TECNICHE E PRINCIPI ECOLOGICI DELL'ABITARE

L'IMPRONTA ECOLOGICA NELLA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE

REGIONE PIEMONTE
ASSESSORATO AMBIENTE

COLLANA AMBIENTE 30

Contu Simone, Bagliani Marco, Battaglia Massimo,
Martini Fiorenzo, Clément Jean-Christophe

242

Tecniche e principi ecologici dell'abitare

L'Impronta Ecologica nella valutazione degli impatti dell'edilizia residenziale

IRES PIEMONTE
ISTITUTO RICERCHE ECONOMICO SOCIALI DEL PIEMONTE

REGIONE PIEMONTE

Convenzione REP. N. 9864 del 03-01-2005
*tra Regione Piemonte – Direzione Ambiente** *e IRES Piemonte (Istituto di Ricerche Economiche e Sociali della Regione Piemonte).*

Responsabili del progetto:
Fiorenzo Ferlaino**

Coordinamento del progetto
Marco Bagliani***

Gruppo di ricerca - IRES Piemonte
Marco Bagliani (*calcoli impronta ecologica, stesura del rapporto*)
Contu Simone (*ricerca ed elaborazione dati, calcoli impronta ecologica, stesura del rapporto*)
Battaglia Massimo (*stesura del rapporto*)
Martini Fiorenzo (*stesura del rapporto*)
Clément Jean-Christophe (*stesura del rapporto*)

Referenti Regionali
Lucia Brizzolara****
Giuseppina Sestito

Hanno collaborato all'impostazione della ricerca e all'analisi dei dati per la Regione Piemonte
Fiamma Bernardi
Imma Laltrelli

* ex Direzione "Tutela e Risanamento Ambientale – Programmazione Gestione Rifiuti"
** IRES Piemonte, Dirigente responsabile Area Ambiente Territorio
*** IRES Piemonte, Area Ambiente Territorio
**** Regione Piemonte – Dirigente Settore "Compatibilità Ambientale e Procedure Integrate"

Stampa: Srl F.lli Scaravaglio & C. - Torino - Settembre 2009

PREFAZIONE

La tematica della sostenibilità, divenuta obiettivo di governo dell'Unione Europea sin dal Consiglio di Göteborg del 2001, si è fatta negli anni seguenti sempre più impellente via via che la pressione antropica sull'ambiente e sulle risorse planetarie diveniva più accentuata (soprattutto in ragione della crescita delle grandi "economie emergenti" asiatiche) e anche in connessione con le forti instabilità che le tradizionali fonti di energia non rinnovabile hanno mostrato sia sul fronte dei prezzi (petrolio) che su quello della stessa disponibilità (gas).

Ciò considerato, nella prospettiva dello sviluppo e del potenziamento dei processi di valutazione ambientale, a seguito dell'entrata in vigore della direttiva europea in materia di Valutazione Ambientale Strategica (direttiva 2001/42/CE), risulta particolarmente interessante e significativo sviluppare e applicare sperimentalmente metodologie che consentano una valutazione quantitativa e, quindi, anche comparativa della sostenibilità ambientale delle attività antropiche mediante l'utilizzo di indicatori sintetici in grado di stimare la quantità complessiva di "servizi naturali" utilizzati nei processi di produzione e consumo.

In considerazione dell'interesse suscitato da tali tematiche, dunque, la Regione Piemonte ha preso in considerazione l'opportunità di avviare un lavoro di approfondimento e di sperimentazione sulle metodologie di valutazione della sostenibilità ambientale di determinati settori economici, affidando un incarico di ricerca all'IRES Piemonte, che già in passato aveva condotto ricerche e studi per l'applicazione di metodiche basate sull'uso di grandezze sintetiche, quali l'Impronta Ecologica e l'eMergia.

I settori economici individuati per questa sperimentazione sono stati il settore agro-zootecnico e il settore edile, che sono connessi ad attività di analisi e valutazione della compatibilità ambientale e di promozione della sostenibilità svolte dall'Assessorato Ambiente.

Tali attività forniscono un efficace campo di sperimentazione in quanto da un lato possono mettere a disposizione dati e informazioni utili alla costruzione di scenari diversi o alternativi interni a ciascuno dei settori oggetto di valutazione, dall'altro offrono l'opportunità di applicare in via sperimentale gli esiti della valutazione effettuata.

L'utilizzo di grandezze e indicatori sintetici applicati a singoli settori economici risulta di grande interesse per l'operatività dell'Assessorato, in quanto dà modo non solo di sintetizzare e analizzare una mole di dati raccolti a livello territoriale, ma anche di perfezionare ed approfondire le valutazioni ambientali puntuali o strategiche, mettendo in luce i punti critici delle diverse situazioni ambientali influenzate dalle attività antropiche.

Per quanto riguarda in particolare la ricerca concernente il settore edile qui presentata, essa si colloca nel quadro di una ormai non più contingente collaborazione fra l'Assessorato Ambiente e l'Assessorato Politiche Territoriali, che ha trovato, nel lavoro comune condotto per l'applicazione della Direttiva 2001/42/CE sulla Valutazione Ambientale Strategica degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, i suoi momenti salienti.

Si è quindi scelto di utilizzare l'impronta ecologica per confrontare la realtà edilizia tradizionale per la residenza e le sperimentazioni nel campo della bioedilizia analizzando le fasi del ciclo di vita di un edificio e le diverse problematiche sottese dal punto di vista della sostenibilità ambientale.

L'impronta ecologica quindi è stata utilizzata quale strumento utile per verificare con precisione il conseguimento, nel campo dei consumi legati al condizionamento termico degli edifici, degli obiettivi di risparmio energetico che competono all'Assessorato Ambiente e sui quali sono stati e sono investiti rilevanti sforzi e rilevanti risorse. Essa infatti consente di quantificare gli impatti dei differenti materiali utilizzati per la costruzione delle diverse tipologie di edifici e per valutare gli scostamenti tra una gestione tradizionale degli edifici residenziali e l'applicazione di tecniche di risparmio energetico, peraltro già sperimentate su alcuni immobili di edilizia residenziale pubblica finanziati dall'Assessorato Politiche Territoriali, analizzati tra i casi studio. Lo studio effettuato, dunque, è stata anche un'occasione di riflessione sulle potenzialità e sui limiti dell'impronta ecologica applicata all'edilizia residenziale.

La ricerca ha prodotto un programma di calcolo per la valutazione dell'impronta ecologica della gestione di un edificio residenziale su un periodo ipotetico di monitoraggio di 5 anni e ha analizzato i risultati dell'applicazione di tale programma di calcolo ai casi studio individuati, focalizzando l'attenzione sulla valutazione dei consumi globali, dei consumi di energia elettrica, dei consumi di energia termica e dei consumi per famiglia.

Le riflessioni e le considerazioni scaturite dal lavoro di ricerca, oltre a cogliere aspetti puntuali di carattere tecnico derivanti dai risultati ottenuti nelle analisi dei diversi casi studio, possono essere utilizzate per rendere le politiche regionali efficaci dal punto di vista del risparmio energetico, della riduzione dell'impatto ambientale delle azioni di trasformazione e di utilizzo dell'energia e del miglioramento delle prestazioni intese sotto l'aspetto del comfort e dell'efficienza di funzionamento e gestione del sistema edilizio.

Sergio Conti

Assessore alle Politiche territoriali

Nicola de Ruggiero

Assessore all'Ambiente

INDICE

INTRODUZIONE

Presentazione del testo

Contenuti del testo

Il presente testo deriva dallo studio condotto nell'ambito della ricerca *"Valutazione della sostenibilità ambientale di settore"*, commissionata e finanziata dalla Regione Piemonte all'IRES Piemonte, e presentata nel Report tecnico *"Studio di Impronta Ecologica per differenti tipologie di edilizia residenziale"* (Bagliani M., Contu S., Martini F., Ferlaino F.). La presente pubblicazione ha l'obiettivo di rendere comprensibili ad un pubblico di non addetti ai lavori i risultati scientifici e metodologici, attraverso la loro rielaborazione in chiave maggiormente divulgativa.

Il testo, incentrato sull'impiego dell'Impronta Ecologica come indicatore sintetico di sostenibilità ambientale, apre la propria trattazione, a differenza del Report tecnico, a riflessioni di carattere economico, sociale e ambientale in riferimento alle tecniche di costruzione tradizionali e all'utilizzo di metodologie di bioedilizia, ai soggetti istituzionali e ai ruoli delle differenti figure professionali e non, i quali operano direttamente o indirettamente nella gestione delle risorse energetiche.

Senza assumere un carattere specialistico o circoscritto ad una particolare tecnologia d'intervento, il testo vuole quindi da un lato rendere accessibile questo insieme di tematiche ad un pubblico più vasto, dall'altro aprire possibili direzioni di ricerca e di ulteriore approfondimento all'intuizione dei professionisti del settore e degli studiosi di queste materie. Il testo è suddiviso in tre parti principali, seguendo un percorso di esplorazione degli argomenti di seguito brevemente esposti:

- La Parte Prima illustra la situazione italiana e piemontese riguardo alla domanda energetica del settore residenziale e al quadro normativo che regola gli strumenti di certificazione energetica degli edifici. Sono quindi presentate, in forma di schede tematiche, le tecniche costruttive e gli approcci progettuali atti a raggiungere determinati livelli di efficienza energetica, accompagnate da una rassegna bibliografica di esempi europei, italiani e regionali caratterizzati dall'applicazione di buone pratiche costruttive e progettuali.
- Nella Parte Seconda si introducono le metodologie di calcolo per l'analisi dell'Impronta Ecologica, e si traccia una breve storia degli sviluppi degli studi centrati sull'applicazione di questo indicatore per la stima dei servizi ecologici utilizzati a differenti scale. Tale approccio permette al lettore di affrontare meglio i calcoli presentati nella Parte Terza, apprezzando le analisi e le considerazioni relative ai casi studio esaminati.
- Parte Terza. In questa ultima parte si descrive il calcolo dell'Impronta Ecologica applicata ai due casi studio, dove vengono confrontate tipologie costruttive tradizionali e di bioedilizia, e dove vengono analizzati gli aspetti correlati al consumo energetico. Vengono infine tratteggiate alcune valutazioni e riflessioni utili per l'impiego dell'Impronta Ecologica come strumento valutativo nella pianificazione e nella progettazione edilizia, nonché come chiave di lettura dei processi produttivi e di gestione del patrimonio edilizio.

I livelli di approfondimento

Il testo è organizzato secondo due livelli di approfondimento tematico, costituiti da capitoli di carattere divulgativo e da capitoli più tecnici ordinati in schede o box, con lo scopo di porre il lettore nelle condizioni di scegliere un livello di lettura adeguato alle proprie competenze e di poter successivamente accedere ad informazioni più dettagliate e agli approfondimenti di carattere tecnico.

Dal primo livello il lettore può raggiungere un grado di conoscenza sufficiente per la comprensione degli argomenti trattati e delle analisi svolte sui casi studio. Ai fini di una maggior chiarezza espositiva, le parti di testo possono presentarsi in una forma indicizzata, vale a dire con parole e concetti chiave in evidenza

preceduti dal simbolo (■), là dove questo favorisce l'orientamento del lettore all'interno dell'articolazione del discorso.
Per un maggiore livello di approfondimento, è consigliata la lettura delle schede e dei box, che contengono integrazioni, esempi di calcolo e arricchimenti del testo che completano i ragionamenti esposti. Tali approfondimenti sono segnalati nel testo e nell'indice generale con il simbolo (■).

Oggetto della ricerca

La valutazione degli impatti ambientali nell'edilizia residenziale

Il presente testo si concentra sull'analisi degli impatti ambientali derivanti dal settore dell'edilizia residenziale. Più in particolare, lo studio confronta alcune realtà edilizie esistenti contraddistinte dall'applicazione parallela di tecnologia di tipo tradizionale e bioedile. Vengono presi in esame due casi studio:

- Il Prototipo Villaggio Olimpico di Vinovo (TO), costituito da un complesso di edifici gemelli a 2 piani fuori terra, comprendenti 40 unità abitative, box auto e relative pertinenze. Gli edifici sono stati realizzati impiegando separatamente tecniche costruttive tradizionali in un caso, e criteri di progettazione bioedile nell'altro, del tutto simile al primo come dimensioni, al fine di confrontarne i costi di costruzione, il comfort ambientale ed il risparmio energetico.
- L'edificio Corte Nuova di Concorezzo (MI), composto dai 4 lati di un edificio prospicienti un vecchio cortile detto Corte Nuova, situato nel centro storico di Concorezzo. Anche questo esempio presenta interventi tra loro confrontabili: il lato est, ristrutturato secondo tecniche di edilizia tradizionale, ed il lato nord, ristrutturato secondo i principi della bioedilizia.

L'analisi della letteratura sulle tecniche di bioedilizia

Altro obiettivo del presente studio è la presentazione di una succinta ma esauriente documentazione sulle più importanti tecniche e soluzioni progettuali relative alla bioedilizia applicate al settore residenziale. Da tempo i progettisti stanno sperimentando nuove soluzioni abitative che riducano al minimo i consumi e gli impatti sull'ambiente naturale pur mantenendo elevata la qualità della vita, il confort ed il benessere raggiunti: una casa efficiente dal punto di vista energetico consente di ridurre i consumi del 15-20%. Le soluzioni attualmente studiate possono essere raccolte in due tipologie principali:

- **La casa ecologica** prevede l'impiego di materiali a basso impatto ambientale ed energetico: mattoni impastati con paglia e terra cotti al sole al posto del laterizio tradizionale, rifiniture interne realizzate con prodotti naturali come lattosio, albume e limone. Oppure la canapa, il sughero o il cocco come isolanti termici invece dei derivati del petrolio (polistirene e polistirolo). Ed inoltre, un utilizzo spinto delle fonti energetiche rinnovabili, a partire dalla luce del sole.
- **La casa tecnologica** si concentra su sistemi intelligenti di gestione dell'energia: ne sono esempio dispositivi "intelligenti" in grado di regolare i sistemi di illuminazione e ventilazione. A livello tecnologico molti sistemi sono già disponibili sia per quanto riguarda l'integrazione intelligente dei dispositivi elettronici, degli impianti e degli elettrodomestici, sia per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Un chiaro esempio di ciò, in Piemonte, è il villaggio fotovoltaico di Alessandria, che coniuga l'edilizia residenziale pubblica con l'utilizzo di materiali e tecniche di bioedilizia oltre al ricorso alla tecnologia fotovoltaica.

l'Impronta Ecologica

L'indicatore di sostenibilità ambientale utilizzato per quantificare gli impatti ambientali relativi ai casi studio sopra citati è rappresentato dall'Impronta Ecologica. Questo strumento di valutazione presenta la caratteristica di conteggiare in modo coerente differenti usi di natura per la produzione dei materiali utilizzati nelle costruzioni e per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, stimando sia le risorse utilizzate direttamente in ambito locale, sia l'eventuale porzione di territorio produttivo relativo a lavorazioni effettuate al di fuori dei confini nazionali (utilizzo indiretto).
Insieme con altri strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale, l'Impronta Ecologica risulta uno strumento utile per "fotografare" la situazione attuale e quantificare l'impatto dei differenti materiali utilizzati per la costruzione di nuovi edifici, oltre a permettere il confronto fra differenti scenari di gestione degli edifici, basati su tecniche tradizionali e sull'applicazione di sistemi di risparmio energetico.
Il presente studio diventa quindi anche occasione di riflessione sulle potenzialità e sui limiti dell'Impronta Ecologica applicata all'edilizia residenziale. La versatilità di tale indicatore permette di effettuare una stima degli impatti ambientali in riferimento a scenari differenti nel settore dell'edilizia, in particolare nel confronto con le diverse tecniche di utilizzo e gestione delle fonti di energia. Le metodologie adottate intendono valutare l'utilizzo di risorse rinnovabili, in termini di quantità di natura utilizzata, e gli impatti

connessi alle fasi di costruzione dell'edificio e di gestione/utilizzo. Si tratta di impatti che riguardano soggetti diversi e momenti diversi della vita dell'edificio. Pertanto il testo stimola il dibattito circa tre possibili scenari d'intervento, o livelli, i quali suggeriscono il grado di inserimento dell'intervento edilizio nel contesto territoriale e urbanistico: dall'operazione puntuale di miglioramento energetico-prestazionale limitata ad un componente specifico dell'abitazione, alla progettazione efficiente dell'intero sistema di funzionamento dell'edificio, fino alla completa integrazione con il contesto sociale e urbanistico in cui l'edificio si trova. Oltre a ciò vengono distinte separatamente in questo discorso le fasi di cantierizzazione e di utilizzo del manufatto edilizio.

Le conclusioni e le considerazioni tratte dal lavoro svolto, oltre a cogliere aspetti puntuali di carattere tecnico derivanti dai risultati dei casi studio, sono orientate nel suggerire direzioni utili per l'applicazione di politiche regionali efficaci dal punto di vista del risparmio energetico, della riduzione dell'impatto ambientale delle azioni di trasformazione e di utilizzo dell'energia e del miglioramento delle prestazioni intese da un punto di vista di confort e di efficienza di funzionamento e gestione del sistema edilizio.

Parte 1
EDILIZIA E SOSTENIBILITÀ

VIENE PRESENTATA LA SITUAZIONE ITALIANA E PIEMONTESE RIGUARDO ALLA DOMANDA ENERGETICA DEL SETTORE RESIDENZIALE E AL QUADRO NORMATIVO CHE REGOLA GLI STRUMENTI DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI. SONO QUINDI PRESENTATE, IN FORMA DI SCHEDE TEMATICHE, LE TECNICHE COSTRUTTIVE E GLI APPROCCI PROGETTUALI ATTI A RAGGIUNGERE DETERMINATI LIVELLI DI EFFICIENZA ENERGETICA, ACCOMPAGNATE DA UNA RASSEGNA BIBLIOGRAFICA DI ESEMPI EUROPEI, ITALIANI E REGIONALI CARATTERIZZATI DALL'APPLICAZIONE DI BUONE PRATICHE COSTRUTTIVE E PROGETTUALI.

1 LA DOMANDA ENERGETICA RESIDENZIALE IN ITALIA ED IN PIEMONTE

Gli impatti ambientali del settore residenziale possono essere riguardati sotto il profilo della fase di costruzione degli edifici o sotto il profilo del loro "ordinario" funzionamento.
Questa seconda fase, a sua volta, è responsabile di molteplici pressioni sugli ecosistemi in relazione:

- alla superficie (*degraded land*) occupata;
- alla produzione di rifiuti;
- alle emissioni in atmosfera e agli scarichi idrici;
- ai consumi energetici (gas, elettricità, prodotti petroliferi, ecc.);
- alla manutenzione ordinaria e straordinaria.

Tale quadro evidenzia che, almeno in parte (e in misura maggiore che per altre categorie di consumo), l'Impronta ecologica del "consumo" di abitazione è localizzata e definita da superfici produttive presenti nel territorio. Per questo motivo politiche di razionalizzazione possono avere effetti rilevanti sull'insieme dei servizi ecologici erogati dagli ecosistemi locali (biocapacità).
Si riporta qui di seguito il peso del settore residenziale in Italia ed in Piemonte in riferimento alle categorie di consumo più rilevanti, vale a dire i consumi energetici.

Il peso energetico del settore residenziale in Italia

Nelle statistiche energetico-ambientali, sia a livello nazionale che regionale, il settore residenziale è ricompreso, insieme con il terziario, nel settore civile. Il settore terziario comprende le attività di erogazione di servizi, siano essi vendibili (commercio, ristorazione, comunicazioni, ricerca e sviluppo, credito e assicurazioni, ecc.) siano essi non vendibili, come quelli offerti dalla pubblica amministrazione (difesa, welfare, istruzione , ecc.). Tali consumi in larga massima coincidono per tipologia con quelli del residenziale, ma vengono tenuti distinti in quanto collegati ad attività economiche.

	1990		1995		2000		2002		2003	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
Agricoltura e Pesca	3.112	2,5	3.294	2,5	3.226	2,3	3.297	2,4	3.361	2,3
Industria	36.454	29,6	36.826	28.3	40.177	29,2	39.554	28,6	40.827	28,4
Trasporti	34.453	28,0	38.776	29.8	41.862	30,5	43.121	31,2	44.081	30,6
Terziario e Residenziale	34.593	28,1	36.325	27,9	39.338	28,6	39.913	28,8	43.108	30,0
Usi non energetici*	11.972	9,7	12.316	9,5	10.126	7,4	9.502	6,9	9.307	6,5
Bunkeraggi	2.607	2,1	2.440	1.9	2.739	2,0	3.021	2,2	3.246	2,3
Totale Impieghi finali	123.191	100,0	129.977	100,0	137.467	100,0	138.408	100,0	143.930	100,0
Consumi e Perdite	2.055		1.453		2.946		3.455		2.750	
Generazione Elettrica	38.210		41.159		45.484		46.203		47.246	
Disponibilità interna lorda	163.456		172.589		185.897		188.066		193.926	

Tab. 1 Consumi finali di energia per settore. Anni 1990-2003. Fonte: Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005.

*** Dati provvisori**

Consumi energetici

Il settore residenziale costituisce la quota predominante dei consumi energetici del settore civile, attestandosi[1] su una quota pari al 65% del totale, anche se occorre dire che l'esame del trend storico (dal 1995 al 2003) mostra che in termini percentuali va aumentando negli ultimi anni il peso del terziario: nel 1995 il residenziale è responsabile per il 71%, nel 2000 per il 67% del totale dei consumi energetici del civile.

Come si evince dalla tabella 2 sottostante, in termini assoluti i consumi energetici del settore passano dai 26.491 ktep (migliaia di tonnellate equivalenti di petrolio) del 2000 ai 27.966 ktep del 2003, con una crescita dell'11,3%. L'incidenza percentuale dei consumi energetici del settore rispetto al totale degli impieghi finali di energia nel periodo 2000-2003 rimane sostanzialmente invariato, attestandosi su una quota di poco superiore al 19%.

I più recenti dati relativi al 2004[2] evidenziano come il settore assorba da solo il 21,9% dei consumi totali di energia elettrica, contro il 50,3% assorbito dal settore industriale, il 26,1% dal settore terziario e l'1,7% dall'agricoltura. Tale richiesta è stata soddisfatta per l'86% con la produzione nazionale e per il 14% fra import ed export. Come è noto, il mix elettrico nazionale è costituito per il 16,5% da fonte idrica, per l'81,1% da fonte termica e per il 2,4% geotermica e rinnovabile.

Gas naturale (58,3%) ed energia elettrica (19,9%) soddisfano nel 2003 la maggior parte dei consumi del settore. Seguono il gasolio, la cui incidenza è pari all'11,7%; GPL e legna rappresentano rispettivamente il 5,7% e il 4%.

	1990	1995	2000	2001	2002	2003
Energia elettrica	4.535	4.922	5.256	5.294	5.411	5.586
Gas naturale	11.428	13.694	14.841	15.391	14.801	16.309
Prodotti petroliferi	3.418	6.024	5.192	5.311	4.997	4.931
GPL	*1.544*	*1.601*	*1.584*	*1.562*	*1.530*	*1.601*
Gasolio	*6.547*	*4.344*	*3.551*	*3.692*	*3.415*	*3.279*
Olio combustibile	*327*	*79*	*57*	*57*	*52*	*50*
Carbone	33	107	58	67	15	15
Totale fossili	19.929	19.824	20.090	20.769	19.813	21.255
Legna	652	925	1.146	1.225	1.059	1.125
Totale usi finali (*)	25.117	25.671	26.491	27.287	26.283	27.966

Tab. 2 Consumi di energia nel settore residenziale per fonte (ktep). Fonte: Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005.

Categorie d'uso

Quanto alle categorie d'uso, in riferimento all'anno 2003, l'utilizzo di energia è assorbito per il 68% dalla funzione riscaldamento, per il 16% dagli usi elettrici obbligatori (principalmente luce, frigorifero, lavatrice, televisione), per l'11% dalla produzione di acqua calda, per il 5% dagli usi cucina[3].

Come si evince dalla tabella 3, i consumi per riscaldamento sono aumentati di circa l'11% nel periodo 1990-2003; nello stesso periodo il consumo di energia per la produzione di acqua calda non ha fatto registrare significative variazioni, sono diminuiti quelli per uso cucina, mentre sono andati rivestendo sempre maggiore peso quelli per usi elettrici obbligati.

	1990	1995	2000	2001	2002	2003
Riscaldamento	17.272	17.497	17.993	18.728	17.657	19.123
Acqua calda	2.807	2.857	2.907	2.939	2.900	2.952
Usi cucina	1.667	1.621	1.539	1.523	1.504	1.486
Usi elettrici obbligati	3.371	3.696	4.052	4.097	4.222	4.404
Totale residenziale	25.117	25.671	26.491	27.287	26.283	27.966

Tab. 3 Consumi del settore residenziale per funzione d'uso (ktep). Fonte: Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005.

[1] anno 2003, fonte: *Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005.*
[2] vedi Compendio del *Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005.*
[3] Fonte: *elaborazione ENEA su dati MAP.*

Il settore residenziale in Piemonte

I dati dell'ultimo censimento realizzato nel 1991 sulle abitazioni dall'ISTAT indicano che ci sono in Piemonte circa 2.200.000 abitazioni totali, 57% in più che nel 1981. In media comportano quattro stanze e 2 abitanti. Nello stesso periodo le abitazioni libere sono passate da 135.000 a oltre 500.000. Significativo è anche il dato riguardo al sistema di riscaldamento: in Italia 1 casa su 10 non ha sistema di riscaldamento e gli impianti autonomi sono prevalenti, mentre in Piemonte solo 1 casa su 75 non ha il riscaldamento, e gli impianti prevalenti sono di tipo centralizzato. La percentuale degli altri servizi è analoga alla media italiana: 93% per sistemi di produzione di acqua calda, 98,6% per i servizi sanitari.
Nel 2003[4] il Piemonte è la seconda regione d'Italia a più forte consumo di energia del settore residenziale, dopo la Lombardia. Un abitante piemontese consuma in media per la sua casa circa 770 kg equivalenti di petrolio all'anno, un abitante veneto circa il 23% in meno, un abitante siciliano il 73% in meno.

- **Consumi energetici**

Per quanto riguarda i consumi energetici, un elaborazione ENEA[5] su dati ISTAT degli anni 1990-2002, indica che nel 1996 il settore residenziale piemontese ha consumato 2.875.000 Tep di energia, di cui il 73% (65% è la media italiana) per il riscaldamento, 11% (12%) per l'acqua calda, 10% (15%) per gli usi elettrici obbligatori, il 5,7% (7%) per gli usi cucina. Il trend di tutti questi valori di consumo è in aumento dal 1988 al 1996, in maniera omogenea rispetto ai diversi usi e con media del 10% in 8 anni. Analizzando in dettaglio i consumi di idrocarburi (principalmente ad uso riscaldamento) si nota che tra il 1988 e il 1996 si ha una forte sostituzione delle forme liquide (il cui uso sul totale passa da 44% a 22%) alle forme gassose (da 50% a 72%), mentre il consumo delle forme solide è stabile (5,5%).

- **L'efficienza energetica**

Per valutare l'efficienza energetica del settore residenziale piemontese possiamo valutarne:

- l'intensità energetica (misurata dal rapporto fra tep per milioni di euro);
- i consumi unitari per abitazione e per metro quadro.

Nel periodo 1988-1996 le spese delle famiglie sono aumentate del 10%, mentre l'impiego di energia del settore residenziale è cresciuto solo del 2,3%; malgrado ciò l'intensità energetica dei consumi delle famiglie in Piemonte ha il valore più alto d'Italia dopo la Valle d'Aosta. L'alta intensità energetica è una caratteristica di tutte le aree del nord, anche se i valori bassi rilevati nelle regioni meridionali sono spesso riconducibili al clima più caldo ed al più limitato livello di benessere economico delle famiglie, piuttosto che ad una maggiore efficienza energetica del settore residenziale.
Per quanto riguarda i consumi unitari, il consumo energetico per abitazione piemontese è aumentato tra l'88 e il '96 del 7%, mentre la media nazionale solo dello 0,8%. Confrontato con la media italiana, il consumo medio per metro quadro di abitazione occupata è in Piemonte superiore del 20% alla media italiana. Questa grande differenza è principalmente dovuta all'uso del riscaldamento notevolmente superiore alla media italiana, per cui il consumo energetico è aumentato del 9,4%.
Questo forte aumento dipende da più fattori: nonostante il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti di riscaldamento, la sostituzione tra fonti energetiche più efficienti (passaggio da prodotti petroliferi a gas naturale), la razionalizzazione della distribuzione del calore per zone funzionali dell'edificio e per orari di fruizione, ed infine l'effetto clima (sempre più caldo) che dovrebbero spingere verso una diminuzione del consumo energetico, il forte aumento del numero di case monofamiliari (che consumano per il riscaldamento in media il doppio di energia per metro quadro abitativo) e la crescita della superficie media di ogni abitazione contrastano ed annullano completamente gli effetti positivi dell'aumento dell'efficienza energetica, di una miglior legislazione e di progetti a razionalità maggiore e miglior clima. Si nota che i valori massimi sono raggiunti nelle regioni più fredde ed economicamente più benestanti (maggior numero di case monofamiliari e appartamenti di grande superficie) come la Valle d'Aosta, il Trentino Alto Adige e la Lombardia.

- **Consumi di elettricità**

Se si considerano i consumi di elettricità per abitazioni, la media italiana è aumentata del 10% mentre quella piemontese ben del 24%. Questo aumento riflette il maggior utilizzo di apparecchi elettrici, tradotto in gran parte nella diffusione di massa di lavatrici, lavastoviglie e computer, nell'aumento della dimensione dei televisori e soprattutto nell'aumento degli impianti di raffreddamento dell'aria utilizzati nei mesi estivi.

---

[4] dati *Rapporto ENEA Energia e Ambiente 2005.*
[5] ENEA, *Bilancio Energetico Regionale* della Regione Piemonte (B.E.R.), anni 1990-2002.

2 LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Quadro normativo

I consumi per il riscaldamento degli edifici rappresentano una quota notevole del consumo complessivo di energia primaria in edilizia. Una parte importante di questi consumi è costituita da sprechi che determinano elevati oneri per il bilancio energetico nazionale, aggravi economici sul bilancio dei cittadini e forti emissioni inquinanti.

In Italia, sin dai primi anni '90, si è operato su due fronti:

- quello legislativo con la *Legge 10/91* e la successiva emanazione di provvedimenti ad essa collegati;
- quello della sensibilizzazione degli operatori e, direttamente, dei cittadini al risparmio.

La legislazione del 1991 era, per l'epoca, avanzata e poneva l'Italia all'avanguardia in questo campo. Purtroppo però a essa non hanno fatto seguito alcuni dei provvedimenti applicativi essenziali previsti, ma solo un'ingiustificata valanga di provvedimenti e circolari, che hanno determinato un intreccio inestricabile e non coordinato di disposizioni. Gli adempimenti hanno assunto un carattere puramente burocratico con calcoli e verifiche spesso non condivise dagli stessi progettisti, completamente dissociate dalla realtà delle opere.

Di seguito proviamo ad analizzare quello che è stato il percorso normativo a livello europeo ed italiano sfociato nel Decreto Legislativo 192/2005, quindi le sue disposizioni correttive ed integrative fino alle più recenti disposizioni in materia di rendimento energetico degli edifici, con la presentazione del recente Disegno di Legge approvato dalla Giunta e depositato in Consiglio Regionale nel marzo 2006 e il Piano Stralcio per il riscaldamento ambientale e il condizionamento, approvato nel gennaio 2007.

Queste azioni regionali mirano ad un sensibile miglioramento della qualità energetica degli edifici nuovi e ristrutturati, consentendo risparmi economici ed energetici in un settore che rappresenta il 30% del consumo energetico regionale. Tali azioni si traducono con l'introduzione della certificazione energetica degli edifici su tutte le compravendite e locazioni immobiliari, con la diffusione del solare termico (obbligatorio per i nuovi edifici), del fotovoltaico e degli impianti centralizzati e con una razionalizzazione delle procedure per le manutenzioni ed i controlli degli impianti termici.

Si ritiene infine significativo il fatto che, sul piano comunicativo, queste disposizioni regionali promuovano l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

■ LA LEGGE 10/1991

Il contesto

In Europa si inizia a parlare del problema del controllo della qualità energetica degli edifici all'inizio degli anni '90: è infatti di questo periodo l'emanazione della Direttiva 93/76/CE, in pratica il primo atto formale dell'impegno dei Ministri dell'Ambiente e dell'Energia dell'allora Comunità Europea.

Obiettivi principali

All'interno di tale direttiva vi erano alcune misure mirate alla riduzione globale di CO_2, una delle quali era proprio la certificazione energetica degli edifici: tale misura doveva essere rampa di lancio per gli investimenti nel risparmio di energia negli immobili posti sul mercato immobiliare.

Prescrizioni

- La Legge 10/91 prescrive che nei casi in cui avvenga compravendita o locazione di un edificio/alloggio, la **certificazione energetica** deve essere portata a conoscenza dell'acquirente o del locatario dell'immobile. E' facile immaginare come un comportamento di questo tipo permetta a chiunque, nel momento di sottoscrizione di un contratto di affitto o di un atto d'acquisto, di comprendere la sostenibilità più o meno evidente dell'immobile trattato. Inoltre anche la direttiva europea 2002/91/CE prescrive requisiti minimi per edifici di nuova costruzione ed edifici ristrutturati con una superficie inferiore a 1000 m^2.
- All'art. 30 di tale legge (poi modificato dal D. Lgs. 192/05 per quanto riguarda la suddivisione di responsabilità fra gli enti locali), si diceva: "*...nei casi di compravendita o di locazione il certificato di collaudo e la certificazione energetica devono essere portati a conoscenza dell'acquirente o del locatario dell'intero immobile o della singola unità immobiliare...il proprietario o il locatario possono richiedere al comune ove e' ubicato l'edificio la certificazione energetica dell'intero immobile o della singola unità immobiliare. Le spese relative di certificazione sono a carico del soggetto che ne fa richiesta....l'attestato relativo alla certificazione energetica ha una validità temporale di cinque anni a partire dal momento del suo rilascio*".

Tale legge prevedeva all'atto della sua stesura la successiva emanazione di un decreto attuativo in grado di definire le modalità tramite le quali raggiungere l'obiettivo sopra dichiarato. Come spesso accade, il decreto attuativo non ha mai visto la luce ed il panorama normativo italiano si è evoluto nel senso di un maggiore trasferimento di competenze fra Stato e Regioni, e all'interno delle singole Regioni verso le amministrazioni locali (Provincia e Comuni): nella ridistribuzione delle competenze ricaddero nello specifico i dettami della Legge 10/91 relativi proprio alla certificazione energetica degli edifici. In questo contesto, prima che venisse recepita la nuova direttiva europea di cui tratteremo successivamente, si sono mosse alcune pubbliche amministrazioni locali, dando vita a significativi esempi di come possa essere trattato e risolto il problema inerente la certificazione di cui sopra. La stessa Regione Piemonte ha partecipato e proposto progetti mirati alla ricerca di una soluzione adeguata al problema posto dalla legge prima citata.
Il rischio maggiore cui si è andati incontro, derivante dalla situazione sopra descritta, equivale alla disparità evidente fra come le differenti Pubbliche Amministrazioni abbiano interpretato la "certificazione energetica", indicandola a seconda dei casi come un pubblico "riconoscimento" della prestazione energetica dell'edificio, un atto pubblico che documenta il fabbisogno energetico convenzionale dell'edificio nella situazione attuale, la misura dell'effettivo consumo di energia di un edificio durante un periodo di esercizio specifico, la conseguenza della diagnosi energetica di un edificio o, ancora, l'informazione, non limitata al fabbisogno energetico, che evidenzi la possibilità di miglioramento complessivo della qualità energetico-ambientale di un edificio.

■ LA DIRETTIVA N. 2002/91/CE DELLA COMUNITÀ EUROPEA

Il contesto

La Commissione Europea intende adottare le misure necessarie per ridurre il consumo energetico del settore edilizio residenziale e terziario, rappresentante una forte quota percentuale del consumo finale di energia della Comunità. Sin dai primi anni 2000 i principali stati europei hanno rinnovato la propria legislazione in materia di contenimento dei consumi energetici in edilizia. Ciò che caratterizza i provvedimenti di questi paesi è una notevole dose di semplicità, l'organicità e un approccio pragmatico.

Obiettivi principali

La Direttiva Europea n. 2002/91/CE, "*Energy efficiency of buildings*", ha il carattere di una linea guida prescrittiva intesa ad orientare gli Stati membri verso l'emanazione di provvedimenti di recepimento caratterizzati da quei criteri di semplicità, organicità e pragmaticità, ai quali si è fatto riferimento e che sono condizioni essenziali per l'efficacia dei provvedimenti stessi. Nel contempo la Direttiva è in linea con l'obiettivo generale della limitazione delle emissioni di gas serra (in particolare CO_2) nel settore civile, derivante anch'essa dall'esigenza di tutela del clima globale.

Riguarda inoltre tutti i consumi energetici degli edifici e definisce come rendimento energetico (o meglio prestazione energetica) di un edificio la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento dei locali, il riscaldamento dell'acqua per usi igienico-sanitari, il raffrescamento estivo, la ventilazione e l'illuminazione.

Prescrizioni

- La direttiva introduce un parametro di facile comprensione anche per i cittadini, il consumo annuo di energia primaria. Gli Stati membri devono definire dei valori limite di consumo in relazione alle caratteristiche dell'edificio e dei dati climatici della località in cui esso è inserito. Dal confronto tra il valore di consumo (o di fabbisogno calcolato) con il valore limite prefissato si ottiene una valutazione della prestazione energetica dell'edificio o del singolo alloggio[6]. Nel caso di edifici nuovi si può, ovviamente, procedere solo mediante calcoli, mentre nel caso di edifici esistenti si può fare ricorso a misure di consumi o procedure miste.
- La direttiva prescrive agli Stati membri i seguenti principali adempimenti:
  - art. 3 – adozione di una metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici;
  - art. 4 – fissazione di requisiti di prestazioni energetiche;
  - art. 8 – ispezione periodica delle caldaie e degli impianti di riscaldamento;
  - art. 9 – ispezione periodica degli impianti di condizionamento dell'aria.
- Viene inoltre introdotta la certificazione energetica degli edifici in occasione della vendita o della locazione, peraltro già prevista dall'art. 30 della Legge 10/91.
- La nuova direttiva fissa azioni ed interventi più concreti di quelli previsti dalla precedente Direttiva SAVE, stabilendo l'obbligo per gli Stati membri di dotarsi di strumenti per il controllo e la valutazione della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni climatiche locali, degli apporti gratuiti interni e dell'efficienza degli impianti al fine del contenimento dei consumi e dei costi. A tal fine il testo fissa delle linee guida relative ai principali elementi da prendere in considerazione da parte degli Stati membri:
  - il quadro generale per la metodologia di calcolo del rendimento energetico;
  - requisiti minimi per gli edifici nuovi;
  - requisiti minimi nel caso di ristrutturazione di edifici di grande metratura e sottoposti ad importanti ristrutturazioni;
  - la certificazione energetica degli edifici;
  - l'affissione e l'informazione pubblica dei parametri della certificazione;
  - l'ispezione periodica degli impianti termici e di condizionamento e la perizia degli impianti con generatori oltre i 15 anni.

---

[6] L'orientamento europeo è di esprimere i valori in kWh/m^2 anno, ossia in unità di misura facilmente comprensibili e valutabili. Si supera, così, per quanto riguarda i fabbisogni per riscaldamento, il FEN del 1991 espresso in kJ/m^3 grado giorno, la cui comprensione era limitata agli addetti ai lavori.

■ IL DECRETO LEGISLATIVO N. 192/2005

Il contesto

La necessità di conformarsi quanto più rapidamente possibile al Protocollo di Kyoto ratificato dall'Italia e da molti altri Paesi ormai da qualche anno impone una drastica riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, la necessità di favorire un marcato sviluppo tecnologico in un comparto economico ancora molto tradizionale e ancorato al passato come quello edilizio, l'obiettivo di miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici mediante l'utilizzo di fonti rinnovabili alternative all'energia fossile o nucleare.

Al momento dell'emanazione del decreto la situazione italiana è di scarsa qualità energetica e caratterizzata da edifici con elevata anzianità. Infatti, circa il 70% degli edifici residenziali sono antecedenti agli anni '70, cioè costruiti prima dell'entrata in vigore delle norme del 1976 per il contenimento dei consumi.

Obiettivi principali

"*Il presente decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico*".

- Il decreto, pur ponendosi nel quadro di recepimento della direttiva, considera in una prima fase solo il fabbisogno per il riscaldamento degli edifici e, riservandosi di trattarlo in fasi successive, il solo fabbisogno per illuminazione del terziario.
- Il decreto, correttamente, estende il proprio campo di applicazione anche agli edifici esistenti oggetto di ristrutturazione, prevedendo un'applicazione graduale in relazione al tipo di intervento, come possiamo vedere sintetizzato nello schema sottostante.
- L'art. 6 stabilisce nuovamente (come già decretato con la *Legge 10/91*, alla quale non ha mai fatto seguito adeguata applicazione concreta) la necessità di definire la certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione e per le ristrutturazioni di edifici con oltre 1000 m^2 di superficie utile.
- Una delle novità apportate dal Decreto 192/2005 equivale all'opportuno innalzamento del limite di rendimento globale medio stagionale stabilito in precedenti normative, che tiene conto dell'evoluzione tecnologica intercorsa negli ultimi anni. Per capire ciò occorre chiarire che il rendimento è calcolato valutando il rapporto fra il fabbisogno di energia termica utile fornita agli ambienti riscaldati ed il fabbisogno di energia primaria consumata. Attualmente sono presenti casi in cui il rendimento non supera il 50%, con conseguente ed immaginabile grande dispendio di energia primaria.

Applicazioni e prescrizioni del Decreto Legislativo 192/05

- **Applicazione integrale**:
  - Nuove costruzioni;
  - Ristrutturazione completa dell'involucro di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m^2;
  - Demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m^2.
- **Applicazione limitata al solo ampliamento**:
  - Ampliamenti di volumetria superiore al 20% esistente.
- **Rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni**:
  - Ristrutturazioni totali o parziali di edifici con superficie utile inferiore a 1000 m^2;
  - Manutenzione straordinaria;
  - Nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti;
  - Ristrutturazione degli impianti termici;
  - Sostituzione del generatore di calore.

Recentemente, come di seguito descritto, sono state avviate alcune esperienze a livello locale, a carattere volontario, che vedono nella certificazione uno strumento per la valorizzazione sul mercato immobiliare della qualità energetica delle costruzioni edili. Nel momento in cui dovesse essere percepita come uno strumento in grado di condizionare le scelte di mercato, la certificazione potrebbe essere destinata ad ampio successo originando interessanti e variegate forme di applicazione. Tutto ciò potrà avvenire soltanto nel caso in cui si riesca a percepire il fine ultimo di un decreto di tale specie, mirato in prima battuta a ridurre i sempre maggiori consumi di risorse primarie. Molte regioni si stanno già impegnando in questa direzione, e i casi successivamente descritti ne sono un valido esempio.

■ D.LGS. 311/06 "DISPOSIZIONI CORRETTIVE ED INTEGRATIVE AL DECRETO LEGISLATIVO N. 192/2005"

Il contesto

Il Decreto Legislativo 311/06 fa fronte ad una situazione di prestazione energetica non adeguata alla media europea, intervenendo su alcune problematiche relative alle condizioni di applicazione della certificazione energetica:

- Condizioni di applicazione agli edifici industriali poco chiare;
- Possibilità di non rispettare i requisiti di prestazione energetica utilizzando elementi costruttivi regolati da apposite tabelle;
- Nuove disposizioni sulle operazioni di controllo e manutenzione e sulle ispezioni degli impianti termici;
- Definizioni (impianto termico, ristrutturazione edilizia...).

Revisione del D.lgs. 192/05. Novità del 311/06

- Estensione della certificazione energetica alle compravendite di edifici esistenti (con inizio progressivo dal 1 luglio 2007 per Sup. > 1000 m^2);
- Esclusione degli impianti di processo utilizzati, in parte non preponderante, a fini civili;
- Certificazione degli edifici pubblici in occasione dei rinnovi di contratto della gestione degli impianti termici;
- "Certificazione" temporaneamente sostituita dalla "Qualificazione" redatta dal progettista o direttore dei lavori per i nuovi edifici;
- Solare termico (50% fabbisogno di ACS) e fotovoltaico obbligatorio sui nuovi edifici (Finanziaria 2007, comma 350, minimo 0,2 kWp per UI);
- Requisiti di isolamento termico più restrittivi e imposti in tempi più brevi (possibilità di evitare il calcolo ristretto a edifici con Sup. finestrata / Sup. involucro < 0,15;
- Schermatura dal sole.

■ DISEGNO DI LEGGE REGIONALE N. 256. DISPOSIZIONI IN MATERIA DI RENDIMENTO ENERGETICO NELL'EDILIZIA PRESENTATO IL 09 MARZO 2006

Obiettivo: risparmio energetico

Questo recepimento della normativa comunitaria sul rendimento energetico in edilizia è diretto a promuovere il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici piemontesi, tenendo conto delle condizioni climatiche locali, al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica.

- **Temi principali**
  - Definizioni (impianto termico, ristrutturazione edilizia...);
  - Ambito di applicazione;
  - Certificazione energetica (applicata agli edifici di nuova costruzione, a quelli oggetto di ristrutturazione e in tutti i casi di compravendita e locazione);
  - Regime transitorio della metodologia di calcolo;
  - Requisiti dei professionisti abilitati al rilascio dell'attestato di certificazione energetica;
  - Frequenza delle operazioni di controllo e manutenzione;
  - Ispezioni degli impianti termici;
  - Sanzioni aggiuntive.
- **Ambito di applicazione**
  - Sono previsti requisiti prestazionali (livelli di fabbisogno) e prescrizioni specifiche per gli edifici nuovi e per quelli ristrutturati con superficie maggiore di 1000 m^2;
  - Prescrizioni specifiche relative ad ampliamenti, manutenzioni, nuova installazione o ristrutturazione dell'impianto termico per edifici ristrutturati con superficie maggiore di 1000 m^2;
  - Limiti sulle potenze installate per il condizionamento.
- **Esclusioni**
  - Immobili individuati negli strumenti urbanistici aventi caratteri storici o artistici, o al codice dei beni culturali e del paesaggio;
  - Fabbricati isolati con superficie fino a 50 m^2;
  - Fabbricati industriali, artigianali e agricoli quando riscaldati per esigenze di processo (anche se misti).

■ **PIANO STRALCIO PER IL RISCALDAMENTO AMBIENTALE E IL CONDIZIONAMENTO, APPROVATO DAL CONSIGLIO REGIONALE CON DCR 11 GENNAIO 2007**

Obiettivo: la riduzione delle emissioni primarie di PM10 e NOx, nonché dei precursori di PM10 e O3
Nel Piano vengono toccati i seguenti ambiti:

- Le prestazioni energetiche degli involucri degli edifici;
- Gli aspetti tecnologici ed impiantistici relativi ai sistemi di produzione e distribuzione del calore;
- I combustibili;
- L'utilizzo di fonti di energia rinnovabili nell'ambito dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria;
- Edifici di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazione edilizia;
- Edifici esistenti sottoposti a manutenzione straordinaria;
- Prescrizioni ed indirizzi coordinati con quanto previsto nel DDL regionale n. 256 "*Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia*".

■ **Indirizzi generali**

Per la nuova installazione o la sostituzione di generatori di calore dovranno essere osservati i seguenti requisiti:

- Emissioni ≤ 80 mg NOx /kWh
  ≤ 10 mg PM /kWh
- Rendimento "4 stelle" secondo quanto definito dal DPR 660/96;
- Deroga a "3 stelle" e NOx=120 mg/kWh per i generatori a gasolio fino a 1.9.2008;
- Previste incentivazioni per l'installazione di generatori di calore con un fattore di emissione di NOx ≤ 30 mg/kWh.

■ **Obblighi**

- Utilizzo di impianti termici centralizzati con sistemi di regolazione e contabilizzazione separata del calore in edifici con più di 4 unità abitative (edifici nuovi);
- Utilizzo di impianti termici a bassa temperatura e ove possibile a pannelli radianti, per sfruttare al meglio i generatori di calore ad alta efficienza e/o il contributo dell'energia solare;
- Recupero termico su sistemi di ventilazione meccanica centralizzata con una portata > 2000 Nm^3/h per i nuovi edifici e > 10000 Nm^3/h per edifici esistenti;
- Utilizzo, ove possibile, di pompe di calore, purché caratterizzate da alti valori del Coefficiente di resa (COP);
- Utilizzo della micro e piccola cogenerazione/trigenerazione per il soddisfacimento di utenze termiche (caldo/freddo), vincolato, però, al rispetto di prestazioni emissive e gestionali definite.

■ **Combustibili**

Per gli impianti termici civili, viene limitato l'utilizzo di:

- agglomerati di lignite;
- carbone da vapore;
- coke metallurgico e da gas;
- antracite, prodotti antracitosi e loro miscele;
- olio combustibile ed altri distillati pesanti di petrolio;
- emulsioni di acqua - olio combustibile o acqua - altri distillati pesanti di petrolio.

■ **Acqua calda sanitaria**

Il piano prevede l'obbligo, per i nuovi edifici, di installare un impianto solare termico in grado di soddisfare almeno il 60% dell'energia necessaria per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Lo sfruttamento del solare termico è auspicato anche nel caso di edifici esistenti.

■ **Biomasse**

Il piano individua le prestazioni emissive che devono essere garantite dai sistemi di combustione affinché l'auspicata diffusione dell'utilizzo delle biomasse solide non si ponga in contraddizione rispetto alle politiche di risanamento della qualità dell'aria.

Le biomasse, in particolare quelle ligneo-cellulosiche, sono una risorsa della nostra Regione che deve essere valorizzata, soprattutto attraverso lo sviluppo dell'intera filiera. E' importante, però, ricordare che la combustione delle biomasse solide presenta non pochi problemi dal punto di vista delle emissioni in atmosfera.

■ **PROVVEDIMENTI NAZIONALI**

- **D.Lgs 311/06: allegato I, Prestazione energetica degli edifici (transitorio)**

12. Per tutte le categorie di edifici, così come classificati in base alla destinazione d'uso all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nel caso di edifici pubblici e privati, è obbligatorio l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica. In particolare, nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, *l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria con l'utilizzo delle predette fonti di energia.* Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici.

- **Decreto 19 febbraio 2007 del Ministero dello sviluppo economico**

Criteri e modalita' per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387. (G.U. n. 45 del 23 febbraio 2007)

- **Finanziaria 2007 (fotovoltaico)**

350. All'articolo 4 del testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, dopo il comma 1 è inserito il seguente: "1-bis. Nel regolamento di cui al comma 1, ai fini del rilascio del permesso di costruire, *deve essere prevista l'installazione dei pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica per gli edifici di nuova costruzione, in modo tale da garantire una produzione energetica non inferiore a 0,2 kW per ciascuna unità abitativa*".

Applicazioni della certificazione energetica degli edifici

Prima di affrontare nello specifico alcuni casi di applicazione dei disposti normativi sopra descritti, si ritiene utile una rapida considerazione dei fattori che determinano il consumo di energia per riscaldamento degli edifici e che vedremo trattati ampiamente nella parte relativa ai casi studio realizzati. Si possono identificare le seguenti condizioni, che purtroppo nel parco edilizio italiano risultano insoddisfacenti:

- **Le dispersioni dell'involucro edilizio**

Maggiore è il grado di isolamento dell'edificio, minore è la quantità di energia termica utile che deve essere fornita dall'impianto di riscaldamento per ottenere le condizioni prefissate.

Il livello di isolamento termico degli edifici è tra i più bassi d'Europa, non solo se confrontato con i dati del Nord Europa, ma anche rispetto agli altri paesi dell'area mediterranea. Basti pensare che con un aumento dei costi di costruzione del 2-3% è possibile costruire edifici che consumano la metà di quelli realizzati in conformità con la Legge 10/91.

- **Il rendimento medio stagionale dell'impianto**

Rappresenta il rapporto tra l'energia termica utile fornita e il corrispondente consumo di energia primaria. Esso dipende dal rendimento di conversione dell'energia del combustibile in energia termica utile (ossia dal rendimento della caldaia), dalle perdite della rete di distribuzione, dalle modalità di regolazione e dalle modalità di emissione e distribuzione dell'energia termica negli ambienti.

Il rendimento medio stagionale dei vecchi impianti non supera, nel migliore dei casi, il 60% a fronte dei valori ottenibili con le nuove tecnologie compresi fra 80 e 85%.

- **Le modalità di esercizio dell'impianto**

L'esercizio, con particolare riferimento al gran numero di impianti obsoleti, è quanto mai carente, anche per la presenza di mali costituzionali degli impianti non identificati, affrontati e risolti.

Molti impianti sono regolati a singhiozzo per soddisfare le lamentele di questo o di quel condomino. In numerosi casi si verificano maggiori temperature in determinati locali o zone, particolarmente nei periodi di mezza stagione. Infine, il recupero degli apporti solari e interni, che in molti casi rappresentano una quota importante dei fabbisogni, risulta essere scarso o nullo.

Di seguito analizziamo alcuni casi esistenti di applicazione dei disposti normativi prima descritti.

IL PROGETTO CASACLIMA A BOLZANO

Il contesto

Il progetto identificato dal nome CasaClima, a detta di uno dei suoi ideatori, nasce dalla domanda: "*In che modo è possibile cambiare il modo di costruire tradizionale al fine di ottenere una maggiore efficienza energetica?*" Poiché la predisposizione di un decreto apposito a livello provinciale sembra comportare alcune difficoltà di realizzazione economica e politica, gli ideatori hanno pensato di creare un marchio di qualità per gli edifici efficienti da questo punto di vista, sulla base della partecipazione volontaria del proprietario. In passato i proprietari degli edifici non avevano nessuna informazione in merito al dispendio energetico futuro, oppure le informazioni erano molto tecniche e di difficile comprensione. Spesso accadeva che i singoli progettisti sia durante la progettazione che a lavori terminati avessero le conoscenze necessarie a determinare quanta energia fosse necessaria negli ambienti, ma di solito la costruzione che veniva realizzata secondo standard di risparmio energetico era l'eccezione e non la regola.

I principi

Il certificato CasaClima

Con questo certificato l'acquirente/locatario ha la possibilità di scegliere veramente in modo consapevole la classe di efficienza energetica da raggiungere. Con il certificato CasaClima vengono resi trasparenti i futuri costi energetici, vengono facilitate le decisioni di acquisto o affitto, e per i proprietari c'è la possibilità di prendere in considerazione per tempo gli investimenti da fare nel risparmio energetico.

Risparmio energetico

I principi di base per CasaClima dipendono dal fatto che i costi energetici possono essere minimizzati mediante costruzioni compatte, ottimo isolamento termico, aerazione controllata; i guadagni termici possono essere incrementati mediante utilizzo passivo rafforzato dell'irradiamento solare (spesse vetrate sulla facciata sud), utilizzo attivo del sole (collettori solari, fotovoltaici).

Il certificato CasaClima

I livelli energetici

Con la denominazione CasaClima viene indicato un livello energetico e non un tipo di costruzione. Edifici a particolare risparmio energetico ricevono il marchio CasaClima. Se l'indice termico dell'edificio rimane sotto i 30 kWh/m² all'anno esso viene classificato come CasaClima A. La CasaClima A è sinonimo di un'ottima efficienza energetica e viene descritta come "casa-3-litri" in quanto utilizza per il riscaldamento dell'edificio solo 3 litri di gasolio all'anno per metro quadrato di superficie calpestabile. La CasaClima B denominata anche "casa-5-litri", ha un fabbisogno energetico più elevato rispetto alla casa A, pur se con un bilancio complessivo molto buono (vedi tabella 5).

	CasaClima A Casa da 3 litri	CasaClima B Casa da 5 litri	Standard minimo Classe C
Pareti	0,1 – 0,2		
Tetto	0,1 - 0,2		
Solaio verso la cantina o aderente al suolo	0,2 – 0,3		
Vetrata Ug	≤0,9	≤1,1	≤1,3
Finestra Uw	≤1,3	≤1,5	≤1,6
Ventilazione controllata con recupero del calore dall'aria di scarico	Normalmente necessaria	Non necessaria	Non necessaria

Tab. 4 Esempi di coefficiente termico (valori U in W/m²K) di edifici unifamiliari a diversi standard energetici

La targhetta CasaClima

Il certificato CasaClima è costituito anche da una targhetta che va applicata all'ingresso dell'abitazione, di solito vicino al numero civico, in modo che la casa sia riconosciuta quale edificio a risparmio energetico. Questa targhetta viene data sulla base della valutazione gratuita svolta a fine lavori da parte dell'Ufficio aria e rumore provinciale.

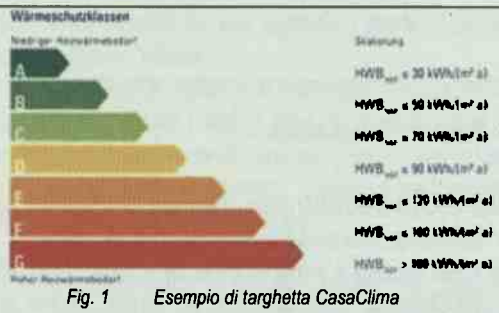


Fig. 1 Esempio di targhetta CasaClima

Dopo che Bolzano e altri 10 Comuni hanno introdotto nel proprio regolamento edilizio le prescrizioni di CasaClima, la Giunta provinciale ha stabilito mediante decreto che vi siano nuove prescrizioni energetiche per gli edifici. Le classi di risparmio energetico ed i metodi di calcolo degli indici termici sono stati stabiliti in aggiunta al decreto esecutivo. In sostanza, per tutti i nuovi edifici in Alto Adige (ad eccezione per gli edifici industriali) deve essere emesso il certificato CasaClima, il fabbisogno di calore per gli edifici non può oltrepassare la categoria C, per gli edifici di categoria A viene concesso un bonus di cubatura, cioè per il calcolo della cubatura urbanistica vengono solo calcolati 0,3 metri dei muri esterni.

Categorie di consumo di calore	Fabbisogno energetico annuale
Categoria di consumo calore A	HWBNGF ≤ 30 kWh/(m²anno)
Categoria di consumo calore B	HWBNGF ≤ 50 kWh/(m²anno)
Categoria di consumo calore C	HWBNGF ≤ 70 kWh/(m²anno)
Categoria di consumo calore D	HWBNGF ≤ 90 kWh/(m²anno)
Categoria di consumo calore **E**	HWBNGF ≤ 120 kWh/(m²anno)
Categoria di consumo calore F	HWBNGF ≤ 160 kWh/(m²anno)
Categoria di consumo calore G	HWBNGF > 160 kWh/(m²anno)
HWBNGF = fabbisogno di calore riferito alla superficie netta	

Tab. 5 Fabbisogno energetico annuale per categoria di consumo di calore

Interessante anche considerare che sono presenti dei certificati CasaClimaPiù per edifici che oltre ad avere un notevole risparmio energetico privilegiano anche gli aspetti ecologici nella scelta dei materiali da costruzione e nell'utilizzo di determinate fonti di energia. I criteri sono di seguito riportati:

1. categoria non inferiore alla B;
2. occorre evitare energia fossile per il riscaldamento e l'acqua calda;
3. occorre evitare isolanti sintetici (ad eccezione delle parti dell'edificio che confinano con il terreno);
4. occorre evitare i PVC per pavimenti, finestre e porte;
5. occorre evitare i composti chimici di legno, i colori sintetici e le vernici per gli ambienti interni;
6. occorre evitare il legno tropicale.

■ LA LEGGE 39/2004 DELLA REGIONE LOMBARDIA

Il contesto

Il campo di applicazione della *Legge 39/2004* della Regione Lombardia riguarda le costruzioni nuove ma anche quelle che subiscono ristrutturazioni pesanti.

Tale Legge rappresenta una forte scossa a livello locale, in quanto le Province ed i Comuni della Regione Lombardia (11 Province e 1546 Comuni) rappresentano un ampio bacino di applicazione. Lo sforzo investe tutte le realtà pubbliche a livello lombardo: la Regione in termini di controllo dell'applicazione adeguata della Legge, gli altri enti in quanto direttamente chiamati in causa per la sua applicazione. Soltanto rielaborando i piani edilizi, infatti, sarà possibile raggiungere gli obiettivi che questa nuova normativa impone. Inoltre, occorre considerare che il rango della legge regionale è superiore, e questo costringerà al suo rispetto anche nei casi in cui non ci sia stato un recepimento concreto da parte degli enti locali.

La Regione Lombardia, in realtà, si distingue non solo per questa legge regionale, ma anche per tutta una serie di iniziative che stanno coinvolgendo alcuni Comuni (con Milano come capofila) per la promozione di linee guida per un regolamento edilizio che introduca elementi di sostenibilità concreta, ed altre province che guardano con molto interesse a questa iniziativa.

Inoltre anche singoli Comuni, in seguito all'esperienza pilota di Carugate e Corbetta, che hanno elaborato piani edilizi in cui la sostenibilità ambientale riveste un ruolo da protagonista, si stanno muovendo per l'emanazione di piani che impongano nuovi standard a maggior efficienza ambientale al comparto edilizio.

I principi

Gli obiettivi principali che tale legge si propone sono: un miglioramento delle caratteristiche termofisiche degli edifici, una valorizzazione delle fonti rinnovabili, il rilancio della diagnosi energetica dei sistemi edifici-impianto, il catasto degli impianti di riscaldamento e la promozione della termoregolazione degli ambienti riscaldati con contabilizzazione individuale del calore.

■ **Energie rinnovabili**

Per quanto riguarda le energie rinnovabili sono inseriti principalmente dei suggerimenti relativi a:

- installazione di impianti solari termici per la produzione dell'acqua calda ad uso sanitario.
- Utilizzo di fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia pubblica o di edifici destinati ad uso pubblico: in questo settore, infatti, la Legge obbliga a progettare secondo metodologie di utilizzo di tali fonti di energia, ad eccezione dei casi in cui ciò non sia tecnicamente od economicamente possibile.

Il GBC (Green Building Challenge)

Il GBC (*Green Building Challenge*) è un processo internazionale gestito da IISBE (*International Iniziative for a Sustainable Built Environment*), con più di 20 nazioni partecipanti in rappresentanza di quasi tutti i continenti, che ha come obiettivo lo sviluppo e l'aggiornamento costante di uno standard per la valutazione della sostenibilità del costruito. Ogni nazione aderente al GBC è rappresentata da un gruppo di lavoro che ha il compito di adattare lo strumento di certificazione alle condizioni di contesto locale e di condurre le attività di certificazione con la supervisione di IISBE.

■ **Il "GBTool"**

E' uno strumento informatico di certificazione che consente una classificazione degli edifici in base a punteggi attribuiti ad una grande varietà di criteri suddivisi per aree tematiche. La determinazione di analoghi processi nei vari contesti nazionali consentirebbe il mutuo riconoscimento delle certificazioni e una più rapida ed efficace diffusione delle conoscenze con conseguente crescita del livello prestazionale degli edifici.

■ **La certificazione degli edifici**

Certificare la qualità ambientale di una costruzione in base a una metodologia rigorosa e riconosciuta consente di:

- dimostrare in maniera oggettiva alle autorità pubbliche la superiore qualità ambientale dell'edificio rispetto agli standard di riferimento;
- aumentare il valore di mercato dell'immobile, essendo dimostrabili i minori costi di gestione, la maggiore durata nel tempo, il superiore livello di comfort negli ambienti indoor;

- rendere l'edificio maggiormente appetibile agli operatori immobiliari dato il minor livello di rischio dell'investimento e la sua maggiore "eticità".

Lo strumento definito consente di certificare edifici con qualsiasi destinazione d'uso. La prestazione viene valutata rispetto alle principali problematiche relative alla sostenibilità del costruito, ovvero: impatto sul sito, consumo di risorse, carichi ambientali, qualità dell'ambiente indoor, gestione degli impianti tecnici, performance nel lungo termine, aspetti socio-economici. L'edificio può essere certificato nelle fasi di pre-progetto (scelta del sito), progetto, costruzione ed esercizio.

I criteri di valutazione

Sono organizzati in quattro livelli gerarchici: aree di valutazione, categorie, criteri e sottocriteri di performance. A seconda della prestazione rispetto a ogni criterio o sottocriterio, l'edificio riceve un punteggio che può variare da -1 a +5. Lo zero è il "benchmark", ovvero rappresenta la performance minima accettabile determinata in riferimento a norme e regolamenti oppure alla prassi costruttiva nell'area geografica di appartenenza dell'edificio in analisi. Il sistema gestisce sia dati numerici provenienti da programmi di calcolo esterni, sia valutazioni qualitative. Nella scala dei punteggi il 3 rappresenta la buona pratica costruttiva disponibile, il 5 l'eccellenza (best practice). I punteggi ottenuti rispetto a ogni criterio o sottocriterio vengono pesati e aggregati per determinare quelli delle categorie, a loro volta combinati per determinare quelli delle aree e di performance. L'insieme pesato di questi ultimi permette di ottenere il punteggio complessivo dell'edificio.

Il protocollo ITACA

Tale documento, per la valutazione della qualità energetica ed ambientale di un edificio, è stato elaborato a cura del *Gruppo di Lavoro Interregionale in materia di bioedilizia*. Il primo passo compiuto è stato individuare alcune regole fondamentali della bioedilizia: in questa maniera si poteva perseguire l'obiettivo di enunciare i principali obiettivi ispiratori per chi dovesse approcciarsi all'utilizzo di tale disciplina. Un obiettivo conseguente, inoltre, era di provare a guidare le scelte normative regionali o locali e le strategie di programmazione delle politiche della casa.

Il sistema di valutazione

E' molto interessante il sistema di valutazione di tale protocollo, ed in parte richiama il GBTool precedentemente descritto: sono state infatti messe a punto, e successivamente aggiornate alla luce delle nuove normative in materia, una serie di schede tecniche di valutazione in grado di andare ad approfondire i differenti livelli e campi di applicazione delle tecniche di bioedilizia alla progettazione di un edificio. E' così possibile quantificare, nei differenti settori di applicazione, la minore o maggiore sostenibilità ambientale di un edificio, specificando le modalità di impatto sull'ambiente conseguenti a determinati tipi di scelte.

Le schede tecniche di valutazione

Come si legge nel documento di aggiornamento al protocollo sintetico, il protocollo ITACA "*permette di stimare il livello di qualità ambientale di un edificio in fase di progetto, misurandone la prestazione rispetto a 12 criteri e 6 sottocriteri suddivisi in 2 aree di valutazione.*" Lo schema seguito per la misurazione della prestazione ambientale di un edificio è il seguente:

CONSUMO DI RISORSE	CARICHI AMBIENTALI
1.1. energia primaria per la climatizzazione invernale	1.9. emissione di gas serra
1.2. acqua calda sanitaria	1.10. rifiuti solidi
1.3. contenimento consumi energetici estivi	1.11. rifiuti liquidi
1.3.1. controllo della radiazione solare	1.12. permeabilità aree esterne
1.3.2. inerzia termica	
1.4. illuminazione naturale	
1.5. energia elettrica da fonti rinnovabili	
1.6. materiali eco-compatibili	
1.6.1. materiali rinnovabili	
1.6.2. materiali riciclati/recuperati	
1.7. acqua potabile	
1.7.1. consumo di acqua potabile per irrigazione	
1.7.2. consumo di acqua potabile per usi indoor	
1.8. mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio	

Tab. 6 Schema per la misurazione della prestazione ambientale di un edificio

In base alla specifica prestazione, l'edificio per ogni criterio e sotto-criterio riceve un punteggio che può variare da –1 a +5. Lo zero rappresenta lo standard di paragone (benchmark) riferibile a quella che deve considerarsi come la pratica costruttiva corrente, nel rispetto delle leggi o dei regolamenti vigenti."
La scala di valutazione, quindi, è il vero indicatore di sostenibilità del singolo requisito considerato: il punteggio finale, letto alla luce della tabella sotto riportata, permette di valutare la tipologia di scelte progettuali effettuate.

-1	rappresenta una prestazione inferiore allo standard e alla pratica corrente.
0	rappresenta la prestazione minima accettabile definita da leggi o regolamenti vigenti, o in caso non vi siano regolamenti di riferimento rappresenta la pratica corrente.
1	rappresenta un moderato miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente.
2	rappresenta un miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente.
3	rappresenta un significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica comune. E' da considerarsi come la migliore pratica corrente.
4	rappresenta un moderato incremento della pratica corrente migliore.
5	rappresenta una prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla pratica corrente migliore, di carattere sperimentale.

Tab. 7 Scala di valutazione

Stralci del protocollo

Nell'aggiornamento al protocollo sintetico viene specificato che i *"I criteri e sotto criteri di valutazione sono associati a caratteristiche specifiche"*, ovvero:

- hanno una valenza economica, sociale, ambientale di rilievo;
- sono quantificabili o definibili anche solo qualitativamente, in relazione a scenari prestazionali oggettivi e predefiniti;
- perseguono un obiettivo di ampio respiro;
- hanno comprovata valenza scientifica.

Riportiamo ancora uno stralcio del protocollo che permette di chiarire quali informazioni sono riportate su ogni scheda:

- l'esigenza, ovvero l'obiettivo di qualità ambientale che si intende perseguire;
- l'indicatore di prestazione. E' il parametro utilizzato per valutare il livello di performance dell'edificio rispetto al criterio di valutazione; può essere di tipo quantitativo o qualitativo. Quest'ultimo viene descritto sotto forma di possibili scenari;
- l'unità di misura, solo nel caso di indicatore di prestazione quantitativo;
- il metodo di verifica, che definisce la procedura per determinare il livello di prestazione dell'edificio rispetto al criterio di valutazione;
- la scala di prestazione, che definisce il punteggio ottenuto dall'edificio in base al livello dell'indicatore di prestazione determinato applicando il metodo di verifica;
- i riferimenti legislativi; sono i dispositivi legislativi di riferimento a carattere cogente o rientranti nella prassi progettuale;
- i riferimenti normativi; sono le normative tecniche di riferimento utilizzate per determinare le scale di prestazione e le metodologie di verifica;
- la documentazione richiesta, ovvero le informazioni che devono essere predisposte per giustificare l'attribuzione del punteggio;
- le note, in cui eventualmente possono essere chiariti aspetti relativi alla verifica del criterio.

3 BIOEDILIZIA E SOSTENIBILITA' A LIVELLO URBANISTICO

Nel presente capitolo viene proposto un percorso che permette di accostarsi alle tematiche relative alla sostenibilità ambientale e alle pratiche dell'architettura bioedile, cercando di suggerire una chiave interpretativa non solamente di carattere specialistico. Si vuole in altre parole approcciare il fenomeno della diffusione della bioedilizia attraverso uno sguardo piuttosto ampio, che dal rapporto della società con la casa nel contesto sociale moderno, giunge alla definizione degli obiettivi primari della bioedilizia, cercando di capire come questi possano applicarsi alla sostenibilità ambientale, argomento basilare e filo conduttore dell'intero studio eseguito.
Quindi, ad un livello di maggior dettaglio, si espongono le metodologie di valutazione della sostenibilità edilizia e le principali tecniche dell'architettura bioedile, organizzate nella forma di schede tematiche.

La società e la casa

Il bisogno della casa

La società moderna è caratterizzata da una forte sedentarietà; nel contesto tecnologico ed economico attuale ciò significa attività svolte in luoghi chiusi costruiti dall'uomo. In effetti l'uomo "moderno" passa mediamente il 90% del suo tempo in casa, in ufficio, in fabbrica, a scuola, ecc. Il bisogno di una casa è sempre stato una preoccupazione primaria dell'uomo, come di ogni essere vivente sedentario: è infatti interessante osservare con che attenzione un uccello costruisce il suo nido o una marmotta sceglie il luogo giusto per la sua tana invernale. La scelta di questi luoghi è fondamentale per la loro sopravvivenza e per quella della specie.

La spesa media per l'abitazione

Le statistiche ISTAT 2003 informano che le famiglie italiane spendono mediamente, per l'abitazione e per i servizi connessi, il 32% delle loro spese totali. In altre parole, un terzo delle risorse degli italiani sono dedicate alle loro case. Secondo i dati dell'ultimo rapporto ENEA del 2005 il solo consumo residenziale è responsabile, in Italia, del 40% del consumo totale di energia, e addirittura del 47% del consumo di elettricità e 55% del consumo di gas (in gran parte per il riscaldamento).

Consumi e stili di vita

La casa, insieme ad altri elementi fondamentali come aria e cibo, è in grado di modificare profondamente la qualità della vita ed anche l'intera società, influendo su ognuna delle sue componenti in modo rilevante e creando consumi e comportamenti di massa. Questi ultimi non portano solo a volumi e masse molto elevati, cioè ad un impatto ambientale complessivo molto rilevante, ma anche all'instaurazione di comportamenti ed abitudini che sono tanto più difficili da modificare quanto il numero di persone e il tempo durante il quale sono praticate è elevato. Proprio queste abitudini sono uno dei freni maggiori alla diffusione della bioedilizia.

L'attività produttiva per edilizia

L'attività edilizia ha un peso produttivo molto elevato, dal punto di vista ambientale, economico e sociale. Abbiamo, infatti, assistito a profonde modifiche socio-ambientali legate alla produzione di articoli per l'industria edile: possiamo ricordarne il caso dell'ETERNIT con il suo "tecnologicamente rivoluzionario" cemento-amianto, ma anche di tutti gli operai "a perdita" che per anni hanno lavorato nell'industria cementifera o delle pitture murali sintetiche. Questo forte impatto ambientale è anche dovuto, oltre all'inarrestabile cementificazione del territorio, all'alto consumo energetico che la produzione di beni per l'edilizia induce e alle emissioni in atmosfera ad esso connesse. Meno percepibile, ma altrettanto importante, è l'impatto delle sostanze tossiche provenienti dall'industria petrolchimica: in effetti l'ANAB (Associazione Nazionale Architettura Bioecologica) ha messo in evidenza che le case tradizionali utilizzano più di 50.000 sostanze tossiche (vernici, funghicidi, isolanti,

materiali di struttura) per la costruzione e la decorazione; sostanze, queste, che spesso vengono direttamente in contatto con l'uomo o che diffondono sostanze tossiche nell'aria. Questo impatto si ripercuote anche su tutto il ciclo di vita dei prodotti utilizzati, sino allo smaltimento. Sempre secondo l'ANAB, l'aria che respiriamo in casa è in media da due a tre volte più inquinata di quella che sta fuori casa.

Nascita e obiettivi della Bioedilizia

Negli ultimi anni, i problemi relativi all'impatto sull'uomo e sulla natura ha destato molte preoccupazioni e ha sviluppato, come naturale reazione di difesa e prevenzione, una sensibilità per l'impiego di materiali naturali, ecologici ed eco-compatibili nel settore delle costruzioni. Questo processo, avviatosi qualche anno prima nel campo alimentare ed avendo dato nascita alla cultura dell'alimentazione Biologica, si è lentamente ampliato al mondo dell'edilizia, favorendo così la diffusione della Bioedilizia, o Architettura BioEcoLogica. Questo termine, che traduce il concetto di Baubiologie espresso per prima dai paesi del nord Europa, pionieri e tuttora all'avanguardia su questo modo di concepire l'architettura, nasce dall'associazione dei termini Bio (favorevole alla Vita), Eco (in armonia con l'ambiente) e Logica (razionale). Nasce cosi un'arte di costruire che sappia relazionarsi con l'ambiente (uomo compreso) che lo circonda in modo equilibrato, che sappia favorire la vita, la sostenibilità, pensata per soddisfare i bisogni delle attuali generazioni senza limitare, con il consumo irrazionale del capitale naturale, quello delle generazioni future. Quest'arte non è pensata per essere riservata ad una nicchia di artisti, architetti avanguardisti o ecologisti fondamentalisti, ma è pensata per diventare una rilettura fondamentale dell'architettura che ha l'intelligenza di portare i progressi tecnologici e scientifici attuali nel mondo dell'edilizia, fermo a tecniche e metodi di qualche decennio fa.

Il controllo passivo del microclima e la casa a basso consumo

Affinchè le attività umane riducano in modo apprezzabile il loro l'impatto sull'ambiente, è necessario che si riducano i consumi energetici derivanti da tali attività. Questo presupposto ci porta sempre più a valutare con favore il modello della casa a basso consumo, o casa passiva, che sta diventando un punto di riferimento significativo anche sotto il profilo del risparmio economico. Tale modello abitativo a basso consumo energetico si basa su una progettazione che soddisfa i requisiti di confort attraverso il controllo passivo del microclima, tale da minimizzare l'uso di impianti meccanici e massimizzare l'efficienza degli scambi energetici tra l'edificio e l'ambiente circostante. La regolazione e il controllo delle condizioni microclimatiche interne, altrimenti gestite da impianti di climatizzazione, si ottiene con una progettazione attenta alle caratteristiche geometriche, localizzative e tecnologiche del manufatto edilizio.

L'architettura ecologica o sostenibile

Si tratta di un'architettura "responsabile" sotto il profilo ambientale, attenta ai principi relativi alla sostenibilità delle scelte progettuali e agli aspetti socio economici posti dalle emergenze ambientali del pianeta. Un elemento di particolare interesse è rappresentato dalla volontà di svolgere una valutazione dell'attività umana in ambito edilizio. In quest'ottica l'intero percorso progettuale si arricchisce di tematiche proprie degli strumenti di valutazione applicati al calcolo dell'Impronta Ecologica e di indicatori adatti all'analisi degli ecosistemi. Un approccio di questo tipo viene infatti tradotto con definizioni di architettura intesa come attività costruttiva sostenibile o ambientalmente responsabile. In particolare sono presi in considerazione una serie di aspetti che potremmo definire "al contorno" delle attività direttamente coinvolte nel processo di produzione del manufatto edilizio:

- Il ciclo di vita dei materiali e dei componenti;
- La valutazione eco-economica delle varie fasi del processo edilizio e del suo impatto sull'ambiente;
- Una particolare considerazione delle fasi di produzione, smaltimento e riciclo dei materiali;
- Il comportamento energetico degli edifici;
- La ricerca di materiali e soluzioni alternative rispetto a sostanze potenzialmente dannose per la salute o per l'ambiente;
- L'utilizzo di risorse locali;
- Il consumo minimo di risorse, sfruttando il riscaldamento passivo del sole e utilizzando fonti e sistemi di riscaldamento ad alto rendimento.

In considerazione di ciò possiamo quindi completare questa definizione di "attività costruttiva sostenibile", che conosce le potenzialità offerte dalla natura, sapendole sfruttare nel suo rispetto più grande, ma che sa essere anche economicamente competitiva e soprattutto ecologicamente sostenibile, nodo fondamentale se si pensa alla teoria sempre più diffusa che il benessere delle nostre società si scontra con il depauperamento del capitale ecologico in cui è immersa. Costruire in modo

sostenibile significa infine investire sul risparmio energetico ed economico, significa costruire con materiali naturali utilizzando le più moderne conoscenze.

Soggetti e ruoli

Se consideriamo l'insieme composto dalle istituzioni sociali, le figure professionali e i singoli cittadini, possiamo affermare che ciascuno di questi attori ha un peso e una responsabilità sul delicato equilibrio tra l'uomo e l'ambiente. La consapevolezza del ruolo di ciascuno è un passo in avanti verso la prevenzione dei problemi ecologici, in particolare verso quelli legati alle attività di pianificazione, costruzione e gestione degli edifici.

- **Il settore urbanistico**: prima di arrivare al singolo utente della singola abitazione, esistono figure istituzionali deputate alla programmazione e al controllo a scala edilizio/urbanistica.
- **Regioni, Province** e **Comuni**: hanno l'obbligo di attuare una corretta pianificazione territoriale e di dotarsi di strumenti idonei per la realizzazione di una seria politica di sostenibilità ambientale con relativi controlli.
- **I professionisti:** incaricati di redigere i progetti, dovrebbero avere la sensibilità e la conoscenza della materia per porsi in condizioni di eseguire proposte coerenti con il rispetto dell'ambiente.
- **Il cittadino:** il singolo utente che vive negli edifici e che li fa funzionare, si dovrebbe preoccupare della loro manutenzione in modo responsabile, rendendosi consapevole dell'effetto delle proprie azioni quotidiane. Egli è coinvolto direttamente nel processo di gestione dell'edificio e ricopre un ruolo importante quanto quello dei precedenti soggetti.

Sostenibilità dell'edilizia: metodi di valutazione

La Bioedilizia punta all'utilizzo e alla gestione responsabile delle risorse naturali, e si basa su un concetto di uso efficiente ed ecologico. Essa punta ad una riduzione degli impatti ambientali ed a un miglioramento della qualità della vita, dell'equità sociale, ad uno sviluppo ragionato delle caratteristiche culturali e dei vincoli economici.

Per poter valutare questi parametri, è necessario introdurre degli indicatori di sostenibilità edilizia. Sono un punto di partenza necessario per l'avvio di un processo di distinzione fra Bioedilizia ed edilizia classica, per misurare e comunicare ai costruttori ed utilizzatori le prestazioni dell'industria edilizia e dell'ambiente costruito. Sono anche indispensabili per gli stakeholders ed i politici per impostare strategie economiche e tecniche, e nello stesso tempo per valutare l'uso efficiente delle risorse.

Nel panorama complesso dei sistemi di valutazione ambientale riguardante il settore edilizio che vogliono caratterizzare la bio-efficenza e la qualità costruttiva, possiamo individuare quattro grandi gruppi di indicatori, ognuno con competenze specifiche e obiettivi precisi:

Gli indicatori ad incentivi

I primi sono sistemi di valutazione di tipo qualitativo (un requisito è presente o assente) che si organizzano in liste di controllo del progetto al suo termine, dandone una valutazione di conformità o non conformità con i requisiti richiesti. Sono utilizzati da alcune amministrazioni locali che vogliono valutare il livello di conformità dei progetti edili realizzati, rispondendo ad una richiesta degli abitanti o ad una richiesta da parte dei programmi di Agenda 21 locali resi operativi dalle amministrazioni stesse. La conformità può essere premiata, in funzione delle norme locali, con maggior volume o riduzione degli oneri, o da sistemi di compensazioni specifici.

Gli indicatori selettivi a punti

Il secondo gruppo è formato dagli indicatori misti, qualitativi e quantitativi, che permettono di effettuare una valutazione secondo parametri applicati a requisiti pesati in base alla loro importanza in vista di un equilibrio ambientale ottimale. Il più noto di questi indicatori proviene dal progetto inglese EcoHomes del British Research Establishment, ed è il famoso Green Building Tool (o GBTool), che potrebbe avere un buon sviluppo dato che è stato progettato da una squadra internazionale messa insieme da enti e istituzioni di diversi paesi, e si adatta molto bene alle condizioni specifiche del paese in cui si deve farne l'applicazione. Comporta un criterio di Analisi del Ciclo di Vita (LCA) dell'interno dell'edificio con parametri personalizzabili. Altri indicatori sono molto diffusi in altri paesi, come il LEED negli USA, l' Energie200 in Svizzera. In Italia un progetto specifico è stato avviato: il progetto S.O.VA.QU.E. Giulia Bonelli, autore di questo indicatore sviluppato durante la sua tesi di dottorato, lo presenta come "un nuovo strumento operativo per la valutazione della qualità ecosistemica nell'edilizia residenziale pubblica ". Questo strumento è già in applicazione nel monitoraggio di case di varie regioni d'Italia come l'Emilia, la Toscana, il Lazio, la Puglia e la Sicilia.

Gli indicatori per alternative

Il terzo gruppo è composto dagli indicatori che valutano prevalentemente il Ciclo di Vita dei processo di costruzione, che considerano i materiali messi in opera, e la loro ricaduta ambientale durante il ciclo di vita dell'edificio. Tali indicatori non valutano l'edificio durante il suo funzionamento, nè i livelli di comfort interno o il rapporto specifico con l'ambiente del sito di costruzione. Concepiti ed adottati nell'Europa del Nord, sono adeguati per stimare i carichi ambientali della costruzione e proporre delle alternative ai materiali di costruzione classici. Sono per esempio EcoIndicator, EcoQuantum, SimaPro o Buwal.

Gli indicatori scientifici

Del quarto ed ultimo gruppo fanno parte gli indicatori non direttamente nati per l'edilizia ma dalla ricerca scientifica per la sostenibilità e per la valutazione ambientale. E' possibile valutare un aspetto specifico dell'edificio costruito, come ad esempio l'Energy Flow Accounting che valuta i flussi di energia che entrano ed escono dall'edificio durante la sua costruzione ed il suo utilizzo quotidiano, il Material Flow Accounting che valuta i flussi di materia generati dall'edificio durante le sue varie fasi di vita. Ma è anche possibile valutare l'impatto complessivo dell'edificio, considerandone tutti gli aspetti, dall'impiego dei materiali per la costruzione ai vari beni di consumo impiegati nella sua gestione quotidiana. Questa è tipicamente una caratteristica che possiede l'Impronta Ecologica, di cui spiegheremo successivamente il principio.

Le principali tecniche dell'architettura bioedile. Schede tematiche

Sono presentate di seguito le schede tematiche che sintetizzano le principali direzioni della ricerca nelle pratiche costruttive di bioedilizia, che comprendono argomenti sia di carattere settoriale relativi alle tecnologie impiegate, sia considerazioni di carattere più generale, in riferimento ai criteri di progettazione del sistema edilizio e ai parametri ambientali responsabili del benessere psicofisico di chi vive lo spazio della casa. Le schede proposte sono così organizzate:

Progettare in armonia con il capitale naturale disponibile

Si analizza il contesto naturale del sito di costruzione e si approfondiscono i criteri di orientamento dell'edificio seguendo i principi di ventilazione naturale e di riscaldamento solare passivo.

I parametri ambientali del benessere

La qualità di vita all'interno della casa si traduce anche nel garantire condizioni ottimali di benessere fisico. Questo benessere dipende dalle condizioni di temperatura e di umidità, e dalle condizioni visive e acustiche.

I materiali e le tecnologie di costruzione

Vengono presentati i materiali da costruzione e le caratteristiche che li rendono adatti agli impieghi nell'edilizia bioecologica, dal legno ai materiali isolanti e impermeabilizzanti, al vetro e ai metalli.

Il riscaldamento dei locali

Si passano in rapida rassegna le tecnologie di generazione di calore ed i combustibili associati, i sistemi che utilizzano corpi scaldanti, dai termosifoni alle pareti radianti, fino alle più efficienti tecnologie che prevedono impianti collettivi e a cogenerazione.

La gestione del consumo idrico

Si esaminano le abitudini di consumo come fattori determinanti nella gestione della risorsa idrica, e si presentano le opportunità offerte dalla tecnologia per la riduzione dei consumi, dai sistemi frangigetto a quelli di recupero di acqua piovana, ai metodi di depurazione locale dell'acqua.

La gestione dell'energia elettrica

Si approfondiscono i temi dell'efficienza e del consumo energetico in riferimento alle classi di elettrodomestici e ai vari tipi di illuminazione, concludendo con una breve illustrazione della tecnologia fotovoltaica.

PROGETTARE IN ARMONIA CON IL CAPITALE NATURALE DISPONIBILE

Analisi del contesto naturale del sito di costruzione

E' un procedimento fondamentale sia per l'integrazione dell'edificio con l'ecosistema che lo circonda sia per il miglior utilizzo delle risorse che vengono offerte dall'ambiente.

I vari parametri meteorologici che caratterizzano un luogo a livello macroscopico (climi freddi, temperati, caldo-secchi e caldo-umidi), e le condizioni microclimatiche (condizioni di umidità particolari, esposizione a brezze di terra e di mare ecc.) sono correlate alle esigenze di vita e di benessere psicofisico con lo scopo di sfruttare le potenzialità delle forze della natura presenti nel sito di costruzione. Tale analisi prevede quindi lo studio del clima locale, la valutazione degli effetti fisiologici del clima, il che porta a una scelta del sito, del suo orientamento e controllo solare, della forma dei suoi edifici, delle masse d'aria in movimento che induce, e alla scelta dei materiali utilizzati.

In quest'ottica è fondamentale uno studio delle opportunità locali offerte dalla biosfera (ad esempio la vegetazione, che può riparare dal sole l'estate e perdendo le sue foglie lasciarlo passare d'inverno, la presenza di calore nel sottosuolo, la presenza di sorgenti, il tipo di roccia sul quale si costruisce).

Orientare e disegnare l'edificio

L'orientamento è responsabile del buon utilizzo dell'energia naturale, permettendo di sfruttare al meglio gli effetti dell'esposizione all'irraggiamento solare nei vari periodi dell'anno così come l'azione dei venti. Diventa importante nella valutazione dell'orientamento delle stanze, soprattutto per quanto concerne le finestre e le superfici vetrate.

L'orientamento della forma generale degli edifici di un quartiere determina in modo importante la percentuale dell'irraggiamento totale annuo ricevuta, la quale varia molto in funzione della latitudine. In considerazione di ciò sono oggi effettuati studi delle ombre e delle interferenze dei raggi solari tra i vari edifici in caso di costruzione di nuovi quartieri o nuove case in contesti già abitati.

Anche la forma e la compattezza dell'edificio incide molto sui consumi energetici, ed in particolare il rapporto tra superficie esterna e volumetria (S/V). Tanto più piccola è la superficie di una casa in rapporto alla sua volumetria, tanto meno energia si disperde attraverso i muri e il tetto.

La ventilazione naturale

All'interno della casa è necessario un rinnovamento continuo dell'aria per liberarsi dei vari inquinanti emanati dagli isolanti, dalle vernici sintetiche e dai mobili di legno trattati (vapori di formaldeide, vapori di Bifenile policlorurato (PCB), vapori di lindano e di Pentaclorofenolo). Queste sostanze infatti possono essere responsabili di cefalee, difficoltà di concentrazione, affaticamento, nausea, epistassi, indebolimento del sistema immunitario, disturbi epatici, renali e dell'apparato respiratorio.

La ventilazione naturale di un ambiente può essere sfruttata in due modi, mediante gradiente di temperatura interno o grazie all'azione del vento sull'involucro esterno dell'edificio. Nel primo caso viene utilizzato il principio dell'effetto camino: l'aria calda presente in locali soleggiati, più leggera di quella fredda presente in locali al riparo dall'irraggiamento del sole, tende a salire attivando un movimento d'aria proporzionale alle differenze di temperatura che si possono creare all'interno dell'abitazione. Nel secondo caso le pareti esterne di un edificio investito dal vento saranno sottoposte a valori differenti di pressione, dovuti alla differenza di velocità con cui il vento investe l'edificio, sufficienti a creare una ventilazione naturale degli ambienti.

Il riscaldamento solare passivo

I sistemi di condizionamento passivi permettono di recuperare una parte dell'energia offerta dal sole, che si aggira in media sui 1.000 w/m .^{2} Uniti ad una corretta progettazione degli isolanti e dell'orientamento dei locali, fanno sì che l'edificio non necessiti quasi di riscaldamento addizionale attivo (caldaia a pellet per esempio), riservato solo ai giorni più freddi e piovosi. A seconda di come viene captata la radiazione solare, possiamo distinguere tre categorie di sistemi solari passivi:

- Guadagno *diretto:* la radiazione solare attraversa lo spazio interno e viene poi immagazzinata nella massa termica interna all'edificio (pavimentazioni, ...). L'accumulo di energia riduce così le fluttuazioni di temperatura dell'aria interna.
- Guadagno *indiretto:* la massa di accumulo nelle pareti esterne immagazzina il calore durante il giorno e lo trasferisce durante la notte allo spazio interno con un sistema di circolazione d'aria per convezione attraverso dei fori nel muro.
- Guadagno *isolato:* il calore del sole, accumulato in un elemento isolato dalle stanze da condizionare grazie ad una piastra nera, viene di notte trasportato e distribuito per convezione alle stanze desiderate aprendo appositi condotti di aria.

I PARAMETRI AMBIENTALI DEL BENESSERE

Temperatura e umidità dell'aria

Il concetto di comfort termoigrometrico si fonda sull'idea di benessere fisico dato dall'assenza di sistemi corporei di termoregolazione in atto (sudorazione o brividi, vasocostrizione e vasodilatazione) all'interno di un ambiente.

Nello scambio di energia termica tra individuo e ambiente vengono considerati responsabili sia parametri comportamentali dell'individuo (la quantità del calore emessa, dipendente dal metabolismo energetico, e la resistenza termica dell'abbigliamento), sia i seguenti parametri termoigrometrici dipendenti dall'ambiente:

- La temperatura dell'aria, la quale determina la dispersione del calore umano per convenzione;
- L'umidità relativa dell'aria, che influenza gli scambi di vapore acqueo tra uomo e ambiente;
- La temperatura radiante media, che determina gli scambi di calore per irraggiamento tra l'uomo e le sei pareti dell'ambiente che lo circondano;
- La velocità dell'aria, responsabile sia del ricambio dell'aria interna, sia dell'aumento dello scambio di calore tra aria interna e individuo, per conduzione e convezione.

Il discomfort può essere causato da particolari situazioni come ad esempio un'elevata differenza di temperatura verticale dell'aria (forte gradiente di temperatura dovuto per esempio all'utilizzo di riscaldamento a pavimento), presenza di correnti d'aria, che possono implicare raffreddamento di certe parti del corpo rispetto ad altre, e causare torcicollo o dolori alle caviglie. Anche valori puntuali elevati di irraggiamento interni alla stanza (o un valore diverso di irraggiamento di una o più delle sei pareti rispetto alle altre) può portare ad una situazione non confortevole.

La qualità dell'aria

L'utilizzo di materiali da costruzione che emettono sostanze inquinanti è causa di danni alla salute degli occupanti delle case. Gli effetti di queste sostanze sull'uomo si traducono in problemi respiratori, cardiovascolari, disequilibrio del sistema nervoso, irritazione della cute e delle mucosi.

Gli agenti inquinanti possono essere di diversa natura:

- Inquinanti *chimici:* emissioni di CO_2, di CO o di NOx derivanti dalla combustione di idrocarburi delle caldaie e degli scaldabagni nonché dai fornelli di cucina, emissioni di composti organici volatili (formaldeide, benzene, stirene) provenienti da vernici, solventi, colle e materiali isolanti;
- Inquinanti *fisici:* principale inquinante fisico fortemente patogeno è il gas Radon emesso dalla crosta terrestre e dai materiali edilizi costruiti con elementi rocciosi (cemento, pietre);
- Inquinanti *biologici:* materiali organici naturali come pollini, peli di animali, ma anche microrganismi come batteri, acari, muffe e funghi.

Il livello acustico

Si parla di inquinamento acustico nel momento in cui avviene un'esposizione prolungata a livelli sonori elevati che possono causare danni permanenti più o meno gravi. Fattori di inquinamento acustico potenzialmente pericolosi nelle nostre città sono ad esempio il traffico stradale e aereo in crescita, il rumore degli elettrodomestici, degli impianti di ogni tipo e dei macchinari da ufficio.

Sono perciò necessarie valutazioni di impatto acustico e misure fonometriche capaci di valutare l'esposizione dei lavoratori al rumore. Esistono criteri di progettazione mirati alla prevenzione e al risanamento dell'ambiente di lavoro, come la scelta dei materiali e dei macchinari, la messa in opera di barriere acustiche, dispositivi di protezione e insonorizzazioni.

L'impatto visivo

Il comfort visivo è importante per creare una condizione di benessere dell'individuo che si trova in un ambiente chiuso in assenza o con poca luce naturale. E' importante ricreare il più possibile una condizione di illuminazione che sia accettabile per l'occhio, tale da evitare l'insorgere di emicranie, stanchezza e a lungo termine gravi disturbi alla vista che possono portare ad un abbassamento del livello visivo per affaticamento ripetuto del sistema oculare.

E' importante non solo il livello di illuminamento, ma anche la sua uniformità, la sua direzione, il colore della fonte luminosa e la resa cromatica dell'ambiente, sia per eseguire un compito specifico sia per creare una sensazione generale di benessere.

I MATERIALI E LE TECNOLOGIE DI COSTRUZIONE

Un aspetto peculiare dell'architettura bioecologica è l'impiego di particolari materiali da costruzione, ma non è altrettanto diffusa la consapevolezza che in fase di progettazione si dovrebbe incoraggiare l'impiego di materiali che richiedono poca energia per essere prodotti e trasportati, durevoli e riciclabili. Pertanto:

- Dare la precedenza alle materie prime locali (generalmente più adatte alle caratteristiche climatiche del luogo) che comportano minori costi di trasporto e un minore livello di inquinamento legato al ciclo di vita del manufatto;
- Utilizzare prodotti derivanti da materie prime rinnovabili o riciclate, con un ciclo di vita il più possibile chiuso;
- Scegliere materiali già largamente sperimentati e collaudati;
- Selezionare i prodotti più durevoli, per evitare sprechi energetici ed economici;
- Utilizzare meno materiale possibile, evitando sprechi anche nelle successive lavorazioni e finiture;
- Sfruttare ogni materiale secondo la sua vocazione strutturale ed estetica, evitando "forzature".

Legno

Le sue caratteristiche fisico-tecniche lo rendono perfettamente idoneo a creare spazi vitali ed equilibrati mentre, a livello psicologico, la sua presenza trasmette una sensazione di comfort e benessere con effetti rilassanti e terapeutici sull'organismo.

- **pannelli di fibre di legno**: completamente biodegradabili, proveniente da scarti di segherie, riciclabili, impiegati nella coibentazione termica e acustica di pavimenti, pareti e coperture.
- **Il sughero**: ottimo materiale coibente solo se proviene da pura polpa di corteccia di sughero, le sue caratteristiche sono l'ottimo potere coibente termico e acustico, la grande traspirabilità, l'impermeabilità, l'inattaccabilità da insetti e roditori.

Materiali Isolanti e Impermeabilizzanti

L'involucro di un edificio deve garantire protezione, isolamento e traspirazione, caratteristiche che rendono l'ambiente interno salubre per chi vi abita. I materiali isolanti utilizzati in bio-edilizia sono:

- **Sughero**: pannello agglomerato di spessore variabile da 1 a 5 cm, ottimo isolante termoacustico ideale per cappotti esterni ed interni, sottotetti, sottopavimenti, intercapedini. Il cappotto di sughero protegge dal caldo e dal freddo, dalla formazione di umidità, muffe, salnitri e condense.
- **Pannelli strutturali in fibre di legno orientate**: garantiscono un'ottima protezione dal freddo invernale e offrono un'eccellente protezione dal surriscaldamento estivo, isolando anche sensibilmente dal rumore.
- **Cellulosa**: a fiocchi e a lastre con impregnazione sia di olio, sia di cera a secondo del campo di applicazione (guaine anti-vento, protezione anti-infiltrazioni o freno vapore leggero).
- **Lino**: indicato per l'isolamento termico-acustico di pareti e solai e per la ristrutturazione di tetti.
- Canne, fibra di cocco, lana di pecora, lastre di truciolato composto, perlite, silicati espansi come riempitivo, cotone, canapa.

Vetro

Le superfici vetrate devono permettere di captare l'energia solare necessaria a riscaldare la casa d'inverno garantendo una dispersione termica moderata, consentire un adeguato livello di illuminazione e di ventilazione, e garantire una corretta dispersione del calore d'estate.

- Utilizzo di **vetri doppi o tripli**: aggiunta di una seconda lastra di vetro a pochi millimetri dalla preesistente o sostituzione del vetro esistente con una lastra di vetrocamera.
- Impiego di **rivestimenti** a **bassa emissività** sulle superfici del vetro, i quali consentono di ridurre la radiazione ad onde lunghe scambiata tra le lastre. Mantengono una buona trasparenza alla radiazione solare dando un miglioramento in termini di guadagno solare passivo.

Metalli

Il ciclo di produzione di metalli richiede un grande dispendio di energia nonché un alto impatto ecologico dovuti alle tecniche di estrazione minerarie. Il loro utilizzo andrebbe ridotto il più possibile.

- **Acciaio**: quello strutturale utilizzato per getti in cemento armato dovrebbe essere esclusivamente diamagnetico, per non modificare le proprietà del campo magnetico terrestre intorno alla casa.
- **Alluminio**: grazie alla sua facile estrusione permette la realizzazione di forme complesse. Detiene più del 70% del mercato dei serramenti e porte. Possiede caratteristiche eccellenti di conduttività termica ed elettrica, ma non è magnetico. Richiede un'altissima quantità di energia per essere trasformato da minerale a metallo puro. E' facilmente riciclabile.
- **Rame**: come l'acciaio e l'alluminio richiede una complessa e dispendiosa lavorazione di produzione primaria, ma il suo riciclo è facile e non cambia le sue proprietà. La sua conduttività termica ed elettrica eccezionale gli vale un utilizzo privilegiato per gli scambiatori di calore (radiatori, caldaie, scaldabagni), centrali elettriche e in quasi tutti i cavi elettrici.

IL RISCALDAMENTO DEI LOCALI

Le tecnologie di generazione di calore ed i combustibili associati

- **Caldaie a combustibili fossili.** Le più moderne caldaie classiche oggi esistenti, definite ad alto rendimento, utilizzano solo una parte del calore sensibile: il loro rendimento è infatti nell'ordine del 91-93% riferito al p.c.i. del combustibile utilizzato. La tecnologia a condensazione restituisce invece l'energia inutilizzata; raffredda il vapore acqueo trasformandolo in acqua sviluppando ancora calore: il calore di condensazione. Riferito allo sfruttamento dell'energia di una caldaia convenzionale, la caldaia a condensazione raggiunge un rendimento globale normalizzato fino al 108%.
- **Stufe e caminetti a legna.** A differenza del camino, la stufa (le più comuni sono quelle in ghisa) ha il vantaggio di poter essere collocata quasi dove si vuole all'interno della casa e collegata alla canna fumaria attraverso opportuni tubi per l'incanalamento dei fumi.
- **Stufe e caldaie a pellet.** Ultimamente stanno prendendo piede anche le stufe e le caldaie a pellet, un particolare combustibile molto versatile ricavato da segatura compressa. Il combustibile a basso costo utilizzato per alimentarle le rendono economiche, e così una caldaia, un caminetto o una termostufa anche di piccole dimensioni può sostituire una caldaia dalle prestazioni più elevate.
- **Panelli solari termici.** Il sistema termico a pannelli solari è composto da collettori a pannello che catturano la luce solare e da un bollitore in cui viene raccolta l'acqua calda, trasportata poi attraverso la normale rete domestica di tubature. Questa tecnologia solare è altamente flessibile e permette configurazioni personalizzate in base alle esigenze dell'utenza. I pannelli vengono posizionati nella parte maggiormente soleggiata dell'edificio (tetto, terrazzo, giardino) con una inclinazione variabile da 30° a 60° a seconda del periodo dell'anno per meglio "catturare" i raggi solari.

I corpi scaldanti

I corpi scaldanti sono elementi che permettono di scambiare il calore prodotto dalla caldaia o dal panello solare termico alle stanze della casa. La loro scelta influisce considerevolmente sul comfort termico degli abitanti. Come avviene spontaneamente in natura con l'irraggiamento solare, il corpo umano privilegia questo scambio termico rispetto a quello per convezione o conduzione. Pertanto si consiglia fortemente un impianto di riscaldamento che utilizzi superfici scaldanti per irraggiamento a bassa temperatura.

- **Sistemi tradizionali a termosifoni.** Sono costituiti da corpi scaldanti (radiatori) alimentati da acqua tra i 70 e 90 gradi. Solo una piccola parte del calore è ceduto all'ambiente per irraggiamento. Gli svantaggi di questo sistema sono molteplici: lo spostamento d'aria mette in moto la circolazione delle polveri, l'alta temperatura abbassa il grado di umidità dell'ambiente ed il consumo di combustibile è considerevole.
- **Parete (o pavimento) radiante con tubi in rame.** Le pareti scaldate con tubi in rame sono caratterizzate da una grande inerzia termica, e vista anche l'alta conduttività del rame, questo tipo di scambiatori termici si possono utilizzare anche con fluido a bassa temperatura.
- **Parete (o pavimento) radiante con tubi capillari.** Nel centimetro di intonaco di soffitti e pareti, sotto le piastrelle o il parquet dei pavimenti, viene stesa una fitta rete di tubazioni dove circola acqua calda in inverno e fredda d'estate, riscaldando o raffreddando le superfici e l'ambiente in modo uniforme.
- **Convettori a battiscopa.** Uno scambiatore, nascosto dietro il battiscopa, percorso da acqua a 50-80°, crea un flusso d'aria laminare che sale lungo le pareti staccandosi a 1,5-2m di altezza, dove crea un equilibrio termico. Il soffitto, che resta freddo, consente un risparmio energetico del 20% circa, ma gli inconvenienti sono il forte gradiente di temperatura sotto i 2m di altezza.

Gli impianti collettivi

Servono più appartamenti dello stesso condominio e presentano diversi vantaggi rispetto agli impianti individuali:

- Installazione di un impianto unico;
- Rendimento maggiore (il rendimento è direttamente proporzionale alle dimensioni dell'impianto);
- Vita dell'impianto più lunga di 2-4 volte, spese di manutenzione ridotte, maggiore sicurezza;
- Possibilità di utilizzare combustibili diversi, come gasolio, gpl, pellet, metano, carbone (gli impianti individuali sono solo in grado di consumare metano).

Gli impianti a cogenerazione

Rappresentano la tipologia di riscaldamento più efficiente (rendimenti complessivi pari all'85-90%) con conseguenti risparmi nei costi e nei consumi di combustibile, e riduzione dell'impatto ambientale a parità di energia prodotta. Sono in grado di distribuire calore ed elettricità a grandi strutture (ospedali, alberghi) o piccoli centri urbani tramite una rete interrata di approvvigionamento di vapore sotto pressione (teleriscaldamento).

LA GESTIONE DEL CONSUMO IDRICO

Le abitudini di consumo, il primo e più importante fattore

Secondo l'ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) circa il 20% dell'intero consumo di acqua potabile della Regione Piemonte avviene per usi domestici, di questo un ulteriore 20% finisce direttamente nello scarico del wc. Per evitare sprechi d'acqua grossolani basterebbe seguire piccoli accorgimenti, come quelli suggeriti dal Centro Studi e Comunicazione Ambientale Antartide:

- riparare il rubinetto che gocciola: goccia dopo goccia, possono andare perse decine di litri d'acqua al giorno;
- chiudere il rubinetto quando si insaponano i piatti, quando ci si lava i denti o ci si rade;
- avviare la lavatrice, o la lavastoviglie, solo a pieno carico;
- installare il water a scarico differenziato: rispetto ai water tradizionali, fa risparmiare anche 20mila litri d'acqua all'anno; bene anche non trascurare lo scarico che perde: può sprecarne fino a cento litri al giorno;
- preferire la doccia al bagno in vasca: questa scelta fa risparmiare ogni volta cento litri d'acqua;
- non lavare troppo spesso l'auto d'estate;
- innaffiare le piante la sera: l'acqua evapora più lentamente e quindi non viene sprecata;
- privilegiare impianti d'irrigazione a micropioggia.

Le tecnologie di riduzione dei consumi

- **Frangigetto aerato o a flusso laminare**. Idoneo per tutti i rubinetti sia della cucina che dei bagni, miscela l'aria con l'acqua riducendone il consumo del 30% pur mantenendo la corposità di portata (costo 2 euro).
- **Doccia a cornetta FIT-AIR**. L'acqua viene accelerata attraverso un ugello. In questo modo viene aspirata dell'aria che si miscela con l'acqua ottenendo il 50% di risparmio (costo 36 euro).
- **Raccolta e recupero di acqua piovana o di acque grigie.** Il consumo pro capite giornaliero di acqua necessaria per bere, cucinare, lavare i cibi e per l'igiene personale costituisce solo una minima parte del consumo totale, mentre la maggior parte viene utilizzata per la pulizia della casa, per lavare indumenti, stoviglie e per gli apparecchi sanitari. Si tratta di usi che non richiedono necessariamente la qualità dell'acqua potabile e per cui possono quindi essere utilizzate acque piovane e grigie. Il sistema consiste nel convogliare le tubazioni pluviali in vasche di stoccaggio dotate di filtri. Prevede la possibilità di utilizzo dell'acqua meteorica per l'irrigazione delle sole aree a verde (orti e giardini) oppure per le cassette WC, per la lavatrice e per la pulizia delle superfici e delle auto.

I metodi di depurazione locale

- La **fitodepurazione.** E' un processo che utilizza le piante come filtri biologici per depurare le acque reflue civili (cucina, bagno), in grado di ridurre le sostanze inquinanti in esse presenti. I trattamenti di fitodepurazione sono trattamenti di tipo biologico che sfruttano la capacità di autodepurazione degli ambienti acquatici, stagni e paludi, in cui si sviluppano particolari tipi di piante, come la canna palustre, che hanno la caratteristica di favorire la crescita di microrganismi mediante i quali avviene la depurazione.
- **La filtrazione delle acque.** L'acqua meteorica che scorre sulle strade pubbliche, o proveniente dai giardini privati e dai tetti delle costruzioni viene incanalata verso 'bacini di drenaggio' che la filtrano e la rimettono in circolo per essere riutilizzata. Questi bacini di drenaggio hanno influenzato la distribuzione degli edifici e degli spazi verdi.

LA GESTIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

I compagni moderni indispensabili: gli elettrodomestici

L'Unione Europea ha affrontato concretamente la questione del consumo degli elettrodomestici a partire dal 1992, quando la direttiva 92/75/CEE ha stabilito la necessità di applicare un'**etichetta energetica** ai principali elettrodomestici (frigoriferi e congelatori, lavatrici, lavastoviglie). Nel 1994 è stata emanata la prima direttiva specifica. La legislazione europea è stata poi recepita, cioè è entrata a far parte delle leggi nazionali, in ciascuno dei paesi dell'Unione Europea. L'etichetta energetica, orientando i consumatori nella scelta al momento dell'acquisto, favorisce lo sviluppo tecnologico dei prodotti con consumi contenuti.

I vari tipi di illuminazione

E' interessante notare come le seguenti tipologie d'illuminazione si differenzino nel rapporto tra quantità di luce emessa e quantità di energia consumata.

- **Lampadina a filamento incandescente**: inventata nel 1879 da Edison, è una lampadina che consuma tanta energia, solo il 5-15% di elettricità assorbita diventa luce, ed ha un'efficienza luminosa bassa: 10 lumen/watt, che diminuisce sensibilmente durante la sua vita, perché la combustione del filamento deposita sul vetro della lampada un ossido (di tungsteno) opaco. Non comporta tremolio nell'emissione ed è definita a luce calda perché il suo spettro comprende parti di onde violette e rosse.
- **Lampadina incandescente alogena**: ha un'efficienza luminosa maggiore: 22 lumen/watt. Può durare circa 2000 ore ma emette più raggi ultravioletti. Si consiglia di tenere alla distanza di sicurezza di 1 metro o di schermare con un vetro la luce diretta.
- **Tubi fluorescenti**: lo spettro di questo tipo di lampada è differente dalla luce naturale e l'occhio ne risulta affaticato, inoltre comporta un tremolio che viene percepito dal nervo ottico. Ha però un'alta efficienza luminosa: 90 lumen/watt e una durata media di circa 10.000 ore.
- **Lampada fluorescente Biolux**: è la lampada che produce la luce più simile a quella solare. Studiata dalla Nasa per l'illuminazione dei sottomarini, la Osram ne acquistò il brevetto scaduto nel 1988. La sua durata è pari a tre volte di quella dei tubi fluorescenti. Svantaggi: i costi elevati e la scintillazione.
- **Lampade fluorescenti a risparmio energetico**: hanno un ridotto consumo energetico e durano a lungo. Questi dati positivi vengono però ridotti drasticamente se la lampada viene accesa più volte in un'ora. Al momento dell'acquisto è bene controllare che il reattore sia elettronico, privo di sostanze radioattive, per evitare problemi di smaltimento.

L'elettricità dal sole

Sviluppata alla fine degli anni '50 nell'ambito dei programmi spaziali, per i quali occorreva disporre di una fonte di energia affidabile ed inesauribile, la tecnologia fotovoltaica (FV) si va oggi diffondendo molto rapidamente anche per applicazioni terrestri. Un pannello fotovoltaico è formato da:

- supporto per le celle fotovoltaiche;
- unità elementari di silicio arricchito, che hanno la capacità di convertire l'energia elettromagnetica (quella che comunemente chiamiamo "luce") in energia elettrica, sfruttando le caratteristiche chimico-fisiche del materiale siliceo di cui sono composte;
- contenitore che protegge le unità di silicio dai fenomeni atmosferici;
- circuiti elettrici di convogliamento;
- un dispositivo (inverter a sincronizzazione di fase) che permette di mandare l'elettricità prodotta nella rete elettrica pre-esistente;
- batterie che hanno la funzione di accumulare e rilasciare la carica in modo graduale nel tempo.

Esistono tre tecnologie di pannelli solari:

- I pannelli solari al silicio amorfo;
- I pannelli solari al silicio policristallino;
- I pannelli solari al silicio monocristallino.

4 GLI ESEMPI DI COSTRUZIONI REALIZZATE CON TECNICHE DI BIOEDILIZIA

All'interno di questo capitolo si prenderanno in esame le migliori pratiche di applicazione dei concetti della bioedilizia a livello urbanistico con esempi significativi a livello europeo, italiano e regionale.
Come si potrà notare, esistono in Europa esempi molto significativi di come la bioedilizia, associata allo studio di metodi di mobilità sostenibile, di redefinizione degli spazi urbani, di organizzazione del lavoro possa essere fattore trainante per una drastica riduzione dell'impatto ambientale antropico. Inoltre la ricerca di nuove fonti di energia alternative permette di poter progettare edifici-quartieri-ambienti urbani che non siano petrolio-dipendenti (è il caso del progetto H2PIA danese successivamente descritto).
Il caso più interessante è sicuramente il BedZed di Londra, quartiere a ridottissimo impatto ambientale del quale parleremo in un capitolo a parte di approfondimento sull'Impronta Ecologica applicata al settore edilizio.
Resta, inoltre, da sottolineare ancora una volta come la spinta delle Pubbliche Amministrazioni in un settore come questo rivesta un ruolo di fondamentale importanza per definire delle buone pratiche progettuali e di comportamento da estendere alla collettività.

I tre livelli di intervento di bioedilizia

Una chiave di lettura interessante nella valutazione di progetti architettonici, interventi edilizi ex novo e ristrutturazioni, potrebbe essere quella che si riferisce al grado di armonizzazione ed integrazione con gli ecosistemi naturali e al ruolo all'interno del nuovo equilibrio instaurato con le risorse naturali, nonché al loro livello di integrazione con l'ambiente urbano circostante. Si potrebbero definire almeno tre livelli di intervento:

- **Livello 1: l'intervento puntuale**
  Si tratta di un'operazione di miglioramento energetico-prestazionale limitato ad un componente specifico dell'abitazione, che interviene nel bilancio complessivo dei consumi ma rimane tuttavia un elemento indipendente dal resto dell'abitazione.
- **Livello 2: il singolo edificio**
  Si intende la progettazione dell'intero sistema di funzionamento dell'edificio e del suo comportamento complessivo nella fase di gestione, mirati alla riduzione dei consumi di energia e all'ottimizzazione delle prestazioni abitative.
- **Livello 3: l'edificio e il contesto**
  L'intervento edilizio non si limita all'applicazione delle tecniche di bioedilizia, ma cerca un'integrazione con la sfera sociale e urbanistica nel contesto in cui l'edificio si trova, considerando anche i fattori di mobilità, di spazi sociali e di organizzazione del lavoro. Il risultato finale è una valorizzazione complessiva della qualità di vita dei singoli cittadini.
  La valutazione dell'intervento si estende inoltre all'intero ciclo di vita del manufatto e dei materiali che lo compongono, considerando gli impatti di tutte le attività coinvolte nel processo di realizzazione e manutenzione dell'opera.

Questi tre livelli di intervento rappresentano diversi approcci delle attività umane nel campo delle costruzioni, verso una sempre maggiore responsabilità nell'utilizzo delle risorse naturali e consapevolezza degli equilibri che vengono da tali attività modificati.
Nei capitoli successivi, dedicati agli esempi di realizzazioni, interventi e progetti, viene indicato il livello di intervento raggiunto da ciascun caso esaminato.

Esempi a livello europeo

I paesi nordici e la Germania si dimostrano esemplari su più livelli:

- quello istituzionale centrale con la disposizione di Programmi operativi sulla gestione dei progetti, sul coordinamento fra le diverse competenze (architetto, paesaggista, idrologo, geologo, imprese e tecnici), sull'innovazione tecnologica e sui possibili finanziamenti;
- quello dei cittadini, che hanno un'alta consapevolezza ambientale e sociale;
- quello delle imprese, non solo costruttrici, ma anche quelle che forniscono i servizi e le nuove tecnologie, che si sono dimostrate in grado di rispondere alla sfida della sostenibilità, con soluzioni tecnologiche, architettoniche e urbane di alta qualità.

Obiettivi europei per il settore energetico

L'Unione Europea ha fissato nel 1999 un obiettivo preciso per quanto riguarda il settore energetico: entro il 2010, almeno il 12% dell'energia deve provenire da fonti rinnovabili. All'interno di questo programma sono state individuate 100 aree geografiche che vanno dal quartiere alla porzione di Stato, che devono essere completamente alimentate da energia proveniente da fonti rinnovabili locali. Questo programma, che ha un finanziamento previsto di ben 20 miliardi di euro, prevede di mettere in atto:

- Un milione di impianti fotovoltaici;
- Quindici milioni di metri quadri di pannelli solari termici;
- Diecimila megawatt generati dalle turbine eoliche;
- Diecimila megawatt termici generati da impianti di cogenerazione a partire da biomassa;
- Un milione di alloggi scaldati dalla biomassa;
- Mille megawatt generati da impianti funzionanti a biogas;
- Cinque milioni di tonnellate di biocarburanti liquidi.

Il progetto SHE (Sustainable Housing Europe)

Questo progetto dimostrativo europeo di sostenibilità edile, messo in moto dalla Comunità Europea, è stato avviato nel 2003 con l'intento di perseguire, entro l'anno 2008, i seguenti obiettivi:

- Valutare e dimostrare la fattibilità dell'alloggio sostenibile, attraverso la costruzione di 600 nuovi alloggi, co-finanziati dalla Commissione Europea, in 4 stati membri: Danimarca, Francia, Italia e Portogallo. A Porto, ad Aarhus in Danimarca, a Grenoble e Brescia e poi ancora a Bologna, Venezia, Pesaro e Teramo nasceranno edifici con le medesime caratteristiche: diversi per estetica e funzionalità, dal momento che terranno conto della storia urbanistica e paesaggistica dei luoghi dove sorgeranno, ma identici nella filosofia e nelle tecniche costruttive.
- Integrare lo sviluppo sostenibile e la partecipazione dei futuri abitanti in tutte le fasi decisionali del processo di costruzione.
- Sviluppare delle buone pratiche, riproducibili negli altri paesi europei, e formulare delle nuove procedure qualitative di valutazione e delle linee direttrici basate sull'esperienza capitalizzata sul campo.
- Fornire agli attori del settore una migliore comprensione dei costi a lungo termine, dei benefici diretti ed indiretti delle costruzioni sostenibili.
- Valutare la soddisfazione degli abitanti attraverso un monitoraggio sociale, tutto ciò in maniera da equilibrare i benefici sociali, economici ed ambientalisti.

IL PROGETTO BO01 A MALMOE, SVEZIA: 100% SOSTENIBILITÀ

livello di intervento: L'edificio e il contesto

Il sito

Malmoe, Svezia, quartiere-città Bo01

Fig. 2 Veduta del quartiere Bo01 a Malmoe (a sinistra) e vista di un mulino per l'energia eolica (a destra)

Gli obiettivi

Sostenibilità ambientale

L'obiettivo del quartiere svedese Bo01, la più grande opera urbanistica realizzata in Svezia in questo ultimo decennio, è quello di sviluppare una città basata sulla sostenibilità ambientale, cioè la rivalutazione del capitale naturale, e sulla costruzione di una società nella quale la comunità è al centro delle scelte e stimola i soggetti per l'innalzamento della qualità ambientale e sociale.

Efficienza energetica

Il tema centrale è l'efficienza energetica, il quartiere, difatti, utilizza al 100% energia da fonti rinnovabili: vento, sole e acqua. Il sistema energetico è stato pensato con tre obiettivi:

- rispondere all'abbattimento delle emissioni atmosferiche, dettato dal Protocollo di Kyoto, con l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e nuove tecnologie;
- soddisfare al 100% il fabbisogno di energia (produco quello che consumo);
- aumentare il comfort degli abitanti.

Biodiversità e "azioni verdi"

La costruzione del paesaggio del quartiere ha come paradigma principale la biodiversità e il riutilizzo delle acque. L'obiettivo è quello di far crescere la vegetazione locale e di rinforzare lo sviluppo della fauna acquatica. Il programma prevede dieci "azioni verdi" che tutti i promotori devono attuare sia nelle parti pubbliche che nei giardini privati delle abitazioni.

Il programma

Otto punti di carattere comune

- L'efficienza energetica;
- Gli spazi pubblici;
- Gli spazi verdi;
- Le infrastrutture e i sistemi tecnologici;
- I trasporti;
- La gestione dei rifiuti;
- L'acqua e gli scarichi;
- I servizi municipali.

"Regole" per gli edifici, relative a:

- La progettazione e la tipologia;
- Gli interni;
- I processi costruttivi e i materiali.

"Regole" per le abitazioni

- Illuminazione naturale e affacci;
- Rumore e clima;
- Sistemi di comunicazione;
- Spazi aperti.

Per raggiungere questi scopi il programma ha stabilito l'utilizzo dei mezzi seguenti:

- **Centrale eolica**

Produce più di sei milioni di kWh l'anno, energia sufficiente per 200 appartamenti. L'energia eolica fornisce il 99% dell'energia elettrica necessaria al quartiere Bo01. La macchina eolica è alta 80 metri e possiede tre pale di 80 metri di diametro. E' situata a tre chilometri di distanza dal quartiere.

- **Bacini sotterranei naturali di acqua fredda e calda**

Nella zona sono presenti delle riserve naturali d'acqua nella roccia, che possono essere utilizzate come depositi per l'acqua calda d'inverno e per l'acqua fredda d'estate. Sono stati ricavati dieci pozzi ad una profondità di 90 metri; in asse con questi, a 50 metri di profondità, sono stati ricavati cinque bacini per l'acqua calda. Nei bacini freddi l'acqua mantiene una temperatura di 5°C e, d'estate, può essere utilizzata direttamente dalla rete idrica del quartiere. Lo stesso meccanismo funziona per l'immagazzinamento di acqua calda che viene utilizzata d'inverno.

Fig. 3 Immagini dei pannelli solari termici e delle celle fotovoltaiche presenti

- **Pannelli solari termici**

Il quartiere è dotato di 1400 mq di pannelli solari distribuiti in nove edifici. Questi generano 525.000 kWh di potere calorifico l'anno, che equivalgono al 10-15% del calore utilizzato dall'area. Il pannello solare comprende una lastra di vetro che lascia passare l'energia dal sole, dietro alla lastra di vetro c'è una piastra nera che assorbe il calore, tra le lastre sono posizionati i tubi dove scorre l'acqua riscaldata dal sole.

- **Celle fotovoltaiche**

Sul tetto di un unico edificio è stato posizionato un modulo di 120 mq di celle fotovoltaiche. Esse producono 9000 kWh di elettricità l'anno, quantità sufficiente per quattro appartamenti, cioè l'1% dell'energia elettrica consumata nel quartiere.

- **Collettore solare termico**

Sopra due edifici ne sono stati installati 200 mq, che producono il 50% di energia in più rispetto al pannello solare standard, in più sono anche più facili da installare.

- **Centrale di energia**

Qui si controlla e si fa il monitoraggio della produzione di energia nel quartiere; la centrale include una pompa di calore che porta la temperatura dell'acqua depositata nei bacini da 15 a 67°C e la trasferisce alla rete di riscaldamento di Bo01. La pompa di calore produce l'85% del calore richiesto dalla zona e funziona con l'elettricità generata dall'impianto eolico.

- **Mobilità alternativa**

Gli abitanti del quartiere hanno la possibilità di prenotare via Internet un'automobile elettrica o a gas, che fa parte di un gruppo di veicoli forniti da Sydcraft. Tutte le automobili sono parcheggiate in un garage ad hoc che le ricarica.

■ IL PROGETTO KRONSBER – HANNOVER	■ livello di intervento: L'edificio e il contesto

Il sito

Quartiere di kronsberg, realizzato in concomitanza all'Expo tenutasi ad Hannover nel 2000.

Gli obiettivi

Gli elementi di sostenibilità ambientale e sociale che caratterizzano il quartiere di Kronsberg sono:

- **Modello urbano integrato**
- **Conservazione della biodiversità**
- **Integrazione sociale**
- **Servizi sociali**
- **Trasporti integrati**

Il programma

- **Riduzione delle emissioni di CO_2**

L'obiettivo centrale è quello di ridurre le emissioni di CO_2 almeno del 60% rispetto agli standard attuali nelle costruzioni di edifici convenzionali, valore che sale a 80% se si considera anche la centrale eolica connessa al quartiere.

- **Riduzione del consumo di energia**

La riduzione del consumo di energia si raggiunge attraverso metodi di costruzione a 'bassa energia', con misure che assicurino un'appropriata qualità degli edifici. L'ottimizzazione della quantità di energia è assicurata con la costruzione di abitazioni che consumano in media il 45% in meno di energia per il riscaldamento, con la differenziazione dei distretti di riscaldamento, alimentati da due centrali di cogenerazione decentrate, con misure di risparmio messe in pratica dal consumatore e con la produzione di energia solare ed eolica.

- **Gestione dell'acqua piovana**

Un altro obiettivo del progetto è la gestione dell'acqua piovana: l'acqua che proviene dalle strade pubbliche, dai giardini privati, dai tetti delle costruzioni e dalle aree pavimentate viene filtrata e rimessa in circolo. Questa tecnica ha influenzato la distribuzione degli edifici e degli spazi verdi che sono diventati, a loro volta, spazi aperti con un'alta qualità e dove gli abitanti si rendono conto delle possibilità di riutilizzo dell'acqua.

Tutti gli appartamenti sono stati equipaggiati con rubinetti che risparmiano l'acqua ed è stata avviata con gli abitanti una campagna di sensibilizzazione sul risparmio dell'acqua potabile.

- **Riduzione e riciclo dei rifiuti**

Fin dalla fase di ideazione e costruzione degli edifici è stata applicata una strategia di riduzione e riciclo dei rifiuti. All'interno di questa strategia, la città di Hannover ha stipulato degli accordi con i costruttori che si sono impegnati a utilizzare esclusivamente materiali da costruzione compatibili con l'ambiente e non nocivi per la salute. Nella fase di costruzione, l'80% dei materiali di scavo e di rifiuto sono stati riutilizzati nel sito.

La componente principale della riduzione dei rifiuti domestici e commerciali è la progettazione di sistemi di raccolta differenziata innovativi: contenitori funzionali, non ingombranti, vicini alle abitazioni e anche 'belli', diventano più gradevoli di quelli ai quali siamo abituati. Un programma di quartiere supporta il riciclo dei rifiuti che derivano dal giardinaggio.

- **"Riparare, non buttare"**

Dietro il motto "riparare, non buttare", si è stabilita una rete di servizi che riparano e riciclano oggetti e rifiuti; è stato istituito un servizio di educazione sui comportamenti 'verdi': basso consumo, pochi rifiuti, raccolta differenziata.

UN PROGETTO FUTURISTICO DANESE: H2PIA, LA CITTÀ DELL'IDROGENO	livello di intervento: L'edificio e il contesto

Gli obiettivi

Un gruppo di società ed istituzioni danesi hanno svelato il loro progetto di concezione e realizzazione di una città visionaria chiamata H2PIA, la prima città del mondo funzionante esclusivamente ad idrogeno, pianificata per essere operativa nel 2007 in Danimarca in un luogo ancora segreto. H2PIA è basato su tre valori:

- **La libertà**

  I cittadini di H2PIA sono indipendenti da petrolio. Producono energia da sole e dal vento, e stoccano il proprio combustibile sotto forma di idrogeno, che possono utilizzare per le loro case e per le loro macchine.

- **L'ambiente**

  L'idrogeno è prodotto da fonti di energia rinnovabili: sole e vento. L'unico prodotto emesso dall'utilizzo dell'idrogeno è acqua pura.

- **Creatività ed innovazione**

  La creazione di H2PIA parte da una cooperazione tra il settore privato e quello pubblico, tra società, università e policy-makers.

Il programma

La città sarà suddivisa in diverse aree:

- **H2PIA Pubblica**

  E' la centrale di produzione, immagazzinamento e distribuzione dell'idrogeno e dell'energia alla città. L'edificio contiene anche una centrale ad idrogeno basata su celle a combustibile ad idrogeno che alimenta il riscaldamento e l'elettricità di tutte le case connesse. Sarà anche la stazione centrale di rifornimento di idrogeno, dove le automobili possono rifornirsi di carburante per le loro celle a combustibile.

- **H2PIA Condivisa**

  L'area condivisa costituisce il centro di città, offre un mix di negozi, spazi pubblici, e aree ricreative. H2PIA permetterà una fusione fra lavoro, famiglia e divertimento, creando un contesto in grado di favorire ottimismo, creatività, gioia e fiducia.

- **H2PIA Villa Connessa**

  Villa Connessa contiene abitazioni multi-appartamento per i residenti più giovani, e costituisce uno spazio aperto e creativo. Villa Connessa riceve l'approvvigionamento di elettricità e di riscaldamento grazie alla H2PIA Pubblica.

- **H2PIA Villa Sconnessa**

  Villa Sconnessa è creata per famiglie che godono della massima libertà ed indipendenza. Le ville non sono connesse alla rete di energia pubblica. Gestiscono il proprio magazzino di idrogeno e la loro produzione di idrogeno per la casa e le automobili.

- **H2PIA Villa Ibrida**

  Villa Ibrida è una residenza bi-famigliare dove il concetto di connessione alla rete è combinato. Le famiglie producono energia, ma sono anche connesse alla rete pubblica, che fa da tampone tra produzione ed utilizzo.

Fig. 4 H2PIA pubblica, H2PIA Villa Sconnessa, H2PIA Villa Connessa,

■ **Beddington Zero Energy Development, il quartiere ad impatto zero BedZed, periferia di Londra**	■ **livello di intervento: L'edificio e il contesto**

Il sito

Il BedZed, ovvero *Beddington Zero Energy Development*, rappresenta uno degli interventi più innovativi in Europa. Costruito su un'area dismessa a sud di Londra, rappresenta una concreta realtà nel panorama edilizio/urbanistico londinese, ed è stato valutato mediante l'applicazione dell'Impronta Ecologica.

E' costituito da 83 alloggi a conduzione mista, ovvero abitazione sociale, convenzionata e in vendita, con più di 3.000 m^2 di spazi dedicati a vita e lavoro, commercio al dettaglio e usi ricreativi.

Un primo periodo di monitoraggio ha già mostrato il successo dell'iniziativa dove, a paragone con interventi simili:

- il consumo per il riscaldamento dell'acqua è in media più basso del 45%;
- il consumo di elettricità per l'illuminazione, la cucina e gli impianti è inferiore del 55%;
- il consumo d'acqua è minore del 60%.

In termini di Impronta Eecologica complessiva BedZed è riuscito a far pesare poco la propria presenza: 1,9 ha/persona quando la media mondiale è 2,4, mentre mediamente lo stile di vita tradizionale inglese pesa 6,19.

■ **Responsabilità dei singoli cittadini**

La vita a BedZed permette un risparmio ambientale, in termini di Impronta Ecologica, compreso fra il 30% ed il 70%, a seconda che i residenti compiano scelte di vita *normali* (ovvero il semplice sfruttamento delle possibilità basilari offerte da BedZed) o particolarmente virtuose (sfruttando al massimo le possibilità/scelte di vita a loro disposizione, in particolare per quanto riguarda il trasporto). La variazione di Impronta Ecologica, oltre una certa soglia, non dipende più dalle scelte di progettazione edilizia, ma è condizionata in maniera determinante dalle scelte di vita che si concedono i singoli cittadini (mobilità sostenibile, scelta di prodotti meno impattanti in termini di trasporto ed imballaggi, gestione oculata dei rifiuti).

■ **Il trasporto**

Componente dominante del valore totale dell'Impronta Ecologica: la possibilità di percorrere mediamente meno chilometri, e poter fare ciò con auto ad impatto limitato o possedute/utilizzate in condivisione con altri (comproprietà e *car sharing*), permette una riduzione dell'Impronta variabile fra il 35% ed il 65% del valore medio inglese.

■ **Gestione dei rifiuti**

Un'altra componente determinante è la gestione dei rifiuti: la riduzione, il recupero ed il riciclaggio in loco di questi ultimi fanno oscillare il risparmio ambientale fra il 40% e l'80%.

■ **Gestione dell'edificio**

la componente di Impronta Ecologica imputabile alla gestione dell'edificio (ovvero ai consumi derivanti da tecniche edilizie precise) deve prendere esclusivamente in considerazione le voci di elettricità, gas e acqua, in quanto le altre componenti considerate non dipendono dalla tipologia costruttiva dell'edificio bensì da scelte urbanistiche e comportamentali più ampie. In questo caso quindi l'Impronta Ecologica sarebbe pari a 0,452 ha/persona all'anno per lo stile di vita medio inglese e 0,101 ha/persona all'anno per BedZed, corrispondente ad una riduzione dell'80% circa rispetto a residenti in edifici tradizionali.

Sintetizzando, possiamo dire che BedZed dimostra come la bioedilizia permetta una significativa riduzione dell'impatto antropico, ma anche che per ottenere un'ancor maggiore sostenibilità ambientale debba essere messa a disposizione dei singoli cittadini un'ampia gamma di scelte in grado di condizionare positivamente ciascun aspetto della vita quotidiana. E proprio questa potrebbe essere la strada da intraprendere da parte di una Pubblica Amministrazione per ottenere in maniera più rapida e decisiva la riduzione dell'impatto ambientale locale.

Esempi in Italia

Abbiamo visto che le tipologie d'incentivo possono dunque essere di varia natura e far capo a diversi enti. Sono molte le Amministrazioni Comunali che hanno adottato provvedimenti che di fatto incentivano il costruire sostenibile. I principali strumenti di indirizzo ed incentivazione individuati ed adottati sono rappresentati da: incentivi volumetrici, obblighi nelle convenzioni, priorità nella concessione di aree, promozione con bandi di concorso, sconto su ICI, sconto su oneri di concessione.

- **Comune di Cavalese**

Già nel 1994 il Comune di Cavalese in provincia di Trento ha elaborato alcuni principi innovativi per il nuovo Piano Regolatore concernente il rispetto del "genius loci" partendo dall'analisi del sito e prendendo in considerazione il risparmio energetico, le tradizioni storiche e il rispetto ambientale nel suo complesso. Questo Piano ha costituito la base di riferimento per successive esperienze di altri Comuni come quello di Rovereto, Bovolenta, Faenza, Ariccia.

- **Faenza**

Il Piano regolatore di Faenza, pubblicato nel 1998, premia, con la possibilità di aumentare gli indici di edificabilità, quei progetti che introducano soluzioni costruttive seguendo le linee guida della bioedilizia.

- **Grosseto**

Il Regolamento Edilizio di Grosseto, adottato con delibera del c.c. 14/6/00 n. 72, prescrive che in tutti gli interventi debbano essere usati materiali e tecnologie biocompatibili.

- **Padova**

Nel Comune di Padova, con l'iniziativa "Padova Energia", si prevede l'integrazione al Regolamento Edilizio fissando norme e criteri per la progettazione bioclimatica e per le tecniche di bioedilizia.

- **Vezzano Ligure**

Il Comune di Vezzano Ligure (SP), ha inserito nel proprio Regolamento Edilizio un metodo per valutare la qualità delle nuove costruzioni. Questo metodo chiamato *Valutazione della Sostenibilità Ambientale* (VSA) propone l'applicazione di un sistema organico di regole per la progettazione edilizia ecocompatibile.

- **Comune di Calenzano**

Il Comune di Calenzano si è dotato di *Linee Guida per la Bioarchitettura* in cui vengono definiti i requisiti di qualità e di sostenibilità cui un'opera edilizia deve aderire per accedere alla riduzione sino al 70% degli oneri di urbanizzazione e ad incrementi volumetrici sino al 10%.

- **Comune di Carugate**

Il Comune di Carugate nella primavera del 2003 è stato il primo in Italia ad adottare un regolamento edilizio che obbliga per le nuove costruzioni e ristrutturazioni l'impiego di tecnologie bioclimatiche: maggiore isolamento, utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, solare termico, caldaie a condensazione, dispositivi per il controllo dei consumi, recupero dell'acqua piovana e controllo dell'ombreggiamento. Rimangono come interventi suggeriti l'utilizzo del solare fotovoltaico, di materiali biocompatibili e naturali.

- **Bolzano**

Un altro esempio molto interessante è quello di Bolzano che ha adottato per gli interventi edilizi un'apposita certificazione denominata CasaClima. Questa certificazione è data agli edifici costruiti con metodologie che rispettano l'ambiente. Lo scopo di tali metodologie costruttive è la realizzazione di edifici a basso consumo energetico ed eco-compatibili nel rispetto delle risorse naturali. Possiamo considerare il certificato CasaClima un passo importante in Italia che aiuta i consumatori a capire che cosa stanno acquistando (maggiore trasparenza nei costi) e a prendere consapevolezza dell'importanza del risparmio energetico; ciò rappresenta anche uno stimolo per i proprietari ad investire in riscaldamenti efficienti dal punto di vista energetico.

LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO QUARTIERE BIVIO-KAISERAU A BOLZANO	Livello di intervento: L'edificio e il contesto

Gli obiettivi

Il piano è predisposto per "regolare" la realizzazione del nuovo quartiere di 490 alloggi attraverso l'intervento congiunto dei vari operatori pubblici e privati ai quali è affidata la responsabilità di costruire.
Alla mano pubblica toccherà la responsabilità di governare la realizzazione delle infrastrutture primarie e secondarie, atte a garantire l'urbanizzazione e la vivibilità del quartiere attraverso la necessaria dotazione dei servizi alla residenza. Alle cooperative e all'IPES toccherà la responsabilità di progettare e costruire gli edifici residenziali che costituiscono la massa prevalente dell'edificato.

Il programma

Principi insediativi:

- **Il bilancio ambientale**

L'immersione nel verde e l'articolazione in nuclei costituisce la premessa di un progetto ad aita qualità ambientale. E già evidente il dato virtuoso dell'altissimo tasso di permeabilità del suolo e la scarsa incidenza delle costruzioni in sottosuolo. Ma le stesse soluzioni insediative ne implementano le potenzialità ecologiche attraverso l'ottimizzazione della forma e della giacitura dei nuclei e dei singoli edifici in funzione del sole ed del vento, offrendo un contributo positivo alla eccellenza ambientale già derivante dalle scelte urbanistiche. Alle soluzioni "passive" si aggiungono gli interventi attivi costituiti dalla realizzazione di un teleriscaldamento di quartiere (in attesa del teleriscaldamento urbano), dalla installazione di un'ampia dotazione di pannelli solari, dalla formazione della barriera anti-rumore sulla linea ferroviaria, dai dispositivi di recupero integrale dell'acqua piovana.
Il bilancio ambientale (per la prima volta elaborato tecnicamente in sede di piano attuativo) permette di prevedere una prima robusta approssimazione all'obiettivo di garantire ai singoli edifici la classe A di CasaClima, che dovrà essere poi raggiunta "normativamente" (ma facilmente) attraverso i singoli progetti edilizi.

- **Il rapporto città-campagna**

L'elemento di peculiarità proposto sta nella originalità del principio insediativo assunto: un rapporto programmaticamente armonico tra il nuovo quartiere e la campagna del Kaiserau. C'è una volontà esplicita di fusione tra la città e la campagna: è come se il quartiere penetrasse dolcemente e discretamente tra i frutteti, anzi è come se la campagna conservasse tenacemente la sua impronta sul territorio (tessiture fondiarie, percorsi, allineamenti) e si candidasse a permanere nelle inclusioni verdi che costituiscono il parco quale tessuto connettivo del nuovo insediamento.

- **La residenza nel verde**

L'impronta verde è assolutamente dominante e non può non essere considerata una specialissima offerta di qualità residenziale. "Abitare nel verde" è uno slogan pubblicitario per qualsiasi condominio dotato almeno di fioriere, ovvero è il mito residenziale per eccellenza che alimenta l'immaginario collettivo della residenza di lusso e la ... speculazione edilizia nel verde agricolo. Qui è l'edilizia sociale che propone con una originale operazione urbanistica la "casa immersa nel verde", offrendo una consistente dotazione di verde ai nuovi residenti ma anche a chi già abita nei dintorni.

- **Gli isolati residenziali**

Nel verde diffuso si sarebbero potute proporre alte "torri" o lunghe "stecche" o grandi "corti", ordinate, omogenee, compatte, ma con più verde. Sarebbe risolto qualitativamente il contesto residenziale complessivo. Ma sarebbe altrettanto qualificata la condizione abitativa puntuale?
Lo scenario offre una proposta di aggregazione delle unità abitative secondo una modalità diversa rispetto ai tipi consueti: una serie di nuclei residenziali formati da tre o quattro edifici raccolti attorno ad una piccola corte verde. Ogni nucleo è diverso. Ogni edificio è diverso. C'è un'esplicita volontà di creare condizioni ottimali per la formazione di micro-comunità capaci di offrire, in una dimensione più umana dell'abitare urbano, occasioni di relazioni sociali ravvicinate, elementi di riconoscibilità differenziata, possibilità di personalizzazione.

Esempi in Piemonte

Dal 1999 la Regione Piemonte persegue politiche finalizzate a diffondere la realizzazione di abitazioni eco compatibili, anno nel quale con l'approvazione dell'8° bando di edilizia agevolata vennero introdotti criteri per premiare quegli interventi che prevedevano l'introduzione di forme di risparmio energetico tra le quali i pannelli fotovoltaici, che nel caso del programma integrato di Alessandria, costituiscono l'elemento caratterizzante e di riconoscibilità dell'intervento.

Nel 2003, con i nuovi bandi, l'iniziativa fu continuata e per essere finanziati[7] con priorità rispetto agli altri, le abitazioni bioedili devono escludere l'utilizzo di pavimenti, finestre e porte in PVC, di legni tropicali, di isolanti termici sintetici, e devono prevedere il riutilizzo dell'acqua piovana per usi non alimentari, un adeguato orientamento in funzione dei venti dominanti, l'uso di forme di risparmio energetico attraverso sistemi di gestione ecologica dell'energia (eolica, fotovoltaica, combustione di residui vegetali, pompe di calore e sistemi di illuminazione ad alto rendimento).

La Regione partecipa anche al gruppo di lavoro nazionale ITACA, di cui il protocollo elaborato conta 75 schede con una decina di campi per ciascuna di esse, che consentono di agevolare il progettista e di consentire ai Comuni un controllo sulla effettiva eco compatibilità dell'intervento.
E' stato previsto anche un protocollo ridotto che consente un'analisi più immediata, strumento attraverso il quale graduare le realizzazioni di bioedilizia, così come viene fatto nella Provincia Autonoma di Bolzano, che, con legge, ha introdotto un sistema obbligatorio di classificazione dei manufatti edili in relazione al livello di risparmio energetico e all'uso dei materiali. Ciò trova la sua ragione nella scelta di diffondere tecniche costruttive immediate evitando che il sovrapprezzo per gli acquirenti risulti eccessivo.

[7] Il contributo che la Regione Piemonte prevede per questi interventi è elevato, infatti, per la realizzazione di abitazioni in locazione, giunge a 85.000 € di cui 60.000 € a fondo perduto e i restanti 25.000 € da restituire nella misura del 2,50 % all'anno per un massimo di 25 anni e dai 22.000 € ai 30.000 € a fondo perduto, da scontare sul prezzo di acquisto dell'abitazione, per le abitazioni in proprietà.

IL VILLAGGIO FOTOVOLTAICO DI ALESSANDRIA

Livello di Intervento: L'edificio e il contesto

Gli obiettivi

Nel 2003 il Comune di Alessandria ha presentato il progetto del "Villaggio Fotovoltaico", con l'obiettivo di diffondere tecniche eco compatibili nel settore dell'edilizia residenziale, integrando le stesse con forme di riduzione della mobilità privata e l'introduzione di tecnologie per fonti energetiche rinnovabili.

"Il Villaggio Fotovoltaico" rappresenta un'iniziativa:

- *Innovativa* e non un semplice adempimento normativo;
- *Pilota* in quanto integrata in un complesso programma urbanistico, edilizio, ambientale;
- *Disseminabile* in quanto riproducibile in altri contesti urbani anche con risorse ordinarie;
- *Partecipata* poiché costruita con dialogo, consenso e con la collaborazione attiva di vari soggetti pubblici e privati;
- *Efficace* poiché produce effetti positivi sull'ambiente, coinvolgendo circa 800 utilizzatori residenti oltre ai fruitori dei servizi pubblici;
- *Strategica* poiché sostenuta dall'impegno finanziario e dalla volontà politica dell'amministrazione comunale, nonché utile al completamento di un disegno programmatico;
- *Stimolante* in quanto l'applicazione di una "nuova" tecnologia porta ad una ricaduta generale stimolando una crescita;
- *Didattica* poiché crea cultura intesa come aggiornamento tecnico di progettisti, imprese, operatori del settore in genere.

Per la presenza di queste caratteristiche, in seguito alla partecipazione al concorso del Ministero dell'Ambiente, il "Villaggio Fotovoltaico" di Alessandria ha ottenuto il 1° Premio per le città sostenibili del 2000.

Il programma

Il Villaggio Fotovoltaico prevede l'installazione di ben 160 Kwp (Kw di picco) di moduli fotovoltaici su oltre 3000 m^2 di superficie. Gli impianti montati in ogni singolo alloggio permetteranno di produrre energia elettrica che andrà direttamente in rete. L'energia prodotta coprirà al 100% il consumo delle parti comuni dell'intero complesso e sino al 70% di quello dei singoli appartamenti.

Il progetto è stato realizzato nell'ambito del programma "10.000 tetti fotovoltaici" del Ministero dell'Ambiente che ha permesso ad ogni singolo utente di usufruire di un finanziamento fino al 75% del costo complessivo.

Fig. 5 Vedute di particolari del Villaggio Fotovoltaico di Alessandria

PRESENTAZIONE CASCINA CARNEVALA	livello di intervento: Il singolo edificio

Situata nella località "La Fraschetta", piccolo territorio della bassa pianura padana piemontese in provincia di Alessandria, la Cascina Carnevala è un edificio rurale costruito agli inizi del 1800 utilizzando una particolare tecnica costruttiva caratteristica di questo territorio.

La tecnica costruttiva

Consiste nella realizzazione di casseri in legno al cui interno viene pressata a strati e successivamente bagnata la terra disponibile in loco. Una volta asciugata naturalmente, la terra viene rimossa ed il risultato è un "pannello" di terra cruda che viene posato sfalsato per la realizzazione dei muri di tamponamento. Le case in terra cruda, proprio per le caratteristiche del materiale, offrono garanzie di elevato comfort termico, ed un corretto e regolare intervento di restauro e risanamento conservativo atto ad eliminare alcuni problemi come l'umidità di risalita, oltre a garantire ottime caratteristiche di comfort abitativo.

L'intervento di risanamento

Considerate le non buone condizioni generali dell'edificio, l'intervento di risanamento effettuato con tecniche di bioedilizia consiste nel consolidamento strutturale e nell'eliminazione di problemi connessi alla presenza di umidità nei locali al piano terreno, ed a questo scopo sono stati utilizzati i materiali naturali seguenti:

- Legno: per la struttura del tetto;
- Laterizio: per la copertura realizzata utilizzando in parte i coppi rimossi;
- Calce: per gli intonaci;
- Sughero: per l'isolamento dei muri esterni e della copertura (pannelli di spessore 3 cm);
- Pannelli in fibra di legno: per l'isolamento della copertura;
- Linoleum: per la pavimentazione;
- Pitture ai silicati di Potassio: per la tinteggiatura delle pareti esterne;
- Pitture a base di calce: per la tinteggiatura delle pareti interne;
- Vernici all'acqua e impregnanti a base di resine vegetali: per la protezione delle strutture lignee del tetto;
- Impianto termico: è previsto l'utilizzo di pavimenti radianti a bassa temperatura con serpentine a passo variabile ed isolamento con pannelli di sughero.

LA CASA PASSIVA DI CHERASCO	livello di intervento: Il singolo edificio

Gli obiettivi

La soluzione progettuale adottata a Cherasco (Cuneo) presenta due aspetti integrati:

- una progettazione architettonica attenta e rispettosa dei caratteri della tradizione edilizia locale;
- una progettazione termotecnica, che affronta la ristrutturazione integrale di un edificio sulla base dei criteri della "casa passiva", caratterizzata da bassissimo consumo energetico e dispersioni definite e ben delimitate, riducendo notevolmente il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'edificio.

Si tratta di una ricostruzione ex novo, che riprende l'orientamento e la morfologia edilizia dell'edificio originario (risalente agli inizi del '800 ed edificato per usi rurali), realizzata con criteri progettuali e tecnologici con lo scopo di affrontare problematiche energetiche e ambientali, nonchè con l'impiego di materiali locali (legno per le strutture orizzontali e la copertura, mattoni pieni per le strutture portanti verticali) e il riutilizzo di mattoni faccia vista recuperati dalla demolizione dell'edificio preesistente.

Gli elementi dell'edificio

- **L'involucro**
  - Riutilizzo di mattoni recuperati dalla demolizione dell'edificio preesistente e impiego di mattoni forati intonacati con malta mischiata a sabbia locale, che ne conferisce il colore tipico ocra;
  - Isolamento in intercapedine realizzato con pannelli di lana di roccia dello spessore di 24 cm fissati al muro interno mediante tasselli;
  - Realizzazione di muri esterni di finitura ancorati alla struttura interna portante con elementi in acciaio di piccola sezione;
  - Tetto ventilato composto da: un primo assito sul quale poggiano una barriera a vapore e due strati da 15 cm di pannelli di lana di roccia, una barriera acqua-vento, un secondo assito con ventilazione ed infine i coppi.
- **Le finestre**
  - Nella progettazione di un edificio passivo sono previste finestre ad elevate prestazioni termiche, a triplo vetro con doppia intercapedine termoisolante. Le finestre di un edificio convenzionale causano perdite energetiche pari a circa il 20% del totale;
  - I vetri sono di tipo speciale, con intercapedini riempite con gas nobili;
  - I telai sono termoisolanti multicamera. Questi elementi di collegamento tra la superficie vetrata e l'involucro opaco rappresentano, nelle costruzioni convenzionali, punti di notevole dispersione termica.
- **La ventilazione e il riscaldamento**
  - Un edificio passivo è dotato di un sistema di ventilazione controllata che assicura il necessario ricambio d'aria all'interno degli ambienti, provvedendo inoltre alla climatizzazione sia nel periodo invernale che in quello estivo. Viene evitata perciò la dispersione di calore dovuta all'apertura delle finestre;
  - L'apparato di ventilazione è costituito da un doppio sistema di canalizzazioni: l'aria esterna viene filtrata, riscaldata, quindi immessa nell'ambiente interno, mentre l'aria interna, prima di essere espulsa, passa attraverso un recuperatore di calore in grado di recuperare e cedere calore all'aria in entrata;
  - L'aggregato compatto "Aerosmart L" che gestisce la ventilazione meccanica contiene una mini-pompa di calore, il recuperatore di calore, un serbatoio per l'acqua e i ventilatori necessari.

5 BEDZED, UN CASO IDEALE DI BIOEDILIZIA E URBANISTICA SOSTENIBILE

Il BedZed, ovvero *Beddington Zero Energy Development*, rappresenta uno degli interventi più innovativi in Europa. Come abbiamo visto nel capitolo precedente, a livello europeo sono presenti molti casi di applicazione dei principi della bioedilizia e della sostenibilità ambientale, ciascuno caratterizzato dall'applicazione di sistemi di progettazione innovativi e riduzioni del carico ambientale specifico per singolo cittadino; il BedZed merita un discorso a parte in quanto, oltre a rappresentare una concreta realtà nel panorama edilizio/urbanistico londinese, è stato valutato mediante l'applicazione dell'Impronta Ecologica. Ciò ci permetterà, come vedremo nel seguito, di confrontare i risultati ottenuti nel presente studio con il caso "pilota" che il BedZed rappresenta.

BedZed è stato realizzato da un promotore di edilizia sociale, il *Peabody Trust*, una delle più importanti associazioni londinesi operanti nel settore dell'edilizia abitativa, conosciuta per i suoi progetti di riqualificazione economica e sociale delle aree più povere della capitale britannica. *Zero Energy Development* indica il principale obiettivo e il risultato ottenuto: costruire un insediamento che non consumi in alcun modo energia fossile. BedZed è costruito su un'area dismessa a sud di Londra, ed è costituito da 83 alloggi a conduzione mista, ovvero abitazione sociale, convenzionata e in vendita, con più di 3.000 m^2 di spazi dedicati a vita e lavoro, commercio al dettaglio e usi ricreativi. I principi su cui si è basata la progettazione del BedZed sono fondamentalmente tre, che rappresentano anche aspetti tuttora monitorati per verificare l'efficacia del sistema e per apportarvi continui miglioramenti.

- **La dimensione sociale**

  Questo aspetto è molto importante in BedZed, a tal punto da dare una precisa connotazione all'intero progetto. Infatti, sono molte le caratteristiche progettuali e costruttive che permettono a tutti gli abitanti di vivere una condizione/dimensione sociale tale da ridurre al minimo gli sprechi e ottimizzare alcuni aspetti della vita quotidiana che normalmente gravano sulle scelte e sui comportamenti dei singoli cittadini. Ne sono esempio un mix di spazi per attività, lavoro e residenza, una densità urbana adeguata a creare una massa critica per la creazione di una comunità, la vicinanza a servizi più ampi, la riduzione della necessità di trasporto privato, un consorzio per la gestione comune del parco auto (*car sharing*), una gestione dell'insediamento da parte degli stessi abitanti e l'enfasi sulla possibilità di ciascuno di scegliere uno stile di vita senza carbonio. Dal punto di vista costruttivo, ampi spazi all'aperto nelle singole case e una progettazione tale da valorizzare in larga misura la luce naturale nei differenti ambienti, cercando di ottenere con scelte mirate una elevata qualità dell'aria, nonché una gestione dei servizi e delle reti basate in larga scala su Internet e sulle nuove tecnologie presenti sul mercato.

- **Efficacia economica**

  Non si è voluto trascurare, in fase di realizzazione, l'aspetto economico, pertanto i costi di costruzione sono in linea con i costi della cooperativa e gli affitti sono convenzionati, con la possibilità di acquisire in proprietà spazi e alloggi. Inoltre, le scelte sin qui descritte permettono un mix di vita e lavoro in grado di creare come conseguenza la nascita di nuove attività. L'organizzazione dei collegamenti interni a BedZed facilita la fruizione dei trasporti pubblici, permettendo un orientamento generale proteso verso l'autonomia dai carburanti. Oltre a ciò, aspetto peraltro non trascurabile nella vita dei singoli cittadini, le scelte di risparmio energetico permettono l'ottenimento di bollette energetiche molto contenute oltre a generare una forte riduzione dell'impatto ambientale e di conseguenza dell'Impronta Ecologica. Occorre ancora precisare che anche in questo caso Internet permette l'informazione della comunità, soddisfa le necessità delle imprese locali e l'erogazione di servizi.

- **Compatibilità ambientale**

  Questo aspetto, non meno trascurabile, è stato un tassello importantissimo nella progettazione di BedZed e riveste tuttora un ruolo di primo piano, in quanto permette, come accennato, di ridurre fortemente l'Impronta Ecologica dei singoli cittadini, riducendola a valori difficilmente eguagliabili (come avremo

modo di discutere nel capitolo relativo ai risultati del presente studio). All'interno di BedZed non vi è utilizzo di alcun combustibile fossile e l'energia disponibile è al 100% rinnovabile; le case sono a riscaldamento zero e sfruttano tecniche di bioedilizia come il riscaldamento solare passivo, le celle fotovoltaiche per la produzione di energia per 40 veicoli elettrici, i sistemi di recupero dell'acqua potabile (con un risparmio del 50%), il trattamento ecologico dell'acqua in loco e sistemi naturali di ventilazione. Pochi i materiali ad alto contenuto energetico incorporato (*embodied energy*), utilizzo di legno riciclato, acciaio strutturale riutilizzato, cogenerazione combinata di calore ed energia dagli scarti vegetali urbani (biocombustibile). Tutto ciò porta inevitabilmente ad avere un incremento del valore ecologico del sito e a valorizzare il suolo come risorsa finita.

La bioedilizia in BedZed

Da quanto sinora descritto, possiamo comprendere come BedZed sia un progetto ad ampio respiro che non si limita all'applicazione di tecniche di bioedilizia, ma cerca di integrarle con scelte oculate di mobilità, di spazi sociali, di organizzazione del lavoro, e di valorizzazione della qualità di vita dei singoli cittadini. Come approfondiremo in seguito, è possibile capire come questa visione integrata dei problemi di impatto antropico sull'ambiente rappresenta in BedZed, e potrebbe rappresentare da parte delle Pubbliche Amministrazioni, la via per una riduzione a 360° dell'Impronta Ecologica pro capite. La stessa scelta di definire il progetto per un'alta densità abitativa riflette l'importanza di usare appieno risorse limitate quale la disponibilità di suolo edificabile e al contempo fornisce la massa critica per l'attivazione di servizi comuni quali i trasporti. Al contempo, consente l'orientamento e la concentrazione necessari per un uso passivo della luce solare nella sua componente termica e luminosa.
In BedZed tutte le singole componenti contribuiscono al risultato finale: l'involucro edilizio nel suo rapporto con il contesto ambientale, gli abitanti e le loro abitudini, la localizzazione delle funzioni, la produzione e il consumo energetico.

- **Il riscaldamento dei locali**

Nel calcolo dell'Impronta Ecologica dei due edifici oggetto del presente studio (gli edifici di Corte Nuova a Concorezzo (MI) ed il Prototipo Villaggio Olimpico di Vinovo (TO)) potremo notare come una componente fondamentale dell'innalzamento dell'Impronta Ecologica sia rappresentata dal riscaldamento: l'adozione di scelte progettuali adeguate è in grado di ridurre la percentuale di impronta da esso causata. Nel caso di BedZed le case sono a riscaldamento zero: tale progetto, infatti, riesce a mettere in discussione il riscaldamento convenzionale degli spazi. Partendo dal presupposto che molti edifici, grazie alle attività che vi si svolgono, hanno fonti di riscaldamento interne raramente valorizzate in maniera adeguata, e che il dimensionamento dell'involucro edilizio, la localizzazione delle attività nei siti migliori e l'integrazione di forme di recupero di calore possono essere aspetti di primaria importanza nel risparmio di energia (e quindi di fonti primarie di energia), il gruppo di progettisti è riuscito ad eliminare in molti casi la presenza stessa del riscaldamento interno dell'edificio. Quindi, non soltanto si è ridotta la necessità di utilizzo del riscaldamento, ma è stato proprio possibile non inserirlo fra gli impianti, con ulteriore riduzione a livello costruttivo dell'Impronta Ecologica.

- **Isolamento termico dell'involucro edilizio**

Sono state sfruttate al limite le prestazioni di isolamento termico dell'involucro edilizio, grazie ad approfondimenti nello studio delle sequenze dei dati meteorologici che hanno permesso di definire le prestazioni e gli spessori dei materiali necessari per case a riscaldamento zero. Case super isolate, con vaste superfici di materiali ad alta capacità termica, possono far fronte alle esigenze di riscaldamento integrando l'uso e il controllo del calore solare passivo e di quello prodotto all'interno dagli utenti e dall'attrezzatura a disposizione per i differenti usi. Rendere i tetti "verdi" aumenta l'inerzia termica dell'edificio ma anche il valore ecologico del sito e la capacità di assorbimento del carbonio, oltre a dotare gli abitanti di una maggiore superficie verde privata (tale scelta, come abbiamo già accennato nel capitolo precedente e come descriveremo in maniera più dettagliata in seguito, è stata applicata anche nel caso dell'edificio di Vinovo).

- **L'orientamento dell'edificio e la distribuzione degli spazi interni**

L'orientamento dell'edificio, ma soprattutto l'oculata assegnazione degli spazi interni a seconda dei differenti usi di destinazione, ha permesso di sfruttare la maggiore produttività di calore conseguente all'uso di attrezzature nelle attività lavorative, che sono quindi state esposte a nord; al contrario, la maggiore necessità di insolazione ed acquisizione di calore degli spazi ad uso abitativo ha portato all'esposizione a sud per questi ultimi, in maniera da far loro trarre beneficio dal contributo solare.

Cogenerazione a bio-combustibile

Un altro passo verso l'autonomia energetica è stato compiuto sfruttando la potenzialità della cogenerazione a bio-combustibile proveniente dagli scarti del verde urbano, presente e raramente riutilizzato nei cicli di produzione energetica degli edifici (comportando peraltro un aggravio dei costi per il suo conferimento in discarica). Tale scelta, come potremo approfondire quando parleremo delle caldaie a pellet, reimmette nel ciclo naturale la CO_2 prodotta nella combustione, che contribuisce alla ricrescita del materiale vegetale bruciato per la produzione del calore. Nel caso di BedZed, infine, un gassificatore converte il legno in un gas adatto ad alimentare l'impianto di cogenerazione che fornisce sia calore che energia elettrica. L'eliminazione di ventilatori e pompe, l'uso di attrezzature domestiche conformi alle norme europee sull'ottimizzazione energetica, l'uso di lampade compatte a fluorescenza a basso consumo, e l'installazione di contatori visibili agli utenti sono tutti aspetti della complessiva strategia di riduzione della richiesta energetica.

Altre scelte progettuali

- Significative nel caso di BedZed sono la realizzazione di **camini a vento** per garantire una ventilazione controllata in grado di bilanciare la forte coibentazione degli edifici (e per evitare, di conseguenza, la formazione di umidità ed odori provenienti dalla vita quotidiana degli abitanti). A BedZed il sistema di camini a vento viene associato a uno scambiatore di calore che preriscalda l'aria in entrata con il calore sottratto all'aria estratta. I camini a vento generano abbastanza pressione perché l'aria venga incanalata all'interno dell'edificio, fornendo aria pulita pre-riscaldata ad ogni stanza di soggiorno e da letto, ed estraendo aria viziata da cucina e bagno. In questa maniera è stato possibile evitare ogni forma di ventilazione meccanica, sfiati e apparati elettrici generalmente richiesti.
- La scelta del **fotovoltaico** per la produzione di energia elettrica a servizio delle abitazioni e delle attività lavorative è stata soltanto predisposta ma non realizzata, considerando il rapporto costi/benefici scadente a fronte di un vantaggio ambientale che era possibile raggiungere in altra maniera. Il fotovoltaico, come precedentemente riportato, è stato però utilizzato per l'alimentazione di veicoli elettrici a supporto delle scelte strategiche di mobilità sostenibile interna a BedZed. In questo caso, mediante la tecnica del *car sharing*, gli abitanti di BedZed hanno a loro disposizione un parco veicolare a zero emissione di carbonio. Sono state create stazioni di servizio e gli abitanti possono fruire di parcheggi e ricariche gratuite.
- L'applicazione di **riduttori di flusso** a rubinetti e docce, di toilette a flusso duale ed altri leggeri accorgimenti tecnici, ha permesso di portare al 50% rispetto alla quota media inglese la domanda di acqua potabile da parte degli abitanti. Inoltre, viene anche raccolta l'acqua piovana, immagazzinandola in cisterne sotterranee per l'irrigazione e per gli sciacquoni dei WC.
- La **fitodepurazione** è utilizzata per il trattamento dei reflui in fase secondaria e terziaria di depurazione; il sistema, infine, tratta l'acqua ad un livello sufficiente a recuperarla come fornitura supplementare alle cisterne di raccolta.
- Si è ridotto al minimo la **movimentazione di materiali**: quelli da costruzione provengono da distanze inferiori ai 55 Km, sia per ridurre l'impatto ambientale del trasporto che per controllarne le fonti. Nella struttura sono presenti acciaio riutilizzato e legno di risulta per i lavori di cantiere, e i rifiuti da costruzione sono stati stoccati in loco e avviati al riciclaggio. Si è inoltre concordata una strategia di stoccaggio domestico: i bidoni per la raccolta differenziata, forniti a tutte le cucine, vengono raccolti dall'autorità locale. Esiste infine un sistema per il compostaggio dei rifiuti vegetali e organici.
- Da ultimo, occorre ricordare la vasta applicazione delle tecnologie migliori per l'accesso alla rete **Internet**, che permette l'ottimizzazione dei servizi e della gestione delle reti interne al quartiere. Inoltre, considerando il veloce e continuo cambiamento delle tecnologie specifiche, il cablaggio del quartiere è stato predisposto in maniera tale da rendere facile una sua eventuale sostituzione e modernizzazione. La prospettiva del ciclo di vita degli edifici, progettati per durare alcuni decenni con manutenzioni e ristrutturazioni minime, unitamente all'attitudine degli abitanti, hanno determinato la scelta di mantenere manuali la maggior parte delle operazioni quotidiane. Modalità peraltro conveniente e coerente con il progetto passivo dell'edificio. L'informatizzazione di specifici servizi comuni a tutto l'insediamento, quale la lettura e la fatturazione a distanza dei contattori dell'elettricità, del riscaldamento, dell'acqua, rendendo invece possibile un monitoraggio complessivo delle prestazioni.

Parte 2
L'IMPRONTA ECOLOGICA: DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE

IN QUESTA SEZIONE L'ATTENZIONE VIENE CONCENTRATA SULL'IMPRONTA ECOLOGICA, UNO TRA GLI INDICATORI SINTETICI OGGI PIÙ LARGAMENTE UTILIZZATI IN LETTERATURA, CHE SI RITIENE INTERESSANTE PER IL RIGORE DELLA FORMULAZIONE SCIENTIFICA, PER LA POSSIBILITÀ DI APPLICAZIONE A CASI CONCRETI E PER LA GRANDE POTENZA COMUNICATIVA.

6 L'IMPRONTA ECOLOGICA: UN NUOVO STRUMENTO PER STIMARE LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Lo strumento statistico utilizzato per il confronto fra realtà edilizie tradizionali e bioedili e per la valutazione dell'impatto ambientale dei consumi è l'Impronta Ecologica, introdotta da Mathis Wackernagel e William Rees dell'Università della British Columbia, Canada, a partire dagli anni '90. L'Impronta Ecologica rappresenta un indicatore sintetico per la valutazione della sostenibilità ambientale, e si fonda sul concetto che ogni bene o attività umana comporta dei costi ambientali in termini di prelievi di risorse naturali, traducibili e quantificabili in metri quadri o ettari di superficie. Ciascuna tipologia di consumo farà riferimento ad un tipo di superficie produttiva differente[8].

La formulazione teorica dell'Impronta Ecologica

L'Impronta Ecologica stima la quantità totale di servizi ecologici che una popolazione utilizza per vivere, calcolando l'area totale di ecosistemi terrestri e acquatici necessaria per fornire, in modo sostenibile, tutte le risorse utilizzate e per assorbire, sempre in modo sostenibile, tutte le emissioni prodotte.

Si considerano tutti i servizi ecologici che concorrono al mantenimento di una popolazione:

- Servizi "a monte": permettono l'estrazione delle risorse dall'ambiente;
- Servizi "a valle": consentono la depurazione delle emissioni prodotte.

Capacità di Carico e Impronta Ecologica

Già da tempo utilizzata, la Capacità di Carico (*Carrying Capacity*) è una grandezza che definisce il carico massimo, esercitato dalla popolazione di una certa specie, che un determinato territorio può supportare senza che venga permanentemente compromessa la produttività del territorio stesso.

L'Impronta Ecologica rappresenta quindi la quota di Capacità di Carico di cui si è appropriata la popolazione umana residente nell'area considerata, ponendo l'attenzione non sulla determinazione della massima popolazione umana che un'area può supportare, bensì sulla stima del territorio produttivo effettivamente utilizzato dai residenti, indipendentemente dal fatto che questa superficie coincida con il territorio su cui la popolazione stessa vive.

Studi e analisi ambientali

L'Impronta Ecologica ha avuto molto successo ed è applicata in numerosi studi e analisi ambientali in diversi ambiti, anche per la valutazione di singole attività o per il monitoraggio dello stato ambientale locale. Esempi di applicazione di questo indicatore sono:

- I rapporti sullo stato dell'ambiente *Living Planet Report (ultima edizione 2006)*, redatti dal WWF International, in cui viene calcolata l'Impronta Ecologica per tutte le nazioni del mondo con più di un milione di abitanti;
- Applicazioni effettuate dal Ministero per l'Ambiente Britannico, dalla regione australiana del Queensland[9], dalla città di Vancouver e da numerose università[10];
- Numerosi studi teorici sviluppati per migliorarne le potenzialità e per definirne i limiti di applicabilità: la rivista scientifica *Ecological Economics* ha dedicato nel 2000 un numero

---

[8] Consideriamo, a titolo di chiarimento, due esempi. Il primo caso: l'utilizzo di servizi di produzione di biomassa, quali ad esempio il pascolo di animali che si nutrono di erba, sarà sostenibile solo se l'erba viene brucata ad un tasso inferiore o uguale a quello naturale di ricrescita; in caso contrario il pascolo è condannato alla desertificazione.
Il secondo caso: l'emissione atmosferica di CO_2 da parte di una nazione, sarà ambientalmente sostenibile se avviene con tassi inferiori o uguali a quelli di incorporamento della CO_2 da parte delle foreste presenti sulla superficie nazionale.

[9] Simpson *et al.*, 1995.

[10] Rees e Wackernagel, 1996; Wackernagel e Rees, 1997; Bologna *et al.*, 1999; Hanley *et al.*, 1999; Proops *et al.*, 1999; van den Bergh e Verbruggen, 1999; Wackernagel *et al.*, 1999.

monografico a questo indicatore. Sono stati inoltre pubblicati, anche nella versione italiana, diversi volumi divulgativi relativi a questo particolare indicatore.

Sviluppo sostenibile, sostenibilità ambientale ed ecosistemi

La scelta di indicatori adatti a stimare l'impatto delle attività umane sull'ambiente riveste grande importanza. Prima di entrare nel vivo della presentazione dell'Impronta Ecologica e della biocapacità, gli indicatori scelti per il nostro studio, si ritiene opportuno introdurre alcune considerazioni riguardo ai concetti di sviluppo sostenibile e sostenibilità ambientale e ricordare le proprietà più importanti che caratterizzano gli ecosistemi, e che sono inoltre alla base degli studi che seguiranno.

- **Le definizioni di sviluppo sostenibile**

Il paradigma dello sviluppo sostenibile si è largamente diffuso a partire dalla stesura, da parte dell'UNEP, del Rapporto Brundtland nel 1987, che ne ha dato la prima definizione, e dal Summit di Rio del 1992, che lo ha fatto conoscere e lo ha consacrato presso il grande pubblico. Da allora le definizioni si sono moltiplicate, collezionando sfumature e sottolineature diverse, talora anche in aperta antitesi tra loro: già nel 1991 Pearce e collaboratori avevano rilevato ben 25 differenti definizioni. Se da un lato questa moltiplicazione ha permesso la rapida diffusione del concetto, dall'altra ha però concorso a svuotarlo di ogni preciso significato e a spogliarlo di operatività, disinnescandone così la forza iniziale.

- **Sostenibilità ambientale**

Per stimare l'impatto delle attività umane sull'ambiente è più opportuno fare riferimento non tanto al concetto di sviluppo sostenibile, quanto piuttosto a quello, più limitato e preciso, di sostenibilità ambientale. Questo concetto parte dalla considerazione dei servizi offerti dalla natura e dal confronto dei tassi con cui tali servizi sono richiesti dall'uomo con i ritmi naturali di erogazione. Si potrà quindi definire *ambientalmente sostenibile quella azione che comporta un utilizzo, diretto e/o indiretto dei servizi naturali, con un tasso inferiore o uguale a quello proprio di erogazione da parte della natura.*

- **Gli ecosistemi**

Pur essendo caratterizzati da proprietà e modalità di funzionamento sicuramente complesse, gli ecosistemi sono comunque oggetti studiabili, di cui si possono stimare i ritmi di crescita, i tassi di rigenerazione, le velocità di smaltimento. Seppure all'interno di un certo margine di approssimazione, l'operazione di descrivere e quantificare le dinamiche dei sistemi ecologici permette di evidenziarne i limiti e le fragilità e di rendere operativo il concetto di sostenibilità ambientale.

Il ruolo degli ecosistemi: da supporto passivo ad agenti attivi

Molte rappresentazioni delle componenti ambientali del territorio relegano la natura ad un ruolo sostanzialmente passivo. Queste descrizioni tendono, più o meno esplicitamente, a leggere la natura come contenitore passivo delle ricchezze-risorse naturali estratte dall'azione dell'uomo e come ricettacolo passivo dei prodotti di scarto delle attività umane.

- **I servizi ecologici**

Negli ultimi decenni, gli studi[11] nel campo della biologia e dell'ecologia hanno mostrato che il ruolo dei sistemi naturali è tutt'altro che passivo: l'insieme degli ecosistemi fornisce un grandissimo numero di servizi ecologici che sono vitali per la sopravvivenza della specie umana (e non solo). Tra questi citiamo, a titolo di esempio e senza alcuna pretesa di esaustività:

- la cattura dell'energia solare e la sua successiva messa a disposizione sotto forma di biomassa (servizio che rende possibile la vita di tutti gli organismi eterotrofi, tra cui l'uomo);
- la regolazione della composizione dell'atmosfera (regolazione dell'ossigeno, della CO_2, ecc.);
- la regolazione del clima (comprendente, tra l'altro, la redistribuzione dell'umidità);
- la formazione del suolo;
- la fissazione dei terreni ed il controllo dell'erosione;
- la fissazione dell'azoto nei suoli;
- la decomposizione ed il riciclo dei rifiuti organici;
- il controllo dell'inquinamento, tra cui la depurazione delle acque e dell'atmosfera;
- il controllo biologico di malattie ed infestazioni;

[11] Abramovitz, 1998; Daily, 1997a; 1997b; Simpson e Christensen, 1997; Odum 1996a, 1996b.

- la regolazione dei flussi idrici e, più in generale, del ciclo dell'acqua;
- l'impollinazione.

Tutti i servizi qui elencati contribuiscono, direttamente o indirettamente, a rendere vivibile il nostro pianeta sia per l'uomo sia per molte altre specie viventi. Si tratta di servizi vitali che non possono essere ricondotti al singolo ecosistema ma derivano dall'insieme degli ecosistemi presenti sulla Terra, ossia dalla rete globale di ecosistemi.

Servizi ecologici e sostenibilità ambientale

Se applichiamo le considerazioni sul ruolo attivo degli ecosistemi alla riflessione sulla sostenibilità ambientale, emerge che il raggiungimento della sostenibilità ambientale non è più solo riconducibile ad un problema di impatto ambientale e della sua riduzione (ruolo passivo degli ecosistemi), quanto di corretto utilizzo dei servizi erogati dalla natura (ruolo attivo degli ecosistemi).

- **La scelta degli indicatori**

Le considerazioni sul ruolo attivo degli ecosistemi rivestono una parte importante nella scelta di indicatori che siano in grado di stimare la sostenibilità ambientale di una regione o di una popolazione. Nel corso degli ultimi decenni sono stati proposti e utilizzati un grande numero di indicatori ambientali, basati su assunzioni, principi e intenti anche molto diversi.

La maggior parte di essi non è però definita per stimare l'uso di servizi ecologici, quanto piuttosto per descrivere i livelli di estrazione delle differenti risorse naturali e il grado di inquinamento dovuto alle diverse emissioni. Si tratta di informazioni estremamente utili, che necessitano però di essere tradotte e riportate all'interno della descrizione centrata sul ruolo attivo degli ecosistemi, scegliendo e/o definendo indicatori capaci di valutare la quantità dei servizi ecologici utilizzati e il rispettivo tasso di fruizione. In generale tali indicatori, dovendo valutare contemporaneamente e addizionare gli usi di differenti tipi di servizi naturali, individuano un "denominatore comune" per riuscire a riportare, in modo coerente ed esaustivo, ad un'unica misura la stima quantitativa dei diversi servizi naturali. Esistono vari indicatori con queste caratteristiche tra cui ricordiamo:

- Impronta Ecologica;
- indicatori eMergetici;
- indicatori che, per stimare l'entità dei servizi naturali fruiti, non utilizzano un fattore interno alla dinamica degli ecosistemi (come fanno invece l'eMergia e l'Impronta Ecologica), ma forniscono una valutazione monetaria[12].

[12] Costanza *et al.*, 1997; 1998.

■ Il calcolo dell'Impronta Ecologica

La formulazione classica

Il calcolo dell'Impronta Ecologica proposto da Wackernagel e Rees si basa sui consumi medi della popolazione: il presupposto è che ad ogni unità materiale o di energia consumata corrisponda una certa estensione di territorio, appartenente ad uno o più ecosistemi, che garantiscono, tramite l'erogazione di servizi naturali, il relativo apporto per il consumo di risorse e/o per l'assorbimento delle emissioni.

Il formalismo dell'Impronta Ecologica considera i seguenti tipi di attività che richiedono direttamente o indirettamente i servizi degli ecosistemi e che possono quindi essere tradotti in superfici di terreno ecologicamente produttivo.

Riprendendo la classificazione usata dall'Unione Mondiale per la Conservazione, la formulazione classica dell'Impronta Ecologica suddivide l'utilizzo di territorio ecologicamente produttivo in sei principali categorie:

Attività	Utilizzo di territorio
■ estrazione, lavorazione e trasporto dei beni e delle merci consumate; ■ produzione dell'energia utilizzata; ■ smaltimento degli scarti e delle emissioni prodotte dai vari consumi (vedi, ad esempio la superficie necessaria per assorbire la CO_2 emessa); ■ occupazione di territorio per l'allocazione di infrastrutture, impianti, abitazioni, ecc.	■ **Terreno per l'energia**: superficie necessaria per produrre, con modalità sostenibili (es. coltivazione di biomassa), la quantità di energia utilizzata[13]. ■ **Terreno agricolo**: superficie arabile (campi, orti, ecc.) utilizzata per la produzione delle derrate alimentari e di altri prodotti non alimentari di origine agricola (es. cotone, iuta, tabacco). ■ **Pascoli**: superficie dedicata all'allevamento e, conseguentemente, alla produzione di carne, latticini, uova, lana e, in generale, di tutti i prodotti derivati dall'allevamento. ■ **Foreste**: area dei sistemi naturali dedicati alla produzione di legname. ■ **Superficie degradata**: terreno degradato, ecologicamente improduttivo, dedicato alla localizzazione delle infrastrutture quali abitazioni, attività manifatturiere, aree per servizi, vie di comunicazione, ecc. ■ **Mare**: superficie marina necessaria alla crescita delle risorse ittiche consumate.

Il formalismo di calcolo considera l'uso mutuamente esclusivo di questi territori, nel senso che ad ogni territorio viene associata un'unica categoria anche se questo non corrisponde esattamente al vero. Si tratta comunque di un'approssimazione accettabile.

Il concetto di "ettaro equivalente"

L'esistenza di tipologie di territorio così diverse, che devono essere sommate insieme per arrivare alla stima finale dell'Impronta Ecologica, ha posto il problema delle differenti produttività che caratterizzano le tipologie territoriali sopra elencate. Per rendere comparabili tra loro gli usi dei diversi tipi di terreno, la formulazione classica dell'Impronta Ecologica introduce un'operazione di normalizzazione che consente di pesare le aree dei differenti tipi di terreno in base alla loro produttività media mondiale rispecchiata dai

[13] In realtà Wackernagel e Rees (1996) applicano una definizione differente, che si basa sull'area di foresta necessaria per assorbire la CO_2 emessa dalla produzione di energia a partire da combustibili fossili. Le due aree hanno lo stesso ordine di grandezza, ma questo secondo metodo consente di centrare il calcolo della componente energetica dell'Impronta Ecologica sui servizi ecologici di assorbimento, sottolineando inoltre il problema della concentrazione della CO_2 in atmosfera e la conseguente alterazione del clima. In questo modo diventa inoltre possibile, partendo dai dati riguardanti le diverse emissioni di CO_2, distinguere gli impatti provocati dall'uso di differenti combustibili fossili (solidi, liquidi, gassosi) per produrre energia.

fattori di equivalenza. Per queste superfici, non si utilizza come unità di misura l'ettaro, che si riferisce a superfici reali, bensì l'"ettaro equivalente" (*ha eq*) o "ettaro globale" (*global hectar; gha*). Per meglio chiarire la normalizzazione applicata ai diversi tipi di terreno si consideri il seguente esempio: la terra arabile è circa 2,11 volte più produttiva della media mondiale, mentre un ettaro di pascolo arriva solo al 47% della produttività media mondiale. Per compensare queste differenze e tenere conto che un ettaro di foresta "vale di più" di un ettaro di terreno medio, mentre un ettaro di pascolo "vale di meno", si introduce l'ettaro equivalente pari alla produttività media mondiale. In questo modo un ettaro di foresta equivarrà a 2,11 *ha eq*, mentre un ettaro di pascolo a soli 0,47 *ha eq*: un ettaro di terreno altamente produttivo rappresenta quindi più ettari equivalenti di una pari quantità di terreno meno produttivo.

La metodologia base di calcolo

Per illustrare la metodologia base di calcolo consideriamo una generica regione di cui si vuole valutare l'Impronta Ecologica: procedendo per passi successivi si devono affrontare le operazioni di seguito elencate.

- Calcolo dei **consumi medi Cn**, (espressi in *kg/anno*) per ogni bene o prodotto *n* consumato dalla popolazione residente nella regione in esame.
- Calcolo della **superficie Sn** (espressa in *ha*) necessaria per la produzione dello specifico bene *n*, ottenuta dividendo il consumo medio annuale di quel bene *Cn* per la sua produttività o rendimento medio annuale *pn* (espresso in kg/ha anno):

$$S_n = \frac{C_n}{p_n}$$

  Nella contabilizzazione dei territori devono essere inclusi anche quei terreni produttivi che non sono legati direttamente ai consumi di beni ma a quei servizi naturali indispensabili per assorbire le emissioni prodotte. In questo caso la produttività media *pn* dovrà essere intesa in senso generalizzato, come la quantità, in chilogrammi, della sostanza inquinante *n* che può essere assorbita da un ettaro di terreno produttivo.
- Calcolo dell'**Impronta Ecologica F** (espressa in *ha*) sommando i contributi delle diverse superfici *Sn* relative a tutti gli *n* beni consumati:

$$F = \sum_{n}^{tutti\ i\ beni} S_n$$

- Calcolo **dell'Impronta Ecologica pro capite f** (espressa in *ha/persona*) dividendo l'Impronta Ecologica totale *F* per la popolazione *P* residente nella regione in esame:

$$f = \frac{F}{P}$$

- Calcolo della **superficie equivalente**. Moltiplicando le aree dei sei diversi tipi di terreno per i fattori di equivalenza *hi*, proporzionali alla loro produttività media mondiale, si ottengono l'Impronta Ecologica *E* espressa in *ha* equivalenti e l'Impronta Ecologica pro capite *e* espressa in *ha* equivalenti pro capite.

■ Il calcolo della biocapacità

Definizione

Una parte integrante dell'analisi della sostenibilità di un territorio attraverso l'Impronta Ecologica è rappresentata dal calcolo della biocapacità. Con questo termine si indica l'insieme dei servizi ecologici erogati dagli ecosistemi locali, stimata attraverso la quantificazione della superficie dei terreni ecologicamente produttivi che sono presenti all'interno della regione in esame. Riprendendo quanto affermato nel *Rapporto Finale del Progetto Indicatori Comuni Europei EUROCITIES* (*Lewan, Simmons, 2001*) "*la biocapacità misura l'offerta di bioproduttività, ossia la produzione biologica di una data area. Essa è data dalla produzione aggregata dei diversi ecosistemi appartenenti all'area designata, che vanno dalle terre arabili ai pascoli alle foreste alle aree marine produttive e comprende, in parte, aree edificate o in degrado. La biocapacità non dipende dalle sole condizioni naturali, ma anche dalle pratiche agricole e forestali dominanti*".

Il calcolo

Il calcolo si rifà alle definizioni e al formalismo matematico dell'Impronta Ecologica.

- Il primo passo consiste nel calcolare l'estensione *ai* dei territori ecologicamente produttivi presenti all'interno della regione in esame, per ciascuna delle sei categorie di terreno sopra menzionate.
- Occorre poi pesare ciascuna delle superfici dei differenti tipi di terreno per i fattori di equivalenza *hi* proporzionali alla loro produttività media mondiale: in questo modo, sommando i diversi contributi presenti, si ottiene una misura della biocapacità che, similmente all'Impronta Ecologica, risulta espressa in *ha* equivalenti.
- Dal momento che la biocapacità stima l'offerta di bioproduttività degli ecosistemi locali, è importante considerare eventuali differenze di produttività rispetto alla media mondiale. In regioni aride lo stesso tipo di ecosistema ha, solitamente, una produttività minore che in regioni umide. Per tenere conto di queste possibili differenze si moltiplica la misura ottenuta al punto precedente per un fattore di rendimento (*yield factor*) *yi* che tiene conto delle variazioni della produttività locale rispetto alla media mondiale.
- Sommando le aree *ai* pesate con i fattori di equivalenza e di rendimento delle sei categorie di terreno si ottiene l'area totale B (misurata in *ha*) di terreno occupato da ecosistemi, e quindi potenzialmente produttivo, presente sul territorio:

$$B = \sum_{i=1}^{6} h_i \, y_i \, a_i$$

- A tale valore si sottrae, seguendo Wackernagel (1997), un 12% di terreno, considerato l'area minima indispensabile per la preservazione della biodiversità.
- Partendo dalla misura così ottenuta e dividendola per il numero di abitanti è possibile calcolare la biocapacità pro capite *b*.

Il bilancio ambientale

La biocapacità rappresenta quindi l'estensione totale di territorio ecologicamente produttivo presente nella regione, ossia la capacità potenziale di erogazione di servizi naturali a partire dagli ecosistemi locali. Questa grandezza va comparata con l'Impronta Ecologica, che fornisce una stima dei servizi ecologici richiesti dalla popolazione locale. È possibile definire un vero e proprio bilancio ambientale sottraendo all'offerta locale di superficie ecologica (la biocapacità) la domanda di tale superficie, richiesta dalla popolazione locale (l'Impronta Ecologica). Ad un valore negativo/positivo del bilancio corrisponde una situazione di deficit/surplus ecologico: questo sta ad indicare una situazione di insostenibilità/sostenibilità ambientale in cui i consumi di servizi ecologici sono superiori/inferiori ai livelli di erogazione e rigenerazione che si hanno partendo dagli ecosistemi locali. L'entità del deficit o del surplus ecologico rappresenta pertanto una stima del livello di sostenibilità/insostenibilità ambientale del territorio locale.

L'analisi dell'Impronta Ecologica e della biocapacità a livello mondiale e nazionale

La metodologia dell'Impronta Ecologica è stata utilizzata in numerosi studi sulla sostenibilità ambientale. In questo paragrafo illustriamo le analisi di Wackernagel e collaboratori che hanno riguardato i calcoli dell'Impronta Ecologica e della biocapacità riferiti a 52 Stati del mondo (con una popolazione superiore al milione di abitanti). Citiamo inoltre, in modo più dettagliato, alcuni risultati ottenuti in questi studi, per fornire al lettore esempi dell'utilità e delle potenzialità dell'analisi dell'Impronta Ecologica.
I primi calcoli dell'Impronta Ecologica e della biocapacità sono dovuti a Wackernagel (1996); in questo paragrafo ci riferiamo ad alcuni dei risultati più interessanti emersi dai recenti studi del *Living Planet Report*, sempre effettuati da Wackernagel.

- **L'evoluzione temporale del consumo di servizi ecologici**

Nel 1999 l'Impronta Ecologica globale è pari a 13,7 milioni di ettari equivalenti, ovvero a 2,28 ettari equivalenti pro capite. A partire dal 1961, essa è aumentata in media ogni anno di 1,6 punti percentuali, quasi di pari passo con la crescita della popolazione mondiale (1,8% di crescita l'anno). Questi valori dell'Impronta Ecologica possono essere confrontati con la biocapacità del pianeta. Dall'inizio del secolo lo spazio ecologico disponibile pro capite è diminuito da circa 5-6 *ha* globali pro capite a soli 1,9 *ha* equivalenti pro capite: la situazione è estremamente critica perché tale valore supera ormai del 20% la capacità biologica mondiale, ossia la quantità di terreni ecologicamente produttivi presenti sulla Terra. Queste tendenze illustrano molto bene il problema della mancanza, a livello mondiale, di una sostenibilità inter-generazionale: con i livelli di consumo attuali si stanno distruggendo per sempre risorse naturali che dovrebbero, invece, essere consegnate intatte alle generazioni future.

- **La distribuzione spaziale degli usi di servizi naturali**

Direttamente proporzionale ai consumi e agli stili di vita, la distribuzione spaziale degli usi di servizi naturali può essere accuratamente analizzata attraverso l'Impronta Ecologica. I rapporti *Living Planet Report* sullo stato dell'ambiente evidenziano il grave problema della mancanza di sostenibilità intra-generazionale, relativo ai profondi squilibri presenti, a livello mondiale, nell'accesso delle diverse nazioni alle risorse: le regioni del pianeta corrispondenti alle cosiddette nazioni "sviluppate", sono anche quelle caratterizzate dai più alti valori di Impronta Ecologica e quindi responsabili dei maggiori impatti verso l'ambiente.

- **L'Impronta Ecologica pro capite: valori medi e deficit ecologici**

Dividendo la superficie produttiva dell'intero pianeta per la popolazione mondiale, otteniamo una quota media di terra disponibile pro capite (1,9 *ha eq*) che rappresenta la quantità di terreno che spetterebbe a ogni persona se le risorse ambientali fossero ripartite equamente.
Analizzando i valori medi di Impronta Ecologica di diverse regioni dei pianeta, emerge che l'Impronta Ecologica media di un cittadino nei paesi ad alto reddito è circa sei volte maggiore di quella dei paesi a basso reddito e più di 3 volte maggiore della quota media di Terra disponibile a livello mondiale.

- **Il caso dell'Italia**

Vengono qui citati i risultati del *Living Planet Report 2002*. L'Impronta Ecologica pro capite dell'italiano medio è 3,84 *ha eq*. È interessante, anzitutto, comparare questo valore con la quota media di terra di 1,9 *ha eq* pro capite: ogni italiano consuma più del doppio del quantitativo accettabile per avere un'economia sostenibile per l'ambiente e un'equa ripartizione delle risorse. Si può, inoltre, confrontare l'Impronta Ecologica italiana con la capacità biologica della nazione, pari a 1,18 *ha eq* pro capite. La differenza fra l'Impronta Ecologica e la capacità biologica rappresenta il deficit ecologico, che, nel caso italiano, vale ben 2,67 (3,59) *ha eq* pro capite. Il deficit ecologico fornisce una valutazione del sovraccarico locale, svelando quanto una specifica regione sia dipendente da capacità produttive extra-territoriali, attraverso il commercio e/o l'appropriazione dei flussi naturali. Questo vuol dire che solo circa un terzo dei consumi degli italiani potrebbe essere prodotto a partire dai territori nazionali.

7 LA STORIA DELL'IMPRONTA ECOLOGICA

L'Impronta Ecologica è uno strumento molto versatile che può essere utilizzato per stimare l'uso dei servizi ecologici a differenti scale: dal singolo bene di consumo all'attività produttiva di una industria, dalla singola persona, alle nazioni, fino al calcolo dell'Impronta Ecologica dell'intero pianeta. In questo paragrafo si riportano diversi esempi di analisi effettuate con l'Impronta Ecologica, ordinati secondo un ordine temporale e una scala geografica decrescente, partendo dal livello globale e nazionale fino ad arrivare ad applicazioni a scala locale (regioni, province, comuni). In seguito si descrivono gli esempi ritenuti più significativi per l'influenza avuta nella formulazione della metodologia di calcolo per l'analisi dell'Impronta Ecologica a scala sub-nazionale in Italia.

L'Impronta Ecologica delle Nazioni

Il primo importante studio sull'Impronta Ecologica a livello nazionale[14], pubblicato in occasione del Forum Rio+5, è stato commissionato e finanziato dal Earth Council. Sono state prese in esame 52 nazioni, le quali, tutte assieme, ospitano l'80% della popolazione mondiale e generano il 95% del PIL mondiale. Gli autori sono giunti ad un valore di calcolo pari a 1,7 *ha* pro capite disponibili per ogni individuo del pianeta.

- **La metodologia**
  - Effettuando un confronto fra il valore di calcolo di 1,7 *ha* con l'Impronta Ecologica pro capite nazionale, è possibile effettuare un bilancio ambientale per ogni nazione esaminata.
  - Per il calcolo sono stati utilizzati i dati relativi al 1993 e le statistiche delle Nazioni Unite.
  - I consumi sono stati misurati sommando alle produzioni le importazioni e sottraendo le esportazioni.
  - Sono state analizzate 120 voci che comprendono risorse naturali e prodotti lavorati.
  - L'Impronta Ecologica viene espressa in valori pro capite al fine di rendere confrontabili Paesi di dimensioni diverse.
  - Il calcolo non considera il consumo di acqua dolce e l'impatto ecologico dovuto alle contaminazioni industriali (per es. piogge acide).

Il Living Planet Report

Il *Living Planet Report* (in questo testo abbreviato con la sigla LPR) è stato pubblicato per la prima volta nel 2000. Qui di seguito si descrive la versione precedente a quella resa pubblica nell'ottobre 2006, evidenziando le innovazioni introdotte rispetto alla versione del 2000.

Il LPR è stato realizzato con l'intento di valutare i cambiamenti degli ecosistemi nel tempo, di misurare l'impatto umano sull'ambiente e di analizzare la distribuzione geografica di questo fenomeno. A tal fine sono stati utilizzati due indicatori ambientali:

- **L'Indice del Pianeta Vivente *(Living Planet Index)***

  E' volto a monitorare la variazione numerica di alcune specie animali prese come campione rappresentativo dell'ecosistema considerato. L'ultima edizione del 2006 si basa sui trend di oltre 3.600 distinte popolazioni di 1.300 specie di vertebrati in tutto il mondo, analizzando in totale 695 specie terrestri, 344 di acqua dolce e 274 specie marine.
- **L'impronta Ecologica**

  La parte relativa all'analisi dell'Impronta Ecologica è suddivisa in sette sezioni: una per ogni componente di terreno ecologicamente produttivo ed una riguardante i consumi di acqua. Per ognuna

[14] Wackernagel *et al.*,1997.

delle prime sei sezioni il rapporto presenta l'evoluzione temporale dell'indicatore a livello globale dal 1961 al 1999, un confronto fra le Impronte Ecologiche delle aree geografiche e delle aree economiche del pianeta, il calcolo dell'indicatore per tutti i paesi con più di un milione di abitanti. L'analisi è stata effettuata utilizzando i dati pubblicati dalla FAO (*Food and Agriculture Organization delle Nazioni Unite*), dalla IEA (*International Energy Agency*) e dall'IPCC (*intergovernmental Panel on Climate Change*), più attendibili di quelli utilizzati nella versione del 2000. I consumi nazionali sono calcolati sommando alla produzione locale le importazioni e sottraendo le esportazioni. A partire da questi è stata valutata l'Impronta Ecologica applicando una metodologia di calcolo più raffinata rispetto alle versioni precedenti. L'ultima sezione è dedicata alla misura della quantità di acqua dolce utilizzata per l'agricoltura, l'industria o per scopi domestici. Anche questa sezione presenta gli stessi tipi di analisi delle precedenti.

Living Planet Report 2006

Quest'ultimo rapporto del WWF denuncia il ritmo impressionate, e senza precedenti nella storia della specie umana, col quale si stanno degradando gli ecosistemi naturali. Dopo due anni di studi e analisi sullo stato naturale del pianeta e sul ritmo attuale di consumo delle risorse (quali il terreno fertile, l'acqua, le risorse forestali, le specie animali, comprese le risorse ittiche), gli studiosi mettono in evidenza quanto segue:

- Si stima che entro il 2050 il ritmo di consumo raggiunto dalla popolazione umana sarà pari a due volte la capacità del pianeta. L'Impronta Ecologica dell'uomo è aumentata ad un punto tale che la Terra non è più capace di rigenerare ciò che viene consumato.
- Si conferma una continua perdita di biodiversità, così come analizzato nelle precedenti edizioni.
- I grafici degli andamenti delle popolazioni delle specie viventi dimostrano globalmente una pericolosa discesa: il rapporto dimostra che in 33 anni (dal 1970 al 2003) le popolazioni di vertebrati hanno subito un tracollo di almeno 1/3, le specie terrestri si sono ridotte del 31%, quelle di acqua dolce del 28% e quelle marine del 27%.
- L'impatto ambientale delle attività umane è più che triplicato nel periodo tra il 1961 e il 2003. Questo rapporto mostra che la nostra impronta, nel 2003, ha già superato del 25% la capacità bioproduttiva dei sistemi naturali da noi utilizzati per il nostro sostentamento. Nel rapporto precedente (quello pubblicato nel 2004 e basato sui dati del 2001) era del 21%.

Un'applicazione sperimentale dell'Impronta Ecologica in tre piccole città del nord, del centro e del sud Italia

Lo studio, promosso da WWF Italia ed effettuato dal CRAS s.r.l. (*Centro Ricerche Applicate per io Sviluppo sostenibile*)[15] ha come fine lo sviluppo di una possibile metodologia da applicare a realtà locali come gli insediamenti urbani. Gli autori calcolano e confrontano l'Impronta Ecologica di tre città italiane di dimensioni simili (da un punto di vista demografico) e differente struttura socio-economica: Legnago, Orvieto e Isernia.

La metodologia

- Si basa sulla stima dello scostamento delle Impronte Ecologiche delle singole città rispetto al valore medio nazionale italiano di Impronta Ecologica pubblicato da Wackernagel e Rees (1997).
- Ogni componente dell'Impronta Ecologica delle tre città è stata quindi calcolata pesando l'Impronta Ecologica italiana con un fattore di proporzione ottenuto dal rapporto tra i consumi della città e i rispettivi consumi dell'Italia.
- Il calcolo utilizza esclusivamente dati di fonte ISTAT sia per quelli demografici e territoriali sia per quanto riguarda i consumi.
- L'analisi del settore trasporti ha preso in considerazione i dati ISTAT sugli spostamenti delle persone per motivi di studio e lavoro. Tali dati, disponibili anche a livello comunale, sono disaggregati per tipologia di mezzo utilizzato e per tempi di spostamento. Da questi dati è stato possibile dedurre il chilometraggio medio degli spostamenti con i diversi mezzi e, quindi, i consumi medi di carburante.
- Il calcolo della biocapacità delle città non viene effettuato, anche se vi è il confronto tra le Impronte Ecologiche pro capite delle tre città e la quota media di Terra disponibile a livello mondiale.

---

[15] Bilanzone, Pietrobelli, 1999.

- I risultati portano a valori di Impronta Ecologica simili nei diversi casi studiati: 3,09 *ha* pro capite per Legnano, 2,94 *ha* pro capite per Orvieto e 3,01 *ha* pro capite per Isernia.

Lo studio, pur essendo oramai superato come metodologia utilizzata, è uno dei primi casi di applicazione dell'Impronta Ecologica alla scala locale della singola città, ed ha inoltre il pregio di contenere alcuni approfondimenti di notevole interesse.

L'Impronta Ecologica della Regione Liguria e della Provincia di Bologna

Il calcolo dell'Impronta Ecologica della Regione Liguria

Lo studio[16], effettuato dal CRAS, elabora una matrice di calcolo da utilizzare per la Liguria sulla base del lavoro eseguito da Wackernagel e collaboratori (2000) per la stima dell'Impronta personale e delle famiglie. Viene ripresa perciò la suddivisione in categorie di consumo presente nel foglio di calcolo di Wackernagel.

La metodologia

- I consumi delle famiglie vengono suddivisi in 5 categorie: Alimenti, Beni di consumo e servizi, Trasporti, Uso del suolo, Energia e acqua.
- Per evitare l'alto livello di approssimazione dei dati di produzione, di importazione ed esportazione riferiti all'area analizzata (la Regione Liguria), gli autori hanno preferito utilizzare dati che fornissero direttamente i consumi delle famiglie o dei singoli individui.
- A partire dai dati ISTAT sulla spesa mensile delle famiglie disponibili per l'Italia, sono state eseguite stime e proporzioni al fine di ottenere i valori dettagliati di consumo per categoria a livello regionale.
- Lo studio ricava l'Impronta Ecologica per ognuna delle 5 categorie sopra elencate. L'Impronta Ecologica finale viene conteggiata secondo due componenti di consumo (Consumi alimentari e Consumi non alimentari) ed è disaggregata secondo le sei tipologie di terreno ecologicamente produttivo che la compongono.

L'analisi dell'Impronta Ecologica della Regione Liguria rappresenta un esempio di studio ben impostato e condotto con rigore metodologico. La formulazione di calcolo utilizzata è stata ottimizzata per sfruttare al meglio i pochi dati disponibili a scala locale.

Il calcolo dell'Impronta Ecologica della Provincia di Bologna

Promossa dalla stessa amministrazione provinciale ed eseguita dal CRAS s.r.l.[17], l'analisi viene estesa ai singoli Comuni di tale provincia e ha come punto di partenza lo studio eseguito per la Liguria, da cui riprende l'impostazione metodologica, i dati utilizzati ed i fattori di conversione. I due studi sono molto simili, tuttavia vengono introdotte in questo caso alcune interessanti modifiche che consentono un miglioramento della procedura di calcolo.

La metodologia

- Per ottenere una valutazione più realistica dell'Impronta Ecologica e della sua variazione territoriale, è stata introdotta una differenziazione della distribuzione dei consumi (di cui si ha la stima solo a livello regionale) per i vari Comuni della provincia.
- Per ottenere i fattori di proporzione è stato calcolato il rapporto tra il reddito medio provinciale e il reddito disponibile per le famiglie di ogni Comune (dati Ancitel); da notare che anche in questo caso i dati sono stati attualizzati all'anno corrente. Ipotizzando una diretta proporzionalità fra reddito e consumi, sono stati utilizzati i coefficienti così calcolati per correggere i dati comunali. Nei risultati vengono presentate entrambe le situazioni, sia per una distribuzione uniforme dei consumi che per la distribuzione comunale.
- La biodiversità viene valutata seguendo un approccio differente da quello suggerito da Wackernagel, il quale propone di ridurre del 12% la biocapacità, per poi confrontare tale valore approssimato con quello dell'Impronta. Lo studio di Bologna adotta un procedimento inverso, che consiste nel lasciare la biocapacità invariata e nell'aumentare proporzionalmente il valore dell'Impronta Ecologica. Questa differente modalità di considerare la biodiversità, pur essendo di per sé lecita, rende purtroppo tali risultati non paragonabili con quelli di Wackernagel o di altri studi, perché l'Impronta Ecologica risulta fittiziamente aumentata.

---

[16] Munafò *et al.*, 2000.
[17] Bilanzone *et al.*, 2002.

Calcolo dell'Impronta Ecologica delle Province di Ancona, Siena, Pesaro e Urbino, Cagliari, Forlì Cesena, Ascoli Piceno, Venezia, Pescara e del Comune di Follonica

Il gruppo di ricerca congiunto ARCA (*Associazione per la Ricerca e la Consulenza Ambientale*) e IRIS (*Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla Sostenibilità* dell'Università di Torino) hanno effettuato, in questi ultimi anni, l'analisi dell'Impronta Ecologica per i seguenti territori: Provincia di Ancona[18], Provincia e Comuni di Siena[19], Provincia di Pesaro e Urbino, Provincia di Cagliari[20], Provincia di Forlì Cesena, Provincia di Ascoli Piceno[21], Comune di Follonica, Provincia di Venezia[22], Provincia di Pescara[23].

La metodologia

In tutti questi studi si è cercato di seguire il più possibile i 14 *criteri* e le 5 *raccomandazioni* contenute nel *Rapporto Finale EUROCITIES*[24]. Rispetto agli studi precedenti sono state tuttavia introdotte alcune novità tra cui segnaliamo le seguenti:

- Introduzione di una metodologia per pesare i dati dei consumi delle famiglie, forniti dall'ISTAT a livello regionale e macroregionale, sulla composizione lavorativa delle famiglie, che è discretizzata a livello comunale.
- Introduzione di un calcolo dettagliato per ricavare l'Impronta Ecologica dell'elettricità a partire dal mix energetico nazionale e dalle importazioni ed esportazioni. Utilizzando i dati del BEN (Bilancio Energetico Nazionale) vengono considerate anche le perdite energetiche in fase di produzione e trasporto dell'energia.
- Introduzione (Provincia di Cagliari) dell'analisi della distribuzione spaziale della biocapacità, con il conseguente calcolo della densità di biocapacità.
- Costruzione di scenari differenti di Impronta Ecologica in funzione di diversi livelli di raccolta differenziata.
- Accanto alla ripartizione dell'Impronta Ecologica per categorie di terreno e di consumo è stata introdotta una nuova discretizzazione, per aree di influenza, che consente di individuare con maggiore chiarezza quali sono le componenti che ricadono sotto l'influenza, diretta o indiretta, della pubblica amministrazione e quali dipendono esclusivamente dai comportamenti del singolo cittadino.

Sharing Nature's Interest

Nel 2002 è stato pubblicato da Nicky Chambers, Craig Simmons e Mathis Wackernagel un nuovo testo divulgativo[25] sull'Impronta Ecologica. Il libro è interessante sia per la parte teorica, in cui si puntualizzano i principi di tale indicatore, sia per la parte pratica, in cui è riportata un'ampia casistica di utilizzo del metodo dell'Impronta Ecologica a scale differenti. Si parte dagli studi effettuati a livello globale e nazionale per passare ad applicazioni a scala sempre più ridotta, come le Impronte Ecologiche locali di comuni o regioni, l'impatto delle organizzazioni e dei servizi ed infine l'Impronta Ecologica dei singoli prodotti. Il volume può essere considerato, inoltre, come un manuale per l'applicazione dell'indicatore, poiché vengono forniti ed aggiornati numerosi fattori di conversione necessari per il calcolo dell'Impronta Ecologica.

---

[18] Bagliani, Contu, Coscia, 2002.
[19] Bagliani, Contu, Coscia, Tiezzi, 2003.
[20] Tiezzi, Marchettini, Bagliani, Contu, Coscia, 2002.
[21] Tiezzi *et al.* 2003.
[22] Bagliani *et al.* 2004.
[23] Bagliani, Carantoni, 2004.
[24] Lewan, Simmons, 2001.
[25] tradotto in italiano da Edizioni Ambiente, con il titolo: *Manuale delle Impronte ecologiche.*

Global Footprint Network

La metodologia dell'Impronta Ecologica è in costante sviluppo, poiché vi si aggiungono dettagli e dati migliori non appena essi sono disponibili. Il Global Footprint Network, fondato nel 2003 da Mathis Wackernagel, è un'organizzazione che coordina progetti di ricerca e sviluppa standard metodologici dell'Impronta Ecologica in tutto il mondo, con lo scopo di migliorare le metodologie utilizzate.
Il Network, di cui Wackernagel è il Direttore esecutivo e del quale fa parte anche la biologa kenyana Wangari Maathai premio Nobel per la Pace nel 2004, fornisce agli attori in campo dati specifici e affidabili sulle risorse, così da aiutare l'economia umana ad operare nei limiti ecologici del Pianeta. Ogni anno il Global Footprint Network calcola l'Impronta Ecologica dell'umanità, ovvero la sua necessità di aree coltivabili, pascoli, foreste, zone di pesca e le confronta con la biocapacità globale, ovvero la possibilità degli ecosistemi di generare risorse e di assorbire rifiuti.

- **Gli obiettivi del Global Footprint Network**
  - Coordinare progetti di ricerca e sviluppare standard metodologici dell'Impronta Ecologica;
  - Realizzare, con l'aiuto di standard validi a livello mondiale, degli studi comparativi che consentano ai vari partecipanti di conoscere l'impatto ecologico del loro comportamento per poterlo eventualmente ottimizzare;
  - Approfondire, studiare e migliorare le metodologie comuni da utilizzare, coordinando tutti i ricercatori che si dedicano a queste ricerche in tutto il mondo.
- **L'overshoot day**

Ricerche aggiornate dimostrano che il crescente consumo di risorse ecologiche sta spingendo il mondo sempre più presto verso il deficit ambientale.
I calcoli dal Global Footprint Network stimano la data esatta in cui noi, come comunità globale, cominciamo a far crescere il nostro deficit ecologico annuale. L'overshoot (il sovraconsumo) si verifica nel momento in cui la domanda di risorse inizia a superare le disponibilità rinnovabili naturali. A partire da tale giorno, definito "Overshoot Day", fino alla fine dell'anno, gli esseri umani vivranno al di là delle risorse ecologiche messe a disposizione dal nostro pianeta. Per l'anno 2006 si stima che dal 1 gennaio 2006 al 9 ottobre 2006, in poco più di nove mesi, l'umanità abbia consumato tutte le risorse rinnovabili del nostro pianeta. Dal 9 ottobre al 31 dicembre 2006 l'umanità consumerà il capitale naturale.

- **Il bilancio ecologico**

Mezzi di valutazione come l'Impronta Ecologica, che confrontano la nostra domanda con le capacità naturali di fornire risorse, ci possono aiutare nel nostro bilancio ecologico. Molte azioni, intraprese insieme, tendono a proteggere la biodiversità e a fermare il sovraconsumo: la riduzione della domanda e della crescita demografica, il minor consumo di risorse pro capite, l'incremento dell'efficienza nell'uso delle risorse, l'incremento di ecosistemi strategici per la fornitura di rifornimenti e l'aumento della loro produttività netta.

- **Collaborazioni tra paesi**

Il Global Footprint Network collabora attualmente con 22 paesi, tra cui Australia, Brasile, Canada, Cina, Finlandia, Francia, Germania, Italia, Messico, Regno Unito, Russia, Sud Africa, Svizzera, e con agenzie governative, autorità locali, università, istituti di ricerca, società di consulenza, associazioni. In Italia collaborano con il Global Footprint Network il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi dell'Università di Siena, l'Istituto Ricerche Economico Sociali della Regione Piemonte, la società di ricerca e consulenza Ambiente Italia Srl e la Rete Lilliput.

La formulazione dell'Impronta Ecologica per settore economico

La formulazione "classica" dell'Impronta Ecologica, quella proposta da Wackernagel e Rees e utilizzata in tutti gli studi citati nei paragrafi precedenti, permette di arrivare ad un valore sintetico finale (la superficie o superficie equivalente) che consente di stimare il livello di sostenibilità della regione considerata. Questo dato, seppure importante, risulta spesso troppo aggregato per poter permettere, all'interno del sistema socio-economico locale, una chiara identificazione delle reali cause dell'insostenibilità, ossia di quei settori e di quelle lavorazioni della compagine produttiva in esame, che maggiormente contribuiscono all'impatto sull'ambiente.

Per fornire indicazioni utili all'attivazione di politiche locali finalizzate alla promozione della sostenibilità, occorre in realtà un sistema di valutazione che non si limiti a fornire il valore finale dell'impatto ambientale causato dai consumi, ma che, partendo da quest'ultimo, sia in grado di ricostruire, attraverso i vari stadi della produzione economica, l'intero percorso di generazione dei prodotti e dei servizi e di stimare l'impatto ambientale così causato. Grazie ad un formalismo di questo tipo diventa possibile individuare quelle tipologie produttive e/o quei settori economici che maggiormente contribuiscono ad innalzare il valore dell'Impronta Ecologica, così pure come quelle lavorazioni maggiormente rispettose dell'ambiente.

- **Una nuova metodologia per il calcolo dell'Impronta Ecologica**

All'interno dell'IRES Piemonte è stata elaborata, in questi ultimi anni, una nuova formulazione per il calcolo dell'Impronta Ecologica che riesce a soddisfare le richieste sopra accennate. Il nuovo metodo, riprendendo una proposta di Bicknell, Ball, Cullen e Bigsby (1998), mantiene la definizione dell'Impronta Ecologica ma ne ristruttura il calcolo a partire dalle matrici di Input-Output di Leontief[26], che consentono di descrivere i flussi di materia e di capitale attraverso i differenti settori dell'economia. Utilizzando tale formalismo matematico è possibile introdurre una "contabilità" parallela, capace di descrivere quantitativamente la sostenibilità dei singoli settori economici ed i flussi di sostenibilità tra questi stessi settori. In questa nuova versione l'Impronta Ecologica si configura come uno strumento in grado di individuare le componenti di non sostenibilità del sistema socio-economico e di diagnosticarne l'origine. La nuova formulazione, in luogo del calcolo basato sui consumi medi della popolazione, considera i consumi dei singoli settori produttivi del sistema economico presente nell'area di cui si vuole misurare la sostenibilità.

Il nuovo metodo è stato testato applicandolo al caso studio del Piemonte: per ogni singola Provincia l'analisi dell'Impronta Ecologica per settore economico ha permesso di radiografare la sostenibilità ambientale del sistema economico piemontese[27].

[26] per un'introduzione all'argomento si rimanda alle esposizioni di Leontief, 1986; Hewings e Jensen, 1996.
[27] Bagliani *et al.*, 2001; 2003.

8 L'APPLICAZIONE DELL'IMPRONTA ECOLOGICA ALL'EDILIZIA RESIDENZIALE

In questo capitolo, dopo una rapida panoramica sul calcolo dell'Impronta Ecologica applicato all'edilizia, ci si sofferma su casi studio che presentano analogie con la ricerca svolta. Nel primo caso (il BedZed, quartiere a *impatto zero* alla periferia di Londra) l'Impronta Ecologica è stata applicata per la quantificazione del risparmio ambientale conseguente a precise e sostenibili scelte edilizie ed urbanistiche; nel secondo caso, invece, l'Impronta Ecologica ha permesso di quantificare la variazione di impatto ambientale relativo alla costruzione di un edificio, a seconda della tipologia di materiali utilizzati e della durata media stimata dell'edificio.
Entrambi gli studi descritti possono essere interessanti dal punto di vista della Pubblica Amministrazione.

- **Tecniche di bioedilizia e scelte urbanistiche**

  La scelta di tecniche di bioedilizia deve essere necessariamente accompagnata da scelte urbanistiche adeguate, che permettano di non creare delle "isole sostenibili" all'interno di una più ampia condizione di elevato impatto ambientale. Per questa ragione occorrerebbe sempre prendere in considerazione, oltre alle tipologie costruttive, anche aspetti quali il trasporto, la gestione dei rifiuti, l'organizzazione del lavoro, in grado di condizionare positivamente l'Impronta Ecologica quotidiana dei singoli cittadini.
- **Il ciclo di vita dei materiali**

  L'impatto conseguente alla costruzione di un edificio dipende fortemente dalla qualità dei materiali scelti, che ne condizionano l'intero ciclo di vita: costi maggiori in fase di costruzione possono essere ripagati, dal punto di vista ambientale, con una minore necessità di interventi manutentivi (ordinari e straordinari) che accrescono sensibilmente il valore di Impronta Ecologica dell'edificio, andando ad aumentare anche la componente ascrivibile ai singoli cittadini.

Benché non si riferiscano strettamente all'edilizia residenziale, si segnalano gli studi condotti dall'*Agenzia di Protezione Ambientale* dello Stato Australiano di Victoria indirizzati alla messa a punto di un modello di calcolo dell'Impronta Ecologica degli immobili (ad uso ufficio e industriale) di compagnie private e di enti della pubblica amministrazione (*total office eco-footprint*). Tali studi sono approdati alla definizione di un software utilmente sperimentato da significative realtà del business e del management pubblico australiano, quali: le Municipalità di Port Phillip e di Bayside, l'ente di servizi previdenziali VicSuper, l'Associazione delle industrie chimiche e della plastica (PACIA) e GPT Groups, uno dei primi trenta gruppi per capitalizzazione della borsa australiana, attivo nei settori immobiliare e dei grandi magazzini di vendita al dettaglio.
Il modello di calcolo considera i seguenti aspetti: elettricità, gas, acqua, beni e consumi alimentari, rifiuti prodotti e riciclati, *work-related travel undertaken*.

L'Impronta Ecologica di BedZed

Proviamo ad analizzare l'Impronta Ecologica di un abitante medio di BedZed. Occorre innanzitutto dire che un primo periodo di monitoraggio ha già mostrato il successo dell'iniziativa dove, a paragone con interventi simili:

- il consumo per il riscaldamento dell'acqua è in media più basso del 45%;
- il consumo di elettricità per l'illuminazione, la cucina e gli impianti è inferiore del 55%;
- il consumo d'acqua è minore del 60%.

In termini di Impronta Ecologica complessiva BedZed è riuscito a far pesare poco la propria presenza: 1,9 *ha* pro capite quando la media mondiale è 2,4 e mediamente lo stile di vita tradizionale inglese pesa 6,19.
Nella tabella riportata di seguito vediamo nel dettaglio i risultati del calcolo effettuato.

	Stile di vita **tipico** in UK	Stile di vita **normale** per BedZed	Stile di vita **ideale** per BedZed	**Globale Impronta media**	**Globale Impronta possibile**
	▪ Macchina di proprietà ▪ Vacanze annuali in aereo ▪ Ricicla l'11% ▪ Mangia alimenti fuori stagione, imballati, importati	▪ Possiede una macchina ma si sposta per lavoro con mezzi pubblici ▪ Vacanza annuale in aereo ▪ Ricicla il 60% ▪ Mangia poca carne e pochi alimenti importati	▪ Vive e lavora a BedZed ▪ Ricicla la carta dell'ufficio ▪ Non possiede auto, è socio dell'associazione auto ZED ▪ Due vacanze annuali in aereo ▪ Ricicla in casa l'80% ▪ Dieta con basso consumo di carne e molto cibo fresco		▪ Il 18% del suolo bio-produttivo viene lasciato incolto
Chilometraggio automobili	0,90 10.000 km/anno	0,45 5.000 km/anno	0,09 1.000 km/anno		
	0,41	0,32	0,04 20 persone ogni Clubcar		
Trasporto pubblico	0,00	0,30 4.000 km/anno	0,30 4.000 km/anno		
Trasporto aereo	0,30	0,30	0,15		
Elettricità e gas	0,45 22,500 kWh/anno elettricità e gas	0,10 Credito per uso di legno di scarto CHP	0,10 Credito per uso di legno di scarto CHP		
Acqua	0,002 140 litri/giorno	0,001 91 litri/giorno	0,001 91 litri/giorno		
Rifiuti domestici	1,70	1,02	0,34		
Impronta Ecologica di uffici Energia e carta	0,80 Energia e carta vergine	0,80 Energia e carta vergine	0,16 Ciclo chiuso per l'uso di carta da ufficio		
Alimenti Trasporto, non imballaggio	1,63	1,06	0,72		
Impronta Ecologica totale	**6,19**	**4,36**	**1,90**	**2,40**	**1,90**

Fig. 6 Impronta Ecologica dello stile di vita in Gran Bretagna in ha pro capite, calcolato per una famiglia di quattro persone (fonte: Bio Regional)

Proviamo a trarre alcune interessanti conclusioni dalla tabella sopra riportata:

- **Responsabilità dei singoli cittadini**

La vita a BedZed permette un risparmio ambientale, in termini di Impronta Ecologica, compreso fra il 30% ed il 70%, a seconda che i residenti compiano scelte di vita *normali* (ovvero il semplice sfruttamento delle possibilità basilari offerte da BedZed) o particolarmente virtuose (sfruttando al massimo le possibilità/scelte di vita a loro disposizione, in particolar modo per quanto riguarda il trasporto). La variazione di Impronta Ecologica, oltre una certa soglia, non dipende più dalle scelte di progettazione edilizia, ma è condizionata in maniera determinante dalle scelte di vita che si concedono i singoli cittadini (mobilità sostenibile, scelta di prodotti meno impattanti in termini di trasporto ed imballaggi, gestione oculata dei rifiuti).

- **Il trasporto**

Componente dominante del valore totale dell'Impronta Ecologica: la possibilità di percorrere mediamente meno chilometri, e poter fare ciò con auto ad impatto limitato o possedute/utilizzate in condivisione con altri (comproprietà e *car sharing*), permette una riduzione dell'impronta variabile fra il 35% ed il 65% del valore medio inglese.

- **Gestione dei rifiuti**

Un'altra componente determinante è la gestione dei rifiuti: la riduzione, il recupero ed il riciclaggio in loco di questi ultimi fanno oscillare il risparmio ambientale fra il 40% e l'80%.

- **Gestione dell'edificio**

La componente di Impronta Ecologica imputabile alla gestione dell'edificio (ovvero ai consumi derivanti da tecniche edilizie precise) deve prendere esclusivamente in considerazione le voci di elettricità, gas e acqua, in quanto le altre componenti considerate non dipendono dalla tipologia costruttiva dell'edificio

bensì da scelte urbanistiche e comportamentali più ampie. In questo caso quindi l'Impronta Ecologica sarebbe pari a 0,452 *ha* pro capite all'anno per lo stile di vita medio inglese e 0,101 *ha* pro capite all'anno per BedZed, corrispondente ad una riduzione dell'80% circa rispetto a residenti in edifici tradizionali.

Sintetizzando, possiamo dire che BedZed dimostra come la bioedilizia permetta una significativa riduzione dell'impatto antropico, ma anche come per ottenere un'ancor maggiore sostenibilità ambientale debba essere messa a disposizione dei singoli cittadini un'ampia gamma di scelte in grado di condizionare positivamente ciascun aspetto della vita quotidiana. E proprio questa potrebbe essere la strada da intraprendere da parte di una Pubblica Amministrazione per ottenere in maniera più rapida e decisiva la riduzione dell'impatto ambientale locale.

Un approfondimento sull'Impronta Ecologica dell'edilizia residenziale in Italia

A livello italiano esiste un caso di applicazione dell'Impronta Ecologica alla progettazione edilizia. Il *Centro Ricerche Applicate per lo Sviluppo Sostenibile* (*CRAS s.r.l.*), con la collaborazione dell'*International Association for Environmental Design*, ha realizzato una ricerca nel 2004 che rappresenta un valido approfondimento sul tema del presente studio. Il presupposto base da cui è partita la ricerca è che, mentre è facilmente dimostrabile come la classica casa individuale di periferia o di campagna porti ad un'occupazione di terra per abitante sicuramente maggiore di quella dovuta ad un condominio, è ben più complesso individuare la differenza d'impronta legata all'uso dei vari materiali da costruzione e alle tecniche edilizie associate.

Il Cras s.r.l. ha deciso quindi di studiare l'apparato edilizio inteso come sistema complesso di materiali e attività costruttive, trascurando la parte relativa al consumo degli abitanti. La ragione dell'analisi del solo edificio *spento* è stata l'impossibilità di fare uno studio obiettivo considerando l'esercizio degli impianti dell'edificio e l'approvvigionamento energetico, poiché questi ultimi dipendono in gran parte dalle abitudini di vita degli abitanti dell'edificio. Infatti, come emergeva dai precedenti studi di Impronta Ecologica condotti, gli stili di vita della popolazione mondiale, ma anche quelli di realtà locali minori, erano molto diversi tra loro, e ciò impediva di presupporre dei valori medi significativi.

L'edificio considerato

La tipologia edilizia trattata nello studio del CRAS s.r.l. era una tipologia classica, ovvero una casa rappresentativa della realtà italiana: un piccolo condominio plurifamiliare, sviluppato su quattro piani, costruito in cemento armato per la struttura portante, in laterizio per i solai e per il manto di copertura. Sono stati presi in considerazione cinque edifici campione con caratteristiche diverse, in base alla durata stimata dell'edificio, variabile fra 50 e 250 anni, e con abitabilità compresa fra le 40 e le 128 persone. La scelta delle ipotesi di durata differenti è dipesa dal non poter stabilire con oggettività una durata massima di riferimento: per questa ragione l'impronta è stata rapportata a cicli di durata dell'edificio differenti fra loro. La costruzione di ogni edificio campione è stata ipotizzata nell'ottica fondamentale di essere tradotta in un computo metrico dettagliato in cui sono stati riportati i pesi di tutti i materiali utilizzati. La componente principale del calcolo è stata la quantificazione dell'*embodied energy* dei materiali utilizzati: tale valore non è stato possibile quantificarlo per ciascun materiale utilizzato, ed è stato deciso, allora, di valorizzare l'impronta attraverso la percentuale di superficie degradata connessa all'approvvigionamento dei materiali da cava. Essendo conosciuto ogni materiale utilizzato e la sua relativa quantità si è potuta determinare l'Impronta Ecologica totale per categoria di materiale utilizzato. A questo valore di Impronta Ecologica è stata aggiunta l'Impronta Ecologica dei materiali consumati per le opere provvisionali (legname di cantiere, recinzioni...) tenendo conto di eventuali ricicli e riutilizzi, l'Impronta Ecologica dei consumi energetici per l'utilizzo delle macchine di cantiere a propulsione elettrica ed infine quella dei consumi di carburanti relativi a tutte le movimentazioni dei materiali impiegati.

Il calcolo svolto

Schematicamente potremmo riassumere il calcolo svolto nell'elenco di operazioni riportate di seguito:

- realizzazione del progetto edilizio *ad hoc*, con particolare cura nella realizzazione del computo metrico specifico. In questa maniera è stato possibile creare l'elenco globale dei materiali utilizzati, sia come utilizzi di cantiere che come materiali da costruzione veri e propri. Come vedremo nel capitolo specifico sulla fattibilità del calcolo di Impronta Ecologica relativo alla costruzione di un edificio, la problematica principale consiste nel riuscire a quantificare in maniera precisa i materiali utilizzati, in quanto molte voci dei computi metrici reali sono di difficile scorporazione. Lo studio del CRAS s.r.l. ha potuto evitare tale problema in quanto il computo metrico è stato creato specificamente per le finalità dello studio stesso.

- reperimento da studi precedenti (Wackernagel e Rees, Chambers e Simmons, CNR ed altre ricerche pubblicate su varie riviste di architettura) dell'*embodied energy* di ciascun materiale considerato.
- studio della valutazione dell'impronta per quei materiali dei quali non fosse disponibile l'*embodied energy*. Come detto, generalmente si è valutata la quantità di superficie degradata conseguente all'approvvigionamento dei materiali da cava.
- applicazione dei fattori di conversione alla globalità dei materiali individuati e conseguente calcolo dell'Impronta Ecologica complessiva.
- valorizzazione della componente di manutenzione periodica per ciascun intervallo di tempo considerato e del numero possibile di abitanti in base alla durata stimata dell'edificio.
- normalizzazione del calcolo secondo la durata media dell'edificio e per abitante.

L'Impronta Ecologica dello studio del CRAS s.r.l.

Il risultato dello studio è dato in termini di Impronta Ecologica annua, distribuita sia per componente edile (solai, fondazioni, impianti, ecc.) che per abitante. L'andamento dell'Impronta Ecologica normalizzata per edificio e per abitante è possibile vederlo nei grafici sotto riportati.

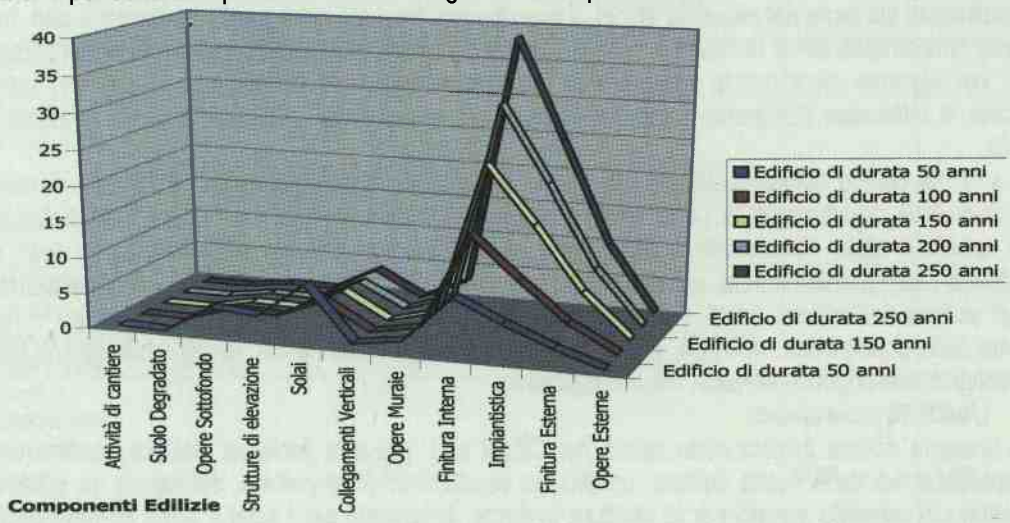


Fig. 7 Totale Impronta Ecologica Annua per Componenti Edilizie, confronto dei 5 scenari.

L'Impronta Ecologica, inoltre, è stata calcolata normalizzandola per superfici e volumi abitati.

Si nota che all'aumentare della durata di vita dell'edificio aumenta l'Impronta Ecologica parziale relativa a tutte le componenti sottoposte a manutenzione frequente: rivestimenti, finiture, impianti. In particolare si nota un picco dell'aumento dell'impronta della finitura interna e dell'impiantistica, pari al 374% ed al 383% comparando gli edifici con durata stimata di 50 e 250 anni. Ciò mette in evidenza l'importanza della scelta degli impianti, ma anche la scelta di materiali durevoli per il rivestimento, in maniera da evitare sostituzioni frequenti. Quest'ultima considerazione risulta anche essere di più facile realizzabilità da parte del progettista.

E' interessante notare, inoltre, come diminuisca l'impronta parziale legata alle opere durevoli, come per esempio le opere strutturali di fondamenta (sottofondo) ed i solai, nell'ipotesi che non si intervenga con lavori di manutenzione durante tutta la vita dell'edificio. Questa diminuzione è circa dell'80% tra l'edificio di 50 e quello di 250 anni: ciò equivale a dire un'impronta di 1/5 per un edificio 5 volte più duraturo. Da ultimo, nel caso dell'edificio di 50 anni, l'impronta parziale legata alle opere durature rappresenta quasi il 50% dell'impronta totale, mentre nel caso dell'edificio di 250 anni solo il 10% (il resto dell'impronta è dovuto principalmente alle finiture e agli impianti, come visto precedentemente).

Interessante, infine, il grafico seguente, che permette di confrontare l'impronta per abitante, ottenuta rapportando l'impronta totale dell'edificio con l'ipotetico numero di persone che potrebbero abitarlo nel corso della sua vita.

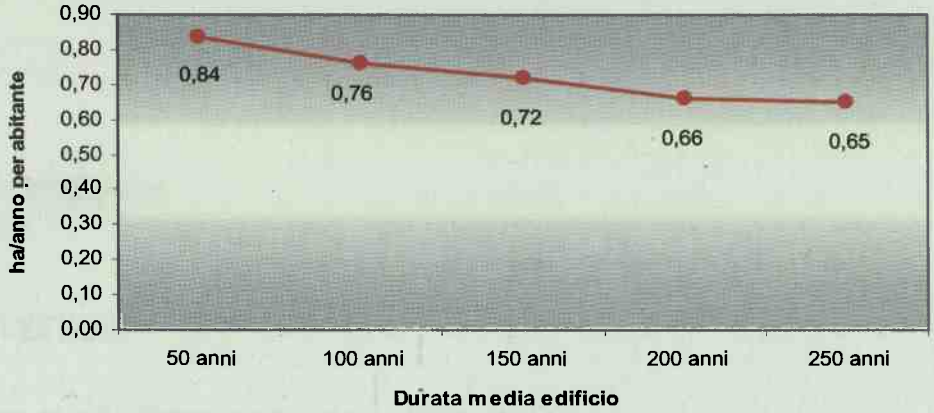


Fig. 8 Variazione Impronta Ecologica pro capite annua secondo la durata dell'edificio (5 scenari considerati).

Si può notare come diminuisca l'impronta pro capite annua all'aumentare della durata dell'edificio (e conseguentemente della capienza complessiva). Questa diminuzione è pari al 9% nel confronto fra gli edifici di durata pari a 50 o 100 anni, ma sale a oltre il 22% confrontando gli edifici di durata pari a 50 e 250 anni (cioè quasi 1/4 dell'Impronta Ecologica totale).

Le conclusioni più interessanti dedotte dal CRAS s.r.l. al termine di questo studio si possono sinteticamente elencare:

- la sostituzione di elementi tecnologici o l'utilizzo di nuovo materiale, conseguente ad operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, provoca un aumento dell'Impronta Ecologica parziale delle opere considerate;
- in conseguenza del punto precedente aumenta l'Impronta Ecologica complessiva dell'edificio;
- le opere con impronta maggiore, in media, sono quelle relative alle finiture interne e all'impiantistica dell'edificio, categorie per le quali sono più frequenti le manutenzioni ed i rifacimenti;
- con l'aumento della durata dell'edificio, tendono a diminuire le impronte relative agli elementi durevoli, come quelli strutturali, in grado di ammortizzare il costo cantieristico di realizzazione (tale conclusione discende, però, dall'ipotesi di non dover mai effettuare manutenzioni a tali elementi durante la vita dell'edificio);
- l'Impronta Ecologica da imputare a ciascun abitante diminuisce all'aumentare della durata dell'edificio, tanto più quanto maggiore è quest'ultima.

Le considerazioni sintetizzate, ed i grafici riportati, permettono di evidenziare che la diminuzione dell'Impronta Ecologica pro capite presenta un trend di decrescita quasi lineare all'aumentare della vita dell'edificio: si può supporre che tale valore possa tendere a zero per lunghissime durate; inoltre, emerge chiaramente come siano determinanti le scelte dei materiali da costruzione: l'eventuale costo ambientale iniziale, probabilmente maggiore nel caso di scelta di materiali molto durevoli, può ampiamente essere ripagato evitando manutenzioni e sostituzioni frequenti.

Parte 3
Il calcolo dell'impronta ecologica. I casi studio

Il ciclo di vita di un edificio si compone di fasi ben distinte fra loro, ciascuna caratterizzata da problematiche differenti dal punto di vista della sostenibilità ambientale:

- **LA FASE DI CANTIERISTICA**
  ovvero l'intervallo di tempo necessario alla costruzione dell'edificio secondo quanto determinato all'interno del progetto edilizio.
- **LA FASE DI GESTIONE DELL'EDIFICIO**
  nella quale i fattori determinanti sono, oltre alle scelte progettuali, gli stili di vita dei singoli abitanti. L'applicazione di tecniche di bioedilizia, la scelta dei materiali, l'organizzazione delle unità abitative individuate all'interno dell'edificio, sono in grado di condizionare il valore finale di impronta ecologica. L'impronta ecologica di ciascuno di noi, infatti, è condizionata da scelte tecnologiche di un certo tipo, a prescindere dal proprio stile di vita quotidiano.
- **LE FASI DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA**
  sono fasi cui l'edificio è soggetto per il suo mantenimento. Tali interventi sono interlacciati alle voci precedenti: infatti, il numero di essi dipende dalle scelte di materiali e impiantistiche fatte in sede di progetto, e dagli stili di vita dei singoli abitanti dell'edificio.

Nel presente studio approfondiremo i primi due punti, trascurando la componente manutentiva per il mantenimento dell'edificio.

9 I CASI STUDIO

Prototipo per il villaggio olimpico – Vinovo (TO)

L'ATC ha deciso, in occasione della candidatura della città di Torino ai giochi olimpici invernali, di sfruttare la propria capacità progettuale per la realizzazione di un progetto di bioedilizia relativamente al villaggio olimpico realizzato in occasione dei giochi olimpici invernali di Torino 2006. Il progetto "Modello Torino 2006" di Vinovo si inserisce in questo contesto in qualità di progetto pilota: la sperimentazione ha l'obiettivo di fornire uno studio di base per la riqualificazione del villaggio olimpico di Torino in edifici di tipo bioedile. La struttura realizzata a Vinovo è costituita da due edifici gemelli a 2 piani fuori terra, comprendenti 40 unità abitative, box auto e relative pertinenze.

Fig. 10 Il Villaggio olimpico di Vinovo

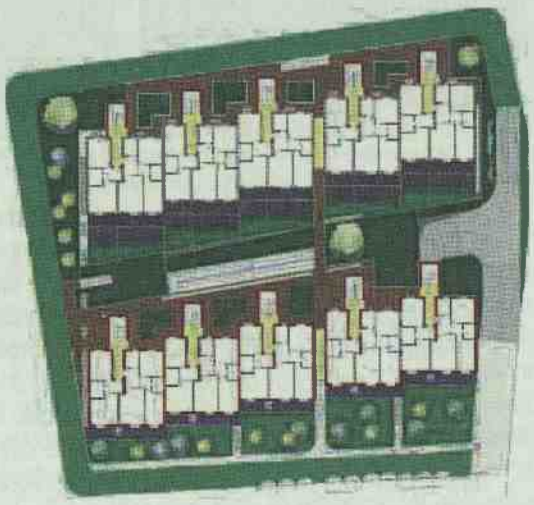


Fig. 11 Pianta degli alloggi dei due edifici gemellii

Uno dei due edifici è stato realizzato con elementi tradizionali, a fronte di un edificio (che rappresenta il modello degli edifici installati nel villaggio olimpico) del tutto simile come dimensioni, ma interamente progettato e costruito con i criteri della bioedilizia, con materiali e tecniche costruttive bioecologiche, al fine di confrontarne i costi di costruzione, il comfort ambientale ed il risparmio energetico.
All'interno di ciascun edificio, gli ambienti sono stati distribuiti in modo da sfruttare al meglio l'orientamento verso sud: infatti, la zona nord prevede le camere e i vani scala e quella a sud i locali a giorno. In ciascun piano è possibile trovare alloggi di diverse pezzature, con metrature che vanno dai 42 ai 68 mq. I balconi, posizionati a sud negli edifici, diventeranno delle serre nel fabbricato ispirato ai principi della bioedilizia.
Anche la viabilità interna ai cortili è stata progettata adeguatamente, in maniera da evitare, per quanto possibile, la formazione di isole di calore estive.

■ LE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

Strutture

La caratteristica strutturale principale dell'edificio bioedile è la struttura in c.a. gettato in opera, ma con materiali di base bioedili certificati (cemento e laterizi) per la porzione fuori terra del restante blocco di otto alloggi dell'edificio. I cementi bioedili sono il prodotto dell'impasto tra legante (calce e tufo pozzolanico), clinker di cemento portland e sabbia metallurgica. Da notare anche il tetto verde sopra l'edificio, che funge da ottimo isolante durante il periodo invernale e da strato rinfrescante durante l'estate. Permette inoltre di raccogliere l'acqua piovana, filtrata naturalmente e riutilizzata internamente agli alloggi come alimentazione degli sciacquoni dei WC.

Isolamento dell'involucro edilizio

I materiali certificati eco-compatibili, caratterizzati da bassa conducibilità, possiedono una trasmittanza termica globale molto inferiore agli standard della pratica edilizia tradizionale. I serramenti sono in legno e i vetri basso-emissivi, il che porta ad una riduzione prevista del consumo di energia del 30%.

Fig. 12 Particolari del villaggio olimpico di Vinovo: i tetti verdi (sinistra) ed i pannelli solari e fotovoltaici (al centro) e le serre termiche (a destra)

Impianto di ventilazione meccanica a risparmio energetico

Il sistema di ventilazione è dotato di un impianto di recupero del calore sull'aria di estrazione: il recuperatore di calore a "flussi incrociati" ad alta efficienza permette di recuperare fino all'80% dell'energia contenuta nell'aria estratta dall'edificio.

Impianto di riscaldamento a bassa temperatura

Il sistema, composto da pannelli radianti a pavimento, alimentati ad acqua calda da una caldaia a condensazione a bassa temperatura (acqua calda a 50°C), e regolato indipendentemente in ogni alloggio con sistema di contabilizzazione del calore, permette notevoli risparmi energetici. Inoltre buona parte dell'acqua calda sanitaria è prodotta da moduli termici piazzati sul tetto di ogni edificio.

Sistema di gestione dell'energia

Il controllo a distanza o sul campo del funzionamento degli impianti, oltre che a permettere un monitoraggio continuo delle prestazioni energetiche dell'edificio direttamente alla stazione centrale computerizzata collegata via modem con gli uffici dell'ATC di Torino, permette una gestione ottimizzata dei consumi energetici e la fornitura di dati per il confronto tra le prestazioni dei due edifici dal punto di vista energetico e del comfort ambientale.

Corte Nuova a Concorezzo (MI)

Corte Nuova rappresenta un edificio ristrutturato negli ultimi anni. La costruzione è costituita dai 4 lati di un edificio prospicienti un vecchio cortile detto Corte Nuova, situato nel centro storico di Concorezzo a 18 km a nord-est di Milano. L'edificio complessivo è suddiviso in 4 parti, una per ciascun lato, ristrutturate negli ultimi anni. Molto interessanti, ai fini del nostro studio, sono il lato est, ristrutturato secondo tecniche di edilizia tradizionale, ed il lato nord ristrutturato secondo i principi della bioedilizia allo scopo di farne un modello per la sensibilizzazione dei cittadini sui mezzi e sulle tecnologie disponibili per la riduzione del nostro impatto ambientale.

Per quanto riguarda il lato tradizionale, esso è costituito da alloggi di tipologia classica: il riscaldamento dei locali e dell'acqua sanitaria avviene mediante caldaie indipendenti alimentate a gas metano di rete; i vetri e gli

infissi sono di tipo classico. Non sono presenti forme alternative per la produzione di energia (pannelli solari per produzione di energia termica o celle fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica) e non sono presenti particolari sistemi di isolamento termico delle pareti e del tetto. L'edificio è costituito nella sua globalità da un piano terra (6 negozi), un primo piano (7 alloggi) ed un secondo piano (7 alloggi). Le dimensioni globali di questa parte dell'edificio sono di 52 m di lunghezza per 12,5 di larghezza.

Fig. 13 Corte Nuova: l'edificio ristrutturato in maniera tradizionale

Fig. 14 Corte Nuova: l'edificio ristrutturato con tecniche di bioedilizia

Ben più interessante è invece la parte di edificio ristrutturata secondo tecniche bioedili. Esso è perfettamente esposto a sud, ed è costituito da un piano terra (nel quale sono presenti 3 alloggi), un primo piano (6 appartamenti) ed un secondo piano (4 appartamenti). La dimensione complessiva è di 37,5 m di lunghezza per 12, 5 di larghezza. Il progetto di ristrutturazione ha mostrato una particolare attenzione al mantenimento delle caratteristiche costruttive originarie, ovvero quelle tipiche di un cortile lombardo. Inoltre si è cercato di mantenere e recuperare per quanto possibile, compatibilmente con gli interventi decisi, la maggior quantità di strutture e di materiali preesistenti. Fra le caratteristiche costruttive e tecnologiche innovative c'è stato l'inserimento di impianti alimentati ad energie rinnovabili allo scopo di ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera, l'inserimento di sistemi ad alta efficienza (es. ascensori a basso consumo, caldaie a pellet, pannelli solari, pannelli fotovoltaici), e l'impiego di materiali a basso impatto ambientale realizzati con prodotti non nocivi alla salute (es. strutture e tetti in legno, vernici naturali e intonaci naturali ai silicati).

■ LE TECNICHE BIOEDILI

Sono tutte mirate al risparmio energetico e alla riduzione delle emissioni:

- **Pannelli solari**: sono stati installati 15 m^2 di pannelli solari a tubi sotto vuoto a servizio della produzione di acqua calda sanitaria per tutti i residenti (la capacità abitativa a pieno carico dell'edificio è di 25-30 persone, mentre attualmente i residenti sono 20).
- **Pannelli fotovoltaici**: sono stati installati un totale di 48 m^2 di pannelli fotovoltaici, ripartiti in due blocchi da 30 m^2 (produzione energia per i servizi comuni come l'illuminazione delle scale, l'alimentazione parziale dell'ascensore, l'alimentazione delle pompe dell'impianto per l'acqua sanitaria e per il riscaldamento) e da 18 m^2, attualmente a servizio di un alloggio al secondo piano, ma che saranno trasferiti per l'alimentazione di uno dei negozi allorché sarà destinato, come da progetto iniziale, alla promozione delle energie alternative.

- **Caldaia a pellet**: il riscaldamento è centralizzato con caldaia a pellet da 60 kW. Tale scelta ha permesso di risparmiare sulla potenza installata, che nel caso di singole caldaie per alloggio (come nell'edificio tradizionale) sarebbe stata complessivamente di 299 kW. La diffusione del riscaldamento avviene mediante sistema di ventilazione e diffusione a battiscopa; inoltre ogni locale ha un termostato per il controllo ottimale delle temperature interne dei locali.

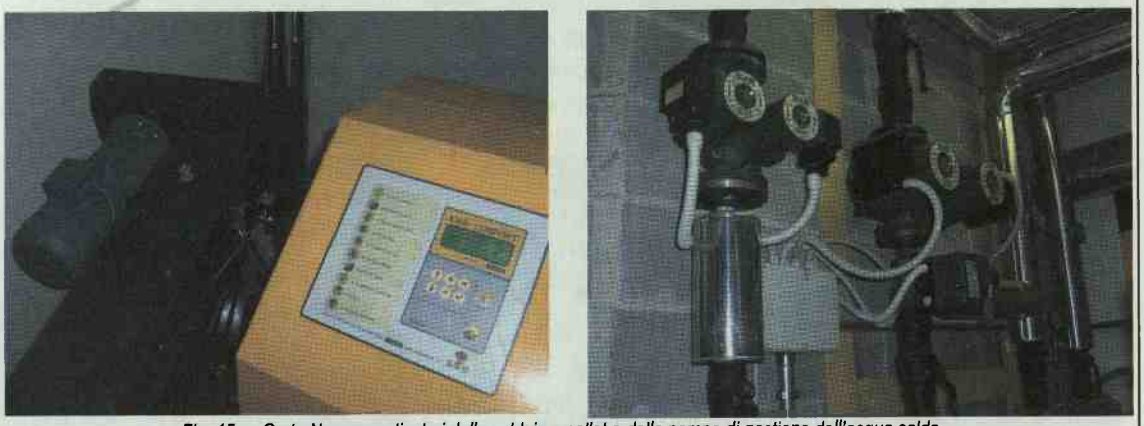


Fig. 15 Corte Nuova: particolari della caldaia a pellet e delle pompe di gestione dell'acqua calda

- **Risparmio dell'acqua**: esiste un sistema di raccolta delle acque piovane che fa confluire l'acqua recuperata in un serbatoio da 6000 litri appositamente predisposto; l'acqua piovana, così raccolta, come nel caso dell'edificio di Vinovo, è riutilizzata per alimentare gli sciacquoni dei WC, che sono dotati di un doppio scarico (leggero e forte); inoltre, ogni appartamento è dotato di contatore dell'acqua potabile fredda e calda e di un contatore di calore.
- **Eliminazione dei depositi di calcare**: mediante apposito sistema in grado di ostacolare l'aggregazione del calcare, si evitano i depositi, causa di sprechi e malfunzionamenti, sui tubi di adduzione dell'acqua potabile, sulle tubazioni e sui dispositivi interni degli elettrodomestici.
- **Isolamento e coibentazione**: è stato sistemato sulle pareti esterne e sul tetto uno strato di sughero variabile fra i 4 e gli 8 cm in grado di ridurre le dispersioni di calore nell'edificio, mentre i vetri delle finestre sono basso emissivi. Inoltre, il lato sud l'edificio è protetto da un filare di tigli che hanno come scopo l'ombreggiamento estivo.

Oltre ai dispositivi tecnologici descritti, la riduzione dell'impatto ambientale dell'edificio si raggiunge anche attraverso l'ottimo orientamento dell'edificio: infatti tutti gli alloggi sono orientati nel senso nord (locali notte) - sud (soggiorni e cucine). Per ottenere ciò è stato appositamente creato un ballatoio al secondo piano, prima inesistente, in grado di creare gli accessi adeguati ad ogni alloggio.

Alcune stime realizzate dopo due anni di vita dal momento della ristrutturazione hanno dimostrato come l'impianto fotovoltaico abbia permesso di evitare l'emissione di circa 9 t di CO_2, mentre l'impianto solare termico ha recuperato circa il 70% dell'energia necessaria per scaldare l'acqua sanitaria. Inoltre, il consumo di acqua potabile si è ridotto del 15-20%.

Grazie a queste prestazioni, l'edificio ha ricevuto la certificazione energetica nel 2005 da parte del Punto Energia della Regione Lombardia. In una situazione italiana relativa ai consumi degli edifici per uso residenziale, che si collocano mediamente fra i 160 ed i 180 kWh/m² anno, Corte Nuova ha un fabbisogno annuo medio di 52 kWh/m², risultato che sarebbe ottimo anche in Paesi come la Germania nei quali per legge è obbligatorio costruire edifici a consumo medio inferiore a 70 kWh/m² anno. Tale risultato porta ad una riduzione globale di circa il 60% dell'inquinamento e dei costi gestionali.

Fig. 16 La targhetta energetica assegnata dal Punto Energia della Regione Lombardia

10 LA PRIMA FASE: LA NASCITA DI UN EDIFICIO, OVVERO LA CANTIERISTICA

In questa fase, dal punto di vista ambientale e di calcolo dell'Impronta Ecologica, è importante riuscire a prendere in considerazione tutti gli aspetti che generano un impatto ambientale: i materiali da cui un edificio è costituito ma anche l'utilizzo di materiali accessori, di risorse, di energia necessaria alla movimentazione dei differenti macchinari e quant'altro sia utilizzato all'interno di un cantiere.
Relativamente alla cantieristica la ricerca si è orientata ad effettuare uno studio di fattibilità per un possibile calcolo di Impronta Ecologica applicato alla fase di costruzione del Prototipo Villaggio Olimpico di Vinovo. Il capitolo presente illustra il ragionamento seguito.

Il computo metrico

Il punto di partenza per lo studio di fattibilità è stato l'analisi del computo metrico elaborato in fase di progetto da parte dell'ATC. Tale computo metrico era suddiviso nelle macrocategorie di seguito elencate:

Macrocategoria	Suddivisione	Numero voci
Opere architettoniche	Piano interrato	21
	Edificio tradizionale	55
	Edificio bioedile	53
	Sistemazioni esterne	20
Impianto idrico		202
Impianto elettrico		243
Impianti elettrici a servizio degli impianti meccanici		37
Impianto termico		192

Tab. 8 Suddivisione del computo metrico per macrocategoria e per numero di voci

Ciascuna delle macrocategorie riportate nella tabella precedente era a sua volta costituita dalle singole voci relative alla descrizione dei materiali, alle quantità e ai prezzi in euro, che consentono la valutazione del computo metrico complessivo dell'opera.

Lo studio di fattibilità

L'analisi del computo metrico è stata effettuata cercando di individuare il percorso da seguire per poter svolgere il calcolo dell'Impronta Ecologica relativamente alla fase di costruzione dell'edificio. Per questa ragione, operativamente si è proceduto nella maniera di seguito descritta:

- **Studio bibliografico per l'individuazione dei materiali e delle risorse di base**

  Questo primo passo consiste nel definire l'elenco delle materie prime necessarie alla costruzione dell'edificio, e delle risorse necessarie alla vita del cantiere. Dall'analisi degli studi pregressi di calcolo dell'Impronta Ecologica ad edifici di tipo residenziale, presentati nei capitoli precedente (ovvero il BedZed ed il caso di studio del CRAS s.r.l.) si è riusciti a stilare una prima bozza di elenco che potrebbe essere la base per un futuro e completo calcolo dell'impronta. I materiali e le risorse di base identificati sono i seguenti:

- legno
- Laterizio
- Calce
- Polistirene
- pietra (nella fattispecie pietra di Luserna)
- ceramica/gres
- Cartongesso
- Vetro
- Ferro
- Acciaio
- legno cemento
- Calcestruzzo
- Bitume
- Alluminio
- Marmo
- Vernici
- carburante
- Colla
- Ottone
- Rame
- Sabbia
- PVC
- acciaio zincato
- Acqua
- Nylon
- Propilene
- Bentonite
- Cemento
- Poliestere
- Cocco
- Polietilene
- Policarbonato
- Quarzo

Le voci riportate meriterebbero, in sede di approfondimento del calcolo, una ulteriore scrematura in grado di ridurre ciascuna voce ai materiali di base. Per far ciò, appare evidente come sarebbe necessaria una LCA (*Life Cicle Analysis*) per ciascun prodotto, ovvero lo studio del ciclo di vita in grado di far emergere in maniera chiara le risorse utilizzate e l'*embodied energy* specifica. Il grado di dettaglio individuato si ritiene sia stato sufficiente a raggiungere il risultato prefissato nel presente studio.

Associazione per ciascuna voce del computo metrico dei materiali e delle risorse presenti

L'analisi del computo metrico è stata fatta su ogni singola voce, provando ad associare ad essa i materiali e le risorse in essa potenzialmente presenti. Tale lavoro ha richiesto un grande sforzo di interpretazione, in quanto spesso nel computo metrico le voci riportate non fanno esplicito riferimento a materiali o risorse di base, bensì ad interventi più complessi di difficile scorporazione. Riportiamo di seguito per brevità e per facilitare la lettura solo un estratto del lavoro svolto sulle voci del computo metrico riportate precedentemente.

DESCRIZIONE ARTICOLO	U.M.	Q.tà totale	MATERIALI PRESENTI NELLE SINGOLE VOCI																																	
			LEGNO	LATERIZIO	CALCE	MALTA DI CALCE	POLISTIRENE	PIETRA (di Lucerna)	CERAMICA / GRES PORCELL.	CARTONGESSO	VETRO	FERRO	ACCIAIO	LEGNO CEMENTO	CALCESTRUZZO	BITUME	ALLUMINIO	MARMO	COLLA	PITTURA	OTTONE	RAME	SABBIA	CARBURANTE	PVC	ACCIAO ZINCATO	ACQUA	NYLON	PROPILENE	BENOTNITE	CEMENTO	POLIESTERE	COCCO	POLIETILENE	POLICARBONATO	QUARZO
1 -Opere Provvisionali																																				
NOLO DI PONTEGGIO TUBOLARE ESTERNO ESEGUITO CON TUBO-GIUNTO, COMPLETO DI PIANO DI LAVORO REALIZZATO CON TAVOLONI DELLO SPESSORE DI CM 5 CON RELATIVO SOTTO PIANO, TAVOLA FERMAPIEDE, PARAPETTO, ANCORAGGI ED OGNI ALTRO ONERE NECESSARIO ALLA REALIZZAZIONE A N																																				
PER I PRIMI 30 GIORNI	mq	*valore*	X									X	X																							
NOLO DI PONTEGGIO TUBOLARE ESTERNO ESEGUITO CON TUBO-GIUNTO, COMPLETO DI PIANO DI LAVORO REALIZZATO CON TAVOLONI DELLO SPESSORE DI CM 5 CON RELATIVO SOTTO PIANO, TAVOLA FERMAPIEDE, PARAPETTO, ANCORAGGI ED OGNI ALTRO ONERE NECESSARIO ALLA REALIZZAZIONE A N																																				
PER OGNI MESE OLTRE AL PRIMO	mq	*valore*	X									X	X																							
2 - Strutture in legno																																				
STRUTTURE IN LEGNO COSTITUITE DA PILASTRI IN LEGNO LAMELLARE INCOLLATO D'ABETE DI SEZIONE 10X30 CM E DA TRAVI SEMPRE IN LEGNO LAMELLARE DI SEZIONE 10X30 CM																																				
IL LEGNO LAMELLARE DOVRÀ ESSERE DI PRIMA E SECONDA CATEGORIA SECONDO LA NORMA SECONDO LA NORMA DIN 4074 PRODOTTO DA STABILIMENTO IN POSSESSO DEL CERTIFICATO DI IDONEITÀ ALL'INCOLLAGGIO PER GRANDI LUCI (TIPO A) DA ALMENO CINQUE ANNI E, ALTRESÌ, DEL CERTIF	ml	*valore*	X																																	
CORNICE PERIMETRALE DELLA																																				

DESCRIZIONE ARTICOLO	U.M.	Q.tà totale	MATERIALI PRESENTI NELLE SINGOLE VOCI																																		
			LEGNO	LATERIZIO	CALCE	MALTA DI CALCE	POLISTIRENE	PIETRA (di Lucerna)	CERAMICA / GRES PORCELL.	CARTONGESSO	VETRO	FERRO	ACCIAIO	LEGNO CEMENTO	CALCESTRUZZO	BITUME	ALLUMINIO	MARMO	COLLA	PITTURA	OTTONE	RAME	SABBIA	CARBURANTE	PVC	ACCIAO ZINCATO	ACQUA	NYLON	PROPILENE	BENOTNITE	CEMENTO	POLIESTERE	COCCO	POLIETILENE	POLICARBONATO	QUARZO
SCHERMATURA FINESTRE BAGNI.																																					
CORNICE PERIMETRALE, IN LEGNO DI ABETE, DI SEZIONE MINIMO 5X5 CM, ANCORATA CON TASSELLI MECCANICI IN ACCIAIO, DI IDONEE DIMENSIONI, QUANTITÀ E TIPOLOGIA, ALLA RETROSTANTE MURATURA INTONACATA	ml	*valore*	X										X																								
CORNICE PERIMETRALE DELLA SCHERMATURA FINESTRE BAGNI.																																					
LISTELLI, IN LEGNO MASSICCIO DI ABETE, DI SEZIONE CIRCOLARE ø4 CM, FISSATI TRAMITE VITI DI ACCIAIO ALLA CORNICE PERIMETRALE OD ALLA RETROSTANTE MURATURA INTONACATA	ml	*valore*	X										X																								
SOLETTA DI COPERTURA DEI BALCONI COMPOSTA DA PANNELLI IN LEGNO, IRRIGIDITI DA UN ORDITURA DI LISTELLI																																					
SOLETTA DI COPERTURA DEI BALCONI COMPOSTA DA PANNELLI IN LEGNO, IRRIGIDITI DA UN ORDITURA DI LISTELLI	mq	*valore*	X																																		

Tab. 9 Analisi dei materiali presenti nelle singole voci del computo metrico relativo alle opere architettoniche dell'edificio bioedile

Lo studio di fattibilità svolto ha fatto emergere chiaramente problematicità, in parte già discusse, in riferimento a:

- **Il ciclo di vita dei materiali**

  La necessità di esecuzione di una precisa LCA per ciascuna voce, in maniera tale da evidenziare i materiali e le risorse di base per le singole voci del computo metrico. Questo renderebbe possibile dettagliare in modo adeguato l'analisi svolta.

- **L'allestimento del cantiere**

  La necessità di informazioni precise sui materiali necessari per l'allestimento del cantiere (reti di recinzione, ponteggi, tondini, sistemi di sicurezza,...) da pesare in base alla loro vita media (ovvero al numero di cantieri nei quali è possibile il loro utilizzo).

- **Il quaderno di cantiere**

  L'analisi del *quaderno di cantiere*, ovvero dell'elenco degli interventi realmente eseguiti e delle eventuali sostituzioni ai materiali presenti nel computo metrico.

- **L'impiantistica**

  L'analisi approfondita della sezione del computo metrico relativa all'impiantistica (termica, elettrica, meccanica), in quanto le maggiori difficoltà sono emerse dalla scorporazione di talune voci ad essi relative. Come già sostenuto, spesso le voci del computo metrico rappresentano interventi complessi all'interno dei quali è difficile individuare il singolo materiale utilizzato. Occorrerebbe, da questo punto di vista, una raccolta dati molto approfondita in grado di evidenziare le informazioni necessarie per il calcolo dell'Impronta Ecologica.

- **La durata dell'edificio**

  Come evidenziato nell'analisi dello studio del CRAS s.r.l., la problematica principale nel calcolo di Impronta Ecologica relativo alla costruzione di un edificio è rappresentata dal riuscire ad identificare la durata dell'edificio stesso e le manutenzioni necessarie al suo mantenimento nel tempo. Tali interventi, seppur non direttamente collegati all'intervallo temporale di apertura del cantiere, ne sono però direttamente conseguenti.

  La qualità dei materiali di base, la perizia costruttiva da parte delle imprese edili, la durabilità minore o maggiore degli impianti realizzati, la presenza di difetti strutturali congeniti nella progettazione dell'edificio, sono tutte voci in grado di condizionare fortemente un calcolo di Impronta Ecologica di questo tipo, e per questa ragione sarebbe opportuno quantificarle. Inoltre, l'analisi dell'impatto relativa alla costruzione non potrebbe essere separata da un calcolo di tipo gestionale, in quanto soltanto il paragone fra Impronta Ecologica dell'edificio "spento" e dell'edificio "acceso" permetterebbe una reale fotografia della sostenibilità dell'edificio, permettendo di valutare il tempo necessario a recuperare il deficit iniziale in base alle scelte progettuali fatte. In riferimento a ciò, proviamo nel paragrafo successivo ad approfondire l'argomento, valutando il tempo di "ammortamento" ambientale di un pannello fotovoltaico.

L' "ammortamento ambientale" dei pannelli fotovoltaici

Come accennato nel paragrafo precedente, è molto interessante provare a quantificare il tempo necessario perché il costo ambientale iniziale di un certo impianto/struttura/edificio sia ripagato da benefici ambientali concreti. Ciò permette di evidenziare, inoltre, se dal punto di vista della sostenibilità la scelta progettuale fatta si dimostri effettivamente adeguata allo scopo.

Un impianto per la produzione di energia elettrica da celle fotovoltaiche sintetizza in maniera chiara quanto finora sostenuto. In termini di Impronta Ecologica, infatti, la fase di costruzione ha un costo molto elevato (materiali altamente tecnologici, materie prime di un certo pregio, processo produttivo dispendioso), mentre durante la gestione di un edificio il bilancio ambientale è assolutamente positivo. L'energia elettrica prodotta dalle celle fotovoltaiche, infatti, non emette in alcun modo CO_2 in quanto sfrutta la primaria fonte di energia rinnovabile, ovvero la luce solare. Dal punto di vista ambientale questo si tramuta in un risparmio notevolissimo rispetto alla produzione di un analogo quantitativo secondo la metodologia tradizionale, ovvero bruciando combustibili fossili.

Nel presente studio si è provato a quantificare se, ed in quanto tempo, il bilancio costi/benefici dei pannelli fotovoltaici si equilibra, e soprattutto se, considerandone il ciclo di vita medio, il bilancio finale si possa considerare positivo o negativo. Questo calcolo è stato fatto riferendosi all'edificio bioedile di Corte Nuova precedentemente descritto.

- **Reperimento dati bibliografici sulla costruzione dei pannelli fotovoltaici**

  Il primo passo è stato quello di provare a definire il calcolo dell'Impronta Ecologica riferito alla realizzazione di 1 m^2 di pannello fotovoltaico. Occorre innanzitutto dire che da questo punto di vista, il

calcolo dell'Impronta Ecologica presenta ancora molte incognite, soprattutto legate al fatto che non è stato ancora sufficientemente affrontato il problema da parte dei differenti gruppi di studio di Impronta Ecologica a livello mondiale. Nel caso specifico, tramite il *Global Footprint Network*, (il gruppo di studiosi maggiormente rappresentativo per il calcolo dell'Impronta Ecologica a livello mondiale), si è reperita una tesi di laurea realizzata da Michael E. Murray all'Oberlin College dell'Ohio. Il titolo della tesi è: "*Payback and currencies of Energy, Carbon Dioxide and money for a 60 kW photovoltaic array*". Murray, nel suo studio, ha eseguito un'analisi dei costi/benefici di un pannello fotovoltaico da 60 kW in termini monetari, energetici e di emissioni di CO_2. Tale studio presenta ovviamente delle ipotesi di base che nel presente lavoro, non potendo approfondire ulteriormente la tematica, sono state accettate *in toto*. La prima delle ipotesi è considerare che i wafer dei pannelli fotovoltaici siano prodotti in Giappone, in quanto da un'analisi di mercato svolta da Murray è emerso come la maggioranza di questi componenti siano prodotti proprio in Giappone. La seconda ipotesi di base è considerare provenienti dalla Spagna le singole celle e moduli dei pannelli (per analoghe ragioni).

Accettando queste due ipotesi di studio, si è potuto procedere nel calcolo considerando la quantità finale di CO_2 emessa per la produzione di 1 m^2 di pannello, ovvero 417,61 $kgCO_2/m^2$.

Definizione dell'Impronta Ecologica dei pannelli fotovoltaici (per m^2)

Per il calcolo dell'Impronta Ecologica si sono nuovamente sfruttati gli studi eseguiti dal *Global Footprint Network* relativi alla quantità di terreno necessario per il riassorbimento di 1 t di CO_2. Tale valore è una costante fissa valutata secondo gli indici di riassorbimento medio di 1 *ha* di foresta: valutando precedentemente le emissioni di biossido di carbonio conseguenti ad un determinato processo industriale, è possibile convertirle tramite tale costante in *ha* di terreno per energia, ovvero in componenti di Impronta Ecologica (dettaglieremo maggiormente questa spiegazione nel capitolo relativo alla metodologia di calcolo relativa al presente studio).

In sintesi, quindi:

- il valore di CO_2 per m^2 è stato convertito in quantità di carbonio (C) per m^2;
- tale valore è stato a sua volta trasformato in ettari di terreno necessari al riassorbimento, che rappresenta il fattore di conversione per m^2 di pannello fotovoltaico;
- il semplice prodotto fra tale fattore di conversione e l'estensione in m^2 di pannelli fotovoltaici presenti a Concorezzo ha fornito la componente di Impronta Ecologica per la loro costruzione.

Tale valore ha costituito il punto di partenza per la valutazione dell'andamento costi/benefici desiderato.

Definizione dell'Impronta Ecologica per la produzione di energia elettrica da pannelli fotovoltaici

La quantificazione dell'Impronta Ecologica conseguente all'energia elettrica prodotta da pannelli fotovoltaici ha richiesto alcuni ragionamenti di base. Come precedentemente sostenuto, il singolo kWh prodotto da pannello fotovoltaico non rappresenta, a livello ambientale, alcun costo in quanto lo sfruttamento dell'energia solare permette di non avere emissioni di CO_2 nell'atmosfera. Per questa ragione i pannelli fotovoltaici si possono considerare ad impatto zero dal punto di vista della gestione di un edificio. Tale presupposto, però, non permette di valutare l'andamento del rapporto costi/benefici, in quanto non si riescono a correlare il valore di Impronta Ecologica per la costruzione ed il valore (nullo) di Impronta Ecologica per la produzione di energia elettrica. Per questa ragione si è deciso di conteggiare l'Impronta Ecologica relativa ai kWh prodotti da pannelli fotovoltaici come se provenisse da energia elettrica tradizionale (ovvero prodotta in larga misura da fonti non rinnovabili), ma di segno negativo, in maniera che rappresenti il risparmio ambientale che tale produzione permette (per il calcolo dell'Impronta Ecologica per l'energia elettrica si faccia riferimento ai capitoli 11 e 12 sulla metodologia di calcolo).

Inoltre, avendo a disposizione esclusivamente un periodo temporale monitorato di circa 15 mesi, ma volendo estendere il periodo di valutazione su 5 anni (in maniera da riuscire ad estrapolare un andamento lineare maggiormente preciso), si è deciso di considerare la produzione relativa all'anno 2005 (anno per il quale eravamo in possesso di tutti i dati mensili) come costante anche per gli anni successivi. In questa maniera è stato possibile ottenere la tabella sotto riportata da cui consegue il grafico successivo.

ANDAMENTO DEL RISPARMIO DI IMPRONTA ECOLOGICA PER I PANNELLI FOTOVOLTAICI			
		gha	Note
	Installazione	5,41	Impronta ecologica istante iniziale, quando l'impianto è installato e pronto all'uso
2005	gen	5,38	Questo valore ed i seguenti derivano dalla sottrazione della quota di Impronta Ecologica risparmiata per ogni singolo mese al valore iniziale speso per la costruzione dell'impianto, dei pannelli e delle strutture di sostegno
	feb	5,33	
	mar	5,26	
	apr	5,19	
	mag	5,08	
	giu	4,98	
	lug	4,88	
	ago	4,79	
	set	4,73	
	ott	4,69	
	nov	4,66	
	dic	4,62	
tot	2005	0,76	risparmio annuale

Tab. 10 Valori di Impronta Ecologica dall'istante iniziale di installazione sino al termine del primo anno di funzionamento

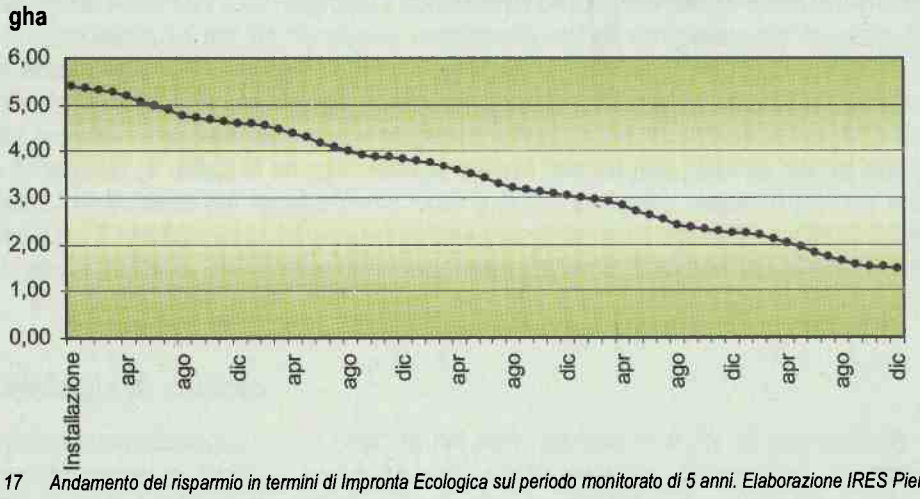


Fig. 17 Andamento del risparmio in termini di Impronta Ecologica sul periodo monitorato di 5 anni. Elaborazione IRES Piemonte.

Come emerge chiaramente, l'andamento del rapporto costi/benefici è tale per cui la spesa iniziale in gha di terreno viene lentamente ripagata dal quantitativo di gha risparmiati evitando l'utilizzo di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica. Rapportando tale andamento mediante la retta interpolatrice, sui 30 anni di vita media di un pannello fotovoltaico (dato reperito a livello bibliografico) si ottiene il grafico seguente, che mostra chiaramente come il pareggio in termini di Impronta Ecologica si raggiunga dopo un intervallo di utilizzo di poco superiore ai 7 anni, generando da tale momento in avanti esclusivamente un beneficio ambientale.

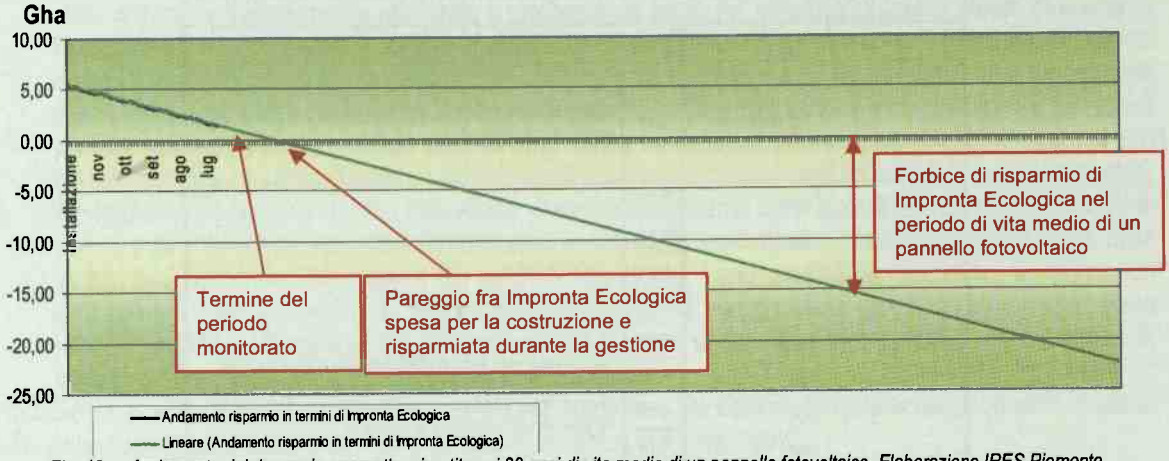


Fig. 18 Andamento dei risparmio energetico ripartito sui 30 anni di vita media di un pannello fotovoltaico. Elaborazione IRES Piemonte.

Tale conclusione chiarisce come lo studio dell'Impronta Ecologica relativa alla costruzione di un edificio possa essere un utile strumento di lettura e di interpretazione dei dati relativi alla gestione successiva dell'edificio. Analoghe considerazioni potrebbero farsi per altri elementi costruttivi bioedili, quali l'utilizzo dei pannelli solari, l'approfondimento dei sistemi integrati per la produzione del calore (pellet + solare termico), l'analisi dell'impatto delle differenti tipologie di coibentazione, lo studio dei vetri basso emissivi e ogni altra forma di bioedilizia.

Oltre tutto tale campo non è ancora stato esplorato a livello di applicazione dell'Impronta Ecologica, e rappresenterebbe una novità di significativa importanza.

11 LA SECONDA FASE: LA GESTIONE DI UN EDIFICIO. METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA

All'interno del capitolo seguente tratteremo in maniera approfondita la seconda fase del ciclo di vita di un edificio, ovvero la fase di gestione. In altre parole, approfondiremo l'impatto ambientale di un edificio "acceso". Tale studio, che ha permesso di elaborare un programma di calcolo dell'Impronta Ecologica per la gestione degli edifici, rappresenta indubbiamente un approfondimento molto interessante del calcolo dell'Impronta Ecologica nonché uno dei primi studi in tale ambito. Come è possibile rilevare dai capitoli precedenti, sino ad oggi l'Impronta Ecologica ha avuto un'applicazione rivolta in maniera specifica a macrosistemi all'interno dei quali la componente di consumi degli edifici era soltanto una della tante voci considerate. Nella metodologia classica la componente di consumi residenziali si inserisce fra i consumi globali del sistema studiato (che sia una nazione, una regione od una città); nel caso del BedZed tale componente, decisamente rilevante, rappresenta soltanto un tassello del calcolo di impronta relativo ad un sistema sociale ed urbanistico più complesso (ovvero l'intero quartiere, con la relativa gestione dei trasporti, dei rifiuti e dell'organizzazione del lavoro); nello studio del CRAS s.r.l. l'impronta è applicata ad un ipotetico caso di costruzione e manutenzione di un edificio (progettato *ad hoc* per il calcolo), trascurando, quindi, completamente l'aspetto di accensione dell'edificio stesso.
Nel presente studio, invece, la metodologia di calcolo elaborata tratta esclusivamente la gestione dell'edificio, ovvero tutti i consumi dipendenti dalle scelte progettuali effettuate ma dipendenti altresì dalla sua abitabilità. Sono stati considerati gli utilizzi di energia elettrica, energia termica (gas naturale per riscaldamento ed usi cucina), pellet (combustibile per riscaldamento locali e acqua sanitaria), sistemi a pannelli solari termici e serre termiche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria e degli ambienti abitabili, energia elettrica da pannelli fotovoltaici, acqua potabile. Descriveremo successivamente come ciascuno dei singoli problemi è stato affrontato.

La metodologia di calcolo

Il calcolo dell'Impronta Ecologica, come descritto nel sesto capitolo, è di per sé relativamente semplice, in quanto algebricamente si tratta di convertire dati, opportunamente dimensionati, in ettari equivalenti (normalizzati secondo il sistema da analizzare) mediante opportuni fattori di equivalenza e di conversione. La maggiore criticità riguarda la definizione di adeguati valori di tali fattori.

Presentazione dei fattori di equivalenza

Per quanto riguarda i fattori di equivalenza, la scelta si è orientata ad inserire nel programma di calcolo i fattori definiti negli studi di Impronta Ecologica ritenuti maggiormente significativi ed effettuati dall'ideatore stesso del metodo dell'Impronta Ecologica, Mathis Wackernagel: il primo calcolo dell'Impronta Ecologica di 52 nazioni effettuato nel 1996, i calcoli relativi ai Living Pianet Report del 2000 e del 2002, e la matrice di calcolo per il Living Planet Report del 2006 del National Account elaborata dal Global Footprint Network in collaborazione con il WWF. La tabella dei fattori di equivalenza a disposizione nel programma di calcolo è riportata di seguito.

Fattori di equivalenza				
Categorie di terreno bioproduttivo	Fattori di equivalenza (EQF: equivalence factors) [gha/ha]			
Energia	1,167798	1,780000	1,350000	1,374852
Terr. Agricolo	2,833271	3,160000	2,170000	2,193250
Pascoli	0,439507	0,390000	0,470000	0,479559
Foreste	1,167798	1,780000	1,350000	1,374852
Sup. degradata	2,833271	3,160000	2,170000	2,193250
Mare	0,063480	0,060000	0,350000	0,357243
Terreno medio				1,000000
	Wackernagel 1996	Living Planet Report 2000	Living Planet Report 2004	Living Planet Report 2006

Tab. 11 Fattori di equivalenza inseriti nel programma di calcolo dell'Impronta Ecologica di un edificio

I fattori di equivalenza prescelti si riferiscono al Living Planet Report 2006, essendo tali valori i più aggiornati a nostra disposizione; esiste anche la possibilità, lasciata all'utente del programma di calcolo, di utilizzare gli altri fattori di equivalenza indicati in tabella. Tale utilizzo differente permetterebbe di verificare la variazione di Impronta Ecologica intercorsa negli ultimi anni e dipendente da tali fattori, oppure di rendere confrontabili i risultati ottenuti con i precedenti studi di Impronta Ecologica eseguiti e facenti capo ai vecchi fattori di equivalenza.
Come è anche possibile notare, nel Living Planet Report 2006 è stata inserita la voce relativa al terreno medio per la valutazione dell'Impronta Ecologica dell'energia idroelettrica. Tale scelta dipende dal fatto che, come vedremo nella descrizione dei fattori di calcolo, l'energia idroelettrica richiede un'occupazione di terreno, per la realizzazione dei bacini artificiali, che non può essere univocamente definita: foreste, pascoli, superficie degradata o altro a seconda del sito prescelto per la realizzazione dell'invaso della diga. Per questa ragione è stato assegnato dal Global Footprint Network il valore 1 al fattore di equivalenza (ovvero è stato riferito ad un terreno medio non altrimenti definibile). Nel programma di calcolo tale ragionamento ha subito delle modifiche, successivamente descritte.

Presentazione dei fattori di conversione

Il lavoro di scelta ed elaborazione dei fattori di conversione è stato adattato ad ogni singolo caso, scegliendo elaborazioni a cura del Global Footprint Network o elaborando nuovi fattori di conversione nei casi in cui le singole voci di consumo non fossero ancora state trattate nei consessi internazionali.
Nella tabella sottostante sono riportati in maniera sintetica tutti i fattori di conversione utilizzati nel programma di calcolo con le relative fonti di derivazione.

Fattori di conversione								
Voce di consumo	Fattore di conversione						Unità di misura	Fonte
	terreno per energia	superficie agricola	pascoli	foreste	superficie degradata	Mare		
Energia elettrica	0,046471				0,000488		ha/Gj	Living Planet Report 2006 Global Footprint Network
Gas naturale	0,011017						ha/Gj	Living Planet Report 2006 Global Footprint Network
Acqua	0,000080						ha/m³	Manuale delle EF - Chambers & Simmons
Pellet	0,019517			0,0000			ha/m³	Varie+Living Planet Report 2006 - Global Footprint Network
Solare termico							-	-
Energia fotovoltaica							-	-
Costruzione pannello fotovoltaico	0,082012						ha/m²	Tesi di laurea Michael Murray - aprile 2004 Oberlin College (Ohio)

Tab. 12 Tabella di sintesi dei fattori di conversione utilizzati per il calcolo dell'Impronta Ecologica

■ IL FATTORE DI CONVERSIONE PER LA COMPONENTE DI CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA

La definizione del fattore di conversione per il calcolo della componente di Impronta Ecologica dell'energia elettrica ha richiesto una valutazione alquanto elaborata. Il punto di partenza è stata l'analisi del Bilancio Energetico Nazionale relativo all'anno 2005, nel quale ritroviamo il bilancio complessivo dei movimenti energetici a livello italiano. L'elaborazione dei dati in nostro possesso ha seguito i seguenti passaggi:

- **Definizione della quantità totale, per fonte energetica primaria, trasformata in energia elettrica**

Tale valore è stato ricavato dal prodotto fra i consumi e le perdite di ogni singola fonte primaria di energia e la percentuale di energia elettrica sul consumo interno lordo nazionale, addizionata alla voce relativa alla quantità totale specifica (sempre riferita ad ogni singola fonte energetica primaria) trasformata in energia elettrica. Nell'estratto di tabella presentato di seguito vediamo queste successive trasformazioni.

	ANNO 2005					
	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	En. elettrica	Totale
Consumi e perdite prod. Energia elettrica [10^6 tep]	0,356	0,312	0,675	0,054	-	**1,397**
Q.tà tot trasformata in Energia elettrica [10^6 tep]	12,083	27,428	10,063	11,628	-	**61,202**

Tab. 13 Definizione della quantità totale, in MTep, per ogni singola fonte energetica primaria trasformata in energia elettrica

- **Definizione del consumo medio (ripartito per fonte energetica primaria) per la produzione unitaria di energia elettrica**

Dai valori calcolati precedentemente è stato possibile ripartire percentualmente il peso delle fonti energetiche primarie nella produzione dell'energia elettrica a livello nazionale.

Dopo aver calcolato il rendimento globale dell'energia elettrica, rapportando la somma fra gli impieghi finali e l'esportazione ridotta del valore di importazione (ovvero non prodotto a livello italiano) con la quantità totale di fonti energetiche primarie trasformate in energia elettrica, si è applicato tale rendimento alle ripartizioni percentuali prima descritte. In questa maniera si è ottenuto il contributo (per comodità riferito a Gj) di ciascuna fonte energetica primaria per la produzione di 1 Gj di energia elettrica. Come è possibile vedere dal valore in grassetto nella tabella sottostante, la produzione di 1 Gj di energia elettrica richiede una spesa pari a 4,117 Gj, ovvero si ha una rendita media di trasformazione in energia elettrica pari a circa il 25%, ovvero molto bassa. Tale constatazione permetterà di capire, nell'analisi dei risultati, il perché del forte peso della componente di consumo legata all'energia elettrica nel calcolo globale dei consumi di un edificio (e di un qualsiasi altro sistema studiato).

	ANNO 2005					
	Solidi	Gas	Petrolio	Rinnovabili	En. elettrica	Totale
Ripartizione percentuale della produz. di en. elettrica	19,743%	44,816%	16,442%	18,999%		100,000%
Rendimento globale della trasformazione in elettricità	-	-	-	-	0,243	-
Consumo in Gj per la produzione di 1 Gj di en. elettrica	0,813	1,845	0,677	0,782		**4,117**

Tab. 14 Definizione del consumo, ripartito per fonte energetica primaria, per la produzione unitaria di energia elettrica

- **Definizione della ripartizione percentuale della componente di energia elettrica da fonti rinnovabili**

Tali dati sono stati ricavati dal *Rapporto sulle attività del gestore della rete di trasmissione nazionale* a cura del GRTN e riferito al periodo aprile 2004-maggio 2005. La tabella seguente riporta la quantità in GWh per tipologia di fonte rinnovabile e la successiva elaborazione che ha permesso di pesare la percentuale da fonte idroelettrica sul totale di energia elettrica prodotto, e la percentuale per tipologia di fonte rinnovabile sul totale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

TIPOLOGIA	GWh	% sul totale	% su rinnovabili
Produzione idrica lorda	48.730,00	16,22%	87,03%
Produzione termica lorda	244.375,00	81,36%	
Produzione geotermica lorda	5.428,00	1,81%	9,69%
Produzione eolica e fotovoltaica lorda	1.837,00	0,61%	3,28%
Totale	**300.370,00**	**100,00%**	**100,00%**

Tab. 15 Elaborazione per il calcolo della percentuale della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

- **Definizione del consumo di energia elettrica ridotto della componente derivante da fonte idroelettrica**

Dal valore relativo all'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili è stato sottratto il valore percentuale relativo all'energia elettrica da fonte idroelettrica, ovvero circa il 16% del totale.

	ANNO 2005			
	Solidi [Gj]	Gas [Gj]	Petrolio [Gj]	Altre forme di en. [Gj]
Consumo in Gj per la produzione di 1 Gj di en. Elettrica escludendo la componente da fonte idroelettrica da *altre forme di energia*	0,813	1,845	0,677	0,114

Tab. 16 Riduzione della componente di energia elettrica da fonte idroelettrica nella categoria precedentemente nominata "rinnovabili" e ridefinita per maggiore precisione "altre forme di energia"

- **Elaborazione del fattore di conversione per la componente di energia elettrica non derivante da fonte idroelettrica**

Dopo aver definito il consumo per fonte primaria, escludendo come abbiamo visto la componente da fonte idroelettrica (trattata a parte nella maniera di seguito descritta), è stato possibile calcolare il fattore di conversione per l'energia elettrica mediante alcuni valori forniti dalla matrice di calcolo per il Living Planet Report del National Account del Global Footprint Network (realizzato in collaborazione con il WWF). Per capire il ragionamento effettuato dal GFN occorre prima comprendere la maniera in cui, all'interno della matrice citata, viene effettuato il calcolo dell'Impronta Ecologica per fonti energetiche primarie. Occorre partire dal presupposto che l'utilizzo di fonti energetiche classiche, ovvero non rinnovabili, generi una forte emissione di CO_2 in atmosfera che, in un sistema terrestre in equilibrio, necessiterebbe di un'adeguata estensione di territorio per essere riassorbita. Tale territorio viene inserito in quello che comunemente viene definito *Terreno per energia*. Nello studio effettuato per il Living Planet Report 2006, il GFN associa un quantitativo di carbonio liberato nell'atmosfera a ciascuna fonte energetica primaria, secondo la tabella proposta:

Comb. Gassoso	0,015300	tC/Gj
Comb. Solido	0,025800	tC/Gj
Comb. Liquido	0,020000	tC/Gj
Altre forme di energia	0,015700	tC/Gj
Estensione di terreno per riassorbire il C emesso	0,720078	ha/tC
Costante di trasformazione C/CO_2	0,272727	-

Tab. 17 Quantitativi di C derivanti dall'utilizzo di fonti energetiche primarie e terreno necessario per il riassorbimento del C emesso

Applicando tali valori all'elaborazione dati prima descritta è stato possibile ricavare il quantitativo totale di C emesso (somma dei differenti contributi da parte delle differenti fonti energetiche primarie) per la produzione unitaria di energia elettrica e trasformarlo di conseguenza nel quantitativo di *ha* richiesto. Tale fattore di conversione, come possiamo vedere nella tabella 18 corrisponde al fattore di conversione per l'energia elettrica in termini di terreno per energia.

Trasformazione in tC del consumo pesato	Solidi [tC/Gj]	Gas [tC/Gj]	Petrolio [tC/Gj]	Altre forme di en. [tC/Gj]	TOTALE [tC/Gj]
	0,021	0,028	0,014	0,002	0,065

	f_c [ha/Gj]	Nota
Fattore di conversione en. elettrica	**0,046**	Tale fattore di conversione equivale agli *ha* consumati per ogni Gj di energia elettrica consumato, esclusa la componente idroelettrica
Fattore di conversione comb. Liquido	0,010	Tale fattore equivale agli *ha* consumati per produrre 1 Gj di energia da gasolio (utile per calcolo del fattore di conversione pellet)

Tab. 18 Calcolo del fattore di conversione (terreno per energia) relativo all'energia elettrica

- **Elaborazione del fattore di conversione per la componente di energia elettrica derivante da fonte idroelettrica**

Il calcolo del fattore di conversione relativo all'energia elettrica da fonte idroelettrica ha richiesto un ragionamento indipendente. Nella matrice elaborata per il Living Pianet Report 2006, il fattore di conversione per energia da fonte idroelettrica viene ricavato come rapporto fra l'estensione media di terreno (a livello mondiale) degli invasi delle dighe ed il totale di energia così prodotta. Si ottiene in questa maniera un valore pari a 0,0011 ha/Gj prodotto.

Nell'elaborazione del programma di calcolo, invece che riferire questa componente ad un ipotetico terreno medio non altrimenti definito, si è preferito assegnare il fattore di conversione a superficie degradata, e, poiché nella matrice citata il fattore di equivalenza assegnato è pari ad 1, si è deciso di rapportare il fattore di conversione al fattore di equivalenza per la superficie degradata, in maniera da non sovrastimare successivamente la specifica componente di Impronta Ecologica.

IL FATTORE DI CONVERSIONE PER LA COMPONENTE DI CONSUMO DI GAS NATURALE

Per quanto riguarda il gas naturale, si sono sfruttati i valori riportati in tabella 17, ottenendo così facilmente il valore desiderato.

I valori di consumo (forniti in m^3) sono poi stati trasformati, all'interno del programma di calcolo, in Gj, in maniera da poter direttamente applicare il fattore di conversione assegnato.

IL FATTORE DI CONVERSIONE PER LA COMPONENTE DI CONSUMO DI ACQUA

Anche per quanto riguarda l'acqua, il fattore di conversione non ha richiesto un'elaborazione specifica, in quanto è stato possibile sfruttare direttamente il fattore suggerito all'interno del libro *Manuale delle Impronte*[28].

[28] Chambers, Simmons, Wackernagel, *Manuale delle Impronte*, 2002.

■ IL FATTORE DI CONVERSIONE PER LA COMPONENTE DI CONSUMO DI PELLET

L'elaborazione del fattore di conversione del consumo di pellet è stata, come nel caso dell'energia elettrica, molto laboriosa. Allo stato attuale non sono presenti studi specifici in merito all'argomento, fatta eccezione per un fattore di conversione elaborato nella matrice di calcolo per il Living Planet Report del 2006 che presenta però le seguenti criticità:

Ipotesi di base per f. conversione legno da combustibile	Criticità emerse
Utilizzo di legno vergine	Il pellet non deriva praticamente mai da legno vergine, in quanto sarebbe richiesto un trattamento di essiccazione troppo dispendioso per portare il legno alla percentuale di umidità desiderata (da oltre il 40% al 7-8% medio)
	La materia prima, per un discorso di costi/benefici, è spesso già ridotta in pezzatura inferiore al legno vergine (scarti di segheria, di falegnameria)
Quantificazione di una percentuale di riduzione di resa del legno vergine conseguente all'azione di agenti esterni (parassiti, insetti, agenti atmosferici, altro)	Si vedano punti precedenti
Quantificazione di una percentuale di riduzione di resa del legno vergine conseguente alle perdite da taglio (scortecciamenti, scarti della lavorazione)	

Tab. 19 Criticità relative al fattore di conversione per il pellet elaborato nella matrice di calcolo per il Living Planet Report 2006

Come è possibile notare, l'utilizzo di tale fattore di conversione (relativo al terreno per foreste, in quanto presuppone l'utilizzo di legno vergine), peraltro molto elevato, avrebbe generato una sovrastima della reale componente di Impronta Ecologica. Si è quindi deciso di applicare a tale fattore di conversione un fattore di correzione in grado di adattarsi alla realtà specifica. Infatti, nel programma di calcolo, si ha la possibilità di intervenire su questo fattore correttivo facendolo variare fra 0 ed 1, in maniera da pesare la percentuale di legno vergine utilizzata per la realizzazione del pellet (nel caso ipotetico in cui il 50% del pellet sia realizzato con legno vergine, si imposta tale fattore a 0,5 ed il fattore di conversione si riduce del 50%). Nel nostro caso specifico, informandosi sulla provenienza del pellet utilizzato nell'edificio Corte Nuova di Concorezzo (nel Modello Villaggio Olimpico di Vinovo non sono presenti caldaie a pellet) si è potuto impostare a 0 il fattore di correzione, in quanto tutto il pellet deriva da scarti di segherie e falegnamerie austriache e viene commercializzato da un intermediario del Trentino Alto Adige (ditta Landgut).

In questa maniera non si quantificava, però, la componente di consumi energetici conseguente alla produzione del pellet, che deve essere inserita nel fattore di conversione specifico. Si è, quindi, analizzato uno studio di progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di pellet. Le componenti principali in termini di dispendio energetico per la produzione del pellet sono le seguenti:

- energia elettrica (per l'alimentazione ed il funzionamento dell'impianto);
- energia termica (per la fase di essiccazione del materiale da trattare);
- gasolio (per l'alimentazione dei mezzi necessari all'impianto e per l'alimentazione della macchina biotrituratrice per la riduzione del prodotto iniziale alla pezzatura desiderata).

Nello studio di progetto (presentato in sintesi nella tabella sottostante) i valori, in termini economici, erano i seguenti:

en. elettrica	214.897	€ tot	
	38.000	€ fissi	
	176.897	€ tot consumo	impianto funzionante per 240 giorni all'anno, in due turni giornalieri, per 16 ore complessive.
	0,159	€/kWh	costo dell'energia
gasolio (trasporto e biotrituratrice che spezzetta le ramaglie e la biomassa)	30.000	€ tot	
	0,45	€/l	costo gasolio industriale
en. termica	270.000	€ tot	comprensivi della biomassa utile per l'essiccazione del pellet

	36	€/t	costo della biomassa stimato
	voce di difficile scorporazione fra componente elettrica e termica. Stimata, inoltre, per un abbattimento di umidità dal 40% al 12% finale. Per la segatura questo range di diminuzione è sensibilmente minore		

Tab. 20 Sintesi delle ipotesi di progetto per la realizzazione di un impianto di produzione pellet

Considerando i valori in tabella 20 come ipotesi di partenza, è stato possibile ottenere il fattore di conversione in termini di terreno per energia per il pellet. Le trasformazioni sono state le seguenti:

- **Elaborazione fattore di conversione fp1 relativo alla componente di energia elettrica**

Il rapporto fra la spesa totale ridotta delle spese fisse ha dato gli euro totali relativi all'effettivo consumo di energia elettrica, che rapportati al costo a kWh ha permesso di ricavare i kWh complessivi annui. Tale valore, mediante le trasformazioni già descritte e considerando una densità media del pellet (come da valore bibliografico) pari a 0,65 t/m^3, è stato trasformato nel fattore di conversione per energia elettrica per la produzione di pellet, che chiameremo *fp1*.

- **Elaborazione fattore di conversione fp2 relativo alla componente di gasolio**

Rapportando la spesa totale prevista per il gasolio al costo di un litro di gasolio industriale, si è risaliti al consumo annuo in litri di gasolio. Anche in questo caso, come era avvenuto per il gas naturale, la trasformazione è stata di facile realizzazione sfruttando i valori riportati in tabella 17. Tale fattore è stato rapportato ad un fattore di correzione in grado di pesare il grado di sminuzzamento del prodotto iniziale. L'utilizzo del gasolio, infatti, dipende fortemente dall'uso della biotrituratrice, che, nel caso in cui il prodotto iniziale presenti già una pezzatura sufficientemente adeguata, può ridursi notevolmente. In questa maniera si è ottenuto il fattore di conversione per il gasolio per la produzione di pellet, che chiameremo *fp2*.

- **Elaborazione fattore di conversione fp3 relativo alla componente di energia termica**

Dai valori di spesa stimati, è stato possibile risalire al quantitativo di materia prima (biomassa) sfruttata per la produzione del calore per l'essiccazione del prodotto iniziale. Tale valore è stato poi convertito, mediante il potere calorifico medio (come da valore bibliografico) della biomassa, in Gj totali necessari a tale processo. Questi Gj sono stati riferiti alla riduzione percentuale stimata da progetto (dal 40% a circa il 12% in volume) ottenendo in questa maniera i Gj necessari per la riduzione di 1 grado percentuale di umidità. Questo valore, convertito, permette di ottenere il fattore di conversione per l'energia termica per la produzione del pellet. Anche in questo caso, però, è stata necessaria l'introduzione di opportuni fattori di correzione:

- il primo fattore permette di valutare la riduzione percentuale di umidità per la produzione del pellet utilizzato nell'edificio di cui si desideri calcolare l'Impronta Ecologica;
- il secondo permette di scegliere fra metano e gasolio come alimentazione dell'impianto di essiccazione. Quest'ultima è un ipotesi che si è stati costretti accettare, in quanto non era possibile stimare il valore relativo alla combustione della biomassa per la produzione del calore necessario all'essiccazione (procedimento normalmente seguito negli impianti di produzione del pellet), pertanto è stato necessario sovrastimare tale componente del fattore di conversione (impatto dei combustibili fossili sicuramente maggiore alla combustione della biomassa).

Con l'applicazione dei due fattori di correzione descritti è possibile stimare il fattore di conversione *fp3* relativa alla componente di energia termica per la produzione del pellet.

- **Elaborazione fattore di conversione finale**

La somma delle tre componenti *fp1*, *fp2* ed *fp3* fornisce il fattore di conversione, in termini di terreno per energia, per il consumo di pellet per la fornitura di energia termica.

All'interno del programma di calcolo, i fattori di conversione per il pellet sono quindi i seguenti:

- componente di terreno per energia (somma dei tre fattori *fp1*, *fp2* ed *fp3*, ciascuno adeguatamente pesato secondo il proprio fattore di correzione);
- componente di terreno per foreste (valore ricavato dalla matrice per il calcolo del *Living Planet Report* del 2006 opportunamente corretto mediante opportuno fattore di correzione).

La tabella successiva, estratta dal programma di calcolo, mette in evidenza i valori scelti per la definizione del fattore di conversione del pellet nel caso specifico dell'edificio di Corte Nuova a Concorezzo, in seguito alle informazioni ottenute dalla ditta produttrice di pellet .

Fattori di correzione per pellet			
		valori possibili	
Fattore derivazione legno di produzione	0,00	0-1	Tale fattore permette di pesare la componente percentuale di derivazione del pellet utilizzato. Nel caso in cui il pellet sia ottenuto dalla lavorazione di legno vergine il valore deve essere impostato ad 1. Nel caso in cui, invece, il pellet derivi unicamente da segatura o trucioli (senza che subiscano alcuna trasformazione o lavorazione) il valore dovrà essere impostato a 0. I valori intermedi soddisfano eventuali condizioni specifiche.
Fattore riduzione percentuale di umidità	7	0-100	Tale fattore pesa la variazione percentuale di umidità da materiale di produzione a pellet finito. Nel caso in cui il materiale di produzione non debba subire alcuna riduzione della percentuale di umidità inserire 0; in tutti gli altri casi attribuire un valore percentuale variabile fra 0 e 100.
Fattore combustibile di alimentazione impianto di essiccazione	1	1/2	Tale fattore serve ad attribuire il fattore di conversione nel caso in cui il combustibile di alimentazione dell'impianto di essiccazione del pellet sia gasolio o metano. Si sono considerati esclusivamente queste due fonti primarie di energia in quanto ritenute rappresentative della realtà industriale specifica. Nel caso in cui l'alimentazione sia a metano inserire 1, viceversa se fosse a gasolio inserire 2 (si ricorda che la scelta del gasolio è la condizione di calcolo peggiorativa). Nei casi in cui l'essiccazione del pellet dovesse essere effettuata sfruttando la combustione del cippato derivato dalla lavorazione del legno (es. corteccia) si consiglia comunque l'utilizzo del fattore di correzione per il metano, tenendo però in considerazione la leggera sovrastima dell'Impronta Ecologica.
Fattore grado di sminuzzamento	0,25	0-1	Tale fattore permette di pesare il grado di pezzatura del materiale d'origine; nel caso in cui la pezzatura sia grossolana inserire 1 (ovvero necessità di biotriturazione spinta); tale valore può scendere nel caso in cui la pezzatura iniziale richieda trattamenti meno spinti. Nel caso in cui non avvenga biotriturazione inserire 0.

Tab. 21 Fattori correttivi per la definizione del fattore di conversione per il consumo di pellet

■ IL FATTORE DI CONVERSIONE PER LA COMPONENTE DI CONSUMO DI ENERGIA DA PANNELLI SOLARI E PANNELLI FOTOVOLTAICI

Anche in questo caso non sono emerse in letteratura precedenti elaborazioni di fattori di conversione per le due categorie di consumo specifiche. Il ragionamento seguito ha preso spunto dalle considerazioni reperite in alcuni studi del Global Footprint Network e da una consultazione con alcuni rappresentanti di quest'ultimo (Michael Murray, già redattore della tesi utilizzata per l'elaborazione del calcolo di ammortamento ambientale dei pannelli fotovoltaici). Il presupposto fondamentale è che la produzione di energia termica mediante pannelli solari e di energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici, possa considerarsi ad emissioni zero. In altre parole, l'impatto conseguente a tali produzioni energetiche è assolutamente nullo in termini di CO_2 emessa nell'atmosfera. Poiché nel calcolo elaborato dal GFN per il *Living Planet Report* del 2006 ciascuna fonte energetica viene pesata secondo il quantitativo di anidride carbonica emessa in atmosfera, si può dedurre che l'Impronta Ecologica riferita ai consumi di energia prodotta da tali fonti rinnovabili sia da non considerarsi.

Ben diverso sarebbe il caso dell'Impronta Ecologica relativa alla costruzione di tale tecnologia, ma questo problema è ampiamente dibattuto nel capitolo relativo alla cantieristica.

Nel programma di calcolo si è, comunque, deciso di considerare l'apporto energetico positivo che queste due fonti alternative sono in grado di dare ai consumi energetici di un edificio, identificandolo però come un risparmio ambientale, cioè una componente di Impronta Ecologica "negativa", in grado di ridurre il valore globale finale dell'Impronta Ecologica dell'edificio in funzione.

Per far ciò è stato necessario definire due ipotesi di base:

- **La componente di energia termica** derivante da pannelli solari è stata parificata ad energia derivante dall'utilizzo di gas naturale;
- La **componente di energia elettrica** da pannelli fotovoltaici è stata parificata ad energia elettrica prodotta in modo tradizionale.

Le componenti specifiche, come detto, all'interno del programma di calcolo sono sottratte, e permettono di identificare degli scenari ipotetici di risparmio. Nell'elaborazione dei risultati viene definito il valore reale di Impronta Ecologica (cioè la somma dei consumi effettivi, escluse le componenti ad impatto nullo), il totale risparmiato (cioè la somma dei contributi relativi alle due forme di energia descritte come se fossero prodotte in maniera tradizionale) e il valore ipotetico di Impronta Ecologica (cioè la somma dei due valori descritti, che esprime l'Impronta Ecologica nel caso in cui non fossero presenti le due tecnologie bioedili ma ogni consumo dipendesse da fonti tradizionali).

12 IL CALCOLO DELL'IMPRONTA ECOLOGICA

Una volta definiti i fattori di conversione, è stato possibile calcolare l'Impronta Ecologica nel modo seguente:

- trasformazione dei dati a disposizione nelle unità di misura necessarie allo sviluppo del calcolo;
- calcolo della componente di Impronta Ecologica come prodotto fra i dati inseriti ed i fattori di conversione specifici;
- calcolo della componente globale di Impronta Ecologica come prodotto fra il valore precedentemente ricavato ed i fattori di equivalenza prescelti.

L'analisi dei dati

Successivamente all'elaborazione del programma di calcolo, si è resa necessaria un'attenta analisi dei dati a nostra disposizione. Nel presente capitolo descriveremo la tipologia di dati fornitici, la loro elaborazione e ie problematiche relative.
Occorre da subito precisare che, sebbene come descritto precedentemente, il programma di calcolo sia stato elaborato per poter monitorare un periodo temporale pari a 5 anni, in entrambi i casi studio i dati a nostra disposizione erano relativi ad un periodo decisamente inferiore. Per l'edificio Corte Nuova di Concorezzo (MI) il periodo monitorato equivaleva a circa 16 mesi, a partire dall'ottobre 2004, il che ha consentito di valutare quanto meno l'andamento medio annuale per l'anno 2005; nel caso del Prototipo Villaggio Olimpico di Vinovo (TO), invece, poiché la costruzione è stata terminata durante lo svolgimento del presente studio, ci si è dovuti basare esclusivamente su stime di progetto. Si capisce chiaramente come in quest'ultimo caso i dati siano meno significativi, in quanto trascurano la componente comportamentale dei singoli cittadini. Approfondiremo, comunque, il discorso nei prossimi paragrafi.

I dati relativi a Corte Nuova - Concorezzo (MI)

Il monitoraggio

L'edificio Corte Nuova è stato ristrutturato, sia nella sua parte tradizionale che nella sua parte bioedile, per decisione e progetto del suo proprietario, l'ing. Brambilla. Egli stesso, per una serie di ragioni fra cui la verifica della sostenibilità dell'edificio bioedile, il monitoraggio e l'andamento dei consumi dei propri inquilini e la realizzazione di un confronto fra le spese sostenute per la ristrutturazione ed i benefici economici oltre che ambientali ottenuti, dall'ottobre 2004 ha intrapreso una campagna di monitoraggio su ciascun alloggio e negozio delle due stecche considerate nel nostro studio:

- la stecca F, relativa all'edificio bioedile;
- le stecche G ed H, relative all'edificio tradizionale.

I consumi monitorati sono di seguito descritti:

TIPOLOGIA DI CONSUMO	Unità di misura	Periodo monitorato	Periodicità rilevamento dati	Strumento misuratore
energia elettrica (per i singoli alloggi e per i servizi generali)	kWh	ott04 gen 06	mensile	Contatore singolo alloggio
gas (per riscaldamento locali, riscaldamento dell'acqua sanitaria e usi cucina nel caso dell'edificio tradizionale, per usi cucina nell'edificio bioedile)	m^3	ott04 gen 06	mensile	Contatore singolo alloggio
pellet (caldaia per riscaldamento locali ed acqua sanitaria nell'edificio bioedile)	m^3	apr04 feb 06	mensile	Asta graduata interna al silos di stoccaggio

Acqua (consumi acqua potabile per l'edificio bioedile e per l'edificio tradizionale)	m^3	lug04 gen 06	trimestrale	Bolletta trimestrale per intero edificio
Quantità calore erogato per singolo alloggio (per ogni singolo alloggio dell'edificio bioedile)	kWh	apr04 gen 06	mensile	Contatore singolo alloggio
Quantità acqua calda consumata	m^3	apr04 gen 06	mensile	Contatore singolo alloggio
Quantità calore derivante da pannelli solari termici per il riscaldamento dell'acqua sanitaria nell'edificio bioedile	kWh	gen04 gen 06	mensile	Centralina elettronica collegata a pannelli solari
Quantità energia elettrica prodotta dai 2 blocchi di pannelli fotovoltaici nell'edificio bioedile (rispettivamente pari a 18 m^2 e 30 m^2)	kWh	ott 04 gen 06	mensile	Centralina elettronica collegata ai pannelli fotovoltaici

Tab. 22 Dati monitorati per l'edificio tradizionale e bioedile di Corte Nuova. Elaborazione IRES Piemonte.

L'estrapolazione dei dati

Poiché i dati fornitici non erano suddivisi in maniera uniforme sui vari mesi monitorati, è stato necessario procedere (mediante interpolazione lineare) ad uniformarli. Il lavoro di estrapolazione dati, seppur non riportato sul presente testo, è stato esteso ad ogni singolo alloggio della stecca F e delle stecche G ed H: in questa maniera, come vedremo successivamente, è stato possibile calcolare l'Impronta Ecologica non soltanto per l'edificio nella sua complessità, ma anche per i singoli alloggi. Ai fini di una comparazione nell'analisi dei risultati, ne sono stati scelti 3 per ciascun edificio (tradizionale e bioedile) che fossero significativi per tipologia di composizione familiare (in entrambi gli edifici sono stati scelti alloggi abitati da un single, da una coppia e da una famiglia di 4 persone con 2 bambini piccoli).

L'andamento dei consumi

Riportiamo di seguito, invece, alcuni grafici derivanti da verifiche dell'andamento dei consumi relativi ad alcune voci. Sarà interessante, nel capitolo relativo ai risultati, verificare come tali andamenti siano confrontabili con l'impatto in termini di Impronta Ecologica.

- **Il consumo di pellet**

Possiamo già notare, dalla Fig. 19, come il consumo di pellet abbia una fortissima connotazione di stagionalità: infatti, sebbene utilizzato anche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, durante le stagioni calde il consumo si riduce notevolmente in quanto viene a mancare la componente fondamentale di apporto in qualità di combustibile per il riscaldamento dei locali.

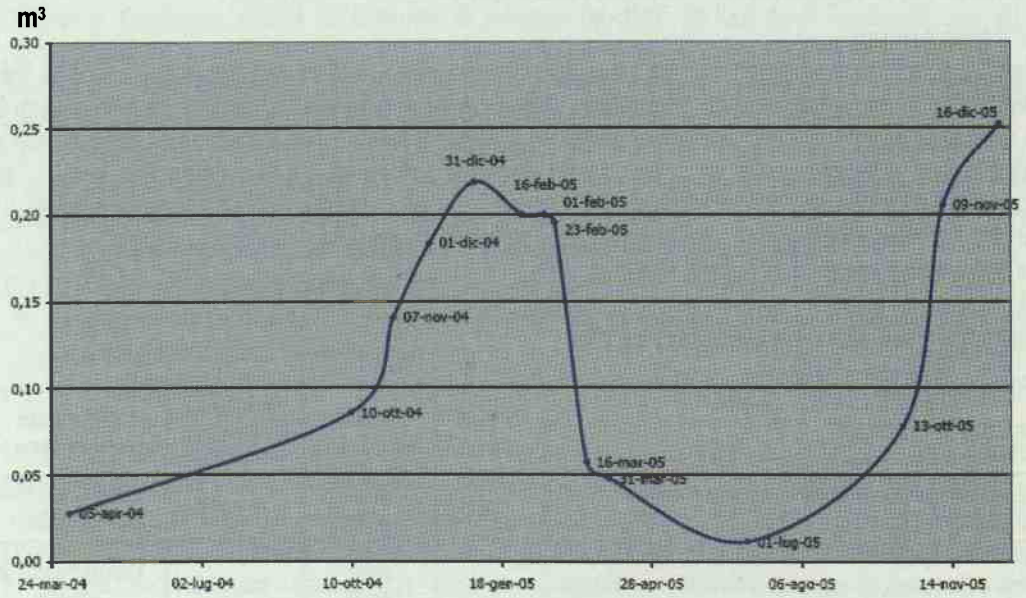


Fig. 19 Andamento temporale del consumo in m^3 di pellet. Elaborazione IRES Piemonte.

- **La produzione di energia solare termica**

Nel grafico sottostante, invece, possiamo notare come l'effettiva energia termica prodotta dai pannelli solari termici abbia andamento e valori ben differenti dalle stime di progetto della ditta produttrice/installatrice. Ciò ci permette di comprendere, inoltre, come lo studio relativo al Prototipo Villaggio Olimpico di Vinovo (TO), nel caso si decidesse in futuro di valutarne l'Impronta Ecologica basandosi su valori di consumo monitorati e non stimati, potrebbe dare risultati molto differenti rispetto a quanto rilevato nel presente studio: causa di ciò potrebbe essere la discrepanza fra le stime di progetto e l'applicazione tecnologica reale.

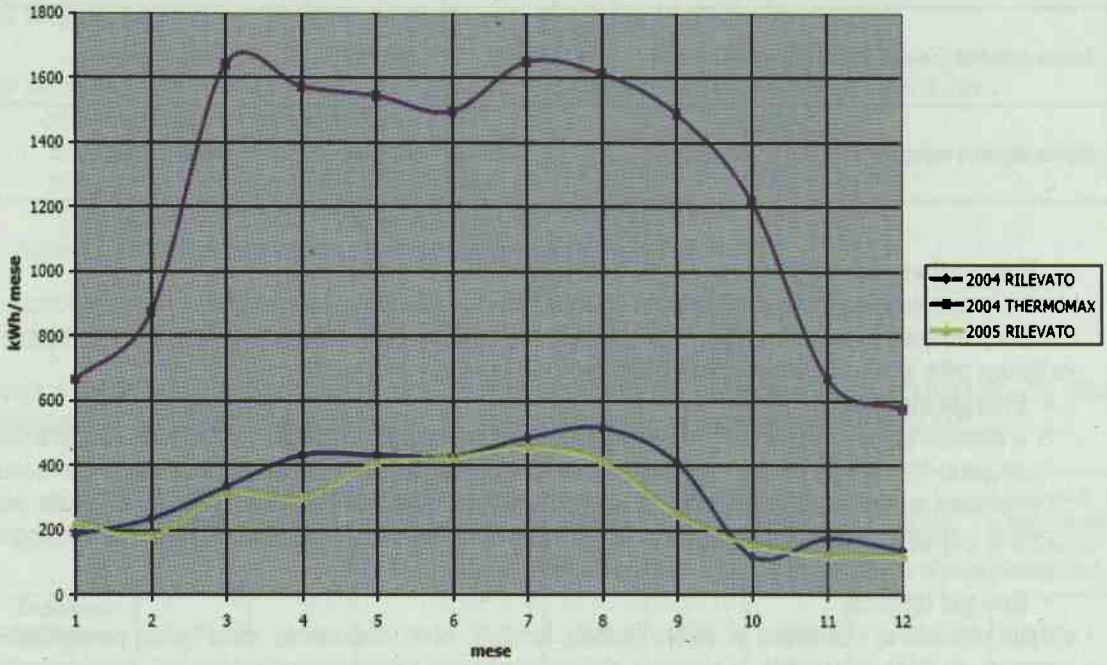


Fig. 20 Produzione di energia solare termica: confronto fra i valori rilevati negli anni 2004 e 2005 e le stime di progetto della società produttrice/installatrice. Elaborazione IRES Piemonte.

I dati relativi al Prototipo Villaggio Olimpico – Vinovo (TO)

Stima dei dati di consumo

Il prototipo Villaggio Olimpico di Vinovo non è una ristrutturazione, bensì, come già descritto, un progetto ex novo che deve fungere da modello per la riqualificazione bioedile del Villaggio per atleti e mass-media realizzato a Torino in occasione dei Giochi Olimpici Invernali del 2006. Tale progetto, sia nella sua componente tradizionale che nella sua componente bioedile, è stato realizzato da ATC Torino in collaborazione con Envipark. Proprio quest'ultimo si è incaricato di fornire i dati, che in questo caso, a differenza di come è accaduto per l'edificio Corte Nuova di Concorezzo, sono esclusivamente dati di stima, in quanto al momento dell'esecuzione del presente studio gli edifici non erano ancora abitati e non erano quindi disponibili dati monitorati relativi ai reali consumi.

Inoltre, in conseguenza degli obiettivi riposti nella costruzione di tale edificio (fungere da modello per la riqualificazione del villaggio olimpico torinese) sono stati stimati esclusivamente i dati dell'edificio bioedile, sul quale inevitabilmente si è dovuto concentrare il presente studio, trascurando del tutto il calcolo dell'Impronta Ecologica per l'edificio tradizionale. Non è quindi presente, come vedremo, una comparazione fra le due tipologie edilizie che avrebbe potuto fornire interessanti informazioni dal punto di vista dell'analisi dei risultati.

Nella tabella seguente vediamo una sintesi dei dati messi a disposizione:

Tipologia di consumo	Unità di misura	Periodo monitorato	Periodicità rilevamento dati	Strumento misuratore
Energia elettrica per usi domestici, servizi e riscaldamento acqua (quota non coperta dai pannelli solari termici)	kWh	annuale	Stima di progetto	
Energia termica derivante da gas naturale come fonte primaria	kWh	annuale	Stima di progetto	
Energia termica derivante da fonti rinnovabili (pannelli solari e serre termiche)	kWh	annuale	Stima di progetto	
Acqua potabile (calda + fredda) richiesta stimata	m^3	annuale	Stima di progetto	
Acqua piovana recuperata	m^3	annuale	Stima di progetto	

Tab. 23 Dati monitorati per l'edificio bioedile di Vinovo. Elaborazione IRES Piemonte.

Elaborazione dei dati

Anche in questo caso, come per l'edificio di Corte Nuova, i dati forniti hanno richiesto una elaborazione che ha permesso il loro utilizzo per il calcolo di Impronta Ecologica realizzato. Di seguito sono riportate le ipotesi fatte e la loro spiegazione in riferimento alle tipologie di consumo.

- **Energia elettrica**

Si è considerata un'unica voce globale per il consumo di energia elettrica, non potendo disporre della ripartizione fra energia elettrica per usi domestici ed energia elettrica per riscaldamento dell'acqua. L'eventuale conoscenza della quota di energia elettrica fornita da pannello fotovoltaico, usata per i servizi generali, avrebbe potuto definire la quota di risparmio, in termini di Impronta Ecologica, conseguente all'utilizzo di energia elettrica da fonte rinnovabile.

- **Energia termica**

I dati utilizzati si riferiscono al valore globale fornitoci, non disponendo della quota percentuale di energia da fonte rinnovabile, e al valore globale fornito per il riscaldamento dei locali, considerandolo derivato da gas metano di rete. Gli apporti di energia termica da fonti rinnovabili (solare termico e serre termiche), sono state considerate come derivanti da un'unica tipologia di fonte rinnovabile.

- **Acqua**

Si sono considerati i valori globali relativi al consumo in m^3 di acqua, trascurando il prodotto derivante dal fabbisogno giornaliero ed il numero di abitanti considerati.

- **Tutte le tipologie**

Essendo presenti esclusivamente stime annuali, si è deciso, nel calcolo dell'Impronta Ecologica, di ripartire uniformemente il dato fornito sui 12 mesi dell'anno, per evitare ipotesi grossolane che avrebbero potuto rendere poco significativi alcuni risultati. Per questa ragione in sede di analisi dei risultati si sono perse alcune informazioni interessanti riguardanti la ripartizione nel corso dell'anno di alcune componenti di Impronta Ecologica: sono un esempio l'evidenziazione dei mesi in cui il solare termico potrebbe fornire un apporto maggiore, oppure la valutazione della percentuale di acqua piovana recuperabile dipendente dalla piovosità nel corso dell'anno.

13 RISULTATI

Nel presente capitolo analizzeremo i risultati cercando di focalizzare l'attenzione a differenti livelli:

- valutazione dei consumi globali;
- valutazione dei consumi di energia elettrica;
- valutazione dei consumi di energia termica;
- valutazione dei consumi per famiglia.

Partiamo con il confrontare i risultati globali per gli edifici considerati.

L'Impronta Ecologica a livello globale

Occorre innanzitutto confrontare i risultati di Impronta Ecologica per i casi studio approfonditi. La tabella sottostante ci permette di esaminare i dati che possiamo anche vedere rappresentati nella Fig. 21.

	ENERGIA ELETTRICA	GAS NATURALE	ACQUA	PELLET	TOTALE gha	SOLARE TERMICO	FOTO-VOLTAICO	TOTALE risparmiato	TOTALE senza forme di energia alternativa
Concorezzo ed. tradizionale (*)	0,20	0,24	0,01	0,00	**0,45**	0,00	0,00	**0,00**	**0,45**
Concorezzo ed. bioedile (*)	0,20	0,01	0,01	0,05	**0,27**	-0,01	-0,05	**-0,06**	**0,32**
Vinovo ed. bioedile (*)	0,43	0,10	0,00	0,00	**0,53**	-0,05	0,00	**-0,05**	**0,58**

(*) i calcoli per l'edificio di Concorezzo sono riferiti all'anno 2005, mentre per Vinovo si tratta di stime di progetto

Tab. 24 Risultati sintetici di Impronta Ecologica per i casi studio esaminati. Elaborazione IRES Piemonte.

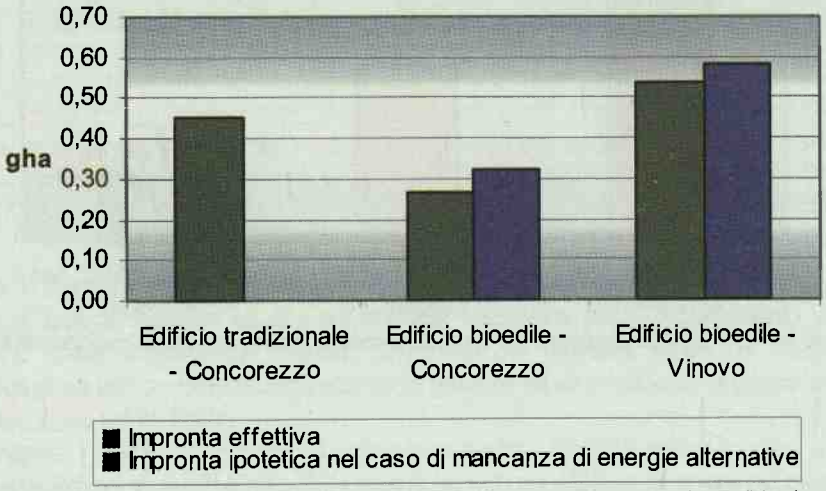


Fig. 21 Confronto fra i valori di Impronta Ecologica dei tre edifici studiati: Corte Nuova di Concorezzo (ed. tradizionale e bioedile) e il prototipo villaggio olimpico di Vinovo (ed. bioedile). Elaborazione IRES Piemonte.

Si può subito notare come l'edificio bioedile di Concorezzo risulti essere maggiormente sostenibile rispetto agli altri: ciò dipende, nel confronto con l'edificio tradizionale di Concorezzo, dalla tecnologia a minor impatto ambientale utilizzata, e nel confronto con l'edificio di Vinovo dal fatto che, come abbiamo già avuto modo di vedere, le stime di progetto possono fornire risultati anche molto differenti rispetto ai dati di consumo effettivi per l'edificio "acceso". I dati a disposizione per l'edificio di Vinovo presentavano inoltre alcune criticità che si sono dovute approssimare mediante ipotesi di studio sempiificative.

Concorezzo

Quando approfondiremo l'analisi dei risultati per singole categorie di consumo, avremo modo di notare che la grande differenza di Impronta Ecologica fra i due edifici di Concorezzo è conseguente all'utilizzo di gas naturale come combustibile per la produzione di energia termica (riscaldamento locali) nel caso dell'edificio tradizionale, e di una caldaia a pellet nel caso dell'edificio bioedile. Anche il presente studio, infatti, conferma il fatto che la voce maggiormente significativa negli impatti ambientali di un edificio sia rappresentata dal riscaldamento dei locali. Questa può quindi essere considerata una prima conclusione interessante.

- **La Pubblica Amministrazione** dovrebbe puntare su politiche energetiche di riduzione degli impatti conseguenti al riscaldamento degli edifici (favorendo tecnologie rinnovabili o sistemi maggiormente efficienti di distribuzione del calore (es. teleriscaldamento). Inoltre, dovrebbe incentivare la realizzazione di nuovi edifici con ridotto impatto energetico e la ristrutturazione/valorizzazione del parco edilizio presente con interventi migliorativi da questo punto di vista.

Vinovo

Nel caso di Vinovo, invece, si può ipotizzare che l'elevato impatto dipenda anche dalla scelta di utilizzare energia elettrica per il riscaldamento dell'acqua sanitaria: come vedremo successivamente (Fig. 28), infatti, l'energia elettrica è la fonte energetica con Impronta Ecologica maggiore a parità di Gj utilizzati, fattore che dovrebbe distoglierci dal suo utilizzo nei casi in cui ciò non sia strettamente necessario.

Confronto con il caso ideale del BedZed

Si è ritenuto interessante, inoltre, confrontare i valori degli edifici di Concorezzo con il caso ideale del BedZed: il calcolo dell'Impronta Ecologica di quest'ultimo è stato eseguito conteggiando i consumi relativi all'intero sistema socio/urbanistico (considerando aspetti come i trasporti e la gestione dei rifiuti non trattati nel presente studio). Estrapolando esclusivamente le componenti di gestione degli edifici, è possibile effettuare un confronto che mette in evidenza come l'edificio bioedile di Concorezzo si collochi a metà strada fra l'Impronta Ecologica del settore tradizionale ed il caso limite londinese.

Questo avvalora l'intervento di ristrutturazione eseguito a Concorezzo, in quanto, intervenendo su una realtà esistente senza apportare eccessivi cambiamenti e utilizzando tecnologie efficaci e di facile impiego, il progettista è riuscito a ridurre notevolmente l'impatto ambientale dell'edificio.

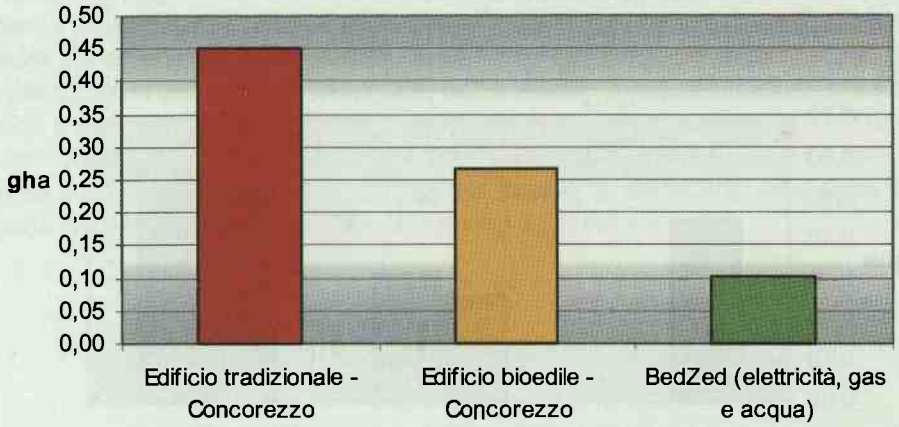


Fig. 22 Confronto fra Impronta ecologica dei due edifici di Concorezzo e consumi gestionali di BedZed. Elaborazione IRES Piemonte.

L'Impronta Ecologica dei consumi energetici

Concorezzo

La nostra analisi approfondita inizia dal confronto fra gli andamenti dell'Impronta Ecologica, relativa all'anno 2005, per gli edifici tradizionale e bioedile di Concorezzo. Nelle Figure 24 e 25 vediamo tali andamenti.

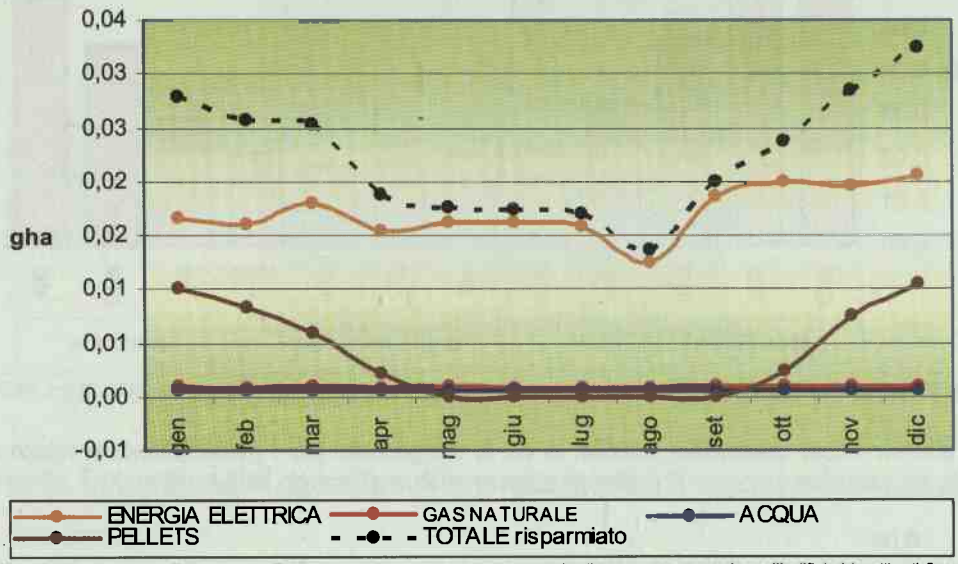


Fig. 24 Variazione mensile (anno 2005) dell'Impronta Ecologica per categoria di consumo pro capite nell'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

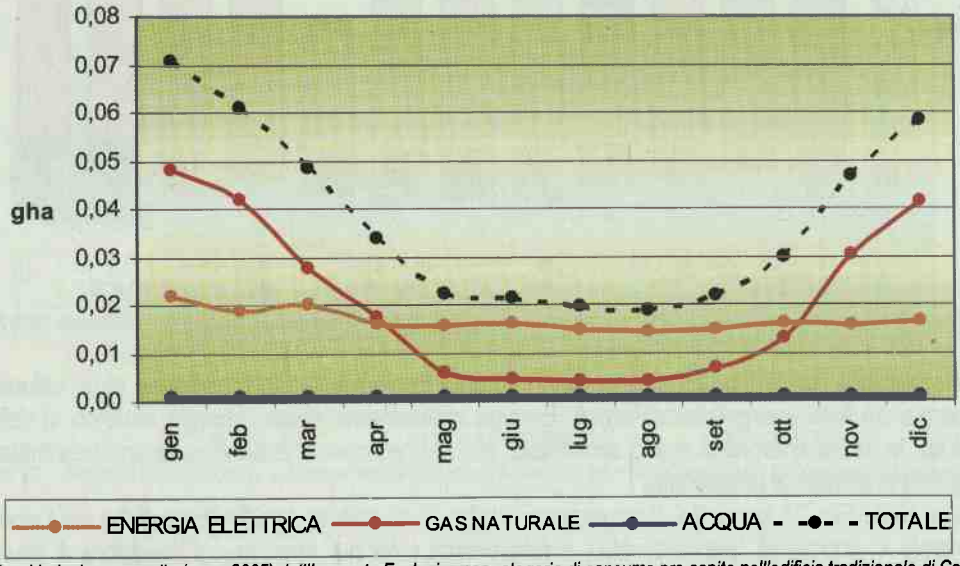


Fig. 25 Variazione mensile (anno 2005) dell'Impronta Ecologica per categoria di consumo pro capite nell'edificio tradizionale di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Emerge in maniera molto evidente come le componenti significative, in entrambi i casi, siano quelle relative all'energia elettrica ed alla componente energetica per il riscaldamento locali (pellet e gas naturale). Come ampiamente dibattuto all'interno del presente report, la riduzione dell'Impronta Ecologica di un edificio deve obbligatoriamente passare da una riduzione di queste due componenti per migliorare il suo valore finale.

Confrontando i valori di Impronta Ecologica per l'energia elettrica vediamo come siano, in entrambi i casi, sostanzialmente confrontabili, fatta eccezione per una quota di riduzione nei mesi centrali dell'anno in cui aumenta il contributo del fotovoltaico (che, come ricordiamo, è utilizzato esclusivamente per i servizi comuni e non per l'alimentazione elettrica degli alloggi); discorso differente invece per il riscaldamento, che subisce ovvie oscillazioni stagionali. Confrontando, però, nell'edificio tradizionale la

media annuale di consumo di energia elettrica e di gas naturale, vediamo come nel corso dell'anno ci sia un sostanziale bilanciamento di tali consumi (cfr. Fig. 26).

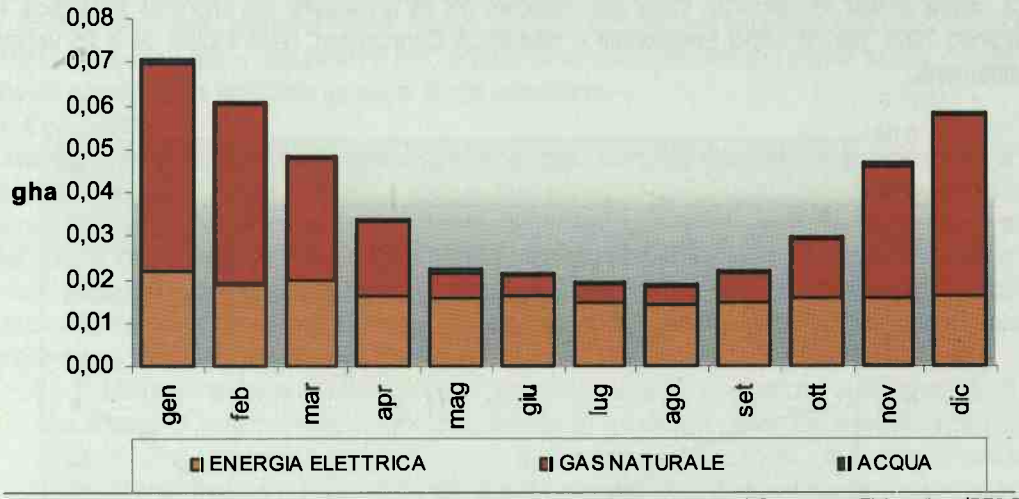


Fig. 26 Ripartizione annuale percentuale per categorie di consumo pro capite nell'edificio tradizionale di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Ben diverso il caso dell'edificio bioedile, in cui la componente per il riscaldamento si riduce su base annua, rappresentando circa 1/3 della componente relativa all'energia elettrica (Fig. 27).

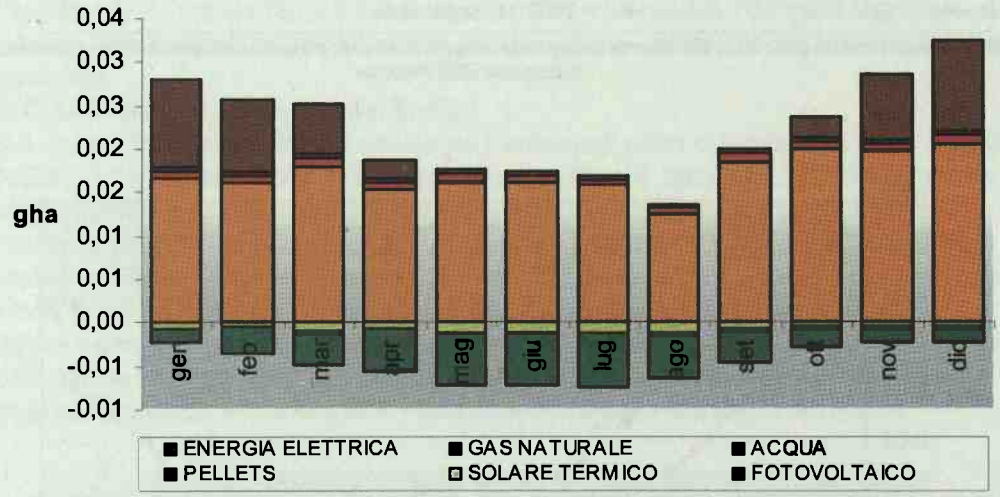


Fig. 27 Ripartizione annuale percentuale per categorie di consumo pro capite per l'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Ciò è spiegabile con la Fig. 28, che mostra l'Impronta Ecologica per la produzione di un valore unitario di energia da fonti energetiche differenti. Emerge chiaramente come l'energia elettrica si dimostri, in assoluto, la forma energetica meno sostenibile, ma anche come il pellet rappresenti una fonte con un alto grado di efficienza ambientale.

L'analisi della Fig. 27 permette di apprezzare, inoltre, il contributo positivo dato dalle fonti energetiche alternative e rinnovabili (pannelli solari e fotovoltaici), che nei mesi in cui maggiore è l'insolazione (ovvero i mesi estivi) arriva a far risparmiare circa il 50% dell'Impronta Ecologica totale. Ricordiamo che tale componente di Impronta Ecologica è valutata di segno negativo, in quanto rappresenta un risparmio equivalente alla quota che si sarebbe spesa per produrre la stessa energia con fonti classiche (si rimanda alla metodologia di calcolo per ulteriori dettagli).

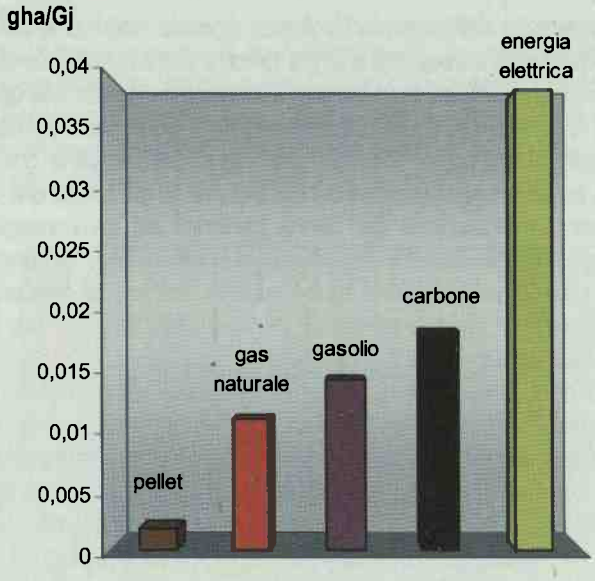


Fig. 28 Impronta ecologica per la produzione di 1Gj da differenti fonti energetiche. Elaborazione IRES Piemonte.

L'Impronta Ecologica dei consumi di energia (elettrica e non) ad uso termico

Concorezzo

La Fig. 28 ci introduce all'analisi dei consumi di energia termica globale dei casi studio esaminati. Come si nota nelle Figure 26 e 27 (prima riportati) e nelle Figure 29 e 30, la differente tipologia di fonte energetica utilizzata per il riscaldamento dei locali nelle due stecche di Corte Nuova a Concorezzo causa un significativo incremento di Impronta Ecologica per il caso tradizionale.

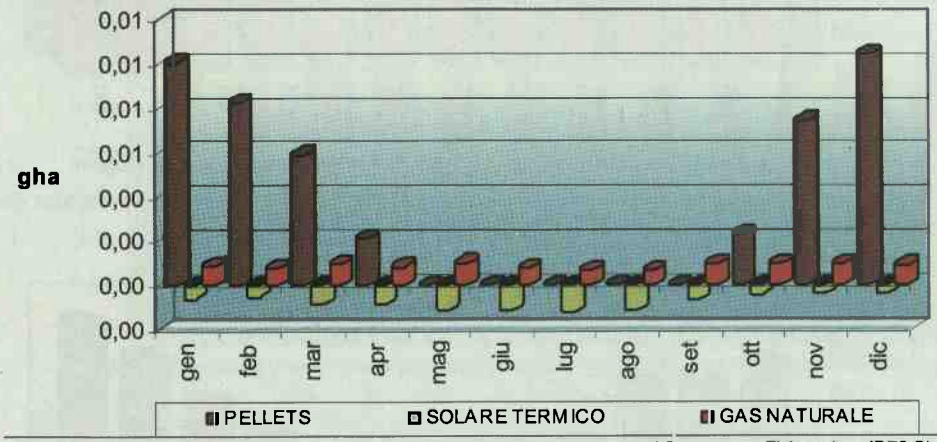


Fig. 29 Impronta ecologica per la produzione di energia termica nell'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

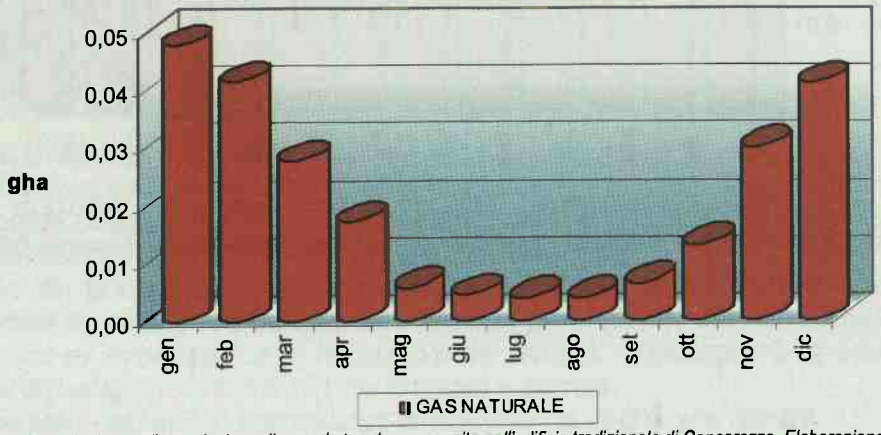


Fig. 30 Impronta ecologica per la produzione di energia termica pro capite nell'edificio tradizionale di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Si può notare come l'andamento dell'Impronta Ecologica dipenda fortemente dai cicli stagionali, ragione per cui risulta facile scorporare la richiesta di energia termica per il riscaldamento locali e per gli altri usi (cucina, riscaldamento acqua sanitaria, il cui impatto è irrilevante rispetto alla quota per riscaldamento). Dai due grafici riportati si evince un risparmio pari a circa il 60% con l'utilizzo di pellet al posto del tradizionale gas naturale. Si suppone che tale risultato dipenda, oltre che dall'utilizzo di questo particolare combustibile ad alto rendimento, anche dal sistema di diffusione del calore a battiscopa, che permette una più uniforme distribuzione del calore generato ed un conseguente minor utilizzo di combustibile. Nel caso dell'edificio bioedile si può notare, inoltre, (Fig. 29) come l'Impronta Ecologica dell'energia termica da pannello solare per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, seppur decisamente inferiore all'Impronta Ecologica relativa al pellet per il riscaldamento, sia leggermente superiore all'impronta del gas naturale per usi domestici (cucine).
Il confronto fra le Fig. 31 e 32 permette di riprendere un discorso cui si accennava precedentemente: è possibile infatti notare visivamente il differente peso della componente di Impronta Ecologica del gas naturale per riscaldamento nell'edificio tradizionale e la componente di Impronta Ecologica del pellet per usi analoghi nell'edificio bioedile. La scelta progettuale dell'inserimento di una caldaia a pellet, a causa dell'ottimo rendimento del pellet, del costo ambientale minore per la sua produzione, e soprattutto grazie al fatto che rappresenta un vantaggio nel ciclo della CO_2 rispetto all'utilizzo di combustibile fossile (la CO_2 emessa è sfruttata in un equilibrio sistemico per la ricrescita della biomassa utilizzata per la produzione del pellet), dimostra chiaramente i vantaggi in un'ottica di sostenibilità ambientale.

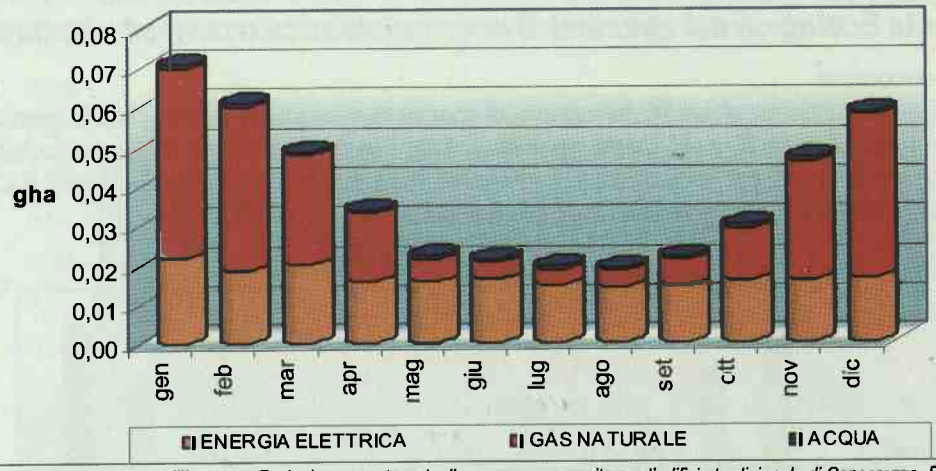


Fig. 31 *Ripartizione mensile dell'Impronta Ecologica per categoria di consumo pro capite per l'edificio tradizionale di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.*

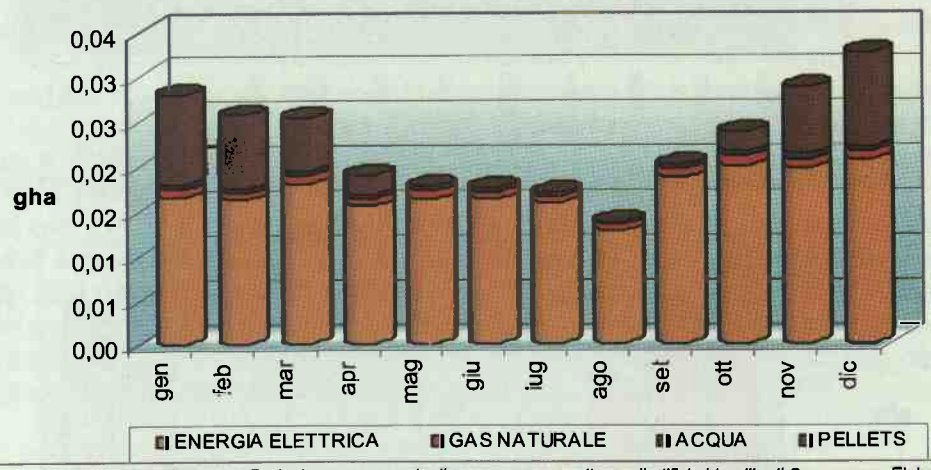


Fig. 32 *Ripartizione mensile dell'Impronta Ecologica per categoria di consumo pro capite per l'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.*

Vinovo

Nel caso di Vinovo, come si accennava precedentemente, la componente di energia elettrica è molto elevata, in dipendenza del fatto che essa viene utilizzata a completamento dell'energia termica fornita dai pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria. Nella Fig. 33 si nota come il contributo di impatto dato dall'energia elettrica sia predominante, a fronte di una percentuale originata da pannelli solari pari a circa il 50% della quota derivante dal gas naturale (Fig. 34)

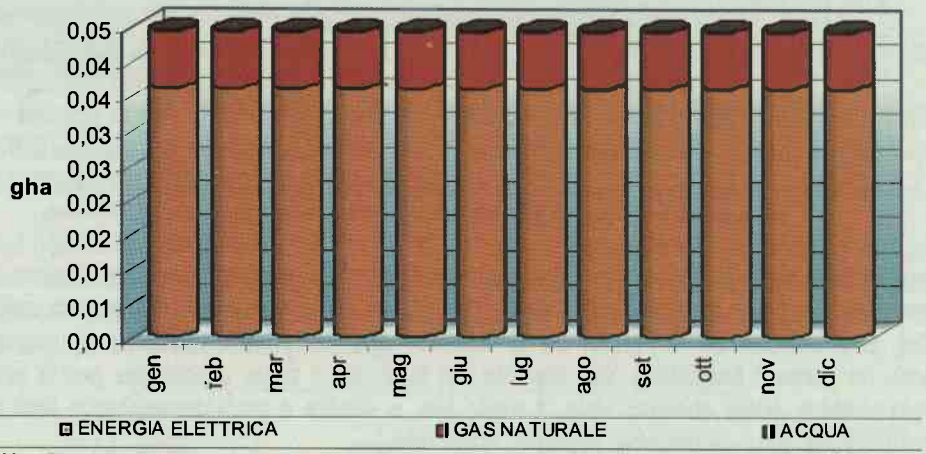


Fig. 33 Ripartizione mensile per categoria di consumo pro capite nell'edificio bioedile di Vinovo. Elaborazione IRES Piemonte.

Il confronto fra questi due grafici ci mostra ulteriormente come l'energia elettrica sia una causa di innalzamento significativo della quota di Impronta Ecologica complessiva (impronta dell'energia elettrica di Vinovo pari a 4 volte circa l'impronta per l'utilizzo di gas naturale, a sua volta doppia dell'impronta risparmiata mediante l'utilizzo di pannelli solari), e come meriti, quindi, puntare ad una forte riduzione nel suo utilizzo per scopi non strettamente necessari.

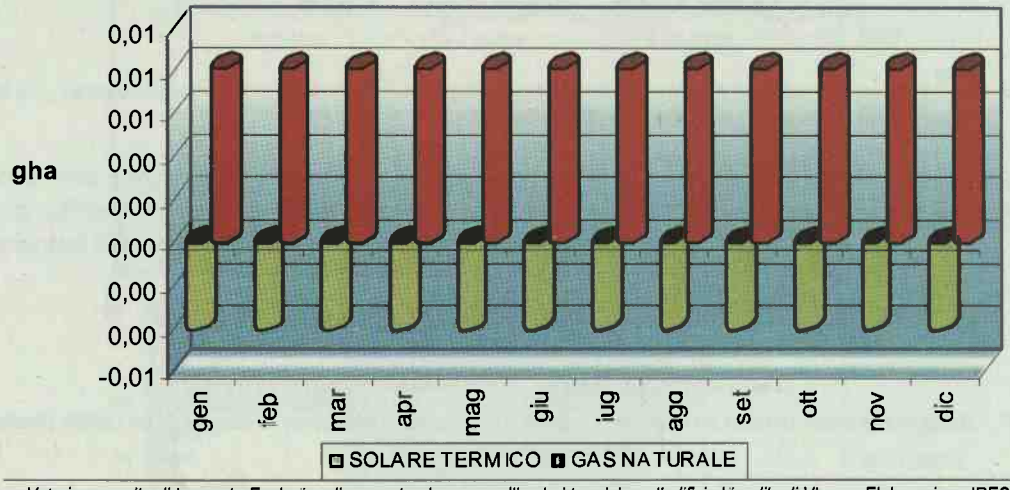


Fig. 34 Valori pro capite di Impronta Ecologica di gas naturale e pannelli solari termici per l'edificio bioedile di Vinovo. Elaborazione IRES Piemonte.

L'Impronta Ecologica dei consumi di energia elettrica

Concorezzo: edificio bioedile

E' stato già ampiamente dibattuto il peso dell'energia elettrica sul valore finale di Impronta Ecologica. Nel presente paragrafo ci si soffermerà sull'edificio bioedile di Concorezzo, e sul contributo che esso riceve dalla produzione di energia elettrica da pannelli fotovoltaici.

Abbiamo affrontato nel capitolo sulla cantieristica l'ammortamento ambientale relativo alla costruzione dei pannelli fotovoltaici, sottolineando come dopo un primo periodo, utile a ripagarsi l'investimento (economico ed ambientale) per la realizzazione del pannello, successivamente si ottiene un ampio margine di guadagno in termini di Impronta Ecologica risparmiata.

Tale concetto lo vediamo applicato su scala annuale nella Fig. 35 di seguitc riportata.

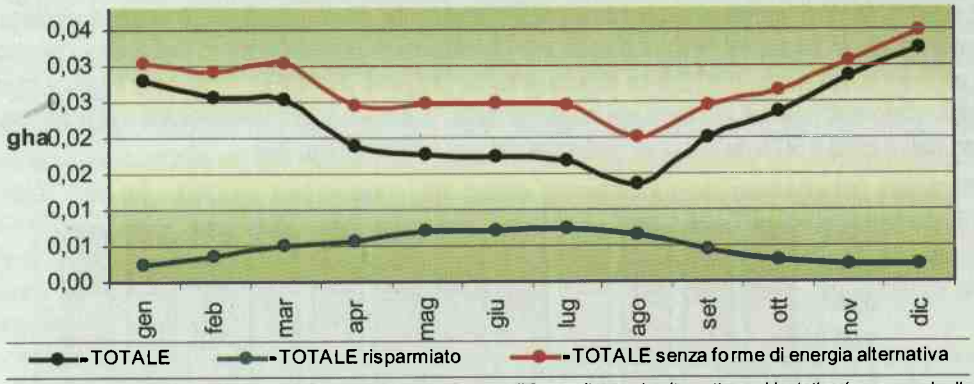


Fig. 35 Impronta Ecologica pro capite totale, risparmiata mediante l'uso di forme di energia alternative, ed ipotetica (supponendo di non avere produzione da fonti rinnovabili) per l'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Si nota come la curva ipotetica presenti un valore di Impronta Ecologica superiore al valore reale di una percentuale compresa fra il 15% ed il 30% (dipendente dal mese e di conseguenza dall'insolazione media), che, analizzando la Fig. 28 prima riportata, dipende fortemente dalla produzione di energia elettrica da pannelli fotovoltaici. Ciò dipende dal fatto che il costo ambientale per la produzione di energia elettrica, come abbiamo visto, è molto alto, e riuscire a produrla sfruttando fonti energetiche rinnovabili porta ad un significativo risparmio ambientale.
Nella Fig. 36 si può apprezzare la variazione della percentuale di produzione rispetto al quantitativo prelevato da rete nazionale.

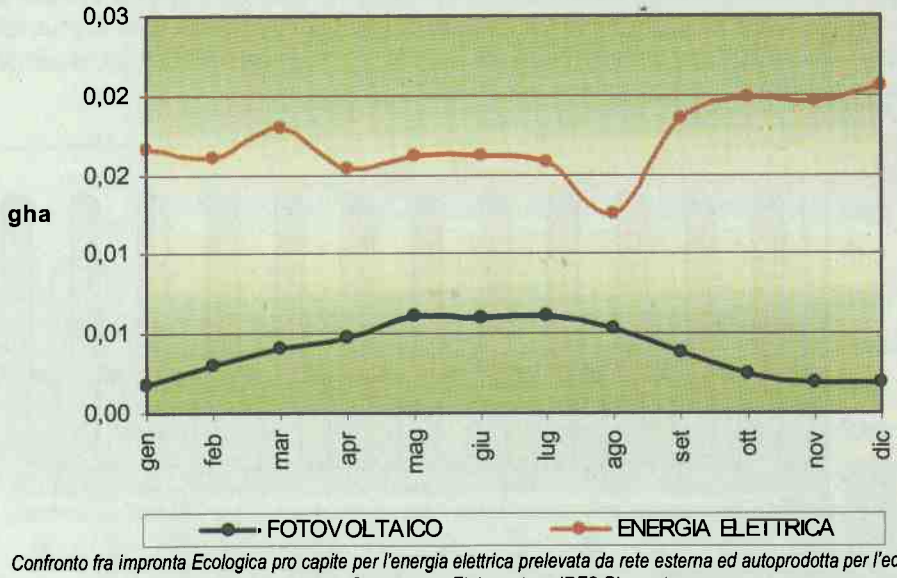


Fig. 36 Confronto fra impronta Ecologica pro capite per l'energia elettrica prelevata da rete esterna ed autoprodotta per l'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

L'Impronta Ecologica nel dettaglio: analisi di consumo per alloggio

L'analisi dei valori di Impronta Ecologica è in grado di dare interessanti spunti di riflessione non soltanto a livello globale, ma anche e soprattutto nel dettaglio dei singoli alloggi. Occorre, innanzitutto, precisare che tale analisi sconfina dalla quantificazione della sostenibilità dell'edificio nella sua complessità poiché maggiore è il livello di dettaglio in tale analisi, maggiore è l'influenza delle scelte quotidiane dei singoli inquilini.
La valorizzazione dell'Impronta Ecologica nel caso specifico non vuole esprimere un giudizio su tali scelte, non avendo il presente studio tale obiettivo. Occorre, però, dedicare una sezione della discussione finale a tale analisi, in quanto emergono aspetti che possono essere interessanti in una visione globale del problema, soprattutto dal punto di vista di una Pubblica Amministrazione. Anche sotto questo aspetto, infatti, alcune politiche degli enti pubblici possono condizionare l'Impronta Ecologica globale.
Entriamo nel dettaglio dell'analisi evidenziando la differenza di Impronta Ecologica pro capite nel caso di alloggi tradizionali e bioedili, abitati da 1 inquilino, 2 inquilini o da una famiglia di 4 persone. Sono state scelte

queste tre categorie in quanto rappresentative della realtà familiare media italiana. Come possiamo vedere nella Fig. 37, la variazione di Impronta Ecologica è rilevante e ci permette le seguenti riflessioni:

- maggiore è il numero di persone che dividono un alloggio, tanto minore è l'Impronta Ecologica pro capite conseguente. Ciò è evidente valutando l'aspetto principale rappresentato dalla suddivisione dei consumi per i servizi comuni presenti all'interno di un alloggio, quali riscaldamento, cucina ed illuminazione;
- il minor numero di inquilini che suddividono lo stesso alloggio porta ad un distaccamento medio dal valore globale decisamente superiore rispetto a realtà più numerose;
- l'Impronta Ecologica pro capite di una famiglia di 4 persone si colloca al di sotto della media dell'edificio nella sua globalità, per le medesime ragioni sopra esposte;
- un alloggio di tipo tradizionale genera un discostamento superiore dal valore medio dell'edificio, in tutti i casi esaminati (variabile fra il 30% ed il 40% circa); nel caso di alloggio bioedile tale discostamento oscilla attorno al 20%.

Le riflessioni permettono di comprendere come, nel caso di alloggi tradizionali, si possano ottenere vantaggi maggiori dal condizionamento delle scelte di vita quotidiana degli inquilini, mentre l'edificio bioedile progressivamente azzera tali differenze, generando un consumo tendenzialmente stabile, indipendentemente dal numero di inquilini presenti nei singoli alloggi.

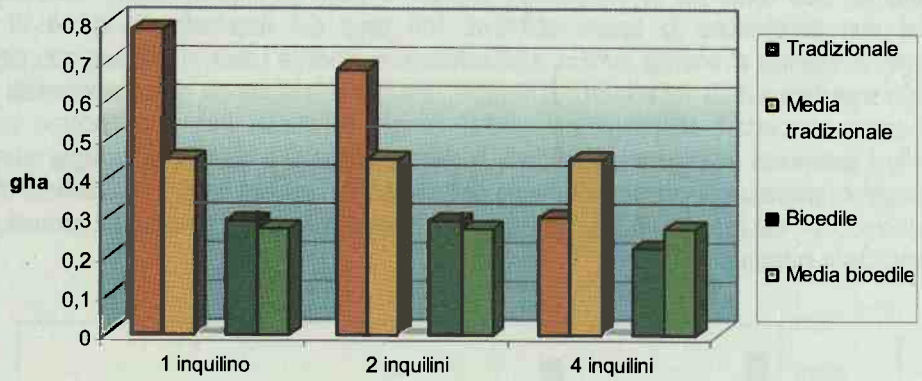


Fig. 37 Confronto dei valori di Impronta Ecologica per alloggi negli edifici tradizionale e bioedile di Concorezzo, ripartiti per numero di inquilini. Elaborazione IRES Piemonte.

L'analisi delle componenti già discusse nei precedenti paragrafi si mantiene sostanzialmente valida anche nel caso di raffronto a tale livello di dettaglio. Meritano invece una trattazione a parte alcuni confronti fra alloggi appartenenti allo stesso edificio.

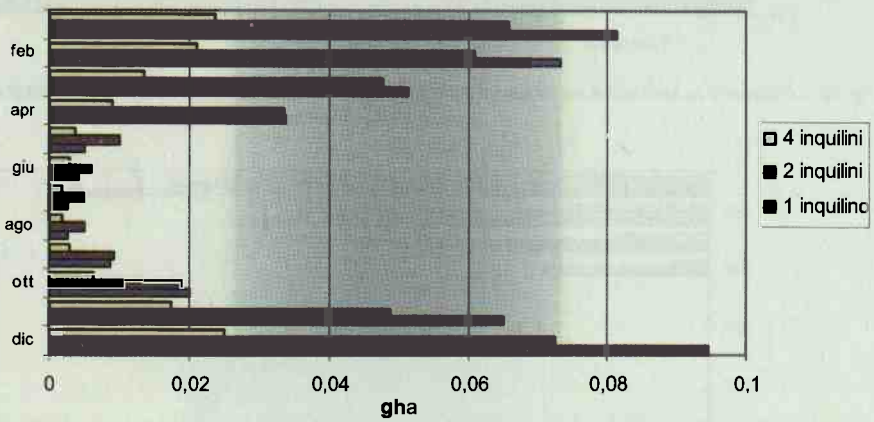


Fig. 38 Andamento mensile dei consumi di gas naturale per riscaldamento nei tre alloggi dell'edificio tradizionale di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

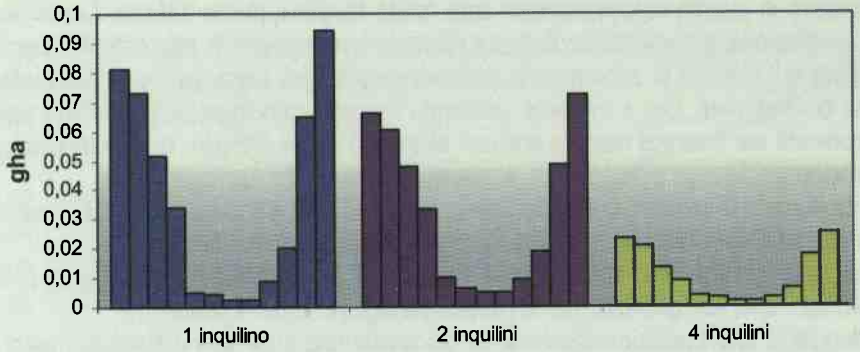


Fig. 39 Andamento su base annua dei consumi di gas naturale per riscaldamento nei tre alloggi dell'edificio tradizionale di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Nelle Fig. 38 e 39 sono stati riportati i consumi di gas naturale per riscaldamento locali (voce predominante) e usi domestici (cucine ed acqua calda sanitaria) dei tre alloggi presi in esame nell'edificio tradizionale di Concorezzo. Anche da questi grafici è possibile comprendere la grande differenza, in termini di peso, dell'Impronta Ecologica per un inquilino singolo e per una famiglia di 4 persone. Come sostenuto precedentemente, così come per la componente globale, emerge un impatto decisamente superiore per inquilini che non condividono lo spazio abitativo. Nel caso del riscaldamento ciò è di immediata comprensione: la quantità di energia termica è all'incirca la medesima (varia in maniera non significativa a seconda della superficie e della volumetria dell'alloggio), ma la suddivisione del carico ambientale che questa richiesta di calore comporta è ottimizzata nel caso di famiglia numerosa. Inoltre, nell'edificio tradizionale il riscaldamento è autonomo (caldaiette indipendenti in ciascun alloggio) e quindi una famiglia numerosa (con probabile maggiore presenza di persone all'interno dell'alloggio e uso della cucina per intervalli di tempo più lunghi) "autoproduce" calore, che in una gestione del riscaldamento da termostato permette un minor funzionamento della caldaia.

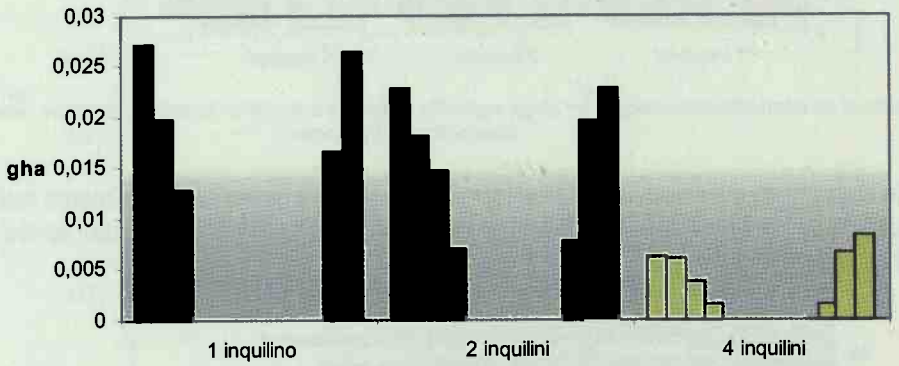


Fig. 40 Andamento su base annua dei consumi di pellet per riscaldamento nei tre alloggi dell'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

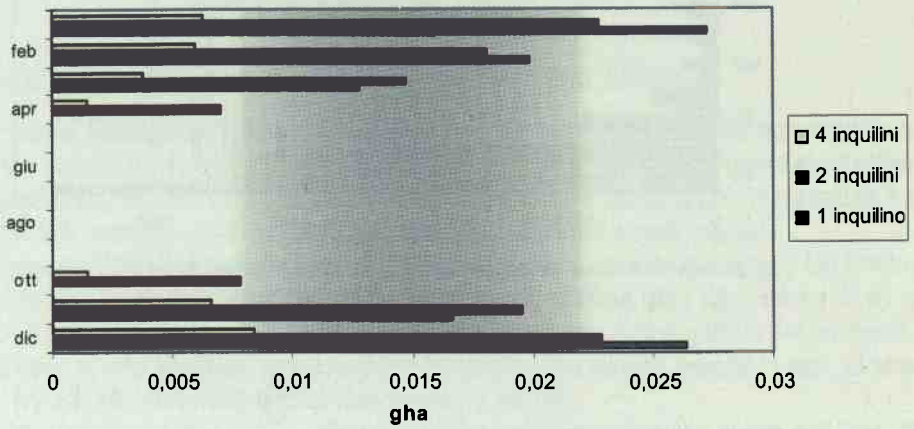


Fig. 41 Andamento mensile dei consumi di pellet per riscaldamento nei tre alloggi dell'edificio bioedile di Concorezzo. Elaborazione IRES Piemonte.

Analogo discorso è possibile estenderlo agli alloggi dell'edificio bioedile: in questo caso occorre principalmente rimarcare che, nel mantenimento di un andamento dei consumi confrontabile con i tre alloggi tradizionali, il valore assoluto dell'Impronta Ecologica è sensibilmente minore, grazie all'utilizzo di una caldaia centralizzata a pellet (che sfrutta la centralizzazione della produzione di calore, ovvero minore richiesta di energia, e l'utilizzo stesso di pellet, che rappresenta, come detto, un combustibile meno impattante a livello ambientale per le ragioni descritte nei paragrafi precedenti).

14 CONCLUSIONI

L'analisi dei risultati del presente studio conduce ad una serie di considerazioni finali su differenti livelli, così organizzate:

- Conclusioni di carattere tecnico e risultati derivanti dalle analisi svolte;
- Riflessione critica sull'utilizzo dell'Impronta Ecologica come strumento di valutazione della sostenibilità ambientale;
- Spunti di riflessione su potenziali interventi a livello di politiche di pianificazione.

Conclusioni di carattere tecnico e valutazione delle analisi svolte

Riscaldamento dei locali

- Lo studio evidenzia che la voce maggiormente significativa negli impatti ambientali di un edificio è rappresentata dal riscaldamento dei locali. E' quindi importante focalizzare l'attenzione e concentrare le forze per il risparmio in questa categoria di consumi.

Produzione di energia termica

- L'analisi sottolinea gli alti livelli di Impronta Ecologica per l'utilizzo di energia elettrica per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. Il caso studio di Vinovo dimostra come un elevato impatto ambientale possa dipendere quindi da una scelta progettuale poco efficiente: l'impiego di energia elettrica per tale scopo è infatti responsabile, nel caso esaminato, di un elevato valore di Impronta Ecologica. Pertanto sarebbe opportuno evitare l'utilizzo di energia elettrica per usi non strettamente necessari, in quanto fra le differenti forme di energia è quella ad impatto ambientale maggiore a parità di Gj utilizzati.
- L'utilizzo di pellet al posto del tradizionale gas naturale per la produzione di energia termica consente di ottenere un risparmio fino al 60% in termini di Impronta Ecologica, grazie all'ottimo rendimento di questo combustibile e al costo ambientale minore per la sua produzione, ma soprattutto grazie al fatto che rappresenta un vantaggio nel ciclo della CO_2 rispetto all'utilizzo di combustibile fossile.

Contributo delle fonti energetiche rinnovabili

- Emerge dai risultati delle analisi come il contributo positivo dato dalle fonti energetiche alternative e rinnovabili (pannelli solari termici e fotovoltaici), nei mesi in cui maggiore è l'insolazione (ovvero i mesi estivi), arrivi a ridurre circa del 50% il valore di Impronta Ecologica totale. Ciò si traduce anche con un risparmio dal punto di vista economico, equivalente alla quota che si sarebbe spesa per produrre la stessa energia con fonti tradizionali.

Impronta ecologica pro capite

- Analizzando diverse composizioni di nuclei familiari (da una a quattro persone) si desume che la suddivisione dei consumi di un alloggio (riscaldamento, cucina, elettrodomestici ed illuminazione) determina la diminuzione del valore di Impronta Ecologica pro capite: intervengono cioè le cosiddette economie di scala, per cui maggiore è il numero di persone che dividono un alloggio, tanto minore è l'Impronta Ecologica pro capite conseguente.
- Tali economie intervengono in molti casi, per esempio per il riscaldamento di una stanza, dove la quantità di energia termica che questa richiesta di calore comporta è ottimizzata nel caso di famiglia numerosa (la stessa quantità di energia viene impiegata se all'interno sono presenti una o quattro persone), oppure nel caso dell'illuminazione di una stanza condivisa da più persone, ma sono riscontrabili alcune eccezioni (si pensi ad esempio all'impiego di energia per usi strettamente personali di apparecchi come phon, rasoi elettrici, ...).

L'utilizzo dell'Impronta Ecologica per le valutazioni di sostenibilità nel settore residenziale

Utilizzo e limiti dell'Impronta Ecologica

Le fasi di costruzione e di gestione del manufatto edilizio presuppongono l'utilizzo di risorse rinnovabili e di risorse non rinnovabili, attraverso processi di trasformazione che producono emissioni di CO_2 e di agenti inquinanti di diversa natura. Per quantificarne gli impatti ambientali, nel presente studio si è utilizzato un indicatore, l'Impronta Ecologica, che per costruzione risulta particolarmente adeguato per la valutazione di tipologie di combustibile derivate da risorse rinnovabili, come ad esempio il pellet, in quanto ricavato dagli scarti di lavorazione del legno.

Per contro l'Impronta Ecologica non riesce a quantificare alcuni aspetti derivanti dall'estrazione dei materiali e dalla gestione dei rifiuti, così come non è adeguata alla valutazione di emissioni diverse dalla CO_2 non reintegrabili nell'ambiente. Anche l'utilizzo di acqua per usi domestici al momento attuale presenta dei limiti che portano ad una sottostima dell'impatto legato al suo utilizzo Tali aspetti, che definiscono i confini di applicazione di questo indicatore, consentono tuttavia di avanzare ipotesi di integrazione di questo indicatore con altri di carattere più specifico, vale a dire indicatori più adeguati per impatti differenti (es. Impronta Ecologica + Green Building Challenge).

Divulgazione e contabilità: la certificazione

L'Impronta Ecologica, che riunisce il rigore scientifico e la chiarezza espositiva in un unico indicatore sintetico, può diventare uno strumento di valutazione adatto ad un programma di certificazione del patrimonio edilizio, in cui gli aspetti comunicativi e di contabilità ambientale risulterebbero basilari.

Così come siamo abituati, per quanto riguarda gli elettrodomestici, ad una immediata valutazione in termini prestazionali (dove ad ogni classe corrisponde un grado di efficienza energetica), allo stesso modo sarebbe auspicabile, per colui che acquista un'abitazione, una comprensione immediata di cosa, quanto e come consumerà da un punto di vista energetico.

Soprattutto se l'operazione viene estesa al patrimonio edilizio esistente anziché ai singoli progetti, è importante una rappresentazione immediata e comprensibile dei parametri energetici e ambientali. Ne è un esempio l'attestato energetico "CasaClima" promosso dalla Provincia di Bolzano, in cui i consumi dell'edificio vengono sintetizzati in rapporto all'unità di superficie e alla scala temporale (kWh/mq/anno).

Va sottolineato che i singoli proprietari sono diretti beneficiari dei risultati di un programma di certificazione, che sono:

- la trasparenza del mercato immobiliare attraverso l'informazione degli acquirenti;
- l'efficienza del prodotto edilizio progettato con parametri qualitativi, tradotta con un sistema chiaro circa le sue caratteristiche prestazionali;
- la competitività sul mercato immobiliare di un manufatto di qualità ambientale.

Il coinvolgimento dei proprietari attraverso un processo comunicativo è in grado inoltre di illustrare e diffondere la conoscenza di tecniche e principi bioecologici che potrebbero essere altrimenti giudicati eccessivamente sperimentali, e quindi raramente utilizzati, se circoscritti e presentati come episodi dimostrativi di architettura. L'Impronta Ecologica, essendo di facile comprensione anche per un pubblico privo di particolari competenze tecniche, potrebbe soddisfare pienamente quanto detto sinora.

Strumenti e politiche di pianificazione

Interventi e modifiche edilizie

Da quanto emerge dallo studio svolto e dal confronto di tipologie edilizie differenti, le problematiche principali dell'edilizia residenziale evidenziate precedentemente (energia elettrica per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, utilizzo di gas naturale come combustibile per la produzione di energia termica per il riscaldamento dei locali) richiedono di fatto categorie d'intervento riferibili non a tecnologie sofisticate bensì a pratiche di facile realizzazione.

Di conseguenza è possibile raggiungere l'obiettivo di una riduzione sensibile dell'impatto ambientale dell'edificio anche intervenendo su realtà edilizie esistenti e senza apportare eccessive modifiche, ma utilizzando tecnologie in primo luogo efficaci, di fattibile impiego ed applicabili ad una porzione estesa del patrimonio edilizio.

Uno strumento per le politiche ambientali

Il presente studio permette di individuare tre principali ambiti di intervento relativi alle politiche ambientali, su cui sarebbe auspicabile che la Pubblica Amministrazione focalizzasse la propria attenzione:

- la valutazione del patrimonio edilizio piemontese ristrutturabile, in altre parole l'estensione di applicazione degli interventi, per poter pianificare eventuali politiche e azioni di finanziamento per favorire la ristrutturazione del patrimonio edilizio, alla scala del singolo edificio;
- la programmazione di interventi ad una scala di quartiere, così come emerge dagli esempi europei riportati nel testo, dove il bilancio dei consumi viene valutato all'interno del sistema socio/urbanistico (considerando cioè aspetti come i trasporti e la gestione dei rifiuti non trattati nel presente studio);
- la sensibilizzazione e l'informazione sull'importanza del risparmio a livello edilizio, strategia tesa da un lato ad aumentare presso i cittadini la consapevolezza dell'efficienza energetica delle abitazioni (così come avviene nel campo degli elettrodomestici), dall'altro a favorire un'offerta di beni e servizi connessi al mondo dell'imprenditoria legata all'edilizia ecologica. Azioni mirate al coinvolgimento e all'informazione del cittadino potrebbero consistere in incontri pubblici, seminari e laboratori dove riflettere sugli stili di vita e sui comportamenti quotidiani, pubblicazioni su siti internet di progetti sperimentati dalle Amministrazioni.

Si tratta in definitiva di porre la Pubblica Amministrazione nelle condizioni di utilizzare l'Impronta Ecologica, e altri indicatori, come strumenti di divulgazione e di promozione della sostenibilità nel settore edilizio, e come modelli riconosciuti per la certificazione energetica e ambientale degli edifici.

Sarebbe infine auspicabile un'attenzione particolare, da parte delle Pubbliche Amministrazioni, nei confronti di politiche e azioni rivolte all'efficienza del riscaldamento degli edifici. Strategie possibili in questa direzione potrebbero consistere nel puntare su politiche energetiche di riduzione degli impatti, favorendo tecnologie rinnovabili, sistemi maggiormente efficienti di distribuzione del calore (teleriscaldamento) e di isolamento termico dell'involucro edilizio oppure nell'incentivare la realizzazione di nuovi edifici con ridotto impatto energetico e la ristrutturazione/valorizzazione del parco edilizio presente con interventi migliorativi da questo punto di vista. Potrebbero essere efficaci iniziative di coinvolgimento per l'installazione, da parte dei privati, di pannelli solari per il riscaldamento dell'acqua, dove l'amministrazione provvede sia ad indicare installatori o imprese convenzionati con l'ente locale, sia a fornire le indicazioni per accedere a finanziamenti agevolati, favorendo così l'incontro tra domanda e offerta.

Comportamenti quotidiani dei singoli inquilini

Da questo studio emerge come le singole soluzioni tecniche siano importanti per raggiungere un alto livello di efficienza nell'utilizzo delle risorse naturali nel settore edilizio, ma, sul piano dell'utilizzo e della gestione dell'edificio, diventa altrettanto importante lo stile di vita e le abitudini di chi vi abita. Questi due aspetti sono complementari e forniscono una visione globale dei problema energetico nel settore edilizio.

Strategie politiche e azioni mirate alla riflessione sulle scelte di vita quotidiana degli inquilini, in particolar modo nel caso di alloggi tradizionali, possono contribuire positivamente in termini di Impronta Ecologica globale. Anche se tale approccio può sembrare meno attinente alla valutazione della sostenibilità di un edificio, è tuttavia vero che nella sua complessità il livello di impatto risente dell'influenza delle scelte quotidiane dei singoli inquilini, e questo emerge dalle valutazioni ad un livello maggiore di dettaglio.

Dal punto di vista della Pubblica Amministrazione, pertanto, sarebbe auspicabile promuovere e incentivare i cittadini all'introduzione di nuovi stili di vita, poiché già questo consentirebbe un risparmio considerevole di risorse, di energia, e una progressiva riduzione della produzione di rifiuti, traducendosi contemporaneamente anche in un risparmio economico e in un miglioramento generale della qualità della vita. Vale la pena ricordare che esistono progetti, pensati per coinvolgere insegnanti, studenti e genitori, che incoraggiano sia l'impiego sia il corretto utilizzo di soluzioni progettuali di impatto immediato, come ad esempio i riduttori di flusso per il risparmio dell'acqua, o le lampade a basso consumo energetico.

Parte 4
APPENDICI

QUESTA SEZIONE CONTIENE UN APPROFONDIMENTO RELATIVO ALL'ELABORAZIONE DEL MODELLO DI VALUTAZIONE DELL'IMPRONTA ECOLOGICA UTILIZZATO PER I CASI STUDIO. SI TRATTA DI UN PROGRAMMA DI CALCOLO, INDIPENDENTE DAI DATI A DISPOSIZIONE PER LE DUE SPECIFICHE ANALISI, CHE PERMETTE UNA VALUTAZIONE SUL PERIODO IPOTETICO DI MONITORAGGIO DI 5 ANNI. IL MODELLO, INDIPENDENTE DAL CASO SPECIFICO ESAMINATO, È FACILMENTE RIADATTABILE NEL CASO SI DOVESSERO REPERIRE DATI DI MONITORAGGIO PER PERIODI SUPERIORI O NEL CASO IN CUI SI DECIDESSE DI MONITORARE I CONSUMI RELATIVI AD ALTRI EDIFICI PER VALUTARNE I VALORI DI IMPRONTA ECOLOGICA.

15 IL PROGRAMMA DI CALCOLO: DESCRIZIONE ED UTILIZZO

Il primo problema affrontato è stato quello di valutare la maniera più opportuna per eseguire tale calcolo. Come vedremo nel paragrafo specifico, la quantità di dati sfruttabili non era elevata. Nel caso del Prototipo Villaggio Olimpico, l'edificio, al momento dell'elaborazione del calcolo, era al termine della propria realizzazione, quindi non ancora abitato e senza la possibilità di fornire dati monitorati relativi ai consumi dei suoi inquilini. Nel caso di Concorezzo la quantità di dati complessivi era sufficiente a coprire interamente un periodo di poco superiore all'anno (tutto l'anno 2005 e poco più), in quanto, nonostante il sufficiente grado di dettaglio, l'inizio del monitoraggio era differente per ciascun dato e non ne permetteva un utilizzo globale.
Il periodo di 5 anni su cui si sviluppa il calcolo dell'Impronta Ecologica è stato scelto arbitrariamente, in quanto rappresentativo di un andamento dei consumi medi che non fosse condizionato da inevitabili oscillazioni annuali (es. la quantità di energia termica ed elettrica da pannelli solari e fotovoltaici dipendente dall'insolazione media, che può variare sensibilmente di anno in anno, od il recupero di acqua piovana dipendente da differenti indici annuali di piovosità).
Resta da precisare, però, che le categorie di consumi e di tecnologie rappresentate nel programma di calcolo prendono spunto dalle realtà esaminate: sono infatti presenti, oltre alle tecnologie tradizionali per la produzione di energia e acqua, anche le particolari tecniche di bioedilizia applicate nei due casi studio. Uno sviluppo futuro del presente studio potrebbe essere, oltre ad un approfondimento sulla Life Cicle Analysys di alcune forme di produzione di energia termica ed elettrica che permetta un maggiore grado di dettaglio nella definizione dei fattori di conversione, l'ampliamento del programma di calcolo con l'inserimento di un più vasto e rappresentativo insieme di forme di consumo derivanti da edifici di tipo residenziale (es. riscaldamento a carbone, a gasolio, la quantificazione del recupero di energia da isolamenti termici, ecc).
Il programma si presenta quindi come una matrice di calcolo excel in grado di restituire i risultati di Impronta Ecologica ed una serie di grafici rappresentativi dei differenti andamenti di consumo a partire dal semplice inserimento dei dati monitorati.

La pagina introduttiva

All'interno di tale pagina è sinteticamente spiegato il modo in cui utilizzare tale programma, definendo quali dati andare ad inserire e la tipologia di risultati che ne possono derivare.

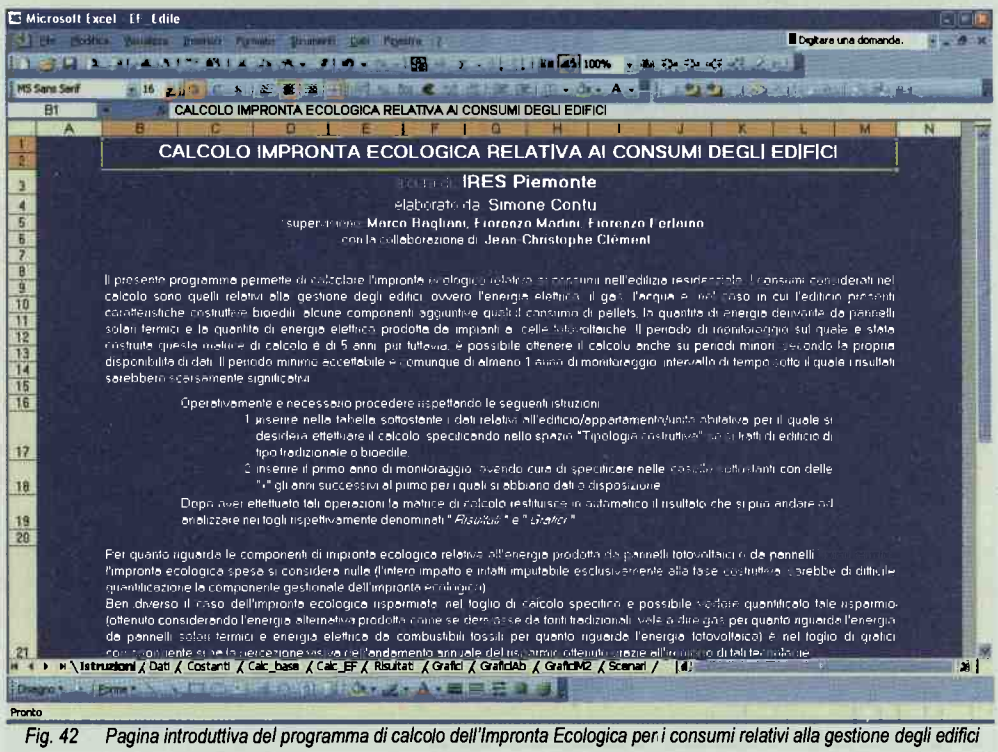


Fig. 42 Pagina introduttiva del programma di calcolo dell'Impronta Ecologica per i consumi relativi alla gestione degli edifici

E' possibile inserire in tale pagina i dati generali dell'edificio (Comune di appartenenza ed indirizzo), l'alloggio di riferimento nel caso in cui si desideri effettuare il calcolo su un singolo alloggio, la tipologia costruttiva (ovvero se si tratti di un alloggio che presenta utilizzo di tecniche di bioedilizia o tipologia tradizionale), il numero di abitanti e le estensioni superficiali e volumetriche. Inoltre, in un campo apposito, è possibile inserire l'anno di partenza del monitoraggio e indicare gli anni successivi al primo per i quali si abbiano a disposizione dei dati. Tutte le informazioni inserite in questa prima pagina saranno successivamente riportate come promemoria nelle pagine seguenti.

Dati unità abitativa su cui si desidera effettuare il calcolo	
Comune di:	**Concorezzo**
Indirizzo:	**Corte Nuova**
Alloggio: inserire tutti se il calcolo è riferito all'intero edificio	**Tutti**
Tipologia costruttiva:	**Bioedilizia**
N. abitanti	**20**
Superficie complessiva [m^2]	**817,77**
Volumetria complessiva [m^3]	**2052,30**
Estensione pannello fotovoltaico (se presente) [m^2]	**48**

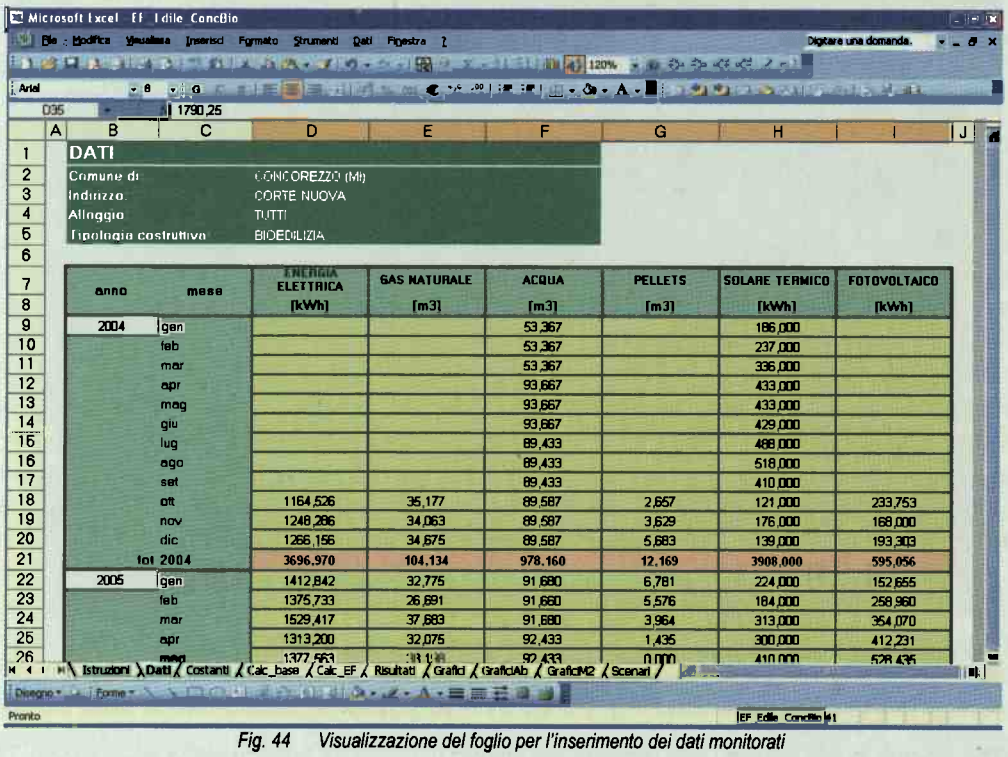
Anni monitorati
(inserire il primo anno monitorato e inserire delle x sotto le celle corrispondenti agli anni di cui si hanno ulteriori dati monitorati)

2004	2005	2006	2007	2008
	X	X		

Fig. 43 Visualizzazione della tabella di inserimento dati generali presenti nella pagina introduttiva del programma di calcolo

Il foglio di inserimento dati

All'interno di tale tabella è possibile andare ad inserire i valori monitorati relativi ai consumi di energia elettrica (in kWh), gas naturale (in m^3), acqua (in m^3), pellet (se utilizzati, ed espressi in m^3), solare termico (se presente, in kWh prodotti) e pannelli fotovoltaici (se presenti, in kWh prodotti).



DATI

Comune di	CONCOREZZO (MI)
Indirizzo	CORTE NUOVA
Alloggio	TUTTI
Tipologia costruttiva	BIOEDILIZIA

anno	mese	ENERGIA ELETTRICA [kWh]	GAS NATURALE [m3]	ACQUA [m3]	PELLETS [m3]	SOLARE TERMICO [kWh]	FOTOVOLTAICO [kWh]
2004	gen			53,367		186,000	
	feb			53,367		237,000	
	mar			53,367		336,000	
	apr			93,667		433,000	
	mag			93,667		433,000	
	giu			93,667		429,000	
	lug			89,433		488,000	
	ago			89,433		518,000	
	set			89,433		410,000	
	ott	1164,526	35,177	89,587	2,657	121,000	233,753
	nov	1248,286	34,063	89,587	3,629	176,000	168,000
	dic	1266,156	34,675	89,587	5,683	139,000	193,303
	tot 2004	3696,970	104,134	978,160	12,169	3908,000	595,056
2005	gen	1412,842	32,775	91,680	6,781	224,000	152,655
	feb	1375,733	26,691	91,680	5,576	184,000	258,960
	mar	1529,417	37,683	91,680	3,964	313,000	354,070
	apr	1313,200	32,075	92,433	1,435	300,000	412,231
	mag	1377,563	[illegible]	92,433	0,000	410,000	528,435

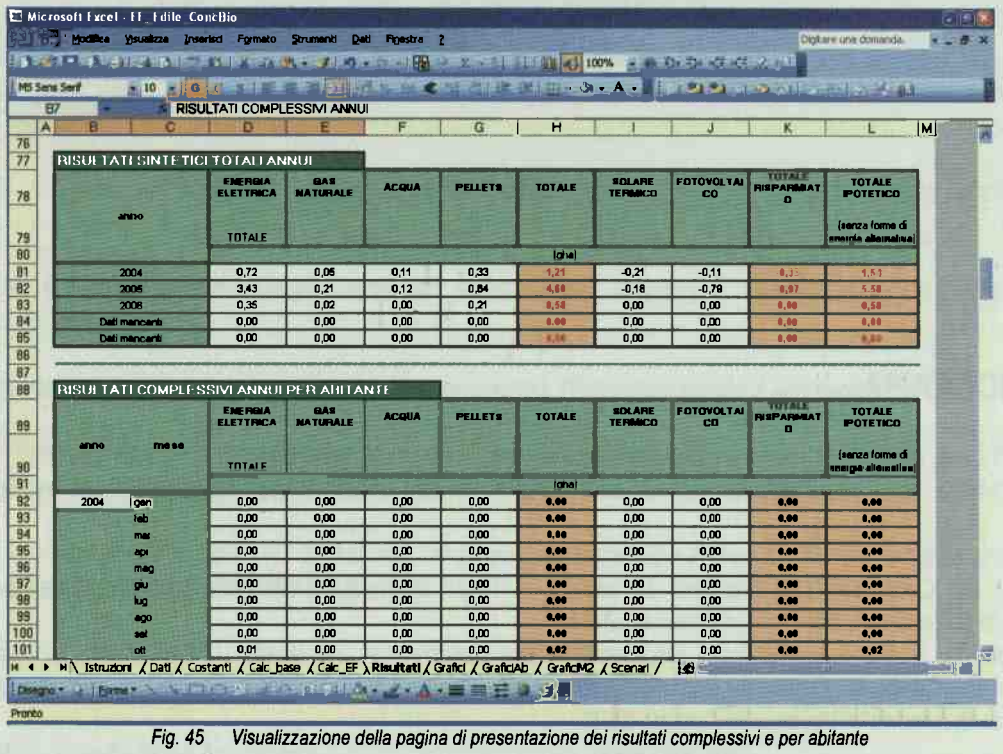
Fig. 44 Visualizzazione del foglio per l'inserimento dei dati monitorati

La compilazione di tale tabella rappresenta il passo finale da compiere per ottenere, nelle pagine specifiche, i risultati di Impronta Ecologica ed i grafici di andamento utili a visualizzare il proprio impatto ambientale. In realtà, per una maggiore precisione nell'elaborazione dei fattori di conversione e dei fattori di equivalenza, è possibile ancora definire alcune informazioni, le quali apportano lievi modifiche ai valori dei fattori utilizzati, quindi utili per il calcolo finale dell'Impronta Ecologica.

Le altre pagine del programma e la presentazione dei risultati

Le pagine successive del programma, rese visibili in maniera che sia analizzabile la metodologia di trattamento e l'elaborazione dei dati inseriti, rappresentano dei passaggi successivi all'interno delle quali sono definiti i fattori di conversione a partire da dati bibliografici e da elaborazioni specifiche, in cui sono rielaborati i dati per renderli adeguati ai fattori di conversione a disposizione, e sono svolti i veri e propri calcoli di Impronta Ecologica.

Nelle pagine finali (risultati, grafici globali e normalizzati per abitante e per superficie dell'edificio) si possono leggere i valori di Impronta Ecologica complessivi e relativi alle singole voci considerate, analizzando in maniera grafica gli andamenti dei consumi, la quantificazione del risparmio conseguente ad eventuali tecniche di bioedilizia presenti nell'edificio esaminato, gli scenari di risparmio e l'andamento costi/benefici dal punto di vista ambientale relativamente all'utilizzo di pannelli fotovoltaici, se presenti nell'edificio considerato, per la produzione di energia elettrica (cfr. capitolo 10).



RISULTATI SINTETICI TOTALI ANNUI

anno	ENERGIA ELETTRICA TOTALE	GAS NATURALE	ACQUA	PELLETS	TOTALE	SOLARE TERMICO	FOTOVOLTAICO	TOTALE RISPARMIATO	TOTALE IPOTETICO (senza forme di energia alternativa)
	(gha)								
2004	0,72	0,05	0,11	0,33	1,21	-0,21	-0,11	0,[illegible]	1,51
2005	3,43	0,21	0,12	0,84	4,60	-0,18	-0,79	0,07	5,58
2006	0,35	0,02	0,00	0,21	0,58	0,00	0,00	0,00	0,58
Dati mancanti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dati mancanti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

RISULTATI COMPLESSIVI ANNUI PER ABITANTE

anno	mese	ENERGIA ELETTRICA TOTALE	GAS NATURALE	ACQUA	PELLETS	TOTALE	SOLARE TERMICO	FOTOVOLTAICO	TOTALE RISPARMIATO	TOTALE IPOTETICO (senza forme di energia alternativa)
		(gha)								
2004	gen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	feb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	mar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	apr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	mag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	giu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	lug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	set	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ott	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02

Fig. 45 Visualizzazione della pagina di presentazione dei risultati complessivi e per abitante

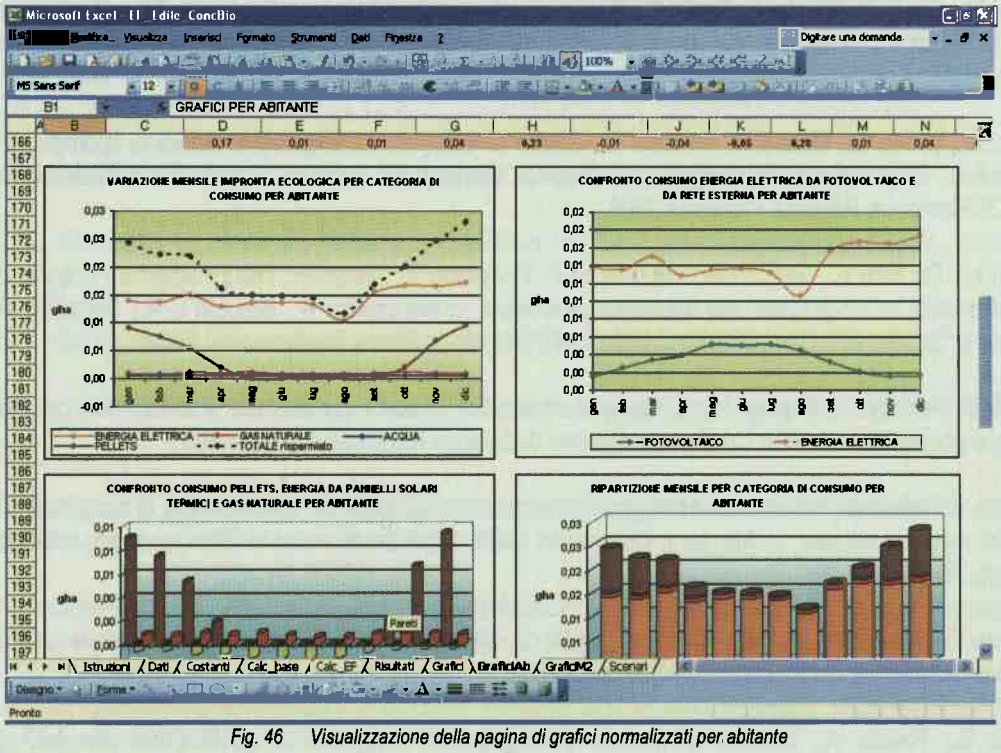


Fig. 46 Visualizzazione della pagina di grafici normalizzati per abitante

Come si può notare, la facilità di utilizzo di tale programma ne fa uno strumento mediante il quale sarebbe possibile monitorare gli andamenti relativi alla sostenibilità ambientale di un edificio. In questa maniera, per una Pubblica Amministrazione, sarebbe possibile creare dei database relativi ai consumi di un parco edifici rappresentativo, da sfruttare come supporto tecnico per la programmazione di politiche di riduzione energetica, incentivazione di tecniche di bioedilizia nonché per verificare il rispetto delle eventuali stime di progetto al momento dell'*accensione* dell'edificio.

BIBLIOGRAFIA

Abramovitz J. N., *Putting a Value on Nature's "Free" Services*, World Watch Magazine, January/February, 1998.

Bagliani M., Carantoni E., *L'Impronta Ecologica*, in Tiezzi E. (a cura di), "Analisi di Sostenibilità per la Provincia di Pescara", Provincia di Pescara 2004.

Bagliani M., Contu S., Coscia I., *L'analisi dell'Impronta Ecologica*, in A.A.V.V., "Analisi di sostenibilità della Provincia di Ancona", Provincia di Ancona 2002.

Bagliani M., Contu S., Coscia I., Tiezzi E., *The evaluation of the Ecological Footprint of the Province of Siena (Italy)*, in Tiezzi E., Brebbia C.A., Uso J.L. (eds.), "Ecosystems and Sustainable Development: Volume 1", Wessex Institute of Technology Press, Southampton 2003.

Bagliani M., Contu S., Martini F., Ferlaino F., *Studio di Impronta Ecologica per differenti tipologie di edilizia residenziale*, Report finale del Progetto di Ricerca *Valutazione della Sostenibilità Ambientale di Settore* dell'IRES Piemonte, Regione Piemonte 2006.

Bagliani M., Da Villa E., Gattolin M., Niccolucci V., Patterson T., Tiezzi E., The *Ecological Footprint analysis for the Province of Venice and the relevance of tourism*, in Marchettini N., Brebbia C.A., Tiezzi E., Wadhwa L.C. (eds.), "Sustainable City", Wessex Institute of Technology Press, Southampton 2004.

Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S., *L'impronta ecologica per settore economico: il caso studio del Piemonte*, Relazione presentata alla XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Venezia 2001.

Bilanzone e Pietrobelli, *L'Impronta Ecologica delle città: un'applicazione sperimentale in tre piccole città del nord, del centro e del sud.* In Atti del II Congresso IAED "Città Sostenibile: obiettivi, progetti, indicatori". Ed. Papageno, Palermo 1999.

Bilanzone G., Pietrobelli M., Munafò M., Asprella A., Valerio R., di Laurenzio A., *Valutazione dell'Impronta Ecologica delia Provincia di Bologna*, WWF Italia 2002.

Bologna G., Palella A., *Dossier L'Impronta Ecoiogica:uno strumento di verifica dei percorsi verso la sostenibilità*, WWF Attenzione, n.**13**, 1999.

Chambers N., Simmons C., Wackernagel M., *Sharing Nature Interest*, Earthscan Publication Ltd, London 2002.

Chambers N., Lewis K., *Ecological Footprint Analysis : Towards a Sustainability Indicator for Business,* ACCA Research Report, n. **65**, The Association of Chartered Certified Accountants, London 2001.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R., Sutton P., and Van der Belt M., 387253-260, *The value of the world's ecosystem services and naturai capital*, Nature, 1997.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R., Sutton P., and Van der Belt M., 25(1)3-15, *The value of the world's services and naturai capital*, Ecological Economics, 1998.

Daily G. C., *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington 1997a.

Daily, G. C., *What are ecosystem services?* Aaas Annual Meeting & Science Innovation Exposition, 163(0):A6, 1997b.

ENEA (Ente per le nuove tecnologie l'energia e l'ambiente), *Rapporto Energia e Ambiente*, 2005.

ENEA (Ente per le nuove tecnologie l'energia e l'ambiente), *Bilancio Energetico Regionale* della Regione Piemonte, anni 1990-2002.

Hanley N., Moffatt I., Faichney R., Wilson M., *Measuring sustainability: A time series of alternative indicators for Scotland*, Ecological Economics (28)1, 1999.

Hewings G.J., Jensen R.C., *Regionai, Interregional and Multiregional Input-Output Analysis, Handbook of Regional and Urban Economics*, voi. 1, cap. 8, North Holland, 1996.

Leontief W., *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York 1986.

Lewan L., Simmons C., *L'Impronta Ecologica e l'analisi della biocapacità come indicatori di sostenibilità per le aree geografiche sub-nazionali*, Rapporto Finale redatto per il Progetto Indicatori Comuni Europei EUROCITIES, 2001.

Ministero delle Attività Produttive, *Bilancio Energetico Regionale* della Regione Piemonte 2004.

Munafò M., Bilanzone G., Bardi S., *Valutazione dell'Impronta Ecologica della Regione Liguria*, WWF Italia, 2000.

Odum H.T., *Ecological and general systems*, University Press, Colorado, 1996a.

Odum H.T., *Environmental Accounting, Emergy and environmental decision making*, John Wiley & Sons, 1996b.

Proops J., Atkinson G., Schlotheim F., Simon S., *International trade and the sustainability footprint: a practicai criterion for its assessment*, Ecological Economics, (28)1, 1999.

Rees W., Wackernagel M., *Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an Ecological footprint perspective*, Ecological Economics, (20)1, 1997.

Simpson R.D. and Christensen N.L.J., *Ecosystem Function and Human Activities: Reconciling Economics Ecology*, Chapman and Hall, New York 1997.

Tiezzi E., Brebbia C.A., Usò J.L., *Ecosystems and sustainable deveiopment*, WIT Press, Southhampton 2003.

Tiezzi E., Marchettini N., Bagliani M., Contu S., Coscia I., *Calcolo dell"Impronta Ecologica della Provincia di Cagliari*, Provincia di Cagliari, 2002.

Tiezzi E., Marchettini N., Bastianoni S., Bagliani M., Battaglia S., Contu S., Coscia I., Fugaro L., Marini M., Niccolucci V., Porcelli M., Principi I., Pulselli F., Pulselli R., Re D., Ridolfi R., Rosini M., Silvestri O., Susani L., *Studio di sostenibilità della Provincia di Ascoli Piceno*, Provincia di Ascoli Piceno, 2003.

Van der Bergh J., Verbruggen H., *Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the `ecological footprint*, Ecological Economics, (29)1, 1999.

Wackernagel M., Onisto L., Bello P., Callejas Linares A., López Falfán I., García J., Guerriero A., Guerrero S., *National natural capital accounting with the ecological footprint concept*; Ecological Economics, (29)3, 1999.

Wackernagel M., Rees W., *Our ecological footprint*, New Society Publisher, Gabriola Island, British Columbia, 1996.

WWF, UNEP-WCMC, Global Footprint Network, *Living pianet report*, 2004.

Le immagini contenute in questo testo sono tratte dai siti internet e dalla documentazione selezionati nell'ambito della ricerca:
Progetto Bo01 a Malmoe: http://home.att.net/~amcnet/bo01.html
Progetto futuristico danese: H2PIA: http://power.nilut.com/2006/05/h2pia.html
Villaggio Fotovoltaico di Alessandria: http://www.etaflorence.it/pdfs/Conv_6_ott/12.10-12.30_Tosi_Robotti.pdf
Prototipo per il villaggio olimpico – Vinovo (TO): http://213.212.128.168/bioedilizia/vetrina/VINOVO.HTM