

Energia del sole: paesaggi antropici e fotovoltaico¹

ORIO DE PAOLI*
EMANUELE POLI**
ANNA ROSA CANDURA***

Abstract

Renewable energy is 'clean' for the environment, but not always in relation to the landscape (especially for a landscape like the Italian one, so historically articulated).

The rapid spread (in Italy) of solar technology has developed, in recent years, a sort of cultural distortion. Some technicians are exclusively concerned with functionality and performance of these structures; some scholars are beginning to consider the aesthetic aspect and the negative impact on the cultural landscape. This paper seeks to provide a context for thinking about examples of both what already exists and of what it is currently only in project, in order to identify a balance between appearance and function.

Keywords: Historical Landscape, architecture, integration

1. Il lavoro è frutto di stretta collaborazione dei tre autori, tuttavia, si possono attribuire ad Orio De Paoli i paragrafi 3, 4 e 6, ad Emanuele Poli i paragrafi 2 e 5 e ad Anna Rosa Candura il paragrafo 1.

* Politecnico di Torino – DAD (Dipartimento di Architettura e Design) orio.depaoli@gmail.com

** Università degli Studi di Pavia- Dipartimento di Studi Umanistici (Sez. di Sc. Storiche e Geografiche) emanuele.poli@unipv.it

*** Università degli Studi di Pavia- Dipartimento di Studi Umanistici (Sez. di Sc. Storiche e Geografiche) acandura@unipv.it

1. *Premessa: l'impatto ambientale*

“Al territorio, in quanto paesaggio godibile esteticamente, agli spazi provvisti di permanenza, di valori durevoli, si è ricominciato a guardare solo da quando lo spreco delle risorse e le numerosissime grida d'allarme per la crisi ambientale hanno messo in discussione la legittimità del modello di sviluppo seguito fino ad oggi” (Pardi, 2010, p. 5).

Anche e soprattutto le tecnologie più innovative vanno considerate sotto il profilo del loro impatto ambientale; non si sottragga, pertanto, a tale indagine preliminare il fotovoltaico che, invero, sul piano materiale ha risvolti negativi assai limitati: “Il fotovoltaico in armonia con la natura per dare energia al mondo intero”. Un nuovo rapporto del WWF, pubblicato a margine del *World Future Energy Summit* di Abu Dhabi, dimostra che il solare fotovoltaico, da solo, potrebbe soddisfare la domanda mondiale di energia prevista per il 2050, soltanto occupando meno dell'1% della superficie totale del globo. Sarebbe occupata solo una quantità trascurabile di Superficie totale, contrariamente alla percezione comune. Il rapporto *Solar PV Atlas: l'energia solare in armonia con la natura* mostra, attraverso sette casi - sei Paesi e una regione -, che il fotovoltaico, se supportato da reti intelligenti e nuove infrastrutture, potrebbe da solo dare energia alla terra, senza significativi impatti ambientali. Il WWF ha collaborato con *First Solar*, *3tier* e *Fresh Generation* per sviluppare il rapporto, prendendo in considerazione Indonesia, Madagascar, Messico, Marocco, Sud Africa, Turchia e la Regione indiana del Madhya Pradesh. Si tratta di aree geografiche diverse, per demografia, ambienti naturali, economie e strutture politiche. La relazione dimostra che la tecnologia fotovoltaica, se ben pianificata, non è in contrasto con gli obiettivi di conservazione e chiarisce che nessun paese o regione deve scegliere tra solare fotovoltaico e spazio per gli esseri umani e la natura. “La ricerca ha scoperto che il fotovoltaico è in grado di fornire notevoli benefici ambientali, tra cui un basso impatto e con un ritorno economico molto rapido” - ha detto Lettemieke Mulder, Vice Presidente di *First Solar* per la sostenibilità - “La sostituzione della rete elettrica esistente per adeguarla al fotovoltaico ridurrà in modo signifi-

cativo le emissioni di gas a effetto serra e di metalli pesanti, come l'utilizzo di acqua" [01].

Le scelte fortemente condizionate da momenti storici difficili (cioè che, pressoché sempre, significa momenti di crisi economica) non sono necessariamente foriere di errori e danni; spesso, anzi, contribuiscono a riconoscere valore ed importanza a ciò che il benessere tende a dimenticare. Molti, inoltre, sono i farisei che si stracciano le vesti in pubblico e si sfregano le mani in privato, in particolare coloro che possono trarre vantaggio da scelte o azioni dannose per la società, giustificandosi con la scusa della crisi economica. Altri semplicemente pensano che non si possa produrre alcunché di buono senza sconfinite risorse economiche. La pur breve storia della produzione di energia elettrica da fotovoltaico infila parecchi bastoni in varie ruote filiste. “A latere di un progetto volto ad individuare la migliore collocazione di sistemi per la produzione di energia elettrica da fotovoltaico (Candura-De Paoli, 2011; De Paoli-Candura, 2011), si sono poste due importanti questioni: 1) l'installazione in Italia e 2) l'integrazione architettonica del fotovoltaico nel paesaggio mediterraneo. Considerata la struttura geo-storica del nostro Paese, i due ambiti sono strettamente compenetrati, ma la quantità di problemi che vi si creano ha reso necessaria una distinzione in due filoni di ricerca, pur nell'ambito del medesimo gruppo. [...] Nel 2011 il nostro Paese ha visto l'installazione di un'imponente quantità di sistemi per la produzione di energia elettrica da fotovoltaico.” (Candura-De Paoli, 2012, p. 354). Uno dei principali motivi per i quali è avvenuta tale diffusione, in Italia, è l'incentivazione tramite il cosiddetto Conto Energia, un decreto legislativo di durata limitata, con tariffe agevolate decrescenti e con procedure complesse².

2. Conto Energia è il nome comune assunto dal programma europeo d'incentivazione della produzione di elettricità da fonte solare mediante impianti fotovoltaici connessi alla rete elettrica. Il Conto Energia arriva in Italia attraverso la *Direttiva comunitaria per le fonti rinnovabili* (Direttiva 2001/77/CE), che viene recepita con l'approvazione da parte del Parlamento italiano del Decreto Legislativo 387 del 2003. L'avvio del Conto Energia passa attraverso l'approvazione del DM 28 luglio 2005 (che fissa i tempi e i termini di attuazione) e la Delibera 188 del 14 settembre 2005 (che stabilisce i modi di

“[...] la diffusione sempre più capillare dell’impiego di moduli solari, insieme ai vantaggi sul piano energetico, comporterà la necessità di trovare corretti metodi per ottenere l’integrazione dei sistemi stessi nel contesto. In particolare, se il luogo di collocazione è fortemente caratterizzato, come il paesaggio mediterraneo, la scelta dei sistemi dovrà essere indirizzata verso tecnologie appropriate, onde evitare stravolgimenti dovuti dall’introduzione di manufatti estranei. L’attuale situazione vede un approccio alla scelta applicativa che sembra non considerare in modo sufficiente la specificità del panorama italiano. Il captatore fotovoltaico viene assunto nella sua “alterità” di elemento estraneo, inserito in un dato ambito; in pratica viene accettato il fatto che per conseguire il pur nobile obiettivo di produrre energia da fonti rinnovabili, sia consentito all’elemento fotovoltaico di rimanere estraneo rispetto all’architettura nella quale s’inserisce. Questa è una concezione ormai superata: bisognerebbe limitare la posa dei captatori solo a situazioni in cui sia possibile rendere il sistema non visibile o del tutto legato all’immagine del contesto.” (Candura-De Paoli, 2012, p. 354).

Non è, d’altra parte, un geografo bensì un architetto ad affermare che “Il paesaggio, inteso nel senso di testimonianza dell’attività umana e - più propriamente - di una giusta simbiosi di interventi antropici su dati e su fattori geografici, riveste un significato rilevante, perché a livello

erogazione degli incentivi) prodotta dalla Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas. Dal 19 settembre 2005 è possibile presentare la domanda al *Gestore del sistema elettrico* (GRTN) per accedere al Conto Energia. GRTN è divenuto Gestore dei Servizi Elettrici (GSE) a seguito del passaggio a Terna Spa del ramo d’azienda dedicato alla gestione della rete elettrica. La copertura finanziaria necessaria all’erogazione di questi importi è garantita da un prelievo tariffario obbligatorio (cod. A3) a sostegno delle fonti rinnovabili di energia, presente dal 1991 in tutte le bollette dell’energia elettrica di tutti gli operatori elettrici italiani. Con la componente A3 sono finanziati anche gli impianti CIP6, tra cui sono presenti non solo quelli alimentati da fonti rinnovabili, ma anche quelli alimentati da fonti “assimilate” (cogenerazione, fumi di scarico, scarti di lavorazione e/o di processi industriali, fonti fossili prodotte da giacimenti minori isolati, inceneritori ecc.); ciò ha di fatto impedito e ritardato lo sviluppo del fotovoltaico poiché la componente A3, per i motivi appena citati, è risultata abbastanza onerosa nel finanziamento di queste ultime (nel nostro Paese privilegiate rispetto al fotovoltaico). Da gennaio 2007, non possono più essere finanziati nuovi impianti a fonti “assimilate”, ma solo quelli già autorizzati [02].

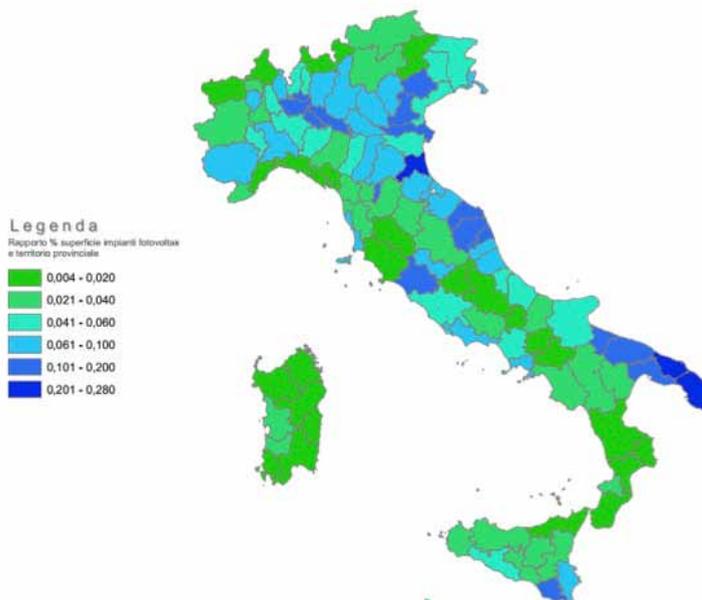
di territorio, vale come una “dichiarazione” circa il grado di civiltà e di evoluzione di una comunità: infatti, quanto maggiore è il rispetto per le vocazioni ambientali nelle scelte e nelle programmazioni, tanto meno si rischia di generare selezioni involutive e dequalificanti negli orientamenti economici e produttivi.” (Pardi, 2012, p. 5).

Si aggiunga, peraltro, che, già sul finire del secolo scorso, il tema della collaborazione fra specialisti era considerato uno snodo fondamentale, un propellente irrinunciabile per lo sviluppo e la ricerca nel campo del fotovoltaico: “For the vast physical potential of the solar resource and photovoltaic technology to materialize in cost-effective applications, it is crucial that large enough markets emerge to cut down the price per watt of PV. [...] Should PV buildings really trigger the snow ball effect of reducing cost and expanding the use of photovoltaics, it would raise the impact of this concept from being merely a stimulating play ground for architects and engineers to genuinely making the difference in the global perspective. [...] Only by working closely together, can engineers and architects combine technology and architecture in a way that may revolutionize our understanding of both energy and buildings.” (Sick-Erge, 1996, p.7).

2. *Il fotovoltaico in Italia*

Il *trend* di sviluppo del settore fotovoltaico nazionale è confermato anche per il 2012 e, nonostante la crisi internazionale e le oggettive difficoltà del mercato manifatturiero nazionale, gli impianti fotovoltaici hanno visto uno sviluppo fino a quasi il 30% di potenza installata. “Più di 480 mila impianti fotovoltaici attivi in Italia. Secondo gli ultimi dati forniti dal GSE, nel 2012 gli impianti in Italia sono cresciuti del 44%, per una potenza fotovoltaica installata di 17.047.613 kW. Mentre il costo annuo degli incentivi ha raggiunto i 6.566.723.768 di euro. Crescono sensibilmente gli impianti fotovoltaici installati in Italia. Secondo gli ultimi dati pubblicati dal GSE, infatti, sono 482.677 quelli in esercizio lungo tutto il territorio nazionale, ovvero il 44% in più rispetto a quelli funzionanti a inizio 2012, per una potenza complessiva di 17.047.613 kW, ovvero quasi il 30% in

Fig. 1 - Consumo di terreno per impianti fotovoltaici in rapporto alla superficie territoriale provinciale al 15-7-2011



Fonte: [03]

più rispetto alla capacità registrata l'anno scorso. La classifica regione per regione vede ancora in testa la Lombardia, con oltre 68 mila impianti, seguita dal Veneto (quasi 65 mila) ed Emilia Romagna (45 mila). Nel frattempo, il costo annuo degli incentivi previsti dal Quinto Conto Energia ha raggiunto i 6.566.723.768 euro, ovvero mancano meno di 140 mila euro al termine del regime incentivante.” [04].

A ciò si aggiunga che: “Anche nelle provincie ove più massiccio è stato l'uso del territorio per ospitare impianti (ad esempio Brindisi) la percentuale di terreno consumato non supera lo 0,28% a fronte di oltre 259.000 kWp installati al 15 luglio 2011.” [05].

Nonostante l'andamento positivo che ha visto l'Italia primeggiare in Europa per quanto riguarda l'installazione di fotovoltaico nell'ultimo bien-

nio, proprio l'aspetto della grande e rapida diffusione del sistema ha generato una sorta di deformazione culturale legata non tanto alla funzionalità quanto alle implicazioni paesaggistiche che il sistema stesso ha prodotto.

In Italia, la tecnologia FV si è diffusa solo negli ultimi 10 anni, mentre in gran parte degli altri Paesi europei questi sistemi sono in uso già da due decenni; l'impiego di tali tecnologie, peraltro, nel territorio nazionale ha preso una direzione divergente rispetto a gran parte degli altri Paesi. Ciò è dovuto sicuramente ad una rilevante convenienza economica degli incentivi, che hanno stimolato lo sviluppo di installazioni industriali e generato la conseguente modificazione del territorio nazionale; tale modifica ha inciso spesso negativamente sulla qualità del paesaggio.

Detta situazione deriva da un corpo normativo nato durante la prima fase della diffusione dei sistemi, quando era necessario imprimere un forte impulso alla diffusione della tecnologia. Il successivo interesse che ha spinto i governi a concedere incentivi alle fonti rinnovabili risiede principalmente nella necessità di adempiere alle prescrizioni comunitarie europee. L'incentivazione ha determinato, nel nostro Paese, un grande sviluppo del settore tanto che, rispetto alla Germania, *leader* da oltre un decennio nel mercato fotovoltaico, l'Italia nel 2011 ha installato il triplo della potenza; sono, infatti, stati superati con nuovi impianti i 10.000 MW di potenza sul territorio nazionale. Il Fotovoltaico e l'interesse alla realizzazione di nuovi impianti stanno, pertanto, facendo presagire la possibilità di rendere il sistema una delle tecnologie portanti del nuovo modello energetico, ma necessitano di continui affinamenti, oltre che sotto il profilo della diffusione di tecniche innovative, anche di indirizzo verso metodi di incentivazione di maggiore sensibilità al rapporto col territorio affiancando, quindi, al tema dello sviluppo prestazionale una visione culturale complessiva. Ove molto diffuso, infatti, il fotovoltaico potrebbe compromettere la produttività agricola e, in caso di sviluppo incontrollato, potrebbe arrivare a ridurre l'attività fotosintetica e la biodiversità, con un impoverimento progressivo del tenore di carbonio nel suolo e di biomassa emergente; la conseguenza più evidente sarebbe l'emissione, anziché la fissazione, di CO₂ (il

suolo rappresenta il maggior deposito di assorbimento di carbonio). Tale questione è paradossale per una tecnologia che miri a ridurre le emissioni “climalteranti”. In una estrema, ma possibile, ipotesi di grande diffusione dei sistemi, potrebbero addirittura verificarsi fenomeni di limitazione di assorbimento di acqua sulla superficie naturale, causata dalla eventuale impermeabilizzazione delle superfici sottostanti i pannelli causando, anche in questo caso, fenomeni d’impoverimento della produttività del terreno. Per evitare tali problemi, dovrebbero essere previsti interventi di recupero delle acque meteoriche e di loro utilizzo con impianti irrigui progettati *ad hoc*. È, inoltre, necessario considerare il fattore consumo di suolo, risorsa limitata e confinata; il suolo, se destinato ad utilizzi secondari, potrebbe non essere più così facilmente re-impiegabile per utilizzi strettamente necessari alla sopravvivenza. Nonostante i problemi siano ancora solo parzialmente affrontati, il fotovoltaico potrà essere una risorsa fondamentale per la soluzione al problema energetico dei prossimi anni, quindi, proprio per la sua influenza sull’ambiente naturale è necessario ripensare le modalità di scelta di collocazione dei captatori sul territorio. In particolare, è determinante riflettere sulla condizione del nostro paesaggio, già molto compromesso. Per ipotizzare il prosieguo dello sviluppo del fotovoltaico a ritmi simili a quelli attuali, sarebbe corretto individuare porzioni di territorio già pregiudicato, così che possano essere destinate ad ospitare nuovi impianti fotovoltaici collocati e adattati nel migliore dei modi. In Italia il 5% circa del territorio è urbanizzato, quindi, ove s’iniziasse a coprire una parte delle coperture esistenti (di bassa qualità storico-culturale) con sistemi fotovoltaici, si potrebbe già disporre di un abbondante bacino di produzione energia senza pregiudicare la qualità del territorio.

Il fotovoltaico *in primis*, unitamente ad altre fonti rinnovabili, dovrebbe servire a salvare il Pianeta, non a deturpare il paesaggio; senza questa consapevolezza di base, qualsiasi fonte rinnovabile diverrebbe insostenibile. Si veda quanto già proposto nella descrizione di un progetto di studio delle aree peri-urbane: “S’impone un’operazione preliminare, vale a dire l’individuazione delle porzioni di territorio maggiormente interessate

a variazioni dell'uso del suolo che comportino la costruzione di nuove superfici artificiali. [...] Volendo progettare la collocazione [...] di sistemi di captazione della radiazione solare, occorre avere almeno due tipi di dati. 1) La dispersione delle superfici urbanizzate. 2) La presenza di superfici artificiali ove si possa intervenire ponendo sugli edifici coperture progettate per la captazione della radiazione solare.” (De Paoli-Candura, 2011, pp. 112; 121-122, *passim*).

Anche alla luce di quanto sin qui affermato, risultano specialmente importanti riflessioni quali quella a seguire: “Le problematiche connesse alle abitazioni stanno favorendo una politica territoriale assolutamente innovativa, da cui emerge la necessità di incentivare i servizi per monitorare il suolo, l'acqua, l'aria, l'energia e di elaborare, ad un tempo, progetti rispondenti alle specifiche esigenze rilevate dal monitoraggio. Ciò vuol dire predisporre sistemi capaci di produrre effetti economici più compatibili con il territorio: in sostanza, una nuova dinamica dei servizi legati alla conversione ed allo sviluppo ambientale dell'abitazione può rappresentare ed agevolare circostanze più consone alle prospettive territoriali.” (Pardi, 2010, p. 8).

3. Dove collocare il fotovoltaico

Oltre alla citata possibile opzione di impiegare aree già costruite e di basso pregio, per la scelta delle zone dove installare nuovi captatori di energia solare, grande importanza deve essere data all'individuazione di aree e territori nei quali sia possibile operare evitando l'alterazione eccessiva del paesaggio. Nei successivi capoversi, si propone un'articolazione delle principali categorie in cui è possibile suddividere la scelta della collocazione dei captatori fotovoltaici, sia per installazioni in luoghi non edificati, sia definendo possibili strategie da impiegare nel tessuto edilizio esistente.

La prima di queste categorizzazioni riguarda la realizzazione di impianti industriali per i quali è necessario orientare le considerazioni fin qui proposte in relazione alla valutazione delle dimensioni degli interventi. Diverso è, infatti, valutare l'impatto derivante dalla realizzazione d'impianti

privati di piccole dimensioni da quello connesso alla realizzazione d'installazioni industriali di grandi dimensioni, quindi pur prendendo atto della domanda di energia elettrica costantemente in crescita, per la valutazione dell'impatto delle installazioni industriali, la relazione tra produzione di energia e consumo di suolo dovrà essere sempre più rivolta alla tutela di quest'ultimo, in particolare per la realizzazione di grandi impianti, quasi sempre invasivi rispetto al paesaggio e la cui permanenza sul territorio si protrarrà a lungo.

Parchi fotovoltaici. Nell'ultimo biennio, accanto alla creazione di piccoli impianti localizzati sui tetti degli edifici, il nostro Paese ha visto la proliferazione dei cosiddetti Parchi Fotovoltaici. Tale definizione individua aree nelle quali vengono disposti i pannelli in file parallele, usualmente sopraelevati rispetto al piano di campagna attraverso strutture di sostegno. La scelta di occupare suolo agricolo per realizzare impianti che possano trovare spazio su superfici già compromesse, come già affermato, diviene di per sé una scelta strategica. Ettari di filari di pannelli, al di sotto dei quali le colture agricole rischiano di soffocare (e la biodiversità sarà sicuramente ridotta, dal momento che si crea un microclima sfavorevole) possono generare un considerevole impatto sul paesaggio; le alternative di integrazione su strutture esistenti potrebbero ridurre invece l'impatto visivo e annullare quello ambientale³.

La diffusione di grandi impianti su suoli agricoli e le conseguenti variazioni nell'assetto delle attività agricole potrebbe, inoltre, determinare squilibri nel mercato degli affitti agrari, compromettendo il valore delle stesse attività; gli aspetti economici legati alla diffusione dei sistemi, in particolare se comparate con attività produttive primarie, sono da valutare anche in relazione al costo generale dell'energia a cui il fotovoltaico deve

3. È utile rilevare, ai fini della riflessione complessiva sul peso economico delle incentivazioni, che la maggior parte dei contributi elargiti per promuovere la diffusione delle energie rinnovabili proviene da una quota che tutti paghiamo sulla bolletta elettrica (CIP6); Proprio per questo aspetto sarebbe forse più corretto incentivare maggiormente solo impianti di assoluta integrazione con il paesaggio, attraverso quote specifiche.

Fig. 2 - Pannelli solari nell'impianto agrovoltaico di Virgilio (Mantova)



Fonte: [06]

giocoforza riferirsi⁴.

L'agrovoltaico. Una soluzione che potrebbe favorire la convivenza tra fotovoltaico e agricoltura è stata concretata da una azienda agricola mantovana. La proposta vede l'integrazione dei sistemi fotovoltaici, nel cosiddetto agro-voltaico. La definizione è stata data ad un progetto pilota, realizzato nel 2011 presso l'azienda agricola a Virgilio (fig. 2).

Un insieme di pali, alti 4,5 metri e distanti 12 metri, funge da intelaiatura; fra un palo e l'altro, viene montata una struttura che sostiene 10 pannelli solari mobili che, attraverso un inseguitore solare, si spostano durante la giornata mantenendo la migliore posizione rispetto alla radiazione; l'altezza dell'istallazione rispetto al piano di campagna consente alla radiazione solare di raggiungere le colture sottostanti e ai mezzi agricoli

4. In questo senso, si rimanda all'espressione *Grid Parity*, che individua le condizioni produttive e di mercato che potranno consentire di far coincidere il costo dell'energia elettrica prodotta con sistemi fotovoltaici con il costo di quella prodotta da fonti convenzionali.

di operare⁵.

In seguito alla realizzazione di quello di Virgilio, sono stati costruiti altri due impianti, nella provincia di Piacenza, a Castelvetro Piacentino e a Monticelli d'Ongina. La potenza prodotta dagli impianti è rispettivamente di 2,15 MW a Virgilio, 1,3 MW a Castelvetro e 3,2 MW a Monticelli.

Le coperture a falda. Il primo elemento della costruzione che consideriamo per la collocazione di captatori fotovoltaici è costituito dalla più diffusa e tradizionale tipologia di copertura edilizia: il tetto a *falda*. Nata per sfruttare l'inclinazione delle superfici per ottenere l'allontanamento delle acque meteoriche nel modo più semplice e rapido, la copertura a *falda* può essere estremamente efficiente per l'integrazione fotovoltaica, a patto che le falde da impiegare siano correttamente orientate rispetto alla radiazione solare; per un corretto impiego dei captatori è possibile utilizzare le superfici orientate verso Sud e con limiti prestazionali quelle Sud-Est e Sud-Ovest.

Il tetto inclinato rappresenta l'archetipo di copertura dell'abitazione. Nella storia dell'insediamento umano, ha subito trasformazioni e adattamenti secondo necessità, variazioni della cultura materiale diffusa nei diversi territori, materiali a disposizione e conoscenze tecniche accumulate. Il tetto inclinato viene, quindi, diversamente progettato, oggi, con molti differenti materiali che vanno dalle tradizionali tegole in laterizio fino a materiali diversi quali ardesia, legno e metallo, solo citando i più diffusi; in questo quadro si deve inoltre considerare la variazione già prodotta alla diffusione di vari elementi edilizi come finestre "a tetto", condizionatori, esalatori e antenne che, collocate in copertura, hanno determinato alterazioni rilevanti all'immagine delle coperture. Proprio per questa cospicua variazione del paesaggio urbano e rurale sarà fondamentale operare scelte coerenti nella diffusione di nuovi elementi da collocare in copertura.

Un significativo esempio della rilevanza, sul piano dell'immagine, della collocazione di impianti fotovoltaici sui tetti a falda esistenti è co-

5. La REM (società, composta da 6 gruppi industriali, che ha depositato la richiesta di brevetto del progetto) occupa circa 200 persone [07].

Fig. 3 - Fotovoltaico su copertura a falda. Copertura Sud Est della cascina Menozzi di Landriano (pv)



Fonte: [08]

stituito dalla realizzazione di una installazione sperimentale in Lombardia: “Sono ben 108 i pannelli fotovoltaici installati sulla copertura Sud-Est della cascina Menozzi di Landriano (pv). Si tratta di un’azienda agricola didattica sperimentale, una sede distaccata della Facoltà di Agraria dell’Università di Milano. [...] Al suo interno, oltre alle normale attività di un’azienda agricola di produzione di latte, si sommano una serie di attività di sperimentazione riguardanti la coltivazione dei campi e l’allevamento. [...] L’impianto fotovoltaico è stato interamente progettato dall’ufficio tecnico Enerpoint ed è stato dimensionato in modo tale che la corrente elettrica prodotta venga totalmente utilizzata per lo svolgimento delle attività produttive interne, che da sole richiedono ogni anno circa 60000 kW/h. La struttura [...] consiste in un sistema di fissaggio completo che permette di integrare pannelli fotovoltaici di qualsiasi dimensione nei tetti a falda. Il tutto viene eseguito semplicemente tramite la rimozione delle tegole e la loro sostituzione con i pannelli Intersole in HDPE, in modo da garantire la massima impermeabilità del tetto. Inoltre, per permettere a tutti i visitatori dell’azienda agricola una facile lettura dell’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico e delle emissioni di CO₂ evitate, è stato installato anche un *display* da esterno.” (Enerpoint) [09].

Gli edifici: tegole fotovoltaiche. Il processo d’innovazione, nell’ambito

dei sistemi per la realizzazione di tetti a falde, ha visto varie sperimentazioni orientate verso lo sviluppo di sistemi che possano coniugare i captatori fotovoltaici con la tradizionale immagine diffusa nel nostro Paese. Uno dei risultati di questa ricerca è costituito dalla cosiddetta tegola fotovoltaica che, pur rappresentando una concreta risposta alle richieste di integrazione che il mercato richiede, non sembra, ad oggi, poter soddisfare i requisiti formali che l'immagine del nostro paesaggio richiede in tutte le situazioni di impiego. Le tegole fotovoltaiche (fig. 4) sono effettivamente un sistema tecnicamente rivoluzionario, nel quale, all'interno della tegola, è inserita la cella fotovoltaica. La cella è conformata in modo da mutuare la forma del tradizionale elemento in cotto, ma risulta comunque ibrida e non esattamente coerente all'esigenza primaria, (come più volte affermato) per il nostro Paese, di rispettare il paesaggio esistente.

Gli edifici: lose fotovoltaiche. Attraverso un criterio di ricerca formale analogo a quello che ha generato le tegole fotovoltaiche, sono nate le cosiddette "Lose Fotovoltaiche" (fig. 5); anche in questo caso, il sistema di copertura, realizzato in lastre di pietra, ospita sistemi captanti la radiazione solare. Rispetto alle tegole fotovoltaiche a cui abbiamo fatto cenno, anche in questo caso il sistema sembra accentuare la distanza dall'originale. Le Lose riprendono la dimensione e il metodo di posa sulle coperture delle originali in pietra (tipiche delle coperture montane delle regioni alpine italiane) ma, di fatto, manifestano la loro natura di pannelli fotovoltaici a tutti gli effetti. L'esempio seguente, il rifacimento della copertura nelle Scuole Elementari del Comune di Luserna S. Giovanni (TO), può essere letto in termini positivi sotto il profilo dell'attenzione alla questione ambientale e all'attivazione di strategie di ricerca, ma propone una soluzione non esaustiva della problematica d'inserimento in una realtà tradizionale.

Gli edifici: tetto piano. Le tipologie di copertura presenti nel panorama nazionale comprendono anche i tetti piani, comuni sia all'edilizia civile, sia alle installazioni industriali. Le caratteristiche del tetto piano sono tali da consentire una semplice collocazione dei captatori fotovoltaici che possono essere disposti in direzione corretta rispetto all'irraggiamento sen-

Fig. 4 - Esempio di tegola fotovoltaica



Fonte: [10]

Fig. 5 - Il progetto pilota della “losa” fotovoltaica installata sulla copertura della Scuola Elementare di Luserna S. G. (TO)



Fonte: [11]

za risultare invasivi sotto il profilo dell'immagine (fig. 6).

Gli edifici: le coperture “shed”. Nella presente, parziale, disamina delle caratteristiche delle installazioni fotovoltaiche poste sui sistemi di copertura, non si può evitare la citazione dei tetti tipici delle costruzioni industriali. La tipologia di maggiore interesse è quella a *shed*.

I sistemi sono costituiti da superfici opache inclinate rivolte a Sud e da superfici trasparenti verticali rivolte a Nord. I sistemi costruttivi che impiegano il cosiddetto *shed* nascono per favorire l'illuminazione degli ambienti con luce incidente indiretta garantendo in questo modo la migliore

Fig. 6 - Impianto fotovoltaico con struttura metallica collocato su copertura piana

Fonte: [12]

qualità visiva nei luoghi deputati alle attività produttive. La collocazione dei captatori fotovoltaici nella parte rivolta a Sud risulta ideale per lo sfruttamento della radiazione diretta e consente d'intervenire su architetture industriali esistenti minimizzando costi di intervento e massimizzando il rendimento dei sistemi.

Gli edifici: le coperture a botte. Anche le cosiddette coperture a *botte*, ove correttamente orientate, si prestano all'integrazione del fotovoltaico, meglio realizzabile con la più recente tecnologia del fotovoltaico flessibile a film sottile.

4. Altre coperture

Pensiline. Così come le coperture degli edifici, gli spazi urbani e periurbani offrono infinite occasioni di realizzazione di micro-impianti fotovoltaici; ne sono esempio le pensiline, per riparo di autoveicoli o persone. Le superfici impiegabili vanno dalle pensiline a servizio delle fermate dei mezzi pubblici alle più estese coperture per il riparo degli autoveicoli nelle

Fig. 7 - Fotovoltaico su copertura a shed



Fonte: [13]

Fig. 8 - Copertura fotovoltaica per posteggio privato



Fonte: foto scattata da Orio De Paoli

zone industriali o commerciali; in questo caso, la quantità di spazio a disposizione e la distanza dalla rete elettrica determinano l'opportunità della scelta di realizzare l'impianto, dal momento che si tratta di oggetti presenti in gran numero sia in ambito urbano sia industriale.

Ponti e passerelle pedonali. Nel caso del fotovoltaico sovrapposto a sistemi di copertura di ponti e passerelle pedonali o ciclabili, non sempre i risultati estetici sono apprezzabili. Il collocamento del fotovoltaico va pianificato attentamente sia per quanto riguarda la posizione all'interno della costruzione architettonica, sia per quanto riguarda la forma del captatore.

Un significativo esempio della difficoltà d'individuare metodi d'integrazione di sistemi per la conversione fotovoltaica è rappresentato dal discusso intervento sul ponte ferroviario Londinese della stazione di *Blackfriars*, collocata sull'omonimo ponte vittoriano (che dal 1886 attraversa il Tamigi) sul quale sono stati installati 4.400 pannelli fotovoltaici, in occasione delle Olimpiadi. La stazione dispone di una superficie totale di moduli fotovoltaici di 6.000 metri quadrati, per una produzione annua di energia elettrica di circa 900.000 kW/h; il risparmio in emissioni di anidride carbonica è pari a 511 tonnellate annue. L'investimento di 7,3 milioni sterline (8,4 milioni di euro) per l'*eco-restyling* della stazione ha previsto, oltre ai pannelli, anche l'installazione di camini solari per consentire l'accesso della radiazione solare all'interno della struttura, favorendo l'illuminazione naturale. Altro esempio, analogo al precedente, è costituito dalla passerella Kurilpa di Brisbane, in Australia.

L'opera, lunga 470 metri, è costituita da 84 pannelli fotovoltaici e rappresenta una fonte di energia fotovoltaica per il *Brisbane Central Business District*. Il progetto risponde alla necessità di alimentare il sistema d'illuminazione a LED del ponte. La capacità energetica (circa 100kW/h al giorno, per una media annuale di 38 MW/h all'anno) è spesso in *surplus*, quindi la parte superflua viene immessa nella rete elettrica cittadina; ciò consente di limitare l'emissione di carbonio di circa 40 tonnellate l'anno. Si tratta di un esempio di corretta integrazione architettonica del generatore fotovoltaico con la struttura; i pannelli in questo caso costituiscono la

Fig. 9 - Il restyling del Blackfriars di Londra con l'installazione dei moduli fotovoltaici



Fonte: : Merlo, 2012, p. 20

parte simbolica e comunicativa dell'opera che va oltre il semplice contributo energetico e ambientale di un sistema che vede il captatore energetico divenire centrale per le scelte formali dell'architettura.

Tunnel ferroviari. Le infrastrutture per la comunicazione, in particolare quelle legate al traffico ferroviario, costituiscono un campo ideale per la collocazione di sistemi per la produzione energetica. Un esempio dell'impiego di sistemi fotovoltaici integrati in strutture ferroviarie è costituito dalla copertura del *tunnel* di Schloten a Brasschaat, in Belgio. La copertura del *tunnel*, lunga oltre 3 chilometri, ha consentito l'istallazione di pannelli per quasi 4 MW di potenza. L'energia prodotta viene utilizzata *in loco* per alimentare i treni e la stessa rete ferroviaria. Anche il nostro Paese può vantare un esempio di infrastruttura ferroviaria che sfrutta il sistema fotovoltaico. A Torino, nel gennaio del 2013, è stata inaugurata la nuova stazione di Porta Susa che vanta una copertura fotovoltaica semitrasparente di quasi 400 metri di lunghezza. La copertura è costituita da una pelle

Fig. 10 - Il ponte ciclo-pedonale Kuripla (Brisbane), auto-illuminato grazie ai suoi pannelli fotovoltaici



Fonte: Merlo, 2012, p. 21

vetrata che realizza una galleria di circa 15 mila metri quadri. Il sistema scelto prevede che il fotovoltaico sia integrato nella superficie traslucida. L'installazione raggiunge una potenza di circa 600 chilowatt, sfruttando i due terzi della superficie trasparente.

5. Discariche esaurite e cave dismesse

Discariche esaurite. Sono abbastanza diffusi gl'interventi promossi da regioni e comuni per il riutilizzo degli spazi già decisamente compromessi dal punto di vista ambientale. Si tratta di vecchie cave esaurite e discariche sature; entrambi lasciano un'inevitabile impronta sul territorio. Gl'impianti fotovoltaici possono essere realizzati direttamente dagli Enti gestori del servizio rifiuti, dai privati ai quali verrà concesso l'uso delle superfici, dalle *Energy Service Company* (ESCO) a maggioranza pubblica, o direttamente

Fig. 11 - Ponte di Kuripla (Brisbane); dettaglio della copertura della passerella con pannelli fotovoltaici



Fonte: Merlo, 2012, p. 21

dagli Enti locali. Un esempio è il caso del Comune di Torino, dove Barri-calla Spa (la società che gestisce il principale impianto di smaltimento di rifiuti industriali d'Italia) ha inaugurato nell'ottobre 2011, presso la sede di Collegno, il suo primo parco fotovoltaico. Il sito ha una superficie fotovoltaica di 4.680 metri quadri ed è in grado di produrre, a regime, oltre 1,12 gwh all'anno, un terzo dei quali copre l'intero fabbisogno di energia dell'azienda, mentre l'energia non utilizzata è immessa in rete. Il parco costituisce la fase finale di riqualificazione di un'area fino a poco tempo prima adibita a discarica. L'impianto è stato costruito dopo un'attenta valutazione di impatto ambientale, anche in collaborazione col Politecnico e la Provincia di Torino.

Cave dismesse. Un esempio emblematico di riutilizzo del territorio è la cava dismessa di Balangero, ex miniera di amianto a 30 chilometri da Torino. Il territorio dell'ex miniera è montuoso ed ha un'estensione di circa 400 ettari, con un complesso industriale dismesso di 40 mila metri quadrati.

Fig. 12 - Copertura della linea ferroviaria Belga per mezzo di fotovoltaico integrato nella struttura



Fonte: Merlo, 2012, p. 23

All'interno della cava si trova un bacino lacustre che raccoglie acqua per 2 milioni di metri cubi. Attualmente è un sito di bonifica d'interesse nazionale, ma già dal 2010 è stato presentato, al Ministero dell'Ambiente, un progetto per la realizzazione di 5 campi fotovoltaici ove saranno installati 21.300 moduli da circa 170 Watt cadauno, per una potenza di picco totale intorno ai 3,8 mwp. Le opere in progetto interesseranno essenzialmente i gradoni pianeggianti del versante Sud, lato Balangero, della miniera, con insolazione ottimale. Il profilo del pendio e la conformazione dei gradoni consentirà di mascherare gl'impianti previsti, senza oneri per opere di mitigazione dell'impatto paesistico. La superficie netta dell'intero campo fotovoltaico ad opera completata dovrebbe essere di 95 mila metri quadrati [15].

6. Riflessioni conclusive circa l'integrazione del fotovoltaico

Abbiamo visto come la tecnologia fotovoltaica sia in grande evo-

Fig. 13 - Il parco fotovoltaico nell'ex discarica di Collegno (Torino)



Fonte: Merlo, 2012, p. 30

luzione, sotto il profilo dei sistemi di captazione (colori, materiali e tipi che si differenziano costantemente); tuttavia il criterio col quale si sceglie la collocazione risulta ancora troppo individuale e disomogeneo. Sarebbe oggi necessario individuare linee di approccio alla progettazione energetico-territoriale che, rispondendo alle necessità ambientali, indirizzi le scelte dei progettisti, degli enti territoriali e delle istituzioni preposte al controllo verso lo sfruttamento di tutte quelle aree attualmente in disuso e sprovviste di caratteristiche formali e culturali rilevanti. Il punto è costituito dalla necessità di connettere la prosecuzione del *trend* positivo (che le incentivazioni degli ultimi anni hanno conferito ai sistemi di produzione energetica) alla più impellente necessità d'individuare metodi per stimolare il recupero di attenzione per il territorio ed il paesaggio italiani. Ad oggi, il sistema di vincoli che indirizzano di volta in volta i processi di sviluppo delle zone antropizzate non ha prodotto la necessaria tutela del nostro patrimonio; da qui in avanti auspichiamo un approccio che faccia convergere atten-

Fig. 14 - L'ex cava di amianto a Balangero (Torino)



Fonte: [14]

zioni e possibilità di sviluppo ambientale e territoriale su tutte quelle aree ex industriali peri-urbane già antropizzate che risultano sotto-utilizzate o abbandonate.

In estrema sintesi, occorre avere un orizzonte più ampio di quello strettamente energetico; strutture tecnologiche che durino 25-30 anni impegnano anche le generazioni future; per tale ragione la loro progettazione e la loro realizzazione rientrano specialmente nel vasto e delicato ambito dello sviluppo sostenibile.

Bibliografia

BAGLIANI M. - DANSERO E. - PUTTILLI M.G. (edited by), *Territory and energy sustainability: the challenge of renewable energy sources*, Lille (France), Université de Lille, 2008 (a).

BAGLIANI M., DANSERO E. e PUTTILLI M.G., “Energia e fonti energetiche

rinnovabili: quali vocazioni per la regione Piemonte?” , IRES PIEMONTE (a cura di) *Ires Scenari - Terzo rapporto triennale sugli scenari evolutivi del Piemonte*, Torino, Ires Piemonte, 2008 (b), pp. 138-149.

BAGLIANI M. - PIETTA A., *Territorio e sostenibilità: gli indicatori ambientali in geografia*, Bologna, Pàtron, 2012.

BIANCHI E. - PERUSSIA F. - ROSSI M., *Immagine soggettiva e ambiente*, Milano, Unicopli, 1985.

CANDURA A. R - DE PAOLI O., “Classificazione di aree periurbane per interventi ambientali”, *Atti della 15a Conferenza Nazionale ASITA*, Colorno (Parma), 15-18 novembre 2011, pp. 581-590.

CANDURA A. R - DE PAOLI O., “Conservazione del futuro: fotovoltaico e tradizione paesaggistica mediterranea”, *Atti della 16a Conferenza Nazionale ASITA*, Vicenza, 6-9 novembre 2012, pp. 353-358.

CASTIGLIONI B. - DE MARCHI M. (a cura di), *Paesaggio, sostenibilità, valutazione*, collana “Quaderni del Dipartimento di Geografia”, 24, Università di Padova, 2007.

DE PAOLI O. - CANDURA A. R, “Aree periurbane ed espansione edilizia”, *Boll. AIC*, 143 (2011), pp. 111-126.

DE PAOLI O. - RICUPERO M, *Sistemi solari Fotovoltaici e Termici. Strumenti per il progettista*, CORRADO V. - PERETTI G. (a cura di), Torino, Celid, 2007.

MAGRINI A. - ENA D., *Tecnologie solari attive e passive*, Roma, EPC libri, 2002.

MARANO A., *Design solare. Tecnologia fotovoltaica e linee guida per l'innovazione del prodotto*, Roma, Gangemi, 2013.

MERLO F., *Energie rinnovabili ed integrazione architettonica: un difficile compromesso*, Politecnico di Torino, Tesi di laurea, 2012.

PAGLIARO M. - PALMISANO G. - CIRIMINNA R., *Il nuovo fotovoltaico. Dal film sottile alle celle a colorante*, Palermo, Flaccovio, 2008.

PARDI G. - LUCCI A., *Architettura energetica. Soluzioni sperimentali per il risparmio nell'housing*, Firenze, Alinea, 2010.

PARDI G., “Introduzione alla ricerca”, PARDI G. - LUCCI A. (2010, cit.),

pp. 5-8.

PUTTILLI M. - VITALE BROVARONE E., “I paesaggi energetici come paesaggi culturali: in cerca di nuove immagini della sostenibilità”, *Architettura del paesaggio*, 18(2008), pp. 638-653.

RIGHINI G. - NEBBIA G., *L'energia solare e le sue applicazioni*, Teramo, Edizioni Savine, 2010.

SCOGNAMIGLIO A. - BOSISIO P. - DI DIO V., *Fotovoltaico negli edifici. Dimensionamento, progettazione e gestione degli impianti*, Collana “Manuali di progettazione sostenibile”, Milano, Edizioni Ambiente, 2013.

SICK F. - ERGE T. (editors), *Photovoltaics in Buildings: a Design Handbook for Architects and Engineers*, London, James & James Ltd, 1996.

VALLEGA A., *Le grammatiche della geografia*, Bologna, Pàtron, 2004.

VITALE BROVARONE E. - PUTTILLI M. G., “Territorialità, sostenibilità, rappresentazioni: i paesaggi energetici/Energy landscapes: territoriality, sustainability, representations”, *Agribusiness Paesaggio & Ambiente*, Vol. 11, 3(2008), pp. 199-206.

VITALE BROVARONE E., “Strumenti di indirizzo per gli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili”, PEANO A. (a cura di) *Fare paesaggio: dalla pianificazione di area vasta all'operatività locale*, Firenze, Alinea, 2011, pp. 81-86.

Sitografia

[01] www.zeroemission.eu/portal/news/topic/Fotovoltaico/id/20292/Wwf-L1-di-superficie-FV-darebbe-energia-al-mondo- (Accesso del 17 Gennaio 2013).

[02] http://it.wikipedia.org/wiki/Conto_energia (Accesso del 17 Gennaio 2013).

[03] www.energyexpert.it/attachments/article/129/Consumo_fotovoltaico_province.pdf (Accesso del 17 Gennaio 2013).

[04] www.zeroemission.tv/portal/news/topic/Fotovoltaico/id/20470/Pi%C3%B9-di-480-mila-impianti-fotovoltaici-attivi-in-Italia (Accesso del 1 Febbraio 2013).

- [05] www.energyexpert.it/cartografia/consumo-di-territorio-per-gli-impianti-fotovoltaici (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [06] www.ilsole24ore.com/art/economia/2011-05-26/sorge-sole-agrovoltaico-134639.shtml?uuid=AanS7daD (Accesso del 17 Gennaio 2013).
- [07] (www.ilsole24ore.com/art/economia/2011-05-26/sorge-sole-agrovoltaico-134639.shtml?uuid=AanS7daD). (Accesso del 17 Gennaio 2013).
- [08] www.enerpoint.it/sistemi/pannelli-fotovoltaici-esempio-7.php (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [09] www.enerpoint.it/sistemi/pannelli-fotovoltaici-esempio-7.php (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [10] www.tuttogreen.it/fotogreen/tegole-fotovoltaiche/ (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [11] www.cae-energy.com/news/28-nuovo-impianto-fotovoltaico-qprogetto-sperimentale-loseq.html (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [12] www.enerpoint.it/impianto/collegato-alla-rete/casa/installazioni-tipo.php (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [13] www.enplusitalia.eu/v2/index.php/it/energia-rinnovabile/sole (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [14] www.dailyenmoveme.com/it/news/amianto/addio-amianto%E2%80%A6benvenuto-fotovoltaico (Accesso del 22 Gennaio 2013).
- [15] www.dailyenmoveme.com (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [16] www.lavorincasa.it/articoli/in/progettazione/aziende-green-italiane/ (Accesso del 1 Febbraio 2013).
- [17] www.cadoringroup.it/ (Accesso del 1 Febbraio 2013).

Résumé

L'énergie renouvelable est respectueuse de l'environnement, mais ce n'est pas toujours si dans le paysage (en particulier un paysage comme l'italien, ainsi historiquement articulé). La propagation rapide (en Italie) de la technologie solaire a développé, au cours des dernières années, une sorte de déformation dans la culture. Certains techniciens pensent uniquement dans la fonctionnalité et

la performance de ces structures. Certains chercheurs commencent à considérer l'aspect esthétique et l'impact négatif de PV sur le paysage culturel. Cet article vise à fournir une opportunité pour raisonner sur des exemples de ce qui existe déjà et ce qu'il est actuellement seulement dans le projet, afin de déterminer un équilibre entre l'apparence et la fonction.

Mots-clés: paysage anthropique, architecture, intégration.

Resumen

La energía renovable es 'limpia' para el medio ambiente, pero puede no ser lo más limpio en el paisaje (sobre todo un paisaje como el italiano, históricamente articulado). La rápida propagación (en Italia) de la tecnología solar ha desarrollado en los últimos años, una especie de deformación en la cultura. Algunos especialistas sólo se ocupan de la funcionalidad y el rendimiento de estas estructuras. Algunos estudiosos están empezando a considerar el aspecto estético y el impacto negativo de la energía fotovoltaica en el paisaje cultural. Este documento trata de proporcionar ideas para pensar en ejemplos de lo que ya existe y lo que es en la actualidad sólo en el proyecto, con el fin de identificar un equilibrio entre la apariencia y función.

Palabras clave: paisaje antrópico, arquitectura, integración.