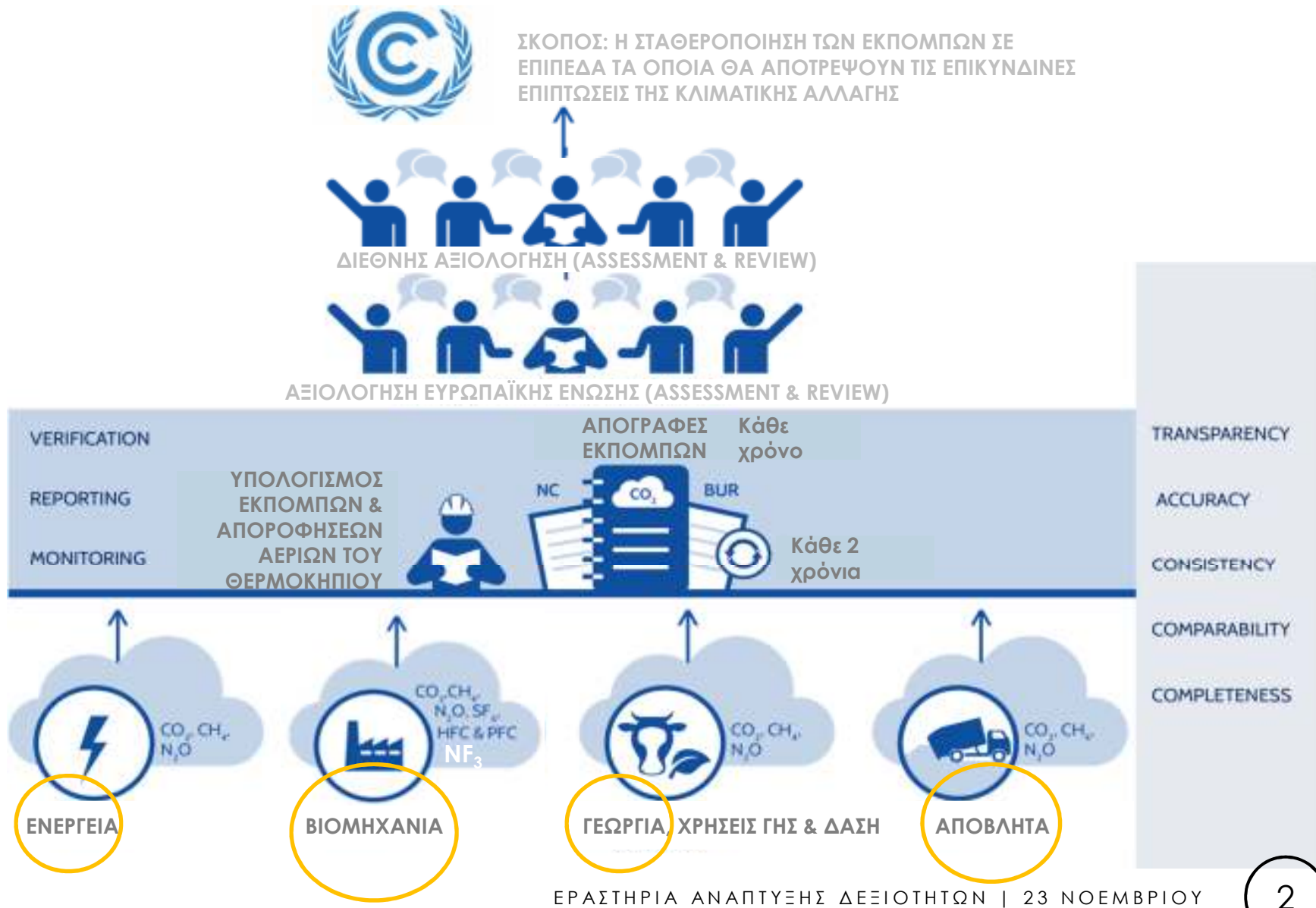




# Μεθοδολογία καταγραφής αερίων του θερμοκηπίου μιας επιχείρησης

Θεόδωρος Ζαχαριάδης & Χρύσω Σωτηρίου  
Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

# Διαδικασία Απογραφής Εκπομπών



# Τομείς

## ○ Ενέργεια

- Κτιριακές Εγκαταστάσεις
- Διεργασίες/Μηχανήματα
- Μεταφορές

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

## ○ Βιομηχανία

- Φθοριούχα Αέρια

HFCs, SFs

## ○ Γεωργία

- Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων

CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

## ○ Απόβλητα

- Στερεά Απόβλητα
- Διαχείριση Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων

CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

Όλες οι εκπομπές πρέπει να εκφραστούν σε κάτι ισοδύναμο:  
CO<sub>2</sub> equivalent  
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

# Ισοδύναμο Διοξείδιο του Άνθρακα

Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα επιτρέπει τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου να είναι **συγκρίσιμα** μεταξύ τους.

Το ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε τις εκπομπές καθενός από τα αέρια του θερμοκηπίου με το **Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (ΔΘΠ)**.



ΑΕΡΙΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ, GHG	ΔΘΠ
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	25
N <sub>2</sub> O	298
HFC-32	675
HFC-134a	1430

Παράδειγμα διεργασίας που εκπέμπει CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O:

Συνολικές Εκπομπές = **1** · Εκπομπές CO<sub>2</sub> + **25** · Εκπομπές CH<sub>4</sub> + **298** · Εκπομπές N<sub>2</sub>O

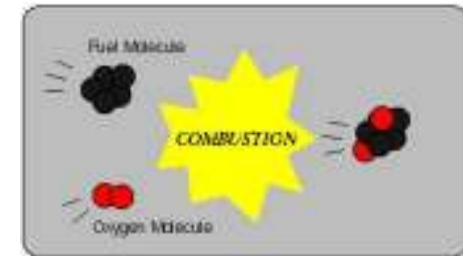
# Τομείς

- **Ενέργεια**
  - Κτιριακές Εγκαταστάσεις
  - Διεργασίες/Μηχανήματα
  - Μεταφορές
- **Βιομηχανία**
  - Φθοριούχα Αέρια
- **Γεωργία**
  - Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων
- **Απόβλητα**
  - Στερεά Απόβλητα
  - Διαχείριση Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων

Κατανάλωση ενέργειας στις:

- Κτιριακές εγκαταστάσεις
- Διαδικασίες/Μηχανήματα
- Μεταφορές

Εκπομπές από την καύση καυσίμου.



Εξίσωση υπολογισμού εκπομπών ανά αέριο του θερμοκηπίου (GHG) και ανά καύσιμο(fuel):

$$Emissions_{GHG,fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \cdot Emission\ Factor_{GHG,fuel}$$

Όπου:

$Emissions_{GHG,fuel}$

$Fuel\ Consumption_{fuel}$

$Emission\ Factor_{GHG,fuel}$

Εκπομπές από την καύση ενός καυσίμου

Κατανάλωση καυσίμου

Συντελεστής εκπομπής καυσίμου

Συντελεστές εκπομπής των διάφορων καυσίμων:

Καύσιμο	Συντελεστής Εκπομπής CO <sub>2</sub> (kg/TJ)	Συντελεστής Εκπομπής CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	Συντελεστής Εκπομπής N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasoil	74100	10	0.6
LPG	63100	1.0	0.1
Fuel Oil	77400	3.0	0.6
Gasoline	69300	25.0	8.0
Diesel	74100	3.9	3.9
Biofuels	70800	3.8	5.7
Wood	100000	30.0	4.0
Heat (from solar water)	0	0	0
Heat (from geothermal)	0	0	0
Electricity (from grid)	0	0	0
Electricity (from solar PV)	0	0	0

# Τομείς

- **Ενέργεια**
  - Κτιριακές Εγκαταστάσεις
  - Διεργασίες/Μηχανήματα
  - Μεταφορές
- **Βιομηχανία**
  - Φθοριούχα Αέρια
- **Γεωργία**
  - Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων
- **Απόβλητα**
  - Στερεά Απόβλητα
  - Διαχείριση Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων



# Βιομηχανία

## Φθοριούχα Αέρια/F-Gases

Τα φθοριούχα αέρια (F – Gases) αποτελούν μια οικογένεια από τεχνητά αέρια που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, κυρίως στους τομείς του **κλιματισμού** και της **ψύξης**.

### Κλιματισμός/Air Conditioning

- Σταθερός Κλιματισμός/Stationary Air Conditioning
- Κινητός Κλιματισμός/Mobile Air Conditioning

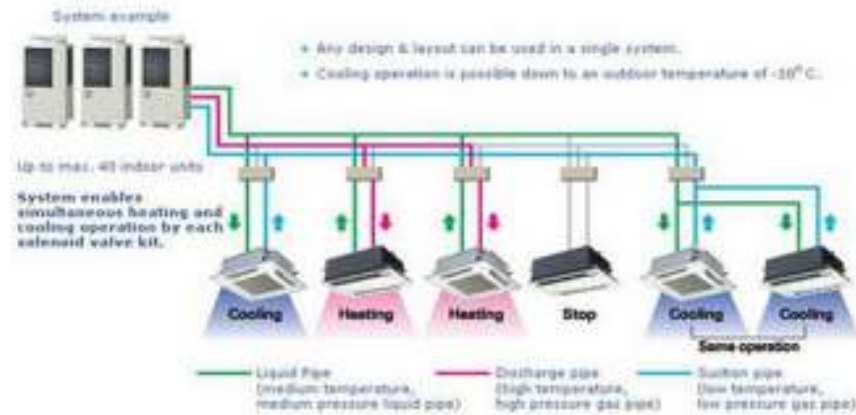
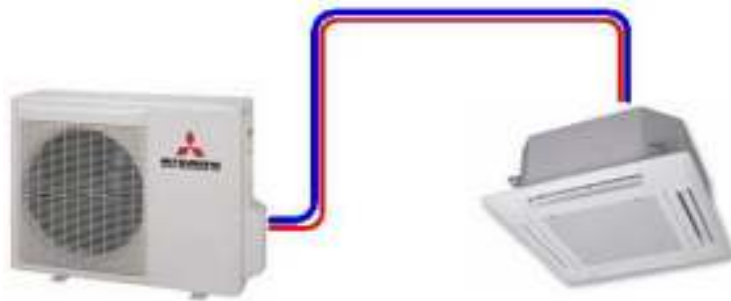
### Ψύξη/Refrigeration

- Εμπορική Ψύξη/Commercial Refrigeration
- Βιομηχανικές Διαδικασίες/Industrial Processes
- Ψυκτικοί Θάλαμοι Αυτοκινήτων/Transport Refrigeration

Τα φθοριούχα αέρια έχουν **υψηλό** Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (ΔΘΠ).

# Βιομηχανία

## Φθοριούχα Αέρια/F-Gases



# Βιομηχανία

## Φθοριούχα Αέρια/F-Gases

### Κλιματισμός/Air Conditioning

— Σταθερός Κλιματισμός/Stationary Air Conditioning

R-407C  
R-410A  
HFC-32

— Κινητός Κλιματισμός/Mobile Air Conditioning

R-407C  
R-410A  
HFC-134a

### Ψύξη/Refrigeration

— Εμπορική Ψύξη/Commercial Refrigeration

R-404A  
HFC-134a

— Βιομηχανικές Διαδικασίες/Industrial Processes

R-407C  
R-410A  
R-404A  
HFC-134a

— Ψυκτικοί Θάλαμοι Αυτοκινήτων/Transport Refrigeration

R-404A  
HFC-134a

# Βιομηχανία

## Φθοριούχα Αέρια/F-Gases

Κάθε σύστημα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, τα οποία και καθορίζουν τις τελικές εκπομπές.

### Χαρακτηριστικά Συστημάτων

Αρχική Πλήρωση/Charge

Χρόνος Ζωής/Lifetime

Συντελεστής Εκπομπής (Απώλειες Συναρμολόγησης)  
/Initial Emissions

Συντελεστής Εκπομπής (Διαρροές Λειτουργίας/Συντήρησης)  
/Operational Emissions

# Βιομηχανία

## Φθοριούχα Αέρια/F-Gases

Οι εκπομπές προκύπτουν κατά την αρχική πλήρωση του εξοπλισμού με το φθοριούχο αέριο, κατά την **λειτουργία** του εξοπλισμού και τέλος με την απόσυρση του.

Συντελεστής Εκπομπής  
(Διαρροές Λειτουργίας/Συντήρησης)

### Κλιματισμός/Air Conditioning

- Σταθερός Κλιματισμός/Stationary Air Conditioning 1%-6%
- Κινητός Κλιματισμός/Mobile Air Conditioning 2%-15%

### Ψύξη/Refrigeration

- Εμπορική Ψύξη/Commercial Refrigeration 1%-30%
- Βιομηχανικές Διαδικασίες/Industrial Processes 2%-15%
- Ψυκτικοί Θάλαμοι Αυτοκινήτων/Transport Refrigeration 8%-20%

# Βιομηχανία

## Φθοριούχα Αέρια/F-Gases

Εξίσωση υπολογισμού εκπομπών ανά φθοριούχο αέριο (F-Gas) και ανά εξοπλισμό κατά την λειτουργία του:

$$\text{Emissions}_{\text{F-Gas, equipment}} = \text{Charge}_{\text{F-Gas, equipment}} \cdot \text{Emission Factor}_{\text{equipment}}$$

Όπου:

$\text{Emissions}_{\text{F-Gas, equipment}}$   
 $\text{Charge}_{\text{F-Gas, equipment}}$   
 $\text{Emission Factor}_{\text{equipment}}$

Εκπομπές φθοριούχου αερίου  
Αρχική πλήρωση εξοπλισμού  
Συντελεστής εκπομπής κατά την λειτουργία

# Τομείς

- **Ενέργεια**
  - Κτιριακές Εγκαταστάσεις
  - Διεργασίες/Μηχανήματα
  - Μεταφορές
- **Βιομηχανία**
  - Φθοριούχα Αέρια
- **Γεωργία**
  - Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων
- **Απόβλητα**
  - Στερεά Απόβλητα
  - Διαχείριση Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων

## Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων/Manure Management

Δεδομένα για τα διάφορα ζώα:

Animal Population	Typical Animal Mass (kg)	Nitrogen Excretion (kg N ex/1000 kg live weight/year)	Nex (kgN/animal/yr)
Dairy cattle	550.00	0.48	96.36
Other cattle	350.00	0.33	42.16
Breeding swine	200.00	0.42	30.66
Market swine	50.00	0.51	9.31
Sheep	40.00	0.85	12.41
Horse	450.00	0.26	42.71
Mule and ass	450.00	0.26	42.71
Goat	40.00	1.28	18.69
Laying chicken	3.00	0.83	0.91
Broiler chicken	3.00	0.83	0.91
Turkey	3.00	0.83	0.91
Other poultry	3.00	0.83	0.91



## Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων/Manure Management

Δεδομένα για τα διάφορα ζώα:

Animal Population	Volatile Substance Excretion VS (kg/head/day)	Bo (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg)	EF CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> /head/yr)
Dairy cattle	4.50	0.24	-
Other cattle	2.70	0.17	-
Breeding swine	0.50	0.45	-
Market swine	0.30	0.45	-
Sheep	-	-	0.28
Horse	-	-	2.34
Mule and ass	-	-	1.10
Goat	-	-	0.20
Laying chicken	-	-	0.03
Broiler chicken	-	-	0.02
Turkey	-	-	0.09
Other poultry	-	-	0.03

## Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων/Manure Management

Μέθοδοι διαχείρισης κτηνοτροφικών αποβλήτων:

- Αερόβια Επεξεργασία/Aerobic Treatment
- Στερεά Αποθήκευση/Solid Storage
- Αναερόβια Επεξεργασία/Anaerobic Digester

Δεδομένα συστημάτων διαχείρισης κτηνοτροφικών αποβλήτων:

Manure Management	MCF, CH <sub>4</sub>	EF, N <sub>2</sub> O
Liquid system/Aerobic Treatment	0.22	0.005
Solid storage and dry lot	0.04	0.005
Digesters	0.02	0

## Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων/Manure Management

**Μεθάνιο CH<sub>4</sub>** - [Dairy cattle, Other cattle, Breeding swine, Market swine]

Ανάλογα με την **διαχείριση** των κτηνοτροφικών αποβλήτων υπολογίζεται ένας διαφορετικός συντελεστής εκπομπής μεθανίου.

$$Emission\ Factor_{CH_4,species,system} = VS_{species} \cdot 365 \cdot Bo_{species} \cdot 0.67 \cdot MCF_{system}$$

Εξίσωση υπολογισμού εκπομπών μεθανίου:

$$Methane\ Emissions_{species,system} = Population_{species} \cdot Emission\ Factor_{CH_4,species,system}$$

**Μεθάνιο CH<sub>4</sub>** - [Sheep, Horse, Mule & ass, Goat, Laying chicken, Broiler chicken, Turkey, Other poultry]

Εξίσωση υπολογισμού εκπομπών μεθανίου:

$$Methane\ Emissions_{species} = Population_{species} \cdot Emission\ Factor_{CH_4,species}$$

## Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων/Manure Management

**Υποξείδιο Αζώτου N<sub>2</sub>O** - [Dairy cattle, Other cattle, Breeding swine, Market swine, Sheep, Horse, Mule & ass, Goat, Laying chicken, Broiler chicken, Turkey, Other poultry]

$$\text{Nitrous Oxide Emissions}_{\text{species}} = N_{\text{ex}_{\text{species}}} \cdot \text{Population}_{\text{species}} \cdot \text{Emission Factor}_{\text{N}_2\text{O},\text{system}} \cdot \frac{44}{28}$$

**Συνολικές Εκπομπές**

$$\text{Total Emissions}_{\text{species}} = 25 \cdot \text{Methane Emissions}_{\text{species}} + 298 \cdot \text{Nitrous Oxide Emissions}_{\text{species}}$$

# Τομείς

- **Ενέργεια**
  - Κτιριακές Εγκαταστάσεις
  - Διεργασίες/Μηχανήματα
  - Μεταφορές
- **Βιομηχανία**
  - Φθοριούχα Αέρια
- **Γεωργία**
  - Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων
- **Απόβλητα**
  - Στερεά Απόβλητα
  - Διαχείριση Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων

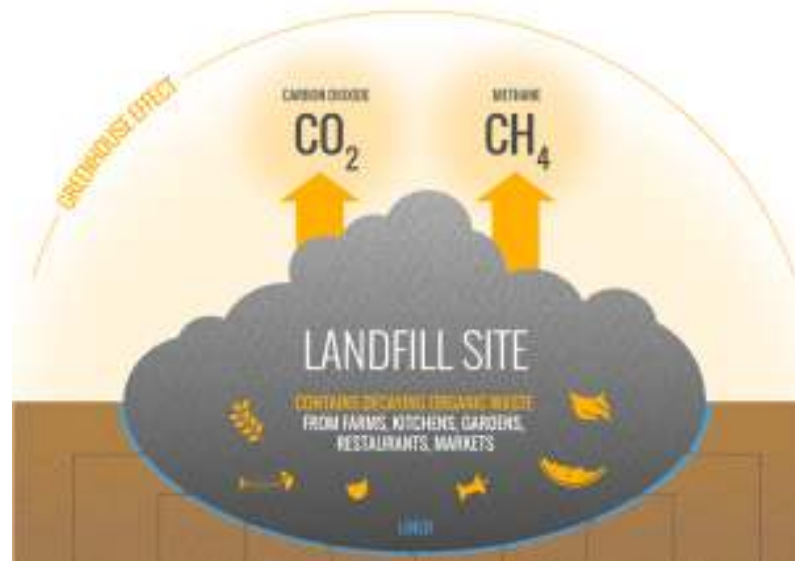
# Απόβλητα

CH<sub>4</sub>

## Στερεά Απόβλητα/Solid Waste

Όταν τα στερεά απόβλητα (ΣΑ) τοποθετούνται σε χωματερές και χώρους υγειονομικής ταφής, αποικοδομείται το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού υλικού των αποβλήτων. Βασικό προϊόν όταν το οργανικό υλικό αποσυντίθενται αναερόβια είναι το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>).

Εκπομπές από αποικοδόμηση των αποβλήτων.



MCF: Χαρακτηριστικό των χώρων διάθεσης ΣΑ

Λευκωσία/Λάρνακα/Αμμόχωστος: Κόση

Λεμεσός: Πεντάκωμο

Πάφος: ΧΥΤΑ Πάφου

# Απόβλητα

CH<sub>4</sub>

## Στερεά Απόβλητα/Solid Waste

Εξίσωση υπολογισμού εκπομπών μεθανίου από χώρους υγειονομικής ταφής:

$$\text{Methane Emissions} = (MSW_T \cdot MSW_F \cdot MCF \cdot DOC \cdot DOC_F \cdot F \cdot \frac{12}{6} - R) \cdot (1 - OX)$$

Ετήσια Παραγωγή Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ)

Κλάσμα ΑΣΑ που διατίθενται σε χώρους διάθεσης στερεών αποβλήτων

Επεξεργασία/Ανάκτηση



Εξίσωση υπολογισμού της ετήσιας παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων από μία εταιρία:

440 tons/  
employee  
/year

$$MSW_T = \text{No. of employees} \cdot \text{Solid Waste Generation per employee}$$

# Απόβλητα

CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

## Επεξεργασία Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων/Industrial Wastewater Treatment

chemical  
oxygen  
demand

(t)	(c.m/t)	(kg COD/m <sup>3</sup> )
<b>Production of, P:</b>	<b>Wastewater generation, W:</b>	<b>COD:</b>
Alcohol	24.00	11.00
Beer	6.30	2.90
Soft drinks	2.00	2.00
Dairy products	7.00	2.70
Meat & poultry	13.00	4.10
Refinery	0.60	1.00
Soaps & detergents	3.00	0.90
Vegetable oils	3.10	0.90
Vegetables, fruits & juices	20.00	5.00
Wine	23.00	1.50



## Επεξεργασία Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων/Industrial Wastewater Treatment

### Μέθοδοι επεξεργασίας:

- Κεντρική Μονάδα /Centralised
  - Αερόβια Επεξεργασία/Aerobic Treatment
  - Αναερόβια Επεξεργασία/Anaerobic Treatment
  - Συνδυασμός/Both
- Επιτόπου/on-site:
  - Αερόβια Επεξεργασία/Aerobic Treatment
  - Αναερόβια Επεξεργασία/Anaerobic Treatment
  - Συνδυασμός/Both

# Απόβλητα

CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

## Επεξεργασία Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων/Industrial Wastewater Treatment

### Μεθάνιο CH<sub>4</sub>

Type of Treatment	MCF	B <sub>0</sub>
Centralised Aerobic Treatment	0.3	0.25
Aerobic Treatment	0.3	0.25
Anaerobic Treatment	0.8	0.25

Εξίσωση υπολογισμού του συντελεστή εκπομπής μεθανίου ανά επεξεργασία:

$$Emission Factor_{CH_4,treatment} = MCF_{treatment} \cdot B_0$$

# Απόβλητα

CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

## Επεξεργασία Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων/Industrial Wastewater Treatment

Εξίσωση υπολογισμού του εκπομπών μεθανίου ανά επεξεργασία:

$$\text{Methane Emissions}_{\text{product,treatment}} = \text{Emission Factor}_{\text{CH}_4,\text{treatment}} \cdot TOW$$

Συνολικά Οργανικά Λυμάτων  
= P · W · B<sub>0</sub>

Εξίσωση υπολογισμού του εκπομπών μεθανίου για την περίπτωση συνδυασμού:

$$\text{Methane Emissions}_{\text{product}} = \sum_{\text{treatment}} (T_{\text{treatment}} \cdot \text{Emission Factor}_{\text{CH}_4,\text{treatment}}) \cdot TOW$$

Βαθμός  
Χρήσης κάθε  
Τεχνολογίας

# Απόβλητα

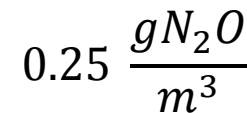
CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

## Επεξεργασία Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων/Industrial Wastewater Treatment

### Υποξείδιο Αζώτου N<sub>2</sub>O

Εξίσωση υπολογισμού του εκπομπών υποξειδίου του αζώτου:

$$\text{Nitrous Oxide Emissions}_{product} = \text{Wastewater Generated}_{product} \cdot EF_{N_2O}$$


$$0.25 \frac{gN_2O}{m^3}$$

### Συνολικές Εκπομπές

$$\text{Total Emissions}_{product} = 25 \cdot \text{Methane Emissions}_{product} + 298 \cdot \text{Nitrous Oxide Emissions}_{product}$$



Ευχαριστώ για την  
προσοχή σας!