

BOZZA FINALE

Progetto

RE **SOLE**  
agricoltura solare

Linee guida per il risparmio energetico  
e per la produzione di energia da fonte  
solare negli allevamenti zootecnici



#### Autori

Paolo Rossi – C.R.P.A. S.p.A. (capitoli 1, 2, 3, 4, 5 e 6)

Alessandro Gastaldo – Fondazione CRPA Studi Ricerche (capitoli 2, 4, 5 e 6)

Giovanni Riva – Università Politecnica delle Marche (paragrafo 4.6)

Carla de Carolis – Università Politecnica delle Marche (paragrafo 4.6)

#### Editing

Magda C. Schiff

#### Copertina e revisione grafica

Giuseppe Fattori

#### Editore

Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.A.

Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

#### Ringraziamenti

Alle aziende agricole sotto elencate, per la fattiva collaborazione e la disponibilità dimostrata nel corso delle attività di monitoraggio degli impianti pilota per il fotovoltaico e il solare termico:

- Azienda Agricola Biondi Bruno, Fabrizio e Giuseppe, San Martino in Rio (RE)
- Azienda Agricola Fratelli Prandi, Roncadella (RE)
- Azienda Agricola Il Girasole, Campagnola Emilia (RE)
- Azienda Agricola Simonazzi Aurelio, Ernesto e Landini Mirte, Bagnolo in Piano (RE)
- Azienda Agricola Tincani Aldino, Castellarano (RE)
- Società Agricola Al Giunco, Cavola di Toano (RE)
- Società Agricola C.S.S., Bagnolo in Piano (RE)

Reggio Emilia, luglio 2013

## Indice generale

1 Inquadramento generale.....	7
1.1. Produzione e consumo di energia nel mondo.....	7
1.2. Produzione e consumo di energia in Europa.....	8
1.3. Produzione e consumo di energia in Italia.....	9
1.4. Obiettivi per i cambiamenti climatici.....	10
1.5. Le fonti energetiche rinnovabili.....	13
1.5.1. Situazione delle rinnovabili in Europa e in Italia.....	13
1.5.2. Diversità fra le rinnovabili.....	14
1.5.3. Rinnovabili e agricoltura.....	15
2 Consumi energetici negli allevamenti.....	17
2.1. Comparto suino.....	18
2.1.1. Breve analisi bibliografica.....	18
2.1.2. Sintesi dei risultati delle indagini campionaria e analitica.....	19
2.2. Comparto bovino da latte.....	21
2.2.1. Breve analisi bibliografica.....	21
2.2.2. Sintesi dei risultati delle indagini campionaria e analitica.....	23
2.3. Comparto avicolo.....	25
2.3.1. Breve analisi bibliografica.....	25
2.3.2. Sintesi dei risultati dell'indagine analitica.....	25
A. Galline ovaiole.....	25
B. Polli da carne.....	26
3 Efficienza energetica.....	27
3.1. Tecnologie per l'efficienza energetica.....	28
3.2. Efficienza energetica in zootecnia.....	29
3.2.1. Aspetti generali.....	31
3.2.2. Comparto bovino da latte.....	35
3.2.3. Comparti suinicolo e avicolo.....	38
3.3. Interventi di miglioramento dell'efficienza energetica.....	40
3.3.1. I progetti per l'allevamento suinicolo.....	41
3.3.2. Il progetto per l'allevamento bovino.....	43
3.3.3. I progetti per l'allevamento avicolo.....	43
3.3.4. Le schede di miglioramento.....	44
4 Energia solare.....	48
4.1. Energia dal Sole.....	48
4.2. Solare fotovoltaico.....	50
4.2.1. Aspetti tecnici.....	51
4.2.2. Diffusione del fotovoltaico.....	56
4.2.3. Aspetti normativi.....	59
4.2.4. Aspetti economici.....	61
4.3. Le aziende pilota del progetto "Re Sole" per il fotovoltaico.....	63
4.3.1. Azienda Agricola Fratelli Prandi.....	63
4.3.2. Azienda Agricola Simonazzi.....	65

4.3.3. Società Agricola CSS.....	66
4.3.4. Azienda Il Girasole.....	67
4.4. Risultati del monitoraggio degli impianti FV delle aziende pilota.....	70
4.4.1. Impianto P1.....	70
4.4.2. Impianto P2.....	71
4.4.3. Impianto P3.....	72
4.4.4. Impianto S.....	73
4.4.5. Impianto C.....	74
4.4.6. Impianto G1.....	75
4.4.7. Impianto G2.....	76
4.4.8. Valutazioni economiche sugli impianti pilota.....	76
4.5. Considerazioni finali sul fotovoltaico in zootecnia.....	81
4.6. Solare termico.....	85
4.6.1. Aspetti tecnici.....	86
4.6.2. Diffusione del solare termico.....	91
4.6.3. Aspetti normativi.....	92
4.7. Le aziende pilota del progetto "Re Sole" per il solare termico.....	94
4.7.1. Società Agricola Al Giunco.....	94
4.7.2. Azienda Agricola Tincani.....	95
4.7.3. Azienda Agricola Biondi.....	96
4.8. Risultati del monitoraggio degli impianti solari delle aziende pilota.....	97
4.8.1. Aspetti tecnici relativi al monitoraggio.....	97
4.8.2. Impianto A.....	98
4.8.3. Impianto T.....	99
4.8.4. Impianto B.....	100
4.8.5. Valutazioni economiche sugli impianti pilota.....	101
5 Schede tecniche.....	106
SCHEDA TECNICA N. 1 relativa al progetto di "Porcilaia di gestazione".....	107
SCHEDA TECNICA N. 2 relativa al progetto di "Porcilaia di maternità".....	108
SCHEDA TECNICA N. 3 relativa al progetto di "Porcilaia di svezzamento".....	109
SCHEDA TECNICA N. 4 relativa al progetto di "Porcilaia di accrescimento".....	110
SCHEDA TECNICA N. 5 relativa al progetto di "Porcilaia d' ingrasso".....	111
SCHEDA TECNICA N. 6 relativa al progetto di "Stalla per vacche da latte".....	112
SCHEDA TECNICA N. 7 relativa al progetto di "Pollaio per broilers".....	113
SCHEDA TECNICA N. 8 relativa al progetto di "Pollaio per galline ovaiole".....	114
6 Schede miglioramento.....	115
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 1 relativa alla Scheda tecnica n. 1.....	116
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 2 relativa alla Scheda tecnica n. 1.....	117
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 3 relativa alla Scheda tecnica n. 1.....	118
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 4 relativa alla Scheda tecnica n. 2.....	119
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 5 relativa alla Scheda tecnica n. 2.....	120
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 6 relativa alla Scheda tecnica n. 3.....	121
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 7 relativa alla Scheda tecnica n. 3.....	122
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 8 relativa alla Scheda tecnica n. 4.....	123
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 9 relativa alla Scheda tecnica n. 5.....	124
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 10 relativa alla Scheda tecnica n. 5.....	125

SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 11 relativa alla Scheda tecnica n. 6.....	126
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 11b relativa alla Scheda tecnica n. 6.....	127
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 12 relativa alla Scheda tecnica n. 6.....	128
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 13 relativa alla Scheda tecnica n. 7.....	129
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 14 relativa alla Scheda tecnica n. 7.....	130
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 15 relativa alla Scheda tecnica n. 7.....	131
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 16 relativa alla Scheda tecnica n. 8.....	132
SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 17 relativa alla Scheda tecnica n. 8.....	133
7 Tavole.....	134
8 Tabelle.....	143
9 Figure.....	156
10 Bibliografia.....	211
11 Normativa di riferimento e documenti rilevanti.....	214
1. Normativa.....	214
2. Documenti.....	215
12 Unità di misura, abbreviazioni e sigle.....	216

## PRESENTAZIONE

Le presenti Linee guida sono il naturale approdo delle numerose attività svolte e dei risultati ottenuti con il progetto di sperimentazione "Re Sole" (Sviluppo delle diverse tecnologie per il risparmio energetico e per lo sfruttamento di energia solare negli allevamenti dell'Emilia-Romagna), finanziato dall'Assessorato Agricoltura della Regione Emilia-Romagna nell'ambito della legge 28/98 e cofinanziato da BIT S.p.A. di Parma, Project Group di San Polo (RE), Bluengineering S.r.l. di Rubiera (RE), Kiepe Electric S.p.A. di Cernusco sul Naviglio (MI) e Isomec S.r.l. di Parma.

Il progetto, coordinato dal CRPA, avviato nell'autunno del 2009 e conclusosi nell'agosto 2013, ha visto il coinvolgimento di Fondazione CRPA Studi Ricerche di Reggio Emilia, Dipartimento di protezione e valorizzazione agroalimentare (Diproval) dell'Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di scienze applicate ai sistemi complessi (Sasc) dell'Università Politecnica delle Marche, BIT Energia S.r.l. di Parma e Comitato Termotecnico Italiano (CTI) – Energia e Ambiente di Milano.

Il progetto, che si è rivolto ai principali comparti zootecnici regionali (bovino da latte, suino, avicolo), si è posto i seguenti principali obiettivi:

- favorire l'adozione di sistemi per il risparmio energetico, con particolare riferimento a quelle tecniche che puntano all'efficienza e all'ottimizzazione di strutture e impianti normalmente presenti negli allevamenti;
- favorire l'adozione di impianti fotovoltaici, con priorità di quelli installabili sui tetti degli edifici rurali;
- favorire l'adozione di impianti a solare termico per la produzione di acqua calda tecnologica da utilizzarsi nelle attività connesse all'allevamento.

Le Linee guida, per definizione, vogliono essere uno strumento operativo di facile consultazione, che si pone l'obiettivo di guidare il potenziale lettore nelle valutazioni e nelle scelte relative all'efficienza energetica e alla produzione di energia da fonte solare in zootecnia; tale strumento, ovviamente, non ha la pretesa di essere esaustivo circa gli argomenti trattati e tanto meno può sostituire manuali tecnici che trattano in modo specifico temi come il fotovoltaico o i consumi energetici, ma può essere di valido aiuto per inquadrare le tematiche e stimolare gli approfondimenti.

# 1 Inquadramento generale

## 1.1. Produzione e consumo di energia nel mondo

Il consumo mondiale di energia primaria nel 2012 si è attestato sui **12.477 Mtep**, secondo stime della *BP*<sup>1</sup>, con un aumento dell'1,8% rispetto all'anno precedente.

Con riferimento ai consumi energetici 2010 (12.002 Mtep, fonte *UP*<sup>2</sup>), la distribuzione geografica vedeva al primo posto l'Asia, con il 37% del consumo totale, seguita da Nord America (22%) ed Europa (16%).

I consumi energetici mondiali sono in crescita e secondo un recente studio della *IEA*<sup>3</sup>, pubblicato sul *World Energy Outlook 2012 (WEO-2012)*, la domanda energetica aumenterà di oltre un terzo da oggi al 2035, con Cina, India e Medio Oriente che assorbiranno il 60% della crescita.

I combustibili fossili sono ancora preponderanti nel mix energetico mondiale, anche perché ricevono ingenti sussidi, pari ad un valore sei volte superiore a quello degli incentivi erogati a favore delle fonti rinnovabili (*WEO-2012*). Inoltre, gli Stati Uniti stanno aumentando la produzione di petrolio, con la previsione che al 2030 potranno diventare un esportatore netto, mentre oggi importano circa il 20% del fabbisogno.

Altro aspetto non positivo dal punto di vista ambientale è il forte incremento del consumo di carbone, che nel decennio scorso ha coperto quasi la metà dell'incremento della domanda energetica mondiale, crescendo di più dell'insieme delle fonti energetiche rinnovabili (FER).

Questa situazione non è in linea con gli sforzi che si stanno facendo per combattere i cambiamenti climatici e il riscaldamento globale del pianeta; per questo motivo gli scenari che hanno a cuore il futuro ambientale della Terra pongono l'attenzione su due filoni paralleli: l'**efficienza energetica** e le **FER**. Su di essi dovrà basarsi l'azione dei governi in materia energetica nei prossimi decenni, se si vorranno limitare i danni conseguenti all'inquinamento ambientale e all'effetto serra.

La domanda mondiale di energia elettrica sta aumentando ad una velocità quasi doppia rispetto a quella del consumo totale di energia; per soddisfare questa domanda sono necessari grandi investimenti per sostituire le centrali elettriche obsolete e per aumentare la produzione da FER. Peraltro, in questo quadro si inserisce il ridimensionamento del ruolo dell'energia nucleare in diversi paesi, come conseguenza dell'incidente alla centrale giapponese di Fukushima.

La produzione di energia elettrica da solare ed eolico è in rapida crescita, consolidando il ruolo delle FER nel panorama energetico mondiale; il solare, in particolare, cresce più rapidamente di qualsiasi altra

---

1 *BP: Statistical Review of World Energy, June 2013*

2 *UP, Unione Petrolifera*

3 *IEA, International Energy Agency*

tecnologia rinnovabile. Si prevede che nel 2035 le FER possano coprire il 30-35% del fabbisogno mondiale di energia elettrica (*WEO2012*), benché tale dato venga considerato ancora insufficiente dalle organizzazioni ambientaliste.

Un aspetto non secondario che si inserisce nelle strategie energetiche è il ruolo dell'acqua; questa, infatti, è indispensabile in molte attività di produzione energetica (idroelettrico, estrazione e trasporto delle fonti fossili, irrigazione delle colture energetiche) e gli scenari futuri ne prevedono un consistente aumento di consumo. Ma l'acqua è un bene che scarseggia in molte aree del mondo, anche solo per i suoi usi più importanti (alimentazione umana e animale, irrigazione), e questo potrà comportare delle modifiche nelle politiche energetiche di alcuni paesi.

## 1.2. Produzione e consumo di energia in Europa

I più recenti dati *Eurostat* disponibili fanno riferimento al periodo 2000-2010 ed evidenziano un consumo interno lordo<sup>4</sup> della UE27 di **1.759 Mtep** nel 2010, contro il picco massimo di consumo di 1.826 Mtep registrato nel 2006. Tale riduzione viene messa in relazione con il più basso livello di attività economica nella UE, derivante dalla crisi economico-finanziaria mondiale.

La Germania è il paese più energivoro, con 336,1 Mtep, seguito da Francia (268,6), Regno Unito (212,6) e Italia (175,5); questi quattro paesi consumano insieme il 56,5% del consumo interno lordo totale della UE27.

Analizzando l'intero periodo 2000-2010 si può notare una graduale riduzione della quota energetica derivante da petrolio greggio, prodotti petroliferi, combustibili solidi e nucleare, mentre aumenta il contributo derivante da FER e gas naturale.

L'uso finale dell'energia vede prevalere tre settori: il trasporto (31,7%), il domestico (26,7%) e l'industria (25,3%); **l'agricoltura** si attesta sul **2,2%**.

Elaborazioni *Eurostat* più recenti evidenziano un ulteriore calo del consumo interno lordo della UE27, che si attesta sui 1.600 Mtep nel 2011.

Il bilancio energetico elettrico 2010 riportato nel *Rapporto statistico UE27 Settore elettrico (RS-UE27)* evidenzia una produzione lorda<sup>5</sup> di circa 3,35 milioni di GWh; sottraendo i consumi attribuibili ai pompaggi e ai servizi ausiliari e aggiungendo il saldo estero positivo (import-export) si ottiene l'energia richiesta dalla rete, che ammonta a circa 3,14 milioni di GWh. Le perdite di rete sono valutate in circa 193.000 GWh, rimanendo così un consumo netto europeo di circa 2,95 milioni di GWh.

La quota maggiore di questo consumo è attribuita al settore industriale, con poco meno del 40%; seguono poi il terziario e il domestico, rispettivamente con il 31 e il 29%, mentre all'**agricoltura** rimane appena l'**1,7%** del consumo netto totale.

I dati desumibili dal citato rapporto mostrano già un forte *trend* evolutivo delle rinnovabili nel decennio 2000-2010: la potenza netta degli impianti europei per la produzione di energia elettrica, che risultava pari a 694.750 MW nell'anno 2000, vedeva una netta prevalenza delle fonti convenzionali (carbone, gas naturale, prodotti petroliferi), con oltre il 60%, mentre la quota ascrivibile alle FER era pari al 18,8%; nel 2010, con una potenza netta salita a 870.108 MW, le fonti convenzionali mantenevano ancora il primato

4 Consumo interno lordo (CIL): produzione lorda + saldo estero – produzione da pompaggi.

5 La produzione lorda di energia elettrica di un insieme di impianti di generazione, in un determinato periodo, è la somma delle quantità di energia elettrica prodotte, misurate ai morsetti dei generatori elettrici.

(54,2%), ma la quota FER aumentava nettamente, attestandosi sul 30%.

Relativamente alla produzione lorda europea di energia elettrica (2010), la quota da FER si attestava sul 20%, mentre lo stesso dato riferito all'Italia risultava pari al 25,5%. Nello stesso anno la quota di energia rinnovabile sul consumo finale lordo della UE27 era pari al 12,5%, quindi ancora lontana 7,5 punti percentuale dall'obiettivo del 2020.

Interessante l'esame dell'apporto delle singole FER al bilancio energetico europeo: nel 2000 la fonte idrica, da sola, copriva quasi l'82% della potenza netta e la seconda FER in ordine d'importanza era l'eolica con appena il 10% della potenza netta a rinnovabili; nel 2010 le cose sono radicalmente cambiate, con l'idraulica che vale il 42% della potenza, l'eolica che balza al 34% e la solare che già raggiunge il 12,1%, seguita a breve distanza dalle bioenergie<sup>6</sup> con l'11,6%.

Quadro un po' diverso se si considera la produzione lorda: nel 2000 l'idraulica valeva oltre l'80%, con la rimanente quota occupata più o meno a metà da bioenergie ed eolico. Dieci anni dopo la quota attribuita all'idraulica è scesa al 55,7%, mentre avanzano l'eolico (22,5%), le bioenergie (18,3%) e il solare (3,3%).

### 1.3. Produzione e consumo di energia in Italia

In Italia il consumo finale di energia<sup>7</sup>, secondo dati Terna, si attestava nel 2011 su 171,5 Mtep, pari a poco meno di 2 milioni di GWh, in leggero calo rispetto all'anno precedente (-2%). La ripartizione fra le varie fonti energetiche, con riferimento al consumo interno lordo di energia<sup>8</sup>, era la seguente: 37,9% da prodotti petroliferi, 34,7% da gas naturale, 13,3% da rinnovabili, 8,6% da solidi e 5,4% da elettricità primaria (elettricità generata da processi primari quali il nucleare, l'idroelettrico e la geotermia).

Gli impieghi finali di energia nel 2011 sono risultati pari a 137,9 Mtep, così ripartiti fra i diversi settori<sup>9</sup>: usi civili 34,4%, trasporti 31,5%, industria 24,2%, agricoltura 2,2% e altri usi (petrolchimica, scorte di carburante) 7,7%.

Per quanto riguarda la sola **energia elettrica**, è possibile visionare i dati Terna riportati nel bilancio energetico elettrico (2011), da cui risulta una produzione lorda di 302.570 GWh; sottraendo i consumi attribuibili a pompaggi e a servizi ausiliari e aggiungendo il saldo estero positivo si ottengono 334.640 GWh di energia richiesta dalla rete. Le perdite di rete sono valutate in 20.848 GWh; rimane così un consumo netto italiano di **313.792 GWh**.

Al settore industriale viene attribuita la quota maggiore di questo consumo, con poco meno del 45%, mentre settore terziario e settore domestico hanno rispettivamente il 31 e il 22% del consumo netto totale. L'**agricoltura** è ultima, con l'**1,9%** del consumo, corrispondente a 5.907 GWh, ma bisogna notare che il settore primario è quello che cresce di più in termini percentuali rispetto all'anno precedente (+5,3% rispetto a un aumento medio dell'1,16% degli altri settori).

Secondo stime dell'OCSE<sup>10</sup> riportate da ENEA<sup>11</sup> (Rapporto annuale efficienza energetica 2011), il sistema agroalimentare italiano, cioè l'insieme dell'agricoltura e dell'agroindustria, ha un consumo energetico

6 Bioenergie: biomasse solide, biogas e bioliquidi.

7 Il consumo finale di energia è dato dal consumo interno lordo di energia diminuito del consumo del settore energetico.

8 Il consumo interno lordo di energia è dato dalla somma dei quantitativi di fonti primarie prodotte, di fonti primarie e secondarie importate e dalla variazione delle scorte di fonti primarie e secondarie presso produttori e importatori, diminuita delle fonti primarie e secondarie esportate.

9 Rapporto annuale efficienza energetica 2011 (ENEA, dicembre 2012)

10 OCSE: Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico

11 ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

totale annuo di 16,43 Mtep così distribuiti:

- 3,03 Mtep per irrigazione, lavorazione terreni, energia termica ed elettricità per utenze varie;
- 2,9 Mtep per industria alimentare;
- 2,25 Mtep per combustibili per serre e pieno campo, fitosanitari, fertilizzanti e plastica;
- 8,25 Mtep per trasporto, preparazione, conservazione, distribuzione, stoccaggio e commercializzazione.

Se si analizza il versante della produzione energetica nazionale si può notare come la maggior quota venga ancora sostenuta dalle fonti termiche tradizionali (combustibili fossili e idrica da pompaggio), con netta prevalenza del gas naturale, ma le FER stanno aumentando in modo evidente (vedi paragrafo 1.5).

Infine, bisogna rilevare che il deficit della bilancia commerciale dell'energia del nostro Paese ha raggiunto il massimo storico nel settembre del 2011, con quasi 62 miliardi di euro; ciò è dovuto alla forte crescita del valore monetario dell'import di energia, cioè all'aumento dei prezzi unitari delle diverse fonti energetiche, pur essendo sostanzialmente stazionari i volumi importati.

## 1.4. Obiettivi per i cambiamenti climatici

Il **Protocollo di Kyoto**, sottoscritto l'11 dicembre 1997 da oltre 160 paesi industrializzati, responsabili per oltre il 70% delle emissioni di gas serra, rappresenta il più importante atto della comunità internazionale per combattere il riscaldamento globale del pianeta. Questo trattato, entrato in vigore il 16 febbraio 2005, fissa degli obblighi per i paesi che lo hanno ratificato; in particolare, viene richiesta una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra (biossido di carbonio, metano, ossido di diazoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in misura non inferiore al 5% delle emissioni registrate nel 1990.

Il Protocollo prevede dei meccanismi di compensazione basati sull'acquisto di crediti di emissioni, attuati tramite strumenti diversi, fra cui l'*Emissions Trading* (mercato delle emissioni) e il *Clean Development Mechanism* (meccanismo per lo sviluppo pulito).

Gli obiettivi energetici europei sono raccolti nel noto **Pacchetto Clima-Energia "20-20-20"**, che riprende i punti cardine fissati dal Consiglio Europeo dell'8 e 9 marzo 2007 nel capitolo Politica climatica ed energetica integrata; tali obiettivi, sostanzialmente confermati nell'ambito del Consiglio Europeo dell'11 e 12 dicembre 2008, equivalgono a quelli minimi definiti nel Quarto rapporto di valutazione dell'*IPCC*<sup>12</sup> sui cambiamenti climatici nel pianeta. Gli obiettivi da raggiungere entro il 2020 sono i seguenti:

- ridurre di almeno il 20% le emissioni di gas a effetto serra rispetto all'anno 1990;
- ridurre del 20% i consumi energetici rispetto alle proiezioni "inerziali" per il 2020 (fatte nel 2007), agendo sull'aumento dell'efficienza energetica;
- portare al 20% la quota del consumo energetico europeo soddisfatta da fonti rinnovabili.

Ci sono poi obiettivi aggiuntivi per il settore dei trasporti, relativi all'uso delle rinnovabili e alla decarbonizzazione dei combustibili.

L'intento è quello di agire nel solco tracciato dal Protocollo di Kyoto, puntando a contrastare i cambiamenti climatici con l'incentivazione dell'**efficienza energetica** e il forte impulso allo sviluppo delle

---

12 *IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change*

**FER.** Tali filoni richiedono ingenti investimenti nelle città, nell'industria e anche nelle campagne (attività agricola) e per questo l'UE si è dotata di strumenti normativi e attuativi volti a favorire questi processi di innovazione fondamentali per il futuro del nostro Pianeta.

Il Pacchetto Clima-Energia contiene alcune importanti norme finalizzate ad accompagnare gli stati membri verso il raggiungimento degli obiettivi prefissati, fra le quali la *direttiva 2009/28/CE* sulla promozione delle FER, la *direttiva 2009/29/CE* sulle quote di emissione di gas serra e la *direttiva 2009/31/CE* sullo stoccaggio del carbonio. Il corpus normativo è stato poi completato dalla *direttiva 2012/27/UE* relativa all'efficienza energetica.

Ma l'Europa guarda oltre e recentemente la Commissione europea ha adottato un Libro verde (27/03/2013) con l'intento di costituire un quadro strategico condiviso per le politiche in materia di cambiamenti climatici e di energia da oggi al 2030. Ciò dovrebbe *"garantire investimenti adeguati per una crescita sostenibile, prezzi competitivi e accessibili per l'energia e una maggiore sicurezza energetica. Il nuovo quadro strategico deve tenere conto delle conseguenze della crisi economica ed essere anche sufficientemente ambizioso per realizzare l'obiettivo a lungo termine di ridurre le emissioni dell'80-95% entro il 2050"* (Oettinger, 2013).

Con il Pacchetto Clima-Energia ogni Stato membro ha visti definiti i propri obiettivi, in accordo con gli altri paesi dell'Unione, riportati in piani di azione particolareggiati. Per l'Italia hanno rilevanza strumenti quali il Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (PAN) e la Strategia energetica nazionale (SEN).

Il PAN, trasmesso alla Commissione Europea nel luglio del 2010, definisce le azioni da porre in atto per il raggiungimento dell'obiettivo, al 2020, del 17% dei consumi lordi nazionali da soddisfare con energia prodotta da FER; ciò viene ripartito nei tre settori energetici dell'elettrico, del termico e dei trasporti. Per quanto concerne il settore elettrico, l'obiettivo stabilito è il raggiungimento del rapporto percentuale del 26,4% fra produzione rinnovabile normalizzata e CIL. Alla fine del 2011 questo rapporto era pari al 23,5%, quindi a meno di 3 punti percentuale dal valore da raggiungere.

Il PAN pone l'accento anche sullo sviluppo e l'ammodernamento delle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia, allo scopo di sfruttare appieno le potenzialità produttive delle FER.

La nuova SEN è lo strumento di programmazione della politica energetica nazionale per i vari comparti produttivi. Essa si fonda su 4 filoni principali:

- **competitività:** riduzione dei costi energetici e allineamento ai prezzi europei;
- **ambiente:** superamento degli obiettivi europei in materia ambientale (20-20-20);
- **sicurezza:** innalzamento del livello di sicurezza per l'approvvigionamento energetico, riducendo la dipendenza dall'estero;
- **crescita:** sviluppo industriale del settore energetico per favorire la crescita economica sostenibile.

Le azioni proposte hanno due differenti orizzonti temporali: il 2020, con riferimento agli obiettivi del Pacchetto Clima-Energia, e il 2050, con riferimento alla *Roadmap 2050* di decarbonizzazione europea.

Fra le priorità si ricordano l'efficienza energetica, lo sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili e lo sviluppo dell'infrastruttura e del mercato elettrici.

Nel periodo 2010-2020 viene prevista la riduzione assoluta dei consumi energetici primari, grazie all'efficienza energetica, con passaggio da 165 a 158 Mtep/anno. Inoltre, si prevede la diminuzione della dipendenza da combustibili fossili, con aumento del ricorso alle rinnovabili.

L'efficienza energetica rimane uno dei cardini della politica energetica e la SEN prevede l'avvio di uno specifico programma che consenta il superamento degli obiettivi europei al 2020 e che punti alla riduzione delle importazioni e delle emissioni di CO<sub>2</sub>. I comparti energetici che dovranno essere maggiormente interessati sono quelli dell'energia termica e dei trasporti, cioè i più rilevanti nel nostro Paese in termini di consumi finali; i settori di azione prioritari sono i trasporti, l'industria e il residenziale.

Gli strumenti da mettere in atto sono i seguenti:

- rafforzare il quadro normativo e gli standard tecnici di riferimento;
- potenziare i certificati bianchi (titoli di efficienza energetica);
- introdurre il conto energia termico;
- prolungare e revisionare le detrazioni fiscali.

Viene enfatizzato il ruolo della ricerca e dello sviluppo di innovazione tecnologica nel campo energetico e si punta al rafforzamento del cosiddetto modello ESCO<sup>13</sup>, ovvero alla diffusione di modelli contrattuali innovativi per il finanziamento tramite terzi.

Sul fronte dello sviluppo delle FER, si punta innanzitutto a un riequilibrio fra le diverse fonti, con maggior stimolo nei confronti delle termiche; altro aspetto rilevante è l'allineamento dei livelli di incentivazione agli standard europei, per un graduale accompagnamento verso la *grid parity*.

Un aspetto decisivo per lo sviluppo del mercato elettrico italiano è l'**allineamento dei prezzi interni** con quelli europei; nel 2012 la media dei prezzi all'ingrosso dell'energia elettrica di Francia, Germania e Spagna si è attestata sui 45-46 €/MWh, mentre nel nostro Paese è risultata nettamente più alta (75 €/MWh).

Infine, la questione dello **sviluppo delle infrastrutture**, con particolare riferimento alla rete elettrica; è necessario fare il massimo sforzo per assicurare la piena integrazione degli impianti a FER nel sistema elettrico nazionale, migliorando le metodiche di dispacciamento e riducendo i rischi di congestione delle reti locali, in pratica investendo in nuove reti più efficienti.

La potenziale sovra-produzione a livello locale o nazionale potrà essere gestita:

- in modo preventivo per i nuovi impianti, individuando le aree critiche e limitando la potenza incentivabile;
- nel breve periodo, tramite distacchi mirati di importazione e/o di produzione da FER;
- nel medio periodo, tramite il potenziamento delle linee di trasporto;
- nel lungo periodo, puntando allo sviluppo di sistemi evoluti di controllo della distribuzione e alla capacità di accumulo (batterie).

Quest'ultimo punto, in particolare, chiama in causa le cosiddette *smart grid*, reti informative che sono in grado di gestire in modo "intelligente" il funzionamento delle reti di distribuzione, evitando o limitando problemi quali lo spreco energetico e il sovraccarico, ottimizzando così la produzione e l'erogazione di energia.

Sempre maggiore interesse, inoltre, stanno suscitando i sistemi innovativi di **accumulo** dell'energia, tanto

---

<sup>13</sup> ESCO: *Energy Service Company*, azienda che fornisce servizi di consulenza, progettazione e gestione di impianti finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica.

che in Germania è stato varato il piano di incentivazione pubblica per l'installazione di batterie a servizio degli impianti fotovoltaici, mentre in Italia un progetto dimostrativo di Enel, che sarà sviluppato in Emilia-Romagna, punta all'integrazione in rete della generazione distribuita da fonti rinnovabili, mediante opportuni sistemi di controllo e l'utilizzo di dispositivi di accumulo basati sulla tecnologia agli ioni di litio.

## 1.5. Le fonti energetiche rinnovabili

### 1.5.1. Situazione delle rinnovabili in Europa e in Italia

Secondo il *D.lgs. 28/2011* l'energia prodotta da FER è quella derivante da eolico (*Figura 1.1*), solare, aerotermico, geotermico, idrotermico, oceanico, idraulico, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas.

Le FER rappresentano indubbiamente uno dei più efficaci strumenti tecnologici e una delle più rilevanti strategie di politica energetica per affrontare con successo le grandi sfide dell'umanità, già in atto, ma sempre più pressanti: surriscaldamento globale, inquinamento, energia accessibile a tutti.

L'incentivazione delle rinnovabili in Europa ha avuto ulteriore stimolo dalla già ricordata *direttiva 2009/28/CE*; in essa, oltre alle evidenti sottolineature dell'importanza delle FER nel contrastare i cambiamenti climatici, viene ricordato che *“sono rilevanti le possibilità di crescita e di occupazione negli Stati membri (...) riconducibili agli investimenti nella produzione di energia da fonti rinnovabili a livello regionale e locale. La Commissione e gli Stati membri dovrebbero pertanto sostenere le azioni di sviluppo (...) e promuovere il ricorso a fondi strutturali in tale settore”*.

Viene inoltre ribadito che *“è opportuno stabilire uno stretto collegamento tra lo sviluppo dell'energia da fonti rinnovabili e l'aumento dell'efficienza energetica”*.

Altro punto fondamentale è la necessità di *“dare sostegno all'integrazione dell'energia da fonti rinnovabili nella rete di distribuzione e trasmissione e all'impiego di sistemi di immagazzinamento dell'energia per la produzione intermittente integrata da fonti rinnovabili”*; ciò presuppone investimenti per l'ammodernamento e il potenziamento delle reti stesse da parte degli Stati membri.

Proprio allo scopo di dare massima diffusione alle FER, la direttiva auspica che le procedure amministrative di approvazione degli impianti a rinnovabili siano semplificate e con tempistiche ben definite. Si afferma, infatti, che *“l'assenza di norme trasparenti e di coordinamento tra i diversi organismi incaricati del rilascio delle autorizzazioni ostacola lo sviluppo dell'energia da fonti rinnovabili”*.

Il rapido aumento della produzione energetica da FER è da attribuirsi alle politiche incentivanti messe in atto in molti paesi e al trend decrescente dei costi delle relative tecnologie, a sua volta stimolato dalla diffusione delle stesse rinnovabili; ciò presuppone la necessità di un costante adeguamento degli incentivi, onde evitare azioni speculative sul mercato energetico e l'aumento eccessivo degli oneri a carico dei consumatori finali di energia.

La Commissione europea, in un recente documento allegato al Libro verde<sup>14</sup>, prende atto della forte crescita delle rinnovabili, ma indica la necessità di aumentare ulteriormente gli sforzi per centrare gli obiettivi al 2020. In tal senso sono prioritarie la **riduzione degli oneri amministrativi** connessi agli impianti a FER e una maggiore chiarezza in materia di **programmazione**, in modo da fornire certezze ai potenziali investitori.

---

14 Relazione sui progressi nell'uso e nella promozione delle energie rinnovabili (2013)

Lo stato delle FER in Italia viene descritto nel *Rapporto Statistico degli impianti a fonti rinnovabili* che ogni anno viene pubblicato dal GSE<sup>15</sup> nel proprio sito; l'ultimo disponibile è quello relativo all'anno 2011. Tale rapporto descrive in dettaglio il parco di produzione **elettrica** nazionale alimentato da fonti rinnovabili.

La potenza totale degli impianti a FER ammontava a 41.399 MW, così distribuita: idraulica 43,7%, solare 30,9%, eolica 16,7%, bioenergie 6,8% e geotermica 1,9%. Completamente diversa la distribuzione se si considera il numero d'impianti: su un totale di 335.151 unità, il 98,5% era a fonte solare; seguivano nell'ordine gli impianti idraulici, quelli a bioenergie e quelli eolici.

La produzione lorda di energia elettrica da rinnovabili nell'anno 2000, pari a circa 50.000 GWh, vedeva una prevalenza netta della fonte idraulica, con circa il 90%; nel 2011, a fronte di una produzione lorda salita a 82.961 GWh, la fonte idraulica manteneva il primato con il 55% circa, ma una fetta consistente veniva apportata da bioenergie (13%), solare (13%) ed eolico (11,9%).

Il contributo fornito dalle FER alla produzione italiana di energia elettrica è passato dal 16% del 2005 al 18,2% del 2008, fino al 27,4% del 2011.

I dati statistici più recenti sono quelli pubblicati dal GSE sul proprio sito (Impianti a fonti rinnovabili in Italia) e relativi all'anno 2012; la produzione lorda è aumentata ulteriormente, raggiungendo i **92.222** GWh (+11,2% rispetto al 2011); la fonte idraulica scende al 45,4%, lasciando spazio soprattutto al **solare**, che balza al **20,4%**, ma anche all'eolico (14,5%) e alle bioenergie (13,5%).

In termini di potenza efficiente lorda, l'insieme degli impianti a FER vale 47.345 MW, con un aumento del 14,36% rispetto allo stesso dato del 2011. La fonte idraulica è al primo posto con 18.232 MW, pari al 38,5% della potenza totale, seguita a breve distanza dal **solare**, con **16.420** MW (34,7%); più staccati l'eolico con 8.119 MW (17,1%) e le bioenergie con 3.802 MW (8%).

La regione Emilia-Romagna, nel 2011, deteneva sul proprio territorio 31.298 impianti a FER, ponendosi al terzo posto per questo indice dopo Lombardia e Veneto; il 99% di questi impianti era del tipo solare.

La potenza cumulativa degli impianti emiliano-romagnoli ammontava a 2.070 MW, distribuita per il 61,2% sul solare, per il 23% sulle bioenergie e per il 14,9% sull'idraulico.

In termini di produzione da FER l'Emilia-Romagna si collocava al 7° posto, con 3.527 GWh, prevalentemente ottenuti dalle bioenergie (43,7%), dal solare (31%) e dall'idraulica (24,7%).

### *1.5.2. Diversità fra le rinnovabili*

Una distinzione interessante fra le diverse FER disponibili è quella che si basa sulla possibilità di programmare la produzione energetica; le FER **programmabili**, che comprendono l'idraulica da serbatoio o da bacino e le bioenergie, funzionano sulla base di interventi e azioni decisi dall'uomo, stante la disponibilità delle materie prime necessarie alla produzione. Al contrario, il funzionamento di fonti rinnovabili quali l'idraulica da acqua fluente, il solare e l'eolico non può essere previsto e programmato, ma la produzione dipende da eventi naturali quali la disponibilità di acqua, di vento o di sole; queste FER sono quindi definite **non programmabili**.

Esistono sostanziali differenze in termini di potenzialità produttiva fra FER programmabili e FER non programmabili; gli elementi che determinano tali differenze sono il numero di ore/anno di funzionamento e la potenza media effettiva degli impianti. Risulta evidente, ad esempio, che un impianto

---

15 GSE: Gestore Servizi Energetici

di biogas (*Figura 1.2*) a regime può teoricamente lavorare per la quasi totalità delle ore di un anno (nei calcoli di progetto si assumono in genere le 7.800 h/anno), mentre un impianto fotovoltaico (*Figura 1.3*) ha un funzionamento limitato dalle ore di luce nell'arco dell'anno e dalle condizioni climatiche, potendo raggiungere un numero di ore utili teoriche all'anno molto minore.

Altra differenza rilevante è la potenza media effettiva dell'impianto, che per il biogas può essere teoricamente molto vicina a quella massima, mentre per il fotovoltaico è sempre nettamente minore di quella di picco e molto variabile durante l'anno; la massima potenza, infatti, sarà disponibile solo nelle migliori condizioni di clima e di insolazione, cioè per poche ore all'anno.

Ciò significa che un impianto di biogas potrà produrre molta più energia di un impianto fotovoltaico di pari potenza nominale. Il *Rapporto Statistico* del GSE prima citato fornisce un parametro con il quale valutare quanto detto: si tratta del numero di **ore di utilizzazione** degli impianti a FER, ovvero della durata media del periodo durante il quale gli impianti hanno generato elettricità; i valori medi annuali, per singola FER, si ottengono dal rapporto fra produzione lorda generata e potenza efficiente lorda installata.

Per l'anno 2011 i valori sono di 3.799 h per le bioenergie e di 1.325 h per il solare. Il rapporto fra ore di utilizzazione e ore totali dell'anno origina il **coefficiente di utilizzazione**, che è pari al 43% per le bioenergie e al 15% per il solare; quest'ultimo è un dato particolarmente elevato se confrontato con quello degli anni precedenti (13,6% nel 2010 e 13,3% nel 2009). La FER che ottiene la migliore performance è la geotermia, con l'84% di utilizzazione.

### 1.5.3. Rinnovabili e agricoltura

Il settore delle FER sta suscitando un interesse crescente anche nel comparto agricolo e le principali motivazioni possono essere così riassunte:

- necessità di **diversificare la produzione**, individuando fonti alternative di reddito;
- possibilità di **ridurre i costi di produzione**;
- disponibilità di **prodotti** e **sottoprodotti** agricoli che possono essere convenientemente impiegati nei cicli di produzione di energia da talune fonti rinnovabili (biomasse, biogas, biocombustibili);
- disponibilità di superfici di **tetti di edifici rurali** e di terreni adatte all'installazione di impianti che sfruttano l'energia solare.

Risulta evidente come tale interesse sia soprattutto stimolato, da un lato, dalla possibilità di accedere a incentivi pubblici e, dall'altro, dalla difficile situazione economica e dalle crisi ricorrenti del mercato dei prodotti agricoli.

Il fatto che il settore primario si rivolga con attenzione alle FER ha anche degli elementi di criticità, come dimostrano le polemiche di questi anni relative alla concorrenza delle coltivazioni "energetiche" (ad esempio mais per insilato da destinarsi alla produzione di biogas) rispetto a quelle alimentari, oppure alla sottrazione di terreno agricolo per l'installazione di impianti fotovoltaici.

Sono sicuramente aspetti da valutarsi attentamente e che richiedono anche interventi di regolamentazione, soprattutto allo scopo di evitare comportamenti speculativi (come purtroppo è già avvenuto in anni recenti), ma sarebbe auspicabile che l'approccio a queste tematiche fosse pragmatico e

non si risolvesse semplicemente in un danno o in un'azione fortemente limitativa per il comparto agricolo.

Quando si parla di FER in agricoltura si adotta spesso il termine **agroenergie**, che in senso stretto comprende quelle colture e quei sottoprodotti di origine agricola che possono essere sfruttati per la produzione di energia o combustibili (biogas da deiezioni animali, biomasse erbacee e legnose, colture oleaginose, colture zuccherine), ma in senso lato annovera anche le altre rinnovabili applicate nel settore agricolo (solare, eolico, geotermico).

Le rinnovabili che stanno suscitando il maggiore interesse negli operatori agricoli italiani sono il fotovoltaico e il biogas, seguiti in terza battuta dall'eolico; questo è quanto risulta dalle statistiche disponibili e dall'indagine conoscitiva svolta nell'ambito del progetto "Re Sole".

## 2 Consumi energetici negli allevamenti

È bene premettere che in questa sede si tratta esclusivamente del **consumo diretto** di energia per lo svolgimento delle attività produttive, cioè di quella quota di energia elettrica e/o termica consumata da macchinari e impianti all'interno delle strutture e sui terreni aziendali; non si considera, quindi, l'input energetico totale dei processi produttivi zootecnici, che comprende anche l'energia indiretta inserita nei mezzi di produzione e nel lavoro umano. Per avere un'idea della diversità di queste due entità di consumo è sufficiente citare i risultati di alcune indagini riguardanti il consumo energetico nel settore bovino da latte: a fronte di consumi energetici diretti di 0,55-0,95 MJ/l di latte, si possono registrare consumi totali (diretti+indiretti) di 8-16 MJ/l.

Nel comparto agricolo, come negli altri settori produttivi, il tema dell'energia, dei suoi consumi e delle relative fonti di approvvigionamento sta assumendo, con il passare degli anni, un'importanza sempre maggiore. Il **progresso tecnologico**, infatti, permettendo la sostituzione di quote elevate di forza lavoro con forza motrice, ha comportato il **crescente impiego** di fonti energetiche diverse.

Per il comparto zootecnico, soprattutto nelle regioni a più spiccata vocazione produttiva (pianura padana), si è assistito ad un processo di intensa ristrutturazione tecnologica e all'innovazione dei metodi di produzione. Uno degli effetti più evidenti è la crescente concentrazione degli allevamenti in aziende di dimensioni sempre più elevate, processo accelerato dalla disponibilità di impianti e attrezzature diretti a conseguire un riassetto ergonomico degli allevamenti, con conseguente riduzione di manodopera e sua progressiva sostituzione con impianti richiedenti un più elevato **consumo energetico**.

Il costo energetico degli allevamenti rappresenta tuttora una frazione non elevata del costo totale di produzione: circa il 5,5% nel comparto bovino da latte e circa il 3,3% nel comparto del suino pesante; ma negli anni futuri si presume che esso possa assumere un'importanza crescente, di pari passo con l'aumento dei costi delle fonti energetiche tradizionali e con il progressivo e ulteriore trasferimento tecnologico nel settore delle produzioni animali.

Da qui l'interesse teorico e pratico per una problematica destinata ad assumere una collocazione strategica negli sviluppi del comparto, soprattutto alla luce della necessità di operare sul versante della riduzione dei costi di produzione per affermare, specialmente sul piano economico, la concorrenzialità del prodotto nazionale rispetto all'offerta proveniente dai sistemi zootecnici "forti" del mercato comunitario.

Peraltro, la quantificazione dei fabbisogni energetici diretti del comparto zootecnico nazionale, o di suoi sottoinsiemi territoriali, è impresa alquanto complessa. Infatti, il sistema produttivo italiano risulta

tutt'altro che omogeneo quanto a struttura di base e a orientamenti produttivi. Inoltre, le tecnologie applicate al processo produttivo, dalle quali dipende in larga misura l'entità del consumo energetico, variano in modo consistente a seconda delle caratteristiche strutturali e produttive degli allevamenti; ma queste stesse caratteristiche sono note solo parzialmente.

La bibliografia nazionale e internazionale relativa ai consumi energetici negli allevamenti non è molto nutrita, anche se negli ultimi anni hanno visto la luce alcuni interessanti studi. A questi si è aggiunto il lavoro svolto per il progetto "Re Sole", che si è articolato in due fasi:

- un'indagine campionaria, con questionario postale, finalizzata alla definizione dei principali parametri produttivi delle aziende e dei relativi consumi energetici totali;
- un'indagine analitica, attuata con scheda di rilevazione dettagliata e compilazione presso le aziende coinvolte, al fine di scorporare il consumo totale in sottoinsiemi omogenei per tipologia di lavoro e di fonte energetica.

I dati di queste indagini sono relativi agli anni 2010 (bovini e suini) e 2011 (suini e avicoli).

## **2.1. Comparto suino**

### *2.1.1. Breve analisi bibliografica*

La bibliografia nazionale ed internazionale sui consumi energetici degli allevamenti suinicoli offre degli ancoraggi poco standardizzati. Fra l'altro, le indicazioni di consumo energetico non sempre sono supportate da precise descrizioni delle dotazioni tecnologiche e del tipo di management degli allevamenti esaminati.

Tuttavia, sui "grandi numeri" la variabilità di casistiche parziali finisce per compensare le differenze e per rendere più attendibili anche valori medi caratterizzati da elevata dispersione, com'è appunto nella prassi delle osservazioni empiriche dirette o indirette.

La maggior parte degli studi italiani disponibili fa riferimento ad allevamenti che producono suini pesanti del peso vivo unitario finale di 160-170 kg, destinati alla produzione di salumi tipici.

Un primo elemento che si può desumere da alcune ricerche è il mix energetico utilizzato negli allevamenti suinicoli. Vengono impiegate sia l'energia elettrica che l'energia termica; quest'ultima deve essere intesa come energia derivante dalla combustione, in azienda, di materiali diversi (combustibili). Fra i più diffusi combustibili utilizzati si ricordano:

- il gasolio (o nafta), ottenuto per distillazione del petrolio greggio e utilizzato come carburante per motori diesel e come combustibile per il riscaldamento. Il suo potere calorifico inferiore (pci) è pari a 11,86 kWh/kg;
- l'olio combustibile, distillato petrolifero pesante o residuo di raffineria, usato per la produzione di calore e di energia meccanica (motori endotermici); ha un pci di 11,40 kWh/kg;
- il gas di petrolio liquefatto (GPL) e il metano, combustibili gassosi con pci pari rispettivamente a 12,79 kWh/kg e a circa 9,59 kWh/m<sup>3</sup>.

Le ricerche hanno evidenziato alcuni aspetti interessanti. Innanzitutto, nelle aziende a ciclo chiuso e in quelle da riproduzione si fa uso preferibilmente di due fonti energetiche differenti, mentre più della metà

degli allevamenti da ingrasso utilizza una sola fonte energetica; questo fatto è sicuramente da collegarsi con la scarsa diffusione, in questo tipo di azienda suinicola, degli impianti per il riscaldamento artificiale.

Inoltre, esiste una correlazione assai evidente tra differenziazione delle fonti energetiche e dimensione dell'allevamento; chi impiega una sola fonte, di norma, ha un allevamento con meno di 1.000 capi, mentre chi ricorre addirittura a quattro fonti alleva un numero di suini superiore a 5.000.

La fonte energetica numericamente più diffusa è l'energia elettrica, presente nella totalità dei casi esaminati; molto diffuso è anche il gasolio. Le altre fonti energetiche riscontrate sono, in ordine di diffusione, il gas liquido (GPL), l'olio combustibile e il metano.

Il livello dei consumi energetici appare particolarmente legato alla tipologia d'allevamento (ciclo chiuso, riproduzione o ingrasso) e alla dimensione aziendale (numero di capi o peso vivo mediamente presenti), con variazioni anche consistenti dipendenti dal livello tecnologico adottato e dalla presenza di impianti particolari, come i mangimifici aziendali o gli impianti di trattamento degli effluenti zootecnici. Anche l'età degli edifici e il grado di isolamento hanno un effetto importante, in particolare nel settore post-svezzamento.

Mentre gli allevamenti a ciclo chiuso e da riproduzione sembrano più interessati a tecnologie dirette a migliorare le condizioni ambientali dei ricoveri, quali riscaldamento e ventilazione (*Figura 2.1*), l'ingrasso sembra rivolgersi soprattutto a tecnologie di tipo scalare, dirette al contenimento dei fabbisogni di manodopera, quali gli impianti di alimentazione. Quanto all'influenza della dimensione produttiva degli allevamenti sul livello di dotazione tecnologica, si è osservato che al crescere del numero di suini allevati aumentano, di norma, le probabilità che nelle aziende siano presenti impianti specifici.

Negli allevamenti a ciclo chiuso si evidenziano consumi di energia elettrica di 170-230 Wh/d per 100 kg di p.v. presente, mentre il consumo di energia termica si attesta sui 400-450 Wh/d per 100 kg p.v.

Gli allevamenti da riproduzione mostrano consumi riferiti al peso vivo superiori rispetto a quelli dei cicli chiusi, per il fatto che il peso medio presente è inferiore, a parità di capienza totale dell'allevamento; per l'energia elettrica si va da 230 a 250 Wh/d per 100 kg p.v., mentre per l'energia termica il consumo varia da 200 a 550 Wh/d per 100 kg p.v.

Infine, gli allevamenti da ingrasso hanno i consumi più bassi, variabili da 40 a 200 Wh/d per 100 kg p.v. per l'energia elettrica. L'energia termica, quando presente, è utilizzata per il riscaldamento dei locali durante la stagione invernale (*Figura 2.2*) e in presenza di suini a inizio ciclo; si arrivano a consumare anche 200 Wh/d per 100 kg p.v. come media annuale.

### *2.1.2. Sintesi dei risultati delle indagini campionaria e analitica*

Il campione di allevamenti esaminato è rappresentativo della realtà produttiva emiliano-romagnola di pianura, con prevalenza della conduzione con salariati. Sono stati considerati sia allevamenti a ciclo chiuso, sia allevamenti a ciclo aperto (in prevalenza da ingrasso, ma anche da riproduzione).

La dotazione strutturale e impiantistica delle aziende è di livello medio-alto, con particolare attenzione alle tecnologie per l'alimentazione, per il controllo ambientale e per il trattamento degli effluenti.

La spesa elettrica delle aziende suinicole del campione è mediamente pari a 0,15 €/kWh, con un minimo di 0,12 e un massimo di 0,20 €/kWh.

Per quanto riguarda l'energia termica, la spesa media per i diversi combustibili è la seguente:

- il metano, utilizzato nel 20% delle aziende, ha un consumo annuo di 22 m<sup>3</sup>/UBA e una spesa annua di 9,58 €/UBA;
- il gasolio, utilizzato dalla maggioranza delle aziende, ha un consumo annuo di 43 l/UBA, con un range abbastanza ampio (da 7 a 200 l/UBA anno); questo consumo è al netto dei consumi imputabili ai lavori di campagna. Il prezzo medio pagato dalle aziende si attesta su 0,63 €/l, per una spesa media annuale di 27 €/UBA;
- il GPL, utilizzato nel 35% delle aziende, ha un consumo annuo di 20 l/UBA. Il prezzo pagato in media è pari a 0,65 €/l, quindi la spesa media annuale si attesta sui 13 €/UBA;
- l'olio combustibile è scarsamente utilizzato.

Il totale della spesa energetica termica mostra un valore medio di circa 41 €/UBA per anno, con un valore minimo di appena 4 € e un valore massimo di quasi 260 €/UBA anno.

Il consumo energetico annuo netto del campione di aziende dell'indagine campionaria, con riferimento alle sole attività connesse all'allevamento, ma con esclusione dell'eventuale mangimificio, è pari a **450 kWh/UBA** (minimo di 55,6 e massimo di 1.104 kWh/UBA).

Nella [Tabella 2.1](#) si riporta un quadro riassuntivo di tutti i consumi annui rilevati con l'indagine analitica, suddivisi per energia elettrica ed energia termica, con l'indicazione del peso relativo di ogni voce sul totale del consumo.

Sul fronte dell'energia elettrica la voce più rilevante è quella della ventilazione, con quasi il 50% dei consumi totali. In seconda posizione si colloca l'alimentazione ([Figura 2.3](#)), con il 18,7%, seguita dalla distribuzione degli effluenti sui terreni (12,3%) e dal mangimificio (11,3%).

Per quanto riguarda l'energia termica, il consumo è imputabile a tre sole utenze, ovvero il riscaldamento degli ambienti d'allevamento, la cura della lettiera (nei pochi allevamenti che la utilizzano) e la distribuzione degli effluenti in campagna. La voce più rilevante è la prima, con un ammontare medio annuo di 70,84 kWh/UBA (quasi il 70% del consumo termico), mentre la distribuzione degli effluenti copre una quota del 29,5%.

Nel complesso, quindi, l'energia elettrica copre il 66% del consumo totale annuo, lasciando all'energia termica il rimanente 34%.

Bisogna porre attenzione al fatto che i totali riportati nella tabella non sono quelli effettivi, ma hanno il solo scopo di permettere l'estrapolazione dei pesi relativi delle varie voci; essi sono semplicemente le sommatorie dei valori medi calcolati, ma siccome ogni valore medio deriva da un numero di dati sempre diverso (perché i valori sono disponibili di volta in volta per un numero diverso di aziende), è evidente che i totali medi potranno essere calcolati soltanto a partire dalle sommatorie dei totali e non dalle sommatorie delle medie.

Si riportano di seguito gli effettivi totali medi:

- per l'energia elettrica abbiamo un consumo medio di 173 kWh/anno per UBA, con un valore minimo di 104 e un valore massimo di 254 kWh/anno per UBA;
- per l'energia termica abbiamo un consumo medio di 59 kWh/anno per UBA, con un valore minimo di 33 e un valore massimo di 177 kWh/anno per UBA.

Il consumo energetico totale medio annuo del campione di aziende risulta pari a **232 kWh/UBA**, con un

consumo minimo di 118 e un consumo massimo di 350 kWh/UBA.

I consumi medi rilevati con l'indagine analitica risultano quindi più bassi di quelli rilevati con l'indagine campionaria, cosa del tutto possibile, vista la diversità dei due gruppi di aziende per quanto riguarda la tipologia d'allevamento.

Proprio la presenza di allevamenti a ciclo chiuso e di allevamenti da ingrasso nel campione di aziende esaminato consente alcune considerazioni aggiuntive.

Nelle [Tabella 2.2](#) e [Tabella 2.3](#) vengono riportati i consumi energetici elettrici e termici per tipo di utenza e per tipologia di allevamento.

L'allevamento da ingrasso utilizza l'energia termica per una sola utenza, ovvero la distribuzione degli effluenti sul terreno, per un consumo medio annuo di 52,75 kWh/UBA.

L'energia elettrica è impiegata soprattutto per la ventilazione (42,3%) e l'alimentazione (27,3%) e, in misura minore, per la distribuzione degli effluenti sui terreni (13,8%). In generale, i consumi per UBA per queste utenze appaiono più elevati rispetto a quelli degli allevamenti a ciclo chiuso; in particolare, l'alimentazione evidenzia un consumo medio di 61,31 kWh/anno, contro i 20,14 degli allevamenti a ciclo chiuso.

Questi ultimi consumano energia termica (70,84 kWh/UBA anno) ed elettrica (13,85 kWh/UBA anno) per il riscaldamento, ma anche in questo caso il massimo consumo si registra per la ventilazione, con 71,27 kWh/UBA anno di energia elettrica.

È interessante notare il diverso livello del consumo totale annuo per tipo di fonte energetica: gli allevamenti a ciclo chiuso consumano in media circa 152 kWh/UBA di energia elettrica e circa 80 kWh/UBA di energia termica, mentre negli allevamenti da ingrasso il differenziale fra le due fonti aumenta ulteriormente, arrivando a circa 205 kWh/UBA per la elettrica contro i circa 53 kWh/UBA per la termica.

Nonostante ciò, il consumo energetico totale annuo risulta praticamente identico, se parametrato agli UBA presenti: **231,9** kWh/UBA per gli ingrassi e **232,4** kWh/UBA per i cicli chiusi.

Anche il consumo energetico totale annuo riferito al numero complessivo di capi allevati mostra valori molto simili per le due tipologie d'allevamento: 69,56 kWh/capo per l'ingrasso e 73,15 kWh/capo per il ciclo chiuso.

Negli allevamenti a ciclo chiuso il consumo totale annuo rapportato alle scrofe presenti è pari a **1.081** kWh/scrofa, con un range compreso fra 691 a 1.453 kWh/scrofa.

## 2.2. Comparto bovino da latte

### 2.2.1. Breve analisi bibliografica

Le pubblicazioni consultate evidenziano come l'allevamento bovino da latte sia interessato sia da consumi elettrici, sia da consumi termici; i primi sono soprattutto da imputarsi al funzionamento degli impianti presenti nella zona di mungitura, mentre i secondi sono da attribuirsi alle operazioni di preparazione e distribuzione degli alimenti e alla cura delle aree di stabulazione (distribuzione della lettiera e asportazione degli effluenti).

Per quanto riguarda l'energia elettrica, le principali utenze sono:

- il serbatoio di raccolta e refrigerazione/raffreddamento del latte (*Figura 2.4*);
- il riscaldamento dell'acqua sanitaria per le operazioni di lavaggio;
- l'illuminazione del blocco mungitura, delle aree di stabulazione e delle aree esterne;
- gli impianti e le attrezzature per la pulizia e il lavaggio;
- le pompe dell'impianto di mungitura (*Figura 2.5*) e quelle per la movimentazione degli effluenti.

I consumi elettrici imputabili al corpo mungitura, cioè a quell'area della stalla destinata alla raccolta e al temporaneo stoccaggio del latte, sono i più rilevanti, attestandosi su un valore medio annuo di 420 kWh/vacca in produzione, ma con un'elevata variabilità (da 160 a 920 kWh/vacca).

Le utenze del blocco mungitura che comportano i più alti consumi sono la refrigerazione del latte, il riscaldamento dell'acqua e la pompa del vuoto, che insieme rappresentano il 40-80% dei consumi elettrici totali delle aziende.

Alcune ricerche evidenziano un maggior consumo della pompa del vuoto dell'impianto di mungitura in quelle aziende che adottano un robot di mungitura (AMS) (*Figura 2.6*) anziché una sala tradizionale (*Figura 2.7*), per il fatto che la pompa ha molte più ore/giorno di funzionamento (780 contro 415 kWh/vacca anno). I consumi elettrici dei sistemi AMS, riferiti alla singola unità di mungitura, variano da minimi di 30÷40 kWh/d a massimi di 120÷130 kWh/d; i valori più bassi sono spesso associati ad impianti con pompe del vuoto a inverter e con motori di nuova generazione ad elevata efficienza.

Un elemento che viene messo in evidenza, al fine di ridurre i consumi del serbatoio di refrigerazione del latte, è la corretta ventilazione della sala latte; in una sala non ventilata la temperatura interna può aumentare anche di 10 °C rispetto ad una sala con adeguata ventilazione posta nella stessa zona climatica. Grande importanza riveste la collocazione del gruppo frigorifero, che dovrebbe essere adiacente a una griglia di uscita dell'aria. Anche il pre-raffreddamento del latte con scambiatori a piastre ha la sua rilevanza nel ridurre il fabbisogno energetico del serbatoio di raccolta.

Bisogna però considerare che questi ultimi aspetti illustrati hanno notevole importanza per gli allevamenti che producono latte alimentare, dove la temperatura di refrigerazione è intorno ai 4 °C e dove si verifica il rimescolamento delle munte (fino a 4-6), mentre la rilevanza è molto minore nel caso di latte destinato alla produzione di formaggio Parmigiano-Reggiano, dove il latte viene raffreddato a non meno di 18 °C e non c'è rimescolamento delle munte.

Le altre utenze della stalla, rappresentate dagli impianti per la movimentazione degli effluenti (*Figura 2.8*) e, in alcune aziende, da macchine ad azionamento elettrico per la distribuzione dell'alimento, hanno una rilevanza decisamente minore in termini di consumo: in media 34 kWh/vacca per anno per la gestione delle deiezioni e 18 kWh/vacca per anno per l'alimentazione.

Il consumo di carburante è imputabile al funzionamento delle trattrici agricole per le seguenti attività di stalla:

- alimentazione (preparazione e distribuzione);
- distribuzione della lettiera;
- asportazione degli effluenti (liquame e letame) e loro movimentazione.

L'alimentazione (*Figura 2.9*) è la voce più rilevante in termini di consumo di gasolio: in media 45 l/vacca anno, con punte massime di 110 l/vacca anno. Solo in aziende con pascolo questo consumo risulta

particolarmente ridotto (2 l/vacca anno).

I sistemi di alimentazione che prevedono la distribuzione di foraggio verde sono meno esigenti in gasolio rispetto ai sistemi di alimentazione che prevedono una maggiore percentuale di mais nella razione (*unifeed*).

In media la quota di consumo per l'alimentazione è pari al 54% del consumo totale di gasolio per le operazioni di stalla. La seconda operazione in ordine di importanza è la distribuzione della paglia, che incide per il 19% del totale.

Per quanto riguarda la gestione degli effluenti, i sistemi a solo liquame risultano meno esigenti (37 l/vacca anno) rispetto a quelli misti e a quelli con solo letame (54 l/vacca anno).

In generale, bisogna considerare che sul livello di consumo di carburante può influire non poco il parco macchine dell'azienda; è infatti evidente che se la dotazione di trattrici è limitata, potrà facilmente accadere che una trattrice troppo potente debba essere usata per operazioni non molto "pesanti", con effetti negativi sul livello dei consumi totali e soprattutto sul costo di esercizio delle macchine stesse (ammortamento, manutenzione, ecc.).

Siccome il consumo di energia termica è legato al tempo d'impiego della trattrice, è evidente che la viabilità interna dell'azienda ha una grande rilevanza; infatti, i tempi morti, cioè i tempi necessari per gli spostamenti del mezzo, possono incidere pesantemente sul consumo totale di gasolio, con aumenti anche del 20-40% rispetto al consumo rilevato in aziende ben organizzate.

Il consumo energetico totale annuo è mediamente pari a 800-1.000 kWh/vacca, di cui il 50% imputabile al blocco mungitura (consumo elettrico) e l'altro 50% alle rimanenti operazioni di stalla (prevalente consumo termico). Fra le singole voci di consumo, al primo posto l'alimentazione (29% del totale), seguita dalla refrigerazione del latte (21%) e dalle operazioni di distribuzione della paglia e di evacuazione degli effluenti (15%).

### *2.2.2. Sintesi dei risultati delle indagini campionaria e analitica*

Il campione di allevamenti esaminato è rappresentativo della realtà produttiva emiliana di pianura, con particolare riferimento al comprensorio di produzione del Parmigiano-Reggiano. Il 75% degli allevamenti del campione è collocato in zone di pianura; la dimensione degli allevamenti prevede una media di 180 vacche presenti, con il 95% delle aziende che ha più di 60 vacche.

La dotazione in strutture e impianti è piuttosto importante, con netta prevalenza della tipologia di stabulazione a cuccette e ampia diffusione degli impianti per la rimozione degli effluenti e per la ventilazione estiva di soccorso.

Il consumo medio di energia elettrica che si ricava dall'indagine campionaria risulta pari a 510 kWh/vacca, con un minimo di 36 e un massimo di 1.416 kWh/vacca; il 76% dei casi ha un consumo unitario superiore a 300 kWh/vacca.

L'indicazione della spesa elettrica annua ha consentito di estrapolare il costo del kilowattora: in media le aziende agricole del campione spendono 0,2 €/kWh; il 69% delle aziende ha un costo compreso fra 0,1 e 0,2 €/kWh.

In pochi casi è stato indicato il consumo di energia reattiva; in effetti, benché il valore si possa trovare in bolletta, è questo un aspetto abbastanza ostico, come si dirà al paragrafo 3.2.

Il rapporto fra energia reattiva ed energia attiva fornisce un indice del consumo per il trasporto dell'energia: per ogni kWh di energia attiva consumato dalle aziende si consumano in media 0,3 kvarh di energia reattiva.

Per quanto riguarda l'energia termica, la spesa media per i diversi combustibili è la seguente:

- il metano, utilizzato nel 17% delle aziende, ha un consumo annuo di 28 m<sup>3</sup>/vacca e una spesa annua di 24,64 €/vacca;
- il gasolio ha un consumo annuo di 109 l/vacca, con un range abbastanza ampio (da 20 a 412 l/vacca); questo consumo è al netto dei consumi imputabili ai lavori di campagna. Il prezzo medio pagato dalle aziende si attesta su 0,67 €/l, per una spesa media annuale di 73 €/vacca;
- il GPL, utilizzato nel 33% delle aziende, ha un consumo annuo di 92 l/vacca. Il prezzo pagato in media è pari a 0,70 €/l, quindi la spesa media annuale si attesta sui 64 €/vacca;
- l'olio combustibile e la legna sono scarsamente utilizzati.

Il totale della spesa energetica termica mostra un valore medio di quasi 105 €/vacca per anno, con un valore minimo di appena 9 € e un valore massimo di quasi 350 €.

Il consumo energetico totale annuo del campione di aziende, con riferimento alle sole attività connesse all'allevamento, ma con esclusione dell'eventuale mangimificio, è pari a 1.457 kWh/vacca; quasi l'80% delle aziende ha un consumo annuale netto compreso fra 560 e 2.780 kWh/vacca.

Il consumo energetico annuo netto risulta mediamente pari a **1.017 kWh/UBA**.

Nella [Tabella 2.4](#) si riporta un quadro riassuntivo di tutti i consumi rilevati con l'indagine analitica, suddivisi per energia elettrica ed energia termica, con l'indicazione del peso relativo di ogni voce sul totale del consumo.

Sul fronte dell'energia elettrica la voce più rilevante risulta quella della ventilazione ([Figura 2.10](#)), con il 20% del consumo, seguita a breve distanza dal trattamento degli effluenti (18,2%) e dall'alimentazione (17%); piuttosto rilevante anche la voce mungitura, con il 16,3% del consumo. L'insieme di queste 4 utenze copre oltre il 70% del consumo elettrico totale.

Il raffreddamento del latte incide per un 12%, percentuale che risulta mediamente inferiore rispetto ai risultati di altre ricerche europee, ma in questo caso entra in gioco la questione della temperatura relativamente alta di raffreddamento per il latte destinato a Parmigiano-Reggiano (18 °C).

Passando all'energia termica, si nota il grande peso che ha l'alimentazione, che da sola copre più di metà del consumo termico totale. Grande importanza ha anche la distribuzione degli effluenti sui terreni, con il 26%, anche se questa utenza non è proprio specifica dell'allevamento, ma si pone a metà fra operazioni di stalla e operazioni di campagna. Le altre voci di consumo termico hanno un peso decisamente minore, con in testa la distribuzione della lettiera (6,8%) e la mungitura (6,4%).

Come detto in precedenza (paragrafo 2.1.2), bisogna considerare che i totali riportati nella tabella non sono quelli effettivi, ma hanno il solo scopo di permettere l'estrapolazione dei pesi relativi delle varie voci. I totali medi effettivi sono i seguenti:

- per l'energia elettrica abbiamo un consumo medio di 414,6 kWh/anno per UBA (corrispondente a 68,2 Wh/l di latte), con un valore minimo di 114,8 e un valore massimo di 1.151 kWh/anno per UBA;

- per l'energia termica abbiamo un consumo medio di 687,4 kWh/anno per UBA (corrispondente a 116 Wh/l di latte), con un valore minimo di 31 e un valore massimo di 1.497 kWh/anno per UBA.

Il consumo energetico totale medio annuo del campione di aziende dell'indagine analitica risulta quindi pari a **1.102 kWh/UBA**, praticamente uguale a quello riscontrato con l'indagine campionaria, con un consumo minimo di 370 e un consumo massimo di 2.276 kWh/UBA.

## 2.3. Comparto avicolo

### 2.3.1. Breve analisi bibliografica

Per il comparto avicolo è disponibile un numero ridotto di studi e ricerche relativi ai consumi energetici.

Nel settore avicolo da carne i consumi energetici incidono per circa il 3,7% del costo di produzione e sono così ripartiti: 80% gas metano/propano, 13% elettricità, 7% altro carburante. Il consumo medio annuo vale circa 108 kWh/m<sup>2</sup> di superficie del capannone, ossia circa 0,52 kWh/kg di peso vivo.

Si segnala un consumo medio di circa 35 kWh per tonnellata di carne di pollo.

I consumi di gas variano innanzitutto con il ciclo produttivo (sono importanti all'inizio e vanno poi calando), ma variano anche in funzione di fattori legati all'edificio (tipo, isolamento, tenuta), alle attrezzature (radiatori, aerotermini, regolatori) e alle pratiche di gestione (impostazione di riscaldamento e ventilazione). Risparmi significativi si possono ottenere attraverso la rettifica dell'impostazione dei radiatori, la taratura dei sensori di temperatura e umidità e la revisione delle pratiche dell'allevatore.

Nel caso di galline ovaiole in gabbia il consumo medio, in pratica esclusivamente elettrico, risulta pari a 0,2-0,3 kWh/kg di uova, compreso il settore pollastre.

### 2.3.2. Sintesi dei risultati dell'indagine analitica

#### A. Galline ovaiole

Le 5 aziende esaminate per il comparto ovaiole sono collocate in zone di pianura e dispongono mediamente di 50 ha di SAU; la dimensione degli allevamenti prevede una media di quasi 30.000 galline presenti, con un'azienda che raggiunge le 100.000 unità. La produzione media annuale di uova è pari a 260 pezzi per gallina. In soli 2 allevamenti è presente un mangimificio aziendale.

L'allevamento in gabbia (*Figura 2.11*) è presente in 3 aziende, mentre le altre 2 prevedono allevamento a terra e aderiscono al sistema di produzione biologico.

I consumi energetici medi, al netto dei consumi imputabili al mangimificio e con riferimento alle sole attività connesse all'allevamento, sono i seguenti:

- energia elettrica: 2,6 kWh/posto, con un minimo di 0,8 e un massimo di 4,5;
- energia termica: 0,21 kWh/posto, con un minimo di 0,15 e un massimo di 0,32.

Mentre tutte le aziende hanno esposto consumi elettrici, soltanto 3 di esse indicano consumi termici; ciò è dovuto al fatto che talune operazioni che comportano consumo di combustibili (in particolare gasolio), come lo spandimento degli effluenti in campo, sono svolte da contoterzisti; questo fatto, ovviamente, riduce in modo fittizio il consumo energetico totale.

Per questo motivo il consumo energetico annuo totale è stato calcolato solo per le 3 aziende per le quali erano noti tutti i consumi; il consumo totale è risultato pari a **2,76 kWh/capo**.

Nella [Tabella 2.5](#) si riporta un quadro riassuntivo di tutti i consumi rilevati con l'indagine analitica, suddivisi per energia elettrica ed energia termica, con l'indicazione del peso relativo di ogni voce sul totale del consumo.

Per l'energia elettrica la voce più rilevante risulta quella della ventilazione e del raffrescamento, con quasi il 44% del consumo, seguita dal trattamento degli effluenti con il 26,7% e dall'illuminazione (15,2%); poco rilevanti le altre voci, compresa l'alimentazione con poco più del 5%.

Per l'energia termica, poco rilevante sul totale se paragonata all'energia elettrica, i 2/3 sono a carico del trasporto e spandimento degli effluenti e il rimanente terzo viene attribuito alla rimozione delle deiezioni.

Il consumo energetico totale medio annuo del campione di aziende dell'indagine analitica risulta pari a **197 kWh/UBA**.

### **B. Polli da carne**

Le 5 aziende esaminate per il comparto broiler sono collocate in zone di pianura e dispongono mediamente di 14 ha di SAU; la dimensione degli allevamenti prevede una media di quasi 54.000 posti (capi presenti a inizio ciclo), con un'azienda che raggiunge le 107.000 unità. La produzione media annuale è pari a 260.400 polli, in 5-6 cicli per anno.

Tutti gli allevamenti sono a terra; un'azienda aderisce al sistema di produzione biologico.

I consumi energetici medi, con riferimento alle sole attività connesse all'allevamento, sono i seguenti:

- energia elettrica: 0,74 kWh/posto, con un minimo di 0,23 e un massimo di 1,37;
- energia termica: 7,04 kWh/posto, con un minimo di 3,34 e un massimo di 10,31.

Il consumo totale medio annuo è risultato pari a **7,78 kWh/posto**.

Nella [Tabella 2.6](#) si riporta un quadro riassuntivo di tutti i consumi rilevati con l'indagine analitica, suddivisi per energia elettrica ed energia termica, con l'indicazione del peso relativo di ogni voce sul totale del consumo.

Appare subito evidente come nel comparto broiler l'energia termica sia la parte preponderante del consumo energetico totale; in particolare, il 96% del consumo termico è da attribuirsi al riscaldamento degli ambienti d'allevamento e risulta mediamente pari a 6,68 kWh/anno per posto.

Per l'energia elettrica la voce più rilevante risulta quella della ventilazione, con quasi il 40% del consumo elettrico, seguita dal riscaldamento con fonti alimentate elettricamente (27%) e dall'alimentazione (20%); l'illuminazione incide molto meno di quanto avviene per le galline ovaiole.

Di fatto, l'88% del consumo energetico totale degli allevamenti deriva dal riscaldamento dei pollai. Il consumo energetico totale medio annuo del campione di aziende dell'indagine analitica risulta pari a **1.110 kWh/UBA**.

# 3 Efficienza energetica

*“È opinione diffusa che l'efficienza energetica rappresenti un'opzione chiave nelle mani dei decisori politici, ma gli sforzi sinora profusi hanno consentito solo un limitato sfruttamento del suo potenziale economico”.* Questa frase, ripresa dal *World Energy Outlook 2012 (WEO-2012)*, fa capire l'importanza strategica di questa tematica nelle complesse sfide relative all'uso intelligente dell'energia e alle azioni di contrasto ai cambiamenti climatici, così come rende evidente la grande potenzialità ancora inespressa.

Lo stesso *WEO-2012*, nel proporre lo scenario “Mondo Efficiente”, evidenzia come sia necessario superare gli ostacoli agli investimenti in efficienza energetica per poter sfruttare appieno il citato potenziale; in questo modo si potrebbero conseguire enormi vantaggi per la sicurezza energetica, la crescita economica e l'ambiente; addirittura, la domanda di energia primaria all'orizzonte 2035 risulterebbe dimezzata.

A livello europeo, lo strumento normativo più recente emanato dall'Unione è la già citata *direttiva 2012/27/UE* relativa all'efficienza energetica, che modifica e/o abroga precedenti direttive che avevano visto la luce fra il 2004 e il 2010.

La nuova direttiva nasce da una riflessione europea sullo stato di attuazione dell'obiettivo di una riduzione del 20% dei consumi di energia primaria dell'Unione al 2020; il Consiglio europeo (4/02/2011) *“ha riconosciuto che tale obiettivo non è in via di realizzazione e che sono necessari interventi decisi per cogliere le notevoli possibilità di risparmio energetico nei settori dell'edilizia, dei trasporti, dei prodotti e dei processi di produzione”.*

La direttiva, oltre a perseguire l'obiettivo del 20% al 2020, vuole gettare le basi per ulteriori progressi dell'efficienza energetica europea oltre tale data; *“essa stabilisce norme atte a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e nell'uso dell'energia”.*

L'efficienza energetica ( $\eta$ ) applicata ad un determinato lavoro è il rapporto fra l'energia effettivamente disponibile per quel lavoro ( $E_{out}$ ) e l'energia totale consumata nel processo ( $E_{in}$ ):

$$\eta = E_{out} / E_{in}$$

La differenza fra queste due entità è rappresentata dalle perdite energetiche ([Figura 3.1](#)).

Secondo la *direttiva 2012/27/UE* l'efficienza energetica è il rapporto tra un risultato in termini di rendimento, servizi, merci o energia e l'immissione di energia.

In linea generale, è possibile individuare due grandi gruppi di interventi che consentono l'ottenimento di miglioramenti dell'efficienza energetica di un determinato lavoro o processo: un primo gruppo annovera quelle azioni volte a **migliorare le modalità di esecuzione** del lavoro; queste azioni non comportano

investimenti materiali, bensì formazione e informazione sulle metodiche operative necessarie allo svolgimento ottimale di un'operazione, puntando all'eliminazione di consumi energetici "inutili", derivanti da cattive procedure o cattive abitudini. Banale ma efficace esempio pratico può essere, nella vita di tutti i giorni, l'abitudine di spegnere le luci non necessarie in casa o in ufficio. Con queste azioni si ottiene un risparmio energetico netto, cioè si svolge la medesima operazione sprecando meno energia. Un secondo gruppo di interventi presuppone investimenti in materiali e/o mezzi tecnici al fine di **modificare l'assetto** strutturale e impiantistico di un determinato contesto produttivo; lo scopo è quello di svolgere un certo lavoro in modo più efficiente. Anche in questo caso un semplice esempio può chiarire il concetto: sostituendo una normale lampadina a incandescenza con una nuova lampada a basso consumo si potrà ottenere il medesimo lavoro con un ridotto consumo energetico, ma nel calcolo del beneficio ottenibile dovrà entrare anche il costo sostenuto per l'attuazione di questa miglioria, oltretutto il differenziale di costo energetico per la produzione delle due lampadine.

Un importante documento sulla tematica dell'efficienza energetica è il già citato *Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2011 (RAEE)*, pubblicato nel dicembre 2012 da ENEA; a tale documento si farà più volte riferimento in seguito.

### 3.1. Tecnologie per l'efficienza energetica

Nei settori industriale e residenziale/terziario le principali tecnologie proposte in questi ultimi anni per l'efficientamento energetico dei processi produttivi e degli involucri edilizi (fabbriche, abitazioni, uffici, scuole) sono le seguenti:

- motori elettrici ad alta efficienza;
- inverter;
- illuminazione a basso consumo;
- cogenerazione/trigenerazione e micro-cogenerazione;
- recupero di calore;
- caldaie a condensazione;
- pompe di calore;
- isolamento delle tubazioni degli impianti termici;
- radiatori ad elevata superficie di scambio;
- isolamento termico degli edifici (materiali isolanti innovativi, serramenti ad alte prestazioni);
- riduzione degli assorbimenti di calore (vetri a controllo solare, schermature solari, materiali ad elevata riflettanza, vegetazione).

Ciascuna di queste tecnologie ha caratteristiche peculiari che la rendono più o meno adatta alle diverse tipologie d'impiego, anche in ragione del settore di attività, dell'entità dei consumi energetici in gioco, della collocazione del sito produttivo/abitativo, dei costi d'investimento e di esercizio, ecc. Inoltre, in molti casi è necessario un pool di tecnologie per ottenere consistenti risultati in termini di efficienza energetica; per questi motivi è sempre necessaria la consulenza di esperti in questioni energetiche e risulta molto importante il costante monitoraggio dei consumi, sia prima, sia dopo gli interventi.

Per le attività produttive, viene consigliata l'identificazione di un responsabile energetico a livello aziendale (*energy manager*), in grado di leggere e interpretare i dati raccolti e di fornire solerti indicazioni su eventuali problemi o anomalie e sulle possibili azioni correttive da attuare. In tal senso, può risultare importante la disponibilità di banche dati che consentano alla singola impresa di confrontarsi con situazioni di consumo energetico da considerarsi medie o "obiettivo" per determinate operazioni.

In questo ambito, un ruolo importante può essere quello delle *ESCO (Energy Service Company)*; secondo la direttiva sull'efficienza energetica, i servizi offerti dalle *ESCO* sono gli strumenti più efficaci per migliorare l'efficienza e ottenere un risparmio energetico.

L'*ESCO* viene così definita dal d.lgs. n. 115/2008: "*persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti*".

Uno degli aspetti basilari del rapporto fra *ESCO* e cliente è la tipologia contrattuale, nella quale si devono definire per ciascuno oneri e benefici. I contratti più innovativi fanno riferimento al modello definito *Energy Performance Contracting (EPC)*. In taluni casi è il cliente che opera l'investimento, ma viene garantito dall'*ESCO* per determinati livelli di risparmio (*guaranteed savings*); se le prestazioni saranno inferiori a quelle di progetto, la *ESCO* se ne farà carico. In altri contratti (*shared savings*) è la *ESCO* che si accolla l'investimento e rimane proprietaria dell'impianto, mentre i benefici economici derivanti dal risparmio energetico vengono ripartiti secondo quote concordate fra i due soggetti.

I progetti presentati dalle *ESCO* possono ricadere nell'ambito dei meccanismi dei titoli di efficienza energetica (TEE), meglio noti come certificati bianchi, emessi dal Gestore dei Mercati Energetici (GME). Ogni TEE ha un valore pari a 1 tep e può essere acquistato da imprese che non hanno raggiunto determinati obiettivi obbligatori di efficienza energetica e che quindi necessitano di rivolgersi al mercato dei titoli. In questo modo, il binomio *ESCO*/cliente, il cui progetto ha originato i TEE, può ottenere un profitto economico.

## 3.2. Efficienza energetica in zootecnia

Il settore zootecnico, come si è visto al Capitolo 2, è responsabile di un consumo energetico elettrico e termico che, sebbene non molto rilevante se si considera la sua incidenza sul costo totale di produzione dei diversi comparti, è tendenzialmente in crescita.

Inoltre, questo comparto si presenta come particolarmente interessante per l'applicazione di azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica, proprio per il fatto che fino ad oggi molto poco è stato fatto.

Una delle prime azioni da compiere è quella di fornire all'allevatore **strumenti di analisi** e controllo della situazione energetica aziendale.

Per l'energia elettrica è molto importante la lettura critica della bolletta e dei contatori ufficiali, eventualmente integrata con l'uso di contatori parziali posti sulle utenze più rilevanti. Secondo l'autorevole parere della Fluke<sup>16</sup>, alcuni degli aspetti che possono comportare sprechi rilevanti di energia elettrica sono i seguenti:

- addebiti evitabili per utilizzo di impianti nelle ore di punta o per tempi superiori alle effettive

---

16 Fluke Italia s.r.l. di Brugherio (MI)

esigenze;

- addebiti per fattore di potenza e spreco energetico;
- assenza di informazioni sulle cause degli sprechi energetici (funzionamento eccessivo, scarsa qualità dell'alimentazione elettrica, surriscaldamento dei motori per difetti meccanici o scarsa manutenzione, ecc.);
- utilizzo di dispositivi meccanici obsoleti, che consumano troppa energia rispetto a modelli più recenti ad elevata efficienza energetica.

Particolare attenzione deve essere posta nei confronti del **fattore di potenza** ( $\cos\varphi$ ), che indica il grado di sfasamento fra tensione e corrente di un circuito a corrente alternata e che rappresenta il rapporto fra la potenza attiva (o reale) e la potenza apparente erogate; l'importanza deriva dal fatto che dal  $\cos\varphi$  dipende la potenza reattiva, nel senso che al diminuire del primo cresce la seconda.

Nei circuiti che prevedono solo utenze dotate di resistenza (come le lampadine a incandescenza), lo sfasamento è nullo e il  $\cos\varphi$  è pari a 1; quindi, la potenza reattiva è nulla e la potenza reale è uguale a quella apparente. Ma in genere i circuiti presenti nelle aziende zootecniche sono di tipo induttivo, perché fra le utenze ci sono motori elettrici e lampade fluorescenti, che comportano un'induzione magnetica, con conseguente sfasamento fra tensione e corrente.

Benché il valore dell'energia reattiva (che deriva dalla potenza omonima) si possa trovare in bolletta, è questo un aspetto abbastanza difficile da capire e, quindi, facilmente trascurato. L'energia reattiva, tipica delle reti a corrente alternata, viene considerata nei contratti con potenza superiore a 6 kW e rappresenta, in parole povere, il costo per il trasporto dell'energia dal fornitore all'utilizzatore; tanta più energia reattiva viene scambiata fra fornitore e utilizzatore, tanto più il fornitore spende per portare l'energia attiva (quella che effettivamente si consuma) a casa dell'utilizzatore. Questo scambio continuo di energia, che non produce nessun lavoro utile, genera degli inconvenienti nella rete di distribuzione, come perdite supplementari, sovraccarichi e variazioni di tensione. È per questo che oltre certi limiti l'energia reattiva viene esposta in bolletta; in sostanza, il fornitore di energia addebita i maggiori costi all'utente tramite penali per basso fattore di potenza.

Nel caso in cui il fattore di potenza scenda al di sotto di una certa soglia, può risultare conveniente il rifasamento della linea, mediante l'impiego di condensatori posti in parallelo ai motori più problematici. Peraltro, gli impianti in bassa tensione con potenza impegnata maggiore di 15 kW hanno l'obbligo di rifasare quando il  $\cos\varphi$  medio mensile è inferiore a 0,7.

Per l'azienda zootecnica risulta più difficile la valutazione del consumo di carburanti (gasolio, metano, GPL), che vengono utilizzati per gli impianti a punto fisso (ad esempio caldaie) e per i mezzi meccanici semoventi operanti in allevamento, ma anche per i lavori di campagna non legati all'attività zootecnica. In questo caso possono risultare utili le indicazioni di consumo energetico per lo svolgimento di determinate operazioni di campagna e per specifiche colture, desumibili in letteratura o ottenibili dalle associazioni di contoterzisti.

I dati raccolti con regolarità devono poi essere confrontati con indicazioni di consumo energetico medio per tipologia aziendale e per dimensione dell'allevamento, preferibilmente con riferimento al livello tecnologico presente in azienda; in questo modo sarà possibile evidenziare eventuali anomalie nel consumo totale o nei consumi parziali, andando poi a ricercarne le cause e ad individuare possibili rimedi.

### 3.2.1. Aspetti generali

Nel presente paragrafo si danno informazioni generali valide in molti contesti produttivi; talune indicazioni fornite sono poi approfondite nei paragrafi successivi dedicati ai singoli settori di produzione.

La **regolazione dei motori elettrici** è un campo di grande interesse per quanto riguarda il risparmio energetico in zootecnia, soprattutto nei comparti dove i motori sono maggiormente usati, come ad esempio nella ventilazione artificiale e nei sistemi di pompaggio (pompe del vuoto, pompe per liquami). In tal senso, grande importanza riveste la già citata tecnologia degli inverter; gli inverter che interessano in questo caso sono i cosiddetti **inverter CA-CA** o raddrizzatori-invertitori, cioè quelli che variano la frequenza e la tensione di alimentazione di un motore elettrico per adeguarne la velocità alle effettive esigenze. Nei sistemi a portata variabile che fanno uso di pompe e ventilatori, l'inverter consente la migliore efficienza energetica, che si traduce in risparmi variabili fra il 20 e il 60%, a seconda dell'applicazione.

Secondo una stima riportata da ABB<sup>17</sup>, in Italia ci sono oltre 2 milioni di pompe e ventilatori con potenza inferiore ai 90 kW e di questi solo l'8% è regolato da inverter. Non si conosce l'incidenza dell'agricoltura in tale stima, ma è certamente plausibile che la situazione sia anche peggiore rispetto agli altri settori; trattasi quindi di un campo nel quale ci sono enormi potenzialità, ma che ovviamente richiede investimenti. Per gli inverter si segnalano tempi di rientro dell'investimento variabili da 6 a 18 mesi, in base alla potenza in gioco, alle ore di funzionamento e al tipo di applicazione.

Bisogna anche rilevare che gli inverter consentono una riduzione dei costi di manutenzione e una maggiore vita utile degli impianti.

A proposito di motori elettrici, è utile ricordare che oggi sono disponibili, per numerose applicazioni, i **motori ad alto rendimento** (o a limitata dissipazione). In questi motori la percentuale di energia utilizzata per il lavoro utile (movimento meccanico) è maggiore rispetto ai motori tradizionali, perché una quota inferiore di energia viene dissipata sotto forma di calore.

Le differenze sostanziali risiedono nell'impiego di più materiale (barre di conduzione a maggiore sezione, più rame nello statore) e di materiale di migliore qualità (acciaio, cuscinetti, ventole ottimizzate); di fatto, questi motori consentono risparmi energetici nell'ordine del 10% rispetto a motori tradizionali, pur non richiedendo investimenti gravosi (tempi di rientro da 12 a 36 mesi). Si tratta di capire quando questa tecnologia troverà applicazione diffusa anche per gli usi tipici del settore zootecnico, come ad esempio per i motori delle pompe o per quelli dei gruppi oleodinamici.

**L'illuminazione** è una voce non irrilevante del consumo di energia elettrica ed è relativamente facile da migliorare. Innanzitutto, conviene sfruttare al massimo la luce naturale, opportunamente filtrata e schermata (*Figura 3.2*); in secondo luogo, usando lampadine e tubi fluorescenti a basso consumo e installando sensori intelligenti in uffici e annessi è possibile ridurre in modo considerevole il consumo energetico (risparmi fra il 15 e il 50%).

Le **lampadine a basso consumo** (LBC) hanno la caratteristica di produrre la stessa quantità di luce consumando fino a cinque volte meno di corrente; per esse si stima una vita utile sino a cinque volte maggiore di quella delle tradizionali lampadine ad incandescenza, ma questo è un aspetto tutto da verificare.

Nei confronti delle LBC, di recente, si è aperta una discussione a livello europeo circa i danni che queste

---

17 ABB S.p.A. di Sesto San Giovanni (MI)

potrebbero comportare per la salute umana; in particolare, si tratta del fatto che le LBC contengono modeste quantità di mercurio, che come è noto è un prodotto molto velenoso, e del fatto che queste lampadine produrrebbero dei campi elettromagnetici particolarmente forti a piccola distanza, che potrebbero essere pericolosi per l'uomo. Inoltre, se è vero che le LBC consumano meno energia diretta, è altrettanto vero che per produrre queste lampadine, molto più pesanti delle tradizionali, serve più energia, e quindi il risparmio andrebbe valutato più correttamente sull'energia totale (diretta e indiretta).

Per il settore zootecnico sembrano interessanti i nuovi **tubi a LED**, che possono sostituire facilmente i tradizionali tubi fluorescenti (neon); fra i diversi vantaggi di queste nuove lampade si possono citare:

- il minore consumo energetico a parità di prestazioni illuminotecniche (un tubo LED da 23 W è considerato equivalente a un tubo tradizionale da 58 W);
- la durata utile molto maggiore (50.000 contro 10.000 h);
- l'eliminazione dello starter e del ballast (reattore), necessari invece con i tubi fluorescenti;
- l'assenza di mercurio;
- l'assenza di sfarfallio e di ronzio;
- la compatibilità con tutte le plafoniere normalmente usate con i tubi standard.

Nelle nuove costruzioni è possibile utilizzare specifici moduli con tecnologia LED, disponibili per diversi tipi di installazione e per differenti caratteristiche illuminotecniche.

Si ricorda che nel campo dell'illuminazione sono disponibili normative europee specifiche per i settori domestico, terziario e industriale (*direttiva 2009/125/CE, regolamento CE n. 244/2009, regolamento CE n. 245/2009 e regolamento CE n. 859/2009*).

Un importante campo nel quale è possibile ottenere sensibili risparmi energetici è quello del **riscaldamento dell'acqua tecnologica** utilizzata in azienda per diverse attività (lavaggio impianti, lavaggio locali e attrezzature, lavaggio mammelle, preparazione del latte artificiale, ecc.). A parte gli interventi impiantistici specifici, come l'introduzione di recuperatori di calore, dei quali si parlerà nei successivi paragrafi, è bene considerare una serie di piccoli accorgimenti da attuarsi in sede di realizzazione o in fase di funzionamento.

Un primo aspetto è la scelta della temperatura dell'acqua, che ovviamente dipende dall'uso specifico; una regola generale è quella di non surriscaldare l'acqua, sia per evitare inutili consumi aggiuntivi, sia per limitare la dispersione di calore nella rete di distribuzione e nel serbatoio di accumulo, che è proporzionale alla differenza di temperatura fra il fluido e l'ambiente esterno.

A livello costruttivo, l'impianto deve avere tubazioni adeguatamente coibentate e la caldaia deve essere posizionata il più vicino possibile alle aree del fabbricato dove l'acqua calda viene utilizzata con maggiore frequenza (*Figura 3.3*).

Infine, è fondamentale una regolare e accurata manutenzione, con particolare riferimento alla caldaia e ai punti terminali di erogazione.

Nei locali d'allevamento che ospitano animali giovani (suinetti, pulcini) si può verificare, durante la stagione invernale, un deficit termico dovuto al fatto che le perdite caloriche totali dell'edificio superano il calore sensibile prodotto dagli animali; in tale situazione, se non si interviene con fonti di **calore artificiale**, la temperatura ambientale è destinata ad abbassarsi, con effetti negativi sul benessere, sulla

salute e sulla produttività dei soggetti allevati.

L'intensità del riscaldamento dipende dalla situazione climatica esterna, dalle condizioni microclimatiche interne ipotizzate e dal grado di isolamento termico del ricovero. Il riscaldamento artificiale può essere di tipo generalizzato (diffuso) o di tipo localizzato (puntiforme).

A seconda del metodo di propagazione sfruttato si possono distinguere i seguenti tipi di riscaldamento:

- per conduzione;
- per convezione naturale;
- per convezione forzata;
- per irraggiamento.

Le fonti energetiche normalmente usate sono i combustibili (gasolio, olio combustibile, GPL, metano) e l'energia elettrica.

Il sistema di regolazione del riscaldamento non deve entrare in competizione con quello della ventilazione, al fine di evitare sprechi di calore e inutili consumi di energia elettrica da parte dei ventilatori (nel caso di ventilazione artificiale). Un sistema di controllo automatico, quindi, è senz'altro consigliabile se si vogliono adeguare continuamente la ventilazione e il riscaldamento alle mutevoli situazioni esterne, mantenendo le condizioni interne volute e limitando i consumi energetici.

Un controllo automatico che assicura le migliori prestazioni è quello che prevede l'utilizzazione di sonde igrometriche per la regolazione della ventilazione e di sonde termometriche per la regolazione del riscaldamento.

Notevole interesse sta suscitando il ricorso a microprocessori per il controllo dei parametri climatici all'interno degli edifici di allevamento. Con tali attrezzature è possibile ottenere una regolazione graduale e continua della ventilazione e del riscaldamento sulla base di una serie di parametri di riferimento (temperatura esterna, temperatura e umidità relativa ambientali, temperatura dell'eventuale corridoio di preriscaldamento, velocità di estrazione e immissione dell'aria, ecc.), in modo da ottimizzare le condizioni ambientali all'interno del locale. Altro aspetto interessante degli elaboratori elettronici è quello di consentire la programmazione di tutto il ciclo di allevamento, che può essere scomposto in vari stadi, ognuno caratterizzato da valori termoigrometrici confacenti alle esigenze degli animali; l'adeguamento nel tempo dei valori desiderati avviene automaticamente, senza l'intervento dell'uomo.

Il principale ruolo svolto dall'**isolamento termico** è quello di ridurre l'effetto delle variazioni della temperatura esterna sulla temperatura dell'aria all'interno del locale di allevamento.

Durante il periodo invernale il compito è quello di limitare la dispersione di calore attraverso le pareti, il soffitto e il pavimento del ricovero e rendere possibile, perciò, l'utilizzazione del calore prodotto dagli animali per assicurare un certo livello di temperatura interna. Durante il periodo estivo, invece, il compito è quello di mantenere fresco l'edificio riducendo, nel limite del possibile, il tasso d'incremento della temperatura e le escursioni termiche giornaliere.

Grande rilevanza ha la trasmittanza media dell'edificio ( $U_{med}$ ), ovvero il flusso di calore che, nelle condizioni di regime stazionario, passa da un fluido a un altro (aria interna e aria esterna), attraverso una parete, per 1 m<sup>2</sup> di superficie e per una differenza di temperatura di 1°C fra i due fluidi.

Se al momento della progettazione non si tenesse in debito conto l'isolamento termico dell'edificio,

il consumo di energia per il riscaldamento e per il raffreddamento dei locali risulterebbe incompatibile con una gestione economicamente conveniente dell'allevamento. Il livello di isolamento da perseguire non è certo quello massimo possibile, ma semplicemente quello più economico e dovrà essere determinato in base a considerazioni sulle necessità fisiologiche degli animali, sul costo dei materiali costruttivi e degli isolanti, sul comportamento termico dell'edificio e sui danni economici che si avrebbero nell'ambiente di allevamento se non fossero assicurate condizioni climatiche accettabili.

Tra i principali sistemi in grado di economizzare l'energia per il riscaldamento negli edifici di allevamento vanno annoverati gli impianti di **recupero di calore** dall'aria estratta con la ventilazione. Quest'ultima, infatti, provoca un'inevitabile dispersione di calore, che negli edifici ben coibentati rappresenta spesso la quota più rilevante della dispersione calorica totale.

Il principio su cui si basa il funzionamento di questo tipo di scambiatori di calore è proprio quello di utilizzare il calore dell'aria estratta dall'edificio per preriscaldare l'aria di rinnovo in entrata. L'impiego di questi impianti consente di ottenere un sensibile risparmio di combustibile e in molti casi, in dipendenza dalla zona climatica e dal grado di isolamento termico dell'edificio, diventa possibile garantire temperature ambientali ottimali senza fare ricorso agli impianti di riscaldamento.

I principali requisiti di un recuperatore di calore sono l'elevato rendimento, dato dal rapporto fra l'incremento di temperatura dell'aria immessa e l'incremento massimo possibile, l'affidabilità di esercizio, la facilità d'installazione e di manutenzione, la robustezza e resistenza dei materiali costruttivi, in vista di un loro impiego in ambienti umidi, polverosi e corrosivi e infine la facilità di controllo del rendimento di recupero.

Il fattore determinante nella scelta di un sistema di recupero di calore è senz'altro quello economico, per cui occorre valutare il risparmio di combustibile e l'eventuale miglioramento delle *performance* produttive degli animali, i costi di installazione e di manutenzione, come pure i costi per le eventuali modifiche da apportare al ricovero.

Le principali tipologie di scambiatore di calore utilizzabili in ambienti zootecnici sono gli scambiatori aria-aria, a recupero diretto di calore, gli scambiatori a fluido bifase (*Figura 3.4*) e quelli a fluido intermedio, a recupero indiretto di calore.

Anche i **soffitti filtranti** (o porosi) consentono il recupero del calore che altrimenti uscirebbe dall'edificio attraverso la struttura di copertura. Un soffitto filtrante è costituito da uno strato di materiale poroso (lana di roccia, lana di vetro o altro) disposto su una rete metallica preferibilmente zincata e plasticata, oppure, nei modelli più recenti, da una struttura autoportante a base di robuste fibre sintetiche e alluminio-poliestere; il tutto è posto orizzontalmente al di sotto della copertura, in modo tale che fra questa e il soffitto rimanga un'intercapedine chiusa.

L'aria entra dall'alto nel sottotetto, attraversa il soffitto poroso (*Figura 3.5*) e raggiunge, preriscaldata, il locale d'allevamento; è possibile adottare sia la ventilazione in pressione, con ingresso dell'aria da ventilatori di colmo e uscita da sfiati posti sulle pareti, sia la ventilazione in estrazione, con ingresso dell'aria dal cupolino e uscita attraverso i ventilatori posti sulle pareti laterali dell'edificio.

Un tale sistema consente un'ottima diffusione dell'aria in ingresso e la perfetta miscelazione con quella ambientale, evitando, fra l'altro, le pericolose correnti d'aria fredda. Inoltre, nei soffitti filtranti che prevedono l'alluminio nella faccia inferiore rivolta verso l'ambiente d'allevamento, si ha anche un

favorevole effetto di riflessione del calore radiante emesso dagli animali. In ultima analisi, nel bilancio termico dell'edificio si può considerare praticamente uguale a zero la trasmittanza del soffitto e ciò porta a una notevole riduzione della dispersione di calore attraverso gli elementi di chiusura dell'edificio.

Nei climi di molte aree d'Italia, e in particolare in quello della Pianura Padana, gli animali allevati hanno maggiori problemi con il caldo estivo piuttosto che con il freddo invernale; ciò vale soprattutto per gli animali adulti e di grande mole, come bovini, ovini, suini riproduttori e suini all'ingrasso, ma anche per animali di piccole dimensioni allevati in condizioni di elevata densità (galline ovaiole). Durante i mesi estivi, infatti, per quanto si curi la coibentazione e si aumenti la ventilazione, risulta difficile mantenere la temperatura su valori accettabili, il che si ripercuote negativamente sulle *performance* degli animali, con problemi alla sfera riproduttiva (ipofertilità estiva) e peggioramento dei risultati produttivi. Per ovviare a questa deprecabile situazione l'allevatore può mettere in atto diverse tecniche di **raffrescamento**.

Gli interventi passivi, relativi ai materiali, alla conformazione e alla disposizione dell'involucro edilizio, hanno lo scopo di limitare l'ingresso del calore nel locale d'allevamento, riducendo l'effetto delle variazioni delle condizioni climatiche esterne sulle condizioni microclimatiche interne; questi interventi non comportano consumi diretti di energia.

Il ricorso a tali accorgimenti, tuttavia, non sempre consente di ottenere condizioni termiche accettabili all'interno del ricovero; può essere allora utile l'adozione di tecniche attive, che prevedono l'utilizzo di attrezzature e impianti più o meno complessi miranti a favorire la dispersione del calore da parte degli animali.

I sistemi applicabili sono sostanzialmente di due tipi:

- ventilazione di soccorso, volta a incrementare la velocità dell'aria all'interno del ricovero, allo scopo di aumentare la dispersione di calore per convezione e per evaporazione da parte degli animali;
- utilizzo dell'acqua per raffreddare l'aria di ventilazione o direttamente gli animali.

I sistemi che utilizzano l'acqua sono spesso abbinati alla ventilazione forzata; ciò è vero nel caso del raffrescamento evaporativo in corrente d'aria (*cooling*), dove il calore di evaporazione dell'acqua viene sottratto all'aria di ventilazione, che si raffredda così di alcuni gradi (filtri umidi, cassoni adiabatici, ventilatori posti in serie con sprinkler), ma anche in alcuni impianti che prevedono la bagnatura degli animali ("docce").

Al fine di limitare il consumo di energia elettrica e di acqua è bene che gli impianti di raffrescamento siano comandati da una centralina dotata di sonde per il rilievo della temperatura e dell'umidità relativa.

### 3.2.2. Comparto bovino da latte

In questo comparto le azioni più interessanti per l'efficienza energetica sono le seguenti:

- utilizzo di sistemi automatici di distribuzione dell'alimento a funzionamento elettrico, in abbinamento con un impianto fotovoltaico aziendale o altro impianto a FER che produca energia elettrica;
- impiego di sistemi a basso consumo per la ventilazione di soccorso estiva;

- adozione di sistemi meccanici automatici di pulizia delle corsie (raschiatori) meno esigenti in termini energetici rispetto alle ruspette o alle lame raschianti portate dalla trattrice;
- adozione di pompe del vuoto a inverter;
- recupero di calore dal latte munto;
- produzione di acqua calda sanitaria (ACS) mediante un sistema a solare termico, sempre in abbinamento con un sistema complementare di riscaldamento dell'acqua (ad esempio una caldaia a metano o a GPL);
- uso corretto dei trattori aziendali, limitando il più possibile il loro funzionamento a vuoto (trattore che rimane acceso senza svolgere alcun lavoro) e assumendo una modalità di guida a "basso consumo";
- buona organizzazione interna del centro aziendale, con limitazione dei percorsi non produttivi dei mezzi meccanici (tratti brevi fra il silo, la zona preparazione alimenti e la stalla).

La sempre maggiore diffusione degli impianti a FER nel comparto zootecnico rende assai interessante l'adozione di **impianti a funzionamento elettrico** in sostituzione di macchine che consumano combustibili tradizionali (gasolio, GPL). In tal senso, stanno destando grande interesse le macchine automatiche che distribuiscono l'alimento in mangiatoia, spesso in abbinamento con un impianto completo di preparazione della miscela alimentare e di rifornimento del carro distributore.

Ditte importanti del settore stanno immettendo sul mercato robot di alimentazione che possono muoversi all'interno della stalla sospesi ad una monorotaia (*Figura 3.6*); altri modelli sono provvisti di ruote gommate e si muovono come un carro tradizionale a terra (*Figura 3.7*), ma la guida è automatica (senza operatore), mediante sensori annegati nella pavimentazione della corsia. Queste macchine sono alimentate da batterie ricaricabili che vengono rifornite di energia nella stazione di sosta, negli intervalli fra una distribuzione e l'altra.

Restando al campo della robotica applicata all'allevamento, si ricordano i robot a batterie ricaricabili proposti per l'operazione fondamentale di avvicinamento del foraggio in mangiatoia (*Figura 3.8*), e quelli destinati alla pulizia dei pavimenti fessurati, che si muovono in modo del tutto autonomo grazie a software che memorizzano i percorsi.

Per tutte queste macchine robotizzate è interessante l'abbinamento a un impianto fotovoltaico gestito con lo scambio sul posto, perché è possibile sfruttare in modo più intenso l'energia prodotta in azienda, facendo funzionare le macchine durante le ore del giorno.

Grande rilevanza possono avere le azioni di risparmio energetico per la **ventilazione di soccorso** estiva (raffrescamento). Tale tecnologia sta diventando sempre più importante negli allevamenti da latte, perché:

- le vacche in produzione sono sempre più sensibili alle alte temperature, per le dimensioni corporee e le produzioni sempre più elevate (grande quantità di calore prodotto);
- la temperatura esterna è tendenzialmente in crescita (riscaldamento globale);
- le stalle sono spesso mal progettate, con poco attenzione agli aspetti del controllo ambientale (errato orientamento, edifici troppo chiusi, assenza di cupolini, superfici ventilanti insufficienti, tetti non coibentati, ecc.).

I ventilatori di uso comune sono del tipo ad asse di rotazione orizzontale, con diametri che variano da 0,6 a 1,4 m e con motori elettrici di potenza variabile da 0,37 a 0,75 kW; in genere questi ventilatori prevedono l'accoppiamento fra girante e motore tramite cinghia di trasmissione, ma nei modelli più piccoli l'asse di rotazione della girante esce direttamente dal blocco motore. Un ventilatore di questo tipo è in grado di fornire una portata massima variabile da 10.000 m<sup>3</sup>/h per un diametro della girante di 0,6 m a 35.000 m<sup>3</sup>/h per un diametro di 1,4 m.

I ventilatori ad asse orizzontale vengono installati nelle zone di alimentazione e nelle aree di riposo delle stalle, appesi alle travi del tetto o fissati ai pilastri della struttura portante (*Figura 3.9*); in genere sono collocati in fila indiana, a 6-12 m di distanza l'uno dall'altro e leggermente inclinati verso il basso, in modo da creare un "tubo" d'aria continuo che dalla testata più fresca si dirige verso la testata più calda della stalla.

In anni recenti hanno cominciato a diffondersi anche nelle stalle italiane i grandi ventilatori a pale ad asse di rotazione verticale, detti "elicotteri" (*Figura 3.10*), che vengono installati appesi alle travi del tetto. Questi ventilatori hanno diametro delle pale variabile da 3 a 7 m e creano un flusso d'aria con direzione dall'alto al basso, "a cascata", che poi si apre a raggiera; è chiaro quindi che l'area interessata dal singolo ventilatore è molto maggiore rispetto a quanto accade con i ventilatori tradizionali illustrati in precedenza. Le portate d'aria sono veramente rilevanti: un ventilatore da 7 m di diametro può muovere da 200.000 a 250.000 m<sup>3</sup>/h d'aria. Per contro, le potenze sono ridotte, con motori della potenza di 0,6-1,1 kW, e questo è uno degli aspetti più interessanti dal punto di vista dei consumi. Bisogna inoltre considerare che spesso i motori di questi moderni ventilatori sono controllati con tecnologia a inverter, fatto che consente un ulteriore risparmio nei consumi energetici.

Gli impianti automatici per la **pulizia e rimozione degli effluenti** dalle corsie di stabulazione sono sufficientemente diffusi nelle stalle italiane. I sistemi tradizionali prevedono raschiatori a ribaltina o a farfalla che vengono mossi da aste metalliche rigide poste nel pavimento; le aste sono a loro volta azionate da gruppi di trazione meccanici o oleodinamici. Questi impianti consentono, fra l'altro, notevoli risparmi energetici rispetto ai sistemi di pulizia con trattore dotato di lama raschiante o ruspetta.

Recentemente sono stati proposti impianti automatici di pulizia azionati da funi (corde marine o cavi d'acciaio), con dispositivi arrotolatori e srotolatori che funzionano in coppia (*Figura 3.11*). La modesta potenza dei motori dei gruppi di trazione, rispetto a quella degli impianti ad asta rigida, e la possibilità di azionare due raschiatori con il medesimo gruppo consentono un risparmio energetico rilevante, oppure, a parità di consumo, permettono una maggiore frequenza di passaggio delle ruspette, con benefici igienico-sanitari per gli animali.

Le **pompe del vuoto** degli impianti di mungitura sono fra le utenze più energivore di una stalla per vacche da latte. Le pompe comuni hanno una velocità di rotazione costante e la regolazione del livello di vuoto viene attuata mediante apertura/chiusura di valvole che fanno entrare o meno aria nell'impianto.

Modelli recenti di pompe prevedono il collegamento diretto fra albero motore e pompa, anziché la trasmissione a cinghia; i benefici sono l'azionamento più preciso, un ridotto consumo di olio di lubrificazione, una maggiore efficienza (meno potenza a parità di portata) e l'eliminazione dei problemi causati dalle cinghie (regolazione tensione, usura, sostituzione). A questi modelli di pompe possono essere collegati dei regolatori di velocità esterni, che consentono di adattare il numero di giri della pompa alle effettive richieste di vuoto del sistema; si ottengono così notevoli risparmi energetici e una drastica riduzione del rumore.

Pompe del vuoto di ultima generazione hanno funzionamento regolato da inverter e assicurano la stabilità del vuoto, il risparmio energetico, il prolungamento della durata della pompa e la riduzione del rumore.

La possibilità di **recuperare il calore** dal latte munto può essere sfruttata sia nella fase precedente all'immissione del latte nel serbatoio di raccolta, sia nel momento dello stoccaggio temporaneo.

Il pre-raffreddamento del latte può essere attuato con uno scambiatore di calore a piastre posto sulla tubazione di trasferimento del latte dalla sala di mungitura al tank di raccolta; ciò consente la produzione di acqua tiepida tecnologica, con un duplice risparmio: meno calore per riscaldare l'acqua e meno energia elettrica consumata dal tank di raccolta del latte.

Altra tecnica è quella che prevede il recupero di calore dal serbatoio di refrigerazione del latte, con produzione di acqua pre-riscaldata a 50-55 °C, con risparmi consistenti sull'energia termica necessaria per il riscaldamento dell'acqua tecnologica.

Queste tecniche sono particolarmente appetibili per gli allevamenti che producono latte alimentare, mentre nella realtà del Parmigiano-Reggiano la cosa è meno interessante, perché il latte viene raffreddato a soli 18 °C e non refrigerato a 4 °C.

Infine, destano grande interesse gli impianti solari termici installabili sui tetti delle stalle; questi consentono di produrre acqua calda a partire dall'energia fornita dal Sole e di essi si parlerà diffusamente nel paragrafo 4.6.

### *3.2.3. Comparti suinicolo e avicolo*

Come si è visto in precedenza, i consumi energetici del comparto suinicolo sono soprattutto da attribuirsi alle tecniche utilizzate per la ventilazione, il riscaldamento e l'alimentazione.

Nel caso della **ventilazione**, si tratta soprattutto di impianti per il ricambio d'aria forzato, in alternativa alla ventilazione naturale, ma anche, specialmente per le scrofe, di ventilazione di soccorso estiva.

La ventilazione dinamica si realizza mediante l'impiego di ventilatori azionati da motori elettrici. Molto importanti sono le caratteristiche tecniche dei ventilatori e, in particolare, la potenza (in W), la velocità massima di rotazione (in giri/min) e la relativa portata massima (in m<sup>3</sup>/min o m<sup>3</sup>/h).

I ventilatori utilizzati nelle porcilaie sono prevalentemente del tipo elicoidali a pale larghe, caratterizzati dal fatto di ruotare su un asse parallelo a quello del flusso d'aria che creano. Essi sono in grado di spostare grandi masse d'aria con pressioni relativamente modeste.

La regolazione della portata di ventilazione è in genere affidata a una centralina collegata a una sonda termometrica. Nei modelli più semplici sono disponibili 2-4 velocità preimpostate di rotazione dei ventilatori, e quindi 2-4 livelli di portata d'aria, e si possono fissare i livelli di temperatura interna che stabiliscono l'inserimento delle velocità disponibili, con azione sulla tensione di alimentazione. In altri casi la regolazione della portata avviene per progressivo spegnimento/accensione di ventilatori a portata costante; il vantaggio energetico deriva dal fatto che i ventilatori elicoidali sono più efficienti alla loro massima velocità di rotazione.

Negli impianti di più recente installazione viene spesso adottata la variazione in continuo della velocità dei ventilatori; il numero di giri viene determinato, in misura proporzionale alla temperatura ambientale, da una centralina elettronica che fa variare la frequenza di alimentazione dei ventilatori; sono queste le

centraline con regolazione a inverter. Mediante appositi potenziometri vengono settate la portata minima e la portata massima e le relative temperature di riferimento (minima e massima); quando la temperatura dell'ambiente scende al disotto della minima preimpostata i ventilatori si mantengono alla velocità minima; quando la temperatura ambiente supera quella massima stabilita i ventilatori si mantengono alla massima velocità; quando, infine, la temperatura del locale è compresa fra la minima e la massima impostate la portata di ventilazione varia in proporzione alla temperatura rilevata dalla sonda termosensibile.

Uno dei principali vantaggi della ventilazione artificiale è il fatto che i flussi d'aria sono svincolati dall'andamento dei moti convettivi, potendosi così porre le bocche di entrata dell'aria in alto e le uscite a livello del pavimento (*Figura 3.12*). Ciò garantisce il rapido allontanamento dei gas nocivi che, originando dalla fermentazione delle deiezioni, si producono a livello del pavimento, o addirittura sotto ad esso, se si tratta di pavimento fessurato.

La ventilazione artificiale può essere realizzata in pressione (o immissione) e in depressione (o estrazione). Nel primo caso l'aria viene introdotta nel ricovero per effetto della sovrappressione esercitata dai ventilatori (*Figura 3.12a*) e viene evacuata tramite apposite aperture; nel secondo caso i ventilatori estraggono l'aria viziata dall'ambiente e la depressione che si crea richiama l'aria esterna attraverso aperture praticate sulle pareti o sul soffitto (*Figura 3.12g*).

Diversi possono essere gli schemi di ventilazione impostati; quello più frequentemente rilevato nelle sale parto e nelle sale svezzamento è l'estrazione bassa tramite camini (*Figura 3.13d*), con ingresso dell'aria da un corridoio laterale di preriscaldamento o tramite tubo plastico forato (fan jet), mentre negli ingrassi e nelle gestazioni prevale l'estrazione laterale, con ventilatori collocati su una parete e ingresso dell'aria dalle finestre della parete opposta (*Figura 3.13m*).

La ventilazione in estrazione è spesso preferita nelle porcilaie per la sua semplicità costruttiva, l'affidabilità e la più facile gestione. Richiede però edifici perfettamente a tenuta se si vuole che il percorso dell'aria sia quello progettato.

I ventilatori rilevati negli allevamenti hanno portate comprese fra 1.500 e 8.000 m<sup>3</sup>/h, con diametri variabili dai 350 ai 600 mm, e sono azionati da motori monofase o trifase che assorbono una potenza variabile da 150 a 500 W.

Un aspetto molto rilevante nella scelta dei ventilatori è il livello di pressione statica di progetto, cioè quella presunta alla quale dovrà operare il sistema; è infatti noto che all'aumentare della pressione statica diminuisce la portata effettiva del ventilatore. Così, un ventilatore con una portata massima di targa di 9.000 m<sup>3</sup>/h alla pressione statica neutra (0 Pa), fornisce una portata effettiva di 8.000 m<sup>3</sup>/h a 25 Pa (valore di riferimento) e di soli 6.000 m<sup>3</sup>/h a 65 Pa.

Un'azione importante per la limitazione dei consumi energetici riguarda il miglioramento del grado di **isolamento degli edifici** d'allevamento, in particolare di quelli riscaldati. Si tratta di effettuare una valutazione caso per caso sugli scambi termici attraverso l'involucro edilizio e la ventilazione, comprendendo le eventuali perdite per cattiva tenuta dei vari componenti di chiusura. Da qui possono desumersi modalità di intervento che, con costi ridotti, consentano di ottenere benefici significativi.

A tale riguardo si cita un lavoro svolto dal CRPA (Rossi e Gastaldo, 2010a; Rossi e Gastaldo, 2010b), riguardante il settore suinicolo. Con riferimento ad una specifica porcilaia per la fase di accrescimento, sono stati valutati gli effetti sul costo di costruzione della porcilaia e sul costo energetico per il riscaldamento al variare del grado di coibentazione. Sei differenti soluzioni sono state messe a confronto,

con valori di trasmittanza unitaria media (U<sub>med</sub>) variabili da un massimo di 4,54 W/m<sup>2</sup> °C (edificio non coibentato) a un minimo di 0,73 W/m<sup>2</sup> °C (edificio con ottima coibentazione). Le conclusioni di questo lavoro indicano che la porcilaia a maggiore isolamento termico risulta più vantaggiosa della porcilaia a ridotta coibentazione per un importo di 2.641 €/anno, pari a 4,89 €/posto per anno. Nell'ipotesi che ogni posto della porcilaia faccia "girare" 9 suini all'anno (da 30 a 50 kg con un'occupazione media di 40 d), il vantaggio per singolo suino prodotto si attesta sugli 0,54 €. Ovviamente, il beneficio ottenibile con una migliore coibentazione dell'edificio non si misura soltanto con dei semplici calcoli microeconomici, ma deve considerare anche la relevantissima questione del risparmio energetico, con tutto ciò che ne consegue (dall'inquinamento atmosferico al riscaldamento globale del pianeta), oltre al fatto che ridurre la dipendenza dai combustibili fossili è operazione che mette al riparo l'azienda da improvvisi e non prevedibili mutamenti del mercato dei prodotti petroliferi.

Nelle unità post-svezzamento va posta attenzione ai consumi dei diversi tipi di radiatori ed anche alla posizione del termostato; da valutare l'ipotesi di un riscaldamento localizzato, o addirittura quella di installare delle nicchie separate come quelle in uso nei sistemi a lettiera. Va esercitato un controllo attento (manuale o automatico) delle perdite per ventilazione: ad esempio, con un ricambio d'aria di 3 m<sup>3</sup>/h per capo il consumo di energia per il riscaldamento è la metà di quello con 5 m<sup>3</sup>/h per capo.

Un'appropriata combinazione fra riscaldamento e ventilazione costituisce l'obiettivo più importante, dal momento che le due finalità agiscono in opposizione, in quanto l'aumento del ricambio d'aria invernale comporta un maggior fabbisogno di riscaldamento. Idealmente un unico termostato dovrebbe regolare entrambe le entità, curando che la temperatura di attivazione del riscaldamento sia leggermente inferiore, o al massimo uguale, a quella di attivazione dei ventilatori.

Un altro importante campo di azione è quello dei **recuperatori di calore**. Uno scambiatore di calore aria-aria installato in una unità post-svezzamento può portare un risparmio fra il 40 e il 60% dell'energia per il riscaldamento.

In generale, grazie al progresso intervenuto negli anni recenti nel campo dei sistemi e degli impianti di gestione del clima interno, un loro ammodernamento può portare a risparmi rilevanti. Inoltre, è molto importante il controllo assiduo e la regolare manutenzione degli impianti: la pulizia frequente di sensori, ventilatori e corpi radianti serve a mantenere alta l'efficienza degli impianti, con benefici evidenti in termini di consumi energetici.

Nel comparto avicolo gli edifici d'allevamento devono essere curati soprattutto per quanto riguarda l'isolamento termico, prevedendo elevata coibentazione del soffitto, la tenuta all'infiltrazione d'aria, la corretta ventilazione e l'illuminazione preferibilmente naturale.

A livello di impianto di riscaldamento, si deve tenere presente che gli aerotermini sono più efficienti dei radiatori, per quanto questi ultimi abbiano fatto considerevoli progressi negli ultimi anni. Inoltre, ammodernare gli impianti di ventilazione può consentire, anche grazie al miglioramento delle tecniche di controllo, notevoli risparmi energetici (controllo congiunto di riscaldamento e ricambio d'aria).

### 3.3. Interventi di miglioramento dell'efficienza energetica

Nell'ambito del progetto "Re Sole" sono stati individuati dei campi d'azione prioritari per il miglioramento dell'efficienza energetica negli allevamenti; essi fanno riferimento alle seguenti tematiche:

- coibentazione degli edifici e impianti di riscaldamento;

- impianti di ventilazione;
- impianti di raffrescamento;
- illuminazione con lampade a basso consumo.

Allo scopo di ipotizzare interventi attuabili nelle aziende zootecniche, sono stati definiti 8 progetti tipo suddivisi nei 3 comparti produttivi (suino, bovino da latte e avicolo); al comparto suino, stante la specializzazione dei reparti dell'allevamento e le sostanziali differenze in termini di produzione e di livello tecnologico, sono stati dedicati ben 5 degli 8 progetti.

I progetti sono i seguenti:

1. porcilaia per la fase di gestazione;
2. porcilaia per la fase di maternità (sale parto);
3. porcilaia per la fase di post-svezzamento;
4. porcilaia per la fase di accrescimento;
5. porcilaia per la fase di ingrasso;
6. stalla libera per vacche da latte;
7. pollaio per broiler;
8. pollaio per galline ovaiole.

Ogni progetto è costituito da una tavola riportante pianta e sezione dell'edificio e da una scheda tecnica che ne elenca le principali caratteristiche (dimensioni, superfici, tipo di stabulazione, strutture edilizie, attrezzature, impianti, ecc.).

Le scelte progettuali, ovviamente, sono solo alcune delle numerose varianti con le quali è possibile organizzare questi allevamenti. Nella definizione dei progetti si è tenuto conto della situazione strutturale media attuale, con tecnologie e materiali comunemente adottati.

Le 4 differenti tematiche precedentemente citate sono state incrociate con i diversi ricoveri progettati, tenendo ovviamente conto della rilevanza relativa che esse hanno per i diversi comparti zootecnici; il tutto è evidenziato nella tavola sinottica di [Tabella 3.1](#).

### **3.3.1. I progetti per l'allevamento suinicolo**

L'allevamento suinicolo è organizzato in fasi produttive che, in genere, fanno riferimento allo stadio fisiologico dei riproduttori (attesa calore, fecondazione, gestazione, allattamento) e allo stadio di accrescimento degli altri soggetti (svezzamento, accrescimento, ingrasso); per questo motivo abbiamo diversi settori o reparti specializzati per la tipologia di suino ospitata.

I progetti allestiti fanno riferimento a 5 di questi settori: gestazione, maternità (parto-allattamento), post-svezzamento (comunemente noto come svezzamento), accrescimento e ingrasso.

Tutti i progetti allestiti sono rispettosi delle disposizioni stabilite dalla normativa sul benessere dei suini (*decreto legislativo 7 luglio 2011, n. 122 che attua la direttiva 2008/120/CE*).

#### **Porcilaia per gestazione**

La fase di gestazione propriamente detta è compresa fra l'esito positivo della diagnosi di gravidanza (che

avviene nel reparto di fecondazione) e l'ingresso in sala parto; è una fase che deve garantire agli animali tranquillità e corretto razionamento alimentare, oltre ad un agevole controllo da parte degli operatori.

Il ricovero allestito per questa fase prevede stabulazione in box collettivo a pavimentazione parzialmente fessurata.

La porcilaia è organizzata in due file di box con corsia centrale di servizio e movimentazione; ogni box può ospitare un massimo di 8 scrofe, per una capienza massima totale di 160 soggetti. La scheda tecnica del ricovero è la n. 1 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 1 riportata nell'Allegato Tavole.

#### Porcilaia per maternità

La fase di maternità comprende il parto e l'allattamento della nidiata; la scrofa viene spostata nella sala parto qualche giorno prima della data prevista per il parto e vi permane fino al termine della fase di allattamento; è una fase particolarmente delicata, che deve garantire tranquillità e benessere sia alla scrofa, sia ai lattonzoli, oltre ad un agevole controllo da parte degli operatori. Particolarmente importante risulta il controllo ambientale, per le esigenze diametralmente opposte dei due tipi di suini ospitati nello stesso box: la scrofa che soffre molto il caldo e i lattonzoli che temono le basse temperature. Per questo motivo è bene prevedere un modesto riscaldamento generale dell'ambiente e un riscaldamento localizzato della sola zona nido destinata alla nidiata.

Il ricovero allestito per questa fase prevede stabulazione in box parto-allattamento del tipo con scrofa in gabbia disposta diagonalmente e ingresso/uscita anteriore; il pavimento è totalmente grigliato e la ventilazione è artificiale. Sono previste 7 sale parto da 10 box ciascuna, per una capienza massima di 70 scrofe.

La scheda tecnica del ricovero è la n. 2 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 2 riportata nell'Allegato Tavole.

#### Porcilaia per svezzamento

La fase di svezzamento (o meglio di post-svezzamento) comprende il primo periodo di vita dei suinetti dopo la separazione dalla madre; è questa una fase molto delicata per i giovani suini, che sono sottoposti ad una serie di stress concomitanti (separazione dalla scrofa, interruzione dell'allattamento, cambio di alimentazione, cambio di locale, possibile rimescolamento di nidiata). Come per il reparto di maternità, è molto importante il controllo ambientale, specialmente nelle prime 2 settimane di permanenza. Può essere previsto il riscaldamento generale dell'ambiente, oppure il riscaldamento localizzato della sola zona di stabulazione o di una parte di essa.

Il ricovero allestito per questa fase prevede stabulazione in gabbie tipo *flat-deck*, ciascuna in grado di ospitare fino a 11 suinetti del peso vivo unitario finale di 20 kg; il pavimento è totalmente grigliato e la ventilazione è artificiale. Sono previste 7 sale da 10 gabbie ciascuna, per una capienza massima di 770 capi.

La scheda tecnica del ricovero è la n. 3 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 3 riportata nell'Allegato Tavole.

#### Porcilaia per accrescimento

Questa fase, nota anche come "magronaggio", rappresenta la prima fase di ingrasso dei suini destinati al macello. Il peso d'ingresso dei soggetti dipende dalla durata della fase precedente di svezzamento (da 20

a 30 kg), mentre il peso d'uscita dipende dall'organizzazione aziendale, ma in genere è compreso fra 50 e 80 kg. In alcuni allevamenti che prevedono una sola fase di ingrasso, la fase di accrescimento non viene svolta in una porcilaia specifica ma direttamente nella porcilaia da ingrasso.

Il ricovero allestito per questa fase prevede stabulazione in box collettivo a pavimentazione parzialmente fessurata. La porcilaia è organizzata in 3 sale uguali, ciascuna con 12 box disposti su due file, con corsia centrale di servizio e movimentazione; ogni box può ospitare un massimo di 20 suini fino a 50 kg di peso vivo unitario, per una capienza massima totale di 720 soggetti.

La scheda tecnica del ricovero è la n. 4 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 4 riportata nell'Allegato Tavole.

#### Porcilaia per ingrasso

La fase d'ingrasso è la fase finale del ciclo d'allevamento dei soggetti destinati alla macellazione per la produzione di carne per consumo fresco o di carne destinata alla trasformazione in salumi. Per questo, i pesi finali possono essere molto diversi: 90-110 kg/capo per la carne fresca, 140-175 kg per il salumificio.

Il ricovero allestito per questa fase prevede stabulazione in box collettivo a pavimentazione totalmente fessurata. La porcilaia è organizzata in 2 sale uguali, ciascuna con 12 box disposti su due file, con corsia centrale di servizio e movimentazione; ogni box può ospitare un massimo di 12 suini fino a 160 kg di peso vivo unitario, per una capienza massima totale di 288 soggetti.

La scheda tecnica del ricovero è la n. 5 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 5 riportata nell'Allegato Tavole.

### *3.3.2. Il progetto per l'allevamento bovino*

Per l'allevamento bovino da latte è stata ipotizzata una struttura di medie dimensioni per l'allevamento delle vacche in mungitura e in asciutta. La stalla è del tipo a cuccette, certamente la tipologia più diffusa per l'allevamento di questi animali.

Lo schema planimetrico prevede due file di cuccette "groppa a groppa" con una corsia di smistamento e una zona di alimentazione; completano la struttura una corsia di foraggiamento posta a fianco della mangiatoia e un edificio comprendente la zona di mungitura (area di attesa, sala di mungitura, sala latte, ufficio e servizi igienici).

Le corsie di stabulazione hanno pavimento pieno di calcestruzzo e sono pulite mediante impianto automatico con raschiatori ad asta rigida o a fune. Le cuccette sono del tipo a buca con lettiera di paglia.

La scheda tecnica della stalla è la n. 6 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 6 riportata nell'Allegato Tavole.

### *3.3.3. I progetti per l'allevamento avicolo*

Per il comparto avicolo sono stati previsti due progetti dedicati ai due settori interessati: polli da carne (broilers) e galline ovaiole. Fra le possibili soluzioni tecniche e produttive si è optato per l'allevamento del pollo leggero su lettiera permanente e per l'allevamento delle ovaiole a terra in ricovero dotato di lettiera, posatoi e nidi.

#### Pollaio per polli da carne

Il pollaio progettato prevede stabulazione a terra su lettiera permanente, con superfici libere di stabulazione che rispettano i dettami della normativa sul benessere dei polli (*decreto legislativo 27 settembre 2010, n. 181* che attua la *direttiva 2007/43/CE*).

Si prevede l'allevamento di un pollo leggero del peso vivo finale di 1,75 kg; in queste condizioni il ricovero può ospitare un massimo di 8.100 capi.

La scheda tecnica del pollaio è la n. 7 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 7 riportata nell'Allegato Tavole.

#### Pollaio per galline ovaiole

Il pollaio per galline ovaiole prevede stabulazione a terra su lettiera permanente, con area destinata ai posatoi su grigliato sopraelevato e zona centrale per i nidi di deposizione; le superfici libere di stabulazione e quelle dei nidi, così come le caratteristiche delle attrezzature per l'alimentazione e l'abbeverata, rispettano i dettami della normativa sul benessere delle ovaiole (*decreto 20 aprile 2006 del Ministero della salute che attua le direttive 1999/74/CE e 2002/4/CE; regolamento (CE) n. 589/2008*). Il ricovero è in grado di ospitare fino a un massimo di 9.000 capi.

La scheda tecnica del pollaio è la n. 8 riportata nel capitolo Schede tecniche; la tavola di progetto è la n. 8 riportata nell'Allegato Tavole.

#### **3.3.4. Le schede di miglioramento**

Sono state redatte 18 schede di miglioramento, consultabili nel capitolo Schede miglioramento, così suddivise per tematica:

- 5 per il tema coibentazione/riscaldamento,
- 6 per il tema ventilazione,
- 2 per il tema raffrescamento,
- 5 per il tema illuminazione.

La suddivisione per tipo d'allevamento è la seguente:

- 10 per il comparto suino,
- 3 per il comparto bovino da latte,
- 3 per il comparto avicolo da carne,
- 2 per il comparto avicolo da uova.

Ogni scheda miglioramento tratta uno specifico intervento, che viene descritto nei suoi aspetti essenziali; partendo da una serie di dati di base, derivanti dalle caratteristiche del ricovero (con riferimento alla relativa scheda tecnica), elenca il costo dell'intervento, il risparmio energetico ottenibile, la durata presunta della tecnologia introdotta, gli eventuali minori costi oltre a quelli energetici e, infine, la redditività dell'investimento.

Per quanto riguarda quest'ultimo punto, vengono utilizzate le metodologie del valore attuale netto (VAN) e del tasso interno di rendimento (TIR); si ricorda che il VAN è lo strumento di valutazione per l'analisi costi/benefici indicato dalla *direttiva 2012/27/UE* (allegato IX).

Il **VAN** rappresenta la sommatoria attualizzata dei futuri flussi di cassa positivi e negativi generati dal progetto, al netto del costo dell'investimento; in pratica, esso rappresenta l'ammontare della ricchezza generata dall'investimento, riferita al momento zero, cioè al momento dell'ipotetico investimento. Un VAN positivo indica la validità del progetto, perché i ricavi futuri derivanti dall'investimento superano l'ammontare dell'investimento stesso e delle eventuali nuove spese. Nel caso di più investimenti alternativi posti a confronto, sarà conveniente optare per quello che presenta il VAN maggiore, ma per il raffronto diretto è necessario che la durata presunta sia uguale. Ovviamente, i ricavi possono essere rappresentati anche da mancati esborsi, per economie di processo e/o riduzione dei costi di produzione.

L'aspetto più delicato di questa procedura è l'individuazione del tasso di attualizzazione, cioè il tasso necessario per scontare al momento zero gli importi futuri, che dovrebbe fare riferimento al costo medio del capitale o al tasso di un investimento in BOT di analoga durata; spesso si fa riferimento a tassi ufficiali disponibili per investimenti a lungo termine (*Eurirs*), aumentati del costo bancario (*spread*). Nel caso specifico delle schede miglioramento sono stati adottati tassi del 4,75% per gli investimenti con durata di 15 anni e del 4,91% per quelli con durata di 20 anni.

Il **TIR** è un altro sistema di valutazione degli investimenti, pure basato sull'attualizzazione dei flussi di cassa al tempo iniziale; esso corrisponde a quel tasso che rende la sommatoria dei flussi positivi e negativi uguale a zero. Il TIR rende confrontabili investimenti programmati per periodi di tempo differenti.

Relativamente alla stima del costo energetico, è stato assunto un costo totale dell'energia elettrica di 0,20 €/kWh con riferimento al primo anno; tale valore è la media risultante dalle indagini condotte nel progetto "Re Sole" presso le aziende zootecniche; si è poi considerato un aumento dell'1% annuo. Per l'energia termica si è stimato un costo del gasolio di 0,75 €/kg per il primo anno (media dei costi rilevati presso le aziende), con aumenti annui dell'1,9%; tale aumento è in linea con quanto indicato dalle previsioni sul prezzo del petrolio grezzo disponibili su *Agricultural Outlook 2001* di *OECD-FAO*.

Nella [Tabella 3.2](#) vengono riassunti i valori di redditività dell'investimento per tutte le 18 schede miglioramento.

Alla maggioranza dei miglioramenti è stata attribuita una durata presunta di 15 anni; si tratta di interventi che prevedono la sostituzione o la modifica di componenti impiantistici, quali ventilatori o apparecchi illuminanti.

Fra questi, il miglior risultato in termini di VAN viene ottenuto dal [miglioramento n. 1](#), relativo all'impianto di ventilazione di una porcilaia da gestazione, con poco meno di 40.000 €; ciò è conseguenza di un costo d'investimento relativamente basso e di benefici molto interessanti per la componente di riduzione del costo di produzione (beneficio indiretto), nonostante sia stato considerato un valore molto cautelativo, pari a 0,008 €/kg peso vivo (3.864 €/anno). Da notare che il VAN rimane positivo fino a una riduzione annua del costo di produzione di 145 €, mentre annullando completamente questo beneficio e lasciando il solo risparmio energetico il VAN diventa negativo, anche se di poco (-1.526 €).

Anche il [miglioramento n. 12](#), riguardante l'impianto di illuminazione della stalla per vacche da latte, evidenzia un VAN molto interessante, pari a circa 22.000 €; da notare che in questo caso il beneficio è tutto diretto, cioè imputabile al risparmio energetico e ai minori costi di manutenzione del nuovo impianto, in quanto non si sono ipotizzati effetti sulla produzione. Il vantaggio è determinato dal numero di punti luce della stalla (134 tubi) e dalla potenza installata totale di oltre 4 kW, valori elevati se confrontati con le altre strutture d'allevamento considerate. È molto interessante il fatto che il VAN rimarrebbe positivo (per circa 2.350 €) anche nel caso in cui si azzerasse il beneficio del risparmio

energetico, lasciando solo i minori costi di manutenzione.

Un VAN di circa 12.000 € caratterizza il miglioramento n. 16 riguardante la ventilazione nel pollaio per galline ovaiole. Si è ipotizzato un calo del costo di produzione delle uova dello 0,6%, che nel complesso porta a una riduzione di 1.526 €/anno; il VAN rimane positivo fino a una riduzione di 371 €/anno, corrispondenti a un calo dello 0,15% del costo di produzione.

Il miglioramento n. 5, relativo alla ventilazione della porcilaia di maternità, ottiene un buon risultato, benché inferiore all'analogo intervento ipotizzato per la porcilaia di gestazione, soprattutto per il maggior costo di realizzazione (315 €/hpu contro 122 €/hpu); il VAN è pari a quasi 11.000 €. Il VAN rimane positivo fino a una riduzione annua del costo di produzione di 660 €; il solo risparmio energetico genera un VAN negativo di quasi -7.000 €.

Al quinto posto della classifica si pone l'intervento di miglioramento n. 17, che riguarda l'illuminazione nel pollaio per galline ovaiole, con un VAN di circa 10.500 €; in questo caso valgono le considerazioni già fatte per il miglioramento n. 12 circa il beneficio esclusivamente diretto, con la permanenza della positività del VAN (555 €) anche con l'azzeramento del risparmio energetico.

Il miglioramento n. 14, riguardante la ventilazione del pollaio per broilers, evidenzia un VAN di circa 10.000 €, benché la riduzione del costo di produzione sia stata cautelativamente mantenuta su un valore più basso di quello calcolato (0,008 contro 0,012 €/kg peso vivo). Il costo unitario dell'intervento è pari a 131,5 €/hpu.

Il VAN positivo si abbassa a circa 7.500 € per il miglioramento n. 11 relativo all'impianto innovativo per il raffrescamento delle vacche da latte. In questo caso il costo dell'intervento è la differenza di costo fra impianto innovativo e impianto tradizionale, nell'ipotesi che l'ipotetica azienda debba ancora installare un impianto di ventilazione estiva di soccorso. Il beneficio è solo diretto (risparmio energetico), perché non sono stati considerati vantaggi di tipo produttivo o abbassamenti del costo di produzione del latte. Il VAN resta positivo fino ad un valore del risparmio energetico annuo di 3.385 € (circa la metà del dato stimato).

I rimanenti miglioramenti con durata di 15 anni mostrano valori di VAN decisamente più bassi, benché tutti positivi; si va da un massimo di circa 5.600 € per l'impianto d'illuminazione della porcilaia di gestazione (miglioramento n. 3) a minimi di 546 € per il recuperatore di calore dalla refrigerazione del latte (miglioramento n. 11b) e di 538 € per l'impianto di ventilazione della porcilaia di post-svezzamento (miglioramento n. 7).

Gli interventi di miglioramento per i quali è stata fissata una durata di 20 anni sono tutti dello stesso tipo, riguardando l'aumento del livello di isolamento termico degli edifici. Per questo sono interessati soltanto i ricoveri nei quali viene utilizzato un impianto di riscaldamento, con lo scopo di sopperire al deficit termico che altrimenti si verificherebbe durante la stagione fredda.

Questi interventi, benché abbiano costi d'investimento nettamente più alti rispetto agli altri miglioramenti, evidenziano VAN mediamente più elevati. Questo vale, in particolare, per il miglioramento n. 13 relativo al pollaio per broilers, che a fronte di un costo di 54.000 €, mostra un VAN di quasi 72.500 €, in assoluto il dato più alto fra quelli calcolati. Il VAN rimane positivo fino a un risparmio energetico di 4.915 kWh termici (contro gli 11.502 calcolati nella scheda).

Anche gli interventi di coibentazione delle porcilaie ottengono ottimi riscontri in termini di redditività dell'investimento, con l'edificio per l'accrescimento (miglioramento n. 8) che raggiunge un VAN di quasi

38.000 €, mentre quello per il post-svezzamento (miglioramento n. 6) ha un VAN di quasi 33.000 €.

Il beneficio di questi interventi attinenti all'isolamento termico è esclusivamente di tipo diretto, cioè basato sul risparmio energetico ottenibile passando dalla situazione ANTE a quella POST dell'edificio, mentre non sono stati considerati effetti positivi sulle prestazioni degli animali, benché le migliori condizioni ambientali li ammetterebbero.

In Tabella 3.2 viene anche riportato il VAN unitario parametrato agli *hpu* presenti nel ricovero, ricordando che un *hpu* (*heat producing unit*) è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C; in pratica, questo indice consente di rendere più confrontabili i dati riferiti ad animali con dimensioni e produzioni molto differenti (come galline ovaiole e vacche da latte), così come avviene utilizzando altri indici "alimentari" quali UBA (unità bovino adulto) o UGB (*unité de gros bétail*).

Il migliore risultato viene ottenuto dal miglioramento n. 13 (coibentazione pollaio broilers), con poco meno di 1.100 €/hpu; una conferma, quindi, della migliore performance in valore assoluto. Seguono il miglioramento n. 4 (coibentazione porcilaia maternità) con quasi 900 €/hpu, il miglioramento n. 1 (ventilazione porcilaia gestazione) con 740 €/hpu e il miglioramento n. 6 (coibentazione porcilaia post-svezzamento) con 540 €/hpu. Nelle ultime posizioni il miglioramento n. 11b (scambiatore di calore) con 4,6 €/hpu e quello n. 7 (ventilazione porcilaia post-svezzamento) con 8,9 €/hpu.

La valutazione della redditività mediante il TIR pone nettamente al primo posto il miglioramento n. 1 (ventilazione porcilaia gestazione) con il 66,33%, seguito a notevole distanza dal miglioramento n. 17 (illuminazione pollaio galline) con il 29,36% e dal miglioramento n. 12 (illuminazione bovini da latte) con il 28,73%.

In generale, tutti gli interventi ottengono una buona valutazione in termini di TIR, con valori che superano nella maggior parte dei casi il 10%; soltanto in due casi (miglioramenti n. 7 e n. 11b) ciò non avviene, benché il tasso sia comunque superiore a quello ipotizzato in sede di calcolo.

In conclusione, si può dire che tutti gli interventi proposti superano l'esame della redditività dell'investimento mediante gli strumenti del VAN e del TIR; taluni interventi mostrano una redditività particolarmente elevata, come quelli che interessano la coibentazione degli edifici, ma anche gli interventi sulla ventilazione e sull'illuminazione hanno redditività decisamente appetibili in molte situazioni.

Bisogna considerare, fra l'altro, che in tutti gli interventi riguardanti la ventilazione è stata ipotizzata la completa sostituzione dei ventilatori esistenti, con conseguente aumento notevole dei costi d'investimento; in molti casi reali, però, è possibile che i ventilatori già installati siano adatti al funzionamento con nuove centraline a inverter, con il risultato che la redditività dell'investimento aumenterebbe in modo consistente.

# 4 Energia solare

## 4.1. Energia dal Sole

La radiazione solare è la radiazione elettromagnetica e corpuscolare emessa dai processi termonucleari di fusione dell'idrogeno contenuto nel Sole; da essa dipendono tutti i fenomeni fisici, biochimici e climatici che rendono possibile la vita sul nostro pianeta.

La potenza che il Sole indirizza verso la Terra è di un'entità talmente grande che è difficile comprenderla appieno: si tratta di 174 PW, ovvero di 174 milioni di miliardi di watt! L'energia emessa dal Sole raggiunge la fascia esterna dell'atmosfera terrestre con un'intensità incidente di  $1.366 \text{ W/m}^2$ , considerando una superficie perpendicolare ai raggi solari; questo valore è detto costante solare ( $I_{cs}$ ), benché sia variabile da un minimo di 1.321 a un massimo di  $1.411 \text{ W/m}^2$  per effetto dell'orbita terrestre ellittica e, quindi, della distanza Sole-Terra non costante durante l'anno.

L'azione di filtro dell'atmosfera terrestre nei confronti della radiazione solare comporta i seguenti effetti:

- una parte della radiazione viene nuovamente riflessa verso lo spazio;
- una parte viene assorbita dall'atmosfera;
- una parte viene diffusa dall'atmosfera (fenomeno di *scattering*, grazie al quale vediamo il cielo di colore blu).

Il dato utile ai fini pratici è la massima potenza sulla superficie terrestre, pari a  $1.000 \text{ W/m}^2$ , in condizioni di cielo sereno e con il Sole allo zenit. A tale potenza e alla temperatura di  $25 \text{ °C}$  si riferiscono infatti i test di laboratorio dei moduli fotovoltaici (*STC=Standard Test Conditions*).

La radiazione solare che può raggiungere una superficie generica posta sulla Terra si distingue in 3 componenti:

- diretta, che colpisce la superficie con un unico e ben definito angolo d'incidenza;
- diffusa, che colpisce la superficie dopo aver subito una deviazione più o meno consistente (ad esempio per effetto delle nuvole);
- riflessa (albedo), che colpisce la superficie dopo essere stata riflessa da un'altra superficie sulla Terra (terreno, acqua, neve, edificio, ecc.).

L'entità delle diverse quote di radiazione solare dipende da numerosi fattori, fra i quali le condizioni meteorologiche, l'inclinazione della superficie captante rispetto all'orizzontale e la presenza di superfici riflettenti. Con cielo sereno il 90% della radiazione è diretta, mentre con cielo molto coperto o con nebbia fitta la radiazione può essere completamente diffusa (*Figura 4.1*).

La quantificazione dell'energia solare potenzialmente disponibile viene fatta con riferimento a due grandezze tipiche, l'una misura di potenza, l'altra misura di energia:

- **irraggiamento** (*irradiance*), potenza irradiante che il Sole scarica su una superficie unitaria, in  $\text{kW/m}^2$ ;
- **radiazione** o irradiazione (*irradiation*), energia irradiante captata da una superficie unitaria nell'unità di tempo, in  $\text{kWh/m}^2$  o  $\text{MJ/m}^2$ ; è il valore integrale dell'irraggiamento su un periodo di tempo stabilito.

Grande influenza su tali parametri hanno la latitudine del sito e l'esposizione della superficie, cioè l'angolo azimutale rispetto a Sud e l'inclinazione rispetto all'orizzontale.

La **latitudine** è rappresentata dall'angolo fra la verticale del punto considerato sulla superficie terrestre e il piano equatoriale. Per il nostro Paese si va da un massimo di  $47^{\circ}05'31''$  Nord (cima Testa Gemella Occidentale, Alpi Aurine) a un minimo di  $35^{\circ}29'24''$  Nord (punta Pesce Spada, isola di Lampedusa).

Il GSE fornisce la valutazione dell'irraggiamento solare medio in Italia; per l'anno 2012 l'irraggiamento medio orario giornaliero più alto si è avuto nei mesi di giugno e luglio, mentre i valori minimi si sono verificati in novembre e dicembre. Il picco massimo d'irraggiamento medio orario è stato di  $863 \text{ W/m}^2$ .

La [Figura 4.2](#), tratta dal sito *PVGIS*<sup>18</sup>, riporta una carta tematica d'Italia che evidenzia la radiazione solare globale annua ( $\text{kWh/m}^2$ ) su moduli fotovoltaici esposti in modo ottimale; alla colorazione più scura, presente sulla Sicilia, corrispondono valori uguali o superiori a  $2.000 \text{ kWh/m}^2$ , mentre la colorazione verde chiaro, presente nelle valli alpine, indica valori di circa  $1.200 \text{ kWh/m}^2$ . La pianura padano-veneta mostra una radiazione totale annua di  $1.400\text{-}1.450 \text{ kWh/m}^2$ . Già questi semplici dati, relativi alla sola Italia, mostrano la grande variabilità del potenziale solare al variare della latitudine.

Portando all'estremo questo aspetto, si può dire che mentre nel Nord della Norvegia la radiazione globale annua è pari a circa  $700 \text{ kWh/m}^2$ , nel Nord del Sudan e nel Sud della Libia tale radiazione balza a  $2.800 \text{ kWh/m}^2$ .

L'energia solare è oggi utilizzabile con sistemi commercialmente disponibili attraverso due modalità:

- produzione diretta di energia termica per il riscaldamento dell'acqua a temperature variabili tra i  $40$  e i  $250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , ma anche fino a  $1.000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- produzione diretta di energia elettrica con caratteristiche tali da poter essere utilizzata dal produttore e/o essere riversata in rete.

Entrambe le opzioni destano grande interesse e hanno caratteristiche tali da poter contribuire in modo significativo al contenimento dei consumi energetici nazionali e mondiali.

Il solare termico può fare fronte ai fabbisogni di acqua calda sanitaria (ACS), che nel residenziale rappresentano almeno il  $10\div 15\%$  dei consumi energetici del settore, mentre in taluni comparti zootecnici può fornire acqua calda tecnologica (ad esempio l'acqua necessaria ogni giorno nella sala di mungitura).

Il solare fotovoltaico (FV) produce energia di alta qualità (energia elettrica) il cui consumo, con particolare riferimento ai comparti del residenziale e dei servizi, è in continuo aumento, soprattutto nei mesi estivi. Il settore ha avuto una veloce espansione in questi ultimi anni, in quanto gli impianti sono di facile

<sup>18</sup> *PVGIS: Photovoltaic Geographical Information System, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Institute for Energy and Transport (IET).*

inserimento, di semplice utilizzo e, soprattutto, sono stati sostenuti con incentivi pubblici. In Italia, in particolare, l'espansione è stata impressionante (come si vedrà in seguito), almeno fino alla fine del 2012, ed è stata fortemente stimolata da incentivi particolarmente alti, che si sono dimostrati ottime opportunità d'investimento, ma che hanno innescato anche fenomeni speculativi.

## 4.2. Solare fotovoltaico

Lo sfruttamento della radiazione solare per la produzione di energia elettrica è possibile grazie all'effetto **fotovoltaico**, scoperto nel 1839 dal giovane fisico francese A.E. Becquerel; questi verificò il fatto che in alcuni materiali l'intensità della corrente elettrica aumentava quando questi venivano esposti alla radiazione solare.

Nel 1953 il fisico G. Pearson, dei Bell Laboratories (USA), costruì una cella solare al silicio e successivamente due suoi colleghi (Darryl Chapin e Calvin Fuller) realizzarono la prima cella in grado di produrre sufficiente energia elettrica per alimentare normali dispositivi elettrici casalinghi.

Da allora i progressi del settore sono stati notevoli e hanno portato alla costruzione di celle fotovoltaiche sempre più efficienti e meno costose, con un successo commerciale crescente, fino al vero e proprio *boom* di questi ultimi anni.

L'interesse nei confronti della tecnologia fotovoltaica può essere attribuito alle seguenti principali ragioni:

- produzione diretta e istantanea di energia elettrica senza organi in movimento;
- produzione di energia nei momenti di maggior richiesta (ore diurne);
- sviluppo delle tecnologie di produzione, con rendimenti delle celle FV in crescita;
- sistemi modulari facilmente integrabili in strutture edilizie esistenti;
- semplicità di installazione e di utilizzo;
- scarse richieste di manutenzione ed elevata vita utile dell'impianto (non meno di 30 anni);
- scarsi problemi di smaltimento finale;
- incentivi economici pubblici, particolarmente elevati in Italia, soprattutto con i primi Conti Energia.

Per il settore agricolo gli elementi vincenti sono probabilmente l'elevato incentivo, la semplicità di utilizzo e le modeste richieste di interventi di manutenzione, con il risultato che il tempo sottratto alle maestranze aziendali per le normali mansioni di coltivazione/allevamento è limitato e l'azienda può beneficiare di un reddito integrativo regolare e garantito per un lungo periodo di tempo, con il quale può affrontare con minori incertezze le difficoltà del mercato.

A confermare ciò vengono i risultati dell'indagine condotta nell'ambito del progetto "Re Sole" nel 2010, su un campione di allevatori emiliano-romagnoli: il 93% degli intervistati dichiarava di ritenere molto importanti gli investimenti nelle energie rinnovabili e nel risparmio energetico e il 78% affermava di avere intenzione di installare un impianto fotovoltaico nella propria azienda.

Vi è una tendenza diffusa a mettere le due rinnovabili più gettonate nel comparto agricolo (fotovoltaico e biogas) l'una contro l'altra, come tecnologie concorrenti, e anche gli operatori del settore, in molti casi, incentivano questa visione integralista e manichea; in realtà fotovoltaico e biogas sono semplicemente tecnologie alternative, e spesso possono essere complementari, come dimostrano recenti esperienze di alcune aziende agricole e zootecniche.

I punti di forza del fotovoltaico nei confronti del biogas si possono così riassumere:

- costi d'investimento più bassi, a parità di potenza dell'impianto;
- minori costi di esercizio annui, per le ridotte manutenzioni e per il modesto consumo energetico di funzionamento;
- tecnologia molto semplice e affidabile, che risulta poco esigente in termini di ore di lavoro da parte del gestore/proprietario;
- produzione di energia elettrica nel periodo del giorno a massima richiesta e a più alto costo.

D'altro canto, un impianto di biogas può produrre in un anno da 5 a 7 volte la produzione di energia elettrica di un impianto FV di pari potenza nominale, essendo molto maggiore il numero di ore/anno di funzionamento ed essendo nettamente più alta la potenza media effettiva (paragrafo 1.5.2).

#### 4.2.1. Aspetti tecnici

L'effetto fotovoltaico, in estrema sintesi, è basato sul trasferimento di energia dai fotoni della radiazione solare al sistema elettronico dei semiconduttori e sulla captazione dell'energia stessa. Protagonisti principali sono quindi i materiali **semiconduttori**, che scaldandosi sotto l'effetto dei raggi del Sole passano da corpi isolanti a corpi conduttori.

I materiali semiconduttori utilizzati per realizzare celle fotovoltaiche si possono dividere in due categorie: quelli cristallini, fra cui silicio e germanio, e quelli a film sottile, fra cui silicio amorfo, tellururo di cadmio e diseleniuro di indio-rame.

La **cella** è il componente elementare di un sistema FV; assemblando e connettendo elettricamente più celle si ottiene il **modulo** FV (*Figura 4.3*). Un insieme di moduli collegati elettricamente in serie costituisce una stringa e più stringhe collegate in parallelo formano il **generatore** FV o una sua sezione.

Le principali tipologie di moduli FV presenti sul mercato sono le seguenti:

- silicio monocristallino (c-Si), con elevato rendimento (16-20%), ma con processo di produzione costoso, che comporta prezzi d'acquisto più alti rispetto alle altre principali tipologie;
- silicio policristallino (c-Si), con minore rendimento (12-14%), ma con prezzi più bassi;
- silicio amorfo (a-Si), con rendimento ancora inferiore (6-9%), ma adatto a condizioni di irraggiamento diffuso (presenza di nuvole);
- tellururo di cadmio (CdTe) e solfuro di cadmio (CdS), con bassi costi, crescente diffusione, discreti rendimenti (9-13%) e minore suscettibilità alle alte temperature;
- diseleniuro di indio e rame (CIS) e diseleniuro di indio, rame e gallio (CIGS), con basso costo e rendimenti (10-14%) ormai analoghi a quelli delle celle policristalline.

Le diverse tipologie hanno differente capacità di sfruttare al meglio le componenti della radiazione solare

e questo aspetto è uno dei più rilevanti, unitamente all'orientamento e all'inclinazione dei moduli, per la scelta del tipo d'impianto.

Da un punto di vista tecnico, la produzione commerciale degli ultimi anni è migliorata soprattutto sotto il profilo dell'affidabilità dei componenti e ha evidenziato una significativa riduzione dei costi.

Fra le novità più interessanti si segnala la tecnologia dell'**eterogiunzione**, sulla quale operano differenti ditte a livello mondiale, con specifici brevetti. Uno di questi è il sistema *HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer)* della *Sanyo*, che prevede due sottili strati di silicio amorfo che racchiudono uno strato di silicio monocristallino. Le qualità di questi moduli FV sono l'ottima efficienza (17-18%) e la buona resa anche in presenza di alte temperature (forte insolazione estiva) o in condizioni di radiazione diffusa.

Altra novità è rappresentata dai pannelli solari **ibridi**, che sono in grado di convertire la radiazione solare in parte in energia elettrica e in parte in energia termica. In pratica, questi sistemi, detti *PVT (PhotoVoltaic and Thermal)*, uniscono in un'unica struttura le caratteristiche di un pannello fotovoltaico e di un pannello solare termico.

Grande vantaggio di questi impianti è il fatto che la presenza di uno scambiatore di calore per la produzione di ACS, posto in genere nella parte posteriore del modulo, porta, in condizioni estive, al miglioramento dell'efficienza dei moduli FV, in quanto si abbassa la temperatura di funzionamento delle celle.

Una tipologia particolare di impianto FV è quella a concentrazione, nella quale l'irraggiamento solare viene concentrato mediante sistemi ottici sulle celle FV; si ottengono rendimenti più elevati rispetto agli impianti tradizionali, ma i costi sono maggiori.

Gli impianti FV possono essere distinti, in base alla loro configurazione, in **fissi** e **a inseguimento**; i secondi, grazie a particolari strutture di sostegno e ad una specifica sensoristica, sono in grado di modificare l'orientamento dei moduli in base alla posizione del Sole, in modo da aumentare la resa di conversione del sistema.

Nel comparto agricolo interessano esclusivamente gli impianti fissi, per installazioni su tetto o a terra, perché la disponibilità di superfici è in genere abbondante e ciò rende conveniente l'impiego di tecnologie più semplici e meno costose.

Un'ulteriore distinzione, in base al tipo di configurazione, è quella fra impianti isolati e impianti connessi alla rete.

Gli **impianti isolati** (*stand alone* o *off-grid*) sono in grado di fornire energia elettrica in zone non raggiunte dalla rete di distribuzione pubblica, come ad esempio nei rifugi alpini o in abitazioni sparse delle campagne e della montagna. Per fare ciò, l'impianto FV viene integrato con un sistema di stoccaggio dell'energia prodotta durante il giorno, allo scopo di utilizzarla quando il Sole sarà tramontato; si utilizzano accumulatori adeguatamente dimensionati, costituiti da batterie ricaricabili di diversa tipologia, quali quelle al piombo-acido *AGM (Absorbent Glass Mat)*, al Gel o al litio, adatte ad operare in condizioni di scarica profonda (*deep-cycle*) e in ripetuti cicli di carica/scarica. L'accumulatore viene controllato da un regolatore di carica, che gestisce e stabilizza l'energia immagazzinata in base alle diverse esigenze.

Gli **impianti connessi alla rete** (*grid connected*) possono immettere tutta o parte dell'energia elettrica prodotta nella rete pubblica di distribuzione, collegandosi in bassa o media tensione (raramente in alta tensione). Questi impianti, quindi, possono beneficiare degli incentivi pubblici che sono previsti, in Italia,

dal Conto Energia (paragrafo 4.2.3).

Un impianto di questo tipo è costituito dai seguenti componenti:

- generatore FV, dato dall'insieme dei moduli FV connessi elettricamente in serie/parallelo, installato su un edificio, su altra struttura (serra, tettoia, pensilina) o a terra;
- quadri elettrici di campo;
- inverter CC/CA per il controllo e il condizionamento dell'impianto;
- quadri di consegna e distribuzione (interfaccia rete).

L'**inverter** è il cuore dell'impianto e ad esso è affidato l'importante compito di convertire l'energia elettrica proveniente dal generatore FV da corrente continua (CC) in ingresso, a corrente alternata (CA) in uscita, per l'utilizzo diretto o per l'immissione in rete. Questo sofisticato apparato elettronico è in grado di condizionare e regolare il funzionamento dell'impianto, grazie a specifici software e dispositivi hardware che pilotano la produzione fotovoltaica verso la massima potenza possibile nelle diverse condizioni operative (funzione *MPPT*, *Maximum Power Point Tracker*).

Un meccanismo di autoregolazione molto importante è quello che consente l'immediato distacco degli inverter dalla rete nel caso di *blackout* elettrico, onde evitare il rischio di folgorazione per gli addetti alla manutenzione della rete e alla riparazione dei guasti.

L'intenso sviluppo della tecnologia fotovoltaica ha portato alla produzione di numerosi modelli di inverter, differenti per dimensione e potenza d'impiego. Oggi sono disponibili grandi inverter centralizzati, per potenze del generatore da 100 a 500 kW e oltre, anche in versioni modulari con moduli estraibili, e inverter di stringa, di dimensioni più ridotte, per potenze di 3-40 kW, adatti per piccoli impianti, ma anche per grandi impianti multi-inverter. La nuova frontiera, infine, è rappresentata dai micro-inverter di ridottissime dimensioni, adatti per pilotare anche un solo modulo FV, per potenze di poche centinaia di watt.

L'energia solare che un generatore FV può raccogliere dipende da numerosi fattori, alcuni dei quali sono già stati ricordati in precedenza:

- latitudine del sito (vedere paragrafo 4.1);
- angolo di azimut Sud;
- angolo di tilt;
- riflettanza degli elementi vicini al generatore;
- potenza di picco delle celle;
- temperatura dei moduli;
- caratteristiche elettriche e di configurazione dell'impianto.

L'**angolo azimutale** rispetto a Sud ( $\gamma$ ) è la deviazione angolare verso Ovest o verso Est dell'asse immaginario passante al centro del generatore FV, parallelo al bordo laterale dei moduli, nell'ipotesi del medesimo orientamento per tutti i moduli. Per convenzione, si considera un angolo positivo quando la rotazione dell'asse è verso Ovest e negativo quando è verso Est, assumendo l'asse vincolato a Nord e libero a Sud (*Figura 4.4*). La maggiore raccolta potenziale di energia solare si ottiene posizionando il generatore con azimut  $0^\circ$ ; al crescere dell'azimut, in positivo o in negativo, diminuisce la potenzialità

dell'impianto, come mostrato in [Figura 4.5](#).

L'**angolo di tilt** ( $\beta$ ) è rappresentato dall'inclinazione dei moduli FV rispetto al piano orizzontale; l'angolo ottimale per massimizzare la raccolta annua di energia solare in un impianto connesso alla rete dipende dalla latitudine e dall'angolo di azimut; nelle condizioni della pianura emiliana si consigliano i 32-33° per azimut 0. Bisogna però considerare che, nelle comuni situazioni di un'azienda zootecnica della pianura padana, questa inclinazione, corrispondente al 62,5% di pendenza, è possibile soltanto negli impianti a terra, in quanto i tetti delle strutture hanno falde con pendenze nettamente inferiori, comprese fra il 12 e il 35% (da circa 7 a circa 20° di inclinazione) ([Figura 4.6](#)).

I due angoli descritti interagiscono fra loro, così che ad azimut differente dall'ottimale il tilt consigliato può essere diverso da quello sopra indicato; ciò è illustrato nella [Tabella 4.1](#), dove ogni valore di radiazione deriva dall'incrocio fra un orientamento (azimut) e un'inclinazione (tilt). Si può notare, ad esempio, come nel caso di azimut 90° sia conveniente una pendenza bassa dei moduli.

Per gli impianti FV *off-grid*, nei quali le priorità sono una buona distribuzione della produzione nell'arco dell'anno e la raccolta di sufficiente energia solare nei mesi invernali, l'angolo di tilt deve essere aumentato fino a 50-60°.

Ai fini della producibilità del generatore ha rilevanza anche la riflettenza del terreno (nel caso di impianti a terra) e/o degli elementi costruttivi o naturali posti nelle vicinanze del generatore FV.

La **potenza di picco** di una cella, espressa in Wp, è la potenza erogabile nelle condizioni standard (STC), che sono le seguenti:

- irraggiamento incidente di 1.000 W/m<sup>2</sup>,
- temperatura dei moduli di 25 °C,
- spettro radiazione solare di 1,5 AM (*Air Mass*),
- assenza di vento.

La potenza di picco è una caratteristica riportata nelle schede tecniche dei diversi modelli di moduli FV.

Ma un altro aspetto da tenere in debito conto è la **temperatura operativa** dei moduli, che può comportare un calo di rendimento delle celle quando supera certi livelli. Il parametro utilizzato per misurare l'efficienza delle celle da questo punto di vista è il *NOCT*, sigla inglese che significa *Nominal Operating Cell Temperature* (letteralmente: temperatura operativa nominale della cella).

Il *NOCT* è la temperatura raggiunta dalle celle in un modulo sottoposto alle seguenti condizioni:

- irraggiamento sulla superficie delle celle di 800 W/m<sup>2</sup>;
- temperatura dell'aria di 20 °C;
- velocità del vento di 1 m/s;
- installazione con lato posteriore libero.

Il *NOCT* può variare indicativamente da 35 a 55 °C ed è dipendente da elementi intrinseci al modulo (materiali, modalità di assemblaggio); anche questo valore è in genere riportato nelle schede tecniche dei pannelli FV.

Nelle installazioni su tetto, soprattutto nelle situazioni di integrazione architettonica totale, ci possono

essere problemi per la scarsa o nulla ventilazione della faccia inferiore dei moduli, con conseguente aumento della temperatura operativa delle celle durante la stagione calda, ben al disopra del *NOCT* caratteristico. Quando è possibile, il consiglio è quello di lasciare un'intercapedine di aria libera fra estradosso del manto di copertura e intradosso dei moduli, per consentire una buona **ventilazione** per effetto camino, che aiuta a limitare il surriscaldamento dei moduli stessi, con benefici in termini di rendimento totale.

Alcuni aspetti pratici devono essere attentamente valutati nella fase di installazione di un impianto FV; fra questi ha grande rilevanza l'analisi delle **ombre** per i diversi periodi dell'anno.

Per gli ombreggiamenti clinometrici, dovuti alla presenza di montagne, colline, boschi, edifici o altre strutture di una certa entità poste a grande distanza dal generatore FV – tale per cui è lecito ipotizzare che l'effetto di questi elementi sia uguale su tutta la superficie del generatore – l'analisi può essere affrontata avvalendosi dei **diagrammi solari**, che sono la rappresentazione grafica del moto apparente del Sole in un certo luogo e per i diversi mesi dell'anno; in questi diagrammi cartesiani l'asse delle ascisse riporta l'azimut solare (angolo  $\gamma$ , formato dai raggi solari con la direzione Sud), mentre l'asse delle ordinate riporta l'elevazione del Sole (angolo  $\alpha$ , formato dai raggi solari con la superficie orizzontale).

Gli ombreggiamenti locali sono quelli dovuti a strutture artificiali fisse o ad elementi naturali posti a poca distanza dal generatore FV (edifici, alberi, pali, comignoli, ecc.), in modo che il loro effetto muta al variare della stagione e dell'ora del giorno; questi ombreggiamenti possono essere limitati o totalmente annullati grazie ad un'accurata progettazione, che consideri attentamente la disposizione dei moduli.

Peraltro, bisogna considerare che negli ambienti rurali non è difficile ritrovarsi ad operare in condizione di ombreggiamento molto limitato o praticamente nullo, sia per installazioni a terra, sia per installazioni su edificio.

Altro aspetto da considerare è quello dei **cablaggi elettrici**; questi devono essere ordinati, brevi (nel limite del possibile) e ben protetti, perché in ambiente rurale c'è il problema dei topi.

Gli inverter dell'impianto devono essere installati preferibilmente all'aperto, o in ambienti ben ventilati e ad essi dedicati; ciò deriva dalla necessità di limitare gli effetti del **magnetismo**. Infatti, mentre i generatori FV creano campi magnetici molto modesti, perché la corrente prodotta è continua e il voltaggio è limitato, gli inverter generano campi magnetici alternati che possono rappresentare un rischio per gli animali e per le apparecchiature elettroniche (induzione di correnti elettriche nei corpi conduttori esposti). In particolare, è bene che gli inverter siano collocati lontano da aree di stabulazione degli animali e da zone di mungitura o di lavorazioni abituali.

La **potenzialità produttiva** di un generatore FV può essere stimata con l'ausilio di uno dei numerosi programmi disponibili in rete, che utilizzano anche dati relative all'irraggiamento riferite a numerose località italiane.

Ponendo pari a 100 l'irraggiamento solare in un determinato luogo, si evidenziano perdite nella conversione fotovoltaica dovute a varie cause, fra le quali fenomeni di riflessione, fotoni poco o troppo energetici, ricombinazioni, perdite termiche, ecc., così che l'efficienza massima non supera, in genere, il 20% e può essere anche molto più bassa per talune tipologie di moduli FV.

Un esempio può aiutare a capire i concetti essenziali: si sceglie la località di Reggio Emilia e con l'aiuto dell'*Atlante italiano della radiazione solare* di ENEA si individua la radiazione globale giornaliera media mensile (R<sub>gmm</sub>) al suolo, su superficie orizzontale, inserendo la latitudine di 44°42', la longitudine di

10°38' e optando per la metodologia di calcolo della frazione della radiazione diffusa sulla totale di ENEA-Solterm. Si suppone che il generatore FV non sia soggetto a ombreggiamento da parte di elementi fissi per tutto l'anno.

La Rggmm viene calcolata per tutti i mesi: il valore massimo è di 6.457,6 Wh/m<sup>2</sup> (mese di luglio), mentre il valore minimo è 1.243,3 Wh/m<sup>2</sup> (mese di dicembre). La radiazione globale annua sulla superficie orizzontale, per l'anno convenzionale di 365,25 d, risulta pari a circa 1.429 kWh/m<sup>2</sup>.

Si suppone un generatore FV a terra, installato nelle condizioni ottimali per la zona considerata (azimut 0°, tilt 32°), fissando un coefficiente di riflessione del suolo di 0,1. Il programma restituisce la Rggmm al suolo su superficie inclinata per tutti i mesi dell'anno (*Tabella 4.2*); la radiazione globale annua sulla superficie inclinata risulta pari a circa 1.594 kWh/m<sup>2</sup>.

Fissando un'efficienza delle celle FV del 13% (silicio policristallino), si stima l'energia potenziale (*EP*) che l'impianto può raccogliere:

$$EP = 1.594 \times 0,13 = 207,22 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Considerando una perdita totale di sistema del 25% (perdite energetiche da assemblaggio, inverter, surriscaldamento, fermi tecnici, trasformatori, polvere o neve sui moduli, ecc.), e quindi un rendimento medio annuo del 75%, si può valutare l'energia utile (*EU*) che può essere raccolta dal generatore FV:

$$EU = 207,22 \times 0,75 = 155,415 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

#### 4.2.2. Diffusione del fotovoltaico

Fra le diverse FER disponibili, il solare fotovoltaico ha avuto certamente la maggiore crescita a livello mondiale, sulla spinta dell'innovazione tecnologica, del progressivo abbassamento del costo degli impianti e dei sistemi di incentivazione che si sono sviluppati in molti paesi.

Con riferimento all'anno 2012 e ai dati forniti da *EPIA*<sup>19</sup>, la potenza fotovoltaica cumulativa mondiale ha superato la quota ragguardevole dei **100 GW** installati, dei quali circa 70 nella sola Europa; tale potenza permette il risparmio di circa 53 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno.

I paesi che maggiormente si sono distinti nello sviluppo del mercato fotovoltaico sono la Germania e l'Italia, attualmente al primo e al secondo posto nella classifica mondiale della potenza installata, rispettivamente con 32,3 e 16,4 GW; a seguire gli Stati Uniti con poco più di 7,5 GW, il Giappone con 7,4 GW e la Cina con 6,6 GW.

Considerando i soli nuovi impianti del 2012, è ancora la Germania che primeggia, con ben 7,6 GW di nuova potenza installata, seguita da Cina (+5 GW), Italia (+3,6 GW) e USA (+3,3 GW).

*EurObserv'ER* fa però notare, nel suo recente *Photovoltaic Barometer* del 2013, che dopo l'anno "euforico" del 2011, con 22 GW di nuove installazioni in Europa, il 2012 segna un arretramento, con soli 16,5 GW, cioè con un calo del 25%.

La produzione europea di energia elettrica da fonte fotovoltaica ha superato i **68.000 GWh** nel 2012, con un aumento del 50% rispetto al dato del 2011. Al primo posto, ovviamente, la Germania, con il 41% della produzione totale, seguita dall'Italia, con quasi il 28%, e poi nell'ordine da Spagna, Francia, Repubblica Ceca e Belgio. Queste 6 nazioni rappresentano, insieme, il 93% della produzione elettrica da FV in Europa.

---

<sup>19</sup> *EPIA: European Photovoltaic Industry Association*

Gli scenari futuri europei predisposti da *EPIA* per il 2017 fanno riferimento a due differenti direttrici: uno sviluppo guidato da interventi politici di sostegno (*Policy-driven*), come è avvenuto fino ad oggi in molti paesi, e uno sviluppo maggiormente legato al mercato (*Business-as-usual*). Nel primo caso si stima una potenza cumulativa di quasi 180.000 MW, mentre nel secondo la previsione si ferma a circa 124.000 MW.

Uno studio recente promosso dal *WWF*<sup>20</sup> sottolinea l'enorme potenzialità della tecnologia fotovoltaica, con particolare riferimento ad alcune aree della Terra ad intenso irraggiamento: Madagascar, Indonesia, Madhya Pradesh (India), Messico, Marocco, Sud Africa e Turchia. Lo studio dimostra come lo sfruttamento di una superficie a fotovoltaico inferiore all'1% della superficie totale di ogni area considerata sarebbe in grado di fornire il 100% del fabbisogno di energia elettrica annuale di queste stesse aree.

La fonte statistica più importante per il nostro Paese è il **Rapporto Statistico** pubblicato ogni anno dal GSE; l'ultima edizione disponibile è quella 2012, pubblicata nel maggio del 2013.

Gli impianti FV in esercizio alla fine del 2012 erano 478.331, contro i 330.200 presenti alla fine del 2011, per un incremento di poco inferiore al 45%. La potenza lorda totale aveva raggiunto i 16.420 MW, con un aumento del 28,5% rispetto al 2011. L'incremento della produzione lorda è stato ancora più rilevante, passando dai 10.796 GWh del 2011 ai 18.862 GWh del 2012 (+74,7%).

Per un aggiornamento ulteriore di questi dati elementari è possibile fare riferimento al Contatore fotovoltaico del GSE: al 9 luglio 2013 erano attivi **526.463** impianti fotovoltaici, per una potenza installata totale di **17.080** MW, con altri 4.779 impianti (1.136 MW) iscritti al registro in posizione utile ma non ancora in esercizio. Se si pensa che alla fine del 2010 gli stessi dati erano pari, rispettivamente, a 155.977 impianti e a 3.470 MW, si può ben comprendere l'impressionante sviluppo che questa tecnologia ha avuto in 2,5 anni in Italia.

Alla fine del 2012 la classe con il massimo numero d'impianti è quella con potenza compresa fra più di 3 e 20 kW (56% del totale), seguita dalla classe fino a 3 kW (32,2%), mentre i grandi impianti, oltre il MW di potenza, rappresentano solo lo 0,2% del totale.

Se si considera la potenza totale cumulativa per classe di potenza, si nota che la classe che apporta la maggiore potenza è quella compresa fra più di 200 e 1.000 kW, con il 42,3% della potenza totale. Molto rilevante è anche la classe da più di 20 a 200 kW (21%).

Rispetto alla tensione di connessione, gli impianti italiani hanno una situazione dicotomica: la netta maggioranza (95,8%) è connessa in bassa tensione, ma la massima potenza cumulata (63,3%) è degli impianti connessi in media tensione.

La regione Lombardia si colloca al primo posto per quanto riguarda il numero di impianti (14,3% sul totale nazionale), seguita da Veneto (13,6%) ed Emilia-Romagna (9,4%), mentre per quanto concerne la potenza installata è nettamente prima la Puglia (14,9% sul totale nazionale), caratterizzata da impianti a terra di grandi dimensioni (taglia media di 73 kW, più alta della taglia media nazionale di 34,3 kW), seguita da Lombardia (11%) ed Emilia-Romagna (9,8%).

La regione **Emilia-Romagna**, quindi, si colloca al 3° posto sia per numero d'impianti (**44.940**), sia per potenza totale (**1.609,8** MW). La potenza media degli impianti emiliano-romagnoli, di 35,82 kW, è abbastanza simile alla media nazionale e molto inferiore alle medie di alcune regioni del Centro-Sud.

Interessante il dato della potenza installata rapportata alla superficie territoriale: a livello nazionale si hanno **54,5** kW per 1 km<sup>2</sup>, con il valore massimo nella regione Puglia (126,5 kW/km<sup>2</sup>); seguono le Marche

---

20 *WWF: World Wide Fund for Nature*

(104,7) e il Veneto (80,5). La nostra regione si colloca al di sopra della media italiana, con 71,7 kW/km<sup>2</sup>.

La potenza installata degli impianti FV rapportata alla popolazione mostra un valore medio nazionale di **276 W/abitante**, con un aumento del 31% rispetto all'anno precedente. A livello regionale si collocano ai primi posti alcune regioni del Centro-Sud, come Marche (636 W/abitante), Puglia (605), Basilicata (571) e Molise (505), mentre le regioni del Nord si pongono su valori più bassi, con in testa l'Emilia-Romagna (371).

In Italia oltre il **70%** della potenza installata deriva da pannelli solari di silicio policristallino, mentre il 22% deriva da silicio monocristallino; modesta la quota rimanente, attribuita a tipologie a film sottile o di altro genere. In Emilia-Romagna la suddivisione è sostanzialmente analoga, con 71% di policristallino e 24% di monocristallino.

Dal punto di vista della tipologia d'installazione, la realtà nazionale è alquanto diversificata: a fronte di una media generale che vede prevalere gli impianti su edifici, con il 48% della potenza, seguiti a breve distanza da quelli a terra (43%), molte regioni del Sud mostrano una prevalenza marcata degli impianti a terra (Puglia 78%, Basilicata 72%, Molise 68%), mentre regioni del Nord evidenziavano la presenza quasi esclusiva di impianti su edifici (Trentino Alto-Adige 91%, Valle d'Aosta 84%, Lombardia 80%). Gli impianti su serre/pensiline sono molto diffusi in Sardegna (32% della potenza regionale) e in Calabria (23%).

Per gli impianti a terra il GSE indica anche la superficie di suolo occupata, che mediamente risulta di poco inferiore a 19 m<sup>2</sup>/kW. Gli impianti FV a terra italiani occupano una superficie totale di terreno di 13.370 ha (circa 134 km<sup>2</sup>), pari allo 0,044% della superficie totale nazionale.

La valutazione della distribuzione degli impianti per settore di attività vede il primato del settore industriale, con il 60% della potenza installata, al quale fanno seguito il **settore agricolo (15%)**, il settore terziario (14%) e infine il settore domestico (abitazioni) con il 12%. Se si analizza lo stesso dato a livello regionale ci si accorge che in alcune realtà l'importanza del settore agricolo è molto maggiore della media nazionale: Basilicata 35%, Sardegna 25%, Trentino Alto-Adige 24%, Liguria 21% ed Emilia-Romagna 20%.

Bisogna considerare che la quota annua di consumo elettrico attribuibile all'agricoltura italiana non supera il 2% (Bilancio energetico nazionale 2011 del Ministero dello sviluppo economico) e che quindi, in proporzione, il settore primario apporta una quota molto consistente di energia elettrica da fotovoltaico.

Un aspetto interessante riguarda gli impianti FV su tetto (edifici, pensiline, tettoie) realizzati contestualmente alla rimozione delle coperture contenenti **amianto**, premiati con un bonus sull'incentivo previsto dal Conto Energia. Un totale di 25.900 impianti gode di questo trattamento, avendo permesso l'eliminazione di 20 milioni di m<sup>2</sup> di coperture con amianto, dei quali circa 5 milioni in Lombardia e poco più di 3 milioni in Emilia-Romagna.

Al 31 dicembre 2012 la produzione di energia elettrica degli impianti fotovoltaici italiani ha raggiunto i **18.862 GWh/anno**, dei quali il 18,5% in Puglia, il 9,3% in Emilia-Romagna e l'8,9% in Lombardia, con una produzione media unitaria di 1.149 kWh/kWp.

Dal quadro appena esposto si può quindi affermare che:

- il fotovoltaico ha attraversato, a livello nazionale, un periodo molto favorevole, grazie alla normativa incentivante particolarmente interessante;
- i costi di investimento sono in forte calo, anche a seguito della progressiva diminuzione degli

incentivi e in vista del loro esaurimento; *EPIA* ha stimato un decremento dei prezzi per il comparto residenziale (impianto medio da 3 kW) da 2,31 €/W del 2012 a meno di 1,30 €/W del 2022. Ciò non potrà che risultare positivo, nell'ottica del conseguimento della reale competitività economica della tecnologia rispetto al costo dell'energia elettrica prodotta con fonti fossili tradizionali (il raggiungimento della *grid-parity*), che forse potrà verificarsi fra pochi anni;

- lo sviluppo attuale e futuro è legato in modo significativo alla realizzazione di impianti di piccole e medie dimensioni realizzati su edifici, anche con tecnologie innovative.

### 4.2.3. Aspetti normativi

Il *corpus* normativo italiano relativo al fotovoltaico è alquanto complesso e variegato, perché nell'arco di pochi anni le norme sono state ripetutamente cambiate, così come i riferimenti all'incentivazione pubblica degli impianti; tale *corpus* è costituito da atti legislativi nazionali e regionali (leggi, decreti) e da numerosi atti delle autorità competenti (delibere AEEG<sup>21</sup>, documenti tecnici del GSE).

Nel presente paragrafo si fa riferimento alle sole norme più recenti, con un breve cenno storico relativo agli strumenti incentivanti che sono stati proposti fino a oggi. Un elenco delle principali norme sul FV è riportato nell'allegato "Normative di riferimento e documenti rilevanti".

Lo strumento denominato **Conto Energia** è stato introdotto in Italia a partire dal 2005 e si basa sul sostegno della produzione di energia elettrica, cioè su una modalità di aiuto decisamente innovativa, che stimola il mantenimento in efficienza degli impianti incentivati.

Al Conto Energia si è arrivati dopo l'esperienza del Programma "Tetti fotovoltaici", istituito dal Ministero dell'Ambiente in collaborazione con ENEA nel periodo 2000-2002, rivolto soprattutto a strutture pubbliche, che invece prevedeva un contributo pubblico in conto capitale, pari al 75% del valore degli investimenti, per la realizzazione di impianti FV su tetto della potenza compresa fra 1 e 20 kWp.

Dal 2005 ad oggi si sono succeduti 5 Conti Energia; i primi 4 sono i seguenti:

- Primo Conto Energia, avviato con i *decreti ministeriali* 28/07/2005 e 6/02/2006, vale per gli impianti ammessi a incentivazione negli anni 2005 e 2006 (dal 19/09/2005 al 30/06/2006);
- Secondo Conto Energia, regolato con *decreto ministeriale* 19/02/2007, è divenuto operativo dopo il 13/04/2007 (pubblicazione *delibera AEEG 90/07*) e si applica agli impianti che sono entrati in esercizio entro il 31/12/2010 (dal 14/04/2007 al 31/12/2010);
- Terzo Conto Energia, avviato con *decreto ministeriale* 6/08/2010, riguarda gli impianti che sono entrati in esercizio dopo il 31/12/2010 (dal 1/01/2011 a 31/05/2011);
- Quarto Conto Energia, regolato con *decreto ministeriale* 5/05/2011, si applica agli impianti entrati in esercizio dopo il 31/05/2011 (dal 1/06/2011 al 26/08/2012).

Lo strumento normativo più recente, che ha istituito il **Quinto Conto Energia**, è il *decreto ministeriale* 5 luglio 2012 che disciplina le modalità d'incentivazione per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica da applicarsi successivamente al raggiungimento di un costo indicativo cumulato annuo degli incentivi di 6 miliardi di euro. Il limite temporale è stato definito dall'AEEG con deliberazione 12 luglio 2012, nella quale si dichiara che i nuovi incentivi previsti dal decreto si applicano a decorrere dal 27 agosto 2012.

---

21 AEEG: Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas

Il Conto Energia riconosce un incentivo alla produzione totale di energia elettrica dell'impianto FV per 20 anni, con tariffe differenziate in base alla potenza e al tipo d'impianto. L'incentivo è costante, in moneta corrente, per tutto il periodo di sostegno e può essere aumentato da premi particolari.

L'accesso ai meccanismi incentivanti è diversificato in base alla tipologia d'impianto: per piccoli impianti, per quelli innovativi e per alcune altre tipologie l'accesso è diretto, mentre per tutti gli altri impianti è necessaria la preventiva iscrizione a specifici registri, a cui fa seguito la predisposizione di graduatorie stilate secondo precisi criteri di priorità. Il meccanismo dei registri, peraltro, risulta alquanto macchinoso e fortemente disincentivante ed è stato criticato in modo deciso anche dalla Commissione Europea.

La tariffa riconosciuta è **onnicomprensiva**, cioè comprendente la quota d'incentivo e il prezzo riconosciuto per la vendita dell'energia prodotta al GSE. Ciò differisce nettamente dalla modalità prevista per i primi Conti Energia, secondo la quale la tariffa comprende il solo incentivo, mentre la vendita dell'energia prodotta viene regolata a parte secondo differenti sistemi (vendita indiretta con ritiro dedicato da parte del GSE, vendita diretta sul mercato energetico). Sulla quota di energia consumata in sito è invece attribuita una tariffa premio per l'**autoconsumo**. Nella [Tabella 4.3](#) sono riportate le tariffe per impianti fino a 1 MW di potenza.

I criteri di classificazione dei due gruppi di impianti richiamati nella tabella sono abbastanza complessi e decisamente meno chiari di quanto indicato nei primi Conti Energia. Vengono classificati come impianti FV "su edificio" soltanto quelli installati su *"un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti, dispositivi tecnologici ed arredi che si trovano al suo interno"* (definizione di edificio contenuta nel DPR 26/08/1993, n. 412). Viene precisato che l'edificio deve avere un volume chiuso energeticamente certificabile, secondo la normativa nazionale.

Non sono considerati edifici le tettoie, le serre, le pergole, le pensiline e le strutture temporanee.

Per rientrare nella categoria "su edificio" è anche necessario che gli impianti prevedano dei moduli installati secondo le modalità indicate negli allegati tecnici (Appendice C delle Regole applicative del GSE).

Tutti gli impianti che non sono installati "su edificio" rientrano nella categoria "altri impianti".

Le tariffe possono essere incrementate da specifici premi nei seguenti casi:

- se i componenti principali dell'impianto (moduli e inverter) sono realizzati in Paesi che appartengono all'Unione Europea o allo Spazio Economico Europeo (da 20 a 5 €/MWh a seconda dell'epoca di entrata in servizio);
- se per gli impianti installati su edifici si prevede la contestuale completa rimozione delle coperture contenenti **amianto** (da 30 a 5 €/MWh a seconda dell'epoca di entrata in servizio e della potenza del generatore).

Gli impianti installati su **edifici rurali**, serre e tettoie beneficiano di una tariffa corrispondente alla media aritmetica fra le tariffe previste, per una determinata potenza, per gli impianti su edifici e per gli altri impianti.

L'articolo 65 della legge n. 27/2012 stabilisce che agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole non è consentito l'accesso agli incentivi statali; peraltro, questa tipologia di installazione era già stata limitata dalla normativa regionale dell'Emilia-Romagna (*delibera assembleare n.*

28/2010, delibera giunta regionale n. 46/2011), che pone vincoli in merito alle aree, alla dimensione degli impianti e al titolo giuridico di disponibilità delle superfici.

Gli incentivi sono alternativi al meccanismo dello scambio sul posto e al ritiro dell'energia secondo le modalità stabilite dall'AEEG. Ciò significa che gli impianti FV incentivati nell'ambito del V Conto Energia, a differenza di quanto accadeva per i precedenti Conti, non possono accedere al servizio di scambio sul posto e al servizio di ritiro dedicato.

Lo **scambio sul posto** è una particolare procedura erogata dal GSE che consente *“la compensazione tra il valore economico associabile all'energia elettrica prodotta e immessa in rete e il valore economico associabile all'energia elettrica prelevata e consumata in un periodo differente da quello in cui avviene la produzione”* (GSE). Tale procedura, benché più complessa da gestire (officina elettrica, UTF, tassa mensile, ecc.), risulta più conveniente per gli impianti nei quali la quota di autoconsumo è elevata.

Il **ritiro dedicato** è una modalità semplificata di vendita dell'energia elettrica prodotta e immessa in rete, in alternativa ai contratti bilaterali o alla vendita diretta in borsa. Il ritiro viene operato dal GSE, che a sua volta rivende l'energia sul mercato elettrico. Il prezzo minimo garantito che viene riconosciuto al produttore è fissato in base al prezzo medio zonale orario, ovvero al *“prezzo medio mensile per fascia oraria – formatosi sul mercato elettrico – corrispondente alla zona di mercato in cui è connesso l'impianto”* (GSE). I prezzi minimi garantiti vengono annualmente aggiornati dall'AEEG, distinti per fonte energetica rinnovabile; per l'anno 2013 e per la fonte fotovoltaica i prezzi variano da 80,6 a 105,8 €/MWh, in base alla quantità annua di energia ritirata.

Le opzioni dello scambio sul posto e del ritiro dedicato, con la rinuncia agli incentivi, consentono di beneficiare della **detrazione d'imposta** del 50% sul valore dell'impianto, con recupero in 10 anni, ma la cosa è valida solo per le persone fisiche e per impianti con potenza nominale fino a 20 kW.

Il decreto del V Conto Energia ha cessato la sua applicazione il 6 luglio 2013, trascorsi i 30 giorni solari dalla data del 6 giugno 2013, indicata dall'AEEG come quella di raggiungimento del costo indicativo cumulato annuo degli incentivi per il FV di 6,7 miliardi di euro (deliberazione 6 giugno 2013); tale limite di costo era indicato nello stesso decreto al comma 5 dell'articolo 1.

#### 4.2.4. Aspetti economici

Il grande successo che il fotovoltaico ha ottenuto nel settore agricolo in questi ultimi anni è da ascrivere soprattutto agli elevati incentivi pubblici del Conto Energia. Il progressivo calo dei costi di installazione degli impianti, determinato in buona parte dalla riduzione dei prezzi dei moduli fotovoltaici, ha portato al rapido abbassamento delle tariffe incentivanti, modificando repentinamente il quadro economico all'interno del quale si deve valutare la redditività dell'investimento di questa importante tecnologia.

Per rendersi conto di ciò, è sufficiente fare un confronto fra le tariffe dei Conti Energia che si sono succeduti fino ad oggi; con riferimento alla classe di impianti FV più interessante per il comparto zootecnico, cioè quella da più di 20 a 200 kW di potenza nominale, si riportano in [Tabella 4.4](#) le tariffe incentivanti per gli impianti su edificio. Per il Secondo Conto Energia è stata inserita la tariffa relativa ad impianti *“parzialmente integrati”*, da ritenersi la tipologia più simile agli impianti *“su edificio”* che compaiono nei successivi Conti Energia. Dal Terzo Conto Energia in poi, infatti, è scomparsa la distinzione fra impianti *“integrati”*, a tariffa più alta, e impianti *“parzialmente integrati”*.

Si evidenziano riduzioni tariffarie dell'11,2% fra Secondo e Terzo Conto Energia, del 10% fra Terzo e

Quarto e del 48,9% fra Quarto e Quinto, ma in quest'ultimo caso la riduzione effettiva è maggiore, perché la tariffa del Quinto è comprensiva della remunerazione della vendita dell'energia prodotta.

Di seguito si illustrano delle semplici simulazioni tecnico-economiche finalizzate al calcolo della **redditività dell'investimento** di un impianto FV, nelle diverse condizioni del Secondo, Quarto e Quinto Conto Energia, con riferimento alle tariffe esposte nella [Tabella 4.4](#) e a prezzi medi di mercato degli impianti stimati per le diverse epoche.

L'impianto tipo ha le seguenti caratteristiche:

- località: Bologna (latitudine 44°30');
- installazione su falda Sud di un tetto a 2 falde di ricovero zootecnico;
- assenza di ombreggiamenti rilevanti;
- moduli in silicio policristallino;
- angolo di azimut: 0°;
- angolo di tilt: 16°;
- potenza nominale: 99,24 kWp;
- superficie captante dei moduli: 768,4 m<sup>2</sup>;
- durata presunta impianto: 30 anni.

Si ipotizzano un calo di produzione dell'impianto dello 0,6% all'anno rispetto al valore stimato per il primo anno, un aumento del costo dell'energia elettrica dell'1% all'anno rispetto al dato iniziale del 2010 (0,20 €/kWh) e un tasso annuo di inflazione dell'1,5% per spese ricorrenti, quali manutenzione e assicurazione.

Per ogni Conto Energia si ipotizzano i seguenti momenti di avvio dell'impianto: agosto 2010 per il Secondo Conto Energia, settembre 2011 per il Quarto e marzo 2013 per il Quinto. Di conseguenza, il costo medio iniziale dell'energia elettrica viene aumentato dell'1% all'anno rispetto al valore iniziale del 2010.

Si ipotizza un impianto con autoconsumo parziale dell'energia prodotta, per i fabbisogni aziendali, e immissione in rete della quota rimanente (modalità di scambio sul posto per i Conti Energia II e IV).

Per Secondo e Quarto Conto le entrate (esplicite e implicite) sono determinate dall'incentivo su tutta l'energia prodotta, dal risparmio sulla bolletta elettrica per la quota di energia autoconsumata e dal ricavo per la vendita dell'energia immessa in rete. Con il Quinto Conto le cose cambiano e le entrate derivano da tariffa incentivante onnicomprensiva sull'energia immessa in rete e da tariffa premio e risparmio sulla bolletta sulla quota di autoconsumo. Per i 10 anni finali, dopo la fine degli incentivi, si considera la cessione al mercato della quota di energia non autoconsumata.

Per quanto riguarda le uscite, si prevedono le quote di ammortamento sull'investimento totale, IVA compresa (rata semestrale per 10 anni, al tasso del 4,5%) e le quote annue di manutenzione e di assicurazione dell'impianto (rispettivamente 1,5% e 0,5% sul costo totale dell'impianto IVA esclusa). Inoltre, si aggiunge il valore stimato per gli oneri di connessione dovuti a Enel (corrispettivo per l'ottenimento del preventivo, corrispettivo per la connessione di impianto a FER).

Nel calcolo della quota semestrale di ammortamento si è considerato il costo totale dell'impianto, comprensivo d'IVA al 10%, in quanto è questa la somma totale che l'imprenditore deve versare al

momento dell'installazione, soggetta agli interessi applicati dall'istituto di credito che ha concesso il mutuo. Nel calcolo della redditività, invece, si è tenuto conto del costo totale IVA esclusa, perché si presume che l'azienda apra una contabilità separata sulla sua posizione IVA (regime speciale agricolo), potendo quindi recuperare l'IVA pagata sul costo dell'impianto.

Si tralascia volutamente la tematica della fiscalità degli impianti FV, in quanto materia complessa, varia e mutevole negli anni, tanto più nella sua applicazione alla realtà agricola, che a sua volta ha una fiscalità generale diversificata a seconda del tipo di azienda e del regime IVA (regime ordinario, regime speciale agricolo, regime semplificato).

Si consideri, comunque, che sia l'erogazione dell'incentivo, sia la vendita dell'energia prodotta sono campi di applicazione delle imposte dirette, in quanto entrambe concorrono alla formazione del reddito d'impresa.

Si tralasciano, infine, gli oneri aggiuntivi previsti dal GSE (corrispettivi, spese d'istruttoria, oneri di gestione), perché ritenuti di entità modesta e quindi non influenti sugli esiti dell'analisi economica di massima che viene qui presentata.

La [Tabella 4.5](#) mostra i dati essenziali dell'impianto ipotizzato e la simulazione per il Secondo Conto Energia; il costo unitario dell'impianto è stimato in 3.250 €/kWp, IVA esclusa, per un investimento totale di poco inferiore ai 370.000 €, IVA compresa. Il reddito netto medio annuo risulta pari a circa 22.000 €. La valutazione della redditività dell'investimento, attuata con lo strumento del valore attuale netto o VAN (vedere paragrafo 3.3.4), per un tasso di attualizzazione del 4%, è largamente positiva, con un VAN di oltre **327.000 €**.

La situazione non è molto diversa per il Quarto Conto Energia ([Tabella 4.6](#)), per il quale è stato stimato un costo unitario dell'impianto di 2.800 €/kWp, IVA esclusa, per un investimento complessivo di circa 320.000 €, IVA compresa; il VAN risulta pari a quasi **290.000 €**.

Infine il Quinto Conto ([Tabella 4.7](#)), dove la base di partenza è decisamente diversa, come si è detto in precedenza (tariffa onnicomprensiva, tariffa premio per autoconsumo). La considerevole riduzione degli incentivi e la loro diversa formulazione, però, non comportano una diminuzione dell'interesse nei confronti della tecnologia fotovoltaica, almeno sulla base della presente simulazione. Per l'impianto FV si prevede un investimento totale di circa 166.000 €, IVA compresa, derivante in buona parte da un costo unitario stimato di 1.400 €/kWp, IVA esclusa. Il VAN, anche in questo caso, è ampiamente positivo (circa **158.000 €**), anche se inferiore rispetto a quelli ottenuti per i casi precedenti.

### **4.3. Le aziende pilota del progetto “Re Sole” per il fotovoltaico**

Il progetto “Re Sole” ha previsto l'individuazione di alcune aziende “pilota” per la tecnologia fotovoltaica, allo scopo di seguire le fasi di progettazione e installazione degli impianti e/o di monitorarne il funzionamento. Sono state coinvolte 4 aziende zootecniche, 2 nel settore bovino da latte e 2 nel settore suino, e sono stati sottoposti a controllo 7 impianti FV (alcune aziende, infatti, hanno più di un impianto); di seguito si illustrano le caratteristiche principali di questi impianti.

#### **4.3.1. Azienda Agricola Fratelli Prandi**

Sita in località Roncadella, nel comune di Reggio Emilia, l'azienda alleva bovini da latte per la produzione di Parmigiano-Reggiano e si è dotata di 3 differenti impianti fotovoltaici installati in tempi diversi.

### **Impianto P1 (stalla nuova)**

Avviato nel 2009, è installato sulla falda Sud di una stalla a stabulazione libera per vacche da latte (*Figura 4.7*); è del tipo a totale integrazione architettonica e per questo sono state inserite delle scossaline tutto attorno al perimetro della falda e sono stati aggiunti pezzi di copertura negli spazi non occupati dai pannelli; ciò ha comportato un maggior costo d'installazione.

I dati tecnici essenziali sono i seguenti:

- angolo di azimut: 7° Ovest;
- angolo di tilt: 17°;
- potenza nominale: **99,2** kWp;
- superficie totale del generatore FV: 719,65 m<sup>2</sup>.

Sono presenti 496 moduli FV in silicio policristallino modello Hyundai HiS-M200F (200 Wp per modulo), 6 inverter modello Danfoss TLX 15K da 15 kW e 1 inverter modello Danfoss TLX 10K da 10 kW. Il sistema di monitoraggio è ComLynx Weblogger di Danfoss Solar Inverters. Ogni pannello misura 1.476x983 mm, per una superficie di 1,4509 m<sup>2</sup>.

Enel ha richiesto l'inserimento di un trasformatore sull'uscita CA che proviene dagli inverter, al fine di stabilizzare la linea prima dell'immissione in rete; ciò ha comportato un costo aggiuntivo e un leggero calo dell'energia prodotta (l'efficienza del trasformatore è nell'ordine del 98%).

Gli inverter sono collocati sopra al solaio della zona di mungitura (*Figura 4.8*), in ambiente molto ventilato, mentre il trasformatore e i contatori si trovano nei locali di servizio a fianco della sala del latte.

L'impianto, che usufruisce di una tariffa incentivante di 0,431 €/kWh (Secondo Conto Energia), è gestito con lo scambio sul posto ed è allacciato in BT.

### **Impianto P2 (stalla vecchia e fienile)**

Avviato nel 2009, è installato su una falda di una stalla a stabulazione fissa per vacche da latte e sulle due falde di un fienile ed è, come il precedente, a totale integrazione architettonica. Si evidenziano due sezioni:

A) sezione installata sulla falda Ovest della stalla (*Figura 4.9*):

- angolo di azimut: 99° Ovest;
- angolo di tilt: 15°;

B) sezione installata su entrambe le falde del fienile (*Figura 4.10*):

- angolo di azimut: 99° Ovest e 81° Est;
- angolo di tilt: 6°.

La potenza nominale totale è di **98,252** kWp, fornita da 484 moduli in silicio policristallino modello Hyundai HiS-M203F (203 Wp per modulo); 194 moduli costituiscono la sezione A e i rimanenti 290 moduli la sezione B. Gli inverter sono 6, modello Danfoss TLX 15K da 15 kW. Il sistema di monitoraggio è ComLynx Weblogger.

Ogni modulo misura 1.476x983 mm, per una superficie di 1,4509 m<sup>2</sup>; la superficie totale del generatore FV è pari a 702,23 m<sup>2</sup>.

L'impianto è connesso alla rete di BT ed è in regime di ritiro dedicato.

Anche in questo caso c'è un trasformatore richiesto da Enel (come per l'impianto P1). Inverter, trasformatore e contatori sono collocati nell'ex sala latte della stalla fissa ([Figura 4.11](#) e [Figura 4.12](#)).

La tariffa incentivante ha il bonus del 5% per lo smaltimento dell'amianto, per un totale di 0,453 €/kWh (Secondo Conto Energia); infatti, sia la stalla che il fienile hanno ricevuto una nuova copertura in pannelli sandwich in sostituzione dell'eternit.

### **Impianto P3 (a terra)**

L'impianto più recente, avviato nel 2011, è anche l'unico installato a terra fra quelli seguiti nell'ambito del progetto "Re Sole".

L'impianto è collocato in un'area posta a Nordovest rispetto alla nuova stalla ([Figura 4.13](#)) e occupa una superficie complessiva di terreno (area all'interno della recinzione perimetrale) di circa 8.000 m<sup>2</sup>.

I dati tecnici essenziali sono i seguenti:

- angolo di azimut: 0°;
- angolo di tilt: 32°;
- potenza nominale: **479,52 kWp**;
- superficie totale del generatore FV: 3.309,05 m<sup>2</sup>.

Sono presenti 2.592 moduli FV in silicio monocristallino modello Sunowe SF185 da 185 Wp ([Figura 4.14](#)) e 24 inverter modello Albatech APL20 da 20 kW ciascuno. Ogni pannello misura 1.580x808 mm, per una superficie di 1,27664 m<sup>2</sup>. Gli inverter sono collocati sul campo, al disotto dei primi moduli di ogni stringa ([Figura 4.15](#)). Il sistema di monitoraggio è SolarLog1000.

E' stata installata una classica cabina di trasformazione BT/MT a 3 compartimenti ([Figura 4.16](#)), con consegna dell'energia elettrica in MT.

Trasformatore e contatori sono collocati nel primo compartimento della cabina ([Figura 4.17](#)); nel secondo compartimento è presente il solo contatore ufficiale ([Figura 4.18](#)), mentre il terzo compartimento è ad esclusivo uso di Enel.

L'impianto è in regime di ritiro dedicato (vendita indiretta al GSE) e usufruisce della tariffa di 0,346 €/kWh (Secondo Conto Energia, "Salva Alcoa").

Per questo impianto è stato necessario richiedere il permesso di costruire al Comune, con sottoscrizione dell'Atto unilaterale d'obbligo con il quale l'Azienda si impegna a ripristinare il sito a terreno agricolo una volta che l'impianto sarà smontato. Di fatto, è anche ipotizzabile che passati i 25-30 anni di vita utile dei moduli, in presenza di strutture di sostegno ancora in buone condizioni, si possano disinstallare i moduli e gli inverter vecchi sostituendoli con prodotti nuovi, ricominciando così un nuovo ciclo di produzione.

### **4.3.2. Azienda Agricola Simonazzi**

Sita in località Pieve Rossa, nel comune di Bagnolo in Piano (RE), l'azienda alleva bovini da latte per la produzione di Parmigiano-Reggiano.

Nel 2010 ha avviato il suo impianto fotovoltaico (identificato dalla lettera S), installato sul tetto di una stalla a stabulazione libera per vacche da latte (*Figura 4.19*).

L'impianto è parzialmente integrato e prevede 3 blocchi di moduli posti nella parte alta della falda Sud della stalla (*Figura 4.20*). Dal punto di vista elettrico, l'impianto è suddiviso in 2 sezioni FV.

La sezione 1 ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 20° Ovest;
- angolo di tilt: 13°;
- 161 moduli del tipo in silicio policristallino della Heckert-Solar, serie HS-PXL 200, potenza massima di 200 W, dimensioni di 990x1480 mm (1,4652 m<sup>2</sup>), peso 19 kg;
- potenza nominale: 32,2 kW;
- superficie totale dei moduli: 235,9 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter della Sputnik Engineering AG, tipo SolarMax 30C, potenza nominale di 30 kW, potenza massima di 40 kW.

La sezione 2 ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 20°;
- angolo di tilt: 13°;
- 189 moduli del tipo in silicio policristallino della Heckert-Solar, serie HS-PXL 200, potenza massima di 200 W, dimensioni di 990x1480 mm (1,4652 m<sup>2</sup>), peso 19 kg;
- potenza nominale: 37,8 kW;
- superficie totale dei moduli: 276,92 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter della Sputnik Engineering AG, tipo SolarMax 35C, potenza nominale di 35 kW, potenza massima di 45 kW.

Il totale dei moduli installati ammonta quindi a 350, per una potenza nominale di **70 kWp**, mentre la superficie totale del generatore FV è pari a 512,82 m<sup>2</sup>.

I 2 grandi inverter sono collocati nel locale servizi della zona di mungitura della stalla (*Figura 4.21*).

L'impianto, in regime di scambio sul posto, è connesso alla rete di MT, tramite una cabina di trasformazione BT/MT installata su palo, nonostante la potenza sia inferiore ai 100 kW; ciò deriva da un'esplicita richiesta di Enel, giustificata dalla presenza di una linea locale di BT ritenuta non adatta a connettere l'impianto. Questo fatto ha comportato spese aggiuntive non previste inizialmente e il ritardo nella connessione dell'impianto, con perdita di buona parte del periodo estivo dell'anno 2010.

La tariffa incentivante è pari a 0,384 €/kWh (Secondo Conto Energia).

### 4.3.3. Società Agricola CSS

Questa azienda, sita nel comune di Bagnolo in Piano (RE), conduce un allevamento suinicolo a ciclo chiuso per la produzione di suini pesanti da salumificio.

L'azienda dispone di un impianto fotovoltaico su tetto (*Figura 4.22*), identificato dalla lettera C, avviato nel

2011 e suddiviso in 2 sezioni. I moduli sono complanari alla superficie esterna del manto di copertura (*Figura 4.23*). L'impianto è identificato dalla lettera C.

La sezione 1, installata sulle falde Sud dei tetti di due porcilaie, ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 33° Ovest;
- angolo di tilt: 10°;
- 420 moduli in silicio policristallino modello Canadian Solar CS6P-230P (230 Wp), dimensioni di 1.638x982 mm (1,6085 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 96,6 kW;
- superficie totale dei moduli: 675,58 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter modello Astrid Copernico TT-100 da 100 kW, con trasformatore integrato.

La sezione 2, installata sulle falde Sud dei tetti di altre due porcilaie, ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 33° Ovest;
- angolo di tilt: 10°;
- 441 moduli in silicio policristallino modello Canadian Solar CS6P-230P (230 Wp), dimensioni di 1.638x982 mm (1,6085 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 101,43 kW;
- superficie totale dei moduli: 709,36 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter modello Astrid Copernico TT-100 da 100 kW, con trasformatore integrato.

La potenza nominale totale ammonta a **198,03 kWp** e la superficie totale del generatore FV (861 moduli) è pari a 1.384,94 m<sup>2</sup>.

Ogni inverter, con i relativi contatori, è posizionato in un prefabbricato collocato in prossimità della prima fila di porcilaie (*Figura 4.24*).

Questo impianto è gestito con lo scambio sul posto e l'allacciamento è in MT con cabina di trasformazione a torre già esistente.

La tariffa incentivante è pari a 0,388 €/kWh (Quarto Conto Energia), comprensiva del bonus per lo smaltimento dell'amianto; infatti, le porcilaie hanno ricevuto una nuova copertura in pannelli sandwich in sostituzione dell'eternit.

#### **4.3.4. Azienda Il Girasole**

Anche questa azienda, sita nel comune di Campagnola Emilia (RE), conduce un allevamento suinicolo a ciclo chiuso per la produzione di suini pesanti. Nel 2011 si è dotata di due impianti fotovoltaici installati in due distinti centri aziendali.

#### **Impianto G1**

Installato sul tetto di un capannone agricolo sito a Fosdondo di Correggio (RE), è suddiviso in 2 sezioni, con moduli integrati nel manto di copertura (*Figura 4.25*).

La sezione 1, installata sulla falda Est, ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 72° Est;
- angolo di tilt: 20°;
- 273 moduli in silicio amorfo modello Sharp NA-F128(G5) (128 Wp), dimensioni di 1.409x1.009 mm (circa 1,4217 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 34,944 kW;
- superficie totale dei moduli: 388,12 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter modello Astrid Copernico TL-30 da 30 kW.

La sezione 2, installata sulla falda Ovest, ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 108° Ovest;
- angolo di tilt: 20°;
- 273 moduli in silicio amorfo modello Sharp NA-F128(G5) (128 Wp), dimensioni di 1.409x1.009 mm (circa 1,4217 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 34,944 kW;
- superficie totale dei moduli: 388,12 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter modello Astrid Copernico TL-30 da 30 kW.

La potenza nominale totale ammonta a **69,888** kWp e la superficie totale del generatore FV è pari a 776,24 m<sup>2</sup>.

Inverter, trasformatore e contatori sono collocati in un prefabbricato posto a lato del capannone (*Figura 4.26*).

Questo impianto, avviato nel 2010, è gestito con lo scambio sul posto e usufruisce di una tariffa incentivante di 0,422 €/kWh (Secondo Conto Energia); l'allacciamento è in BT.

### **Impianto G2**

Installato sui tetti di due porcilaie dell'allevamento sito a Campagnola Emilia (RE), è suddiviso in 4 sezioni, con moduli complanari al manto di copertura.

La sezione 1 (*Figura 4.27*), installata sulla falda Est di un capannone posto sul retro dell'abitazione, ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 71° Est;
- angolo di tilt: 12°;
- 476 moduli a film sottile di tellururo di cadmio, modello First Solar FS 3 FS-377 (77,5 Wp), dimensioni di 1.200x600 mm (0,72 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 36,89 kW;

- superficie totale dei moduli: 342,72 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter Kaco Geratetechnik modello Powador 39,0 TL3 da 39 kW.

La sezione 2, installata sulla falda Ovest dello stesso capannone precedente, ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 109° Ovest;
- angolo di tilt: 12°;
- 336 moduli a film sottile di tellururo di cadmio, modello First Solar FS 3 FS-377 (77,5 Wp), dimensioni di 1.200x600 mm (0,72 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 26,04 kW;
- superficie totale dei moduli: 241,92 m<sup>2</sup>;
- 1 inverter Kaco Geratetechnik modello Powador 30,0 TL3 da 30 kW.

Al disotto della falda Est sono posizionati i quadri elettrici di derivazione delle sezioni 1 e 2 ([Figura 4.28](#)), mentre gli inverter ([Figura 4.29](#)) sono collocati in una stanza al piano terra dello stesso capannone su cui sono installati i moduli.

La sezione 3, installata sulla falda Est di una porcilaia ([Figura 4.30](#)), ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 71° Est;
- angolo di tilt: 12°;
- 224 moduli a film sottile di tellururo di cadmio, modello First Solar FS 3 FS-377 (77,5 Wp), dimensioni di 1.200x600 mm (0,72 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 17,36 kW;
- superficie totale dei moduli: 161,28 m<sup>2</sup>;
- 2 inverter Kaco Geratetechnik modello Powador 10,0 TL3 da 10 kW.

La sezione 4, installata sulla falda Ovest della stessa porcilaia precedente ([Figura 4.31](#)), ha le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di azimut: 109° Ovest;
- angolo di tilt: 12°;
- 224 moduli a film sottile di tellururo di cadmio, modello First Solar FS 3 FS-377 (77,5 Wp), dimensioni di 1.200x600 mm (0,72 m<sup>2</sup>);
- potenza nominale: 17,36 kW;
- superficie totale dei moduli: 161,28 m<sup>2</sup>;
- 2 inverter Kaco Geratetechnik modello Powador 10,0 TL3 da 10 kW.

Gli inverter delle sezioni 3 e 4 ([Figura 4.32](#)) sono collocati in un ambiente a piano terra posto nei pressi del mangimificio aziendale.

La potenza nominale totale del generatore FV è pari a **97,65 kWp** e la superficie complessiva dei 1.260

moduli ammonta a 907,2 m<sup>2</sup>.

Questo impianto, avviato nel 2011, è gestito con lo scambio sul posto, è allacciato in BT e usufruisce di una tariffa incentivante di 0,303 €/kWh (Quarto Conto Energia), comprensiva del bonus per lo smaltimento dell'amianto; infatti, entrambi gli edifici rurali hanno ricevuto una nuova copertura in pannelli sandwich in sostituzione dell'eternit.

#### 4.4. Risultati del monitoraggio degli impianti FV delle aziende pilota

Il monitoraggio dei 7 impianti è avvenuto con modalità differenti, in base agli accordi che è stato possibile instaurare con i titolari delle aziende coinvolte.

In alcuni casi è stato possibile accedere direttamente ai software gestionali degli impianti, in remoto, mentre in altri casi si sono periodicamente raccolte le annotazioni di produzione fatte dal personale dell'azienda, oppure si è attuata una regolare campagna di lettura dei contatori presso le aziende interessate.

Lo scopo del monitoraggio è quello di valutare se l'effettiva produzione degli impianti è in linea con i calcoli di producibilità svolti in sede di progetto, o attuabili con i diversi software disponibili in rete. Inoltre, altro aspetto rilevante è quello di evidenziare eventuali problemi tecnici nel funzionamento degli impianti, o problemi gestionali connessi al Conto Energia.

##### 4.4.1. Impianto P1

Per questo impianto sono disponibili 3 anni solari di monitoraggio, dal 1° gennaio 2010 al 31/12/2012, per un totale di 1.095 d.

La produzione media annua di questo periodo è stata di 118.874,1 kWh, con un massimo di 125.976,2 kWh nel 2011 e un minimo di 111.996,7 kWh nel 2012.

La produzione media annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 165,183 kWh/m<sup>2</sup>, variabile negli anni da 155,627 a 175,052 kWh/m<sup>2</sup>.

La produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è pari a **1.198,3** kWh/kWp, con il massimo nel 2011 (1.269,9) e il minimo nel 2012 (1.129).

Nel grafico di [Figura 4.33](#) sono riportate le produzioni mensili di energia elettrica per i 3 anni di monitoraggio.

L'anno a maggiore produzione (2011) evidenzia il picco produttivo nel mese di maggio, con un valore prossimo ai 17.000 kWh e molto vicino al massimo assoluto mensile del luglio 2010. Il mese di maggio ([Figura 4.34](#)) si presenta infatti piuttosto regolare come produzione, indice di una stagione bella e soleggiata, con valori di produzione giornaliera che solo in 5 giorni scendono al disotto dei 500 kWh. Benché i mesi estivi risultino meno performanti rispetto all'anno 2010, nell'anno 2011 si hanno produzioni elevate in mesi tendenzialmente meno produttivi, come per il periodo da settembre a dicembre. La produzione mensile più bassa si registra in gennaio, con circa 3.500 kWh.

L'anno 2010, che risulta molto vicino all'anno medio del triennio, ha il picco di produzione a luglio ([Figura 4.35](#)), con 17.263 kWh (quasi 24 kWh/m<sup>2</sup> mese) e mostra ottime performance in tutti i mesi più caldi, mentre la produzione è ridotta nei mesi invernali, con il valore minimo in gennaio (poco più di 2.000 kWh).

L'anno 2012 evidenzia produzioni inferiori in quasi tutti i mesi, se si eccettuano il mese di marzo (*Figura 4.36*), con un valore molto alto, oltre gli 11.000 kWh, e il mese di gennaio con oltre 5.000 kWh. Anche per questo anno il picco mensile è nel mese di luglio (*Figura 4.37*), anche se il valore totale mensile è inferiore rispetto al 2010. La produzione mensile più bassa si registra in dicembre, con circa 3.300 kWh.

Interessante il confronto fra le produzioni effettive e quelle teoriche di calcolo. La stima della producibilità è stata eseguita con programmi disponibili presso il CRPA, che fanno riferimento a banche dati pluriennali di irraggiamento e radiazione solare, anche se spesso i riferimenti non sono ad anni recenti.

Per l'impianto in esame viene stimata una producibilità media annua unitaria di **1.178 kWh/kWp**, per una produzione totale stimata di 116.882 kWh/anno. La produzione annuale media effettiva dell'impianto è superiore dell'1,7% rispetto al valore stimato e quindi si può considerare in linea con i calcoli teorici.

Il software di controllo dell'impianto consente di fare anche considerazioni specifiche sulle produzioni giornaliere.

Il picco giornaliero assoluto di produzione è stato registrato il giorno 31 maggio 2010 (*Figura 4.38*), con 698 kWh, pari a poco meno di 1 kWh/m<sup>2</sup>. La massima potenza si evidenzia fra le ore 13 e le ore 14, con un valore di circa 87 kW (circa 121 W/m<sup>2</sup>), in corrispondenza di un picco di irraggiamento di poco superiore ai 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Anche nel 2011 il picco giornaliero si evidenzia nel mese di maggio, il giorno 16 (*Figura 4.39*), con una produzione di 643,6 kWh; la potenza massima, di poco inferiore a 80 kW, si registra alle ore 13:30.

Sempre in maggio il picco dell'anno 2012, il giorno 17 (*Figura 4.40*), con 600,5 kWh di produzione totale e un picco di potenza di circa 72 kW verso le ore 14.

I dati confermano che le singole punte di produzione si verificano più facilmente in un mese come maggio, caratterizzato da un irraggiamento solare già elevato, ma da temperature dell'aria più miti e da maggiore ventosità, fatti questi che consentono un minore surriscaldamento dei moduli FV e, quindi, un maggiore rendimento dell'impianto.

Nel grafico di *Figura 4.41*, infine, viene mostrato l'andamento della potenza erogata in un giorno nuvoloso del mese di maggio; la produzione totale non raggiunge i 120 kWh e la potenza massima, rilevata alle ore 10, è di soli 40 kW.

#### 4.4.2. Impianto P2

Per questo impianto sono disponibili 3 anni solari di monitoraggio, dal 1° gennaio 2010 al 31/12/2012, per un totale di 1.095 d.

La produzione media annuale del periodo considerato è stata di 98.981 kWh, con un massimo di 104.855 kWh nel 2011 e un minimo di 92.176 kWh nel 2012.

La produzione media annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 140,95 kWh/m<sup>2</sup>, variabile negli anni da 131,26 a 149,32 kWh/m<sup>2</sup>.

La produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è pari a **1.007,42 kWh/kWp**, con il massimo nel 2011 (1.067,21) e il minimo nel 2012 (938,16).

Il grafico di *Figura 4.42* riporta le produzioni mensili di energia elettrica per i 3 anni di monitoraggio.

Nell'anno a maggiore produzione (2011) si evidenzia un picco nel mese di maggio, con un valore di

15.512 kWh, di poco inferiore al massimo assoluto mensile registrato nel luglio 2010. Come già evidenziato per l'impianto P1, i mesi estivi 2011 (giugno, luglio e agosto) producono un po' meno degli stessi mesi del 2010, ma in compenso si hanno produzioni elevate in mesi normalmente meno produttivi (da settembre a dicembre e il mese di febbraio). La produzione mensile più bassa si registra nei mesi di gennaio e dicembre, con circa 2.500 kWh.

L'anno 2010 ha il suo picco di produzione a luglio, con quasi 16.000 kWh (massima produzione mensile dell'intero periodo), evidenziando buone produzioni in tutti i mesi più caldi. I mesi freddi, invece, sono meno produttivi del 2011, con il valore minimo in dicembre (meno di 2.000 kWh).

L'anno 2012 ha produzioni di energia elettrica inferiori in quasi tutti i mesi, eccettuati i mesi di gennaio e marzo. Anche per questo anno il picco mensile è nel mese di luglio, anche se il valore totale mensile è inferiore rispetto agli altri anni. La produzione mensile più bassa si registra in dicembre, con circa 1.600 kWh (minore produzione mensile dei 3 anni).

Per questo impianto la producibilità media annua unitaria è stata stimata separatamente per le 2 sezioni e, per la sezione B, separatamente per le due falde opposte; i risultati sono i seguenti: **1.041 kWh/kWp** per la sezione A, **1.078 kWh/kWp** per la falda Est della sezione B e **1.061 kWh/kWp** per la falda Ovest della sezione B. La produzione totale stimata è pari a 103.959 kWh/anno; quindi, la produzione annuale media effettiva dell'impianto è inferiore del 4,79% rispetto al valore stimato, benché l'anno a maggiore produzione (2011) abbia registrato un valore praticamente analogo a quello stimato.

#### 4.4.3. Impianto P3

Per questo impianto sono disponibili 2 anni di monitoraggio, dal 1° maggio 2011 al 30/04/2013, per un totale di 730 d. L'unico anno solare completo è il 2012.

La produzione media annua dell'impianto è stata di 677.628,94 kWh, ma nel solo anno 2012 sono stati prodotti 695.797,85 kWh.

La produzione media annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 204,78 kWh/m<sup>2</sup>, mentre nell'anno 2012 lo stesso dato ammonta a 210,27 kWh/m<sup>2</sup>.

La produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è pari a **1.413,14 kWh/kWp**.

Nel grafico di [Figura 4.43](#) sono riportate le produzioni mensili di energia elettrica per gli anni di monitoraggio.

L'anno 2012, l'unico completo, evidenzia il picco produttivo nel mese di luglio, con un valore prossimo agli 85.000 kWh, corrispondente al massimo assoluto mensile dell'intero periodo di monitoraggio. Molto elevate le produzioni dei mesi di maggio, giugno e agosto, sempre al disopra dei 79.000 kWh, così come quella di marzo, pari a 74.395 kWh.

L'anno 2011, che comprende tutti i mesi più caldi, ha la massima produzione nel mese di maggio, con poco meno di 85.000 kWh, confermando le ottime prestazioni degli altri impianti in questo stesso periodo. Molto buone anche le produzioni di luglio e agosto.

Le minime produzioni sono state ottenute nel gennaio 2013, con circa 19.000 kWh, e nel dicembre 2012, con circa 23.000 kWh.

Per l'unico impianto a terra coinvolto nel progetto è stata stimata una producibilità teorica media annua unitaria di **1.305 kWh/kWp**, per una produzione totale stimata di 625.678 kWh/anno; quindi, la

produzione annuale media effettiva dell'impianto risulta superiore dell'8,3% rispetto al valore stimato. L'impianto, quindi, ha prodotto nei primi 2 anni una quantità di energia elettrica superiore a quanto preventivabile, anche se bisogna considerare che i primi anni di funzionamento dovrebbero essere quelli con la resa maggiore; nei calcoli preventivi, infatti, si considera in genere un decremento della produzione per invecchiamento dei moduli dello 0,6-1% all'anno. Sui risultati ottenuti, ovviamente, ha grande peso la situazione meteorologica degli anni considerati (nuvolosità, pioggia, neve, vento, temperatura dell'aria).

I giorni a maggiore produzione sono stati il 17 maggio 2012 (*Figura 4.44*), con 3.442,2 kWh (circa 1,04 kWh/m<sup>2</sup>), il 18 luglio 2011 (*Figura 4.45*), con 3.274,7 kWh, e il 19 maggio 2011, con 3.240,4 kWh. Le potenze massime erogate dal generatore in questi giorni variano da 400 a 427 kW e si riscontrano in orari compresi fra le 13 e le 14.

Nel grafico di *Figura 4.46* è mostrato l'andamento della potenza erogata in un giorno nuvoloso del mese di maggio; la produzione totale risulta pari a 664,1 kWh e la potenza massima, rilevata alle ore 9:40, è di 227,9 kW.

Per questo generatore, orientato perfettamente e inclinato in modo ottimale, è interessante valutare le ore di funzionamento nei diversi mesi dell'anno; si è fatto riferimento all'anno 2012 e a un giorno centrale di ogni mese con andamento regolare (cielo sereno). Si tenga conto che verso Est ci sono modesti ombreggiamenti causati dalle strutture edili del centro aziendale. Gli intervalli e i tempi medi di funzionamento sono i seguenti (orario solare):

- gennaio, dalle 8:00 alle 17:00 (circa 9 h);
- febbraio, dalle 7:30 alle 17:40 (circa 10 h);
- marzo, dalle 6:30 alle 18:20 (circa 12 h);
- aprile, dalle 6:20 alle 19:50 (circa 13,5 h);
- maggio, dalle 6:00 alle 20:30 (circa 14,5 h);
- giugno, dalle 5:40 alle 21:20 (circa 15,5 h);
- luglio, dalle 6:00 alle 21:00 (circa 15 h);
- agosto, dalle 6:20 alle 20:30 (circa 14 h);
- settembre, dalle 7:00 alle 19:30 (circa 12,5 h);
- ottobre, dalle 7:30 alle 18:30 (circa 11 h);
- novembre, dalle 7:30 alle 17:00 (circa 9,5 h);
- dicembre, dalle 8:00 alle 16:30 (circa 8,5 h).

Moltiplicando il numero medio di ore di funzionamento per il numero di giorni di ogni mese si ottiene il numero **teorico** massimo di ore di funzionamento annue di questo impianto, pari a 4.414; queste corrispondono, ovviamente, al 50% delle ore totali dell'anno.

#### 4.4.4. Impianto S

I dati di monitoraggio di questo impianto, rilevati direttamente da un operatore con cadenza mensile (non era accessibile un software specifico), vanno dal 24/08/2010 al 31/12/2012, per un totale di 860 d.

In questo periodo sono stati prodotti 191.720 kWh e ne sono stati immessi in rete 125.366, in quanto l'impianto è gestito con lo scambio sul posto; ne consegue che la quota di autoconsumo è risultata pari a 66.354 kWh, ovvero al 34,6% dell'energia elettrica prodotta. Questo valore di autoconsumo è decisamente basso rispetto a quanto sarebbe auspicabile per un impianto in scambio sul posto ed è imputabile al fatto che i massimi assorbimenti energetici dell'azienda si hanno in corrispondenza delle due mungiture giornaliere, che avvengono presto alla mattina, quando il Sole non è ancora sorto, e nel tardo pomeriggio, quando in inverno il Sole sta tramontando.

Da questo punto di vista, quindi, sarebbe auspicabile che l'azienda sostituisse utenze termiche specifiche con utenze elettriche in grado di svolgere lo stesso lavoro, concentrando tali attività in momenti della giornata in cui l'impianto è produttivo; un esempio potrebbe essere un carro automatico a funzionamento elettrico per la distribuzione dell'*unifeed* in stalla.

Essendo disponibili le letture mensili di tutti i contatori, è possibile conoscere il valore del prelievo di energia elettrica dalla rete, per il periodo considerato; questo ammonta a 147.706 kWh, che sommato alla quota di autoconsumo porta ad un consumo elettrico totale di 214.060 kWh per il periodo considerato (circa 7.645 kWh/mese).

Per l'analisi specifica della sola produzione fotovoltaica sono stati stralciati i 4 mesi del 2010, al fine di ottenere un periodo di controllo di 2 anni esatti, dal 1° gennaio 2011 al 31 dicembre 2012, per un totale di 730 d.

La produzione media annua di questo periodo è stata di 85.129 kWh, con un massimo di 87.020 kWh nel 2011.

La produzione media annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 166 kWh/m<sup>2</sup>, con un valore di 169,7 kWh/m<sup>2</sup> per l'anno 2011.

La produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è pari a **1.216,13 kWh/kWp**, con il 2011 che segna 1.243,14 kWh/kWp.

Nel grafico di [Figura 4.47](#) sono riportate le produzioni mensili di energia elettrica per i 2 anni considerati.

Il picco produttivo mensile si manifesta nel mese di giugno 2011, con un valore di 11.661 kWh, di poco superiore agli 11.575 kWh di luglio 2012. Molto buone anche le produzioni di maggio 2011 e 2012, di giugno 2012 e di luglio 2011, tutte pari o superiori a 11.000 kWh. La produzione mensile più bassa si registra in dicembre 2012, con poco più di 2.000 kWh.

La stima teorica della producibilità dell'impianto porta a un valore medio annuo unitario di **1.157 kWh/kWp**, per una produzione totale stimata di 80.955 kWh/anno. La produzione annuale media effettiva dell'impianto è quindi superiore del 5,16% rispetto al valore stimato.

#### 4.4.5. Impianto C

Per l'impianto C è disponibile un anno completo di monitoraggio; i dati, raccolti con lettura giornaliera da personale addetto della stessa azienda e riportati su cartaceo (documento ufficiale dell'Agenzia delle Dogane per l'accisa sul consumo dell'energia elettrica), sono stati poi riversati su apposito foglio elettronico per l'elaborazione.

Nell'anno 2012 sono stati prodotti 212.935 kWh; benché l'impianto sia in regime di scambio sul posto, non sono stati resi disponibili i dati relativi all'energia elettrica immessa in rete e quindi i dati di

autoconsumo.

La produzione annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 153,75 kWh/m<sup>2</sup>, mentre la produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è stata di **1.075,27** kWh/kWp.

Nel grafico di [Figura 4.48](#) sono riportate le produzioni mensili di energia elettrica per l'anno considerato.

La massima produzione mensile si manifesta nel mese di luglio, con un valore appena superiore ai 30.000 kWh; di poco inferiore la produzione di giugno (29.197 kWh) e molto buone anche le produzioni di maggio e agosto, fra i 27.000 e i 26.000 kWh. La produzione mensile più bassa si registra in dicembre, con circa 5.000 kWh.

Interessante il confronto fra questo impianto e quello dell'Azienda Simonazzi (impianto S), perché la distanza fra le due aziende è molto limitata (meno di 2 km in linea d'aria) e la tipologia di impianto è simile: moduli in silicio policristallino, 2 grandi inverter per impianto, angoli di azimut rispettivamente di 33° Ovest e 20° Ovest e angoli di tilt rispettivamente di 10° e 13°.

L'andamento della produzione 2012 dei due impianti è perfettamente sovrapponibile, come si può notare dall'osservazione comparata dei grafici delle [Figura 4.48](#) e [Figura 4.47](#) (istogrammi di colore rosso). In termini assoluti la produzione unitaria dell'impianto C è minore del 7,4% con riferimento alla superficie e dell'11,6% con riferimento alla potenza di picco, rispetto all'impianto S; ciò è spiegabile, da un lato, con il collocamento meno vantaggioso dei moduli, nel senso che l'orientamento verso Ovest è maggiore di 13° e l'inclinazione delle falde è minore di 3°, e dall'altro con la tipologia di materiale adottato, in particolare per quanto riguarda i moduli FV.

La stima teorica della producibilità dell'impianto porta a un valore medio annuo unitario di **1.134** kWh/kWp, per una produzione totale stimata di 224.566 kWh/anno. In questo caso, quindi, la produzione annuale media effettiva dell'impianto è risultata inferiore del 5,18% rispetto al valore stimato.

#### 4.4.6. Impianto G1

Per questo impianto i dati di monitoraggio sono disponibili dal 1°/07/2011 al 31/12/2012, ma l'esame della produzione è riferito all'unico anno intero, cioè il 2012.

La produzione annuale totale è stata pari a 63.654 kWh, mentre la cessione totale di energia alla rete è risultata pari a 24.846 kWh, in quanto l'impianto è gestito con lo scambio sul posto; la quota di autoconsumo, quindi, è di 38.808 kWh, pari al 61% dell'energia elettrica prodotta.

La produzione annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 82 kWh/m<sup>2</sup>, mentre la produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è stata di **910,8** kWh/kWp; è utile ricordare che questo impianto ha moduli in silicio amorfo.

Nel grafico di [Figura 4.49](#) sono riportate le produzioni e le cessioni mensili di energia elettrica per l'anno considerato.

La produzione mensile massima si evidenzia nel mese di luglio, con un valore di poco superiore agli 11.000 kWh; segue il mese di giugno, con 9.990 kWh, quindi maggio (9.361 kWh) e agosto (8.608 kWh). La produzione mensile più bassa si registra in dicembre, con 740 kWh.

Per quanto riguarda la cessione di energia elettrica alla rete, si nota che solo nel mese di maggio (massima cessione mensile, con quasi 5.000 kWh) essa supera il 50% della produzione del mese.

La stima teorica della producibilità dell'impianto, svolta separatamente per le due falde opposte, porta a valori medi annui unitari di **955 kWh/kWp** per la falda Est e di **868 kWh/kWp** per la falda Ovest; la produzione totale stimata risulta pari a 63.711 kWh/anno, praticamente sovrapponibile alla produzione annuale media effettiva dell'impianto.

#### **4.4.7. Impianto G2**

Per l'impianto G2 è disponibile un intero anno di monitoraggio.

La produzione annuale totale del 2012 è risultata pari a 102.577 kWh, mentre la cessione totale di energia alla rete è stata di 25.204 kWh, in quanto l'impianto è gestito con lo scambio sul posto; la quota di autoconsumo, quindi, ha raggiunto i 77.373 kWh, pari al 75,4% dell'energia elettrica prodotta.

La produzione annua parametrata alla superficie del generatore FV è risultata pari a 113,07 kWh/m<sup>2</sup>, mentre la produzione media annua riferita alla potenza nominale dell'impianto è stata di **1.050,46 kWh/kWp**; si ricorda che i moduli di questo impianto sono del tipo a film sottile in tellururo di cadmio.

Nel grafico di [Figura 4.50](#) sono riportate le produzioni e le cessioni mensili di energia elettrica per l'anno considerato.

La massima produzione mensile si verifica nel mese di luglio, con un valore di poco superiore ai 16.000 kWh; a seguire giugno (15.829 kWh), maggio (14.923 kWh) e agosto (13.697 kWh). La minima produzione mensile si registra in dicembre, con 1.192 kWh.

Per quanto riguarda la cessione di energia elettrica alla rete, si nota che essa è praticamente nulla nei primi due e negli ultimi tre mesi dell'anno, mentre raggiunge il massimo nel mese di maggio, con circa 6.000 kWh (circa il 40% della produzione mensile).

La stima teorica della produzione potenziale dell'impianto, svolta separatamente per le 4 sezioni dell'impianto, porta a valori medi annui unitari di **1.025 kWh/kWp** per le falde Est e di **964 kWh/kWp** per le falde Ovest; la produzione totale stimata risulta pari a 97.429 kWh/anno. La produzione annuale media effettiva dell'impianto, quindi, è risultata superiore del 5,28% rispetto al valore stimato.

#### **4.4.8. Valutazioni economiche sugli impianti pilota**

Nel presente paragrafo vengono espresse sinteticamente le valutazioni economiche fatte per i 7 impianti sottoposti a monitoraggio; i valori di riferimento per la produzione di energia elettrica sono mediati fra i dati di effettiva produzione e quelli teorici calcolati, applicando poi opportuni coefficienti di riduzione per la vita utile degli impianti.

Nella [Tabella 4.8](#) si riassumono, per i diversi anni di monitoraggio, le produzioni unitarie riferite al metroquadrato di superficie dei moduli FV; si riportano i soli valori riferiti ad anni interi. Nel caso dell'impianto P3, l'anno 2010 è fittizio, in quanto costituito dai mesi da maggio a dicembre del 2010 e da gennaio ad aprile del 2013.

La metodologia di stima è analoga a quella adottata per le simulazioni illustrate nel paragrafo 4.2.4, ma in questo caso il riferimento è a impianti reali, con le loro tariffe incentivanti e i costi d'investimento effettivi dichiarati dai proprietari. Per un inquadramento degli indicatori di redditività – valore attuale netto (VAN) e tasso interno di rendimento (TIR) – si veda quanto riportato nel paragrafo 3.3.4.

Tutti gli impianti aderiscono al Conto Energia (Secondo, Terzo e Quarto), per cui le entrate esplicite e

implicite (mancati esborsi) sono date dall'incentivo su tutta l'energia prodotta, dal risparmio sulla bolletta elettrica per la quota di energia autoconsumata (nel caso di scambio sul posto) e dal ricavo per la vendita dell'energia immessa in rete. Per le uscite, invece, si prevedono le quote di ammortamento sull'investimento totale, IVA compresa (rata semestrale per 10 anni, al tasso del 4,5%) e le quote annue di manutenzione e di assicurazione dell'impianto (rispettivamente 1,5% e 0,5% sul costo totale dell'impianto IVA esclusa). Inoltre, si aggiunge il valore stimato per gli oneri di connessione dovuti a Enel. Come già detto al paragrafo 4.2.4, si tralasciano, invece, gli aspetti fiscali e gli oneri aggiuntivi previsti dal GSE.

Nella procedura di calcolo si assume una durata presunta dell'impianto di 30 anni. Il saggio di attualizzazione per il calcolo del VAN è fissato al 4%.

I dati essenziali dell'**impianto P1** (vedere paragrafo 4.3.1) sono i seguenti:

- impianto su tetto, con moduli in silicio policristallino;
- potenza nominale: 99,2 kWp;
- superficie totale generatore FV: 719,65 m<sup>2</sup>;
- regime di scambio sul posto;
- tariffa incentivante: 0,431 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 164 kWh/m<sup>2</sup> anno, un autoconsumo del 50% dell'energia prodotta, un costo iniziale dell'energia elettrica di 0,20 €/kWh e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,096 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **318.182 €**.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 1.534.898 €
- totale uscite = 694.031 €
- reddito netto medio annuo = 28.029 €
- VAN = 445.253 €.

I dati essenziali dell'**impianto P2** (vedere paragrafo 4.3.1) sono i seguenti:

- impianto su tetto, con moduli in silicio policristallino;
- potenza nominale: 98,252 kWp;
- superficie totale generatore FV: 702,23 m<sup>2</sup>;
- regime di ritiro dedicato;
- tariffa incentivante: 0,453 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 144,5 kWh/m<sup>2</sup> anno e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,096 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **290.900 €**; inoltre, viene conteggiato il costo per la rimozione dei manti di copertura in fibrocemento con amianto del fienile e della stalla e la loro sostituzione con coperture in pannelli prefabbricati tipo *sandwich*, per un importo complessivo stimato in 32.820 €, IVA esclusa.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 1.178.342 €
- totale uscite = 685.226 €
- reddito netto medio annuo = 16.437 €
- VAN = 237.427 €.

I dati essenziali dell'**impianto P3** (vedere paragrafo 4.3.1) sono i seguenti:

- impianto a terra, con moduli in silicio monocristallino;
- potenza nominale: 479,52 kWp;
- superficie totale generatore FV: 3.309,05 m<sup>2</sup>;
- regime di ritiro dedicato;
- tariffa incentivante: 0,346 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 197 kWh/m<sup>2</sup> anno e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,097 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **1.450.000 €**; in questo costo sono compresi la recinzione perimetrale completa e il sistema antintrusione, indispensabili per le installazioni a terra.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 6.272.373 €
- totale uscite = 3.138.005 €
- reddito netto medio annuo = 104.479 €
- VAN = 1.637.243 €.

I dati essenziali dell'**impianto S** (vedere paragrafo 4.3.2) sono i seguenti:

- impianto su tetto, con moduli in silicio policristallino;
- potenza nominale: 70 kWp;
- superficie totale generatore FV: 512,82 m<sup>2</sup>;
- regime di scambio sul posto;
- tariffa incentivante: 0,384 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 166 kWh/m<sup>2</sup> anno, un autoconsumo del 35% dell'energia prodotta, un costo iniziale dell'energia elettrica di 0,202 €/kWh e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,097 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **240.900 €**.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 980.101 €
- totale uscite = 534.815 €
- reddito netto medio annuo = 14.843 €

- VAN = 212.958 €.

I dati essenziali dell'**impianto C** (vedere paragrafo 4.3.3) sono i seguenti:

- impianto su tetto, con moduli in silicio policristallino;
- potenza nominale: 198,03 kWp;
- superficie totale generatore FV: 1.384,94 m<sup>2</sup>;
- regime di scambio sul posto;
- tariffa incentivante: 0,388 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 160 kWh/m<sup>2</sup> anno, un autoconsumo del 50% dell'energia prodotta, un costo iniziale dell'energia elettrica di 0,204 €/kWh e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,098 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **574.300 €**; inoltre, viene aggiunto il costo per la rimozione del manto di copertura in fibrocemento con amianto delle 4 porcilaie e la sua sostituzione con una nuova copertura in pannelli *sandwich*, per un importo complessivo di 150.480 €, IVA esclusa.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 2.683.788 €
- totale uscite = 1.474.744 €
- reddito netto medio annuo = 40.301 €
- VAN = 558.288 €.

I dati essenziali dell'**impianto G1** (vedere paragrafo 4.3.4) sono i seguenti:

- impianto su tetto, con moduli in silicio amorfo;
- potenza nominale: 69,888 kWp;
- superficie totale generatore FV: 776,24 m<sup>2</sup>;
- regime di scambio sul posto;
- tariffa incentivante: 0,422 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 84 kWh/m<sup>2</sup> anno, un autoconsumo del 60% dell'energia prodotta, un costo iniziale dell'energia elettrica di 0,20 €/kWh e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,096 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **210.000 €**.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 848.850 €
- totale uscite = 460.729 €
- reddito netto medio annuo = 12.937 €
- VAN = 184.689 €.

I dati essenziali dell'**impianto G2** (vedere paragrafo 4.3.4) sono i seguenti:

- impianto su tetto, con moduli in tellururo di cadmio;
- potenza nominale: 97,65 kWp;
- superficie totale generatore FV: 907,2 m<sup>2</sup>;
- regime di scambio sul posto;
- tariffa incentivante: 0,303 €/kWh.

Per questo impianto si assumono un valore dell'energia producibile al primo anno di 110 kWh/m<sup>2</sup> anno, un autoconsumo del 75% dell'energia prodotta, un costo iniziale dell'energia elettrica di 0,204 €/kWh e una tariffa iniziale di vendita dell'energia di 0,098 €/kWh. Il costo totale dell'impianto, IVA esclusa, è pari a **230.000 €**; inoltre, viene aggiunto il costo per la rimozione del manto di copertura in fibrocemento con amianto dei due fabbricati su cui insistono i moduli FV e la sua sostituzione con una nuova copertura in pannelli *sandwich*, per un importo complessivo di 33.330 €, IVA esclusa.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 1.135.499 €
- totale uscite = 556.270 €
- reddito netto medio annuo = 19.308 €
- VAN = 275.664 €.

Per tutti gli impianti esaminati l'analisi costi/benefici restituisce una valutazione molto positiva, a dimostrazione che l'investimento in impianti FV, almeno nelle condizioni dei Conti Energia II, III e IV, è stato particolarmente interessante per le aziende zootecniche.

I valori sono abbastanza diversificati, in dipendenza della tipologia di impianto (tipo di installazione, orientamento, tipo di moduli, potenza nominale, ecc.) e del regime adottato, ma il VAN risulta sempre ampiamente positivo, a testimoniare una redditività sempre buona e in alcuni casi molto buona ([Tabella 4.9](#)).

Il VAN più alto in termini assoluti viene registrato nell'unico impianto a terra (P3) e la cosa era preventivabile; infatti, con questo tipo d'installazione è possibile disporre i moduli nelle condizioni di orientamento e inclinazione ottimali, potendo quindi sfruttare al massimo il potenziale della radiazione solare della specifica località; ciò, fra l'altro, consente l'adozione della tipologia di modulo più performante e più costoso (silicio monocristallino), come è avvenuto nel caso dell'impianto P3. Anche la grande dimensione dell'impianto ha la sua rilevanza nel determinare un VAN così alto, benché il VAN relativo alla potenza nominale non sia il più alto, come si dirà in seguito.

Questo impianto occupa una superficie di terreno agricolo di circa 8.000 m<sup>2</sup>; si potrebbe dire, quindi, che questa particolare "coltura industriale" rende disponibile all'azienda agricola un reddito netto medio annuo veramente considerevole, pari a circa 130.000 €/ha.

Il VAN più alto fra le installazioni su tetto è quello dell'impianto C, con oltre 558.000 €; in questo caso la quota di autoconsumo, del 50%, è stata stimata e questo parametro ha grande rilevanza nel determinare il reddito netto medio annuo dei regimi di scambio sul posto; è infatti evidente che la massima convenienza si otterrebbe con il 100% di autoconsumo, in quanto il mancato esborso è valorizzato ad un prezzo unitario più alto rispetto alla vendita dell'energia da parte dell'azienda. Ad esempio, se l'autoconsumo di questo impianto fosse solo del 30%, il VAN scenderebbe a 477.750 €, valore di tutto

rispetto ma nettamente più basso di quello calcolato, mentre se la quota di autoconsumo fosse del 70%, il VAN balzerebbe a oltre 645.000 €.

Anche il VAN dell'impianto P1 è molto elevato, intorno ai 445.000 €, e anche in questo caso il risultato si spiega in parte con la discreta quota di autoconsumo, stante il regime di scambio sul posto.

Al quarto posto in ordine di VAN assoluto si colloca l'impianto G2, di tipologia diversa dai precedenti (moduli in film sottile). Gli ultimi 3 impianti ottengono una valutazione abbastanza simile (VAN compreso fra 237.000 e 185.000 €); per l'impianto P2 incide il fatto che il regime sia di ritiro dedicato, mentre per l'impianto S, benché in scambio sul posto, incidono negativamente il costo unitario dell'impianto, il più alto delle 7 installazioni considerate, e la bassa quota di autoconsumo dell'energia elettrica prodotta. Infine, l'impianto G1, che sconta il più basso rendimento dei moduli FV, benché la tariffa incentivante sia decisamente buona.

L'impianto P1 mostra il TIR più elevato (15,2%), seguito dall'impianto P3 (13,64%) e dagli impianti G2 (12,02%) e G1 (11,27%). In ogni caso, il TIR più basso non scende al disotto del 10%, confermando ottime redditività per tutti gli impianti.

Se si rapporta il VAN alla potenza nominale dell'impianto si ottengono valori variabili da un massimo di quasi 4.500 €/kWp (impianto P1) a un minimo di circa 2.400 €/kWp (impianto P2); la media di questo parametro si attesta sui 3.100 €/kWp.

Non si può non ricordare, infine, che gli impianti P2, C e G2 hanno ottenuto un beneficio indiretto molto rilevante per gli edifici sui quali sono installati: la totale rimozione delle coperture con amianto e la predisposizione di nuove coperture con migliori caratteristiche tecniche, soprattutto per quanto attiene alla coibentazione.

In conclusione, l'analisi costi/benefici restituisce ottime risultanze per gli impianti FV esaminati, pur nelle differenze specifiche, e conferma la validità degli investimenti in questo settore, soprattutto in regime di scambio sul posto e con quote elevate di autoconsumo dell'energia prodotta.

#### **4.5. Considerazioni finali sul fotovoltaico in zootecnia**

La tecnologia fotovoltaica può rappresentare una buona opportunità di investimento per le aziende zootecniche, sia per la possibilità di garantirsi un reddito integrativo utile per spese correnti e investimenti, sia per ottenere una riduzione della bolletta elettrica, con produzione di energia da consumarsi direttamente nelle diverse attività d'allevamento, anche nell'ottica di un futuro progressivo aumento dei costi energetici da fonti tradizionali.

Alcuni fattori negativi si sono recentemente delineati in modo chiaro e si pongono come potenziali ostacoli alla possibilità delle aziende di investire nel fotovoltaico e nelle energie rinnovabili in genere; i più importanti sono:

- un quadro incerto e continuamente mutevole delle scelte politico-strategiche sull'energia nel nostro Paese, e i 5 Conti energia che si sono succeduti in pochi anni ne sono un evidente esempio;
- l'incertezza sul futuro del fotovoltaico, vista la recente chiusura del Quinto Conto Energia in seguito al raggiungimento del tetto massimo di spesa cumulativa annua per incentivi di 6,7 miliardi di euro;

- la difficoltà sempre maggiore da parte delle aziende agricole di avere accesso al credito, indispensabile per affrontare investimenti di questo genere.

D'altro canto la spinta verso le rinnovabili non potrà essere arrestata, perché è in gioco il futuro del Pianeta, ed è quindi sempre più importante studiare e scrivere di questi argomenti, con lo scopo di sensibilizzare l'opinione pubblica e gli attori delle diverse filiere produttive, fra i quali anche gli allevatori.

Peraltro, secondo molti osservatori, il fotovoltaico è ormai maturo per proseguire il suo sviluppo senza gli incentivi pubblici, magari agevolato da aiuti indiretti come la detrazione fiscale delle spese di investimento. Questo parere sembra confermato dall'andamento attuale del mercato, che registra costi di installazione degli impianti sempre più bassi e un buon andamento delle vendite, seppure su livelli inferiori agli anni della massima espansione. Bisogna anche considerare che negli anni passati il livello forse eccessivo degli incentivi ha "drogato" il mercato e ha dato spazio ad azioni speculative, con svantaggiato per gli investimenti da parte delle famiglie e delle imprese produttive.

Le aziende zootecniche hanno **potenzialità** notevoli di sfruttamento della tecnologia fotovoltaica, in considerazione delle grandi superfici coperte degli edifici rurali in esse presenti, oltretutto, ovviamente, per le superfici di terreno agricolo. Si ritiene comunque prioritario l'utilizzo dei tetti delle strutture, perché si ottengono i seguenti vantaggi:

- le coperture possono essere migliorate dal punto di vista costruttivo, con la contestuale rimozione dell'amianto, ove presente;
- i ricoveri zootecnici migliorano dal punto di vista delle prestazioni ambientali; infatti, i moduli FV sul tetto riducono fortemente l'effetto negativo del surriscaldamento dell'intradosso delle coperture in estate, con grandi benefici per gli animali allevati (si riduce, di fatto, l'ingresso di calore per irraggiamento dal tetto);
- non si sottrae terreno agricolo alla normale attività di coltivazione.

Su quest'ultimo punto, in verità, è stata fatta molta demagogia; se è vero, infatti, che un impianto FV occupa per un tempo limitato (20-30 anni) un po' di terreno agricolo (peraltro ci sono norme che fissano dei limiti precisi), è altrettanto vero che le cause della perdita **definitiva** di terreni agricoli sono ben altre (urbanizzazione selvaggia, centri urbani che nascono in contesti rurali, espansione della rete viaria, ecc.) ed è su queste che dovrebbero agire tutti coloro che hanno a cuore la sostenibilità dell'agricoltura e la sua possibilità di continuare a fornire alimenti alla popolazione.

Resta il fatto che per l'azienda zootecnica è certamente conveniente l'investimento su impianti FV posti su edifici. A tale riguardo, si cita un'indagine svolta dal CRPA per conto della Regione Emilia-Romagna, finalizzata alla stima della potenzialità dei **tetti fotovoltaici** nel settore zootecnico regionale. L'indagine ha interessato i settori bovino, suino, ovicaprino e avicolo e ha considerato soltanto la potenzialità di generatori fotovoltaici installabili sui tetti delle strutture zootecniche.

La stima delle superfici di tetti disponibili è stata fatta sulla base del numero di aziende e della loro capienza, con riferimento ai dati dei Servizi Veterinari delle Asl (anno 2008):

- settore bovino da latte: 3.992 allevamenti e 448.853 capi, per una capienza media di 112 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 20 capi);
- settore bovino da carne (ingrasso, carne bianca e linea vacca-vitello): 990 allevamenti e 94.316 capi, per una capienza media di 95 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza

minore di 20 capi);

- settore suino, comparto riproduzione: 101 allevamenti e 68.887 capi, per una consistenza media di 682 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 100 capi);
- settore suino, comparto ingrasso: 637 allevamenti e 819.521 capi, per una consistenza media di 1.286 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 100 capi);
- settore suino, comparto ciclo chiuso: 100 allevamenti e 262.530 capi, per una consistenza media di 2.625 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 100 capi);
- settore ovicaprino da latte: 155 allevamenti e 35.496 capi, per una capienza media di 229 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 20 capi e quelli transumanti o vaganti);
- settore ovicaprino da carne: 596 allevamenti e 33.933 capi, per una capienza media di 57 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 20 capi e quelli transumanti o vaganti);
- settore avicolo, comparto galline (da riproduzione e da uova da consumo): 195 allevamenti e 7.572.324 capi, per una consistenza media di 38.832 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 100 capi);
- settore avicolo, comparto broiler: 494 allevamenti e 23.218.122 capi, per una consistenza media di 47.000 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 100 capi, ma comprese anche le categorie "allevamento pollastre" e "centro svezzamento");
- settore avicolo, comparto tacchini: 75 allevamenti e 2.343.600 capi, per una consistenza media di 31.248 capi/allevamento (esclusi gli allevamenti con consistenza minore di 100 capi).

Sulla base di questi dati, di quelli strutturali desumibili dai progetti tipo di ricoveri zootecnici redatti dal CRPA nell'ambito del progetto regionale L28/98 "Costi di costruzione di ricoveri zootecnici" e dei dati gestionali riferiti ad allevamenti tipo, è stato possibile stimare la superficie coperta dei **ricoveri zootecnici** (stalle, porcilaie, ovili e pollai), cioè la superficie dei tetti in proiezione orizzontale, con esclusione degli sporti di falda e di testata. I valori unitari per tipo di allevamento sono i seguenti:

- bovino da latte: 10 m<sup>2</sup>/capo;
- bovino da carne: 5 m<sup>2</sup>/capo;
- suino da riproduzione: 0,84 m<sup>2</sup>/capo;
- suino da ingrasso: 1,14 m<sup>2</sup>/capo;
- suino a ciclo chiuso: 1,1 m<sup>2</sup>/capo;
- ovicaprino da latte: 2,3 m<sup>2</sup>/capo;
- ovicaprino da carne: 1,8 m<sup>2</sup>/capo;
- galline: 0,07 m<sup>2</sup>/capo;
- polli da carne: 0,09 m<sup>2</sup>/capo;
- tacchini: 0,22 m<sup>2</sup>/capo.

Le superfici coperte stimate per i diversi comparti zootecnici considerati e la sommatoria finale sono

riportati nella [Tabella 4.10](#). L'apporto maggiore viene dai comparti del bovino da latte (47% della superficie coperta totale stimata), del pollo da carne (22%) e del suini da ingrasso (9,8%).

A tale sommatoria sono state aggiunte le superfici dei **fabbricati di servizio**, quali fienili, depositi di lettimi, ricoveri per macchine e attrezzi, zone di preparazione degli alimenti, platee coperte, ecc. Per stimare queste superfici si è utilizzato il parametro della percentuale delle superfici coperte di servizio sul totale delle superfici dei ricoveri zootecnici; tale parametro, desunto da elaborazioni di CRPA su una casistica abbastanza rappresentativa di allevamenti, risulta pari a:

- 80% per i bovini;
- 50% per gli ovicaprini;
- 40% per i suini;
- 15% per gli avicoli.

Applicando tali percentuali alle rispettive sommatorie di superficie coperta si ottengono le seguenti superfici totali stimate dei fabbricati di servizio:

- comparto bovino: 3.968.088 m<sup>2</sup>;
- comparto ovicaprino: 71.360 m<sup>2</sup>;
- comparto suino: 512.361 m<sup>2</sup>;
- comparto avicolo: 470.293 m<sup>2</sup>.

Il totale stimato della superficie coperta dei fabbricati rurali del comparto zootecnico è riportato nella [Tabella 4.11](#).

Le ipotesi di base per il calcolo della **potenzialità produttiva** sono le seguenti:

- 1) tetti a doppia falda simmetrica;
- 2) 50% degli edifici con orientamento Nord-Sud (installazione del generatore a Sud, con azimut 0°) e 50% con orientamento Est-Ovest (installazione del generatore a Est o a Ovest, con azimut 90°);
- 3) assenza di ombreggiamenti rilevanti nelle ore centrali della giornata;
- 4) pendenza delle falde, ovvero pendenza dei moduli FV (tilt): 16° nel 20% degli edifici, 11,5° nel 50% degli edifici, 7° nel 30% degli edifici.

Per la producibilità annua di energia elettrica, in base a UNI 10349, sono stati considerati valori medi riferiti a Bologna (latitudine 44°30') e a moduli FV in silicio policristallino. I valori utilizzati nel calcolo sono i seguenti:

- azimut 0° e tilt 16°: 149,58 kWh/m<sup>2</sup> anno
- azimut 0° e tilt 11,5°: 146,86 kWh/m<sup>2</sup> anno
- azimut 0° e tilt 7°: 143,54 kWh/m<sup>2</sup> anno
- azimut 90° e tilt 16°: 136,22 kWh/m<sup>2</sup> anno
- azimut 90° e tilt 11,5°: 136,72 kWh/m<sup>2</sup> anno
- azimut 90° e tilt 7°: 137,05 kWh/m<sup>2</sup> anno.

L'applicazione di questi valori unitari alle superfici stimate in precedenza, con le ipotesi di base assunte per il calcolo, ha portato alla stima della potenzialità produttiva totale massima di energia elettrica da generatori FV del comparto zootecnico emiliano-romagnolo, con solo riferimento agli impianti installabili su tetto; tale stima risulta pari a **2.096** GWh/anno.

## 4.6. Solare termico

Un impianto solare termico consente di convertire l'energia solare in energia termica, utilizzabile nei settori residenziale, commerciale, industriale e agricolo per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) o per il riscaldamento. Il solare termico è una tecnologia che ha iniziato a diffondersi con largo anticipo rispetto a quanto è accaduto per il solare FV, avendo raggiunto prima la maturità commerciale. Oggi può essere considerata una tecnologia affidabile e capace di offrire buone prestazioni energetiche e notevoli risparmi economici.

Stimolo alla sua diffusione, almeno in Italia, sono state le disposizioni normative, come il *decreto legislativo 192/2005* (e successive modifiche), che ha posto l'obbligo, nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici, di utilizzare fonti rinnovabili per la produzione di energia termica, in modo tale che il loro apporto copra almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria necessaria per la produzione di ACS. In taluni regolamenti edilizi comunali i requisiti prestazionali prevedono che l'impianto solare sia in grado di coprire l'intero fabbisogno energetico dell'organismo edilizio per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, nel periodo in cui l'impianto di riscaldamento è disattivato.

Altro elemento trainante è stato ed è la detrazione fiscale per la riqualificazione energetica degli edifici. Con l'emanazione del *decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63*, l'entità della detrazione fiscale, a partire dal 6/06/2013 e fino al 31/12/2013, è fissata nel 65% delle spese sostenute, contro il 55% in vigore in precedenza.

Soltanto recentemente, con il Conto Termico, si è arrivati alla definizione di specifici incentivi anche per questa tecnologia, come si dirà in seguito (paragrafo 4.6.3).

Le diverse tipologie impiantistiche possono soddisfare una vasta gamma di esigenze per diversi settori. L'installazione dei semplici sistemi a circolazione forzata o l'applicazione degli impianti combinati, nei quali l'energia termica prodotta viene utilizzata per riscaldare non solo l'acqua sanitaria, ma anche l'acqua circolante nell'impianto di riscaldamento, stanno diventando applicazioni sempre più diffuse a livello europeo.

Le applicazioni più comuni sono al servizio delle abitazioni per la **produzione di ACS**, grazie anche ai costi contenuti e alla semplicità della tecnologia. Tuttavia le potenzialità di diffusione del solare in altri settori sono elevate, come ad esempio in quello turistico. Il solare termico trova, inoltre, numerose applicazioni nei settori industriale e agricolo, ad esempio in cantine, caseifici e aziende agricole, per la necessità di calore a bassa temperatura in diversi processi produttivi.

Nel comparto zootecnico, soprattutto nel settore lattiero, il sistema è interessante per la possibilità di fornire acqua calda tecnologica da utilizzarsi in talune attività d'allevamento, come i lavaggi previsti nella zona di mungitura o il riscaldamento di specifiche aree.

### 4.6.1. Aspetti tecnici

Un impianto solare termico standard è composto da diversi componenti, ognuno dei quali ha una funzione specifica finalizzata alla captazione della radiazione solare e alla sua trasformazione in energia termica, sotto forma di acqua (o aria) calda.

Il **rendimento termico** dell'impianto ( $\eta$ ) è espresso dal rapporto fra l'energia termica resa all'utilizzatore finale ( $E_T$ ) e la radiazione solare disponibile ( $E_S$ ):

$$\eta = E_T / E_S$$

Il rendimento varia in base alle caratteristiche dell'impianto e alla stagione. Molto importanti sono gli angoli di azimut e di tilt, come si è detto per il solare FV (paragrafo 4.2.1), valutando attentamente le finalità dell'impianto solare termico in progetto (produzione di ACS, produzione di acqua calda per riscaldamento, produzioni concentrate in estate o in inverno, ecc.).

L'azimut ottimale è sempre 0° (Sud), benché deviazioni angolari di 30° verso Est o verso Ovest non comportino cali significativi di producibilità. Nell'installazione su tetti a falde inclinate l'angolo di tilt è quasi sempre determinato dalla pendenza della falda, mentre nel caso di tetti piani o installazione a terra l'inclinazione può essere scelta sulla base della latitudine del sito; in genere, si consiglia un tilt di 10° inferiore alla latitudine per favorire la produzione estiva e di 10° superiore alla latitudine per favorire la produzione invernale. Un'inclinazione pari alla latitudine del luogo consentirà una produzione più distribuita nell'arco dell'anno.

I principali **componenti** di un impianto solare sono i seguenti:

- struttura di sostegno, generalmente in profilati metallici, in grado di ancorarsi alle strutture portanti di copertura degli edifici, o al suolo, e predisposta per sostenere i pannelli solari e l'eventuale bollitore;
- pannelli solari, o collettori (*Figura 4.51*), deputati all'assorbimento della radiazione solare e al trasferimento del calore assorbito al fluido di lavoro;
- fluido termovettore (o di lavoro), rappresentato in genere da un liquido (acqua con antigelo), ma anche da aria, necessario al trasferimento del calore dal punto di produzione al punto di scambio o di utilizzo;
- accumulo termico isolato termicamente, o bollitore (*Figura 4.52*), indispensabile per rendere disponibile l'energia termica nelle quantità definite dai calcoli di progetto e in momenti nei quali non c'è produzione da parte dei collettori.

A seconda della tipologia d'installazione, possono poi essere presenti anche i seguenti componenti a completamento dell'impianto:

- un generatore termico integrativo di tipo tradizionale per sopperire alla discontinuità della fonte solare e alla minore disponibilità invernale, rappresentato da una caldaia a combustibile fossile o a biomasse o da un boiler elettrico (quest'ultimo non è consigliabile, a meno che non sia presente anche un impianto FV);
- uno scambiatore di calore, per il trasferimento del calore dal fluido termovettore al fluido

secondario (acqua sanitaria, fluido vettore dell'impianto di riscaldamento);

- una o più pompe di ricircolo del fluido termovettore, con relativa centralina di comando, nel caso di impianti a circolazione forzata;
- un vaso di espansione, per far fronte alle dilatazioni termiche del fluido termovettore;
- una serie di dispositivi di sicurezza e controllo dell'impianto quali valvole di sfiato, valvole di sicurezza, valvole di intercettazione, termostati, ecc..

Gli impianti solari termici sono suddivisibili in tre macro categorie:

- impianti a **bassa temperatura**, nei quali si raggiungono temperature massime operative di 80-100 °C, utilizzati soprattutto per la produzione di ACS o per il riscaldamento degli ambienti domestici con sistemi a bassa temperatura. Questa categoria copre attualmente la quasi totalità delle applicazioni pratiche;
- impianti a **media temperatura**, nei quali si raggiungono temperature massime di 250 °C, utilizzabili anche nei processi industriali;
- impianti ad alta temperatura, nei quali si raggiungono temperature superiori ai 250 °C (con valori massimi di circa 1.000 °C), ancora in fase di pre-industrializzazione. In questi impianti la radiazione solare è trasformata in energia termica e successivamente convertita in energia elettrica.

Un'ulteriore distinzione, basata sul tipo di fluido termovettore, è la seguente:

- impianti a **circuito aperto**, nei quali il fluido che circola nei collettori è la stessa acqua utilizzata dall'utenza;
- impianti a **circuito chiuso**, nei quali sono presenti due circuiti separati, uno primario percorso dal fluido termovettore e uno secondario percorso dall'acqua sanitaria.

I sistemi a circuito aperto sono costruttivamente più semplici e sono più efficienti (minori perdite termiche), ma presentano alcuni inconvenienti, quali il rischio di rottura delle tubazioni per congelamento e i depositi di calcare. Per questi motivi la maggior parte degli impianti, sia a circolazione naturale che forzata, sono del tipo a circuito chiuso (è possibile l'impiego di fluidi antigelo e anticorrosivi).

Nelle applicazioni potenzialmente orientate al settore residenziale e agro-industriale a bassa e media temperatura le principali tipologie di pannelli solari impiegate sono le seguenti:

- pannelli solari non vetrati o scoperti, per temperature fino ai 35-40 °C;
- pannelli solari vetrati piani, selettivi e non selettivi, fino a 80-100 °C;
- pannelli solari sottovuoto, fino a 100-150 °C.

I **pannelli solari non vetrati** sono costituiti da una serie di tubi in materiale plastico nero (PVC, polipropilene, ecc.) e sono privi di coibentazione (*Figura 4.53*), risultando nel complesso assai economici; sono tipicamente utilizzati per utenze estive, come il riscaldamento dell'acqua delle piscine, perché necessitano di un elevato irraggiamento e di temperature dell'aria superiori a 20 °C. In genere il liquido termovettore è la stessa acqua che viene riscaldata e poi utilizzata. L'impianto può funzionare a circolazione naturale o a circolazione forzata.

L'efficienza istantanea dei pannelli non vetrati è molto alta e spesso superiore a quella degli altri collettori, ma il rendimento cala bruscamente col diminuire della temperatura e della radiazione solare.

I **pannelli vetrati piani** (*Figura 4.54*) sono i modelli più diffusi di collettori solari, rappresentando oltre l'80% del mercato italiano del solare termico. Sono la soluzione standard per la produzione di ACS con temperature fino a 80 °C; sono molto versatili e hanno costi accessibili. Come per i collettori scoperti, non presentano particolari difficoltà nella fase d'installazione e manutenzione ed hanno un alto grado di affidabilità, essendo una tecnologia diffusa da molti decenni.

L'elemento fondamentale del pannello è l'assorbitore di calore, costituito in genere da una lamiera metallica verniciata di nero, con tubi metallici integrati (*Figura 4.55*); i materiali utilizzati sono il rame, l'alluminio e l'acciaio inox. L'assorbitore assorbe la radiazione solare che lo riscalda e cede il proprio calore al fluido termovettore che scorre nei tubi; il fluido è in genere una soluzione di acqua e glicole, per evitare il congelamento. Il collettore è inoltre dotato di una copertura trasparente posta frontalmente, in genere vetro, avente lo scopo di consentire il passaggio della radiazione solare, ma di limitare al tempo stesso la dispersione di calore dall'assorbitore verso l'ambiente esterno. Questo avviene sfruttando il cosiddetto "effetto serra": la radiazione solare incidente (di bassa lunghezza d'onda) passa attraverso il materiale trasparente, mentre la radiazione termica emessa sotto forma di radiazione infrarossa dall'assorbitore (con lunghezza d'onda elevata) viene riflessa e quindi rimane "intrappolata" all'interno del collettore stesso.

Il vetro deve avere elevata resistenza meccanica, onde limitare i rischi di rottura per urti accidentali o eventi atmosferici (grandine); nel caso di rottura, inoltre, non deve formare frammenti appuntiti e pericolosi, che cadendo dall'alto potrebbero causare gravi danni alle persone.

L'assorbitore è dotato di una coibentazione posta nella parte laterale e posteriore ed è contenuto all'interno di un telaio metallico o plastico. Le dimensioni più consuete del singolo collettore solare sono di circa 2 m<sup>2</sup>.

I pannelli vetrati si distinguono a loro volta in due tipologie:

- pannelli ad **assorbitore non selettivo**, nei quali la lamiera e i tubi sono semplicemente verniciati di nero; garantiscono ottimi rendimenti nei mesi caldi e soleggiati, ma presentano problemi nei mesi freddi, a causa delle elevate dispersioni per irraggiamento verso l'ambiente circostante;
- pannelli ad **assorbitore selettivo**, con ottime rese anche nel periodo invernale, ma ovviamente con costi maggiori. Questi hanno la superficie captante, in rame o alluminio, ricoperta da una struttura multi-strato in grado di ottimizzare la raccolta della radiazione solare, limitando la perdita della frazione infrarossa; sopra al rivestimento selettivo viene posto uno strato protettivo e antiriflesso. Nelle migliori condizioni, oltre il 90% della radiazione solare può essere convertita in calore (*Figura 4.56*).

I **pannelli solari sottovuoto** (*Figura 4.57*) sono i modelli più recenti, particolarmente diffusi nei Paesi del Nord Europa, ma ancora poco presenti nel panorama italiano (circa il 14% delle applicazioni). Questi collettori possono raggiungere temperature superiori ai 120 °C e presentano un'efficienza elevata, in media superiore del 15-20% rispetto ai collettori vetrati piani più efficienti. Hanno il vantaggio di mantenere buone prestazioni anche in condizioni di scarsa insolazione e con basse temperature, anche inferiori allo zero.

Questi pannelli sono progettati con lo scopo di ridurre le dispersioni di calore verso l'esterno. Di fatto, i collettori sottovuoto sono normalmente composti da serie parallele di particolari tubi di vetro. Ogni tubo vetrato contiene al proprio interno un altro tubo concentrico, trattato con vernice scura e selettiva dotata

di ottime caratteristiche di assorbimento e minima riflessione del calore; questo rivestimento trasmette il calore ricevuto dal sole al fluido termovettore, che a sua volta lo trasporta all'accumulatore per la produzione di acqua calda. Tra i due tubi concentrici viene realizzato il vuoto, che presenta caratteristiche isolanti ottimali e consente di limitare la dispersione di calore verso l'esterno, attraverso un "effetto *thermos*", molto efficace soprattutto durante i periodi più freddi. Essendo più efficienti a parità di prestazioni, i pannelli sottovuoto occupano una superficie minore rispetto ai collettori vetrati piani, ma risultano più costosi.

Questi collettori possono produrre acqua calda sia per uso sanitario, sia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti e sono adattabili alle principali soluzioni impiantistiche. I rendimenti elevati risultano particolarmente utili nella stagione invernale, dove ad una maggiore richiesta di calore corrisponde contestualmente una minore disponibilità di radiazione solare.

In [Figura 4.58](#) viene evidenziato l'andamento del rendimento energetico, ovvero della frazione di energia solare che può essere trasformata in energia termica, dei diversi tipi di collettori, al variare della differenza tra temperatura media dei collettori stessi e temperatura esterna dell'aria. Infatti, le perdite di energia dei collettori dipendono in buona misura da questa differenza e, come si può notare, al suo aumentare diminuisce la resa del collettore. Da questa semplice considerazione si deduce come i collettori solari termici rendano "tanto di più" quanto più bassa è la loro temperatura di funzionamento.

Gli impianti solari termici necessitano di **sistemi integrativi** di energia, che di norma sono rappresentati da una caldaia a gas o a biomassa e da un serbatoio di accumulo dell'acqua calda. Infatti, non è tecnicamente ed economicamente conveniente pensare ad un impianto solare completamente autosufficiente, perché si correrebbe il rischio, a causa dell'aleatorietà della fonte solare, di non poter far fronte al carico termico di progetto in condizioni particolarmente avverse (clima sfavorevole per lunghi periodi, aumento momentaneo del fabbisogno dell'utenza, ecc.) e i costi dell'impianto diventerebbero difficilmente sostenibili.

Inoltre, vi è il problema dello sfasamento temporale tra la disponibilità di energia solare, normalmente nelle ore centrali della giornata, e la richiesta di ACS, frequentemente alla mattina e alla sera.

Nel caso di impianti per la produzione di ACS risulta poi fondamentale la predisposizione di una valvola di miscelazione posta a valle del bollitore, destinata a miscelare l'acqua calda con acqua fredda, in modo da fornire in uscita acqua alla temperatura costante desiderata. La valvola, evitando l'uscita di acqua a temperature troppo elevate, evita il rischio di ustioni e limita la dispersione di calore nelle tubazioni.

Sul mercato, gli impianti solari per la produzione di acqua calda presentano due principali configurazioni:

- impianti a circolazione naturale;
- impianti a circolazione forzata.

I sistemi a **circolazione naturale** ([Figura 4.59](#)) richiedono poca manutenzione e rappresentano la soluzione impiantistica più facile ed economica per produrre ACS, soprattutto nelle zone in cui le condizioni meteorologiche non sono particolarmente avverse.

In questi impianti il principio di funzionamento si basa sulla diminuzione della densità del fluido contenuto nel collettore a seguito del suo riscaldamento, con risalita del fluido stesso nella parte alta del pannello. In questo modo il fluido riscaldato raggiunge naturalmente il serbatoio di accumulo, sempre posto nella posizione più alta, dove si raffredda e quindi ritorna alla base del collettore.

Si tratta, in genere, di impianti solari di piccole dimensioni (2-4 m<sup>2</sup>), realizzabili sia con pannelli piani vetrati, sia con pannelli sottovuoto, spesso commercializzati sotto forma di kit monoblocco, con serbatoio integrato, installabili su tetti e terrazze.

Possono essere installati con buoni rendimenti su tutto il territorio italiano ma non sono consigliati per applicazioni in zone montane e dal clima particolarmente rigido. Nelle stagioni più fredde, l'integrazione può essere fornita da qualsiasi impianto termico tradizionale o da una resistenza elettrica posta all'interno del serbatoio stesso.

Gli impianti a **circolazione forzata** prevedono un serbatoio d'accumulo per l'acqua calda separato dal collettore e collocato normalmente all'interno di edifici.

La circolazione del fluido riscaldato dal Sole non è spontanea, ma avviene grazie a una pompa elettrica di ricircolo e a una centralina di controllo e regolazione che mettono in moto il fluido solo quando questo raggiunge, nel collettore, temperature superiori a quelle dell'accumulo. Il fluido, scorrendo nella serpentina posta all'interno del serbatoio, cede il proprio calore all'acqua, raffreddandosi; quando la temperatura del fluido è prossima a quella dell'acqua accumulata il moto viene interrotto, in attesa che il fluido si riscaldi nuovamente, per riprendere il ciclo. Ovviamente, quando la temperatura dell'acqua nel serbatoio ha raggiunto la temperatura stabilita, la circolazione del fluido si interrompe e i collettori entrano nella fase di stagnazione, aumentando inevitabilmente la loro temperatura.

Questa soluzione è ottimale in caso di produzione e utilizzo costante nell'anno di ACS, nonché per l'integrazione con il riscaldamento domestico negli impianti solari combinati. E' particolarmente consigliata per le installazioni nei climi freddi (Nord Italia e zone montane).

La circolazione forzata risulta indispensabile per gli impianti di dimensioni medio-grandi (oltre i 4-6 m<sup>2</sup>) e quando non è possibile posizionare il serbatoio ad un'altezza maggiore dei collettori.

Possono essere utilizzati sia pannelli piani vetrati, sia pannelli sottovuoto e l'integrazione può essere ottenuta con tradizionali caldaie o con resistenze elettriche poste nel serbatoio.

Solitamente, gli impianti a circolazione forzata sono sistemi a circuito chiuso (*Figura 4.60*), nei quali il fluido termovettore è tenuto separato dall'acqua di utilizzo grazie a scambiatori di calore quasi sempre posti all'interno dei serbatoi di accumulo.

Un breve cenno agli impianti solari **combinati**, che permettono l'utilizzo dell'energia solare anche per il riscaldamento degli ambienti (*Figura 4.61*), sebbene l'insolazione durante il periodo di riscaldamento sia inferiore rispetto a quella dei mesi estivi. In media, gli impianti combinati riescono a coprire un fabbisogno termico annuo per il riscaldamento compreso tra il 20 e il 40%, mentre la quota restante deve essere fornita da un impianto termico ausiliario (caldaia, pompa di calore, ecc.).

L'uso dei sistemi combinati, però, è consigliato soltanto nei casi in cui siano già state effettuate altre azioni passive di risparmio energetico, quali un adeguato isolamento termico del fabbricato e l'installazione di un impianto termico a elevata efficienza.

Relativamente al **dimensionamento** dell'impianto solare, si consideri che, a titolo puramente orientativo, e con riferimento alla produzione di ACS nel residenziale, una famiglia di 4 persone dell'Emilia-Romagna abbisogna di una superficie di collettori di circa 4,5 m<sup>2</sup> (nelle condizioni ottimali di installazione e in assenza di ombreggiamenti da elementi fissi) e di un bollitore di 250 l. Un tale impianto dovrebbe garantire una copertura media del 60-70% del fabbisogno annuale, lasciando il rimanente 30-40% al sistema integrativo.

I costi degli impianti per la produzione di ACS possono variare in funzione della quantità d'acqua desiderata, della complessità di installazione dell'impianto medesimo e della zona di riferimento. Questi fattori rendono complessa l'analisi tecnico-economica per tale tecnologia, ma indicativamente il costo standard per un impianto unifamiliare come quello appena descritto, a circolazione forzata, può essere valutato in circa 4.500 €, IVA al 10% esclusa. Occorre sottolineare come questo valore possa variare del 10% in più o in meno a seconda che i prodotti scelti siano di fascia alta o bassa. Inoltre, se è prevista l'integrazione con il sistema di riscaldamento preesistente, il costo può aumentare di circa 1.000-1.500 €.

Il costo annuo di manutenzione è in generale abbastanza basso: nelle analisi economiche si stima il 2-2,5% dell'investimento totale, in relazione alla vita utile dell'impianto, che può essere fissata in 20-25 anni. In effetti, le operazioni di manutenzione ordinaria sono abbastanza semplici e si limitano, in genere, alla pulizia del vetro dei pannelli, alla verifica del fluido di lavoro e alla sostituzione dell'anodo al magnesio, che protegge l'accumulatore dalla corrosione assorbendo le correnti elettrostatiche.

#### 4.6.2. Diffusione del solare termico

Lo sviluppo delle diverse tecnologie relative ai collettori solari ha permesso una diffusione sempre maggiore degli impianti solari termici in Europa e in Italia, in particolar modo per le applicazioni nel settore residenziale, ma anche per il settore industriale, laddove il calore è un fattore fondamentale nei processi produttivi. La versatilità applicativa ha poi permesso una maggiore integrazione con i sistemi di riscaldamento alimentati sia da fonti tradizionali fossili (caldaie a gas), sia da fonti rinnovabili (caldaie a biomasse o a cippato).

Tuttavia, rispetto alle altre fonti rinnovabili utilizzate a scopi termici, le potenzialità di sfruttamento del solare termico risultano ben superiori alla consistenza degli attuali impianti installati, nonostante l'impegno degli Stati Membri della UE a raggiungere una quota pari al 20% di energie rinnovabili sul consumo finale di energia entro il 2020. Per raggiungere tale obiettivo il settore del termico rinnovabile dovrà dare un contributo importante, dal momento che la richiesta di riscaldamento e raffreddamento rappresenta il 49% della domanda energetica totale in Europa.

Sulla base dei dati pubblicati da *ESTIF*<sup>22</sup> nel rapporto *Solar Thermal Markets in Europe - Trends and Market Statistics 2012*, si stima che nell'Europa a 27 (Svizzera compresa) siano installati in totale più di 40 milioni di metri quadrati di collettori solari termici vetrati, per una capacità termica di 28.346 MW. Il trend evolutivo vede un incremento delle superfici totali del 26% circa rispetto al 2010, ma se si osserva l'andamento delle sole nuove installazioni ci si accorge che il 2012 non è stato un anno positivo: i 2,41 GW del 2012, infatti, rappresentano una regressione non solo rispetto al boom del 2008 (3,36 GW), ma anche rispetto agli anni più vicini (2011 e 2010), benché in misura minore. Di fatto, dopo il 2008 il mercato annuale europeo del solare termico è rappresentato da una linea discendente.

Al primo posto in Europa si colloca saldamente la Germania, con quasi il 40% della capacità totale installata, benché anche in questo paese vi sia stata una flessione del 9,4% delle nuove installazioni rispetto all'anno precedente.

L'Italia si colloca al quarto posto (dopo Austria e Grecia), con **3.365.730 m<sup>2</sup>** di pannelli vetrati installati, pari all'8,3% del totale europeo, corrispondenti ad una capacità di poco inferiore ai 2.400 MW e a una produzione stimata di calore di circa 2 TWh. Nonostante la crisi economica, il nostro Paese si colloca al secondo posto, dopo la Germania, per il mercato annuale 2012, con 330.000 m<sup>2</sup> installati e una capacità

---

22 European Solar Thermal Industry Federation

che raggiunge i 231 MW. Ma il mercato annuale del solare termico italiano registra anche una netta flessione rispetto all'anno precedente, con un -15,4%.

Se si rapporta la superficie occupata dal solare termico al numero di abitanti (ab) si ottiene un indice che meglio rappresenta l'impegno dei singoli Paesi in questa tecnologia, in quanto viene parzialmente eliminata la distorsione derivante dalla dimensione dei territori nazionali, mettendo inoltre in evidenza le potenzialità di future installazioni. I dati vengono forniti da *EurObserv'ER* nel documento *Solar thermal and concentrated solar power barometer 2013*: Cipro si colloca nettamente al primo posto, con 0,837 m<sup>2</sup>/ab (0,586 kW/ab), davanti all'Austria, alla Grecia e alla Germania. L'Italia è molto indietro in questa particolare classifica, con soli 0,056 m<sup>2</sup>/ab, corrispondenti a 0,039 kW/ab, ma la maggior parte dei paesi europei ha valori che non superano gli 0,09 m<sup>2</sup>/ab; ciò dimostra che c'è ancora un notevole margine di crescita nei paesi della UE.

In questo contesto, il PAN fornisce un'indicazione promettente riguardo al potenziale sviluppo del solare termico in Italia per gli anni futuri, a condizione che ci siano interventi reali e adeguati che permettano l'incentivo alla diffusione. Il Conto Termico e il mantenimento delle detrazioni fiscali possono dare una risposta importante in tal senso.

#### 4.6.3. Aspetti normativi

La novità normativa più rilevante per il solare termico è senza dubbio il Conto Termico, emanato con il *decreto ministeriale 28 dicembre 2012*, che dà attuazione al regime di sostegno introdotto dall'articolo 28 del *decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28*.

Quest'ultimo decreto stabilisce che l'installazione di impianti solari termici è considerata attività ad edilizia libera, qualora ricorrano congiuntamente le seguenti condizioni:

- i pannelli solari siano aderenti o integrati nei tetti di edifici esistenti, con la stessa inclinazione della falda e i componenti dell'impianto non modifichino la sagoma degli edifici;
- la superficie dell'impianto non sia superiore a quella del tetto su cui viene realizzato;
- non sussistano vincoli relativi alla tutela dei beni culturali e del paesaggio.

Lo stesso decreto ribadisce l'obbligo di integrazione delle FER negli edifici di nuova costruzione e in quelli esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti.

Il Conto Termico incentiva l'efficienza energetica e la produzione di energia termica da impianti di piccole dimensioni a fonti rinnovabili; gli interventi ammessi "*si riferiscono sia all'efficientamento dell'involucro degli edifici esistenti (coibentazione pareti e coperture, sostituzione serramenti e installazione schermature solari), sia alla sostituzione di impianti esistenti per la climatizzazione invernale con impianti a più alta efficienza (caldaie a condensazione), sia alla sostituzione o, in alcuni casi, alla nuova installazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili (pompe di calore, caldaie, stufe e camini a biomassa, impianti solari termici anche abbinati a tecnologia solar cooling per la produzione di freddo)*" (GSE).

Il GSE è il responsabile dell'attuazione e della gestione del sistema di incentivazione, così come avviene per il Conto Energia relativo al fotovoltaico.

È previsto un plafond di spesa annua per gli incentivi, in verità non molto elevato: 200 milioni di euro per le Amministrazioni pubbliche e 700 milioni per i soggetti privati (persone fisiche, condomini, soggetti titolari di reddito d'impresa o di reddito agrario).

L'incentivo può essere assegnato esclusivamente agli interventi che non accedono ad altri incentivi statali, ad eccezione dei fondi di garanzia, dei fondi di rotazione e dei contributi in conto interesse.

Per quanto riguarda il solare termico, le tipologie di intervento ammesse sono le seguenti:

- installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di *solar cooling*, con superficie lorda inferiore o uguale a 50 m<sup>2</sup>, con durata dell'incentivo di 2 anni;
- installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di *solar cooling*, con superficie lorda superiore a 50 m<sup>2</sup> e inferiore a 1.000 m<sup>2</sup>, con durata dell'incentivo di 5 anni.

I collettori solari devono presentare un'attestazione di conformità alle norme UNI EN 12975 o 12976 rilasciata da un laboratorio accreditato. Inoltre, devono presentare un rendimento termico superiore a soglie minime calcolate con specifica metodologia e devono avere garanzia di almeno 5 anni, così come i bollitori.

L'incentivo annuo in euro ( $I_{a\ tot}$ ) viene calcolato con la seguente formula:

$$I_{a\ tot} = C_i \times S_l$$

dove:

$C_i$  è il coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta, espresso in €/m<sup>2</sup> di superficie solare lorda, che per gli impianti solari termici vale 170 €/m<sup>2</sup> per impianti con superficie inferiore o uguale a 50 m<sup>2</sup> e 55 €/m<sup>2</sup> per impianti con superficie maggiore di 50 m<sup>2</sup>;

$S_l$  è la superficie solare lorda dell'impianto (in m<sup>2</sup>).

Nel caso di un impianto con una superficie solare lorda di 4 m<sup>2</sup>, avremmo quindi un incentivo di 680 €/anno per due anni, pari ad un incentivo totale di 1.360 €. Tale importo corrisponde al 30-40% del costo totale (IVA esclusa) dell'impianto.

Risulta evidente che la logica degli aiuti pubblici per il termico differisce nettamente da quella adottata per il fotovoltaico; mentre per quest'ultimo, infatti, l'incentivo è legato alla produzione di energia, per il termico ciò non avviene, essendo l'incentivo legato alla dimensione dell'impianto; ciò tradisce, come ha fatto notare l'Assolterm<sup>23</sup>, lo spirito del *decreto n. 28/2011*, che all'articolo 28 recita così: "*l'incentivo ha lo scopo di assicurare un'equa remunerazione dei costi di investimento ed esercizio ed è commisurato alla produzione di energia termica da fonti rinnovabili*".

Con tale criterio di aiuto c'è il rischio concreto di incentivare impianti realizzati con prodotti di scarsa qualità o sistemi a bassa efficienza, benché sia stato posto un vincolo teorico al rendimento dell'impianto. Inoltre, in questo conteso risultano svantaggiati gli impianti solari a circolazione forzata, che hanno un maggiore costo, rispetto a quelli a circolazione naturale.

In considerazione del fatto che il Conto Termico è operativo da poco tempo (accedono agli incentivi solo gli interventi conclusi a decorrere dal 3 gennaio 2013), non si può non fare un cenno alla normativa che regola la **riqualificazione energetica** degli edifici e le relative detrazioni fiscali, perché a questa hanno fatto riferimento tutti gli impianti solari installati fino alla fine del 2012.

La normativa, piuttosto complessa per il numero di leggi e decreti emanati e per le numerose circolari dell'Agenzia delle entrate, si basa essenzialmente sulla detrazione dall'imposta sul reddito spettante alle persone fisiche e ai soggetti titolari di reddito d'impresa delle spese sostenute per gli interventi di

---

23 Assolterm, Associazione Italiana Solare Termico

riqualificazione; fra questi è prevista l'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda per usi domestici o industriali, dove il termine industriale non identifica tanto un settore produttivo, quanto piuttosto l'attività produttiva in senso lato, comprendendo così anche l'agricoltura. Infatti, gli edifici che possono essere interessati dagli interventi sono tutte le unità immobiliari esistenti, di qualsiasi categoria catastale, anche rurali, possedute o detenute dal titolare della detrazione.

La detrazione concessa è pari al 55% delle spese sostenute, elevata al 65% dal recente *Decreto legge 63/2013*, limitatamente alle spese sostenute dal 6/06/2013 al 31/12/2013.

Per gli impianti solari, le spese per le quali spetta la detrazione sono quelle relative alla *“fornitura e posa in opera di tutte le apparecchiature termiche, meccaniche, elettriche ed elettroniche, nonché delle opere idrauliche e murarie, necessarie per la realizzazione a regola d'arte di impianti solari termici organicamente collegati alle utenze, anche in integrazione con impianti di riscaldamento”*.

Viene richiesta una relazione di asseverazione degli interventi eseguiti che attesti la presenza di una garanzia di almeno 5 anni per i collettori solari e per il bollitore e che evidenzi che i pannelli hanno una certificazione di qualità conforme alle specifiche norme UNI EN.

Il *Decreto ministeriale 19 febbraio 2007* (modificato e coordinato da successivi decreti) indica, all'articolo 9-bis, che la ripartizione della detrazione deve essere fatta in un numero di quote annuali, di pari importo, non inferiore a 3 e non superiore a 10, nella dichiarazione dei redditi relativa al periodo d'imposta in cui la spesa è stata sostenuta.

## 4.7. Le aziende pilota del progetto “Re Sole” per il solare termico

Il progetto “Re Sole” ha previsto l'individuazione di alcune aziende “pilota” per la tecnologia del solare termico, allo scopo di monitorare il funzionamento degli impianti. Sono state coinvolte 3 aziende zootecniche, tutte del settore bovino da latte; di seguito si illustrano le caratteristiche principali di questi impianti.

### 4.7.1. Società Agricola Al Giunco

La Società Agricola Al Giunco di Cavola di Toano (RE) svolge attività d'allevamento di bovini da latte; il latte è destinato alla trasformazione in formaggio Parmigiano-Reggiano.

L'Azienda si è dotata recentemente di una nuova stalla libera per l'allevamento delle vacche da latte, completa di moderna sala di mungitura.

Fra gli investimenti attuati dopo l'ultimazione della nuova struttura c'è un impianto a solare termico (impianto A) per la produzione di acqua calda/tiepida da utilizzarsi nella zona di mungitura (*Figura 4.62*).

L'impianto prevede un sistema solare del tipo a collettori **sottovuoto**, modello Vaciosol CPC della Buderus; sono stati installati 2 moduli del tipo a 12 tubi (CPC12), con dimensioni di 2.057x1.390 mm. In totale la superficie lorda dei moduli ammonta a **5,64** m<sup>2</sup>, mentre la superficie netta assorbente è pari a 5,12 m<sup>2</sup>. I moduli solari sono stati installati sul tetto del fienile (*Figura 4.63*), edificio posto in adiacenza alla nuova stalla, con orientamento Sud, su un'apposita struttura d'acciaio che permette di aumentare l'inclinazione a valori prossimi all'ottimale (per la nostra latitudine circa 45° per la produzione di acqua calda durante tutto l'anno).

L'impianto, del tipo a circolazione forzata, è stato installato alla fine del 2009.

Il serbatoio di accumulo dell'impianto A è installato in un locale di servizio (*Figura 4.64*), dove trovano alloggio tutti gli altri componenti dell'impianto di riscaldamento e dell'impianto idrico, oltre alle unità di controllo e regolazione; inizialmente suddiviso in due comparti autonomi, il serbatoio funziona adesso come unico accumulatore da 400 l, perché è stata inserita una pompa di ricircolo.

Il sistema integrativo è costituito da una caldaia murale a condensazione a GPL della Buderus, modello Logamax plus GB132-24K (*Figura 4.65*), con potenza massima di 24 kW e temperatura massima di mandata di 90°C. La temperatura massima di utilizzazione dell'acqua è 70°C.

Il combustibile è stoccato in un bombolone collocato all'esterno della stalla, sul lato Nord (*Figura 4.66*).

L'impianto idrico prevede l'entrata dell'acqua di pozzo (ma anche di acquedotto, da settembre a dicembre), che viene temporaneamente stoccata in un serbatoio da 1.000 l e che passa poi nell'autoclave da 200 l. Da qui parte la linea per tutte le utenze della stalla; la linea si divide in due sezioni principali: la sezione 1 serve direttamente gli abbeveratoi della stalla; la sezione 2 passa per il sistema di trattamento, costituito da addolcitore a resine con sali e da lampada UV (*Figura 4.67*), e poi si divide in linea acqua fredda e in linea acqua calda. Quest'ultima raggiunge il serbatoio di accumulo dove l'acqua viene riscaldata dall'impianto solare e, quando serve, dalla caldaia. Dal serbatoio partono due linee: una di acqua calda e una che va al miscelatore per ottenere acqua tiepida (miscela di acqua calda e fredda).

L'intero impianto è regolato da una centralina Buderus modello Logamatic SC20, studiata appositamente per la gestione e la integrazione del solare termico e della caldaia aggiuntiva; l'unità di regolazione è collegata a due sonde di temperatura, una posta sul collettore e l'altra posta sull'accumulatore. Tale centralina opera in collegamento con la stazione solare, che è l'unità specifica di controllo dell'impianto solare termico. La stazione è costituita dai seguenti principali componenti:

- termometro per la temperatura del ritorno solare;
- termometro per la temperatura della mandata solare;
- manometro per la pressione di esercizio.

Le utenze di acqua calda/tiepida sono:

- 4 erogatori (rubinetti) ad acqua calda;
- riscaldamento a pavimento della buca del mungitore, con ricircolazione in serpentine;
- riscaldamento a radiatori di ghisa nell'ufficio (2 radiatori), nell'antibagno (1 radiatore) e nel bagno (1 radiatore);
- lavatrice dell'impianto di mungitura ad acqua calda;
- doccette per mammelle ad acqua tiepida.

#### *4.7.2. Azienda Agricola Tincani*

L'Azienda Agricola Tincani Aldino di Castellarano (RE) svolge attività d'allevamento di bovini da latte; il latte è destinato alla trasformazione in formaggio Parmigiano-Reggiano.

Anche questa Azienda si è dotata recentemente di una nuova stalla libera per l'allevamento delle vacche da latte, completa di moderna sala di mungitura, e dopo l'ultimazione della nuova struttura è stato installato un impianto a solare termico (impianto T) per la produzione di acqua calda/tiepida da utilizzarsi

nella zona di mungitura.

L'impianto prevede un sistema a solare termico con modulo **sottovuoto** a 20 tubi della NewCom, con superficie totale lorda di **5,6** m<sup>2</sup> e superficie netta assorbente di circa 5,1 m<sup>2</sup>. Il modulo è stato installato sul tetto della zona di mungitura con orientamento a Sud e inclinazione leggermente maggiore rispetto a quella della falda della copertura (20%) (*Figura 4.68*).

Sul tetto è presente anche il serbatoio di accumulo da 280 l; questo impianto, infatti, è del tipo a circolazione naturale, a differenza dell'impianto descritto in precedenza.

Il sistema a termosifone della NewCom con circolazione naturale prevede un circuito primario a vaso aperto, mentre il circuito secondario ove passa l'acqua sanitaria per l'utenza è un circuito in pressione. L'energia solare attraversa il tubo esterno perfettamente trasparente alla radiazione e viene assorbita sulla superficie selettiva del tubo più interno. Il calore raccolto sulla superficie viene immediatamente smaltito dal fluido diatermico che riempie i tubi (acqua glicolata miscelata con antigelo monopropilenico e additivi anticorrosivi). La miscela glicolata, scaldandosi, sale per differenza di densità nella parte alta dei tubi, fino a raggiungere la parte alta del bollitore orizzontale. All'interno di questo è installato un serpentino in tubi di rame avvolto a spirale, all'interno del quale scorre l'acqua fredda sanitaria in pressione.

La rimanente parte dell'impianto solare e la parte iniziale dell'impianto idrico sono installati nel sottotetto dei locali di servizio della sala di mungitura.

Il sistema integrativo per il riscaldamento dell'acqua è costituito da un boiler murale a GPL da 4,7 kW nominali (*Figura 4.69*), pari a 4 kW di potenza utile. Le utenze servite sono la lavatrice dell'impianto di mungitura, il lavatoio della sala latte e il servizio igienico (lavandino e doccia).

Un secondo boiler a muro, di minori dimensioni, è stato installato per il riscaldamento a pavimento della buca del mungitore e per l'alimentazione di un termosifone posto nel bagno; questo boiler, però, non è interessato dall'impianto solare.

L'acqua utilizzata per il lavaggio dell'impianto e per le utenze dei servizi è di acquedotto.

### **4.7.3. Azienda Agricola Biondi**

L'Azienda Agricola Biondi di Rio Saliceto (RE) svolge attività d'allevamento di bovini da latte; il latte è destinato alla trasformazione in formaggio Parmigiano-Reggiano.

Anche questa terza Azienda pilota per il solare termico si è dotata molto recentemente di una nuova stalla libera per l'allevamento delle vacche da latte, completa di moderna sala di mungitura, e contestualmente alla costruzione della nuova struttura è stato installato un impianto a solare termico per la produzione di acqua calda/tiepida.

L'impianto solare (impianto B), realizzato con prodotti della Immergas e installato nell'autunno 2011, produce acqua calda da utilizzarsi nella zona di mungitura, ed è costituito da 6 moduli **vetrati** piani, ciascuno delle dimensioni di 2x1 m, per una superficie totale lorda dei moduli di **12** m<sup>2</sup> e per una superficie netta assorbente di circa 11,2 m<sup>2</sup>; i moduli sono montati sul tetto della zona di mungitura, con orientamento Sud, su apposito castello d'acciaio fissato ai copponi del solaio di copertura (*Figura 4.70*), per un'inclinazione a circa 45°.

Tutto il resto dell'impianto e la parte iniziale dell'impianto idrico sono installati nel vano ingresso

(collegamento fra sala di mungitura e sala del latte). Il serbatoio di accumulo è da 1.000 l (*Figura 4.71*).

Il sistema integrativo è costituito da una caldaia murale a condensazione a metano da 32 kW (*Figura 4.72*). La temperatura di utilizzazione dell'acqua è 65-70 °C.

Sono presenti un'autoclave da 2.000 l per l'acqua di pozzo e un sistema di addolcimento dell'acqua calda del tipo a resine con sale.

L'acqua sanitaria utilizzata per i lavaggi dell'impianto e per le utenze dei servizi proviene dall'acquedotto.

È presente il riscaldamento a pavimento a circolazione di acqua calda nei seguenti locali: buca del mungitore, ingresso, sala latte, servizi e ufficio. Nei servizi ci sono anche dei termoarredi.

Le utenze idriche sono le seguenti:

- bagno principale: un lavello, un lavandino, un vaso a cacciata, una doccia;
- sala latte e ingresso: un lavello, una lavatrice impianto;
- bagno dell'ufficio: un lavandino, un bidet, un vaso a cacciata;
- sala mungitura: due doccette e due portagomma con arrotolatore per lavaggio pavimenti.

Inoltre, l'Azienda si è dotata di un innovativo sistema di recupero del calore dal latte per il riscaldamento dell'acqua di abbeverata; da due vasi d'acciaio posti in sala latte l'acqua tiepida viene inviata ad una cisterna posta in stalla, da cui parte la linea degli abbeveratoi.

## 4.8. Risultati del monitoraggio degli impianti solari delle aziende pilota

Lo scopo del monitoraggio è stato quello di valutare l'apporto dell'impianto solare rispetto al consumo totale di energia termica per il riscaldamento dell'acqua utilizzata nella zona di mungitura.

Il monitoraggio dei 3 impianti pilota di "Re Sole" è avvenuto con modalità differenti, in base alla tipologia d'impianto e agli accordi che è stato possibile instaurare con i titolari delle aziende coinvolte. Ogni impianto, comunque, ha richiesto l'implementazione di strumentazione specifica per la misura di alcuni parametri e ha coinvolto il personale delle aziende per le letture di contatori e centraline a cadenze determinate.

### 4.8.1. Aspetti tecnici relativi al monitoraggio

L'energia necessaria per innalzare di 1 °C (o 1 K) la temperatura di 1 kg di acqua è pari a 4.186 J (calore specifico isobaro allo stato liquido); per conoscere il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento dell'acqua, quindi, è necessario rilevare il consumo di acqua calda, conoscendo la temperatura di ingresso nel bollitore (acqua di rete) e la temperatura di uscita (acqua all'utenza), al fine di calcolare il salto termico. Il consumo totale di energia termica ( $ET$  in J) è dato dalla seguente formula:

$$ET = M_{H_2O} \times (T_{ut} - T_{re}) \times 4.186$$

dove:

$M_{H_2O}$  è la massa d'acqua riscaldata e consumata (in kg);

$T_{ut}$  è la temperatura dell'acqua all'utenza (in °C);

$T_{re}$  è la temperatura dell'acqua di rete o di pozzo in entrata all'accumulatore (in °C).

Con l'adozione di un impianto solare termico, completo di generatore integrativo di calore (caldaia), l'energia termica totale  $ET$  è data dalla sommatoria dell'energia termica da fonte solare ( $E_{sol}$ ) e dell'energia termica da fonte fossile ( $E_{fos}$ ):

$$ET = E_{sol} + E_{fos}$$

Per la misura di  $E_{sol}$  è possibile utilizzare specifiche centraline elettroniche che rilevano e contabilizzano l'energia termica proveniente dall'impianto. Per il monitoraggio degli impianti pilota di "Re Sole" è stato adottato un contatore di calore diretto modello *Conteca Solar* della Caleffi, specifico per la misurazione dell'energia termica recuperata da fonte solare. L'apparecchio è costituito da un'unità elettronica di calcolo, da un misuratore volumetrico di portata e da due sonde di temperatura; una sonda è installata sulla mandata dell'impianto solare, l'altra sul ritorno, allo scopo di calcolare il differenziale di temperatura. Il display a cristalli liquidi propone un ciclo informativo di 12 misure, molte delle quali finalizzate al controllo del buon funzionamento del sistema. Il valore più importante è l'energia cumulata per il riscaldamento ( $E$  in kWh).

Per la misura di  $E_{fos}$  è possibile agire in due modi:

- 1) rilevare il consumo di combustibile (metano, GPL) mediante un contatore, nell'ipotesi che questo alimenti esclusivamente la caldaia di supporto all'impianto solare. In questo caso è possibile stimare l'apporto di calore mediante il potere calorifico specifico del combustibile, posto un rendimento della caldaia;
- 2) inserire un secondo contatore di calore diretto che misuri l'energia termica totale fornita dal sistema, in modo da ottenere per differenza quella derivante dalla sola fonte fossile.

#### 4.8.2. Impianto A

Per il monitoraggio di questo impianto sono state installate le seguenti apparecchiature:

- un contatore di calore diretto *Conteca Solar* Caleffi ([Figura 4.73](#)), che registra il calore fornito dall'impianto solare, misurando il salto termico del fluido termovettore;
- un contatore idrico da 1", che registra il consumo di acqua calda in uscita dall'accumulo;
- un contatore di GPL installato all'uscita della linea gas dal bombolone di stoccaggio ([Figura 4.74](#)).

Il periodo di monitoraggio è compreso fra l'inizio di aprile 2013 e la fine di luglio 2013 (122 d), quindi limitato a soli 4 mesi primaverili-estivi.

I consumi totali nel periodo considerato sono stati i seguenti:

- 60,97 m<sup>3</sup> di ACS (in questo periodo il riscaldamento non era in funzione);
- 1.113 kWh termici forniti dall'impianto solare ( $E_{sol}$ );
- 107 m<sup>3</sup> di GPL.

Per la caldaia murale del tipo a condensazione si è stimato un rendimento termico medio dell'85%; inoltre, si è assunto un potere calorifico del GPL in fase gassosa di 23.000 kcal/m<sup>3</sup>. L'apporto termico del sistema integrativo ( $E_{fos}$ ) è pari a:

$$E_{fos} = 107 \times 23.000 \times 0,85 \times 0,004187 = 8.759 \text{ MJ}$$

pari a 2.434,9 kWh.

Essendo noto l'apporto solare, si può calcolare il consumo termico totale ( $ET$ ):

$$ET = 2.434,9 + 1.113 = 3.547,9 \text{ kWh}$$

pari a un consumo medio giornaliero di 29,08 kWh.

La verifica del consumo totale può essere fatta a partire del consumo noto di acqua calda, stimando una temperatura dell'acqua di rete (acquedotto) di 20 °C e una temperatura dell'acqua in uscita dal bollitore di 70 °C:

$$ET = 60.970 \times (70 - 20) \times 0,004186 = 12.761 \text{ MJ}$$

pari a 3.547,6 kWh, valore praticamente identico a quello calcolato in precedenza.

L'impianto solare, quindi, ha coperto una quota del **31,4%** del fabbisogno complessivo per il periodo considerato.

### 4.8.3. Impianto T

Per il monitoraggio di questo impianto sono state installate le seguenti apparecchiature ([Figura 4.75](#)):

- un contatore di calore diretto *Conteca* Caleffi, che registra il calore fornito dall'impianto solare, misurando il salto termico fra l'acqua di mandata proveniente dall'impianto solare e l'acqua fredda in arrivo al serbatoio di accumulo;
- un secondo contatore di calore diretto *Conteca* Caleffi, che registra il calore totale fornito dal sistema, misurando il salto termico fra l'acqua calda in uscita dalla caldaia e l'acqua fredda in arrivo al serbatoio di accumulo.

In questo caso, quindi, si hanno direttamente i due valori di consumo termico che consentono il calcolo dell'apporto solare, senza la necessità di ulteriori stime. Il periodo di monitoraggio è limitato a 92 d, dall'inizio di maggio 2013 alla fine di luglio 2013.

I valori cumulativi rilevati nel periodo considerato sono i seguenti:

- 1.515,9 kWh forniti dall'impianto solare ( $E_{sol}$ );
- 3.583,1 kWh forniti in totale dal sistema ( $ET$ ).

Quindi, l'apporto del boiler integrativo a GPL risulta dalla differenza fra i dati suddetti, cioè pari a 2.067,2 kWh ( $E_{fos}$ ). Nell'ipotesi di un rendimento termico medio dell'80% e assumendo un potere calorifico del GPL in fase gassosa di 23.000 kcal/m<sup>3</sup>, si può stimare un consumo di combustibile di 90,84 m<sup>3</sup> per il periodo considerato.

Inoltre, assumendo una temperatura dell'acqua di rete (acquedotto) di 20 °C e una temperatura dell'acqua in uscita dal bollitore di 65 °C, si può stimare una produzione di acqua calda di circa 68,4 m<sup>3</sup> nel periodo considerato.

L'impianto solare ha coperto una quota media del **42,3%** del fabbisogno complessivo per il periodo

considerato, con un andamento mensile illustrato nella [Figura 4.76](#); l'apporto solare rimane abbastanza costante nei 3 mesi considerati, con il picco nel mese giugno (525 kWh). Nei mesi di giugno e luglio l'apporto del solare supera il 44% dell'energia totale fornita dal sistema.

#### 4.8.4. Impianto B

Per il monitoraggio di questo impianto sono state installate le seguenti apparecchiature:

- un contatore di calore diretto *Conteca Solar* Caleffi ([Figura 4.77](#)), che registra il calore fornito dall'impianto solare, misurando il salto termico del fluido termovettore;
- un contatore a getto multiplo *super dry* a trasmissione magnetica per acqua sanitaria ([Figura 4.78](#)), che registra il consumo di acqua calda in uscita dall'accumulo.

Inoltre, è stata fatta la lettura regolare del contatore del gas metano presente in azienda, ad esclusivo servizio della caldaia di supporto all'impianto solare.

Il periodo di monitoraggio è compreso fra l'inizio di aprile 2013 e la fine di luglio 2013 (122 d), quindi limitato a soli 4 mesi primaverili-estivi.

I consumi totali nel periodo considerato sono stati i seguenti:

- 133,76 m<sup>3</sup> di ACS (in questo periodo il riscaldamento non era in funzione);
- 2.825,5 kWh termici forniti dall'impianto solare ( $E_{sol}$ );
- 520,01 m<sup>3</sup> di metano.

Per la caldaia murale del tipo a condensazione si è stimato un rendimento termico medio dell'85%; inoltre, si è assunto un potere calorifico del metano di 8.500 kcal/Nm<sup>3</sup>. L'apporto termico del sistema integrativo ( $E_{fos}$ ) è pari a:

$$E_{fos} = 520,01 \times 8.500 \times 0,85 \times 0,004187 = 15.731 \text{ MJ}$$

pari a 4.373,2 kWh.

Essendo noto l'apporto solare, si può calcolare il consumo termico totale ( $ET$ ):

$$ET = 4.373,2 + 2.825,5 = 7.198,7 \text{ kWh}$$

pari a un consumo medio giornaliero di 59 kWh.

La verifica del consumo totale può essere fatta a partire del consumo noto di acqua calda, stimando una temperatura dell'acqua di rete (acquedotto) di 20 °C e una temperatura dell'acqua in uscita dal bollitore di 66 °C:

$$ET = 133.760 \times (66 - 20) \times 0,004186 = 25.756 \text{ MJ}$$

pari a 7.160,2 kWh, valore molto vicino ai 7.198,7 kWh calcolati in precedenza.

L'impianto solare, quindi, copre una quota del **39,3%** del fabbisogno complessivo per il periodo considerato, con una certa variabilità a livello mensile ([Figura 4.79](#)); l'apporto solare aumenta

progressivamente, per il maggiore irraggiamento disponibile dei mesi estivi, passando da una quota coperta di fabbisogno termico del 29,2% di aprile a una quota del 60,2% nel mese di luglio. Ciò, ovviamente, è anche dovuto al calo del fabbisogno termico integrativo da fonte fossile, a sua volta dovuto al minore salto termico fra acqua fredda in entrata e acqua calda in uscita e alle minori dispersioni termiche.

#### 4.8.5. Valutazioni economiche sugli impianti pilota

Nel presente paragrafo vengono espone sinteticamente le valutazioni economiche fatte per i 3 impianti solari sottoposti a monitoraggio, benché i tempi dello stesso monitoraggio siano stati relativamente brevi e concentrati in un solo periodo dell'anno; l'estrapolazione dei dati per l'intero anno solare è stata fatta con riferimento ai dati medi di radiazione solare delle zone specifiche ove si collocano gli impianti, in modo analogo a quanto fatto per la stima della potenzialità degli impianti FV.

I valori di **irraggiamento** giornaliero medio mensile per i 3 impianti, stimati mediante il software disponibile sull'*Atlante italiano della radiazione solare* di ENEA, sono riportati in [Tabella 4.12](#). Si può notare come la minore inclinazione dei pannelli dell'impianto T (15°) rispetto agli altri due impianti (45°) comporti una maggiore potenzialità estiva, ma una minore potenzialità nei mesi freddi dell'anno; in pratica, la radiazione sulla superficie inclinata si distribuisce in modo meno omogeneo nell'arco dell'anno, con un differenziale fra i mesi a maggiore e minore radiazione di 4,61 kWh/m<sup>2</sup>, contro i circa 3 kWh/m<sup>2</sup> degli impianti A e B.

Il procedimento di stima ha previsto dapprima il calcolo della **radiazione** disponibile mensilmente e annualmente per ogni impianto: circa 7.900 kWh/anno per gli impianti A e T e circa 17.600 kWh/anno per l'impianto B.

Quindi, è stata stimata la **potenzialità** di energia termica da fonte solare, sulla base del rapporto fra produzione effettiva nei mesi monitorati e radiazione solare totale negli stessi mesi; i risultati ottenuti sono riportati in [Tabella 4.13](#), con i valori in corsivo che rappresentano i dati reali registrati nei mesi controllati. I valori totali, che rappresentano i contributi annui stimati degli impianti solari alla produzione di energia termica per il riscaldamento dell'acqua sanitaria e tecnologica, ammontano a 2.769, 3.904 e 6.985 kWh/anno, rispettivamente per gli impianti A, T e B. Questi stessi valori corrispondono anche all'energia fossile risparmiata, perché in assenza degli impianti solari la stessa quota energetica avrebbe dovuto provenire dalle caldaie installate nelle aziende. Interessante notare la produzione unitaria annuale che deriva da questi valori, con riferimento alla superficie lorda dei moduli: **491 kWh/m<sup>2</sup>** per A, **697 kWh/m<sup>2</sup>** per T e **582 kWh/m<sup>2</sup>** per B.

Dall'energia stimata è possibile ricavare il quantitativo di combustibile risparmiato all'anno per ogni impianto considerato, adottando i medesimi poteri calorifici e rendimenti termici già indicati nei paragrafi precedenti; si ottengono 121,66 m<sup>3</sup> di GPL per l'impianto A, 182,27 m<sup>3</sup> di GPL per l'impianto T e 830,63 m<sup>3</sup> di metano per l'impianto B.

Assumendo che il consumo mensile di energia termica per ACS sia costante nell'arco dell'anno e pari alla media mensile dei dati monitorati per ogni impianto – non considerando, quindi, l'acqua per il riscaldamento – è possibile stimare il fabbisogno mensile di energia da fonte fossile, come differenza fra l'energia totale e l'energia da fonte solare; l'andamento di tale fabbisogno è illustrato nel grafico di [Figura 4.80](#).

I consumi annuali stimati di ACS ammontano a 182,4 m<sup>3</sup> per l'impianto A, 271,4 m<sup>3</sup> per l'impianto T e

400,2 m<sup>3</sup> per l'impianto B, corrispondenti a consumi medi giornalieri di 500 kg per A, 744 kg per T e 1.096 kg per B. Rapportando i consumi annuali alla presenza media di vacche in mungitura si ottengono consumi annuali unitari di 3.040 kg/vacca per A, 3.870 kg/vacca per T e 1.900 kg/vacca per B. Da questi valori sono esclusi i consumi di acqua calda per il riscaldamento degli ambienti della zona di mungitura.

La metodologia di stima della redditività è analoga a quella adottata per gli impianti FV; per gli indicatori di redditività – valore attuale netto (VAN) e tasso interno di rendimento (TIR) – si veda quanto riportato nel paragrafo 3.3.4.

Per gli impianti solari termici il calcolo della redditività risulta più complesso rispetto a quanto avviene con gli impianti FV, prima di tutto perché non sono previsti incentivi, in quanto i 3 impianti pilota sono stati avviati prima dell'entrata in vigore del Conto Termico. Inoltre, vi è una sostanziale differenza fra l'impianto T che usufruisce delle detrazioni fiscali previste dalla normativa per la riqualificazione energetica, e gli altri due impianti che non accedono a tali agevolazioni. La ragione di ciò deriva dal fatto che il costo degli impianti solari A e B è rientrato nel costo complessivo dell'impianto idraulico delle nuove stalle (gli stessi allevatori non sanno con precisione quanto hanno speso per il solo impianto solare) e che l'importo totale dei lavori di costruzione è soggetto ad aiuti pubblici attraverso le normative di finanziamento del comparto agricolo previste dal Piano di sviluppo rurale (PSR). Per questa ragione è stato necessario stimare una quota di contributo attribuibile agli impianti solari, valutata sulla base del rapporto fra contributo totale ricevuto e costo complessivo della stalla; tale quota è stata assunta pari al 45% del costo totale dell'impianto.

Sia le detrazioni fiscali che i contributi stimati per gli impianti solari entrano nella procedura di calcolo come entrate dirette, perché di fatto rappresentano dei rimborsi su costi sostenuti; il rimborso del 55% è stato distribuito nei primi 10 anni di vita utile dell'impianto, mentre la quota finanziata dal PSR è stata attribuita interamente al primo anno.

L'altra voce attiva del bilancio economico è un'entrata implicita (mancato esborso), rappresentata dal risparmio sulla bolletta termica per l'acquisto di combustibile (metano o GPL). La valorizzazione dei combustibili è fatta sulla base di prezzi medi indicativi riscontrati sul mercato libero o di quelli dichiarati dai titolari delle aziende pilota. Al prezzo base, valido per il primo anno di vita degli impianti, è stato applicato un aumento annuo dell'1,5%. Nella procedura di calcolo si è anche considerato un decremento annuo dello 0,2% della capacità produttiva dei collettori solari, per tenere conto dell'invecchiamento dell'impianto.

Sul fronte delle uscite, si prevedono le quote di ammortamento sull'investimento totale, IVA compresa (rata semestrale per 10 anni, al tasso del 4,5%) e le quote annue di manutenzione e di assicurazione dell'impianto (rispettivamente 2% e 0,5% sul costo totale dell'impianto IVA esclusa). Da notare che il costo d'investimento è riferito al solo impianto solare completo, installato a regola d'arte, con esclusione della caldaia integrativa, perché questa sarebbe necessaria comunque. Inoltre, i costi degli impianti pilota A e B sono stati stimati sulla base di prezzi medi di mercato, non essendo disponibili i costi effettivi; nella stima si è tenuto conto del fatto che i 2 impianti sono stati realizzati contestualmente all'installazione dell'impianto idraulico completo delle nuove stalle, con conseguenti vantaggi per i minori costi delle lavorazioni.

Nella procedura di calcolo si assume una durata presunta dell'impianto di 25 anni. Il saggio di attualizzazione per il calcolo del VAN è fissato al 4%.

I dati essenziali dell'**impianto A** (vedere paragrafo 4.7.1) sono i seguenti:

- impianto con collettori sottovuoto, a circolazione forzata;
- superficie lorda dei moduli: 5,64 m<sup>2</sup>;
- angolo di azimut: 0°;
- angolo di tilt: 45°;
- accumulatore da 400 l.

Per questo impianto si assume un costo d'investimento totale di **4.794 €**, IVA esclusa, e un costo unitario del GPL di 1,00 €/l.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 16.764 €
- totale uscite = 10.210 €
- reddito netto medio annuo = 262 €
- VAN = 2.428 €.

I dati essenziali dell'**impianto T** (vedere paragrafo 4.7.2) sono i seguenti:

- impianto con collettori sottovuoto, a circolazione naturale;
- superficie lorda dei moduli: 5,6 m<sup>2</sup>;
- angolo di azimut: 0°;
- angolo di tilt: 15°;
- accumulatore da 280 l.

L'investimento totale per questo impianto è stato di **4.592 €**, IVA esclusa; il costo unitario del GPL è stato valutato in 1,00 €/l.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 24.662 €
- totale uscite = 9.780 €
- reddito netto medio annuo = 595 €
- VAN = 7.397 €.

I dati essenziali dell'**impianto B** (vedere paragrafo 4.7.3) sono i seguenti:

- impianto con collettori vetrati piani, a circolazione forzata;
- superficie lorda dei moduli: 12 m<sup>2</sup>;
- angolo di azimut: 0°;
- angolo di tilt: 45°;
- accumulatore da 1.000 l.

Per questo impianto si assume un costo di investimento totale di **7.800 €**, IVA esclusa, e un costo unitario

del metano di 0,83 €/m<sup>3</sup>.

I dati salienti restituiti dall'analisi economica sono i seguenti:

- totale entrate = 24.204 €
- totale uscite = 16.612 €
- reddito netto medio annuo = 304 €
- VAN = 2.080 €.

L'analisi costi/benefici, quindi, restituisce una situazione piuttosto positiva, con tutti gli impianti che superano l'esame del VAN; il risultato migliore è ottenuto dall'impianto T, che presenta un VAN di oltre 7.000 €, nettamente più alto rispetto agli altri due impianti, che invece si collocano intorno ai 2.100-2.400 €. L'ottimo risultato dell'impianto T deriva da almeno 3 fattori:

- il costo relativamente basso (impianto più semplice, a circolazione naturale);
- la detrazione fiscale del 55%;
- l'ottima produzione rilevata nei mesi di monitoraggio, che consente la stima di una produzione annua di tutto rispetto.

Anche gli impianti A e B, comunque, dimostrano la validità della tecnologia solare per la produzione di ACS, ottenendo risultati più che buoni; la stima della copertura della produzione di ACS da fonte solare, su base annua, varia dal 26% dell'impianto A al 32% dell'impianto B.

La valutazione della redditività degli impianti solari restituisce buoni riscontri, pur nelle differenze evidenziate, confermando la validità degli investimenti in questo settore; la riprova viene dall'indice TIR, che risulta sempre molto buono, con il massimo raggiunto dall'impianto T (15,36%), seguito dall'impianto A (8,86%) e infine dall'impianto B (6,69%).

Si ricorda che oggi il solare termico può usufruire degli incentivi previsti dal Conto Termico. A tale proposito, è possibile verificare la validità del nuovo strumento incentivante, provando ad applicarlo agli impianti pilota di "Re Sole", mantenendo fisse tutte le condizioni di calcolo, ma azzerando i rimborsi considerati (detrazione 55% e finanziamento sul PSR). Il risultato è diversificato; solo l'impianto B si avvantaggia del passaggio al Conto Termico, con un VAN che sale a 2.553 € (+473 € rispetto alla situazione effettiva), mentre per gli altri impianti si evidenzia un calo del VAN, seppure modesto: l'impianto A scende a 2.162 € (-266 €) e l'impianto T scende a 6.940 € (-457 €).

In conclusione, si può affermare che il solare termico, tecnologia consolidata benché in continuo miglioramento, rappresenta una buona opportunità di investimento anche per le aziende zootecniche, in particolare laddove si utilizzino notevoli quantità di acqua calda per processi produttivi (lavaggio impianti, preparazioni alimentari, riscaldamento di specifiche aree). Il beneficio principale è la riduzione della spesa per i carburanti utilizzati per le medesime finalità e l'ulteriore beneficio è la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, con contributo del comparto zootecnico alle importanti problematiche ambientali.

Le aziende zootecniche, in particolare quelle dei comparti bovino da latte e suino, hanno notevoli potenzialità di sfruttamento della tecnologia solare, perché da un lato presentano fabbisogni spesso elevati di acqua calda di processo e, dall'altro, dispongono di edifici rurali con grandi superfici coperte, sulle quali è agevole l'installazione dei collettori solari.

# 5 Schede tecniche

## SCHEDA TECNICA N. 1 relativa al progetto di "Porcilaia di gestazione"

Descrizione generale	Porcilaia per la fase di gestazione, per scrofe e scrofette dopo l'esito positivo della diagnosi di gravidanza e fino a pochi giorni prima della data prevista per il parto; locale unico con 2 file di box e corsia di servizio centrale
Stabulazione	In gruppo in box collettivo
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti, travi di collegamento e fosse liquami in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in fibrocemento senza amianto e isolamento a controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Parzialmente fessurato, con parte piena in calcestruzzo termoisolante
Capienza massima	160 scrofe (80 UBA)
Unità produzione calore	53,12 hpu <sup>(1)</sup>
Portata di ventilazione	Massima = 39.500 m <sup>3</sup> /h; minima = 5.400 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	2,79 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	2,34 m <sup>2</sup> /capo
Alimentazione	Impianto automatico per alimentazione liquida razionata in truogolo lineare; potenza installata totale di 9,8 kW
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a imbocco (succhiotto)
Illuminazione	38 punti luce del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 125,7 lux); potenza totale installata di 2,2 kW
Ventilazione	Naturale con sistema automatico di regolazione dell'apertura delle finestre e del cupolino; potenza totale installata di 1,48 kW (4 motori da 0,37 kW ciascuno) <i>Variante:</i> artificiale con impianto automatico in estrazione dall'alto (camini di ventilazione); potenza totale installata di 2,15 kW (5 ventilatori da 0,43 kW ciascuno)
Riscaldamento	Non presente
Rimozione effluenti	Fosse sotto fessurato per la raccolta temporanea; sistema a tubi in depressione ( <i>vacuum system</i> ) per lo svuotamento delle fosse

(1) hpu = *heat producing unit*. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEDA TECNICA N. 2 relativa al progetto di “Porcilaia di maternità”

Descrizione generale	Porcilaia per la fase di maternità, suddivisa in 7 sale identiche, con corridoio di servizio laterale; ogni sala prevede 2 file di box con corsia centrale di servizio
Stabulazione	In box parto-allattamento del tipo con gabbia della scrofa disposta diagonalmente ed entrata/uscita anteriore
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti, travi di collegamento e fosse liquami in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in fibrocemento senza amianto e isolamento a controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Totalmente grigliato
Capienza massima	70 scrofe con nidiata (50 UBA): 10 scrofe con nidiata per sala
Unità produzione calore	4,26 hpu <sup>(1)</sup> per ogni sala; 29,82 hpu totali
Portata di ventilazione	Per ogni sala: massima = 3.170 m <sup>3</sup> /h; minima = 360 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	5,88 m <sup>2</sup> /box
Superficie di stabulazione	3,57 m <sup>2</sup> /box (per lattonzoli)
Alimentazione	Alimentazione secca manuale
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a imbocco (succhiotto) per scrofe e lattonzoli
Illuminazione	6 punti luce per sala, del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 138,4 lux); potenza installata di 0,348 kW per sala
Ventilazione	Artificiale con impianto automatico in estrazione dall'alto (camini di ventilazione); potenza installata di 0,2 kW per sala (1 ventilatore)
Riscaldamento	Riscaldamento generale delle sale mediante tubi alettati ad acqua calda posti sulle aperture di entrata dell'aria delle singole sale, con potenza del bruciatore parametrata al livello di isolamento del locale. Riscaldamento localizzato del nido mediante lampada a infrarossi ad emissione luminosa; potenza installata di 1,5 kW per sala
Rimozione effluenti	Fosse sotto grigliato per la raccolta temporanea; sistema a tubi in depressione ( <i>vacuum system</i> ) per lo svuotamento delle fosse

(1) hpu = heat producing unit. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEDA TECNICA N. 3 relativa al progetto di "Porcilaia di svezzamento"

Descrizione generale	Porcilaia per la fase di post-svezzamento, per suinetti fino ai 20 kg di peso vivo unitario, suddivisa in 7 sale identiche, con corridoio di servizio laterale; ogni sala prevede 2 file di gabbie con corsia centrale di servizio
Stabulazione	In gruppo in gabbie tipo <i>flat-deck</i>
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti, travi di collegamento e fosse liquami in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in fibrocemento senza amianto e isolamento a controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Totalmente grigliato
Capienza massima	770 suinetti (21 UBA): 110 suinetti per sala
Unità produzione calore	6,74 <i>hpu</i> <sup>(1)</sup> per ogni sala (inizio ciclo, suinetto di 10 kg); 10,57 <i>hpu</i> per ogni sala (fine ciclo, suinetto di 20 kg); in media 60,58 <i>hpu</i> totali
Portata di ventilazione	Per ogni sala: massima = 7.800 m <sup>3</sup> /h; minima = 500 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	0,38 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	0,2 m <sup>2</sup> /capo
Alimentazione	Impianto automatico per alimentazione secca <i>ad libitum</i> in mangiatoie a tramoggia; potenza installata totale di 3 kW
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a imbocco (succhiotto)
Illuminazione	4 punti luce per sala, del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 115,2 lux); potenza installata di 0,232 kW per sala
Ventilazione	Artificiale con impianto automatico in estrazione dall'alto (camini di ventilazione); potenza installata di 0,43 kW per sala (1 ventilatore)
Riscaldamento	Riscaldamento generale delle sale mediante tubi alettati ad acqua calda posti sulle aperture di entrata dell'aria delle singole sale, con potenza del bruciatore parametrata al livello di isolamento del locale
Rimozione effluenti	Fosse sotto grigliato per la raccolta temporanea; sistema a tubi in depressione ( <i>vacuum system</i> ) per lo svuotamento delle fosse

(1) *hpu* = *heat producing unit*. Un *hpu* è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEDA TECNICA N. 4 relativa al progetto di “Porcilaia di accrescimento”

Descrizione generale	Porcilaia per la fase di accrescimento, per suini da 20 a 50 kg di peso vivo unitario, suddivisa in 3 sale identiche; ogni sala prevede 2 file di box con corsia centrale di servizio
Stabulazione	In gruppo (box collettivo)
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti, travi di collegamento e fosse liquami in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in fibrocemento senza amianto e isolamento a controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Parzialmente fessurato, con parte piena in calcestruzzo termoisolante
Capienza massima	720 suini (216 UBA): 240 suini per sala
Unità produzione calore	23,07 hpu <sup>(1)</sup> per ogni sala (inizio ciclo, suinetto di 20 kg); 40,87 hpu per ogni sala (fine ciclo, suino di 50 kg); in media 95,91 hpu totali
Portata di ventilazione	Per ogni sala: massima = 30.400 m <sup>3</sup> /h; minima = 1.730 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	0,62 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	0,57 m <sup>2</sup> /capo
Alimentazione	Impianto automatico per alimentazione secca <i>ad libitum</i> in mangiatoie a tramoggia; potenza installata totale di 2 kW
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a imbocco (succhiotto)
Illuminazione	12 punti luce per sala, del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 106,9 lux); potenza installata di 0,58 kW per sala
Ventilazione	Naturale con sistema automatico di regolazione dell'apertura delle finestre e del cupolino; potenza installata di 1,48 kW per sala (4 motori da 0,37 kW ciascuno) <i>Variante:</i> artificiale con impianto automatico in estrazione dall'alto (camini di ventilazione); potenza installata di 1,29 kW per sala (3 ventilatori da 0,43 kW ciascuno)
Riscaldamento	Riscaldamento generale delle sale mediante aerotermi a ricircolazione di acqua calda posti negli ambienti d'allevamento, con potenza del bruciatore parametrata al livello di isolamento del locale
Rimozione effluenti	Fosse sotto fessurato per la raccolta temporanea; sistema a tubi in depressione ( <i>vacuum system</i> ) per lo svuotamento delle fosse

(1) hpu = heat producing unit. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEDA TECNICA N. 5 relativa al progetto di "Porcilaia d' ingrasso"

Descrizione generale	Porcilaia per la fase di ingrasso, per suini da 50 a 160 kg di peso vivo unitario, suddivisa in 2 sale identiche; ogni sala prevede 2 file di box con corsia centrale di servizio
Stabulazione	In gruppo in box collettivo
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti, travi di collegamento e fosse liquami in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in fibrocemento senza amianto e isolamento a controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Totalmente fessurato
Capienza massima	288 suini (87 UBA): 144 suini per sala
Unità produzione calore	24,52 hpu <sup>(1)</sup> per ogni sala (inizio ciclo, suino di 50 kg); 35 hpu per ogni sala (fine ciclo, suino di 160 kg); in media 59,52 hpu totali
Portata di ventilazione	Per ogni sala: massima = 26.000 m <sup>3</sup> /h; minima = 2.450 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	1,25 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	1,02 m <sup>2</sup> /capo
Alimentazione	Impianto automatico per alimentazione liquida razionata in truogolo lineare; potenza installata totale di 9,8 kW
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a imbocco (succhiotto)
Illuminazione	12 punti luce per sala, del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 91,2 lux); potenza installata di 0,696 kW per sala
Ventilazione	Naturale con sistema automatico di regolazione dell'apertura delle finestre e del cupolino; potenza installata di 1,48 kW per sala (4 motori da 0,37 kW ciascuno). <i>Variante:</i> artificiale con impianto automatico in estrazione dall'alto (camini di ventilazione); potenza installata di 1,29 kW per sala (3 ventilatori da 0,43 kW ciascuno)
Riscaldamento	Non presente
Rimozione effluenti	Fosse sotto fessurato per la raccolta temporanea; sistema a tubi in depressione ( <i>vacuum system</i> ) per lo svuotamento delle fosse

(1) hpu = heat producing unit. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEDA TECNICA N. 6 relativa al progetto di “Stalla per vacche da latte”

Descrizione generale	Stalla per vacche da latte con un corpo principale per stabulazione animali e un corpo laterale per zona di mungitura
Stabulazione	Libera con zona di riposo a cuccette
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti e travi di collegamento in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in pannelli isolanti autoportanti tipo sandwich spessore 60 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m limitatamente al corpo mungitura e alle testate del corpo stalla
Pavimento	Pieno in calcestruzzo rigato nelle corsie di stabulazione
Capienza massima	100 vacche da latte (100 UBA): 84 in lattazione e 16 in asciutta
Unità produzione calore	118,38 hpu <sup>(1)</sup>
Portata di ventilazione	Massima = 100.000 m <sup>3</sup> /h; minima = 23.000 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	Stalla = 12,17 m <sup>2</sup> /capo; mungitura = 2,03 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	8,44 m <sup>2</sup> /capo
Alimentazione	A piatto unico (unifeed) con carro miscelatore
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a vasca a livello costante
Illuminazione	Corpo stalla: 51 punti luce del tipo a plafoniera contenente 2 tubi fluorescenti da 58 W ciascuno (illuminamento medio di 121,2 lux); potenza totale installata di 5,916 kW Zona di attesa: 8 punti luce del tipo a plafoniera contenente un tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 95,6 lux); potenza totale installata di 0,464 kW Sala di mungitura: 12 punti luce del tipo a plafoniera contenente 2 tubi fluorescenti da 58 W ciascuno (illuminamento medio di 310,7 lux); potenza totale installata di 1,392 kW
Ventilazione	Naturale
Riscaldamento	Non presente
Rimozione effluenti	Raschiatori meccanici automatici nelle corsie

(1) hpu = heat producing unit. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEMA TECNICA N. 7 relativa al progetto di "Pollaio per broilers"

Descrizione generale	Pollaio per polli da carne leggeri (peso vivo unitario finale di 1,75 kg)
Stabulazione	A terra su lettiera
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti e travi di collegamento in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in pannelli isolanti autoportanti tipo sandwich spessore 60 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Pieno in calcestruzzo
Capienza massima	8.100 polli (57 UBA)
Unità produzione calore	8,91 hpu <sup>(1)</sup> (inizio ciclo, pulcino di 50 g); 123,12 hpu <sup>(1)</sup> (fine ciclo, pollo di 1,75 kg); in media 66,01 hpu totali
Portata di ventilazione	Massima = 91.500 m <sup>3</sup> /h; minima = 800 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	0,0593 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	0,0593 m <sup>2</sup> /capo
Alimentazione	Impianto automatico per alimentazione secca in mangiatoie circolari; potenza installata totale di 4 kW
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a goccia con vaschetta salvagoccia (pulcini) e del tipo circolare (polli)
Illuminazione	27 punti luce del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 76,8 lux); potenza totale installata di 1,566 kW
Ventilazione	Naturale con sistema automatico di regolazione dell'apertura delle finestre e del cupolino; potenza installata di 1,48 kW per sala (4 motori da 0,37 kW ciascuno). <i>Variante:</i> artificiale con impianto automatico in estrazione trasversale da una parete laterale; potenza totale installata di 4,6 kW (10 ventilatori da 0,46 kW ciascuno)
Riscaldamento	Riscaldamento generale delle sale mediante aerotermini a ricircolazione di acqua calda posti negli ambienti d'allevamento, con potenza del bruciatore parametrata al livello di isolamento del locale. <i>Variante:</i> aggiunta di allevatrici a gas per pulcini da 1 a 35 giorni
Rimozione effluenti	Rimozione lettiera a fine ciclo mediante mezzi meccanici

(1) hpu = heat producing unit. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

## SCHEMA TECNICA N. 8 relativa al progetto di "Pollaio per galline ovaiole"

Descrizione generale	Pollaio per galline ovaiole (peso vivo unitario medio di 2 kg)
Stabulazione	A terra su lettiera, con zona a grigliato e posatoi e zona nidi
Principali caratteristiche costruttive	Fondazioni a plinti e travi di collegamento in calcestruzzo armato; struttura portante prefabbricata con pilastri, travi e arcarecci in profilati d'acciaio zincato; manto di copertura in pannelli isolanti autoportanti tipo sandwich spessore 60 mm; tamponamenti perimetrali in blocchi cavi di calcestruzzo leggero facciavista spessore 0,25 m
Pavimento del box	Pieno in calcestruzzo
Capienza massima	9.000 ovaiole (126 UBA)
Unità produzione calore	106,2 hpu <sup>(1)</sup>
Portata di ventilazione	Massima = 79.000 m <sup>3</sup> /h; minima = 10.600 m <sup>3</sup> /h
Superficie coperta	0,1307 m <sup>2</sup> /capo
Superficie di stabulazione	0,1112 m <sup>2</sup> /capo (esclusi nidi)
Alimentazione	Impianto automatico per alimentazione secca in mangiatoie circolari; potenza installata totale di 5 kW
Abbeverata	Impianto idrico completo per acqua di lavaggio e per alimentazione abbeveratoi automatici del tipo a goccia con vaschetta salvagoccia
Illuminazione	56 punti luce del tipo a plafoniera contenente tubo fluorescente da 58 W (illuminamento medio di 73,5 lux); potenza totale installata di 3,248 kW
Ventilazione	Naturale con sistema automatico di regolazione dell'apertura delle finestre e del cupolino; potenza installata di 2,96 kW per sala (8 motori da 0,37 kW ciascuno). <i>Variante:</i> artificiale con impianto automatico in estrazione trasversale da entrambe le pareti laterali; potenza totale installata di 5,04 kW (14 ventilatori da 0,36 kW ciascuno)
Riscaldamento	Non presente
Raccolta uova	Impianto automatico per il convogliamento delle uova deposte nei nidi nel locale specifico di raccolta, mediante nastri trasportatori mossi da motori elettrici; potenza totale installata di 3 kW
Rimozione effluenti	Rimozione lettiera a fine ciclo mediante mezzi meccanici

(1) hpu = heat producing unit. Un hpu è l'insieme di animali che produce 1.000 W di calore totale alla temperatura dell'aria di 20°C.

# 6 Schede miglioramento

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 1 relativa alla Scheda tecnica n. 1

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di gestazione, con ventilazione artificiale (variante riportata nella Scheda tecnica n.1)
Categoria intervento	Ventilazione
Tipo intervento	Modifica dell'impianto di ventilazione
Descrizione intervento	Sostituzione della centralina di controllo tradizionale, con regolazione a 4 posizioni preimpostate, con nuova centralina a regolazione continua con tecnologia a inverter. Si assume che i ventilatori già installati debbano essere sostituiti con nuovi ventilatori, di analoghe prestazioni, adatti alla nuova tecnologia
Costo intervento	6.500 €
Risparmio energetico ottenibile	2.214 kWh/anno
Durata intervento	15 anni
Minori costi	<p>Come effetto del miglior funzionamento dell'impianto di ventilazione, che è in grado di adattare in modo più preciso le portate di ventilazione alle condizioni microclimatiche e alle esigenze degli animali, si assumono i seguenti miglioramenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suinetti svezzati per scrofa/anno = +1,5%</li> <li>- consumo alimento = -4%</li> </ul> <p>Di conseguenza, il costo di produzione dell'allevamento a ciclo chiuso si riduce di 0,016 €/kg di peso vivo prodotto. Cautelativamente, si assume solo la metà di questo minore costo, pari a 0,008 €/kg di peso vivo prodotto. Il peso vivo prodotto attribuibile ai 160 posti scrofa presenti nella porcilaia è pari a 483.040 kg/anno; quindi, il relativo risparmio totale annuo sul costo di produzione è pari a 3.864 €</p>
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico e dalla riduzione del costo di produzione)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 39.267 € (739,21 €/hpu)</p> <p>TIR = 66,33%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 2 relativa alla Scheda tecnica n. 1

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di gestazione, con ventilazione naturale
Categoria intervento	Raffrescamento
Tipo intervento	Impianto di ventilazione estiva di soccorso di tipo innovativo (2), con ventilatori tipo "elicottero" e centralina elettronica di regolazione con tecnologia a inverter; il confronto è fatto con un impianto (1) costituito da ventilatori a cassone ad asse di rotazione orizzontale e centralina di regolazione a 4 velocità preimpostate
Descrizione intervento	<p><b>Impianto 2</b> Una fila di 3 ventilatori tipo "elicottero" posta in corrispondenza dell'asse centrale dell'edificio. Ogni ventilatore ha diametro della girante di 3,5 m, motore con potenza di 1,1 kW e portata massima di 100.000 m<sup>3</sup>/h. Centralina per controllo automatico a variazione continua della velocità, con tecnologia a inverter.</p> <p><b>Impianto 1</b> 8 ventilatori ad asse orizzontale posti in vicinanza delle pareti laterali e direzionati verso il centro della porcilaia (4 in corrispondenza dei 4 angoli dell'edificio e 4 in corrispondenza dell'asse trasversale centrale). Ogni ventilatore ha diametro della girante di 0,7 m, motore con potenza di 0,5 kW e portata massima di 15.000 m<sup>3</sup>/h. Centralina per controllo automatico a 4 velocità preimpostate</p>
Costo intervento	Impianto 1: 3.960 € Impianto 2: 6.600 € Differenza: 2.640 €
Risparmio energetico ottenibile	2.757 kWh/anno (differenza fra consumi stimati di 1 e di 2)
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico) Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 3.554 € (66,91 €/hpu) TIR = 20,38%

### **SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 3** relativa alla **Scheda tecnica n. 1**

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di gestazione
Categoria intervento	Illuminazione
Tipo intervento	Impianto di illuminazione innovativo, con lampade a basso consumo, in sostituzione di quelle presenti nell'impianto tradizionale illustrato nella scheda tecnica n.1
Descrizione intervento	Sostituzione dei tubi fluorescenti tradizionali da 58 W con tubi a LED a basso consumo da 31 W, con analoghe caratteristiche illuminotecniche. Totale: 38 tubi, potenza totale installata di 1,178 kW
Costo intervento	2.550 €
Risparmio energetico ottenibile	2.247 kWh/anno
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	Per manutenzione nei 15 anni (sostituzione dei tubi tradizionali, degli starter e dei ballast): 4.370 €. Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico e dalla riduzione dei costi di manutenzione) Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 5.656 € (106,48 €/hpu) TIR = 26,45%

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 4 relativa alla Scheda tecnica n. 2

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di maternità; impianto di riscaldamento con caldaia a gasolio
Categoria intervento	Coibentazione
Tipo intervento	Aumento del livello di isolamento termico dell'edificio
Descrizione intervento	<p>L'edificio descritto nella scheda tecnica n. 2 è assunto come situazione POST, con l'aggiunta di un isolamento termico a cappotto dei tamponamenti esterni.</p> <p>L'edificio della situazione ANTE differisce per la seguente caratteristica: il controsoffitto è realizzato con lastre piane rette di fibrocemento con sovrastante materassino di lana di roccia, che si considera di spessore ridotto (10 mm) perché in stato di conservazione deficitario.</p> <p>L'intervento prevede:</p> <p>a) la rimozione del controsoffitto esistente e la realizzazione di un nuovo controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm;</p> <p>b) la realizzazione di un isolamento termico a cappotto esterno in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm, con rete esterna per intonaco;</p> <p>c) l'esecuzione del nuovo intonaco e relativa tinteggiatura.</p> <p>La trasmittanza unitaria (<math>U</math>) del tetto passa da 2,39 a 0,63 W/m<sup>2</sup> °C e la trasmittanza unitaria media (<math>U_{med}</math>) degli elementi di chiusura dell'edificio passa da 1,8 a 0,92 W/m<sup>2</sup> °C</p>
Costo intervento	29.000 €
Risparmio energetico ottenibile	<p>Consumo di gasolio per riscaldamento:</p> <p>ANTE: 9.895 kg/anno, pari 93.422 kWh/anno</p> <p>POST: 4.848 kg/anno, pari a 45.741 kWh/anno</p> <p>risparmio: 5.047 kg/anno, pari 47.681 kWh/anno</p>
Durata intervento	20 anni
Minori costi	Non si considerano miglioramenti nelle performance dei suini e nei consumi alimentari, benché sia ipotizzabile un beneficio conseguente alle migliori condizioni ambientali del ricovero, con attenuazione degli sbalzi termici e riduzione dei picchi di basse e alte temperature interne
Costo energia termica	Gasolio: 0,75 €/kg il primo anno; aumento dell'1,9% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,91%</p> <p>VAN = 26.501 € (888,70 €/hpu)</p> <p>TIR = 13,4%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 5 relativa alla Scheda tecnica n. 2

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di maternità
Categoria intervento	Ventilazione
Tipo intervento	Modifica dell'impianto di ventilazione
Descrizione intervento	Sostituzione delle centraline di controllo tradizionali, con regolazione a 4 posizioni preimpostate, con nuove centraline a regolazione continua con tecnologia a inverter. Si assume che i ventilatori già installati debbano essere sostituiti con nuovi ventilatori, di analoghe prestazioni, adatti alla nuova tecnologia
Costo intervento	9.400 €
Risparmio energetico ottenibile	1.083 kWh/anno
Durata intervento	15 anni
Minori costi	<p>Come effetto del miglior funzionamento dell'impianto di ventilazione, che è in grado di adattare in modo più preciso le portate di ventilazione alle condizioni microclimatiche e alle esigenze degli animali, si assumono i seguenti miglioramenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suinetti svezzati per scrofa/anno = +1,5%</li> <li>- consumo alimento = -4%</li> </ul> <p>Di conseguenza, il costo di produzione dell'allevamento a ciclo chiuso si riduce di 0,016 €/kg di peso vivo prodotto. Cautelativamente, si assume solo la metà di questo minore costo, pari a 0,008 €/kg di peso vivo prodotto. Il peso vivo prodotto attribuibile ai 70 posti scrofa presenti nella porcilaia è pari a 211.330 kg/anno; quindi, il relativo risparmio totale annuo sul costo di produzione è pari a 1.691 €</p>
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 10.885 € (365,02 €/hpu)</p> <p>TIR = 18,86%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 6 relativa alla Scheda tecnica n. 3

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di post-svezzamento, per suinetti fino a 20 kg di peso vivo unitario; impianto di riscaldamento con caldaia a gasolio
Categoria intervento	Coibentazione
Tipo intervento	Aumento del livello di isolamento termico dell'edificio
Descrizione intervento	<p>L'edificio descritto nella scheda tecnica n. 3 è assunto come situazione POST, con l'aggiunta di un isolamento termico a cappotto dei tamponamenti esterni.</p> <p>L'edificio della situazione ANTE differisce per la seguente caratteristica: il controsoffitto è realizzato con lastre piane rette di fibrocemento con sovrastante materassino di lana di roccia, che si considera di spessore ridotto (10 mm) perché in stato di conservazione deficitario.</p> <p>L'intervento prevede:</p> <p>a) la rimozione del controsoffitto esistente e la realizzazione di un nuovo controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm;</p> <p>b) la realizzazione di un isolamento termico a cappotto esterno in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm, con rete esterna per intonaco;</p> <p>c) l'esecuzione del nuovo intonaco e relativa tinteggiatura.</p> <p>La trasmittanza unitaria (<math>U</math>) del tetto passa da 2,39 a 0,63 W/m<sup>2</sup> °C e la trasmittanza unitaria media (<math>U_{med}</math>) degli elementi di chiusura dell'edificio passa da 1,78 a 0,97 W/m<sup>2</sup> °C</p>
Costo intervento	23.000 €
Risparmio energetico ottenibile	<p>Consumo di gasolio per riscaldamento:</p> <p>ANTE: 11.504 kg/anno, pari 108.593 kWh/anno</p> <p>POST: 6.437 kg/anno, pari a 60.784 kWh/anno</p> <p>risparmio: 5.067 kg/anno, pari 47.809 kWh/anno</p>
Durata intervento	20 anni
Minori costi	Non si considerano miglioramenti nelle performance dei suini e nei consumi alimentari, benché sia ipotizzabile un beneficio conseguente alle migliori condizioni ambientali del ricovero, con attenuazione degli sbalzi termici e riduzione dei picchi di basse e alte temperature interne
Costo energia termica	Gasolio: 0,75 €/kg il primo anno; aumento dell'1,9% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,91%</p> <p>VAN = 32.721 € (540,13 €/hpu)</p> <p>TIR = 17,4%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 7 relativa alla Scheda tecnica n. 3

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di post-svezzamento, per suinetti fino a 20 kg di peso vivo unitario
Categoria intervento	Ventilazione
Tipo intervento	Modifica dell'impianto di ventilazione
Descrizione intervento	Sostituzione delle centraline di controllo tradizionali, con regolazione a 4 posizioni preimpostate, con nuove centraline a regolazione continua con tecnologia a inverter. Si assume che i ventilatori già installati debbano essere sostituiti con nuovi ventilatori, di analoghe prestazioni, adatti alla nuova tecnologia
Costo intervento	10.100 €
Risparmio energetico ottenibile	3.100 kWh/anno
Durata intervento	15 anni
Minori costi	<p>Come effetto del miglior funzionamento dell'impianto di ventilazione, che è in grado di adattare in modo più preciso le portate di ventilazione alle condizioni microclimatiche e alle esigenze degli animali, si assumono i seguenti miglioramenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortalità della fase = -2%</li> <li>- consumo alimento = -4%</li> </ul> <p>Di conseguenza, il costo di produzione dell'allevamento a ciclo chiuso si riduce di 0,004 €/kg di peso vivo prodotto. Il peso vivo prodotto attribuibile ai 770 posti presenti nella porcilaia è pari a 86.987 kg/anno; quindi, il relativo risparmio totale annuo sul costo di produzione è pari a 348 €</p>
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 538 € (8,88 €/hpu)</p> <p>TIR = 5,5%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 8 relativa alla Scheda tecnica n. 4

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di accrescimento, per suini da 20 a 50 kg di peso vivo unitario; impianto di riscaldamento con caldaia a gasolio
Categoria intervento	Coibentazione
Tipo intervento	Aumento del livello di isolamento termico dell'edificio
Descrizione intervento	<p>L'edificio descritto nella scheda tecnica n. 4 è assunto come situazione POST. L'edificio della situazione ANTE differisce per la seguente caratteristica: il controsoffitto è realizzato con lastre piane rette di fibrocemento con sovrastante materassino di lana di roccia, che si considera di spessore ridotto (10 mm) perché in stato di conservazione deficitario. L'intervento prevede la rimozione del controsoffitto esistente e la realizzazione di un nuovo controsoffitto in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm (come descritto nella scheda tecnica n. 4).</p> <p>La trasmittanza unitaria (<math>U</math>) del tetto passa da 2,39 a 0,63 W/m<sup>2</sup> °C e la trasmittanza unitaria media (<math>U_{med}</math>) degli elementi di chiusura dell'edificio passa da 2 a 1,11 W/m<sup>2</sup> °C</p>
Costo intervento	17.000 €
Risparmio energetico ottenibile	<p>Consumo di gasolio per riscaldamento:</p> <p>ANTE: 10.577 kg/anno, pari 99.842 kWh/anno</p> <p>POST: 5.594 kg/anno, pari a 52.790 kWh/anno</p> <p>risparmio: 4.983 kg/anno, pari 47.052 kWh/anno</p>
Durata intervento	20 anni
Minori costi	Non si considerano miglioramenti nelle performance dei suini e nei consumi alimentari, benché sia ipotizzabile un beneficio conseguente alle migliori condizioni ambientali del ricovero, con attenuazione degli sbalzi termici e riduzione dei picchi di basse e alte temperature interne
Costo energia termica	Gasolio: 0,75 €/kg il primo anno; aumento dell'1,9% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,91%</p> <p>VAN = 37.798 € (394,10 €/hpu)</p> <p>TIR = 23,4%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 9 relativa alla Scheda tecnica n. 5

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di ingrasso, per suini da 50 a 160 kg di peso vivo unitario
Categoria intervento	Ventilazione
Tipo intervento	Modifica dell'impianto di ventilazione
Descrizione intervento	Sostituzione delle centraline di controllo tradizionali, con regolazione a 4 posizioni preimpostate, con nuove centraline a regolazione continua con tecnologia a inverter. Si assume che i ventilatori già installati debbano essere sostituiti con nuovi ventilatori, di analoghe prestazioni, adatti alla nuova tecnologia
Costo intervento	8.100 €
Risparmio energetico ottenibile	2.657 kWh/anno
Durata intervento	15 anni
Minori costi	<p>Come effetto del miglior funzionamento dell'impianto di ventilazione, che è in grado di adattare in modo più preciso le portate di ventilazione alle condizioni microclimatiche e alle esigenze degli animali, si assumono i seguenti miglioramenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortalità della fase = -1,5%</li> <li>- consumo alimento = -2%</li> </ul> <p>Di conseguenza, il costo di produzione dell'allevamento a ciclo chiuso si riduce di 0,015 €/kg di peso vivo prodotto. Cautelativamente, si assume solo la metà circa di questo minore costo, pari a 0,008 €/kg di peso vivo prodotto. Il peso vivo prodotto attribuibile ai 288 posti presenti nella porcilaia è pari a 75.082 kg/anno; quindi, il relativo risparmio totale annuo sul costo di produzione è pari a 601 €</p>
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 4.214 € (70,80 €/hpu)</p> <p>TIR = 11,54%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 10 relativa alla Scheda tecnica n. 5

Tipo ricovero	Porcilaia per la fase di ingrasso
Categoria intervento	Illuminazione
Tipo intervento	Impianto di illuminazione innovativo, con lampade a basso consumo, in sostituzione di quelle presenti nell'impianto tradizionale illustrato nella scheda tecnica
Descrizione intervento	Sostituzione dei tubi fluorescenti tradizionali da 58 W con tubi a LED a basso consumo da 31 W, con analoghe caratteristiche illuminotecniche. Totale: 24 tubi, potenza totale installata di 0,744 kW
Costo intervento	1.610 €
Risparmio energetico ottenibile	946 kWh/anno
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	Per manutenzione nei 15 anni (sostituzione dei tubi tradizionali, degli starter e dei ballast): 2.760 € Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico e dalla riduzione dei costi di manutenzione) Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 2.510 € (42,17 €/hpu) TIR = 21%

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 11 relativa alla Scheda tecnica n. 6

Tipo ricovero	Stalla per vacche da latte
Categoria intervento	Raffrescamento
Tipo intervento	Impianto di ventilazione estiva di soccorso di tipo innovativo (2), con ventilatori tipo "elicottero" e centralina elettronica di regolazione con tecnologia a inverter; il confronto è fatto con un impianto tradizionale (1) costituito da ventilatori a cassone ad asse di rotazione orizzontale e centralina di regolazione a 4 velocità preimpostate
Descrizione intervento	<p><b>Impianto 2 - Stalla:</b> una fila di 5 ventilatori tipo "elicottero" posta fra zona di alimentazione e zona di riposo. Ogni ventilatore ha diametro della girante di 4,4 m, motore con potenza di 1,4 kW e portata massima di 180.000 m<sup>3</sup>/h.  <u>Zona mungitura:</u> 1 ventilatore identico ai precedenti, posto al centro della zona di attesa. Centralina per controllo automatico a variazione continua della velocità, con tecnologia a inverter.</p> <p><b>Impianto 1 - Stalla:</b> una fila di 6 ventilatori ad asse orizzontale posta in corrispondenza della zona di alimentazione e una seconda fila di altri 6 ventilatori posta sulla zona di riposo a cuccette. Ogni ventilatore ha diametro della girante di 1,2 m, motore con potenza di 0,75 kW e portata massima di 37.000 m<sup>3</sup>/h; centralina per controllo automatico a 4 velocità preimpostate.  <u>Zona mungitura:</u> 2 ventilatori identici ai precedenti, posti alla fine della zona di attesa e rivolti verso questa; centralina per controllo automatico a 4 velocità preimpostate.</p>
Costo intervento	Impianto 1: 8.000 € Impianto 2: 15.600 € Differenza: 7.600 €
Risparmio energetico ottenibile	6.689 kWh/anno (differenza fra consumi stimati di 1 e di 2)
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi, benché sia ipotizzabile un beneficio conseguente alle migliori condizioni ambientali del ricovero, per effetto della maggiore portata di ventilazione e della migliore distribuzione dell'aria
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico) Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 7.427 € (62,74 €/hpu) TIR = 16,54%

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 11b relativa alla Scheda tecnica n. 6

Tipo ricovero	Stalla per vacche da latte
Categoria intervento	Riscaldamento
Tipo intervento	Installazione di un recuperatore di calore per pre-riscaldare l'acqua tecnologica
Descrizione intervento	<p>Viene installato uno scambiatore di calore a piastre che agisce sul processo di refrigerazione del latte, con lo scopo di produrre acqua calda tecnologica da utilizzarsi nelle attività connesse alla mungitura. Si ipotizza un allevamento destinato alla produzione di latte alimentare, con refrigerazione del latte a 4°C. Si ipotizzano le seguenti temperature operative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- acqua fredda di rete = 10°C;</li> <li>- acqua tiepida per usi tecnologici = 35°C;</li> <li>- acqua calda da scambiatore = 55°C;</li> <li>- acqua calda per usi tecnologici = 85°C.</li> </ul> <p>L'acqua calda prodotta dallo scambiatore viene accumulata in un serbatoio coibentato da 300 l. Una caldaia a gasolio può fornire il calore supplementare per portare la temperatura dell'acqua a 80-85°C, nel caso di impiego per il lavaggio dell'impianto di mungitura e del tank del latte. Per la produzione di acqua tiepida (25-35°C) è previsto un miscelatore che mescola l'acqua del serbatoio di raccolta con l'acqua fredda di rete.</p>
Costo intervento	2.700 €
Risparmio energetico ottenibile	<p>Consumo di gasolio per riscaldamento dell'acqua:</p> <p>ANTE: 449 kg/anno, pari 4.237 kWh/anno</p> <p>POST: 85 kg/anno, pari a 803 kWh/anno</p> <p>risparmio: 364 kg/anno, pari 3.434 kWh/anno</p>
Durata intervento	15 anni
Minori costi	Nessuno
Costo energia termica	Gasolio: 0,75 €/kg il primo anno; aumento dell'1,9% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 546 € (4,61 €/hpu)</p> <p>TIR = 7,44%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 12 relativa alla Scheda tecnica n. 6

Tipo ricovero	Stalla per vacche da latte
Categoria intervento	Illuminazione
Tipo intervento	Impianto di illuminazione innovativo (2), con lampade a basso consumo, in sostituzione di quelle presenti nell'impianto tradizionale (1) illustrato nella scheda tecnica
Descrizione intervento	<p>Sostituzione dei tubi fluorescenti tradizionali da 58 W con tubi a LED a basso consumo da 31 W, con analoghe caratteristiche illuminotecniche.</p> <p><u>Stalla</u>: 102 tubi, potenza installata di 3,162 kW.  <u>Zona di attesa</u>: 8 tubi, potenza installata di 0,248 kW.  <u>Sala di mungitura</u>: 24 tubi, potenza installata di 0,744 kW.</p> <p>Totale: 134 tubi, potenza totale installata di 4,154 kW.</p>
Costo intervento	8.787 €
Risparmio energetico ottenibile	8.771 kWh/anno
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	<p>Per manutenzione nei 15 anni (sostituzione dei tubi tradizionali, degli starter e dei ballast): 15.410 €.</p> <p>Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi</p>
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico e dalla riduzione dei costi di manutenzione)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 22.053 € (186,29 €/hpu)</p> <p>TIR = 28,73%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 13 relativa alla Scheda tecnica n. 7

Tipo ricovero	Pollaio per polli da carne leggeri (peso vivo unitario finale di 1,75 kg)
Categoria intervento	Coibentazione
Tipo intervento	Aumento del livello di isolamento termico dell'edificio
Descrizione intervento	<p>L'edificio descritto nella scheda tecnica n. 7 è assunto come situazione POST, con l'aggiunta di un isolamento termico a cappotto dei tamponamenti esterni.</p> <p>L'edificio della situazione ANTE differisce per le seguenti caratteristiche: il manto di copertura è realizzato in lastre ondulate rette di fibrocemento; il controsoffitto è realizzato con lastre piane rette di fibrocemento con sovrastante materassino di lana di roccia, che si considera di spessore ridotto (10 mm) perché in stato di conservazione deficitario.</p> <p>L'intervento prevede:</p> <p>a) la rimozione del manto di copertura e del controsoffitto esistenti e la realizzazione di una nuova copertura in pannelli isolanti autoportanti tipo sandwich spessore 60 mm;</p> <p>b) la realizzazione di un isolamento termico a cappotto esterno in lastre di polistirene espanso estruso spessore 50 mm, con rete esterna per intonaco;</p> <p>c) l'esecuzione del nuovo intonaco e relativa tinteggiatura.</p> <p>La trasmittanza unitaria (<math>U</math>) del tetto passa da 2,39 a 0,32 W/m<sup>2</sup> °C e la trasmittanza unitaria media (<math>U_{med}</math>) degli elementi di chiusura dell'edificio passa da 1,97 a 0,51 W/m<sup>2</sup> °C</p>
Costo intervento	54.000 €
Risparmio energetico ottenibile	<p>Consumo di gasolio per riscaldamento:</p> <p>ANTE: 14.904 kg/anno, pari 141.102 kWh/anno</p> <p>POST: 3.402 kg/anno, pari a 32.481 kWh/anno</p> <p>risparmio: 11.502 kg/anno, pari 108.621 kWh/anno</p>
Durata intervento	20 anni
Minori costi	Non si considerano miglioramenti nelle performance dei polli e nei consumi alimentari, benché sia ipotizzabile un beneficio conseguente alle migliori condizioni ambientali del ricovero, con attenuazione degli sbalzi termici e riduzione dei picchi di basse e alte temperature interne
Costo energia termica	Gasolio: 0,75 €/kg il primo anno; aumento dell'1,9% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,91%</p> <p>VAN = 72.486 € (1.098,11 €/hpu)</p> <p>TIR = 16,83%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 14 relativa alla Scheda tecnica n. 7

Tipo ricovero	Pollaio per polli da carne leggeri (peso vivo unitario finale di 1,75 kg)
Categoria intervento	Ventilazione
Tipo intervento	Modifica dell'impianto di ventilazione
Descrizione intervento	Sostituzione della centralina di controllo tradizionale, con regolazione a 4 posizioni preimpostate, con nuova centralina a regolazione continua con tecnologia a inverter. Si assume che i ventilatori già installati debbano essere sostituiti con nuovi ventilatori, di analoghe prestazioni, adatti alla nuova tecnologia
Costo intervento	8.680 €
Risparmio energetico ottenibile	1.191 kWh/anno
Durata intervento	15 anni
Minori costi	<p>Come effetto del miglior funzionamento dell'impianto di ventilazione, che è in grado di adattare in modo più preciso le portate di ventilazione alle condizioni microclimatiche e alle esigenze degli animali, si assumono i seguenti miglioramenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortalità = -1,5%</li> <li>- consumo alimento = -4%</li> </ul> <p>Di conseguenza, il costo di produzione dell'allevamento si riduce di 0,012 €/kg di peso vivo prodotto. Cautelativamente, si assume un minor costo di 0,008 €/kg di peso vivo prodotto. Il peso vivo prodotto nel pollaio è pari a 99.225 kg/anno; quindi, il relativo risparmio totale annuo sul costo di produzione è pari a 794 €</p>
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività investimento	<p>Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico)</p> <p>Tasso di attualizzazione = 4,75%</p> <p>VAN = 10.095 € (152,93 €/hpu)</p> <p>TIR = 18,71%</p>

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 15 relativa alla Scheda tecnica n. 7

Tipo ricovero	Pollaio per polli da carne leggeri (peso vivo unitario finale di 1,75 kg)
Categoria intervento	Illuminazione
Tipo intervento	Impianto di illuminazione innovativo, con lampade a basso consumo, in sostituzione di quelle presenti nell'impianto tradizionale illustrato nella scheda tecnica
Descrizione intervento	Sostituzione dei tubi fluorescenti tradizionali da 58 W con tubi a LED a basso consumo da 31 W, con analoghe caratteristiche illuminotecniche. Totale: 27 tubi, potenza totale installata di 0,837 kW
Costo intervento	2.170 €
Risparmio energetico ottenibile	1.597 kWh/anno
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	Per manutenzione nei 15 anni (sostituzione dei tubi tradizionali, degli starter e dei ballast): 3.105 €. Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico e dalla riduzione dei costi di manutenzione) Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 3.662 € (55,48 €/hpu) TIR = 22,33%

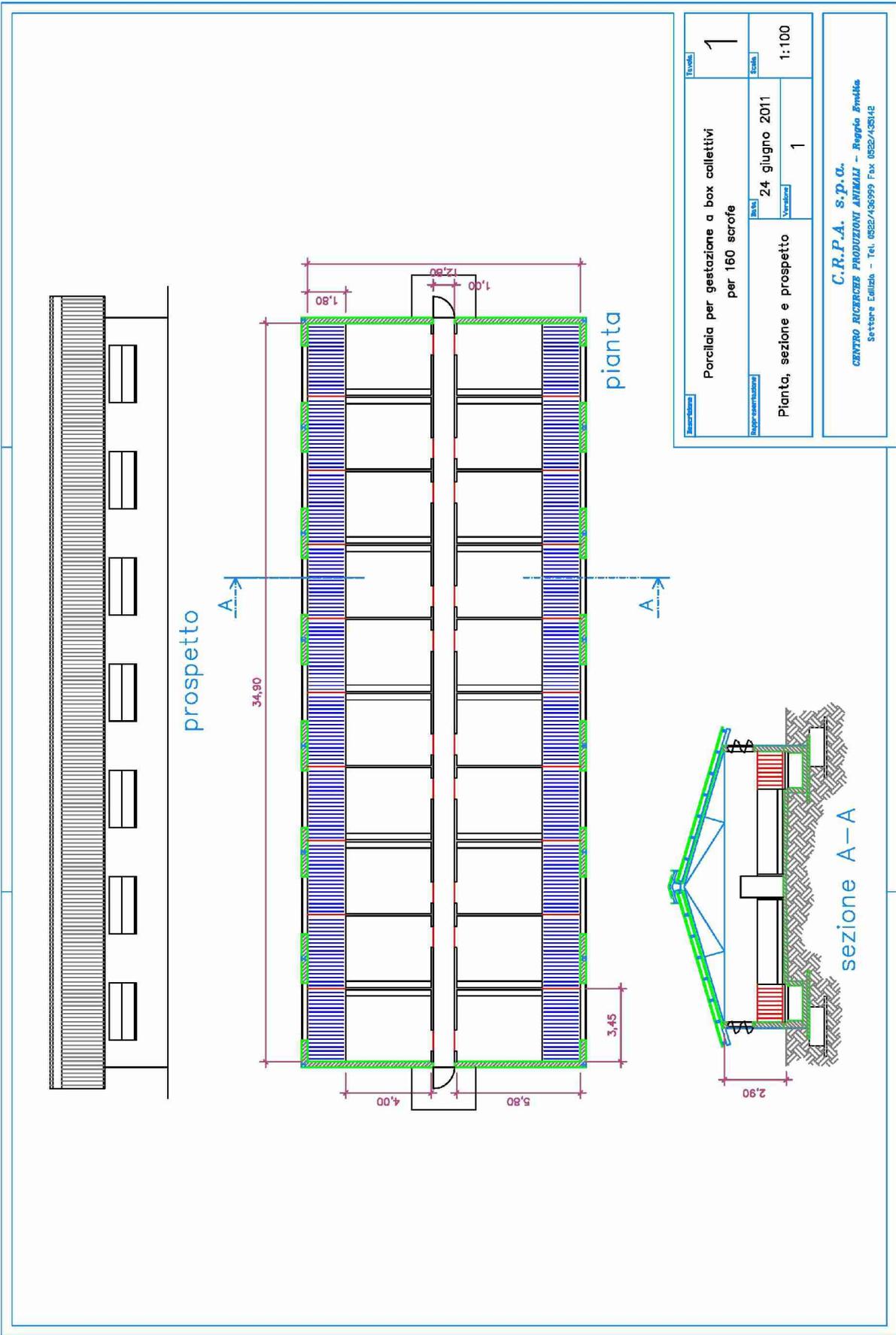
## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 16 relativa alla Scheda tecnica n. 8

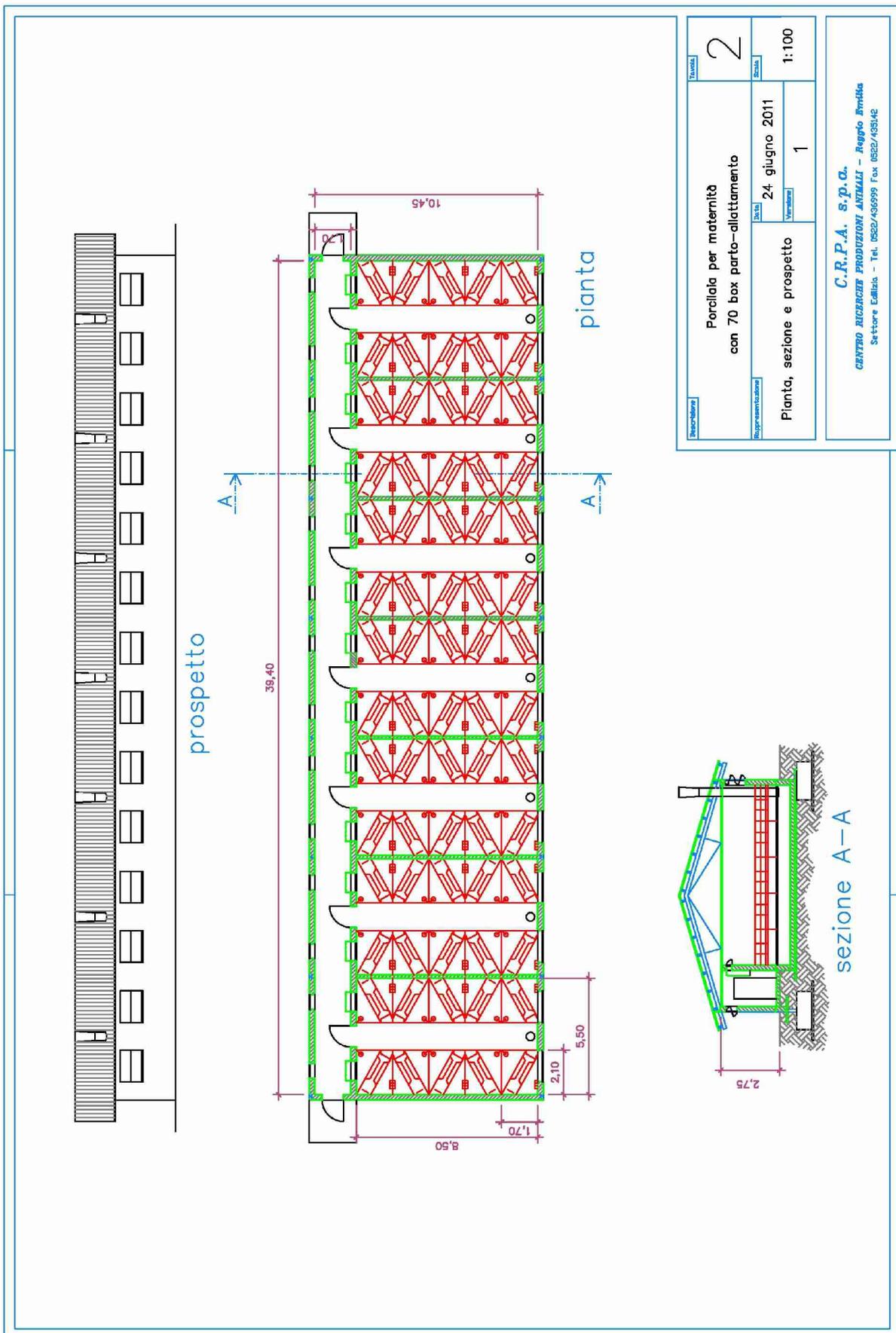
Tipo ricovero	Pollaio per galline ovaiole
Categoria intervento	Ventilazione
Tipo intervento	Modifica dell'impianto di ventilazione
Descrizione intervento	Sostituzione della centralina di controllo tradizionale, con regolazione a 4 posizioni preimpostate, con nuova centralina a regolazione continua con tecnologia a inverter. Si assume che i ventilatori già installati debbano essere sostituiti con nuovi ventilatori, di analoghe prestazioni, adatti alla nuova tecnologia
Costo intervento	10.200 €
Risparmio energetico ottenibile	2.800 kWh/anno
Durata intervento	15 anni
Minori costi	Come effetto del miglior funzionamento dell'impianto di ventilazione, che è in grado di adattare in modo più preciso le portate di ventilazione alle condizioni microclimatiche e alle esigenze degli animali, si assumono i seguenti miglioramenti: - produzione uova vendibili (al netto degli scarti) = +1,5% - consumo alimento = -4% Di conseguenza, il costo di produzione dell'allevamento si riduce di 0,00053 €/uovo prodotto. Le uova prodotte all'anno nel pollaio sono pari a 2.880.000 pezzi; quindi, il relativo risparmio totale annuo sul costo di produzione è pari a 1.526 €
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico) Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 12.201 € (114,89 €/hpu) TIR = 19,19%

## SCHEDA MIGLIORAMENTO N. 17 relativa alla Scheda tecnica n. 8

Tipo ricovero	Pollaio per galline ovaiole
Categoria intervento	Illuminazione
Tipo intervento	Impianto di illuminazione innovativo, con lampade a basso consumo, in sostituzione di quelle presenti nell'impianto tradizionale illustrato nella scheda tecnica
Descrizione intervento	Sostituzione dei tubi fluorescenti tradizionali da 58 W con tubi a LED a basso consumo da 31 W, con analoghe caratteristiche illuminotecniche. Totale: 56 tubi, potenza totale installata di 1,736 kW
Costo intervento	4.099 €
Risparmio energetico ottenibile	4.415 kWh/anno
Durata dell'intervento	15 anni
Minori costi	Per manutenzione nei 15 anni (sostituzione dei tubi tradizionali, degli starter e dei ballast): 6.440 €. Non si ipotizzano effetti sulla produzione e sui relativi costi
Costo energia elettrica	0,20 €/kWh il primo anno; aumento dell'1% per ogni anno successivo
Redditività dell'investimento	Reddito indiretto (mancato esborso derivante dal risparmio energetico e dalla riduzione dei costi di manutenzione). Tasso di attualizzazione = 4,75% VAN = 10.473 € (98,62 €/hpu) TIR = 29,36%

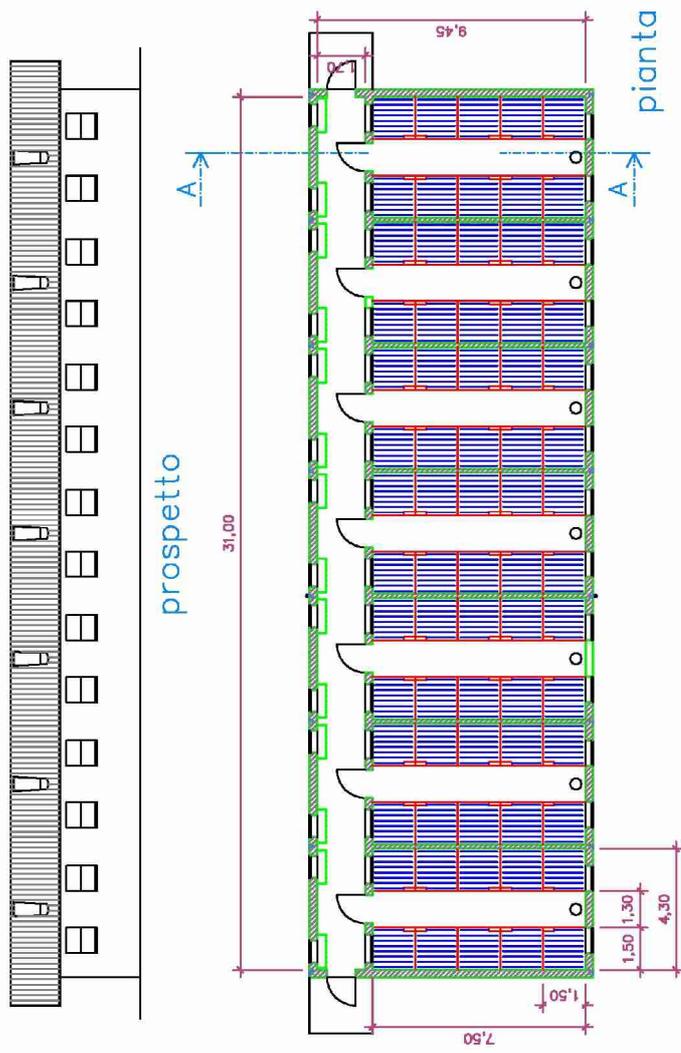
# 7 Tavole



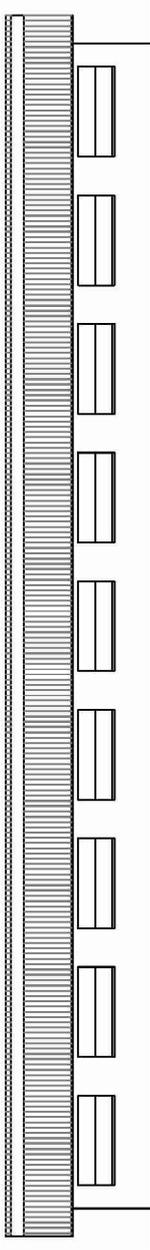


Intervento	Porcilaia per maternità con 70 box parto-allattamento		Tavola	2	
Disegnata/autorizzata	24 giugno 2011	Verificata	1	Scala	1:100
Pianta, sezione e prospetto					

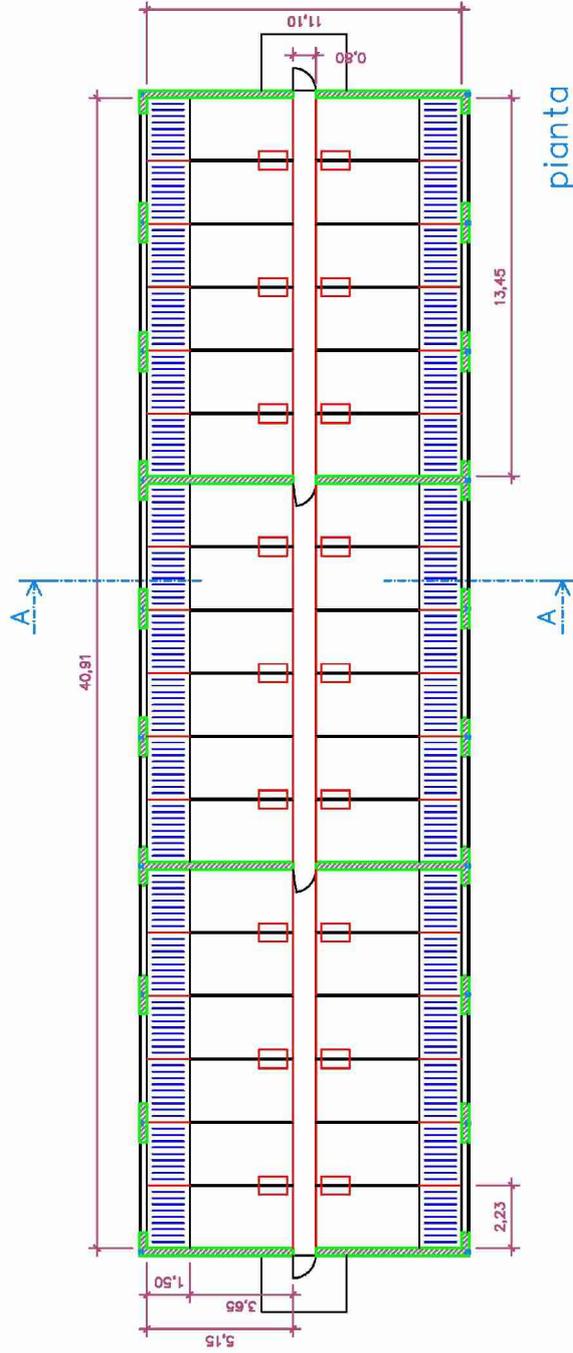
**C.R.P.A. s.p.a.**  
**CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI - Reggio Emilia**  
 Settore Edilizia - Tel. 0522/436999 Fax 0522/435142



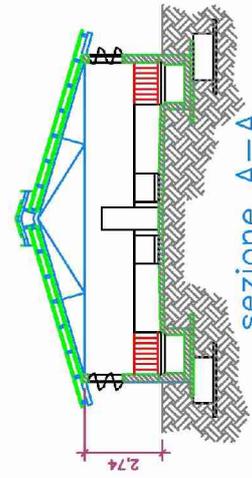
Descrizione <b>Porcilaia per svezzamento per 770 capi (fino a 20 kg p.v.)</b>		Foglio <b>3</b>
Progetto/revisione <b>24 giugno 2011</b>		Scala <b>1:100</b>
Pianta, sezione e prospetto		Versione <b>1</b>
C.R.P.A. S.p.A. CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI - Reggio Emilia Settore Edilizia - Tel. 0522/436999 Fax 0522/435042		



prospetto



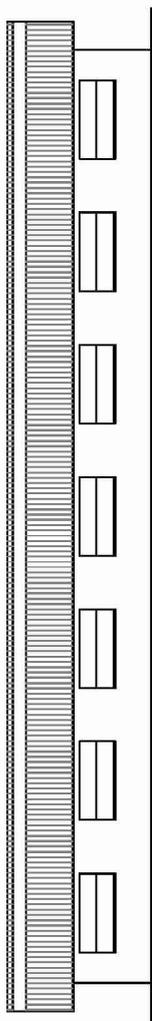
pianta



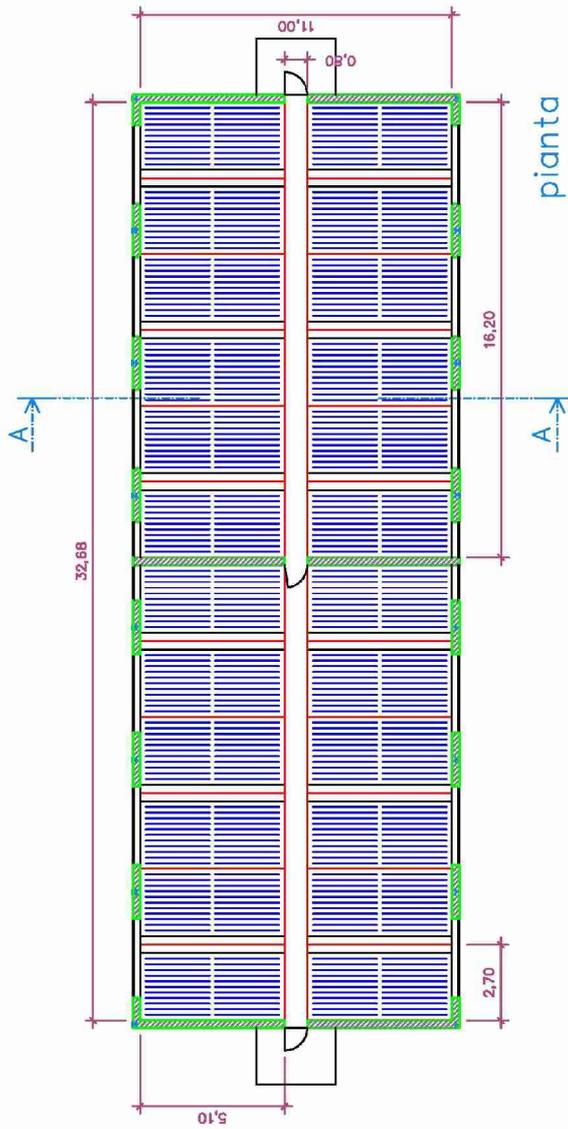
sezione A-A

Descrizione	Porcilaia per accrescimento per 720 capi (fino a 50 kg p.v.)		Tavola	4
Regime di attuazione	24 giugno 2011	Scadenza	1:100	
Pianta, sezione e prospetto		Versione	1	

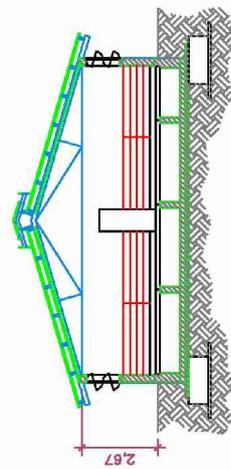
**C.R.P.A. S.p.A.**  
CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI - Reggio Emilia  
Settore Edilizia - Tel. 0522/436998 Fax 0522/435142



prospetto



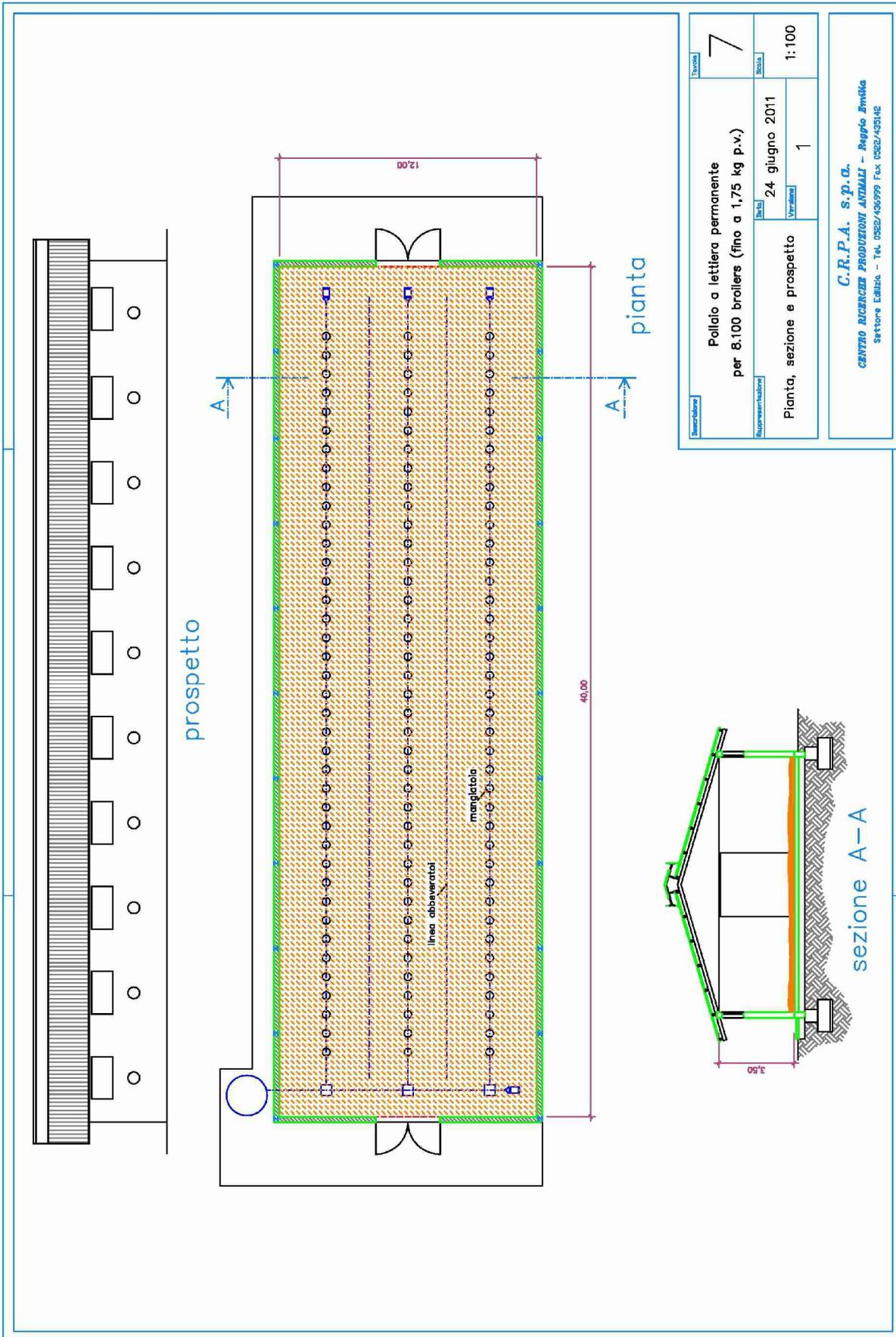
pianta



sezione A-A

Descrizione Parcilia per ingrasso per 288 capi (fino a 160 kg p.v.)		Foglio 5	
Data 24 giugno 2011		Scala 1:100	
Titolo Pianta, sezione e prospetto		Versione 1	
C.R.P.A. S.p.A. CENTRO RICERCHE PRODUZIONI ANIMALI - Reggio Emilia Settore Edilizia - Tel. 0522/438999 Fax 0522/438142			







# 8 Tabelle

**Tabella 2.1** – Consumi energetici medi del campione di aziende suinicole dell'indagine analitica per fonte energetica e per tipologia di operazione (consumi in kWh/anno per UBA)

Operazione	Consumo energia elettrica	%	Consumo energia termica	%
Alimentazione	37,05	18,7	0	0
Ventilazione e riscaldamento <sup>(1)</sup>	94,64	47,7	70,84	69,2
Mangimificio	22,45	11,3	0	0
Rimozione effluenti e cura lettieri	7,5	3,8	1,35	1,3
Trattamento effluenti	7,37	3,7	0	0
Distribuzione effluenti sui terreni	24,4	12,3	30,14	29,5
Illuminazione	5,03	2,5	0	0
TOTALE	198,44	100	102,33	100

(1) Riscaldamento generale (energia termica) e localizzato (energia elettrica).

**Tabella 2.2** – Consumi energetici medi del campione di aziende suinicole da INGRASSO dell'indagine analitica per fonte energetica e per tipologia di operazione (consumi in kWh/anno per UBA)

Operazione	Consumo energia elettrica	%	Consumo energia termica	%
Alimentazione	61,31	27,3	0	0
Ventilazione e riscaldamento <sup>(1)</sup>	95,08	42,3	0	0
Mangimificio	14,32	6,4	0	0
Rimozione effluenti e cura lettieri	10,01	4,4	0	0
Trattamento effluenti	10,06	4,5	0	0
Distribuzione effluenti sui terreni	31,08	13,8	52,75	100
Illuminazione	2,85	1,3	0	0
TOTALE	224,71	100	52,75	100

(1) Riscaldamento generale (energia termica) e localizzato (energia elettrica).

**Tabella 2.3** – Consumi energetici medi del campione di aziende suinicole a CICLO CHIUSO dell'indagine analitica per fonte energetica e per tipologia di operazione (consumi in kWh/anno per UBA)

Operazione	Consumo energia elettrica	%	Consumo energia termica	%
Alimentazione	20,14	11,6	0	0
Ventilazione e riscaldamento <sup>(1)</sup>	85,12	49,1	70,84	81,2
Mangimificio	27,87	16,1	0	0
Rimozione effluenti e cura lettiera	8,39	4,8	1,35	1,5
Trattamento effluenti	6,03	3,5	0	0
Distribuzione effluenti sui terreni	19,39	11,2	15,08	17,3
Illuminazione	6,47	3,7	0	0
TOTALE	173,41	100	87,27	100

(1) Riscaldamento generale (energia termica) e localizzato (energia elettrica).

**Tabella 2.4** – Consumi energetici medi del campione di aziende bovine da latte dell'indagine analitica per fonte energetica e per tipologia di operazione (consumi in kWh/anno per UBA)

Operazione	Consumo energia elettrica	%	Consumo energia termica	%
Alimentazione	79,3	17	437,2	51,9
Ventilazione	93,2	20	0	0
Mungitura	76,1	16,3	54,3	6,4
Raffreddamento latte	55,8	12	0	0
Distribuzione lettiera	0	0	57,1	6,8
Rimozione effluenti	38,2	8,2	41,2	4,9
Trattamento effluenti	84,8	18,2	34,4	4,1
Distribuzione effluenti sui terreni	4,5	1	218	25,9
Illuminazione	34,7	7,4	0	0
TOTALE	466,6	100	842,2	100

**Tabella 2.5** – Consumi energetici medi del campione di allevamenti di galline ovaiole dell'indagine analitica per fonte energetica e per tipologia di operazione (consumi in Wh/anno per posto)

Operazione	Consumo energia elettrica	%	Consumo energia termica	%
Alimentazione	160	5,4	0	0
Ventilazione e raffrescamento	1.285	43,7	0	0
Distribuzione lettiera e rimozione deiezioni	64	2,2	104	33,3
Trattamento effluenti	784	26,7	0	
Trasporto e spandimento effluenti sui terreni	0	0	208	66,7
Raccolta e imballaggio prodotti	199	6,8	0	0
Illuminazione	448	15,2	0	0
TOTALE	2.940	100	312	100

**Tabella 2.6** – Consumi energetici medi del campione di allevamenti di polli da carne dell'indagine analitica per fonte energetica e per tipologia di operazione (consumi in Wh/anno per posto)

Operazione	Consumo energia elettrica	%	Consumo energia termica	%
Alimentazione	186	19,8	0	0
Ventilazione e raffrescamento	370	39,5	0	0
Riscaldamento	252	26,9	6.679	96,3
Distribuzione lettiera e rimozione deiezioni	0	0	194	2,8
Trasporto e spandimento effluenti sui terreni	0	0	64	0,9
Raccolta e imballaggio prodotti	44	4,7	0	0
Illuminazione	85	9,1	0	0
TOTALE	937	100	6.937	100

**Tabella 3.1** – Tavola sinottica della verifica delle tecnologie per il risparmio energetico per tipo di ricovero (i numeri indicati sono quelli delle rispettive schede di miglioramento)

Ricovero	Coibentazione/ riscaldamento	Ventilazione	Raffrescamento	Illuminazione
Porcilaia di gestazione		1	2	3
Porcilaia di maternità	4	5		
Porcilaia di svezzamento	6	7		
Porcilaia di accrescimento	8			
Porcilaia di ingrasso		9		10
Stalla per vacche da latte	11b		11	12
Pollaio per broilers	13	14		15
Pollaio per galline ovaiole		16		17

**Tabella 3.2** – Tavola riassuntiva degli indici di valutazione della redditività degli investimenti proposti nelle schede di miglioramento

<b>N. scheda - Tema</b>	<b>Comparto</b>	<b>Costo intervento</b>	<b>VAN (€)</b>	<b>VAN unitario (€/hpu)</b>	<b>TIR (%)</b>
1 – Ventilazione	Suino	6.500	39.267	739,21	66,33
2 – Raffrescamento	Suino	2.640	3.554	66,91	20,38
3 – Illuminazione	Suino	2.550	5.656	106,48	26,45
4 – Coibentazione	Suino	29.000	26.501	888,70	13,40
5 – Ventilazione	Suino	9.400	10.885	365,02	18,86
6 – Coibentazione	Suino	23.000	32.721	540,13	17,40
7 – Ventilazione	Suino	10.100	538	8,88	5,50
8 – Coibentazione	Suino	17.000	37.798	394,10	23,40
9 – Ventilazione	Suino	8.100	4.214	70,80	11,54
10 – Illuminazione	Suino	1.610	2.510	42,17	21,00
11 – Raffrescamento	Bovino latte	7.600	7.427	62,74	16,54
11b – Riscaldamento	Bovino latte	2.700	546	4,61	7,44
12 – Illuminazione	Bovino latte	8.787	22.053	186,29	28,73
13 – Coibentazione	Avicolo carne	54.000	72.486	1.098,11	16,83
14 – Ventilazione	Avicolo carne	8.680	10.095	152,93	18,71
15 – Illuminazione	Avicolo carne	2.170	3.662	55,48	22,33
16 – Ventilazione	Avicolo uova	10.200	12.201	114,89	19,19
17 – Illuminazione	Avicolo uova	4.099	10.473	98,62	29,36

*Tabella 4.1 – Radiazione globale annua al suolo, su superficie inclinata (kWh/m<sup>2</sup>), per diversi angoli di azimut e di tilt; località Bologna (latitudine 44°30')*

Angolo di azimut	Angolo di tilt				
	7°	11°	16°	20°	32°
0°	1.499	1.532	1.564	1.584	1.606
45°	1.479	1.502	1.525	1.538	1.548
90°	1.426	1.422	1.414	1.405	1.364

*Tabella 4.2 – Radiazione globale giornaliera media mensile (Rggmm) al suolo, su superficie inclinata; località Reggio Emilia (latitudine 44°42'), azimut 0°, tilt 32°*

Mese	Rggmm (Wh/m <sup>2</sup> )
Gennaio	2.711,6
Febbraio	3.493,5
Marzo	4.665,5
Aprile	5.127,5
Maggio	5.642,1
Giugno	5.904,2
Luglio	6.045,4
Agosto	5.495,7
Settembre	4.808,0
Ottobre	3.676,2
Novembre	2.656,8
Dicembre	2.089,7

**Tabella 4.3** – Tariffe incentivanti (€/MWh) previste dal Quinto Conto Energia per impianti fotovoltaici fino a 1 MW di potenza, valide dal 28/02/2013 al 6/07/2013

Potenza (kW)	Impianti su edifici		Altri impianti	
	Tariffa onnicomprensiva	Tariffa premio	Tariffa onnicomprensiva	Tariffa premio
1 ≤ P ≤ 3	182	100	176	94
3 < P ≤ 20	171	89	165	83
20 < P ≤ 200	157	75	151	69
200 < P ≤ 1.000	130	48	124	42

La tariffa premio è riconosciuta per l'energia prodotta ma consumata in sito

**Tabella 4.4** – Confronto fra tariffe incentivanti previste dai Conti Energia per impianti fotovoltaici su edificio con potenza nominale superiore a 20 kW e inferiore o uguale a 200 kW

Conto Energia	Tariffa (€/kWh)
Secondo	0,384 <sup>(1)</sup>
Terzo	0,341 <sup>(2)</sup>
Quarto	0,307 <sup>(3)</sup>
Quinto	0,157 - 0,075 <sup>(4)</sup>

(1) La tariffa è riferita agli impianti parzialmente integrati

(2) La tariffa è riferita agli impianti entrati in esercizio in data successiva al 30/04/11 ed entro il 31/08/11

(3) La tariffa è riferita agli impianti entrati in esercizio nel mese di settembre 2011

(4) Le tariffe si riferiscono agli impianti entrati in esercizio nel secondo semestre di applicazione del Quinto Conto Energia. La prima tariffa è onnicomprensiva, cioè comprende l'incentivo e la remunerazione della vendita dell'energia prodotta, e si applica alla sola energia netta immessa in rete. La seconda tariffa è il premio sull'energia consumata in sito e si applica alla sola quota di energia autoconsumata

Tabella 4.5 – Analisi economica di impianto FV su tetto, Secondo Conto Energia

Parametri	Valori
Superficie disponibile del tetto/terreno (m <sup>2</sup> )	780,00
Superficie captante dei moduli (m <sup>2</sup> )	768,40
Localizzazione	Bologna
Tipo di installazione	su edificio
Tipo di moduli	silicio policristallino
Angolo di azimut (°) - Orientamento rispetto a Sud	0,00
Angolo di tilt (°) - Inclinazione	16,00
Radiazione globale sul piano dei moduli (kWh/m <sup>2</sup> anno)	1.544,16
Rendimento medio annuo	0,75
Energia producibile secondo UNI 10349 (kWh/m <sup>2</sup> anno)	149,58
Potenza nominale (di picco) dell'impianto (kWp)	99,240
Superficie captante per 1 kWp (m <sup>2</sup> )	7,74
Produzione annuale stimata al primo anno (kWh)	114.937
Produzione annuale unitaria stimata al primo anno (kWh/kWp)	1.158
Produzione annuale media stimata (kWh)	105.476
Produzione annuale unitaria media stimata (kWh/kWp)	1.063
Tariffa incentivante (€/kWh)	0,384
Incentivo annuo medio per energia prodotta (€) - ricavo esplicito	41.708
Autoconsumo annuo stimato di energia elettrica (kWh)	50.000
Costo medio unitario energia elettrica primo anno (€/kWh)	0,200
Risparmio annuo medio sulla bolletta (€) - ricavo implicito	11.595
Energia prodotta annua media disponibile per la vendita (kWh)	55.476
Tariffa di vendita iniziale (€/kWh)	0,0960
Ricavo medio vendita energia (€) - ricavo esplicito	6.123
<b>Reddito annuo totale lordo medio nel periodo di incentivo (€)</b>	<b>58.890</b>
<b>Reddito annuo totale lordo medio nel periodo senza incentivo (€)</b>	<b>18.789</b>
Costo unitario impianto (€/kWp)	3.250,00
Costo totale impianto, IVA esclusa (€)	322.530
IVA 10% su costo totale impianto(€)	32.253
Costo corrispettivo connessione (€)	13.296
Costo totale, IVA esclusa (€)	335.826
Costo totale, IVA compresa (€)	368.079
Altri costi, IVA esclusa (€)	0
IVA su altri costi (€)	0
Altri costi, IVA compresa (€)	0
Investimento totale, IVA esclusa (€)	335.826
Investimento totale, IVA compresa (€)	368.079
Durata presunta impianto (anni) - inserire 25 o 30	30
Saggio di interesse (%)	4,50
Tipo rata ammortamento	semestrale
Numero anni di ammortamento	10
Quota ammortamento annuale o semestrale (€)	23.057
Quota manutenzione media annua (€)	6.054
Quota assicurazione media annua (€)	2.018
Totale entrate per gli anni di durata dell'impianto (€)	1.365.696
Totale uscite per gli anni di durata dell'impianto (€)	703.291
Reddito totale netto (€)	662.404
Reddito medio annuo al lordo del capitale investito (€)	34.349
<b>Reddito netto medio annuo (€)</b>	<b>22.080</b>
VAN - Valore Attuale Netto (€) da foglio "VAN"	327.392

Tabella 4.6 – Analisi economica di impianto FV su tetto, Quarto Conto Energia

Parametri	Valori
Superficie disponibile del tetto/terreno (m <sup>2</sup> )	780,00
Superficie captante dei moduli (m <sup>2</sup> )	768,40
Localizzazione	Bologna
Tipo di installazione	su edificio
Tipo di moduli	silicio policristallino
Angolo di azimut (°) - Orientamento rispetto a Sud	0,00
Angolo di tilt (°) - Inclinazione	16,00
Radiazione globale sul piano dei moduli (kWh/m <sup>2</sup> anno)	1.544,16
Rendimento medio annuo	0,75
Energia producibile secondo UNI 10349 (kWh/m <sup>2</sup> anno)	149,58
Potenza nominale (di picco) dell'impianto (kWp)	99,240
Superficie captante per 1 kWp (m <sup>2</sup> )	7,74
Produzione annuale stimata al primo anno (kWh)	114.937
Produzione annuale unitaria stimata al primo anno (kWh/kWp)	1.158
Produzione annuale media stimata (kWh)	105.476
Produzione annuale unitaria media stimata (kWh/kWp)	1.063
Tariffa incentivante (€/kWh)	0,307
Incentivo annuo medio per energia prodotta (€) - ricavo esplicito	33.345
Autoconsumo annuo stimato di energia elettrica (kWh)	50.000
Costo medio unitario energia elettrica primo anno (€/kWh)	0,202
Risparmio annuo medio sulla bolletta (€) - ricavo implicito	11.711
Energia prodotta annua media disponibile per la vendita (kWh)	55.476
Tariffa di vendita iniziale (€/kWh)	0,0970
Ricavo medio vendita energia (€) - ricavo esplicito	6.186
<b>Reddito annuo totale lordo medio nel periodo di incentivo (€)</b>	<b>50.701</b>
<b>Reddito annuo totale lordo medio nel periodo senza incentivo (€)</b>	<b>18.979</b>
Costo unitario impianto (€/kWp)	2.800,00
Costo totale impianto, IVA esclusa (€)	277.872
IVA 10% su costo totale impianto(€)	27.787
Costo corrispettivo connessione (€)	13.296
Costo totale, IVA esclusa (€)	291.168
Costo totale, IVA compresa (€)	318.955
Altri costi, IVA esclusa (€)	0
IVA su altri costi (€)	0
Altri costi, IVA compresa (€)	0
Investimento totale, IVA esclusa (€)	291.168
Investimento totale, IVA compresa (€)	318.955
Durata presunta impianto (anni) - inserire 25 o 30	30
Saggio di interesse (%)	4,50
Tipo rata ammortamento	semestrale
Numero anni di ammortamento	10
Quota ammortamento annuale o semestrale (€)	19.980
Quota manutenzione media annua (€)	5.215
Quota assicurazione media annua (€)	1.738
Totale entrate per gli anni di durata dell'impianto (€)	1.203.819
Totale uscite per gli anni di durata dell'impianto (€)	608.219
Reddito totale netto (€)	595.600
Reddito medio annuo al lordo del capitale investito (€)	30.485
<b>Reddito netto medio annuo (€)</b>	<b>19.853</b>
VAN - Valore Attuale Netto (€) da foglio "VAN"	289.143

Tabella 4.7 – Analisi economica di impianto FV su tetto, Quinto Conto Energia

Parametri	Valori
Superficie disponibile del tetto/terreno (m <sup>2</sup> )	780,00
Superficie captante dei moduli (m <sup>2</sup> )	768,40
Localizzazione	Bologna
Tipo di installazione	su edificio
Tipo di moduli	silicio policristallino
Angolo di azimut (°) - Orientamento rispetto a Sud	0,00
Angolo di tilt (°) - Inclinazione	16,00
Radiazione globale sul piano dei moduli (kWh/m <sup>2</sup> anno)	1.544,16
Rendimento medio annuo	0,75
Energia producibile secondo UNI 10349 (kWh/m <sup>2</sup> anno)	149,58
Potenza nominale (di picco) dell'impianto (kWp)	99,24
Superficie captante per 1 kWp (m <sup>2</sup> )	7,74
Produzione annuale stimata al primo anno (kWh)	114.937
Produzione annuale unitaria stimata al primo anno (kWh/kWp)	1.158
Produzione annuale media stimata (kWh)	105.476
Produzione annuale unitaria media stimata (kWh/kWp)	1.063
Tariffa incentivante (€/kWh)	0,157
Incentivo annuo medio per energia prodotta (€) - ricavo esplicito	9.203
Autoconsumo annuo stimato di energia elettrica (kWh)	50.000
Costo medio unitario energia elettrica primo anno (€/kWh)	0,206
Risparmio annuo medio sulla bolletta (€) - ricavo implicito	11.943
Tariffa premio per autoconsumo (€/kWh)	0,0750
Ricavo medio per tariffa premio (€) - ricavo esplicito	3.750
Tariffa di vendita iniziale (€/kWh)	0,0990
Ricavo medio vendita energia (€) - ricavo esplicito	6.211
<b>Reddito annuo totale lordo medio nel periodo di incentivo (€)</b>	<b>24.292</b>
<b>Reddito annuo totale lordo medio nel periodo senza incentivo (€)</b>	<b>19.360</b>
Costo unitario impianto (€/kWp)	1.400
Costo totale impianto, IVA esclusa (€)	138.936
IVA 10% su costo totale impianto (€)	13.894
Costo corrispettivo connessione (€)	13.296
Costo totale, IVA esclusa (€)	152.232
Costo totale, IVA compresa (€)	166.125
Altri costi, IVA esclusa (€)	0
IVA su altri costi (€)	0
Altri costi, IVA compresa (€)	0
Investimento totale, IVA esclusa (€)	152.232
Investimento totale, IVA compresa (€)	166.125
Durata presunta impianto (anni) - inserire 25 o 30	30
Saggio di interesse (%)	4,50
Tipo rata ammortamento	semestrale
Numero anni di ammortamento	10
Quota ammortamento annuale o semestrale (€)	10.406
Quota manutenzione annua (€): 1,5%	2.608
Quota assicurazione annua (€): 0,5%	869
Totale entrate per gli anni di durata dell'impianto (€)	679.451
Totale uscite per gli anni di durata dell'impianto (€)	312.438
Reddito totale netto (€)	367.012
Reddito medio annuo al lordo del capitale investito (€)	17.771
<b>Reddito netto medio annuo (€)</b>	<b>12.234</b>
VAN - Valore Attuale Netto (€) da foglio "VAN"	157.614

**Tabella 4.8** – Produzione unitaria di energia elettrica (kWh/m<sup>2</sup> anno) degli impianti FV monitorati

Impianto	Anno 2010	Anno 2011	Anno 2012
P1	164,87	175,05	155,63
P2	142,28	149,32	131,26
P3	199,29*	210,27	
S		169,69	162,31
C			153,75
G1			82,00
G2			113,07

\* La media deriva dagli ultimi 8 mesi del 2010 e dai primi 4 mesi del 2012

**Tabella 4.9** – Indicatori di redditività dell'investimento per gli impianti FV monitorati

Impianto	VAN (€)	TIR (%)
P1	445.253	15,20
P2	237.427	10,58
P3	1.637.243	13,64
S	212.958	11,25
C	558.288	10,47
G1	184.689	11,27
G2	275.664	12,02

*Tabella 4.10 – Superficie coperta stimata dei ricoveri zootecnici dell'Emilia-Romagna per tipo d'allevamento*

<i>Allevamento</i>	<i>Superficie coperta (m<sup>2</sup>)</i>
Bovini, allevamenti da latte	4.488.530
Bovini, allevamenti da carne	471.580
Suini, allevamenti da riproduzione	57.865
Suini, allevamenti da ingrasso	934.254
Suini, allevamenti a ciclo chiuso	288.783
Ovicapriani, allevamenti da latte	81.641
Ovicapriani, allevamenti da carne	61.079
Avicoli, allevamenti di galline	530.063
Avicoli, allevamenti di polli da carne	2.089.631
Avicoli, allevamenti di tacchini	515.592
<b>TOTALE</b>	<b>9.519.018</b>

*Tabella 4.11 – Superficie coperta stimata degli edifici rurali dell'Emilia-Romagna per tipo d'allevamento*

<i>Allevamento</i>	<i>Superficie coperta (m<sup>2</sup>)</i>
Bovino	8.928.198
Suino	1.793.263
Ovicaprino	214.080
Avicolo	3.605.579
<b>TOTALE</b>	<b>14.541.120</b>

**Tabella 4.12** – Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata (in kWh/m<sup>2</sup>) relativa ai 3 impianti pilota per il solare termico

Mese	Impianto A	Impianto T	Impianto B
Gennaio	3,15	2,29	3,11
Febbraio	3,76	3,08	3,83
Marzo	4,66	4,34	4,79
Aprile	4,80	5,11	4,92
Maggio	5,03	5,86	5,14
Giugno	5,13	6,27	5,27
Luglio	5,33	6,37	5,44
Agosto	4,97	5,55	5,15
Settembre	4,62	4,66	4,78
Ottobre	3,84	3,36	3,90
Novembre	3,00	2,29	2,97
Dicembre	2,46	1,76	2,39

**Tabella 4.13** – Stima della produzione mensile e annua di energia termica da fonte solare (in kWh) nei 3 impianti pilota per il solare termico

Mese	Impianto A	Impianto T	Impianto B
Gennaio	174,5	133,0	426,6
Febbraio	189,8	186,2	478,7
Marzo	258,2	324,0	657,0
Aprile	216,3	410,2	491,4
Maggio	226,5	493,8	621,5
Giugno	309,7	525,0	790,0
Luglio	360,5	497,1	922,6
Agosto	275,4	460,3	706,3
Settembre	247,7	374,0	634,5
Ottobre	212,7	250,8	534,9
Novembre	160,8	147,0	394,2
Dicembre	136,3	102,2	327,8
<b>Totale annuo</b>	<b>2.768,5</b>	<b>3.903,7</b>	<b>6.985,4</b>

# 9 Figure

La fonte delle figure (fotografie, disegni, schemi), se non altrimenti specificato, è: CRPA SpA

*Figura 1.1* – Impianto eolico presso un allevamento di bovini da latte



*Figura 1.2* – Impianto di biogas presso un allevamento di bovini da latte



*Figura 1.3* – Impianto fotovoltaico a terra presso un'azienda agrozootecnica



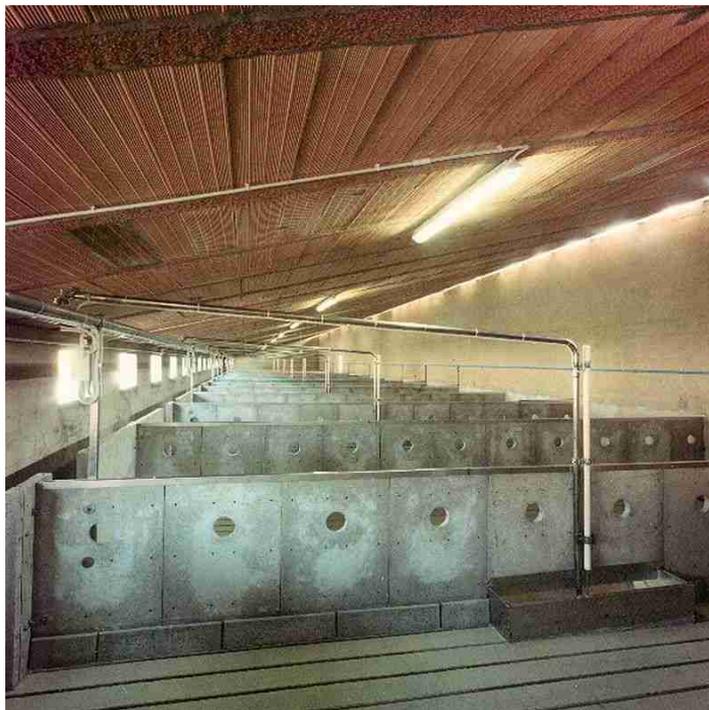
*Figura 2.1* – Impianto di ventilazione in depressione con camino in una porcilaia



*Figura 2.2* – Impianto di riscaldamento a tubi alettati in una porcilaia (fonte: Ikadan)



*Figura 2.3* – Impianto di alimentazione liquida con truogolo corto in una porcilaia (fonte: Cima)



*Figura 2.4* – Serbatoio di raffreddamento del latte



*Figura 2.5* – Pompa del vuoto di un impianto di mungitura per vacche da latte



Figura 2.6 – Robot di mungitura per vacche da latte



Figura 2.7 – Sala di mungitura a giostra per vacche da latte



*Figura 2.8* – Impianto automatico di asportazione degli effluenti (raschiatore a farfalla) in una stalla per bovini da latte



*Figura 2.9* – Carro trincia-miscelatore per la preparazione e la distribuzione dell'alimento



*Figura 2.10* – Ventilatore di grande diametro ad asse di rotazione verticale per la ventilazione estiva di soccorso in una stalla per bovine da latte



*Figura 2.11* – Galline ovaiole allevate in gabbie modificate



Figura 3.1 – Rappresentazione schematica dell'efficienza energetica:  $\eta = E_{out} / E_{in}$

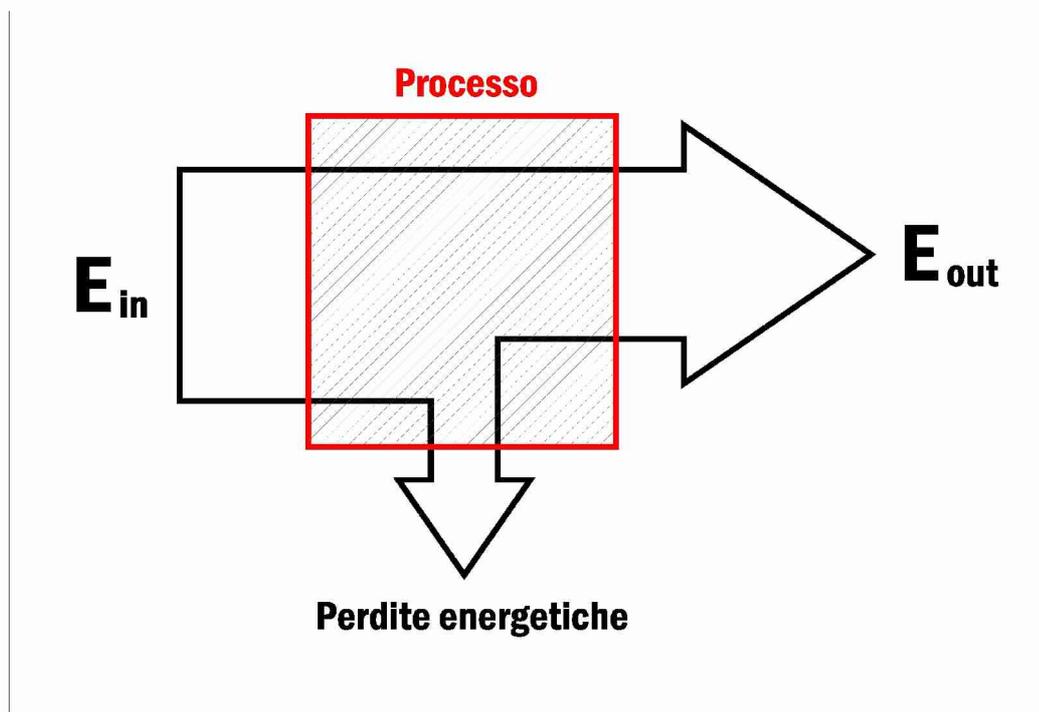


Figura 3.2 – Rete frangivento e frangisole in una stalla per vacche da latte



*Figura 3.3* – Caldaia murale a gas installata in un locale di servizio della zona di mungitura di una stalla per vacche da latte



*Figura 3.4* – Scambiatore di calore a fluido bifase installato in una porcilaia



*Figura 3.5* – Soffitto filtrante e diffusore installato in una porcilaia



*Figura 3.6* – Prototipo di carro-robot sospeso su rotaia per la distribuzione di foraggio affienato e mangime



Figura 3.7 – Carro-robot su ruote gommaste per la distribuzione di *unifeed* (fonte: Lely)

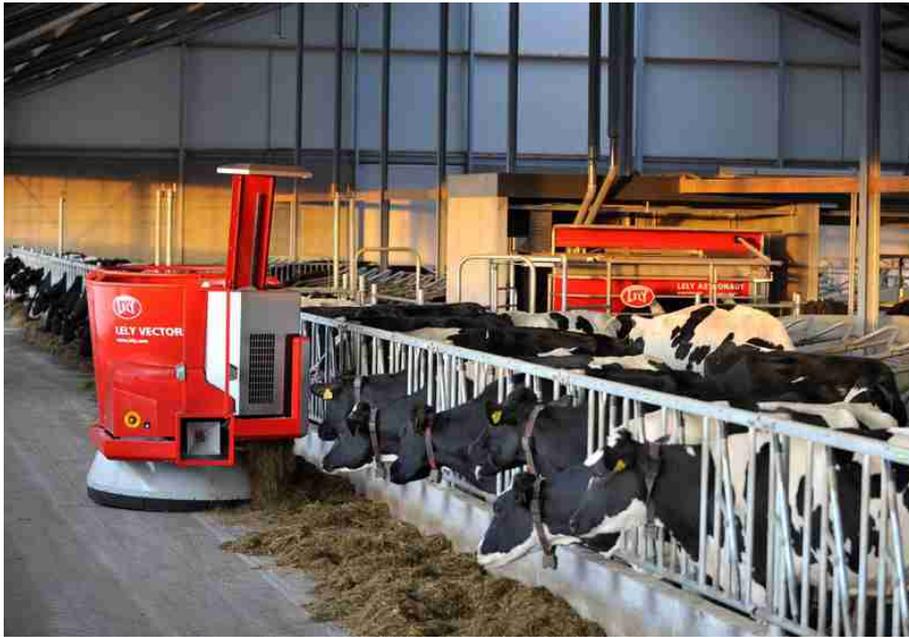
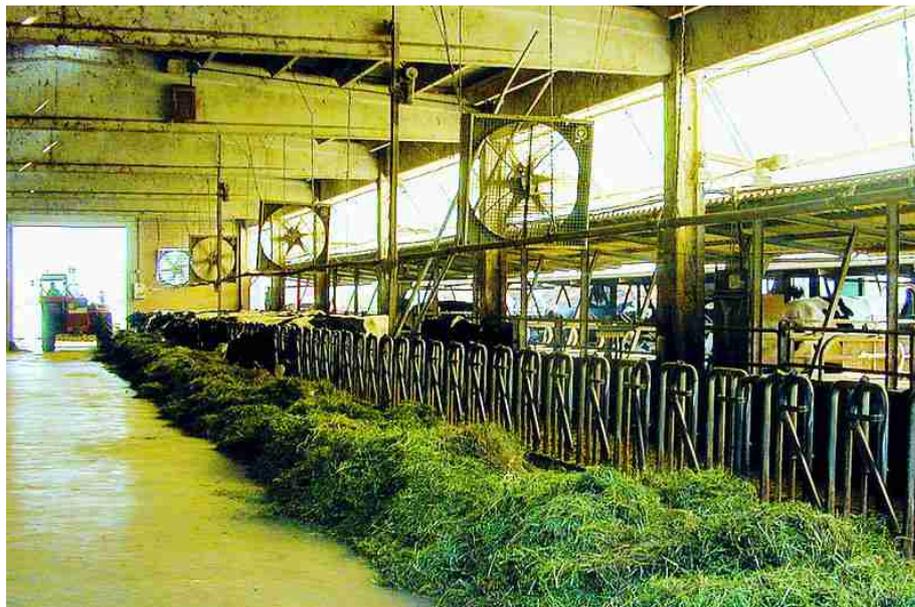


Figura 3.8 – Robot per l'avvicinamento del foraggio alla mangiatoia (fonte: Lely)



*Figura 3.9* – Ventilatori ad asse di rotazione orizzontale per la ventilazione estiva di soccorso



*Figura 3.10* – Ventilatore a “elicottero” per il raffreddamento estivo dei bovini



Figura 3.11 – Raschiatore a fune: si nota la puleggia e il gruppo motore arrotolatore



Figura 3.12 – Schemi di ventilazione artificiale: estrazione bassa bilaterale(g); pressione dall'alto (a)

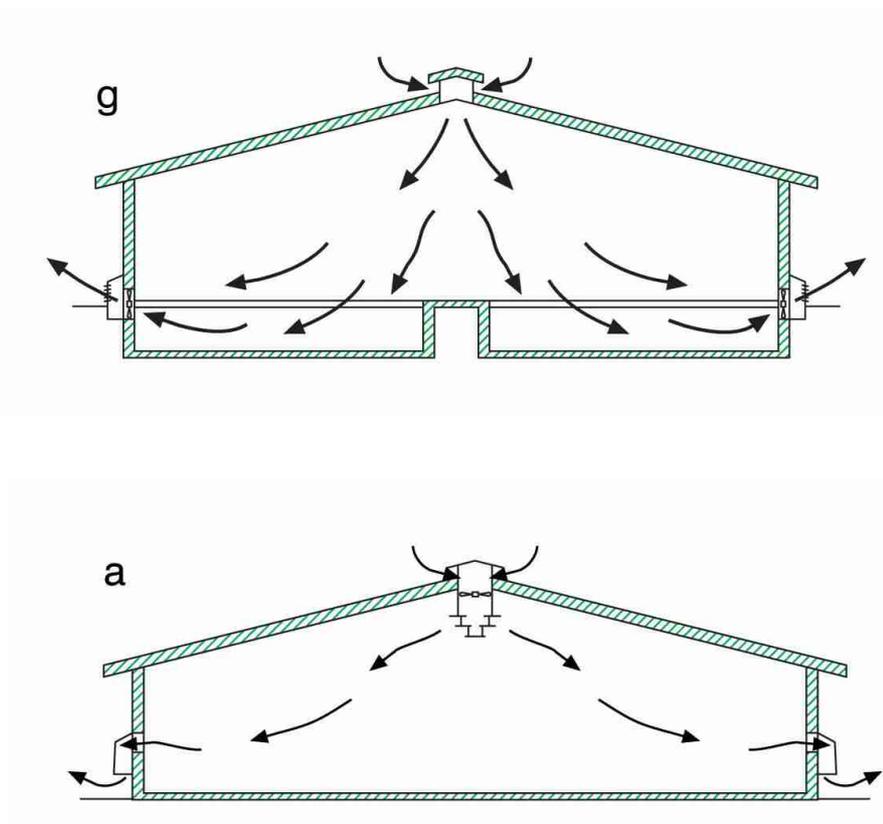


Figura 3.13 – Schemi di ventilazione artificiale: estrazione bassa con camino (d), estrazione trasversale da parete a parete (m)

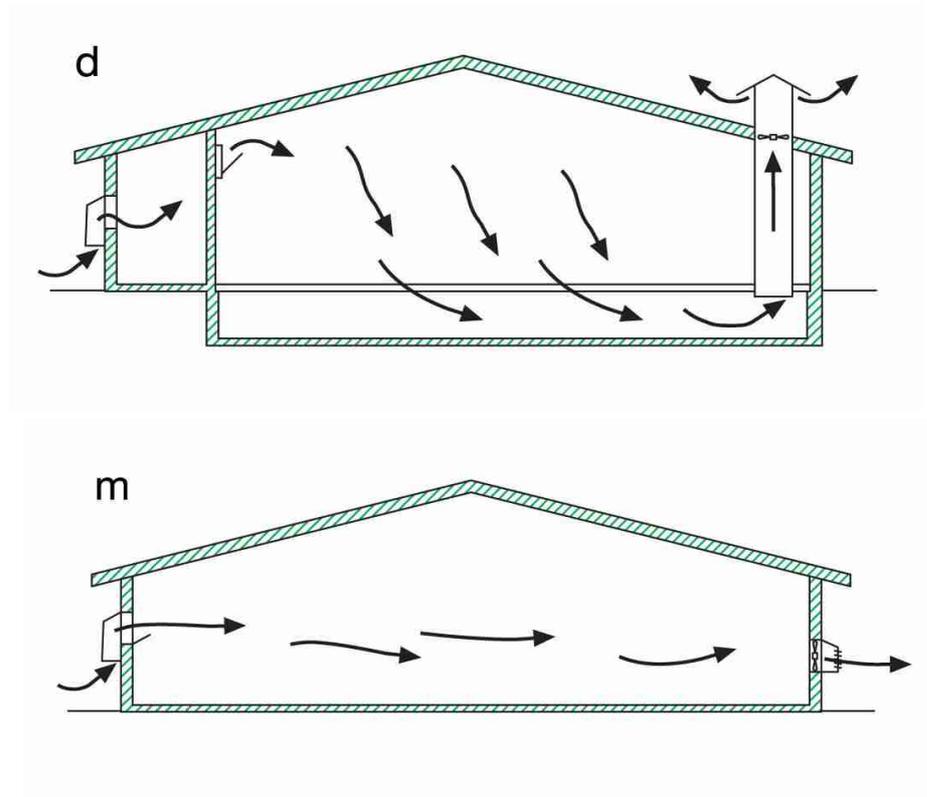


Figura 4.1 – Variazione della radiazione globale e delle quote di radiazione diretta e diffusa in base alle condizioni atmosferiche

Radiazione solare	Condizioni atmosferiche							
	Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
globale	1000 W/m <sup>2</sup>	600 W/m <sup>2</sup>	500 W/m <sup>2</sup>	400 W/m <sup>2</sup>	300 W/m <sup>2</sup>	200 W/m <sup>2</sup>	100 W/m <sup>2</sup>	50 W/m <sup>2</sup>
diretta	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

Figura 4.2 – Radiazione totale annua (kWh/m<sup>2</sup>) su moduli FV esposti in modo ottimale in Italia



(Fonte: Photovoltaic Geographical Information System – PVGIS; Joint Research Centre, European Commission)

Figura 4.3 – Moduli FV in silicio monocristallino



Figura 4.4 – Rappresentazione schematica dell'angolo di azimut ( $\gamma$ )

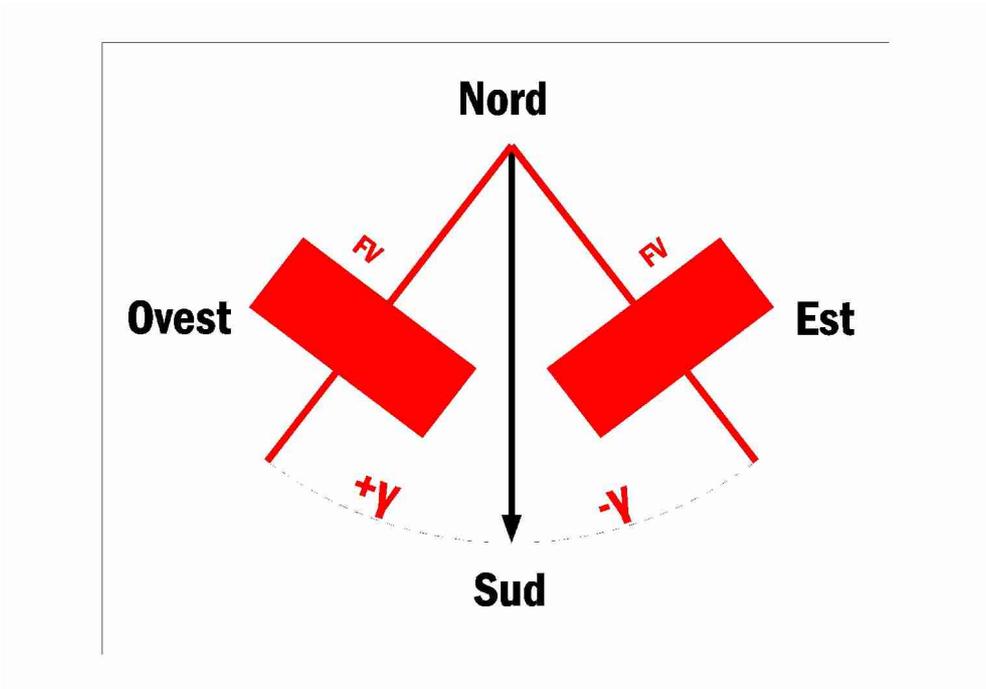


Figura 4.5 – Variazione della radiazione incidente al variare dell'angolo di azimut

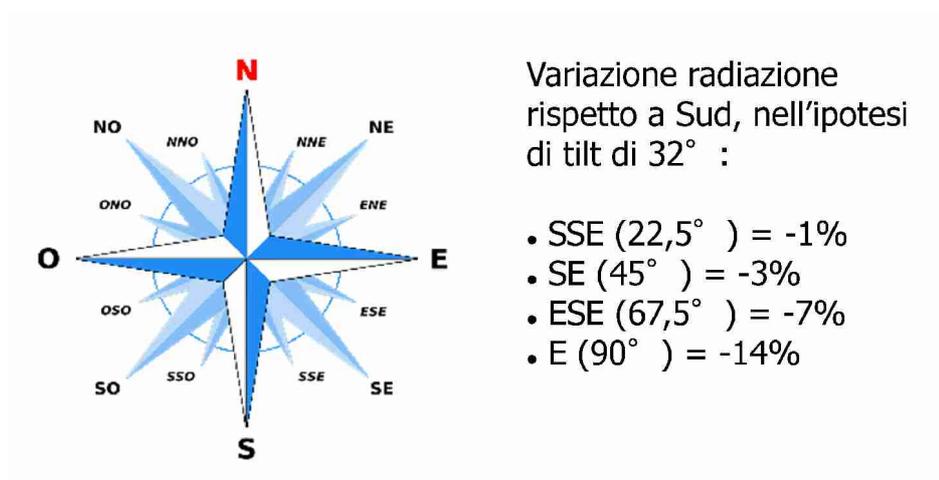
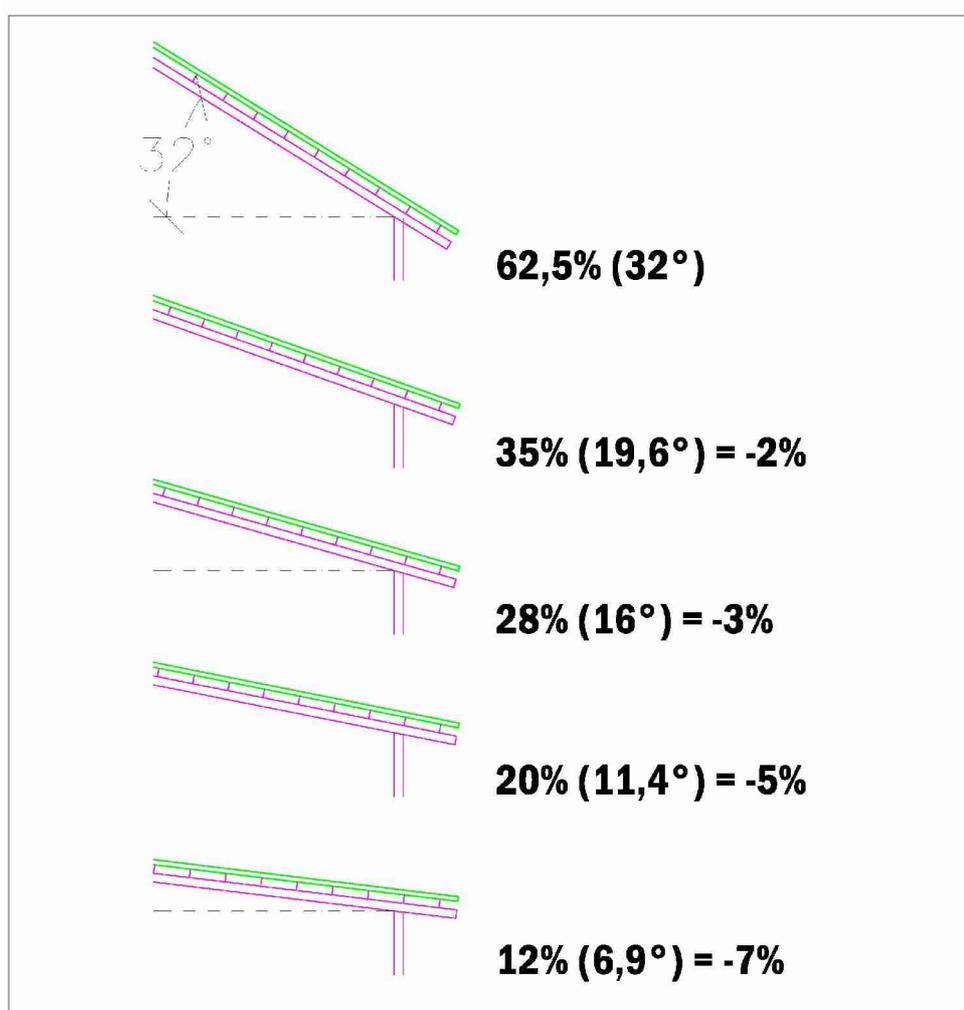


Figura 4.6 – Variazione della radiazione incidente al variare della pendenza della falda del tetto (angolo di tilt) rispetto all'inclinazione di  $32^\circ$ , nell'ipotesi di azimut di  $0^\circ$



*Figura 4.7* – Impianto fotovoltaico P1: il generatore è installato sul tetto di una stalla per vacche da latte



*Figura 4.8* – Impianto fotovoltaico P1: gli inverter sono collocati sul solaio della zona di mungitura



*Figura 4.9* – Impianto fotovoltaico P2: nella sezione 1 i moduli sono installati sul tetto della vecchia stalla



*Figura 4.10* – Gli impianti su tetto dell'Azienda Prandi: in primo piano l'impianto P2 della stalla vecchia (sezione 1), a sinistra l'impianto P2 del fienile (sezione 2) e sullo sfondo l'impianto P1 della stalla nuova



*Figura 4.11* – Impianto fotovoltaico P2: gli inverter sono collocati nella ex sala latte della stalla vecchia



*Figura 4.12* – Impianto fotovoltaico P2: il trasformatore



Figura 4.13 – Impianto fotovoltaico P3



Figura 4.14 – Impianto fotovoltaico P3: i moduli sono installati su strutture d'acciaio ancorate a terra



*Figura 4.15* – Impianto fotovoltaico P3: gli inverter sono installati al disotto dei moduli



*Figura 4.16* – Impianto fotovoltaico P3: cabina di trasformazione BT/MT



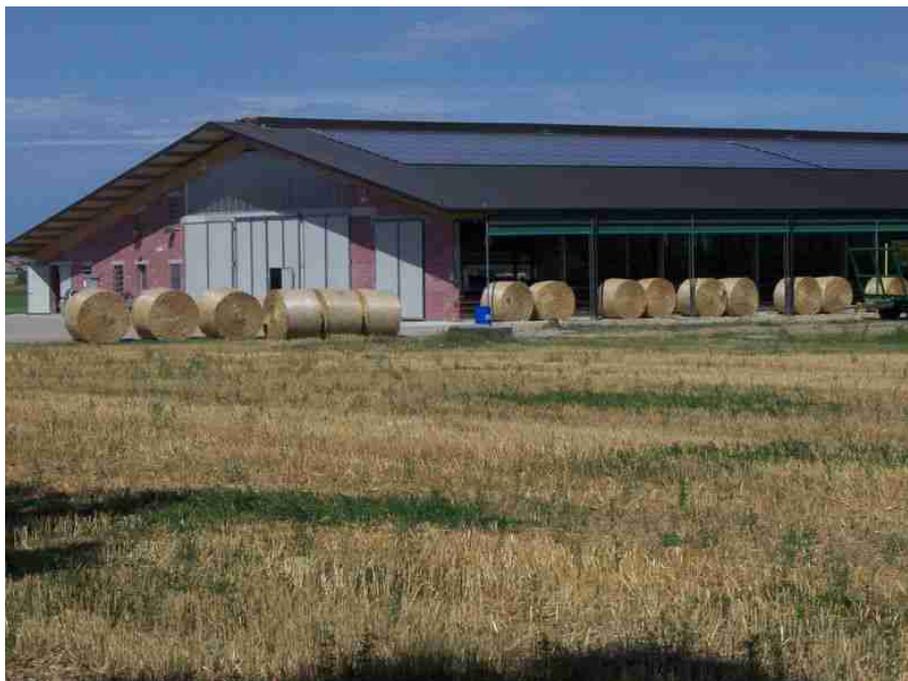
Figura 4.17 – Impianto fotovoltaico P3: il trasformatore e i quadri elettrici nel primo comparto della cabina



Figura 4.18 – Impianto fotovoltaico P3: il contatore ufficiale della produzione di energia elettrica nel secondo comparto della cabina



*Figura 4.19* – Impianto fotovoltaico S: il generatore è installato sul tetto di una stalla per vacche da latte



*Figura 4.20* – Impianto fotovoltaico S: fase di installazione dei moduli sulla falda Sud della stalla



*Figura 4.21* – Impianto fotovoltaico S: fase di installazione dei due inverter che controllano le due sezioni dell'impianto



*Figura 4.22* – Impianto fotovoltaico C: veduta dell'allevamento, con le porcilaie su cui sono montate le sezioni del generatore; al centro la cabina di trasformazione a torre



*Figura 4.23* – Impianto fotovoltaico C: moduli installati sui tetti di due porcilaie



*Figura 4.24* – Impianto fotovoltaico C: uno dei due prefabbricati all'interno dei quali sono posizionati gli inverter



Figura 4.25 – Impianto fotovoltaico G1, falda Ovest



Figura 4.26 – Impianto fotovoltaico G1: il prefabbricato contenente gli inverter e i quadri elettrici



*Figura 4.27* – Impianto fotovoltaico G2: i moduli della sezione 1



*Figura 4.28* – Impianto fotovoltaico G2: quadri elettrici di derivazione delle sezioni 1 e 2



Figura 4.29 – Impianto fotovoltaico G2: inverter della sezione 1



Figura 4.30 – Impianto fotovoltaico G2: sezione 3



*Figura 4.31* – Impianto fotovoltaico G2: sezione 4



*Figura 4.32* – Impianto fotovoltaico G2: gli inverter delle sezioni 3 e 4



Figura 4.33 – Produzioni mensili di energia elettrica dell'impianto P1 negli anni di monitoraggio (2010-2012)

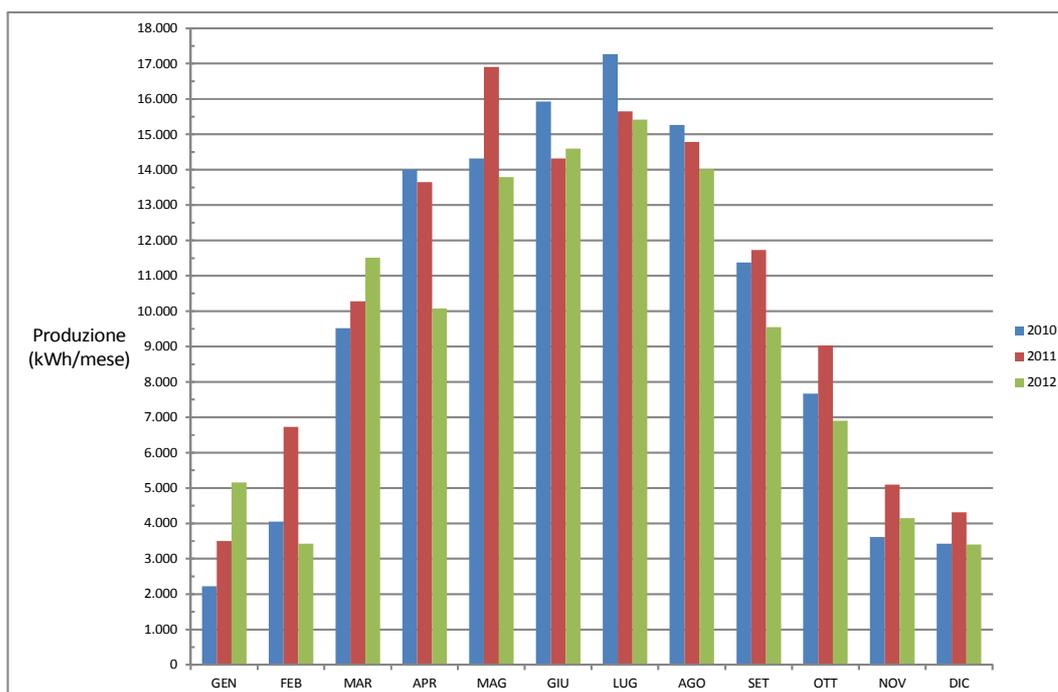


Figura 4.34 – Produzioni giornaliere di energia elettrica dell'impianto P1 nel mese di maggio 2011

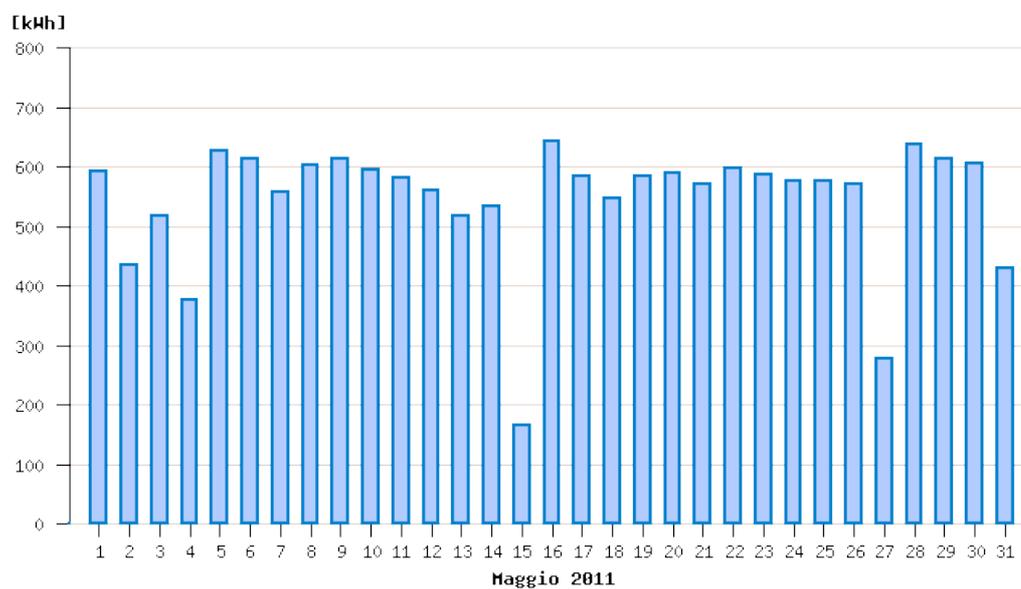


Figura 4.35 – Produzioni giornaliere di energia elettrica dell'impianto P1 nel mese di luglio 2010

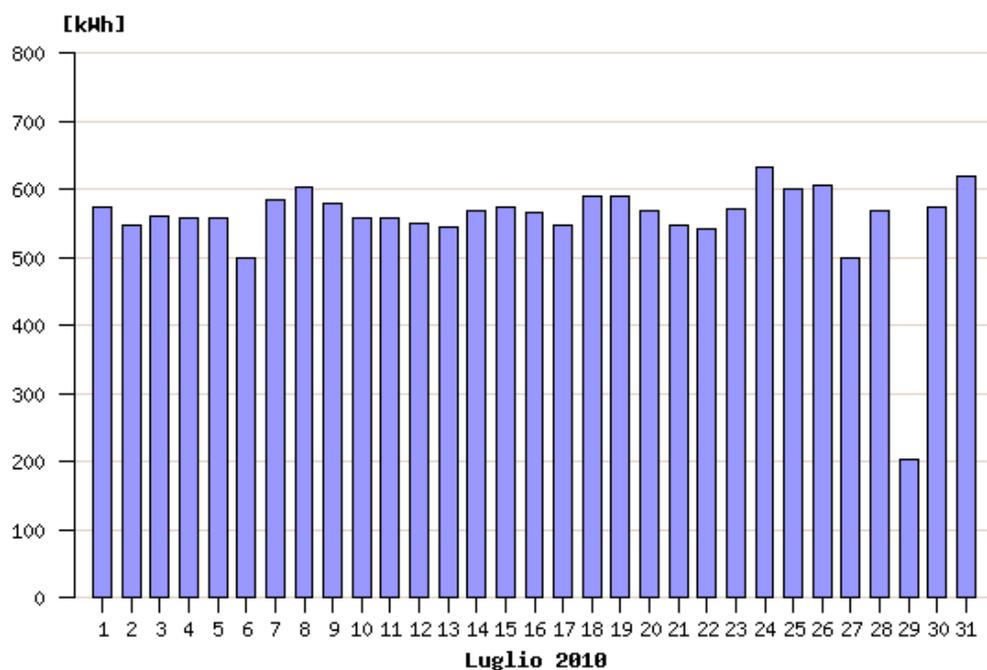


Figura 4.36 – Produzioni giornaliere di energia elettrica dell'impianto P1 nel mese di marzo 2012

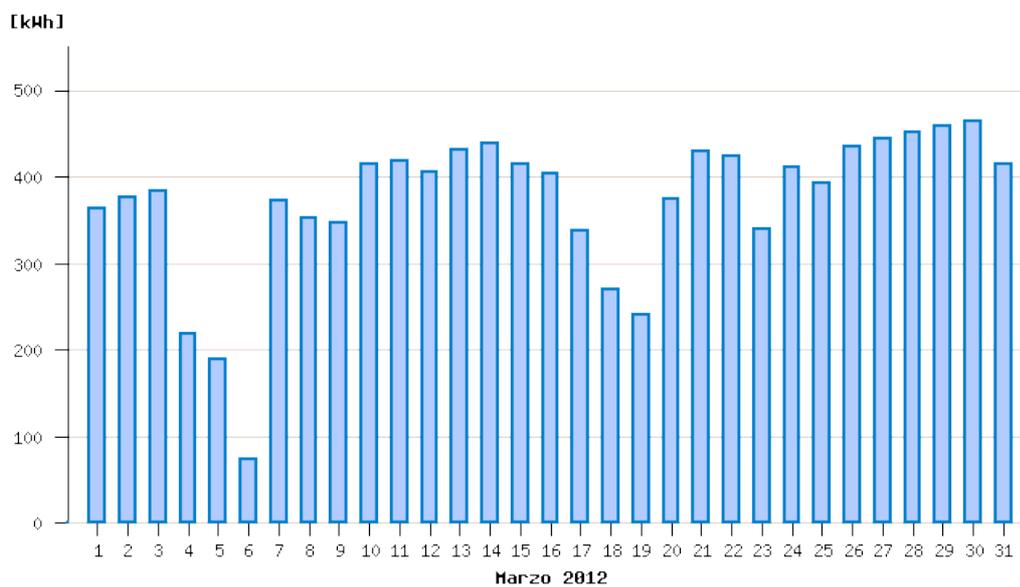


Figura 4.37 – Produzioni giornaliere di energia elettrica dell'impianto P1 nel mese di luglio 2012

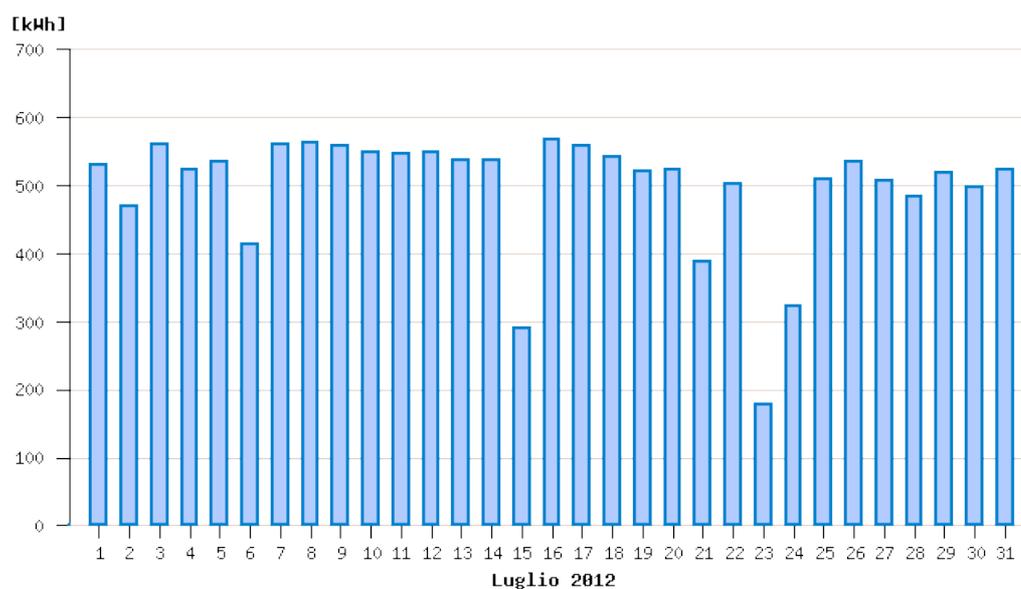


Figura 4.38 – Irraggiamento solare (Intensitr) e potenza erogata dall'impianto P1 nel giorno 31 maggio 2010

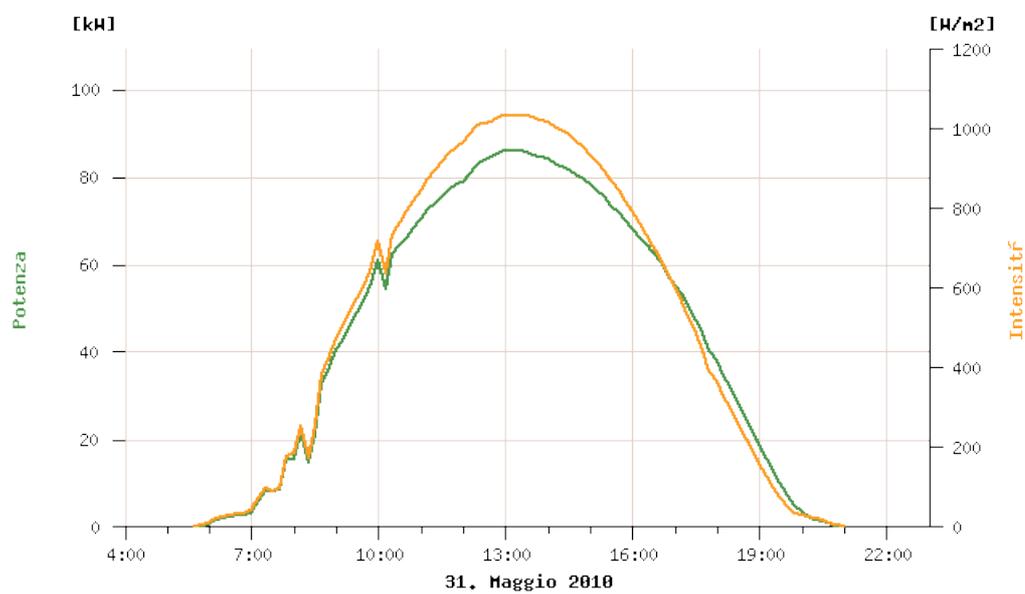


Figura 4.39 – Potenza erogata dall'impianto P1 nel giorno 16 maggio 2011

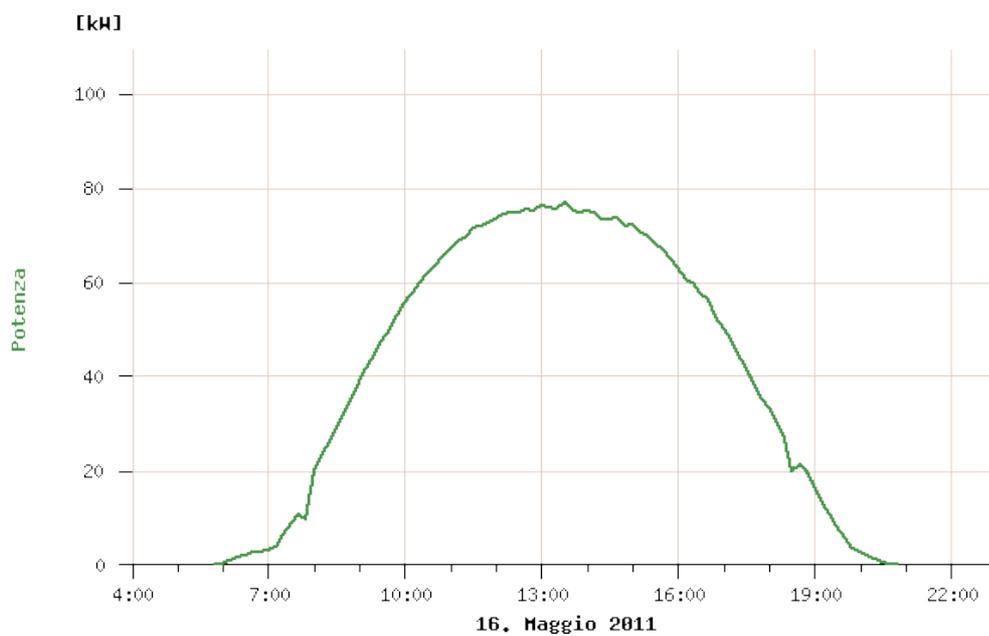


Figura 4.40 – Potenza erogata dall'impianto P1 nel giorno 17 maggio 2012

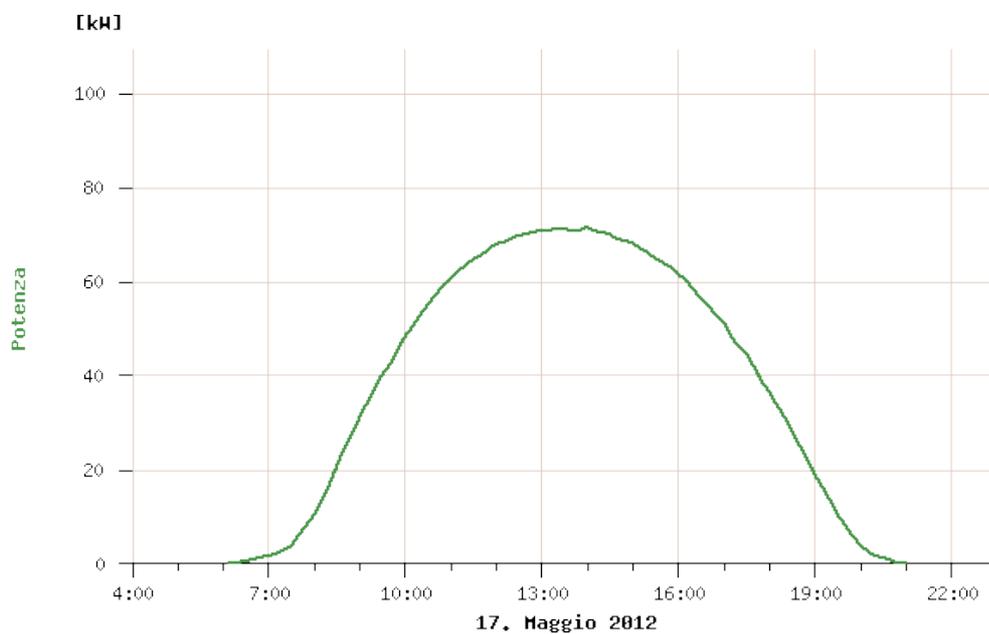


Figura 4.41 – Potenza erogata dall'impianto P1 nel giorno 20 maggio 2012

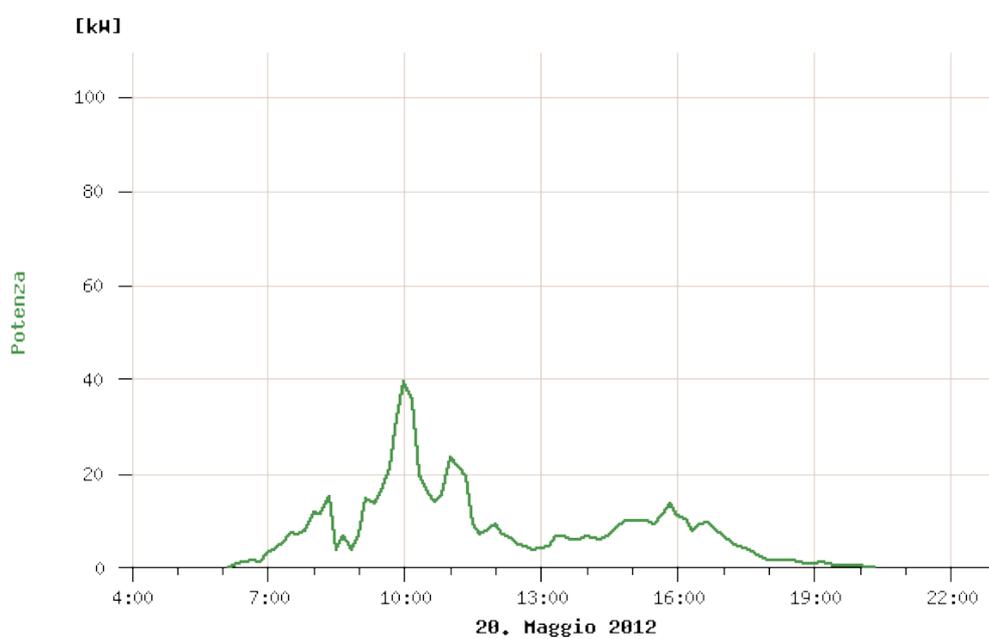


Figura 4.42 – Produzioni mensili di energia elettrica dell'impianto P2 negli anni di monitoraggio (2010-2012)

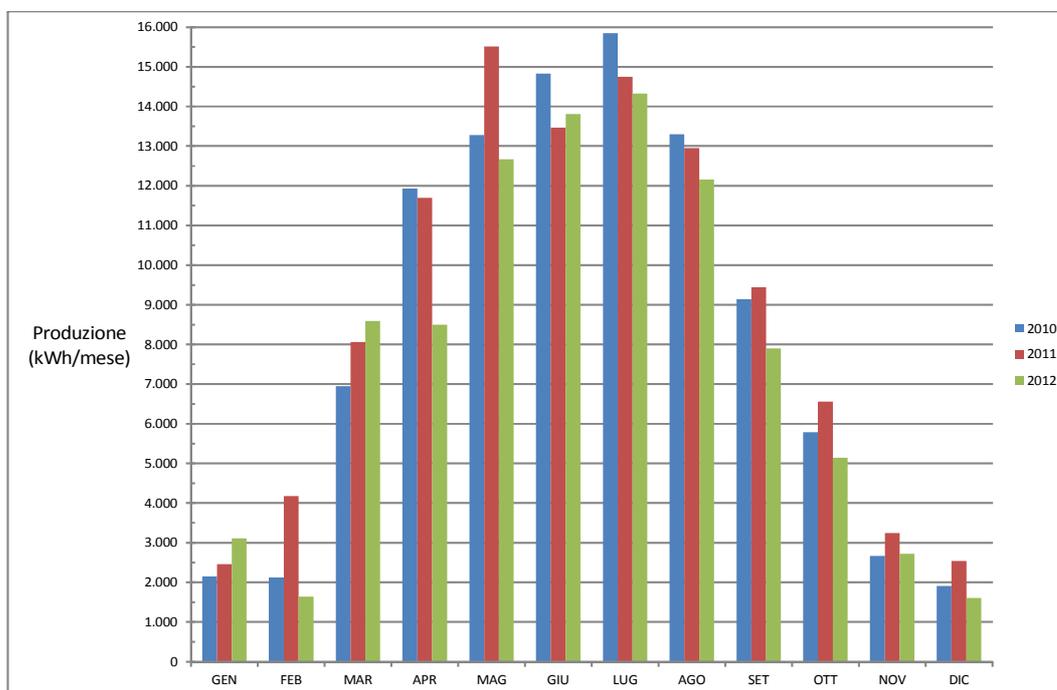


Figura 4.43 – Produzioni mensili di energia elettrica dell'impianto P3 negli anni di monitoraggio (2011-2013)

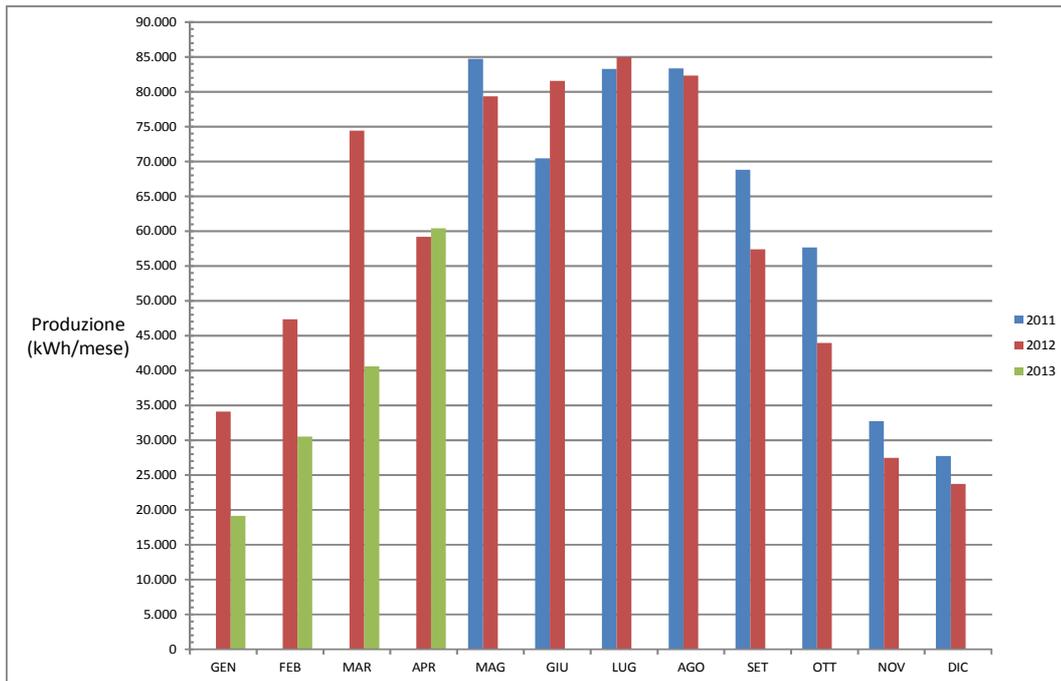


Figura 4.44 – Potenza erogata dall'impianto P3 nel giorno 17 maggio 2012



Figura 4.45 – Potenza erogata dall'impianto P3 nel giorno 18 luglio 2011



Figura 4.46 – Potenza erogata dall'impianto P3 nel giorno 20 maggio 2012



Figura 4.47 – Produzioni mensili di energia elettrica dell'impianto S negli anni 2011 e 2012

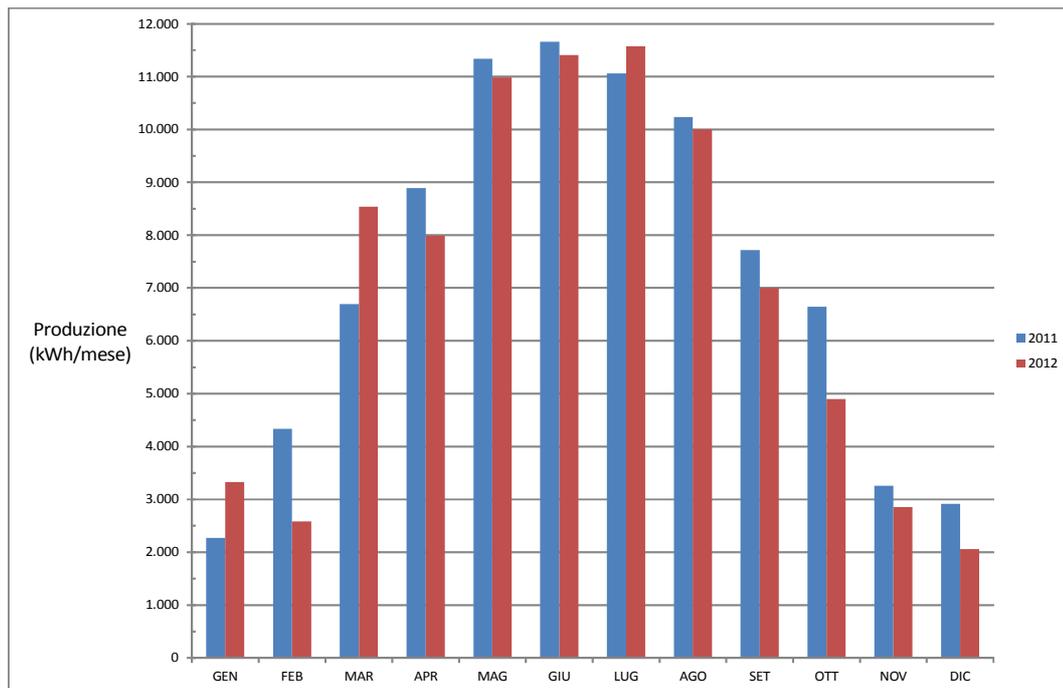


Figura 4.48 – Produzioni mensili di energia elettrica dell'impianto C nell'anno 2012

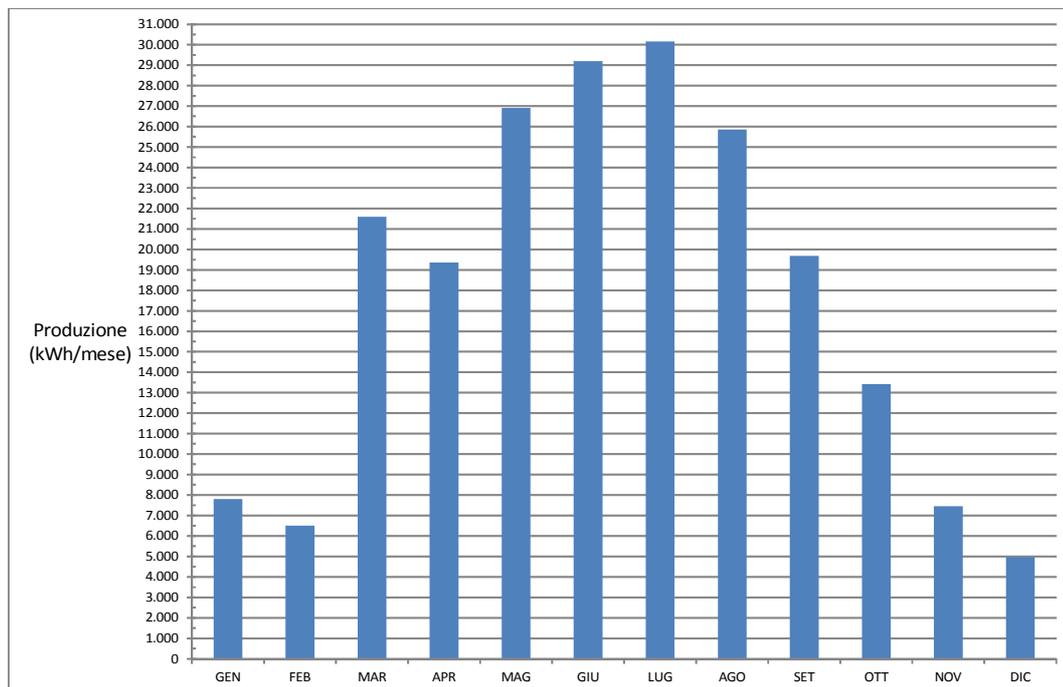


Figura 4.49 – Produzioni e cessioni mensili di energia elettrica dell'impianto G1 nell'anno 2012

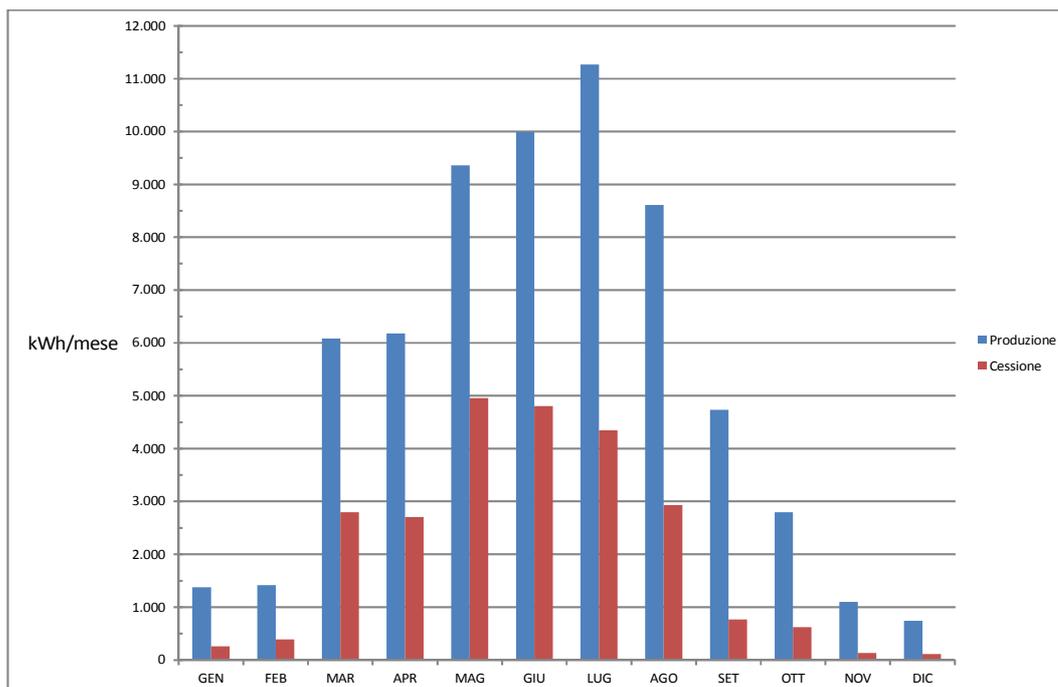
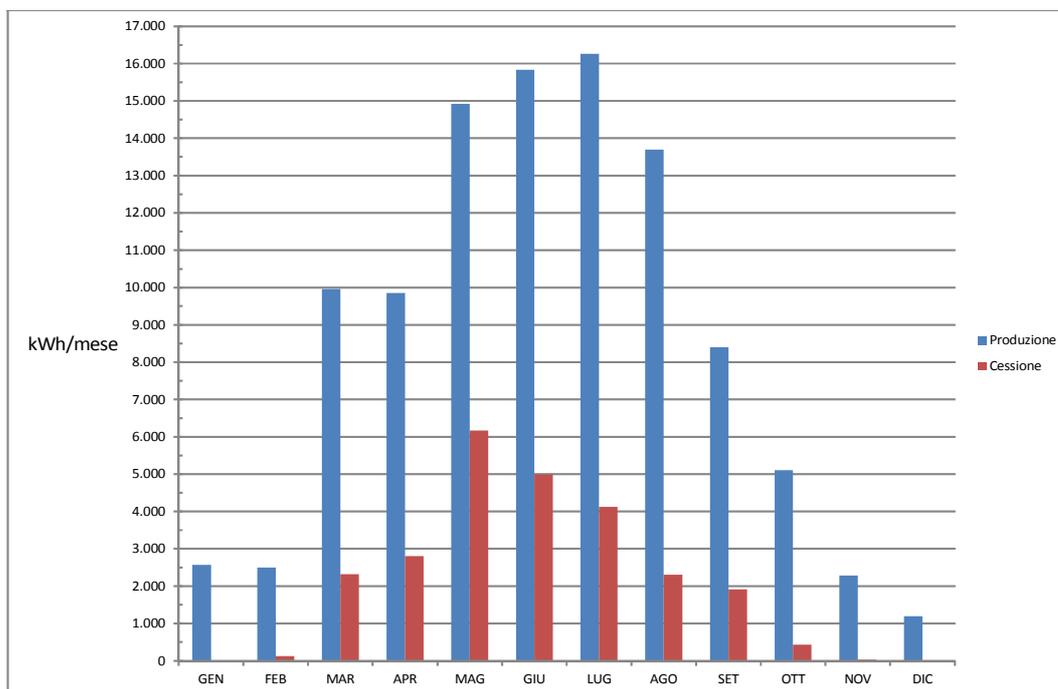
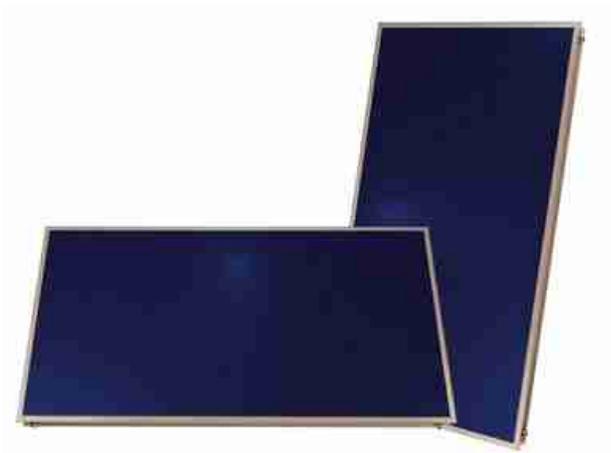


Figura 4.50 – Produzioni e cessioni mensili di energia elettrica dell'impianto G2 nell'anno 2012



*Figura 4.51* – Pannelli solari termici (fonte: Vegetti)



*Figura 4.52* – Serbatoio di accumulo dell'acqua calda di un impianto solare, con sovrastante vaso di espansione



Figura 4.53 – Pannello solare non vetrato (fonte: Lodi Rizzini)



Figura 4.54 – Pannello solare vetrato (fonte: Il Portale del Sole)



Figura 4.55 – Sezione schematica di pannello solare vetrato (fonte: Vegetti)

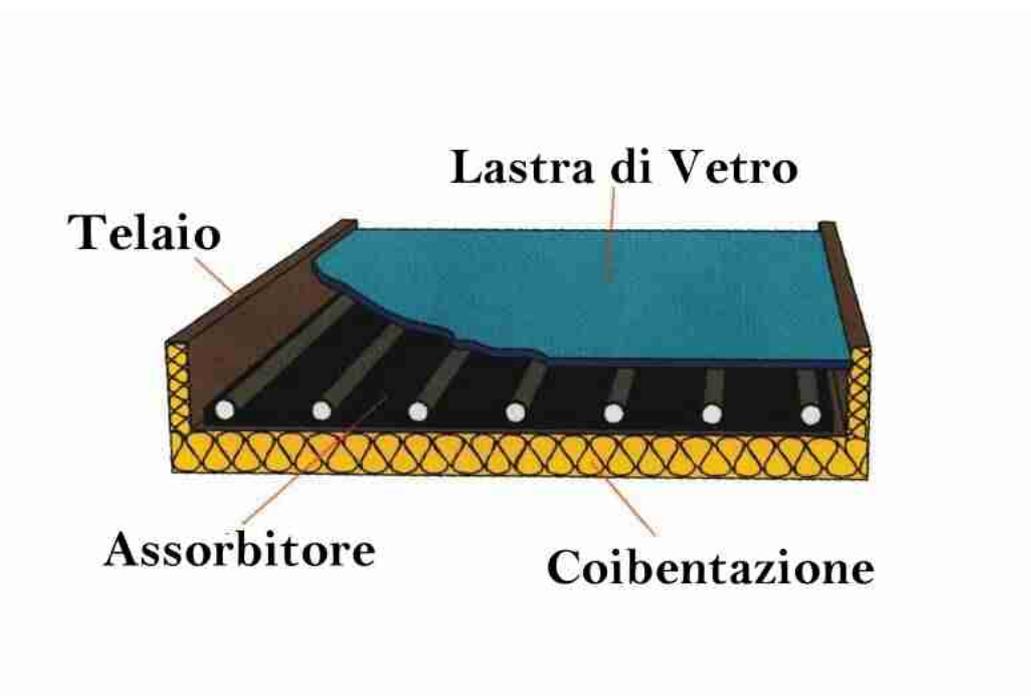


Figura 4.56 – Sezioni schematiche di pannelli solari vetrati di tipo non selettivo (a sinistra) e di tipo selettivo (al centro e a destra) (fonte: Almecco Tinox Solar)

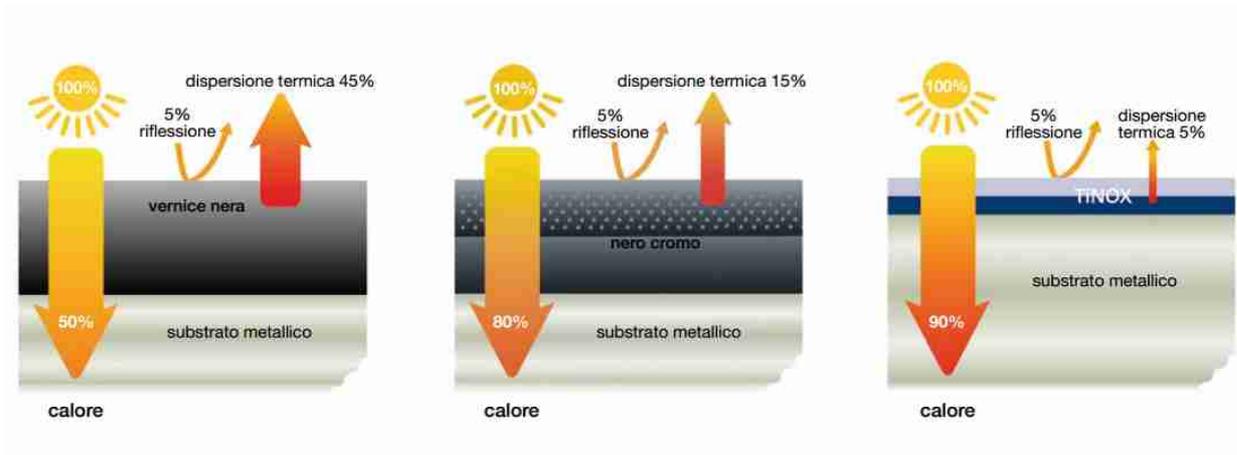


Figura 4.57 – Pannello solare sottovuoto (fonte: Delta Energie)



Figura 4.58 – Curve di efficienza dei diversi tipi di pannelli solari (fonte: web.tiscali.it)

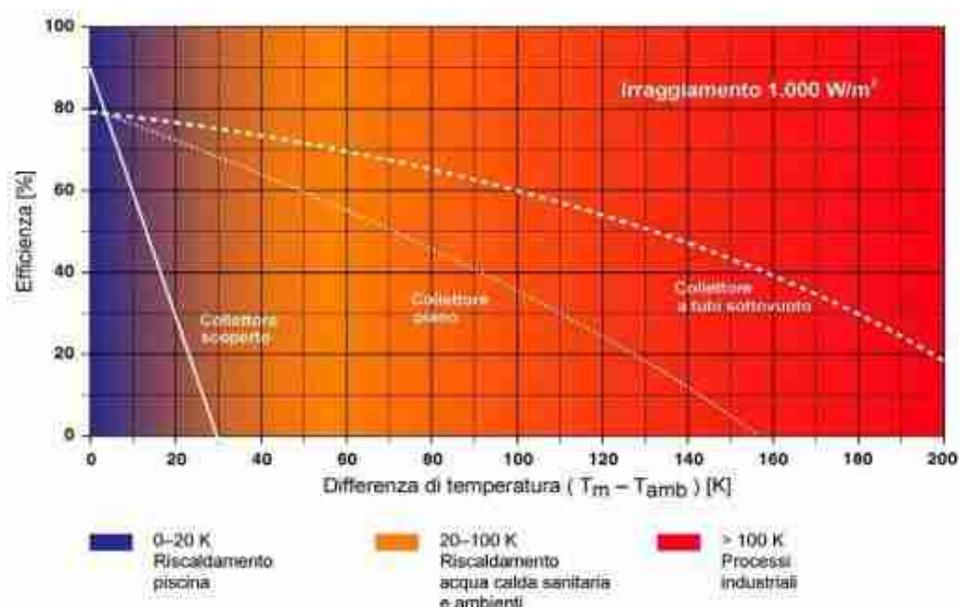


Figura 4.59 – Schema di impianto solare a circolazione naturale con accumulo integrato (fonte: Delta Energie)

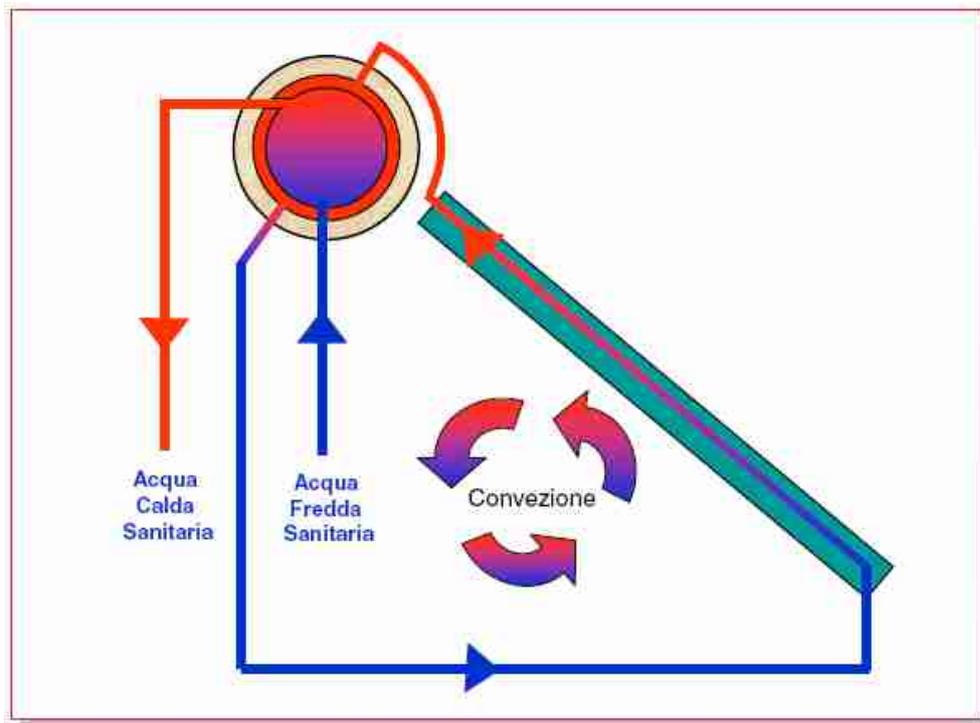


Figura 4.60 – Schema di impianto solare a circolazione forzata (fonte: [www.ilportaledelsole.it](http://www.ilportaledelsole.it))

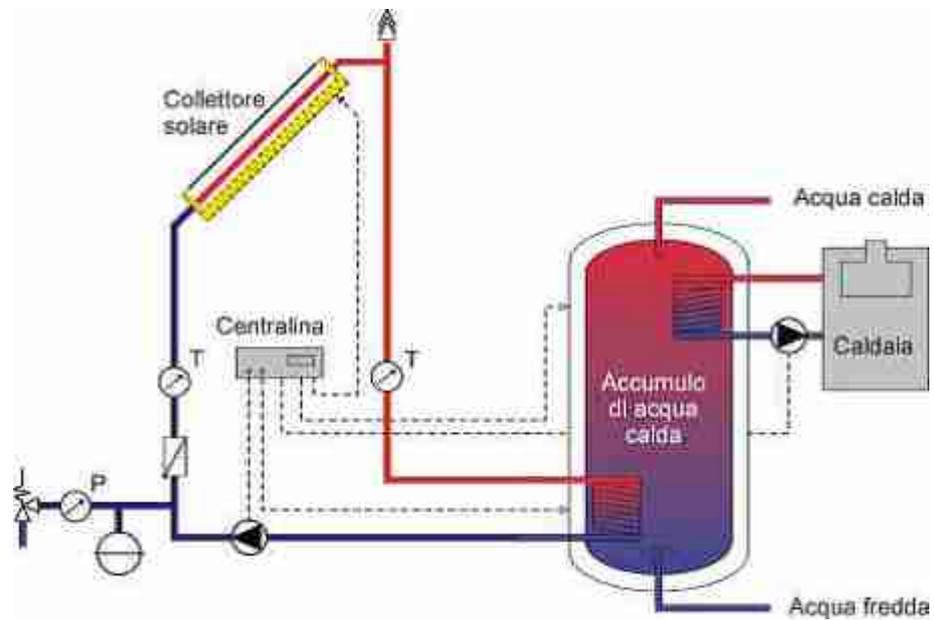


Figura 4.61 – Schema di impianto solare combinato (fonte: www.casasoleil.it)

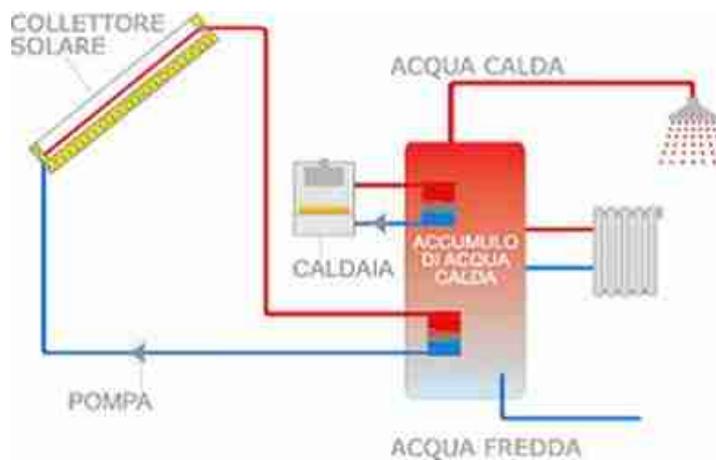
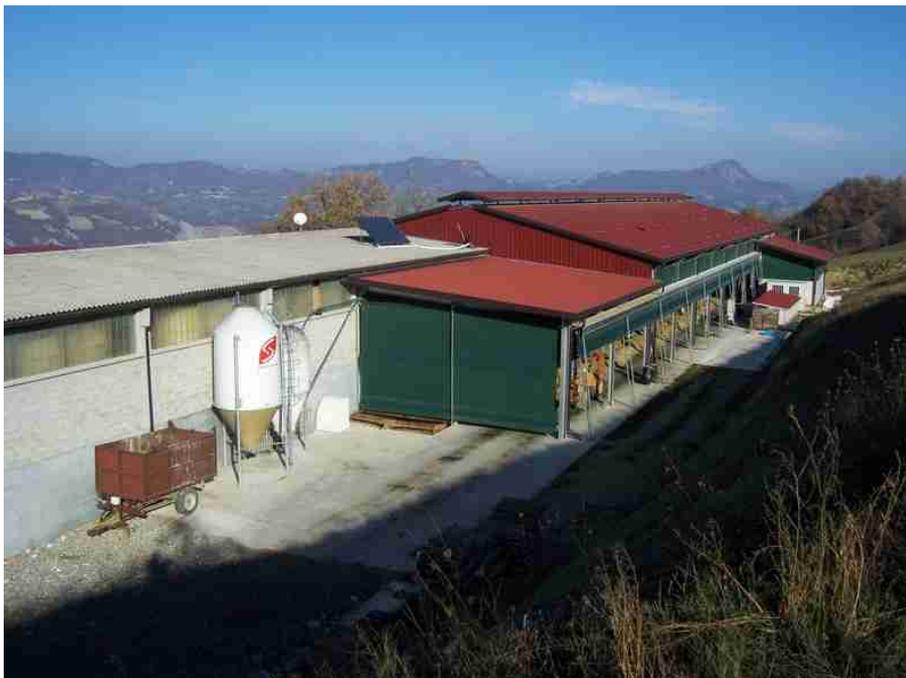
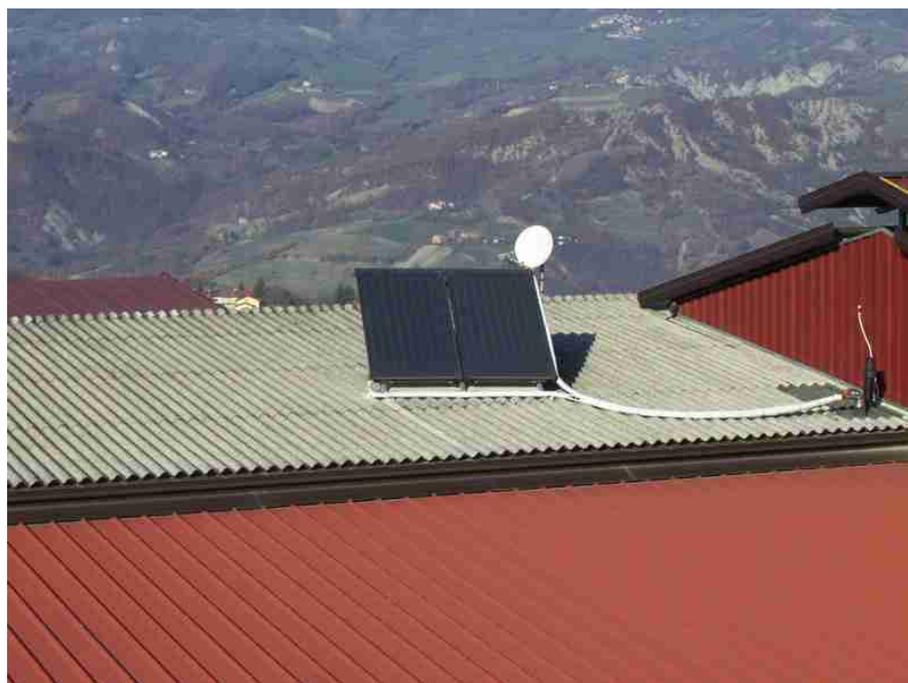


Figura 4.62 – Azienda Al Giunco: la nuova stalla e il fienile (a sinistra) sul cui tetto sono installati i collettori solari dell'impianto A



*Figura 4.63* – Impianto solare A: i moduli sul tetto del fienile



*Figura 4.64* – Impianto solare A: in primo piano il bollitore, sullo sfondo i vari componenti dell'impianto

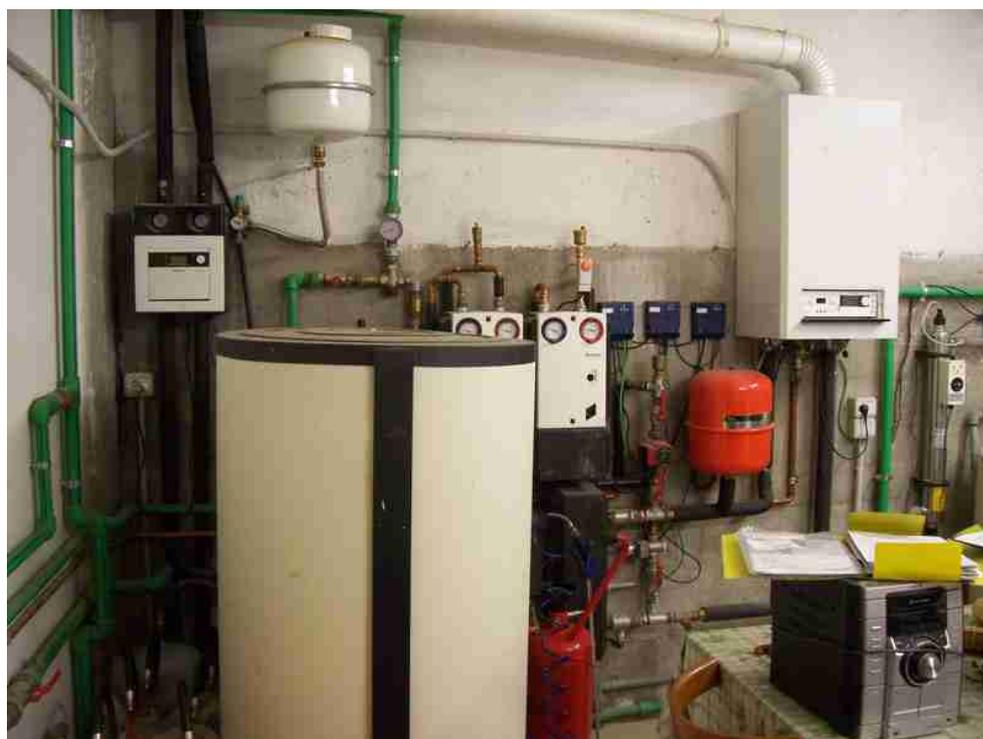
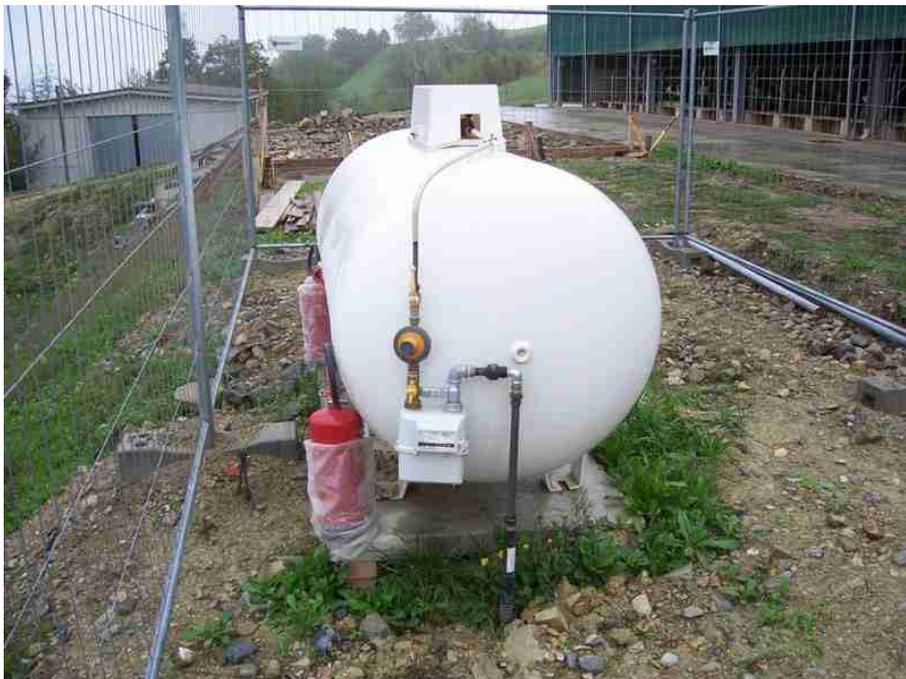


Figura 4.65 – Impianto solare A: la caldaia a GPL



Figura 4.66 – Impianto solare A: il serbatoio esterno per il GPL



*Figura 4.67* – Impianto solare A: impianto di trattamento dell'acqua, serbatoio idrico e autoclave



*Figura 4.68* – Impianto solare T: il collettore solare e il serbatoio d'accumulo posizionati sul tetto della zona di mungitura



*Figura 4.69* – Impianto solare T: il boiler a GPL per l'integrazione di calore dell'impianto solare e il secondo boiler (più piccolo) per il riscaldamento



*Figura 4.70* – Impianto solare B: i collettori solari installati su una struttura metallica ancorata al tetto della zona di mungitura



*Figura 4.71* – Impianto solare B: il bollitore



*Figura 4.72* – Impianto solare B: la caldaia murale a metano



Figura 4.73 – Impianto solare A: il contatore solare



Figura 4.74 – Impianto solare A: il contatore di GPL



Figura 4.75 – Impianto solare T: a sinistra il contatore generale e a destra il contatore solare



Figura 4.76 – Impianto solare T: produzioni mensili e totale di energia termica da fonte solare (Esol) e da fonte fossile (Efos) in 3 mesi del 2013

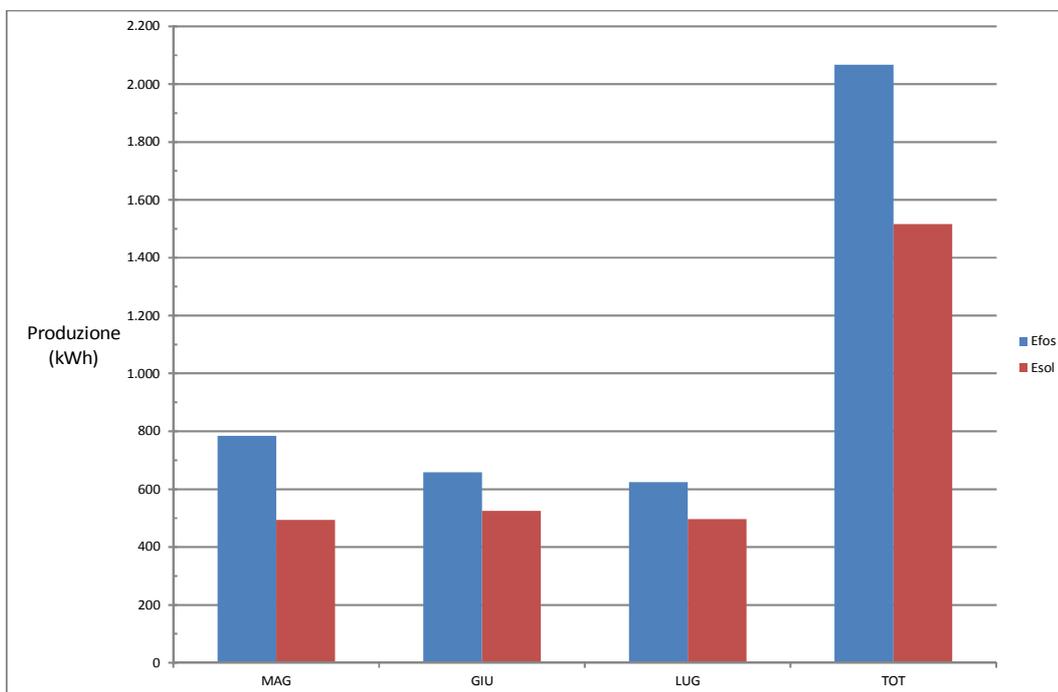


Figura 4.77 – Impianto solare B: il contatore solare



Figura 4.78 – Impianto solare B: il contatore idrico



Figura 4.79 – Impianto solare B: produzioni mensili e totale di energia termica da fonte solare (Esol) e da fonte fossile (Efos) in 4 mesi del 2013

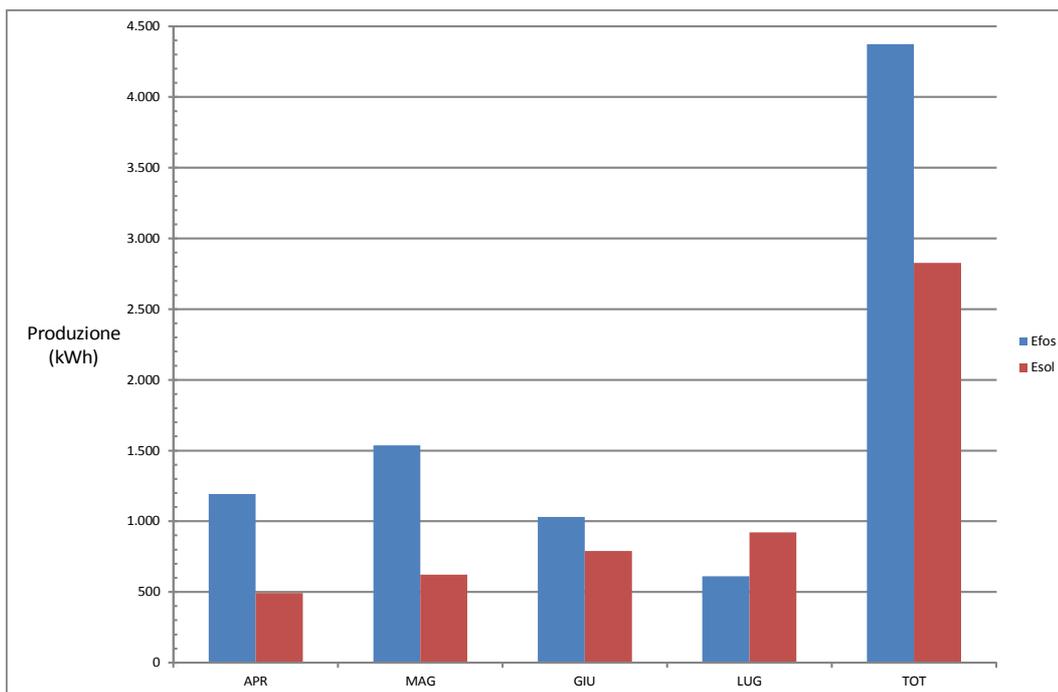
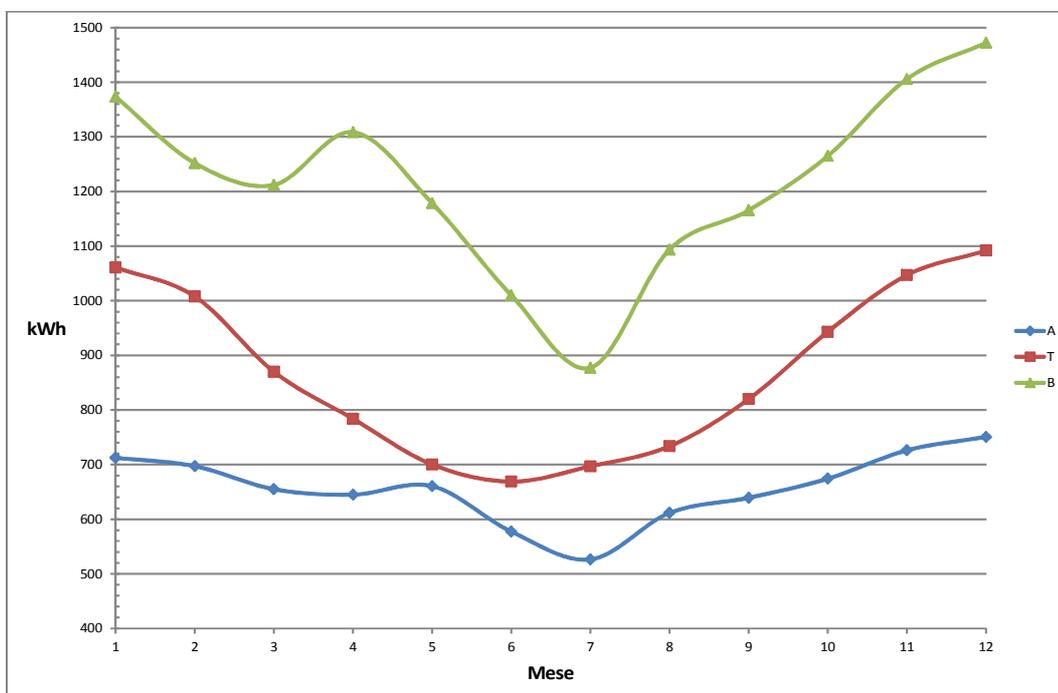


Figura 4.80 – Stima dei fabbisogni mensili di energia termica da fonte fossile per ACS nei 3 impianti monitorati



# 10 Bibliografia

1. ADEME (2007) Énergie dans les exploitations agricoles: état des lieux en Europe et éléments de réflexion pour la France – Synthèse du rapport final: da sito internet ADEME.
2. ADEME (2009) Acquisition de données sur les consommations d'énergie dans des élevages porcins, avicoles et laitiers – Rapport final; da sito internet ADEME.
3. Antonello S., Rossi P. (1992) I consumi energetici negli allevamenti suinicoli italiani; L'Informatore Agrario, 3.
4. Barbari M., Chiappini U., Rossi P., Gastaldo A. (1995) Il controllo ambientale nell'allevamento del suino; Rivista di Suinicoltura, 8.
5. Barbari M., Rossi P., Gastaldo A. (2008) Il caldo in allevamento: come difendere i suini; Rivista di Suinicoltura, 3.
6. Barber E.M., Classen H.L., Thacker P.A. (1989) Energy use in the production and housing of poultry and swine – An overview; Canadian Journal of Animal Science, 69.
7. Berruto R., Bechis S., Bosser-Peverelli V. (1999) Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole; a cura di Regione Piemonte, Assessorato Agricoltura, Torino, marzo.
8. BP (2013) Statistical Review of World Energy, June 2013; www.bp.com.
9. Brøgger Rasmussen J., Pedersen J. (2004) Electricity and water consumption at milking; Farm Test – Cattle nr. 17, Danish Agricultural Advisory Service.
10. Bozza E., Lazzari M. (1985) Considerazioni energetiche sull'utilizzo di impianti di biogas in allevamenti suinicoli; Rivista di Suinicoltura, 5.
11. Caffarelli A., Simone G. de, Stizza M., D'Amato A. (2012) Sistemi solari fotovoltaici; Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
12. Carillon R. (1985) La consommation d'énergie directe dans les exploitations agricoles; Cemagref, BI, 331-332.
13. Chiumenti R., Donantoni L., Guercini S. (1988) Studio sul controllo ambientale di porcilaie all'ingrasso mediante ventilazione naturale e forzata; convegno "Ingegneria per lo sviluppo dell'agricoltura", Sassari, 4-6 maggio.
14. Dyer J.A., Desjardins R.L. (2006) An integrated index of electrical energy use in Canadian agriculture with implications for greenhouse gas emissions; Biosystems Engineering, 95 (3).
15. ENEA (2012) Rapporto Annuale Efficienza Energetica RAEE 2011.

16. EPIA (2011) Solar Generation 6 – Solar photovoltaic electricity empowering the world; da sito internet EPIA.
17. EPIA (2012) Connecting the Sun – Solar photovoltaic on the road to large-scale grid integration; da sito internet EPIA.
18. EPIA (2013) Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017; da sito internet EPIA.
19. ESTIF (2013) Solar Thermal Markets in Europe; da sito internet ESTIF.
20. EurObserv'ER (2013) Solar Thermal and Concentrated Solar Power Barometer; da sito internet EurObserv'ER.
21. EurObserv'ER (2013) Photovoltaic Barometer; da sito internet EurObserv'ER.
22. Ferrari P., Rossi P. (1996) Consumi di energia e strutture d'allevamento; L'Informatore Agrario, 4.
23. Fiedorowicz G. (1998) Energy inputs for rearing dairy cows at different livestock concentrations; Problemy Inzynierii Rolniczej, 6: 3, 65-75.
24. GSE (2013) Rapporto Statistico 2012 Solare Fotovoltaico; da sito internet GSE.
25. Hageman I., Mandersloot F. (1994) Energy consumption model dairy farm; Publikatie – Proefstation voor de Rundveehouderij Schapenhouderij en Paardenhouderij.
26. Helikson H., Bucklin R., Bray D., Fluck R. (1991) Energy efficiency on the Florida dairy; University of Florida, Fact Sheet EES-74, november.
27. Institut de l'Elevage (2009) Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier – Repères de consommations et pistes d'économies; Collection: Synthèse, Janvier.
28. Institut de l'Elevage (2009) Concilier bâtiment d'élevage et photovoltaïque; da sito internet Institut de l'Elevage.
29. IPCC (2007) Mitigation of Climate Change; Working Group III Report, Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4), Cambridge University Press.
30. IPCC (2012) Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Cambridge University Press.
31. Jäkel K. (2003) Analysis of the electrical energy input and saving potentials at the example of Saxon dairy farms; Forschungsbericht Agrartechnik 414, Martin-Luther-Universität Halle/Saale.
32. Juan M. (2007) L'énergie solaire en salle de traite; PLM n° 375, janvier.
33. Kisiel R., Kaliszewicz D. (1994) An influence of selected factors on energy consumption in milk production; Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Oeconomica.
34. Kraatz S., Berg W.E. (2007) Energy demand for milking dairy cows; An ASABE Meeting Presentation, Paper Number 074175.
35. Marten J. (1980) Energy requirements in dairy farm; Milchpraxis, 18: 3, 86-87.
36. Mauthner F., Weiss W. (2013) Solar Heat Worldwide – Markets and contribution to the energy supply 2011; SHC Solar Heating & Cooling Programme, IEA.
37. Meul M., Nevens F., Reheul D., Hofman G. (2006) Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders; Agriculture, Ecosystems and Environment 119, 135-144.

38. Murgia L., Todde G., Caria M. (2012) Evaluation of a grid-connected photovoltaic system supplying power to a dairy farm; CIGR-Ageng2012, International Conference of Agricultural Engineering.
39. Navarotto P., Heinzl E., Rossi P., Repetti S. (1991) Andamenti dei parametri microclimatici, dei consumi idrici ed energetici e dell'accrescimento degli animali in tre diverse porcilaie da ingrasso; L'Informatore Agrario, 28.
40. Peebles R.W., Reinemann D.J., Straub R.J. (1994) Analysis of milking center energy use; ASAE Paper No. 93-3534.
41. Pellizzi G., Lazzari M. (1987) Economie di energia attiva e passiva in zootecnia; Agricoltura Ricerca, 80.
42. Riva G., Boria A. (1986) Il contenimento dei consumi energetici negli allevamenti suinicoli e avicoli; Genio Rurale, 7/8.
43. Rossi P., Ferrari P., Liberati P., Zappavigna P. (1998) Riduzione dello stress termico delle bovine da latte in estate; L'Informatore Agrario, 19.
44. Rossi P., Gastaldo A. (2010) Controllo ambientale in situazione invernale; Rivista di Suinicoltura, 5.
45. Rossi P., Gastaldo A. (2010) Coibentazione, effetti sui costi energetici e di costruzione; Rivista di Suinicoltura, 12.
46. Rossi P., Gastaldo A. (2012) Consumi energetici in allevamenti bovini da latte; Supplemento a L'Informatore Agrario, 3.
47. UP (2012) Databook – Energia e petrolio; edito da Unione Petrolifera.
48. Vincenti A. (2008) Sistemi fotovoltaici – Impianti solari in Conto Energia; Dario Flaccovio Editore, Palermo.
49. Wolf Italia (2005) Il solare termico – Guida alla scelta e all'installazione degli impianti solari per uso termico; San Donato Milanese (MI).
50. WWF (2012) Solar PV Atlas: Solar Power in Harmony with Nature; da sito internet WWF.
51. Zappavigna P. (2010) Consumi di energia in stalla, quanto si può risparmiare; L'Informatore Agrario, 66 (suppl. 48).

# 11 Normativa di riferimento e documenti rilevanti

## 1. Normativa

- Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE
- Decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 – Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità
- Decreto ministeriale 28 luglio 2005 – Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (Primo Conto Energia)
- Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 – Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- Decreto ministeriale 6 febbraio 2006 – Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (Primo Conto Energia)
- Decreto ministeriale 19 febbraio 2007 – Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione all'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 (Secondo Conto Energia)
- Decreto ministeriale 19 febbraio 2007 – Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296
- Decreto ministeriale 2 marzo 2009 – Disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (Secondo Conto Energia)
- Decreto ministeriale 6 agosto 2010 – Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (Terzo Conto Energia)
- Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 – Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive

2001/77/CE e 2003/30/CE

- Decreto ministeriale 5 maggio 2011 – Incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici (Quarto Conto Energia)
- Decreto ministeriale 5 luglio 2012 – Disciplina delle modalità di incentivazione per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica (Quinto Conto Energia)
- Decreto ministeriale 6 luglio 2012 – Incentivi per energia da fonti rinnovabili elettriche non fotovoltaiche
- Decreto ministeriale 28 dicembre 2012 – Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni
- Legge 3 agosto 2013, n. 90 – Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia
- Legge regionale 23 dicembre 2004, n. 26 – Disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia (Emilia-Romagna)

## 2. Documenti

- Consiglio Europeo di Bruxelles 8-9 marzo 2007 – Conclusioni della Presidenza
- European Commission, 27/03/2013 – Green Paper: A 2030 framework for climate and energy policies
- European Commission, 27/03/2013 – Renewable energy progress report
- Regole applicative per l'iscrizione ai registri e per l'accesso alle tariffe incentivanti del Quinto Conto Energia (GSE)
- Piano Energetico Regionale e Piano Triennale di Attuazione 2008-2010 della Regione Emilia-Romagna, 14 novembre 2007
- Piano Energetico Regionale – Secondo Piano Triennale di Attuazione 2011-2013 della Regione Emilia-Romagna, 26 luglio 2011

# 12 Unità di misura, abbreviazioni e sigle

A: ampere, unità di misura di intensità di corrente elettrica

ACS: acqua calda sanitaria

AT: alta tensione

BT: bassa tensione

CA: Corrente alternata

CC: Corrente continua

CIL: consumo interno lordo

d: giorno, 86.400 s

FER: fonti energetiche rinnovabili

FV: fotovoltaico

GPL: gas di petrolio liquefatto

GW: 1.000.000.000 di W

GWh: 1.000.000.000 di Wh

h: ora, 3.600 s

Ics: costante solare

J: joule, unità di misura di energia o calore o lavoro

K: kelvin, unità di misura di temperatura termodinamica

kvarh: kilovarora, unità di misura di energia elettrica reattiva

kW: 1.000 W

kWh: 1.000 Wh

LBC: lampadina a basso consumo

lm: lumen, unità di misura di flusso luminoso

lx: lux, unità di misura di illuminamento

min: minuto, 60 s

MJ: 1.000.000 di J

MW: 1.000.000 di W

MWh: 1.000.000 di Wh

MT: media tensione

Mtep: milione di tep

N: newton, unità di misura di forza

NOCT: Nominal Operating Cell Temperature

p.v.: peso vivo

Pa: pascal, unità di misura di pressione o tensione

PW: 1.000.000.000.000.000 di W

Rggmm: Radiazione globale giornaliera media mensile

s: secondo, unità di misura di tempo

STC: Standard Test Conditions

tep: tonnellata equivalente di petrolio

TICA: Testo Integrato Connessioni Attive

TIR: tasso interno di rendimento

TW: 1.000.000.000.000 di W

TWh: 1.000.000.000.000 di Wh

U: trasmittanza unitaria

UBA: unità bovino adulto

UTF: Ufficio Tecnico di Finanza

V: volt, unità di misura di tensione elettrica o forza elettromotrice

VAh: voltampereora, unità di misura di energia elettrica apparente

VAN: valore attuale netto

W: watt, unità di misura di potenza o flusso energetico

Wh: wattora, unità di misura di energia attiva

Wp: wattpicco, unità di misura di potenza di picco

°C: grado Celsius, unità di misura di temperatura uguale all'unità kelvin; una quantità espressa in kelvin può essere espressa in gradi Celsius con la seguente equazione:  $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$