



IL SOLE A TRECENTO SESSANTA GRADI

SPECIALE FOTOVOLTAICO

SEZIONE ITALIANA

Anno II - N° 4 - giugno 1995

Bollettino di informazione dell'International Solar Energy Society Sezione Italiana

Con il numero di Giugno ha inizio la pubblicazione di una serie di speciali del ILSOLEATRECENTO SESSANTA GRADI. Questo mese il bollettino sarà dedicato al fotovoltaico: una tecnologia che deve il suo fascino alla capacità di trasformare l'energia del sole in elettricità e che potrà, nel lungo periodo, avere un ruolo decisivo nel settore energetico mondiale. Che cos'è un pannello fotovoltaico? a cosa serve? quanto costa?: questi sono i quesiti più comuni ai quali cercheremo di rispondere, in modo semplice, anche utilizzando alcune tabelle e grafici. In una breve bibliografia, inoltre, abbiamo indicato i principali testi utili per saperne di più. Questo speciale è stato realizzato dalla redazione con la preziosa collaborazione di Gian Nicola Belcastro, già Segretario del Comitato Fotovoltaico dell'ISES.

CHE COS'È IL FOTOVOLTAICO

La tecnologia fotovoltaica (FV) consente di trasformare direttamente la luce solare in energia elettrica. Essa sfrutta il cosiddetto **effetto fotovoltaico** che è basato sulle proprietà di alcuni materiali semiconduttori (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura) che, opportunamente trattati, sono in grado di generare elettricità se colpiti dalla radiazione solare, senza quindi l'uso di alcun combustibile. Il dispositivo più elementare capace di operare una tale conversione è la **cella fotovoltaica** che è in grado di erogare tipicamente 1/1,5W di potenza quando è investita da una radiazione di 1000 W/m² (condizioni standard di irraggiamento). Più celle assemblate e collegate in serie tra loro in un'unica struttura formano il **modulo fotovoltaico**. Un modulo tipo, formato da 36 celle, ha una superficie di circa mezzo metro quadrato ed eroga, in condizioni ottimali, circa 40-50W. Un metro quadrato di moduli produce una energia media giornaliera tra 0,4 e 0,6 kWh, in funzione dell'efficienza di conversione e dell'intensità della radiazione solare.

Un insieme di moduli, connessi elettricamente tra loro, costituisce il **campo FV** che, insieme ad altri componenti meccanici, elettrici ed elettronici, consente di realizzare i **sistemi FV**. Il sistema FV, nel suo insieme, capta e trasforma l'energia solare disponibile e la rende utilizzabile per l'utenza sotto forma di energia elettrica. La sua struttura può essere molto varia a seconda del tipo di applicazione. Una prima distinzione può essere fatta tra **sistemi isolati** (stand-alone) e **sistemi collegati alla rete** (grid connected). Nei sistemi isolati, in cui la sola energia è quella prodotta dal FV, accanto al generatore, occorre prevedere un sistema di accumulo (in genere costituito da batterie simili a quelle utilizzate per le auto e dal relativo apparecchio di controllo e regolazione



Nella foto una cella FV al silicio policristallino (circa 10 x 15cm)

della carica) che è reso necessario dal fatto che il generatore FV può fornire energia solo nelle ore diurne, mentre spesso la richiesta maggiore si ha durante le ore serali (illuminazione o apparecchi radio-TV). È opportuno prevedere quindi un dimensionamento del campo FV in grado di permettere, durante le ore di insolazione, sia l'alimentazione del carico, sia la ricarica delle batterie di accumulo. Poiché l'energia prodotta dal generatore FV è sotto forma di corrente continua (CC), qualora si debbano alimentare apparecchi che funzionino con corrente alternata (CA), è necessario introdurre nel sistema un dispositivo elettronico, detto **inverter**, che provvede alla conversione da corrente CC a CA. Nei sistemi collegati alla rete l'inverter è sempre presente mentre, al contrario degli impianti stand-alone, non è previsto il sistema di accumulo in quanto l'energia prodotta durante le ore di insolazione viene immessa nella rete; viceversa, nelle ore notturne il carico locale viene alimentato dalla rete. Un sistema di questo tipo è, sotto il punto di vista della continuità di servizio, più affidabile di un sistema isolato. Quest'ultimo può tuttavia essere integrato con una fonte tradizionale, come, ad esempio, il diesel (sistema ibrido diesel-FV). I sistemi FV offrono grandi vantaggi ambientali, in quanto non producono emissioni chimiche, termiche o acustiche. Essi, inoltre, non hanno parti in movimento e sono, quindi, affidabili e a bassa manutenzione.



Nella foto un impianto FV per l'alimentazione di un rifugio alpino

LE APPLICAZIONI FOTOVOLTAICHE

Un piccolo sistema FV (stand-alone) ha il vantaggio di produrre energia elettrica esattamente dove serve e nella quantità vicina alla effettiva domanda. Gli impianti isolati vengono utilizzati per diverse applicazioni sia nel settore residenziale che in quello industriale.

Un impianto FV inferiore a 1 kW può, ad esempio, far funzionare gli apparecchi elettrici (lampade, televisore, frigorifero) di una normale abitazione lontana dalla rete. In Italia esistono oltre 5.000 impianti FV per l'elettrificazione (illuminazione, alimentazione elettrodomestici, pompaggio dell'acqua) di case rurali isolate e rifugi di montagna. Un generatore FV, con una gamma di potenze molto variabile è in grado di alimentare un sistema di pompaggio; il vantaggio dell'utilizzo di una pompa solare sta nel fatto che in genere la massima richiesta d'acqua coincide con il periodo dell'anno di maggiore insolazione; inoltre è semplice creare riserve idriche, in appositi bacini, che possono così evitare costosi sistemi di accumulo elettrico. L'illuminazione stradale di aree non collegate alla rete elettrica è un'altra applicazione che può risultare economicamente vantaggiosa. Una semplice applicazione è la ricarica delle batterie di servizio per auto, caravan e imbarcazioni. Tra le applicazioni definite industriali, si può annoverare, come una delle applicazioni di maggior successo e affidabilità del FV, l'alimentazione di stazioni per le telecomunicazioni (ponti radio per telefonia e ripetitori TV). Il FV si è confermato un'ottima soluzione anche per sistemi di segnalazione del traffico ferroviario, aereo e marittimo e per le stazioni di monitoraggio ambientale, quasi sempre situate in località isolate. Altri utilizzi del FV sono: sistemi di refrigerazione, soprattutto per vaccini, in centri medici rurali, impianti di protezione catodica e impianti di dissalazione.

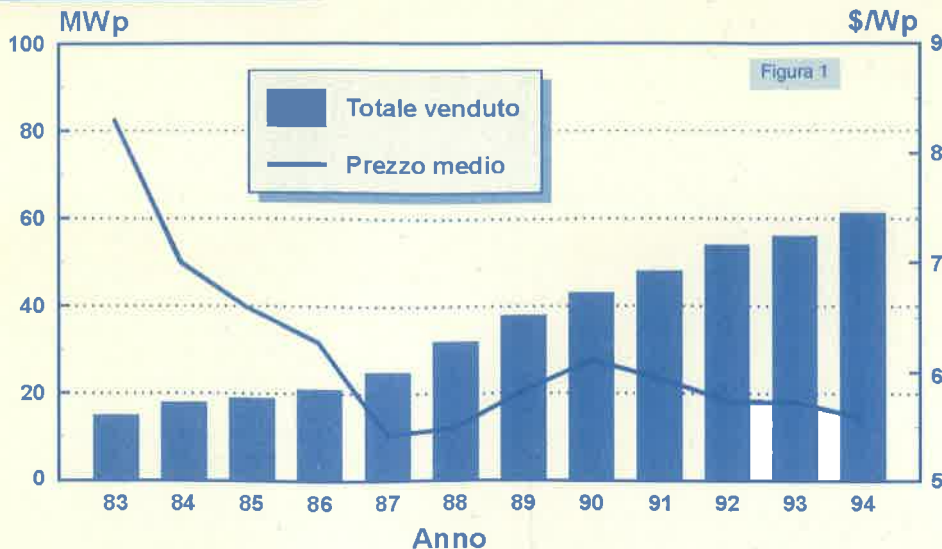


Figura 1 - Le vendite annue di moduli fotovoltaici per applicazioni energetiche (istogramma nella figura) sono cresciute con continuità negli ultimi 10 anni mentre, parallelamente, il costo (la curva della stessa figura mostra il prezzo medio in \$ per Watt a moneta corrente) è diminuito. Mentre si può però prevedere che le vendite continueranno a crescere, il prezzo è sempre più prossimo al suo valore asintotico (2-3 \$/W), almeno fin quando la tecnologia dominante continuerà ad essere quella del silicio cristallino.

Figura 2 - La distribuzione della produzione per aree geografiche mostra chiaramente l'interesse per la tecnologia FV di tutti i paesi sviluppati ed il buon livello raggiunto dall'industria europea del settore.

IL FOTOVOLTAICO IN ITALIA

Il fotovoltaico appare, almeno nel lungo periodo, tra le più promettenti tecnologie "rinnovabili" in grado di produrre energia elettrica su grande scala, soprattutto in Italia dove i livelli di insolazione sono elevati.

Il Piano Energetico Nazionale (PEN) del 1988, nell'intento di diversificare le fonti di produzione e di ridurre la percentuale di energia importata, attribuiva al FV un ruolo rilevante nell'ambito delle fonti rinnovabili definendo diverse azioni per il suo sviluppo. Dal punto di vista tecnologico il programma prevedeva, da una parte la messa a punto del processo di produzione del silicio "di grado solare" (meno puro di quello destinato all'industria elettronica) e della relativa tecnologia di fabbricazione delle celle; dall'altra lo sviluppo della tecnologia delle celle a film sottili. Per quanto riguarda le applicazioni energetiche dei sistemi FV, al fine di valutare sul campo la loro fattibilità tecnica ed economica, era stato fissato l'ambizioso obiettivo di impianti per complessivi 25 MW installati entro il 1995. Pur se tale obiettivo non è stato raggiunto, sono attualmente installati nel nostro territorio ben 14 MW, che pongono l'Italia al primo posto tra i paesi europei.

I principali operatori del settore sono l'Università, l'ENEA (che svolge ricerca sia sui materiali che sui sistemi), l'ENEL (ricerca sui sistemi ed applicazioni su larga scala) e l'industria. Le sinergie fra i diversi operatori sono perseguite tramite numerosi accordi di collaborazione.

Il sistema industriale fotovoltaico italiano è rappresentato da tre operatori principali: EUROSOLARE, ANIT e HELIOS Technology. La prima realizza, in una fabbrica fra le più moderne del mondo, l'intero ciclo di produzione, dal feedstock ai sistemi, con una capacità annua di circa 2,5 MW/turno. L'ANIT ha maturato buone esperienze nel campo della ingegnerizzazione e commercializzazione di sistemi di ogni dimensione. La HELIOS, infine, produce moduli e sistemi. Sono inoltre presenti sul mercato rivenditori di moduli di produzione estera nonché varie piccole imprese che assemblano sistemi, in genere di piccola taglia, per le applicazioni più diffuse.

Al fine di incoraggiare ed accelerare la diffusione del FV (e delle altre fonti di energia rinnovabile) è in vigore, e potenzialmente operante, in Italia, un sistema di regolamenti e sussidi. La legge 9 del 1991, consente agli investitori privati di produrre energia da fonti rinnovabili e di immetterla nella rete elettrica nazionale. L'ENEL deve acquistare questa energia ad un prezzo fisso imposto dal Comitato interministeriale prezzi (CIP). Il provvedimento CIP 6/92 fissa, per il 1995, un prezzo vicino ai valori che gli utenti finali pagano alla stessa ENEL per l'energia elettrica consumata. In particolare, il CIP 6/92 fissa un prezzo più elevato per i primi 8 anni d'esercizio dell'impianto (256 lire/kWh) e di 78 lire/kWh per gli anni successivi. La legge 10 del 1991 prevede contributi governativi, sul costo di installazione dei sistemi FV, che possono raggiungere l'80%.

Sfortunatamente fino ad oggi, a causa degli attuali problemi congiunturali dell'economia italiana, le Regioni e le Province autonome (incaricate di concedere i contributi previsti dalla legge 10/91) hanno avuto solo un piccolo ammontare di denaro per le richieste di finanziamento. Inoltre i lunghi tempi richiesti per la distribuzione dei fondi disponibili riducono, dal punto di vista finanziario, il loro valore. È da considerare anche che il CIP 6/92 stabilisce che chi riceve i fondi previsti dalla legge 10/91 perde il vantaggio dei prezzi più alti nei primi 8 anni e viceversa.

Figura 3

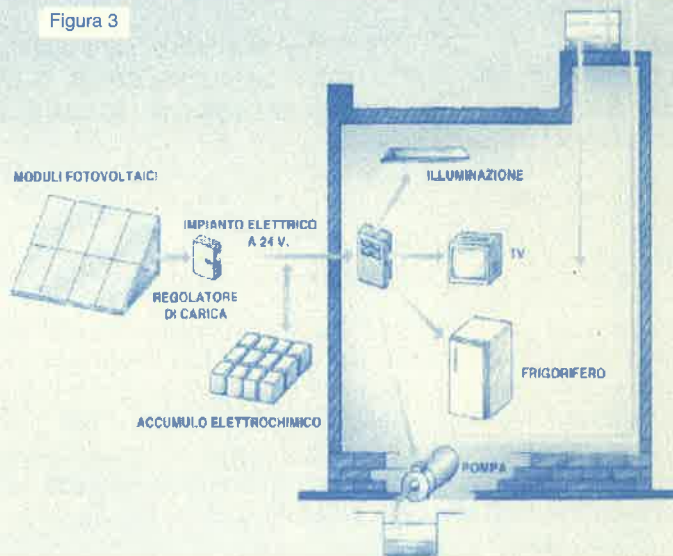


Figura 3 - Schema per alimentazione domestica con moduli FV

GLI IMPIANTI IN ITALIA

POTENZA FV INSTALLATA IN ITALIA

Applicazione	Potenza (kW p)
Residenziale	4.350
Non domestiche	4.250
Impianti pilota collegati in rete	5.480
Totale	14.080

I PRINCIPALI IMPIANTI DIMOSTRATIVI

IMPIANTO	POTENZA (kWp)	APPLICAZIONE
SERRE (SA)	3.300	Rete
VASTO (CH)	1.000	Rete
DELPHOS (FG)	600	Rete
CARLOFORTE (CA)	600	Rete (+900kW eolico)
LAMEZIA TERME (CZ)	600	Rete (+600kW eolico)
SALVE (LE)	600	Rete (+600kW eolico)
CASACCIA (RM)	100	Rete
ALTA NURRA (SS)	100	Rete
LAMPEDUSA	100	Dissalatore
LIPARI	100	Dissalatore
NETTUNO (RM)	100	Alimentazione villaggio
VULCANO	80	Rete locale
ZAMBELLI (VR)	70	Pompaggio
TREMITI	65	Dissalatore
GIGLIO	45	Refrigerazione
CETONA/SOVANA (SI)	20+6	Sito archeologico

I NUMERI DEL FOTOVOLTAICO

- * L'energia solare globale che arriva sulla terraferma è superiore di oltre 2000 volte agli attuali consumi energetici mondiali.
- * La produzione degli impianti FV attualmente installati in Italia è stimabile in 15-20 milioni di kWh/anno.
- * La produzione di energia è uguale alla potenza dell'impianto per le ore "equivalenti" del suo sfruttamento (dipendenti dal sito):
Produttività = Potenza x ore-equivalenti
 (kWh/anno) (kW) (1500-2000 h/anno)
- * Il consumo tipico di una famiglia di 4 persone in un anno = 2500-5000 kWh.
- * L'area occupata dai moduli FV di un impianto da 1 kW è circa 10 m².
- * L'area di un generatore FV che può soddisfare la domanda di una famiglia tipo è di circa 15-30 m² in una località dell'Italia meridionale.
- * L'area occupata da un sistema FV di 1 MW (1000 kW) è di circa 2 ettari (20.000 m²). L'impegno del territorio è dovuto per il 50% alle aree occupate dai moduli e dalle parti del sistema, e per l'altro 50% alle aree "di rispetto", di fatto libere, ma necessarie per evitare l'ombreggiamento reciproco delle file di moduli.
- * Una centrale di 1 MW può fornire l'energia necessaria a soddisfare la domanda di circa 1000 utenti.

I COSTI DEL FOTOVOLTAICO

L'alto costo degli impianti FV (tabella 1) ed il conseguente alto costo dell'energia prodotta (tabelle 2 e 3) sono il più forte vincolo alla diffusione della tecnologia per applicazioni energetiche.

E' opportuno però considerare che, oltre ad eventuali riduzioni di costi derivanti da ulteriori sviluppi tecnologici, nel medio-lungo termine giocheranno in favore del FV altri fattori quali il probabile aumento del costo dell'energia da fonti convenzionali e l'adozione di tariffe che tengano in conto anche i "costi esterni" (ambientali, sociali, sanitari, ecc.) focalizzando l'attenzione sul "valore" dell'energia prodotta più che sul suo puro costo economico. In proposito è interessante notare che il settore applicativo in cui il FV è già da oggi competitivo, l'alimentazione di utenze remote, è paradossalmente quello in cui il costo dell'energia prodotta è più alto.

Tabella 1

COSTO kW INSTALLATO PER DIVERSE TIPOLOGIE DI SISTEMI FV

Tipo di impianto	Milioni di lire/kW
Impianti isolati di piccola taglia	25 - 40
Impianti di piccola taglia collegati alla rete	15 - 20
Centrali di media taglia	12 - 16
Centrali di grande taglia	12 - 14

Tabella 3

COSTO ATTUALE DEL kWh IN FUNZIONE DELLA NATURA DEL SISTEMA DI GENERAZIONE

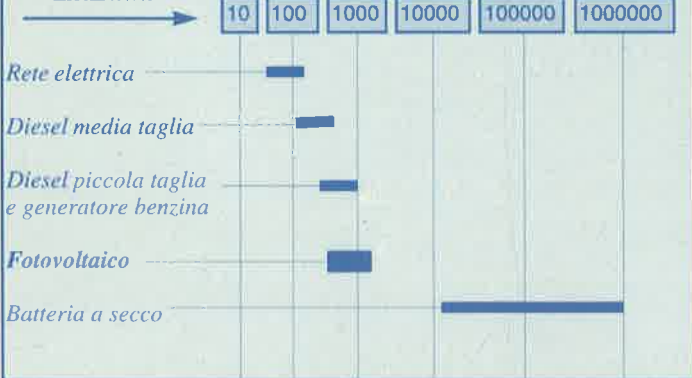


Tabella 2

COSTO ENERGIA PRODOTTA

Tipo di impianto	lire/kWh
Impianti isolati di piccola taglia	1500-2400
Impianti di piccola taglia collegati alla rete	920-1200
Centrali di media taglia	730-970
Centrali di grande taglia	730-850

Ammortamento 8% in 25 anni
Esercizio e manutenzione 1% del capitale
1700 ore equivalenti

Desidero abbonarmi a "ILSOLEATRECENTOSESSANTAGRADI" per 6 numeri al costo di Lire 15.000
 (Il Bollettino è spedito gratuitamente a tutti i soci ISES)

Desidero ricevere informazioni per diventare socio ISES

Cognome

Nome

Società Partita IVA

Via N°

Città Prov.

CAP Tel FAX

E-Mail

Allego ricevuta del pagamento con Bollettino Postale al C/C N° 30945000 intestato a "ISES Sezione Italiana"

Allego ricevuta di accredito sul c/c bancario N° 080112 c/o Deutsche Bank agenzia D di Roma intestato a "ISES Sezione Italiana"

Allego assegno bancario intestato a "ISES Sezione Italiana"

VISA MASTERCARD

n. carta data scad. Firma

Si prega di ritagliare e inviare per posta o per fax il modulo contenente le indicazioni richieste a:

ISES - Sezione Italiana

Via G. Baglivi, 5 - Pal. E
 00161 ROMA
 Tel. 06/44249241, 06/44249247-Fax 06/44249243
 E-Mail ISES_ITA@SEDE.ENEAL.IT

L'ISES, International Solar Energy Society, è la più importante tra le associazioni scientifico-culturali per la promozione dello sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili e dell'uso razionale dell'energia. Costituita nel 1954, ha soci in 100 paesi ed è articolata in 50 sezioni nazionali (attive ed in corso di creazione). I Soci ISES - Sezione italiana ricevono le pubblicazioni: Habitat Territorio Energia (HTE), ILSOLEATRECENTOSESSANTAGRADI, SOLAR ENERGY, SOLAR ALERT, SUN WORLD, ISES NEWS.

PROSPETTIVE DI SVILUPPO

Gli esperti concordano sul fatto che la sorte "finale" del fotovoltaico (e in generale delle rinnovabili) si giocherà su tempi lunghi in tutto il mondo (ma particolarmente nei paesi sviluppati che sono i più energivori) su uno scacchiere che dovrà necessariamente considerare la necessità di salvaguardia dell'ambiente insieme al progressivo impoverimento delle risorse di combustibili fossili. Dal punto di vista della tecnologia, è opinione diffusa che nei prossimi 10 anni, a livello di produzione industriale, continuerà a regnare la tecnologia del *silicio cristallino*. Pertanto gli sforzi di R&S su di essa continuano al fine di facilitare la sempre maggiore diffusione del FV consentendo allo stesso tempo la redditività delle industrie. Un contributo essenziale al raggiungimento della economicità dell'energia da FV deve essere dato dalle azioni sui componenti non FV del sistema (il cosiddetto BOS - Balance of system). Ciò è particolarmente vero per la tecnologia del silicio cristallino che ha dei limiti intrinseci di costi raggiungibili (circa 2-3 \$/W). In questo settore è indispensabile il contributo delle società elettriche. Per quanto riguarda la ricerca sulla tecnologia del futuro sembra plausibile che essa possa essere basata sui *film sottili*. Mentre la ricerca sul silicio amorfo ha dato risultati ancora inferiori alle attese, promettenti risultati sono stati ottenuti, a livello di laboratorio, su vari tipi di composti (diseleniuro di indio e rame CiS , telluriuro di cadmio, ecc.). Lo sviluppo industriale dei film sottili è comunque un obiettivo di medio-lungo termine che coinvolge anche problemi di organizzazione, gestione e finanziamento di ricerca finalizzata da condurre su appropriata scala mediante collaborazione fra centri di ricerca universitari, governativi ed industriali.

I PRINCIPALI OPERATORI ITALIANI DEL FOTOVOLTAICO

ANIT - Via Pacinotti, 20 - 16151 Genova, tel. 010/5504852

CISE - Via R. Emilia, 39 - 20134 Milano, tel. 02/21671

CONPHOEBUS SCRL - Zona Industriale Passo Martino - 95030 Piano d'Arce (CT), tel. 095/291407

ENEA Centro Ricerche Fotovoltaiche di Portici - C.P. 80055 Portici (NA), tel. 081/7723111

ENEA Dipartimento Energia Settore Fonti Rinnovabili - SP Anguillarese, 301 - 00060 Santa Maria di Galeria (RM), tel. 06/30481

ENEL Direzione Studi e Ricerche - Via G.B. Martini, 3 - 00198 Roma, tel. 06/85091

ENEL CRE - Centro Ricerche Elettriche - Via A. Volta, 1 - 20093 Cologno Monzese (MI), tel. 02/72241

EUROSOLARE SpA - Via Augusto d'Andrea, 6 - 00048 Nettuno (RM), tel. 06/985601

HELIOS Technology SpA - Via Postumia, 11 - 35010 Carmignano di Brenta (PD), tel. 049/9430288

PER SAPERNE DI PIU' SUL FOTOVOLTAICO

Bassoli R., Messina C., Vigotti R., *"Energia dal sole. Prospettive dell'energia fotovoltaica in Italia"*
Collaborazione ISES, HYPOTHESIS, Leonardo Editore, 1992.

Califano F., Silvestrini V., Vitale G., *"La progettazione dei sistemi fotovoltaici"*
Liguori Editore, Napoli, 1988.

Zweibel K., *"Harnessing Solar Power. The Photovoltaics Challenge"*
Plenum Press, New York and London, 1990.

ENEL, *"L'energia fotovoltaica"*, Quaderni dell'energia, n.21, 1992.

(Può essere richiesto a Enel - Direzione delle Comunicazioni, Via G.B. Martini 3, 00198 Roma)

Atti della *"12th European Photovoltaic Solar Energy Conference"*
Amsterdam (Olanda), aprile 1994.

Atti della prossima *"13th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition"*
Nizza (Francia), 23-27 ottobre 1995

Periodici sui quali è possibile trovare notizie sul fotovoltaico

Sun World - Rivista quadrimestrale dell'ISES International

H.T.E. (Habitat, Territorio, Energia) - Rivista bimestrale, organo ufficiale della Sezione Italiana dell'ISES

Solar Energy - Rivista mensile, organo ufficiale dell'ISES International

(Tutte e tre queste riviste è possibile riceverle associandosi all'ISES Sezione Italiana)

ISES



ILSOLEATRECENTOSESSANTAGRADI

SEZIONE ITALIANA

Bollettino di informazione dell'International Solar Energy Society Sezione Italiana

Publicazione mensile:

Autorizzazione del Tribunale di Roma N. 368 del 29 luglio 1994 - Spedizione in abbonamento postale/50%-Roma

Direttore responsabile e coordinamento editoriale: Cesare Silvi

Coordinamento tecnico scientifico: Luciano Barra - Coordinamento amministrativo: Pina Ciccostoso

Numero chiuso il 4 luglio 1995 - Stampa: Arti Grafiche S. Marcello - V.le R. Margherita, 176 - 00198 ROMA.

Sede: Via G. Baglivi, 5 - Pal. E - 00161 Roma Telefoni 06/44249241 - 44249247 Fax 06/44249243 E-Mail ISES_ITA@SEDE.ENEA.IT