

edilportale[®]

TOUR 2018

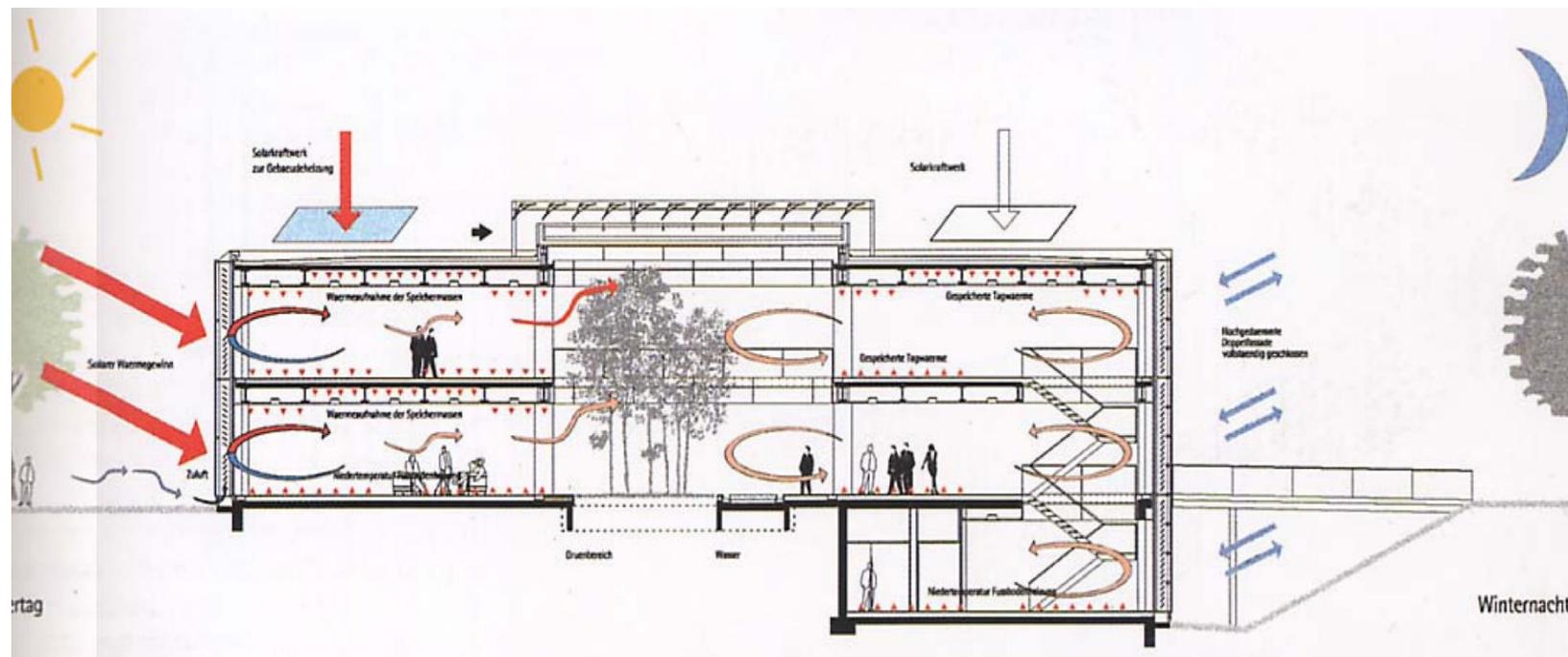
Efficienza Energetica, Antisismica,
Comfort Abitativo, NTC2018, Illuminazione,
Acustica, BIM, Realtà Virtuale

L'AQUILA, 13 APRILE 2018

L'INVOLUCRO FOTOVOLTAICO: integrazione architettonica e paradigmi di innovazione

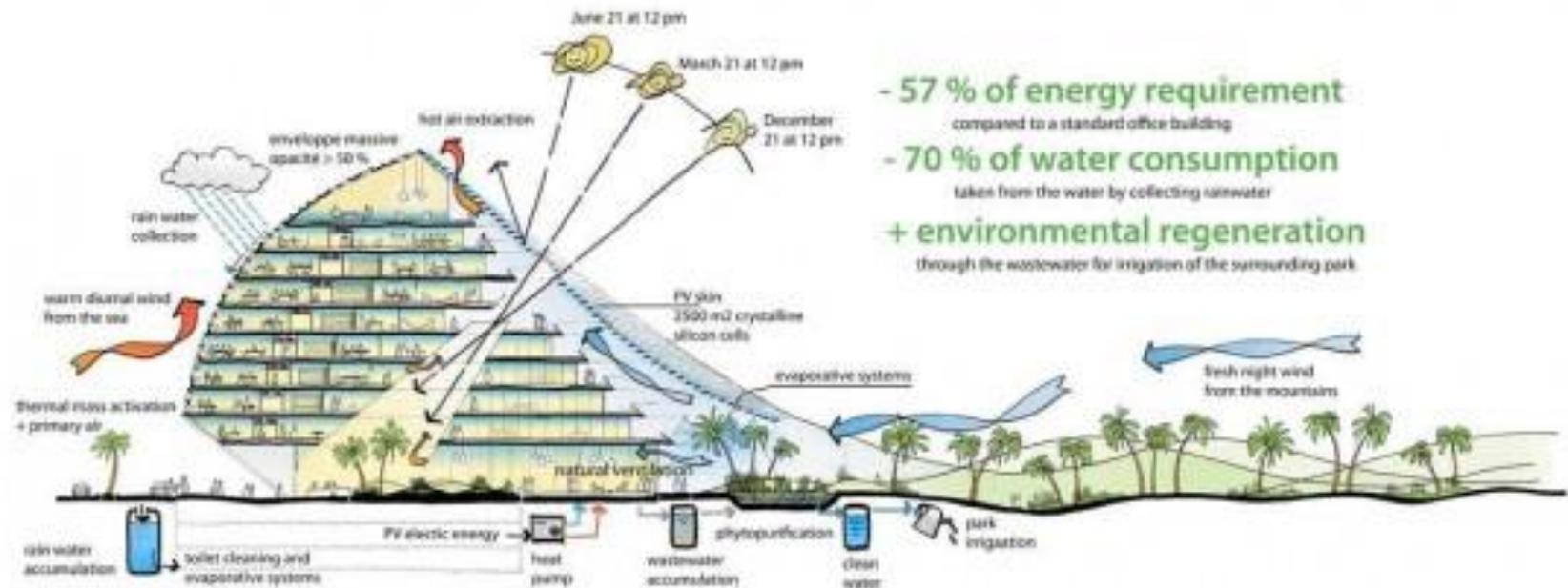
Gianni Di Giovanni

L'attuale domanda di **efficienza energetica in architettura**, porta oggi l'**involucro edilizio** ad un crescente coinvolgimento nei confronti di una **richiesta di integrazione** di sistemi **passivi** e dispositivi **attivi** sempre più complessi e performanti, presenti all'interno del sistema tecnologico dell'organismo edilizio.



L'integrazione architettonica del FV, quale parte essenziale del futuro **“net Zero Energy Building”**, apre a opportunità di **ripensamento ed evoluzione dei concept tecnologico-costruttivi dell'involucro** e rinnova nel contempo il linguaggio architettonico dell'edificio .

Rispetto al tema dell'integrazione FV, una [lettura trasversale delle principali strategie architettoniche](#) e dei [paradigmi di innovazione tecnologica](#), che il progetto sembra poter percorrere per la realizzazione dell'involucro edilizio solare, vanno analizzate in una evoluta e sostenibile sintesi fra [ecosistema, tecnologia e architettura](#).



Con l'acronimo BiPV (*Building integrated Photovoltaics*) ci si riferisce ad un [criterio progettuale](#) secondo cui il [sistema fotovoltaico è concepito](#), oltre che dal punto di vista energetico, come [elemento tecnologico integrato in un involucro edilizio polivalente](#).

Il componente fotovoltaico **integrato**, in quest'ottica, non è più pensato come **modulo collage concepted applicato all'edificio** mediante un processo di **sovrapposizione di elementi**, ma diviene **parte integrante del sistema edificio**

“Green Pix Zero Energy Media Wall” in Beijing (China),
Simone Giostra & Partners
Architects + Arup, 2008



il concetto dell' **integrazione architettonica – BiPV** - è dunque legato a due temi da risolvere contemporaneamente nell'ambito dell'azione progettuale:

il **tema dell'integrabilità linguistico-espressiva** nell'ambito del **sistema figurativo** dell'edificio,

e

il **tema dell'integrazione tecno-costruttiva** nell'ambito del **sistema tecnologico** dell'edificio.

Nella lettura trasversale di questi due aspetti principali, può essere rintracciato anche il filo dell'innovazione architettonica e tecnologica dell'**involucro edilizio contemporaneo**.

1. FOTOVOLTAICO E CLASSI DI INTEGRABILITA'

2. FOTOVOLTAICO E INNOVAZIONE "ARCHITETTONICA"

3. FOTOVOLTAICO E INNOVAZIONE "TECNOLOGICA"

1. FOVOLTAICO E CLASSI DI INTEGRABILITA'

Alla luce di tali aspetti, **al fine di controllare** il percorso progettuale volto all' integrazione architettonica, emerge la necessità di individuare delle **CLASSI DI INTEGRABILITA'** in grado di **rapportare**

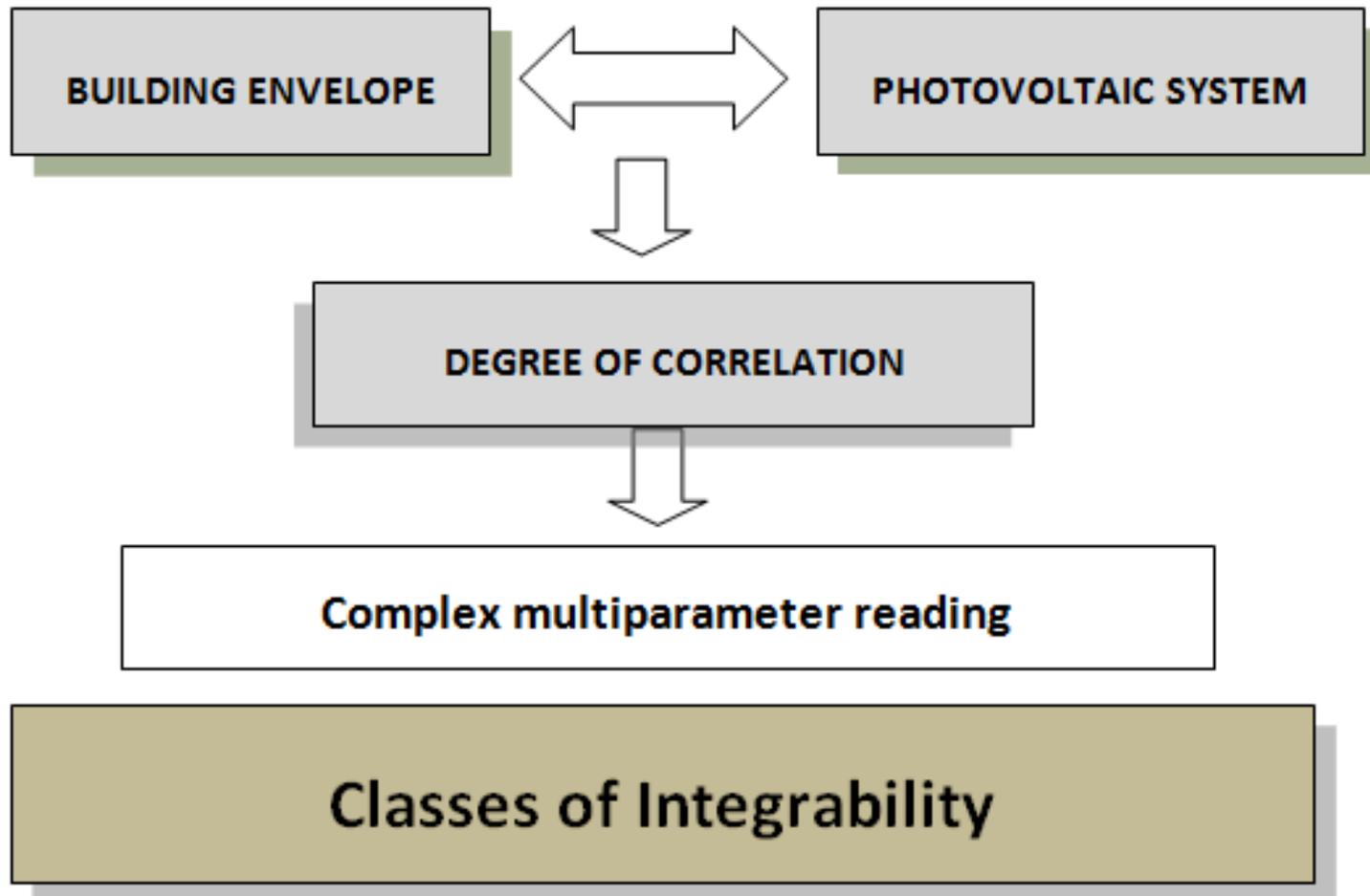
l'azione progettuale ad una **valutazione multiparametrica** del concetto di BiPV

essendo spesso la progettazione fotovoltaica **quel luogo di confronto e mediazione** di diversi **livelli di complessità** e scale di riferimento e d'osservazione:

dalla **scala paesaggistica** alla scala del **dettaglio costruttivo**,

dal controllo dei **parametri scientifici** (rendimenti, potenze...) alla gestione degli **aspetti interpretativi** (valori spaziali, visivi, culturali ...)

Il ricorso a **classi di integrabilità fotovoltaica** consente di valutare la compatibilità delle scelte progettuali rispetto alla necessità di efficientamento energetico degli edifici nell'ambito del contesto di intervento.



Ideogramma del processo logico di determinazione delle **classi per integrabilità**

TABELLA 1
CLASSI PER L' INTEGRABILITA'

N.	CLASS OF INTEGRABILITY	Object
1	PROCEDURAL	Ordinamento regolamentare e legislativo che detta gli indirizzi procedurali ed operativi e le condizioni, i limiti e gli incentivi
2	MORPHOLOGICAL-FIGURATIVE	Qualità di caratterizzazione percettiva e formale del linguaggio architettonico dell'involucro edilizio
3	BUILDING-PERFORMANCE	Grado di soddisfacimento dei diversi requisiti edilizi, energetici, ambientali e tecnologici ossia qualità rispetto alle diverse classi esigenziali
4	TECHNOLOGICAL-CONSTRUCTIVE	Ruolo nell'apparecchiatura costruttiva, come elemento base, elemento costruttivo funzionale o elemento di fabbrica
5	BIOCLIMATIC-ECOLOGICAL	Contenimento dei consumi energetici dell'edificio ed efficacia ambientale nell'arco del ciclo di vita
6	ENERGY - PLANT	Efficienza rispetto ai principi di progettazione solare ed alla funzione energetica ed elettrica
7	LANDSCAPE-CONTEXTUAL	Coerenza ed accettabilità rispetto ad un sistema di valori contestuali meritevoli di tutela significativi
8	EXISTENCE	Compatibilità rispetto alle "regole dell'esistente", dai valori culturali fino a quelli d'uso o energetici.

Elenco delle classi per l'integrabilità del fotovoltaico, con evidenziati quelle inerenti l'architettura e la costruzione

2. INNOVAZIONE “ARCHITETTONICA”

Il trasferimento in architettura del fotovoltaico, così come è stato in passato per i nuovi materiali o per gli impianti meccanici, può essere letto attraverso quel lento e fisiologico processo di **innovazione architettonica e costruttiva** che **oscilla tra due poli estremi**:

mimésis

e

tecnomorfismo .

Approccio al progetto per **mimésis** , che in genere corrisponde alla **fase primordiale dell'innovazione**. L'introduzione del "nuovo" avviene con applicazioni ricadenti all'interno di archetipi linguistici, tipologici e costruttivi già noti nel repertorio architettonico, attraverso una sorta **di forzato adattamento della nuova tecnologia alla prassi ed alle sue regole**: **TEGOLE, LASTRE, MEMBRANE FOTOVOLTAICHE** ne sono, per certi versi, un esempio.

Approccio al progetto secondo operazioni di **tecnomorfismo**, in cui l'esito linguistico e la conformazione del componente, dell'elemento di fabbrica e dell'intero edificio, **divengono “tecnomorfe” ossia una sintesi avanzata dei requisiti di progettazione solare con quelli progettuali e prestazionali dell'edificio, attraverso un esito innovativo e libero da schemi archetipici**.

L'integrabilità morfologico-figurativa , dunque , può essere letta nella

capacità del sistema fotovoltaico di **contribuire** ad esprimere le forme semantiche che regolano la struttura e la composizione del linguaggio architettonico dell'organismo edilizio.

I caratteri morfologici del fotovoltaico si basano quindi nel riconoscimento delle diverse **unità semplici di significato** (la cella, il modulo o i materiali stessi) da classificare nelle rispettive forme di "flessione del linguaggio" (**colore, texture, semitrasparenza** ...) ravvisabili a tale livello elementare della "parola".

L'innovazione architettonica va valutata e indirizzata

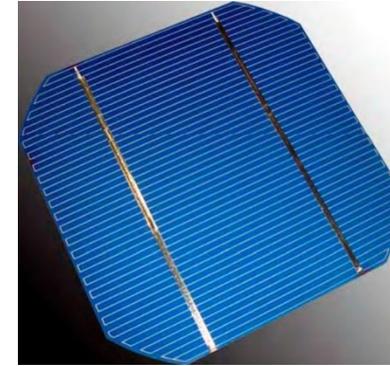
dall'architettura del componente a quella dell'edificio

ossia alla composizione del linguaggio, dove, la sintassi (che fissa le regole e le relazioni modulari) e la semantica (che studia il significato delle parole e degli insiemi delle parole) del progetto e possono essere riconosciute ulteriori tendenze e "nuove dimensioni" a livello morfo-tipologico e concettuale dell'organismo edilizio.

Gli aspetti basilari dell'innovazione possono essere dunque analizzati:

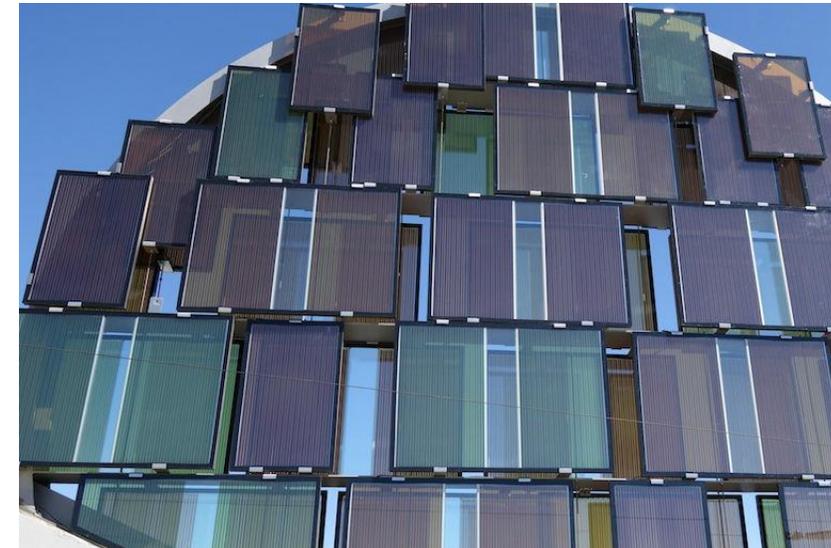
a scala del componente costruttivo

Il controllo di numerosi aspetti tecnologici a livello del materiale, del componente costruttivo base e degli elementi di correlazione, risulta fondamentale ai fini della caratterizzazione linguistica della superficie solare e dell'intero edificio.



a scala dell'organismo edilizio

L'inserimento di sistemi fotovoltaici può dare luogo a diverse *strategie progettuali* a ciascuna corrisponde una certa tendenza di *caratterizzazione figurativo-morfologica* dell'organismo edilizio *secondo diversi gradi, che vanno da quello minimo della mimési*, in cui la presenza del fotovoltaico non è percepibile, fino a quello massimo *dell'integrazione evidente* in cui l'enfasi del sistema attivo solare risulta una precisa scelta architettonica.



MIMESI-----INTEGRAZIONE EVIDENTE

Minima espressività

Massima espressività

TABELLA 2

PARAMETRI PROGETTUALI
A SCALA DEL
COMPONENTE COSTRUTTIVO

N.	SCALA DI OSSERVAZIONE	Parametri da considerare
1	PV CELL*	Forma e dimensione Texture, variazione di grana, cristallografia Contatti elettrici Colore Trasparenza Flessibilità *La possibilità di controllo dei parametri dipende dal tipo di cella cristallino o a film sottile
2	STRATIFICAZIONE DEL MODULO	Vetro anteriore Strato antiriflesso (A.R.C.) Incapsulamento-sigillatura Materiale posteriore
3	CARATTERISTICHE DEL MODULO	Forma e dimensione Densità e modalità di assemblaggio delle celle Colore e tipo di cornice Fissaggi Sfondo Flessibilità Trasparenza

TABELLA 3

PARAMETRI PROGETTUALI
A SCALA
DELL' ORGANISMO EDILIZIO

N.	DESIGN PARADIGMS	Caratteristiche del sistema FV
1	MIMESI	Non attivamente partecipe alla caratterizzazione espressiva dell'edificio grazie a scelte linguisticamente dissimulate.
2	INTEGRAZIONE MODERATAMENTE RICONOSCIBILE	Mezzo di coordinamento del linguaggio architettonico grazie a scelte linguisticamente equilibrate e armonizzate seppur riconoscibili.
3	INTEGRAZIONE EVIDENTE	Diviene strumento di enfattizzazione del linguaggio architettonico grazie a scelte esteticamente esibite e decisamente evidenti e riconoscibili.
4	COLLAGE	Indipendente rispetto all'involucro edilizio, assume una propria morfologia e autonomia fisica e figurativa.

INTEGRAZIONE MIMETICA

Il sistema di copertura si identifica come elemento polivalente in grado di rispondere a più requisiti, tra i quali anche la produzione di energia pulita. Dal punto di vista percettivo lo strato di pannelli fotovoltaici si integra perfettamente nella configurazione del tetto.

Marchè International
Support Office, Kempththal-
Zurigo (CH), Beat Kämpfen,
2007



INTEGRAZIONE
MODERATAMENTE
RICONOSCIBILE

Rainscreen system in moduli
frameless con celle
crystalline verdi a sfondo
bianco.

Il sistema nasce dalla ricerca
di evidenza percettiva con il
paesaggio circostante
attraverso la scelta
cromatica della cella e la
scelta del sistema costruttivo
a tenuta puntuale che non
altera la lettura d'insieme
della facciata.

“Paul Horn” Arena sports hall in
Tubingen (D), Allman Sattler
Architects, 2004.



INTEGRAZIONE EVIDENTE

La copertura fotovoltaica, in questo caso diviene strumento di enfattizzazione del linguaggio architettonico grazie a scelte esteticamente esibite, decisamente evidenti e riconoscibili.



Solar Settlement in Friburgo (D), Rolf Disch, 2005

COLLAGE

Pensilina in moduli Fv vetro-vetro semitrasparenti con celle cristalline.

La semitrasparenza della pensilina, concepita come un propaggine della copertura continua su tutto l'edificio, filtra la luce naturale accompagnando il passaggio dall'estero all'interno.



California Academy of Sciences in Los Angeles (USA), Renzo Piano Building Workshop, 2008.



3. INNOVAZIONE “TECNOLOGICA”

Integrazione tecnologica e ruolo del fotovoltaico nell'apparecchiatura costruttiva

Il confronto tra i requisiti e le prestazioni riguardanti gli aspetti edilizi ed energetici, consente di individuare quattro tonalità di integrazione tecnologica:

- A. **applicazione indipendente**, quando il sistema Fv e quello edilizio, rispondono ciascuno ai propri requisiti, in maniera praticamente autonoma;
- B. **applicazione per sovrapposizione**, quando i moduli, collocati tramite una apposita struttura a ridosso dell'involucro dell'edificio, non comportano alcuna sostituzione fisica degli elementi costruttivi se non, indirettamente, per funzioni secondarie (protezione dalla pioggia battente, dal sole ...);
- C. **integrazione complementare**, quando il modulo costituisce lo strato più esterno della chiusura dell'involucro svolgendo alcune funzioni tipiche dello strato di finitura esterno (rivestimento di facciata, manto di copertura...);
- D. **integrazione totale**, quando non è più separabile, tanto materialmente quanto funzionalmente e dal punto di vista prestazionale, lo strato fotovoltaico dai restanti strati funzionali della chiusura edilizia.



Modalità di integrazione tecnologica che possono avvenire, nell'ambito dell'Apparecchiatura Costruttiva dell'edificio a livello di:

- degli *elementi di fabbrica*, che hanno il ruolo di sub-sistema, all'interno dell'apparecchiatura costruttiva (chiusure verticali ed orizzontali, partizioni ...);
- degli *elementi costruttivi funzionali*, come parti costituenti degli elementi di fabbrica (e.f.), ossia sub-componenti del sub-sistema che li comprende;
- degli *elementi costruttivi base*, come componenti costruttivi elementari, o dei *materiali base*.

Il controllo di tale grado di integrazione può essere effettuato attraverso l'utilizzo di *schede sintetiche di analisi*, per ciascun requisito tecnologico dell'elemento di fabbrica interessato, che può essere:

- requisito *soddisfatto dalla sola chiusura edilizia*;
- requisito *soddisfatto dal sistema BiPV integrato*;
- requisito *ridondante*, ossia *soddisfatto in maniera non coordinata da entrambi i sistemi*;
- requisito *potenzialmente incrementato o ridotto, in presenza del sistema FV*.

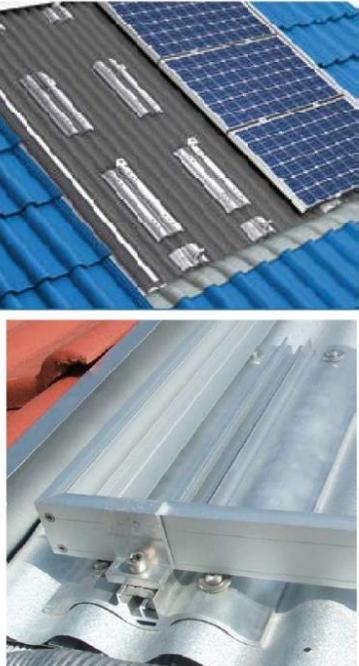
Grado di integrazione edilizia: Integrazione complementare	
Soluzione costruttiva -tipo: moduli integrati su copertura inclinata discontinua con sistema di fissaggio	
	
UNITA' TECNOLOGICA: Chiusura orizzontale di copertura	
Requisiti tecnologici edili	
SICUREZZA	
Resistenza meccanica ai carichi statici (NEVE)	●
Resistenza meccanica ai carichi dinamici	●
Resistenza agli urti	●
Resistenza all'abrasione	
Comportamento in caso d'incendio	●
Sicurezza alle esplosioni	
Sicurezza ai fenomeni elettromagnetici	
Resistenza alle deformazioni	●
Resistenza alle intrusioni	
Resistenza allo shock termico	●
Resistenza agenti chimici, biologici e radiativi	●
Resistenza al gelo	●
Stabilità dimensionale	●
BENESSERE	
Tenuta all'acqua	● V
Tenuta alla neve	● V
Tenuta alla grandine/pioggia battente	●
Permeabilità all'aria	●
Isolamento termico	X
Controllo dell'inerzia termica	X
Controllo delle condensazioni interstiziali	X
Isolamento acustico	X
Non rumorosità	
Non emissione di sostanze nocive	
Confort tattile	
FRUIBILITA'	
Attitudine all'integrazione impiantistica	X
Accessibilità	
GESTIONE	
Durabilità	● ?
Manutenibilità	● V
SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE	
Contenimento dei consumi energetici	▲
Controllo del contenuto energetico intrinseco	?
Eco- compatibilità (UNI 12277:2008)	▲
Legenda:	
Non adeguato	
Soddisfacente	●
Adeguato	● ●
Dipendente dalla soluzione tecnica	?
Poco significativo	-
Legenda:	
Soddisfatto dal sistema BiPV integrato	●
Soddisfatto dalla sola chiusura edilizia	X
Incremento/ riduzione della qualità edilizia	▲ / V
Soddisfatto sia degli elementi FV che dall'involucro edilizio in maniera non coordinata e indipendente	2
Dovuto alla specifica soluzione costruttiva	?
Poco significativo	requisito
(Referenze immagini: Conergy Solar Delta)	

TABLE 4
PV TECHNOLOGICAL PARADIGMS



I principali paradigmi di innovazione
dei sistemi costruttivi

N.	CONSTRUCTIVE PARADIGMS		Strategies
1	ELEMENTO "MONOVALENTE"	FV	ADATTAMENTO/PROTESI
2	COMPONENTE "POLIVALENTE"	FV	OTTIMIZZAZIONE/ STRATIFICAZIONE
3	SISTEMA MULTIPERFORMANTE	FV	MULTIFUNZIONALITA'/ INTEGRAZIONE
4	SISTEMA "HI-TECH"	FV	INTERATTIVITA'/POLIVALENZA

L'applicazione di questi sistemi evoluti

IL SISTEMI FV MULTIPERFORMANTE e IL SISTEMA FV "HI-TECH"

rimandano ad una **concezione nuova del sistema edificio** che integra i

parametri fotovoltaici

(orientamento e inclinazione ottimale, assenza di ombreggiature ...), ai

concept bioclimatici ed edilizi

(ad es. il controllo del confort termoigrometrico e luminoso, della ventilazione ...).

e nel contempo ad una possibile e progressiva **innovazione anche degli spazi interni dell'edificio**.

Le **chiusure edilizie fotovoltaiche** multiperformanti sono **in grado di soddisfare i principali requisiti tecnologici di sicurezza, benessere, integrabilità ed efficienza energetica** (compresa illuminazione artificiale, climatizzazione, ventilazione ...) e consentono di "alleviare" gli spazi interni dalla presenza impiantistica, aumentandone la flessibilità e l'adattività distributiva e funzionale, secondo inedite ed innovative possibilità spaziali e tecnologiche.

“Future Cube”

Concept progettuale di facciata multifunzionale fotovoltaica in grado di svolgere funzioni complesse, quali :

1. il controllo solare,
2. la diffusione della luce naturale,
3. l'illuminazione artificiale, l'areazione,
4. la ventilazione.

Progetto in collaborazione realizzato da Behnisch Architekten, Zumtobel Lighting, Transsolar Energietechnik, Sunways, Bartenbach Lichtlabor, 2010.



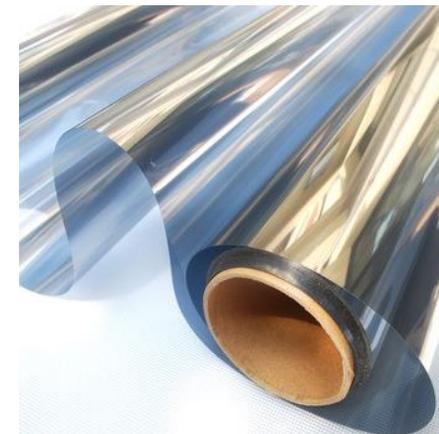
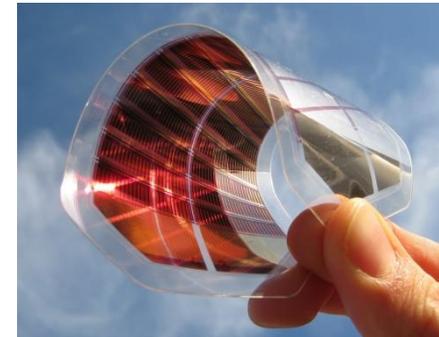
INNOVAZIONE MATERIALE

Diverse forme di innovazione, nei vari settori della ricerca, prospettano innovativi scenari, in relazione all'integrazione architettonica. Oltre alla già diffusa tecnologia **thin film** di "seconda generazione",

la stampa a getto d'inchiostro "roll to roll" del film solare sottile ottenuto da diversi materiali (anche di tipo organico e naturale)

costituisce la forma di tecnologia più promettente grazie alla facilità con cui le sostanze possono essere lavorate e stampate sui vari substrati, alla stregua di una vernice fotoattiva .

Ulteriori sperimentazioni per l'applicazione del fotovoltaico in geometrie complesse prospettano l'incorporazione di particelle fotovoltaiche direttamente all'interno di tessuti in materiali fibrorinforzati che possono essere tagliati su misura .



La flessibilità dei film sottili e la progressiva diffusione della stampa ink-jet tipo “roll to roll” del materiale fotovoltaico è alla base di ulteriori tendenze all’integrazione in superfici sempre più smaterializzate e altamente tecnologiche.



Involucro “Smart Wrap[®]”. Stefan Kieran e James Timberlake Architects, 2003. Le celle in thin film stampate sullo strato in PET, con la tecnologia OLED, consentono l’illuminazione dell’interno, i PCM provvedono alla regolazione microclimatica e i film di poliestere garantiscono tenuta all’acqua e al vento.

CONCLUSIONI

Il trasferimento in edilizia dei sistemi fotovoltaici, sta contribuendo oggi al progressivo processo di innovazione linguistica, morfo-tipologica e tecnologico-costruttiva dell'edificio; mentre a scala diffusa occorre ancora diffondere i criteri basilari per la corretta integrazione. Negli esempi più maturi, a livello internazionale, l'involucro appare oggi in grado di rispondere ai criteri di eco-sostenibilità con forme e tecnologie spettacolari ed evolute.

La ricerca sui paradigmi e sulle modalità progettuali di BiPV, in fase di continuo sviluppo, appare dunque una delle strade in grado anche di ricostruire una filiera virtuosa e integrata tra progetto, produzione, costruzione e gestione all'interno di una economia circolare volta all'efficienza energetica ed al rispetto dell'ambiente.

tour.edilportale.com



edilportale[®]

TOUR 2018

grazie per l'attenzione

tour.edilportale.com

