

**A  
L  
F  
A**

## **Contaminanti Organici ed Inorganici nel Biogas**

- *Dott. Ivan Panini Responsabile Scientifico*



alfa solutions

## Materia Prima Biogas

- Residui animali e vegetali
- Fanghi di Depurazione
- Rifiuti indifferenziati (Landfill)
- Rifiuti da Raccolta differenziata (FORSU)
- Residui Cellulosici

# Composizione Organica Inorganica Biogas



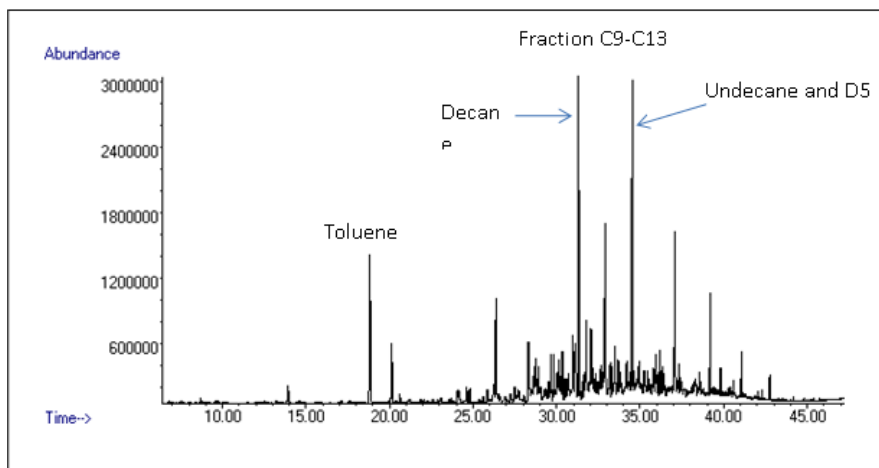
Contaminant	Typical compound composition ,%	R i s k
Water vapor	5-10% <sup>a</sup>	Corrosion of pipelines gas storage tanks, compressor and engine technologies, deterioration of lubrication oils
Carbon Dioxide	30-47% <sup>a</sup>	Corrosion of the equipment
Nitrogen	0-3% <sup>a</sup>	NO <sub>x</sub> flue gas emissions
Hydrogen sulphide	0-10.000ppm <sup>a</sup>	Corrosion of pipelines gas storage tanks, compressor and engine technologies, deterioration of lubrication oils, SO <sub>x</sub> fluegas emissions
Ammonia	0-100ppm <sup>a</sup>	Generation of corrosive products during combustion
Long-chain hydrocarbons	0-200 mg/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>	-
Volatile organic compounds	0-4500mg/m <sup>3</sup> <sup>b</sup>	Risk for human health threat
Molds and bacteria	-	Risk for human health threat, equipment damage
Halogenated hydrocarbons	20-200ppm(V) <sup>b</sup>	Generation of corrosive products during combustion
Heavy metals	-	Risk for human health threat
Oxygen	0-1% <sup>a</sup>	Explosion hazards
Siloxanes	0-41 mg/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>	Risk of causing abrasion, overheating and malfunctioning in combustion engines and valves
Hydrogen	0-3% <sup>b</sup>	-
Carbon monoxide	0-3% <sup>b</sup>	-

## Typical biogas contamination Coumpounds

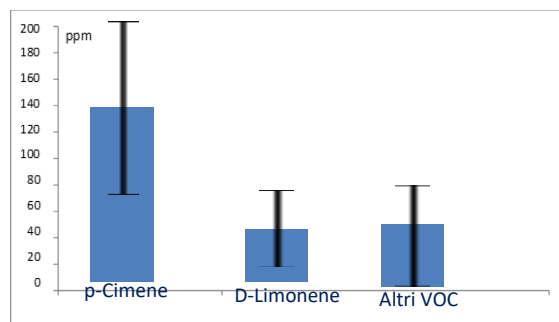
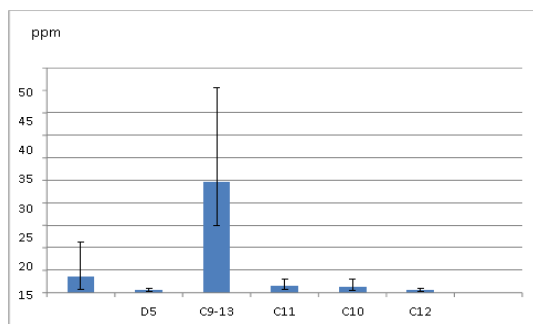
(a) Biogas produced from Sewage, Sludge, Livestock Manure or Agricultural Biowaste;

(b) for biogas recovered from conventional Landfills.

# Componente Idrocarburica



Characteristic chromatogram of biogas from digesting of sewage sludge



	Fanghi Depurazione	FORSU	Residui Animali	Residui Vegetali	Allevamento	Landfill
<b>Terpeni</b>		X	(X)	X	(X)	X
p-Cimene	X	D		X		D
d-Limonene	X	D	(X)	X		D
α-Pinene				X	(X)	
β-Pinene				X		
<b>Alcani</b>	X	X	(X)		(X)	X
Decano	X		(D)		(X)	X
Undecano	D		(D)		(X)	X
Dodecano	X		(D)		(X)	X
Pentani						X
C6, C7, C8, C9						X
<b>Alcheni</b>			(X)			
Decene			(X)			
Undecene			(X)			
<b>Idrocarburi Ciclici</b>	X					X
Cicloesano						X
Decahidronaftalene	X					
Metil Decahidronaftalene	X					
<b>Idrocarburi Aromatici</b>	X					X
Toluene	D					X
Xileni	X					X
Tri-, tetrametilbenzeni	X					X



## Composti organici ossigenati

	Fanghi Depurazione	FORSU	Residui Animali	Residui Vegetali	Allevamento	Landfill
<b>Diossani e Diossolani</b>						
1-3 Diossano	X			X		
1-4 Diossano	X			X		
EtilMetil Diossolano	X			X		
Trimetil Diossolano	X			X		
<b>Furani</b>						X
Tetraidrofurano			(X)			
MetilFurano			(X)	X	(X)	
<b>Chetoni</b>						
Acetone		X				
MEK		X				
MIBK		X				
Chetoni C>6		X				



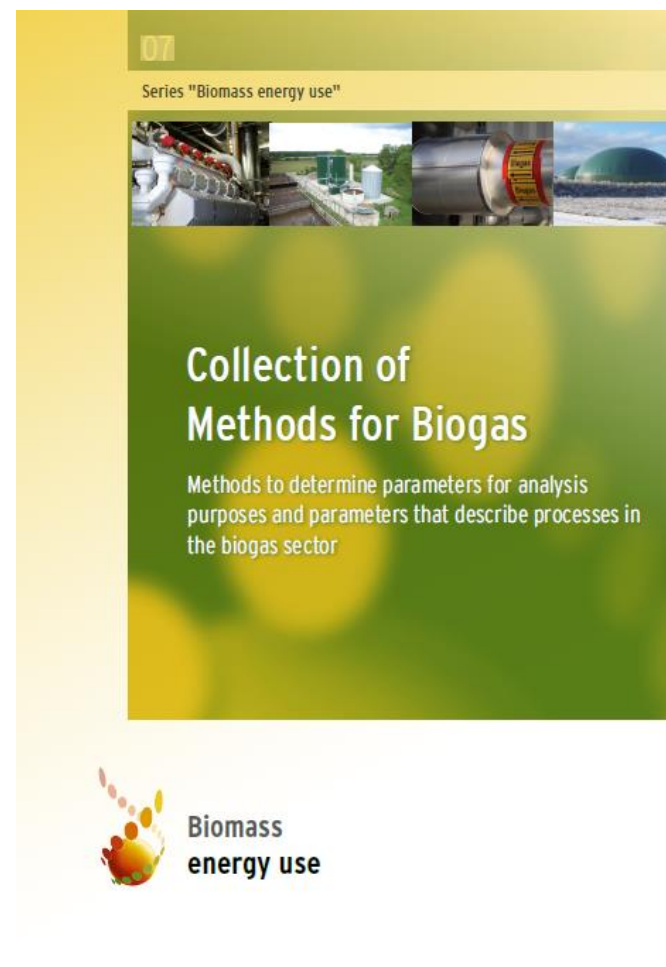
## Composti organici azotati e solforati

	Fanghi di Depurazione	FORSU	Residui Animali	Residui Vegetali	Allevamento	Landfill
<b>Composti Azotati</b>				X		
EtilMetilPiridina				X		
<b>Composti Solforati</b>		X			(X)	
Propilmercaptano		X			(X)	
Metilmercaptano					(X)	
Dimetilolfuro					(X)	
Dimetildisolfuro						
Tiofeni					X	



## Altri Composti Organici

	Fanghi Depurazione	FORSU	Residui Animali	Residui Vegetali	Allevamento	Landfill
<b>Composti Clorurati e Fluorurati</b>						
<b>Vinilcloruro</b>	X			X		X
<b>Di-Tri-TetraCloroetilene</b>	X			X		X
<b>CFC (DiclorodifluoroMetano o Etano)</b>						X
<b>Silossani</b>						
<b>EsametildiSilossano</b>	X			X		D
<b>OttametiltrisiSilossano</b>	X			X		X
<b>OctametilCiclotetraSilossano</b>	D			X		D
<b>DecametilCicloPentaSilossano</b>	D			X		D
<b>DodecametilCicloEsaSilossano</b>	X			X		X



# Analisi Biogas Trattamento Fanghi



Parametro Determinato	Unità di misura	Valore Determinato
<b>Composizione del biogas:</b>		
Ossigeno (O <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>0.14</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	% (v/v)	<b>71.4</b>
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>27.2</b>
Azoto (N <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>1.2</b>
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>0.002</b>
<b>Microinquinanti presenti nel biogas:</b>		
Acido Solfidrico (H <sub>2</sub> S)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>810</b>
Cloro totale (frazione organica + frazione inorganica)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,12</b>
Fluoro totale (frazione organica + frazione inorganica)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>&lt;0,05</b>

Parametro Determinato	Unità di misura	Valore Determinato
Idrocarburi alifatici C <sub>4</sub> -C <sub>7</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>127</b>
Idrocarburi alifatici C <sub>8</sub> -C <sub>15</sub> (come Terpeni e Limonene)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>206</b>
Idrocarburi alifatici C <sub>&gt;8</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>640</b>
Toluene	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>3.1</b>
Xileni	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>1.7</b>
Etilbenzene	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0.54</b>
Benzene	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0.05</b>
Idrocarburi aromatici C <sub>&gt;8</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>175</b>
Alcoli C <sub>&gt;8</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>125</b>
Tiofeni	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0.35</b>



# Analisi Biogas Biomassa



Sostanze Organiche Volatili	Unità di misura	Monte	Intermedio	Valle
Ossigeno O <sub>2</sub>	%	0,11	0,09	0,10
Anidride Carbonica CO <sub>2</sub>	%	30,7	30,9	31,0
Azoto N <sub>2</sub>	%	0,49	0,31	0,30
Metano CH <sub>4</sub>	%	68,7	68,7	68,6
Idrogeno H <sub>2</sub>	%	0,0081	0,0078	0,0095
Potere Calorifero	MJ/Sm <sup>3</sup>	23,304	23,301	23,348
Acetone	mg/Nm <sup>3</sup>	1,3	1,6	0,18
Etilbenzene	mg/Nm <sup>3</sup>	2,4	3,8	0,01
Idrocarburi Alifatici C4-C8	mg/Nm <sup>3</sup>	47,9	24,8	12,6
Idrocarburi Alifatici C9-C13	mg/Nm <sup>3</sup>	2660	1890	0,16
Terpeni	mg/Nm <sup>3</sup>	123	128	0,01
Furani	mg/Nm <sup>3</sup>	0,11	0,06	0,04
Metil-t-butil etere (MTBE)	mg/Nm <sup>3</sup>	4,8	4,5	3,7
Benzene	mg/Nm <sup>3</sup>	0,84	0,135	0,03 0,12
Toluene	mg/Nm <sup>3</sup>	168	208	28,3
MEK	mg/Nm <sup>3</sup>	1,4	2,3	0,02
Xileni	mg/Nm <sup>3</sup>	5,5	8,4 5,8	0,01
Altri Idrocarburi Aromatici (espr. come Trimetilbenzene)	mg/Nm <sup>3</sup>	12	14,2	0,04
Silossani	mg/Nm <sup>3</sup>	7,6	2,7	0,11



# Analisi Biogas Landifill



	Unità di misura	Valore determinato
Composizione del biogas:		
Ossigeno (O <sub>2</sub> )	% (v/v)	1,6
Metano (CH <sub>4</sub> )	% (v/v)	53,1
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )	% (v/v)	39,1
Azoto (N <sub>2</sub> )	% (v/v)	6,2
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	% (v/v)	0,0008
Microinquinanti presenti nel biogas		
Materiale particolare	mg/Nm <sup>3</sup>	0,78
Olio residuo	mg/Nm <sup>3</sup>	0,024
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	0,13
Acido Solfidrico (H <sub>2</sub> S)	mg/Nm <sup>3</sup>	6,9
Cloro inorganico (espresso come HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,43
Cloro organico da composti organoalogenati	mg/Nm <sup>3</sup>	17,2
Fluoro inorganico (espresso come HF)	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0,05
Fluoro organico da composti organoalogenati	mg/Nm <sup>3</sup>	1,1
Zolfo inorganico da SO <sub>x</sub> (espresso come SO <sub>3</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	8,3
Zolfo inorganico da S <sup>-</sup> (espresso come H <sub>2</sub> S)	mg/Nm <sup>3</sup>	6,2
Zolfo organico	mg/Nm <sup>3</sup>	0,21
Azoto inorganico	mg/Nm <sup>3</sup>	0,41
Azoto organico	mg/Nm <sup>3</sup>	0,45
Silicio inorganico	mg/Nm <sup>3</sup>	0,083
Silicio organico	mg/Nm <sup>3</sup>	5,4
Sostanze Organiche Volatili:		
Alcanolammine	mg/Nm <sup>3</sup>	0,49
Composti alcolici (compresi composti esterificati), aldeidici e chetonici	mg/Nm <sup>3</sup>	7,8
Idrocarburi alifatici C <sub>4</sub> -C <sub>7</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	347
Idrocarburi alifatici C <sub>8</sub> -C <sub>15</sub> (espressi come Pinene, Limonene e Camfene)	mg/Nm <sup>3</sup>	158
Benzene (97% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	4,7
Toluene (98% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	96
Etilbenzene (97% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	72
Xileni (96% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	120
Altri composti aromatici	mg/Nm <sup>3</sup>	148
Composti silossanici	mg/Nm <sup>3</sup>	23,2
Composti mercaptanici	mg/Nm <sup>3</sup>	0,18
Dimetilsolfuro (DMS) (98% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,32
Dimetildisolfuro (DMDS) (98% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,16
Cloruro di vinile (98% *)	mg/Nm <sup>3</sup>	17,8
Composti organoalogenati	mg/Nm <sup>3</sup>	59,2

# Analisi Biogas Residui Vegetali



Parametro Determinato	Unità di misura	Valore determinato
<b>Composizione del biogas:</b>		
Ossigeno (O <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>0,37</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	% (v/v)	<b>52,4</b>
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>45,9</b>
Azoto (N <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>1,4</b>
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	% (v/v)	<b>0,009</b>
<b>Microinquinanti presenti nel biogas:</b>		
Sostanze Organiche Volatili: vedi Tabella A	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>22,2</b>
Ammoniaca	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,92</b>
Temperatura	°C	<b>27,2</b>
Vapore acqueo	g/Nm <sup>3</sup>	<b>6,6</b>
	% (v/v)	<b>0,82</b>
<b>Caratteristiche del Biogas:</b>		
Potere Calorifico Inferiore (P.C.I.)	kJ/Nm <sup>3</sup>	<b>17789</b>

Parametro Determinato	Unità di misura	Valore determinato
Metilbutilchetone (MBK)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,11</b>
Metilisobutilchetone (MIBK)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,12</b>
Metiletilchetone (MEK)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,49</b>
Acetone	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,42</b>
Chetoni C >6	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>1,6</b>
Terpeni	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>1,2</b>
Benzene	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,07</b>
Toluene	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>1,3</b>
Xileni	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,05</b>
Etilbenzene	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,04</b>
Altri Idrocarburi Aromatici C >8 (espressi come Trimetilbenzene)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>2,7</b>
Idrocarburi Alifatici C >3 Saturi/Insaturi	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>7,8</b>
Anilina	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,26</b>
Etilacetato	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,57</b>
Silossani ciclici	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,45</b>
Furani	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>1,9</b>
Diossani	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>1,2</b>
Dimetilsolfuro (DMS)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,05</b>
Dimetildisolfuro (DMDS)	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>0,36</b>

# Analisi Biogas FORSU



Parametro Determinato	Unità di misura	Valore determinato
Ossigeno (O <sub>2</sub> )	% mol/mol	<b>0.37</b>
Azoto (N <sub>2</sub> )	% (mol/mol)	<b>1.8</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	% (mol/mol)	<b>59.0</b>
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )	% (mol/mol)	<b>38.9</b>
Idrogeno (H <sub>2</sub> )	% (mol/mol)	<b>0.035</b>
Ossido di Carbonio (CO)	% (mol/mol)	<b>0.008</b>
Solfuro di Idrogeno (H <sub>2</sub> S)	ppm	<b>149</b>
Mercaptani	µg	<b>&lt; 0,05</b>
Silossani	µg	<b>42</b>
Ammine totali	mg	<b>&lt; 0,01</b>

Sostanze Organiche Volatili	Unità di misura	Valore determinato
Acetone	µg	<b>383</b>
MEK	µg	<b>1330</b>
MIBK	µg	<b>52.3</b>
Chetoni C>6	µg	<b>352</b>
Dimetilsolfuro (DMS)	µg	<b>33.3</b>
Dimetildisolfuro (DMDS)	µg	<b>5.8</b>
Altri Solfuri	µg	<b>43</b>
Tiofeni	µg	<b>14</b>
Idrocarburi Alifatici C4-C8	µg	<b>10340</b>
Idrocarburi Aromatici C>8	µg	<b>42</b>
Terpeni	µg	<b>29300</b>
Etanolo	µg	<b>10.1</b>
IsoPropanolo	µg	<b>37.2</b>
n-Propanolo		<b>5.3</b>
isoButanolo	µg	<b>431</b>
Acetonitrile	µg	<b>17.8</b>
Etilacetato	µg	<b>15.0</b>
Altri Solfuri	µg	<b>53</b>
Tiofeni	µg	<b>29.5</b>
Esteri	µg	<b>57</b>
Alcoli	µg	<b>6.9</b>
Furani	µg	<b>67</b>
Diossani e Diossolani	µg	<b>6.0</b>
Tetracloroetilene	µg	<b>1.2</b>
1,2 Dicloropropano	µg	<b>1.6</b>
1,1,2,2, Tetracloroetano	µg	<b>11,5</b>
Diclorobenzene	µg	<b>0.35</b>
Benzene	µg	<b>6.1</b>
Xileni	µg	<b>25.5</b>
Etilbenzene	µg	<b>16.6</b>
Stirene	µg	<b>0.48</b>
Toluene	µg	<b>30.3</b>



alfa solutions

**Grazie per l'Attenzione**

**Biometano: Qualità del biogas dal pre-upgrading alla compressione 9 Novembre 2023**