

PIETRO PICCAROLO\*

## Le tecnologie energetiche appropriate per il miglioramento delle condizioni nei paesi in via di sviluppo

### PREMESSE

Trattando il tema energetico, i professori Armaroli e Balzani in un recente articolo pubblicato su *La chimica e L'industria* assimilano la Terra a una gigantesca astronave. Questa astronave non consuma energia per viaggiare alla velocità di 29 km/s, mentre ha bisogno di energia per i 6,7 miliardi di passeggeri che trasporta. Questi, ogni anno aumentano di circa 75 milioni di unità, che per la maggior parte finiscono nella terza classe di questa astronave. Essi cioè rappresentano i nati in Cina, in India, nei paesi in via di sviluppo (PVS), ecc.; rappresentano cioè i poveri della Terra.

Questa situazione impone non solo per motivi etici ma anche per ragioni di ordine sociale, di intervenire in loro favore e, in particolare, in favore dei più poveri e cioè di quelli dei PVS, non solo per far fronte alle nuove nascite, ma anche per sopperire al basso livello di vita e ai bassi consumi che si registrano in queste aree. Ciò nella consapevolezza che questo intervento non potrà portare a risultati positivi senza fare crescere il consumo energetico di queste popolazioni.

### CRISI ENERGETICA E FONTI RINNOVABILI

La crisi energetica e i problemi ambientali connessi all'impiego delle risorse fossili come fonte energetica prevalente, hanno messo in discussione il modello di sviluppo basato sull'equazione:

\* *Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino*

*consumo = benessere*

Questo modello, fra l'altro, ha contribuito ad aumentare il divario tra paesi ricchi e paesi poveri in termini di qualità della vita e di consumi energetici.

È opinione largamente condivisa che il futuro energetico della Terra, non potrà basarsi sui combustibili fossili in quanto:

- sono una risorsa destinata a esaurirsi;
- sono localizzati in aree di forte instabilità politica e sociale;
- sono fortemente inquinanti in quanto per ottenere energia si produce una quantità di CO<sub>2</sub> pari a circa 3 volte il loro peso.

Per avere un futuro energetico sostenibile per l'umanità è necessario, come del resto sostenuto dall'UE e ora anche dagli USA:

- aumentare l'efficienza e il risparmio energetico riducendo così gli sprechi;
- svincolarsi progressivamente dall'uso dei combustibili fossili e produrre energia da altre fonti e, in particolare, da fonti rinnovabili.

Nei paesi industrializzati, nei quali le fonti fossili hanno una forte incidenza sulla produzione di energia, la transizione verso le fonti rinnovabili non sarà breve e richiederà investimenti in ricerca, oltre che indirizzi politici ben finalizzati. Si tratta infatti di passare da una fonte energetica grandemente concentrata come quella di origine petrolifera a una energia fortemente diluita sul territorio come quella proveniente dalle fonti rinnovabili (tab. 1).

Nei PVS invece il problema della transizione praticamente non si pone. Il problema è infatti soprattutto quello di produrre energia con tecnologie appropriate.

DENSITÀ DI POTENZA IN W/m <sup>2</sup>	
Fotovoltaica	20-60
Eolica	5-20
Idroelettrica (alta quota)	10-50
Idroelettrica (bassa quota)	~1
Maree	10-50
Biomassa	<1
Combustibili fossili	1000 - 10000

Tab. 1 *Potenza ottenibile per unità di superficie impegnata da fonti energetiche differenti (V. Smil – MIT Press 2003)*

## I CONSUMI DI ENERGIA NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO

Il professore Pellizzi, in vista di questo incontro, mi ha trasmesso un libro scritto con il contributo di diversi Autori dal titolo *Solar Energy and Agriculture*. Il primo capitolo, autore Giuseppe Pellizzi, è relativo a *Solar Energy as a tool for improving agriculture in developing countries*. L'aspetto preoccupante è che pur essendo un libro del 1978, le cose scritte dal professore Pellizzi sui PVS a distanza di 30 anni sono ancora drammaticamente attuali. Così: l'alta percentuale di addetti all'agricoltura (più del 60% della popolazione); la produzione largamente assorbita dall'autoconsumo; le forti perdite di prodotti che si hanno in fase di conservazione per mancanza di strutture adeguate; l'input energetico della produzione agricola (circa 10 kWh/ha) rispetto a quello dei paesi industrializzati (800 kWh/ha). Sono dati che, con la sola esclusione dell'autoconsumo, ancora rispecchiano la situazione di questi paesi che per certi aspetti, è ulteriormente peggiorata, facendo crescere anziché ridurre il divario. Anche per quei PVS divenuti esportatori di qualche prodotto (cotone, caffè, ecc.), il vantaggio è soprattutto a favore di qualche paese sviluppato.

In termini di energia il raffronto dei consumi annui pro capite di energia fra PVS e il resto del mondo riferito al 2004, evidenzia un divario molto forte anche rispetto ai valori che esprimono la media mondiale: valori che nei PVS sono inferiori alla metà dei consumi sia di TEP/persona-anno, sia di kWh/persona-giorno (fig. 1).

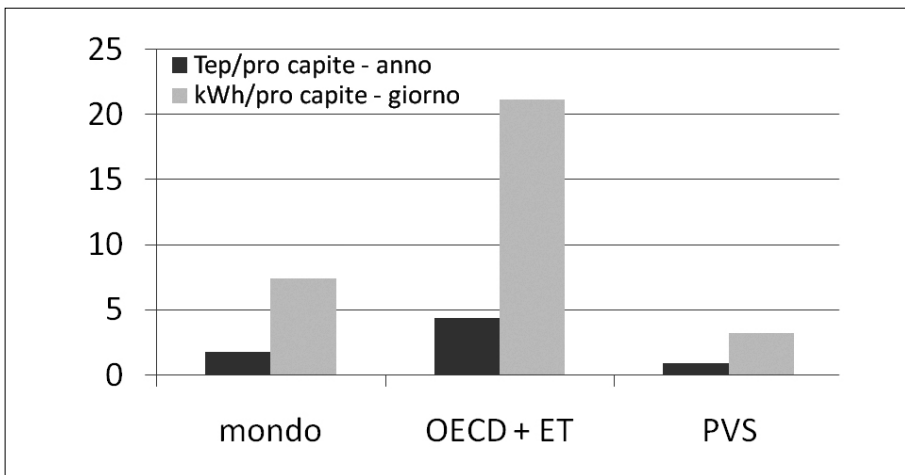


Fig. 1 Consumi specifici di energia nel 2004 (da OECD/IEA)

Analizzando poi l'accesso all'energia elettrica si vede ad esempio che nell'Africa sub sahariana i milioni di persone senza l'elettricità sono più del doppio di quelli con l'elettricità (fig. 2).

Il divario tra PVS e paesi sviluppati è dunque forte e ha conseguenze che vengono evidenziate da diversi indicatori. Si pensi, ad esempio, a quella che viene definita "impronta ecologica" e cioè all'area di superficie capace di fornire a una persona le risorse necessarie e di smaltirne i rifiuti. Tale area, secondo una valutazione generalmente accettata è di 1,8 ha/persona. Nei diversi paesi, nelle più recenti stime, l'impronta ecologia è pari a:

- 9,6 ha, per uno statunitense;
- 7,6 ha, per un canadese;
- 4,2, per un italiano;
- 0,7 ha per un eritreo;
- 0,1 ha per un afgano.

Ciò significa che se ciascuno degli attuali 6,7 miliardi di abitanti avesse una impronta ecologia uguale a quella del cittadino statunitense la superficie necessaria dovrebbe essere pari a 4 volte quella della Terra. Questo non è possibile, mentre deve essere possibile migliorare le condizioni di vita nei PVS.

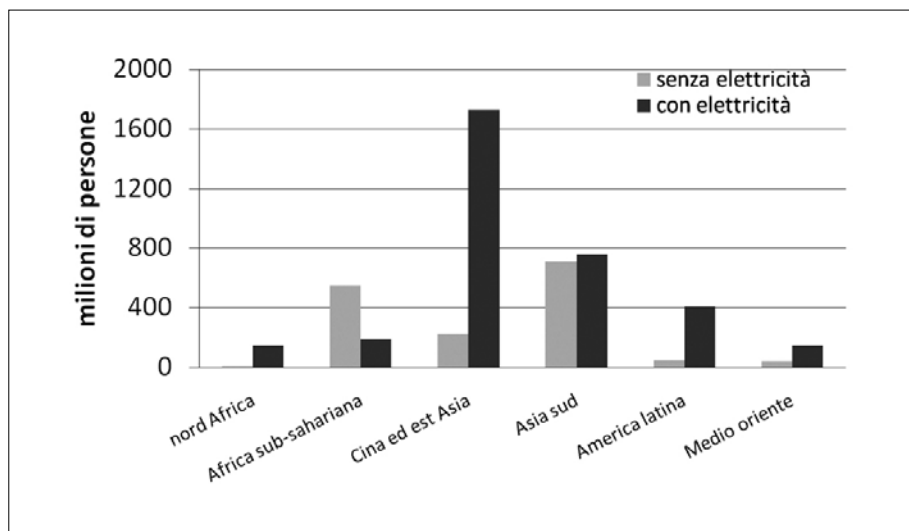


Fig. 2 *Aggregati regionali e accesso all'energia elettrica (da OECD/IEA)*

## QUALE ENERGIA

I consumi energetici pro capite nei PVS, sono dunque meno della metà dell'attuale consumo medio mondiale. Considerando che solo una piccola quota di tale consumo proviene da fonte fossile e che molti di questi paesi non hanno risorse fossili significative, lo sviluppo sostenibile dovrà essenzialmente basarsi su fonti rinnovabili.

Attualmente la maggior parte delle fonti energetiche in questi paesi proviene dalle biomasse: principalmente legno, ma anche deiezioni animali e paglia (fig. 3).

Il legno è una fonte rinnovabile che negli ultimi decenni, con il crescere della popolazione ha fatto registrare un forte aumento dei consumi, creando gravi problemi di deforestazione particolarmente evidenti nell'Africa subsahariana e in Asia. Il forte consumo di legna non si registra solo nelle zone rurali. Infatti, almeno mezzo miliardo di persone site in aree urbane utilizza questa risorsa. Sono i poveri dei PVS, ma anche quelli dei paesi emergenti. Nel 2004 il consumo domestico di biomassa è stato di 750 milioni di TEP (circa il 7% della domanda mondiale di energia). Nei PVS, 2,5 miliardi di persone hanno usato biomassa per cucinare, e tale consumo ha rappresentato l'88% dei consumi totali di biomassa (tab. 2).

Di per sé l'uso della biomassa come energia non rappresenta un fatto negativo. Tuttavia quando tale risorsa, come avviene per il legno, è raccolta in modo

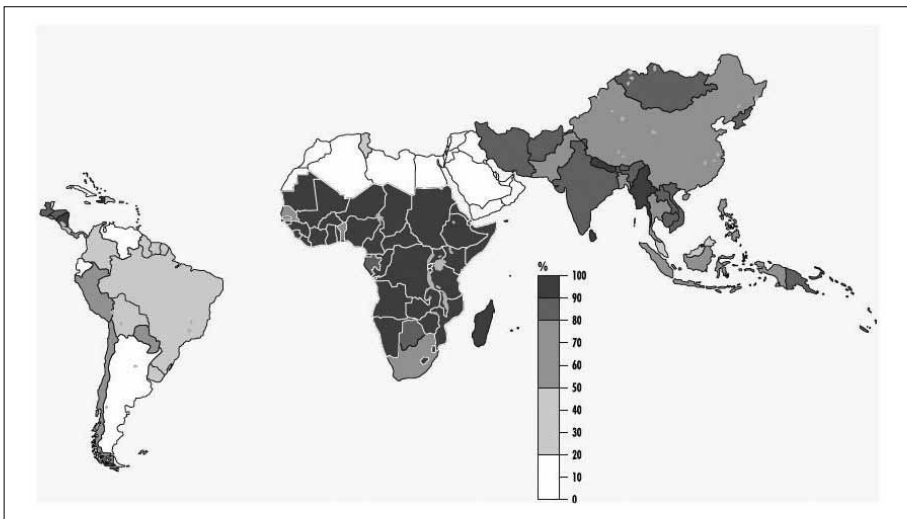


Fig. 3 Percentuale di ricorso alle biomasse per usi domestici (da OECD/IEA)

	POPOLAZIONE TOTALE		RURALE		URBANA	
	%	milioni	%	milioni	%	milioni
Africa Sub-Sahariana	76	575	93	413	58	162
Nord Africa	3	4	6	4	0,2	0,2
India	69	740	87	663	25	77
Cina	37	480	55	428	10	52
Indonesia	72	156	95	110	45	46
Resto dell'Asia	65	489	93	455	35	92
Brasile	13	23	53	16	5	8
Resto dell'America Latina	23	60	62	59	9	25
<b>Totale</b>	<b>52</b>	<b>2528</b>	<b>83</b>	<b>2147</b>	<b>23</b>	<b>461</b>

Tab. 2 *Persones che utilizzano biomassa come combustibile primario per cottura (da OECD/IEA)*

insostenibile e quando le tecnologie di conversione energetica sono inefficienti, il fatto diventa negativo non solo per i forti sprechi e per le conseguenze negative sull'ambiente, ma anche per gli effetti sulla salute delle persone. Si valuta che circa 1,3 milioni di persone, principalmente donne e bambini, muoiano prematuramente per intossicazione provocata dai fumi della combustione.

La risorsa legno, in particolare, non può dunque più essere impiegata in modo sostenibile come fonte energetica principale nei PVS, per cui occorre pensare ad altre risorse e, in particolare, all'energia solare nelle sue forme dirette e indirette.

Per fortuna questa fonte, come il professore Pellizzi faceva rilevare nel suo scritto, è ampiamente disponibile in questi paesi che, sostanzialmente, sono situati nella zona tra il 35° di latitudine nord e sud. Aree che non solo beneficino di una radiazione solare molto alta (mediamente 20000 KJ/m<sup>2</sup>-giorno) ma anche di una elevata costanza nell'arco dell'anno.

Oggi questo è largamente condiviso dai governi dei PVS. Così, in Niger ad esempio, e cioè in piena area Saheliana, il documento di "Strategie e di Piano di Azione Nazionale" sulle energie rinnovabili adottato dal 2003 si è posto come obiettivi strategici:

- la riduzione della povertà nelle zone rurali, puntando sull'energia solare ritenuta una soluzione economica e durevole per l'elettrificazione rurale decentralizzata e per soddisfare i bisogni di base della popolazione;
- la riduzione della pressione della risorsa energetica legno al fine di preservare l'ambiente (in Niger come negli altri paesi del Sahel, il legno rappresenta più del 90% del consumo energetico specialmente destinato alla cottura degli alimenti);

- la riduzione della dipendenza energetica dovuta all'importazione di idrocarburi e all'energia elettrica importata dalla Nigeria. Con l'utilizzazione massiva dell'energia elettrica da fonte solare, si vuole passare dall'attuale tasso nazionale d'accesso della popolazione all'elettricità, pari al 5,12%, al tasso del 25% per il 2020.

Dagli stessi governi nazionali dei PVS, viene quindi riconosciuto che la crescita sostenibile deve fare riferimento a fonti rinnovabili. Tra queste l'energia:

- da biomassa (diversa dal legno);
- dal sole direttamente;
- dal vento;
- dall'acqua.

In ogni caso, l'indirizzo prevalente è quello di puntare non su grandi impianti centralizzati ma sul decentramento energetico, basato su impianti di non grande capacità, il più possibile semplici, di facile utilizzo e a basso costo. La stessa UE è indirizzata su questa linea. Il programma di "Agevolazioni per l'energia" nato per finanziare progetti di trasferimento di tecnologie energetiche a favore dei PVS, ha recentemente finanziato 75 progetti basati sulle energie rinnovabili per un totale di 198 M€. Tre di questi progetti sono italiani: il primo in Etiopia, il secondo in Madagascar e il terzo in Rwanda, tutti basati sull'elettrificazione rurale.

Gli esempi di realizzazioni basate su fonti energetiche rinnovabili che verranno di seguito riportati, rispondono a queste impostazioni generali e cioè: ricorso a fonti rinnovabili con impianti decentralizzati in funzione delle risorse disponibili e con l'impiego di tecnologie appropriate.

#### ESEMPI DI TECNOLOGIE APPROPRIATE

##### *Biomasse*

Escludendo l'impiego del legno l'interesse per le biomasse nei PVS sembra soprattutto rivolto alla produzione di biogas e di biocombustibili.

##### *Biogas*

Il biogas rappresenta una risorsa interessante per i PVS in quanto:

- gli impianti decentrati in aree rurali non richiedono grandi investimenti;
- il digestato è un buon fertilizzante;

– è un ottimo sostituto del legno specie per i consumi domestici.

Nell'utilizzazione in cucina, una produzione media giornaliera di 1,5 m<sup>3</sup> di biogas è sufficiente per cucinare e per riscaldare l'acqua necessaria a 20-30 persone.

Si è già parlato dei progetti in Kenia e in Etiopia finanziati dall'UE; qui si vuole riportare l'esperienza condotta in Mali e presentata da Dembélé e Bayoko in un incontro internazionale tenuto a Bamako nel febbraio 2005, relativa alla fermentazione di paglia di riso e di steli di sorgo e di cotone per la produzione di biogas.

Il Mali ha una popolazione di 12 milioni di abitanti e il 91% della stessa utilizza il legno come fonte energetica. Non solo le aree rurali, ma tutte le grandi città del Paese esercitano una forte pressione sul consumo del legno come fonte energetica. Ogni anno, per un raggio di 200 km intorno alla capitale Bamako, viene prelevato un milione di tonnellate di legno a fini energetici e circa 400000 ettari di foresta vengono annualmente disboscati (fig. 4). Una situazione quindi che rispecchia ampiamente quella di tutta l'area Saheliana.

Negli anni '80 del secolo scorso, furono installati 75 impianti biogas di fabbricazione cinese destinati alla fermentazione di deiezioni animali (vacche) con capacità compresa tra 6 e 11 m<sup>3</sup>. I risultati sono stati deludenti e molti di



Fig. 4 *Deforestazione in Mali*



questi impianti già alla fine degli anni '80 non erano più in funzione a causa:

- dell'approvvigionamento non regolare delle deiezioni e dell'acqua;
- della difficoltà di esercizio e di una insufficiente preparazione delle persone;
- del carico di lavoro e di una scarsa motivazione.

La sperimentazione messa in atto dal IPR/IFRA di Katibougou, presentata nell'incontro di Bamako, consiste in 12 digestori in lamiera della capacità di 100 litri dai quali si è ottenuto una produzione media giornaliera di biogas, con una temperatura ambientale di 34-38 °C e un tempo di ritenzione di 50 giorni, pari a:

- 0,33 – 0,35 l/l di digestore per il sorgo (fig. 5);
- 0,20 – 0,31 l/l di digestore per il cotone;
- 0,06 – 0,08 l/l di digestore per la paglia di riso.

La percentuale di metano mediamente è risultata del 68%.

Risultati quindi interessanti che mirano a valorizzare una tecnologia semplice e poco costosa con l'impiego di una biomassa ligno-cellulosica di cui il Mali dispone in grande quantità. Gli Autori indicano infatti una disponibilità annua di:

- 5 milioni di tonnellate per gli steli di sorgo, miglio e mais;
- 500 mila tonnellate per gli steli di cotone;
- 100 mila tonnellate per la paglia di riso.

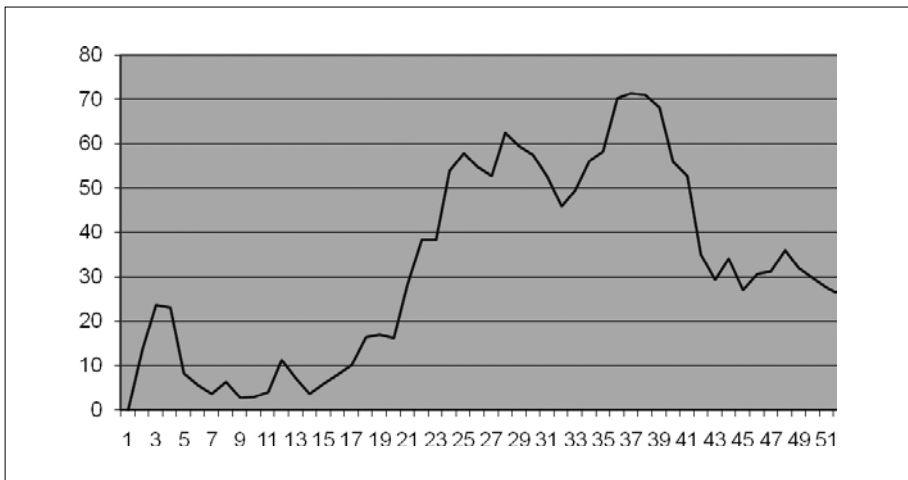


Fig. 5 *Produzione di biogas dalla fermentazione degli steli di sorgo (litri) (Dembélé, Bayoko)*

### *Biocombustibili*

L'interesse per le biomasse destinate alla produzione di biocombustibili è crescente, sia pure con impostazioni diverse, quali la produzione di biocombustibile di seconda generazione e il ricorso a colture destinate o alle microalghe.

Anche nei PVS, queste tecnologie possono assumere un ruolo importante. Tra le colture destinate da coltivare in aree tropicali, vi è interesse crescente per la *Jatropha* (fig. 6), che possiede caratteristiche interessanti per la produzione di biodiesel.

La pianta cresce rapidamente anche in terreni poveri, resiste alla siccità e la sua granella ha un contenuto in olio pari a 27-40%, per cui si possono ottenere 2-3 tonnellate d'olio per ettaro e per anno. L'India prevede di impiantare 14 milioni di ettari di *Jatropha* entro il 2012 e anche lo Zimbabwe, a partire dal 2010, vuole estendere la coltura per avviare la produzione di biodiesel.

### *Energia solare*

L'energia che il Sole manda alla Terra è abbondante e diffusa, però ha una bassa intensità e non è continua. La densità di potenza che si registra in una abitazione del mondo occidentale varia da 20 a 100 W/m<sup>2</sup>, quella di una acciaieria è compresa tra i 300 e i 900 W/m<sup>2</sup>, mentre la potenza dell'energia solare è in media di circa 170 W/m<sup>2</sup>; potenza fornita che si riduce drasticamente quando si converte in potenza utilizzabile (Amaroli – Balzani). Proprio per queste sue caratteristiche l'energia solare, così disponibile nei PVS, può essere convertita senza particolari problemi in energia termica mentre è più difficile e costoso trasformarla in energia elettrica.

### *Energia termica dal sole*

Le tecnologie di utilizzazione dell'energia termica solare messe in atto, o che si possono mettere in atto, nei PVS sono diverse. Ci limitiamo a riportare qualche esempio.

Una tecnologia semplice ma utilissima è quella dei *forni solari* per la cottura degli alimenti e per la potabilizzazione dell'acqua.



Fig. 6 *Jatropha curcas*

Una ricerca condotta da A. Calvo, M.P. Tassetti dell'Università di Torino, finanziata dalla regione Piemonte sui fondi della cooperazione, ha consentito di fare il punto sulle tecnologie esistenti e di proporre soluzioni più efficienti, allo scopo di diffondere le tecniche di costruzione e di utilizzazione dei forni solari.

Gli obiettivi che si sono perseguiti sono stati:

- massimo utilizzo dell'energia solare;
- semplicità di utilizzo;
- facilità di spostamento;
- facilità di pulizia;
- rendimenti all'altezza delle esigenze degli utenti;
- prezzi moderati.

I modelli di forno solare sperimentati sono stati quelli che nelle esperienze condotte in vari paesi africani, asiatici e del centro America, avevano fornito buoni risultati decidendo poi di lavorare su due modelli: il modello Boite e il modello ULOG, diversi per la differente penetrazione dei raggi solari nella camera di cottura (fig. 7).

Il forno solare proposto è in pratica un telaio di legno rivestito sui quattro lati e sul fondo con due strati e isolato per mezzo di uno spazio intermedio con materiale semplice (segatura, semi di cotone – materiale che aumenta

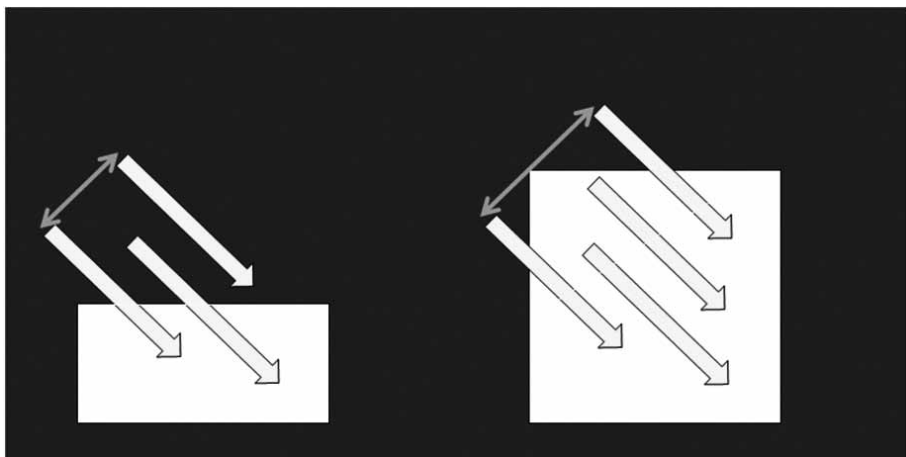


Fig. 7 *Differenza di penetrazione della radiazione solare tra la cucina tipo scatola e l'ULOG (Calvo, Tassetti)*

il peso del forno utile in caso di utilizzo in zone ventose –, residui secchi di colture, polistirene, fibre di kapokier, pezzetti di carta riciclata) e con un semplice vetro sulla faccia superiore.

Le dimensioni del forno possono variare secondo il numero di persone che compongono la famiglia.

L'interno deve essere ricoperto mediante lamiera riflettente sulle pareti laterali e con una lamiera verniciata di nero sulla base.

L'accesso per l'introduzione/prelievo della pentola è possibile grazie a uno sportello posteriore. La pentola di alluminio è verniciata in nero, come anche il coperchio che permette una buona chiusura.

La realizzazione tecnica di questi due modelli di cucine è quindi basata su:

- utilizzo dei materiali disponibili localmente;
- possibilità tecnica di costruzione sul posto;
- basso costo di realizzazione e quindi di diffusione;
- buon livello di efficienza termica;
- semplicità di utilizzo.

Questa impostazione ne ha consentito la diffusione in diversi paesi.

Altra importante applicazione del solare termico è l'*essiccazione dei prodotti alimentari*. Nei PVS, la catena del freddo per la conservazione degli alimenti freschi è molto carente, se non assente, come generalmente avviene nelle aree rurali. L'essiccazione dei prodotti sia vegetali e sia animali, viene effettuata soprattutto con la diretta esposizione al sole in condizioni igieniche gravemente insufficienti.

Il DEIAFA sez. Meccanica dell'Università di Torino, a partire dall'inizio degli anni '90 del secolo scorso, su finanziamento della Regione Piemonte sempre con i fondi della cooperazione, ha avviata una attività sperimentale in Niger. Attività che grazie all'impegno costante del Dott. Stefano Bechis, ancora oggi continua e che ha portato alla realizzazione di diversi modelli di essiccatoi solari: il primo nel 1993 – IMA 1993 –, l'ultimo nel 2007 – Icaro 2007 – (fig. 8).

La logica seguita nella progettazione e realizzazione degli essiccatoi, scaturita dopo un attento studio e analisi delle condizioni del paese, ha portato a definire le seguenti linee guida:

- essiccazione al riparo dal sole con ventilazione forzata;
- completa autosufficienza energetica e buona efficienza di essiccazione;
- semplicità di realizzazione, senza impiego del vetro e facilità di utilizzazione;
- possibilità di spostamento dell'unità;
- prezzo moderato.

Il materiale impiegato è stato la lamiera annerita, che è il metallo più disponibile in loco, facilmente lavorabile in modo da consentirne la realizzazione da parte degli artigiani locali. Nel modello del 1998 la camera di essiccazione è un parallelepipedo a base quadrata con larghezza di un metro e altezza di 1,4



Fig. 8 *Modelli di essiccatoi solari sperimentati in Niger*

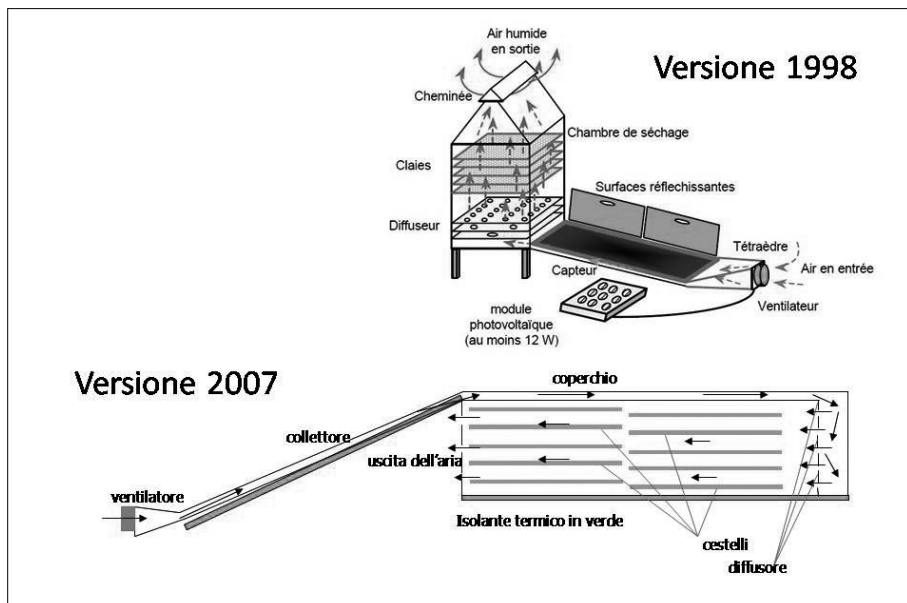


Fig. 9 Movimenti dell'aria nell'essiccatoio Icaro (Bechis)

metri. La camera, alla cui base si trova un diffusore dell'aria, si raccorda con il captatore solare (200 x 100 x 2,5 cm). Un ventilatore, posto davanti al captatore, azionato da un pannello fotovoltaico mette in circolazione l'aria (fig. 9).

Il funzionamento dell'unità è semplice:

- il pannello fotovoltaico (40 Wp) alimenta il ventilatore;
- il ventilatore insuffla l'aria attraverso il collettore;
- il collettore capta i raggi solari e scalda l'aria che lo attraversa;
- l'aria attraverso il diffusore percorre la camera di essiccazione dal basso verso l'alto, per poi uscire attraverso il camino.

Le prove di essiccazione eseguite in Niger hanno fornito ottimi risultati, in termini di efficienza energetica e di qualità del prodotto essiccato. L'essiccatoio viene ora realizzato direttamente in Niger e, attualmente, più di 30 unità operano nei villaggi rurali di questo Paese.

### *Energia solare elettrica*

Negli USA è tornato attuale, per la semplicità e l'economicità costruttiva, la realizzazione di centrali solari a concentrazione, basate sul principio inventato oltre 40 anni fa da Giovanni Francia (fig. 10).

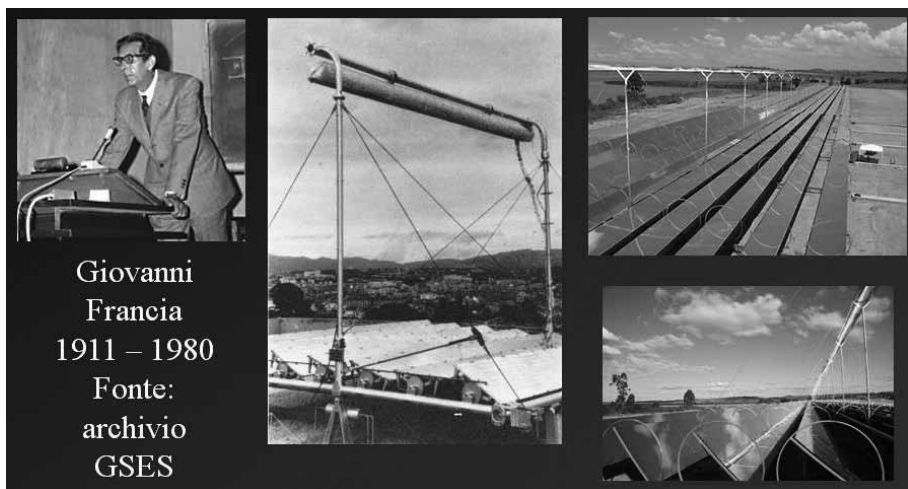


Fig. 10 *Solare a concentrazione con specchi piani*

Tale soluzione può essere indubbiamente interessante per i PVS, pensando a installazioni di una certa potenza in aree desertiche vicino a centri abitati. È indubbio però che il *fotovoltaico* rappresenti la tecnologia che può fornire un grosso contributo alla elettrificazione decentrata di questi paesi.

A partire dal 2003, la regione Piemonte, attraverso il comitato di solidarietà ha finanziato il DEIAFA sez. Meccanica dell'Università di Torino, un progetto a favore della Mongolia, inteso a fornire energia elettrica con impianti fotovoltaici ad alcuni nuclei famigliari di nomadi residenti nelle tende tradizionali (Ger) e a edifici di pubblica utilità (scuola e ospedale).

Nell'elettrificazione delle tende, ciascun impianto fotovoltaico di 110 Wp 12V cc, con batteria ermetica da 110 Ah 12V, è stato dotato di un punto luce per ogni tenda e di due prese e due spine polarizzate in modo da potere collegare utenze elettriche diverse, quali: radioregistratore, televisore e decodificatore, ecc., con possibilità di alimentare due o più tende contigue. Pertanto i dieci impianti installati hanno permesso di elettrificare 20 tende (figg. 11, 12).

Per l'elettrificazione dell'ospedale e della scuola, si è invece ricorso a un impianto fotovoltaico da 540 Wp 220V ca, con batteria ermetica da 314 Ah 24V.

Un settore nel quale l'energia elettrica da fonte solare può dare un grosso contributo è quello della potabilizzazione dell'acqua. Malgrado il 70% della superficie terrestre sia coperto da acqua, solo il 2,5% è costituito da acqua dolce (quella disponibile è lo 0,01%), mentre il restante 97,5% è acqua salata.

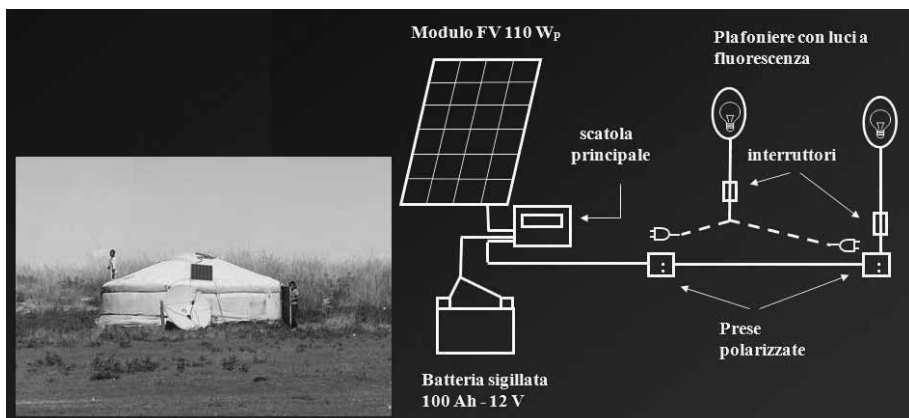


Fig. 11 Schema di impianto autonomo 12 Vcc per le tende dei nomadi della Mongolia (Be-chis)



Fig. 12 Utenze di impianto autonomo 12 Vcc per le tende dei nomadi della Mongolia

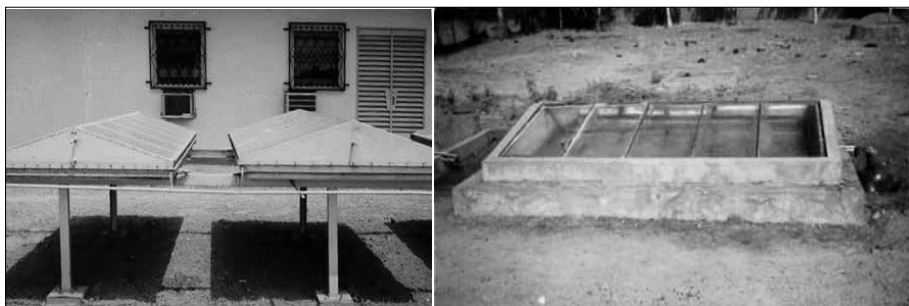


Fig. 13 Distillatori solari per produzione d'acqua (a sinistra), di sale (a destra)



La carenza di acqua potabile dunque è un problema grave destinato ad accentuarsi e lo è soprattutto per gli abitanti dei PVS che più degli altri accusano la scarsità di acqua potabile: condizione che si traduce in gravi problemi a carico della salute e della stessa sopravvivenza. Attraverso l'energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico è possibile non solo pompare acqua ma anche desalinizzarla e potabilizzarla (fig. 13). Con una installazione fotovoltaica da 120 Wp è possibile attuare il pompaggio e la potabilizzazione dell'acqua necessaria a un villaggio di 60 persone.

### *Energia eolica e idrica*

La produzione di elettricità tramite *aerogeneratori* è molto cresciuta negli ultimi anni. Nel 2007 la potenza mondiale globale è aumentata di 20000 MW, mentre nella sola Europa la crescita annua è stata di 8500 MW nel 2007 e si è praticamente quasi confermata nel 2008.

I rilievi della NASA sulla distribuzione della velocità media annuale del vento nel decennio 1983-1993, dimostrano che questa risorsa è ampiamente disponibile anche nei PVS.

Prescindendo dai grandi impianti, che se ci sono le condizioni possono avere significato, la produzione di energia elettrica da fonte eolica può anche essere ottenuta, specie nelle aree rurali, con piccoli aerogeneratori ad asse orizzontale o verticale, per fornire energia meccanica (fig. 14) o elettrica.

La tecnologia, sia per i grandi impianti (oltre 10 MW), sia per i piccoli (meno di 5KW), è ampiamente matura e richiede un uso ridotto del territorio. Piccoli impianti da 400-500 W possono essere montati sui tetti delle case per cui non si viene a sottrarre terreno agricolo ai coltivatori. Questi impianti, specie se limitati alla produzione di energia meccanica, possono essere realizzati facilmente in loco, per cui ben si prestano a essere insediati in aree dei PVS dove si può godere della risorsa eolica.

Per *l'energia dall'acqua* può valere lo stesso discorso. L'analisi del potenziale idroelettrico mondiale dimostra che, se si esclude l'Europa e il Nord America, tale potenziale è ancora scarsamente utilizzato e lo è specialmente in Africa.

Anche per questa energia, la tecnologia è ampiamente matura sia per i grandi e sia per i piccoli impianti, per cui anche da questa fonte potrebbe derivare un significativo contributo energetico per i PVS che ne dispongono.



Fig. 14 Aerogeneratore per il pompaggio meccanico dell'acqua in Niger

#### BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2000): *Icaro: Séchoir solaire à ventilation forcée pour aliments*, Regione Piemonte.
- ARMAROLI N., BALZANI V. (2008): *La Chimica e L'Industria*, Novembre.
- ARMAROLI N., BALZANI V. (2009): *Energia per l'astronave Terra*, Zanichelli.
- CALVO A., TASSETTI M.P. (2002): *Les fours solaires*, Regione Piemonte.
- DEMBÉLÉ F., BAYOKO P. (2005): *La fermentation sèche des tiges de sorgho, de coton et des pailles de riz à l'IPR/IFRA de Katibougou*, 3° Colloque International du Réseau inter universitaire "Turi-Sahel", Bamako 10-13 febbraio 2005.
- HOFFMAN A.R. (2009): *Sicurezza idrica: il ruolo dell'energia rinnovabile per una crisi crescente*, «ilsoleatrecentosessantagradi», 3.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2006): *World Energy Outlook*.
- PELLIZZI G. (1978): *Solar Energy as a Tool for Improving Agriculture in Developing Countries*, in *Solar Energy and Agriculture*, Sogesta, pp. 9-31.