

ARCHI—
TETTURA
SOLARE

ADESSO
E PER IL
FUTURO

IMPRESSUM

EDITORE

SvizzeraEnergia, Ufficio federale dell'energia UFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Indirizzo postale: CH-3003 Berna
Infoline 0848 444 444, www.svizzeraenergia.ch/consulenza
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.svizzeraenergia.ch,
twitter.com/energieschweiz

LA PRESENTE PUBBLICAZIONE E IL SUO CONTENUTO SONO STATI REALIZZATI IN COLLABORAZIONE CON

CREnergie GmbH
BS2 AG
SWISSOLAR Associazione svizzera dei professionisti dell'energia solare
Driven GmbH

ORDINAZIONE

www.pubblicazionifederali.admin.ch
Numero articolo 805.522.I



GROSSPETER TOWER BASILEA, 2017

Burckhardt+Partner AG



ARCHITETTURA SOLARE – ADESSO E PER IL FUTURO

GLI ARCHITETTI CONFIGURANO IL FUTURO SOLARE	6
ENERGIA	10
TECNICA	14
UN PROGRAMMA INTERATTIVO	22
CONFIGURAZIONE	24
COSTRUZIONE	32
ECOLOGIA ED ECONOMIA	36
PROGETTI	40

GLI ARCHITETTI CONFIGURANO IL FUTURO SOLARE

In qualità di architetti potete esercitare un influsso notevole sulla configurazione del nostro ambiente: dal singolo oggetto fino alla pianificazione territoriale. Il processo della creazione architettonica integra le prospettive e le esigenze più diverse delle discipline che partecipano all'opera, configurandole accuratamente in un tutto unico. Da sempre l'architettura si trova in un continuum culturale, economico e tecnologico, e studia il passato e il presente per poter plasmare il futuro.

La casa a prova di futuro non è una casa a energia zero. Però consuma molta meno energia e la ottiene in massima parte da fonti locali e pulite. Si tratta di una casa assolutamente normale e non di una macchina. L'architettura solare ha perso il suo carattere sperimentale e sta diventando sempre più uno standard. Il viaggio non è ancora terminato e offre la possibilità di partecipare attivamente a questo processo di configurazione.



CASA DI ABITAZIONE SOLARIS, ZURIGO 2017

huggenbergerfries Architekten AG ETH SIA BSA



UN'OPPORTUNITÀ PER TUTTI

La trasformazione del patrimonio immobiliare è un'impresa titanica, che al contempo offre un potenziale immenso a tutte le persone coinvolte: dai proprietari e dagli utilizzatori ai ricercatori e ai produttori, fino alle imprese di progettazione e installazione. Ma anche le tecnologie e i sistemi più efficienti non bastano per fare un'architettura. La consuetudine di considerare in genere separatamente i due ambiti è causa di numerosi pregiudizi e talvolta di esempi ammonitori. Il fatto che tutto possa funzionare anche diversamente e come il processo possa portare al successo, viene illustrato da questo prospetto informativo sulla base di esempi ben riusciti. Vengono presentate in modo conciso le basi più importanti per la configurazione dell'architettura solare, come stimolo per un proprio processo creativo e per ulteriori perfezionamenti.

PERCHÉ UN'ARCHITETTURA SOLARE?

La casa a energia zero non esiste e non esisterà nemmeno in futuro. Dalla realizzazione fino allo smantellamento, passando per l'esercizio, ogni edificio ha bisogno di moltissima energia, che da sempre proviene in massima parte direttamente o indirettamente dal sole. Soltanto il tipo di utilizzo di questa fonte energetica inesauribile, le tecnologie e i processi necessari, come pure le quantità, hanno subito continue trasformazioni, caratterizzando sia l'architettura, sia le strutture degli insediamenti e successivamente delle città. Grazie alle massicce riduzioni dei costi e agli aumenti dell'efficienza, le tecnologie necessarie allo scopo sono ormai lontane dall'originaria esistenza di nicchia. E anche nel settore dell'integrazione negli edifici si è già fatto molto: oggi i moduli fotovoltaici e i collettori solari sono disponibili come componenti su misura, con le superfici e i colori più diversi. Integrati nella costruzione e nell'architettura, essi assumono svariate funzioni dell'involucro dell'edificio, con conseguente miglioramento, oltre che del bilancio di esercizio, anche dei bilanci dell'energia grigia e dei costi. Tutte queste numerose sinergie rendono la tecnica una componente logica dell'opera architettonica.

UN PROGRAMMA INTEGRATIVO

L'architettura solare non è la semplice somma di architettura e tecnologia solare. L'architettura solare sfrutta le energie disponibili a livello locale in modo passivo (p. es. finestre) o attivo (fotovoltaico e collettori solari), le accumula e le mette a disposizione nella forma adatta al momento giusto. Oltre all'integrazione energetica e tecnica, anche quella costruttiva, creativa ed economica sta diventando sempre più importante. La tecnologia può influire sulla configurazione o essere anche completamente invisibile, l'energia prodotta può essere consumata in proprio o venduta agli inquilini o ai vicini. Tutto ciò influisce fortemente sull'accettazione da parte della popolazione e delle autorità e migliora la redditività degli impianti. Di conseguenza, se ne dovrebbe tenere conto già nelle prime fasi di progettazione, con ulteriori perfezionamenti nel corso del progetto. Al pari di qualsiasi altra tecnologia, i diversi sistemi solari hanno le loro caratteristiche specifiche, i loro principi. Conoscere i parametri più importanti costituisce una buona base per una collaborazione eccellente e interessante con i progettisti specializzati e le aziende incaricate dell'esecuzione. Qui di seguito vengono illustrati ulteriormente i diversi aspetti dell'architettura solare.

L'ARCHITETTURA SOLARE È UNA SOLUZIONE INTELLIGENTE

Approcci architettonici interessanti nell'impiego di nuovi elementi estetici
+
Tecnologie mature, concetti sperimentati e nuovi interessanti perfezionamenti
+
Grandi superfici sopra e intorno agli edifici potenzialmente utilizzabili per la produzione di energia.
+
Elevato valore ecologico e mutato atteggiamento emotivo nei confronti degli edifici per coloro che li abitano
+
Energia indigena, potenziali locali di valore aggiunto ed economici

Con l'Accordo di Parigi sul clima, la Svizzera si è impegnata a collaborare per far sì che il riscaldamento globale non superi 2 gradi e se possibile non raggiunga il limite critico di 1,5 gradi. Questo obiettivo esige drastici adeguamenti a tutti i livelli della società. In base ai principi di uguaglianza e responsabilità storica nei confronti degli altri Paesi, la Svizzera dovrebbe essere CO₂ neutra già alla fine del 2038, il che corrisponde a una diminuzione lineare del 3,6% all'anno. («CO₂-Budget der Schweiz», EBP, 2017)

Il fatto che il patrimonio immobiliare, a motivo del suo fabbisogno energetico e delle emissioni dannose per il clima che esso comporta, debba essere trasformato e portato su una via adatta al futuro, è incontestato. Oltre all'efficienza energetica, svolge un ruolo importante anche il passaggio a vettori energetici rinnovabili, soprattutto all'utilizzo dell'energia solare.



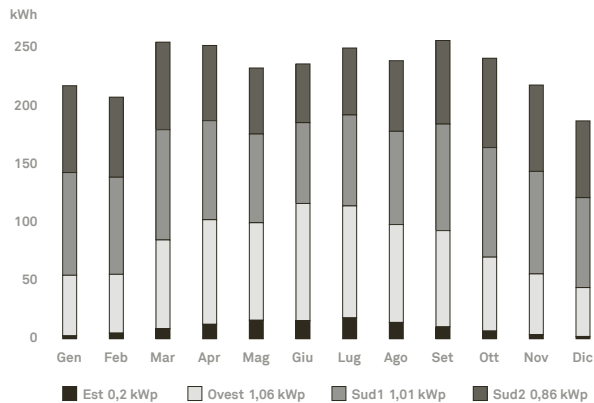
CASA A PRODUZIONE SOLARE DIRETTA, ZWEISIMMEN 2014

n11 Architekten



POTENZIALE ENERGETICO

In base a un recente studio di Meteotest condott su incarico di Swissolar, in Svizzera il potenziale per l'energia solare è molto elevato. Ogni anno, con una combinazione ottimale di fotovoltaico e solare termico è tecnicamente, economicamente e socialmente possibile produrre 10,8 TWh (8,2 tetto, 2,6 facciata) con il solare termico e 17 TWh con il fotovoltaico. Annualmente, con il solo impiego del fotovoltaico, il potenziale produttivo sostenibile e accettabile sarebbe di 24,6 TWh sui tetti e 5,6 TWh sulle facciate, il che corrisponde al 51% della produzione svizzera di elettricità nel 2017. (Meteotest Svizzera, 2017)



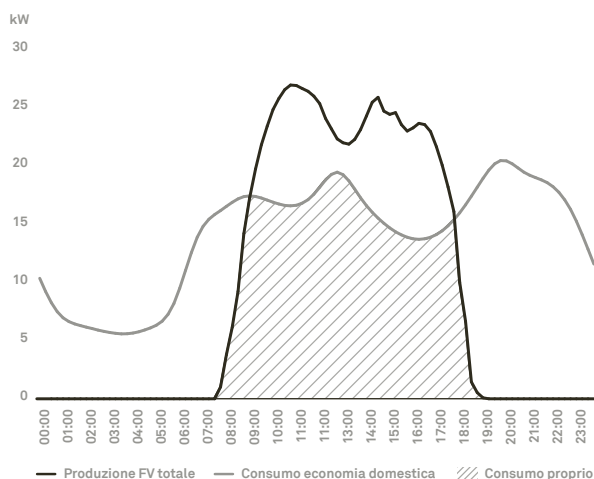
SIMULAZIONE RESA ENERGETICA ANNUA

Rese mensili costanti di una facciata fotovoltaica

Fonte: CR Energie GmbH

CONSUMO PROPRIO DI ENERGIA

Il consumo proprio di energia solare è regolamentato dalla legge sull'energia e quindi è consentito in tutta la Svizzera. Consumo proprio significa che l'energia solare prodotta viene consumata direttamente sul posto. Generalmente i costi di produzione sono inferiori alle tariffe dell'energia fornita dalla rete pubblica. Invece l'energia solare in eccesso viene pagata dall'azienda elettrica generalmente a un prezzo basso. Ciò significa: un consumo proprio elevato può far aumentare notevolmente la redditività di un impianto fotovoltaico.



CONSUMO PROPRIO DI ENERGIA SOLARE

Palazzo Sihlweid con fotovoltaico su tutte e quattro le facciate

Fonte: HTA Burgdorf PVLab

PROGETTAZIONE STRATEGICA

Come si possa sfruttare questo potenziale e produrre e utilizzare l'energia in e su un edificio, dovrebbe essere definito nel programma globale energetico e architettonico di un progetto di costruzione. Ciò dovrebbe avvenire possibilmente già nella prima fase della progettazione. Diversi strumenti online offrono la possibilità di calcolare approssimativamente in pochi passaggi le rese energetiche e il consumo proprio.

Nel caso dei progetti di grandi proporzioni o complessi, è consigliabile collaborare con un progettista solare specializzato già nella fase di pianificazione strategica o nello studio preliminare.

ULTERIORI INFORMAZIONI

www.tettosolare.ch

www.facciatasolare.ch

www.svizzeraenergia.ch/calcolatore-solare

POTETE TROVARE UNO SPECIALISTA ADATTO SUL SITO

www.prodelsolare.ch

STUDIO PRELIMINARE

Per poter definire più esattamente un progetto di costruzione sono importanti i seguenti calcoli e informazioni:

- Determinazione delle superfici solari con calcolo delle rese produttive
- Per facciate sovente in ombra, simulazione della resa tramite tool che considerano l'ombreggiamento
- Stime dei costi di struttura portante, moduli solari e componenti elettrici, insieme con il relativo montaggio. Le interfacce con le componenti adiacenti ed i rispettivi specialisti andrebbero definite con la maggiore precisione possibile
- Calcoli di redditività, tenendo conto delle sensibilità dei costi dell'energia e del possibile aumento del consumo proprio, p. es. a motivo della mobilità elettrica.

RAGGRUPPAMENTO AI FINI DEL CONSUMO PROPRIO (RCP)

Dall'inizio del 2018 oltre alle case plurifamiliari si possono raggruppare anche diversi lotti di terreno limitrofi. Il RCP (spesso chiamato comunità di consumo proprio) così formato si presenta come un unico cliente nei confronti dell'azienda elettrica. La combinazione di economie domestiche e tipi di edifici differenti porta a un aumento del consumo proprio.

BIBLIOGRAFIA DI APPROFONDIMENTO

«Guida pratica per il consumo proprio»

SvizzeraEnergia, 2018

«Consumo proprio di elettricità solare: nuove possibilità per gli stabili plurifamiliari e le aree»

SvizzeraEnergia, 2018

La tecnica solare è stata affinata per decenni ed è diventata una tecnica affermata, che funziona bene. I componenti per il fotovoltaico e il solare termico sono disponibili in innumerevoli varianti, per diverse applicazioni, di diversi produttori. L'importante è scegliere la tecnica adatta, sulla base degli obiettivi di un progetto di costruzione e dell'impiego previsto. In combinazione con le possibilità di accumulo, con i sistemi di controllo e con altre tecniche energetiche complementari, il sistema energetico di un edificio può essere ulteriormente ottimizzato in termini di efficienza elevata, comfort e buona redditività.



CASA SCHNELLER BADER, TAMINS 2016

Bearth & Deplazes Architekten

Valentin Bearth – Andrea Deplazes – Daniel Ladner



FOTOVOLTAICO (FV)

Mediante celle solari, realizzate utilizzando diversi materiali semiconduttori, il fotovoltaico trasforma l'energia luminosa direttamente in energia elettrica, sotto forma di corrente continua. Questa corrente viene raccolta mediante contatti metallici e in questa forma utilizzata localmente oppure accumulata. In generale,

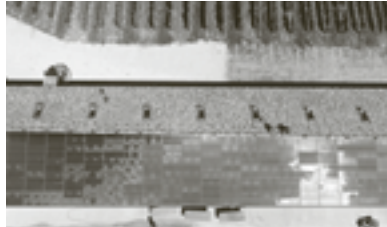
per mezzo di un inverter, essa viene tuttavia trasformata in corrente alternata, da utilizzare anche a livello locale, oppure da immettere nella rete elettrica pubblica. Come semiconduttore si utilizza nella maggior parte dei casi il silicio, che – dopo l'ossigeno – è il secondo elemento più diffuso nella crosta terrestre.

MODULI CRISTALLINI

Policristallino
Monocristallino

STRATO SOTTILE

Silicio amorfo
Diseleniuro di rame-indio-(gallio)
(CIS, CIGS)

TETTO**EDIFICIO AMMINISTRATIVO
CHATEAU D'AUVERNIER**

Prodotto: ISSOL Suisse SA, Neuchâtel
Impresa solare: Gottburg SA, Boudry

FACCIATA**LETZIPARK ZURIGO**

Prodotto: Megasol Energie AG, Deitingen
Pianificazione FV: energiebüro AG, Zurigo
Installatore FV: Planeco GmbH, Münchenstein

**PARCHEGGIO PER AUTO ELETTRICHE
CON MODULI SOLARI FLESSIBILI**

Prodotto: Flisom AG, Niederhasli

**SKISTATION SANKT MARTIN, LAAX**

Prodotto: NICE Solar Energy GmbH,
Schwäbisch Hall (D)
Distribuzione: Solarmarkt GmbH, Aarau

SOLARE TERMICO (ST)

Il solare termico trasforma la radiazione solare in calore. Gli impianti solari termici sono impiegati prevalentemente per riscaldare l'acqua calda sanitaria o

fornire un supporto al riscaldamento. I collettori solari possono essere integrati bene in un sistema di riscaldamento e combinati con altri generatori di calore.

COLLETTORI PIANI**TETTO****CASA PLURIFAMILIARE OBERBURG**

Prodotto: Jenni Energietechnik AG,
Oberburg bei Burgdorf

FACCIATA**CASA PLURIFAMILIARE EICHHALDE, ZURIGO**

Prodotto: DOMA Solartechnik, Satteins (A)

COLLETTORI A TUBI SOTTOVUOTO**PALAZZO OVEST, ZURIGO**

Architettura: Loeliger Strub
Architektur GmbH, Zurigo
Prodotto: Conergy, Amburgo

**CASA PLURIFAMILIARE ZURIGO HÖNGG**

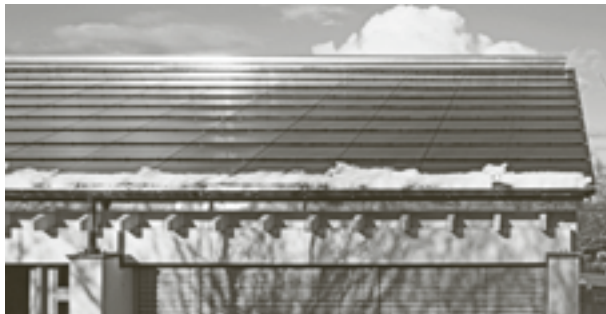
Architettura: kämpfen für architektur AG,
Zurigo

TECNOLOGIA SOLARE IBRIDA (FVT)

Fotovoltaico e solare termico si possono combinare anche in un unico collettore. All'esterno gli elementi appaiono come normali moduli FV. Un assorbitore sul lato posteriore consente però di generare anche calore. L'assorbitore raffredda i componenti fotovoltaici

e aumenta così la resa di elettricità. A motivo delle temperature più basse a confronto dei collettori solari convenzionali, questo tipo di moduli è adatto principalmente per il preriscaldamento, per esempio in combinazione con sonde geotermiche e per le piscine.

TETTO OBLIQUO



CHIESA DI S. FRANCESCO, EBMATINGEN

Architettura: Daniel Studer, Villnachern
Prodotto: BS2 AG, Schlieren

TETTO PIANO



SUURSTOFFI ROTKREUZ

Prodotto: 3S Solar Plus AG, Gwatt

**POTETE TROVARE UNA PANORAMICA AGGIORNATA DEI MODULI
DISPONIBILI SUL MERCATO NEL SITO: WWW.SOLARCHITECTURE.CH**

SFRUTTAMENTO PASSIVO DELL'ENERGIA SOLARE

Lo sfruttamento passivo dell'energia solare ha lo scopo di sfruttare in modo ottimale, mediante misure costruttive, la radiazione solare naturale in forma di energia termica o luminosa. Di conseguenza con la configurazione dell'involucro e della volumetria dell'edificio, il collocamento di elementi trasparenti e vetrate e

l'impiego di componenti edili massicci all'interno, si ottimizza l'irradiazione solare in entrata e in uscita, come pure il suo accumulo. Criterio di principale importanza è l'orientamento energeticamente ottimizzato degli edifici e delle planimetrie, secondo il corso del sole e l'andamento delle ombre con i cambiamenti stagionali.



CENTRO TOBEL

Utilizzo dell'energia solare: l'aria fresca viene preriscaldata nella facciata e trasportata per convezione naturale nei locali interni, senza impianti tecnici. Complesso Plus Energie secondo il modello della società a 2000 Watt, architettura: Fent Solare Architektur, Wil



CASA PLURIFAMILIARE HOFWIESEN-ROTHSTRASSE, ZURIGO 2016

Viridén + Partner AG



ENERGIA SOLARE COME SISTEMA

Esiste una ricca gamma di sistemi a energia solare: dalla semplice doccia solare, fino alle raffinate reti per calore e freddo a livello di quartiere, con accumulo stagionale e comunità di consumo proprio. La loro caratteristica comune è che collocano gli edifici nel contesto energetico locale. Consistono in un sistema completo di superfici ad assorbimento per convertire la radiazione solare, di un sistema di accumulo a breve, medio o lungo termine, di un sistema di distribuzione e dell'unità di controllo di tutto il sistema. La topologia del sistema dipende in misura determinante dal contesto locale, dall'utilizzo, dalle superfici a disposizione (involucro dell'edificio), dagli obiettivi energetici e non da ultimo dagli investimenti finanziari e dai costi di esercizio previsti.

ACCUMULATORI ELETTRICI E TERMICI DECENTRALIZZATI

Con l'impiego di accumulatori decentralizzati si possono aumentare l'efficienza e il consumo proprio di un sistema energetico. Gli accumulatori a batteria possono immagazzinare temporaneamente l'elettricità solare in eccesso di singoli edifici o anche di intere aree, mettendola poi di nuovo a disposizione secondo il bisogno. Un'applicazione interessante è costituita dai veicoli

elettrici che possono essere utilizzati in alternativa o per integrare l'accumulatore dell'edificio. Con l'impiego di accumulatori a batteria si può aumentare il consumo proprio a circa il 50%–80%. Gli accumulatori di calore possono immagazzinare le eccedenze del solare termico o l'energia in eccesso del fotovoltaico ricorrendo a una pompa di calore.

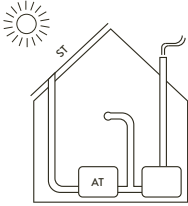
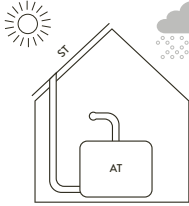
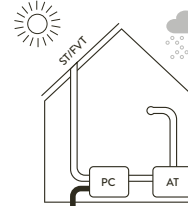
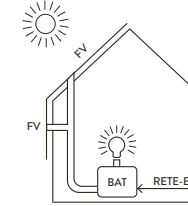
BIBLIOGRAFIA DI APPROFONDIMENTO

«Accumulatori a batteria stazionari negli edifici»
opuscolo SvizzeraEnergia, 2018
«Impianti FV con accumulatori»
Scheda tecnica Swissolar, 2016

SISTEMI DI CONTROLLO DEGLI EDIFICI

Un'impiantistica progettata considerando in modo globale il sistema edificio può aumentare notevolmente l'efficienza energetica. Ciò può avvenire sia con un'interazione coordinata fra generazione e accumulo di energia che con una gestione coordinata delle utenze. Gli elettrodomestici particolarmente potenti, come lavatrici e asciugatrici, dovrebbero essere utilizzati con una programmazione adeguata durante il giorno, quando l'energia viene anche prodotta.

TOPOLOGIE DEI SISTEMI PIÙ DIFFUSI

DIAGRAMMA	SYSTEM A	SYSTEM B	SYSTEM C	SYSTEM D
FORMA ENERGETICA	Energia termica (calore/freddo)			Energia elettrica (elettricità)
SISTEMA	A.C.S./Riscaldamento combinato	A.C.S./Riscaldamento stagionale	A.C.S./Riscaldamento/raffreddamento stagionale	Fotovoltaico
SCHEMA				
DESCRIZIONE	Sistema per copertura parziale del fabbisogno di acqua calda sanitaria e/o riscaldamento	Sistema per copertura completa del fabbisogno di acqua calda sanitaria e/o riscaldamento, accumulo stagionale	Sistema per copertura completa del fabbisogno di acqua calda sanitaria e/o riscaldamento e raffreddamento, accumulo stagionale, trasformazione mediante pompa di calore	Fotovoltaico per la produzione di elettricità, accumulo di breve durata
CONDIZIONI QUADRO	Necessita di sistema ausiliario (possibilmente a energia rinnovabile!), ideale con radiatori	Tetti e facciate di grande superficie e sufficienti possibilità di accumulo, ideale con radiatori	Tetti e facciate di grande superficie, possibilità di sonde geotermiche o accumulatori di ghiaccio, ideale con riscaldamenti a pavimento o convettori	Combinazione possibile con qualsiasi sistema termico, ideale con pompa di calore e altre grandi utenze elettriche
PRODUZIONE ENERGIA	Calore, alta temperatura con collettori solari termici vetrati (collettori piani o a tubi) A.C.S.: 30–50% Riscaldamento: 20–30%	Calore, alta temperatura con collettori solari termici vetrati (collettori piani o a tubi) A.C.S.: 100% Riscaldamento: 100%	Calore e freddo, bassa temperatura con collettori solari termici non vetrati o collettori FVT A.C.S.: 60–100% Riscaldamento: 75–100% (100%, se anche l'elettricità è di produzione locale)	Elettricità, moduli fotovoltaici Elettricità: da 10% fino a oltre il 100%. Dipende principalmente dal concetto di esercizio finanziario (investimenti, consumo proprio, tariffe di immissione)
PRINCIPALI VANTAGGI	Sistema semplice, ingombro minimo (tetto e accumulatore)	100% solare, non occorre alcun sistema supplementare	Fino al 100% solare, piccolo accumulatore interno, raffreddamento possibile	Sistema semplice, elettricità per consumo proprio o vendita

BAT Batteria
SGT Sonda geotermica

FV Fotovoltaico
FVT FV/ST combinati in un solo modulo

AT Accumulatore termico
ST Collettore solare

PC Pompa di calore
A.C.S. Acqua calda sanitaria

L'ARCHITETTURA SOLARE – UN PROGRAMMA INTERATTIVO

Nel complesso i potenziali per impiegare la tecnologia solare nell'architettura sono molto elevati – il sole brilla su quasi ogni tetto e sulla maggior parte delle facciate. Il modo di realizzare l'integrazione dipende però molto dal progetto. Ciò che per motivi ecologici ed energetici è quasi sempre ragionevole, può avere conseguenze

urbanistiche. Viceversa in numerosi contesti gli edifici con un involucro omogeneo sono molto preziosi. Questo porta però a moduli con un orientamento inefficiente. Come sempre in architettura, anche in questo caso si tratta di considerare in parallelo diversi aspetti per trovare la soluzione ottimale:

ENERGIA

Potenziale elevato per l'energia solare
+
Il consumo proprio aumenta la redditività
+
Integrazione degli obiettivi energetici
nella progettazione strategica o nello
studio preliminare

TECNICA

Tecnica collaudata e che funziona bene
+
Innumerevoli varianti dei componenti
per il fotovoltaico e il solare termico
+
In combinazione con altre
tecnologie diventa possibile
sfruttare il potenziale massimo

ARCHITETTURA
SOLARE

ARCHITETTURA
ECONOMIA

CONFIGURAZIONE

Considerazione dei diversi criteri

+

Il processo di configurazione di una facciata solare può essere caratterizzato dall'architettura o dalla tecnica.

+

Esiste un'ampia gamma di possibilità di configurazione e integrazione della tecnica solare

ECOLOGIA ED ECONOMIA

Energia grigia, effetti ambientali e analisi del ciclo vitale fanno parte dell'edilizia

+

Considerare investimenti e costi in relazione alle entrate e agli ammortamenti

+

L'energia solare integrata può anche generare un rendimento economico

COSTRUZIONE

Anche la tecnica solare è un materiale da costruzione

+

Sono possibili numerose modalità di integrazione

+

Tenere conto delle caratteristiche specifiche dei collettori solari e dei moduli FV e includerli nella progettazione

+

Impiego di sistemi sviluppati ad hoc o standard

La configurazione architettonica con l'energia solare esige un confronto con i diversi criteri, dall'urbanistica fino alla singola cella solare.

La base per il successo di un processo è costituita da un atteggiamento architettonico che descrive chiaramente gli obiettivi, le strategie e i mezzi. Viene costantemente affinata e garantisce una buona comunicazione sia all'interno del team di progettisti, sia nel dialogo con la committenza o le autorità.



CHIESA E CENTRO PARROCCHIALE, RIF-TAXACH (A) 2013

Georg Kleeberger, Walter Klasz



ATTEGGIAMENTO ARCHITETTONICO

Per molto tempo l'unica possibilità di sfruttare attivamente l'energia solare per i bisogni dell'edificio si riduceva all'installazione (a posteriori) sul tetto di prodotti industriali senza alcuna flessibilità. Grazie, da una parte, alle massicce riduzioni dei costi e agli aumenti dell'efficienza e, dall'altra, a un aumento della domanda di prodotti diversificati e di fabbricazione personalizzata, dal lato dell'offerta ci sono sempre più possibilità, che a loro volta costituiscono la base per concetti architettonici differenti. Il processo di configurazione di una facciata solare può essere caratterizzato dall'architettura e dalla tecnica. La configurazione della facciata può essere sviluppata partendo dalle possibilità della tecnologia esistente (p. es. di



PRESENTAZIONE APERTA DELLA TECNICA

Facciata solare adattiva del Politecnico di Zurigo, Architettura e Sistemi di edifici, Prof. Dr. Arno Schlüter
Prima realizzazione sul campus del Politecnico di Zurigo, 2015

un determinato modulo fotovoltaico) o viceversa la configurazione individuale di una facciata può portare al perfezionamento di prodotti o tecnologie già esistenti. Il carattere creativo può inoltre essere esplorato fino a livello della cella, per esempio configurando come un mosaico i differenti riflessi e colori delle celle da installare. Mostrare o non mostrare, nascondere o accennare, studiare la profondità del materiale o far confluire tutto dietro a uno strato omogeneo? Queste domande si pongono anche per la configurazione di una facciata solare, come nel caso di altre tecnologie, che in passato sono entrate a far parte dell'architettura.



INTEGRAZIONE ACCURATA: RISANAMENTO DI UNA VETRERIA COSTRUITA NEL 1765 AD AFFOLTERN I. E.

Prodotto: 3S Solar Plus AG, Gwatt
Architettura: Christian & Elisabeth Anliker, Affoltern i. E.
Progettazione e realizzazione: clevergie AG, Wyssachen

URBANISTICA

Il progetto inizia preferibilmente su larga scala. L'ambiente nelle immediate vicinanze e il contesto energetico hanno un'influenza fondamentale. Quali sono i flussi di energia disponibili e come possono essere sfruttati? Quali sinergie possono derivare da una collaborazione locale, per esempio lo sfruttamento del calore residuo del vicinato o il raggruppamento di diversi edifici per formare una comunità di consumo proprio? Una volta chiarite queste opportunità (se non bastano per coprire interamente il fabbisogno energetico), bisogna passare a una valutazione dei potenziali dell'edificio: riguardo alle rese solari occorre analizzare esattamente – sia per lo sfruttamento passivo che per quello attivo – l'orientamento e l'andamento delle ombre. Nel contesto urbano



CASA DI ABITAZIONE CHIGNY

INTEGRATA NEL NUCLEO STORICO E NEI VIGNETI
Architettura: dieterdietz.org, Zurigo e Losanna | Dieter Dietz, Vincent Mermod, Manuel Potterat

occorre considerare esattamente la situazione delle ombre prodotte dagli edifici vicini e si dovrebbe tenere conto anche dei cambiamenti futuri. Se per esempio le norme edilizie consentono di innalzare di due piani un edificio che al momento è basso, ciò può compromettere gravemente la resa di un impianto sulla facciata del proprio edificio. Lo stesso vale per la vegetazione nelle immediate vicinanze. A differenza degli spazi urbani, negli spazi rurali la vegetazione ed eventualmente la topografia sono determinanti per la situazione delle ombre.

PERMESSO DI COSTRUZIONE

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

L'art. 18a della legge federale sulla pianificazione del territorio disciplina la prassi di autorizzazione degli impianti solari nelle zone edificabili e agricole. Per gli impianti solari «sufficientemente adattati» non occorre un'autorizzazione ed è sufficiente un annuncio all'autorità competente. Il diritto cantonale può però prevedere l'obbligo dell'autorizzazione in tipi chiaramente definiti di zone protette, p. es. le zone nucleo.

RAPPORTO INVOLUCRO-VOLUME (RAPPORTO A/V)

Il Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni (MoPEC) esige che nelle nuove costruzioni una parte del consumo di elettricità sia coperto dalla produzione in proprio nell'edificio, sul tetto oppure con le facciate. Nella maggior parte dei casi il fotovoltaico offre buone soluzioni a questo riguardo. Negli edifici composti da molti piani è addirittura richiesta esplicitamente l'inclusione di una facciata integrata. Questo significa che gli involucri dimensionati generosamente, con un rapporto A/V subottimale, ottengono grazie alle facciate solari un bilancio energetico positivo e arrivano a soddisfare i requisiti minimi, aumentando così lo spazio di manovra architettonico.

SFRUTTAMENTO DOPPIO DEI RIVESTIMENTI DELLE FACCIATE

Quale componente elementare dell'architettura, la facciata assume la funzione di proteggere l'edificio. Utilizzando moduli solari per il rivestimento delle facciate, si ottiene una costruzione multifunzionale, che inoltre garantisce l'approvvigionamento energetico dell'edificio. I moduli solari, struttura portante inclusa, devono soddisfare i criteri per le facciate ventilate, ossia occorre tenere conto della statica, della protezione contro l'umidità e della protezione antincendio. I moduli solari da integrare negli edifici sono realizzati generalmente con vetro di sicurezza laminato (VSG). La lunga durata dei prodotti corrisponde a quella dei rivestimenti per facciate in VSG e la stabilità della potenza elettrica può essere stimata >80% anche dopo 25 anni di esercizio. Un modulo tecnicamente difettoso può essere sostituito, così da compensare la perdita di produzione elettrica. È però possibile anche lasciare sulla facciata i moduli elettricamente difettosi, dato che continuano a svolgere la loro funzione di protezione contro le intemperie.

ORIENTAMENTO DELLE SUPERFICI SOLARI

Le superfici con orientamenti differenti producono nel corso del giorno e dell'anno picchi di resa differenti. Pertanto la configurazione del tetto e dell'involucro dell'edificio, insieme con lo sfruttamento di tali superfici, possono influire molto sulle possibilità di generare energia. Gli impianti solari orientati verso est e ovest sono in grado di «tagliare» il picco di produzione sul mezzogiorno e far coincidere meglio la resa con il fabbisogno. L'integrazione della tecnica solare nella facciata consente di livellare la produzione annua con conseguente moderato aumento dell'energia elettrica prodotta in inverno.

SCELTA DEL MODULO SOLARE: PRODOTTO DI MASSA OPPURE SOLUZIONE AD HOC

Per la scelta di moduli solari idonei per le facciate vi sono essenzialmente due possibilità:

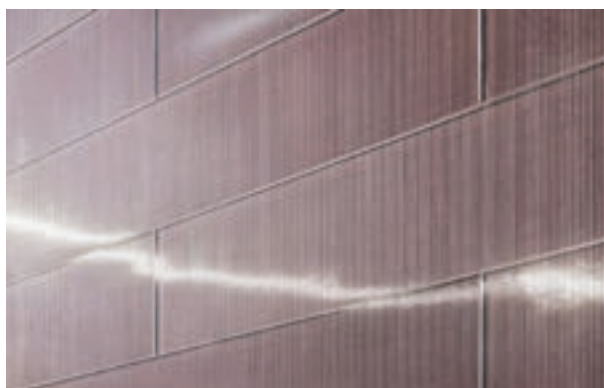
- L'impiego di prodotti di massa standardizzati di prezzo conveniente. L'aspetto tecnico e le dimensioni esterne fisse pongono la configurazione architettonica e l'abbinamento con il resto della costruzione di fronte a problemi particolari. L'idoneità di questi prodotti come materiali da costruzione va chiarita con il produttore e il progettista specializzato.
- Come alternativa, molti produttori di moduli solari, in particolare quelli europei, offrono prodotti personalizzati. Dimensioni speciali, tonalità cromatiche e struttura superficiale possono essere definite in base alle esigenze architettoniche. La configurazione libera dei prodotti consente di conferire a ogni facciata solare il suo carattere individuale. Come svantaggi si possono menzionare la minore potenza elettrica dovuta al fatto che la superficie non viene coperta al massimo con celle solari, le perdite di potenza causate dai rivestimenti colorati, che possono arrivare al 20%, i costi di produzione relativamente più elevati, come pure la maggiore complessità della progettazione.



MODULO STANDARD: STAZIONE A VALLE DEL PICCOLO CERVINO

Prodotto: Megasol Energie AG, Deitingen

Impresa solare: Bouygues E&S InTec Schweiz AG, unità Helion, Zuchwil



SVILUPPO IN PROPRIO: CASA DI ABITAZIONE SOLARIS, ZURIGO

Moduli sviluppati in proprio con vetro di sicurezza a struttura ondulata, di colore adattato all'ambiente circostante (Rote Fabrik Zurigo).

Architettura: huggenbergerfries Architekten AG ETH SIA BSA, Zurigo

Prodotto: ertex solartechnik GmbH, Amstetten (A) in collaborazione con il partner della ricerca Prof. Dr. Stephen Wittkopf, Università di Lucerna



HOF 8, WEIKERSHEIM (D) 2014

Architekturbüro Klärle, Rolf Klärle Dipl.-Ing. freier Architekt BDA



POSSIBILITÀ DI CONFIGURAZIONE DEL «MATERIALE DA COSTRUZIONE» FOTOVOLTAICO

Oltre alle proprietà fisiche e tecniche della tecnologia solare, il materiale offre tutta una serie di caratteristiche che possono essere sfruttate come elementi creativi nel progetto architettonico. La configurazione degli elementi solari offre numerose possibilità, influisce sul progetto e ha un forte impatto sulla produzione energetica e i costi. Qui di seguito sono elencati sei diversi elementi di configurazione, il che evidenzia il gran numero di possibilità creative.

DIMENSIONI Generalmente i produttori offrono dimensioni standard. È però pure possibile ordinare una vasta gamma di dimensioni speciali.

FORMA Generalmente i componenti solari sono inseriti in un vetro piano rettangolare. È però pure possibile creare altre forme e addirittura elementi curvi. Per forme complesse si può anche ricorrere alla tecnologia dei moduli flessibili a film sottile.

COLORE È disponibile una vasta gamma di colori e tecniche. Attualmente il più delle volte il colore viene applicato sul vetro frontale e quindi copre le celle interamente o in parte, con la conseguenza che – secondo il procedimento – l'efficienza può scendere anche del 20%.

STRUTTURA DEL VETRO La struttura del vetro può essere variata. Come materiale portante vi sono diverse possibilità, dal semplice vetro liscio, al vetro satinato o strutturato, fino al vetro ondulato.

TRASLUCENZA Oltre agli elementi opachi già noti, facendo variare le distanze fra le celle sussiste anche la possibilità di creare moduli semitrasparenti o altamente trasparenti.

GRAFICA La struttura interna dei moduli può essere lasciata visibile o anche mantenuta completamente invisibile. A tal fine le celle, le loro distanze e i circuiti elettrici vengono – a scelta – variati o coperti. Un aspetto particolarmente omogeneo si ottiene con i moduli senza cornice.

POSSIBILITÀ DI IMPIEGO

I componenti solari possono essere integrati non solo nella facciata o sul tetto. Possono essere anche utilizzati consapevolmente in altre varianti per l'utilizzo multiplo di componenti, come per esempio la protezione dal sole, la conduzione della luce solare e il raffreddamento.



CONTROLLO DELLA LUCE ALL'INTERNO DELLA BIBLIOTECA DI STOCCARDA MEDIANTE MODULI FV SUL TETTO

Architettura: Eun Young Yi, Colonia/Seoul



PARAPETTI DI BALCONE CON MODULI FV POLICRISTALLINI PER UNA CASA PLURIFAMILIARE NELLA ZWYSSIGSTRASSE, ZURIGO

Architettura: kämpfen für architektur AG, Zurigo



IMPOSTE SOLARI ATTIVE SCORREVOLI PER UNA CASA PLURIFAMILIARE NELLA WIESENSTRASSE, KÜSNACHT

Architettura: Vera Gloor AG, Zurigo

Partner specializzato fotovoltaico: Leutenegger Energie Control, Küsnacht

Collettori solari e moduli FV sono materiali da costruzione con proprietà specifiche, di cui occorre tenere conto nella progettazione e nella costruzione. Per esempio, una volta che si è sul cantiere, una modifica non è più possibile e anche la progettazione idraulica ed elettrica deve avvenire prima. Con una buona preparazione, il montaggio può però essere paragonato a quello di una facciata di vetro convenzionale.

Le possibilità offerte dalla costruzione integrata sono numerose e non si limitano all'integrazione nel tetto. I componenti solari attivi possono essere impiegati anche nella facciata o come elementi frangisole o per i parapetti. Per il fissaggio esistono sia sistemi standard che possibilità di integrazione costruttiva realizzate secondo i desideri del cliente. Pertanto già oggi risulta possibile realizzare costruzioni con l'espressione estetica desiderata.

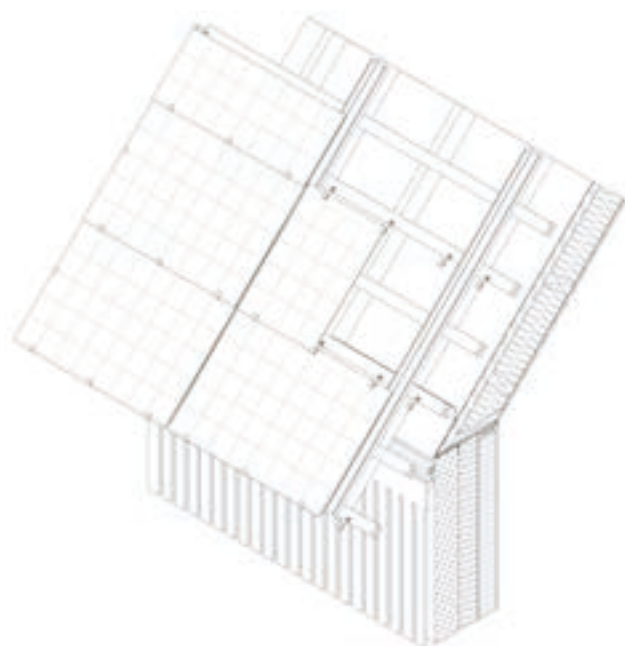


APARTMENT HOUSE, ZURIGO-SCHWAMENDINGEN 2017
kämpfen für architektur AG



INTEGRAZIONE NEL TETTO

I sistemi di tetti solari integrati sostituiscono la copertura convenzionale del tetto. Nell'impiego dei prodotti occorre rispettare i criteri per la struttura del tetto, come specificati dal produttore. Oltre una determinata inclinazione occorre posare un sottotetto senza giunti, che possa far defluire la condensa o l'acqua penetrata a causa della pioggia battente o della neve portata dal vento. Nella scelta dei fogli per il sottotetto occorre verificare che abbiano la giusta resistenza al calore per la costruzione prevista. Per ogni progetto bisogna controllare l'idoneità del prodotto in base ai presumibili carichi della neve e alle pressioni del vento secondo la norma SIA 261 «Azioni sulle strutture portanti». Per garantire la funzionalità del tetto, tutti i lavori sul tetto, i giunti e le chiusure dovrebbero essere eseguiti da copritetto o lattonieri.



ISOMETRIA CASA SCHNELLER BADER, TAMINS
Fonte: www.buk.arch.ethz.ch/Solardatenbank

INTEGRAZIONE NELLA FACCIATA

I sistemi di facciate a cortina retroventilate costituiscono la base per il fissaggio dei moduli fotovoltaici o solari termici nelle facciate. Sono disponibili diversi tipi di fissaggio: il fatto che si impieghino supporti puntuali, lineari o incollati dipende dall'architettura e dal budget del progetto. L'attestato della statica della struttura portante, che consiste nel rivestimento e nella costruzione di fissaggio, dovrebbe essere fornito obbligatoriamente dal fornitore. La posa delle linee elettriche e delle tubazioni dei collettori vanno inclusi già per tempo nella progettazione, in modo da poter tener conto di eventuali passaggi nella costruzione di

fissaggio ed evitare problemi durante il montaggio. La scelta del materiale per la struttura portante e l'isolamento deve essere conforme alle prescrizioni antincendio dell'Associazione degli Istituti Cantionali di Assicurazione Antincendio (AICAA).



ISOMETRIA CASA DI ABITAZIONE SOLARIS, ZURIGO
Rappresentazione schematica
Fonte: www.buk.arch.ethz.ch/Solardatenbank

INTEGRAZIONE NEI PARAPETTI E IN COSTRUZIONI DI VETRO-METALLO

Per l'integrazione del fotovoltaico nei parapetti o nei tetti di vetro occorrono nella maggior parte dei casi moduli solari specifici per l'oggetto. La trasparenza degli elementi viene determinata dalle distanze fra le celle di silicio o dalla perforazione delle celle a strato sottile. La statica necessaria viene ottenuta mediante il tipo e lo spessore del vetro e la laminazione. I requisiti secondo la norma SIA 261 «Azioni sulle strutture portanti» e inoltre quelli secondo la norma SIA 358 «Ringhiere e parapetti» devono essere soddisfatti e attestati. Nel caso ideale, i raccordi e i cavi elettrici vengono integrati in una costruzione metallica. Si ottengono così costruzioni di alto valore estetico e i cavi restano protetti da contatti accidentali, umidità e acqua. Per poter integrare i cavi senza problemi è necessario prenderli in considerazione già nella pianificazione del progetto.

Anche le energie rinnovabili influiscono sull'ambiente a diversi livelli. L'impatto ambientale deve essere analizzato sistematicamente e messo a confronto con i costi e i potenziali tecnici di queste energie. Quanto a prezzo, possibilità tecniche e impatto minimo sull'ambiente, l'energia solare ha di gran lunga il maggiore potenziale fra i diversi vettori energetici.



CASA PLURIFAMILIARE CON FUTURO ENERGETICO, ZURIGO 2017

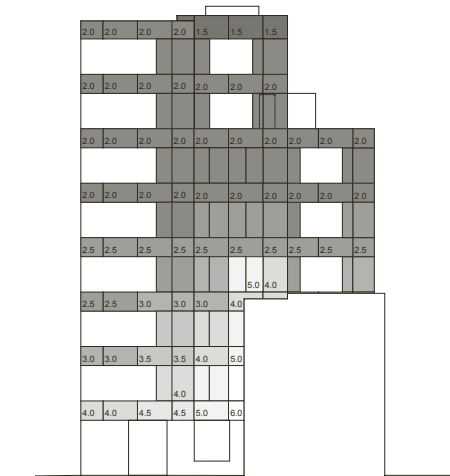
Un progetto di Umwelt Arena Schweiz

in collaborazione con René Schmid Architekten AG



ENERGIA GRIGIA

Per la loro realizzazione gli edifici hanno bisogno di molta energia, la cosiddetta energia grigia. Gli impianti per la produzione di energia solare o altre energie rinnovabili possono ammortizzare l'energia grigia necessaria per la loro realizzazione. L'impiego della tecnica solare attiva comporta perciò anche il potenziale perché un edificio passi a essere, da un semplice consumatore di energia, un produttore di energia. Criterio decisivo per determinare il periodo di ammortamento dell'energia grigia è la quantità di energia prodotta dall'impianto solare. Infatti il rendimento dei componenti, il luogo e il genere di integrazione e l'orientamento dell'impianto influiscono sul bilancio energetico del sistema.



SIMULAZIONE DEL TEMPO DI RECUPERO DELL'ENERGIA GRIGIA DEI MODULI FOTOVOLTAICI NELLA FACCIATA, ESPRESSO IN ANNI
 Progetto: Amt für Umwelt und Energie, Basilea
 Architettura e fonte: jessenvollenweider architektur, Basilea

IMPATTI AMBIENTALI

Generalmente l'impatto ambientale viene analizzato nell'ottica dell'ammortamento dell'energia grigia, delle emissioni di CO₂ o sulla base di un bilancio ambientale completo, dove vengono integrati anche ulteriori criteri, come il consumo di risorse o di terreno. Diversi studi hanno dimostrato che i vettori energetici rinnovabili offrono migliori risultati di quelli convenzionali. L'energia nucleare può ancora competere con i vettori rinnovabili per quanto concerne il bilancio del CO₂, ma con un bilancio ambientale completo risulta nettamente inferiore. Oltre all'energia solare, quella eolica e idraulica hanno bilanci ambientali ancora migliori. Le differenze sono relativamente piccole e in futuro diminuiranno ancora. Nel complesso le tecnologie solari dimostrano di avere di gran lunga il potenziale maggiore per minimizzare gli impatti ambientali negativi della produzione energetica e servono in particolare a evitare le emissioni di CO₂.

RICICLAGGIO E SMALTIMENTO

Alla fine della loro durata utile, la maggior parte dei moduli fotovoltaici installati in Svizzera può essere semplicemente riciclata. Questo consente di risparmiare energia e costi e di ridurre l'impatto ambientale.

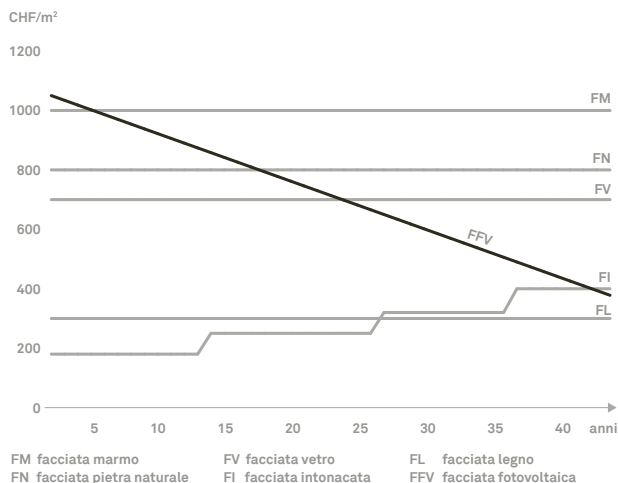
I moduli fotovoltaici di gran lunga più diffusi sono costituiti da silicio, che può essere recuperato con procedimenti tecnici relativamente semplici. Per lo smaltimento delle celle solari che al posto di silicio contengono cadmio o altri metalli pesanti (CIS o CIGS) valgono prescrizioni e processi particolari. Con il marchio SENS eRecycling si è affermata un'organizzazione che gestisce a livello nazionale un sistema di raccolta degli apparecchi elettrici ed elettronici. Questo vale anche per i moduli solari e i relativi componenti, che possono essere consegnati ai centri di raccolta. Produttori e importatori, che non sono affiliati a un sistema di raccolta riconosciuto, devono poi garantire e finanziare il successivo smaltimento.

ULTERIORI INFORMAZIONI

www.erecycling.ch

INVESTIMENTO E RENDIMENTO

L'investimento per l'integrazione della tecnica solare nel tetto e nell'involucro dell'edificio può variare molto, a motivo della grande gamma di possibili configurazioni e applicazioni e pertanto è consigliabile allestire una stima dei costi specifica per il progetto. Come investimento si dovrebbe considerare soltanto l'investimento supplementare rispetto a una facciata convenzionale. Questo investimento supplementare viene ammortizzato mediante i ricavi correnti dell'energia solare venduta e i risparmi realizzati grazie ai costi di produzione minori dell'energia consumata in proprio. I costi supplementari del fotovoltaico rispetto a una normale facciata di vetro sono di circa 300–400 CHF/m². Negli impianti con una configurazione semplice l'investimento supplementare può essere ammortizzato già entro 15 anni, con gli impianti più complessi la durata aumenta di conseguenza. La durata utile garantita dei sistemi è di 25 anni, ma in pratica è di gran lunga maggiore. Pertanto, con gli investimenti supplementari nella tecnica solare diventa possibile generare un rendimento. Inoltre l'investimento nella propria produzione di corrente e nel consumo proprio offre una protezione contro gli aumenti dei costi energetici.



CONFRONTO DEI COSTI DEI DIVERSI TIPI DI FACCIATA

3/4

GROSSPETER TOWER BASILEA, 2017

ARCHITETTURA—Burckhardt+Partner AG, Basilea
 COMMITTENZA—PSP Real Estate AG, Zurigo
 PRODOTTO—NICE Solar Energy, Schwäbisch Hall (D)
 PIANIFICATORE SOLARE—energiebüro AG, Zurigo
 IMPRESA SOLARE—Planeco GmbH, Münchenstein
 FOTOGRAFIA—Adriano A. Biondo

7/8

CASA DI ABITAZIONE SOLARIS, ZURIGO 2017

ARCHITETTURA—huggenbergerfries Architekten AG
 ETH SIA BSA, Zurigo
 COMMITTENZA—hbf futur AG, Zurigo
 PRODOTTO—ertex solartechnik GmbH, Amstetten
 PARTNER DI RICERCA—Università di Lucerna /
 CC Envelopes & Solar Energy
 PROGETTISTA SOLARE SPECIALIZZATO—sundesign GmbH, Stallikon
 IMPRESA SOLARE—Suntechnics Fabrisolar AG, Küsnacht
 PROGETTAZIONE FACCIATA—Gasser Fassadentechnik AG, San Gallo
 FOTOGRAFIA—huggenbergerfries Architekten AG ETH SIA BSA

11/12

CASA A PRODUZIONE SOLARE DIRETTA, ZWEISIMMEN 2014

ARCHITETTURA—n11 Architekten, Zweisimmen
 COMMITTENZA—Privata
 PRODOTTO—Tetto solare SUNSTYLE®, Ostermundigen
 PROGETTISTA SPECIALIZZATO—Energiebüro Hanimann, Zweisimmen;
 Pflieger Stöckli Architekten, Coira
 FOTOGRAFIA—Katharina Wernli Photography

15/16

CASA SCHNELLER BADER, TAMINS 2016

ARCHITETTURA—Bearth & Deplazes Architekten |
 Valentin Bearth – Andrea Deplazes – Daniel Ladner, Coira
 COMMITTENZA—Georgina Schneller e Sascha Bader
 PRODOTTO—3S Solar Plus AG, Gwatt
 IMPRESA SOLARE—Bouygues E&S InTec Schweiz AG,
 unità Helion, Zuchwil
 FOTOGRAFIA—Juan Rodriguez

19/20

CASA PLURIFAMILIARE HOFWIESEN-ROTHSTRASSE, ZÜRICH 2016

ARCHITETTURA—Viridén + Partner AG, Zurigo
 COMMITTENZA—Privata
 UTILIZZO E INVESTITORE FACCIATA SOLARE—EcoRenova, Zurigo
 PRODOTTO—WINAICO
 FORNITORE DEL SISTEMA—GFT Fassaden AG, San Gallo
 PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE BIPV—Diethelm Fassadenbau AG,
 Hermetschwil
 GESTIONE CARICHI—e4plus AG, Kriens
 FOTOGRAFIA—Nina Mann Fotografie, Zurigo

25/26

CHIESA E CENTRO PARROCCHIALE, RIF-TAXACH (A) 2013

ARCHITETTURA—Walter Klasz, St. Sigmund
 COMMITTENZA—Chiesa cattolica romana del beato Albrecht
 PROGETTISTA GENERALE—Paul Schweizer con Martin Embacher,
 Salisburgo
 FOTOGRAFIA—Andrew Phelps

29/30

HOF 8, WEIKERSHEIM (D) 2014

ARCHITETTURA—Architekturbüro Klärle, Rolf Klärle
 Dipl.-Ing. freier Architekt BDA, Bad Mergentheim (D)
 COMMITTENZA—Prof. Dr. Martina Klärle e Andreas Fischer-Klärle
 PRODOTTO—Trina Solar, Aschheim/Monaco (D)
 FOTOGRAFIA—Brigida Gonzales

33/34

APARTMENT HOUSE, ZURIGO-SCHWAMENDINGEN 2017

ARCHITETTURA—kämpfen für architektur AG, Zurigo
 COMMITTENZA—Privata
 PRODOTTO—DOMA FLEX collettore di grande superficie
 con vetro speciale Kromatix
 RISCALDAMENTO/VENTILAZIONE/CLIMATIZZAZIONE—
 Naef Energietechnik, Zurigo
 SPECIALISTA ENERGIA—Edelmann Energie, Zurigo
 FOTOGRAFIA—Andreas Hekler

37/38

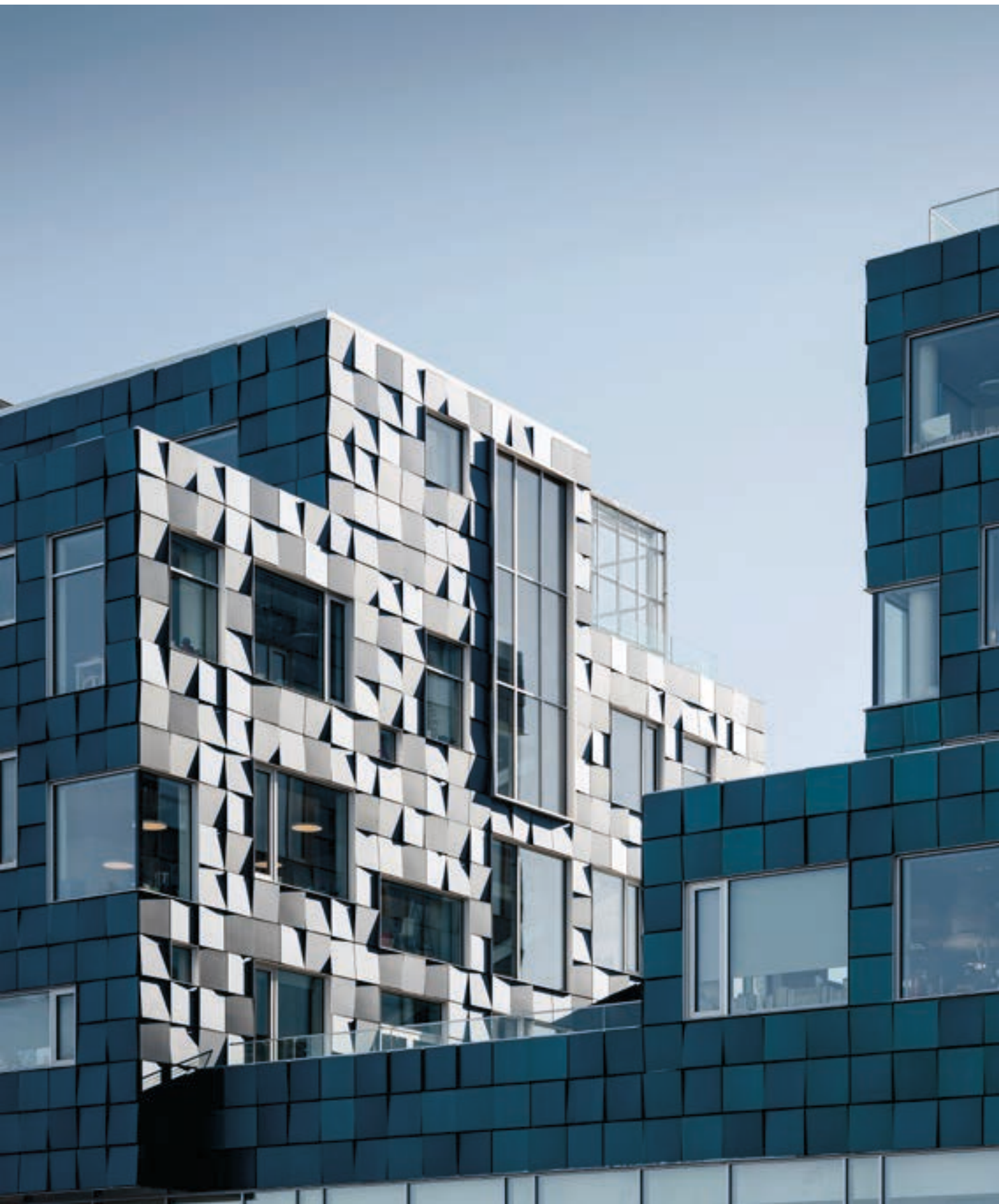
CASA PLURIFAMILIARE CON FUTURO ENERGETICO, ZURIGO 2017

Un progetto di Umwelt Arena Schweiz
 in collaborazione con René Schmid Architekten AG, Zurigo
 PRODOTTO—PVP Photovoltaik, Wies (A), Distribuzione CH:
 Stephan Kobler, Wollerau
 PROGETTISTI SPECIALIZZATI IN SISTEMI DI MONTAGGIO—
 René Schmid Architekten AG
 PROGETTISTA SPECIALIZZATO ELETTRICO—BE Netz, Ebikon
 INSTALLAZIONE—Max Vogelsang Holzbau AG, Wohlen

41/42

COPENHAGEN INTERNATIONAL SCHOOL, COPENAGHEN (DK) 2017

ARCHITETTURA—C.F. Møller Architects
 Aarhus • Copenhagen • Aalborg • Oslo • Stockholm • London
 COMMITTENZA—Property Foundation Copenhagen
 International School (ECIS)
 PRODOTTO—Emirates Insolaire, Dubai. Una joint venture di
 SwissINSO (EPFL-Spin-off) ed Emirates Glass
 FOTOGRAFIA—Adam Mørk



COPENHAGEN INTERNATIONAL SCHOOL, COPENAGHEN (DK) 2017

C.F. Møller Architects Aarhus • Copenhagen • Aalborg • Oslo • Stockholm • London



Questa pubblicazione è stata prodotta in modo climaticamente neutrale e stampata su carta certificata FSC.

