



COMUNE DI NAPOLI  
Area Ambiente  
SERVIZIO IGIENE DELLA CITTA'

R.U.P. Ing. Simona Materazzo  
D.E.C. Ing. Michela Vicidomini

Progetto per la costruzione dell'impianto di compostaggio con recupero di biometano da realizzare nell'area di Napoli Est( Ponticelli) - CUP B67H17000290007



## PROGETTO DEFINITIVO

### R.T.P. PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



**Studio T.En.**  
Studio Associato di Ingegneria  
di Teneggi e Marastoni  
Ing. S.Teneggi



MANDANTI:



Ing. C. Ferone  
Ing. G.M. Esposito  
Arch. F.S. Visone  
Ing. M.L. Ferone

SG STUDIO ASSOCIATO  
Ing. G. Spaggiari

STUDIO ALFA S.p.A.  
Dott. Ing. E. Davolio



GEOLOG STUDIO  
DI GEOLOGIA  
Geol. D. Pingitore



Ing. F. Chiatto



TITOLO:

BILANCIO DI ENERGIA

ELABORATO:

TEC\_007

Data	Emissione	Redatto	Verificato	Approvato
Dicembre 2020	Revisione a seguito della Richiesta di Integrazioni nel merito del 13/08/2020	VM	ST	ST

SCALA:

---

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

## SOMMARIO

1. Aspetti energetici .....	2
2. Requisiti energetici degli edifici:.....	4
3. Bilancio energetico .....	5
4. Bilancio emissivo di CO2 .....	8
4.1 Inquadramento .....	8
4.2 Contesto Comune di Napoli.....	11
4.3 Valutazione del progetto .....	13

PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007

## 1. ASPETTI ENERGETICI

Attualmente, il futuro sostenibile dei territori è tra le questioni che stanno assumendo una sempre maggior rilevanza sia per le Amministrazioni – Nazioni, Regioni, Province, Comuni – (in termini decisionali), sia per la vita dei cittadini (in termini di qualità della vita). Dunque, una politica di pianificazione energetico-ambientale multilivello costituisce uno strumento necessario per attenuare le ricadute in termini energetici e/o di impatto ambientale.

Il Piano Energetico Ambientale della Regione Campania vigente è stato approvato con **delibera di Giunta Regionale n. 377 del 15/07/2020** e con presa d'atto con decreto della DG 2 - Direzione Generale per lo sviluppo economico e le attività produttive n. 353 del 18/09/2020.

Il Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR) si propone come un contributo alla programmazione energetico-ambientale del territorio con l'obiettivo finale di pianificare lo sviluppo delle FER, rendere energeticamente efficiente il patrimonio edilizio e produttivo esistente, programmare lo sviluppo delle reti distributive al servizio del territorio e disegnare un modello di sviluppo costituito da piccoli e medi impianti allacciati a reti "intelligenti" ad alta capacità, nella logica della smart grid diffusa.

Se da un lato i contenuti del Piano fanno ora riferimento ad un quadro di finalità ed obiettivi stabiliti su base europea e nazionale (c.d. obiettivi di Burden Sharing ), dall'altro il PEAR nella sua versione finale tiene conto di come il raggiungimento di tali obiettivi possa tradursi in opportunità sotto il profilo economico, occupazionale e di salvaguardia e valorizzazione del territorio se opportunamente accompagnato da misure di sostegno alla filiera energetica (dalla ricerca alla formazione) e da attività di comunicazione e informazione indirizzata a più livelli. Da quella base di partenza, quindi, è stato sviluppato il vigente PEAR\_2020 che riassume gli indirizzi strategici all'epoca proposti e li ridetermina e ridefinisce nelle sue conclusioni.

Sulla base di quanto riportato nel Piano Energia e Ambiente Regionale Regione Campania 2020, si riassumono di seguito i principali obiettivi in merito allo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Fonte	Incremento della potenza installata (MW)	Incremento dell'energia prodotta (GWh/anno)
Solare FV	75	100
Solare termico	14	19
Eolico	100	150
Idroelettrico	10	15
Geotermia (usi termici)	175	350
Biomasse (usi elettrici)	81	651
Biomasse (usi termici)	337	674
<b>TOTALE</b>	<b>792</b>	<b>1.959</b>

Tab. 1.: Quadro di sintesi degli obiettivi FER - PEAR\_2020

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

In base a quanto previsto dal PRGRS e dal PRGRU, adottato con DGR n. 685 del 6 dicembre 2016, nonché per effetto del successivo “Decreto Biometano” del 2 marzo 2018, si può prevedere che gli interventi più significativi in termini di impatto sui bilanci energetici e sulle emissioni climalteranti 172 regionali saranno concentrati nel settore della produzione di biometano, prevalentemente destinato all'utilizzo nei trasporti, mediante digestione anaerobica della FORSU. Attualmente in regione Campania sono in esercizio solo 3 impianti di digestione anaerobica da FORSU, anche se uno dei tre (l'impianto di Salerno) ha avuto recentemente problemi con il concessionario. Al momento, risultano ulteriori 9 impianti in corso di autorizzazione, per una capacità complessiva di circa 400.000 tonnellate, tra cui viene annoverato l'impianto di Napoli Est, oggetto della presente istanza.

In una prima, possibile proiezione (“scenario avanzato”), il piano assume che al 2030 tutta la frazione organica dei rifiuti sia trasformata in biometano, anche in considerazione dell'approvazione del citato Decreto Interministeriale del 2 marzo 2018 sulla promozione dell'uso del biometano nel settore dei trasporti, che ha segnato una svolta importante nel settore, così come l'approvazione del nuovo pacchetto di direttive europee sull'economia circolare e la proposta del nuovo piano energia e clima, che puntano a valorizzare il rifiuto organico in Italia grazie all'upgrading del biogas in biometano.

In particolare, nello “scenario avanzato” elaborato, per il 2020 è stato considerato in esercizio l'impianto di Napoli Est, ovvero l'impianto oggetto della presente istanza.

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

## 2. REQUISITI ENERGETICI DEGLI EDIFICI:

In merito agli aspetti di **contenimento dei consumi energetici in edilizia e promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili**, si sono applicati alla palazzina uffici in progetto, gli obblighi di cui all'art. 4bis, comma1, del D.Lgs. 192/2005 e ss.mm.ii., si rimanda pertanto all'aggiornamento della relazione tecnica ex DM 26/06/2016. In merito è stato inoltre redatto per la palazzina uffici l'attestato di prestazione energetica di previsione (**MEC\_001 ÷005**, **ELT\_031**).

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

### 3. BILANCIO ENERGETICO

In funzione dell'aggiornamento progettuale si è altresì adeguato il bilancio energetico, che mostra sia il fabbisogno energetico dell'impianto, che l'energia prodotta. Preme evidenziare che l'impianto prevede la produzione di energia elettrica da impianto fotovoltaico, a servizio della palazzina uffici, e la produzione di energia in termini di biocombustibile (biometano) grazie alla sezione di valorizzazione del biogas, denominata sezione di upgrading.

Relativamente alla produzione attesa per il progetto si stima una produzione totale di biogas di 3.825.000 m<sup>3</sup>/anno, finalizzato alla produzione di biometano da immettere in rete per un quantitativo annuo stimato di circa 2.226.884 m<sup>3</sup>/anno, pari a 262 m<sup>3</sup>/h di portata media attesa. In funzione della portata media oraria di biometano prodotto, il progetto prevede di dimensionare la stazione di upgrading per una taglia di 400 Nm<sup>3</sup>/h.

	<b>u.m.</b>	<b>quantità</b>
<b>Produzione totale biogas attesa</b>	m <sup>3</sup> /a	3'825'000
<b>Portata biometano attesa</b>	m <sup>3</sup> /a	2'226'000
<b>Ore funzionamento stazione upgrading</b>	h/a	8.500
<b>Portata media biometano</b>	m <sup>3</sup> /h	262
<b>Taglia stazione di upgrading (portata biometano)</b>	m <sup>3</sup> /h	400

**Tab. 2..: Dati per il dimensionamento della stazione di upgrading**

Come anticipato, verrà inoltre installato sulla palazzina adibita ad uffici e spogliatoi un impianto fotovoltaico, composto da circa 60 pannelli per la produzione di energia elettrica destinata all'autoconsumo, con potenza installata pari a 19,9 kW e con la produzione prevista di 25.195 kWh/anno, di cui effettivamente sfruttabile 13.607 kWh/anno.

L'acqua scaldata con l'energia termica fornita dalla caldaia viene utilizzata per il riscaldamento ausiliario del digestore: 581 Kw. Mentre i processi di compostaggio aerobico producono calore autonomamente attraverso l'ossidazione della sostanza organica, il processo di digestione anaerobica, che di per sé non produce quantità rilevanti di calore, deve avvenire in condizioni termicamente controllate finalizzate a mantenere la

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

temperatura quanto più costante. Per mantenere le condizioni di temperatura sopra descritte dev'essere installato un impianto di riscaldamento a servizio del digestore.

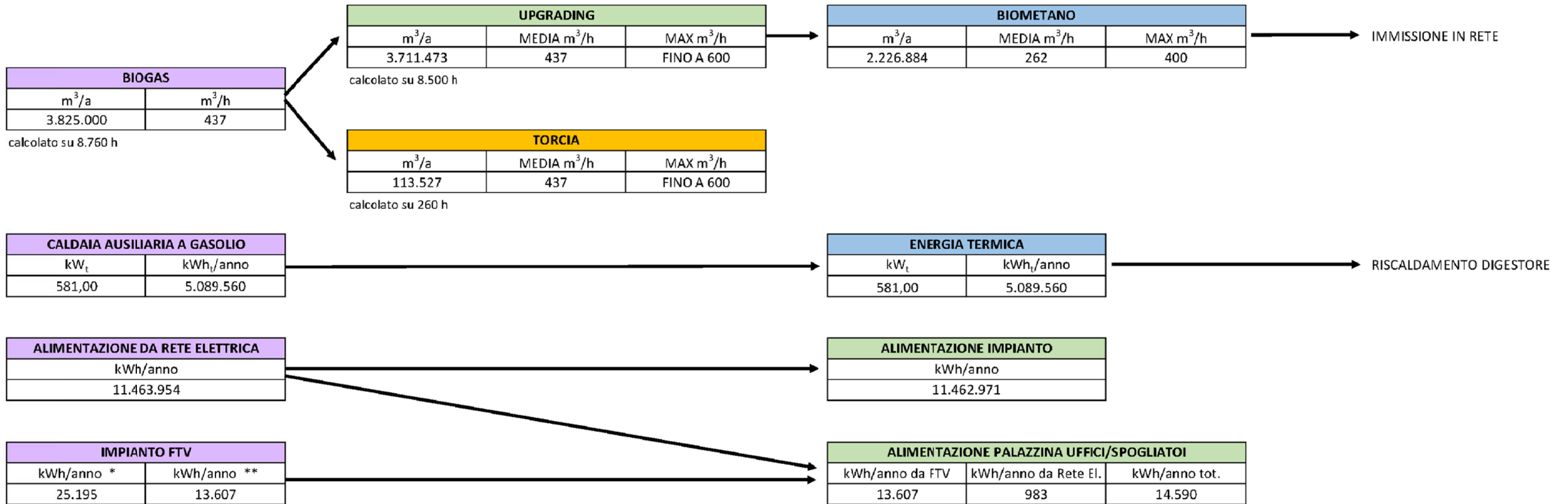
I principali consumi energetici connessi all'esercizio dell'impianto proposto derivano dall'utilizzo di:

- energia elettrica;
- combustibili (gasolio per autotrazione e alimentazione caldaia).

Le principali macro-utenze che utilizzano energia elettrica sono:

- funzionamento della linea di pretrattamento della frazione organica;
- funzionamento della linea di digestione anaerobica;
- linea di valorizzazione biogas;
- funzionamento linee di biostabilizzazione e maturazione;
- funzionamento uffici e vani accessori (illuminazione interna, apparecchiature elettriche ed elettroniche);
- illuminazione dell'area esterna;
- funzionamento degli impianti di captazione e trattamento delle arie esauste;
- sistema di rilancio delle acque nere;
- gruppo di sollevamento a servizio della rete antincendio.

In base ai consumi e alle stime di produzione attese, cui si rimanda alla precedente tabella relativa alle portate di biogas e biometano considerate, si riporta un diagramma con rappresentato il bilancio di energia.



\* = produzione lorda

\*\* = energia sfruttabile



PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007

## 4. BILANCIO EMISSIVO DI CO2

### 4.1 Inquadramento

Il clima sta lentamente cambiando a causa dell'effetto serra. I gas serra sono componenti minori dell'atmosfera che interagendo con la radiazione infrarossa di origine terrestre causano il cosiddetto effetto serra. Le cause climalteranti di origine antropica consistono sia nelle emissioni di anidride carbonica dai processi di combustione sia nelle emissioni di altri gas a effetto-serra significativo, come il metano ad esempio prodotto nelle discariche dei rifiuti.

*“I cambiamenti climatici stanno già avendo ripercussioni di ampia portata in Europa sugli ecosistemi, l'economia, la salute umana e il benessere. I rischi per gli ecosistemi, la salute umana e l'economia sono crescenti e aumenteranno in futuro. È quindi fondamentale adottare strategie, politiche e misure di adattamento migliori e più flessibili per ridurre tali conseguenze”.* Questo è il quadro, per nulla nuovo, che emerge dal recentissimo rapporto “Climate change, impacts and vulnerability in Europe - 2016”, pubblicato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) il 25 Gennaio 2017 (EEA Report n. 1/2017).

Anche il V Rapporto dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) conferma che il cambiamento climatico in corso sta già colpendo persone e natura dappertutto: l'acidificazione degli oceani, l'innalzamento del livello dei mari, gli eventi estremi (sia ondate di calore che precipitazioni improvvise e intense), lo scioglimento dei ghiacciai, insieme ai profondi cambiamenti dell'Artico dimostrano che il cambiamento climatico è una realtà innegabile.

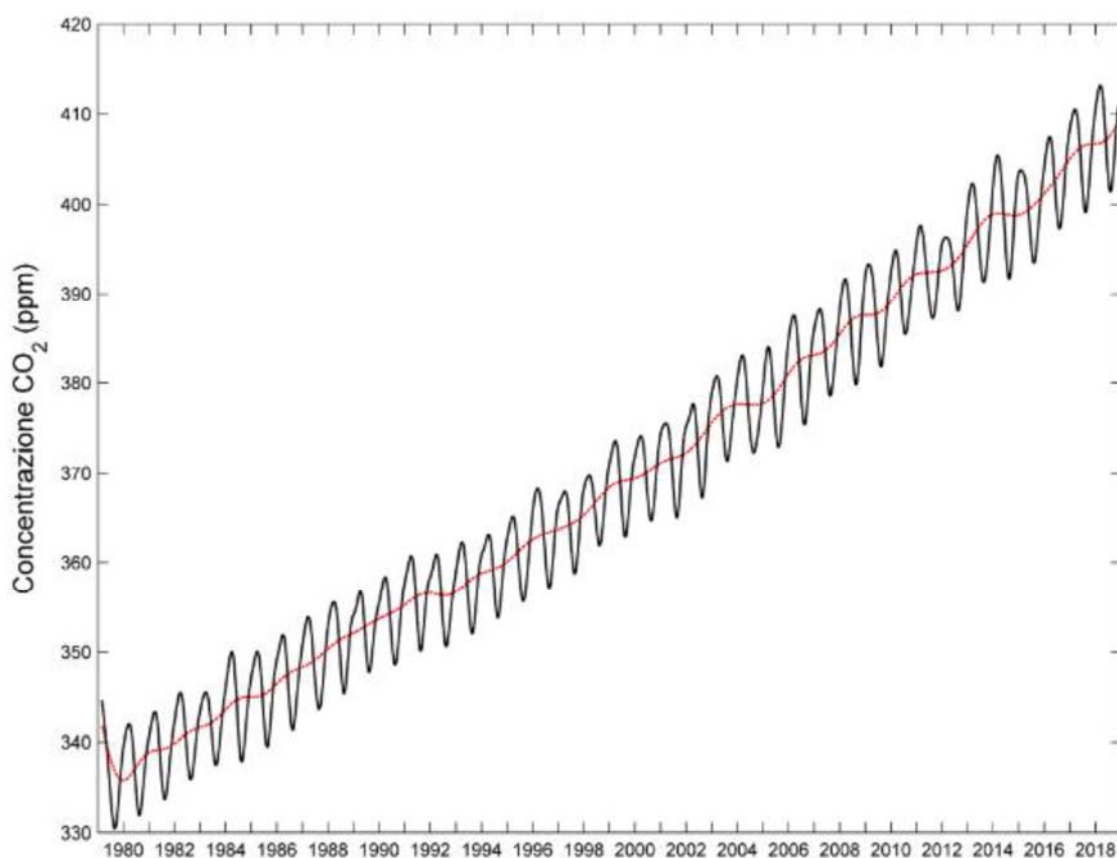
Le concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) hanno raggiunto livelli mai toccati negli ultimi 800.000 anni. La concentrazione di CO<sub>2</sub>, in particolare, è cresciuta del 40% dall'età pre-industriale, e questo è riconducibile soprattutto alle emissioni dovute ai combustibili fossili e al cambiamento nell'utilizzo dei suoli. L'anidride carbonica è il principale gas a effetto serra (definiti GHGs – *Greenhouse gases*) e insieme ad altri gas “climalteranti”, è trasparente alle radiazioni solari ma in grado di trattenere le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre verso l'atmosfera, rallentando, o impedendo, la dispersione del calore terrestre verso lo spazio.

La correlazione tra il riscaldamento globale e l'incremento delle concentrazioni dei gas ad effetto serra è un tema che, ad oggi, non lascia alcun dubbio ed è condiviso dai più grandi esperti di clima a livello mondiale nonché dalla stragrande maggioranza della comunità scientifica i quali ritengono che le attività dell'uomo sono la causa principale del rapido aumento delle temperature osservato dalla metà del XX secolo.

L'incremento globale dei livelli di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera è confermato da centinaia di altri siti di monitoraggio tra i quali la stazione meteorologica del Centro Aeronautica Militare ubicata sul Monte Cimone,

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

nell'appennino tosco-emiliano. A partire dal 1979 il sito italiano opera come campionamento in continuo delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> nell'aria. La stazione di Monte Cimone, prima e unica stazione in Italia riconosciuta come stazione "globale", all'interno del programma GAW – (Global Atmosphere Watch) della WMO (World Meteorological Organization), è particolarmente adatta alla misura di concentrazioni di fondo di gas serra, sia grazie alla sua distanza da grandi centri urbani e industriali, sia per la sua altitudine (sopra l'*atmospheric boundary layer* per gran parte dell'anno). L'immagine seguente rappresenta l'andamento della serie storica delle concentrazioni di fondo di CO<sub>2</sub> presso la stazione del Monte Cimone con aggiornamento a novembre 2018. Il trend della CO<sub>2</sub> mostrato in figura è uguale a +1.81 ppm/anno.



**Tab. 3.: Serie storica concentrazione di fondo CO<sub>2</sub> in atmosfera - stazione di Monte Cimone, prima e unica stazione in Italia riconosciuta come stazione "globale", all'interno del programma GAW – (Global Atmosphere Watch)**

Generalmente le emissioni di gas serra sono espresse utilizzando come unità di misura un parametro standardizzato definito "Anidride Carbonica Equivalente" (CO<sub>2</sub>eq), riconducendo gli effetti di tutti i diversi e possibili gas climalteranti a quelli che darebbe l'emissione di anidride carbonica. Per convertire l'emissione di gas ad effetto serra in CO<sub>2</sub>eq è necessario utilizzare il potenziale di riscaldamento globale (GWP - Global Warming Potential), cioè una misura di quanto un determinato gas contribuisca al riscaldamento globale nel

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

confronto con la CO<sub>2</sub>. I parametri di GWP sono calcolati e aggiornati dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) e, nel caso del metano e del protossido di azoto, secondo i dati approvati e maggiormente condivisi e riferiti nel quarto Assessment Report (AR4), ad oggi sono rispettivamente 25 e 298 volte più "potenti" della CO<sub>2</sub>.

I risultati del quinto rapporto di valutazione dell'IPCC (AR5) mostrano che a livello globale, entro la fine del secolo, la temperatura continuerà ad aumentare di almeno 1,5-2 °C. Su questi valori hanno avuto il via i lavori della COP21 (*Conference of Parties*) tenutasi a fine 2015 per l'individuazione del *Paris Agreement* il quale, con la ratifica dell'Unione Europea avvenuta nel mese di ottobre 2016, entra ufficialmente in vigore. L'accordo si pone l'obiettivo ambizioso (ancorché irrinunciabile) di mantenere il valore del surriscaldamento globale al di sotto dei 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali, accelerando le azioni che ciascuno Stato aderente si impegna a mettere in campo per abbattere le emissioni ed adeguarsi agli impatti dei cambiamenti.

Più recentemente, nel Dicembre 2018, si è conclusa la COP24 di Katowice, conferenza sul clima organizzata dalle Nazioni Unite e che fa seguito alla storica COP21 di Parigi (2015), la quale sanciva l'impegno comune a mantenere l'aumento medio della temperatura mondiale entro 1,5-2°C rispetto ai livello preindustriale.

A Katowice sono stati stabiliti i criteri con cui misurare le emissioni di CO<sub>2</sub>, in modo tale da raggiungere quell'obiettivo, e l'impegno dei singoli paesi sul tema, che varierà a seconda del proprio livello di sviluppo.

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

## 4.2 Contesto Comune di Napoli

Con delibera di Consiglio Comunale n. 11 del 6 maggio 2009 il comune di Napoli ha aderito al Patto dei Sindaci, impegnandosi così ad attuare le politiche energetiche fissate dalla Comunità Europea per il 2020. Lo strumento cardine attraverso il quale attuare tali politiche è il **Piano di Azione dell'Energia Sostenibile (PAES)**, approvato con deliberazione di Consiglio Comunale n. 34 del 3 agosto 2012. Il piano è stato ufficialmente approvato dal Joint Research Centre (JRC) dalla Commissione Europea con nota del 14 maggio 2013 e pubblicato sul sito ufficiale del Patto dei Sindaci ([www.covenantofmayors.eu](http://www.covenantofmayors.eu)).

Con deliberazione n. 147 del 10 marzo 2016 la Giunta Comunale, ribadendo che l'obiettivo di sostenibilità ambientale rappresenta una scelta strategica per l'Amministrazione, ha approvato un sistema di azioni volte al risparmio energetico e alla diffusione delle fonti rinnovabili di energia, in particolare del solare, nel rispetto dei valori storico-artistici e paesaggistici del territorio.

In prima battuta si è proceduto all'analisi della fattibilità delle azioni di piano, esaminando in primo luogo, con il contributo degli soggetti competenti, lo stato di attuazione di ognuna, con particolare attenzione alle misure ancora non attuate e quelle attuate solo parzialmente. Si è così individuato un gruppo di azioni, afferenti a diversi settori, da poter inserire nella programmazione in luogo di altre che per svariati motivi – nuove normative, mancanza di risorse, difficoltà tecniche, imprevisti, cronoprogramma attuale tale da non concludere l'intervento entro il 2020 – non possono all'oggi essere più considerate attuabili nei tempi previsti.

Con **delibera C. C. n.18 del 11/07/2018** è stato approvato l'aggiornamento **PAES\_2017**, che conferma l'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, modificando parzialmente il pacchetto di azioni previste che passano da 94 a 86, divise in 9 settori di intervento, leggermente rivisti rispetto al piano precedente (edilizia, illuminazione, mobilità e trasporti, fonti rinnovabili e cogenerazione, pianificazione territoriale e verde pubblico, appalti pubblici di prodotti e servizi, coinvolgimento dei cittadini e dei soggetti interessati, informazione e comunicazione e raccolta differenziata e riduzione rifiuti). Al 31 dicembre 2017 di esse 26 sono state attuate, 54 sono in corso di attuazione e 6 ancora non attuate. Delle 25 attuate, 4, afferenti al settore della mobilità, derivano dall'accorpamento di altre ben 17, analoghe tra loro, del piano del 2012.

**L'impianto in esame è già ricompreso nel Piano: appartiene al campo d'azione in parola anche la realizzazione**, secondo quanto approvato con deliberazione di G.C. n. 542 del 12 settembre 2016, **di un impianto per la produzione di biogas dalla frazione organica dei rifiuti urbani (attuale azione FR7), in grado di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> per una quantità stimata in 8.000 tonnellate annue**. La struttura va a sostituire quella oggetto della vecchia azione FR11 del PAES\_2012, non attuabile per problematiche di natura tecnica, finanziaria ed operativa. Nel seguito si riporta un estratto.

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

1	Nome azione	<b>FR7 - Realizzazione di un impianto per la produzione di biogas prodotto dalla frazione organica dei rifiuti urbani</b>
2	Responsabile dell'attuazione	Giovanni Cestari servizio Igiene e decoro della città 081.7955445 <a href="mailto:giovanni.cestari@comune.napoli.it">giovanni.cestari@comune.napoli.it</a> <a href="mailto:igiene.citta@comune.napoli.it">igiene.citta@comune.napoli.it</a>
3	Atti amministrativi a supporto	Delibera di G.C. n. 542 del 12 settembre 2016
4	Obiettivi dell'azione	Costruzione di un impianto di compostaggio anaerobico da 45.000 tonnellate per la produzione di biometano e compost di qualità.
5	Descrizione dell'azione	Con la delibera 542 del 12 settembre 2016 la Giunta Comunale ha approvato uno studio di fattibilità, redatto dall'Asia, azienda in house dell'amministrazione, per la realizzazione di un impianto da circa 45mila tonnellate di trattamento della frazione umida dei rifiuti. L'impianto anaerobico sarà costruito nella zona Est, nei pressi dell'impianto di depurazione acque nel quartiere Ponticelli. Tale impianto produrrà biometano e compost di qualità.
6	Risultati ottenibili	Il risparmio annuale di CO <sub>2</sub> ottenibile si può stimare in circa 8.000 t/anno.
7	Costo totale dell'azione	€ 23.600.000,00
8	Prevedibile svolgimento temporale	Entrata in esercizio anno 2020
9	Attori coinvolti o coinvolgibili	ASIA Regione Campania
10	Valutazioni e strategie finanziarie	L'impianto sarà realizzato grazie a finanziamenti regionali.
11	Possibili ostacoli o vincoli	Autorizzazioni ambientali
12	Indicatori per il monitoraggio	Produzione di biometano e compost.

**Fig.4.: Estratto Tabella FR7 Piano di azione per l'energia sostenibile – PAES Napoli\_2017**

In ottemperanza a quanto disposto dal *Patto dei Sindaci*, nella primavera 2020 il servizio *Controlli ambientali e attuazione PAES* ha avviato le procedure di monitoraggio delle 86 azioni di cui sopra, tra cui quella relativa all'impianto in esame è definita "in corso di attuazione". I risultati del monitoraggio sono stati sintetizzati nella relazione tecnica Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile. Relazione di monitoraggio al 15 maggio 2020.

Sulla base delle esperienze su indicate, con deliberazione n. **466 del 22 dicembre 2020**, la Giunta Comunale ha quindi preso atto della relazione tecnica Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile. Relazione di monitoraggio al 15 maggio 2020 e della relazione tecnica Metodologia di valutazione dei rischi e delle vulnerabilità, impatti attesi e scenari di cambiamento climatico per il Comune di Napoli e ha dato mandato agli uffici di avviare le procedure necessarie all'adesione al Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia con la conseguente successiva definizione del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC).

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

### 4.3 Valutazione del progetto

Nell'ambito specifico della digestione anaerobica seguita da un processo aerobico, va innanzitutto chiarito che un impianto così strutturato deve essere considerato, viste le notevoli interazioni funzionali e logistiche tra le due fasi biologiche, una unità integrata di gestione del rifiuto che realizza contestualmente il recupero di materia (ammendante compostato) e di energia (ottenuta dall'impiego del biogas per la produzione di elettricità e/o calore).

Il contestuale recupero di materia e di energia ottenibile con l'integrazione di digestione anaerobica (di seguito abbreviata in DA) e compostaggio non solo è coerente ma interpreta in maniera particolarmente virtuosa la gerarchia delle priorità di gestione dei rifiuti. Si realizza infatti un'ottima integrazione di filiere, in quanto il processo integrato trasforma in biogas la sostanza organica volatile che, in un processo esclusivamente aerobico, sarebbe in massima parte comunque destinata ad ossidarsi a CO<sub>2</sub> e a disperdersi in atmosfera e preserva il valore agronomico della restante quota di carbonio organico trasformandolo in ammendante compostato.

Da un punto di vista delle operazioni di recupero effettuate da un processo integrato di DA e compostaggio si deve riconoscere che le fasi di trasformazione della sostanza volatile contenuta nei rifiuti alimentati in biogas e di trasformazione del digestato solido ottenuto dalla digestione dei rifiuti in ammendante compostato (compost di qualità), realizzano un'operazione R3.

Come anticipato nell'inquadramento programmatico, nonché nelle premesse introduttive al progetto proposto, è lo stesso P.R.G.R. a esplicitare alcuni elementi di valorizzazione ambientale delle scelte impiantistiche adottate.

Diverse ricerche attribuiscono un contributo positivo della digestione anaerobica nel ciclo integrato di gestione dei rifiuti organici da raccolta differenziata. Da un confronto tra compostaggio e processo integrato anaerobico - aerobico, sviluppato con l'analisi del ciclo di vita (LCA), è stata valutata l'incidenza della digestione anaerobica nel bilancio energetico e nelle emissioni di gas ad effetto serra. Tra i fattori considerati nella valutazione del processo integrato, sono stati inclusi il recupero dell'energia (elettrica e termica) dal biogas e degli scarti essiccati e il recupero di compost valorizzato quale sostituto di torba (materiale non rinnovabile) e concimi minerali (quasi tutti di sintesi). Sono questi i risultati riportati nella Relazione Generale del Piano Regionale di Gestione Rifiuti, in riferimento a specifiche ricerche nell'ambito della valutazione LCA di confronto tra il compostaggio e il processo integrato anaerobico-aerobico (Studio di Malpei, Rigamonti, Grosso "Il bilancio energetico ed ambientale di alcuni scenari di digestione anaerobica della FORSU, in Biogas da rifiuti solidi urbani", 2008).

**PROGETTO DEFINITIVO - Bilancio energia\_ TEC\_007**

Rispetto alle valutazioni energetiche i risultati indicano che, se il solo compostaggio determina un fabbisogno energetico negativo, con un risparmio pari a circa 320 MJeq/t FORSU trattata, l'integrazione della digestione anaerobica ne decuplica il valore, portando il risparmio calcolato a circa 3.700 MJeq/t FORSU trattata.

Il bilancio ambientale, espresso in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti, attribuisce al compostaggio un effetto di riduzione delle emissioni pari a 28 kgCO<sub>2</sub>eq/t, contro i 240 kgCO<sub>2</sub>eq/t dello scenario integrato.

Ciò significa che la valorizzazione di 1 tonnellata di FORSU in un impianto integrato come quello proposto comporta un risparmio ambientale di 240 chilogrammi di anidride carbonica equivalente.

Sulla base di quanto sopra è condotta un'analisi di bilancio di emissioni climalteranti connesse all'esercizio dell'impianto proposto in relazione ai contributi ed ai consumi energetici.

<b>FORSU TRATTATA</b>	<b>Emissioni CO<sub>2</sub>eq</b>
t	t
30.000	-7.200

**Tab. 5.: Riduzione CO<sub>2</sub> – approccio LCA**

Infine una ulteriore valutazione di bilancio emissivo di emissioni climalteranti, può essere associata, in termini compensativi, ai contributi emissivi evitati tramite la piantumazione di essenze arboree internamente all'area di intervento.

In riferimento ai seguenti fattori emissivi per esemplare arboreo:

- Assorbimento di un albero medio: 150 kg CO<sub>2</sub>eq/albero – Fonte: Relazione carbonZERO, Comune di Reggio Emilia, in riferimento al fattore di conversione da PSC – V2- Esiti della ValSAT “La valenza ecologico-ambientale del verde in città (Kiparcampos”. Tale fattore considera un orizzonte temporale sul quale calcolare l'assorbimento di anidride carbonica pari a 20 anni.

- Assorbimento di un arbusto: 30-35 kg CO<sub>2</sub>eq/arbusto – Fonte: Dato calcolato a partire dal report “CO<sub>2</sub> Garden” redatto da Università di Roma Tor Vergata e Orto Botanico del Dipartimento di Biologia, mediando i valori associati all'efficienza di assorbimento di CO<sub>2</sub> di alcune piccole specie arbustive, analoghe a quelle previste nel progetto paesaggistico.

Si quantifica, a seguire, l'emissione di CO<sub>2</sub>eq evitata attraverso la piantumazione:

PIANTUMAZIONE	ESEMPLARI <sup>1</sup>	EMISSIONI (EVITATE) CO <sub>2</sub> eq
u.m.	n.	t
Alberi	117	-17,6
Arbusti	347	-12,1
<b>CO<sub>2</sub> EVITATA tramite PIANTUMAZIONE</b>		<b>-29,7</b>

<sup>1</sup> Il calcolo degli esemplari è stato fatto considerando gli esemplari previsti in progetto, a cui si sono sottratti gli esemplari esistenti incompatibili con il layout impiantistico

**Tab. 5.: Emissioni di CO<sub>2</sub> evitate con piantumazione**