

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος  
Εργαστήριο Διαχείρισης και Τεχνολογίας Υγρών Αποβλήτων

Αξιοποίηση του δυναμικού μονάδων χώνευσης  
ιλύος με συν-επεξεργασία υγρών αποβλήτων

# Αειφόρος επεξεργασία υγρών αποβλήτων

Αειφόρες τεχνολογίες είναι αυτές που εμφανίζουν την υψηλότερη εντροπική αποτελεσματικότητα (το ευνοϊκότερο ισοζύγιο της εντροπίας),

δηλαδή με άλλα λόγια, το κατά πόσο λιγότερη αποφευκτέα μη-αειφόρο εντροπία παράγεται σε αυτές, ενώ

ταυτόχρονα μεγιστοποιείται η αξιοποίηση του συστημικά εγγενούς δυναμικού για παραγωγή συντροπίας (εξέργειας).

# Αειφόρος επεξεργασία υγρών αποβλήτων

## επιθυμητή κατάσταση

✓ συνετή χρήση των πολύτιμων, εντροπικά πτωχών, συμβατικών φυσικών πόρων, έτσι ώστε να μειώνεται η παραγωγή αποφευκτέας (μη-αειφόρου) εντροπίας.

✓ αξιοποίηση εντροπικά πλούσιων δευτερογενών “φυσικών πόρων”, π.χ. αποβλήτων (υγρών/στερεών) με ανάκτηση/ανακύκλωση και αξιοποίηση του εγγενούς ενεργειακού τους περιεχομένου, “φορτισμένου” μόνο με το υπάρχον δυναμικό εντροπίας, διότι αυτή θα προκύψει- ούτως ή άλλως- με ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων στο περιβάλλον (μη αποφευκτέα εντροπία).

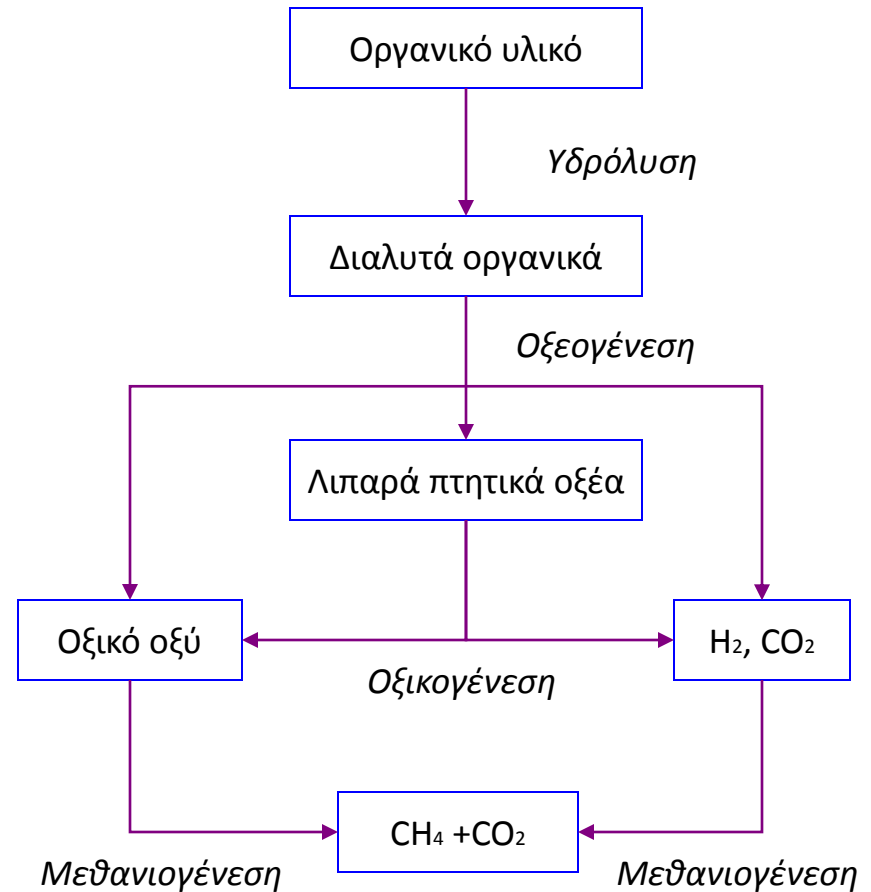
# Αναερόβια χώνευση

## ΣΤΟΧΟΣ

- Η υψηλότερη (βέλτιστη) εκμετάλλευση υπαρχόντων μονάδων αναερόβιων χωνευτών ενεργού ιλύος ως προς την ενεργειακή παραγωγή σε μορφή βιοαερίου ( $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ )
- Η ευρύτερη εφαρμογή αναερόβιων συστημάτων για παραγωγή ενέργειας (δεδομένων των “αμετάτρεπτα,, υψηλών τιμών πετρελαίου) από μεικτά υποστρώματα ενεργού ιλύος με υγρά απόβλητα:
  - ✓ Τυροκομείων
  - ✓ Σφαγείων
  - ✓ Ελαιουργείων
  - ✓ Κατάλοιπα παραγωγής βιο-ντίζελ κ.λ.π

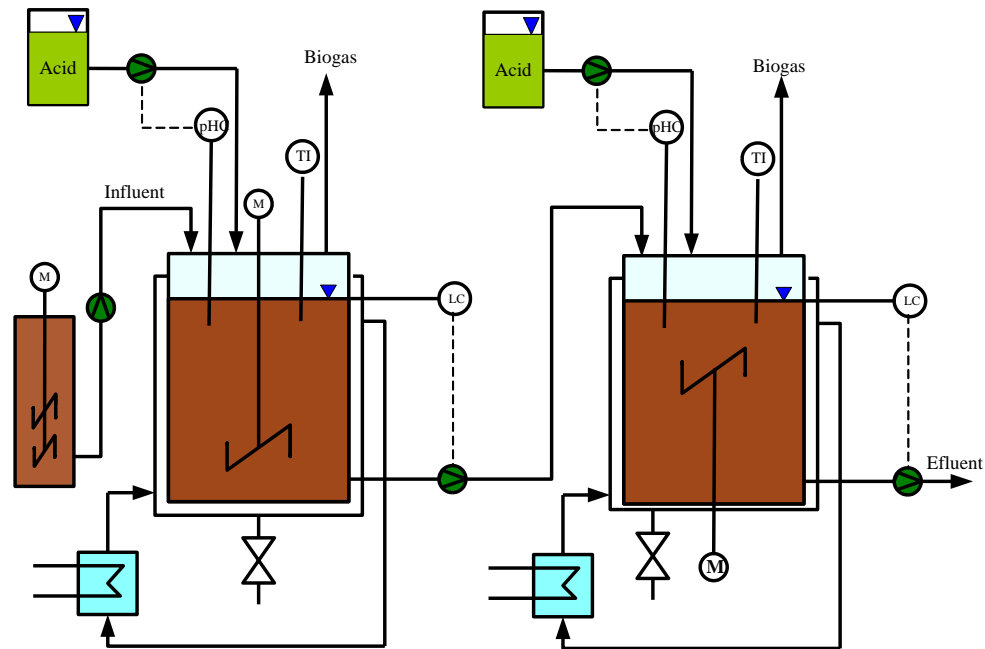
# Αναερόβια χώνευση

- πολύπλοκη βιοχημική διεργασία, κατά την οποία το οργανικό υλικό αποδομείται κυρίως προς μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα
- 4 στάδια : υδρόλυση, οξεογένεση, οξικογένεση και μεθανιογένεση



Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο  
αντιδραστήρες εν σειρά

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά

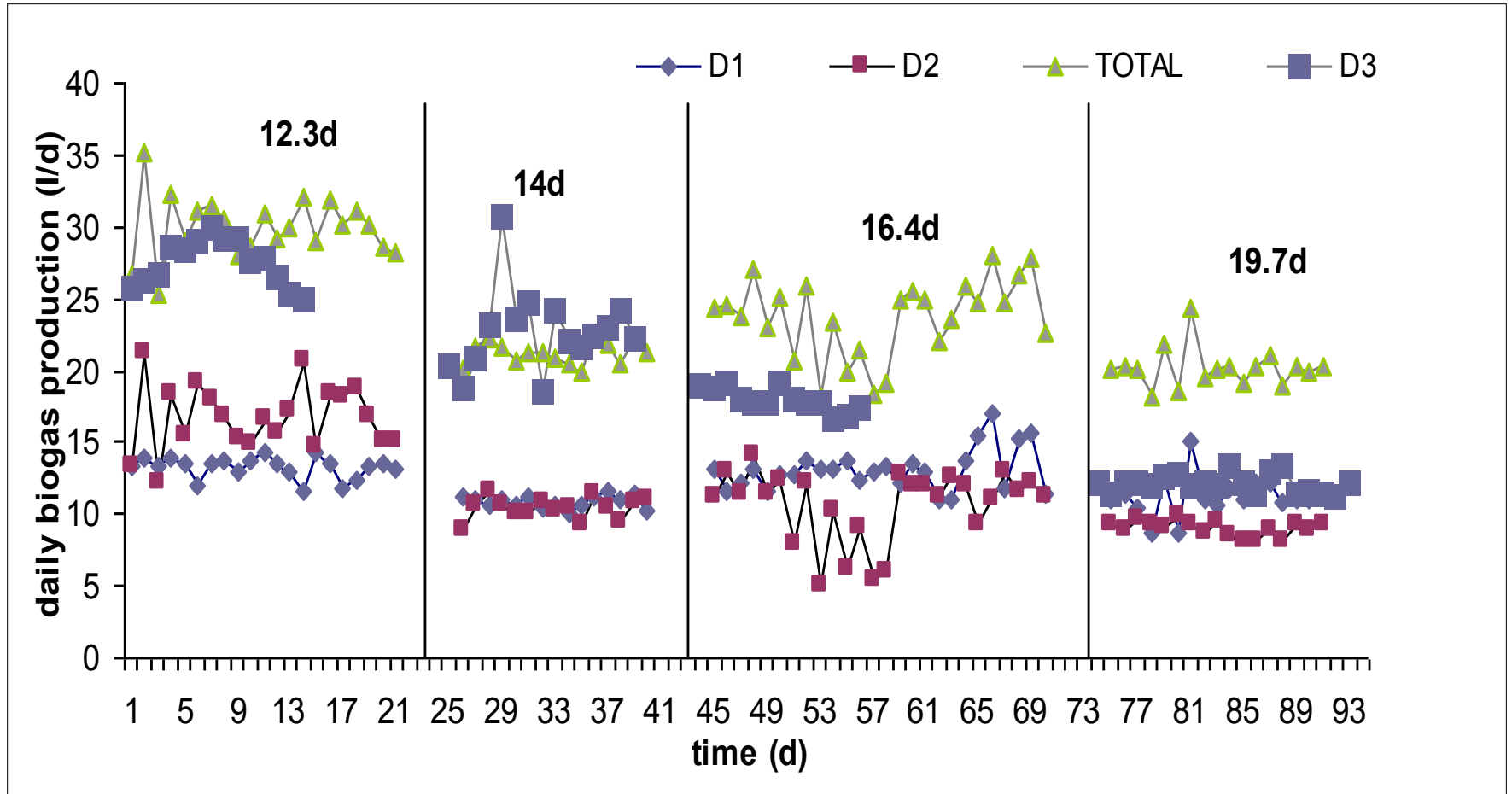


## Χημική ανάλυση της περίσσειας ιλύος

<b>Parameter</b>	<b>Sewage sludge</b>
<b>VSS</b>	19.6 g/l
<b>sCOD</b>	0.58 g/l
<b>conductivity</b>	380 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>pH</b>	7.12

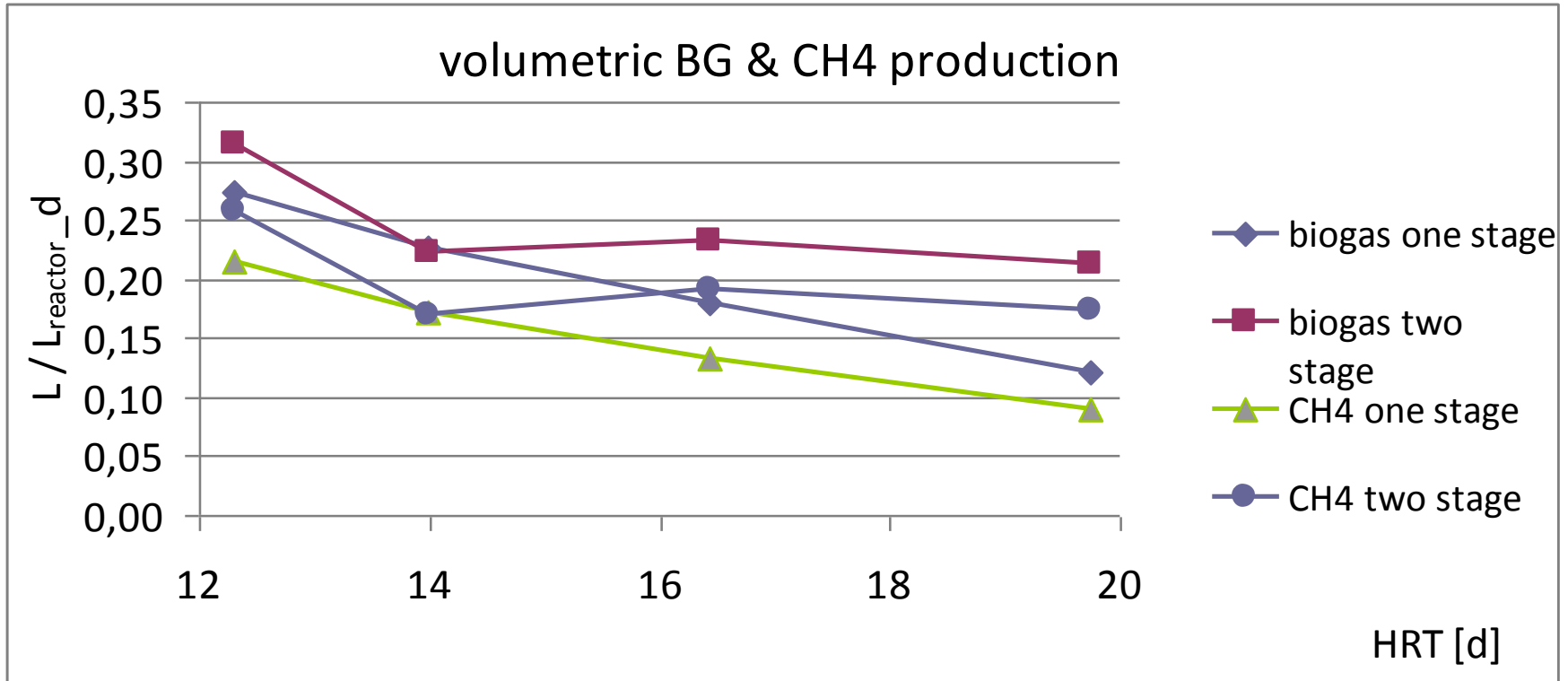


# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



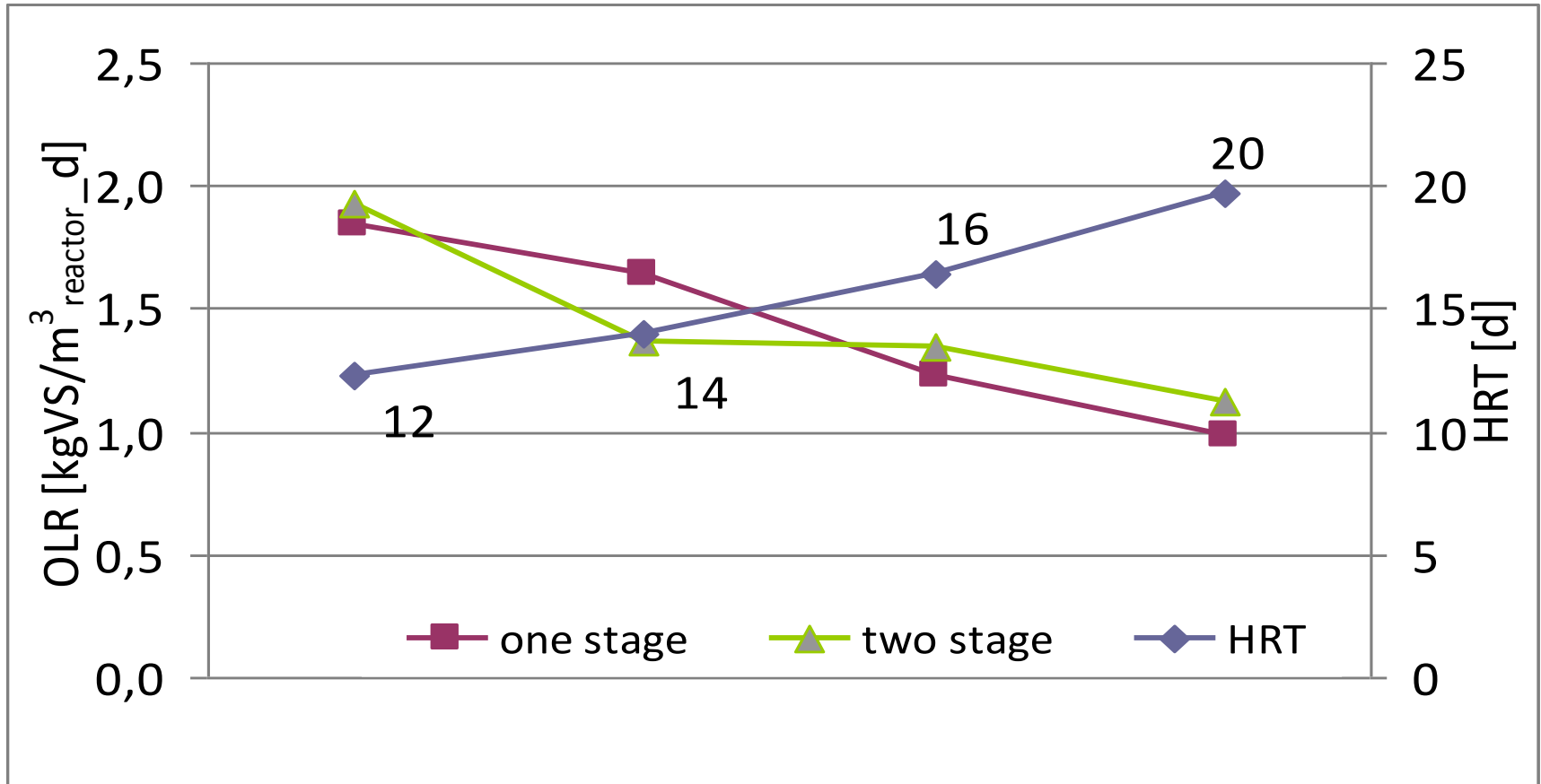
**Figure 2:** Biogas production in serial digestion (D1+D2) and one-step (D3) CSTR process at several HRTs.

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



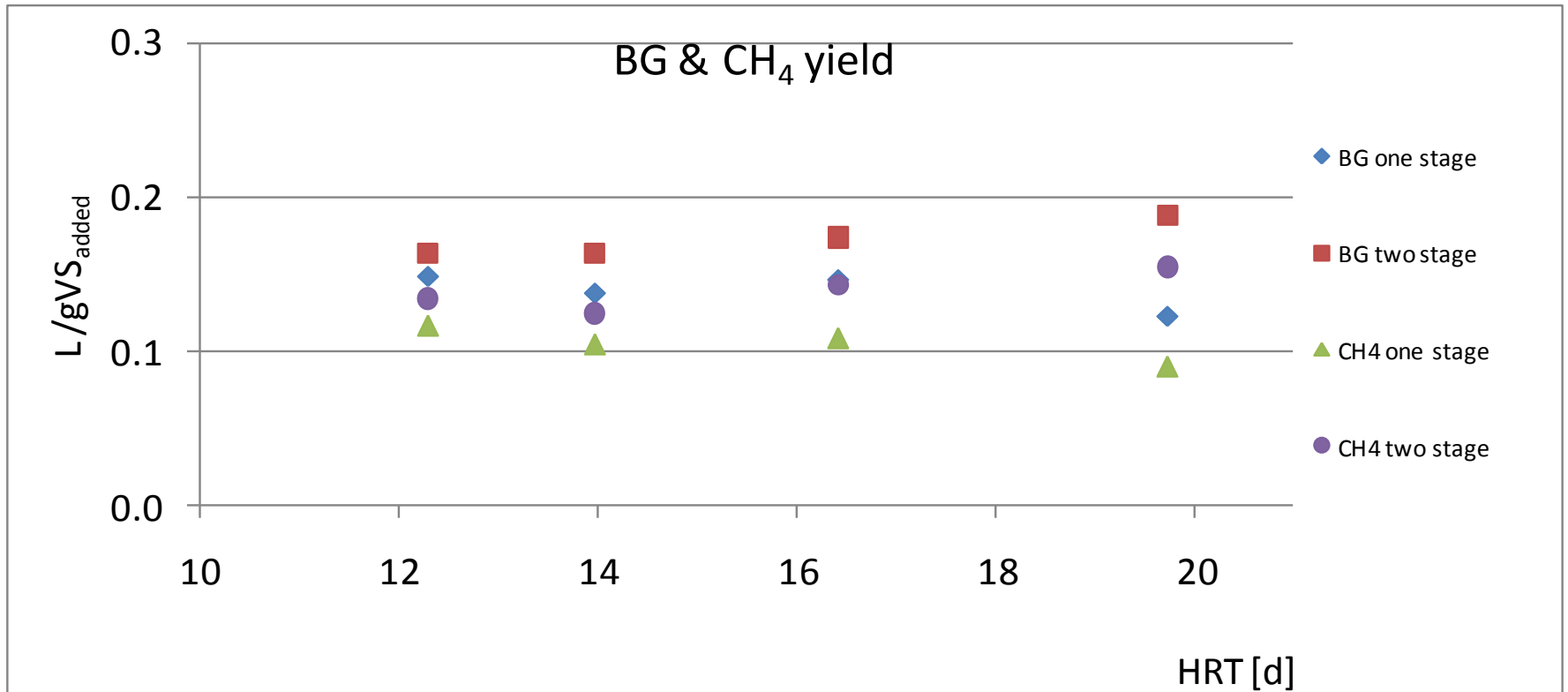
**Figure 3:** Volumetric biogas and methane production rate ( $L_{\text{biogas}}/L_{\text{reactor-d}}$ ) for both systems, versus HRT

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



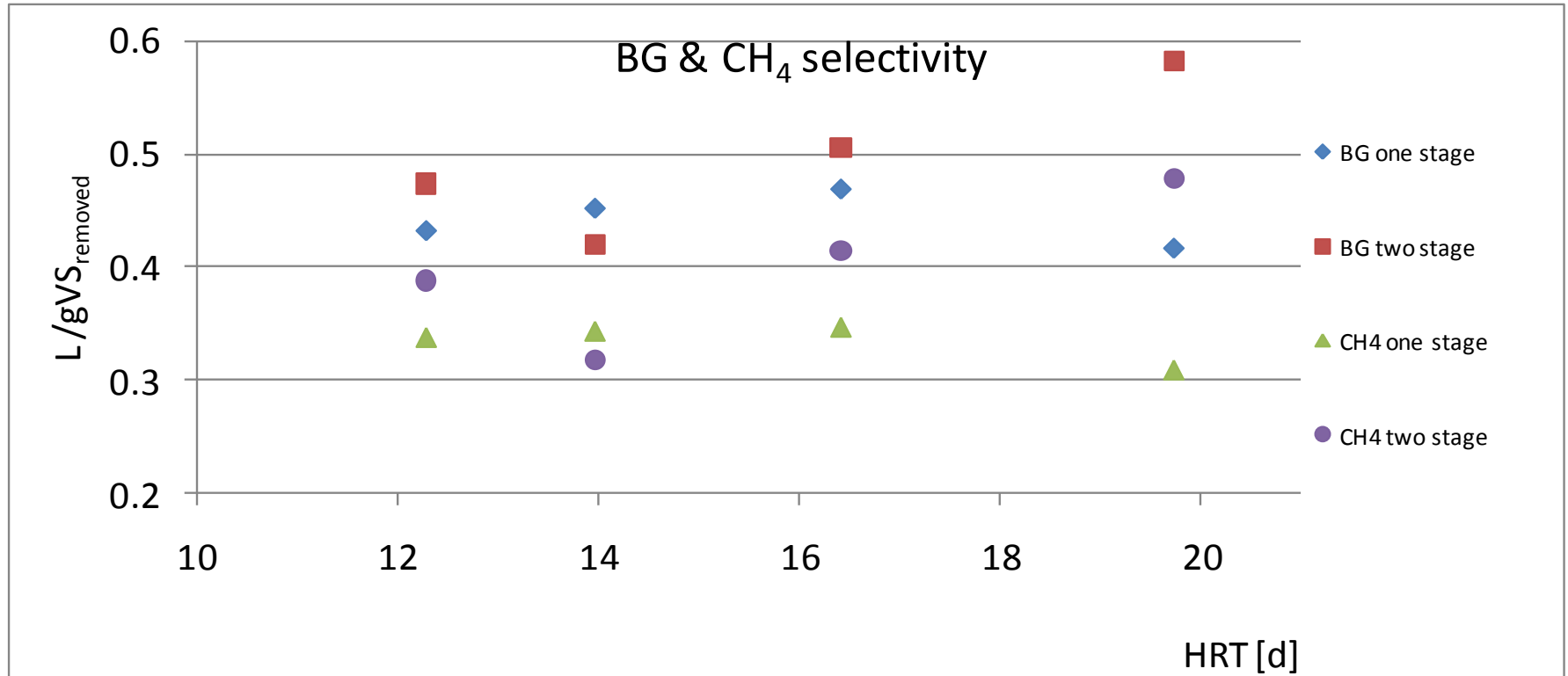
**Figure 4:** Influence of HRT on the OLR (kg TVS /m<sup>3</sup> d) for both systems

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



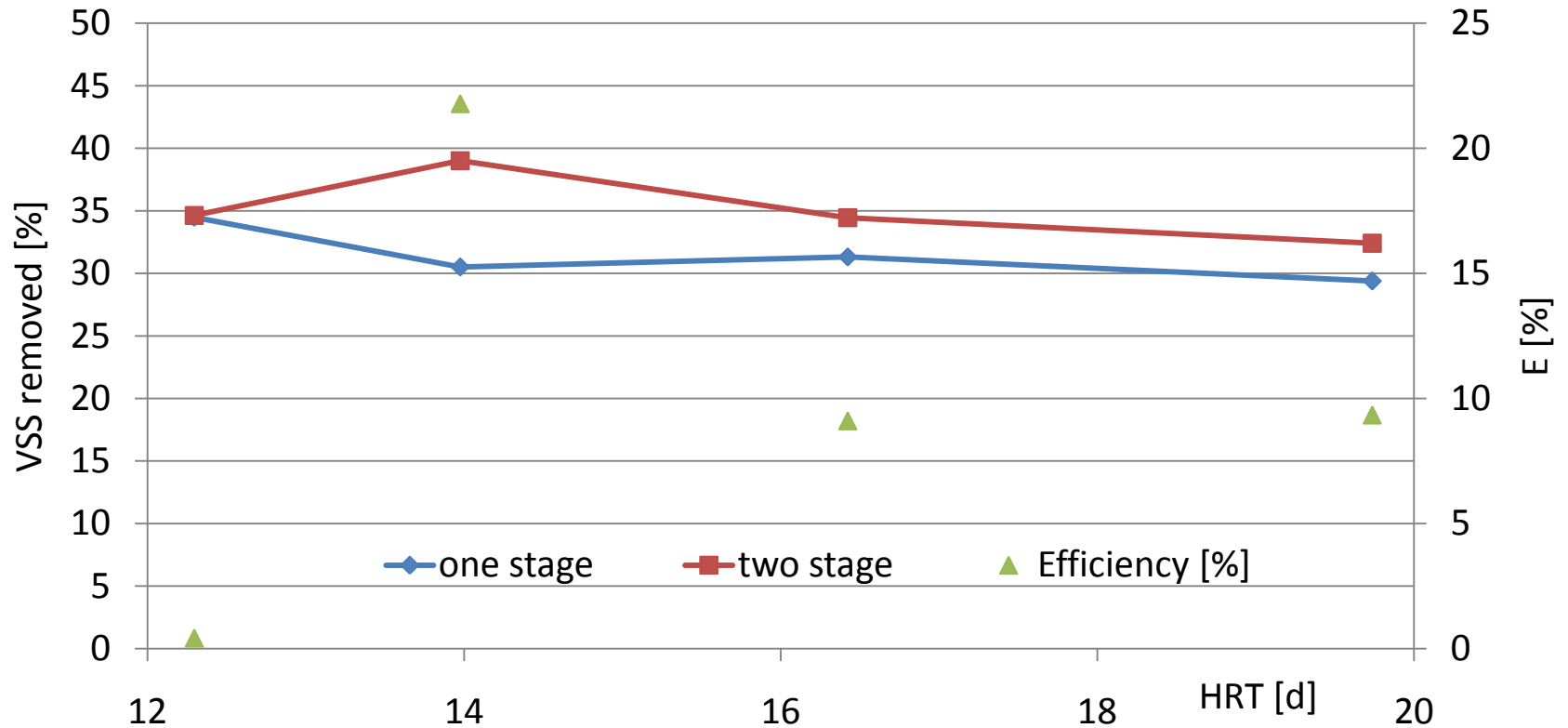
**Figure 5:** Biogas and methane yield ( $\text{m}^3/\text{kgTVS}_{\text{added}}$ ) for both systems, versus HRT

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



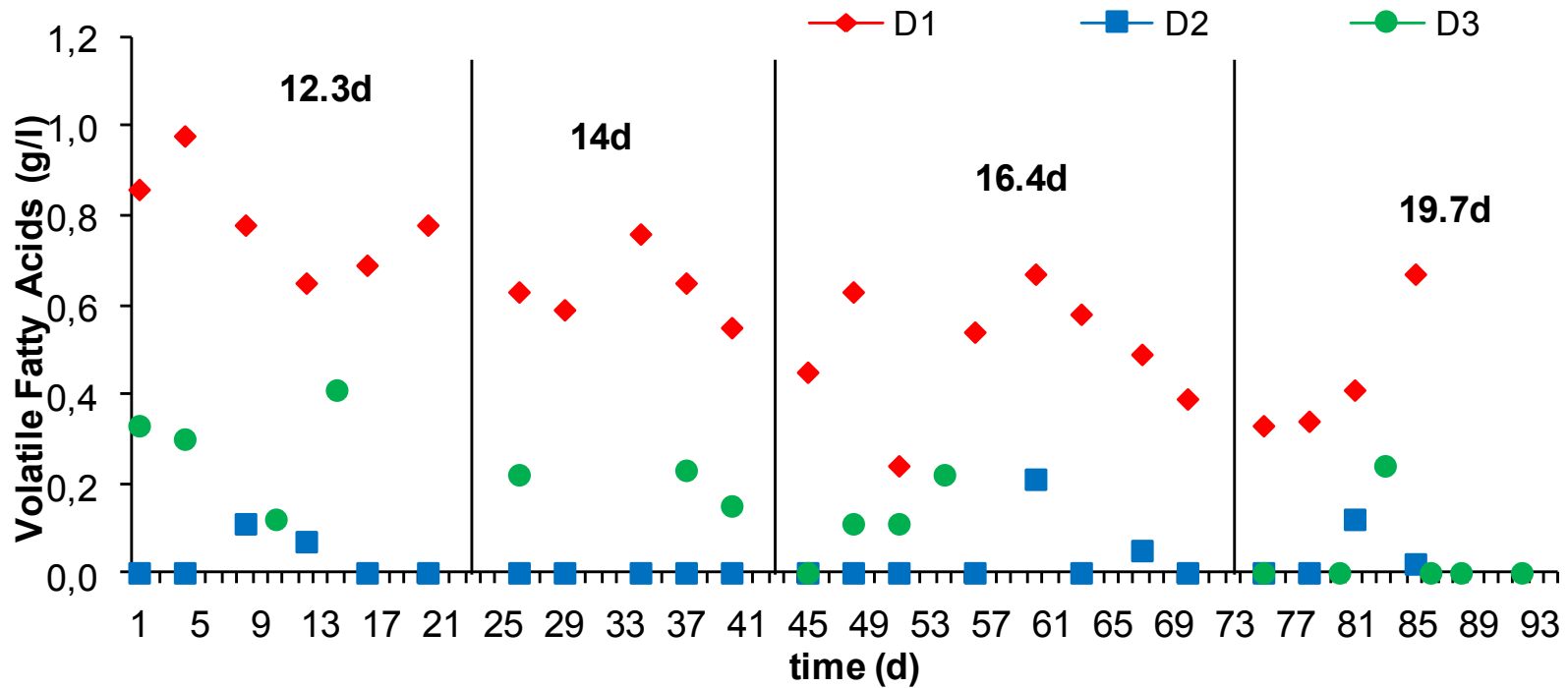
**Figure 6:** Biogas and methane selectivity ( $\text{m}^3/\text{kgTVS}_{\text{degraded}}$ ) for both systems, versus HRT

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



**Figure 7:** Volatile Suspended Solids reduction for both systems, versus HRT

# Αναερόβια επεξεργασία περίσσειας ιλύος σε δύο αντιδραστήρες εν σειρά



**Figure 8:** Total Volatile Fatty Acids in two-stage digestion (D1+D2) and one-stage (D3) CSTR processes at several HRTs

Παραγωγή βιοαερίου σε ένα μοναδιαίο αναερόβιο αντιδραστήρα (D3) και σε ένα σύστημα 2 αντιδραστήρων εν σειρά (D1+D2) υπό το πρίσμα διαφορετικών υδραυλικών χρόνων παραμονής

Parameter	Cascade			One stage	% difference
	D1	D2	D1+D2	D3	
HRT 12.3d					
Biogas production (l/d)	13.2	16.7	30.0	27.4	+9.5
Biogas yield (l/gCODin)			2.6	2.2	+15.2
HRT 14d					
Biogas production (l/d)	10.9	10.4	21.2	22.7	-6.8
Biogas yield (l/gCODin)			3.6	2.5	+29.7
HRT 16.4d					
Biogas production (l/d)	12.8	10.6	23.4	18.0	+23.3
Biogas yield (l/gCODin)			3.7	2.5	+31.9
HRT 19.7d					
Biogas production (l/d)	11.2	9.0	20.2	12.1	+40.1
Biogas yield (l/gCODin)			4.9	4.1	+16.0

Η μείωση των πτητικών αιωρούμενων στερεών κυμαίνεται μεταξύ 31,5% and 33,8% για τον μονό αντιδραστήρα και μεταξύ 36,2% και 40,7% για το διπλό σύστημα



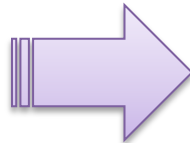
# Συν-επεξεργασία μίγματος τυροκομικού αποβλήτου και ιλύος



# Συν-επεξεργασία μίγματος τυροκομικού αποβλήτου και ιλύος

Συνεπεξεργασία μίγματος τυροκομικού αποβλήτου και ιλύος σε αναερόβιο αντιδραστήρα τύπου CSTR

- ✓ 20%-80%
- ✓ 30%-70%
- ✓ 40%-60%



$\tau_1=19,7d$

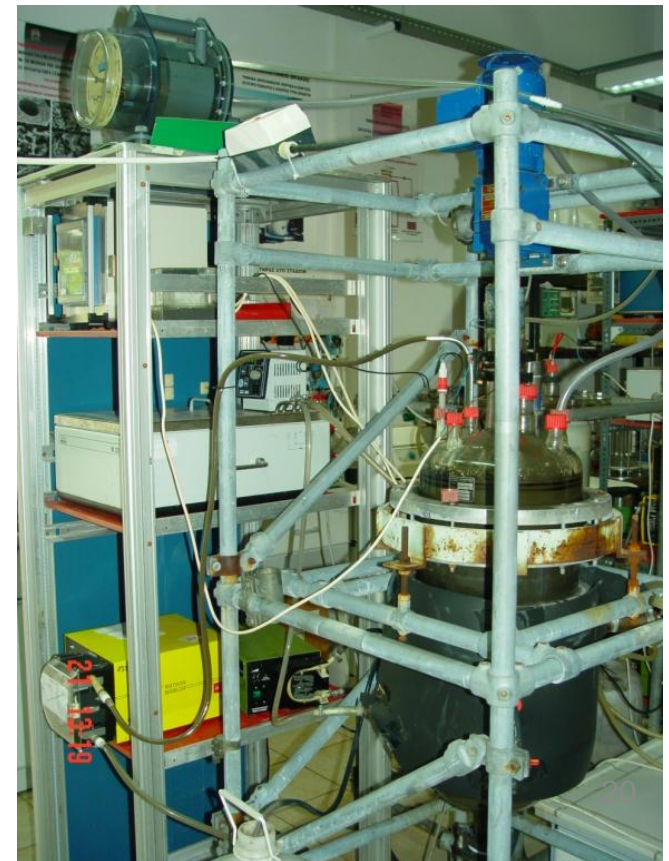
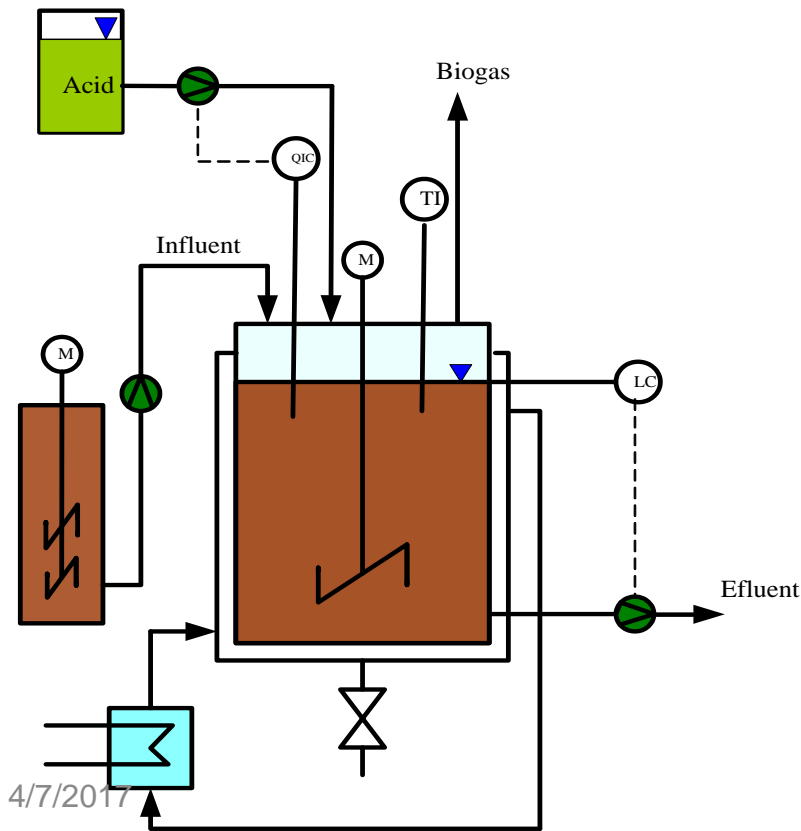
$\tau_2=16,4d$

Η μελέτη της επίδρασης των διαφόρων λειτουργικών παραμέτρων:

- ✓ υδραυλικός χρόνος παραμονής,
- ✓ ογκομετρικός ρυθμός φόρτισης COD και TVS  
αποτελεσματικότητα της διεργασίας
- ✓ απομάκρυνση COD και TVS,
- ✓ παραγωγή βιοαερίου

# Υλοποίηση

Η αναερόβια χώνευση της απορριπτόμενης ενεργού ιλύος σε συνεπεξεργασία με τυροκομικά απόβλητα πραγματοποιήθηκε σε έναν αντιδραστήρα CSTR.





4/7/2017



# Εργαστηριακές μετρήσεις

Χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD)

Πρωτεΐνες-Σάκχαρα



Αιωρούμενα Στερεά (MLSS, MLVSS)

Αμμωνιακό άζωτο



Ολικό άζωτο κατά Kjeldahl  
(Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

# Αποτελέσματα - Σχολιασμός

Παράμετροι	Τυρόγαλο	Ιλύς
pH	5,9	7,2
Αγωγιμότητα	5,83 mS	1,8 mS
COD	70 gr/l	2 g/L
Πρωτεΐνες	4 gr/l	2g/L
Αλκαλικότητα	0	4

# Αποτελέσματα

Παράμετροι εισόδου

$Q_e = 2,28 [L/d]$

$TVS_0 = 29,5 [Kg/m^3]$

$SS_0 = 20,54 [Kg/m^3]$

$VSS_0 = 16,34 [Kg/m^3]$

$L_{TVS,0} = 0,067 [Kg/d]$

$L_{SS,0} = 0,047 [Kg/d]$

$L_{VSS,0} = 0,037 [Kg/d]$

$L_{PSS,0} = 1,49 [KgTVS/m^3d]$

$L_{S,0} = 1,04 [KgSS/m^3d]$

$L_{V,0} = 0,83 [KgVSS/m^3d]$

$\tau_{COD,0} = 44,1 [d]$

$\tau_{S,0} = 15,2 [d]$

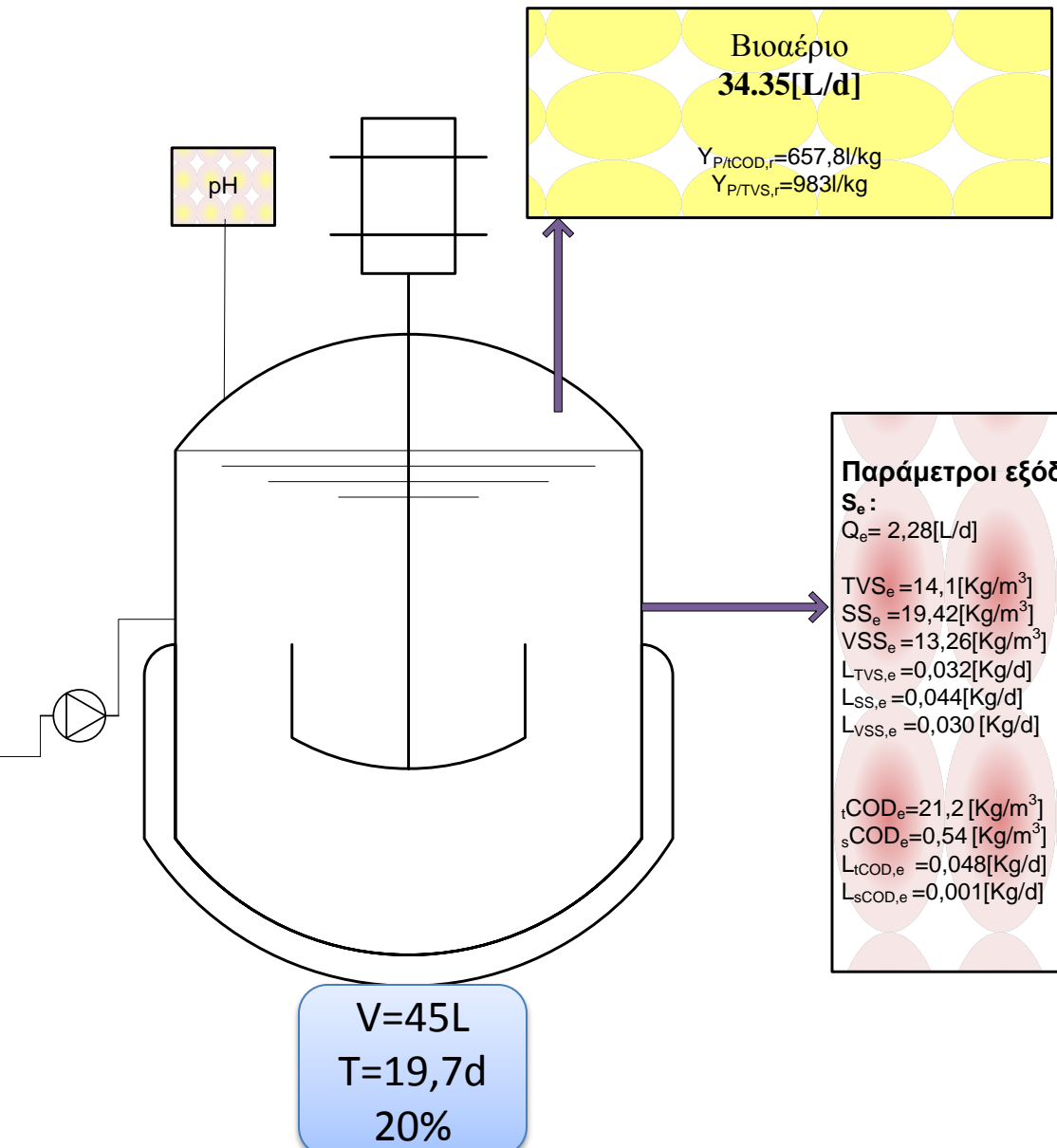
$\tau_{V,0} = 0,10 [d]$

$L_{\tau_{COD},0} = 0,036 [KgCOD/m^3d]$

$L_{\tau_{S},0} = 2,23 [KgCOD/m^3d]$

$L_{\tau_{V},0} = 0,80 [KgCOD/m^3d]$

4/7/2017



Παράμετροι εξόδου

$S_e :$   
 $Q_e = 2,28 [L/d]$

$TVS_e = 14,1 [Kg/m^3]$

$SS_e = 19,42 [Kg/m^3]$

$VSS_e = 13,26 [Kg/m^3]$

$L_{TVS,e} = 0,032 [Kg/d]$

$L_{SS,e} = 0,044 [Kg/d]$

$L_{VSS,e} = 0,030 [Kg/d]$

$\tau_{COD,e} = 21,2 [Kg/m^3]$

$\tau_{S,e} = 0,54 [Kg/m^3]$

$L_{\tau_{COD},e} = 0,048 [Kg/d]$

$L_{\tau_{S},e} = 0,001 [Kg/d]$



# Αποτελέσματα

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΙΣΡΟΗΣ

$Q_e = 2,28 [L/d]$

$TVS_0 = 29,7 [Kg/m^3]$

$SS_0 = 20,1 [Kg/m^3]$

$VSS_0 = 16,00 [Kg/m^3]$

$L_{TVS,0} = 0,068 [Kg/d]$

$L_{SS,0} = 0,046 [Kg/d]$

$L_{VSS,0} = 0,036 [Kg/d]$

$L_{FS,0} = 1,51 [KgTVS/m^3d]$

$L_{SS,0} = 1,02 [KgSS/m^3d]$

$L_{VSS,0} = 0,81 [KgVSS/m^3d]$

$L_{FS,0} = 44,5 [KgCOD/m^3d]$

$L_{SS,0} = 20,1 [KgSS/m^3d]$

$L_{VSS,0} = 0,10 [KgVSS/m^3d]$

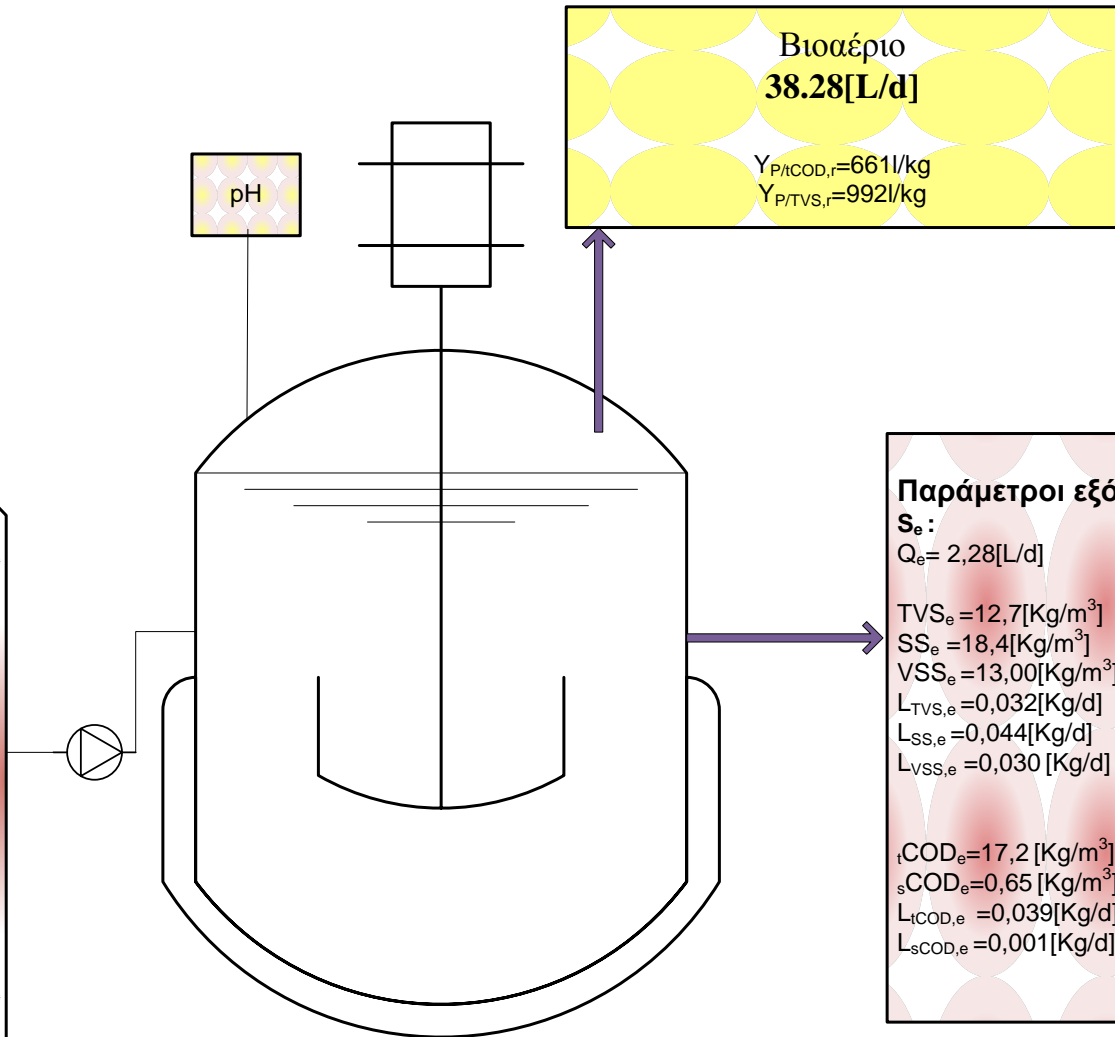
$L_{FS,0} = 0,047 [KgCOD/m^3d]$

$L_{SS,0} = 2,25 [KgCOD/m^3d]$

$L_{VSS,0} = 1,05 [KgCOD/m^3d]$

4/7/2017

pH



V=45L  
T=19,7d  
30%

**Παράμετροι εξόδου**

$S_e :$

$Q_e = 2,28 [L/d]$

$TVS_e = 12,7 [Kg/m^3]$

$SS_e = 18,4 [Kg/m^3]$

$VSS_e = 13,00 [Kg/m^3]$

$L_{TVS,e} = 0,032 [Kg/d]$

$L_{SS,e} = 0,044 [Kg/d]$

$L_{VSS,e} = 0,030 [Kg/d]$

$i_{COD,e} = 17,2 [Kg/m^3]$

$s_{COD,e} = 0,65 [Kg/m^3]$

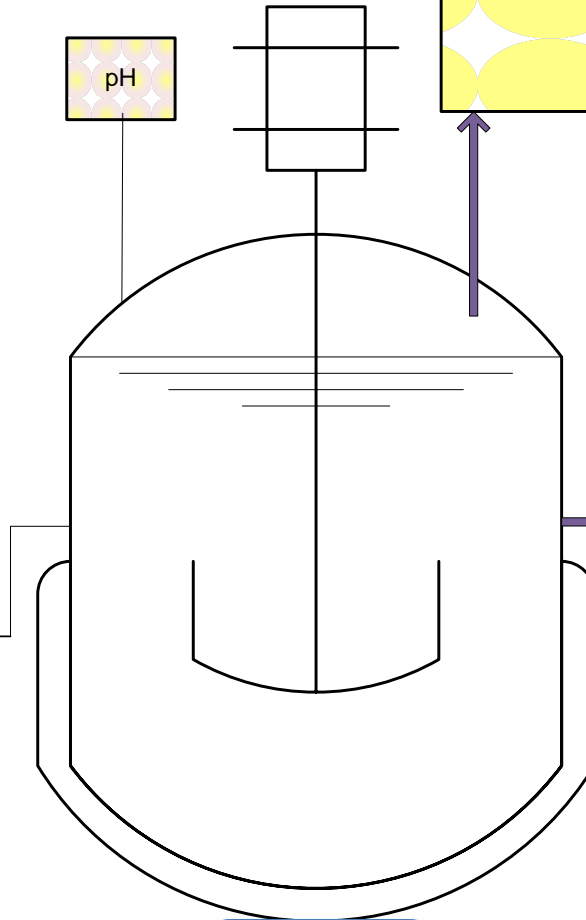
$L_{iCOD,e} = 0,039 [Kg/d]$

$L_{sCOD,e} = 0,001 [Kg/d]$

# Αποτελέσματα

**Παράμετροι εισόδου**  
 $Q_e = 2,28 [L/d]$   
 $T_{S_0} = 30,1 [Kg/m^3]$   
 $SS_0 = 17,5 [Kg/m^3]$   
 $VSS_0 = 13,1 [Kg/m^3]$   
 $L_{TVS,0} = 0,069 [Kg/d]$   
 $L_{SS,0} = 0,040 [Kg/d]$   
 $L_{VSS,0} = 0,030 [Kg/d]$   
 $L_{FS,0} = 1,53 [Kg TVS/m^3 d]$   
 $L_{S,0} = 0,89 [Kg SS/m^3 d]$   
 $L_{V,0} = 0,66 [Kg VSS/m^3 d]$   
 $\mu = 45,2 [d^{-1}]$   
 $\mu_{max} = 27,1 [d^{-1}]$   
 $K_s = 0,10 [Kg/m^3]$   
 $L_{FS,0} = 0,062 [Kg/d]$   
 $L_{S,0} = 2,29 [Kg COD/m^3 d]$   
 $L_{V,0} = 1,39 [Kg COD/m^3 d]$   
 4/7/2017

pH

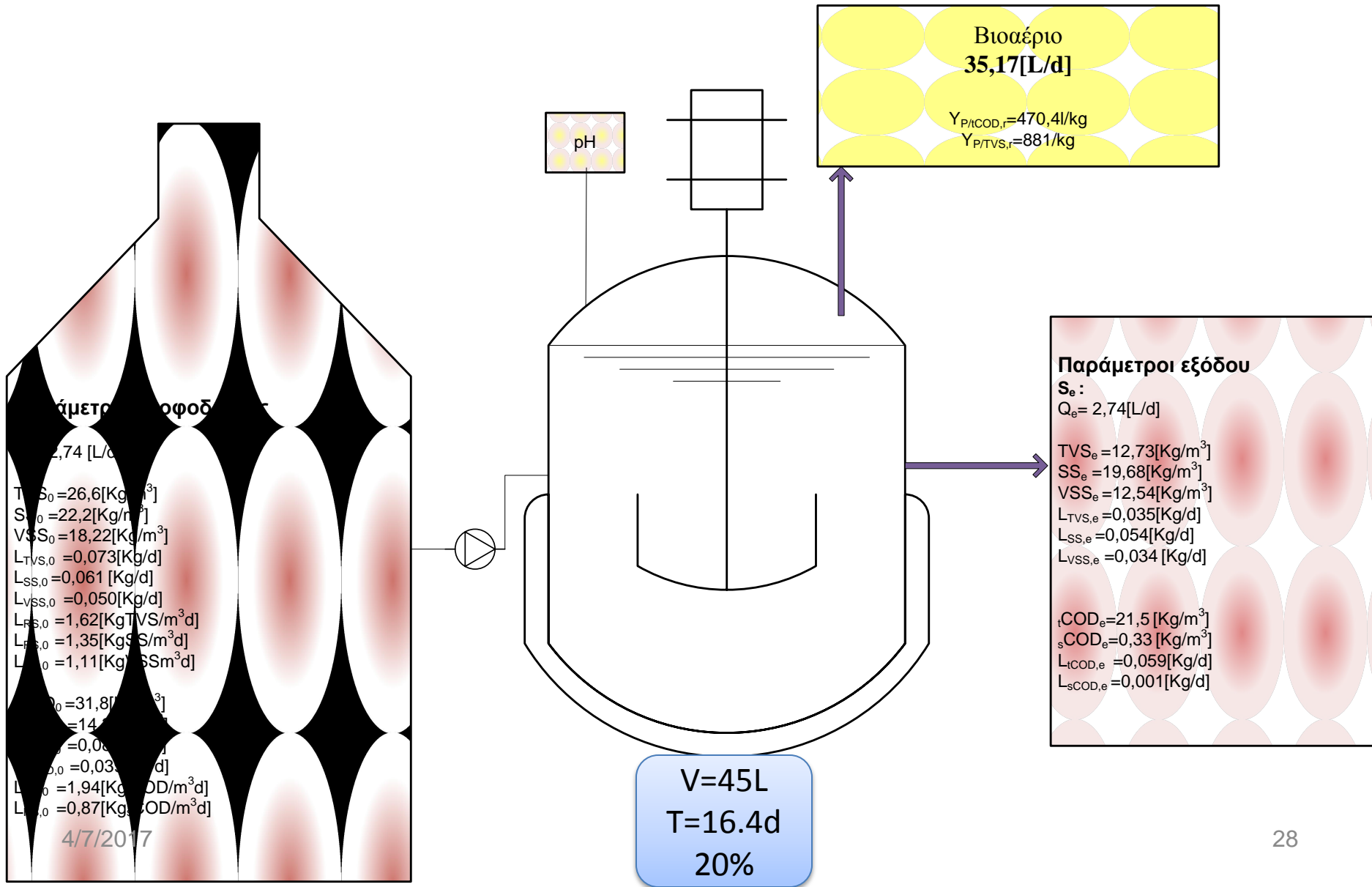


V=45L  
 T=19,7d  
 40%

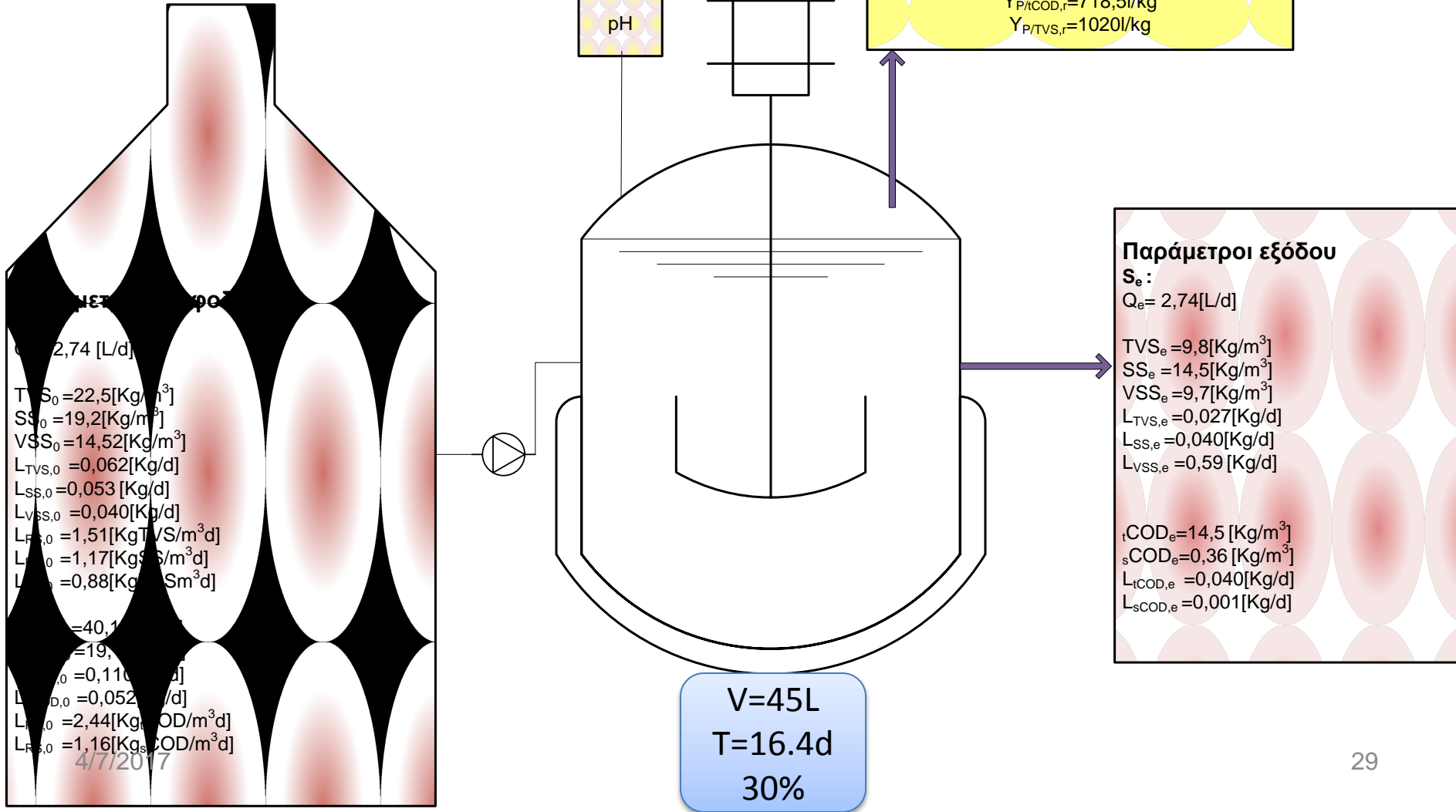
**Βιοαέριο**  
**48.83[L/d]**  
 $Y_{P/COD,r} = 765,7 [l/kg]$   
 $Y_{P/TVS,r} = 1150 [l/kg]$

**Παράμετροι εξόδου**  
 $S_e$ :  
 $Q_e = 2,28 [L/d]$   
 $TVS_e = 11,5 [Kg/m^3]$   
 $SS_e = 16,28 [Kg/m^3]$   
 $VSS_e = 11,37 [Kg/m^3]$   
 $L_{TVS,e} = 0,026 [Kg/d]$   
 $L_{SS,e} = 0,037 [Kg/d]$   
 $L_{VSS,e} = 0,001 [Kg/d]$   
 $i_{COD,e} = 17,2 [Kg/m^3]$   
 $s_{COD,e} = 0,35 [Kg/m^3]$   
 $L_{iCOD,e} = 0,039 [Kg/d]$   
 $L_{sCOD,e} = 0,001 [Kg/d]$

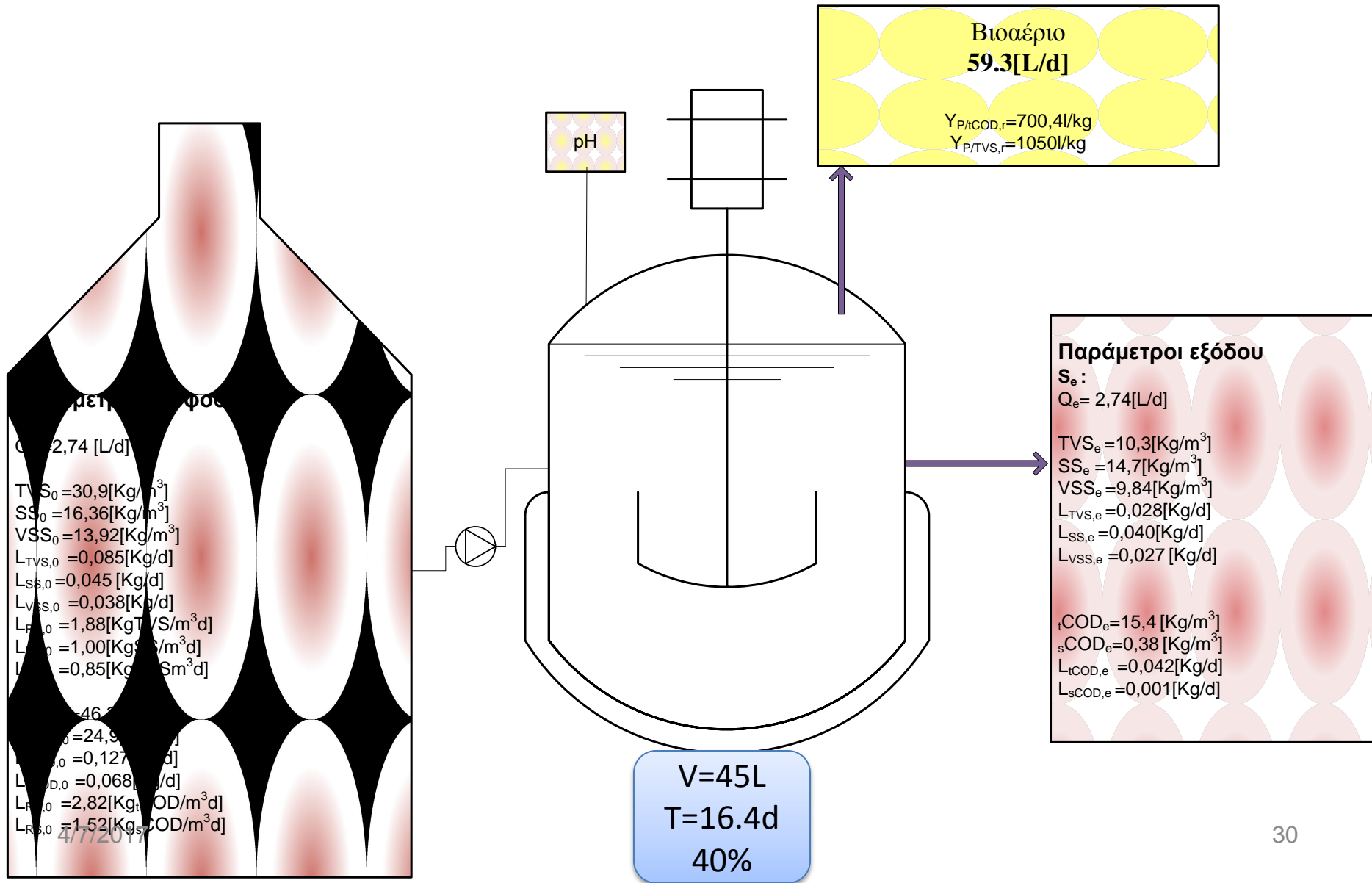
# Αποτελέσματα



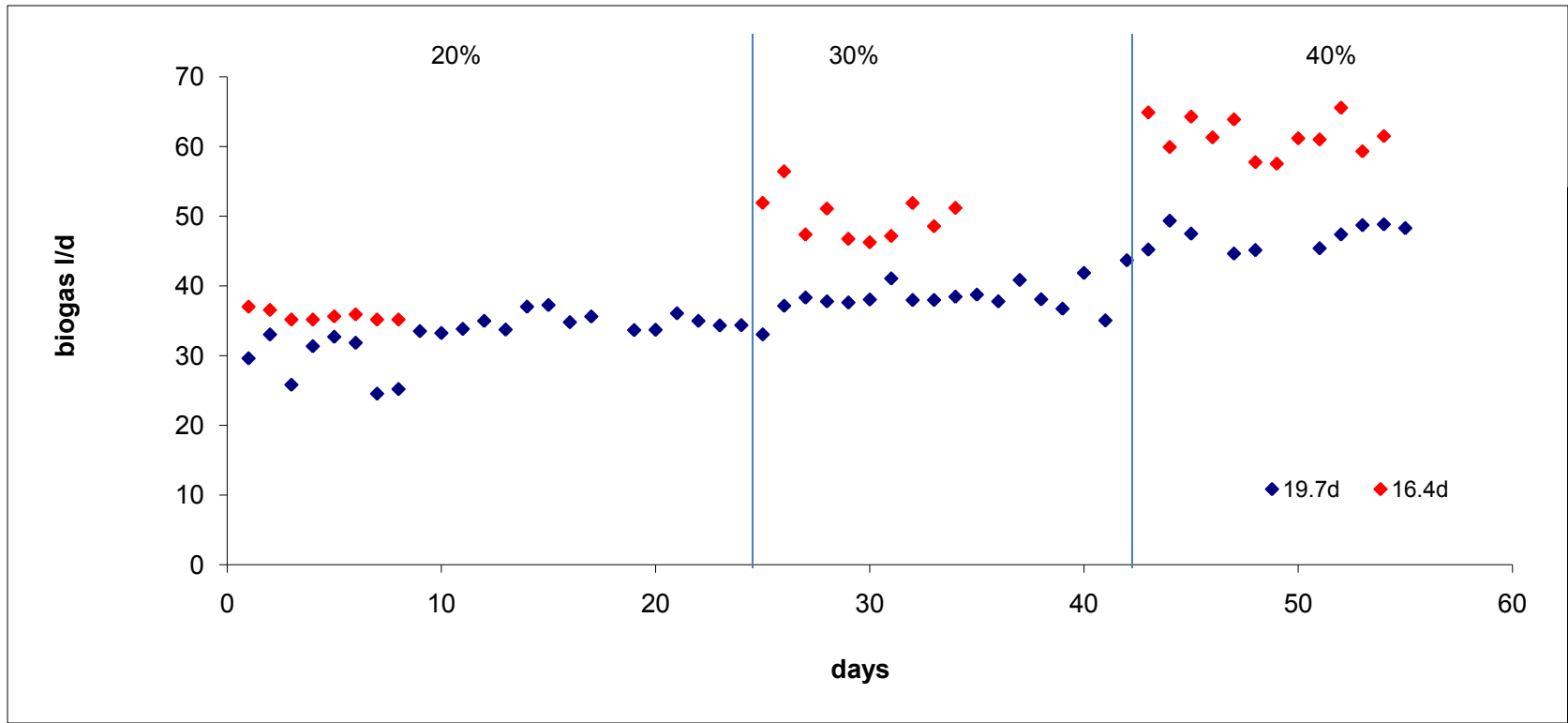
# Αποτελέσματα



# Αποτελέσματα



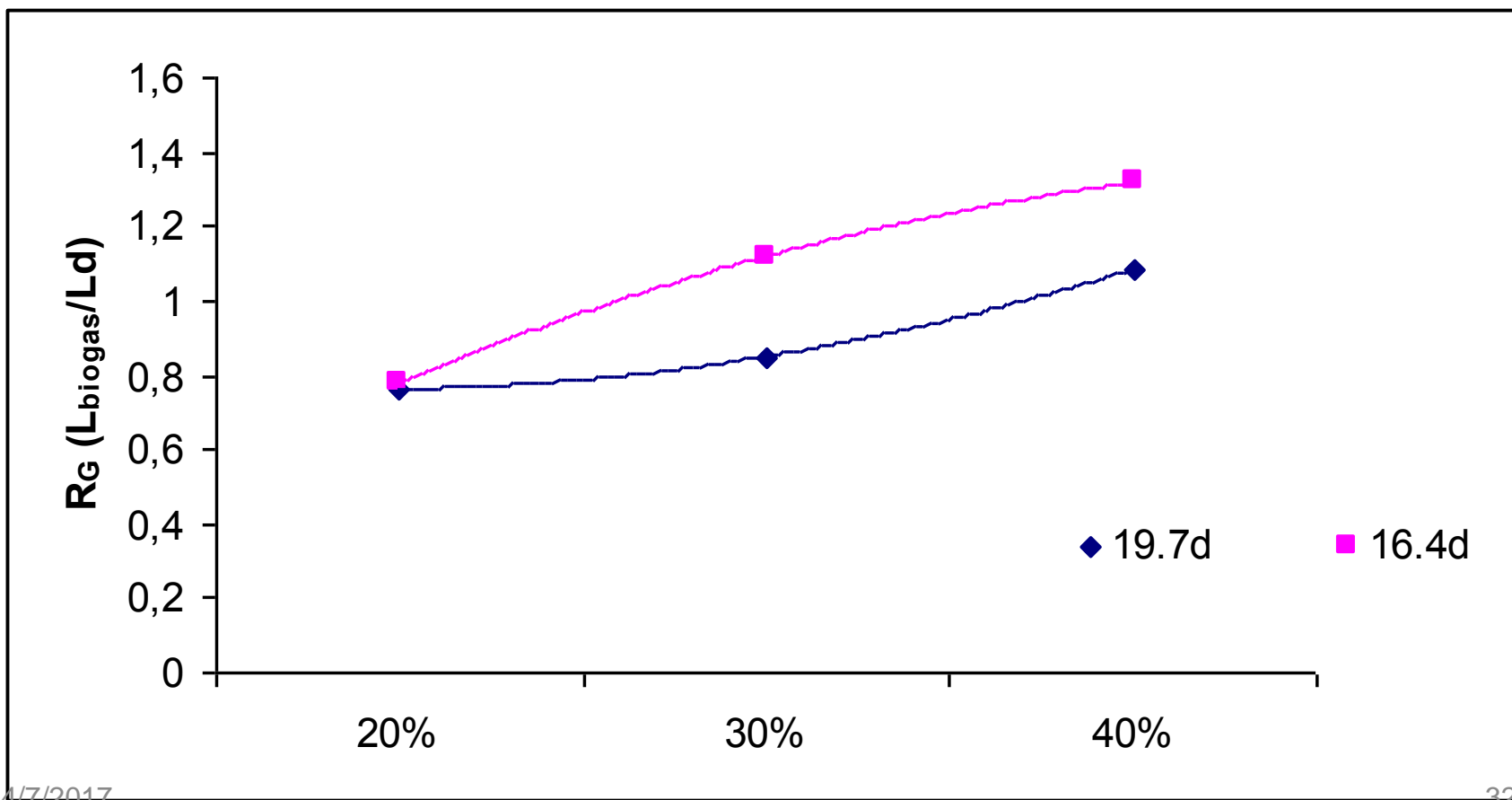
# Αποτελέσματα - Παραγωγή βιοαερίου



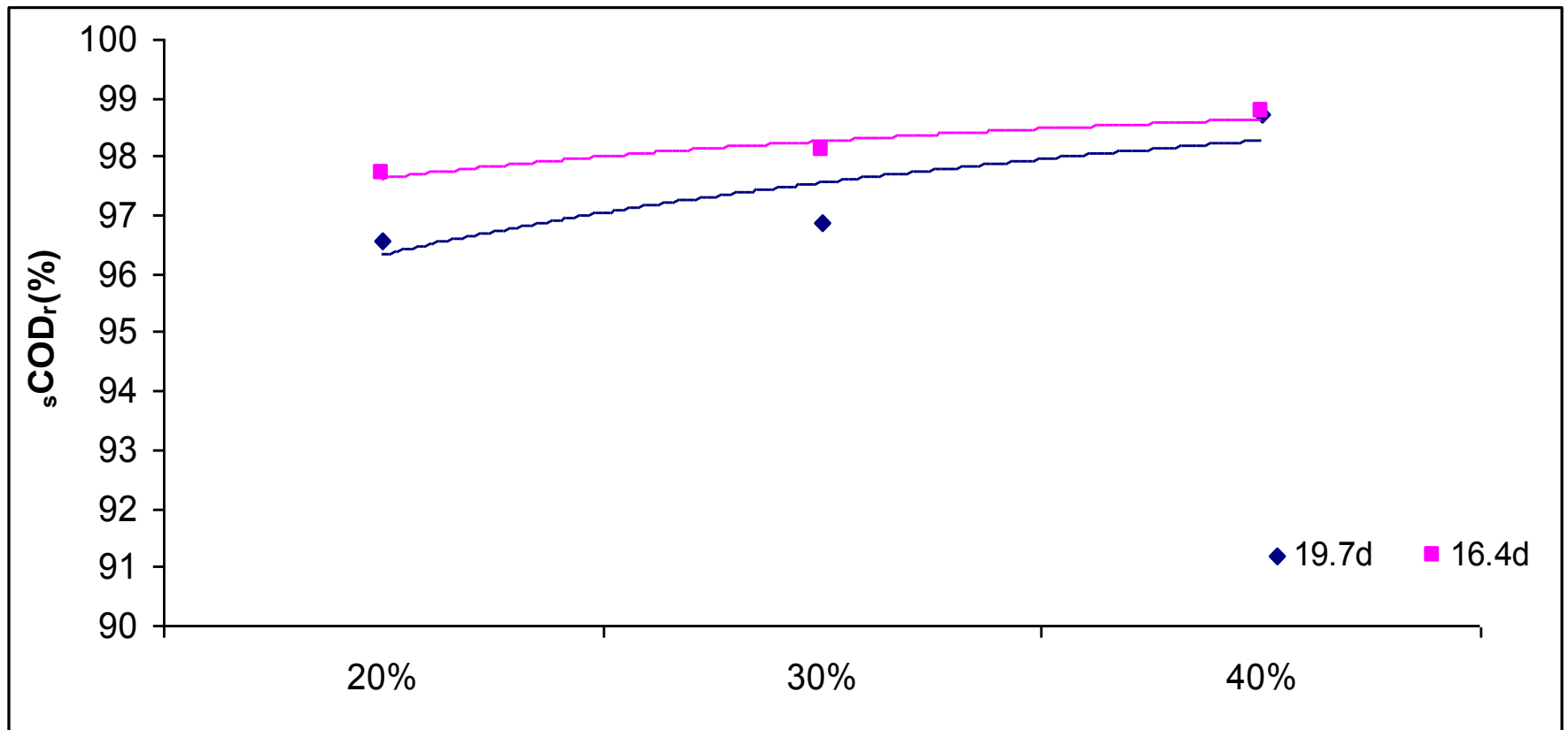
# Αποτελέσματα - Παραγωγή βιοαερίου

Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου

0,18 και 0,12 L/L\_d ενεργός ιλύς!!

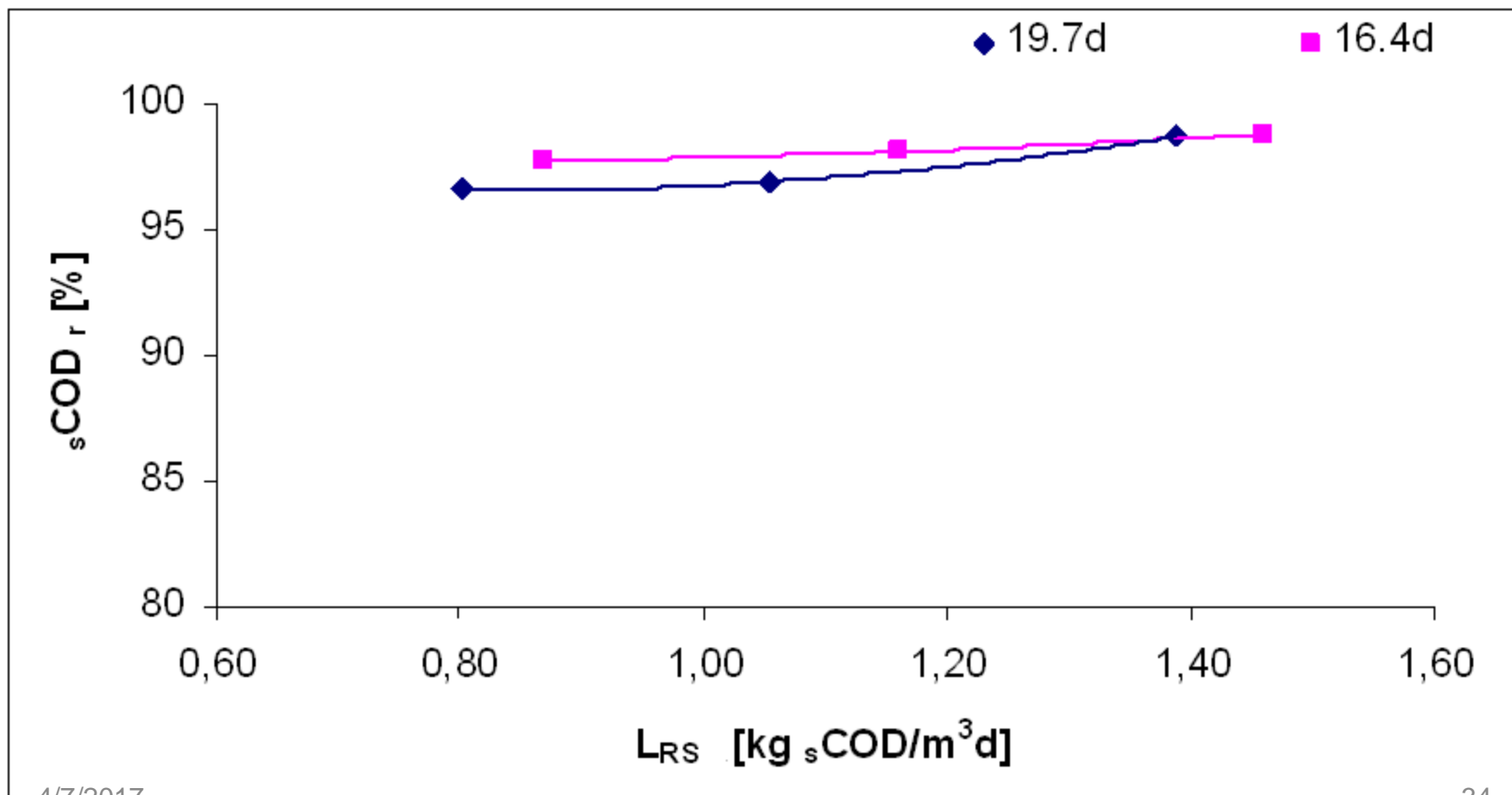


# Αποτελέσματα – Απομάκρυνση COD

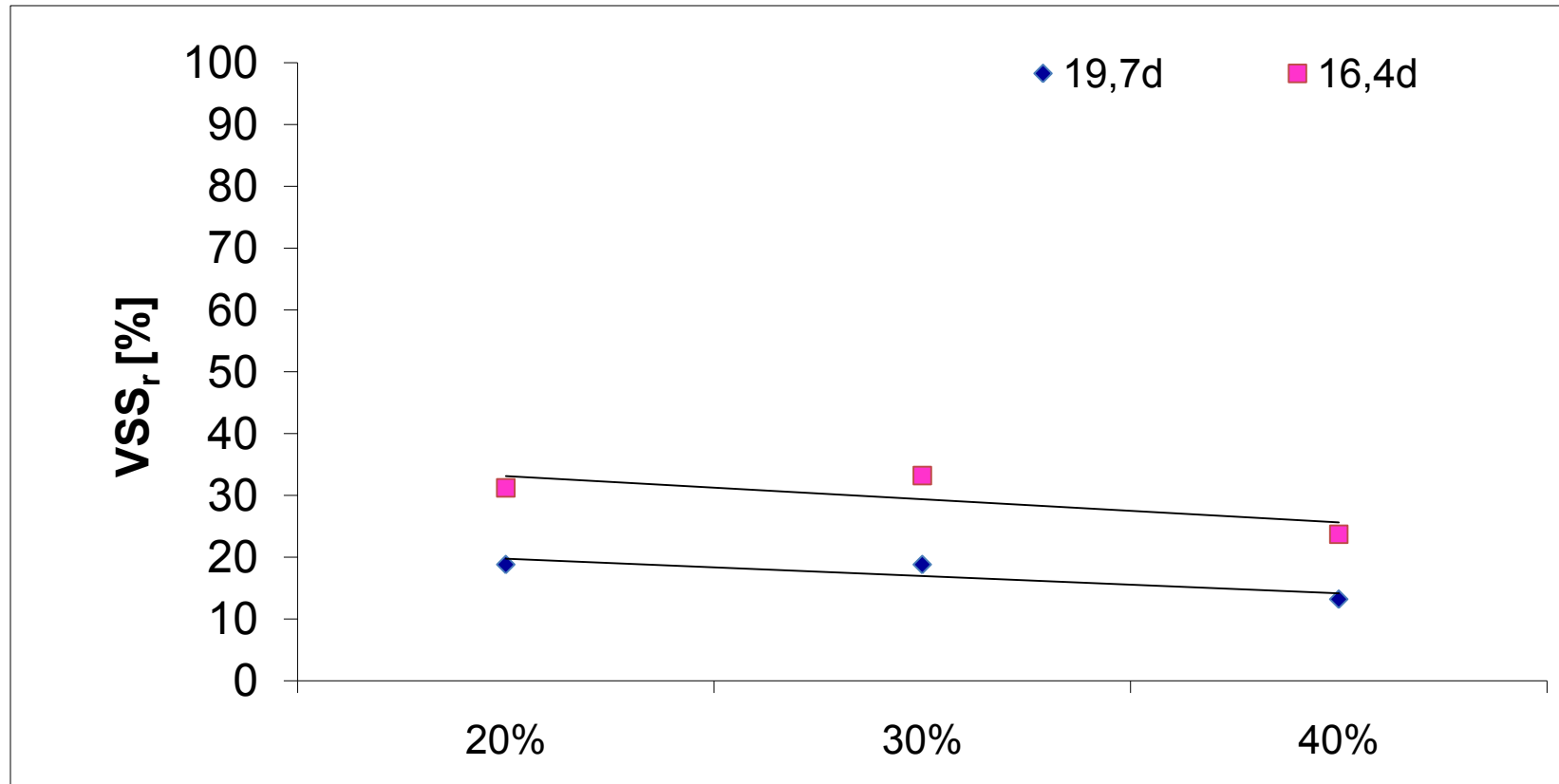




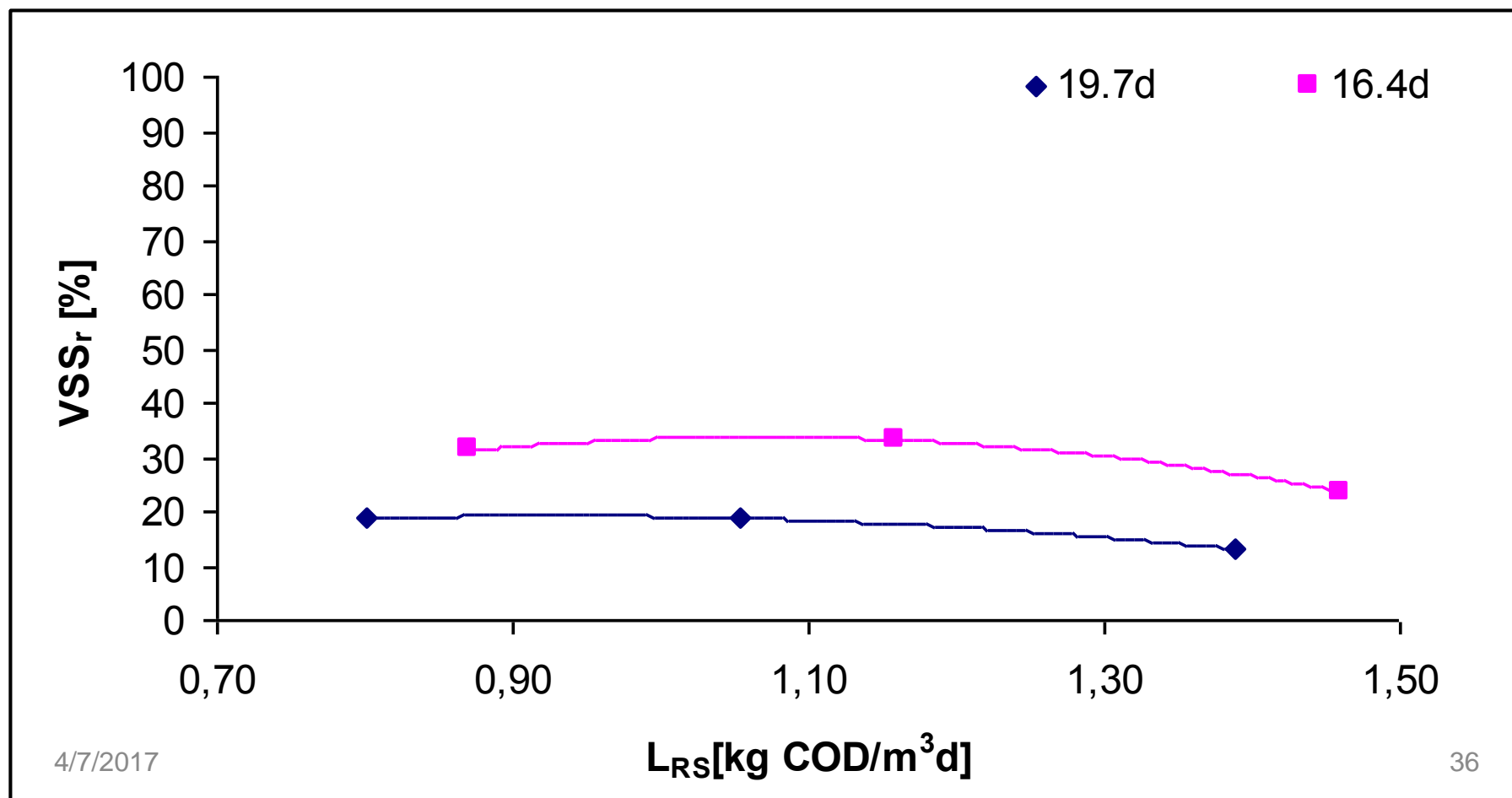
# Αποτελέσματα – Απομάκρυνση COD οργανική φόρτιση του διαλυτού COD



# Αποτελέσματα – Απομάκρυνση στερεών

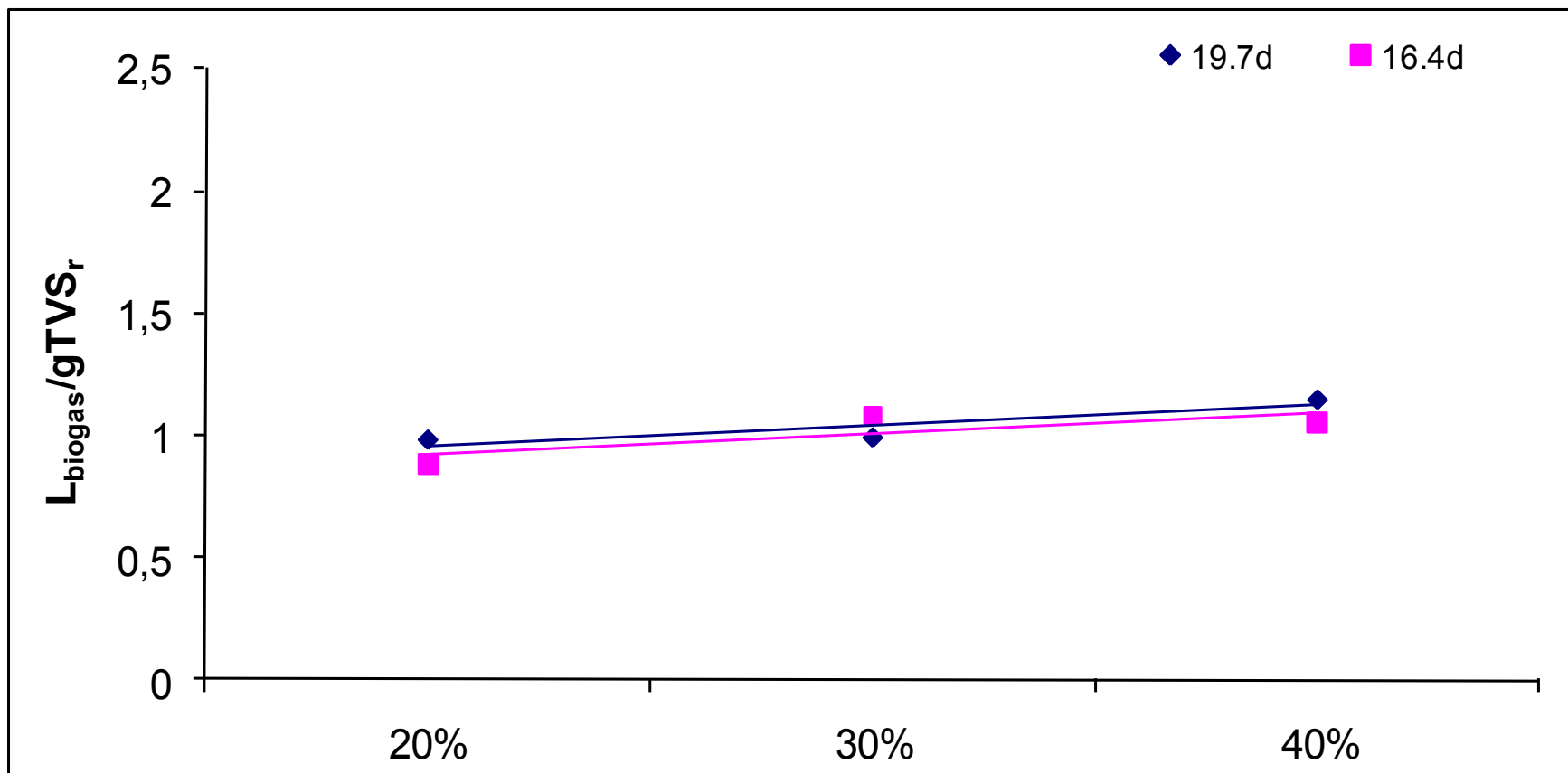


# Αποτελέσματα – Απομάκρυνση στερεών οργανική φόρτιση του στερεών



# Αποτελέσματα – Απομάκρυνση στερεών εκλεκτικότητα

0,48 και 0,41 L/gTVSr ενεργός ιλύς!!



# Συγκεντρωτικά αποτελέσματα επεξεργασίας μικτού αποβλήτου

		Σύσταση μίγματος τυρόγαλου-ιλύος		
		20%	30%	40%
<b>Βιοαέριο</b> <b>(L/d)</b>	$\tau_1=19,7d$	34,35	38,28	48,83
	$\tau_2=16,4d$	35,17	50,4	59,3
<b>R<sub>G</sub> (L/L_d)</b>	$\tau_1=19,7d$	0,76	0,85	1,08
	$\tau_2=16,4d$	0,78	1,12	1,32
<b>sCOD<sub>rem</sub> (%)</b>	$\tau_1=19,7d$	96,6	96,9	98,7
	$\tau_2=16,4d$	97,7	98,1	98,8
<b>VSS<sub>rem</sub> (%)</b>	$\tau_1=19,7d$	18,8	18,8	13,2
	$\tau_2=16,4d$	31,2	33,2	23,7
<b>Εκλεκτικότητα</b> <b>(L<sub>biogas</sub>/gTVS<sub>rem</sub>)</b>	$\tau_1=19,7d$	0,98	0,99	1,15
	$\tau_2=16,4d$	0,88	1,08	1,05

# Υπολογισμός βιοαερίου για την πόλη της Αλεξανδρούπολης

Για  $Q=25 \text{ m}^3/\text{d}$  και  $\text{COD}= 67 \text{ kg}/\text{m}^3$  αποβλήτου

↓  
 $1675 \text{ kg COD}_{\text{τυρόγαλου}}/\text{d}$

$u=95\%$

↓  
 $1591 \text{ kg COD}_r \text{ τυρόγαλου}/\text{d}$

$Y_p=0,65 \text{ m}^3 \text{ biogas}/\text{kg COD}_r$

↓  
 $1034 \text{ m}^3 \text{ βιοαέριο}/\text{d}$

$75\% \text{ CH}_4 \text{ στο βιοαέριο}$

↓  
 $775,7 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{d}$

$*10 \text{ kWh}/\text{m}^3 \text{ Αντιστοιχούν σε}$

↓  
 $7757 \text{ kWh}$

$*3600 \text{ kJ}/\text{kwh}$

↓  
 $27.926.438 \text{ kJ}/\text{d}$

# Υπολογισμός βιοαερίου για την πόλη της Αλεξανδρούπολης

## Ηλεκτρικό ρεύμα

$$7757 \text{ kWh} * 0,35 = \mathbf{2715 \text{ kWh/d}}$$

Για την Αλεξανδρούπολη

$$\mathbf{2500 \text{ kWh/d}}$$

## Θέρμανση

$$7757 \text{ kWh} * 0,55 = 4267 \text{ kWh/d}$$

$$Q_{\text{available}} = 15.359.541 \text{ kJ/d}$$

$$Q_{\text{βιολογικού}} = 100 \text{ m}^3/\text{d} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 125 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{τυρόγαλου}} = 25 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$c_p = 4200 \text{ KJ/m}^3 \text{ και } \Delta T = 20^\circ \text{ C}$$

$$Q_{\text{required}} = 10.500.000 \text{ kJ/d}$$

$$K = 4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K} \cdot \text{h}$$

$$A = 468 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ολικό}} = 937 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 35^\circ \text{ C}$$

$$Q_{\text{loss}} = 3.147.395 \text{ kJ/d}$$

$$Q_{\text{remained}} = Q_{\text{available}} - Q_{\text{required}} - Q_{\text{loss}} = 1.712.145 \text{ kJ/d}$$

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αποφυγή παραγωγής περιττής εντροπίας είναι ανώτατη προτεραιότητα και περιλαμβάνει:

✓ κάθε δυνατότητα οικονομικής αιεφόρου διαχείρισης πολύτιμων, δηλαδή εντροπικά πτωχών, πόρων

✓ αξιοποίησης του συστημικά εγγενούς ενεργειακού δυναμικού άλλων εντροπικά πλούσιων δευτερογενών πηγών, προερχομένων από υγρά απόβλητα, τα οποία από μόνα τους δεν οδηγούνται σε μία διακεκριμένη επεξεργασία

Ενώ, οδηγούνται είτε στη φύση είτε σε κάποια καταστροφική αερόβια επεξεργασία.



# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πλεονέκτημα της συνεπεξεργασίας αγροτοβιομηχανικών υγρών αποβλήτων με ιλύ σε μονάδες αναερόβιας χώνευσης έναντι της επεξεργασίας σκέτης ιλύος είναι μεγάλο και αυτό διαπιστώθηκε από την παραγωγή βιοαερίου στο πείραμα

Συνήθως οι μονάδες αναερόβιας χώνευσης αστικών λυμάτων διαστασιολογούνται για υδραυλικούς χρόνους παραμονής που κυμαίνονται μεταξύ 22-30 ημέρες

Όμως, όπως διαπιστώθηκε από το πείραμα, 15-20 ημέρες επαρκούν για το επιθυμητό αποτέλεσμα.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παραγωγή βιοαερίου → σημαντικά υψηλή

Απομάκρυνση COD → τα ποσοστά είναι ιδιαίτερα υψηλά αφού ξεπερνούν το 95%

Απομάκρυνση των στερεών → χαμηλή για όλα τα ποσοστά και στους δύο χρόνους παραμονής

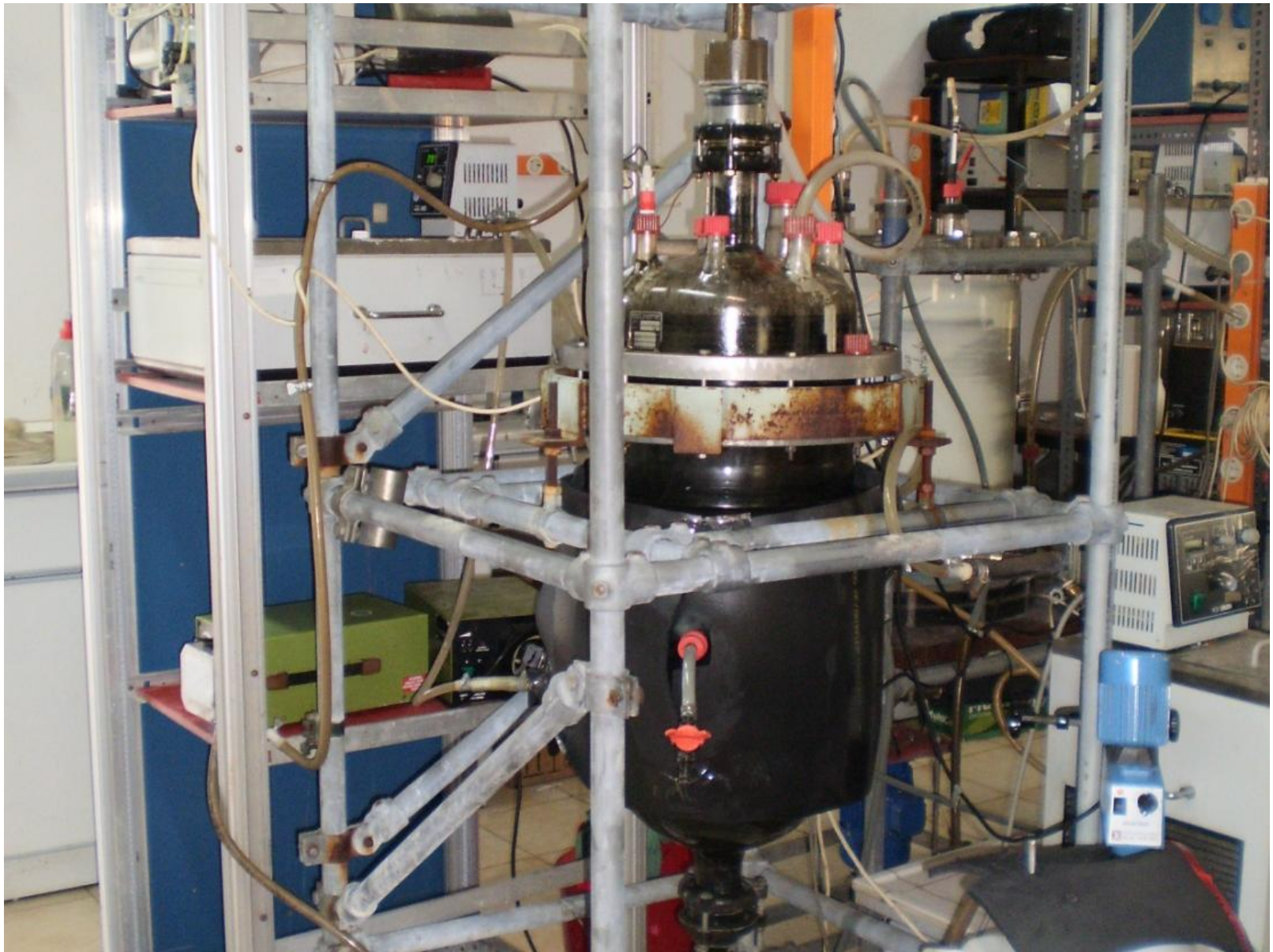
Η συνεπεξεργασία ίλυος και αποβλήτου τυροκομείου είναι κατά πολύ αποδοτικότερη από την επεξεργασία μόνο ίλυος ή από την επεξεργασία σκέτου τυρόγαλου

Στην περίπτωση της Αλεξανδρούπολης η συνεπεξεργασία τυρόγαλου με ίλύ με ποσοστό αναλογίας 20%-80% είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τελικό συμπέρασμα:

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μία ιδιαίτερα αποτελεσματική και οικονομικά συμφέρουσα μέθοδο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων τυροκομείων, με μεγάλο της πλεονέκτημα την παραγωγή βιοαερίου και κατά συνέπεια ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, ιδιότητα που την καθιστά απόλυτα συμβατή με τις σύγχρονες απαιτήσεις για την εκμετάλλευση των Α.Π.Ε.



Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος  
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης  
Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Αξιολόγηση αναερόβιας συν-χώνευσης περίσσειας  
ιλύος βιολογικών καθαρισμών και γλυκερόλης από  
την παραγωγή βιοντίζελ

# Αναερόβια χώνευση

● Η αναερόβια επεξεργασία παχυμένης ενεργού ιλύος εφαρμόζεται για:

- ✗ σταθεροποίηση μέσω αποικοδόμησης των πτητικών συστατικών
  - ✗ καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών
  - ✗ παραγωγή βιοαερίου (ενεργειακά αυτόαρκτης διαδικασία)

## ΣΤΟΧΟΣ

- Η υψηλότερη (βέλτιστη) εκμετάλλευση υπαρχόντων μονάδων αναερόβιων χωνευτών ενεργού ιλύος ως προς την ενεργειακή παραγωγή σε μορφή βιοαερίου ( $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ ).
- Η ευρύτερη εφαρμογή αναερόβιων συστημάτων για παραγωγή ενέργειας (δεδομένων των “αμετάτρεπτα”, υψηλών τιμών πετρελαίου) από μεικτά υποστρώματα ενεργού ιλύος με υγρά απόβλητα:
  - ✗ βιομηχανίας τροφίμων
  - ✗ σφαγείων
  - ✗ ελαιουργείων
  - ✗ κατάλοιπα παραγωγής βιο-ντίζελ κ.λ.π

# Υλοποίηση

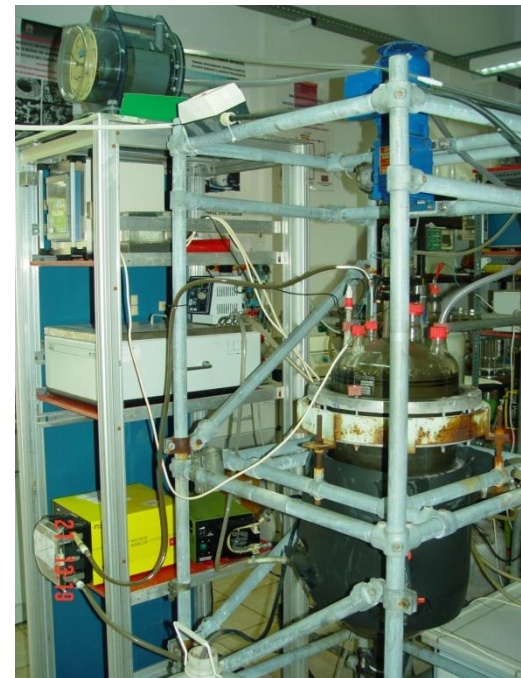
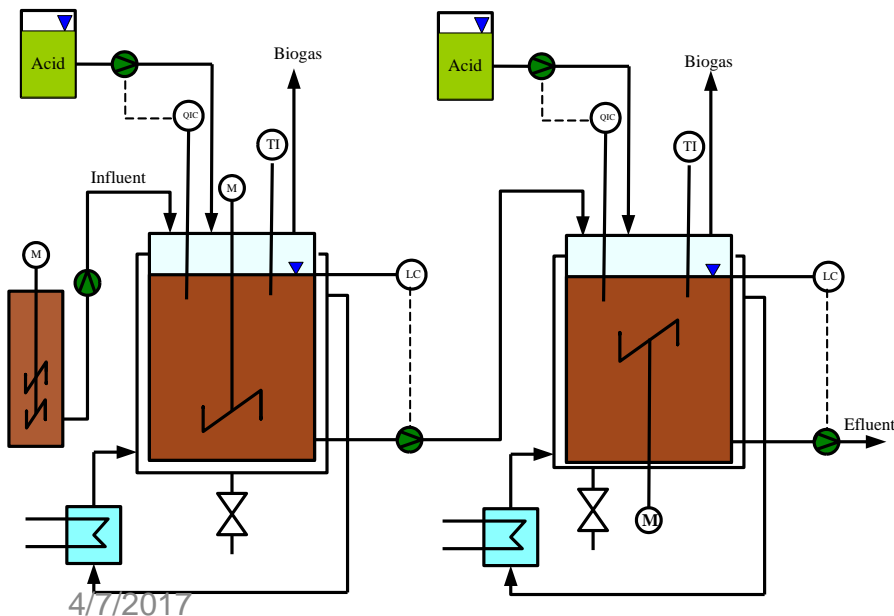
Η αναερόβια χώνευση της απορριπτόμενης ενεργού ιλύος σε συνεπεξεργασία με αγροτοβιομηχανικά υγρά απόβλητα πραγματοποιείται σε δύο συστήματα αντιδραστήρων συνεχούς λειτουργίας.

- Αναερόβια χώνευση σε συστοιχία δύο αντιδραστήρων

✘  $V=40L$  και  $60L$  αντίστοιχα

- Αναερόβια χώνευση σε σύστημα ενός σταδίου

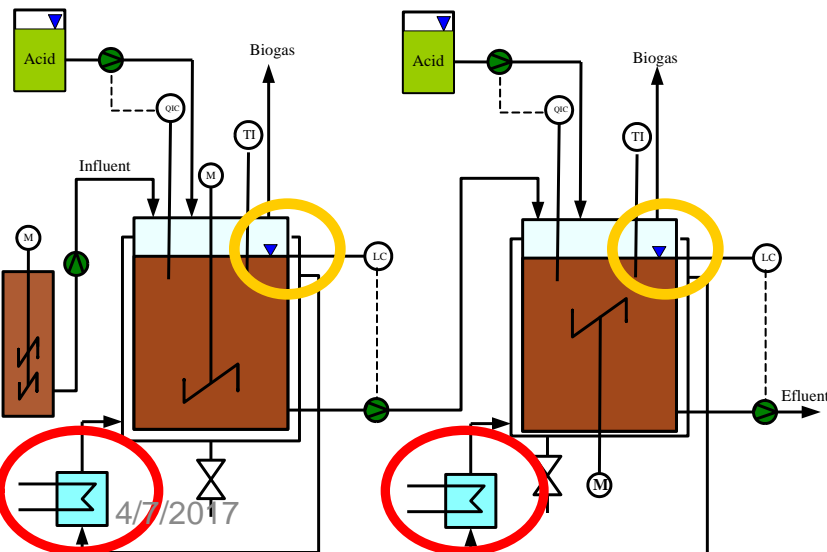
✘  $V=45L$





# Υλοποίηση

- Κάθε αντιδραστήρας περιλαμβάνει
  - ✗ Υδατόλουτρο για σταθερή θερμοκρασία στους 37°C
  - ✗ Ελεγκτή στάθμης
  - ✗ Γκαζόμετρο για μέτρηση του παραγόμενου βιοαερίου
  - ✗ Ρυθμιστή για σταθερή τιμή του pH=6.8-7.2 (προσθήκη 2N NaOH)





# Υλοποίηση

Συν-επεξεργασία ιλύος με γλυκερόλη (κατάλοιπο κατά τη διαδικασία παραγωγής biodiesel)

Χαρακτηριστικά του αποβλήτου της γλυκερόλης

---

<b>Παράμετρος</b>	<b>Μονάδα</b>	<b>Τιμή</b>
<b>Νερό</b>	%	15.7
<b>Μεθανόλη</b>	%	7.1
<b>Σαπούνια</b>	%	26.5
<b>Γλυκερίνη</b>	%	50.6
<b>Καταλύτης (CH<sub>3</sub>ONa)</b>	%	0.1
<b>pH</b>		10.7
<b>COD</b>	g/l	1000

---

# Υλοποίηση

- Ποσοστό του αποβλήτου γλυκερίνης (αραιωμένο κατά 10 φορές) στο μίγμα με την παχυμένη ιλύ

✘ 20%

✘ 30%

● Χρόνοι παραμονής

✘ 12.3d

✘ 13.3d

✘ 16.6d

✘ 18.6d

● Παράμετροι ελέγχου

✘ Βιοαέριο (και σύνθεση του)

✘ Υδρογόνο

✘ Διαλυτό και ολικό COD

✘ Ολικά και πτητικά στερεά

✘ Πρωτεΐνες

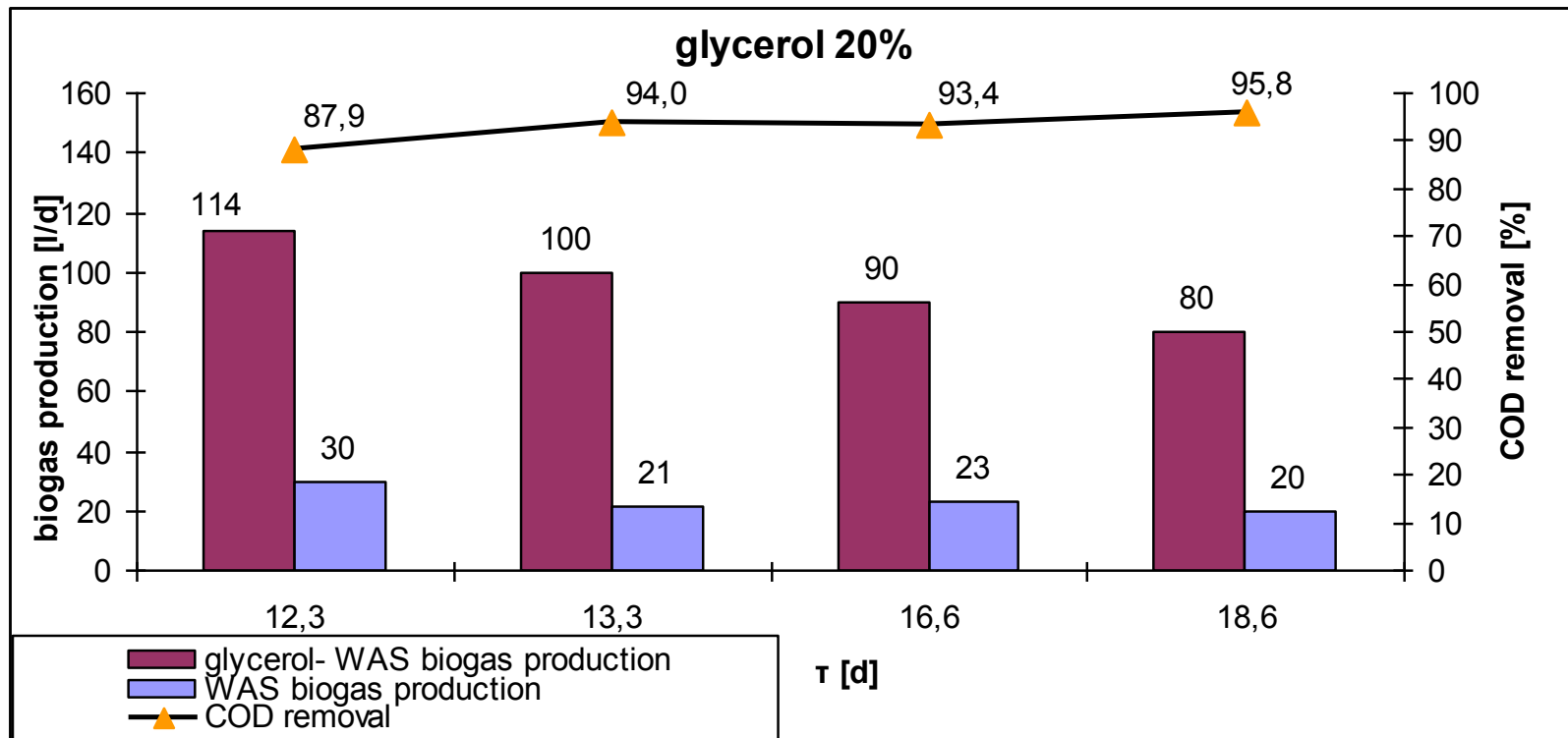
✘ Αμμωνιακό άζωτο

✘ TKN

✘ Μικρομοριακά λιπαρά οξέα

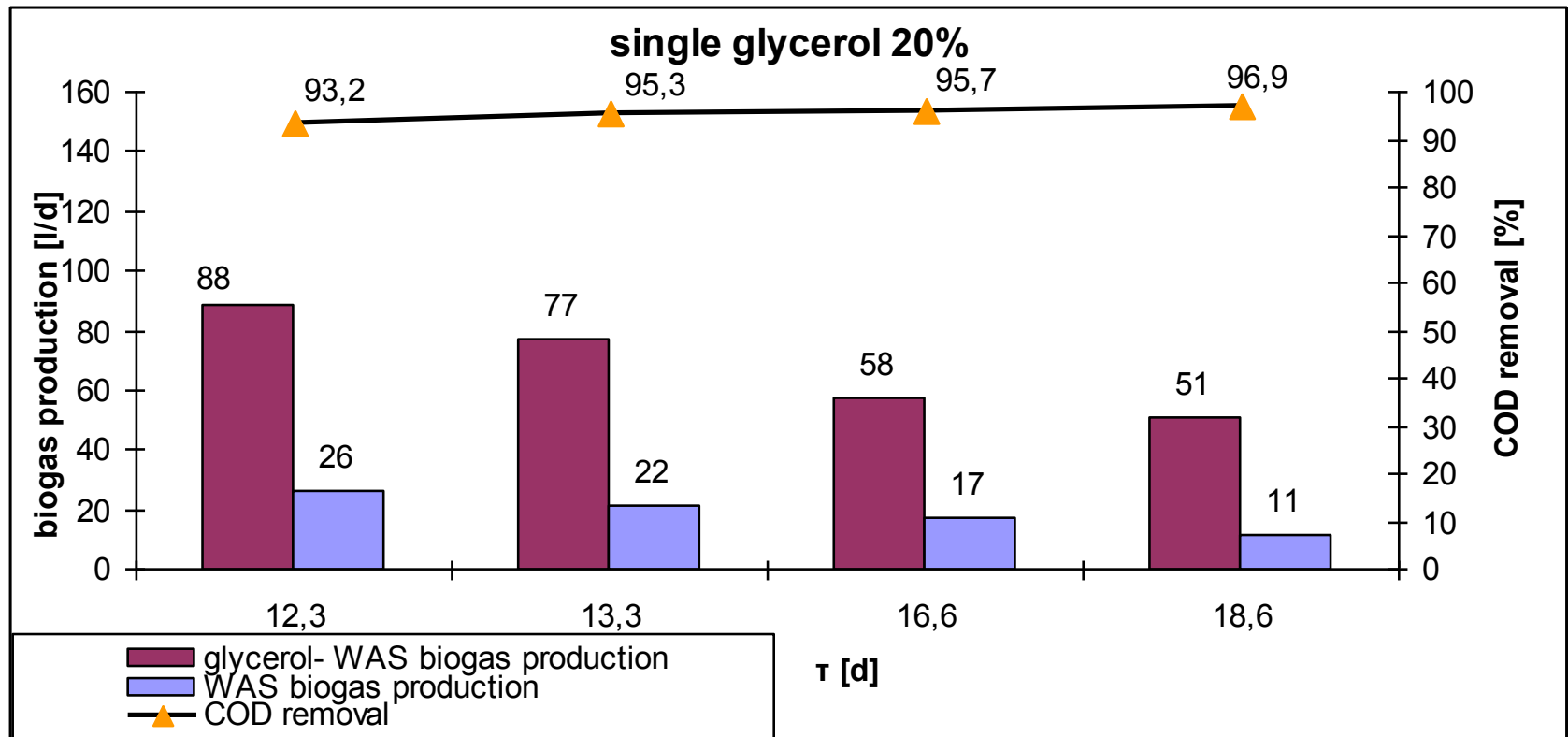
# Αποτελέσματα

- Συστοιχία (γλυκερόλη 20%)
- ✗ ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου μεταξύ 0.8 και 1.2  $L_{\text{βιοαερίου}}/L_d$
- ✗ % απομάκρυνση COD 88 -96%



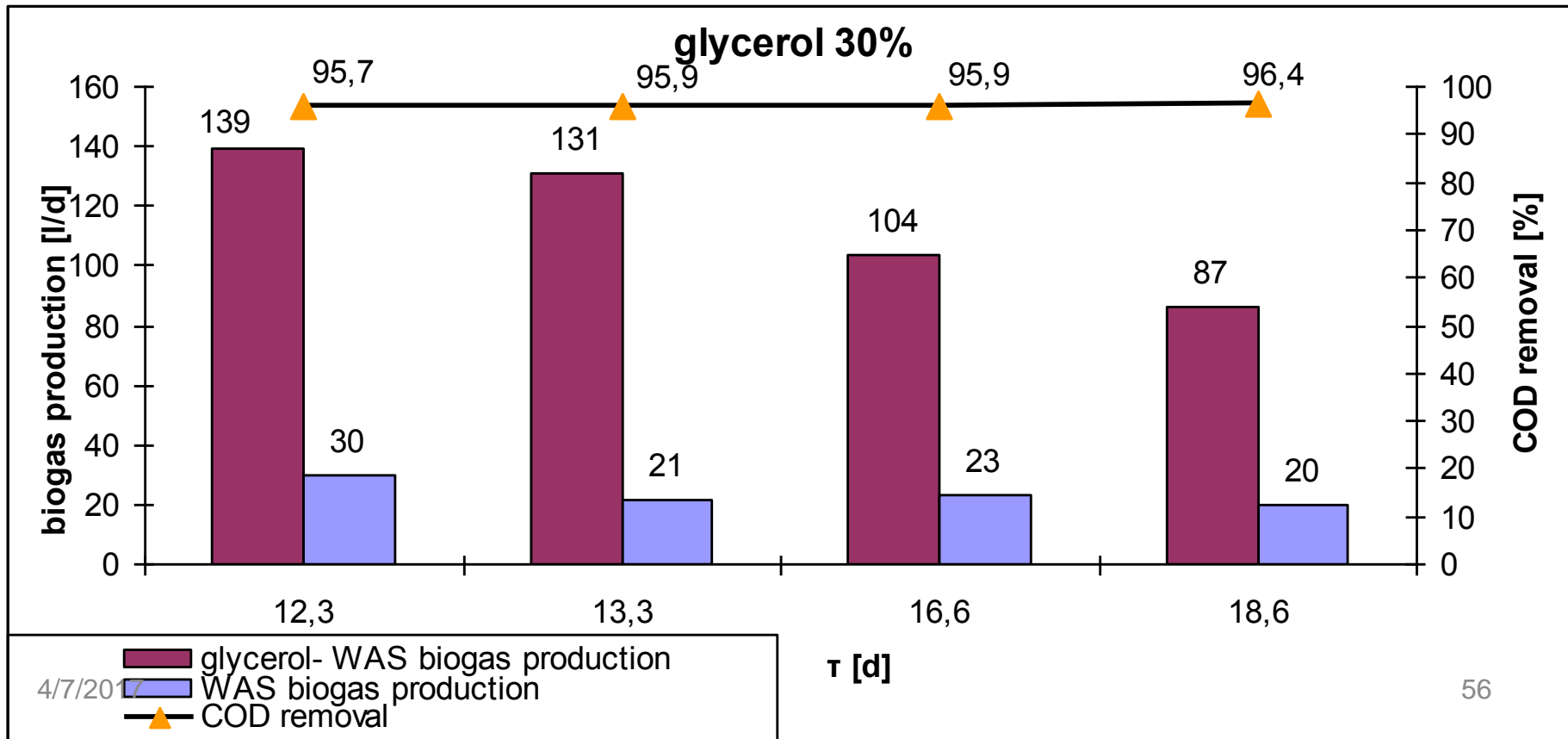
# Αποτελέσματα

- Σύστημα ενός σταδίου (γλυκερόλη 20%)
- ✗ ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής μεθανίου μεταξύ 0.54 και 0.93  $L_{\text{βιοαερίου}}/L_{\text{d}}$
- ✗ % απομάκρυνση COD >93%



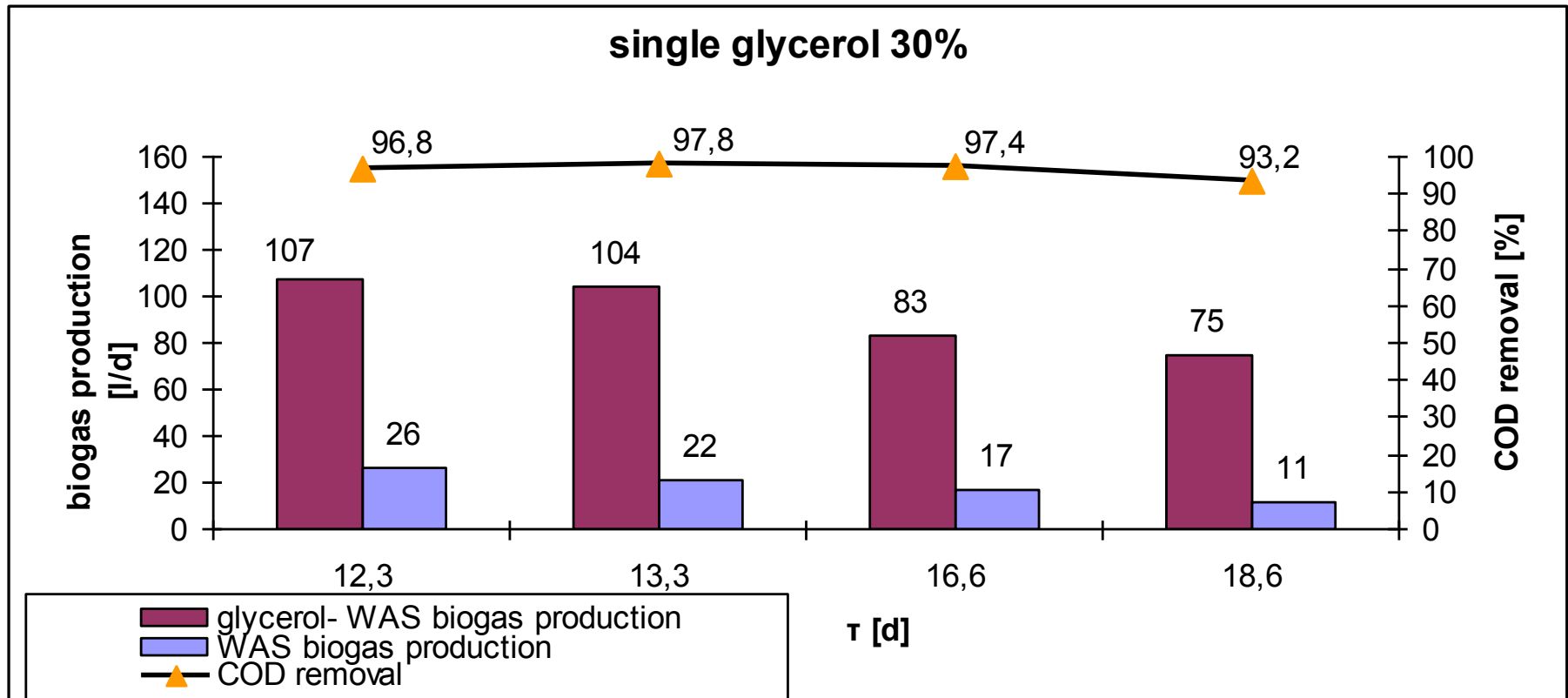
# Αποτελέσματα

- Συστοιχία (γλυκερόλη 30%)
- ✘ ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής μεθανίου μεταξύ 0.9 και 1.5  $L_{\text{βιοαερίου}}/L_{\text{d}}$
- ✘ % απομάκρυνση COD ~96%



# Αποτελέσματα

- Σύστημα ενός σταδίου (γλυκερόλη 30%)
- ✗ ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής μεθανίου μεταξύ 0.8 και 1.1  $LCH_4/L_d$
- ✗ % απομάκρυνση COD >93%



# Αποτελέσματα

## Συστοιχία

- ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου
- ✘ 4-5 φορές μεγαλύτερος στη συνεπεξεργασία με τη γλυκερόλη

HRT [d]	12.3	13.3	16.6	18.6
$L_{BG}/L_{Reactor}$ d				
Raw Sludge	0,32	0,22	0,23	0,21
Glycerol 20%	1,2	1,0	0,9	0,8
Glycerol 30%	1,5	1,4	1,1	0,9

# Αποτελέσματα

Σύστημα ενός σταδίου

- ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου
- ✘ 3-4 φορές μεγαλύτερος στη συνεπεξεργασία με τη γλυκερόλη

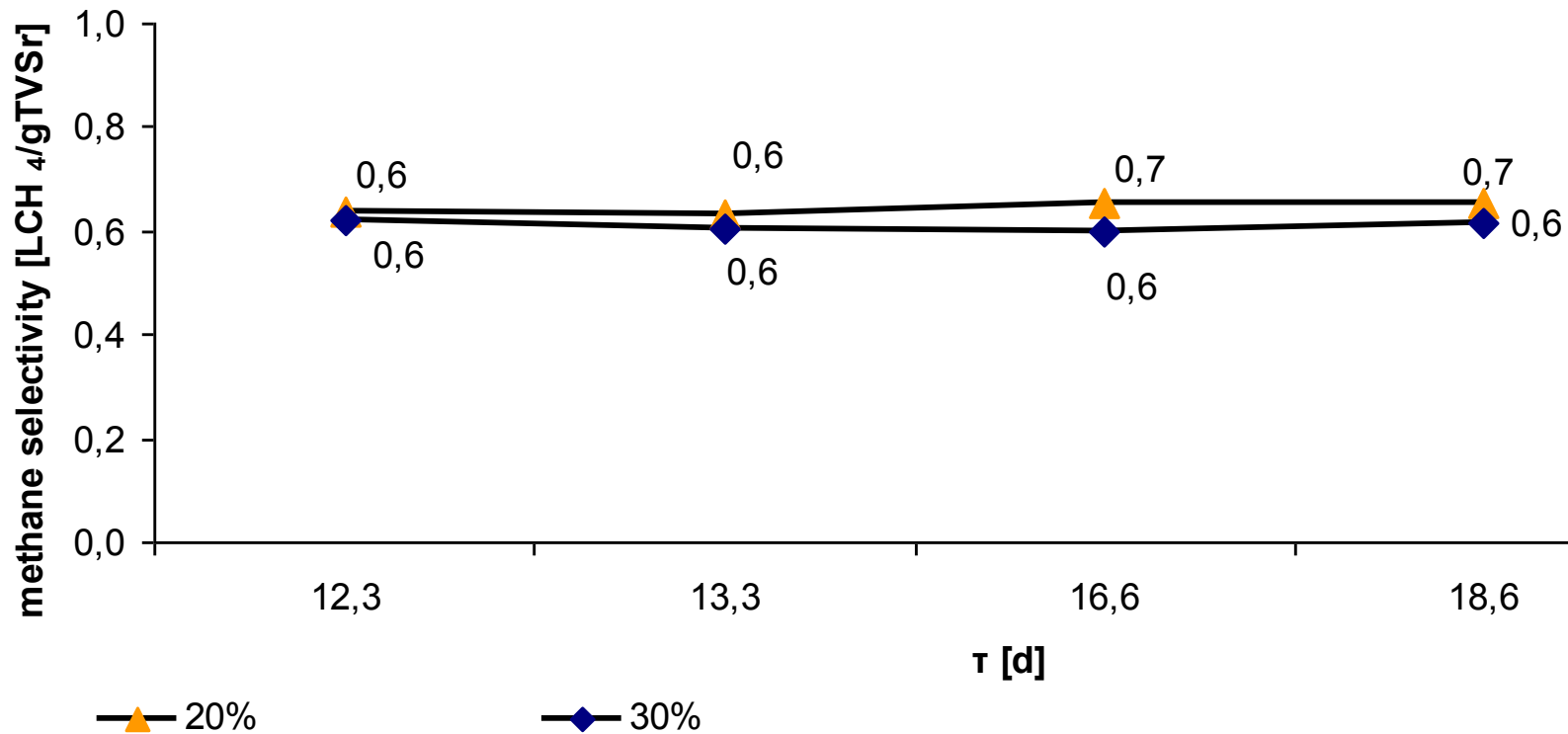
HRT [d]	12.3	13.3	16.6	18.6
$L_{BG}/L_{Reactor\_d}$				
Raw Sludge	0,27	0,23	0,18	0,12
Glycerol 20%	0,9	0,8	0,6	0,5
Glycerol 30%	1,1	1,1	0,9	0,8



# Αποτελέσματα

● Εκλεκτικότητα μεθανίου στη συστοιχία

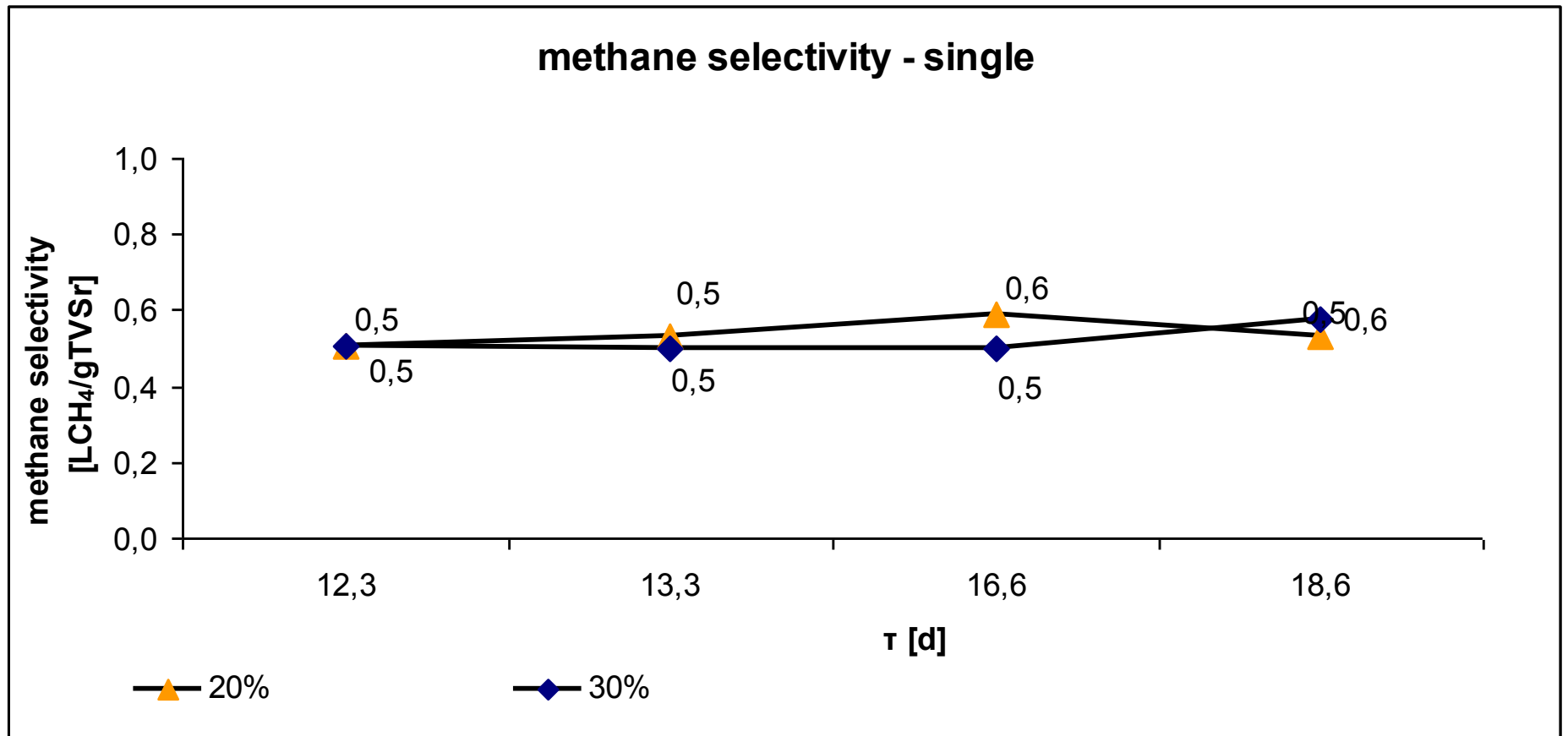
✘ 0.6 LCH<sub>4</sub>/gTVSr



# Αποτελέσματα

● Εκλεκτικότητα μεθανίου στο σύστημα ενός σταδίου

✘ 0.5 LCH<sub>4</sub>/gTVSr



# Θερμικό και ηλεκτρικό ισοδύναμο σε περίπτωση αναερόβιας επεξεργασίας

Για  $Q=15 \text{ m}^3/\text{d}$  και  $\text{COD}= 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$  αποβλήτου

15000 kg COD γλυκερόλης/d

$u=95\%$

14250 kg COD<sub>r</sub> γλυκερόλης/d

$Y_p=0,6 \text{ m}^3 \text{ biogas}/\text{kg COD}_r$

8550 m<sup>3</sup> βιοαέριο/d

80% CH<sub>4</sub> στο βιοαέριο

6840 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/d

Αντιστοιχούν σε

68400 kWh/d

$2,46 \cdot 10^7 \text{ kJ}/\text{d}$

Ηλεκτρικό ισοδύναμο

$68400 \text{ kWh} \cdot 0,4 = 27360$

**kWh/d**

Θερμικό ισοδύναμο

$68400 \text{ kWh} \cdot 0,5 = 34200$

**kWh/d**

# Συμπεράσματα

- Η αναερόβια συνεπεξεργασία της ιλύος με αγροτοβιομηχανικά υγρά απόβλητα παρέχει υψηλή ενεργειακή ανάκτηση (με τη μορφή βιοαερίου)
- Το μίγμα της ιλύος με τη γλυκερίνη αποτελεί καλύτερο υπόστρωμα και επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα
  - ✘ στην παραγωγή του βιοαερίου
  - ✘ στην αποικοδόμηση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου.
- Το σύστημα της συστοιχίας
  - ✘ έχει υπεροχή ως προς την παραγωγή του βιοαερίου
  - ✘ δεν διαφέρει στην απομάκρυνση των οργανικών συστατικών

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος  
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης  
Τεχνολογία και Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

Αξιολόγηση αναερόβιας συν-χώνευσης περίσσειας  
ιλύος βιολογικών καθαρισμών και ελαιουργικού  
απόβλητου

# Ελαιοτριβεία

Στην Ελλάδα : 140 εκατομύρια ελαιόδενδρα

2500 ελαιοτριβεία

Στην Ξάνθη : 250000 ελαιόδενδρα

2 ελαιοτριβεία

- Συστήματα εξαγωγής ελαιόλαδου

- ✘ Παραδοσιακό

- ✘ Φυγοκεντρικό δύο φάσεων

- ✘ Φυγοκεντρικό τριών φάσεων

- ✘ Στην Ελλάδα: 80 % φυγοκεντρικό τριών φάσεων, 20 % παραδοσιακό

	παραδοσιακή	δύο φάσεων	τριών φάσεων
Υγρά απόβλητα [L/τόνο καρπού]	600	1200	250
BOD5 υγρών αποβλήτων [g/L]	100	80	10

# Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

✘ Υψηλό ρυπογόνο δυναμικό

BOD5 12.000 -100.000 mgr/lit

COD 6.000 -70.000 mgr/lit

πολύ χαμηλό pH: 4,5-5

βιοτοξικές / φυτοτοξικές ιδιότητες

✘ Ενδεικτικά : τα απόβλητα ενός μέσης δυναμικότητας ελαιουργείου – 50 m<sup>3</sup>/ημέρα, BOD5 = 40 g/l – ισοδυναμούν με λύματα ενός οικισμού 30.000 κατοίκων

✘ Απαραίτητη η επεξεργασία πριν τη διάθεση τους στο έδαφος ή σε υδάτινους αποδέκτες

# Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

## Μέθοδοι διαχείρισης

- ✘ Παλαιότερα : συνήθης πρακτική η απευθείας απόθεση σε χείμαρους και ρυάκια
- ✘ Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- ✘ Διαταράσσουν την ισοροπία του υδάτινου συστήματος αποδέκτη
- ✘ Εκδήλωση τοξικών φαινομένων στην υδρόβια πανίδα και χλωρίδα
- ✘ Αισθητική και ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών νερών και θαλασσών



# Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

Μέθοδοι διαχείρισης

Σήμερα : Λίμνες εξατμισοδιαπνοής

απλές εφαρμογές, χαμηλού κόστους

Παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα

Κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα

Έντονη δυσοσμία

Μη ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων

# Υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων

## Μέθοδοι διαχείρισης

Σήμερα: Γίνονται συνεχείς έρευνες και πιλοτικές εφαρμογές νέων μεθόδων επεξεργασίας

Η πλέον ελπιδοφόρα, λόγω της ενεργειακής αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου η αναερόβια χώνευση

Λόγω του υψηλού οργανικού φορτίου και της ευαισθησίας της αναερόβιας χώνευσης απαιτείται αραίωση

Συνήθη μέσα αραίωσης : κοπριά πουλερικών, γλυκερίνη, απόβλητα τυροκομείου, περίσσεια ιλύς

# Συν-επεξεργασία αποβλήτων ελαιοτριβείου και ιλύος

- μελέτη της αναερόβιας επεξεργασίας αγροτοβιομηχανικών υγρών αποβλήτων  
*(υγρού αποβλήτου ελαιοτριβείων σε συνεπεξεργασία με ενεργό ιλύ από Μονάδες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ)).*

Μελετήθηκαν:

Μίγμα 30 % ελαιουργικού αποβλήτου και 70 % ιλύος και υγρό απόβλητο 100% ιλύος και οι αποδόσεις τους συγκρίθηκαν μεταξύ τους.

- Η αναερόβια χώνευση των παραπάνω αποβλήτων μελετήθηκε με τη χρήση ενός μοναδιαίου αντιδραστήρα τύπου CSTR και μίας συστοιχίας δύο αντιδραστήρων CSTR συνδεδεμένων σε σειρά. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν μεταξύ τους

# Συν-επεξεργασία αποβλήτων ελαιοτριβείου και ιλύος

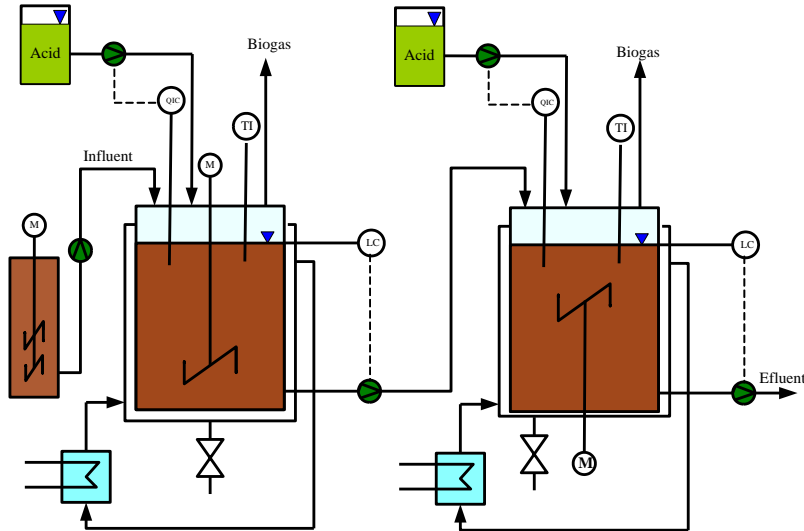
- Η επίδραση των διαφόρων λειτουργικών παραμέτρων (υδραυλικός χρόνος παραμονής, ογκομετρικός ρυθμός φόρτισης COD και TVS) στην αποτελεσματικότητα της διεργασίας (απομάκρυνση COD και TVS, παραγωγή βιοαερίου)
- Η οικονομική βιωσιμότητα μίας εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιουργείων, υπό το πρίσμα της ελαιοπαραγωγής του νομού Ξάνθης, του διαμερίσματος της Θράκης και του βιολογικού της Αλεξ/πολης

# Υλοποίηση

Η αναερόβια χώνευση της απορριπτόμενης ενεργού ιλύος σε συνεπεξεργασία με αγροτοβιομηχανικά υγρά απόβλητα πραγματοποιήθηκε σε δύο συστήματα αντιδραστήρων συνεχούς λειτουργίας.

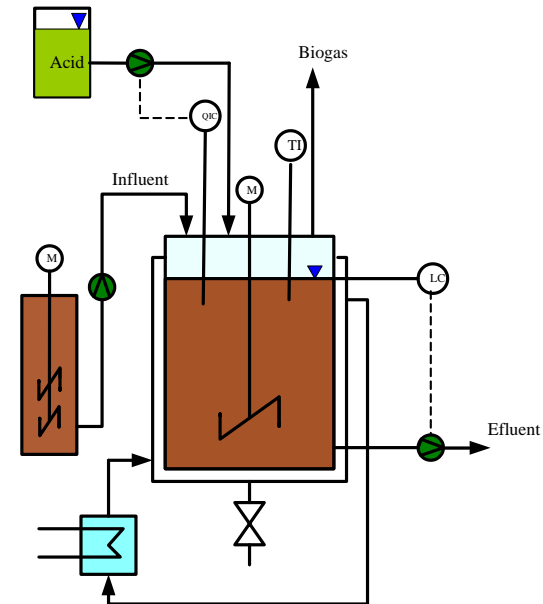
Αναερόβια χώνευση σε συστοιχία  
δύο αντιδραστήρων

✘  $V=40L$  και  $60L$  αντίστοιχα



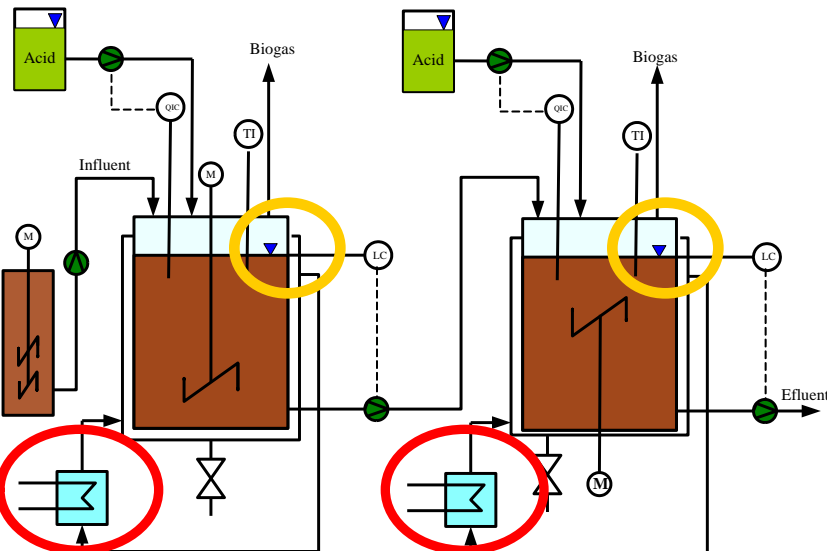
Αναερόβια χώνευση σε σύστημα  
ενός σταδίου

✘  $V=45L$



# Υλοποίηση

- Κάθε αντιδραστήρας περιλαμβάνει
  - ✗ Υδατόλουτρο για σταθερή θερμοκρασία στους 37°C
  - ✗ Ελεγκτή στάθμης
  - ✗ Γκαζόμετρο για μέτρηση του παραγόμενου βιοαερίου
  - ✗ Ρυθμιστή για σταθερή τιμή του pH=6.8-7.2



# Υλοποίηση

Μίγμα 30 % υγρό απόβλητο ελαιουργείου και 70 % ιλύς  
Απόβλητο 100 % ιλύς

- Χρόνοι παραμονής

✘ 12.3d

✘ 14d

✘ 16.4d

✘ 19.7d

## Παράμετροι ελέγχου

✘ Βιοαέριο

✘ Διαλυτό και ολικό COD

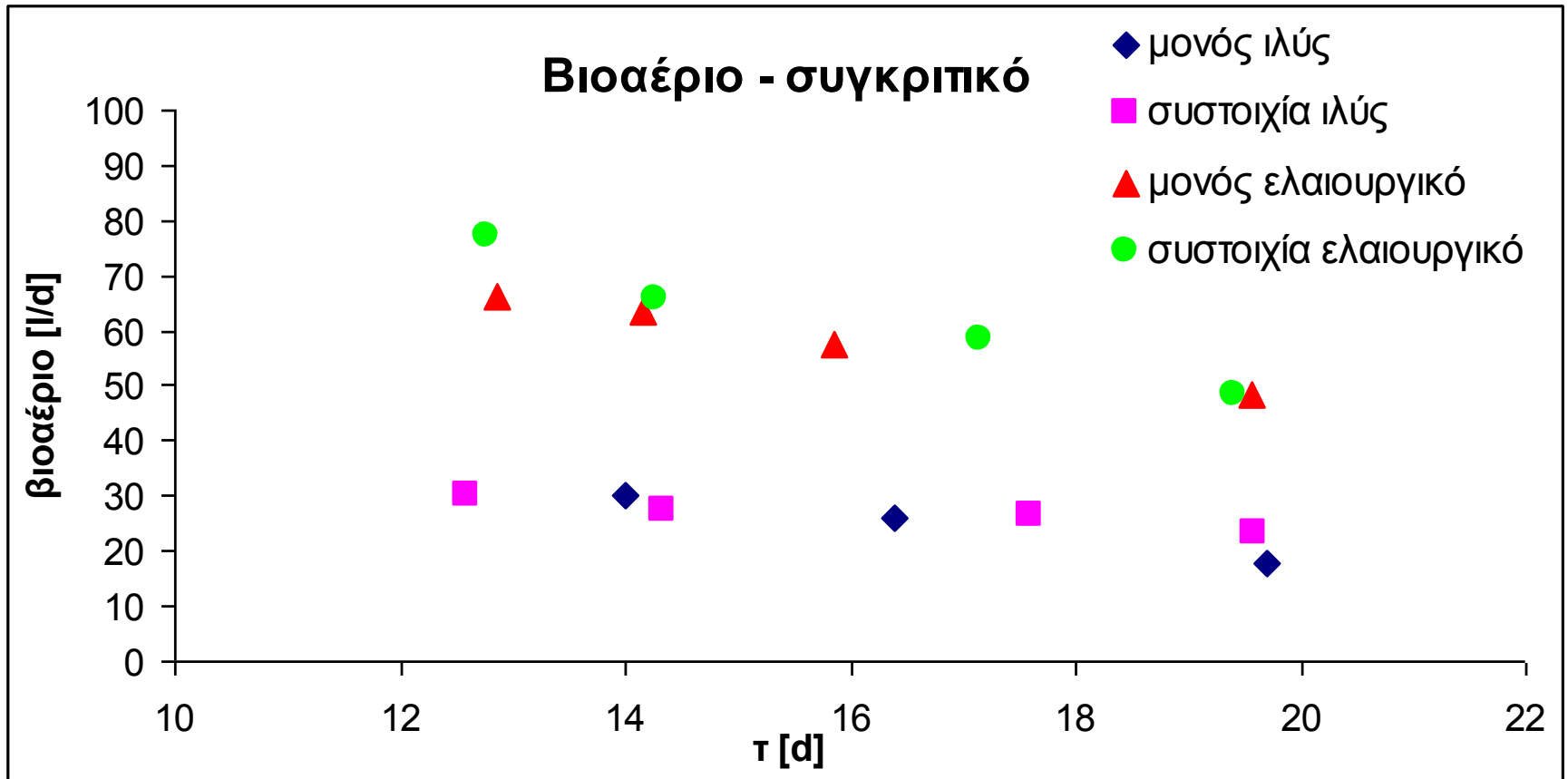
✘ Ολικά και πτητικά στερεά

# Αποτελέσματα

- Παραγωγή βιοαερίου

- ✘ Συστοιχία

μεταξύ 48,6 και 77 L βιοαερίου/d για το μικτό απόβλητο και  
μεταξύ 23,4 και 30 L βιοαερίου/d για την 100 % ιλύ



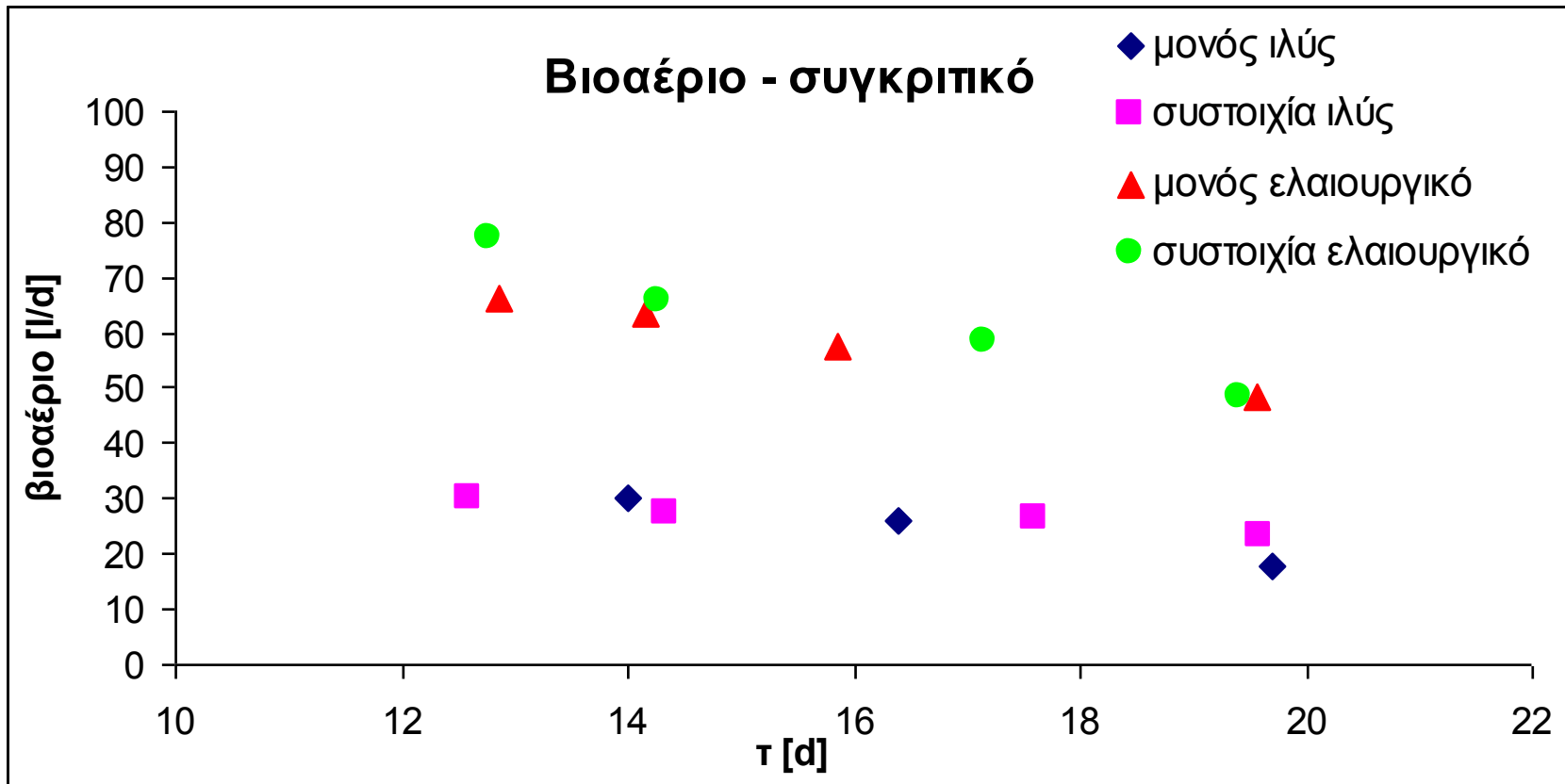


# Αποτελέσματα

- Παραγωγή βιοαερίου

- ✘ Μοναδιαίος αντιδραστήρας

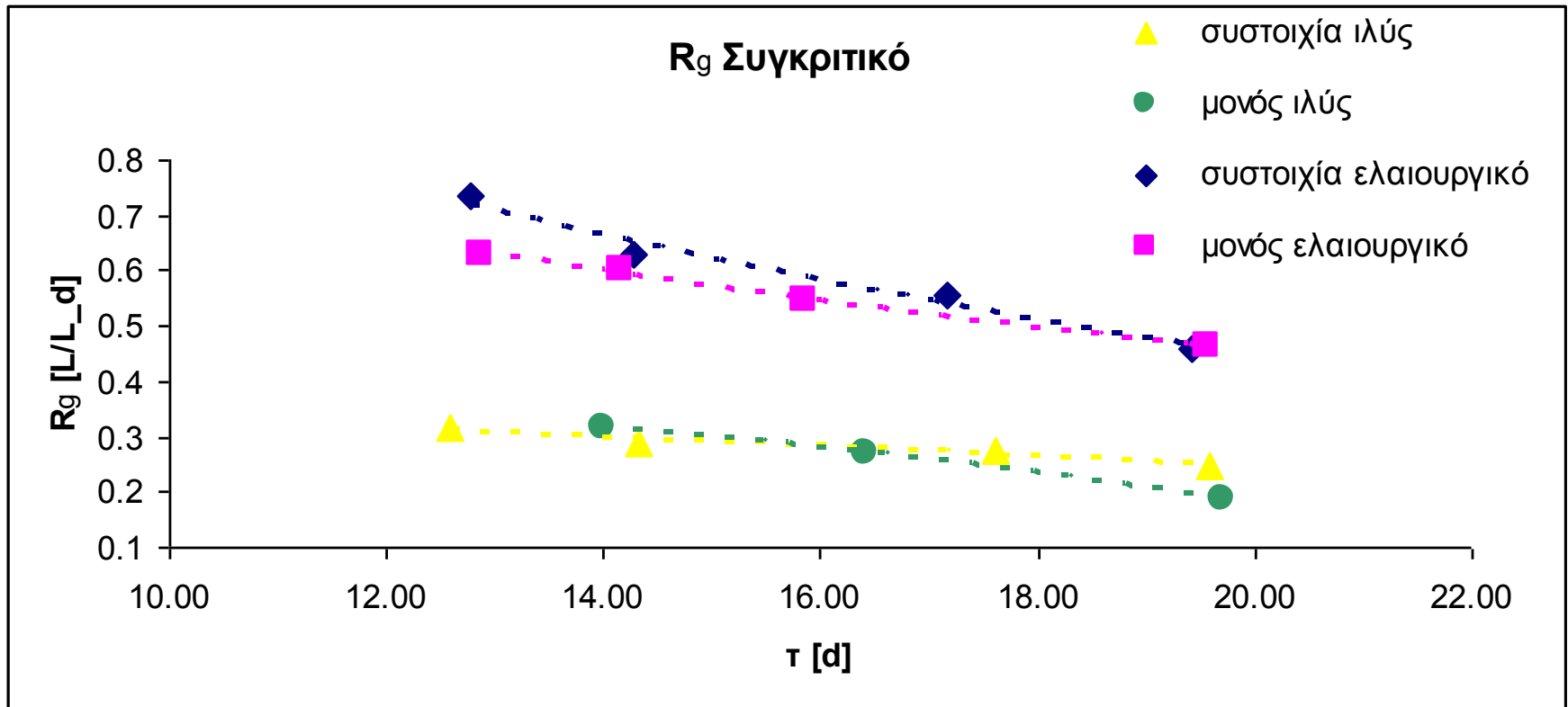
μεταξύ 48,4 και 66,3 L βιοαερίου/d για το μικτό απόβλητο και μεταξύ 18 και 30,2 L βιοαερίου/d για την 100% ιλύ



# Αποτελέσματα

- Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου  $R_g$  ( $L_{\text{biogas}}/L_{R\_d}$ )
- ✘ Μοναδιαίος αντιδραστήρας

Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου μεταξύ 0,46 και 0,63  $L$  βιοαερίου/ $L\_d$  για το μικτό απόβλητο και μεταξύ 0,19 και 0,32  $L$  βιοαερίου/ $L\_d$  για την 100 % ιλύ

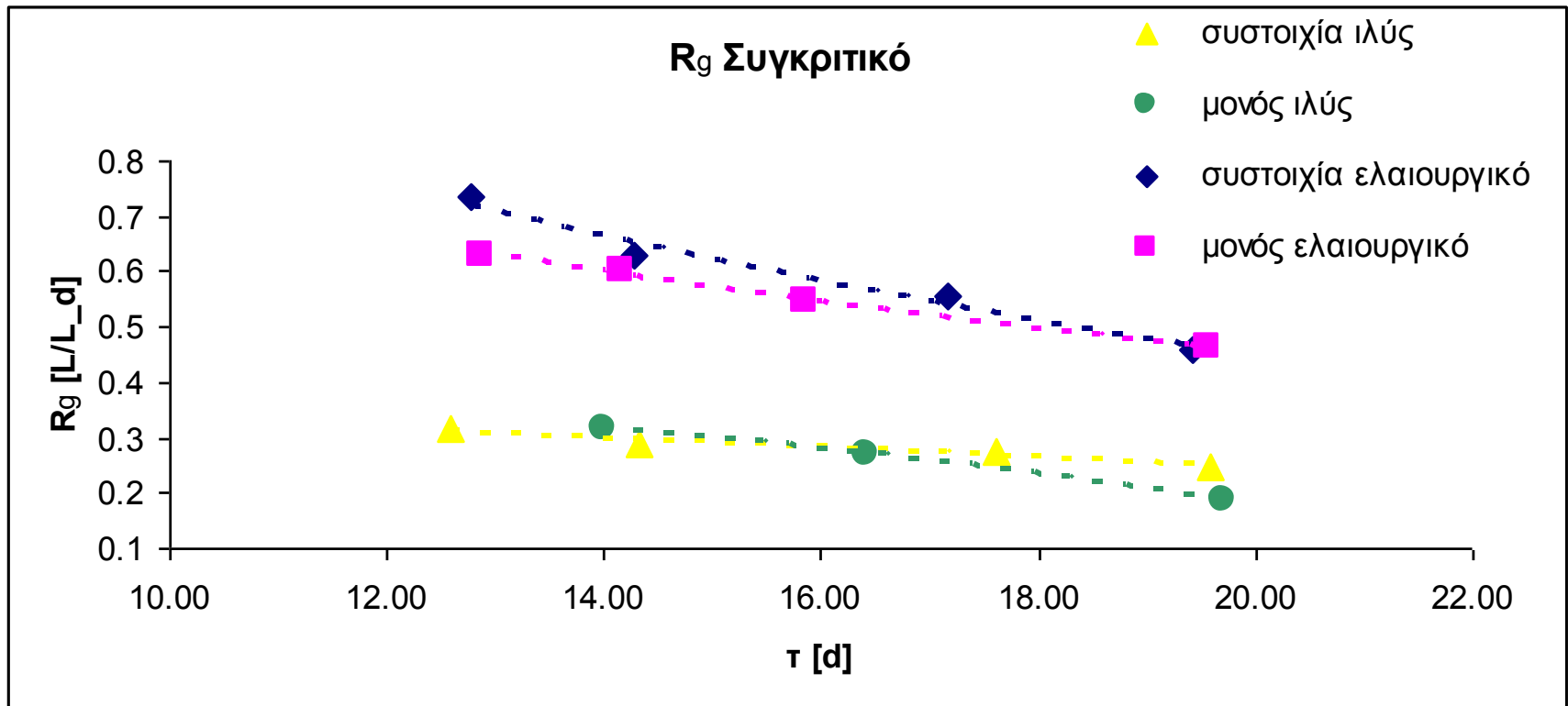


# Αποτελέσματα

- Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου  $R_G$  ( $L_{\text{biogas}}/L_{R\_d}$ )

## ✘ Συστοιχία

Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου μεταξύ 0,46 και 0,73  $L$  βιοαερίου/ $L\_d$  για το μικτό απόβλητο και μεταξύ 0,25 και 0,32  $L$  βιοαερίου/ $L\_d$  για την 100 % ιλύ

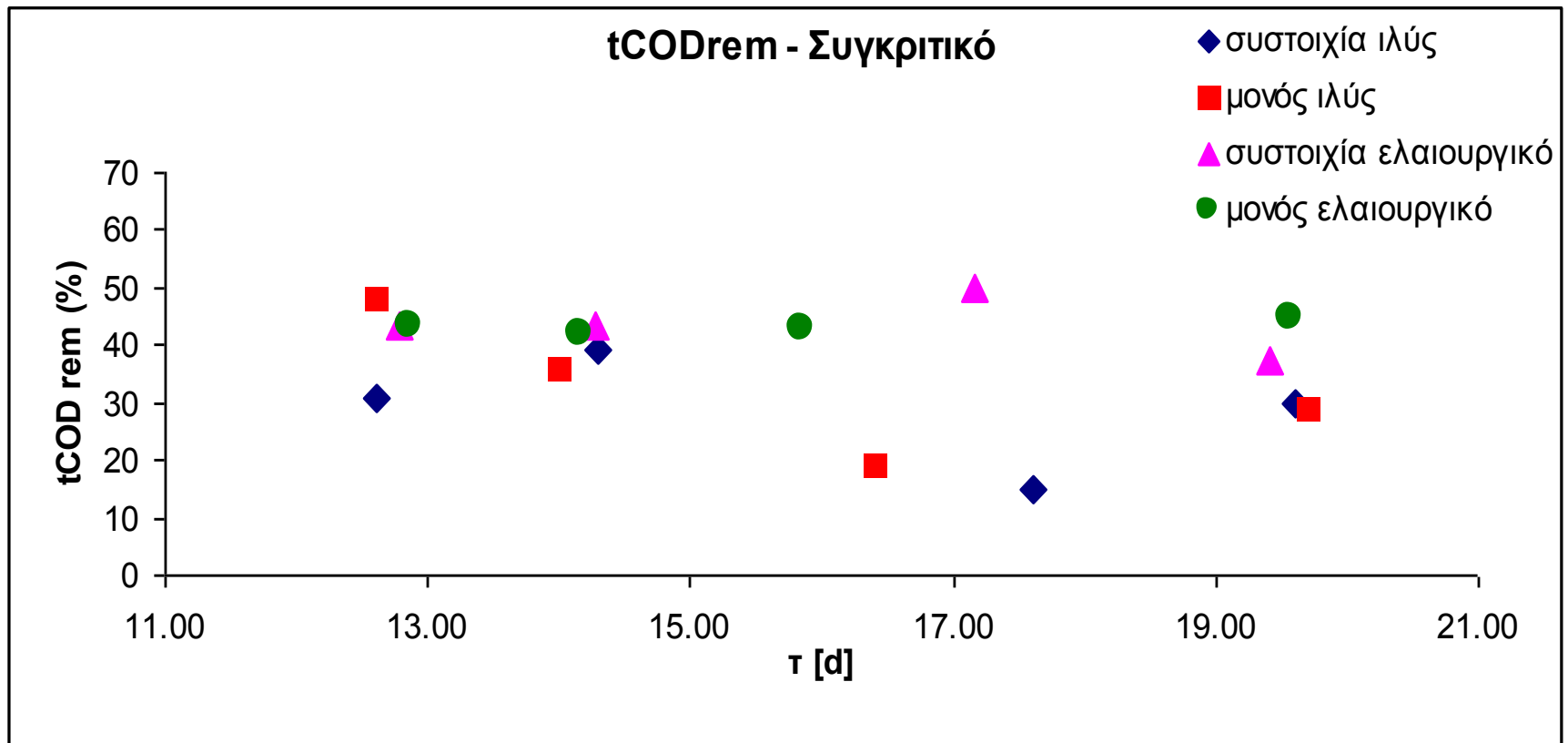


# Αποτελέσματα

- Απομάκρυνση ολικού COD

- ✘ Συστοιχία

Ποσοστό απομάκρυνσης ολικού COD μεταξύ 37,4 - 50 % για το μικτό απόβλητο και 15 - 39 % για την 100% ιλύ

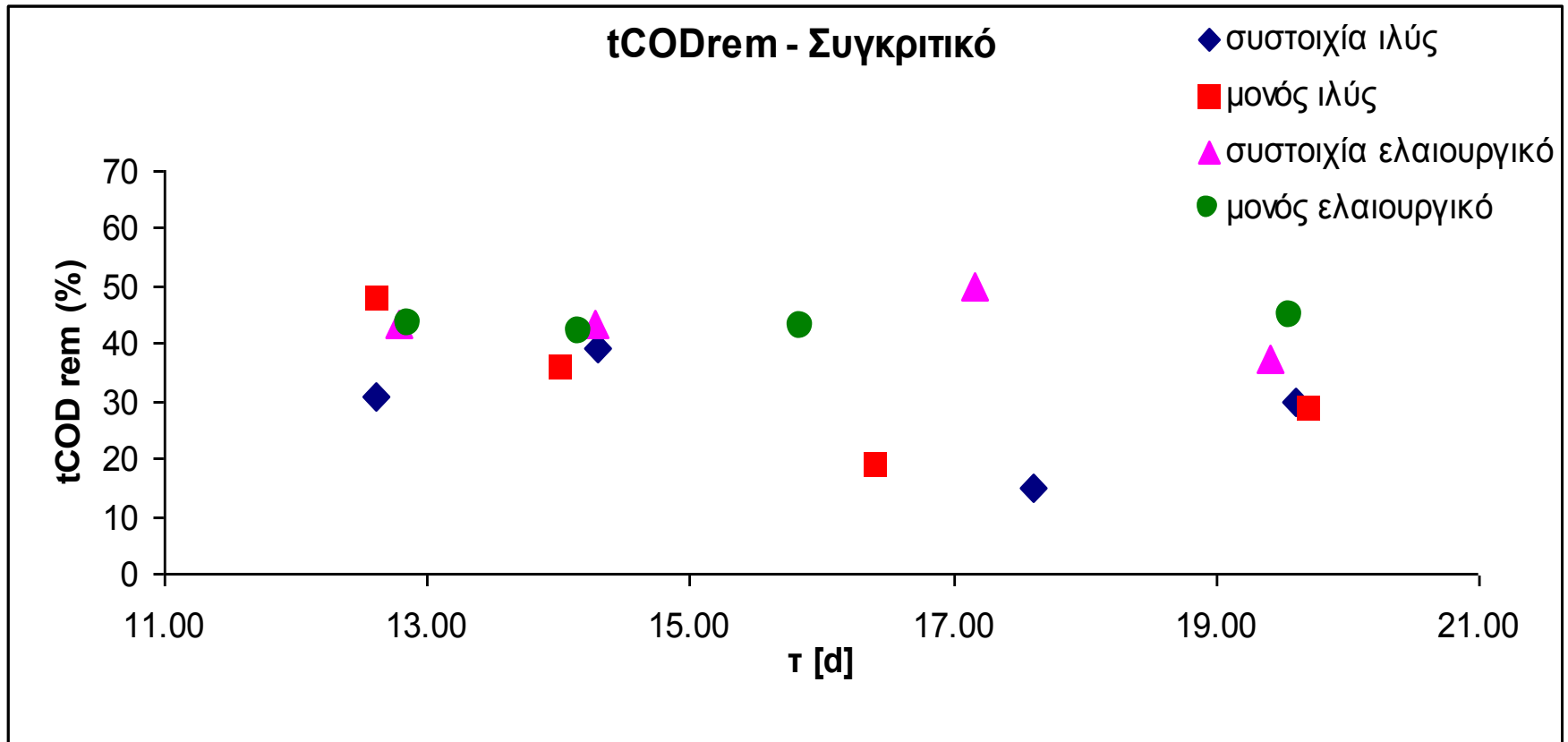


# Αποτελέσματα

- Απομάκρυνση ολικού COD

- ✘ Μοναδιαίος αντιδραστήρας

Ποσοστό απομάκρυνσης ολικού COD μεταξύ 42,1 – 44,6 % για το μικτό απόβλητο και 19 - 48 % για την 100% ιλύ

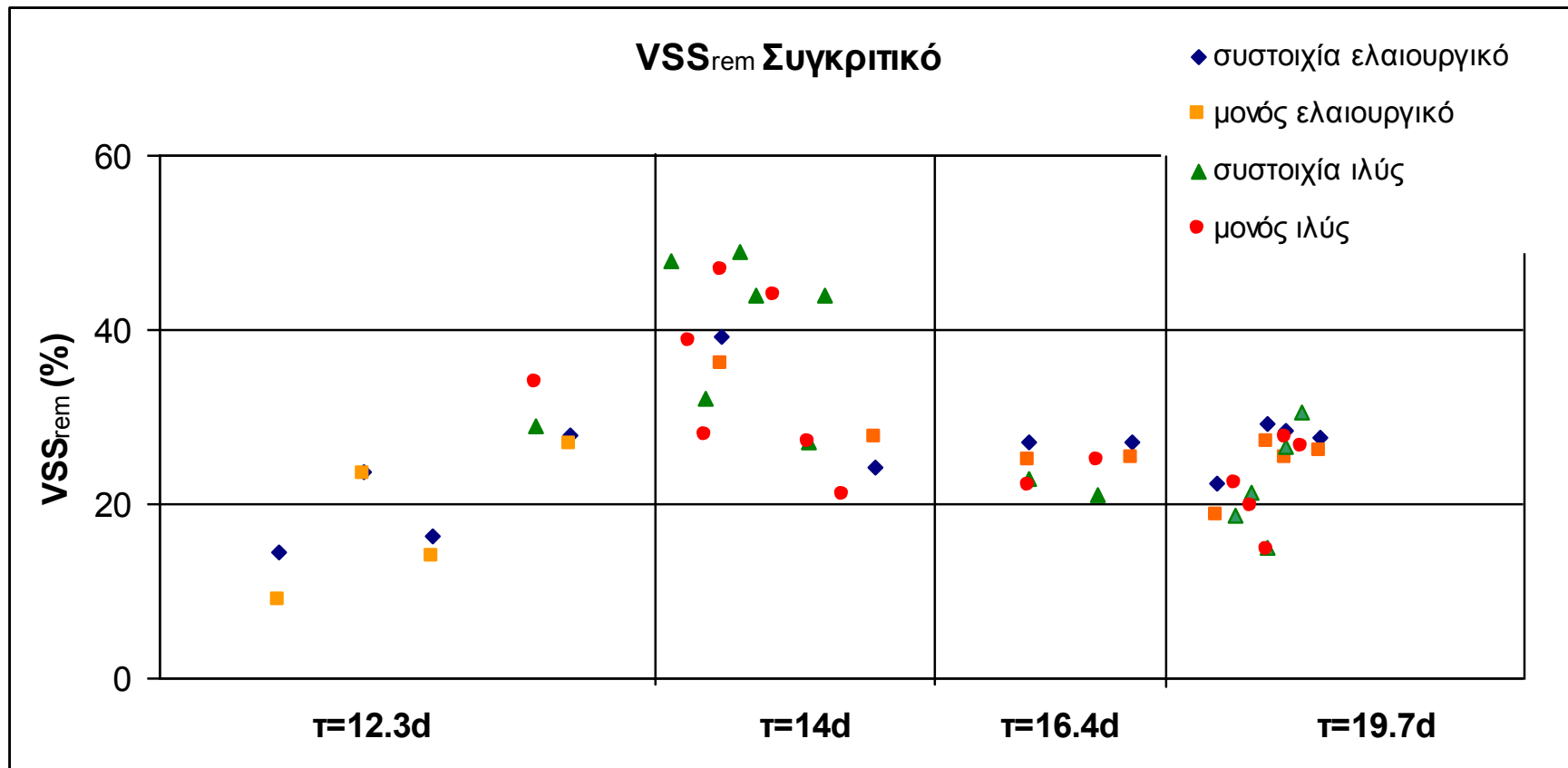


# Αποτελέσματα

- Απομάκρυνση VSS

✘ Συστοιχία

Ποσοστό απομάκρυνσης VSS μεταξύ 24,2 και 28 % για το μικτό απόβλητο και μεταξύ 20,6 και 44 % για την 100 % ιλύ

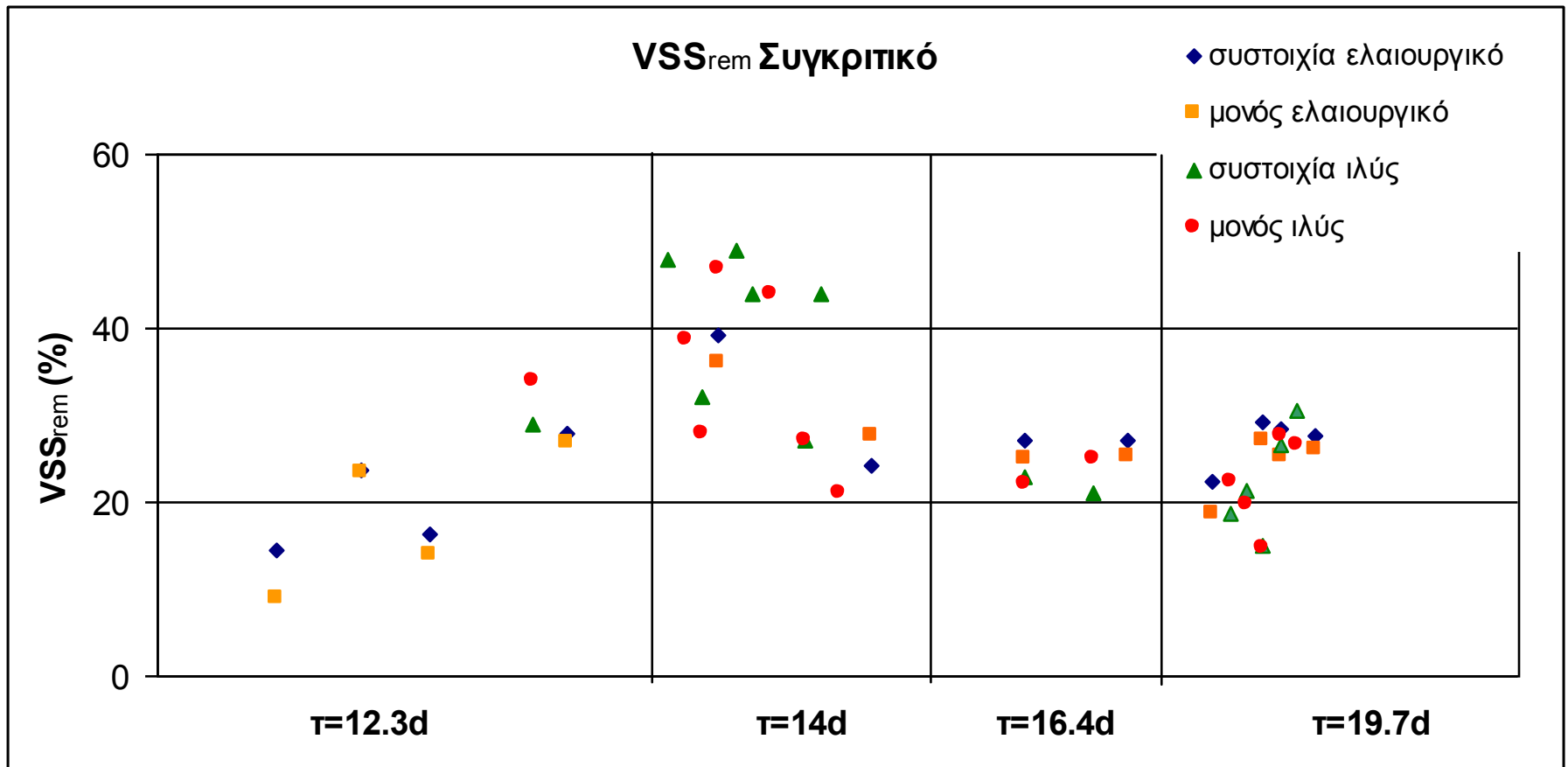


# Αποτελέσματα

- Απομάκρυνση VSS

- ✘ Μοναδιαίος αντιδραστήρας

Ποσοστό απομάκρυνσης VSS μεταξύ 25,3 και 27,6 % για το μικτό απόβλητο και μεταξύ 21,1 και 33,5 % για την 100 % ιλύ

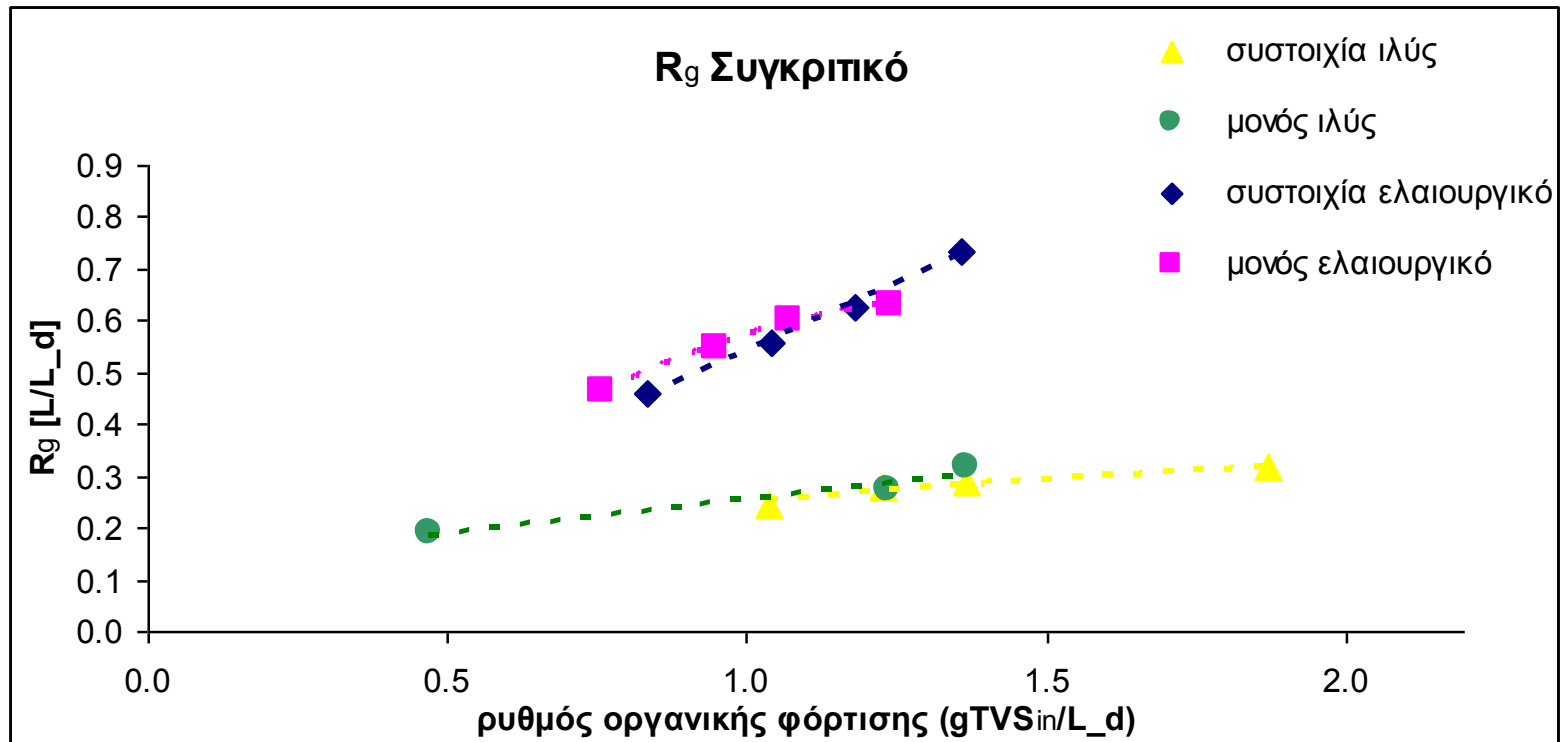


# Αποτελέσματα

- RG συναρτήσει του ρυθμού οργανικής φόρτισης (gTVSin/L-d)

## ✘ Συστοιχία

Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής μεθανίου μεταξύ 0,46 – 0,73 για το μικτό απόβλητο και 0,25 – 0,32 για την 100% ιλύ για ρυθμό οργανικής φόρτισης μεταξύ 0,8 – 1,4 gTVSin/L\_d και 1 – 1,9 gTVSin/L\_d αντίστοιχα



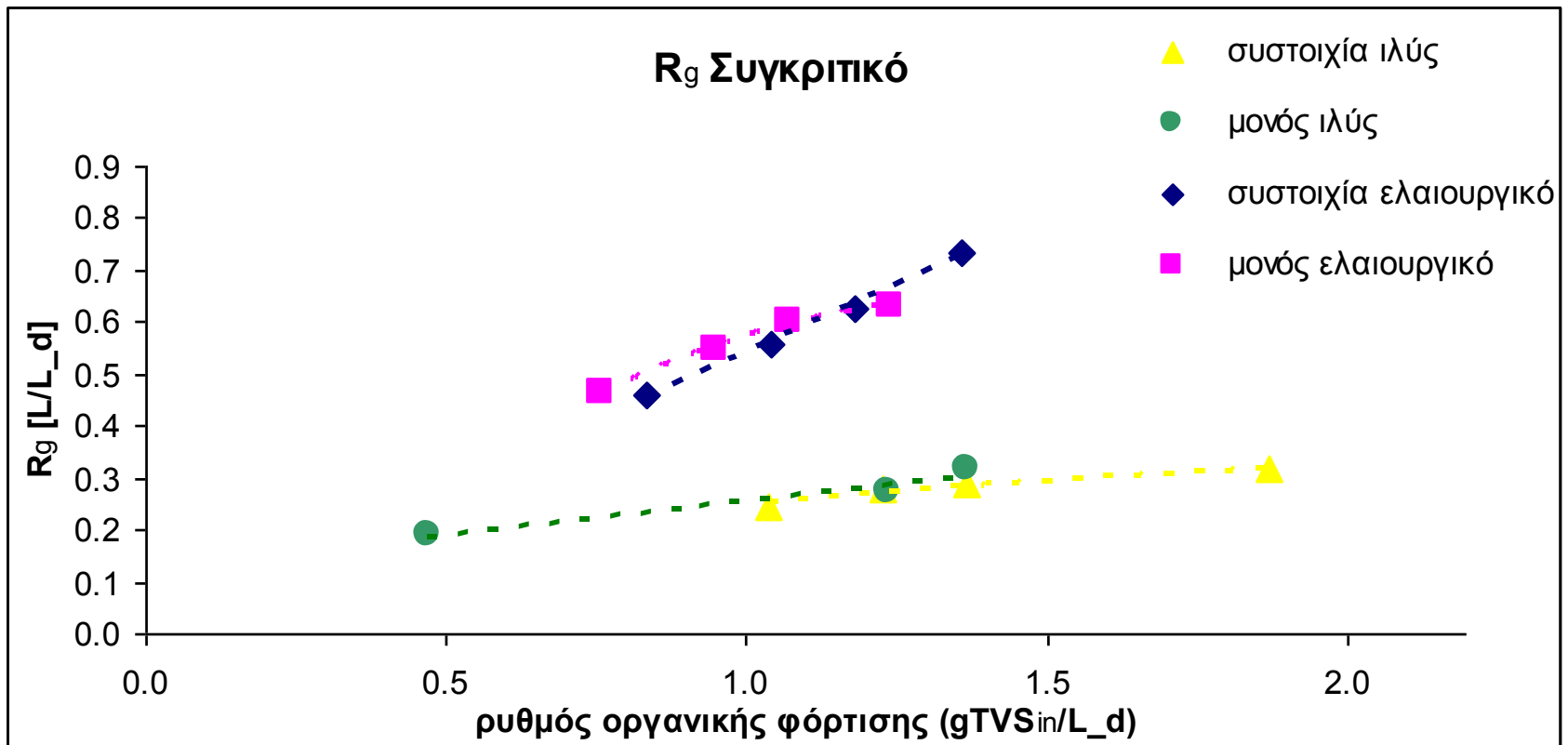


# Αποτελέσματα

- RG συναρτήσει του ρυθμού οργανικής φόρτισης (gTVSin/L-d)

✘ Μοναδιαίος αντιδραστήρας

Ογκομετρικός ρυθμός παραγωγής μεθανίου μεταξύ 0,46 – 0,63 για το μικτό απόβλητο και 0,19 – 0,32 για την 100% ιλύ για ρυθμό οργανικής φόρτισης μεταξύ 0,8 – 1,2 gTVSin/L\_d και 0,5 – 1,4 gTVSin/L\_d αντίστοιχα

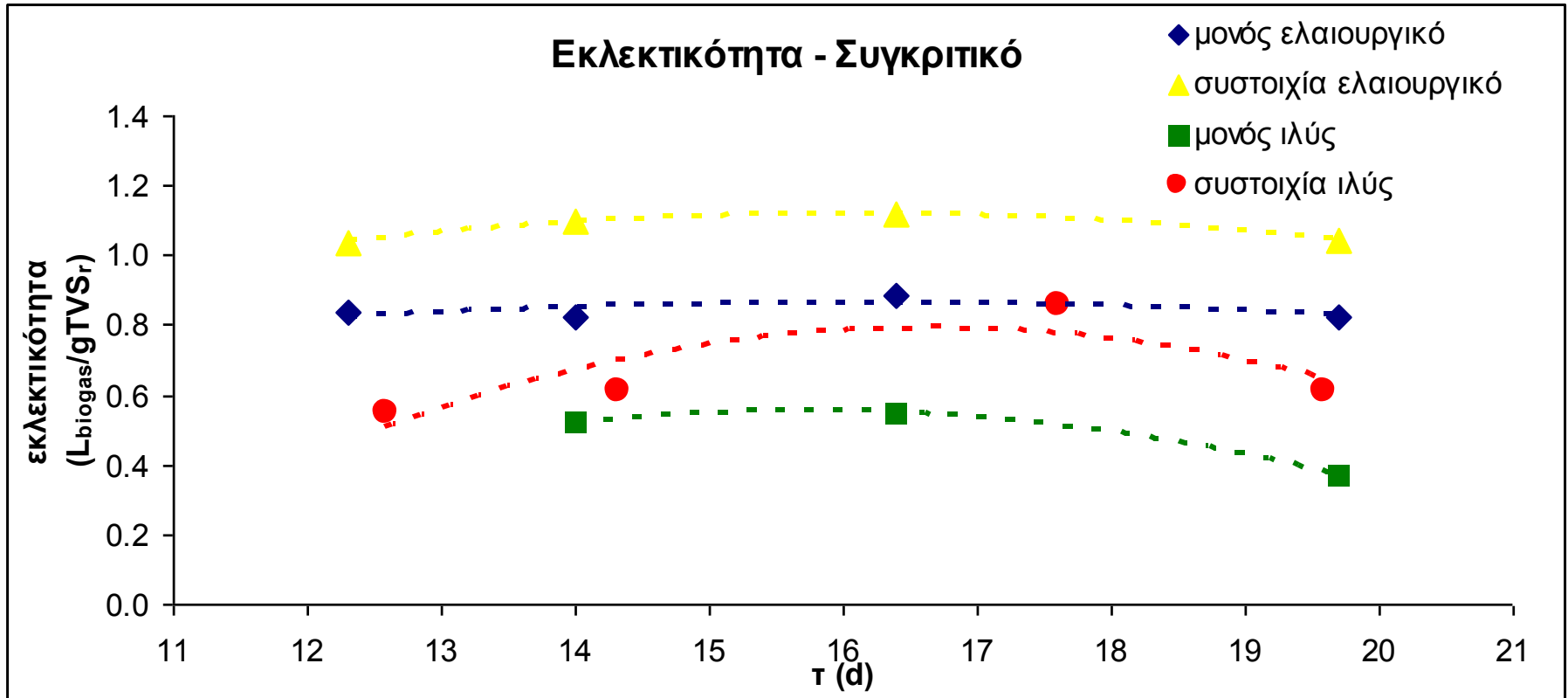


# Αποτελέσματα

- Εκλεκτικότητα ( $L_{biogas}/LR_d$ )

✘ Συστοιχία

Τιμές εκλεκτικότητας ίσες με  $1,1 L_{biogas}/gTVS_{in}$  για το μικτό απόβλητο και  $0,55 - 0,86 L_{biogas}/gTVS_{in}$  για την 100 % ιλύ

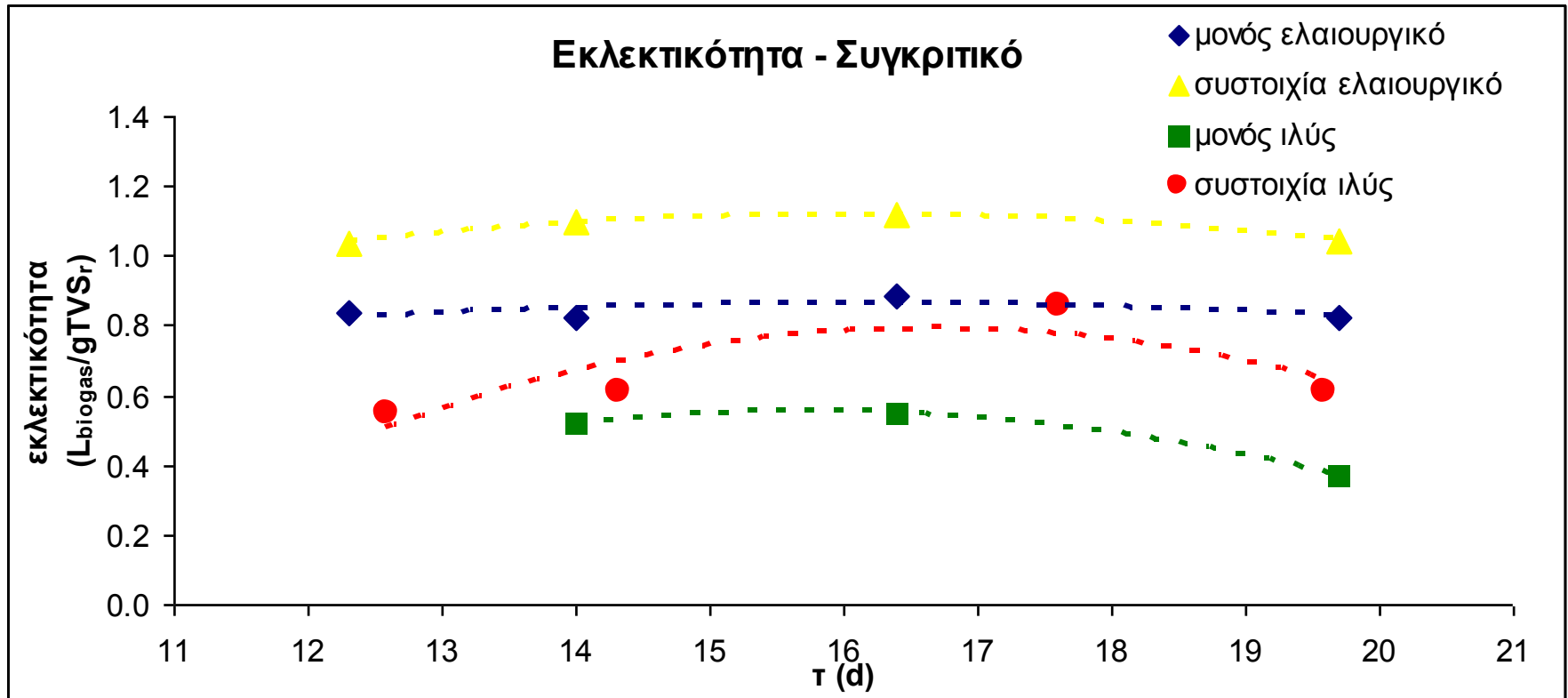


# Αποτελέσματα

- Εκλεκτικότητα ( $L_{biogas}/LR_d$ )

✘ Μοναδιαίος αντιδραστήρας

Τιμές εκλεκτικότητας ίσες με  $0,8 L_{biogas}/gTVS_{in}$  για το μικτό απόβλητο και  $0,37 - 0,52 L_{biogas}/gTVS_{in}$  για την 100 % ιλύ



# Αποτελέσματα

## Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Μικτό απόβλητο / 100 % ιλύς		Υδραυλικός χρόνος παραμονής (ημέρες)			
		~12,6	~14,2	~17	~19,6
Βιοαέριο (L/d)	Μοναδιαίος	66,3 / -	63,4 / 30,2	57,4 / 25,9	48,4 / 17,9
	Συστοιχία	77 / 30	66 / 27,4	58,5 / 26,3	48,6 / 23,4
R <sub>G</sub> (L/L <sub>d</sub> )	Μοναδιαίος	0,63 / -	0,60 / 0,32	0,55 / 0,27	0,46 / 0,19
	Συστοιχία	0,73 / 0,32	0,63 / 0,29	0,56 / 0,28	0,46 / 0,25
tCOD <sub>rem</sub> (%)	Μοναδιαίος	43 / 48	42 / 36	43 / 19	45 / 29
	Συστοιχία	44 / 31	43 / 39	50 / 15	37 / 30
VSS <sub>rem</sub> (%)	Μοναδιαίος	26,8 / 33,5	24,2 / 21,1	27,1 / 24,9	27,6 / 26,7
	Συστοιχία	27,9 / 28,6	27,5 / 44	25,3 / 20,6	26 / 30,4
Εκλεκτικότητα (L <sub>biogas</sub> /gTVS <sub>rem</sub> )	Μοναδιαίος	0,8 / -	0,8 / 0,52	0,9 / 0,55	0,8 / 0,37
	Συστοιχία	1,04 / 0,55	1,1 / 0,61	1,12 / 0,86	1,05 / 0,61

# Πειραματικά Συμπεράσματα

- η απόδοση των δύο συστημάτων από την συνεπεξεργασία ιλύος και ελαιουργικών αποβλήτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που προκύπτει από την επεξεργασία μόνο ιλύος.
- η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου είναι σχεδόν η ίδια, τόσο από τη συστοιχία των αντιδραστήρων όσο και από αυτή του μονού αντιδραστήρα.

# Πειραματικά Συμπεράσματα

- το ποσοστό απομάκρυνσης ολικού COD αυτό είναι σχεδόν παρόμοιο για τα δύο συστήματα επεξεργασίας και για τους δύο τύπους αποβλήτων για τους μικρότερους χρόνους παραμονής, ενώ το ποσοστό αυτό για την συνεπεξεργασία ιλύος και ελαιουργικών αποβλήτων στους μεγαλύτερους χρόνους παραμονής είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό που προκύπτει από την επεξεργασία μόνο ιλύος.
- η απόδοση των δύο συστημάτων (μονός αντιδραστήρας και συστοιχία) προκύπτει ότι είναι σχεδόν η ίδια όσον αφορά το ποσοστό απομάκρυνσης ολικού COD

# Πειραματικά Συμπεράσματα

- το ποσοστό απομάκρυνσης των στερεών είναι σχεδόν το ίδιο και για τους δύο τύπους αποβλήτων, τόσο για την επεξεργασία τους με τη συστοιχία των αντιδραστήρων όσο και με του μονού αντιδραστήρα.
- η απόδοση της συστοιχίας των δύο αντιδραστήρων CSTR, δε φαίνεται να παρουσιάζει ουσιαστικές διαφορές από αυτή του μοναδιαίου αντιδραστήρα CSTR, παραμόνο ορισμένες μικρές διαφορές στις τιμές ορισμένων μόνο παραμέτρων.

# Πειραματικά Συμπεράσματα

- Αναλογιζόμενοι όμως το υψηλό κόστος που προϋποθέτει η απόκτηση δύο έναντι ενός αντιδραστήρων σε σχέση με τα μικρά πλεονεκτήματα που αυτή παρέχει, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η συστοιχία δύο αντιδραστήρων κρίνεται ασύμφορη από οικονομικής άποψης.
- Επομένως αποδοτικότερη είναι η συνεπεξεργασία ιλύος και ελαιουργικού αποβλήτου από το σύστημα του μοναδιαίου αντιδραστήρα



# Οικονομική εκτίμηση

- εξετάζεται αν η επένδυση της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιουργείου ζημιώνει ή προσφέρει οικονομικά οφέλη στον επενδυτή.
- αναλύονται τα έξοδα για την προμήθεια, κατασκευή, λειτουργία και διαχείρισης της μονάδας και συγκρίνονται με τα αναμενόμενα οφέλη.
- Αναλύεται ο χρονικός ορίζοντας απόσβεσης της μονάδας κάτω από το πρίσμα της δυναμικότητας των ελαιοπαραγωγικών μονάδων του νομού Ξάνθης, του διαμερίσματος της Θράκης και του βιολογικού της Αλεξανδρούπολης

# Οικονομική εκτίμηση

- Η περίπτωση του νομού Ξάνθης
  - ✘ 250000 ελαιόδενδρα
  - ✘ 2 ελαιοτριβεία
  - ✘ περίοδος 2008 – 2009 : 2.029.684 κιλά ελαιοκάρπου => 2435,6 m<sup>3</sup> υγρά απόβλητα
  - ✘ ΥΑΕ/ ιλύς : 3/7 => 5683 m<sup>3</sup> ιλύος => 8119 m<sup>3</sup> μικτού αποβλήτου
  - ✘ 1 gTVSin => 0,509 λίτρα βιοαερίου
  - ✘ 8119 m<sup>3</sup> μικτού αποβλήτου => 113.341 KgTVSin => 57690,7 m<sup>3</sup> βιοαερίου

# Οικονομική εκτίμηση

✘ Διαστασιολόγηση αντιδραστήρα :  $Q = 8119 \text{ m}^3 / 365 = 22,2 \text{ m}^3 /$   
ημέρα

$$V = Q \times \tau = 22,2 \text{ m}^3 / \text{ημέρα} \times 12,3 \text{ ημέρες} = 275 \text{ m}^3$$

Προϊόν	Μέγεθος	Κόστος (€)
Αντιδραστήρας	275 m <sup>3</sup>	45500
Δεξαμενή αποθήκευσης βιοαερίου	64 m <sup>3</sup>	8500
Μονάδα CHP	44 KW	61600 (= KW x 1,4)
Μόνωση	19 m <sup>3</sup>	10000
Σύνδεση με την εγκατάσταση θέρμανσης		5000
Αντλίες, Αναμικτήρες, Εναλλάκτης θερμότητας για τον αντιδραστήρα, σωλήνες		39800
Λοιπά εξαρτήματα ασφαλείας		11000
Προ-ανάμιξη		25000
Μερικό σύνολο		206400
Αμοιβή μηχανικού ( 5 % του μερικού κόστους)		10320
Συνολικό κόστος εγκατάστασης		216720

# Οικονομική εκτίμηση

- Ν.2601/98 & Ν.3219/2004: προβλέπεται 40% δημόσια επιχορήγηση στο συνολικό επιλέξιμο κόστος επένδυσης για μονάδες ΑΠΕ και επιχορήγηση 40% στο επιτόκιο των δανείων που λαμβάνονται με σκοπό τη χρηματοδότηση της επένδυσης ΑΠΕ.
- Συνεπώς το ποσό που καλείται να συνεισφέρει ο συνεταιρισμός ισούται με  $216720 \times 60 \% = 130032 \text{ €}$ .
- υποθέτουμε ότι ποσό αυτό προέρχεται από κάποιο δάνειο και με βάση αυτό αναλύονται ακολούθως τα οικονομικά στοιχεία. Το επιτόκιο του δανείου υποθέτεται επίσης ότι είναι 5 %.
- Ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης θεωρείται ότι είναι 15 χρόνια.
- θεωρείται ότι η μονάδα λειτουργεί 365 ημέρες το χρόνο.

# Οικονομική εκτίμηση

	Μέθοδος υπολογισμού	Παράδειγμα	€/ έτος
Κόστος			
Κόστος ετήσιας επένδυσης	Συνολικό κόστος επένδυσης X 0,7 X 3 %	130032 X 0,7 X 3 %	2731
Κόστος χρήσης και συντήρησης αντιδραστήρα	(Συνολικό κόστος επένδυσης – Συντήρηση CHP) X 3%	(130032 – 61600) X 3%	2053
Κόστος χρήσης και συντήρησης CHP	Ώρες λειτουργίας/ έτος (0,6 – 0,9) €/ h	2545h/ έτος X 0,75 €/h	1909
Ασφάλιση και φόροι	Συνολικό κόστος επένδυσης X (0,5 - 0,1%)	130032 X 0,75%	975
Εργατικό δυναμικό	Σύνολο ωρών/ημέρα X 365 X (5 - 15 €/ h)	0,5 h / ημέρα X 365 ημέρες X 10	1825
Βενζίνη ντίζελ για τον κινητήρα	Εγκατεστημένη χωρητικότητα kW X 72 €/ kW	44 kW X 65 €/kW	2860
Συνολικό ετήσιο κόστος			12353

# Οικονομική εκτίμηση

✘ Μονάδα CHP : κατανάλωση 22,66 m<sup>3</sup> βιοαερίου / ώρα  
57690,7 m<sup>3</sup> βιοαερίου => 2545 ώρες λειτουργίας =>111980 kW/  
έτος

N. 3468 : τιμή πώλησης ρεύματος = 0,073 €/KW

Όφελος			
Πώληση ηλεκτρισμού στη ΔΕΗ	Εγκατεστημένη χωρητικότητα (kW) X ώρες λειτουργίας X συμφωνημένη τιμή πώλησης (0,073 €/ kW)	44 kW X 2545 h X 0,073€/ kW	8175
Χρησιμοποιούμενη θερμότητα	Θερμότητα CHP (GJ/έτος) X 0,5 X (5 - 15) €/ GJ	1315 GJ/έτος X 0,5 X 10€/GJ	6570
Συνολικό ετήσιο όφελος			14745
Ετήσιο κέρδος	Όφελος – κόστος ανα έτος	14745 - 12353	2392
Περίοδος αποπληρωμής	Συνολικό κόστος επένδυσης X 0,7/ (κέρδος + κόστος επένδυσης) ανά έτος	(130032 X 0,7)/ 2392	38 έτη

**Η επένδυση κρίνεται ασύμφορη**

# Οικονομική εκτίμηση

- Η περίπτωση του διαμερίσματος της Θράκης
- 6 ελαιοτριβεία
- περίοδος 2008 – 2009 : 6.427.391 κιλά ελαιοκάρπου => 7712,8 m<sup>3</sup> υγρά απόβλητα
- ΥΑΕ/ ιλύς : 3/7 => 17996,2 m<sup>3</sup> ιλύος => 25709 m<sup>3</sup> μικτού αποβλήτου
- 1 gTVSin => 0,509 λίτρα βιοαερίου
- 25709 m<sup>3</sup> μικτού αποβλήτου => 358.897.640 gTVSin => 181898 m<sup>3</sup> βιοαερίου
- Διαστασιολόγηση αντιδραστήρα :  $Q = 25709 \text{ m}^3 / 365 = 70,4 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$   
 $V = Q \times \tau = 70,4 \text{ m}^3 / \text{ημέρα} \times 12,3 \text{ ημέρες} = 870 \text{ m}^3$
- Κόστος αντιδραστήρα = 106.000 €

# Οικονομική εκτίμηση

- Η περίπτωση του διαμερίσματος της Θράκης
  - ✘ Διαστασιολόγηση αντιδραστήρα :  $Q = 25709 \text{ m}^3 / 365 = 70,4 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$   
 $V = Q \times \tau = 70,4 \text{ m}^3 / \text{ημέρα} \times 12,3 \text{ ημέρες} = 870 \text{ m}^3$
  - ✘ Κόστος αντιδραστήρα = 106.000 €
  - ✘ συνολικό κόστος επένδυσης = 308070 €
  - ✘ Ποσό δανεισμού =  $308070 \times 60\% = 184842 \text{ €}$
  - ✘ Συνολικό ετήσιο κόστος = 22719 €
  - ✘ Μονάδα CHP : κατανάλωση  $22,66 \text{ m}^3$  βιοαερίου / ώρα
  - ✘  $181.898 \text{ m}^3$  βιοαερίου => 8025 ώρες λειτουργίας =>  $353.100 \text{ KW/ έτος}$
  - ✘ N. 3468 : τιμή πώλησης ρεύματος =  $0,073 \text{ €/KW}$



# Οικονομική εκτίμηση

- Η περίπτωση του διαμερίσματος της Θράκης
  - ✘ Μονάδα CHP : κατανάλωση  $22,66 \text{ m}^3$  βιοαερίου / ώρα
  - ✘  $181.898 \text{ m}^3$  βιοαερίου => 8025 ώρες λειτουργίας =>  $353.100 \text{ KW/ έτος}$
  - ✘ N. 3468 : τιμή πώλησης ρεύματος =  $0,073 \text{ €/KW}$
  - ✘ Συνολικό ετήσιο όφελος = **32346 €**
  - ✘ Περίοδος αποπληρωμής =  $(184842 \times 0,7) / (32346 - 22719) = 13,3 \text{ έτη}$
  - ✘ Η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα

# Οικονομική εκτίμηση

- Η περίπτωση του βιολογικού της Αλεξ/πολης
  - ✘ Διαθέτει ήδη τον απαραίτητο εξοπλισμό για την επεξεργασία των αποβλήτων
  - ✘ Απαιτείται μόνο η αγορά και εγκατάσταση μονάδας CHP  
συνολικό κόστος επένδυσης = 71.600 €
  - ✘ Συνολικό ετήσιο κόστος = 13.433 €
  - ✘ Συνολικό ετήσιο όφελος = 32.346 €
  - ✘ Περίοδος αποπληρωμής = 2,65 έτη
  - ✘ Επένδυση εξαιρετικά συμφέρουσα !!!

# Οικονομικά Συμπεράσματα

- ✘ Για την περίπτωση του ν. Ξάνθης η επένδυση κρίνεται ασύμφορη, αναμενόμενο καθώς ο όγκος των προς επεξεργασία αποβλήτων είναι μικρός
- ✘ Για την περίπτωση του ν. Έβρου η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα, λογικό καθώς μεγάλωσε ο όγκος των αποβλήτων
- ✘ Για την περίπτωση του βιολογικού, η επένδυση κρίνεται εξαιρετικά συμφέρουσα

# Γενικά Συμπεράσματα

- ✘ Η αναερόβια χώνευση αποτελεί ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου
- ✘ Η παραγωγή βιοαερίου και κατά συνέπεια ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας απόλυτα συμβατή με τις σύγχρονες απαιτήσεις για εκμετάλλευση των Α.Π.Ε.
- ✘ η απόδοση των δύο συστημάτων από την συνεπεξεργασία ιλύος και ελαιουργικών αποβλήτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που προκύπτει από την επεξεργασία μόνο ιλύος
- ✘ η απόδοση της συστοιχίας των δύο αντιδραστήρων CSTR, δε φαίνεται να παρουσιάζει ουσιαστικές διαφορές από αυτή του μοναδιαίου αντιδραστήρα CSTR, που να δικαιολογούν το επιπλέον κόστος του δεύτερου αντιδραστήρα

# Γενικά Συμπεράσματα

- ✘ αποδοτικότερη η συνεπεξεργασία ιλύος και ελαιουργικού αποβλήτου από το σύστημα του μοναδιαίου αντιδραστήρα
- ✘ Η εφαρμογή της αναερόβια χώνευσης για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων του νομού Ξάνθης κρίνεται ασύμφωρη λόγω του μικρού όγκου των αποβλήτων
- ✘ Η εφαρμογή της αναερόβια χώνευσης για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων του διαμερίσματος Θράκης κρίνεται συμφέρουσα λόγω του μεγαλύτερου όγκου των αποβλήτων
- ✘ Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων του διαμερίσματος Θράκης από το βιολογικό καθαρισμό της Αλεξ/πολης κρίνεται εξαιρετικά συμφέρουσα