



UNIVERSITÀ DI PARMA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**VALORIZZAZIONE DEL VERDE URBANO RITIRATO
DALL'IMPIANTO DI S.A.Ba.R. S.p.A. PER LA
PRODUZIONE DI AMMENDANTE E CIPPATO**

**ENHANCEMENT OF MOWINGS AND TRIMMING
COLLECTED BY S.A.Ba.R. S.p.A. PLANT FOR THE
PRODUCTION OF SOIL AMENDMENT AND WOOD CHIPS**

Relatore:

Prof.ssa CHIARA MASSERA

Correlatore:

Ing. STEFANO SALATI

Tesi di Laurea di:
LUCREZIA BARTOLI
Matricola: 272129

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

INDICE DEI CAPITOLI

INTRODUZIONE E SCOPO DELLO STUDIO	4
1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	5
1.1 L'azienda S.A.Ba.R. S.p.A. e S.A.Ba.R. Servizi S.r.l.	5
1.2 La localizzazione	7
1.3 L'impianto.....	8
1.4 Caratteristiche dell'impianto.....	10
1.4.1 Certificazioni ambientali.....	11
1.4.2 Le principali attività.....	12
2 BIOMASSA.....	14
2.1 Premessa	14
2.1.1 Biomasse di origine vegetale	14
2.1.2 Biomasse di origine animale.....	15
2.1.3 Scarti di lavorazione	16
2.2 Caratteristiche delle biomasse di S.A.Ba.R. S.p.A.	16
2.3 Trattamento della biomassa	18
2.4 Cippato.....	20
2.4.1 Umidità indice di qualità.....	22
2.5 Ammendante.....	24
3 VALORIZZAZIONE DEL CIPPATO COME SOSTITUTO DEL BIOGAS 27	27
3.1 Premessa	27
3.2 Recupero del biogas.....	29
3.2.1 Produzione del biogas.....	30
3.2.2 Perché il biogas diminuisce	31
3.3 Situazione attuale.....	32
3.4 Stima del fabbisogno di calore.....	35
3.5 Produzione del biogas.....	37

3.6	Percentuale di metano	38
3.7	Incrocio dei dati	42
3.8	Ulteriore verifica.....	48
3.9	Fabbisogno necessario che dovrebbe fornire la caldaia.....	54
3.10	Dimensionamento della caldaia	56
3.10.1	Progettazione caldaia	58
3.11	Analisi economica.....	58
3.12	Osservazioni conclusive sulla caldaia a cippato	64
4	VALORIZZAZIONE DELL'AMMENDANTE COME FERTILIZZANTE	65
4.1	Premessa	65
4.1.1	Perdita della sostanza organica	65
4.2	Procedimento / obiettivo	67
4.2.1	Batteri termofili.....	68
4.2.2	Funghi cellulolitici.....	69
4.2.3	Importanza dell'azoto	69
4.2.4	Il compostaggio.....	71
4.3	Procedimento	72
4.4	Inizio della fase di studio	77
4.4.1	Realizzazione del cumulo	78
4.4.2	Osservazione del cumulo	82
4.5	Incontro informativo sull'ammendante.....	85
4.6	Osservazioni conclusive sulla valorizzazione dell'ammendante	88
5	CONCLUSIONI	89
	APPENDICE	92

INTRODUZIONE E SCOPO DELLO STUDIO

Il presente lavoro di tesi si è posto come obiettivo principale la valorizzazione del verde urbano (biomassa) che arriva nello stabilimento S.A.Ba.R. di Novellara (RE), un'azienda nata per volontà degli 8 Comuni dell'ex "Comprensorio della Bassa Reggiana", addetta alla raccolta e smaltimento dei rifiuti.

Nella prima parte dell'elaborato è stata descritta l'azienda e le certificazioni da essa ottenute.

Nella seconda parte è stato spiegato il significato di biomassa e il trattamento che essa subisce per diventare ammendante e cippato, illustrando le caratteristiche principali di tali prodotti.

La terza parte si è focalizzata sulla valorizzazione del cippato come combustibile in grado di sopperire alla diminuzione di biogas, captato dal corpo della discarica, necessario per la produzione di calore finalizzato al riscaldamento di serre e uffici dello stabilimento stesso. Contestualmente è stato riportato uno studio focalizzato sul trattamento di recupero del biogas.

Nella quarta parte, infine, è stata approfondita la rivalutazione dell'ammendante vegetale semplice non compostato, derivante da un processo di triturazione del verde urbano e oggi conferito, come materia prima secondaria, a diverse aziende agricole per arricchire il terreno di sostanza organica.

1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

1.1 L'azienda S.A.Ba.R. S.p.A. e S.A.Ba.R. Servizi S.r.l.



Figura 1: Veduta aerea dell'azienda.

L'azienda si estende su un'area di 500.000 mq all'interno di una zona dedita esclusivamente ad attività agricole, distante 5 km circa dalle principali aree urbanizzate. Nasce nel 1982 per volontà di 8 Comuni limitrofi della bassa reggiana, che attualmente costituiscono i soci dell'azienda (Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla, Luzzara, Novellara, Poviglio e Reggio), i quali decidono di dare vita ad un'impresa tesa ad affrontare la gestione dei rifiuti, iniziando la propria attività nel marzo 1983.

Tuttavia fino al settembre del 1994 la gestione dell'impianto è stata condotta esclusivamente dal Comune di Novellara; successivamente alla luce della Legge 142/90¹, che ha garantito ai Comuni la possibilità di costituire società, la gestione della

¹ La legge 142/90 interviene sulle autonomie locali e introduce nuove regole sulla trasparenza amministrativa, riconoscendo ai cittadini il diritto di accesso alle informazioni e ai procedimenti amministrativi, e alla valorizzazione della partecipazione dei cittadini all'amministrazione locale. Autonomia statutaria per Comuni e Province: ogni ente dovrà adottare il proprio statuto.

discarica e della raccolta rifiuti nei diversi comuni, è stata affidata a S.A.Ba.R. S.p.a. (Servizi Ambientali Bassa Reggiana).

La società è amministrata da un Consiglio di Amministrazione, composto da tre membri nominati dai sindaci dei rispettivi comuni nella cosiddetta Assemblea dei Soci (costituita dai sindaci stessi), che a loro volta nominano un Direttore Generale (DG) a cui è affidata la gestione operativa dell'impianto. [1]

Nel corso del 1995 sono stati organizzati e potenziati i servizi di raccolta differenziata (carta, vetro, potature, pile, farmaci scaduti, contenitori bonificati di fitofarmaci); nel 1996 è stata, invece, attivata la raccolta differenziata della plastica e dal 1997 sono state realizzate le stazioni ecologiche su tutto il territorio intercomunale.

Ad oggi S.A.Ba.R. si sta avviando verso la cessazione dell'attività di smaltimento rifiuti in discarica: nel dicembre 2018 terminerà infatti la capienza autorizzata per lo smaltimento. Le attività legate allo smaltimento dei rifiuti sono autorizzate con l'A.I.A.², mentre le attività di recupero, come quelle relative al verde urbano, sono autorizzate dall'A.U.³ secondo l'Art. 208 del d.lgs 152-06⁴.

Nel 2011 infatti da S.A.Ba.R. S.p.A. è nata S.A.Ba.R. Servizi S.r.l., che si occupa oggi della gestione delle isole ecologiche e della raccolta dei rifiuti porta a porta, attività che proseguirà nella sua attività anche negli anni successivi alla chiusura della discarica. [2]

² A.I.A. (Autorizzazione Integrata Ambientale) è un provvedimento che autorizza l'esercizio di un impianto o parte di esso ed è obbligatorio per legge per le aziende rientranti nell'allegato 8 del Testo Unico dell'Ambiente.

³ A.U. (Autorizzazione unica) è un procedimento per gli impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. 152/06. Il procedimento riguarda la realizzazione e la gestione di nuovi impianti di smaltimento e/o recupero rifiuti oppure le modifiche sostanziali ad impianti esistenti.

⁴ Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale, autorizzazione unica per i nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti.

1.2 La localizzazione

L'impianto di smaltimento è situato nell'area di pianura della provincia di Reggio Emilia, nel Comune di Novellara (Figura 2) su un terreno argilloso di difficile lavorabilità dal punto di vista agricolo.

La zona è scarsamente abitata e il Piano paesaggistico⁵ non incide sull'area che peraltro non è soggetta ad alcun vincolo idrogeologico, escludendo la fascia di rispetto ai corsi d'acqua (canale di scolo Cavo "Sissa" e collettore Acque Basse Reggiane).

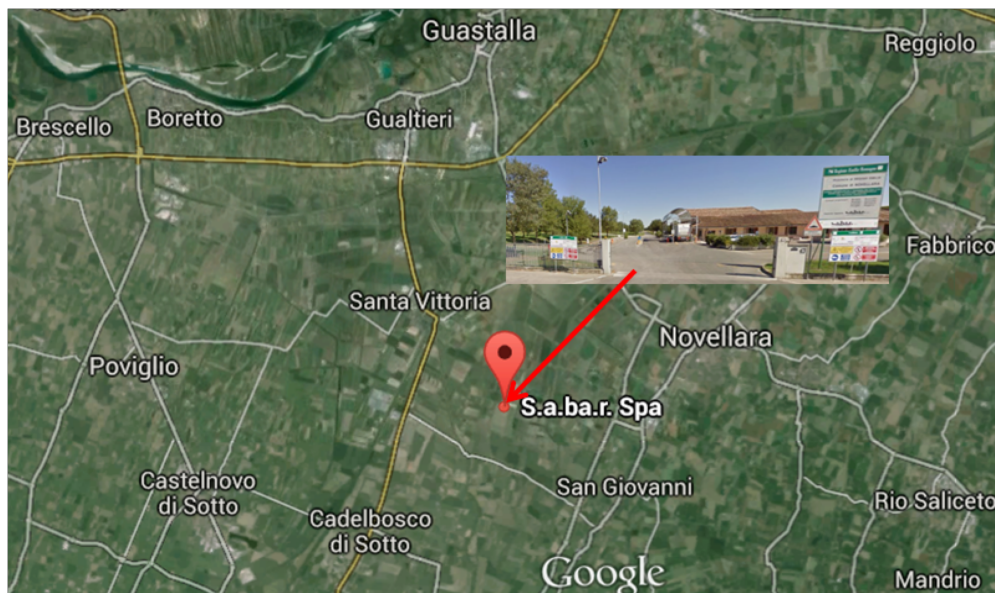


Figura 2: Localizzazione S.A.Ba.R. con Google Earth.

L'impianto serve un bacino di utenza di circa 75.000 abitanti, denominato "Bassa Reggiana"⁶ e smaltisce rifiuti solidi urbani e speciali di provenienza provinciale. È in

⁵ Il Piano paesaggistico (precedentemente Piano paesistico), nel campo urbanistico, è un piano urbanistico-territoriale, redatto dalla Regione congiuntamente al Ministero per i beni e le Attività Culturali, che si prefigge la tutela, sia in qualità di conservazione e preservazione che di uso e valorizzazione, di specifiche categorie di beni territoriali quali territori montani, lacustri, vulcani, fiumi, territori costieri, parchi e riserve, boschi e simili.

⁶ La Bassa reggiana è una parte del territorio della provincia di Reggio Emilia, che si estende per circa 10 chilometri, in una fascia di comuni che costeggiano la sponda destra del fiume Po, lungo il tratto del confine lombardo.

grado inoltre di smaltire rifiuti speciali non pericolosi, che soddisfano i criteri di ammissione previsti dal D.lgs. n. 36/03⁷, provenienti dalle province limitrofe.

1.3 L'impianto

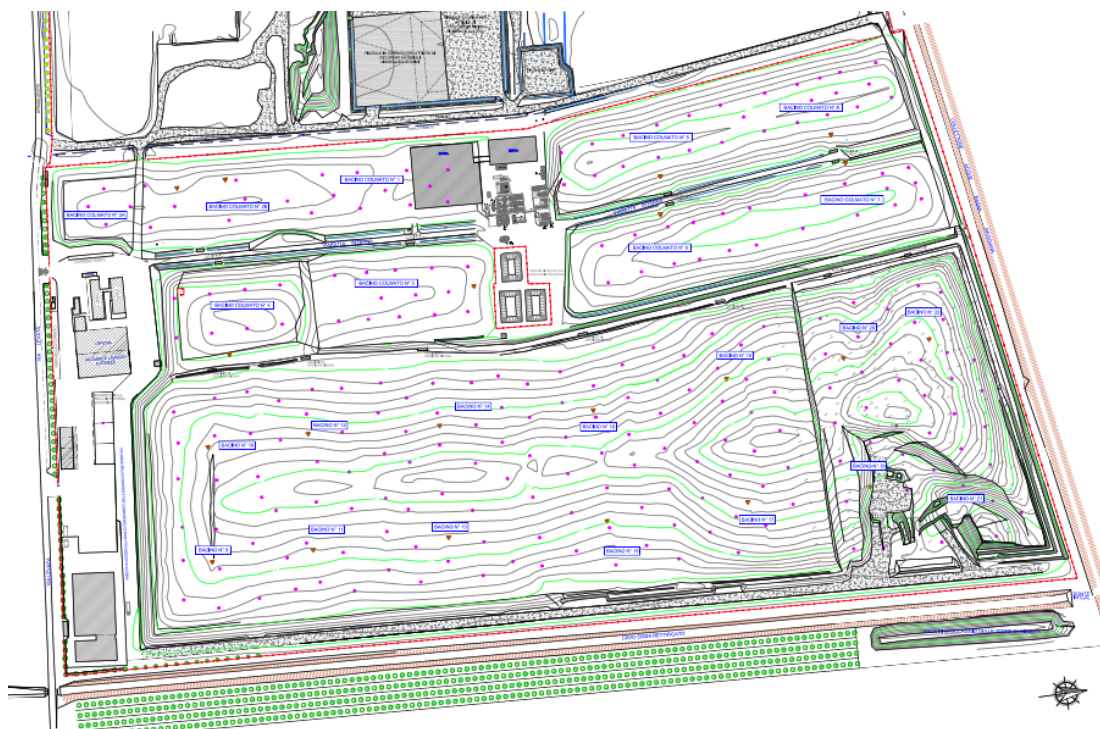


Figura 3: Planimetria impianto.

Nell'impianto S.A.Ba.R. S.p.A. (Figura 3), polo del recupero sovra-provinciale, vengono svolte le seguenti attività:

- raggruppamento preliminare dei rifiuti destinati allo smaltimento in discarica ovvero triturazione e vagliatura che viene effettuata direttamente sul fronte discarica, in prossimità del fronte di avanzamento rifiuti;
- deposito preliminare di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi;
- smaltimento dei rifiuti speciali e non pericolosi;
- messa in riserva rifiuti recuperabili;

⁷ D.lgs. n. 36/03, attuazione della Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti, riguarda i criteri costruttivi e gestionali degli impianti di discarica.

- trattamento di rifiuti destinati sia allo smaltimento che al recupero;
- recupero del biogas⁸ di discarica mediante motori endotermici per la produzione di energia elettrica (destinata all'autoconsumo e all'immissione nella rete elettrica nazionale);
- recupero del calore in esubero dalla centrale di cogenerazione utilizzato per il riscaldamento delle serre (gestite dalla Cooperativa Sociale "Il Bettolino") e come teleriscaldamento per i fabbricati aziendali;
- produzione di energia elettrica attraverso impianti fotovoltaici;
- triturazione delle ramaglie al fine di ricavare cippato per uso non industriale e ammendante vegetale semplice non compostato.

I fabbricati e le strutture esistenti, che svolgono la funzione di servizio per tutto l'impianto, sono:

- le palazzine ad uso ufficio, sala riunioni ed infermeria;
- il capannone ad uso officina, ricovero automezzi ed attrezzi;
- la tettoia prefabbricata adibita a "piattaforma ecologica" per stoccaggio provvisorio rifiuti;
- il capannone per la valorizzazione della frazione secca dei rifiuti e il suo ampliamento (magazzino).

Le attrezzature complementari di servizio sono:

- il lavaggio automezzi;
- il lavaggio ruote automezzi;
- l'apparato di pesatura.

L'impianto risulta dotato delle seguenti reti tecnologiche e dei relativi centri funzionali e di controllo:

- sistema di raccolta del percolato;
- impianto di aspirazione e cogenerazione del biogas;

⁸ Il biogas è una miscela di gas contenente prevalentemente metano, che si sviluppa in seguito alla fermentazione batterica anaerobica di scarti organici animali e/o vegetali.

- serra per la coltivazione di piante aromatiche che sfrutta il calore latente dell'impianto di cogenerazione;
- serre per la coltivazione dell'alga spirulina⁹ che sfrutta il calore latente dell'impianto di cogenerazione;
- capannone ad uso ricovero automezzi ed attrezzi che sfrutta il calore latente dell'impianto di cogenerazione;
- capannone per la valorizzazione della frazione secca dei rifiuti;
- impianto fotovoltaico. [3]

1.4 Caratteristiche dell'impianto

Nel contesto delle tecnologie relative allo smaltimento dei rifiuti, il sistema scarica-controllata rappresenta una soluzione definitiva.

Le metodiche di trattamento rifiuti quali incenerimento, compostaggio, riciclo parziale dei materiali da smaltire, nonostante siano tecnologie di rilevante importanza, non risolvono totalmente il problema rifiuti determinando parziali quantitativi di materiale da smaltire. [4]

La tecnologia dell'interramento controllato con recupero di biogas è inoltre una soluzione idonea in funzione degli assetti geologico-stratigrafici e geomorfologici-idrogeologici che caratterizzano il sottosuolo del sito stesso, in rapporto sia alle condizioni infrastrutturali che al tessuto economico sociale del bacino d'utenza.

Tra i problemi principali connessi allo smaltimento dei rifiuti, assume un'importanza fondamentale la gestione dei percolati, poiché la solubilizzazione e la biodegradazione di sostanze organiche ed inorganiche determina elevati valori di BOD¹⁰, COD¹¹ e la presenza di metalli pesanti.

⁹ L'alga spirulina è una specie appartenente alla classe Cyanobacteria, vive in laghi salati con acque alcaline e calde. Conosciuta già dall'antichità dai popoli della regione tropicale, è considerata un eccellente integratore alimentare naturale.

¹⁰ Il BOD 5 (Biochemical Oxygen Demand) misura la richiesta biologica di ossigeno ovvero la quantità di ossigeno consumato in mg/l, durante alcuni processi di ossidazione (mediata da microorganismi aerobi) di sostanza organica in 5 giorni. Si determina l'O₂ disciolto nei campioni d'acqua in esame prima e dopo un periodo d'incubazione al buio, a

Pertanto, risulta fondamentale l'allontanamento rapido e programmato degli eluati dal bacino di scarico ed un loro stoccaggio temporaneo in vasche impermeabilizzate con successivo trasferimento ad impianti di trattamento dei reflui liquidi, con la finalità di ottimizzare sia i processi di mineralizzazione con produzione di biogas, che quelli che permettano la tutela degli acquiferi presenti nel sottosuolo.

I percolati¹², dunque si formano in virtù sia della presenza di un tenore intrinseco di umidità nei materiali conferiti all'impianto che dalle azioni di dissoluzione e lisciviazione delle sostanze conseguenti l'azione esercitata dalle acque di precipitazione meteorica. [5]

1.4.1 Certificazioni ambientali

Nel 2003 S.A.Ba.R. S.p.A. ha iniziato il primo iter di Certificazione Ambientale e di Registrazione al Regolamento EMAS¹³ II del sito e dell'organizzazione. Nel gennaio

20°C per 5 giorni in presenza di una data flora batterica; si determina quindi come differenza tra i contenuti di O₂ nei due campioni, prima e dopo il periodo di incubazione.

¹¹ Il COD (Chemical Oxygen Demand) misura la quantità di ossigeno utilizzata per l'ossidazione di sostanze organiche e inorganiche contenute in un campione d'acqua a seguito di trattamento con composti a forte potere ossidante. Il COD fornisce un'indicazione indiretta del contenuto totale delle sostanze organiche ed inorganiche nelle acque naturali e di scarico e quindi del loro potenziale livello di inquinamento.

¹² Il termine percolato, inteso (non esclusivamente) nell'ambito delle scienze ambientali, definisce un liquido che trae prevalentemente origine dall'infiltrazione di acqua nella massa dei rifiuti o dalla decomposizione degli stessi. In misura minore è anche prodotto dalla progressiva compattazione dei rifiuti.

¹³ Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) è uno strumento volontario creato dalla Comunità europea al quale possono aderire volontariamente le organizzazioni (aziende, enti pubblici, ecc.) per valutare e migliorare le proprie prestazioni ambientali e fornire al pubblico e ad altri soggetti interessati informazioni sulla propria gestione ambientale. Scopo prioritario dell'EMAS è contribuire alla realizzazione di uno sviluppo economico sostenibile, ponendo in rilievo il ruolo e le responsabilità delle imprese. La seconda versione di EMAS (EMAS II) è stata pubblicata dalla Comunità europea con il regolamento 761/2001, modificato successivamente dal regolamento 196/2006. La terza versione (EMAS III) è stata pubblicata dalla Comunità europea il 22/12/2009 con il regolamento 1221/2009, che abroga e sostituisce il precedente regolamento.

2004 l'azienda ha ottenuto la prima Certificazione UNI EN ISO 14001¹⁴ EMAS, rilasciata da APAT (Agenzia per la Protezione Ambientale e per i servizi Tecnici) ed inoltre l'ente di certificazione DNV¹⁵ (Det Norske Veritas) le ha convalidato la sua prima dichiarazione ambientale.

Infine, il D.Lgs n. 36 del gennaio 2003, che stabilisce i requisiti operativi e tecnici sia per i rifiuti che per le discariche, impone ai gestori precisi piani di sorveglianza e controllo. Tale decreto trova riscontro tecnico e operativo sia nel Piano di Monitoraggio presente all'interno dell'A.I.A. rilasciata a S.A.Ba.R. S.p.A, che nelle procedure e negli orientamenti dell'azienda stessa volti a prevenire e ridurre il più possibile le ripercussioni negative sull'ambiente.

1.4.2 Le principali attività

Si può affermare che nel corso degli anni le attività svolte in S.A.Ba.R. sono notevolmente mutate.

L'azienda inizialmente nata come mera discarica, è oggi un'impresa improntata al recupero e valorizzazione dei rifiuti, in primis del verde urbano. La panoramica dei quantitativi di rifiuti smaltiti nel periodo 1983-2016 è illustrata nel Grafico 1.

Nelle Tabelle 1 e 2 sono riportati, a titolo informativo, i quantitativi di rifiuti smaltiti e le quantità di verde urbano raccolto e lavorato presso lo stabilimento nel 2017.

¹⁴ La certificazione ISO 14001 è frutto della scelta volontaria dell'azienda/organizzazione che decide di stabilire/attuare/mantenere attivo/migliorare un proprio sistema di gestione ambientale. È volta a dimostrare che l'organizzazione certificata ha un sistema di gestione adeguato, a tenere sotto controllo gli impatti ambientali delle proprie attività, e ne ricerca sistematicamente il miglioramento in modo coerente, efficace e soprattutto sostenibile.

¹⁵ Det Norske Veritas (DNV) è una fondazione internazionale indipendente fondata a Oslo nel 1864. La principale competenza è rimasta quella di valutare e indirizzare la gestione del rischio. Lo spirito e lo scopo della fondazione vengono dalla stessa sintetizzati nella «salvaguardia della vita, della proprietà e dell'ambiente».

Tabella 1: Verde urbano raccolto e produzione di cippato e ammendante.

Verde urbano raccolto	Produzione di cippato [Kg]	Produzione di ammendante [Kg]
37.989.170	18.293.520	19.695.650

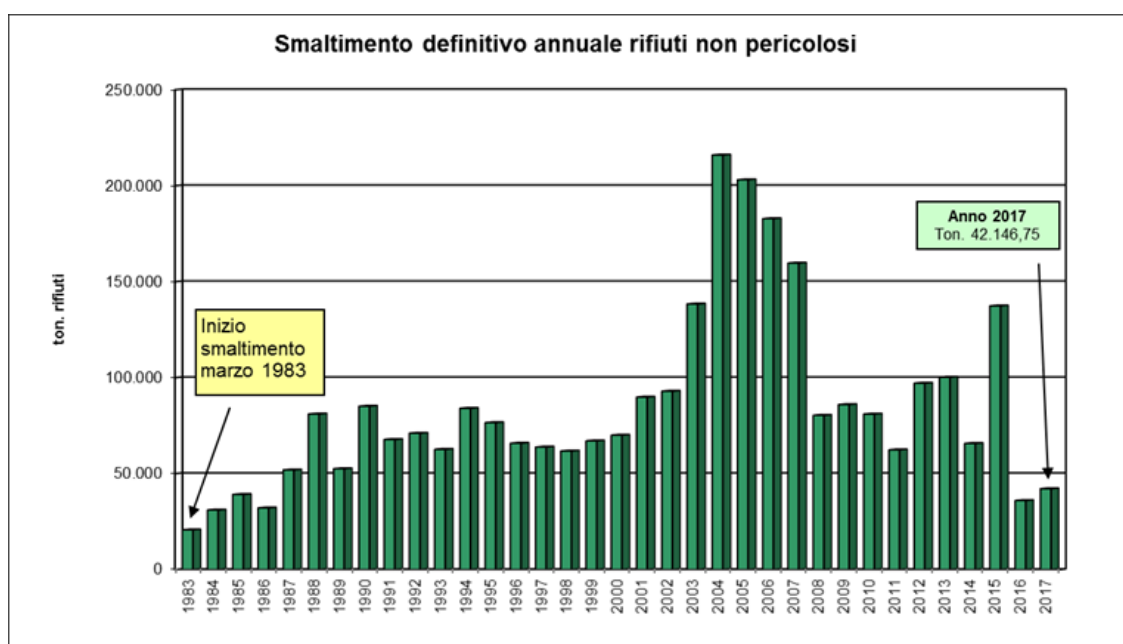


Figura 4: Smaltimento definitivo annuale dei rifiuti in discarica anni 1983-2017.

Tabella 2: Rifiuti smaltiti nell'anno 2017.

Totali Rifiuti (t/a) in D1	Rifiuti urbani (t/a) D1	Rifiuti speciali in D1
42.146,75	23.422,69	18.724,06

2 BIOMASSA

2.1 Premessa

Il materiale che arriva in S.A.Ba.R. S.p.A., derivante da ramaglie e verde urbano, può essere definito una biomassa.

Il termine biomassa presenta diverse definizioni.

Si può distinguere tra biomassa secca e biomassa umida; la prima è costituita da materiali e residui di origine agricola e forestale (siepi, arbusti, alberi da frutta), prodotti secondari e scarti dell'industria (agro-alimentare, segherie, mobilifici) e la componente biodegradabile dei rifiuti urbani; la seconda comprende fanghi di depurazione, reflui di origine zootecnica, residui dei raccolti agricoli ed erba.

Si possono poi individuare tre grandi famiglie di biomasse:

- Biomasse di origine vegetale;
- Biomasse di origine animale;
- Scarti di lavorazione.

2.1.1 Biomasse di origine vegetale

Le biomasse di origine vegetale sono costituite, essenzialmente, da una miscela di tre composti organici come cellulosa, emicellulosa e lignina ed alcuni costituenti elementari, rappresentati dal carbonio (C), idrogeno (H), ossigeno (O), azoto (N) e in misura minore metalli pesanti, alcalini, alcalino-terrosi.

La cellulosa è il costituente più importante, in quanto rappresenta il 30-60% del peso delle biomasse ligno-cellulosiche. I legami che si instaurano tra le catene di cellulosa donano caratteristiche strutturali molto importanti tra cui resistenza ed elasticità alle fibre vegetali.

La lignina, che rappresenta il 10-30% della massa vegetale (in funzione della specie), è un polimero tridimensionale complesso costituito principalmente da fenoli e presenta un ridotto contenuto in ossigeno (12-29% in peso). La principale funzione è quella di

legare, saldandole tra loro, le fibre vegetali conferendo compattezza e resistenza meccanica al vegetale.

Le tipologie commerciali con cui si può presentare la biomassa di origine vegetale sono veramente numerose ed articolate; a titolo conoscitivo vengono elencate di seguito le principali tipologie.

- Sottoprodotti colturali:
 - pagliosi (paglia di frumento, riso, orzo, stocchi girasole e mais);
 - legnosi (residui di potature).
- Colture erbacee dedicate:
 - per granella (granella di mais e orzo);
 - per biomassa ligno-cellulosica (miscato, canna comune, cardo, sorgo da fibra);
 - per biomassa fermentescibile (insilato di mais, sorgo, barbabietola da zucchero);
 - per semi oleosi (colza, girasole, soia).
- Colture arboree dedicate:
 - Short Rotation Forestry (pioppo, salice, robinia);
 - Medium Rotation Forestry.
- Legno e prodotti derivati:
 - legno forestale (abete bianco e rosso, pino silvestre, pioppo, faggio, quercia);
 - derivati del legno (pellets, cippato, bricchette).

2.1.2 Biomasse di origine animale

Le biomasse di origine animale sono rappresentate principalmente da deiezioni, cioè escrementi fisiologici degli animali allevati (bovina, suina, avicola) e dai reflui zootecnici, cioè la miscela di deiezioni, acqua, residui alimentari, residui vari e lettiera. Questi ultimi sono interessanti per la produzione di biocarburanti (biogas, metano) ad elevato potere calorifico grazie alla degradazione biochimica (fermentazione o digestione anaerobica) che subiscono in appositi impianti.

2.1.3 Scarti di lavorazione

Possono rientrare nelle biomasse derivanti dagli scarti di lavorazione: le industrie agro-alimentari e quelle del legno. Queste biomasse residuali, presenti anche in quantità non trascurabili, a differenza dei sottoprodotti colturali, risultano tuttavia meno disperse sul territorio. [6]

2.2 Caratteristiche delle biomasse di S.A.Ba.R. S.p.A.



Figura 5: Cumulo di sfalci nello stabilimento S.A.Ba.R.

Le biomasse a cui si fa riferimento nel presente elaborato sono rappresentate solo dalle biomasse vegetali derivanti dallo scarto del verde pubblico cittadino (Figura 5) proveniente:

- da un'ampia porzione di territorio della bassa reggiana, costituita in particolare dai comuni la cui gestione della raccolta rifiuti compete a S.A.Ba.R;

- da alcuni comuni di gestione IREN¹⁶ (Comune di Parma e Comune di Reggio Emilia);
- da una parte degli scarti del verde pubblico da Mantova Ambiente¹⁷.

Le biomasse vegetali originano dalla manutenzione del verde pubblico e dell'utenza privata conseguenti a potature albore o di siepi, fogliame, sfalci di giardini e parchi.

Nel dettaglio il rifiuto ligno-cellulosico raccolto da S.A.Ba.R. è costituito da sfalci e potature.

Gli sfalci sono costituiti essenzialmente da erba proveniente dalla manutenzione di giardini privati e verde pubblico, da ramaglie con alta percentuale di fogliame e da una modesta quantità di materiale vegetale prodotto da coltivazioni agricole. Gli sfalci rappresentano il 32% del materiale verde raccolto nell'impianto novellarese durante tutto l'arco dell'anno, anche se il suo conferimento si concentra nella stagione estiva.

Le potature rappresentano la frazione predominante, pari al 68%, del rifiuto verde e sono caratterizzate da una consistente percentuale di fogliame.

Nei mesi centrali, vale a dire da fine aprile ad inizio settembre, il quantitativo di potature diminuisce fino a risultare nullo per il mese di luglio; al contrario, il quantitativo di sfalci è consistente per poi abbattersi nei mesi autunnali ed invernali dove prevalgono nettamente i flussi di potature. Il trend delle potature registra un sensibile picco ad ottobre perché è di fatto il periodo in cui si concentra la fase di taglio stagionale di vigneti, frutteti e più in generale specie albore. In inverno entra un materiale essenzialmente legnoso con poco fogliame e relativamente asciutto. [7]

¹⁶ Iren S.p.A. è una società per azioni italiana, operante quale multiservizi, in particolare nella produzione e distribuzione di energia elettrica, nei servizi di teleriscaldamento (di cui è il maggior operatore italiano) ed in altri servizi di pubblica utilità.

¹⁷ Mantova Ambiente s.r.l. nasce nel 2006 dall'esigenza di costituire un'unica società operativa territoriale per i servizi ambientali della provincia di Mantova, a capitale misto pubblico e privato. I soci fondatori sono Siem, Sisam, Tea. Il progetto di aggregazione ha lo scopo di conferire i rami di azienda ambientali di ciascuna società in Mantova Ambiente s.r.l.

2.3 Trattamento della biomassa

Una volta raccolta la biomassa, essa è sottoposta a operazioni di recupero dette R3 (R indica operazione di recupero e 3 la localizzazione) costituite dalla selezione e dalla triturazione. A seguito di tali processi la biomassa cessa di essere rifiuto ed è definibile come Materia Prima Secondaria (MPS) in conformità ai requisiti definiti all'art. 184-ter D.lgs. 3 aprile del 2006 n. 152¹⁸ e s.m.i. secondo cui le materie prime secondarie devono ascrivere al rispetto dei seguenti criteri, requisiti e condizioni:

1. le materie prime secondarie devono essere prodotte da un'operazione di riutilizzo, di riciclo o di recupero di rifiuti;
2. devono essere rintracciabili la provenienza, la tipologia e le caratteristiche dei rifiuti dai quali derivano;
3. devono essere individuate le operazioni di riutilizzo, di riciclo o di recupero che le producono, con particolare riferimento alle modalità ed alle condizioni di esercizio delle stesse;
4. devono essere precisati i criteri di qualità ambientale, i requisiti merceologici e le altre condizioni necessarie per l'immissione in commercio, quali norme e standard tecnici richiesti per l'utilizzo, tenendo conto del possibile rischio di danni all'ambiente e alla salute derivanti dall'utilizzo o dal trasporto del materiale, della sostanza o del prodotto secondario;
5. devono avere un effettivo valore economico di scambio sul mercato.

Il successivo 184-ter D.lgs. 3 aprile del 2006 n. 152 che recepisce la Direttiva quadro 2008/98/CE emanata dall'Unione Europea in materia di rifiuti e modifica la parte IV del "Codice dell'Ambiente" afferma che rimangono espressamente escluse dal regime dei rifiuti le materie prime secondarie come già definite nel D.lgs. 152/2006.

Il materiale, quindi, a seguito delle operazioni di R3 non rientra più nella disciplina dei rifiuti.

La biomassa di S.A.Ba.R. si suddivide in base al tipo di lavorazione in cippato e ammendante, che saranno approfonditi nei paragrafi successivi.

¹⁸ Art.184 ter Codice dell'ambiente (D.lgs. 3 aprile 2006, n.152), Cessazione della qualifica di rifiuto.



Figura 6: Lavorazione della biomassa presso lo stabilimento S.A.Ba.R. S.p.A.

2.4 Cippato

Il cippato s'inserisce nella categoria delle biomasse vegetali e costituisce il combustibile alternativo al più costoso pellet e alla legna da ardere.

Può essere classificato sulla base delle sue principali caratteristiche: dimensione, umidità e natura del legno da cui deriva.

Una prima distinzione può essere definita tra cippato fine, solitamente impiegato per l'uso domestico e cippato industriale. Il primo ha un diametro inferiore ai 3 cm, mentre il secondo è più grande e può arrivare ad una dimensione di poco inferiore ai 6 cm.

Differenziandolo sulla base della percentuale di umidità presente al suo interno possiamo distinguere: un cippato fresco di produzione, con un'umidità compresa tra il 40-50% e un cippato secco, con un'umidità inferiore al 20%. Il prodotto secco garantisce, a differenza di quello fresco, un alto potere calorifero che rappresenta la quantità di energia che può essere ricavata dalla combustione completa di un'unità di peso.

Il cippato può essere infine distinto sulla base della qualità determinata dalla tipologia del legno che lo costituisce.

Presso l'azienda in studio vengono prodotti due tipi di cippato, definiti appunto cippato di alta qualità e un cippato di bassa qualità.

Il primo rappresenta la minima parte di ciò che si lavora presso l'azienda ed è prevalentemente composto dalla frazione legnosa "bianca" del verde urbano conferito (tronchi, rami, apparato radicale). Tale cippato, costituito da 2/3 di legno duro e 1/3 di legno morbido, possiede una dimensione di 30 mm e un'umidità di circa il 15%, ed è lavorato mediante la cosiddetta cippatrice (Figura 7) macchinario formato da lame che consentono di produrre scaglie di legno vendute a 31 euro a tonnellata.



Figura 7: Specifica sulla lama del cippatore DH.

La maggior parte del materiale in ingresso a S.A.Ba.R. S.p.A. è invece composto dalla frazione legnosa “verde”, ovvero foglie, erba, sfalci e ramaglie, che viene lavorato mediante un tritatore AK a mazze (Figura 8) da cui deriva un prodotto di bassa qualità costituito da frammenti di legno le cui dimensioni sono regolate dall’ampiezza della griglia di triturazione. La griglia di triturazione può essere infatti completamente aperta o semichiusa ottenendo infatti fori di 80mm usati nella triturazione delle ramaglie. Questo prodotto, di bassa qualità, a differenza del precedente, viene venduto a 5 euro a tonnellata.



Figura 8: Mazze del trituratore AK.

2.4.1 Umidità indice di qualità

Ogni combustibile possiede una determinata quantità di energia definita “energia primaria” che, con la combustione, si trasforma in energia utile per gli scopi desiderati. L’energia termica, ad esempio, è quella forma di energia associata al movimento di agitazione molecolare, che non è sinonimo di calore, con il quale s’intende invece la quantità di energia termica trasferita da un sistema all’altro.

Il legno generalmente non si trova allo stato anidro, cioè privo di acqua, ma possiede sempre un contenuto idrico (M) variabile a seconda della lunghezza del periodo di stagionatura all’aria, compreso tra il 60 e il 15%.

Il tenore idrico del legno è espresso in termini percentuali secondo le due formule seguenti:

Umidità del legno anidro, u (%): esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa di legno anidro.

$$u = \left[\frac{(P_u - P_0)}{P_0} \right] \cdot 100$$

Contenuto idrico del legno $M(\%)$ o $w(\%)$: esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa di legno fresco e rappresenta la misura impiegata nella compravendita dei combustibili legnosi.

$$M = \left[\frac{(P_u - P_0)}{P_u} \right] \cdot 100$$

In cui

P_u = peso del legno umido

P_0 = peso del legno anidro

Le due formule seguenti consentono di calcolare u in funzione di M e viceversa

$$u = \frac{(100 \cdot M)}{(100 - M)}$$

$$M = \frac{(100 \cdot u)}{(100 + u)}$$

Come accennato in precedenza, il grado di umidità è indice della qualità del prodotto e quindi del potere calorifico che esso sarà in grado di fornire.

Dato che il potere calorifico esprime la quantità di energia che può essere ricavata dalla combustione completa di un'unità di peso, si può affermare che il contenuto idrico del legno modifica, riducendo, il suo potere calorifico.

Per i motivi sopra riportati i due cippati di S.A.Ba.R (cippato a bassa qualità (Figura 9) e cippato ad alta qualità (Figura 10)) hanno due indici di umidità diversi e di conseguenza una netta differenza da un punto di vista della quantità di energia termica che sono in grado di fornire; questo giustifica il prezzo con cui il prodotto vengono venduti. [8]



Figura 9: Cippato a bassa qualità ottenuto dal tritatore AK.



Figura 10: Cippato ad alta qualità ottenuto dalla cippatrice DH.

2.5 Ammendante

S.A.Ba.R. è iscritta al registro dei fabbricanti di fertilizzanti presso il MiPAAF (Ministero Delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali) come produttrice di ammendante vegetale semplice non compostato con il numero di registro 16059/16.

L'ammendante vegetale è frutto di una sola lavorazione meccanica (trito-vagliatura) di ramaglie e residui legnosi, non trattati chimicamente, con a monte una selezione manuale della frazione estranea, conferita erroneamente dai cittadini.

Il prodotto di S.A.Ba.R. è conforme al D.Lgs. 75/2010¹⁹ e la vagliatura avviene con un vaglio con maglia di 3 x 3 cm, che rende il prodotto uniforme e con pezzature inferiori ai 3 cm di diametro.

La Tabella 3 mostra le analisi biochimiche e microbiologiche effettuate sul prodotto.

¹⁹ Il 26 maggio 2010 è stato pubblicato il Decreto Legislativo numero 75 del 29 aprile 2010, il quale riordina e revisiona la disciplina in materia di fertilizzanti. Il presente decreto si applica ai prodotti immessi sul mercato come concimi CE e a concimi nazionali, ammendanti, correttivi e prodotti correlati immessi sul mercato.

Tabella 3: Analisi sull'ammendante S.a.Ba.r. *s.s = sostanza secca.

Parametro	Risultato	Limiti imposti dal D.Lgs. 29 Aprile 2010, N°75	Unità di misura
pH	6,01	Compreso tra 6 e 8	/
Umidità	44,39	Inferiore al 50 %	%
Azoto organico	1,32	N organico / N totale > 80 %	% p/p s.s.
Azoto ammoniacale	1286	-	mg/kg s.s.
Azoto totale	1,45	-	% s.s.
Carbonio Organico Totale	41,47	> 40 %	% p/p s.s.
Fosforo totale	< 0,5	-	% s.s.
Potassio	0,48	-	% s.s.
Indice di germinazione	75,2	> 60	%
Salmonella	assente	assente	/25g
Escherichia Coli	<10	1.000	ufc/g

Dalle analisi sull'ammendante non compostato verde prodotto da S.A.Ba.R. S.p.A. si evince che il materiale è caratterizzato da un pH pari a 6 che lo identifica come acido; un'umidità inferiore al 50% e una percentuale di carbonio organico maggiore del 40%. Inoltre, non è stata evidenziata la presenza di Salmonella ed Escherichia Coli.

Ad oggi l'ammendante vegetale semplice non compostato viene utilizzato come ammendante agricolo ed è privo di elementi estranei quali: plastica, chiodi, fili, bulloni ed ogni altro elemento estraneo al legno.

Questa qualità è stata raggiunta attraverso una pulizia eseguita manualmente da un operatore a terra prima del processo di triturazione.

L'ammendante viene prelevato da varie aziende agricole, al prezzo simbolico di 0,1 euro a tonnellata, e portato in terreni non agricoli dove vengono realizzati dei cumuli. Il

prodotto viene, poi, lasciato compostare per 6 mesi circa prima di essere sparso sul terreno ed arato (Figura 11).

L'ammendante di S.A.Ba.R., data la sua origine, è caratterizzato principalmente da lignina e cellulosa.

La cellulosa è il costituente principale di tutti i tessuti vegetali e si decompone lentamente per mezzo, principalmente, di funghi. La lignina è, invece, un costituente fondamentale della parete delle cellule vegetali; essa, grazie alla sua natura chimica, fornisce un notevole grado di rigidità strutturale oltre che di protezione da eventuali attacchi microbici.



Figura 11: Ammendante S.A.Ba.R. cumulado presso terreni non agricoli.

3 VALORIZZAZIONE DEL CIPPATO COME SOSTITUTO DEL BIOGAS

3.1 Premessa

Il biogas prodotto dalla discarica viene bruciato per produrre energia elettrica e termica; quest'ultima poi viene utilizzata per il riscaldamento di uffici e serre all'interno dello stabilimento S.A.Ba.R.

In questi ultimi anni, a causa del processo di raccolta differenziata, che introduce sempre meno sostanza organica nella discarica e soprattutto a seguito dell'emanazione della circolare Orlando²⁰, che prevede la minimizzazione degli impatti sull'uomo e sull'ambiente, dovuti al rifiuto smaltito in discarica e in particolare al materiale organico, i rifiuti posti in discarica sono notevolmente cambiati, divenendo sempre più di origine plastica e generano una quantità inferiore di biogas.

Questa evoluzione nella tipologia dei rifiuti che arrivano presso l'impianto S.A.Ba.R. rappresenta certamente un progresso da un punto di vista d'impatto ambientale, poiché la produzione di percolato e biogas sono le fonti principali d'inquinamento ambientale, tuttavia ciò implica ovviamente un'importante riduzione nella produzione di biogas stesso. Infine l'imminente chiusura del fronte di discarica e quindi la mancanza di nuovi incrementi nella produzione di biogas, ha posto la necessità di stimare un sistema per sopperire ad un eventuale ammanco nel soddisfacimento del fabbisogno di calore dello stabilimento.

S.A.Ba.R. produce un grande quantitativo di cippato caratterizzato da un buon potere calorifico; il suo utilizzo, nell'ottica della valorizzazione del verde urbano, ci è sembrato il giusto rimedio all'eventuale problema.

²⁰ La circolare Orlando è una circolare indirizzata a tutte le Regioni e alle Province autonome di Trento e Bolzano, in linea con le indicazioni interpretative della Commissione europea, con la quale il ministro dell'Ambiente Andrea Orlando ha chiarito quali sono le attività di trattamento alle quali devono essere sottoposti i rifiuti urbani per poter essere ammessi e smaltiti in discarica, superando di fatto la circolare emanata "pro tempore" dal Ministero dell'Ambiente il 30 giugno 2009.

A fronte di queste considerazioni, è nata la necessità di valutare il fabbisogno di calore necessario per il riscaldamento di serre e uffici, in modo tale da poter confrontare il fabbisogno di calore con la quantità di biogas fino al 2027, termine della vita utile del motore e degli incentivi della tariffa omnicomprensiva²¹.

È stato quindi necessario comprendere se il biogas a disposizione dello stabilimento sarà sufficiente o vi sarà la necessità di realizzare una caldaia a cippato in grado di fronteggiare questo calo o addirittura sopperire ad un'eventuale mancanza.

Il primo passo è stato quello di realizzare (tramite il programma Edil clima EC700) una modellizzazione degli edifici dell'azienda, in modo tale da comprendere il fabbisogno di calore per serre e uffici. È stata inoltre creata, mediante la funzione crescita del programma Excel, una curva che mostra l'andamento della quantità di biogas prodotto dal 2006 al 2027.

Tramite le letture in archivio si è risaliti alla percentuale di metano presente nel biogas e a stimare, con la medesima funzione di Excel, il quantitativo che sarà disponibile nel 2027. Questo dato è importante perché la percentuale di metano presente nel biogas influisce sul funzionamento dei motori. La percentuale minima è circa del 30%.

In seguito si è fatta un'ulteriore verifica sulla stima del fabbisogno di calore mediante contatori installati nel mese di novembre 2017.

Infine, incrociando i dati del calore necessario per il riscaldamento con la quantità di biogas disponibile fino al 2027 è stato possibile valutare sia l'effettiva disponibilità del combustibile che l'eventuale necessità di realizzare una caldaia a biomassa.

²¹ La Tariffa omnicomprensiva è un incentivo monetario alternativo ai Certificati Verdi, introdotto con la Legge Finanziaria 2008 riservata agli impianti Qualificati IAFR di potenza nominale media compresa tra 1 kW e 1MW (per l'eolico il limite massimo è 200 kW). La tariffa viene riconosciuta per un periodo di 15 anni, durante il quale resta fissa, in funzione della quota di energia immessa in rete, per tutti gli impianti che entrano in esercizio entro il 31 dicembre 2012 ed include una componente incentivante e una componente di valorizzazione dell'energia immessa in rete. Sino al termine del periodo di incentivazione, la tariffa costituisce l'unica fonte di remunerazione. Terminato il periodo di incentivazione rimane naturalmente la possibilità di valorizzare l'energia elettrica prodotta.

3.2 Recupero del biogas

Il biogas contiene circa il 40-50% di metano, pertanto può essere impiegato come combustibile per produrre energia, come avviene appunto in S.A.Ba.R. Tale gas, tuttavia, per essere utilizzabile e quindi per essere bruciato e produrre calore ed energia elettrica, deve prima essere captato ed accumulato in apposite strutture evitandone così la dispersione nell'ambiente.

All'interno dell'impianto, dalla combustione del biogas si genera energia elettrica e termica mediante una centrale di cogenerazione di potenzialità di 4.191 kW elettrici.

La centrale è costituita da 3 motori, due dei quali sono incentivati dai Certificati Verdi²² (attivi fino al 28 febbraio 2018) e uno dalla tariffa omnicomprensiva.

L'energia elettrica prodotta è incentivata con i meccanismi previsti dai Certificati Verdi, relativa agli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, viene misurata da due gruppi presso la centrale di cogenerazione, mentre il nuovo gruppo di cogenerazione sfrutta il meccanismo di incentivazione della tariffa omnicomprensiva (attiva fino al 2027). L'energia, immessa in rete e ritirata dal Gestore dei Servizi Elettrici (GSE), viene contabilizzata dai misuratori dell'Enel installati negli scomparti misure delle cabine consegna e accede al sistema del ritiro dedicato secondo le modalità e le condizioni tecnico economiche previste dalla delibera AEEG n. 280/07.

La centrale di cogenerazione, messa a regime alla fine del 2008, ha permesso per molto tempo una notevole disponibilità di calore sotto forma d'acqua e d'aria calda.

Il calore prodotto dal raffreddamento dei motori viene poi recuperato per il riscaldamento di serre, per la produzione di piante aromatiche, gestite dalla Cooperativa Sociale "Il Bettolino" e per la coltivazione dell'alga spirulina. Dal settembre 2009, il

²² Un certificato verde è una forma di incentivazione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Si tratta di certificati che corrispondono ad una certa quantità di emissioni di CO₂: se un impianto produce energia emettendo meno CO₂ di quanto avrebbe fatto un impianto alimentato con fonti fossili (petrolio, gas naturale, carbone ecc.) perché "da fonti rinnovabili", il gestore ottiene dei certificati verdi che può rivendere (a prezzi di mercato) a industrie o attività che sono obbligate a produrre una quota di energia mediante fonti rinnovabili, ma non lo fanno o non possono farlo autonomamente. In Italia i certificati verdi sono emessi dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE) su richiesta dei produttori di energia da fonti rinnovabili.

calore latente dell'impianto è inoltre sfruttato nel nuovo impianto di teleriscaldamento realizzato da S.A.Ba.R. per le strutture aziendali.

3.2.1 Produzione del biogas

Il sistema di captazione del biogas (Figura 12) permette di aspirare il gas prodotto dal corpo dei rifiuti in tutte le fasi del processo di gestione dei singoli bacini; infatti, esso è concepito e finalizzato in modo da poter massimizzare, in ogni fase, l'efficacia dell'aspirazione.

Dalle diverse sottostazioni, il biogas viene convogliato alla centrale di aspirazione e quindi al sistema preposto al recupero energetico e/o alle torce di aspirazione.

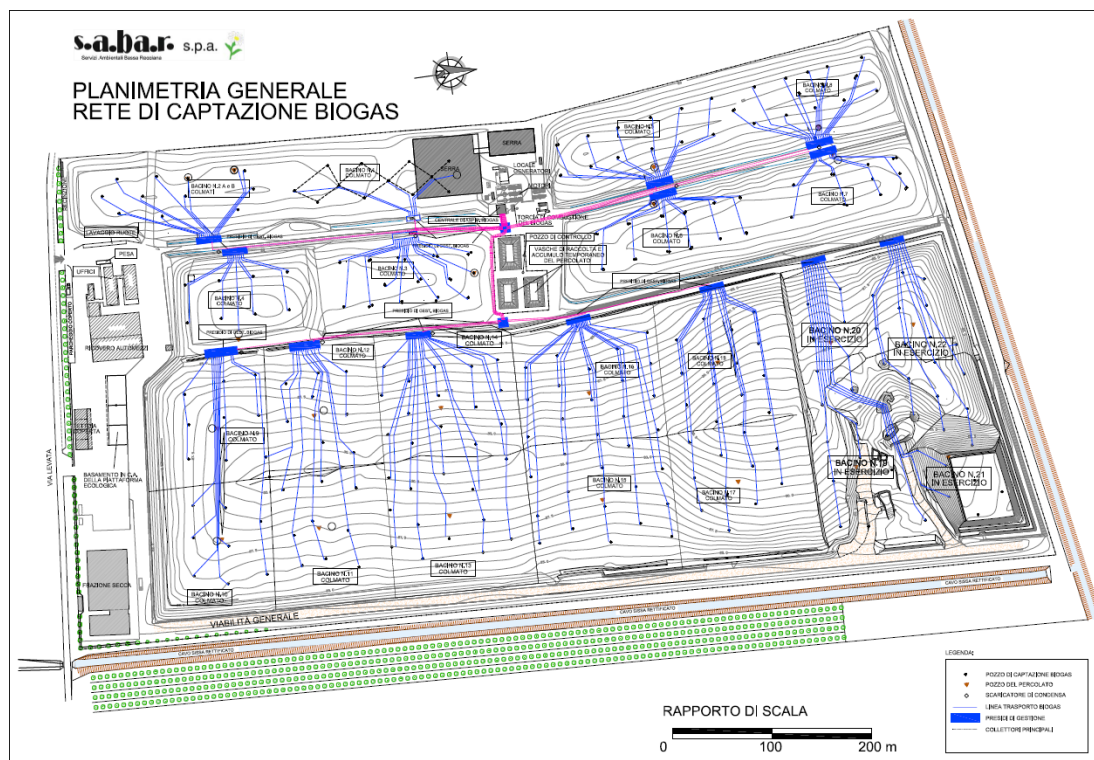


Figura 12: Planimetria rete di captazione biogas.

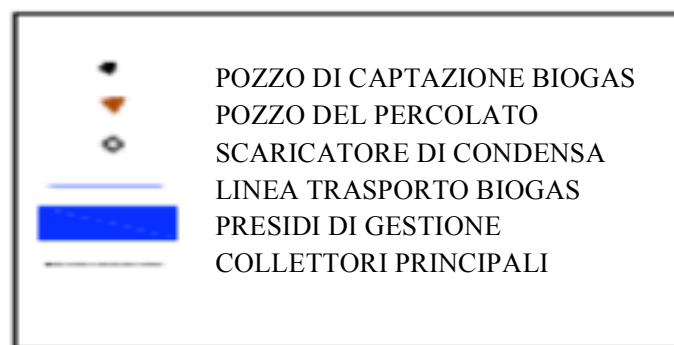


Figura 13: Legenda relativa alla planimetria rete di captazione biogas.

Nel 2016 sono stati ceduti alla rete nazionale 9.875.739,00 kW a fronte di una produzione di 12.297.035,88 kW.

Di seguito si riportano i dati del recupero di energia elettrica ed energia termica in relazione alla produzione di biogas totalizzato ai cogeneratori (dato acquisito dal registro di Centrale di Cogenerazione) per l'anno 2016:

Tabella 4: Recupero Energetico nell'anno 2016.

Produzione Biogas Portata totalizzata ai cogeneratori (Nm³/anno)	Recupero energetico (MWh) en. Elettrica prodotta	Recupero energetico (MWh) en. Termica
7.793.143	12.297,035	2.768,700

3.2.2 Perché il biogas diminuisce

Il biogas²³ si forma in seguito a processi di fermentazione anaerobica che rappresentano un complesso processo biologico nel quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene appunto trasformata rilasciando sostanze gassose. Le discariche di rifiuti urbani ne sono sempre state grandi produttrici, visto che normalmente il 30-40% del rifiuto era

²³ Analisi sul biogas hanno dato la seguente composizione: metano CH₄ (0-60%), anidride carbonica CO₂ (0-70%), ossigeno O₂ (0-21%), azoto N₂ (0-79%), idrogeno H₂ (0-1%), acqua H₂O (0-5%), idrogeno solfato H₂S (0-2%), ammoniaca NH₃ (0-1%) e monossido di carbonio CO (0-0,1%).

materiale organico. Si può affermare che la presenza di sostanza organica è il fattore predominante che influenza la produzione di biogas, la cui variabilità dipende principalmente dal contenuto di umidità, come si è potuto evincere da numerosi dati empirici.

Uno dei primi fattori che influenzano la produzione di biogas è quindi legato alla tipologia di rifiuti smaltiti. Ovviamente i rifiuti che entrano in discarica sono estremamente varianti e molto spesso è difficile poter disporre di una caratterizzazione tipologica e merceologica precisa.

Come accennato in precedenza, appare quindi evidente che l'avvento della raccolta differenziata e la circolare Orlando, che pone la necessità di dare piena attuazione al programma per la riduzione dei rifiuti biodegradabili da collocare in discarica previsto dall'art. 5 del D.Lgs 36/2003²⁴ e di incentivare la raccolta differenziata, abbiano indotto un forte cambiamento nella tipologia di rifiuti che vengono smaltiti in discarica e di conseguenza sulla produzione del biogas.

Ai motivi sopra riportati si aggiunge il fatto che la diminuzione del biogas è anche legata al normale decorso della vita di una discarica.

In essa, infatti, nelle fasi di coltivazione, l'efficienza nella captazione del biogas è limitata e raggiunge il picco di produzione al termine del conferimento dei rifiuti; in seguito inizia quindi una fase di riduzione di tale produzione. Inoltre i pozzi di captazione sono caratterizzati da una certa vita utile; essi, infatti, a differenza delle componenti esterne del sistema di captazione (stazioni di regolazione, centrale di estrazione e trattamento), che possono essere soggette a manutenzione, tendono a ridurre nel tempo la loro efficienza. [3] [9]

3.3 Situazione attuale

Ad oggi S.A.Ba.R., per i problemi già descritti in precedenza, si trova in una situazione di calo nella produzione del biogas.

²⁴ Decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36; attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti, pone all'art.5 pone gli obiettivi di riduzione del conferimento di rifiuti in discarica.

Dal grafico riportato (Grafico 1) si possono notare, in entrambe le curve, picchi negativi e positivi che rappresentano la chiusura e l'apertura di pozzi di captazione biogas a seguito di normali attività di manutenzione della discarica o a fasi di copertura definitiva della stessa.

Inoltre, la curva blu mostra la diminuzione della produzione di biogas dovuta al normale decorso del tempo, infatti, i bacini 9-18 sono ormai stabilizzati. Per quanto riguarda invece la curva rossa, in leggero aumento, riporta la produzione di biogas dei più recenti bacini 19-22 ancora in fase di gestione, in cui i nuovi rifiuti continuano a produrre biogas.

Riassumendo, si può affermare che la produzione di biogas è in fase di forte diminuzione anche rispetto alle stime di produzione sviluppate nel progetto iniziale.

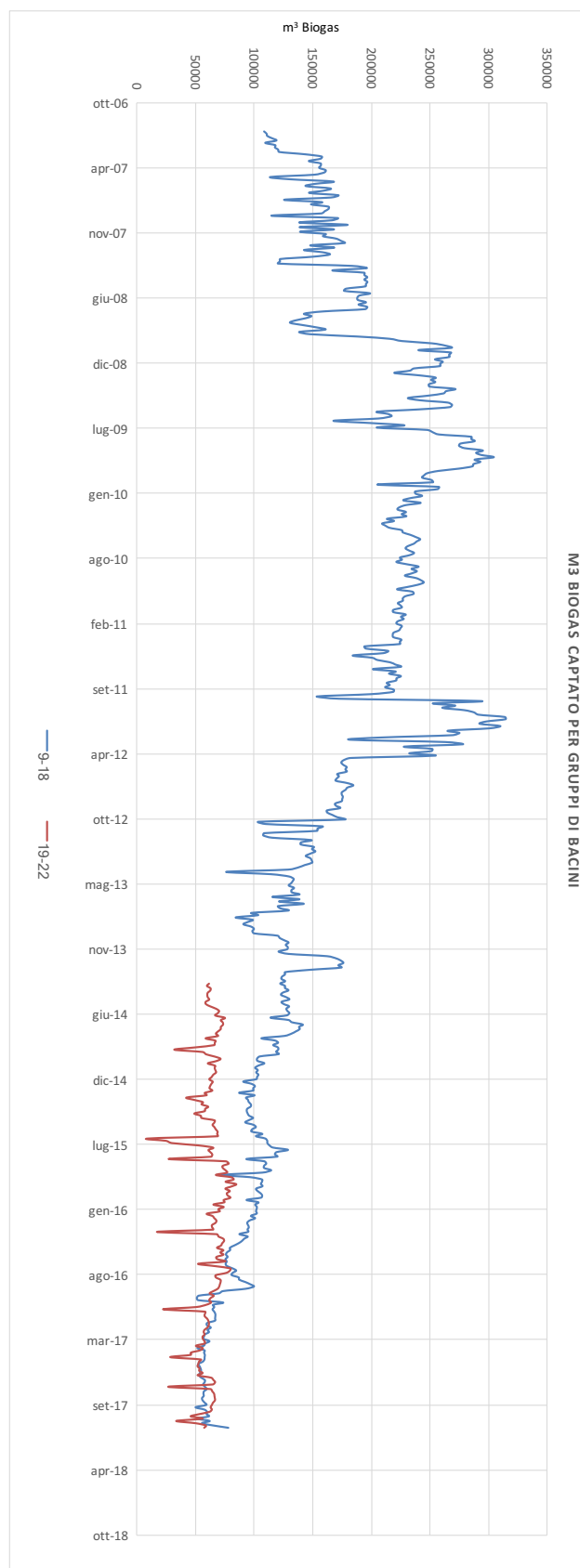


Grafico 1: Metri cubi di biogas captato per gruppi di bacini fino al 2017.

3.4 Stima del fabbisogno di calore

Il programma Edil clima EC700, che esegue il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, in conformità alle Specifiche Tecniche UNI/TS 11300²⁵, ha consentito di realizzare la modellizzazione degli edifici dell'azienda e delle serre. Utilizzando le planimetrie a disposizione e inserendo le caratteristiche strutturali degli edifici è stato, dunque, possibile ottenere il fabbisogno mensile di calore dello stabilimento. Il programma è stato utilizzato introducendo valori di temperatura fissi, dati dalla normativa UNI/TS 11300, senza servirsi dei dati storici generati a fronte dei cambiamenti climatici.

A titolo di esempio è di seguito riportata la modellazione di un edificio di S.A.Ba.R realizzato con il programma EC700.

²⁵ La Specifica tecnica UNI/TS 11300 è nata con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici. Essa, al momento, è suddivisa in sei parti: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale; determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali; determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva; utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria; calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili; determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili.

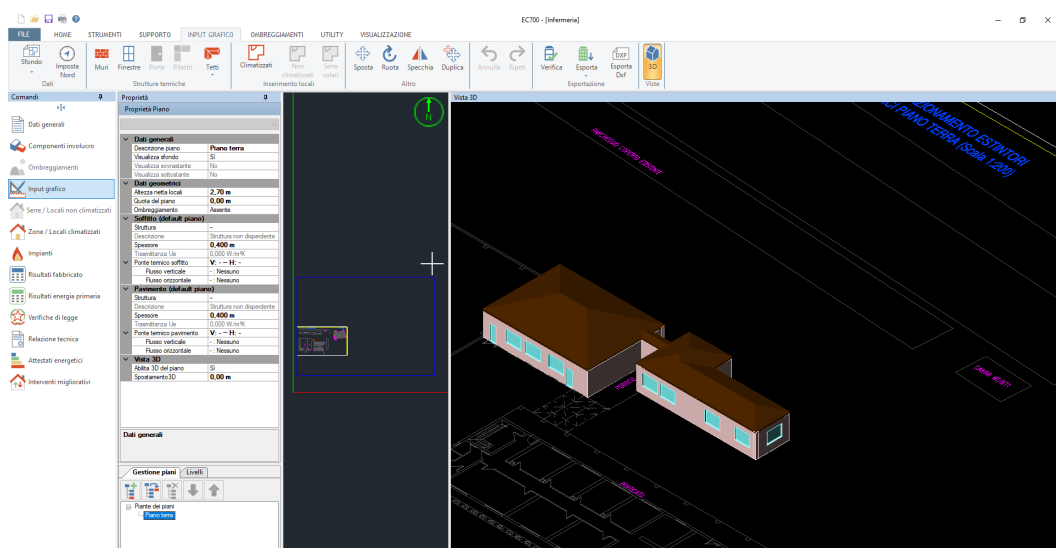


Figura 14: Modellizzazione uffici S.A.Ba.R.

Dalla modellazione effettuata con il programma è emerso che il fabbisogno di calore necessario per serre e uffici, nel periodo che va dal 15 ottobre al 15 aprile, mesi che per la normativa UNI/TS 11300 prevedono l'utilizzo del riscaldamento, è di 880.814,00 kWh.

Di seguito è riportata la tabella dettagliata relativa al fabbisogno mensile e totale per serre e uffici ottenuto con il programma Edil clima EC700.

Tabella 5: Fabbisogno mensile e totale espresso in kWh.

Periodo	Infermeria	Uffici nuovi	Uffici vecchi	Serra basilico	Serra Spirulina	Tot [kWh]
15 Ottobre	1.363,00	2.326,00	3.257,00	35.836,00	3.783,00	46.565,00
Novembre	5.741,00	10.364,0	12.077,0	90.519,00	12.580,00	131.281,00
Dicembre	9.006,00	16.845,0	18.525,0	121.070,00	19.021,00	184.467,00
Gennaio	10.082,00	18.899,0	20.544,0	132.368,00	21.423,00	203.316,00
Febbraio	7.654,00	14.538,0	16.086,0	111.873,00	17.673,00	167.824,00
Marzo	3.821,00	7.150,00	8.808,00	84.019,00	10.862,00	114.660,00
15 Aprile	407,00	647,00	1.186,00	27.985,00	2.476,00	32.701,00
Fabbisogno totale						880.814,00

Come si può vedere, la maggior parte della richiesta di calore è relativa al mese di gennaio con un totale di 203.316,00 kWh, mentre nel mese di metà aprile vi è una netta diminuzione e il valore è pari a 32.701 kWh.

3.5 Produzione del biogas

In seguito, grazie alle letture settimanali del biogas, è stato stimato il quantitativo che verrà prodotto dal 2016 al 2027 utilizzando la funzione crescita di Excel. Tale funzione consente di calcolare la crescita esponenziale prevista in base ai dati esistenti; cioè, restituisce i valori y corrispondenti ad una serie di valori x nuovi, specificati in base a valori x e y esistenti.

Dei valori ottenuti si sono presi in considerazione solo quelli dei mesi invernali e conformi al semestre considerato dal programma EC700, cioè da metà ottobre a metà aprile.

Dopo avere stimato le letture settimanali del biogas fino al dicembre 2027, si sono estrapolati i valori relativi ai metri cubi di biogas captato prodotto nel semestre 2016-2017 e in quello 2026-2027 per i vari bacini (1-8, 9-18, 19-22) al fine di valutarne l'andamento.

Tabella 6: Metri cubi di biogas nei semestri 2016-2017 2026-2027.

m³ biogas captato nei bacini	Periodo 17/10/2016 - 16/4/2017	Periodo 19/10/2026 - 18/4/2027
1-8	349.440,00	349.440,00
9-18	1.586.184,00	368.463,54
19-22	1.466.606,40	923.229,76
TOTALE	3.402.230,40	1.641.133,30

Dalla Tabella 6, è possibile vedere una netta diminuzione della quantità di biogas captato nel 2027 rispetto a quella attuale; i valori stimati per il 2027 sono pari a 1.641.133,30 m³, contro i 3.402.230,40 m³ attuali. Questi dati confermano l'analisi

effettuata in precedenza, che attribuisce la diminuzione di biogas ad una diversa tipologia di rifiuto che entra in discarica e in parte all' "anzianità" di alcuni bacini.

3.6 Percentuale di metano

In seguito è stato necessario valutare la quantità di metano presente nel biogas, per accertarsi della possibilità di poterlo utilizzare nei motori che richiedono una percentuale minima del 30%. Infatti, la disponibilità di un quantitativo di biogas pari a 1.641.133,30 m³ non assicura la presenza di una percentuale di metano in un livello sufficiente per il funzionamento dei motori. Il metano (CH₄), infatti, è la sostanza caratterizzante del biogas; nella miscela inizia ad essere presente nel momento di transizione alla fase anaerobica metanigena, cioè da alcune settimane a pochi mesi dopo la decomposizione del rifiuto in proporzione alla tipologia di coltivazione della discarica (compattazione, copertura, quantitativi di rifiuti smaltiti). La fase metanigena anaerobica è quella di maggiore interesse: sia per la durata nel tempo che per la presenza di metano; da una parte esso rappresenta una fonte di rischio, in quanto è altamente infiammabile, dall'altra costituisce una fonte di energia interessante.

Generalmente, la composizione tipica del biogas captato in discarica presenta una percentuale di metano del 50%; tale biogas viene, appunto, definito LandFill Gas, cioè gas di discarica. [3] [9]

A partire dalle letture giornaliere effettuate dall'analizzatore in continuo presente in centrale di aspirazione, sempre mediante la funzione crescita, è stato possibile stimare i relativi valori fino a dicembre 2027. Come in precedenza i dati riportati sono relativi ai semestri d'interesse 17/10/2016-16/4/2017 e 19/10/2026-18/4/2027.

Tabella 7: Percentuale di metano nei vari bacini.

% CH₄	Bacini 1-8	Bacini 9-18	Bacini 19-22
Periodo 17/10/2016 - 16/4/2017	33,11	39,8	44,9
Periodo 19/10/2026 - 18/4/2027	24,3	28,6	33,8

Dalla Tabella 7, per il periodo 2026-2027, emerge un calo della percentuale di metano presente nel biogas pressoché omogeneo in tutti i bacini, rispetto alla percentuale di biogas del 2016-2017. Ovviamente vi è una correlazione tra la diminuzione del biogas e del metano dovuta alla costituzione stessa del biogas.

Per avere la giusta percentuale di metano utilizzato dai motori e quindi stabilire se essa sia in grado di garantirne l'effettivo funzionamento, è stato necessario calcolare la media ponderata nei periodi d'interesse (17/10/2016 - 16/4/2017; 19/10/2026 - 18/4/2027).

Tabella 8: Media ponderata percentuale di metano.

	Periodo 17/10/2016 - 16/4/2017	Periodo 19/10/2026 - 18/4/2027
Media ponderata % CH₄	41,3	30,6

Dalla lettura della Tabella 8 emerge che, ad oggi, la media ponderata è di 41,3%, mentre nel 2027 si arriverà ad una percentuale del 30,6%.

Riassumendo, a seguito delle analisi fatte, si può affermare che, nonostante il grande quantitativo di biogas stimato per il 2027 (1.641.133,30 m³), la percentuale di metano presente in esso diminuirà notevolmente, passando dal 41,3% a 30,6%.

Poiché, come accennato, il funzionamento dei motori è garantito da una percentuale di metano nel biogas pari al 30%, questa quantità nel 2027, sarà comunque sufficiente.

Utilizzando i dati a nostra disposizione e le stime fatte per il 2027 si è quindi realizzato il grafico relativo all'evoluzione della percentuale di metano presente dal 2006 al 2027.

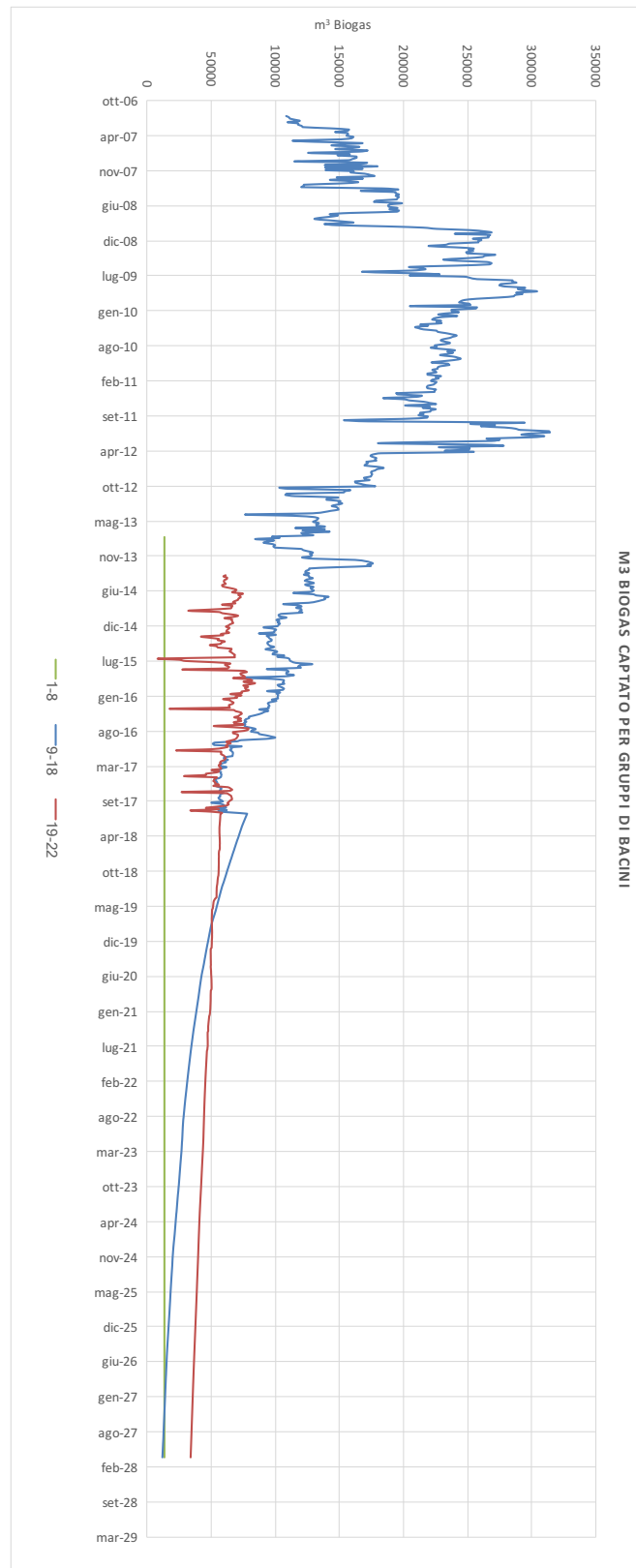


Grafico 2: Metri cubi di biogas captato per gruppi di bacini fino al 2027.

Le tre curve nel Grafico 2 rappresentano l'evoluzione riguardante i diversi bacini (1-8, 9-18, 19-22); la curva rossa è presente solo a partire dal 2009, in quanto essa rappresenta gli ultimi bacini realizzati e ancora in fase di riempimento.

Si può affermare che tutte e tre le curve mostrano una diminuzione della percentuale di metano; in particolare, la curva verde e quella blu rappresentano i bacini più vecchi e quindi con valori di biogas e metano in fase di naturale diminuzione. La curva rossa rappresenta i bacini 19-22 che sono ancora in fase di coltivazione e sono costituiti da rifiuti nettamente differenti dai precedenti; per questo motivo essa non presenta quantità rilevanti di metano.

3.7 Incrocio dei dati

In seguito per valutare se i metri cubi di biogas, stimati in precedenza per il semestre 19/10/2026 - 18/4/2027, ricoprivano interamente il fabbisogno al 2027 è stato necessario fare un confronto tra questi valori.

E' stata quindi creata una tabella per arrivare a calcolare il totale di kWh prodotti e di conseguenza quelli disponibili per semestre esaminando il fabbisogno totale ottenuto con il programma Edil clima e il totale di kWh disponibili ogni mese.

La Tabella 9 riporta i metri cubi di biogas captato e la percentuale di metano, calcolati in precedenza; inoltre riporta il potere calorifico, dato dal rapporto tra la percentuale di metano e il suo potere calorifico a una percentuale del 100%. In seguito rapportando il totale di kcal e la % di rendimento, è stato calcolato il totale di kcal per arrivare ad ottenere, appunto, i kWh disponibili nei vari bacini.

Tabella 9: Dati riassuntivi relativi ai singoli bacini nei due semestri d'interesse.

	Periodo 17/10/2016 - 16/4/2017			Periodo 19/10/2026 - 18/4/2027		
Bacini	1-8	9-18	19-22	1-8	9-18	19-22
m ³ biogas captato	349.440	1.586.184	1.466.606	349.440	368.464	923.230
% CH ₄	33,1	39,8	44,9	24,3	28,6	33,8
Potere Calorifico (kcal)	2.814	3.385	3.818	2.069	2.429	2.871
Totale kcal	983.361.600	5.369.431.113	5.599.084.205	722.910.313	894.956.885	2.650.785.349
% Rendimento Termico	35	35	35	35	35	35
Totale kcal motore	344.176.560	1.879.300.890	1.959.679.472	253.018.610	313.234.910	927.774.872
Conversione kW/kcal	859	859	859	859	859	859

I kWh disponibili per i singoli bacini, nei due periodi d'interesse sono stati riportati in Tabella 10.

Tabella 10: kWh relativi ai vari bacini calcolati nei semestri di interesse.

kWh prodotti	Periodo 17/10/2016 - 16/4/2017			Periodo 19/10/2026 - 18/4/2027		
	Bacini 1-8	Bacini 9-18	Bacini 19-22	Bacini 1-8	Bacini 9-18	Bacini 19-22
	400.671	2.187.778	2.281.350	294.550	364.651	1.080.064

In seguito (Tabella 11), si è eseguita la somma dei kWh per i due periodi ottenendo i seguenti valori necessari alla realizzazione dei Grafici 3-4.

Tabella 11: Totale di kWh prodotti e di conseguenza disponibili per semestre, il fabbisogno totale ottenuto con Edil clima e il totale di kWh disponibili ogni mese.

	Periodo 17/10/2016 - 16/4/2017	Periodo 19/10/2026 - 18/4/2027
Totale kWh disponibili Semestrale	4.869.799	1.739.265
Fabbisogno Totale (Edilclima Semestrale)	880.814	880.814
Totale kWh disponibili mensili	811.633	289.877

Da questa prima analisi appare quindi evidente che il fabbisogno di calore risulta coperto dalla produzione di biogas, sia nel semestre attuale che in quello 2026-2027.

Questo primo studio è stato riassunto nei due grafici seguenti che mostrano la situazione attuale e quella al 2027, relativa al fabbisogno di calore e al totale di kWh a nostra disposizione.

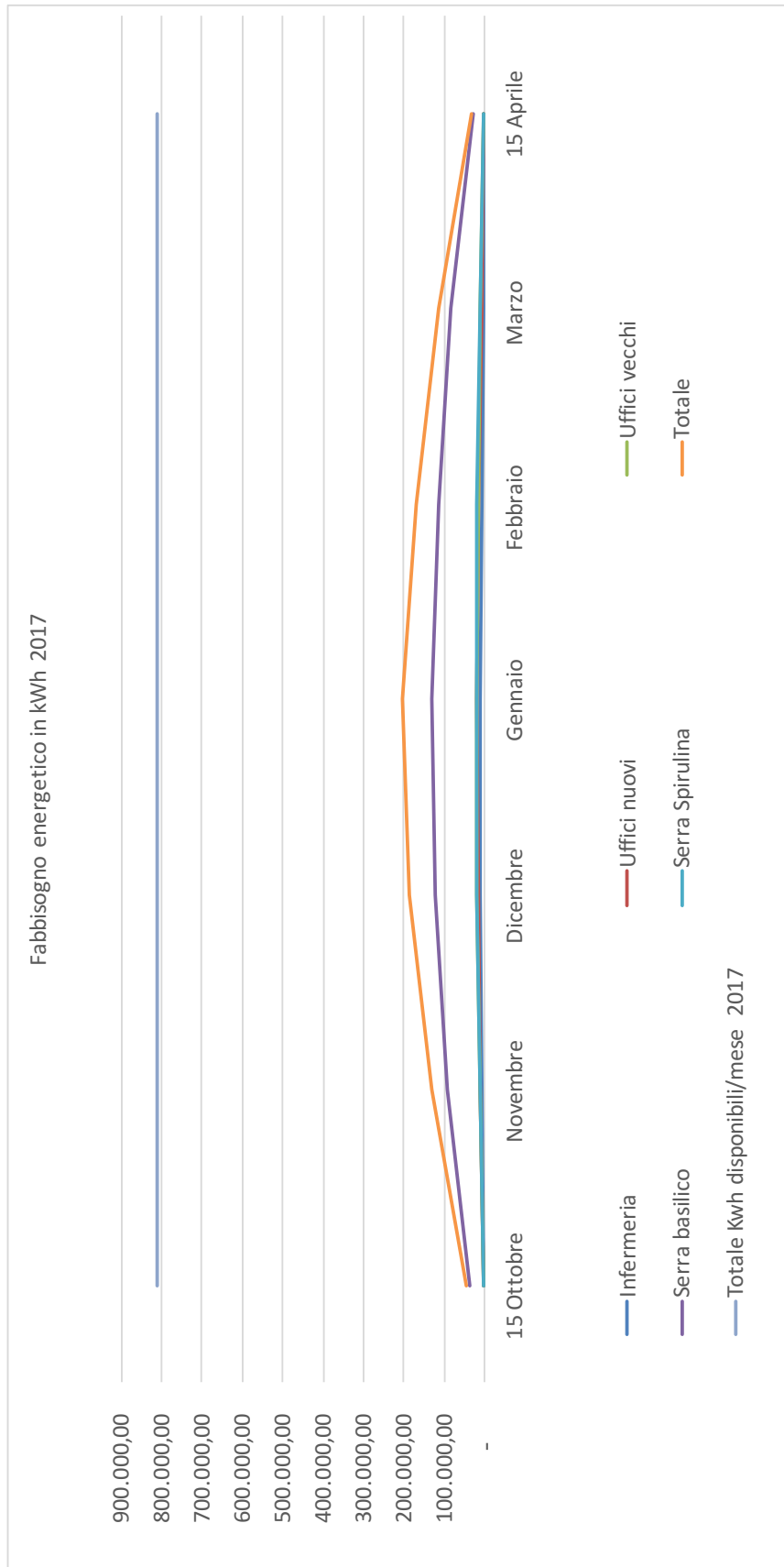


Grafico 3: Fabbisogno e totale di metri cubi nel 2017.

Nel Grafico 3 la curva blu mostra il totale di kWh disponibili attualmente, mentre la curva arancione mostra il fabbisogno totale di calore per i vari edifici; le altre curve presenti sono invece relative al fabbisogno di calore dei singoli edifici.

Da questo primo grafico emerge quindi che la situazione ad oggi, presenta un netto margine di calore disponibile rispetto a quello necessario.

Il Grafico 4, sotto riportato, rappresenta la situazione al 2027, dove: la curva rossa mostra il totale di kWh disponibili che avremo al mese nel 2027; mentre quella arancione è rappresentativa del fabbisogno di calore totale di serre e uffici stimata con il programma Edil clima.

Da questa prima analisi emerge quindi che la caldaia a biomassa, che sfrutterebbe il cippato prodotto da S.A.Ba.R., non è necessaria. La quantità di biogas, disponibile nel 2027, confrontata con il calore necessario, emerso dalla modellizzazione di Edil clima, risulterebbe infatti sufficiente.

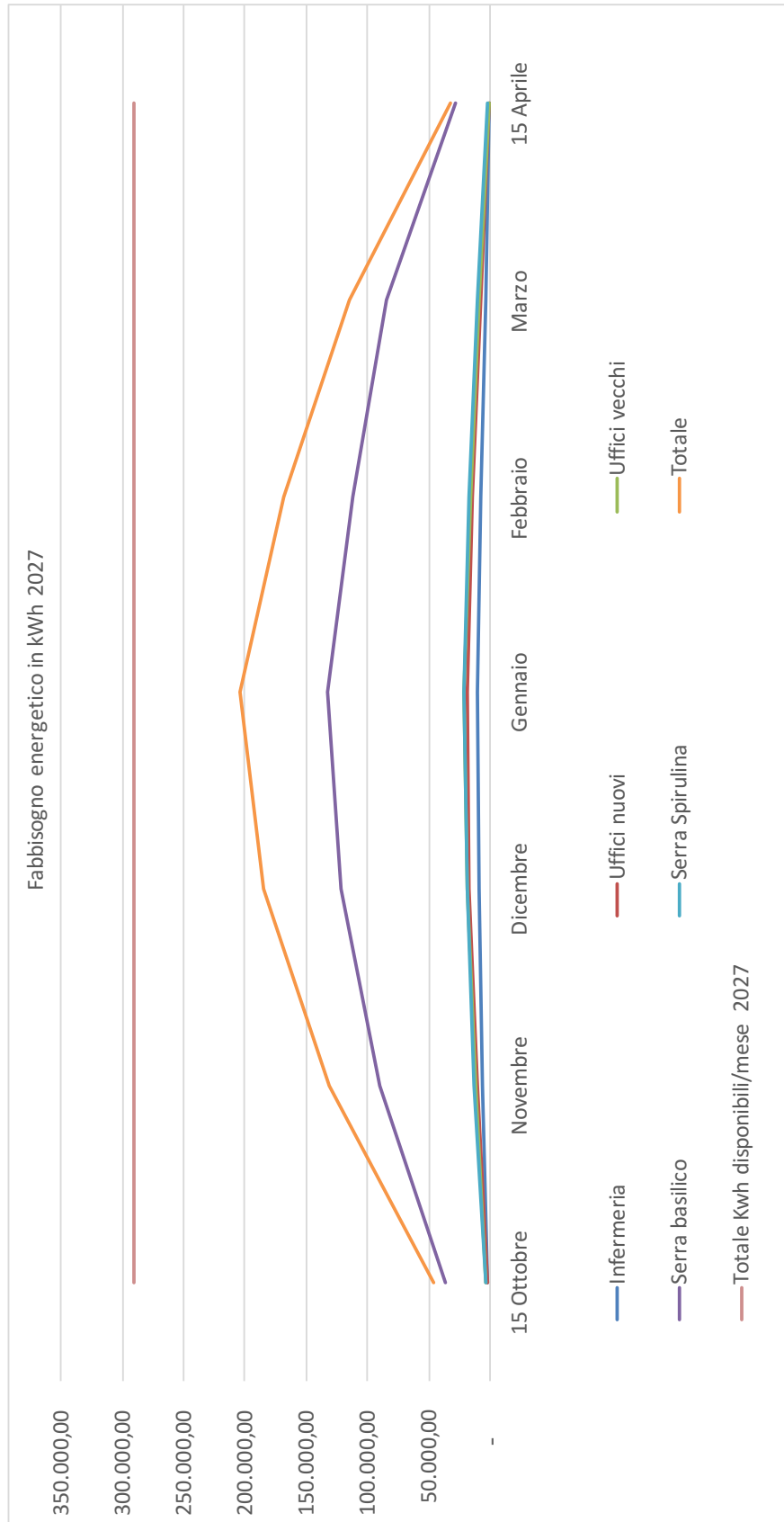


Grafico 4: Fabbisogno e totale di metri cubi nel 2027.

3.8 Ulteriore verifica

Successivamente è stata effettuata una ulteriore verifica utilizzando i dati relativi al mese di gennaio 2017 rilevati da un sistema di telecontrollo installato a novembre 2017. Da tali letture è emerso che il fabbisogno medio nel mese di dicembre per gli uffici e le serre è stato rispettivamente di 543.709,96 kWh e di 92.100,00 kWh; dati nettamente superiori rispetto a quelli ottenuti dalla modellazione precedente.

Questa evidente differenza di risultati è stata giustificata dal fatto che in fase di modellizzazione si sono fatte delle approssimazioni da un punto di vista soprattutto dei materiali di copertura delle serre e dei ricambi d'aria estremamente importanti per la definizione del fabbisogno delle serre.

La Tabella 12 mostra in sintesi valori del fabbisogno di calore riguardante le serre e i vari edifici di S.A.Ba.R. ottenuti mediante le letture del telecontrollo e dal programma EC700.

Tabella 12: Confronto tra il fabbisogno di calore calcolato con Edil clima EC700 e quello dei contatori.

	Serre	Uffici
Totale calore mese [kWh]	543.709,96	92.100,00
Totale calore mese da EC700 [kWh]	121.070,00	44.376,00

In seguito, i dati del programma sono stati riparametrati con le temperature giornaliere rilevate dalla stazione meteo situata in azienda. Sapendo inoltre che la temperatura interna degli uffici è prevista intorno a 20°C mentre quella delle serre è di 26°C, si è calcolato un delta tra le temperature rilevate dalla stazione meteo e quelle necessarie (20-26°C); in seguito è stato fatto il medesimo calcolo utilizzando le temperature di input del programma EC700.

Infine è stata determinata la media dei delta e si è calcolato il suo scostamento mediante la funzione di scarto quadratico medio (Tabella 13).

Tabella 13: Dati relativi a media, scarto quadratico medio e percentuale di errore sui valori di serre e uffici.

	Serre	Uffici
Media	696,28	156,22
Scarto QM	68,98	16,55
%	10%	11%

Successivamente è stato calcolato il coefficiente di errore rapportando il calore stimato dalle letture dei contatori con quello riparametrato con il delta delle temperature.

Tabella 14: Coefficiente di errore per serre e uffici.

	Serre	Uffici
Totale mese gennaio [kWh]	129.572,20	48.618,71
Coefficiente di errore, determina quanto il modello è sbagliato (usate le T reali)	4,02	1,80
Coefficiente di errore, determina quanto il modello è sbagliato (usato il mero rapporto)	4,30	1,97

La Tabella 14 mostra il coefficiente di errore da applicare ai risultati ottenuti con il programma EC700 sia per le serre che per gli uffici.

I primi valori, rispettivamente di 4,02 e 1,80, sono stati calcolati utilizzando il delta calcolato in precedenza e relativo alle temperature esterne sulla necessità interna; mentre i valori di 4,30 e 1,97 sono stati calcolati attraverso un mero rapporto tra il totale di calore mensile, ottenuto tramite i contatori e calcolato con EC700. Poiché è emersa tra i due valori una differenza irrisoria, si è scelto di utilizzare quelli calcolati tenendo in considerazione la temperatura per maggior accuratezza del calcolo.

Una volta definiti i coefficienti di errore per serre e uffici sono stati riparametrati i risultati ottenuti precedentemente con EC700 e riportati nella Tabella 5, ottenendo i valori riportati in Tabella 15:

Tabella 15: Fabbisogno di calore espresso in kWh, riparametrato con i fattori correttivi ottenuti.

	Infermeria	Uffici nuovi	Uffici vecchi	Serra basilico	Serra Spirulina	Totale [kWh]
Fattore correttivo	1,8	1,8	1,8	4,02	4,02	
15 Ottobre	2.453,40	4.186,80	5.862,60	144.060,72	15.207,66	171.771,18
Novembre	10.333,80	18.655,20	21.738,60	363.886,38	50.571,60	465.185,58
Dicembre	16.210,80	30.321,00	33.345,00	486.701,40	76.464,42	643.042,62
Gennaio	18.147,60	34.018,20	36.979,20	532.119,36	86.120,46	707.384,82
Febbraio	13.777,20	26.168,40	28.954,80	449.729,46	71.045,46	589.675,32
Marzo	6.877,80	12.870,00	15.854,40	337.756,38	43.665,24	417.023,82
15 Aprile	732,60	1.164,60	2.134,80	112.499,70	9.953,52	126.485,22
Fabbisogno totale						3.120.568,56

La tabella mostra i valori del fabbisogno mensile dei vari edifici riparametrati con i fattori correttivi trovati. Il fabbisogno totale, a seguito di questa seconda analisi, è risultato pari a 3.120.568,56 kWh, valore nettamente superiore rispetto a quello ottenuto in precedenza e pari a 880.814,00 kWh.

Poiché questi primi fattori correttivi sono stati ottenuti utilizzando le letture rilevate al solo mese di dicembre, si è ritenuto importante integrare lo studio anche con i valori relativi al mese di gennaio. Questo ulteriore passaggio è stato fatto al fine di attribuire maggiore veridicità al modello realizzato.

Per ottenere i nuovi coefficienti correttivi si è operato nella stessa modalità riportata in precedenza per il mese di dicembre. I valori sono riportati nella Tabella 16.

Tabella 16: Coefficiente di errore per serre e uffici.

	Serre	Uffici
Totale mese gennaio	115.061,69	40.949,88
Coefficiente di errore, determina quanto il modello è sbagliato (usate le T reali)	4,88	1,84
Coefficiente di errore, determina quanto il modello è sbagliato (usato il mero rapporto)	4,24	1,52

La tabella relativa ai fattori correttivi per il mese di gennaio mostra dei valori pressoché coincidenti a quelli calcolati in precedenza, il che è una buona indicazione sull'attendibilità del modello realizzato.

Come per l'analisi precedente si sono riportati i grafici ottenuti incrociando i dati del fabbisogno con il totale di kWh disponibili ad oggi e al 2027.

Il Grafico 5 mostra la situazione attuale dove la linea rossa rappresenta il totale di kWh disponibili, mentre la linea azzurra rappresenta il fabbisogno totale. Possiamo affermare, quindi, che il biogas a disposizione riesce a soddisfare la richiesta, nonostante l'utilizzo dei fattori correttivi.

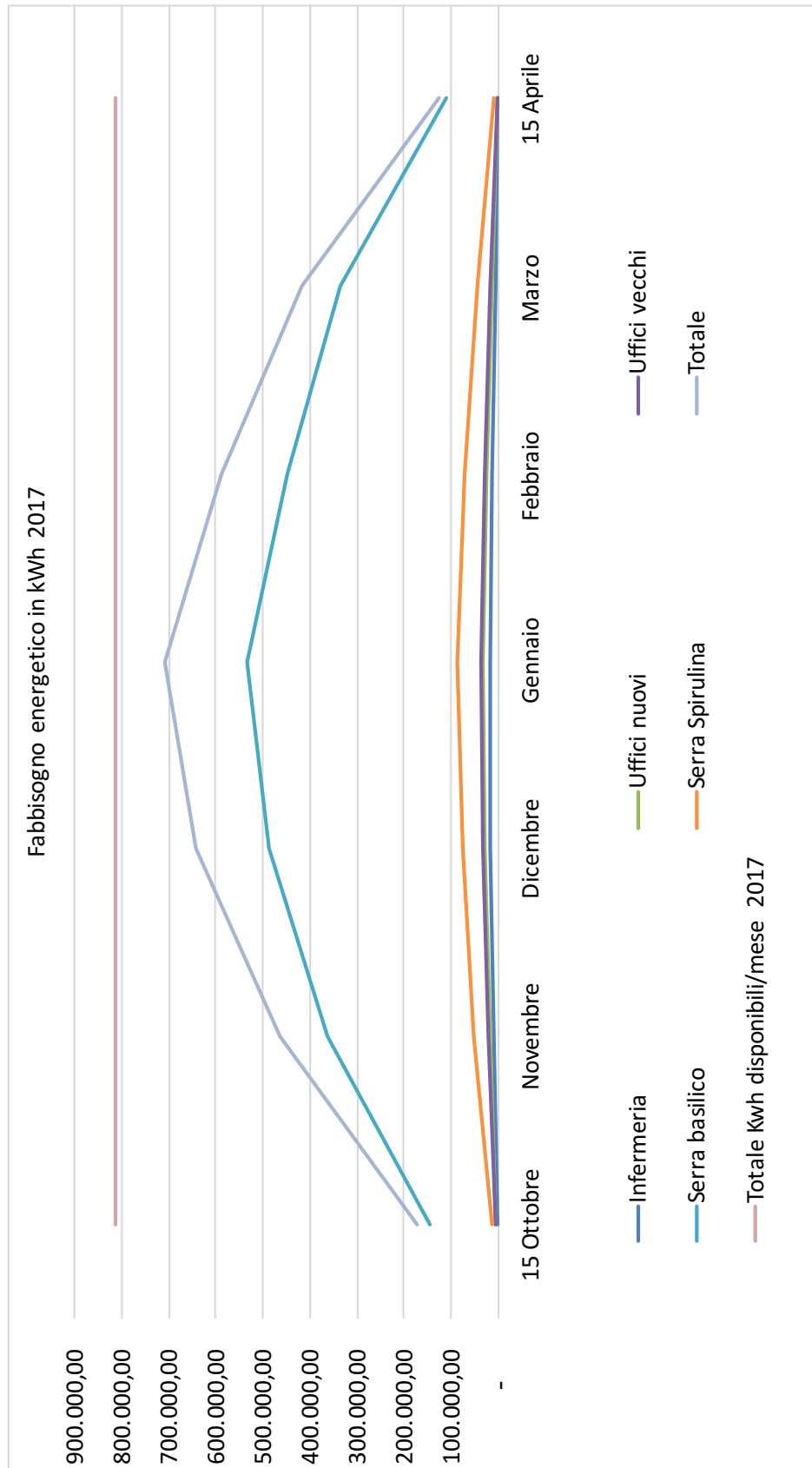


Grafico 5: kWh disponibili al mese nel 2017.

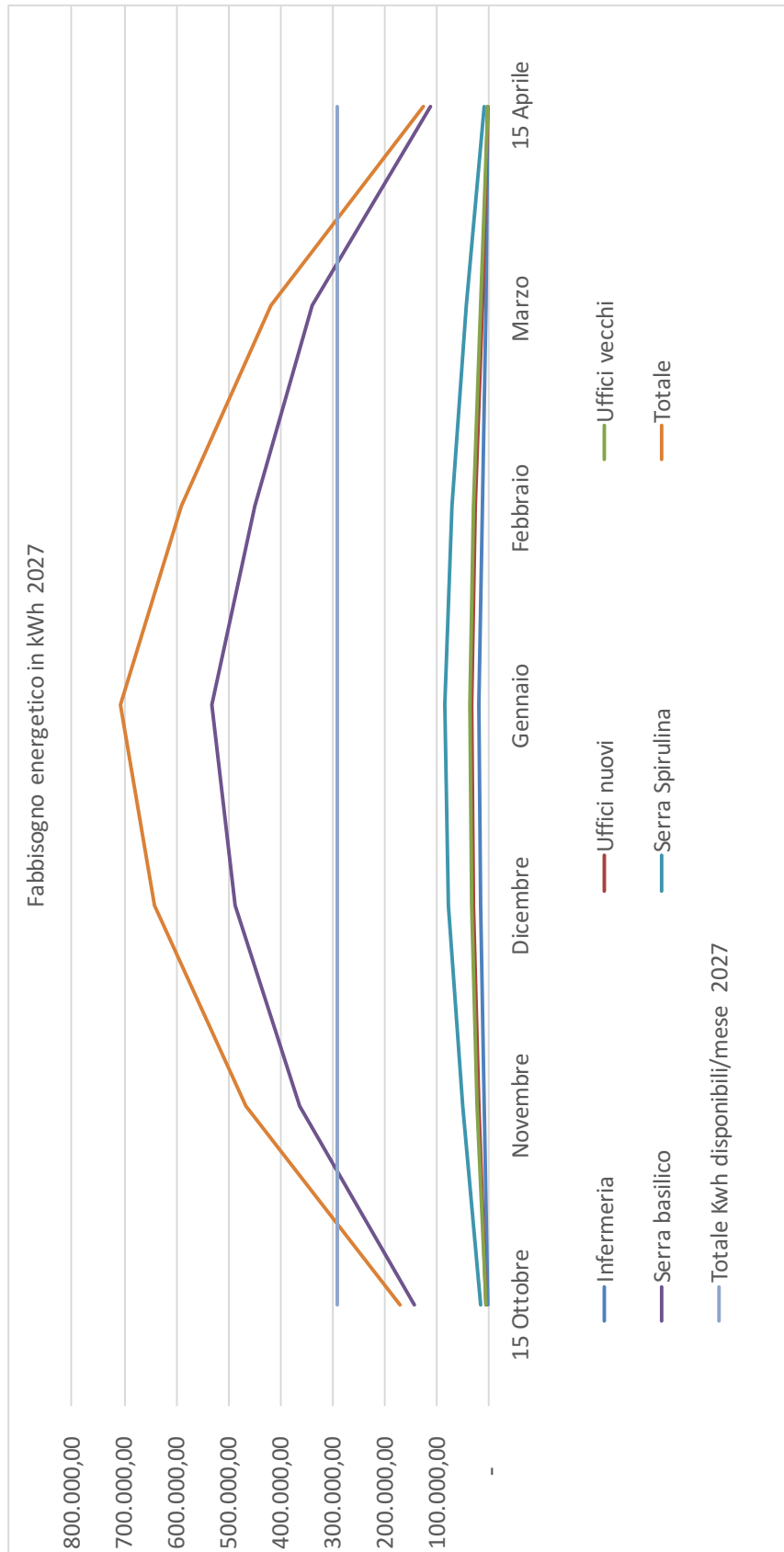


Grafico 6: kWh disponibili al mese nel 2027

Il Grafico 6 rappresenta la situazione al 2027; in questo caso si può vedere che il fabbisogno totale di serre e uffici (curva rossa), riparametrato in base ai coefficienti trovati, è nettamente superiore al totale di biogas disponibile.

A fronte di questi nuovi risultati, è stato necessario stimare l'area sottesa tra i kWh disponibili e il totale di biogas disponibile, ottenendo, così, i kWh che dovrebbe fornire la caldaia a biomassa per sopperire alla mancanza di biogas.

3.9 Fabbisogno necessario che dovrebbe fornire la caldaia

A seguito degli studi fatti è stato possibile calcolare l'area compresa tra la curva indicativa della disponibilità di biogas e quella del fabbisogno relativa ai grafici sopra riportati. Tale area rappresenta la quantità di calore che il biogas non sarà più in grado di fornire e che sarà quindi necessario integrare.

Per chiarezza, in Tabella 17 sono stati riportati il totale di fabbisogno per ogni mese, per un totale di 3.120.568,56 kWh, dato dalla somma dei dati precedentemente riportati (Tabella 15); inoltre si è inserito il totale di kWh disponibile mensilmente sia per il semestre 2017 sia per il 2027, già calcolati in precedenza. Infine si è riportato il fabbisogno che dovrebbe fornire la caldaia, rappresentato dall'area sottesa nei grafici precedenti, tra il fabbisogno totale di calore al 2027 e i kWh di biogas disponibili; tale valore si è ottenuto dalla differenza tra il totale di fabbisogno necessario ogni mese e il totale di kWh al 2027.

Tabella 17: kWh disponibili 2017-2027 e fabbisogno della caldaia.

	Totale	Totale kWh disponibili/mese 2017	Totale kWh disponibili/mese 2027	Fabbisogno che dovrebbe dare la caldaia in kW
15 Ottobre	171.771,18	811.633,09	289.877,45	
Novembre	465.185,58	811.633,09	289.877,45	175.308,13
Dicembre	643.042,62	811.633,09	289.877,45	353.165,17
Gennaio	707.384,82	811.633,09	289.877,45	417.507,37

Febbraio	589.675,32	811.633,09	289.877,45	299.797,87
Marzo	417.023,82	811.633,09	289.877,45	127.146,37
15 Aprile	126.485,22	811.633,09	289.877,45	

Il fabbisogno totale è risultato pari a 1.372.924,90 kW.

I valori mancanti sono quelli relativi ai mesi di ottobre e di aprile che erano compresi nel quantitativo di biogas a disposizione nel 2027 e quindi esclusi dal calcolo per il dimensionamento della caldaia.

In seguito si è calcolata la potenza mensile della caldaia in kWh.

Tabella 18: Tabella riassuntiva per il dimensionamento della caldaia.

Dimensionamento kWh potenza media caldaia	
Novembre	243,48
Dicembre	474,68
Gennaio	561,17
Febbraio	446,13
Marzo	170,90

La Tabella 18 mostra la potenza media che dovrebbe avere la caldaia mensilmente per sopperire alla mancanza di calore prodotto dal biogas, calcolato a partire dal fabbisogno di calore espresso in kW e riportato nella Tabella 17.

Per la stima del fabbisogno mensile della caldaia, si è preso in considerazione il valore relativo a gennaio poiché risultava essere il mese con il maggiore fabbisogno.

3.10 Dimensionamento della caldaia

Come accennato, l'area sottesa tra il fabbisogno di calore e i kW disponibili, rappresenta il calore che sarà necessario sopperire al fine di soddisfare la richiesta di calore dei vari edifici e delle serre. Per l'obiettivo preposto a tale elaborato ovvero la valorizzazione del verde urbano, si è deciso di valutare l'ipotesi di realizzare una caldaia a biomassa, sfruttando quindi parte del cippato prodotto.

Come già detto, per il dimensionamento della caldaia, si è scelto il valore del fabbisogno nel mese di gennaio pari a 417.507,37 kW. In seguito è stato necessario valutare il potere calorifico del cippato per avere le tonnellate tali da soddisfare i kW richiesti.

In previsione di investimenti futuri di S.A.Ba.R., si è ritenuto necessario richiedere un preventivo per una caldaia da 980 kW anziché da 561,17 kW.

A questo punto è stato necessario, per prima cosa, convertire il potere calorifico del cippato di S.A.Ba.R. da kj/kg a kcal/ton; partendo quindi da un potere calorifico del cippato pari a 10.000 kj/kg, cioè quello a bassa qualità, si è ottenuto un valore di 2.388.450,00 kcal/ton. Si è scelto di utilizzare il cippato a bassa qualità in quanto la vendita di esso rappresenta una fonte minore di guadagno rispetto a quello di alta qualità.

Tabella 19: Conversioni relative al potere calorifico del cippato.

Potere calorifico cippato in kj/kg	10.000,00
Conversione kg/ton	1.000,00
Conversione kj/ton	10.000.000,00
Conversione kcal/kj	0,24
Rapporto kcal/ton	2.388.450,00

In seguito, considerando il rendimento del cippato appena calcolato ed inserendo il fabbisogno di kW necessari a sopperire la mancanza di biogas nel mese di gennaio, è

stato possibile calcolare le tonnellate di cippato necessarie per un rendimento di 980 kW (Tabella 20).

Tabella 20: Tonnellate di cippato necessarie per avere 980 kW.

kW Caldaia	980,00
kW Caldaia mese	729.120,00
kcal Caldaia mese	626.314.080,00
Ton al mese per avere 980 kW	262,23
Ton all'anno	1.573,36

Dai calcoli fatti è emersa la necessità di utilizzare 1573,36 tonnellate di cippato all'anno.

Stimando la quantità necessaria a soddisfare il fabbisogno relativo al mese di gennaio e il fabbisogno noto previsto dalla caldaia stessa (980 kW) si è deciso a priori di considerare un quantitativo di cippato pari a 1000 tonnellate anno.

In seguito (Tabella 21) si sono stimati i kW che si otterrebbero inserendo un quantitativo di 1000 tonnellate di cippato in una caldaia con un rendimento dell'85% per verificare l'effettiva possibilità della caldaia di coprire un ammanco di calore di 2.363.425,49 kW.

Tabella 21: Totale di kW prodotti nell'anno con 786,6 tonnellate di cippato.

Tonnellate di cippato a caldaia nell'anno	1.000
Potere calorifico cippato per tonnellata espresso in kcal	2.388.450,00
Totale kcal anno	2.388.450.000,00
Rendimento caldaia per tipologia di energia [%]	85,00
Totale kcal anno da caldaia	2.030.182.500,00
Conversione kW/(kcal/h)	859,00
kW prodotti nell'anno	2.363.425,49

Come appare, la caldaia sarà in grado, non solo di sopperire alla mancanza di calore fornito dal biogas nel 2027, ma di fornire un ulteriore apporto. Essa sarà infatti in grado di produrre 2.363.425,49 kW.

3.10.1 Progettazione caldaia

A seguito dei calcoli fatti si è deciso di incontrare un'impresa realizzatrice di caldaia al fine di valutare una caldaia che rispondesse alle esigenze di S.A.Ba.R. S.p.A.

La caldaia proposta possiede una potenzialità al focolare pari a 980 kW predisposta per la produzione di acqua calda fino a 95°C. La struttura della caldaia è interamente in lamiera di acciaio con camera di combustione interamente a bagno di acqua di grandi dimensioni, rivestita totalmente di materiale refrattario. Essa sarebbe in grado di compensare la mancanza di calore prodotto dal biogas al 2027 con un costo previsto di circa 348.000,00 euro.

3.11 Analisi economica

Alla luce di quanto detto, per prima cosa sono stati considerati i costi per la costruzione di un piano d'appoggio in calcestruzzo armato (piazzale) per la caldaia a biomassa e di una tettoia, necessaria per la protezione della stessa. Il costo del piazzale è stato ottenuto dal prodotto tra il costo di costruzione al m² (€ 50) e la sua estensione, pari a 200 m². Analogamente il costo della tettoia è stato calcolato come prodotto fra il costo di costruzione al m² (€ 500) e la sua ampiezza (80 m²). Come mostrato in Tabella 22 il costo totale della tettoia è risultato essere di € 78.000, comprensivo dei costi di progettazione, direzione lavori (DL), messa in sicurezza, collaudo e nonché dei costi previsti per i permessi ed autorizzazioni necessarie.

Tabella 22: Dettaglio costi per la costruzione del piazzale adibito alla caldaia e relativa tettoia.

Costo Piazzale	€ 10.000
Costo costruzione Tettoia	€ 40.000
Progettazione, DL, Sicurezza, Collaudo tettoia	€ 20.000
Autorizzazione e richiesta permessi tettoia e piazzale.	€ 8.000
Costo totale tettoia-piazzale	€ 78.000

È stato inoltre necessario stimare il costo complessivo relativo all'installazione dell'impianto e la quota di ammortamento dell'investimento²⁶, considerando anche un budget extra destinato ad eventuali interventi imprevisti, pari a € 40.000, come mostrato in Tabella 23. Il costo totale per la realizzazione dell'impianto è quindi ammontato a € 466.000.

Tabella 23: Costo complessivo per la realizzazione dell'impianto considerando le singole opere, tettoia, piazzale, caldaia ed imprevisti.

Totale costo per tettoia-piazzale	€ 78.000
Costo Caldaia a biomassa da 980 kW	€ 348.000
Totale imprevisti	€ 40.000
Totale impianto	€ 466.000

Per quanto riguarda la procedura contabile di ammortamento, il suo valore è stato calcolato ottenuto dividendo i singoli totali con il periodo necessario per l'ammortamento stesso secondo il decreto del Ministero delle finanze del 31 dicembre

²⁶ Con ammortamento si intende un procedimento attraverso il quale un costo pluriennale viene ripartito tra gli esercizi di vita utile del bene. Quando un'azienda acquista un bene destinato a essere utilizzato per più anni, il relativo costo viene ripartito in funzione del numero di anni per l'acquisto in tante quote quanti sono gli esercizi nei quali il macchinario sarà presumibilmente impiegato.

1988²⁷, ovvero 10 anni per le opere edili e 33 anni per le opere soggette ad usura, come le caldaie.

Come mostrato in Tabella 24, la quota di ammortamento per l'intero impianto è pari a € 38.376 su un costo totale di € 466.000.

Tabella 24: Quota di ammortamento relativo all'impianto, considerando le opere edili (tettoia e piazzale) e l'installazione della caldaia.

	Costi	Anni	Ammortamento
Budget imprevisti	€ 40.000	33	€ 1.212,12
Realizzazione tettoia e piazzale	€ 78.000	33	€ 2.364
Caldaia da 980 kW	€ 348.000	10	€ 34.800
Totale Ammortamento impianto			€ 38.376

Inoltre è stato necessario considerare anche i costi di gestione dell'impianto. Le voci considerate relative ai costi di gestione vengono illustrate nella Tabella 25.

Tabella 25: Costi di gestione dell'impianto.

Personale (1/2 addetto)	€ 20.000
Energia elettrica per funzionamento della caldaia	€ 5.000
Assicurazioni (0,7% degli interessi)	€ 2.436
Materiali di consumo (1% degli interessi)	€ 3.480
Manutenzione (3% degli interessi)	€ 10.440
Smaltimento ceneri (10% come ammendante a 20 €/ton)	€ 2.000
Spese generali (5% dei costi annuali)	€ 1.193
Spese di gasolio per macchine mobili	€ 2.500

²⁷ D.M. 31 dicembre 1988: Coefficienti di ammortamento del costo dei beni materiali strumentali impiegati nell'esercizio di attività commerciali, arti e professioni.

Imprevisti (5% di costi annuali)	€ 2.352
Costi di gestione	€ 49.401

Gli interessi sono stati valutati pari all'1,5% del costo dell'installazione dell'impianto.

Per quanto riguarda il costo dello smaltimento delle ceneri, esso è stato gestito ipotizzando di miscelare le ceneri, prodotte dalla combustione del cippato, con l'ammendante. Questo ha consentito di avere, nel conteggio, un notevole risparmio e ottenere una quota di gestione pari a € 2.000; inoltre l'introduzione di ceneri all'interno dell'ammendante consentirebbe di aumentare quello che è il tenore di potassio, fosforo, magnesio e calcio nel terreno.

Il totale del costo di gestione, dato dalla somma di tutte le voci sopra riportate, ammonta dunque a € 49.401.

Infine sono stati confrontati i costi complessivi di realizzazione ed utilizzo di una caldaia a biomassa con i costi complessivi di realizzazione ed utilizzo di una caldaia a gasolio.

Sono stati presi in considerazione il potere calorifico per il cippato e le quantità di materiale necessario per soddisfare il fabbisogno, il rendimento e il costo del combustibile per il gasolio, e infine il numero delle ore di funzionamento dell'impianto. Le voci valutate sono state riportate nelle Tabelle 26 e 28.

Alla luce delle suddette valutazioni è stato stimato il costo annuale necessario a S.A.Ba.R. per la realizzazione e messa in funzione dell'impianto (Tabella 27) considerando il prezzo del cippato, proveniente dal processo di triturazione con il sistema AK, un costo di ammortamento relativo al totale di € 466.000, interessi al 1,5% sul costo d'installazione, mentre il costo della manutenzione è stato ottenuto dalla tabella relativa ai costi di gestione dell'impianto (Tabella 25).

È stato così ottenuto un totale pari a 100.267 euro.

Tabella 26: Costi del cippato. PCI: potere calorifero.

PCI cippato (10.000 kJ/kg) [kW/kg]	2,79
Quantità cippato [ton/anno]	1.000
Rendimento combustione legno	85%
Numero ore di funzionamento impianto [h/anno]	2.500
Costo del combustibile Biomassa [€/ton]	€ 5,50

Tabella 27: Costo complessivo annuo per la realizzazione e messa in funzione della caldaia a biomassa a carico dell'azienda S.A.Ba.R. S.p.A.

Costo della biomassa	€ 5.500
Costo di ammortamento	€ 38.376
Interessi	€ 6.990
Manutenzione e gestione annuale	€ 49.401
Totale costo annuo con cippato	€ 100.267

La stima fatta, invece, ipotizzando di soddisfare il fabbisogno di calore mediante un impianto a gasolio, ha dimostrato avere un costo più elevato. Come si può evincere dalla Tabella 28, sotto riportata, la quantità di gasolio necessaria per il fabbisogno moltiplicata con il costo del combustibile, fornisce un totale di € 236.437, superiore a € 100.267 relativi all'impianto a cippato.

Tabella 28: Costi del gasolio. PCI: potere calorifero.

PCI gasolio (8.250 kcal/kg) [kW/lit]	9,59
Quantità di gasolio [lit/anno]	261.835
Rendimento combustione gasolio	90%

Numero ore di funzionamento impianto [h/anno]	2.500
Costo del combustibile Gasolio [€/lt]	€ 0,90

Tabella 29: Costi complessivi annui per un impianto a gasolio.

Quantità di gasolio [lt/anno]	261.835
Costo del combustibile Gasolio [€/lt]	0,90
Totale con impianto a gasolio	€ 236.437

Tenendo inoltre in considerazione che, nel prezzo dell'impianto a gasolio non sono stati considerati, né l'ammortamento e neppure i costi riguardanti la realizzazione e gestione dell'impianto, come invece è stato fatto per il cippato, poiché l'azienda S.A.Ba.R possiede già un motore a gasolio, si può dunque affermare che, da un punto di vista economico, una caldaia a biomassa con le caratteristiche sopra riportate, sarebbe nettamente più conveniente.

3.12 Osservazioni conclusive sulla caldaia a cippato

A fronte degli studi condotti si può affermare che il biogas che l'azienda S.A.Ba.R. avrà a disposizione nel 2027 sarà pari a 1.641.133,30 m³ per un totale di 1.739.265 kWh.

Mediante l'utilizzo del programma EC700 ed attraverso letture in serie del sistema di telecontrollo, è stato possibile ipotizzare la disponibilità di biogas nel 2027 con una percentuale di metano sufficiente al funzionamento dei motori (30,6%), che tuttavia non sarà in grado di garantire il fabbisogno di calore, anch'esso stimato, per serre ed uffici.

Grazie alla stima dell'area sottesa tra fabbisogno e totale di biogas disponibile, è stato quindi possibile dimensionare una caldaia a biomassa che soddisferà il fabbisogno calorifico delle strutture citate.

Il cippato proveniente dal processo di triturazione del verde urbano, che giunge nello stabilimento S.A.Ba.R., sarà infatti impiegato dal 2027 con un quantitativo di 1.000 tonnellate anno per il funzionamento di una caldaia da 980 kW.

Questo renderà possibile, non solo il soddisfacimento della necessità di calore per serre e uffici, ma anche la disponibilità di un surplus per un'eventuale crescita dell'azienda.

Può considerarsi quindi raggiunto il primo obiettivo di questo elaborato, ovvero la valorizzazione del verde urbano.

4 VALORIZZAZIONE DELL'AMMENDANTE COME FERTILIZZANTE

4.1 Premessa

L'ammendante che, come è stato spiegato nel secondo capitolo, deriva dal trattamento della biomassa, è costituito da una parte vivente (microflora) o biomassa propriamente detta e dalla sostanza organica, suddivisibile in sostanza organica fresca in via di umificazione e sostanza organica umificata (humus).

Per sostanza organica del terreno s'intende l'insieme dei componenti organici di origine vegetale, animale e microbica, in continua sintesi e demolizione, ad opera del metabolismo biologico. La maggior parte dei fenomeni che avvengono nel terreno vengono promossi o condizionati dall'attività dei microorganismi. Grazie alla loro presenza, il terreno stesso è considerato un organismo vivente.

I microorganismi, tuttavia, vivono a spese della sostanza organica la quale a sua volta influenza la fertilità di un terreno.

A tale proposito si può affermare che in un terreno, al diminuire della sostanza organica aumenta la densità, con una rilevante diminuzione della porosità dello stesso, riduzione dell'aerazione, dello sviluppo di radici e dell'attività microbiologica e di conseguenza della fertilità nel suo insieme.

Possiamo quindi affermare che la componente organica di una biomassa ha un'azione nutritiva diretta con effetto fisiologico per le piante, influisce sui processi vitali delle cellule, riflettendosi sulla produzione dei raccolti e sulla qualità delle sementi.

4.1.1 Perdita della sostanza organica

L'attuale tendenza ad industrializzare l'agricoltura, per la necessità di produrre per il mercato, ha spinto a semplificare notevolmente le tecniche colturali.

Spesso, infatti, si tende a considerare il terreno come un substrato sterile, ritenendo di poter risolvere ogni problema con i soli mezzi chimici-artificiali dimenticando, invece, la presenza della sostanza organica. Quest'ultima, al contrario, è un insieme eterogeneo

di composti di origine biologica (animale o vegetale) al cui interno convivono un'infinita serie di microrganismi, rappresentati prevalentemente da funghi e batteri che ne fanno un vero substrato vivente.

L'intervento antropico, con l'attività agricola primaria di autoconsumo (agricoltura di sussistenza), ha mantenuto e preservato, per diversi secoli, un buon equilibrio ecologico e quindi la sostanza organica.

Fino alla metà del ventesimo secolo, le aziende agricole producevano ancora un'ampia gamma di prodotti e, fino a quel momento, il terreno agricolo ha potuto mantenere le sue pregiate caratteristiche di suolo "biologico" con il riciclo della sostanza organica attraverso l'onnipresente attività zootecnica.

Le produzioni che, sia gli allevatori, sia i coltivatori, potevano realizzare, in termini quantitativi, erano minori, in quanto rispettavano gli equilibri naturali.

Con l'avvento dell'economia moderna, invece, anche la produzione agricola ha assunto un carattere intensivo ed una specializzazione colturale.

Con la moderna tecnica colturale, l'agricoltura che fa un massiccio uso di prodotti chimici oltre che di grandi e impattanti macchine per lo svolgimento delle operazioni colturali, mette a dura prova il terreno. Quest'ultimo, con le frequenti e violente lavorazioni meccaniche, infatti, è diventato un semplice supporto colturale, sempre più povero di sostanza organica. [10]

In effetti, com'è naturale, una parte della sostanza organica viene mineralizzata dall'attività microbica e radicale delle piante, ed in una condizione di equilibrio, ovvero con l'apporto dei letami e prodotti organici di vario tipo, viene poi ripristinata.

Diversamente, la gran parte delle aziende che non hanno più gli allevamenti devono ricorrere alla fertilizzazione chimica con apporto di nitrati, fosfati di vario tipo; questi, poco alla volta, depauperano ulteriormente la sostanza organica.

Si può quindi affermare che tutti questi fattori incidono negativamente sulla naturale rigenerazione della sostanza organica, già in gran parte persa attraverso i fenomeni di dilavamento. Vi è pertanto una forte necessità di cambiare l'attuale tecnica agronomica con l'obiettivo di migliorare i valori di sostanza organica e riportare la naturale fertilità del terreno agrario.

L'impovertimento della sostanza organica nel terreno risulta essere sempre più evidente. A conferma di quanto detto, nel 2016 la regione Emilia Romagna ha emanato un bando unico regionale avente come obiettivo l'attivazione di nuovi impegni decorrenti dal 1° gennaio 2016 per il tipo di operazione 10.1.03 "Incremento della sostanza organica" del P.S.R. 2014-2020. Gli impegni previsti dal Tipo di operazione 10.1.03 cercano di preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi connessi all'agricoltura e alla silvicoltura; sono inoltre mirati a controbilanciare la tendenza alla riduzione di sostanza organica nei suoli agricoli e a migliorare le caratteristiche chimico-fisiche-biologiche dei terreni con aumento della capacità di ritenzione idrica.

Da quando l'uomo ha iniziato a coltivare è stato perso il 70 % del carbonio organico nel suolo, ma come si vuole dimostrare con questa tesi, il trend può essere invertito e la sostanza organica recuperata. In questo scenario si inserisce la seconda parte dell'elaborato. [10] [11] [12] [13] [14] [15]

4.2 Procedimento / obiettivo

Come detto in precedenza, da inizio 2016 S.A.Ba.R. S.p.a. è iscritta al registro dei produttori di fertilizzanti del Ministero delle Politiche Agricole con il prodotto "ammendante vegetale semplice non compostato". S.A.Ba.R. produce circa 25.000 t di ammendante che vengono ritirate dagli agricoltori della zona.

In tale scenario, si pone l'obiettivo di questo elaborato, ovvero quello di cercare un modo per apportare sostanza organica nel terreno, recuperando livelli sempre maggiori della frazione migliore che caratterizzava i suoli della vecchia e tradizionale agricoltura di "sussistenza per l'uomo".

Il materiale a disposizione e oggetto dello studio è stato, appunto, l'ammendante prodotto da S.A.Ba.R. S.p.A, apparso, già dalle prime analisi, dotato di un grande potenziale agronomico.

Per trovare riscontro della potenzialità prima supposta e poi confermata dalle analisi, sono state rivolte agli agricoltori che utilizzano l'ammendante S.A.Ba.R una serie di domande con lo scopo di capire il livello di gradimento del prodotto e i problemi eventualmente riscontrati (presenza di sostanze estranee come vetro, plastiche o muffe).

Inoltre, ai soggetti interessati, sono state richieste le analisi dei loro terreni prima dell'impiego dell'ammendante, in modo da potere avere un punto di riferimento iniziale soprattutto per i valori di sostanza organica. In seguito, a spese di S.A.Ba.R., sono state eseguite analisi dello stesso terreno dopo l'apporto dell'ammendante. Tale operazione, è stata fatta per avere maggiori parametri da valutare ai fini di capire gli eventuali benefici agronomici derivanti dall'apporto di questo tipo di sostanza organica che, una volta nel terreno, deve ancora subire processi biologici di degradazione e poi di umificazione.

In seguito, con la consulenza dell'agronomo Vincenzo Miodini, di S.A.Ba.R., è iniziata una prova di compostaggio, nella quale, preliminarmente, si è cercato di individuare gruppi di batteri in grado di migliorare e velocizzare il processo di compostaggio per ottenere una sostanza organica più assimilabile dalle piante.

È iniziata così una fase di studio su un cumulo-di circa 1200 metri cubi di ammendante verde, il cui peso, stimando un peso specifico di 0,3 kg/l, è di circa 32 t. Sulla base delle caratteristiche qualitative medie della massa (come da Tabella 3 capitolo 2) è stato valutato il rapporto del tenore in carbonio (41,47) rispetto a quello dell'azoto (1,32) ed il cui indice risulta 31,5. Come noto, per consentire correttamente le prime fermentazioni (fase termica) ed al fine di favorire lo sviluppo della flora batterica utile (in questo caso termofila), occorre una certa dotazione di azoto con un rapporto C/N di circa 25. Considerato il dato analitico di 31,5, si evince la necessità di integrare la biomassa con azoto. Con l'aumento dell'azoto all'interno della biomassa, si formano i presupposti per una più rapida e maggiore fermentazione termica vale a dire in grado di aggredire con maggiore forza la massa legnosa. Tuttavia, l'operazione più qualificante all'interno della prova, è stata quella di avere apportato una miscela di batteri termofili selezionati.

4.2.1 Batteri termofili

Batteri e funghi del compost sono tra i microrganismi che guidano il processo di compostaggio; i batteri hanno un rapporto superficie/volume molto elevato, tale da permettere rapidi trasferimenti di substrati solubili nella cellula. Come conseguenza, i batteri sono numericamente molto più dominanti rispetto ai microrganismi più grandi

come i funghi e sono capaci di degradare alcuni tipi di cellulosa, di solubilizzare la lignina e tollerare temperature e pH più alti rispetto ai funghi. I batteri, quindi, sono agenti importanti per la degradazione della ligno-cellulosa in particolare durante i picchi di temperatura.

Per quanto riguarda i funghi, invece, il fattore più importante che influenza la loro crescita è la temperatura, e un basso livello di azoto rappresenta spesso un prerequisito per la loro azione di degradazione della lignina.

Vi sono anche funghi termofili con un massimo di crescita intorno ai 55°C o poco più e con un minimo alla temperatura di 20°C.

All'aumentare delle temperature, eseguendo le analisi in laboratorio, le conte dei funghi diminuiscono, e a 64°C anche i funghi termofili scompaiono. [16]

4.2.2 Funghi cellulolitici

I funghi cellulolitici hanno un'attività molto forte in ambiente a pH basso (5-6), mentre l'attività batterica in queste condizioni diventa difficoltosa (in quanto il loro habitat migliore richiede pH di 8-9), per esempio nei terreni acidi o sulle superfici di materiali lignei lavorati. I funghi, sono in genere polifagi, cioè cellulolitici facoltativi o secondari, capaci, in assenza di cellulosa, di degradare altri glucidi per nutrirsi.

La differenza tra attacco batterico e fungino consiste nel fatto che i batteri raggiungono la superficie dei materiali cellulolitici e li attaccano a partire dalle zone amorphe e non nel lume della fibra. I funghi, invece, possono attraversare le pareti cellulari e l'attacco può partire dal lume; in questo caso le fibre si gonfiano. [17]

4.2.3 Importanza dell'azoto

I materiali lignocellulosici e la chitina²⁸ (uno dei componenti prevalenti nella parete cellulare di molti esseri viventi animali e vegetali) rappresentano le fonti naturali di

²⁸ Dal punto di vista chimico si tratta di un polisaccaride simile alla cellulosa nella quale il monomero è la N-acetilglucosamina, in cui il gruppo ossidrilico che nel glucosio è legato al carbonio in posizione 2 è stato sostituito dall'acetilammina. Essa è il componente principale della parete cellulare dei funghi e dell'esoscheletro degli insetti.

carbonio e azoto organico rinnovabile e più abbondante in natura. Per questa ragione il loro interesse ai fini delle produzioni bioenergetiche, è estremamente rilevante.

Tra i parametri più importanti vi è il rapporto C/N (relazione esistente nella materia organica tra carbonio ed azoto) che influenza sia la velocità di decomposizione che il ciclo dei nutrienti, favoriti da valori bassi del rapporto.

Nel processo di accumulo della sostanza organica, l'azoto riveste un ruolo d'influenza soprattutto per i batteri che per la loro moltiplicazione hanno bisogno di amminoacidi. Pertanto, un substrato altamente carbonioso e povero di azoto rappresenta un ostacolo alla fase primaria di degradazione della biomassa la cui fermentazione, ad opera di una piccola flora batterica, verrà ad essere degradata molto lentamente. Al contrario, aggiungendo azoto alla massa e quindi mettendo a disposizione di detta flora azoto come nutrimento, si riesce a favorire la moltiplicazione di massa con conseguente forte attività di decomposizione dei materiali lignei. Negli stadi tardivi, cioè quelli in cui viene decomposta la lignina (ad opera prevalente dei funghi), l'azoto può invece rallentare il processo; infatti, il rallentamento della decomposizione è dovuto al fatto che questo elemento inibisce la produzione del complesso di enzimi ligninolitici da parte dei funghi della lignina.



Figura 15: La parte fertile si trova nei primi 30-35 cm.

La sostanza organica ha la capacità di trattenere moltissima acqua, quasi 20 volte il proprio peso, la capacità di trattenere i minerali e soprattutto ha un effetto tampone; attraverso i colloidali ed i pacchetti argillosi può trattenere o liberare gli elementi nutritivi (sotto forma di anioni e cationi). Ha inoltre la capacità di attenuare le temperature troppo alte e troppo basse, assorbendo o cedendo calore.

Il carbonio e la sostanza organica sono, dunque, di estrema importanza e rappresentano la base della fertilità del suolo. [18]

4.2.4 Il compostaggio

Come accennato in precedenza, il compostaggio ad opera di microrganismi come batteri e funghi è estremamente importante per l'umificazione della sostanza organica. In natura esistono esempi spontanei di processi di demolizione della sostanza organica; basti pensare al letame o alla lettiera di bosco. Rispetto a questi, il compostaggio si differenzia per la maggior velocità di esecuzione ed una notevole produzione di calore; essendo controllato, infatti, si sviluppa in condizioni tali da ottimizzare l'azione demolitiva dei microbi.

Il processo evolve essenzialmente in due fasi: la fase bio-ossidativa e la fase di maturazione o umificazione.

Nella prima fase, detta anche attiva, una flora batterica attacca e demolisce le molecole organiche e questo determina un notevole consumo di ossigeno e una produzione di anidride carbonica e di energia sotto forma di calore. Questo calore porta la temperatura della massa, in compostaggio, fino a 50-70°C per tempi prolungati, portando alla distruzione degli agenti patogeni e dei semi delle erbe infestanti eventualmente presenti. La durata di questa fase può variare a seconda del materiale da 10-15 giorni fino a 30-40 giorni.

Successivamente si entra nella fase di maturazione: la decomposizione prosegue, con tempi più lunghi, a carico delle molecole organiche più complesse e resistenti come la lignina e la cellulosa, affiancata da processi di ricombinazione che portano alla sintesi di composti umici. L'attività respiratoria diminuisce così come la produzione di calore. Questo processo è piuttosto lento e condizionato dalla resistenza alla decomposizione

dei composti organici più complessi e dalla sintesi dei composti unici. Tale periodo può variare dai 30 ai 60 giorni. [10] [19] [20]

4.3 Procedimento

Per prima cosa, dall'elenco delle aziende agricole che hanno ritirato ammendante, sono state individuate una decina di aziende che hanno prelevato i quantitativi più rilevanti. Ad esse sono state rivolte una serie di domande per cercare di valutare e capire in che modo il prodotto potesse essere migliorato e quale fosse il livello di interesse verso lo stesso prodotto oppure uno inoculato con biotizzanti specifici:

1. Perché avete deciso di usare questo prodotto? Come siete venuti al corrente che S.a.Ba.r. S.p.a. dal 2016 ha cominciato a produrre “ammendante”?
2. E' stato compostato prima dell'utilizzo? Se sì, per quanto tempo?
3. Quanto materiale è stato utilizzato per ettaro e per quanti ettari? Avete aree adiacenti in cui in parte è stato messo l'ammendante e in parte no?
4. Lo avete lasciato in superficie o lo avete arato? Se sì, a che profondità?
5. Avete rilevato presenza di plastica o altre frazioni estranee? Quali e in che quantità?
6. Cosa è stato coltivato successivamente in quel terreno? E nei 3 anni precedenti?
7. Nei terreni dove è stato utilizzato l'ammendante si è osservato un maggior sviluppo di piante infestanti? Se sì quali? (monocotiledoni, dicotiledoni, altro)
8. Nei terreni dove è stato utilizzato l'ammendante si è rilevato un aumento della presenza di organismo nocivi alle colture? (miceli funghi, insetti terricoli, piccoli roditori, ecc...)
9. Che aspettative avevate dall'utilizzo di questo prodotto? Siete rimasti soddisfatti?
10. Avete aggiunto altri fertilizzanti al terreno? Se no, cosa aggiungereste?
11. Avete mai fatto delle analisi del terreno? Se sì, è possibile averle? Se no, siete disponibili a farle o farle fare a S.a.Ba.r.?
12. Per migliorare la fertilità dei suoli siete interessati ad un ammendante integrato biologicamente con biotizzanti (funghi, micorizze, batteri...)

13. Sareste interessati in futuro ad un ammendante migliorato mediante l'inoculo di biotizzanti, anche se a pagamento?

Le risposte sono state riassunte in un grafico:

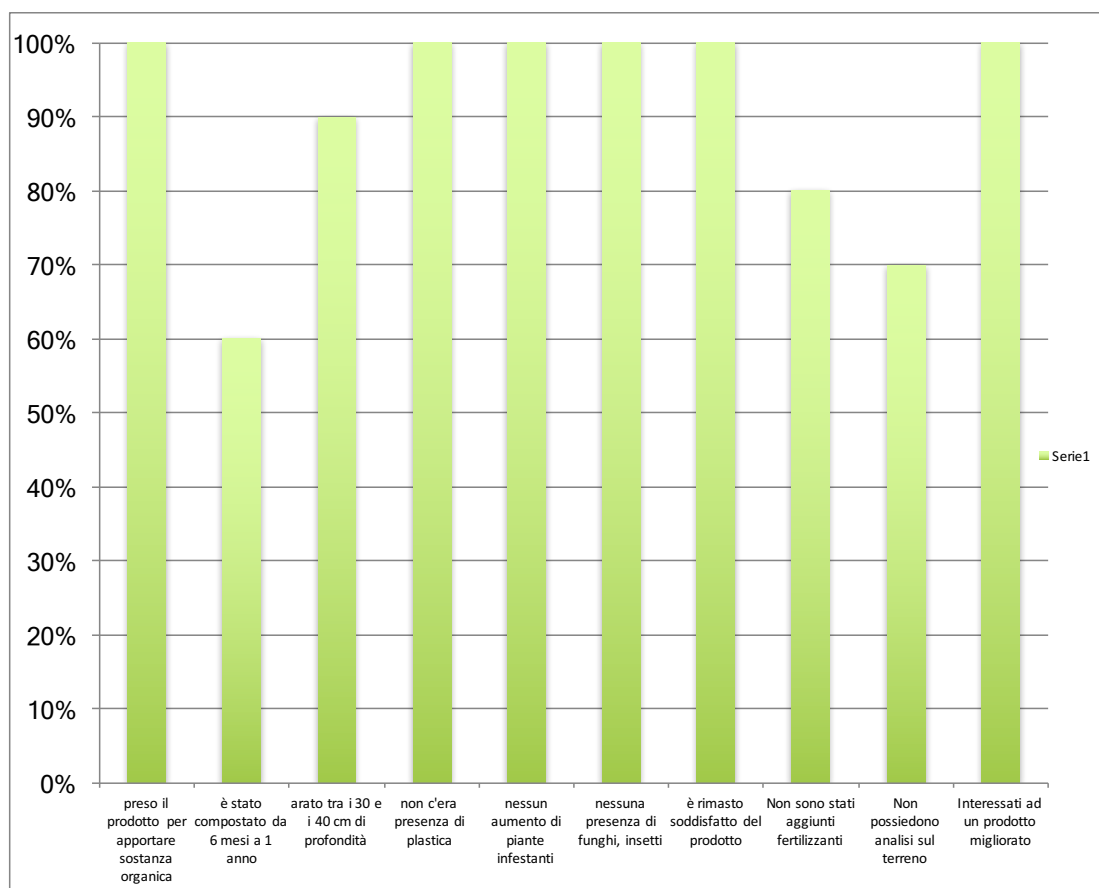


Grafico 7: Riassunto delle risposte al questionario da parte degli agricoltori.

Dal grafico sopra riportato è emersa una certa omogeneità nelle risposte. Il 100% degli intervistati, infatti, ha scelto l'ammendante per reintrodurre nel terreno sostanza organica ed è rimasto soddisfatto del prodotto. L'ammendante è risultato, inoltre, pulito cioè privo di materiale plastico e non ha provocato lo sviluppo di piante infestanti derivanti da possibili semi presenti. Tali risposte sono state notevolmente importanti sia per lo studio teorico, sia nell'ottica di una possibile certificazione biologica del prodotto.

Le risposte alle domande 3 e 6 sono state invece riassunte in seguito (Grafico 8 e 9) in quanto le risposte fornite erano estremamente varie.

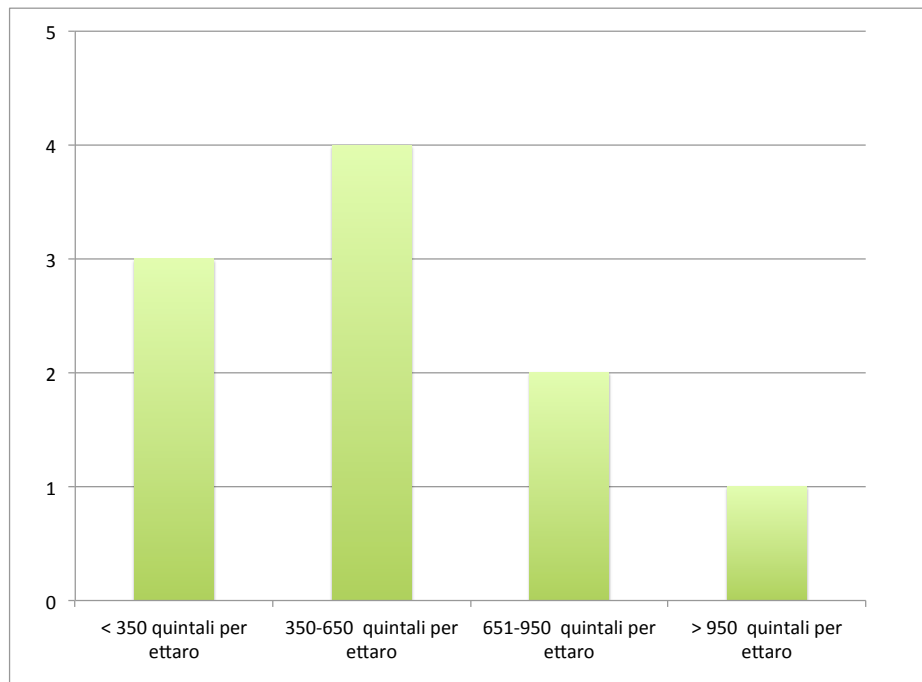


Grafico: 8: Risposte relative alla domanda 3 del questionario.

Nel grafico precedente sono state riportate in ascissa le quantità di ammendante per ettaro²⁹ di terreno, mentre in ordinate è stato riportato il numero degli intervistati.

²⁹ L'ettaro è una unità di misura dell'area riconosciuta dal Sistema internazionale di unità di misura, pari a 10 000 m², cioè all'area di un quadrato con lato lungo 100 metri.

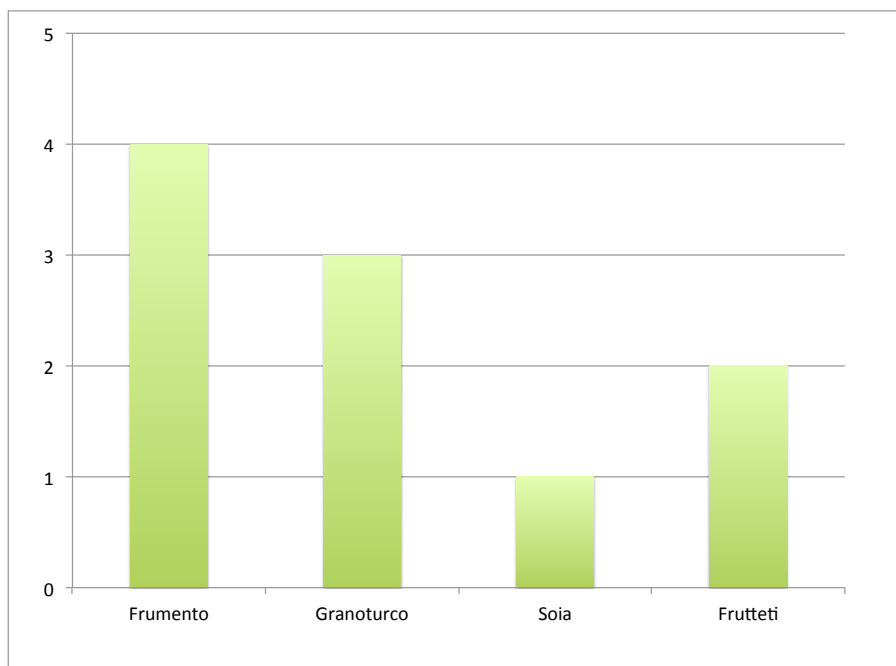


Grafico: 9: Risposte alla domanda 6 del questionario.

Il Grafico 9 riporta in ascissa le tipologie di coltivazioni nei vari terreni e in ordinata il numero degli intervistati.

Si è inoltre chiesto ad alcuni agricoltori se avevano eseguito delle analisi sui loro terreni prima di aver apportato l'ammendante; nei casi in cui la risposta è stata affermativa, per avere ulteriore materiale di studio, si è deciso di effettuare sugli stessi terreni, nuove analisi, effettuate dopo l'introduzione del prodotto, al fine di valutare un possibile aumento della sostanza organica. Queste analisi sono state fatte pur sapendo che il processo di aumento della sostanza organica è molto lento.

Di seguito sono state riportate a titolo di esempio, le analisi effettuate su un terreno prima (Figura 16) e dopo (Figura 17) l'immissione dell'ammendante.

Il confronto tra i valori prima dell'apporto dell'ammendante e dopo, non può dimostrare o smentire l'efficienza dell'ammendante, in quanto i campioni prelevati non sono i medesimi ed inoltre il periodo che è intercorso tra le due analisi è troppo ridotto. L'aumento della sostanza organica all'interno dei terreni è, infatti, un processo estremamente lento, che può necessitare anche di anni. Nonostante questo gli agricoltori intervistati sono comunque apparsi soddisfatti del prodotto in quanto esso rappresenta, ad oggi, un giusto compromesso al letame, sempre più difficile da reperire. Inoltre al

momento è l'unica possibilità a loro disposizione per cercare di combattere il depauperamento della sostanza organica nei terreni.

V. 1178237 4

**RAPPORTO DI ANALISI
DEL SUOLO**

CAMPIONE N. S105162		SCHEDA AGRONOMICA 114362	
DATA ANALISI 10/03/2015		APPEZZAMENTO CAMPIONE 1	
DA RESTITUIRE A C00780457		LAT. LONG.	
SIG. DAVIDE GOCCINI VIA FAZZANO 65 42015 CORREGGIO RE		SUPERFICIE (ha) CULTURA PRECEDENTE	
PRELEVATO DA PAPETTI ROBERTO		CONCIMI DISTRIBUITI (kg/ha) N 0,0 P ₂ O ₅ 0,0 K ₂ O 0,0	
TECNICO PIONEER Roberto Papetti TEL. CELLULARE +393357625641		FERTILIZZANTI ORGANICI DISTRIBUITI (q/ha) (q/ha)	
		DATA CAMPIONAMENTO 02/02/2015	

GRANULOMETRIA Ø
Scheletto (> 2 mm) 0 % Assente
Sabbia (2,0 - 0,05 mm) 10,5 %
Limo (0,05 - 0,002 mm) 35,9 % (Limo Grosso 2,4% Limo Fine 33,5%)
Argilla (<0,002 mm) 53,6 %
Tessitura (secondo classificazione USDA) ARGILLOSA (80)

PARAMETRI ANALITICI
pH (H₂O) 8,0 Alcalino
Calcare totale 8,6 % Lievemente calcareo
Carbonio Organico 1,4 %
Rapporto C/N 7,8 Basso
Rapporto Ca/Mg 13,8 Alto
Rapporto Mg/K 2,0 Medio
Azoto totale 1,83 g/kg
Fosforo assimilabile 45,8 ppm P₂O₅
Potassio scambiabile 499,3 ppm K₂O
Sostanza organica 2,5 %
CSC Calcolata 34,9 meq/100g
Ca scambiabile 6004 ppm Ca²⁺
Mg scambiabile 264 ppm Mg²⁺
Na scambiabile 17 ppm Na⁺

QUOTA DISPONIBILE DAL CAMPO
N 33 kg/ha
P₂O₅ 69 kg/ha
K₂O 1139 kg/ha

NOTE CONCIMAZIONE FOSFORO POTASSIO
DOSE ARRICCHIMENTO FOSFORO
Non aggiungere dose di arricchimento nei prossimi anni
DOSE ARRICCHIMENTO POTASSIO
Non aggiungere dose di arricchimento nei prossimi anni

NOTE DEL SERVIZIO AGRONOMICO PIONEER
Attenzione:
sulla scheda non è stata riportata la coltura precedente, il bilancio non considera la preceSSIONE colturale. (tabella sul retro)

**PROGETTO
TERRENO**

Figura 16: Analisi del suolo precedente l'apporto di ammendante.

Campione Numero: 17LA17763

Descrizione campione: Terreno prelevato il 27/10/2017 - rif. "Goccini Davide"

Ricevuto il: 31/10/2017 - campionamento a cura e responsabilità del cliente

Accettato il: 31/10/2017

Data inizio analisi: 03/11/2017

Data fine analisi: 20/11/2017

Parametro	Metodica	Risultato	Incertezza estesa ($\pm$)	Unità di misura
* VAGLIO tra 2 cm e 2 mm		0	-	%
* SOTTOVAGLIO 2mm	M1228	100	-	%
RESIDUO SECCO A 105°C	M1226	93,11	0,48	%
CALCIO (Ca)	M1574	43463	10431	mg/kg s.s.
MAGNESIO (Mg)	M1574	12910	3098	mg/kg s.s.
* CARBONATI (CO ₃ =)	M554	5,6	-	%
* pH (soluzione acquosa al 5%)	M785	8,08	-	/
* TESSITURA	M558	vedi nota (1)	-	%
* CONDUCIBILITA ELETTRICA SPECIFICA	M847	15,1	-	mS/m
SOSTANZA ORGANICA	M838	2,02	0,03	%
* CAPACITA DI SCAMBIO CATIONICO	M290	25	-	meq/100g
* POTASSIO ASSIMILABILE (K)	M691	700	-	mg/kg s.s.
* FOSFORO ASSIMILABILE (P)	M287	50	-	mg/kg s.s.
* AZOTO TOTALE (N)	M289	0,144	-	% s.s.

I valori di incertezza contenuti nel presente documento sono relativi ad un livello di probabilità P=95%, gradi di libertà ≥ 10 e fattore di copertura K=2

(*) Le voci contrassegnate con * non sono accreditate ACCREDIA.

Figura 17: Analisi sul terreno dopo l'apporto di ammendante.

4.4 Inizio della fase di studio

A seguito delle interviste, è iniziata una fase di studio per valutare se un ammendante più maturo, oppure un'assistenza tecnica alle aziende per migliorare il compostaggio nei loro campi, avrebbe risolto alcune problematiche relative ai benefici, non immediati, che ci si aspettava dall'impiego dell'ammendante stesso.

Con le basi di studio, di cui ai capitoli relativi ai batteri termofili e del rapporto analitico C/N e con l'obiettivo di trovare una modalità per accelerare la fase di compostaggio e quindi migliorare la qualità dell'ammendante, è stata predisposta una miscela di batteri termofili, unitamente ad un idrolizzato amminoacidico da epitelio animale, da aggiungere sul cumulo durante la fase di realizzazione. Nella fase di realizzazione del cumulo, oltre all'inoculo con batteri, sono stati apportati circa 400 kg di urea per correggere il rapporto C/N da 34,1 a circa 25; terminata questa prima fase, è stata controllata la temperatura settimanalmente.

4.4.1 Realizzazione del cumulo

Si è individuata, per prima cosa, un'area in azienda di 16 metri per 20 nella quale realizzare un cumulo di ammendante.



Figura 18: Delimitazione dell'area per la formazione del cumulo.

Il 15 dicembre 2017 è iniziata la fase di realizzazione del cumulo apportando sulla superficie, in precedenza delimitata, 324 tonnellate di ammendante suddivise in 5 strati per semplificare le fasi successive di spargimento dell'urea e della miscela microbica.

Contemporaneamente, a parte, è stata realizzata una miscela di circa 200 l di “brodo madre” costituito da funghi e batteri termofili (con forte prevalenza di questi ultimi) a cui sono stati aggiunti 20 l di prodotto idrolizzato di aminoacidi da epitelio (denominazione commerciale “Bioequaliter”), utile nella moltiplicazione microbica; il tutto, previa miscelazione, diluito in acqua per raggiungere un volume di comodo per poter aspergere uniformemente tutta la massa del cumulo (in totale circa 1500 l di acqua: distribuiti 300 l ad ognuno dei 5 strati).



Figura 19: Fase di realizzazione della miscela.

Questa miscela è stata realizzata con l'intento di inoculare ognuno dei 5 strati del cumulo utilizzando abbondanza di acqua, per mettere in intimo contatto la flora batterica con la maggior superficie possibili della biomassa. L'omogeneità del trattamento è il presupposto per un buon start up fermentativo ed una maggiore e più rapida aggressione biologica ai vari composti ligno-cellulosici.

Durante l'operazione di formazione del cumulo, si è deciso di realizzare i 5 strati della misura di 60-70 cm ciascuno.



Figura 20: Inizio della fase di formazione del cumulo.



Figura 21: Formazione del primo strato del cumulo.

Su ogni strato sono stati apportati 80 Kg di urea e 100 l di miscela inoculante oltre ad altri 200 l di acqua di diluizione.



Figura 22: Ammendante dopo l'apporto di urea e batteri.

Si sono ripetute queste operazioni per tutti e cinque gli stati fino al completamento del cumulo.



Figura 23: Cumulo terminato visto da lato nord.



Figura 24: Cumulo terminato visto dal lato sud-ovest.

4.4.2 Osservazione del cumulo

Dopo la realizzazione del cumulo, è stato fondamentale controllarne la variazione di temperatura nel tempo: come detto in precedenza, infatti, i batteri termofili sopravvivono fino a temperature di 70°C.

Settimanalmente sono state quindi effettuate delle misurazioni tramite una sonda. La Tabella 30 seguente mostra le variazioni termiche osservate.

Tabella 30: Controllo delle temperature (C°) realizzate sul cumulo.

Data	Operazione	T. esterna	T. lato nord	T. centro	T. lato sud
15/12/17	FORMAZIONE CUMULO	-2	40.7	39.8 - 38.6	39.3
22/12/17	MISURAZIONE	5	39.2	43.2 - 42.6	38.1
04/01/18	MISURAZIONE	8	44.6	51.5 - 42	43.3
11/01/18	MISURAZIONE	7	53.2	51.5 - 46.6	52.2

19/01/18	MISURAZIONE	6	55	49.9 - 51.8	54.1
26/01/18	MISURAZIONE	6	48.8	50.2 - 53.8	58.6
31/01/18	MISURAZIONE	7	52.2	50 - 52	53.3
08/02/18	MISURAZIONE	9	52.7	51 - 53	54.5

Il rilevamento delle temperature eseguito settimanalmente ha evidenziato un corretto andamento della prima fase di compostaggio. Le temperature, infatti, nel periodo di osservazione, hanno avuto una crescita di circa 10 °C facendoci presupporre un ulteriore accrescimento nelle settimane successive fino al raggiungimento dei 70°C, necessari per il completamento della fase attiva.

Durante il periodo di osservazione, sul cumulo si sono potuti notare molti organismi: funghi, insetti (musci³⁰, in particolare), acari gialli come *Eotetranychus* Spp, gialli³¹.



Figura 25: Esemplari di *Eotetranychus* Spp, gialli.

³⁰ Muscidi, famiglia di Insetti Ditteri Brachiceri di piccole o medie dimensioni, comprendente oltre 4000 specie ampiamente diffuse.

³¹ L'Acaro giallo conosciuto anche come raghetto giallo (*Eotetranychus carpini*) è un acaro polifago appartenente alla famiglia dei Tetranychidi. Per aspetto è molto simile al raghetto rosso eccetto che per il colore che in questa specie è interamente giallo. Come il raghetto rosso ha dimensioni molto contenute circa 0,4mm.

Inoltre, dopo poche settimane dalla realizzazione, sul cumulo sono apparsi piccolissimi funghi, mostrati in Figura 26, che sono rimasti per diversi giorni.



Figura 26: Funghi comparsi sul cumulo a poche settimane dalla realizzazione.

In seguito è stata osservata la comparsa di corpi fruttiferi di funghi saprofiti³² (Figura 27) in diversi punti del cumulo.

³² Un organismo saprofita, riferito sia ad animali che a vegetali, si ciba di sostanze organiche inerti, come humus, cadaveri, urine, escrementi, latte, vino ecc., sulle quali può operare la putrefazione o la fermentazione. La maggior parte dei licheni viene considerata saprofita (organismi composti da cianobatteri e funghi); anche alcuni batteri e alcune forme protozoarie vengono inserite nella categoria dei saprofiti.



Figura 27: Funghi saprofiti osservati sul cumulo.

Tutti questi elementi sono stati considerati un indicatore di vita nel cumulo, che partecipano in vario modo all'attività di compostaggio in atto.

4.5 Incontro informativo sull'ammendante

Come si è potuto riscontrare anche durante l'intervista, l'impoverimento dei suoli è un tema molto caro agli agricoltori.

A tale proposito è stato organizzato nella giornata del 27 gennaio 2018 un seminario informativo, nonché un momento di riflessione, invitando anche la cittadinanza residente nel "Comprensorio della Bassa Reggiana", non solo sulle attività statutarie di S.A.Ba.R. S.p.A. in merito, ma anche sul tema del recupero della sostanza organica raccolta dall'azienda tramite l'ammendante, mettendola a disposizione di tutte quelle aziende agricole che ne hanno necessità, permettendo loro di cambiare l'attuale tecnica agronomica e di riportare la naturale fertilità del terreno agrario.



Figura 28: Locandina del convegno sull'ammendante tenutosi il 27 gennaio.

All'incontro hanno preso quindi parte i cittadini dei comuni limitrofi e moltissimi agricoltori, molti dei quali hanno manifestato la loro frustrazione nel continuo investimento economico nei loro terreni a fronte di una mancanza quasi totale di guadagno.

Di estrema importanza è stato l'intervento di Pietro Ghirardini, presidente della cooperativa agricola "La Lucerna"³³, azienda biologica dal 1987, che ha riportato la propria esperienza di un'agricoltura che rispetta gli equilibri necessari per il naturale ripristino della sostanza organica. In azienda vengono infatti utilizzati solo macchinari leggeri, come si usava in passato, che garantiscono la biodiversità presente nel terreno mantenendo attivo un ecosistema composto da diverse specie animali e vegetali che creano un delicato equilibrio grazie alle loro reciproche relazioni.

³³ La Lucerna nasce nel 1987 da un gruppo di amici che si è costituito in Cooperativa Agricola sulla base di una scelta di vita e di lavoro.

Il fine ultimo del presente studio è stato appunto quello di fornire agli agricoltori un mezzo idoneo alla conservazione del terreno, riportandolo ad un livello qualitativamente migliore e di maggiore fertilità.

L'incontro del 27 gennaio ha evidenziato il grande interesse nel mondo dell'agricoltura e della cittadinanza su questa tematica, fatto che incoraggia S.A.Ba.R a proseguire su questa strada per riuscire a certificare in un futuro prossimo l'ammendante non compostato verde ad "uso biologico".

4.6 Osservazioni conclusive sulla valorizzazione dell'ammendante

In natura, come illustrato in precedenza, una parte della sostanza organica viene mineralizzata dalla continua attività microbica e radicale delle piante nell'ordine del 1,5-2% all'anno; tuttavia, disponendo di prodotti organici come quelli in forza attualmente all'azienda in studio, la sostanza organica può essere ripristinata o addirittura aumentata.

Oggi, infatti, la maggior parte delle aziende agricole realizzano poche coltivazioni in modo estremamente specializzato e gli agricoltori che non dispongono di allevamenti, ricorrono alla fertilizzazione chimica con apporto di nitrati, fosfati di vario tipo nel terreno, i quali, poco alla volta, accelerano il depauperamento della sostanza organica.

Il depauperamento della sostanza organica rischia fortemente di aggravarsi giorno dopo giorno e vi è, pertanto, la necessità di cambiare e migliorare l'attuale tecnica agronomica, con il fine ultimo di recuperare i valori di sostanza organica originari e ritornare alla naturale fertilità del terreno.

Con la realizzazione e l'osservazione del cumulo di ammendante, apparentemente massa amorfa e sterile, è stato possibile osservare il processo di compostaggio e la vitalità biologica, in continua metamorfosi, che rinnovandosi al suo interno, sarà essenziale alla rigenerazione del terreno.

5 CONCLUSIONI

Il presente studio si è posto come obiettivo principale la valorizzazione del verde urbano che arriva nello stabilimento S.A.Ba.R., approfondendo il concetto di biomassa e le caratteristiche delle due tipologie in azienda, ovvero cippato e ammendante.

Relativamente alla produzione di calore fornito tramite la combustione del biogas di discarica, dall'analisi sulla situazione al 2027, sono emersi valori insufficienti al soddisfacimento del fabbisogno necessario per il riscaldamento di serre e uffici. A tale proposito è stato necessario prendere in considerazione il potere calorifico del cippato di S.A.Ba.R. con il quale si è potuto stimare la quantità di energia termica che esso era in grado di fornire.

Mediante la quantità di calore fornito dal cippato è stato possibile dimostrare che esso è in grado di sopperire al calo di energia termica che si avrà nel 2027.

Contemporaneamente si è cercato di valorizzare la seconda biomassa prodotta dall'impianto S.A.Ba.R., ovvero l'ammendante, un prodotto che è apparso, già dalle prime analisi, dotato di un grande potenziale agronomico.

In un contesto di sempre maggiore decremento della fertilità del terreno, è stato iniziato un percorso di studi e analisi sull'ammendante, per valutare se esso potesse arricchire il terreno. La realizzazione di un cumulo di ammendante ci ha consentito di osservare e studiare i primi mesi di compostaggio, fondamentali ad ottenere un primo riscontro sul comportamento del prodotto.

Pur essendo la fase iniziale dello studio di attuazione, che richiederà un programma di osservazione pluriennale, il progetto, già a partire da queste prime fasi conoscitive, ha riscosso un forte interesse fra gli agricoltori residenti nelle aree limitrofe.

Questa tesi nel complesso è stata in grado di attribuire un valore concreto a due prodotti (cippato e ammendante) che nascono da un processo di trasformazione di due rifiuti. Da un lato il cippato è stato inserito in un'ottica di soddisfacimento di una necessità aziendale di calore nel 2027; dall'altra l'ammendante è stato introdotto in uno scenario più complesso di miglioramento della fertilità dei terreni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Assemblea dei Soci, Statuto di S.A.Ba.R. S.p.A., Approvato il 26/06/2017.
- [2] Maglia S, Galotto G, Sillani A, Testo unico ambientale, Innerio Edizioni e servizi editoriali, 2013.
- [3] S.A.Ba.R. S.p.A., Relazione Annuale 2016, 2016.
- [4] Magnano E, Biogas di discarica. Manuale di progettazione, gestione e monitoraggio degli impianti con modello di calcolo BIO-5 in Excel, EPC Libri, Maggio 2010.
- [5] Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente Sezione di Reggio Emilia, Gli impatti ambientali della discarica per rifiuti non pericolosi di Novellara. Attività di monitoraggio ambientale relativa all'anno 2006, ARPA Reggio Emilia, 2007.
- [6] Ing. Allesina G, Biomasse, Modena, 2015.
- [7] Minarelli E, L'analisi del ciclo di vita della biomassa ligno-cellulosica di S.A.Ba.R. S.P.A: da rifiuto a risorsa, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, 2015.
- [8] Francescato V, Antonini E, Manuale pratico. Legno e cippato. Produzione, requisiti, compravendita, AEIL, 2009.
- [9] Vismara R, Malpei F, Centemero M, Biogas da rifiuti solidi urbani, Flaccovio Editore, 2008.
- [10] Perelli M, Piccini S, Rossi L, Sartori M, Valli L, Il compostaggio: novità e prospettive Atti del Corso Nazionale di Specializzazione, Fiera di Rimini, CIC, 2000.
- [11] La concimazione organica nella teoria e nella pratica SCAM, 2000.
- [12] CRPA, Impiego in agricoltura di ammendanti compostati, risultati di sei anni di sperimentazione, 15 aprile 2008.
- [13] CRPA, Centro Regionale Produzioni Animali di Reggio Emilia: Ammendanti Organici. http://www.crpa.it/media/documents/crpa_www/Settori/Ambiente/gdabenessere/guida53.htm.
- [14] Gazzetta ufficiale del 26 maggio 2010, Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88.

- [15] ANPA, Fertilizzanti commerciali: Aspetti normativi e primi risultati sulla caratterizzazione analitica di alcuni prodotti in commercio 2001.
- [16] Jay M, Loessner M J, Golden D A, Microbiologia degli alimentari, Edizione italiana a cura di Andrea Pulvirenti, Springer, 2009.
- [17] Aulton M E, Taylor M G, Tecnologie farmaceutiche: progettazione e allestimento dei medicinali, Edra, 2015.
- [18] Salamone G, Manuale Teorico Pratico d'agricoltura-Vol.1, Aggiornato rivisitato in chiave moderna Benedetto Salamone di Casaleni, Ti Pubblica.
- [19] Sabattini M, L'humus del suolo: un tipo speciale di sostanza organica, Cisac, 2002.
- [20] Centemero M, Produrre compost, CIC Oristano, 28 maggio 2012.

APPENDICE

Di seguito è stata riportata la tabella relativa alle letture del biogas effettuate settimanalmente sui vari bacini di discarica e utilizzate nel Capitolo 3.

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
1		108744		07/01/07
2		110904		14/01/07
3		111528		21/01/07
4		115608		28/01/07
5		119232		04/02/07
6		109728		11/02/07
7		118272		18/02/07
8		117984		25/02/07
9		120840		04/03/07
10		121584		11/03/07
11		143256		18/03/07
12		157920		25/03/07
13		156864		01/04/07
14		146880		08/04/07
15		156888		15/04/07
16		157128		22/04/07
17		155808		29/04/07
18		161328		06/05/07
19		160152		13/05/07
20		151416		20/05/07
21		114144		27/05/07
22		131112		03/06/07
23		167904		10/06/07
24		152280		17/06/07
25		144456		24/06/07
26		165288		01/07/07
27		159552		08/07/07
28		147288		15/07/07
29		172152		22/07/07
30		165672		29/07/07
31		125760		05/08/07
32		157872		12/08/07
33		148776		19/08/07
34		163704		26/08/07
35		163776		02/09/07
36		160488		09/09/07
37		157464		16/09/07
38		115032		23/09/07
39		171384		30/09/07
40		166776		07/10/07
41		138816		14/10/07
42		180120		21/10/07
43		139104		28/10/07
44		168480		04/11/07
45		139416		11/11/07

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
45		139416		11/11/07
46		161280		18/11/07
47		158976		25/11/07
48		169896		02/12/07
49		174288		09/12/07
50		177432		16/12/07
51		148152		23/12/07
52		168696		30/12/07
53		142848		06/01/08
54		158352		13/01/08
55		164856		20/01/08
56		150048		27/01/08
57		122520		03/02/08
58		122448		10/02/08
59		120720		17/02/08
60		183672		24/02/08
61		196344		02/03/08
62		166920		09/03/08
63		194184		16/03/08
64		194208		23/03/08
65		196824		30/03/08
66		194232		06/04/08
67		196848		13/04/08
68		195576		20/04/08
69		195192		27/04/08
70		178800		04/05/08
71		177240		11/05/08
72		198936		18/05/08
73		190128		25/05/08
74		188256		01/06/08
75		188856		08/06/08
76		195720		15/06/08
77		189312		22/06/08
78		196824		29/06/08
79		195000		06/07/08
80		159168		13/07/08
81		142896		20/07/08
82		149160		27/07/08
83		144072		03/08/08
84		135000		10/08/08
85		130968		17/08/08
86		141840		24/08/08
87		153528		31/08/08
88		160824		07/09/08
89		138744		14/09/08
90		148056		21/09/08
91		187896		28/09/08
92		215784		05/10/08
93		226344		12/10/08
94		251952		19/10/08
95		263280		26/10/08
96		268464		02/11/08
97		240312		09/11/08
98		268056		16/11/08

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
99		266496		23/11/08
100		266760		30/11/08
101		254592		07/12/08
102		261072		14/12/08
103		258816		21/12/08
104		258864		28/12/08
105		236856		04/01/09
106		233160		11/01/09
107		219864		18/01/09
108		240000		25/01/09
109		254928		01/02/09
110		251184		08/02/09
111		254832		15/02/09
112		249240		22/02/09
113		249960		01/03/09
114		271680		08/03/09
115		263952		15/03/09
116		261744		22/03/09
117		248184		29/03/09
118		231480		05/04/09
119		241800		12/04/09
120		265344		19/04/09
121		269136		26/04/09
122		267216		03/05/09
123		240840		10/05/09
124		205536		17/05/09
125		214416		24/05/09
126		217320		31/05/09
127		206256		07/06/09
128		167856		14/06/09
129		199824		21/06/09
130		228552		28/06/09
131		204984		05/07/09
132		247632		12/07/09
133		252504		19/07/09
134		257760		26/07/09
135		285528		02/08/09
136		285384		09/08/09
137		288192		16/08/09
138		276264		23/08/09
139		275088		30/08/09
140		279576		06/09/09
141		295200		13/09/09
142		289560		20/09/09
143		293928		27/09/09
144		304704		04/10/09
145		288576		11/10/09
146		293280		18/10/09
147		287328		25/10/09
148		286488		01/11/09
149		274896		08/11/09
150		257592		15/11/09
151		247992		22/11/09

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
152		245112		29/11/09
153		243696		06/12/09
154		251640		13/12/09
155		252696		20/12/09
156		205248		27/12/09
157		257808		03/01/10
158		256896		10/01/10
159		237768		17/01/10
160		237960		24/01/10
161		243504		31/01/10
162		233016		07/02/10
163		227736		14/02/10
164		242352		21/02/10
165		229704		28/02/10
166		224064		07/03/10
167		222672		14/03/10
168		229776		21/03/10
169		226128		28/03/10
170		229752		04/04/10
171		213672		11/04/10
172		219600		18/04/10
173		209688		25/04/10
174		212160		02/05/10
175		215976		09/05/10
176		226176		16/05/10
177		227064		23/05/10
178		233184		30/05/10
179		237984		06/06/10
180		241920		13/06/10
181		238776		20/06/10
182		236328		27/06/10
183		231408		04/07/10
184		229416		11/07/10
185		232632		18/07/10
186		236712		25/07/10
187		232728		01/08/10
188		224784		08/08/10
189		226320		15/08/10
190		221640		22/08/10
191		230856		29/08/10
192		240552		05/09/10
193		234504		12/09/10
194		239088		19/09/10
195		234600		26/09/10
196		228864		03/10/10
197		238152		10/10/10
198		242592		17/10/10
199		244920		24/10/10
200		239688		31/10/10
201		230448		07/11/10
202		222216		14/11/10
203		235224		21/11/10
204		236256		28/11/10
205		229296		05/12/10
206		226992		12/12/10
207		227088		19/12/10

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
208		222840		26/12/10
209		225048		02/01/11
210		226104		09/01/11
211		218976		16/01/11
212		219096		23/01/11
213		229512		30/01/11
214		225456		06/02/11
215		227856		13/02/11
216		222816		20/02/11
217		221712		27/02/11
218		226176		06/03/11
219		225120		13/03/11
220		223752		20/03/11
221		219240		27/03/11
222		218496		03/04/11
223		219048		10/04/11
224		225720		17/04/11
225		224448		24/04/11
226		224592		01/05/11
227		194544		08/05/11
228		195696		15/05/11
229		214608		22/05/11
230		210360		29/05/11
231		184392		05/06/11
232		200760		12/06/11
233		205416		19/06/11
234		216120		26/06/11
235		220752		03/07/11
236		225264		10/07/11
237		201504		17/07/11
238		220752		24/07/11
239		215328		31/07/11
240		225360		07/08/11
241		221712		14/08/11
242		221352		21/08/11
243		213432		28/08/11
244		215976		04/09/11
245		212016		11/09/11
246		219408		18/09/11
247		218832		25/09/11
248		199728		02/10/11
249		153792		09/10/11
250		172704		16/10/11
251		293016		23/10/11
252		252984		30/10/11
253		271776		06/11/11
254		260784		13/11/11
255		279360		20/11/11
256		287904		27/11/11
257		291600		04/12/11
258		314016		11/12/11
259		314736		18/12/11
260		298176		25/12/11
261		292656		01/01/12

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
262		310296		08/01/12
263		300912		15/01/12
264		265920		22/01/12
265		275496		29/01/12
266		269304		05/02/12
267		209328		12/02/12
268		182208		19/02/12
269		263184		26/02/12
270		278208		04/03/12
271		228384		11/03/12
272		252072		18/03/12
273		251472		25/03/12
274		232536		01/04/12
275		253992		08/04/12
276		182688		15/04/12
277		176544		22/04/12
278		174600		29/04/12
279		176280		06/05/12
280		179256		13/05/12
281		178080		20/05/12
282		179184		27/05/12
283		171288		03/06/12
284		172632		10/06/12
285		170760		17/06/12
286		169872		24/06/12
287		179544		01/07/12
288		184920		08/07/12
289		179808		15/07/12
290		178200		22/07/12
291		175176		29/07/12
292		174984		05/08/12
293		175968		12/08/12
294		175392		19/08/12
295		174888		26/08/12
296		169416		02/09/12
297		170160		09/09/12
298		173640		16/09/12
299		162456		23/09/12
300		162720		30/09/12
301		167040		07/10/12
302		171144		14/10/12
303		177648		21/10/12
304		104136		28/10/12
305		110256		04/11/12
306		158496		11/11/12
307		154248		18/11/12
308		153864		25/11/12
309		108960		02/12/12
310		108024		09/12/12
311		115632		16/12/12
312		148584		23/12/12
313		140472		30/12/12
314		140184		06/01/13
315		151128		13/01/13

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
316		149568		20/01/13
317		152520		27/01/13
318		148224		03/02/13
319		144288		10/02/13
320		148200		17/02/13
321		149376		24/02/13
322		149688		03/03/13
323		143472		10/03/13
324		138240		17/03/13
325		129456		24/03/13
326		76512		31/03/13
327		114192		07/04/13
328		129864		14/04/13
329		133920		21/04/13
330		133248		28/04/13
331		131784		05/05/13
332		129792		12/05/13
333		134328		19/05/13
334		132096		26/05/13
335		132504		02/06/13
336		138480		09/06/13
337		115752		16/06/13
338		138984		23/06/13
339		121440		30/06/13
340		142704		07/07/13
341		120792		14/07/13
342		122544		21/07/13
343		129240		28/07/13
344	13440	98040		04/08/13
345	13440	103656		11/08/13
346	13440	84456		18/08/13
347	13440	98928		25/08/13
348	13440	94872		01/09/13
349	13440	91080		08/09/13
350	13440	97584		15/09/13
351	13440	100128		22/09/13
352	13440	98736		29/09/13
353	13440	100368		06/10/13
354	13440	120240		13/10/13
355	13440	122016		20/10/13
356	13440	125904		27/10/13
357	13440	129648		03/11/13
358	13440	127224		10/11/13
359	13440	128952		17/11/13
360	13440	128328		24/11/13
361	13440	121080		01/12/13
362	13440	129624		08/12/13
363	13440	162504		15/12/13
364	13440	170352		22/12/13
365	13440	174456		29/12/13
366	13440	176352		05/01/14
367	13440	172056		12/01/14
368	13440	174672		19/01/14
369	13440	147480		26/01/14

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
370	13440	126720		02/02/14
371	13440	126672		09/02/14
372	13440	124056		16/02/14
373	13440	123576		23/02/14
374	13440	126768		02/03/14
375	13440	122520	61368	09/03/14
376	13440	126528	59640	16/03/14
377	13440	126576	62616	23/03/14
378	13440	129576	62448	30/03/14
379	13440	124752	60288	06/04/14
380	13440	123240	59904	13/04/14
381	13440	127608	60336	20/04/14
382	13440	130272	61512	27/04/14
383	13440	123744	58536	04/05/14
384	13440	125496	58800	11/05/14
385	13440	130104	62544	18/05/14
386	13440	127776	67272	25/05/14
387	13440	128568	69912	01/06/14
388	13440	130344	68664	08/06/14
389	13440	128040	66696	15/06/14
390	13440	114192	74870,4	22/06/14
391	13440	129504	71337,6	29/06/14
392	13440	132408	72943,2	06/07/14
393	13440	141744	73202,4	13/07/14
394	13440	138624	71385,6	20/07/14
395	13440	139176	71234,4	27/07/14
396	13440	135936	68896,8	03/08/14
397	13440	132168	67130,4	10/08/14
398	13440	126192	68832	17/08/14
399	13440	106560	58464	24/08/14
400	13440	117912	66710,4	31/08/14
401	13440	120768	66153,6	07/09/14
402	13440	116520	65659,2	14/09/14
403	13440	120456	49408,08	21/09/14
404	13440	120864	32011,2	28/09/14
405	13440	118992	55936,8	05/10/14
406	13440	121128	58776	12/10/14
407	13440	105168	66064,8	19/10/14
408	13440	102744	71150,4	26/10/14
409	13440	103248	67466,4	02/11/14
410	13440	109008	60331,2	09/11/14
411	13440	104040	66472,8	16/11/14
412	13440	101112	66103,2	23/11/14
413	13440	103440	66763,2	30/11/14
414	13440	102024	67348,8	07/12/14
415	13440	103908	64920	14/12/14
416	13440	102768	63592,8	21/12/14
417	13440	102120	61591,2	28/12/14
418	13440	91008	64473,6	04/01/15
419	13440	97872	63376,8	11/01/15
420	13440	100944	62272,8	18/01/15
421	13440	99408	61845,6	25/01/15
422	13440	99456	64065,6	01/02/15
423	13440	87408	57626,4	08/02/15

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
424	13440	100584	59239,2	15/02/15
425	13440	93528	42280,8	22/02/15
426	13440	94992	48602,4	01/03/15
427	13440	95664	56126,4	08/03/15
428	13440	97464	55075,2	15/03/15
429	13440	97320	60664,8	22/03/15
430	13440	94368	58041,6	29/03/15
431	13440	93984	57643,2	05/04/15
432	13440	94752	48914,4	12/04/15
433	13440	95952	54451,2	19/04/15
434	13440	99384	55108,8	26/04/15
435	13440	95736	66014,4	03/05/15
436	13440	92736	65839,2	10/05/15
437	13440	99576	64363,2	17/05/15
438	13440	101784	65942,4	24/05/15
439	13440	98568	67135,2	31/05/15
440	13440	98088	68678,4	07/06/15
441	13440	107280	68205,6	14/06/15
442	13440	101760	68647,2	21/06/15
443	13440	109632	9549,6	28/06/15
444	13440	111456	24936	05/07/15
445	13440	111552	30086,4	12/07/15
446	13440	113232	52080	19/07/15
447	13440	116280	64876,8	26/07/15
448	13440	129216	60902,4	02/08/15
449	13440	119424	62500,8	09/08/15
450	13440	117984	64173,6	16/08/15
451	13440	119952	62966,4	23/08/15
452	13440	93768	27288	30/08/15
453	13440	108768	75525,6	06/09/15
454	13440	110640	78060	13/09/15
455	13440	108792	72967,2	20/09/15
456	13440	108888	73156,8	27/09/15
457	13440	114864	75496,8	04/10/15
458	13440	107256	76591,2	11/10/15
459	13440	72792	67144,8	18/10/15
460	13440	96912	80215,2	25/10/15
461	13440	106944	82188	01/11/15
462	13440	106968	75369,6	08/11/15
463	13440	106056	84350,4	15/11/15
464	13440	107352	80568	22/11/15
465	13440	102024	75208,8	29/11/15
466	13440	103008	78981,6	06/12/15
467	13440	105624	76480,8	13/12/15
468	13440	107112	77116,8	20/12/15
469	13440	106224	79430,4	27/12/15
470	13440	93768	73742,4	03/01/16
471	13440	103848	74323,2	10/01/16
472	13440	101184	65064	17/01/16
473	13440	102600	73742,4	24/01/16
474	13440	102360	69208,8	31/01/16
475	13440	101880	70315,2	07/02/16
476	13440	102432	59460	14/02/16
477	13440	97488	64269,6	21/02/16

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
478	13440	101136	65865,6	28/02/16
479	13440	96456	67636,8	06/03/16
480	13440	94392	66890,4	13/03/16
481	13440	95016	63907,2	20/03/16
482	13440	95784	64020	27/03/16
483	13440	94608	64740	03/04/16
484	13440	95208	17263,2	10/04/16
485	13440	87696	67848	17/04/16
486	13440	94728	69273,6	24/04/16
487	13440	91848	73408,8	01/05/16
488	13440	89904	74095,2	08/05/16
489	13440	87048	72470,4	15/05/16
490	13440	83280	71484	22/05/16
491	13440	79584	68102,4	29/05/16
492	13440	79848	73480,8	05/06/16
493	13440	77160	70903,2	12/06/16
494	13440	76272	73531,2	19/06/16
495	13440	77688	67622,4	26/06/16
496	13440	75792	68503,2	03/07/16
497	13440	76896	74784	10/07/16
498	13440	75960	52176	17/07/16
499	13440	77064	66122,4	24/07/16
500	13440	81744	79435,2	31/07/16
501	13440	84984	79029,6	07/08/16
502	13440	81984	75912	14/08/16
503	13440	81192	67080	21/08/16
504	13440	87096	67207,2	28/08/16
505	13440	87528	70996,8	04/09/16
506	13440	92640	71167,2	11/09/16
507	13440	96936	70555,2	18/09/16
508	13440	100104	69974,4	25/09/16
509	13440	92928	68642,4	02/10/16
510	13440	73776	65013,6	09/10/16
511	13440	70080	61888,8	16/10/16
512	13440	53184	65371,2	23/10/16
513	13440	51432	62808	30/10/16
514	13440	52560	61536	06/11/16
515	13440	73728	63108	13/11/16
516	13440	65280	58992	20/11/16
517	13440	66312	50414,4	27/11/16
518	13440	64824	22464	04/12/16
519	13440	66168	58000,8	11/12/16
520	13440	67176	57873,6	18/12/16
521	13440	67200	57648	25/12/16
522	13440	66984	59659,2	01/01/17
523	13440	66864	60780	08/01/17
524	13440	60264	61298,4	15/01/17
525	13440	60024	61096,8	22/01/17
526	13440	63336	60026,4	29/01/17
527	13440	60504	57554,4	05/02/17
528	13440	61776	56868	12/02/17
529	13440	58440	57640,8	19/02/17
530	13440	57480	55912,8	26/02/17
531	13440	57240	56220	05/03/17

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
532	13440	62208	57561,6	12/03/17
533	13440	58632	57734,4	19/03/17
534	13440	57264	50256	26/03/17
535	13440	51816	56064	02/04/17
536	13440	57960	53762,4	09/04/17
537	13440	57528	45955,2	16/04/17
538	13440	58296	45936	23/04/17
539	13440	58008	28627,2	30/04/17
540	13440	57912	54424,8	07/05/17
541	13440	56448	52838,4	14/05/17
542	13440	52584	52344	21/05/17
543	13440	53808	51674,4	28/05/17
544	13440	54624	53349,6	04/06/17
545	13440	55056	53085,6	11/06/17
546	13440	53952	56004	18/06/17
547	13440	53352	51866,4	25/06/17
548	13440	55176	63134,4	02/07/17
549	13440	58224	65052	09/07/17
550	13440	58080	66549,6	16/07/17
551	13440	56736	64332	23/07/17
552	13440	58344	26760	30/07/17
553	13440	59832	62558,4	06/08/17
554	13440	57504	64094,4	13/08/17
555	13440	57048	65637,6	20/08/17
556	13440	57312	65949,6	27/08/17
557	13440	55824	66297,6	03/09/17
558	13440	56376	66403,2	10/09/17
559	13440	58128	64713,6	17/09/17
560	13440	59448	63799,2	24/09/17
561	13440	50280	62724	01/10/17
562	13440	57768	63763,2	08/10/17
563	13440	60168	61802,4	15/10/17
564	13440	59712	53246,4	22/10/17
565	13440	61632	45835,2	29/10/17
566	13440	51768	55788	05/11/17
567	13440	62400	33633,6	12/11/17
568	13440	55713,6	50028	19/11/17
569	13440	65544	58624,8	26/11/17
570	13440	78287,24987	57275,10807	03/12/17
571	13440	77877,47054	57215,7219	10/12/17
572	13440	77472,83474	57138,80689	17/12/17
573	13440	77069,51273	57089,74215	24/12/17
574	13440	76675,72973	57038,94647	31/12/17
575	13440	76290,10614	56967,07714	07/01/18
576	13440	75882,07778	56890,54064	14/01/18
577	13440	75493,89514	56817,24512	21/01/18
578	13440	75104,96217	56754,48167	28/01/18
579	13440	74722,25418	56661,94355	04/02/18
580	13440	74341,09522	56570,59127	11/02/18
581	13440	74002,76908	56514,17016	18/02/18
582	13440	73689,88899	56500,41506	25/02/18
583	13440	73375,43918	56510,59337	04/03/18
584	13440	73044,18396	56512,28914	11/03/18
585	13440	72729,98612	56498,65152	18/03/18

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
586	13440	72416,36418	56554,27893	25/03/18
587	13440	72100,78595	56585,1391	01/04/18
588	13440	71794,23161	56631,86143	08/04/18
589	13440	71486,06017	56683,95884	15/04/18
590	13440	71164,013	56724,6343	22/04/18
591	13440	70771,45714	56766,99688	29/04/18
592	13440	70413,42112	56792,57402	06/05/18
593	13440	70116,75428	56805,06466	13/05/18
594	13440	69796,299	56834,13646	20/05/18
595	13440	69463,12372	56768,94394	27/05/18
596	13440	69163,06174	56780,72326	03/06/18
597	13440	68854,71477	56789,24275	10/06/18
598	13440	68527,28388	56794,87714	17/06/18
599	13440	68237,68859	56633,95643	24/06/18
600	13440	67939,24484	56214,27022	01/07/18
601	13440	67575,28858	56109,35091	08/07/18
602	13440	67265,542	56031,32297	15/07/18
603	13440	66942,06908	56020,38396	22/07/18
604	13440	66641,38799	56053,96411	29/07/18
605	13440	66341,16238	56059,33053	05/08/18
606	13440	66036,56305	56001,22119	12/08/18
607	13440	65727,89567	55999,14555	19/08/18
608	13440	65347,03083	55995,29809	26/08/18
609	13440	65057,98263	55998,63907	02/09/18
610	13440	64763,1165	56008,70509	09/09/18
611	13440	64426,86642	55999,1934	16/09/18
612	13440	64149,93944	55978,75558	23/09/18
613	13440	63815,19383	55940,39879	30/09/18
614	13440	63523,76353	55928,76474	07/10/18
615	13440	63190,47512	55908,16192	14/10/18
616	13440	62889,89297	55878,0245	21/10/18
617	13440	62586,54925	55844,23673	28/10/18
618	13440	62298,24625	55831,17827	04/11/18
619	13440	62016,00085	55757,52374	11/11/18
620	13440	61738,14265	55698,74813	18/11/18
621	13440	61421,63443	55444,2766	25/11/18
622	13440	61133,57919	55263,51303	02/12/18
623	13440	60810,2578	55161,12685	09/12/18
624	13440	60509,37139	55046,13087	16/12/18
625	13440	60217,5082	54984,33765	23/12/18
626	13440	59906,20502	54896,91567	30/12/18
627	13440	59552,68448	54804,38253	06/01/19
628	13440	59199,45035	54617,05239	13/01/19
629	13440	58843,68259	54486,37653	20/01/19
630	13440	58575,14677	54360,11232	27/01/19
631	13440	58320,94087	54333,73989	03/02/19
632	13440	58034,06435	54307,00965	10/02/19
633	13440	57778,60403	54268,58153	17/02/19
634	13440	57523,79915	54244,54702	24/02/19
635	13440	57272,33521	54231,8306	03/03/19
636	13440	57018,8456	54233,52511	10/03/19
637	13440	56768,67835	54233,38386	17/03/19
638	13440	56517,86705	54238,85702	24/03/19
639	13440	56267,31375	53143,43165	31/03/19
640	13440	56000,05092	52556,77039	07/04/19
641	13440	55731,66265	52060,22126	14/04/19
642	13440	55486,51012	51849,2244	21/04/19
643	13440	55233,18995	51753,07393	28/04/19
644	13440	54978,59247	51622,97105	05/05/19
645	13440	54725,25227	51505,76143	12/05/19
646	13440	54479,43076	51402,11842	19/05/19
647	13440	54227,90113	51288,2083	26/05/19
648	13440	53984,44739	50730,15304	02/06/19
649	13440	53739,90488	50696,57275	09/06/19
650	13440	53457,67175	50682,94402	16/06/19

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
651	13440	53155,76473	50636,91433	23/06/19
652	13440	52862,43628	50594,27509	30/06/19
653	13440	52563,24199	50570,32839	07/07/19
654	13440	52252,61876	50556,68848	14/07/19
655	13440	51937,01155	50476,8524	21/07/19
656	13440	51636,54099	50491,22164	28/07/19
657	13440	51351,03804	50522,3833	04/08/19
658	13440	51074,5345	50512,52802	11/08/19
659	13440	50772,1671	50564,92795	18/08/19
660	13440	50482,00554	50598,39283	25/08/19
661	13440	50234,75841	50600,01997	01/09/19
662	13440	50012,66673	50630,66552	08/09/19
663	13440	49799,76002	50648,56131	15/09/19
664	13440	49606,44629	50674,51607	22/09/19
665	13440	49421,69877	50720,01041	29/09/19
666	13440	49241,26605	50730,82492	06/10/19
667	13440	49042,57115	50749,02215	13/10/19
668	13440	48863,58789	50700,36841	20/10/19
669	13440	48684,53758	50718,85661	27/10/19
670	13440	48506,58884	50707,22593	03/11/19
671	13440	48321,60036	50706,23376	10/11/19
672	13440	48141,78134	50619,36986	17/11/19
673	13440	47961,40564	50573,1071	24/11/19
674	13440	47781,96818	50540,76255	01/12/19
675	13440	47588,49469	50523,85375	08/12/19
676	13440	47393,22744	50503,10092	15/12/19
677	13440	47188,99818	50460,19517	22/12/19
678	13440	47000,11197	50419,25525	29/12/19
679	13440	46822,05775	50385,28001	05/01/20
680	13440	46642,45914	49664,19363	12/01/20
681	13440	46466,11046	49633,1402	19/01/20
682	13440	46287,02599	49614,6681	26/01/20
683	13440	46109,28786	49628,40651	02/02/20
684	13440	45945,95369	49650,32772	09/02/20
685	13440	45778,89522	49664,396	16/02/20
686	13440	45611,40272	49674,64606	23/02/20
687	13440	45436,28155	49662,90614	01/03/20
688	13440	45250,88988	49692,7373	08/03/20
689	13440	45073,26783	49707,79851	15/03/20
690	13440	44911,24133	49744,82872	22/03/20
691	13440	44752,38094	49742,32095	29/03/20
692	13440	44593,32582	49748,88891	05/04/20
693	13440	44418,8835	49803,59988	12/04/20
694	13440	44220,51488	49676,12281	19/04/20
695	13440	44029,47899	49669,12356	26/04/20
696	13440	43841,30298	49759,207	03/05/20
697	13440	43645,85137	49852,36153	10/05/20
698	13440	43419,537	49930,33754	17/05/20
699	13440	43220,51321	49948,9875	24/05/20
700	13440	43042,65652	49971,35318	31/05/20
701	13440	42849,13335	50025,11293	07/06/20
702	13440	42684,86356	50084,07503	14/06/20
703	13440	42524,38763	50142,61127	21/06/20
704	13440	42367,87543	50200,82554	28/06/20
705	13440	42227,5204	50252,9003	05/07/20

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
706	13440	42088,06431	50280,14487	12/07/20
707	13440	41951,03271	50284,21522	19/07/20
708	13440	41808,73703	50318,70704	26/07/20
709	13440	41666,75871	50335,05272	02/08/20
710	13440	41528,09656	50342,78095	09/08/20
711	13440	41398,34248	50365,5038	16/08/20
712	13440	41266,77561	50355,12518	23/08/20
713	13440	41138,36817	50263,47679	30/08/20
714	13440	41016,1746	49749,51499	06/09/20
715	13440	40887,15139	49712,83976	13/09/20
716	13440	40761,43638	49675,51327	20/09/20
717	13440	40633,77065	49636,62746	27/09/20
718	13440	40506,66103	49615,86388	04/10/20
719	13440	40374,6308	49605,74512	11/10/20
720	13440	40234,2937	49601,40463	18/10/20
721	13440	40089,46186	49596,93872	25/10/20
722	13440	39943,83867	49584,89243	01/11/20
723	13440	39798,24931	49552,39437	08/11/20
724	13440	39657,9989	49514,2347	15/11/20
725	13440	39519,19976	49483,35903	22/11/20
726	13440	39352,34075	49437,38743	29/11/20
727	13440	39217,80128	49394,29246	06/12/20
728	13440	39083,65528	49363,48162	13/12/20
729	13440	38939,74113	49334,79604	20/12/20
730	13440	38796,76192	49235,57699	27/12/20
731	13440	38657,75285	49190,67018	03/01/21
732	13440	38513,59149	49124,44472	10/01/21
733	13440	38367,13214	48977,54004	17/01/21
734	13440	38229,86901	48827,34587	24/01/21
735	13440	38086,22667	48434,91186	31/01/21
736	13440	37940,05018	48356,09462	07/02/21
737	13440	37793,82415	48261,81415	14/02/21
738	13440	37652,55466	48161,75067	21/02/21
739	13440	37509,96142	48054,02335	28/02/21
740	13440	37370,25453	47960,80378	07/03/21
741	13440	37221,79971	47864,17905	14/03/21
742	13440	37077,68238	47793,17385	21/03/21
743	13440	36928,30555	47683,87704	28/03/21
744	13440	36781,19297	47670,72068	04/04/21
745	13440	36637,13524	47674,27414	11/04/21
746	13440	36499,78534	47691,55561	18/04/21
747	13440	36363,72251	47694,88431	25/04/21
748	13440	36231,84993	47266,76106	02/05/21
749	13440	36103,37824	47245,53866	09/05/21
750	13440	35977,80615	47237,92244	16/05/21
751	13440	35851,40161	47244,14126	23/05/21
752	13440	35724,51163	47255,2876	30/05/21
753	13440	35595,78351	47271,75701	06/06/21
754	13440	35466,76592	47291,89362	13/06/21
755	13440	35340,27466	47302,30298	20/06/21
756	13440	35216,74313	47308,26956	27/06/21
757	13440	35091,91383	47308,22932	04/07/21
758	13440	34963,58897	47318,40205	11/07/21
759	13440	34836,87556	47315,632	18/07/21

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
760	13440	34708,37617	47241,43538	25/07/21
761	13440	34585,6187	47093,15127	01/08/21
762	13440	34468,65987	47038,25116	08/08/21
763	13440	34349,42467	46736,58533	15/08/21
764	13440	34233,32822	46620,65083	22/08/21
765	13440	34115,75664	46580,00283	29/08/21
766	13440	33996,00771	46528,9602	05/09/21
767	13440	33881,80111	46477,94971	12/09/21
768	13440	33770,60386	46426,82247	19/09/21
769	13440	33661,35975	46375,80844	26/09/21
770	13440	33550,37893	46324,89531	03/10/21
771	13440	33435,5614	46273,90669	10/10/21
772	13440	33317,24319	46222,79881	17/10/21
773	13440	33206,35801	46171,59339	24/10/21
774	13440	33096,77907	46120,37471	31/10/21
775	13440	32984,51156	46068,88889	07/11/21
776	13440	32871,84785	46017,13526	14/11/21
777	13440	32760,00304	45965,39933	21/11/21
778	13440	32646,74955	45914,042	28/11/21
779	13440	32535,38704	45863,27745	05/12/21
780	13440	32425,32401	45813,05259	12/12/21
781	13440	32312,36898	45763,25461	19/12/21
782	13440	32200,22164	45714,47949	26/12/21
783	13440	32094,08617	45666,55034	02/01/22
784	13440	31986,70909	45619,6255	09/01/22
785	13440	31881,28681	45573,77976	16/01/22
786	13440	31774,12139	45528,94929	23/01/22
787	13440	31667,1539	45485,17729	30/01/22
788	13440	31563,15977	45442,35395	06/02/22
789	13440	31459,40771	45400,39638	13/02/22
790	13440	31355,73924	45359,46538	20/02/22
791	13440	31250,57591	45318,80556	27/02/22
792	13440	31145,7801	45279,05838	06/03/22
793	13440	31042,00018	45240,22033	13/03/22
794	13440	30942,24086	45202,29048	20/03/22
795	13440	30842,62433	45163,91004	27/03/22
796	13440	30743,83221	45122,89384	03/04/22
797	13440	30630,24591	45081,76251	10/04/22
798	13440	30517,96711	45040,72999	17/04/22
799	13440	30416,2749	45000,35462	24/04/22
800	13440	30313,16644	44961,02454	01/05/22
801	13440	30196,70924	44922,53285	08/05/22
802	13440	30089,93474	44884,37124	15/05/22
803	13440	29986,27481	44847,01084	22/05/22
804	13440	29888,67691	44810,45648	29/05/22
805	13440	29794,03873	44774,7874	05/06/22
806	13440	29702,26401	44740,08123	12/06/22
807	13440	29599,58155	44706,19908	19/06/22
808	13440	29507,09491	44673,06894	26/06/22
809	13440	29412,76172	44640,55786	03/07/22
810	13440	29323,86991	44608,89894	10/07/22
811	13440	29234,04399	44578,03657	17/07/22
812	13440	29144,79187	44547,90817	24/07/22
813	13440	29052,53903	44518,49752	31/07/22

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
814	13440	28962,21582	44489,98995	07/08/22
815	13440	28870,72878	44461,90184	14/08/22
816	13440	28783,43963	44434,3587	21/08/22
817	13440	28696,61745	44405,7373	28/08/22
818	13440	28601,29363	44376,59654	04/09/22
819	13440	28480,33272	44347,5598	11/09/22
820	13440	28371,5486	44318,5129	18/09/22
821	13440	28316,21007	44289,88977	25/09/22
822	13440	28247,15041	44261,47887	02/10/22
823	13440	28186,05637	44233,23304	09/10/22
824	13440	28121,7457	44204,34795	16/10/22
825	13440	28065,11295	44175,26511	23/10/22
826	13440	28012,37292	44146,00296	30/10/22
827	13440	27961,83103	44117,38925	06/11/22
828	13440	27919,54539	44089,43373	13/11/22
829	13440	27878,50444	44062,05037	20/11/22
830	13440	27833,17159	44035,37044	27/11/22
831	13440	27786,98233	44009,50359	04/12/22
832	13440	27747,49545	43984,58904	11/12/22
833	13440	27706,02238	43960,63323	18/12/22
834	13440	27653,46242	43937,70528	25/12/22
835	13440	27605,24321	43906,45169	01/01/23
836	13440	27555,73256	43870,83132	08/01/23
837	13440	27482,65015	43831,42663	15/01/23
838	13440	27396,84606	43790,58661	22/01/23
839	13440	27347,17731	43749,26798	29/01/23
840	13440	27303,75244	43707,15429	05/02/23
841	13440	27242,26323	43664,3309	12/02/23
842	13440	27191,03359	43620,89311	19/02/23
843	13440	27140,43366	43576,72955	26/02/23
844	13440	27083,19895	43527,86412	05/03/23
845	13440	27035,19145	43478,80113	12/03/23
846	13440	26956,64813	43429,71725	19/03/23
847	13440	26875,48774	43380,32799	26/03/23
848	13440	26793,89027	43330,65852	02/04/23
849	13440	26713,80142	43280,87139	09/04/23
850	13440	26635,89858	43231,05988	16/04/23
851	13440	26557,99858	43180,63913	23/04/23
852	13440	26481,2935	43130,43257	30/04/23
853	13440	26401,00438	43080,60182	07/05/23
854	13440	26322,03602	43030,80042	14/05/23
855	13440	26242,65501	42981,58585	21/05/23
856	13440	26163,38409	42932,81422	28/05/23
857	13440	26089,80675	42884,22322	04/06/23
858	13440	26019,5639	42836,07863	11/06/23
859	13440	25947,39142	42788,28656	18/06/23
860	13440	25875,02112	42740,93282	25/06/23
861	13440	25801,70859	42694,2062	02/07/23
862	13440	25728,9044	42647,8262	09/07/23
863	13440	25657,21615	42601,87123	16/07/23
864	13440	25585,84264	42555,77336	23/07/23
865	13440	25514,81908	42510,11611	30/07/23
866	13440	25441,54552	42464,65325	06/08/23
867	13440	25369,25388	42419,48559	13/08/23

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
868	13440	25299,36385	42373,87636	20/08/23
869	13440	25224,14331	42328,16545	27/08/23
870	13440	25149,63252	42282,47223	03/09/23
871	13440	25078,00995	42236,93326	10/09/23
872	13440	25009,11382	42191,5218	17/09/23
873	13440	24944,10115	42146,05087	24/09/23
874	13440	24832,79743	42100,53683	01/10/23
875	13440	24726,85811	42055,04008	08/10/23
876	13440	24652,90662	42003,55116	15/10/23
877	13440	24577,14705	41951,9043	22/10/23
878	13440	24501,70845	41900,21022	29/10/23
879	13440	24397,03813	41848,75557	05/11/23
880	13440	24292,01629	41797,62497	12/11/23
881	13440	24193,19859	41746,76495	19/11/23
882	13440	24116,14738	41696,15549	26/11/23
883	13440	24034,84406	41645,61706	03/12/23
884	13440	23953,85608	41595,51875	10/12/23
885	13440	23879,69814	41545,7501	17/12/23
886	13440	23805,19215	41496,51639	24/12/23
887	13440	23732,84456	41447,49514	31/12/23
888	13440	23658,63785	41398,77501	07/01/24
889	13440	23582,70323	41350,78517	14/01/24
890	13440	23509,4923	41301,97663	21/01/24
891	13440	23437,45067	41253,36592	28/01/24
892	13440	23366,10004	41205,80026	04/02/24
893	13440	23291,77828	41159,34093	11/02/24
894	13440	23214,9077	41113,89392	18/02/24
895	13440	23133,15115	41068,98442	25/02/24
896	13440	23009,05004	41024,6621	03/03/24
897	13440	22917,66155	40981,21405	10/03/24
898	13440	22837,05182	40938,71232	17/03/24
899	13440	22759,36792	40897,18281	24/03/24
900	13440	22681,74662	40856,65267	31/03/24
901	13440	22603,70637	40817,10019	07/04/24
902	13440	22524,9124	40778,3448	14/04/24
903	13440	22449,29516	40740,21399	21/04/24
904	13440	22372,81993	40702,98114	28/04/24
905	13440	22297,04692	40666,51913	05/05/24
906	13440	22225,19843	40630,77654	12/05/24
907	13440	22139,80054	40595,89826	19/05/24
908	13440	22069,0684	40561,63006	26/05/24
909	13440	21988,33093	40527,30457	02/06/24
910	13440	21920,5121	40489,3478	09/06/24
911	13440	21840,31795	40451,65377	16/06/24
912	13440	21761,65323	40414,222	23/06/24
913	13440	21687,49267	40377,04418	30/06/24
914	13440	21592,68994	40340,27832	07/07/24
915	13440	21502,47344	40304,02431	14/07/24
916	13440	21397,1338	40268,344	21/07/24
917	13440	21304,01863	40233,25112	28/07/24
918	13440	21208,12384	40198,69666	04/08/24
919	13440	21109,53375	40164,52106	11/08/24
920	13440	21016,40379	40130,68388	18/08/24
921	13440	20925,53187	40097,2524	25/08/24

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
922	13440	20833,99139	40064,10722	01/09/24
923	13440	20744,01113	40031,27627	08/09/24
924	13440	20667,58212	39998,8678	15/09/24
925	13440	20592,639	39966,90793	22/09/24
926	13440	20520,39429	39934,81018	29/09/24
927	13440	20450,70261	39903,02132	06/10/24
928	13440	20380,09847	39871,36525	13/10/24
929	13440	20310,90174	39839,15671	20/10/24
930	13440	20241,80232	39806,33969	27/10/24
931	13440	20169,00132	39770,81803	03/11/24
932	13440	20101,46307	39735,16286	10/11/24
933	13440	20050,38041	39699,23303	17/11/24
934	13440	20003,17914	39662,96524	24/11/24
935	13440	19958,22979	39626,27793	01/12/24
936	13440	19914,62783	39589,2774	08/12/24
937	13440	19869,88779	39551,92025	15/12/24
938	13440	19826,78562	39514,41173	22/12/24
939	13440	19772,44721	39476,41419	29/12/24
940	13440	19708,04402	39438,73704	05/01/25
941	13440	19644,05124	39401,53337	12/01/25
942	13440	19579,05114	39364,93532	19/01/25
943	13440	19514,2118	39328,84125	26/01/25
944	13440	19451,55163	39289,54727	02/02/25
945	13440	19386,99279	39250,44864	09/02/25
946	13440	19325,05474	39211,66906	16/02/25
947	13440	19263,5779	39173,33806	23/02/25
948	13440	19204,12599	39135,51225	02/03/25
949	13440	19142,55259	39098,25321	09/03/25
950	13440	19080,58652	39061,60987	16/03/25
951	13440	19021,38587	39025,51737	23/03/25
952	13440	18964,0081	38989,95381	30/03/25
953	13440	18903,64294	38954,88295	06/04/25
954	13440	18844,63989	38920,40606	13/04/25
955	13440	18788,46218	38886,42925	20/04/25
956	13440	18731,53562	38852,35463	27/04/25
957	13440	18675,45555	38817,53907	04/05/25
958	13440	18620,71941	38782,75356	11/05/25
959	13440	18565,26032	38745,87075	18/05/25
960	13440	18502,75587	38708,41153	25/05/25
961	13440	18448,84753	38671,00474	01/06/25
962	13440	18396,82495	38633,561	08/06/25
963	13440	18349,67335	38596,07801	15/06/25
964	13440	18301,56678	38558,55212	22/06/25
965	13440	18254,19107	38520,9816	29/06/25
966	13440	18205,77661	38483,36461	06/07/25
967	13440	18156,02488	38445,69777	13/07/25
968	13440	18103,76707	38407,97723	20/07/25
969	13440	18041,16078	38370,19928	27/07/25
970	13440	17985,35697	38332,36085	03/08/25
971	13440	17931,47651	38294,45662	10/08/25
972	13440	17875,75048	38256,48114	17/08/25
973	13440	17822,51891	38218,4313	24/08/25
974	13440	17769,915	38180,30708	31/08/25
975	13440	17716,75058	38142,11036	07/09/25

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
976	13440	17665,10724	38103,84271	14/09/25
977	13440	17605,09013	38065,50483	21/09/25
978	13440	17543,99262	38027,10268	28/09/25
979	13440	17483,55475	37988,64094	05/10/25
980	13440	17426,81828	37950,12587	12/10/25
981	13440	17367,59639	37911,56468	19/10/25
982	13440	17306,98985	37872,96427	26/10/25
983	13440	17248,12228	37834,33223	02/11/25
984	13440	17188,77657	37795,67547	09/11/25
985	13440	17130,89284	37757,00046	16/11/25
986	13440	17072,70394	37718,3153	23/11/25
987	13440	17014,49134	37679,62183	30/11/25
988	13440	16949,73213	37640,92753	07/12/25
989	13440	16889,63133	37602,24012	14/12/25
990	13440	16831,70921	37563,56755	21/12/25
991	13440	16773,22859	37524,90632	28/12/25
992	13440	16715,1218	37486,23386	04/01/26
993	13440	16649,76175	37447,54864	11/01/26
994	13440	16592,93998	37408,85096	18/01/26
995	13440	16532,21755	37370,14594	25/01/26
996	13440	16472,72565	37331,44225	01/02/26
997	13440	16413,97349	37292,74708	08/02/26
998	13440	16356,63156	37254,06347	15/02/26
999	13440	16299,54283	37215,39864	22/02/26
1000	13440	16241,0241	37176,76008	01/03/26
1001	13440	16182,60072	37138,1562	08/03/26
1002	13440	16124,96824	37099,59638	15/03/26
1003	13440	16068,37974	37061,08906	22/03/26
1004	13440	16014,11274	37022,64235	29/03/26
1005	13440	15958,08049	36984,26343	05/04/26
1006	13440	15900,59146	36945,96171	12/04/26
1007	13440	15847,40966	36907,7464	19/04/26
1008	13440	15795,79575	36869,62641	26/04/26
1009	13440	15742,74641	36831,61079	03/05/26
1010	13440	15689,76688	36793,71042	10/05/26
1011	13440	15642,07644	36755,9323	17/05/26
1012	13440	15591,84318	36718,28471	24/05/26
1013	13440	15546,0527	36680,76215	31/05/26
1014	13440	15501,54125	36643,36368	07/06/26
1015	13440	15457,45796	36606,0936	14/06/26
1016	13440	15414,57034	36568,95532	21/06/26
1017	13440	15373,51262	36531,95602	28/06/26
1018	13440	15338,56803	36495,10122	05/07/26
1019	13440	15299,80192	36458,39617	12/07/26
1020	13440	15260,7896	36421,83929	19/07/26
1021	13440	15223,07061	36385,43267	26/07/26
1022	13440	15172,5532	36349,17855	02/08/26
1023	13440	15130,29193	36313,08627	09/08/26
1024	13440	15089,31409	36277,16547	16/08/26
1025	13440	15047,82052	36241,42531	23/08/26
1026	13440	15006,74767	36205,8763	30/08/26
1027	13440	14968,87498	36170,53014	06/09/26
1028	13440	14927,78156	36135,40001	13/09/26
1029	13440	14866,6817	36100,49952	20/09/26

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
1030	13440	14820,82094	36065,84318	27/09/26
1031	13440	14780,43851	36031,36595	04/10/26
1032	13440	14740,43588	35997,03429	11/10/26
1033	13440	14700,35683	35962,8184	18/10/26
1034	13440	14661,27245	35928,70744	25/10/26
1035	13440	14619,92809	35894,69837	01/11/26
1036	13440	14579,43043	35860,78527	08/11/26
1037	13440	14540,57692	35826,96275	15/11/26
1038	13440	14502,80492	35793,226	22/11/26
1039	13440	14464,97729	35759,56907	29/11/26
1040	13440	14421,15967	35725,95181	06/12/26
1041	13440	14382,85524	35692,37114	13/12/26
1042	13440	14343,59291	35658,82543	20/12/26
1043	13440	14305,38342	35625,31053	27/12/26
1044	13440	14267,41126	35591,82242	03/01/27
1045	13440	14229,55753	35558,35833	10/01/27
1046	13440	14192,32809	35524,91623	17/01/27
1047	13440	14152,97989	35491,48902	24/01/27
1048	13440	14115,80249	35458,07644	31/01/27
1049	13440	14076,6196	35424,67963	07/02/27
1050	13440	14036,6991	35391,29685	14/02/27
1051	13440	13997,43274	35357,93109	21/02/27
1052	13440	13958,89397	35324,58424	28/02/27
1053	13440	13920,08088	35291,25606	07/03/27
1054	13440	13881,90724	35257,94859	14/03/27
1055	13440	13840,04533	35224,66317	21/03/27
1056	13440	13802,25018	35191,40194	28/03/27
1057	13440	13763,28355	35158,16876	04/04/27
1058	13440	13723,59966	35124,96526	11/04/27
1059	13440	13682,66831	35091,7938	18/04/27
1060	13440	13639,9075	35058,65196	25/04/27
1061	13440	13595,25613	35025,54227	02/05/27
1062	13440	13551,04087	34992,46525	09/05/27
1063	13440	13505,46977	34959,42233	16/05/27
1064	13440	13459,61731	34926,40865	23/05/27
1065	13440	13414,90286	34893,42214	30/05/27
1066	13440	13369,29204	34860,46168	06/06/27
1067	13440	13324,62647	34827,5273	13/06/27
1068	13440	13279,65435	34794,61882	20/06/27
1069	13440	13235,62194	34761,73449	27/06/27
1070	13440	13194,60661	34728,87261	04/07/27
1071	13440	13155,68279	34696,03199	11/07/27
1072	13440	13115,38932	34663,15977	18/07/27
1073	13440	13074,93295	34630,25137	25/07/27
1074	13440	13037,99287	34597,30308	01/08/27
1075	13440	13001,58357	34564,31357	08/08/27
1076	13440	12968,08013	34531,28226	15/08/27
1077	13440	12936,97193	34498,20814	22/08/27
1078	13440	12907,66907	34465,09009	29/08/27
1079	13440	12875,33191	34431,92542	05/09/27
1080	13440	12832,85046	34398,71461	12/09/27
1081	13440	12788,30387	34365,45726	19/09/27
1082	13440	12731,58495	34332,15479	26/09/27
1083	13440	12673,55672	34298,80596	03/10/27

Settimana	1-8	9-18	19-22	Domenica della settimana
1084	13440	12616,68197	34265,41029	10/10/27
1085	13440	12575,02566	34231,97104	17/10/27
1086	13440	12528,23775	34198,47831	24/10/27
1087	13440	12482,37028	34164,93065	31/10/27
1088	13440	12435,73751	34131,33394	07/11/27
1089	13440	12390,23027	34097,69484	14/11/27
1090	13440	12345,61403	34064,01951	21/11/27
1091	13440	12301,24805	34030,31026	28/11/27
1092	13440	12256,97743	33996,56995	05/12/27
1093	13440	12212,86346	33962,80409	12/12/27
1094	13440	12164,5152	33929,01901	19/12/27
1095	13440	12116,20869	33895,22153	26/12/27

La tabella sotto riportata mostra le percentuali di metano rilevate mensilmente nei vari bacini e utilizzate nel Capitolo 3.

	Bacini 1-2	Bacini 3-4	Bacini 9-18				Bacini 5-6	Bacini 7-8	Bacini 19-22
	1 vca	2 vca	3 nca	4 nca	5 nca	6 nca	7 vca	8 vca	9 vca
31/01/06	46,3	51,9	52,2	52,9	51,5	52,9	52,4	50,6	
28/02/06	49,7	52,9	53,8	53,6	54,0	54,0	52,8	54,2	
31/03/06	48,8	52,5	53,0	52,2	54,2	54,2	52,2	53,8	
30/04/06	44,2	47,0	51,0	53,4	50,2	50,2	51,2	52,2	
31/05/06	49,1	53,5	53,2	50,9	53,5	53,5	52,2	52,0	
30/06/06	49,1	44,1	51,1	56,0	50,7	50,7	52,2	52,0	
31/07/06	46,0	51,8	51,0	51,4	52,0	52,4	50,8	52,0	
31/08/06	46,8	51,4	51,2	51,4	52,0	52,0	50,0	52,2	
30/09/06	47,2	51,2	51,4	51,4	52,2	52,0	50,6	52,0	
31/10/06	47,2	51,8	50,2	52,0	53,6	53,6	51,2	52,6	
30/11/06	62,0	58,6	47,8	51,6	58,2	58,3	60,1	61,6	
31/12/06	59,5	61,5	43,8	58,0	59,9	59,6	61,6	62,5	
31/01/07	47,9	44,1	45,9	51,1	48,0	49,2	51,6	51,5	
28/02/07	45,9	41,7	45,6	47,1	48,7	48,3	47,5	50,6	
31/03/07	54,3	52,7	49,8	53,4	56,1	54,8	56,6	54,1	
30/04/07	45,5	36,8	47,1	50,1	53,9	59,8	47,4	45,8	
31/05/07	44,0	34,9	52,6	49,4	54,1	47,6	49,5	49,0	
30/06/07	37,0	48,7	55,7	47,5	54,8	55,7	47,9	49,2	
31/07/07	38,5	48,4	56,9	54,8	55,9	54,5	44,7	47,0	
31/08/07	42,6	51,3	58,9	55,7	53,7	50,2	43,7	55,4	
30/09/07	33,6	47,3	51,8	45,4	53,6	45,4	34,7	58,8	
31/10/07	37,9	48,8	50,2	52,4	53,9	52,6	38,3	38,2	
30/11/07	51,4	52,8	47,6	54,9	55,7	55,1	51,8	45,5	
31/12/07	44,8	43,8	43,1	48,3	49,5	48,8	48,6	52,4	
31/01/08	54,9	53,4	50,7	53,4	54,7	53,9	53,3	56,4	
29/02/08	49,4	49,1	44,9	50,0	52,6	50,8	48,5	53,0	
31/03/08	61,1	58,1	57,0	61,6	63,1	61,7	55,7	60,7	
30/04/08	49,6	49,5	47,8	52,9	54,4	53,0	53,0	43,8	
31/05/08	45,8	47,8	50,0	53,1	55,1	53,3	38,1	56,8	
30/06/08	43,9	48,8	53,1	53,2	53,6	53,2	40,7	49,2	
31/07/08	42,3	47,1	53,4	54,0	53,1	51,4	47,0	60,0	
31/08/08	48,8	48,8	47,1	54,0	51,1	50,2	45,0	47,4	
30/09/08	43,7	48,0	48,2	51,1	50,3	51,1	41,8	58,7	
31/10/08	41,8	45,9	48,1	50,0	48,5	50,0	40,0	61,1	
30/11/08	46,3	49,5	52,1	54,7	54,1	54,7	47,6	60,5	
31/12/08	43,5	48,1	47,8	49,3	47,5	49,4	45,2	41,4	
31/01/09	46,5	52,0	54,0	54,7	55,6	54,7	46,2	40,8	
28/02/09	49,8	46,8	55,8	55,8	56,9	55,7	47,5	46,4	
31/03/09	59,8	43,3	50,9	50,9	52,1	50,9	50,2	43,5	
30/04/09	61,9	50,9	53,6	52,5	52,6	52,4	47,7	51,3	
31/05/09	48,8	47,0	49,6	51,5	50,8	51,5	50,5	39,6	
30/06/09	50,0	43,9	51,4	51,5	50,9	51,4	51,5	59,8	
31/07/09	49,1	45,4	56,7	53,4	51,2	53,0	56,9	53,8	
31/08/09	46,0	42,2	48,2	47,9	48,5	48,0	50,2	53,9	
30/09/09	50,2	50,3	54,3	51,7	45,0	51,9	53,1	42,8	
31/10/09	53,2	54,0	54,8	54,0	54,2	54,7	53,8	54,9	
30/11/09	54,8	56,6	59,1	59,5	55,0	59,4	55,1	62,8	
31/12/09	59,4	66,3	55,6	63,0	59,6	63,1	56,6	56,9	
31/01/10	64,7	64,7	63,1	64,3	64,9	64,5	63,9	68,1	
28/02/10	62,8	61,5	62,4	60,7	60,5	60,5	62,2	68,5	
31/03/10	65,7	65,9	65,9	63,0	64,6	63,0	65,7	64,2	
30/04/10	68,9	68,3	66,8	67,0	66,7	67,1	66,9	69,1	
31/05/10	55,4	54,8	56,5	55,5	56,0	55,4	55,1	57,2	
30/06/10	56,7	55,7	57,4	57,7	57,6	57,3	57,2	59,3	
31/07/10	60,4	59,8	60,3	61,0	61,9	61,6	60,2	57,6	
31/08/10	62,9	63,4	62,9	63,1	62,5	62,5	62,0	62,3	
30/09/10	53,2	50,1	50,5	48,7	48,3	48,2	49,9	49,4	
31/10/10	53,6	53,8	55,0	53,7	54,2	53,4	54,4	61,8	
30/11/10	57,0	53,2	55,1	54,3	55,8	56,3	54,1	59,4	
31/12/10	58,1	56,0	54,2	55,3	56,0	57,0	53,8	60,2	
31/01/11	58,1	55,8	57,6	56,1	57,6	57,0	56,3	62,9	
28/02/11	54,3	53,6	55,5	54,6	57,1	59,2	54,6	64,4	
31/03/11	47,3	45,7	46,4	45,9	46,8	46,1	46,1	54,5	
30/04/11	42,5	41,9	39,0	36,6	42,9	41,9	39,2	46,7	
31/05/11	38,1	36,2	38,0	37,7	37,8	38,8	38,3	42,8	
30/06/11	37,6	34,7	40,8	40,4	38,9	37,1	41,6	37,5	
31/07/11	37,8	36,5	45,7	41,0	40,4	38,3	45,4	40,6	
31/08/11	40,9	37,4	45,0	41,5	41,3	39,6	43,0	42,7	

	Bacini 1-2	Bacini 3-4	Bacini 9-18				Bacini 5-6	Bacini 7-8	Bacini 19-22
	1 vca	2 vca	3 nca	4 nca	5 nca	6 nca	7 vca	8 vca	9 vca
30/09/11	41,2	41,3	49,3	44,9	44,5	46,3	44,8	48,3	
31/10/11	45,2	44,9	52,9	47,9	46,9	47,9	49,1	49,2	
30/11/11	47,3	47,2	52,0	48,6	48,4	48,4	51,1	48,4	
31/12/11	33,5	32,2	31,7	32,7	34,5	42,2	35,7	35,7	
31/01/12	28,3	28,5	31,0	35,6	33,8	42,0	34,5	33,5	
29/02/12	29,4	29,0	31,0	33,2	31,4	42,0	31,9	31,6	
31/03/12	32,7	32,7	36,8	35,7	36,9	42,0	36,3	36,1	
30/04/12	23,8	29,3	41,9	36,8	34,3	42,0	30,5	28,0	
31/05/12	24,4	26,8	46,6	35,2	39,4	42,0	28,4	26,0	
30/06/12	23,2	24,3	45,2	31,6	38,2	42,0	29,8	30,5	
31/07/12	30,6	29,4	32,2	34,8	35,0	42,0	34,0	33,2	
31/08/12	29,5	27,8	40,9	35,1	32,6	42,0	32,2	32,8	
30/09/12	29,4	28,2	37,4	33,2	32,0	42,0	31,7	31,6	
31/10/12	27,5	23,6	46,5	36,6	29,5	42,0	33,5	31,1	
30/11/12	50,3	41,3	47,0	46,4	43,0	42,0	46,4	50,7	
31/12/12	52,4	39,0	47,2	46,4	45,2	42,0	47,5	48,5	
31/01/13	64,5	47,5	51,2	52,3	50,6	42,2	57,4	52,8	
28/02/13	61,1	50,4	50,5	53,6	50,2	42,2	58,0	56,3	
31/03/13	60,5	52,9	48,7	52,4	51,5	42,2	56,9	53,2	
30/04/13	57,6	50,3	53,4	52,7	54,0	42,2	58,3	52,2	
31/05/13	58,8	51,2	53,1	52,1	55,1	42,2	57,9	54,8	
30/06/13	49,0	44,4	51,7	47,2	50,4	42,2	44,4	47,7	
31/07/13	48,1	46,7	46,4	46,3	45,8	42,2	45,5	48,6	
31/08/13	48,5	47,5	47,4	46,9	46,5	42,2	46,7	50,5	
30/09/13	45,5	45,1	45,2	44,7	45,6	42,2	46,9	47,0	
31/10/13	48,8	48,4	48,4	48,1	47,9	42,2	47,7	48,7	
30/11/13	53,5	54,5	54,2	54,2	54,2	42,2	56,5	54,4	
31/12/13	49,4	51,1	50,8	50,8	50,7	42,2	53,3	52,1	
31/01/14	55,2	55,0	54,6	54,8	54,8	42,2	54,8	55,2	50,0
28/02/14	55,8	55,8	55,9	55,8	55,8	42,2	55,9	55,8	52,9
31/03/14	56,8	53,0	54,4	54,5	54,5	42,2	54,6	54,9	51,0
30/04/14	51,0	50,9	45,5	45,1	44,9	45,1	42,9	47,0	51,0
31/05/14	51,0	47,0	45,1	36,9	36,6	38,6	37,7	36,5	48,6
30/06/14	20,4	40,4	47,0	34,7	35,0	39,2	45,6	37,8	48,0
31/07/14	27,7	33,9	42,9	34,1	31,6	34,6	35,3	35,4	50,6
31/08/14	36,2	33,5	33,4	36,1	34,7	34,8	35,3	36,3	51,9
30/09/14	41,1	40,4	39,4	39,9	40,1	40,2	40,5	40,7	47,9
31/10/14	49,6	49,6	46,8	49,2	48,4	48,1	49,6	49,7	45,0
30/11/14	50,5	54,2	53,5	54,5	53,9	52,6	50,4	54,9	47,9
31/12/14	57,7	56,8	58,3	58,3	58,5	58,4	57,4	58,6	46,9
31/01/15	58,6	58,2	58,1	59,2	59,1	59,1	59,3	59,4	44,9
28/02/15	54,7	57,5	58,3	58,6	57,8	57,9	57,9	58,3	45,9
31/03/15	54,5	53,2	54,3	54,3	54,3	54,2	53,6	54,3	42,9
30/04/15	58,5	58,3	54,5	55,6	52,6	50,8	59,8	57,7	49,8
31/05/15	42,1	48,3	47,3	48,1	46,2	45,3	45,4	47,6	48,9
30/06/15	39,0	39,1	39,1	39,0	38,9	38,7	38,8	39,0	53,9
31/07/15	41,5	39,9	39,9	41,8	41,5	41,1	41,5	41,9	49,0
31/08/15	49,7	48,3	48,7	49,0	49,2	49,0	48,8	49,3	54,8
30/09/15	46,4	44,0	45,3	45,4	45,6	45,2	44,9	45,8	49,9
31/10/15	17,3	30,0	46,7	46,7	34,2	29,3	49,5	46,7	45,9
30/11/15	40,1	39,6	41,7	43,0	42,4	40,5	40,7	42,3	40,8
31/12/15	27,5	40,9	47,8	48,1	39,9	33,6	48,4	61,0	43,9
31/01/16	36,2	41,5	44,1	44,2	43,6	41,5	45,0	43,8	49,9
29/02/16	54,2	54,8	47,7	49,1	47,2	40,4	54,3	56,5	49,9
31/03/16	32,7	52,9	46,7	48,0	39,9	37,4	50,8	56,2	50,9
30/04/16	24,8	32,4	38,6	38,7	30,7	30,7	34,8	48,4	45,9
31/05/16	16,6	33,5	44,9	44,3	36,5	39,8	38,1	54,9	46,8
30/06/16	19,4	31,7	36,8	37,1	31,9	34,0	37,1	47,3	47,9
31/07/16	11,7	30,7	37,1	37,3	24,2	31,7	30,8	49,3	44,9
31/08/16	13,2	28,8	37,1	37,2	22,8	29,7	30,5	46,2	45,9
30/09/16	21,5	34,3	36,9	37,0	28,0	30,5	36,6	44,3	45,9
31/10/16	22,3	31,0	44,0	44,3	32,8	36,8	38,9	41,0	46,9
30/11/16	22,3	31,0	44,0	44,3	32,8	36,8	38,9	41,0	46,9
31/12/16	22,3	31,0	44,0	44,3	32,8	36,8	38,9	41,0	42,9
31/01/17	22,3	31,0	44,0	44,3	32,8	36,8	38,9	41,0	43,0
28/02/17	25,4	39,7	46,4	46,4	41,2	37,0	40,2	29,2	44,9
31/03/17	31,6	34,0	43,8	43,8	34,8	32,8	44,1	23,2	43,9
30/04/17	32,5	26,8	43,9	44,0	37,1	32,3	44,6	22,9	45,9
31/05/17	31,9	25,3	42,5	42,6	35,9	30,9	44,0	25,3	46,9
30/06/17	26,9	36,5	46,7	46,9	26,6	30,7	46,2	27,6	46,9
31/07/17	29,8	31,2	45,7	45,6	27,0	27,9	32,0	29,5	44,9
31/08/17	22,2	37,9	45,0	45,0	26,9	28,7	31,5	33,6	41,9
30/09/17	24,4	41,2	46,6	46,7	26,6	29,8	32,5	36,2	44,9
31/10/17	20,1	43,4	46,3	46,4	23,1	26,3	32,2	34,8	42,0
30/11/17	31,0	55,3	53,4	53,4	36,2	35,2	52,6	46,8	48,9
31/12/17	30,3	37,3	44,0	42,8	34,9	34,9	41,0	40,0	44,3
31/01/18	30,1	37,2	43,9	42,7	34,7	34,7	40,9	39,8	44,2
28/02/18	29,9	37,1	43,9	42,6	34,5	34,6	40,8	39,7	44,2
31/03/18	29,7	37,0	43,8	42,6	34,3	34,4	40,8	39,6	44,1
30/04/18	29,4	36,9	43,7	42,5	34,1	34,2	40,7	39,5	44,1

	Bacini 1-2	Bacini 3-4	Bacini 9-18				Bacini 5-6	Bacini 7-8	Bacini 19-22
	1 vca	2 vca	3 nca	4 nca	5 nca	6 nca	7 vca	8 vca	9 vca
31/05/18	29,2	36,8	43,7	42,4	33,9	34,0	40,6	39,3	44,0
30/06/18	29,1	36,6	43,6	42,3	33,7	33,8	40,6	39,2	43,9
31/07/18	28,8	36,5	43,5	42,2	33,5	33,6	40,5	39,1	43,8
31/08/18	28,6	36,4	43,5	42,2	33,3	33,4	40,4	38,9	43,9
30/09/18	28,4	36,3	43,4	42,1	33,1	33,2	40,3	38,8	43,7
31/10/18	28,2	36,2	43,3	42,0	32,9	33,1	40,3	38,7	43,5
30/11/18	28,1	36,2	43,2	41,9	32,8	32,9	40,3	38,7	43,4
31/12/18	28,0	36,2	43,0	41,9	32,7	32,8	40,3	38,6	43,2
31/01/19	27,8	36,1	42,9	41,8	32,4	32,6	40,3	38,5	43,0
28/02/19	27,6	35,9	42,7	41,6	32,2	32,4	40,2	38,4	42,8
31/03/19	27,4	35,8	42,6	41,6	32,1	32,2	40,2	38,3	42,4
30/04/19	27,2	35,5	42,5	41,5	31,9	32,1	40,1	38,1	42,3
31/05/19	27,0	35,3	42,4	41,4	31,7	31,9	40,0	37,9	42,2
30/06/19	26,7	35,1	42,4	41,2	31,6	31,7	39,9	37,8	42,2
31/07/19	26,4	35,0	42,4	41,2	31,4	31,6	39,8	37,6	42,1
31/08/19	26,1	34,9	42,4	41,1	31,2	31,4	39,6	37,5	42,3
30/09/19	25,8	34,8	42,3	41,0	31,1	31,1	39,4	37,4	42,3
31/10/19	25,5	34,7	42,2	40,9	30,9	30,9	39,1	37,1	42,2
30/11/19	25,3	34,6	42,1	40,9	30,8	30,8	39,1	36,9	41,8
31/12/19	25,1	34,4	41,9	40,7	30,6	30,6	39,0	36,8	41,5
31/01/20	24,9	34,3	41,8	40,7	30,4	30,4	38,9	36,7	41,5
29/02/20	24,7	34,2	41,7	40,6	30,2	30,2	38,8	36,6	41,5
31/03/20	24,6	34,2	41,7	40,6	30,1	30,1	38,8	36,6	41,5
30/04/20	24,4	34,1	41,5	40,5	30,0	30,0	38,7	36,3	41,4
31/05/20	24,2	33,9	41,4	40,5	29,8	29,8	38,5	36,3	41,3
30/06/20	24,0	33,8	41,4	40,4	29,7	29,6	38,3	36,1	41,3
31/07/20	23,7	33,7	41,3	40,4	29,5	29,5	38,2	36,1	41,2
31/08/20	23,5	33,6	41,2	40,3	29,4	29,3	38,0	35,9	41,1
30/09/20	23,3	33,5	41,1	40,2	29,2	29,1	37,9	35,8	41,0
31/10/20	23,0	33,3	40,9	40,2	29,0	28,9	37,6	35,8	40,9
30/11/20	22,8	33,2	40,9	40,1	28,8	28,8	37,5	35,8	40,9
31/12/20	22,6	33,1	40,7	40,0	28,6	28,6	37,4	35,5	40,7
31/01/21	22,4	33,1	40,7	40,0	28,5	28,5	37,2	35,3	40,5
28/02/21	22,2	32,9	40,7	40,0	28,4	28,3	37,1	35,1	40,4
31/03/21	22,1	32,8	40,6	39,9	28,2	28,2	37,0	34,9	40,2
30/04/21	21,9	32,7	40,5	39,9	28,1	28,0	36,9	34,8	40,1
31/05/21	21,8	32,6	40,4	39,8	27,9	27,8	36,8	34,5	40,1
30/06/21	21,6	32,4	40,3	39,8	27,8	27,7	36,7	34,5	40,0
31/07/21	21,4	32,3	40,3	39,7	27,6	27,5	36,7	34,4	39,9
31/08/21	21,2	32,1	40,2	39,6	27,4	27,3	36,6	34,3	39,7
30/09/21	21,0	32,0	40,2	39,6	27,2	27,2	36,5	34,1	39,6
31/10/21	20,9	32,0	40,2	39,6	27,1	27,1	36,4	34,0	39,4
30/11/21	20,7	31,9	40,2	39,6	27,0	27,0	36,4	34,0	39,5
31/12/21	20,6	32,0	40,1	39,7	26,9	26,9	36,4	33,9	39,3
31/01/22	20,5	32,0	40,2	39,8	26,8	26,9	36,4	33,9	39,2
28/02/22	20,5	32,0	40,3	39,9	26,8	26,8	36,5	33,9	39,1
31/03/22	20,4	32,1	40,4	40,0	26,7	26,7	36,5	34,0	39,0
30/04/22	20,3	32,2	40,5	40,1	26,7	26,7	36,6	34,0	38,9
31/05/22	20,2	32,2	40,5	40,1	26,6	26,6	36,6	34,0	38,9
30/06/22	20,1	32,2	40,6	40,2	26,5	26,5	36,7	34,0	38,8
31/07/22	20,0	32,2	40,6	40,3	26,5	26,5	36,7	33,9	38,7
31/08/22	20,0	32,3	40,7	40,5	26,5	26,5	36,8	34,0	38,6
30/09/22	19,9	32,3	40,7	40,5	26,3	26,3	36,8	33,9	38,5
31/10/22	19,8	32,3	40,8	40,5	26,3	26,3	36,8	33,9	38,4
30/11/22	19,7	32,4	40,8	40,6	26,2	26,2	36,8	33,9	38,3
31/12/22	19,6	32,4	40,9	40,7	26,2	26,1	36,8	34,0	38,2
31/01/23	19,6	32,5	40,9	40,8	26,1	26,1	36,9	34,0	38,2
28/02/23	19,5	32,5	41,0	40,9	26,1	26,1	36,9	34,1	38,1
31/03/23	19,4	32,5	41,0	40,9	26,0	26,0	36,9	34,1	38,0
30/04/23	19,3	32,4	40,8	40,7	25,8	25,8	36,8	34,0	37,9
31/05/23	19,1	32,3	40,7	40,6	25,6	25,6	36,6	33,9	37,7
30/06/23	18,9	32,1	40,6	40,5	25,5	25,4	36,5	33,8	37,6
31/07/23	18,8	32,0	40,5	40,4	25,3	25,3	36,5	33,6	37,5
31/08/23	18,6	31,9	40,5	40,4	25,1	25,1	36,4	33,5	37,5
30/09/23	18,5	31,8	40,4	40,3	25,0	25,0	36,3	33,5	37,4
31/10/23	18,4	31,8	40,5	40,3	24,9	24,9	36,3	33,4	37,3
30/11/23	18,3	31,8	40,5	40,3	24,8	24,8	36,3	33,4	37,2
31/12/23	18,1	31,6	40,2	40,1	24,6	24,6	36,2	33,2	37,1
31/01/24	17,8	31,3	40,0	40,0	24,4	24,5	36,0	33,0	37,0
29/02/24	17,6	31,1	39,7	39,8	24,1	24,3	35,7	32,7	36,9
31/03/24	17,4	30,9	39,5	39,6	23,9	24,2	35,6	32,5	36,8
30/04/24	17,1	30,7	39,4	39,4	23,7	24,1	35,3	32,2	36,7
31/05/24	16,9	30,4	39,3	39,2	23,5	23,9	35,0	31,8	36,6
30/06/24	16,6	30,0	39,2	39,0	23,4	23,8	34,7	31,5	36,5
31/07/24	16,4	29,8	38,9	38,7	23,1	23,6	34,4	31,3	36,4
31/08/24	16,1	29,5	38,8	38,5	22,9	23,5	34,2	31,0	36,3
30/09/24	15,9	29,2	38,6	38,3	22,7	23,4	33,9	30,7	36,2
31/10/24	15,7	28,8	38,5	38,1	22,4	23,2	33,6	30,4	36,1
30/11/24	15,6	28,7	38,4	38,0	22,2	23,1	33,5	30,3	36,1

	Bacini 1-2	Bacini 3-4	Bacini 9-18				Bacini 5-6	Bacini 7-8	Bacini 19-22
	1 vca	2 vca	3 nca	4 nca	5 nca	6 nca	7 vca	8 vca	9 vca
31/01/25	15,4	28,4	38,3	37,9	22,0	22,8	33,4	30,1	35,9
28/02/25	15,3	28,3	38,2	37,9	21,9	22,7	33,4	30,0	35,8
31/03/25	15,3	28,3	38,1	37,8	21,8	22,6	33,4	29,9	35,7
30/04/25	15,2	28,2	38,1	37,8	21,7	22,5	33,4	29,9	35,6
31/05/25	15,2	28,2	38,1	37,8	21,6	22,3	33,4	29,8	35,5
30/06/25	15,1	28,0	38,1	37,8	21,5	22,2	33,3	29,7	35,4
31/07/25	15,0	28,0	38,0	37,7	21,4	22,1	33,2	29,6	35,4
31/08/25	14,9	27,9	38,0	37,6	21,3	22,0	33,1	29,5	35,3
30/09/25	14,8	27,8	37,9	37,6	21,2	21,8	33,1	29,4	35,2
31/10/25	14,7	27,7	37,8	37,5	21,1	21,7	33,0	29,3	35,1
30/11/25	14,7	27,7	37,8	37,5	21,1	21,6	33,0	29,3	35,0
31/12/25	14,6	27,7	37,8	37,5	21,0	21,5	33,0	29,2	34,9
31/01/26	14,6	27,7	37,8	37,5	21,0	21,4	33,0	29,2	34,8
28/02/26	14,6	27,7	37,8	37,6	20,9	21,3	33,0	29,2	34,7
31/03/26	14,5	27,7	37,9	37,6	20,9	21,2	33,0	29,1	34,6
30/04/26	14,5	27,7	37,8	37,6	20,8	21,1	32,9	29,1	34,6
31/05/26	14,5	27,6	37,7	37,4	20,7	20,9	32,8	28,9	34,5
30/06/26	14,3	27,5	37,7	37,2	20,5	20,8	32,7	28,7	34,4
31/07/26	14,1	27,4	37,6	37,0	20,3	20,6	32,6	28,5	34,3
31/08/26	14,0	27,2	37,4	36,8	20,1	20,5	32,4	28,3	34,2
30/09/26	13,9	27,1	37,2	36,7	20,0	20,4	32,2	28,2	34,1
31/10/26	13,9	27,0	37,2	36,6	20,0	20,3	32,2	28,1	34,0
30/11/26	13,8	27,1	37,2	36,6	19,9	20,3	32,2	28,1	33,9
31/12/26	13,8	27,1	37,2	36,7	19,9	20,3	32,2	28,1	33,9
31/01/27	13,9	27,2	37,3	36,8	19,9	20,3	32,3	28,1	33,8
28/02/27	13,9	27,2	37,4	36,9	19,9	20,3	32,3	28,1	33,7
31/03/27	13,9	27,3	37,4	36,9	19,9	20,3	32,4	28,1	33,6
30/04/27	13,9	27,3	37,5	37,0	19,9	20,3	32,5	28,1	33,5
31/05/27	13,9	27,3	37,4	37,0	19,9	20,2	32,4	28,1	33,4
30/06/27	13,8	27,3	37,3	36,8	19,8	20,1	32,3	27,9	33,4
31/07/27	13,8	27,2	37,2	36,8	19,8	20,1	32,3	27,8	33,3
31/08/27	13,8	27,2	37,2	36,8	19,7	20,1	32,3	27,8	33,2
30/09/27	13,8	27,2	37,2	36,7	19,7	20,0	32,2	27,8	33,1
31/10/27	13,6	27,1	37,1	36,7	19,6	19,9	32,2	27,7	33,0
30/11/27	13,6	27,0	37,1	36,6	19,6	19,8	32,2	27,6	32,9
31/12/27	13,5	27,0	37,1	36,6	19,5	19,7	32,2	27,7	32,9

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la Prof.ssa Chiara Massera, relatrice di questo elaborato, per la sua disponibilità e professionalità.

Ringrazio infinitamente l'Ing. Stefano Salati, mio correlatore e Ivano Rocchi, per avermi accolto nel loro ufficio in tutti questi mesi, per avermi dedicato parte del loro tempo e per tutti i sorrisi fatti insieme.

Un ringraziamento anche a Dario Marastoni che mi ha aiutato con pazienza nella fase di calcolo. Inoltre, ringrazio Alessandra, Marco e Sauro che sono stati disponibili fin dal mio arrivo in azienda.

Ringrazio Vincenzo Miodini, agronomo di S.A.Ba.R., per avermi assistito con estrema professionalità nella seconda parte della tesi.

Ringrazio l'Ing. Marco Boselli per avermi dato la possibilità di realizzare questa tesi in cui ho creduto fin dall'inizio.

Infine ringrazio di cuore mia sorella Veronica, mia mamma Stefania, Nicolas ed Eolo per essermi stati vicini in tutti questi anni e per avermi supportata e sopportata.

Un abbraccio a mia nonna Ludovica.