

# **Valutazione della convenienza economica del FV in azienda agricola**

**Carlo Daniele & Toufic El Asmar**

**Dipartimento di Economia Agraria e Risorse Territoriali  
Facoltà di Agraria - Università degli Studi di Firenze**

## **Riassunto**

In questo articolo presenteremo l'analisi economica condotta sull'applicazione di due tipologie di impianto fotovoltaico (FV), uno di piccole dimensioni (2 kWp) e uno di dimensioni medie (10 kWp), nell'ambito di una ipotetica aziende agricola italiana.

I risultati di questa ricerca hanno messo in evidenza un crescente interesse per la produzione di energia solare sia a livello internazionale che nazionale, ed hanno aperto nuove riflessioni sulle opportunità offerte dal settore agricolo. L'Italia in passato non ha avuto un ruolo di particolare rilievo nel campo del FV, ma negli ultimi anni, grazie anche alla nuova incentivazione del conto energia sta compiendo passi importanti. Nell'ambito di questo clima legislativo favorevole si viene ad aprire un nuovo scenario per le aziende agricole che dal 2006 possono considerare come reddito agricolo anche la produzione di energia elettrica da sistemi FV.

I primi risultati mostrano una chiara convenienza economica nell'applicazione dei sistemi fotovoltaici da parte delle aziende agricole per impianti di piccole e medie dimensioni. I tempi di ritorno degli investimenti vanno dagli otto ai nove anni, mentre considerando un periodo di venti anni, quale è la durata del conto energia, l'interesse annuo è mediamente del 4,5%. Fra i possibili investimenti esaminati risulta più conveniente l'installazione di un sistema FV da 10 kW in modalità di scambio sul posto: a fronte di un costo iniziale di 59.600 euro si ottiene al ventesimo anno un profitto di 91.120 euro. Fermi restando gli altri parametri dell'investimento, risulta sempre più conveniente la modalità di scambio sul posto rispetto alla cessione alla rete.

## **1. Introduzione**

In questo articolo presenteremo l'analisi economica condotta sull'applicazione di due tipologie di impianto fotovoltaico (FV), uno di piccole dimensioni (2 kWp) e uno di dimensioni medie (10 kWp), nell'ambito di una ipotetica aziende agricola italiana. Più in dettaglio l'analisi si è articolata nelle seguenti fasi:

- Realizzazione e distribuzione di un questionario a 50 ditte installatrici di fotovoltaico.
- Elaborazione dei dati raccolti e applicazione di modelli economici.

## 2. Realizzazione e distribuzione del questionario

Lo scopo di tale attività è la raccolta di dati reali sui costi e la durata delle due tipologie di impianto considerate. Nel questionario vengono richieste le varie voci di costo (IVA esclusa), il costo complessivo, i costi di manutenzione e la durata media di un impianto da 2 kWp e di uno da 10 kWp entrambi parzialmente integrati. Il campione utilizzato comprende 50 aziende installatrici di impianti fotovoltaici che sono state selezionate casualmente da una lista di 292 aziende installatrici di impianti FV<sup>1</sup>. La distribuzione del questionario è avvenuta per posta elettronica, così come anche l'invio del questionario una volta compilato dall'azienda.

## 3. Elaborazione dati e modelli economici

Una volta raccolti i dati dei questionari si è passati alla loro elaborazione per rappresentare poi i costi medi degli impianti FV, la ripartizione delle voci di costo e la loro durata media. Avvalendosi poi del foglio elettronico di Microsoft Excel sono stati elaborati dei modelli economici volti a raffigurare annualmente i flussi di cassa degli investimenti nel periodo di durata dell'incentivo (conto energia), ovvero venti anni. Grazie a questi modelli è stato possibile determinare i tempi di ritorno di sei diverse tipologie di investimento, due per il piccolo impianto e quattro per quello medio, come indicato di seguito:

- impianto da 2 kW (16 metri quadri di pannelli su falda inclinata): 1) scambio sul posto con mutuo; 2) scambio sul posto senza mutuo;
- impianto da 10 kW (80 metri quadri di pannelli su falda inclinata): 3) scambio sul posto con mutuo; 4) scambio sul posto senza mutuo; 5) cessione alla rete con mutuo; 6) cessione alla rete senza mutuo. Nel caso della cessione alla rete si prevede che l'energia prodotta sia per metà auto-consumata e per metà venduta.

I dati di partenza prendono in considerazione impianti parzialmente integrati ubicati nel centro Italia con una produzione annua per kW pari a 1.350 kWh, quindi una tariffa incentivante di 0,44 euro/kWh per l'impianto piccolo e 0,42 euro/kWh per quello medio (ENEA, 2006). Per calcolare il recupero della bolletta, ovvero l'energia auto-consumata e risparmiata si considera un prezzo di 0,145 euro/kWh<sup>2</sup>, mentre per la vendita dell'energia (nel caso della cessione alla rete) un prezzo medio di 0,095 euro/kWh<sup>3</sup>. Nel modello si tiene conto anche del calo di rendimento annuo dei pannelli fotovoltaici, che è previsto pari allo 0,8% e del tasso di incremento medio annuo del costo dell'energia elettrica corrispondente al 3,8%<sup>4</sup>. E' prevista anche l'ipotesi di accedere ad un mutuo pari al costo iniziale dell'impianto da estinguere in 15 anni ad un tasso di interesse del 5,5%.

Sulla base dei dati sopra citati, per ogni tipologia di investimento sono stati calcolati annualmente e per un periodo di 20 anni:

- Il Coefficiente di rendimento reale dei pannelli fotovoltaici: si ricava annualmente diminuendo il rendimento dell'anno precedente di una quota percentuale pari al calo del rendimento annuo (0,8%). Nel primo anno il coefficiente di rendimento è 1.

---

<sup>1</sup> La lista è stata realizzata attingendo dagli elenchi presenti nel sito web delle Pagine Gialle e nel sito web nazionale di promozione e informazione sull'uso di pannelli solari termici e fotovoltaici "Pannelli Solari": <http://www.informazioni-pannelli-solari.com/>.

<sup>2</sup> Prezzo mediamente pagato dalle aziende agricole per l'energia elettrica.

<sup>3</sup> Delibera n.34 del 2005 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas.

<sup>4</sup> Dato medio sulla base degli aumenti annui dei prezzi dell'energia elettrica su base nazionale tra il 2000 e il 2008, dati ISTAT.

- La produzione reale annua dell'impianto in kWh: moltiplicando la produzione annua dei pannelli ubicati nel centro Italia per kW (1.350 kWh) per il numero di kW dell'impianto e per il coefficiente di rendimento reale dei pannelli fotovoltaici.
- Il beneficio per l'incentivo del Conto Energia: moltiplicando la produzione reale annua in kWh dell'impianto per la tariffa incentivante<sup>5</sup>.
- Il beneficio per il risparmio della bolletta: moltiplicando la produzione reale annua in kWh dell'impianto per il prezzo dell'energia pagata. Il prezzo dell'energia pagata viene aumentato annualmente di una quota percentuale pari al tasso di incremento medio annuo del costo dell'energia elettrica.
- Il beneficio per la vendita dell'energia elettrica prodotta: moltiplicando la produzione reale annua in kWh dell'impianto per il prezzo dell'energia venduta (solo per la cessione alla rete). In futuro il prezzo dell'energia venduta potrebbe aumentare, ma questo possibile aumento non viene tenuto in considerazione per mancanza di dati statistici significativi che possano far prevedere un eventuale tasso di incremento annuo. Questo limite potrebbe determinare una sottostima, tuttavia non si considera rilevante.
- Il beneficio totale cumulato: come sommatoria dei precedenti benefici. Incentivo e risparmio bolletta per la modalità di scambio sul posto, incentivo e vendita dell'energia elettrica per la cessione alla rete.
- La rata annua di un mutuo da estinguere in 15 anni: moltiplicando il costo iniziale dell'impianto per il coefficiente  $r \cdot q^n / (q^n - 1)$ , dove  $q = 1 + r$ ,  $r$  (tasso di interesse) = 0,055,  $n$  (numero anni) = 15.
- Costo di manutenzione, esercizio e assicurazione: si determina dai risultati del questionario.
- Profitto dell'investimento senza mutuo: sottraendo al beneficio totale cumulato il costo iniziale dell'impianto (IVA esclusa), il costo annuo di manutenzione, esercizio e assicurazione.
- Profitto dell'investimento con mutuo: sottraendo al beneficio totale cumulato il costo annuo di manutenzione, esercizio e assicurazione e la rata del mutuo.

Sono stati altresì determinati il rendimento annuale dell'investimento o ROI (Return On Investment) e il saggio d'interesse annuo considerando l'investimento a 20 anni. Il ROI si è calcolato secondo la seguente formula: (Profitto al 20° anno/Costo iniziale dell'impianto)/ 20.

#### **4. Risultati**

A seguito dell'indagine campionaria<sup>6</sup> è stato elaborato uno schema riassuntivo con il costo medio (IVA esclusa) per un impianto FV da 2 kW, pari a 13.000 euro, e per uno da 10 kW ovvero 59.600 e le rispettive voci di costo e durata minima, visionabili nelle Tabelle 1 e 2 e Grafici 1 e 2. Come si può notare nella ripartizione dei costi i pannelli rappresentano la voce più rilevante andando ad incidere per il 65% sul costo totale dell'impianto da 2 kW e fino al 72% per quello da 10 kW, seguono poi i costi per l'inverter (11-12 %), l'installazione (8-11 %), la progettazione (3-5 %) e la struttura di sostegno (3-4 %). Se analizziamo l'incidenza delle voci di costo nell'impianto da 10 kW, possiamo notare un leggero risparmio per i costi di installazione, dell'inverter, per la progettazione e la struttura di sostegno, rispetto a quello da 2 kW, mentre il costo dei pannelli resta sostanzialmente invariato e quindi incide maggiormente sul costo complessivo all'aumentare delle

<sup>5</sup> La tariffa incentivante sarà ridefinita con successivi decreti tenendo conto fra l'altro dell'andamento dei prezzi dei prodotti energetici. Nei calcoli si considera costante.

<sup>6</sup> Hanno risposto al questionario dieci aziende installatrici di pannelli fotovoltaici.

dimensioni dell'impianto. La durata minima dell'impianto da un punto di vista tecnico e operativo risulta di 30 anni, mentre i costi di manutenzione, esercizio e assicurazione vanno da 150 euro per il piccolo impianto a 500 per quello medio.

Costo	IMPIANTO DA 2 kW		IMPIANTO DA 10 kW	
	Euro*	%	Euro*	%
Pannelli fotovoltaici	8.500	65	43.100	72
Inverter	1.500	12	6.626	11
Installazione	1.400	11	4.500	8
Progettazione	680	5	1.780	3
Struttura di sostegno	490	4	1.978	3
Altro**	430	3	1.615	3
<b>Totale</b>	<b>13.000</b>	<b>100</b>	<b>59.600</b>	<b>100</b>

\*Prezzi IVA (10%) esclusa

\*\* allacciamenti elettrici, cavi ecc.

Tabella 1 – Voci di costo e costo totale medi per impianti fotovoltaici parzialmente integrati da 2 e 10 kW

TIPOLOGIA DI IMPIANTO	Costo annuo manutenzione, esercizio e assicurazione (euro)	Durata minima dell'impianto (anni)
Impianto da 2 kW	150	30
Impianto da 10 kW	500	30

Tabella 2 – Costi annui di manutenzione esercizio e assicurazione e durata minima per impianti fotovoltaici parzialmente integrati da 2 e 10 kW

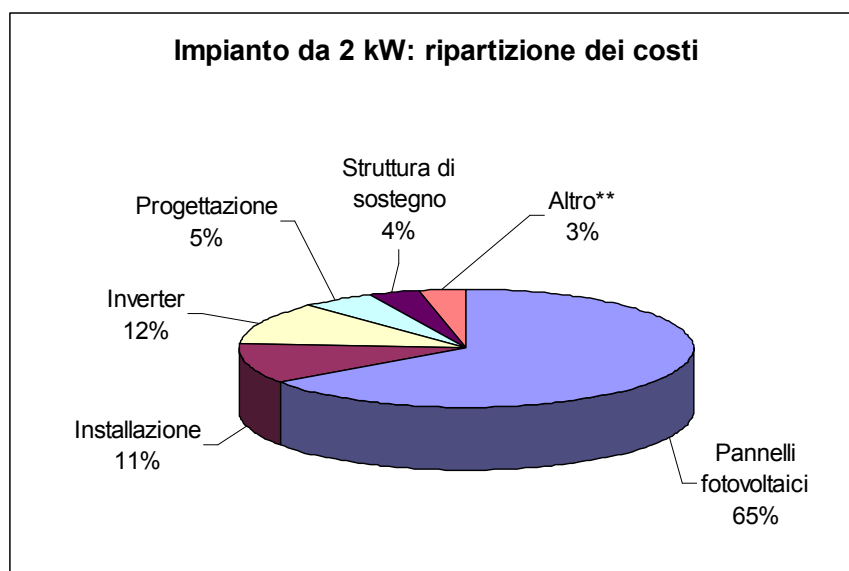
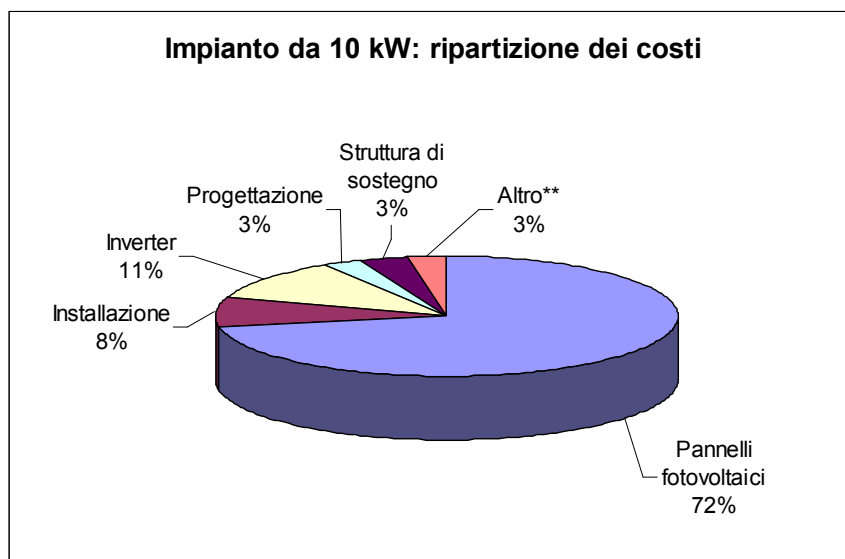


Grafico 1 – Ripartizione percentuale delle voci di costo per l'impianto da 2 kW



**Grafico 2 – Ripartizione percentuale delle voci di costo per l’impianto da 10 kW**

I risultati emersi dall’elaborazione dei modelli economici indicano che, per ripagare l’investimento iniziale di un piccolo o di un medio impianto FV applicato da una azienda agricola in modalità scambio sul posto (senza mutuo), sono necessari rispettivamente 9 e 8,2 anni, dopo di che il profitto diviene positivo (Tabella 3). Al ventesimo anno il profitto arriverà a 16.905 euro per l’impianto da 2 kW (a fronte di un costo iniziale di 13.000 euro) e a 91.120 euro per quello da 10 kW (costo iniziale di 59.600 euro).

Se l’impianto da 10 kW non fosse utilizzato per autoconsumare tutta l’energia prodotta (scambio sul posto), ma questa fosse per metà venduta e per metà autoconsumata (cessione alla rete), il tempo di ritorno dell’investimento salirebbe a 8,9 anni e il profitto al ventesimo anno scenderebbe a 74.480 euro (Tabella 3). Il calo delle performance economiche è dovuto al beneficio per la vendita dell’energia elettrica che è inferiore a quello del risparmio sulla bolletta. Infatti il prezzo per la vendita dell’energia elettrica è inferiore di circa il 34% rispetto a quello pagato dall’azienda<sup>7</sup>. Per questo motivo maggiore è l’energia autoconsumata rispetto a quella venduta e maggiore sarà anche il profitto.

Nel caso in cui si abbia accesso a un mutuo pari alla somma totale del costo d’impianto, si generano già dalla fine del primo anno dei profitti positivi (Grafici 3 e 4) e alla fine del ventesimo anno per l’impianto da 2 kW si ha un profitto di 10.478 euro, mentre per l’impianto da 10 kW con lo scambio sul posto abbiamo un profitto di 61.655 euro e con la cessione alla rete 45.015 euro.

Esaminando il ROI annuo % e l’interesse annuo % si nota una chiara convenienza nell’investire in impianti fotovoltaici, particolarmente rilevante nel caso del regime in scambio sul posto (Tabella 3). Fra le ipotesi di investimento la più conveniente risulta l’impianto da 10 kW con scambio sul posto con un ROI annuo del 7,6 % e un interesse annuo del 4,7%.

<sup>7</sup> Il prezzo dell’energia venduta, come è stato già detto nell’ambito delle premesse metodologiche, non viene adeguato ai possibili incrementi futuri e questo può portare ad una sottostima del beneficio per l’energia venduta.

Tipologia investimento	Costo iniziale impianto (euro)	Tempo di ritorno (anni)	Profitto al 20° anno (euro)	ROI annuo %	Interesse annuo %
Impianto 2 kW scambio sul posto	13.000	9	16.905	6,5	4,2
Impianto 10 kW scambio sul posto	59.600	8,2	91.120	7,6	4,7
Impianto 10 kW cessione alla rete	59.600	8,9	74.480	6,2	4,1
Impianto 2 kW scambio sul posto con mutuo	13.000	-	10.478	4,0	3,1
Impianto 10 kW scambio sul posto con mutuo	59.600	-	61.655	5,2	3,6
Impianto 10 kW cessione alla rete con mutuo	59.600	-	45.015	3,8	2,9

Tabella 3 – Tempo di ritorno dell’investimento, profitto al 20° anno, ROI % annuo, interesse annuo per tipologia di investimento

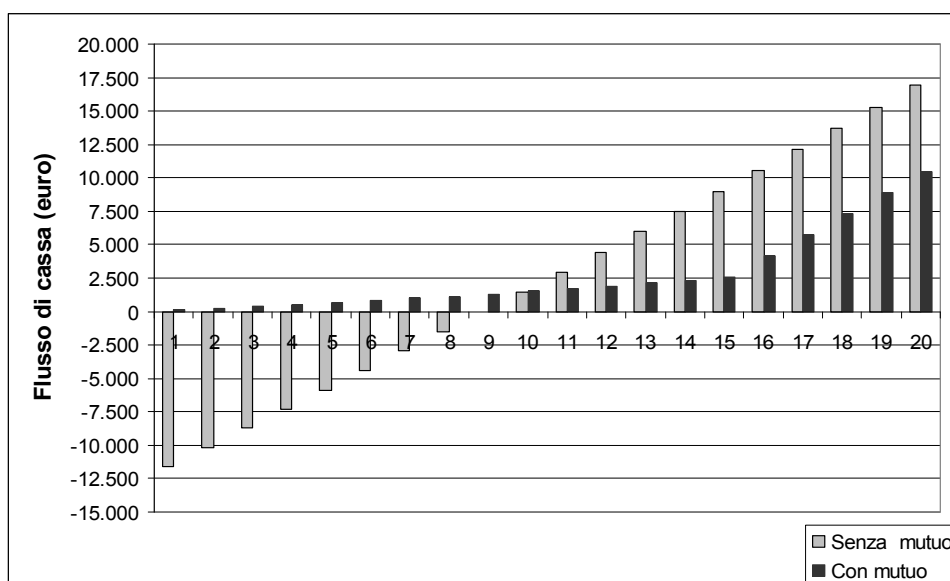


Grafico 3 – Flusso di cassa (euro) per l’investimento in un impianto FV da 2 kW in scambio sul posto con e senza mutuo da 0 a 20 anni

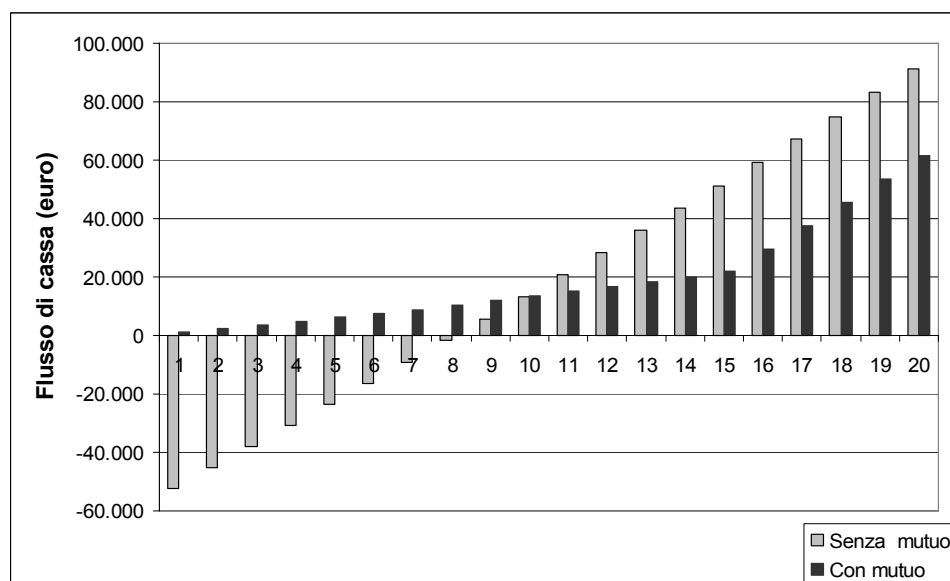


Grafico 4 – Flusso di cassa (euro) per l’investimento in un impianto FV da 10 kW in scambio sul posto con e senza mutuo da 0 a 20 anni

## Bibliografia

- Abbate C., Vittorini A. (2002): *Tecnologie Solari e Qualità Urbana* - Roma, 8 Ottobre 2002, SIGNUM grafica s.r.l.
- Australian Research Council (2006): *Annual Report 2006*, ARC, Photovoltaics Centre of Excellence.
- Boggia A. (2006): *Dossier – Energia da fonti rinnovabili: analisi per le biomasse, Presentazione, Estimo e Territorio*, n.12, pp.28.
- Bosser-Peveretti Vittorio (1997): *Gli impianti fotovoltaici: applicazioni ed installazioni nel settore agricolo – Regione Piemonte*.
- Byrne J., Shen B., Wallace W. (1998): *The economics of sustainable energy for rural development: A study of renewable energy in rural China*, *Energy Policy*, Volume 26, Issue 1, pp. 45-54.
- Castro M., Delgado A., Argul F. G., Colmenar A., Yeves F., Peire J. (2005): *Grid-connected PV buildings: analysis of future scenarios with an example of Southern Spain*, *Solar Energy*, Volume 79, Issue 1, pp. 86-95.
- Ciorba U., Pauli F., Menna P. (2004): *Technical and economical analysis of an induced demand in the photovoltaic sector*, *Energy Policy*, Volume 32, Issue 8, pp. 949-960.
- Coiante D. (1990): *Towards the photovoltaic farm*, Photovoltaic Specialists Conference, 1990 - Conference Record of the Twenty First IEEE, Volume 2, pp 1095-1098.
- Coiante D. (2004): *Le nuove fonti di energia rinnovabile : tecnologie, costi e prospettive*, Franco Angeli, Milano.
- Coiante D. (2005): *A proposito di fotovoltaico*, Febbraio 2005, [www.aspoitalia.net](http://www.aspoitalia.net).
- Conkling J., Rogol M. (2007): *“The True Cost of Solar Power: 10 Cents by 2010”*, Photon Consulting.
- Di Andrea F.(2007): *Il solare termico in Tunisia, opportunità per gli operatori del settore*, *Ilsoleatrecentosessantagradi*, Ises Italia, Anno XIV, n.5, pp. 6-7.
- Djamin M., Dasuki A. S., Lubis A. Y., Alyuswar F. (2001): *Application of photovoltaic systems for increasing villagers’ income*, *Renewable Energy*, Volume 22, Issues 1-3, pp. 263-267.
- ENEA (2006): *L’energia fotovoltaica*, Collana “Sviluppo Sostenibile”, Enea.
- ENEA (2006): *Rapporto Energia e Ambiente 2006*
- ENEA (2003): *Fonti Rinnovabili e Cicli Energetici Innovativi – Enea*.

Werhane P. H., Gorman M. E., Sonenshein S. B. (1998): "Solar Energy in Rural South Africa", *Darden Business Publishing*.

EPIA (2008): Global Market Outlook for Photovoltaics until 2012.

EPIA (2007): Solar Generation IV – 2007.

EurObserv'ER (2007): Photovoltaic Barometer 2007, Systèmes Solaire – Le Journal des Énergies Renouvelables n° 178.

European Commission (2002): BOOK OF PREPRINTS THE RENEWABLE ENERGIES UNIT - PV in Europe from PV technology to Energy Solutions Conference and Exhibition Rome, 7-11 October 2002, EUROPEAN COMMISSION Joint Research Centre.

European Commission (2002): PVNET Workshop Proceedings "RTD Strategy for PV" held at JRC, Ispra 30/31 May 2002, JOINT RESEARCH CENTRE European Commission – IES.

Fara S., Finta D., Micu G. (1998): Problems of village electrification based on PV systems in Romania: Individual solar home systems for settlements in the Cerna Valley, *Renewable Energy*, Volume 15, Issues 1-4, pp. 519-522.

GSE (2006): Le attività del Gestore dei Servizi Elettrici, Rapporto 2006.

IEA PVPS Task 2 Report (2007): Cost and performance trends in grid-connected photovoltaic systems and case studies.

IEA (2006): Annual Report 2006: Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems, IEA.

IEA (2002): Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2001.

Menna P., Ciorba U., Pauli F., Komoto K., Kato K., Song J., Kurokawa K. (2003): Analysis of the impacts of transferring a photovoltaic modules manufacturing facility, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 75, Issues 3-4, pp. 519-528.

Menna, P. (1996): Analysis of the photovoltaic technology for electricity supply in the Southern Mediterranean country, ENEA, Roma.

Muntasser M. A., Bara M. F., Quadri H. A., EL-Tarabelsi R., La-azebi I. F. (2000): Photovoltaic marketing in developing countries, *Applied Energy*, Volume 65, Issues 1-4, pp. 67-72.

Papineau M. (2006): An economic perspective on experience curves and dynamic economies in renewable energy technologies, *Energy Policy*, Volume 34, Issue 4, pp. 422-432.

Pearce J. M. (2002): Photovoltaics — a path to sustainable futures, *Futures*, Volume 34, Issue 7, pp. 663-674.

Privato C. (a cura di) (2007): Lo sviluppo del fotovoltaico in Italia e le tecnologie proposte dall'ENEA, Workshop - ENEA INCONTRA L'INDUSTRIA: LA R&S NEL SETTORE FOTOVOLTAICO, 22 ottobre 2007, Portici (Napoli), ENEA.

Sandroni V. (2007): Solar Generation IV - 2007: il fotovoltaico un mercato da oltre 300 miliardi di euro entro il 2030, *Ilsoleatrecentosessantagradi*, Ises Italia, Anno XIV, n.9, pp. 5-6.

Shaahid S.M., and El-Amin I. (2008): Techno-economic evaluation of off-grid hybrid photovoltaic–diesel–battery power systems for rural electrification in Saudi Arabia—A way forward for sustainable development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, In Press, Uncorrected Proof.

Taele B.M., Gopinathan K.K., Mokhuts'oane L. (2007): The potential of renewable energy technologies for rural development in Lesotho, *Renewable Energy*, Volume 32, Issue 4, pp. 609-622.

Tanrioven M. (2005): Reliability and cost–benefits of adding alternate power sources to an independent micro-grid community, *Journal of Power Sources*, Volume 150, pp. 136-149.

Tsai W. T., Chou Y. H. (2005): Overview of environmental impacts, prospects and policies for renewable energy in Taiwan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 9, Issue 2, pp. 119-147.

Vigotti R. (2004): Scenari energetici al 2030: necessarie alternative all'attuale trend, *Ilsoleatrecentosessantagradi*, Ises Italia, Anno XI, n.10, pp. 1-2.

Villoresi D. (2007): “Solare fotovoltaico? si grazie...” *Ilsoleatrecentosessantagradi*, Ises Italia, Anno XIV, n.5, pp. 4-5.