

## Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου με ενσωματωμένη αεριοποίηση άνθρακα (IGCC)

**Δρ. Αντώνιος Τουρλιδάκης**  
Καθηγητής Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

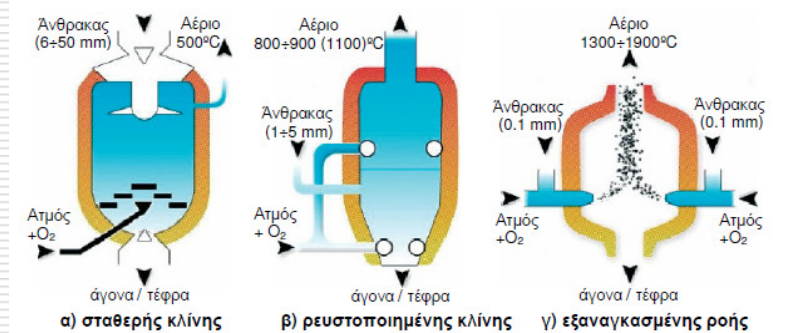
### Διαδικασίες, σχήματα και τεχνολογίες αεριοποίησης του άνθρακα

✓Υπάρχουν τρεις τύποι αεριοποιητών που είναι σήμερα εμπορικά διαθέσιμοι, καθώς και η θερμοκρασία του προκύπτοντος αερίου σύνθεσης:

- α) σταθερής κλίνης,
- β) ρευστοποιημένης κλίνης, και
- γ) εξαναγκασμένης ροής.

## Διαδικασίες, σχήματα και τεχνολογίες αεριοποίησης του άνθρακα

Τα βασικά διαγράμματα και η θερμοκρασία του προκύπτοντος αερίου σύνθεσης (syngas):



## Αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την αεριοποίηση του άνθρακα:

Αντίδραση	Όνομα - παρατηρήσεις	Τύπος
<i>Αντιδράσεις πυρόλυσης</i>		
$CH_x \rightarrow C + CH_4$	Πυρόλυση και απομάκρυνση των πτητικών	
$CH_x + H_2 \rightarrow C + CH_4$	Υδροπυρόλυση – μετατροπή των αέριων προϊόντων της πυρόλυσης σε μεθάνιο (κυρίως) και οπτάνθρακα	
<i>Αντιδράσεις στερεού- αερίου</i>		
$C + \frac{1}{2}O_2 \leftrightarrow CO$	Μερική καύση (εξαερίωση $O_2$ )	εξώθερμη
$C + O_2 \leftrightarrow CO_2$	Καύση	εξώθερμη
$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$	Αεριοποίηση ατμού	ενδόθερμη
$C + CO_2 \leftrightarrow 2CO$	Αντίδραση Boudouard– εξαερίωση $CO_2$ – ευνοείται σε υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές πιέσεις	ενδόθερμη
$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4$	Υδροεξαερίωση – εξαερίωση $H_2$ – ευνοείται σε υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλές πιέσεις	εξώθερμη
<i>Αντιδράσεις αερίου- αερίου</i>		
$CO + H_2O \leftrightarrow H_2 + CO_2$	Η αντίδραση ανταλλαγής αερίου-νερού – λειτουργούν καταλυτικά διάφορες προσμίξεις και επιφάνειες	εξώθερμη
$CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O$	Μεθανοποίηση	εξώθερμη

## Διαδικασίες, σχήματα και τεχνολογίες αεριοποίησης του άνθρακα

✓ Η ένταση των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης και, επομένως, η σύνθεση του παραγόμενου αερίου, εξαρτώνται από τις παραμέτρους (θερμοκρασία και πίεση) υπό τις οποίες διεξάγονται οι διεργασίες στον αεριοποιητή:

- Με μείωση της πίεσης και αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται ο λόγος CO / CO<sub>2</sub>.
- Με την αύξηση της θερμοκρασίας, οι ενδόθερμες αντιδράσεις ευνοούνται σε βάρος των εξώθερμων αντιδράσεων. Ως εκ τούτου, θα μειωθεί η παραγωγή μεθανίου και θα αυξηθεί ο σχηματισμός CO.
- Με την αύξηση της πίεσης, ευνοούνται οι αντιδράσεις όπου υπάρχουν λιγότερα γραμμομόρια στα προϊόντα της αντίδρασης από ό,τι στα αντιδραστήρια. Επομένως, η αύξηση της πίεσης ευνοεί το σχηματισμό μεθανίου και CO<sub>2</sub>.

## Εμπορικές τεχνολογίες αεριοποίησης

Τύπος αεριοποιητή	Τεχνολογία αεριοποίησης
Αεριοποιητής σταθερής κλίνης	Lurgi Dry-Ash
	British Gas/Lurgi (BGL)
Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης	Great Point Energy (Bluegas™)
	High Temperature Winkler (HTW)
	U-GAS®
	Kellogg Rust Westinghouse (KRW)
Αεριοποιητής εξαναγκασμένης ροής	Kellogg, Brown, & Root (KBR) Transport (also known as: TRIG™ Transport Integrated Gasification) - circulating fluidized bed
	GE Energy (former: Chevron Texaco)
	CB&I E-Gas™
	Shell
	Siemens (Siemens Fuel Gasifier – SFG)
	Uhde – PRENFLO (PRENFLO™ - PResurredENTrained-FLOW)
	MHI (Mitsubishi Heavy Industries)
	EAGLE (Energy Application for Gas, Liquid, and Electricity) - project
	ECUST (East China University of Science and Technology)
	HCERI (Huaneng Clean Energy Research Institute)
	ConocoPhillips/E-Gas gasifier (formerly Destec (DOW))
Babcock & Wilcox (B&W)	

### Σύνθεση του ακατέργαστου αερίου σύνθεσης για διάφορους τύπους αεριοποιητή

Τύπος αεριοποιητή	Κινητή κλίνη, ξηρή τέφρα	Κινητή κλίνη, με πολτό	Ρευστοποιημένη κλίνη	Με εξαναγκασμένη ροή (τροφοδοσία με πολτό)	Με εξαναγκασμένη ροή (ξηρή τροφοδοσία)
Οξειδωτικό	Αέρας	Οξυγόνο	Οξυγόνο	Οξυγόνο	Οξυγόνο
Τύπος άνθρακα	Υποασφαλτούχος	Λιθάνθρακας	Λιγνίτης <sup>(θρόος)</sup>	Λιθάνθρακας	Λιθάνθρακας
Ανάλυση καυσίμου, % κατά μάζα					
C	41,1	61,2	56,9	61,2	66,1
H	4,6	4,7	3,8	4,7	5,0
N	0,8	1,1	0,8	1,1	1,2
O	20,5	8,8	15,9	8,8	9,5
S	0,6	3,4	1,0	3,4	3,7
Ανόργανα	16,1	8,8	9,6	8,8	9,5
Υγρασία	16,3	12,0	12,0	12,0	5,0
HHV, kJ/kg	26189	26136	23063	26136	28213
Τροφοδοσία καυσίμου	ξηρή	ξηρή	ξηρή	πολτός (μάζα: 66,5% στερεά)	ξηρή
Πίεση λειτουργίας, kPa	2034	3206	1000	4240	2516

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 – 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ

7

### Σύνθεση του ακατέργαστου αερίου σύνθεσης για διάφορους τύπους αεριοποιητή

Τύπος αεριοποιητή	Κινητή κλίνη, ξηρή τέφρα	Κινητή κλίνη, με πολτό	Ρευστοποιημένη κλίνη	Με εξαναγκασμένη ροή (τροφοδοσία με πολτό)	Με εξαναγκασμένη ροή (ξηρή τροφοδοσία)
Οξειδωτικό	Αέρας	Οξυγόνο	Οξυγόνο	Οξυγόνο	Οξυγόνο
Τύπος άνθρακα	Υποασφαλτούχος	Λιθάνθρακας	Λιγνίτης <sup>(θρόος)</sup>	Λιθάνθρακας	Λιθάνθρακας
Σύνθεση ακατέργαστου παραγόμενου αερίου, % κατ' όγκο					
CO	17,4	46,0	48,2	41,0	60,3
H <sub>2</sub>	23,3	26,4	30,6	29,8	30
CO <sub>2</sub>	14,8	2,9	8,2	10,2	1,6
H <sub>2</sub> O	- (ξηρό)	16,3	9,1	17,1	2
N <sub>2</sub>	38,5	2,8	0,7 <sup>(με Αργό)</sup>	0,8 <sup>(με Αργό)</sup>	4,7 <sup>(με Αργό)</sup>
CH <sub>4</sub> + C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	5,8	4,2	2,8	0,3	...
H <sub>2</sub> S + COS	0,2	1,1	0,4	1,1	1,3
NH <sub>3</sub> + HCN	ακαθόριστο	0,3	ακαθόριστο	0,2	0,1
HHV, MJ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	7,7	13,1	12,2	10,9	11,7

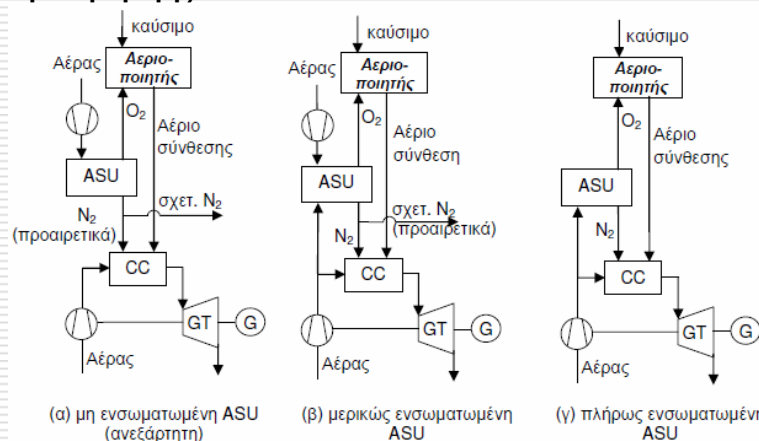
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 – 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ

8

✓ Η ενσωμάτωση της μονάδας αεριοποίησης συνδυασμένου κύκλου αερίου-ατμού μπορεί να γίνει με:

- Δέσμευση (μερική ή ολική) του συμπιεσμένου αέρα στην έξοδο του συμπιεστή της μονάδας του αεριοστροβίλου (GT)
- Εισαγωγή του αζώτου που προκύπτει από το διαχωρισμό του οξυγόνου που υπάρχει στον αέρα στο θάλαμο καύσης του αεριοστροβίλου (GT). Αυτό αρχικά χρησιμοποιείται ως αδρανής μάζα για την προσαρμογή των εκπομπών NO<sub>x</sub>, και, στη συνέχεια, για την αύξηση της παροχής μέσω του αεριοστροβίλου.
- Ανάκτηση της θερμότητας που προκύπτει από την ψύξη του αερίου σύνθεσης στον κύκλο του ατμού του συνδυασμένου κύκλου αερίου-ατμού.
- Κατά περίπτωση (π.χ. αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης), χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που προκύπτει από την καύση οπτάνθρακα (κωκ) στην εγκατάσταση του ατμοστροβίλου στο συνδυασμένο κύκλο.

### Επιλογές ενσωμάτωσης της μονάδας αεριοποίησης στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής



Επεξήγηση: ASU – μονάδα διαχωρισμού αέρα,  
CC- θάλαμος καύσης,  
GT – αεριοστροβίλος

### Σχηματικά διαγράμματα, τρόποι λειτουργίας, ενεργειακές και περιβαλλοντικές επιδόσεις των μονάδων IGCC

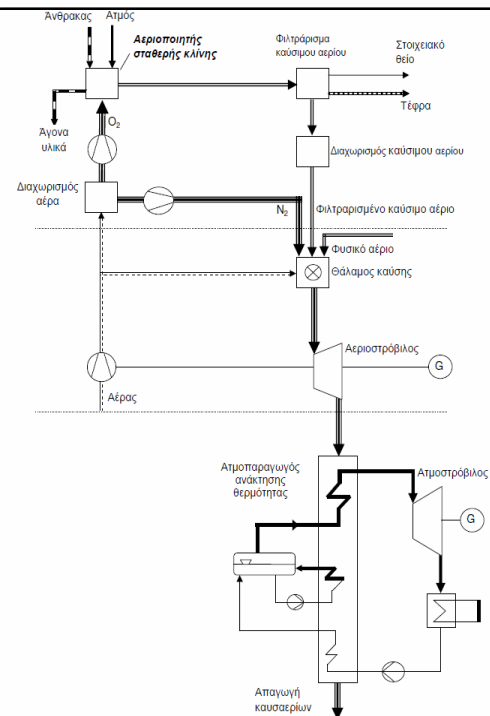
- ✓ Ο καθαρισμός του αερίου σύνθεσης γίνεται συνήθως σε χαμηλή θερμοκρασία.
- ✓ Μπορεί να γίνει και σε υψηλή θερμοκρασία, με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών.
- ✓ Για τη μείωση των εκπομπών NOX, το αέριο σύνθεσης υγραίνεται (με κορεσμένο νερό / ατμό) πριν από την καύση.
- ✓ Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του κύκλου IGCC είναι ότι ο καθαρισμός γίνεται στο συμπιεσμένο αέριο σύνθεσης, με μία ογκομετρική παροχή περίπου 1,3 - 2% των καυσαερίων που απάγονται σε ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι, το συνολικό μέγεθος της μονάδας καθαρισμού αυξάνεται, μειώνοντας την ειδική επένδυση.
- ✓ Η θερμοκρασία του παραγόμενου καύσιμου αερίου (αέριο σύνθεσης) καθώς και τα φυσικά χαρακτηριστικά των στερεών ουσιών που προκύπτουν από τη διαδικασία της αεριοποίησης καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του διαγράμματος του IGCC.

### Διάγραμμα IGCC με αεριοποιητή σταθερής κλίνης

✓ Ο άνθρακας εισέρχεται μέσω του άνω μέρους του αεριοποιητή, ενώ τα οξυγόνο / αέρας και ο ατμός εισέρχονται μέσω του κάτω μέρους αυτού, και η κυκλοφορία πραγματοποιείται στο οπισθόρρευμα.

✓ Ο άνθρακας διέρχεται τέσσερα διαδοχικά στάδια: ξήρανση, πυρόλυση (χημική αποσύνθεση), απαεριοποίηση άνθρακα, αεριοποίηση ( $800 \div 1000^{\circ}\text{C}$ ) και καύση ( $1000 \div 1200^{\circ}\text{C}$ ).

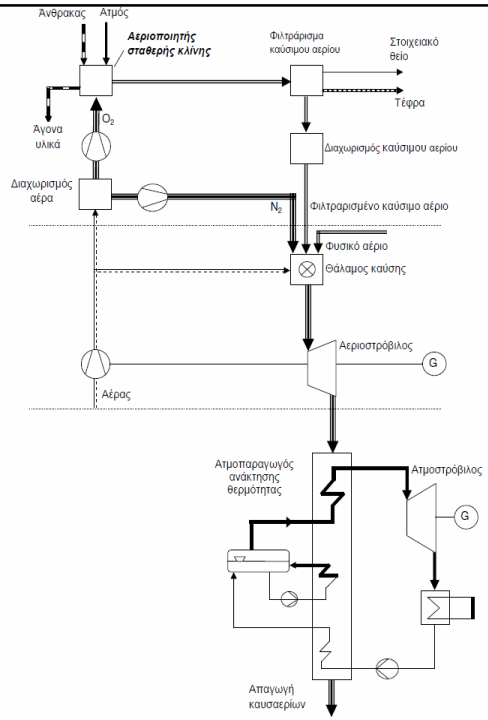
✓ Κατά την έξοδο από τον αεριοποιητή, το αέριο σύνθεσης έχει χαμηλή θερμοκρασία ( $400 \div 600^{\circ}\text{C}$ ) λόγω της θερμότητας που αποβάλλεται για την ξήρανση και τη θέρμανση του άνθρακα



### Διάγραμμα IGCC με αεριοποιητή σταθερής κλίνης

- ✓ Περιέχει υγρά υποπροϊόντα (π.χ. υγρούς υδρογονάνθρακες, πίσσες), τα οποία προκύπτουν κυρίως κατά την διάσπαση του άνθρακα και συμπαρασύρονται από το αέριο στο άνω μέρος του αεριοποιητή, όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή και δεν μπορούν να αποσυντεθούν άλλο.
- ✓ Για την εξάλειψη των υγρών υποπροϊόντων από το παραγόμενο αέριο συχνά εγχύεται νερό στο αέριο, μειώνοντας τη θερμοκρασία του ακόμη περισσότερο, συμβάλλοντας όμως έτσι στη μείωση της ιπτάμενης τέφρας από το προκύπτον αέριο σύνθεσης.

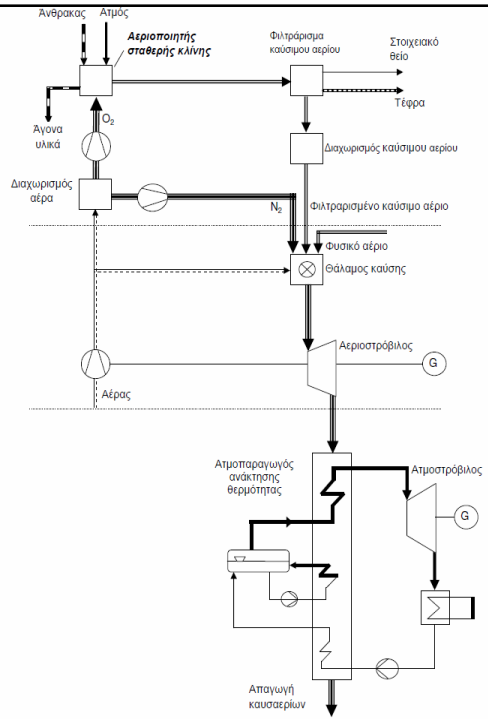
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ



### Διάγραμμα IGCC με αεριοποιητή σταθερής κλίνης

- ✓ Ως εκ τούτου, το διάγραμμα του IGCC με αεριοποιητή σταθερής / κινητής κλίνης δεν διαθέτει ανάκτηση θερμότητας για το προκύπτον αέριο σύνθεσης
- ✓ Επίσης, τα άγωνα υλικά που προκύπτουν στο κάτω μέρος του αεριοποιητή, μετά από τη διαδικασία της καύσης, έχουν χαμηλή θερμοκρασία λόγω της θερμότητας που χάνεται για τη θέρμανση των παραγόντων αεριοποίησης που εισέρχονται στον αεριοποιητή.

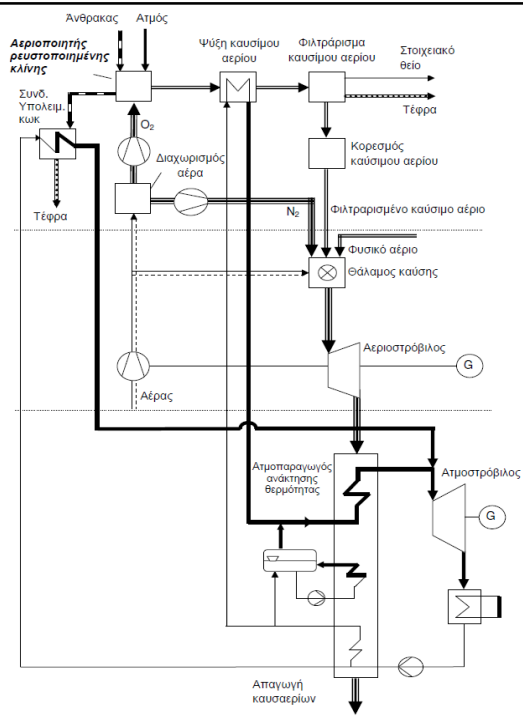
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ



### Διάγραμμα IGCC με αεριοποιητή ρευστοποιημένης κλίνης

- ✓ Ο καλά κονιορτοποιημένος άνθρακας, με σωματίδια διαμέτρου περίπου  $1 \div 5$  mm, διατηρείται αιωρούμενος με τον αέρα να εισέρχεται στο κάτω μέρος του αεριοποιητή.
- ✓ Η θερμοκρασία αεριοποίησης ( $800 \div 900^\circ\text{C}$ ) δεν πρέπει να υπερβαίνει τη θερμοκρασία τήξης της τέφρας, ώστε να μην μειώνεται η σταθερότητα της ρευστοποιημένης κλίνης.

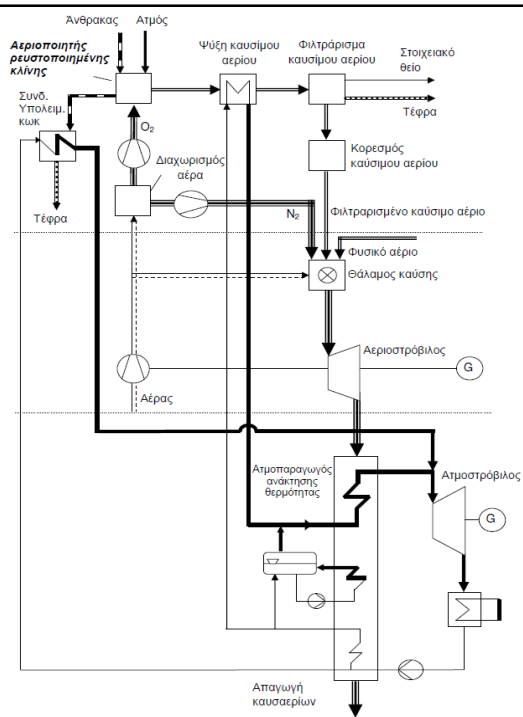
ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ



### Διάγραμμα IGCC με αεριοποιητή ρευστοποιημένης κλίνης

- ✓ Προκειμένου να αυξηθεί η θερμοκρασία κατά περίπου  $150 \div 200^\circ\text{C}$ , π.χ. στην περίπτωση του αεριοποιητή υψηλής θερμοκρασίας Winkler (HTW), εγχύεται μία ποσότητα οξυγόνου πάνω από την ρευστοποιημένη κλίνη
- ✓ Για τον αεριοποιητή ρευστοποιημένης κλίνης, το αναπομένον κωκ πρέπει να καίγεται σε κλίβανο [6], για να ανακτήσει τη χημική του ενέργεια. Επομένως, μπορεί να παραχθεί επιπλέον ατμός υψηλής πίεσης από την ανακτώμενη θερμότητα, για τον ατμοστρόβιλο

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ





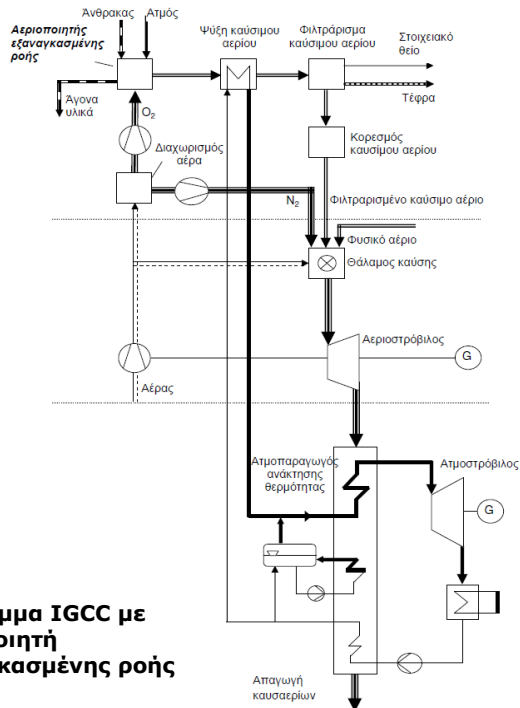
✓ Ο άνθρακας κονιορτοποιείται πολύ καλά (περίπου στα 0.1 mm) και εισάγεται στον αεριοποιητή σε υψηλή πίεση, σε ξηρή κατάσταση όταν μεταφέρεται από το οξυγόνο ή σε υγρή κατάσταση σε ένα μίγμα με νερό.

✓ Η θερμοκρασία του αερίου σύνθεσης που παράγεται με αυτόν τον τύπο αεριοποιητή είναι η υψηλότερη δυνατή, καθώς μπορεί να φθάσει περίπου τους 1300 ÷ 1900°C.

✓ Τα άγωνα υλικά απομακρύνονται σε τηγμένη μορφή και, εν συνεχεία, ψύχονται με νερό και στερεοποιούνται

### Διάγραμμα IGCC με αεριοποιητή εξαναγκασμένης ροής

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΙ  
22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ



✓ Λόγω των υψηλών (για τον αεριοποιητή ρευστοποιημένης κλίνης) και πολύ υψηλών (αεριοποιητής εξαναγκασμένης ροής) θερμοκρασιών του αερίου σύνθεσης, αυτό θα πρέπει να ψύχεται για να καθαρίζεται αλλά και για να μην αυξηθεί πολύ το κόστος του εξοπλισμού απορρύπανσης.

✓ Η θερμότητα ανακτάται στο θερμοδυναμικό κύκλο, μέσω της δημιουργίας κορεσμένου ατμού με υψηλή πίεση, αυξάνοντας έτσι το βαθμό ενσωμάτωσης των δύο διεργασιών, δηλ. της λήψης καθαρών καυσίμων και της παραγωγής ηλεκτρισμού.

✓ Το άζωτο που παράγεται από την ASU εισέρχεται στο θάλαμο καύσης:

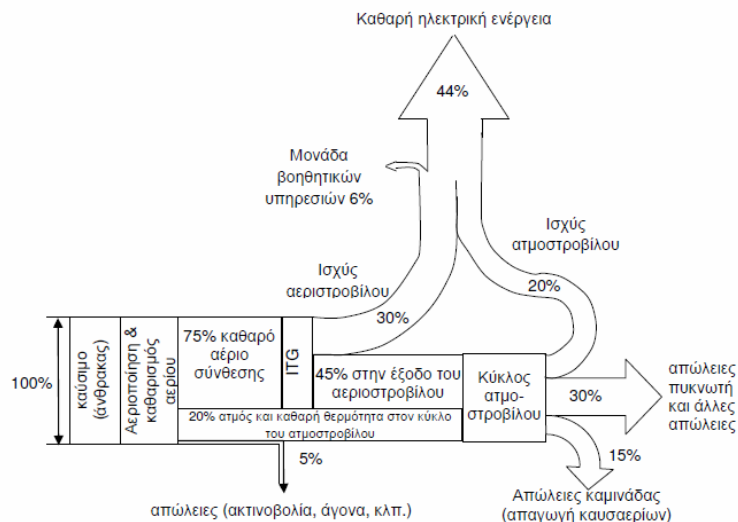
- ✓ για τη μείωση της παραγωγής NOX, μειώνοντας τη θερμοκρασία της φλόγας στο θάλαμο καύσης της αεριοστροβιλικής μονάδας,
- ✓ την αύξηση της ισχύος στον αεριοστρόβιλο, με την αύξηση της παροχής του αερίου που κινείται μέσω αυτού.
- ✓ Επιπλέον, με την αύξηση της ροής των καυσαερίων, αυξάνεται η ροή του ατμού που παράγεται από τον λέβητα ατμού ανάκτησης θερμότητας και, κατά συνέπεια, αυξάνεται η ισχύς του ατμοστροβίλου.

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 - 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ

18

- ✓ Προκειμένου να αυξηθεί η ενεργειακή επίδοση του κύκλου IGCC, ο ατμοπαραγωγός ανάκτησης θερμότητας μπορεί να σχεδιαστεί με δύο ή τρία επίπεδα παραγωγής ατμού, και ο ατμοστρόβιλος μπορεί να έχει ενδιάμεση υπερθέρμανση.
  
- ✓ Προκειμένου να αυξηθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ο IGCC μπορεί να έχει δύο ή τρεις αεριοστρόβιλους, ενώ για να μειωθεί η ειδική επένδυση και να αυξηθεί η απόδοση του ατμοστρόβιλου, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένας μόνο ατμοστρόβιλος.
  
- ✓ Από όλες τις τεχνολογίες καύσης του άνθρακα αυτή του IGCC αποφέρει τα βέλτιστα περιβαλλοντικά οφέλη

- ✓ Προκειμένου να αυξηθεί η ενεργειακή επίδοση του κύκλου IGCC, ο ατμοπαραγωγός ανάκτησης θερμότητας μπορεί να σχεδιαστεί με δύο ή τρία επίπεδα παραγωγής ατμού, και ο ατμοστρόβιλος μπορεί να έχει ενδιάμεση υπερθέρμανση.
  
- ✓ Προκειμένου να αυξηθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ο IGCC μπορεί να έχει δύο ή τρεις αεριοστρόβιλους, ενώ για να μειωθεί η ειδική επένδυση και να αυξηθεί η απόδοση του ατμοστρόβιλου, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένας μόνο ατμοστρόβιλος.

**Διάγραμμα ροής ενέργειας (Sankey) για μια μονάδα IGCC**

✓ Από όλες τις τεχνολογίες καύσης του άνθρακα αυτή του IGCC αποφέρει τα βέλτιστα περιβαλλοντικά οφέλη:

- Σκόνης: το φιλτράρισμα του παραγόμενου αερίου σύνθεσης και η υγρά αποθείωση επιτρέπουν μία συγκέντρωση σκόνης 10 mg/m<sup>3</sup>N στα καυσαέρια (σε 6% O<sub>2</sub> - η συγκέντρωση αναφοράς για τα στερεά καύσιμα), αίροντας έτσι την ανάγκη για την αποκονίωση των καυσαερίων στην έξοδο του αεριοτροβίλου. Καλό φιλτράρισμα του καυσίμου απαιτείται επίσης και για λόγους προστασίας των πτερυγίων του αεριοτροβίλου κατά της διάβρωσης.
- SO<sub>2</sub>: μπορεί να κατακρατηθεί πάνω από το 98% της ποσότητας του θείου, το οποίο ισοδυναμεί με συγκέντρωση εκπομπών περίπου 75 mg/m<sup>3</sup>N (σε 6% O<sub>2</sub>). Εξάλλου, το θείο διαχωρίζεται ως στοιχειακό θείο, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό την κεφαλαιοποίησή του μέσω της εμπορίας.

✓ Από όλες τις τεχνολογίες καύσης του άνθρακα αυτή του IGCC αποφέρει τα βέλτιστα περιβαλλοντικά οφέλη:

- NOX: το άζωτο που παράγεται από τη μονάδα διαχωρισμού του αέρα (ASU), η έγχυση νερού και οι καυστήρες χαμηλών εκπομπών NOX επιτρέπουν οι εκπομπές NOX να βρίσκονται κάτω από τα 150 mg/m<sup>3</sup>N (σε 6% O<sub>2</sub>).
- Κατάλοιπα: για τον αεριοποιητή εξαναγκασμένης ροής, η τέφρα μετατρέπεται σε αδρανή σκωρία (που δεν έχει διαδραστικότητα με άλλες ουσίες), οπότε τα διάφορα στοιχεία είναι "κλειδωμένα" στη σύνθεσή της. Έτσι, το υπόλειμμα αυτό μπορεί να διακινηθεί ως ενιαίο σύνολο (αδρανές υλικό). Η ιλύς που προκύπτει από την επεξεργασία με νερό θα πρέπει να αποθηκεύεται. Τα ίχνη μετάλλων και αλογόνων ανακτώνται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας με το νερό.

### Κατάσταση παγκοσμίως της τεχνολογίας IGCC

Όνομα μονάδας	Περιοχή	Έτος	Χώρα	Όνομα τεχνολογίας	Καθαρή ισχύς, MW <sub>e</sub>
Polk County IGCC Project	Mulberry	1996	ΗΠΑ	Τεχνολογία αεριοποίησης GE	250
Buggenum IGCC	Haelen, Limburg	1994	Ολλανδία	Διεργασία αεριοποίησης Shell	253
Puertollano IGCC	Puertollano	1997	Ισπανία	Τεχν. αεριοποίησης Uhde PRENFLO	335
Vresova IGCC	Vresova	1996	Τσεχία	Lurgi Σταθερής κλίνης Ξηρού πυθμένα	350
Ενεργειακό Έργο Mesaba	Taconite	2018	ΗΠΑ	E-Gas	600
Nakoso IGCC	Nakoso, Iwaki-city, Fukushima	2007	Ιαπωνία	Αεριοποιητής MHI	250

### Παγκόσμια κατάσταση των σταθμών καύσης άνθρακα με IGCC – στοιχεία Οκτωβρίου 2013



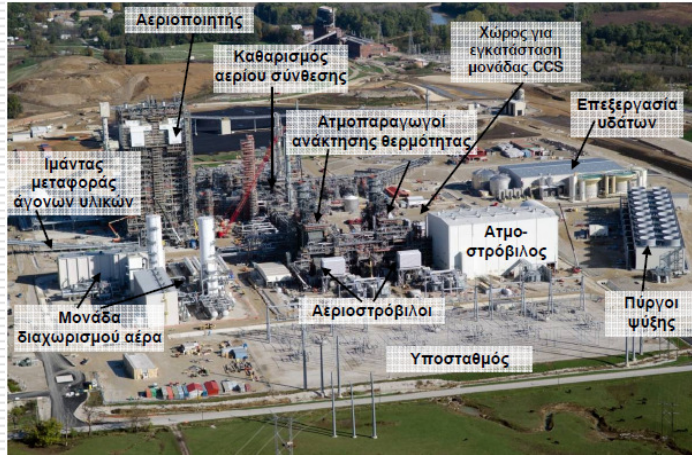
Όνομα μονάδας	Περιοχή	Έτος	Χώρα	Όνομα τεχνολογίας	Καθαρή ισχύς, MW <sub>e</sub>
Edwardsport IGCC	Edwardsport	2013	ΗΠΑ	Τεχνολογία αεριοποίησης GE	618
Texas Clean Energy Project	Penwell	2017	ΗΠΑ	Διεργ. αεριοποίησης Siemens SFG	400
Don Valley IGCC	Hatfield, Yorks	2017	Μεγάλη Βρετανία	Διεργασία αεριοποίησης Shell	702
Taeon IGCC #1	Taeon	2014	Νότια Κορέα	Διεργασία αεριοποίησης Shell	300
Kemper County IGCC	Meridian	2014	ΗΠΑ	Διεργασία αεριοποίησης KBR Transport Reactor	524
Σταθμός Dongguan	Dongguan	2013	Κίνα	Διεργασία αεριοποίησης KBR Transport Reactor	120
Lnagfang IGCC	Langfang	2017	Κίνα	Αεριοποιητής MHI	450
Captain Clean Energy Project	Grangemouth, Σκωτία	2018	Μεγάλη Βρετανία	Διεργ. αεριοποίησης Siemens SFG	570
C.Gen IGCC	Killingholm North	2016	Μεγάλη Βρετανία	Τεχν. αεριοποίησης Uhde PRENFLO	430
Teesside IGCC	Redcar	2016	Μεγάλη Βρετανία	Τεχνολογία αεριοποίησης GE	300

**Παγκόσμια κατάσταση των σταθμών καύσης άνθρακα με IGCC – στοιχεία Οκτωβρίου 2013**

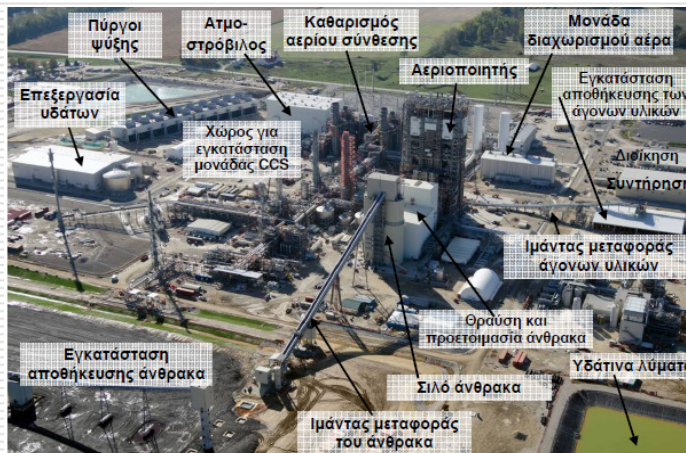


Όνομα μονάδας	Περιοχή	Έτος	Χώρα	Όνομα τεχνολογίας	Καθαρή ισχύς, MW <sub>e</sub>
Wabash River IGCC	West Terre Haute	1995	ΗΠΑ	Τεχνολογία αεριοποίησης GE	262
Hydrogen Energy California	Bakersfield	2016	ΗΠΑ	Αεριοποιητής MHI	300

**Παγκόσμια κατάσταση των σταθμών καύσης πετρελαϊκού κωκ με IGCC – στοιχεία Οκτωβρίου 2013**



**Ανθρακικός σταθμός με IGCC Edwardsport (ΗΠΑ – Νοτιοδυτική Ιντιάνα)**



**Ανθρακικός σταθμός με IGCC Edwardsport (ΗΠΑ – Νοτιοδυτική Ιντιάνα)**



**Η μονάδα 1 του σταθμού IGCC στο Polk (Mulberry, Φλόριντα, ΗΠΑ)**

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 – 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ

29



**Ο σταθμός με IGCC στο Wabash River (κοντά στο West Terre Haute, Ιντιάνα, ΗΠΑ)**

ΚΑΘΑΡΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ  
22 – 23 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2015, ΚΑΠΕ

30