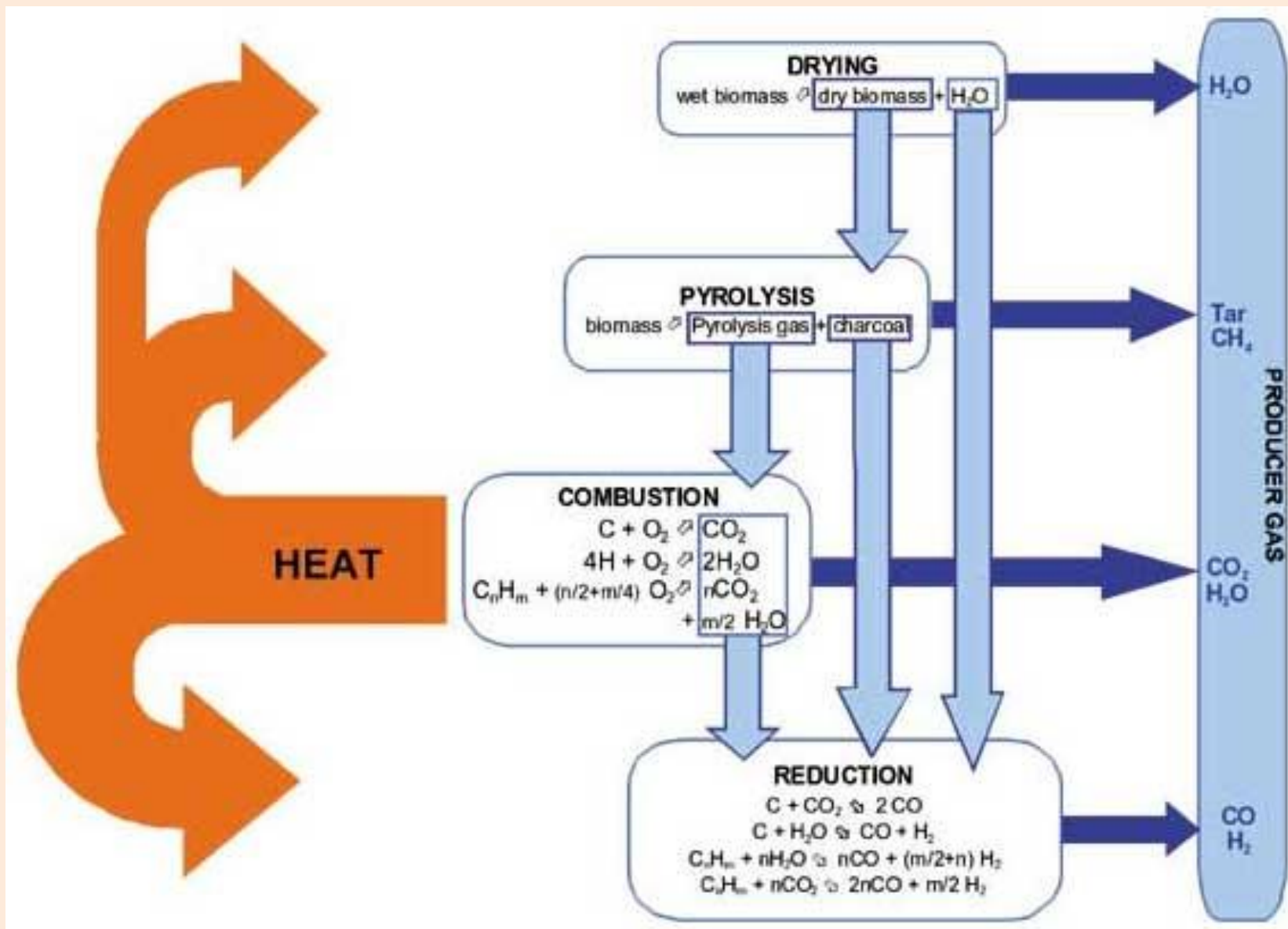
Όταν ένας αντιδραστήρας αεριοποίησης λειτουργεί σε ατμοσφαιρική πίεση με αέρα ως οξειδωτικό μέσο (αυτόθερμη αεριοποίηση) , το τελικό προϊόν της διεργασίας είναι ένα αέριο με χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο με τυπική κ.ό. σύσταση:

- 10% CO₂,
- 20% CO,
- 15% H₂,
- 2% CH₄ και
- 53% N₂.

Παράλληλα, παράγονται συμπυκνώσιμα υγρά όμοια με τα πυρολυτικά έλαια καθώς και στερεό ανθρακούχο υπόλειμμα (char) μαζί με τα αδρανή υλικά που περιείχαν αρχικά τα ΑΣΑ.

Τεχνολογία Αεριοποίησης

Αυτόθερμη Αεριοποίηση



Ταξινόμηση Τεχνολογιών

1. Τρόπος Μεταφοράς Θερμότητας

- Αυτόθερμη
- Αλλόθερμη

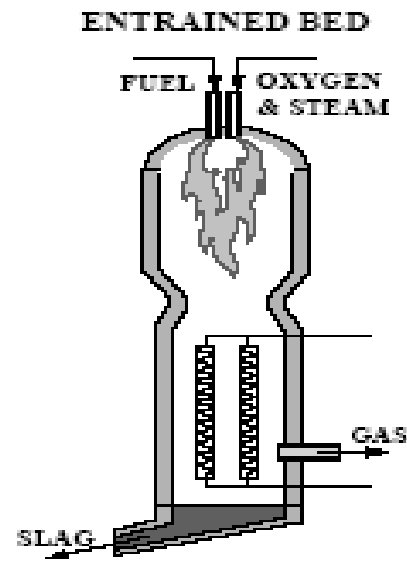
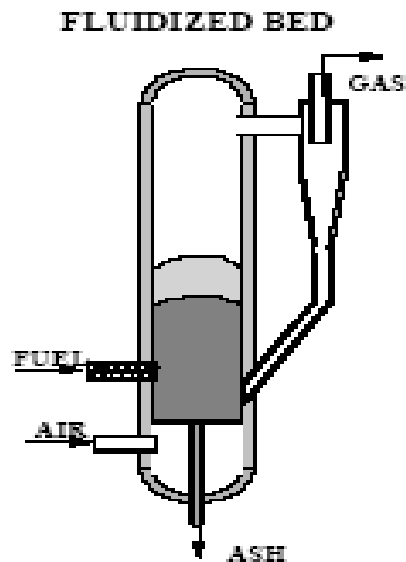
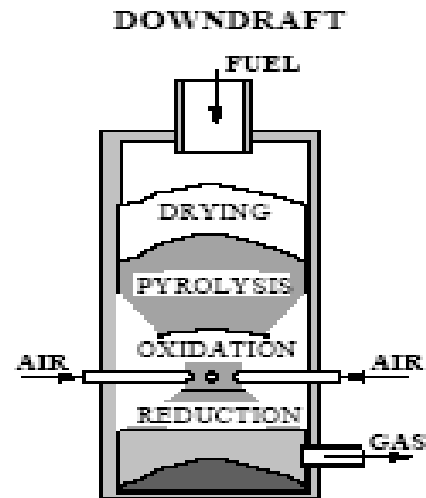
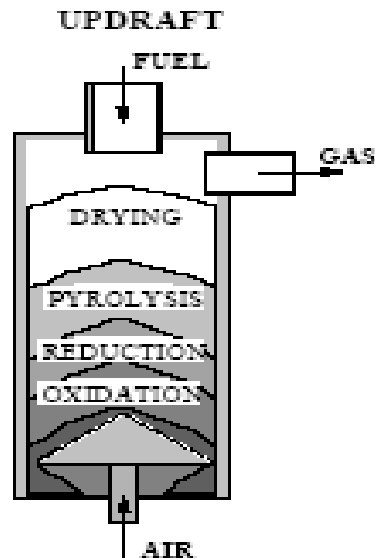
2. Τρόπος Μεταφοράς Βιόμαζας

- Ρευστοστερεά Κλίνη
- Σταθερή Κλίνη
- Παρασυρόμενη Κλίνη

3. Φυσική Κατάσταση Απομάκρυνση Στερεού Υπολείμματος

- Ρευστή Σκωρία (άνω του σημείου τήξεως τέφρας)
- Μη Ρευστή Σκωρία (κάτω του σημείου τήξεως τέφρας)

Τυπικοί Βιομηχανικοί Αεριοποιητές



Παραδείγματα αεριοποίησης

- Η Siemens κατασκεύασε στην Καρσλρούη εργοστάσιο 230.000 τόνων/έτος το οποίο έκλεισε
- Στην πρώην Ανατολική Γερμανία υπήρχε εργοστάσιο 360.000 τόνων/έτος που παρήγαγε αέριο πόλης από λιγνίτη και το οποίο έκλεισε μετά την ενοποίηση της Γερμανίας.

Buggenum, (The Netherlands - Holland):

Μονάδα αεριοποίησης ικανότητας 23 kg/s στερεού καυσίμου σε μέσες τιμές λειτουργίας του αεριοποιητή (πίεση 28 bar και θερμοκρασία 1500 °C) εγκατεστημένης ισχύος 253 MW ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην μονάδα λειτουργεί εγκατάσταση αεριοστροβίλου ισχύος 156 MW και εγκατάσταση ατμοστροβίλου ισχύος 128 MW.

Ο καθαρός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης είναι 43% .
Δυνατότητα λειτουργίας και με μίγμα (30%) Βιομάζας (wood chips) –γαιάνθρακα.



Το εργοστάσιο αεριοποίησης στο Buggenum της Ολλανδίας

Puertollano (Ισπανία):

Αποτελεί το μεγαλύτερο σε λειτουργία σταθμό IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) με εγκαταστημένη ισχύ 335 MW.

Η μονάδα αεριοποίησης είναι Prenflo (gasifier) με μέσες τιμές λειτουργίας του αεριοποιητή πίεση 23 bar και θερμοκρασία 1.500 °C.

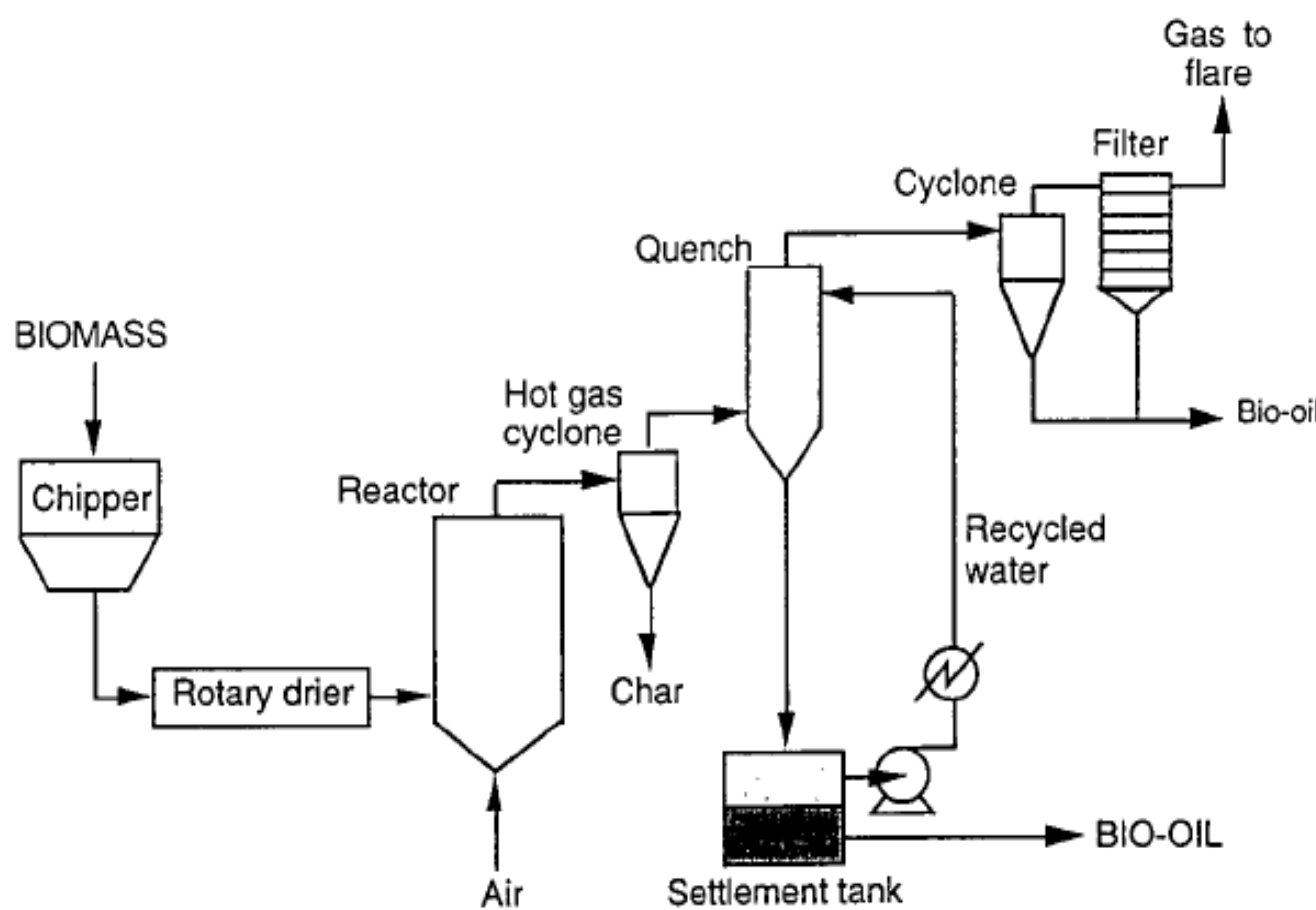
Η καθαρότητα του οξυγόνου είναι 85%.

Περιλαμβάνει εγκατάσταση αεριοστροβίλου (ισχύος 195 MW) και εγκατάσταση ατμοστροβίλου (ισχύος 145 MW).

Ο καθαρός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης είναι 45% .



Το εργοστάσιο αεριοποίησης στο Puertollano
(Ισπανία)



GAS

CO	27.6	% vol.
CO ₂	21.8	% vol.
H ₂	4.7	% vol.
O ₂	0.7	% vol.
N ₂	38.2	% vol.
CH ₄	4.7	% vol.
C ₂ H ₄	0.4	% vol.
C ₂ H ₆	0.3	% vol.
Others (by difference)	1.6	% vol.
Higher Heating Value	5 MJ/Nm ³	

SOLID

Volatiles	15-20%
Higher Heating Value	29.5 MJ/kg
Empirical formula	CH _{0.25} O _{0.07}

LIQUID

Elemental Analysis (wet basis)

C (% wt)	61.90
H (% wt)	6.00
N (% wt)	1.05
S (% wt)	0.03
O (by difference)	31.02
H/C ratio	1.16
O/C ratio	0.18
Moisture (% wt)	14.60
Ash (% wt)	1.50
Char content (% wt)	9.20
Viscosity, cp @ 70°C	55
HHV, MJ/kg	26.3
Specific gravity (15/4 °C)	1.195

<u>INPUTS</u>	<u>kg</u>	<u>OUTPUTS</u>	<u>kg</u>	<u>HHV, MJ/kg</u>	<u>% Energy</u>
Dry biomass	100.0	Charcoal	20.5	29.7	32
Moisture	2.0	Bio-oil	20.5	26.3	28
Pyrolysis air	39.0	Fuel gas	100.0	4.1	32
		Losses	-		8
TOTAL	141.0	TOTAL	141.0		100

Σήμερα κυρίως καύση!

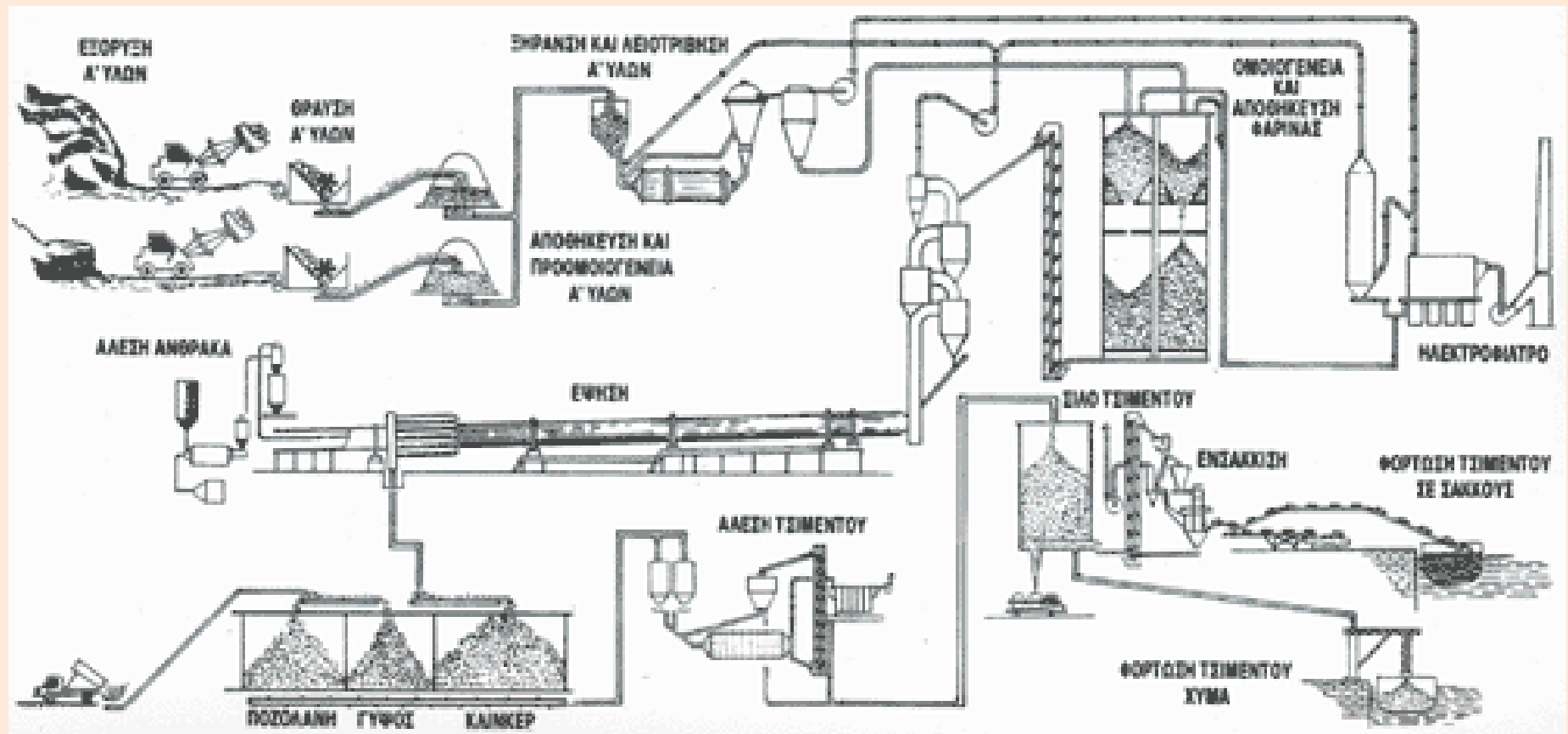
- 17 εκ.τόνοι στη Γερμανία και 40 εκ.τόνοι ετησίως στην Ευρώπη
- Στη Γερμανία αξιοποιείται το 20% της παραγόμενης ενέργειας (εγκαταστάσεις μακριά από τις πόλεις) και δεν αξιοποιείται η θερμική ενέργεια
- Περιορισμός είναι η διάβρωση από το χλώριο (προσπάθεια αφαίρεσης PVC αλλά πρόβλημα με το αλάτι) που περιορίζει τους καυστήρες (σε 400°C και 40 bar)

Χρήση Δευτερογενών Καυσίμων στην Τσιμεντοβιομηχανία

Βασικά στοιχεία

- Χρήση συμβατικών καυσίμων: άνθρακας και Pet Coke σε θερμιδική αναλογία 30% και 70% αντίστοιχα
- Παράδειγμα (TITAN, Δρέπανο Αχαΐας): 1.500.000 τόνων κλίνκερ /έτος
- Ενεργειακή κατανάλωση: 4.600 TJ/έτος
- Η ειδική κατανάλωση ενέργειας είναι 850Kcal/kg κλίνκερ
- Ενδεικτικό μίγμα χρήσης συμβατικών & δευτερογενών καυσίμων: άνθρακας 30%, Pet Coke 40%, δευτερογενές καύσιμο 30%.

Παραγωγική διαδικασία



Σκοπιμότητα της χρήσης δευτερογενών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία

- Αξιοποίηση ενέργειας προερχόμενης από δευτερογενή υλικά υποκαθιστώντας ορυκτά καύσιμα
- Μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου λόγω της περιεχόμενης βιομάζας στα δευτερογενή καύσιμα.
- Μεγιστοποίηση της ανάκτησης του ανόργανου τμήματος των αποβλήτων (δηλαδή της τέφρας του), διότι κατά την εισαγωγή τους στον κλίβανο αυτή ενσωματώνεται στο κλίνκερ. Αφ' ενός αξιοποιείται, υποκαθιστώντας μέρος των πρώτων υλών παραγωγής του τσιμέντου, αφ' ετέρου δεν δημιουργείται υπόλειμμα που να απαιτεί διάθεση σε ΧΥΤΑ επικινδύνων.
- Αδρανοποίηση των βαρέων μετάλλων (το πλείστο των βαρέων μετάλλων ενσωματώνεται στην κρυσταλλική δομή του παραγόμενου κλίνκερ σε μη υδατοδιαλυτή μορφή).

Σκοπιμότητα της χρήσης δευτερογενών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία

- Καταστροφή των επικίνδυνων οργανικών ενώσεων, που περιέχονται σε κάποια είδη αποβλήτων, λόγω των επικρατούντων συνθηκών έψησης στους περιστροφικούς κλιβάνους (υψηλή θερμοκρασία, περίσσεια αέρα).
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων και μείωση επιπτώσεων από την εξόρυξη και την επεξεργασία τους.
- Μείωση των ποσοτήτων των υλικών που οδηγούνται στους ΧΥΤΑ, παρατείνοντας την ζωή των ΧΥΤΑ.