

TERRITORI

- 11 -

DIRETTRICE

Daniela Poli

COMITATO SCIENTIFICO

| | |
|--|---|
| Alberto Magnaghi (<i>Università di Firenze, presidente</i>) | Carlo Alberto Garzonio (<i>Università di Firenze</i>) |
| Paolo Baldeschi (<i>Università di Firenze</i>) | Giancarlo Paba (<i>Università di Firenze</i>) |
| Iacopo Bernetti (<i>Università di Firenze</i>) | Rossano Pazzagli (<i>Università del Molise</i>) |
| Luisa Bonesio (<i>Università di Pavia</i>) | Daniela Poli (<i>Università di Firenze</i>) |
| Lucia Carle (<i>EHESS</i>) | Massimo Quaini (<i>Università di Genova</i>) |
| Luigi Cervellati (<i>Università di Venezia</i>) | Bernardino Romano (<i>Università dell'Aquila</i>) |
| Giuseppe Dematteis (<i>Politecnico e Università di Torino</i>) | Leonardo Rombai (<i>Università di Firenze</i>) |
| Pierre Donadieu (<i>ENSP</i>) | Bernardo Rossi-Doria (<i>Università di Palermo</i>) |
| André Fleury (<i>ENSP</i>) | Wolfgang Sachs (<i>Wuppertal institute</i>) |
| Giorgio Ferraresi (<i>Politecnico di Milano</i>) | Bruno Vecchio (<i>Università di Firenze</i>) |
| Roberto Gambino (<i>Politecnico di Torino</i>) | Sophie Watson (<i>Università di Milton Keynes</i>) |

COMITATO DI REDAZIONE

| | |
|---|--|
| Daniela Poli (<i>Università di Firenze, responsabile</i>) | Alberto Magnaghi (<i>Università di Firenze</i>) |
| Iacopo Bernetti (<i>Università di Firenze</i>) | Giancarlo Paba (<i>Università di Firenze</i>) |
| Leonardo Chiesi (<i>Università di Firenze</i>) | Gabriele Paolinelli (<i>Università di Firenze</i>) |
| Claudio Fagarazzi (<i>Università di Firenze</i>) | Camilla Perrone (<i>Università di Firenze</i>) |
| David Fanfani (<i>Università di Firenze</i>) | Claudio Saragosa (<i>Università di Firenze</i>) |
| Fabio Lucchesi (<i>Università di Firenze</i>) | |

La collana *Territori* nasce per iniziativa di ricercatori e docenti dei corsi di laurea interfacoltà – Architettura e Agraria – dell'Università di Firenze con sede ad Empoli. Il corso di laurea triennale (Pianificazione della città e del territorio e del paesaggio) e quello magistrale (Pianificazione e progettazione della città e del territorio), svolti in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria, sviluppano in senso multidisciplinare i temi del governo e del progetto del territorio messi a punto dalla "scuola territorialista italiana". L'approccio della "scuola di Empoli" assegna alla didattica un ruolo centrale nella formazione di figure professionali qualificate nella redazione e nella gestione di strumenti ordinativi del territorio, in cui i temi dell'identità, dell'ambiente, del paesaggio, dell'*empowerment* sociale, dello sviluppo locale rappresentano le componenti più rilevanti. La collana *Territori* promuove documenti di varia natura (saggi, ricerche, progetti, seminari, convegni, tesi di laurea, didattica) che sviluppano questi temi, accogliendo proposte provenienti da settori nazionali e internazionali della ricerca.

Territori ad alta energia

Governo del territorio e pianificazione
energetica sostenibile: metodi ed esperienze

a cura di

Claudio Fagarazzi, David Fanfani

Territori ad alta energia . governo del territorio e pianificazione energetica sostenibile : metodi ed esperienze / a cura di David Fanfani, Claudio Fagarazzi, – Firenze : Firenze University Press, 2012.
(Territori ; 11)

<http://digital.casalini.it/9788884539601>

ISBN 978-88-8453-959-5 (print)
ISBN 978-88-8453-960-1 (online)

Progetto grafico di Alberto Pizarro Fernández
Immagine di copertina: mulino a vento, Riserva Regionale Saline di Trapani e Paceco (foto Francesco Berni).

Volume realizzato con il contributo di ASEV – Agenzia per lo Sviluppo Empolese Valdelsa



Certificazione scientifica delle Opere

Tutti i volumi pubblicati sono soggetti ad un processo di referaggio esterno di cui sono responsabili il Consiglio editoriale della FUP e i Consigli scientifici delle singole collane. Le opere pubblicate nel catalogo della FUP sono valutate e approvate dal Consiglio editoriale della casa editrice. Per una descrizione più analitica del processo di referaggio si rimanda ai documenti ufficiali pubblicati sul sito-catalogo della casa editrice (<http://www.fupress.com>).

Consiglio editoriale Firenze University Press

G. Nigro (Coordinatore), M.T. Bartoli, M. Boddi, F. Cambi, R. Casalbuoni, C. Ciappei, R. Del Punta, A. Dolfi, V. Fargion, S. Ferrone, M. Garzaniti, P. Guarnieri, G. Mari, M. Marini, M. Verga, A. Zorzi.

© 2012 Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Borgo Albizi, 28, 50122 Firenze, Italy
<http://www.fupress.com/>
Printed in Italy

Sommario

| | |
|---|-----|
| Introduzione <i>Claudio Fagarazzi, David Fanfani</i> | 1 |
| Forma insediativa e «regime energetico locale», una nuova sfida per la pianificazione e per il progetto di territorio. Alcuni appunti <i>David Fanfani</i> | 5 |
| Parte prima | |
| Temi territoriali e urbani per la sostenibilità energetica | |
| La produzione di energia rinnovabile in aziende agro-zootecniche. Il caso della filiera del biogas: opportunità e criticità imprenditoriali <i>Alessandra Castellini, Alessandro Ragazzoni</i> | 25 |
| La città e i trasporti: analisi e politiche per limitare i consumi e migliorare la qualità degli insediamenti <i>Francesco Alberti</i> | 51 |
| Strumenti per scenari di sviluppo energeticamente sostenibili <i>Gianni Scudo, Matteo Clementi</i> | 77 |
| Le procedure autorizzative per la realizzazione di impianti energetici e Fonti Energetiche Rinnovabili – FER – in Toscana e le problematiche territoriali per la loro realizzazione riscontrate <i>Fabio Zita, Claudio Fagarazzi</i> | 93 |
| Parte seconda | |
| Esperienze e strumenti per la pianificazione energetica | |
| Energia e progettazione degli insediamenti <i>Francesca Sartogo</i> | 115 |

| | |
|--|-----|
| Friburgo città green. Da dove nasce la sostenibilità energetica e ambientale <i>Alessandra Tambara</i> | 137 |
| Normative per la qualità energetica e ambientale in Toscana: il sistema di certificazione CasaClima <i>Tiziano Bucciardini</i> | 145 |
| La regolamentazione edilizia in funzione del nuovo paradigma energetico e del binomio ambiente/salute. Il caso studio dei comuni dell'ASL 11 di Empoli <i>Maria Grazia Petronio, Simone Pagni</i> | 157 |
| Promuovere la sostenibilità energetica a livello locale. Lo Sportello ERRE nel Circondario Empolese Valdelsa <i>Alessandra Tambara</i> | 173 |
| Modelli di analisi per la definizione dell'offerta sostenibile di agrienergie in Toscana <i>Claudio Fagarazzi, Sandro Sacchelli, Christian Ciampi</i> | 181 |
| Aspetti e tecnologie impiantistiche per il risparmio energetico degli insediamenti <i>Martino Fanfani</i> | 207 |
| Parte terza | |
| La costruzione del piano energetico locale | |
| Il quadro dei livelli di governo e della legislazione in materia energetica <i>Massimo Pepe</i> | 221 |
| La costruzione del piano energetico. Metodi ed esperienze <i>Antonio Siciliano</i> | 251 |
| Un modello territorializzato per la costruzione del piano energetico locale. L'esperienza dei Laboratori sperimentali/didattici del Corso di Laurea in Pianificazione di Empoli <i>Lorenzo Bartoletti, Alberto Detti, Alessandro Tirinnanzi</i> | 269 |
| Profili autori | 289 |
| Profili curatori | 293 |

Introduzione

Claudio Fagarazzi, David Fanfani

Il tema della pianificazione energetica, e più in generale della dimensione e gestione energetica nei diversi ambiti della nostra esperienza di ‘viventi’, solleva questioni e problematiche che, con l’acuirsi delle contraddizioni del modello di sviluppo prevalente nei paesi occidentali e in quelli emergenti, diventa sempre più difficile eludere ma che, paradossalmente, trovano una non adeguata collocazione nell’ambito della pianificazione del territorio e in relazione alle scelte di sviluppo locale.

In Italia i temi della pianificazione energetica e del risparmio energetico, almeno per quello che attiene la loro introduzione come ‘adempimento normativo’, datano ormai oltre 20 anni, periodo nel quale, tuttavia, ben poco è stato fatto in termini di applicazione ‘ordinaria’ dello strumento di pianificazione energetica ai diversi livelli territoriali, lasciando campo ad esperienze prevalentemente sporadiche, esito molto spesso di contingenze normative sempre più frequenti, ondivaghe e, sovente, schizofreniche.

Del resto il generale quadro di ‘abbandono’ del metodo della pianificazione che ha interessato e interessa il nostro paese, sostituito invece dall’inattaccabile sistema della contrattazione opaca fra attori scarsamente orientati o legittimati verso il pubblico interesse, non poteva non riflettersi nel campo della gestione energetica ove, interessi economici di non poca portata, molto spesso di livello globale, si confrontano e tentano di prevalere l’uno sull’altro, a prescindere da ogni legittimazione legata al perseguimento del bene comune di comunità e territori sui quali, in definitiva, le diverse scelte si ripercuotono.

Negli ultimi anni questo non edificante affresco si è però arricchito di alcuni elementi, legati in particolare alle possibilità di generazione energetica da fonti rinnovabili, che, almeno teoricamente, appaiono in grado di rafforzare, almeno seguendo alcuni criteri di ragionevolezza ed efficacia, un legame maggiormente virtuoso e coevolutivo fra produzione di energia, effetti ambientali e territori locali, potenziando, al contempo, le possibilità di ‘sovranità energetica’ – sia in termini di scelte che di generazione – dei diversi livelli territoriali.

Si creano quindi le condizioni per cui a un modello di piano energetico difficilmente definibile, operabile e gestibile a livello locale – date le poco controllabili dinamiche e forze di livello globale che si ponevano in campo – si sostituisce la possibilità di configurare a livello locale un mix energetico di flussi *input/output* maggiormente coerente con le caratteristiche del contesto territoriale e, almeno teoricamente, mag-

giormente adeguato a perseguire obiettivi di misura e sostenibilità in questo decisivo ambito. Questo naturalmente non consente di per sé di ovviare al richiamato gap di cultura del planning appena ricordato, ma certamente permette di ricondurre su un terreno più prossimo alla dimensione, alle esigenze e alla possibilità di incidenza locali, le possibilità di opzione in materia di consumi ed approvvigionamento energetico.

Il testo che presentiamo si colloca in questo quadro, cercando di esplorare e definire almeno alcuni dei punti chiave che portano a cogliere il tema della pianificazione energetica nel quadro della pianificazione del territorio non come una ulteriore 'pianificazione separata' ma, in relazione alla sua stretta relazione con l'uso delle risorse locali, come una pratica che deve pienamente integrarsi con gli strumenti di governo del territorio sia in termini di sostenibilità di usi che come opportunità per il perseguimento di una prospettiva di sviluppo locale e di 'messa in valore' del patrimonio territoriale.

Le diverse parti in cui si articola il libro riflettono la multidimensionalità del tema cercando di sviluppare la riflessione intorno ad alcuni ambiti problematici che vanno dalle questioni di carattere metodologico/disciplinare a quelle più di carattere tecnico/operativo e procedurale.

In apertura, il contributo di Fanfani cerca di collocare il tema della pianificazione energetica nel più vasto quadro del governo degli assetti e delle trasformazioni insediative e territoriali, cercando di enucleare in primo luogo quelli che sono i principali 'nodi' che le «disposizioni morfologico/spaziali» del territorio e i connessi aspetti funzionali propongono in relazione alle *performances* energetiche dell'insediamento e alla loro maggiore o minore sostenibilità. A partire da questo genere di considerazioni il contributo cerca di cogliere alcuni principi guida per una efficace considerazione ed integrazione della dimensione energetica all'interno dei processi e degli strumenti per il governo ed il progetto di territorio.

In coerenza con l'iniziale tentativo di collegamento concettuale fra dominio multisettoriale della pianificazione e governo energetico su base territoriale, la prima sezione affronta in maniera diretta alcuni aspetti che, più di altri, portano a sperimentare quanto diverse modalità di organizzare l'attività umana e di utilizzare in termini energetici alcune fonti anche di tipo rinnovabile possono dipendere dalle modalità di assetto del territorio ma, in parallelo, possono fortemente condizionare le stesse caratteristiche e qualità del territorio stesso. Pur affrontando tematiche diverse e specifiche, l'obiettivo di questa sezione è quello di fare emergere come affrontare il tema della pianificazione energetica implichi un approccio di carattere olistico ed integrato ove ogni aspetto dell'insediamento umano e delle sue attività – ambientale, economico, morfologico/insediativo, funzionale – va guardato in relazione agli altri, in relazione alla maggiore o minore domanda di energia che è in grado di indurre e in relazione ai possibili *trade-off* negativi che si possono generare fra produzioni da fonti rinnovabili ed obiettivi di sostenibilità nel loro insieme. Da un lato quindi il contributo di Alberti affronta il complesso e dibattuto nodo della relazione fra forma urbana-mobilità e consumi energetici, mentre Scudo e Clementi propongono le linee generali di una metodologia per affrontare e apprezzare in maniera integrata e sostenibile, su base bioregionale, il ruolo delle diverse fonti rinnovabili. I saggi di Fagarazzi e Zita e di Castellini e Ragazzoni affrontano a diverso livello, il nodo di come si ponga la questione della valutazione della coerenza territoriale dell'impiego di fonti rinnovabili sia in termini di integrazione con la attività primaria – mantenendo

la sostenibilità ed autonomia di quest'ultima (Castellini e Ragazzoni) – sia dei *wicked problems* che si pongono quando il possibile impatto di alcuni impianti per FER come quelli eolici, sollevi dei problemi di collocazione in paesaggi 'minuti' e di alto valore estetico ed identitario come quelli toscani (Fagarazzi e Zita).

La seconda parte sviluppa alcuni dei temi di carattere generale già emersi nella prima sezione attraverso la proposizione di alcune esperienze e metodologie analitiche, regolativo/progettuali e gestionali che si presentano come strettamente complementari e orientate verso un approccio integrato alla pianificazione energetica. Si tratta di contributi che evidenziano nel loro insieme come le pratiche e gli strumenti normativi, soprattutto sul versante urbano del problema energetico, siano ormai sufficientemente maturi. Questo si osserva sia attraverso il contributo di Tambara riferito all'ampiamente noto caso di Friburgo e alle modalità integrate di progettazione che fanno del risparmio energetico e dell'impiego di FER uno dei principali fattori di successo di quella esperienza, ma anche attraverso i casi del modello di certificazione Casa Clima, presentato nel contributo di Bucciardini, e del Regolamento per l'edilizia sostenibile del Circondario Empolese Valdelsa, illustrato nel contributo di Petronio. Quest'ultimo si pone come esperienza innovativa sia per l'approccio olistico alla relazione ambiente di vita/regime energetico sia per il livello di coordinamento intercomunale al quale è stato definito, e successivamente applicato, il regolamento stesso. Uno strumento poi di *governance* della innovazione energetica orientata alla sostenibilità e che bene si integra con il Regolamento appena ricordato, è successivamente illustrato sempre da Tambara in un altro contributo che illustra le modalità ed i criteri operativi di uno sportello di servizio e consulenza per lo sviluppo dell'impiego di tecnologie per fonti rinnovabili, promosso dalla Agenzia per lo Sviluppo del Circondario Empolese Valdelsa. In questo quadro di esperienze concrete i contributi di Sartogo e di Fagarazzi, Ciampi e Sacchelli propongono due modelli operativi applicati, per lo sviluppo di un approccio integrato alla analisi e al progetto energetico territoriale, riferiti rispettivamente all'ambiente urbano e a quello rurale. Nel caso del contributo di Sartogo è illustrata in termini operativi una metodologia di progetto tesa al recupero delle specificità bioclimatiche locali per una adeguata *performance* dell'insediamento ed una conseguente maggiore efficienza energetica e salubrità dell'ambiente di vita. Per quanto riguarda invece il contributo di Fagarazzi, è illustrato un modello integrato di analisi dell'offerta territoriale di agrienergie che muove dal criterio di sviluppare appieno le potenzialità e complementarità fra le diverse fonti rinnovabili locali ricercando però una 'misura' di sostenibilità fondata sulle caratteristiche di riproducibilità dell'insieme delle risorse stesse e sulla qualità del territorio. Per quanto applicati su domini diversi, entrambi gli approcci propongono una lettura del potenziale energetico territoriale che rifugge ogni determinismo tecnologico cercando invece di sviluppare primariamente delle buone regole di utilizzo integrato di quelle che sono le potenzialità del territorio e dei principi di base di scambio energetico locale, legati a fattori climatici, geomorfologici, ecologici, funzionali e produttivi.

Sempre in una prospettiva operativo/strumentale caratterizzata però da maggior dettaglio tecnico, il contributo di Fanfani restituisce un utile quadro dei principali riferimenti tecnici e tecnologici che possono costituire la base conoscitiva dalla quale partire per ulteriori approfondimenti e per affrontare con adeguata consapevolezza ed efficacia le sfide e domande poste dalle questioni energetiche.

Infine la terza sezione del lavoro, a valle delle considerazioni tematiche, metodologiche e strumentali presentate nelle prime due parti, cerca di offrire in primo luogo i principali riferimenti normativi e di carattere metodologico/procedurale per la costruzione di uno strumento di pianificazione energetica a livello locale rispetto al contesto italiano. Il contributo di Pepe, restituisce il quadro di enorme complessità – o forse sarebbe meglio dire cacofonia – normativa che – a diversi livelli operativi, istituzionali e settoriali – va più o meno direttamente ad incidere sulle scelte di carattere energetico di un determinato territorio, con obiettivi e finalità non sempre bene armonizzate e comunque spesso di carattere episodico e ‘puntuale’. In questo contesto normativo il testo di Siciliano riesce comunque ad inquadrare in maniera efficace e strutturata un percorso metodologico ed operativo per la costruzione di un piano energetico locale ‘sensibile’ sia ai diversi livelli e provvedimenti normativi che spesso si intersecano fra di loro sia anche alla necessità di mantenere ben chiaro e saldo un approccio sistemico ed integrato alla lettura della offerta e delle domanda energetica. Ciò a partire dalle caratteristiche e possibilità di generazione territoriale locale e dal perseguimento di obiettivi di efficienza e riduzione dei consumi. La sezione si chiude infine con la proposta di un modello operativo integrato di analisi della offerta di FER su base territoriale, sviluppato nell’ambito dei Laboratori Didattici del corso di Laurea in Pianificazione e Progettazione del Territorio della Facoltà di Architettura di Firenze, sede di Empoli. Il modello, esito di una stretta interazione fra le attività di ricerca dei docenti e le pratiche di didattica sperimentale sviluppate dagli studenti, propone una metodologia per la costruzione del quadro della offerta energetica territoriale che ha come criterio di riferimento la definizione di un mix energetico localmente appropriato in relazione alle caratteristiche del territorio e alla sinergia e non conflittualità fra produzione energetiche e caratteristiche, riproduzione e tutela delle principali dotazioni patrimoniali (sistemi e produzioni agro ambientali e biocenosi forestali, ambiti e profili di biodiversità, stabilità geomorfologica, clivometria, qualità e funzionalità dei corpi idrici, patrimonio storico/architettonico, ecc.).

Il principio perseguito tramite questa metodologia è che non vi possa essere un sostenibile sviluppo di una generazione locale da FER quando questo tipo di sviluppo avvenga a detrimento di altre risorse patrimoniali che, sovente, non sono rinnovabili e sono invece fondamentali per la riduzione dei consumi energetici e delle emissioni del sistema locale (si pensi per esempio all’impiego di pannelli fotovoltaici a pieno campo in aree agricole o sensibili sul piano paesaggistico). Il modello proposto impiega fra l’altro tecniche GIS di costruzione e analisi dei dati che forniscono grande flessibilità, operabilità e trasparenza al modello rendendolo di significativo interesse nei diversi contesti di pianificazione, non ultimi in quelli di tipo multi attore e partecipativo, finalizzati alla costruzione di scelte condivise fra attori istituzionali, *stakeholders* e soggetti sociali in genere. Il modello proposto trova collocazione in questa sezione del testo in considerazione del suo carattere integrato e sufficientemente comprensivo dei diversi aspetti e potenzialità energetiche territoriali, tale da renderlo un potenziale strumento di supporto alla costruzione di un piano energetico locale a misura del potenziale patrimoniale territoriale e della sua riproducibilità.

Forma insediativa e «regime energetico locale», una nuova sfida per la pianificazione e per il progetto di territorio. Alcuni appunti

David Fanfani

1. Premessa

La questione energetica occupa, negli ultimi anni, un posto di crescente rilevanza all'interno del dibattito sulle politiche dello sviluppo e sui modi di intendere quello sviluppo stesso.

Ciò in relazione non solo ad una prospettiva di scarsità di approvvigionamento che, a parte diversi shock del passato dovuti a fattori in parte contingenti, non si era mai manifestata in una forma così chiaramente 'strutturale' come in questo nuovo millennio, ma anche al radicale cambiamento di prospettiva che è implicato dall'avvento, e costante crescita, delle opportunità che sembrano derivare dal ricorso alle diverse tecnologie di utilizzazione delle fonti rinnovabili. (solare, eolico, idraulico, geotermico).

Ciò cui assistiamo non va tuttavia osservato semplicemente come un cambiamento che attiene ad avanzamenti nelle «tecniche di generazione energetica» che si collocano all'interno di un ben definito modello di organizzazione e riproduzione delle diverse società e dei loro territori, ma come un vero e proprio cambiamento potenziale di «paradigma energetico» che va ad interessare gli stessi modelli di sviluppo, le relazioni fra determinanti o *driving forces* delle scelte di sviluppo stesse e, in ultima istanza, l'aspetto che più ci riguarda da vicino, le scelte e le modalità insediative e di costruzione ed organizzazione dell'insediamento umano nel territorio.

A partire da questo modo di affrontare la questione della innovazione energetica, questo contributo cerca di illustrare sinteticamente quelli che sembrano essere i tratti più significativi di un passaggio da un regime energetico 'globale', esogenamente incidente sulle diverse realtà locali e fortemente vincolante e performativo rispetto a scelte di produzione e sviluppo del territorio, ad un regime energetico «localmente appropriato e sostenibile» dove il primo tipo di regime viene almeno fortemente messo in discussione e attenuato almeno secondo tre rilevanti punti di vista o criteri relativi a:

- *cicli di produzione/consumo a basso impatto energetico*: la consapevolezza che le forme di sviluppo economico, delle catene di produzione e consumo debbano perseguire il massimo livello di contenimento dei consumi energetici accompagnati dal massimo ricorso a fonti rinnovabili a partire dalla consapevolezza dei limiti cui è

sottoposto comunque il nostro pianeta in termini di energia e materia (Meadows, Meadows, Sanders 2006; Roegen 1982);

- *tecnologie territorialmente appropriate*¹: il ricorso alle fonti rinnovabili come ricerca del massimo di coerenza e sinergia con le caratteristiche del territorio e delle sue dotazioni patrimoniali non riproducibili, per evitare esternalità negative e forme di rinnovata dipendenza da dinamiche del tutto esogene al territorio stesso che, venendo meno agli obiettivi di sostenibilità, vadano ad incidere proprio su altre risorse non rinnovabili del territorio o a pregiudicare la qualità di quelle rinnovabili (es. pannelli fotovoltaici in aree agricole o eolico in aree ambientalmente sensibili);
- *forme insediative a bassa domanda ed alte prestazioni energetiche*: la centralità dei modelli insediativi ed urbani, della loro relativa organizzazione morfologica e funzionale e delle politiche che li interessano nel determinare *trade-off* significativi dal punto di vista della sostenibilità ed efficienza energetica dell'insediamento stesso e nel perseguire, quindi, una riduzione dei consumi energetici e nell'integrare i flussi energetici.

A partire da questi criteri nei paragrafi successivi il contributo cerca di cogliere, dal punto di vista dell'insediamento sul territorio e delle forma urbana, quali possono essere i principi di (ri)organizzazione dell'insediamento, finalizzati ad una riduzione dei consumi energetici e ad una maggiore efficienza, che possono essere considerati nell'ambito della pianificazione del progetto territoriale ed urbano e che in maniera più o meno diretta interessano i tre criteri evidenziati. Infine sono affrontati i temi e criteri qualificanti per la costruzione di un modello di «offerta energetica locale» adeguato a valorizzare in maniera integrata le risorse del territorio stesso, senza correre il rischio di ricadere nel raggio di azione di nuovi meccanismi di etero direzione. Nell'insieme il tentativo è quello di individuare, almeno ad un livello generale, una metodologia di approccio al tema della pianificazione energetica che – evitando il rischio di una nuova «pianificazione di settore» – integri pienamente la dimensione territoriale ed urbana e che anzi trovi in questa dimensione e nei valori che rappresenta – ambientali, culturali, produttivi – le opportunità ed i limiti adeguati a costruire una offerta energetica localmente appropriata nella prospettiva di un sistema energetico locale bioregionale volto a ridurre al minimo al sua impronta ecologica (Wackernagel, Rees 1996; Iaconi 2004).

Il quadro definito, nei suoi elementi principali, attraverso questo contributo trova poi ulteriori approfondimenti ed integrazioni nell'insieme delle successive parti che seguono nel volume.

2. Oltre l'«illusione fossile», il ritorno a strategie e «pratiche energetiche localmente appropriate» per il territorio e gli insediamenti

L'illusione di una 'liberazione' da ogni vincolo energetico – legata alla apparente illimitatezza della offerta generabile da combustibili fossili (e fissili) con i suoi corollari tecnologici – ha costituito una delle caratteristiche e principi più evidenti e performan-

¹ Al riguardo si veda anche il concetto di «sovranità energetica» trattato da Scudo in questo stesso volume.

ti, forse il principale, dello sviluppo della civilizzazione dal XIX al XX secolo. Prima dell'avvento di tali fonti energetiche e, in particolare, delle tecnologie adeguate alla loro utilizzazione, l'insediamento umano – a fronte di chiari limiti energetici locali – aveva sviluppato un insieme di regole e criteri costruttivi e gestionali, attinenti anche ai processi produttivi, adeguati a contenere al massimo gli sprechi energetici e quindi a meccanismi regolativi in grado di consentire, più in generale, un uso parsimonioso, integrato e sinergico delle risorse a disposizione, secondo un chiaro modello co-evolutivo fra società insediata, organizzazione socio economica e territorio (Noorgard 1999; Bevilacqua 2006). Questo tipo di atteggiamento aveva prodotto – di necessità – un'importante relazione di sinergia fra ambiente antropico, ambiente naturale e costruito, relazione che, nel lungo periodo, aveva stratificato un importante patrimonio di sapere contestuale adeguato a sfruttare al massimo le risorse locali all'incrocio fra società, economia, tecnologia e natura, soprattutto in riferimento agli assetti e tecnologie produttive.

L'evoluzione tecnologica connessa allo sfruttamento e disponibilità sovra locale di nuove fonti energetiche appena ricordata ha di fatto permesso lo 'sganciamento' di ogni sistema urbano e regionale locale dai vincoli imposti nella fase socio-tecnica premoderna generando la convinzione e consapevolezza della possibilità – finalmente – di un approvvigionamento illimitato, a costi relativamente bassi, di energia per lo svolgimento delle diverse attività antropiche e per l'organizzazione dell'insediamento umano e, al contempo, la possibilità di una emancipazione sociale legata – almeno apparentemente – ad una maggiore facilità di accesso – per la riduzione dei costi – alle fonti di energia e alle *facilities* ad esse collegate (mobilità, riscaldamento, beni di consumo ecc.). Tale 'liberazione' ha assunto diverse espressioni a seconda del punto di vista da cui si osserva il fenomeno, espressioni che nel loro insieme hanno tuttavia configurato un modello di «civilizzazione dei consumi»: di suolo, di ambiente, di merci, di relazioni, di società locali, di saperi contestuali e, in maniera rilevante, di risorse e fonti di materia ed energia non rinnovabili.

Anche se ciò non rappresenta il tema che questo contributo può e intende affrontare, va anche osservato come al ruolo prevalente rivestito dai combustibili fossili nel regime energetico di sviluppo sinteticamente descritto abbia corrisposto anche un preciso modo di organizzazione delle relazioni socio-politiche e delle scelte di sviluppo. Queste infatti, sono state prevalentemente determinate, per la significativa concentrazione di tali risorse, da una forte centralizzazione sui soggetti e paesi detentori di tali risorse e da tecnologie e, quindi, da opzioni economiche, territoriali, tecnologiche, e geo-politiche che meglio corrispondevano agli interessi di tali soggetti (Rifikin 2002).

2.1 Regime energetico e forma urbana

Dal punto di vista che più ci interessa, cioè sul versante degli insediamenti e della organizzazione della forma urbana, l'effetto di questa pseudo 'liberazione' ha prodotto sicuramente alcuni degli effetti più visibili e significativi, soprattutto sul piano degli impatti territoriali ed ambientali. Alla smisurata (in alcuni casi) concentrazione di risorse economiche e demografiche in alcune aree del pianeta ha fatto riscontro il rilevante fenomeno della dispersione o *sprawl* urbano che – anche in relazione agli (apparentemente) irrisori costi economici legati alla disponibilità energetica ed all'uso dell'automobile privata – ha permesso – insieme ad altri non trascurabili fattori che

comunque rientrano nel regime socio-tecnico appena richiamato – il configurarsi di un habitat a bassa densità estremamente energivoro, sia per quanto riguarda l'efficienza nella fornitura e fruizione di servizi e *facilities* (servizi a rete, trasporto pubblico, commercio, ecc.), sia per quanto attiene il consumo di suolo e le stesse performance energetiche del tessuto insediativo. Questo modello insediativo riconosciuto originariamente nella figura della «conurbazione» e successivamente da un vastissimo insieme di contributi di ricerca (cfr. fra gli altri, Bauer, Roux 1977; van den Berg 1982; Indovina 1990), si è sviluppato in un arco di tempo molto ampio nella seconda parte del XX secolo prevalentemente nei paesi occidentali – il così detto «primo mondo» – dando luogo ad un fenomeno di dispersione insediativa riconosciuto attraverso numerose metafore, in genere ricondotte al già citato fenomeno dello *sprawl* urbano che di fatto costituisce una delle principali sfide per il futuro dei nostri insediamenti sia dal punto di vista della sua generale sostenibilità e qualità della vita che per i costi – economici, sociali ed ambientali – che genera, in particolare usando in maniera poco efficace una risorsa non riproducibile come il suolo agricolo (Boscacci, Camagni 1994; Paolillo 1994; EEA 2006; Gibelli, Salzano 2008).

Dal punto di vista dei consumi energetici – ad un primo livello di carattere generale – questo modello 'organizzativo' dell'insediamento umano si esprime, soprattutto nei paesi a medio alto reddito pro-capite, nel generare una consistente domanda di mobilità che aumenta in maniera quasi esponenziale in relazione al diminuire della densità insediativa (Newman, Kenworthy 1989) e alla conseguente esigenza di mobilità impossibile da soddisfare con il trasporto pubblico – a causa della elevatissima frammentazione e dei costumi culturali degli abitanti – e demandata, quindi, all'uso pressoché esclusivo del mezzo privato. Malgrado alcune più recenti giustificate critiche a tale modello interpretativo (Rickwood 2009; Desjardin 2010), esso mantiene un suo valore euristico che offre una importante chiave di lettura esplicativa non solo rispetto ai consumi energetici riferiti ai carburanti fossili, ma, anche in relazione alla più recente consapevolezza delle problematiche legate alle emissioni di gas serra e, in particolare, di CO₂.

La forma dell'insediamento, dunque, a questo primo livello, incide nel determinare una relazione negativa fra residenza e forme di mobilità che è però sostanzialmente generata dal combinarsi della dispersione insediativa e dalla scarsa integrazione funzionale degli insediamenti stessi. Essi infatti, a causa della centralizzazione delle funzioni direzionali (CBD) o di quelle produttive (*industrial districts*) e commerciali (*mall* o *grand surfaces* commerciali) in 'macro aree' distinte e remote dalla residenza, finiscono con il generare flussi di mobilità di tipo quasi esclusivamente meccanizzato e, al contempo, una impattante e complessa rete infrastrutturale con la quale si cerca, invano peraltro, di 'inseguire' una incontrollabile «ipertrofia diffusiva dell'insediamento». Aree residenziali prive di adeguati livelli di centralità funzionale e di *mix land use* adeguato almeno a fornire i servizi di prossimità (piccolo commercio, servizi civici e commerciali/finanziari, sanità, verde pubblico, ecc.) obbligano i loro residenti a spostamenti in auto anche per assolvere alle funzioni più banali ed ordinarie dell'abitare.

Questo modello morfologico/funzionale, favorito nel secolo scorso, dalla «illusione ottica» di una disponibilità di energia, territorio e risorse pressoché infinita e a buon mercato, si combina con la realizzazione di tipi insediativi/edilizi e tessuti che, dal punto di vista energetico e non solo, presentano consistenti problematiche, rispetto all'uso delle risorse e dell'energia medesima.

In genere, infatti, i tessuti edilizi della città diffusa o degli «habitat a bassa densità» sono caratterizzati dall'abbandono – in parte esito del razionalismo urbanistico – dell'isolato chiuso di tipo urbano (Panerai, Castex, Depaule 2001) e dal ricorso prevalente a tipi edilizi e loro aggregazioni, incentrati su edifici di altezza limitata, unifamiliari e 'isolati su lotto'. È il panorama delle 'villette' o delle *detached houses*, tipi di cui, numerosi contributi (si veda fra gli altri Jencks *et al.* 2000; Rickwood 2009; Wright 2010) evidenziano la criticità dal punto di vista dell'uso efficiente dell'energia, soprattutto in termini di quella necessaria per il loro funzionamento (*operating* o *in dwelling energy*) legato in particolare al riscaldamento e raffrescamento.

Si tratta di tessuti edilizi a bassa densità che producono anche una 'bassa intensità' energetica (Charmes 2010; Maïzia 2010) in ragione del maggiore consumo per unità abitativa o per unità di superficie che generano rispetto a tipi edilizi di maggiore densità – p.e. forme di densità media ad isolato dai 3 ai 4 piani. Questi ultimi, infatti, oltre ad utilizzare meglio il suolo, permettono maggiore isolamento ed un maggiore numero di abitanti per unità di superficie nonché una riduzione delle emissioni di CO₂ per unità di superficie (Newton, Tucker, Ambrose 2000; Rickwood *et al.* 2008, Wright 2010: 7), intercettando, fra l'altro, sul versante energetico alcune delle regole insediative ed abitative riconosciute, su di un piano multidimensionale, come requisiti significativi per l'ambiente abitativo².

Alcune delle ricerche evidenziate, in particolare il già citato studio comparativo e di scenario condotto da Rickwood, evidenziano come, a fronte del virtuoso comportamento energetico dei tessuti edilizi a media densità, incentrato sui edifici plurifamiliari pluripiano ma non oltre i 7 livelli (*townhouses, low rise apartments*), l'impiego di tipi edilizi di grande altezza non appaia assolutamente conveniente né dal punto di vista della 'energia' incorporata nei materiali e nelle attività per la loro realizzazione (*embodied energy*) e ai conseguenti livelli di emissioni di CO₂, tantomeno per i costi energetici di esercizio legati al funzionamento di impianti meccanici e tecnici molto più complicati (*operating energy*, p.e. per ascensori, servizi di sicurezza, refrigerazione e riscaldamento). Ciò ancora di più nel caso in cui questi stessi tipi edilizi vengano coniugati con forti densità insediative tipiche, per esempio, di molte *downtown* o *CBD* di alcuni paesi occidentali o anche emergenti (Wright 2010: 7).

Sarebbe naturalmente riduttivo ricondurre in maniera deterministica le prestazioni di carattere energetico dell'insediamento *sic et simpliciter* a questioni di carattere morfologico e funzionale³, dato che, come dimostrato da alcune ricerche citate (Rickwood 2009 cit.: 342), la relazione dirimente, dal punto di vista della sostenibilità energetica in termini di mobilità indotta è quella fra politiche dei trasporti pubblici, aspetti allocativi ed assetti funzionali dell'insediamento (*land use*) e 'costumi' e abitudini di spostamento degli abitanti. La forma dell'insediamento non risulta di per sé sufficiente, anche se realizzata secondo forme saggiamente compatte, dense e integrate, a garantire una riduzione dell'uso del mezzo privato tale da contrarre

² È il caso di uno dei *pattern* individuati da Alexander e relativo alla regola dei *four storey limit*: «In any urban area, no matter how dense, keep the majority of buildings four storey high or less. It is possible that certain buildings should exceed this limit, but they should never buildings for human habitation» (Alexander 1977: 119).

³ Si veda a riguardo il contributo di Francesco Alberti in questo volume.

consumi energetici ed emissioni di gas serra. Sono le politiche dei trasporti e quelle connesse (fiscali, infrastrutturali, ecc.) che risultano determinanti nell'incentivare abitudini virtuose di mobilità e a valorizzare appieno gli sforzi dei planner e dei progettisti urbani – necessari dunque ma non sufficienti di per sé – nel realizzare forme e tessuti insediativi ‘conduttivi’ di risparmio energetico e di riduzione del numero e della lunghezza degli spostamenti giornalieri su auto o mezzo meccanico privato.

Ciò nondimeno – secondo quanto sinteticamente descritto – le caratteristiche fisiche (densità e forma) e morfologico/spaziali (articolazione nello spazio dell'insediamento alle diverse scale), la funzionalità (livello di integrazione e diversificazione dei diversi usi del suolo nonché collocazione dei principali nodi funzionali), i tipi edilizio/insediativi adottati, risultano elementi importantissimi per la costruzione di un insediamento in grado di esprimere un alto livello di efficienza energetica e di ridurre al tempo stesso la domanda di attività che comportano spostamento su mezzi di trasporto privati e pubblici favorendo, in ogni caso, il ricorso a questi ultimi.

Tali aspetti, legati in particolare all'adeguato mix funzionale, sono peraltro connessi anche a un altro importantissimo ‘nodo’ che attiene l'aumento della efficienza energetica dell'insediamento derivante dal recupero ed integrazione – dal punto di vista dei flussi energetici – fra le funzioni urbane. Il principio del «riciclaggio energetico» risulta infatti un elemento importantissimo in tal senso consentendo di associare al buon principio funzionale del *mix land use* come conduttivo di minore esigenze di spostamento, delle ottime *performances* in termini di efficacia energetica legate alle complementarità e circolarità energetiche che si possono sviluppare fra ambiti e funzioni diversificate poste in contiguità a livello di quartiere, settore urbano (Nelson 2009; Tillie *et al.* 2009) o alla stessa scala urbana (Agudelo Vera, Leduc *et al.* 2009; Leduc, Kann 2010) (Fig. 1).

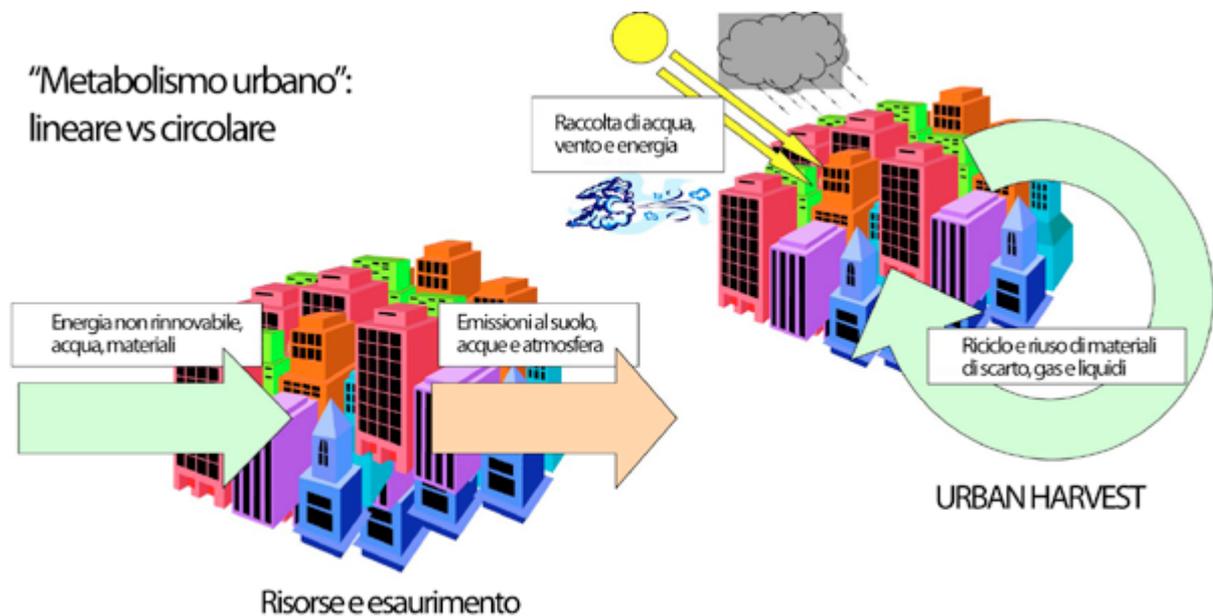


Figura 1. Modello lineare e modello circolare dei flussi di energia e risorse nel metabolismo urbano (fonte: nostra rielaborazione da Leduc, Kann 2010).

In sintesi è importante rilevare come la forma urbana e i diversi principi insediativi con cui le varie parti dell'insediamento vengono progettate e realizzate costituisca un importante aspetto che, se affrontato in maniera corretta, secondo le evidenze sufficientemente chiare che derivano da numerose ricerche, appare in grado di generare un significativo innalzamento della efficacia energetica dell'insediamento stesso permettendo, in generale, significativi risparmi nei consumi e, di conseguenza, nelle riduzioni di emissioni di gas serra, sia per quanto riguarda le due categorie della *embodied energy* e della *in dwelling o operating energy*.

Queste considerazioni sono condotte dal punto di vista della pianificazione e del progetto urbano per cui non vanno a toccare, se non marginalmente per ciò che riguarda il buon orientamento e spaziatura fra edifici- altre importantissime questioni chiave che attengono alla sostenibilità ed efficacia energetica degli insediamenti e alle buone regole del progetto urbano/edilizio. Questo con particolare riferimento al vastissimo ambito della progettazione bio-climatica, della bio-architettura e dell'impiego di fonti rinnovabili per isolamento, raffrescamento/riscaldamento, funzionamento degli edifici e dei loro insiemi. In altre parti del testo tali temi vengono almeno in parte toccati⁴, anche se, come anticipato, il punto di vista prevalente di questo lavoro è quello che riguarda la scala urbana e territoriale.

2.2. Dal predominio fossile/fissile alle fonti rinnovabili: per un'offerta energetica «territorialmente appropriata»

Come anticipato nei paragrafi precedenti l'avvento dei combustibili fossili ha in gran parte 'allontanato' dai territori le principali fonti di apporto energetico, rendendolo dipendenti in maniera crescente non solo da siti remoti e non controllabili, ma anche da congiunture economico/produttive legate a fattori del tutto estranei alla pura logica di mercato e piuttosto determinati da autoriferiti meccanismi finanziari che hanno assunto – con le note conseguenze su scala planetaria – un carattere non meno distruttivo che pervasivo per l'organizzazione sociale ed anche per il territorio.

Questo susseguirsi di destabilizzanti 'shock' – energetici, finanziari, dei prezzi, ecc. esito del sommarsi dei 'giochi' di cui sopra e dell'ormai raggiunto e superato picco di produzione del petrolio stesso (*oil peak*) – ma anche di molte materie prime – a livelli di costo convenienti – nonché alle evidenze di rischio climatico legate al *global warming*, ha ormai chiaramente orientato le scelte energetiche dei diversi paesi e territori verso un decisivo aumento delle forniture energetiche da fonti rinnovabili. Si tratta ormai di una scelta di assetto tecnologico e di regime energetico chiaramente irreversibile e che porterà, presumibilmente nel giro di poche decine di anni, ad un radicale riassetto del 'portfolio' di approvvigionamento energetico da parte dei vari contesti nazionali e locali. Ciò, probabilmente, non solo per quanto attiene la produzione di energia elettrica e termica, ma anche per gli impieghi di carburante relativi al mezzo di locomozione 'principe', e cioè l'auto, presumibilmente attraverso la combinazione fonti rinnovabili-produzione di idrogeno (si veda Rifkin 2002). Questa progressiva riconversione, seppure frenata da pesanti interessi legati al vecchio regime, appare

⁴ Si veda in particolare il contributo di F. Sartogo

certamente foriera di positivi effetti sull'ambiente, in particolare attraverso una significativa riduzione delle emissioni di gas serra, e di un maggiore livello di 'auto-determinazione' energetica da parte di nazioni e territori, nonché settori produttivi, non più dipendenti in maniera pericolosissima da pochi soggetti detentori e quasi monopolisti dei principali 'pozzi' e connessi flussi di combustibili per la produzione di energia.

Un significativo ricentraggio locale delle produzioni energetiche e del relativo approvvigionamento, combinato con una apprezzabile diversificazione e pluralità delle fonti stesse legate ai vari contesti ed una adeguata gestione 'sistemica' di tale offerta, attraverso una adeguata pianificazione e tecnologie a 'basso consumo' e di gestione ottimale sul modello *smart grid*, disegna un quadro che appare sicuramente realistico e raggiungibile per ciascun territorio nel breve-medio periodo. Ciò, anche dal punto di vista della pianificazione e dell'assetto del territorio, appare certamente significativo perché, se combinato con i criteri di buona progettazione fisica e delle politiche richiamati nel paragrafo precedente, appare in grado di configurare uno scenario di assetto energetico sostenibile incentrato su tre punti chiave:

- autodeterminazione endogena delle scelte energetiche;
- efficienza e 'intensità' energetica dell'insediamento;
- deciso miglioramento dei *trade-off* fra generazione/consumo energetico ed ambiente, con particolare riferimento alle emissioni di gas serra sia a livello locale che globale.

Peraltro a questi tre punti è opportuno aggiungerne un altro che da questi deriva e che attiene alla significativa potenziale riduzione dei costi da affrontare per l'approvvigionamento/generazione di energia termica ed elettrica.

A giudicare da questo sintetico quadro le prospettive territoriali, almeno dal punto di vista energetico, appaiono significativamente interessanti e in parte confortanti. E in generale è senz'altro così. Tuttavia appare necessario segnalare alcuni elementi di criticità che, se non attentamente trattati, potrebbero generare un livello decisamente sub-ottimale di raggiungimento dell'insieme di benefici appena descritti.

La principale criticità che è opportuno evidenziare riguarda la modalità di approccio nella adozione delle scelte per l'approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili, a livello di bioregione o locale, viste dal punto di vista della loro maggiore o minore 'appropriatezza' territoriale. È del tutto evidente infatti che ciascun territorio presenta delle caratteristiche che, se valutate con attenzione, orientano ad individuare quelle che sono le fonti di approvvigionamento e le tecnologie più adeguate a realizzare un mix energetico appropriato per quel dato territorio. Ciò almeno da due punti di vista:

- pertinenza dal punto di vista delle caratteristiche geo-morfologiche e climatiche;
- coerenza con le caratteristiche 'patrimoniali' del contesto in termini di valori ambientali, storico culturali e paesaggistici e con le 'competenze' socio-economiche del territorio.

In caso contrario, si assisterebbe, come purtroppo in certi casi accade, al costruirsi di una organizzazione energetica territoriale ancora una volta etero diretta, derivata

da scelte e razionalità del tutto esogene al territorio stesso e, per le ragioni suddette, foriere di un debole livello di sostenibilità. Ricondurre le scelte energetiche, relative all'impiego di fonti rinnovabili, alla loro 'appropriatezza territoriale' costituisce il terzo punto di riferimento – insieme a quello di una forma urbana sostenibile ed efficiente sul piano energetico e delle politiche dei trasporti – per un corretto approccio della pianificazione fisica al problema energetico.

La ricerca del mix energetico da fonti rinnovabili coerente con le caratteristiche del territorio si orienta dunque ad individuare una adeguata integrazione fra eolico, solare (termico e fotovoltaico), biomasse e geotermia in ragione delle caratteristiche geomorfologiche, ambientali, insediative e paesaggistiche della bioregione o del sistema territoriale locale.

Ciò in altri termini significa evitare di reintrodurre, attraverso l'uso non efficace delle fonti rinnovabili stesse, meccanismi di dipendenza da fattori estranei all'interesse economico e sociale del territorio, spreco di risorse non rinnovabili, rilevanti impatti visivi e funzionali negativi.

Il modello di costruzione della offerta energetica territoriale sviluppato nell'ambito dei laboratori del Corso di laurea in Pianificazione di Empoli – e illustrato ampiamente in altra parte del lavoro – costituisce un utile riferimento in questa direzione ed esemplifica una metodologia operativa e trasparente di supporto alle scelte di pianificazione energetica e di pianificazione *tout court*.

Tale metodologia induce a verificare, in base alle potenzialità e limiti presenti nel territorio, quelle che sono le migliori soluzioni tecnologiche ed energetiche per la produzione energetica da fonti rinnovabili. In particolare il modello definisce l'offerta a partire da tali considerazioni e non da opportunità di convenienza economica che vengono introdotte nel sistema locale in rapporto a politiche, pressioni di lobbying, opportunità individuali, esterne o dannose al patrimonio territoriale. È su questa base che si può sviluppare una adeguata analisi dei *trade off* fra installazione di impianti e sfruttamento di fonti rinnovabili e convenienza economica di attori singoli, amministrazioni locali o società locali o sovralocali⁵.

Nello specifico alcuni dei punti che appare conveniente tenere presente nel processo di pianificazione e decisionale per la realizzazione di una nuova offerta energetica locale da fonti rinnovabili riguardano in particolare:

⁵ Esempio di questo genere di problematica e di approccio, che tende a considerare il territorio *res nullius*, è stata la questione sollevata in Italia, ed in molte regioni italiane, da un inusuale sodalizio fra associazioni economiche di produttori di tecnologie per la produzione energetica da fonti rinnovabili e alcuni soggetti riconducibili al mondo ambientalista. Tale polemica si è riferita agli ingenti danni economici e ambientali che, secondo questi attori, potrebbe comportare la riduzione degli incentivi governativi per le fonti rinnovabili avvenuta all'inizio del 2011. Il fortissimo richiamo proveniente da questi soggetti è stato quello relativo alla presunta perdita di posti di lavoro e di un nuovo sistema di piccole imprese ormai consolidato, insieme con il rallentamento dell'Italia nella 'corsa' per le rinnovabili. Tale lettura evidenzia però solo una parte del problema, essa in realtà – in coerenza purtroppo con gli obblighi espressi a livello comunitario verso gli stati membri chiamati a legiferare per una pressoché assoluta libertà nella collocazione di impianti per rinnovabili – tende a trascurare la presenza di una fortissima pressione derivante dal mondo delle tecnologie per le rinnovabili per una diffusione ed installazione di tali tecnologie a prescindere da una valutazione della convenienza locale e territoriale di tale diffusione e di una reale e durevole vantaggio economico per il territorio. Ciò in un contesto in cui gli enti locali – per la crisi di fiscalità in cui versano – e molti proprietari di fondi agro forestali sono sempre alla ricerca di nuove fonti di finanziamento.

- prevalente applicazione degli impianti fotovoltaici su aree già urbanizzate e in particolare sulle coperture o altre parti architettoniche degli edifici o in aree degradate (*brownfields*), riducendo al massimo la loro collocazione su aree agricole o permeabili, in considerazione della sostanziale non riproducibilità del suolo agricolo e della sua importante funzione di produttore di servizi eco sistemici e di *commodities* alimentari e valori paesaggistici per la popolazione;
- considerazione nella produzione di biomasse, e quindi di materiali *no food*, della importanza del suolo agricolo, come visto al punto precedente, per la produzione di alimentazione umana. Da ciò discende la necessità di orientare la coltivazione di specie per biomasse in aree non adeguate alla produzione di cibo e/o di integrare tali produzioni nel ciclo produttivo delle aziende agricole in forme aziendali caratterizzate da pluri produttività e complementarità fra diverse produzioni in maniera tale, per esempio, da utilizzare molti sotto-prodotti e scarti dell'azienda (siepi frangivento, letame, sfalci, potature, ecc.). In particolare, da questo secondo punto di vista, appare opportuno realizzare impianti per la produzione energetica da biomasse di taglia medio-piccola in grado di servire una o più aziende o piccoli insediamenti limitrofi anche in aree periurbane;
- adeguata collocazione e dimensionamento degli impianti per la produzione energetica da biomasse, soprattutto in aree montana e collinare, in ragione di una adeguata prossimità ed accessibilità alle fonti di approvvigionamento in maniera tale da conseguire un rifornimento sicuro dell'impianto, a costi di trasporto ragionevoli e conduttivo di bassi livelli di emissione di CO₂ prodotti dalla movimentazione meccanica;
- valutazione attenta dell'impatto derivante dalla installazione di aereo generatori per lo sfruttamento del vento in considerazione non solo delle caratteristiche di impatto e danno paesaggistico in senso generale e ambientale (rotte migratorie dell'avifauna, rumore, biodiversità, ecc.) ma anche dell'effetto di infrastrutturazione sul territorio che la realizzazione in area remota di tali impianti induce, nonché dell'impatto su certe aree caratterizzate da economie legate al turismo, in particolare agro ambientale (agriturismo, escursionismo, ecc.).

Dai punti appena evidenziati emerge dunque la necessità che il governo e gli attori locali assumano un atteggiamento *pro attivo* nella assunzione delle diverse opzioni di pianificazione energetica, a partire da quelle che sono le caratteristiche del territorio e dei suoi valori 'posizionali' e patrimoniali specifici. Ciò significa abbandonare un atteggiamento 'opportunistic' volto a cogliere occasioni contingenti e di breve respiro, solo apparentemente vantaggiose ma perdenti nel medio periodo, per valutare in termini olistici e integrati quello che è il miglior mix di soluzioni per la produzione energetica in grado di conseguire contemporaneamente la tutela e messa in valore del territorio, la sua tutela e rigenerazione ambientale e un adeguato livello di produzione energetica controllata e distribuita localmente. Gli elementi del controllo e della flessibilità locale appaiono dunque punti chiave che possono derivare dall'introduzione e sviluppo delle fonti rinnovabili e che consentono di rompere il paradigma gerarchico e rigido costruito intorno alla fonti di approvvigionamento fossile/fissile. Viste le opportunità offerte dalle nuove tecnologie per le fonti rinnovabili – e per il tipo di ulteriori energie pulite che da esse possono derivare come nel caso dell'idrogeno – sarebbe davvero singolare riprodurre con tali tecnologie lo stesso regime

energetico/organizzativo etero diretto e gerarchico strutturatosi nell'era del petrolio, del carbone e del nucleare. Quindi se da un lato è importante sviluppare al massimo la produzione di energia da fonti rinnovabili su base territoriale, d'altro lato appare altrettanto importante strutturare tale offerta secondo modalità coerenti e rispettose delle caratteristiche del sistema locale evitando che con l'obiettivo dello sviluppo delle fonti rinnovabili non si vadano ad intaccare patrimoni non riproducibili del territorio – come per esempio il suolo, aree di valore naturalistico o il paesaggio – o attività che costituiscono una importante risorsa per l'economia locale, anche in termini di prospettiva – p.e l'agricoltura o il turismo. Soprattutto anche in questo caso si tratta di fare in modo che la produzione energetica da fonti rinnovabili mantenga il suo carattere di strumento per il perseguimento dello sviluppo locale autosostenibile e per la riduzione della impronta ecologica della bioregione e non di nuovo settore industriale che viene a costituire un fine in sé, legato a logiche imprenditoriali con interessi definiti a prescindere dalla caratteristiche del territorio e che sul territorio prende più di ciò che deposita⁶.

3. Sostenibilità energetica e i modelli di produzione/consumo su base territoriale: il ruolo dell'agricoltura

La seconda questione, sul piano dei consumi energetici e degli aspetti funzionali, in parte già toccata nel paragrafo 2.1, riguarda l'importanza, di indurre e incentivare mix funzionali, economie e produzioni di prossimità capaci di ridurre al minimo le distanze percorse da energia, merci, persone. Questo aspetto è di estrema importanza dal punto di vista della integrazione delle fonti energetiche e dello sviluppo di sinergie energetiche fra le diverse attività, ma anche sul piano della riduzione degli spostamenti meccanizzati da parte degli utenti, aspetti che toccano direttamente la pianificazione urbana e territoriale. Ma la prossimità, come accennato, rileva, in termini energetici, anche dal punto di vista della contiguità fra attività economico/produttive ed insediamento. Paradigmatico da questo punto di vista è il ruolo svolto dall'agricoltura, sia per quanto riguarda la sua funzione primaria di produzione di derrate alimentari per mercati di prossimità (*short food supply chains*, o km 0) sia, come abbiamo in parte visto, relativamente alla possibilità di produzioni congiunte ed integrate a quelle alimentari finalizzate alla produzione di energia da biomasse (biogas, combustione di sfalci e potature, coltivazioni dedicate). La riorganizzazione di un'agricoltura come «servizio di prossimità», conveniente sul piano della energia impegnata nella sua logistica, trova peraltro piena corrispondenza nella necessità di un cambiamento organizzativo degli assetti produttivi aziendali verso un nuovo modello di agricoltura, economicamente, ambientalmente ed energeticamente sostenibile.

⁶ È noto, da questo punto di vista, come spesso le *royalties* che grandi gruppi industriali del settore delle rinnovabili pagano alle amministrazioni locali per l'installazione di impianti generatori di energia da fonti rinnovabili siano di ben scarsa entità rispetto a quelli che sono i ricavi delle aziende e gli impatti e impegni di medio-lungo periodo sul territorio. Per non parlare poi della quota parte della bolletta elettrica che gli utenti pagano come contributo per gli incentivi all'impiego di fonti rinnovabili e che vanno a finire nelle casse di *corporation* internazionali.

Da questo punto di vista non sono molti i contributi in letteratura che evidenziano il centrale ruolo ‘energetico’ dell’agricoltura e l’importanza di una sua riconversione ‘energetica’ endogena che le permetta nuova redditività e indipendenza da apporti esterni – fertilizzanti, biocidi, acquisto di semi, combustibili e meccanizzazione – di fatto distruttivi sia in termini di redditività economica che di sostenibilità energetica ed ambientale e non significativamente vantaggiosi in termini di rese produttive (Mercier 1980; van der Ploeg 2009).

Già a metà degli anni Settanta veniva osservato, da parte del citato pioneristico studio di Mercier e di altri studi originari per l’agricoltura americana, un drastico aumento del conto energetico dell’agricoltura rispetto alla metà degli anni Quaranta (+ 60%) dovuto agli *input* appena richiamati, aumento cui corrispondeva invece un rendimento decrescente in termini energetici e di rese dei raccolti (Pimentel 1973), per l’insieme della catena di trasformazione agro alimentare (Steinhardt, Steinhardt 1974) ma anche in termini di ricavi, evidenziando così uno spreco energetico considerevole in questo settore, considerato in quegli anni estremamente vitale. Lo stesso Mercier osserva come questo vada a generare di fatto un rapporto superiore all’unità fra rese e ricavi energetici per l’agricoltura (meno di una caloria prodotta per una consumata), fatto che – combinato con la stasi demografica francese a metà degli anni Settanta e con la relativa domanda alimentare – faceva sì che per portare una caloria nel piatto dei francesi fosse necessario investire quattro (Mercier 1980: 49). Si tratta evidentemente di un processo che, da allora e malgrado i ripetuti shock energetici verificatisi, non si è certamente arrestato, generando – non solo in Europa – una economia agricola fragile, dipendente dalle esigenze industriali dei produttori di mezzi meccanici, sementi e prodotti chimici, insostenibile economicamente e devastante sul piano ambientale e, a maggior ragione, energetico. La soluzione a questa deriva di declino prefigurata da Mercier e consolidatasi negli anni viene identificata di fatto nel recupero di modalità produttive biologiche, in grado di ridurre drasticamente gli apporti energetici esterni e recuperare la dimensione di circolarità fra fattori di produzione che caratterizzava l’agricoltura prima dell’avvento della meccanizzazione spinta guidata dalle grandi *corporation* della chimica e degli idrocarburi (Mercier 1980). Ciò anche rispetto ai flussi energetici con l’ambiente urbano (Leduc, Kann 2010).

Questo tipo di assetto evidenziava, già all’epoca dello studio di Mercier, un notevole vantaggio rispetto al modello dell’«industria verde», poiché a rese simili, corrispondevano ricavi maggiori dovuti ai minori costi sostenuti, in particolare con conti energetici che si riducono alla metà e con riduzione dei costi ambientali a carico, in genere, della collettività. Peraltro questo modello di assetto produttivo consente, essendo fondato ‘circolarmente’ sulla pluriproduttività aziendale e integrazione delle produzioni, di avviare un processo orientato ad uno scenario di autonomizzazione energetica dell’azienda ove l’impiego di fonti primarie rinnovabili secondo tecnologie ‘appropriate’ (eolico, biogas e biomassa, solare) rende le aziende stesse meno dipendenti dalle esigenze dei vari settori industriali. In questo caso il rischio da evitare, segnalato in altre parti del contributo, è che le aziende diventino ancora una volta sbocco per altre produzioni industriali e non ‘agenti’ economici attivi che selezionano le soluzioni tecnologiche più convenienti nel quadro di una organizzazione produttiva economicamente vitale dove anche le scelte energetiche si costruiscono in un quadro di obiettivi che ha ancora il suo fuoco e redditività principali nella produzione primaria

Al recupero di una dimensione di «autodeterminazione energetica» da parte dell'agricoltura – ricordiamo vera ed unica attività produttiva dal punto di vista energetico (Georgescu Roegen 1982; Georgescu Roegen, Bonaiuti 2003) – corrisponde una determinante funzione di questa verso la ricerca della «sovranità alimentare territoriale». Questa va intesa come un (nuovo) paradigma produttivo tale da valorizzare – attraverso il recupero di modalità di condizione agricola 'sostenibili', capaci di coniugare tradizione e innovazione su solide basi scientifiche e tecnologie appropriate (co-produzione e pluriproduttività, lotta integrata, agricoltura biologica e biodinamica, ecc.) – la biodiversità animale e vegetale di un territorio specifico, le competenze e i saperi produttivi locali attraverso nuove relazioni fiduciarie e cognitive fra produttori e consumatori su base bioregionale.

La ricaduta energetica derivante dal recupero di tale modello di produzione/consumo non risiede solo nel fatto che l'agricoltura impiega, grazie a questo, meno apporti energetici da fonti non rinnovabili e rare, ma, come segnalato all'inizio di questo paragrafo, anche nel fatto che si sviluppano reti di fornitura di prodotti agro-alimentari freschi o trasformati dal territorio rurale prossimo alla città verso il mercato urbano secondo le modalità di *short food supply chain*. Da tali modalità distributive risulta chiaramente una riduzione dei consumi energetici per la produzione, confezione e trasporto dei beni alimentari non solo, ovviamente, su base locale ma anche rispetto alla domanda energetica che un sistema locale induce a livello globale per approvvigionarsi di beni e servizi (Viljoen 2005). Naturalmente questo tipo di considerazioni relative ai modelli di produzione e consumo introduce il tema della equità e solidarietà trans locale nell'approccio alla pianificazione energetica e amplia significativamente, ma in maniera necessaria, il campo dei fattori da considerare nella pianificazione energetica stessa, orientando anche ad un più generale principio di azione locale in una prospettiva solidale e di sostenibilità globale, conseguente, peraltro, con l'approccio bioregionalista. I contributi di Ragazzoni e di Scudo e Clementi, in questo stesso volume, permettono senz'altro di approfondire alcuni importanti aspetti del rapporto fra attività primaria e obiettivi di sostenibilità energetica.

4. Sovranità energetica locale e «produzione energetica diffusa»: la prospettiva della *smart grid*

Nei paragrafi precedenti sono stati passati sinteticamente in rassegna i punti chiave che attengono ad una efficace organizzazione dell'insediamento al fine di ridurre al massimo la domanda di consumi energetici (per costruzione, conduzione degli alloggi, trasporti/mobilità, infrastrutture), per costruire – in maniera coerente e sostenibile rispetto alle risorse e caratteristiche territoriali – un adeguato mix di offerta energetica rinnovabile su base locale, tendenzialmente bioregionale ma anche per ricostruire un virtuoso rapporto città-campagna – anche sul piano energetico – centrato su nuove reti fra produzioni alimentari agricole locali e mercato urbano di prossimità.

Ma il modello appena accennato nei paragrafi precedenti implica un corollario determinante per la efficacia e sviluppo del modello stesso, corollario che attiene alla sostanziale riorganizzazione della forma relazionale di organizzazione e funzionamento del sistema di generazione/distribuzione/consumo dell'energia. Da questo punto

di vista appare centrale, nella prospettiva del modello di pianificazione energetica incentrato su un adeguato mix di fonti energetiche rinnovabili locali, considerare come da un sistema fortemente gerarchizzato e rigido come quello attuale, si prospetti la possibilità/necessità di passare ad un modello diffuso ed equipotenziale a rete, significativamente flessibile ed incentrato su sistemi di controllo 'intelligenti'.

Sul piano territoriale, ciò attiene in primo luogo alla possibilità concreta del minimo impatto fisico degli impianti per la generazione da fonti rinnovabili e al relativo perseguimento del massimo di flessibilità per rispondere in maniera efficace alla variazione della domanda sulla rete con la minima dispersione possibile ma soprattutto permettendo una diversa organizzazione dell'insediamento non più 'centro-periferica' ma policentrica (Magnaghi 2010), favorendo, fra l'altro il recupero di un più diretto rapporto fra dimensione urbana e rurale e una nuova autonomia energetica della stessa attività agricola (cfr. ancora Mercier cit.: 88). Un approccio per impianti di grandi dimensioni, da questo punto di vista appare sicuramente critico se collocato nel contesto di un sistema auto riproduttivo locale. Un approccio di questo genere infatti, metterebbe, come si suol dire, «vino nuovo in otri vecchi». Otterrebbe cioè il risultato di utilizzare un modello organizzativo di rete desueto, fortemente dispersivo, rispetto alla tendenziale diffusione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili, riducendo così i vantaggi ottenibili in termini di risparmio e flessibilità e non sviluppando appieno il paradigma della produzione diffusa. Questo in particolare perché, dal punto di vista gestionale, è ben noto che un sistema di grossi nodi di produzione energetica risulta molto meno flessibile nel soddisfare una domanda variabile nel tempo ed una offerta che è anch'essa meno stabile di quella derivante da fonti ordinarie. In relazione a ciò, la costruzione di una rete relativamente flessibile e capace di rispondere in maniera efficace alle esigenze dei diversi contesti urbani dovrebbe dunque essere costituita intorno ad un sistema di nodalità medio/piccole e gestita attraverso i più recenti sistemi *smart grid* (Fig. 2) che permettono un'efficace distribuzione *just in time* dell'energia prodotta e, molto spesso, anche una significativa prossimità fra la fonte di produzione e luogo di consumo⁷.

Questo anche con consistente riduzione delle perdite in rete (che attualmente si aggirano intorno al 7%), possibilità di utilizzare il calore di scarto nei processi di generazione termica e riduzione dell'impatto ambientale/paesaggistico dovuto alle reti di media/alta tensione. Ancora dal punto di vista territoriale è importante sottolineare come questa riconversione del modello generativo/distributivo richieda di introdurre nel contesto delle pratiche di pianificazione energetica locale, molto più del primo, anche per gli aspetti trattati nel paragrafo 2.2, una attenta analisi nella collocazione degli impianti di generazione di prossimità di maggiori dimensioni, insieme con una concezione diversa della rete distributiva medesima che da passiva diviene 'attiva'. Infatti anche questi elementi, al pari delle fonti energetiche, non sono più degli input 'dati' esito di scelte definite altrove (nazionali-sovrannazionali) – o quanto meno lo sono solo in minima parte – ma entrano molto di più nel campo di valutazione e decisione delle politiche e degli strumenti di governo locali.

⁷ Va osservato, peraltro, che vi è la concreta possibilità di realizzare, nel contesto della medesima *smart grid*, nodi di accumulazione della energia elettrica prodotta con impianti da fonti rinnovabili, superando così il noto problema dei limiti di stoccaggio della energia prodotta da tali fonti.

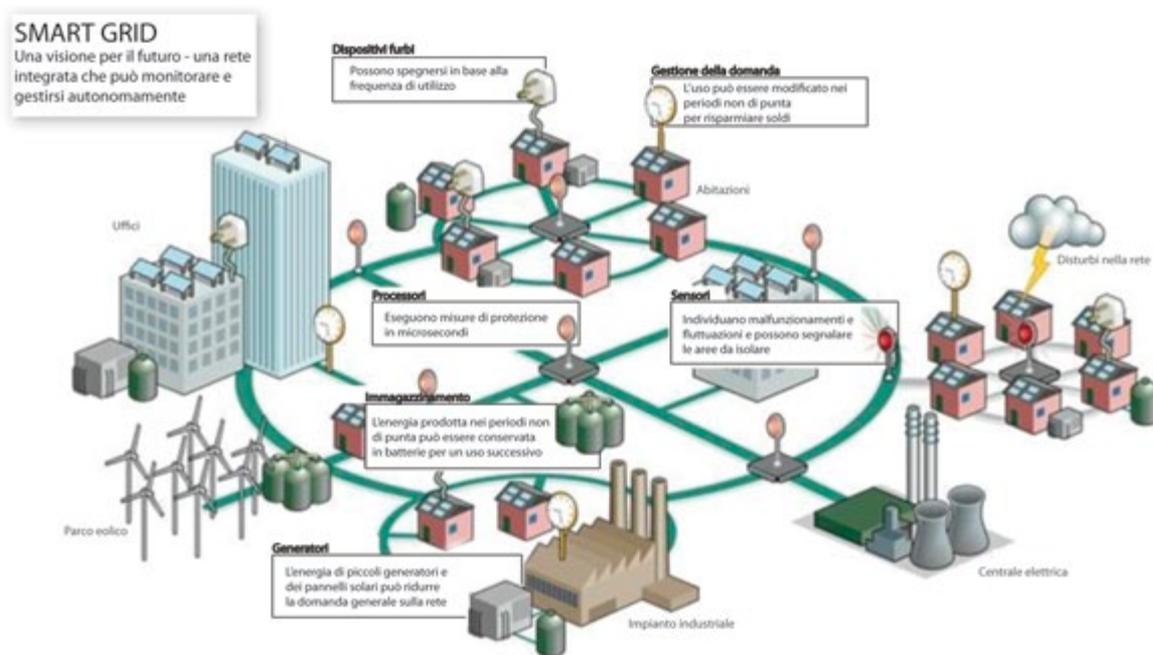


Figura 2. Esempio schematico di organizzazione di una *smart grid* energetica (fonte: nostra rielaborazione da <<http://www.consumerenergyreport.com/smart-grid/>>, 09/11).

5. Verso lo scenario dei «territori ad alta energia»: alcuni punti chiave

I temi introdotti nei paragrafi precedenti evidenziano come affrontare il tema della pianificazione energetica, legato in particolare alle fonti rinnovabili, implichi, ora più che in passato, l'opportunità di 'decostruire' un contesto socio-tecnico dato, derivato dalla rigida organizzazione di fornitura energetica centralizzata ereditata dal passato. Ciò significa, in altri termini, la necessità di evitare di replicare un approccio 'tecnocratico' – che presuppone alcuni vincoli dati esogenamente al sistema locale – a questo tipo di pianificazione e ripensare radicalmente l'organizzazione territoriale della generazione energetica secondo le forme distribuite e flessibili permesse dalle nuove tecnologie. Questo tipo di scenario che viene a configurarsi in riferimento alle politiche energetiche ha significative implicazioni almeno secondo due punti di vista:

- *pianificazione energetica da fonti rinnovabili come strumento di sviluppo locale:* la costruzione della pianificazione energetica si configura come un ambito che non è direttamente asservito ad una domanda di energia riferita ad obiettivi di sviluppo locale dati, ma è esso stesso, per la coerenza territoriale che implica e per le energie economiche che è in grado di 'liberare', un importantissimo strumento di sviluppo locale, in grado di integrare e sostenere più attività (ricerca/formazione, brevetto e produzione di tecnologie, didattica, agricoltura, turismo ambientale, ecc.) secondo un modello di «(bio)regionalizzazione energetica» e in una prospettiva di auto sostenibilità della bioregione stessa;

- *pianificazione energetica da fonti rinnovabili come forma di democrazia del governo locale*: collocata in questa prospettiva la pianificazione energetica rimanda alla necessità di essere inserita in un processo di costruzione comunitaria e condivisa delle opzioni energetiche locali (Easy Italia 2009; Rickwood 2009: 346-348), che, per quanto detto, eviti un riduttivo approccio ‘tecnocratico’ e di tipo *problem solving*. Pertanto, questa particolare dimensione delle politiche va direttamente ad interrogare principi di democrazia del governo locale, che si traducono in termini di definizione condivisa delle scelte di sviluppo e di accesso ed uso equo delle risorse territoriali per un nuovo «regime energetico locale» da definire, al pari di altre scelte strategiche per il territorio, attraverso un percorso deliberativo inclusivo e trasparente.

I due «meta criteri» che sono stati appena evidenziati derivano direttamente dagli elementi chiave discussi in questo contributo e che attengono alla domanda di ‘sensività’ e appropriatezza territoriale – ma si può dire al vero e proprio cambiamento di paradigma – che il tema della pianificazione energetica e, in particolare, dell’impiego di fonti rinnovabili, pone al dominio della pianificazione in generale, e in particolare della pianificazione e della progettazione fisica degli insediamenti. Questi punti, come evidenziato riguardano:

- *la costruzione di un mix di offerta energetica territorialmente coerente*, in grado di valorizzare le risorse e specificità territoriali evitando il paradosso di danneggiare – per produrre energia da fonti rinnovabili – beni e valori strategici del territorio (p.e. pannelli fotovoltaici su suolo agricolo) con elevato valori di esistenza e di opzione;
- *integrazione fra scelte di pianificazione fisica, di progettazione urbana e di politiche per la mobilità* al fine di conseguire la massima efficienza e riduzione di consumi sia per quanto attiene il riscaldamento/raffrescamento degli edifici che per il non trascurabile aspetto del contenimento dei consumi di carburante e dei costi di congestione. Ciò nella consapevolezza che tali fattori possono ottenere significativi effetti soprattutto in termini di risparmio energetico, ma anche – in parte – in termini di produzione di energia, solo se sono considerati nel loro insieme e nelle sinergie che si possono sviluppare fra di loro (p.e. *urban villages* con mix di funzioni e servizi di prossimità, modelli TOD – *transport oriented development* –, impiego dell’energia di scarto, ecc.);
- *sviluppo di catene di produzione/consumo, soprattutto per la produzione agro alimentare ma anche per le produzioni energetiche da biomasse, incentrate sul recupero di una agricoltura di prossimità e di carattere pluriproduttivo*, caratterizzata da basso impatto energetico attraverso il recupero, e rilettura in termini innovativi, di un profilo di assetti produttivi secondo forme di «produzione congiunta» tali da permettere una consistente dismissione di apporti energetici e materiali esterni al ciclo produttivo e di abbandonare l’attuale modello energivoro ed insostenibile sia dal punto di vista della redditività economica che del carico ambientale.

L’insieme di questi elementi di sintesi configura, come detto, la necessità di un approccio alla pianificazione energetica di carattere integrato ed intersettoriale da parte delle diverse politiche, approccio che trova un importantissimo dominio di confron-

to, verifica ed applicazione nell'ambito della pianificazione fisica del territorio. Ciò costituisce un fortissimo richiamo a evitare il rischio di considerare la pianificazione energetica come un'ulteriore politica di settore che si giustappone ad altre e che si applica su di un vuoto sociale e territoriale. Al contrario appare opportuno che essa venga considerata come una dimensione fondamentale delle politiche di sviluppo locale che non può essere demandata alla sola *expertise* tecnico/amministrativa e che richiede invece un ruolo attivo di *governance* da parte dell'attore pubblico in grado di coordinare e orientare gli interessi dei vari *stakeholders* verso obiettivi di effettiva sostenibilità e coerenza territoriale delle politiche ed azioni intraprese in questo ambito.

Riferimenti bibliografici

- Agudelo Vera C.M., Leduc W.R.W.A., Mels A.R., Rijnaarts H.H.M. 2009. *Urban Harvest Approach; a resource based tool for urban design*, SENSE symposium 2009, Wageningen, The Netherlands, 19-20 February.
- Alexander C. *et al.* 1977. *A pattern language. Towns, buildings, construction*, Oxford University Press, New York.
- Bauer G., Roux J.M. 1977. *La rururbanisation ou la ville éparpillée*, Seuil, Paris.
- Berg van den 1982. *Urban Europe: A Study of Growth and Decline*, Pergamon Press, Oxford.
- Camagni R. Boscacci F. (a cura di) 2004. *Tra città e campagna. Periurbanizzazione e politiche territoriali*, Il Mulino, Bologna.
- Charmes E. 2010. *La densité en débat*, «Études foncières», 145: 20-23.
- Desjardin X. 2010. *Que retenir de la courbe de Newman et Kenworthy?*, «Études foncières», 145: 127-129.
- Easy Italia 2009. *Manuale metodologico per lo sviluppo di Sistemi e Comunità Energeticamente Sostenibili nelle aree urbane decentralizzate del Mediterraneo*, <http://www.easyaction.eu/images/overall/overalleasymodel_it.pdf>, 09/11.
- Environmental European Agency 2006. *Urban Sprawl. The Ignored Challenge*, Bruxelles, EEA Report n. 10, <http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10/eea_report_10_2006.pdf>, 09/11.
- Georgescu-Roegen N. 1982. *Energia e miti economici*, Boringhieri, Torino.
- Georgescu-Roegen N. 2003. *Bioeconomia*, (a cura di E. Bonaiuti), Torino, Bollati Boringhieri.
- Gibelli M.C., Salzano E. (a cura di) 2006. *No sprawl*, Alinea, Firenze.
- Iacoponi L. 2004. *La complementarità fra città e campagna per lo sviluppo sostenibile: il concetto di bioregione*, «Rivista di Economia Agraria», LIX, 4: 443-475.
- Indovina F. (a cura di) 1990. *La città diffusa*, DAEST, Venezia.
- Jencks M. *et al.* (a cura di) 2000. *Achieving sustainable urban form*, E&FN Spon, London.
- Leduc W.R.W.A, Kann van F.M.G. 2010. *Urban harvesting as planning approach towards productive urban regions*, <http://www.exergieplanning.nl/publicaties/SCUPAD_2010.pdf>, 09/11.
- Meadows D., Meadows D., Randers J. 2006. *I nuovi limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano.

- Mercier J.R. 1980. *Energia e Agricoltura*, Muzzio, Padova.
- Magnaghi A., Fanfani D. 2010. *Patto città campagna. Un progetto di bioregione urbana per la Toscana centrale*, Alinea, Firenze.
- Magnaghi A. 2010. *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Torino, Bollati Boringhieri.
- Maïzia M. 2010. *Densité énergétique versus densité urbaine*, «Études foncières», 145: 37-41.
- Nelson N. 2009. *Planning the productive city*, <<http://www.nelsonnelson.com/DSA-Nelson-renewable-city-report.pdf>>, 09/11.
- Newman P., Kenworthy J. 1989. *Gasoline Consumption and Cities. A Comparison of US Cities with a Global Survey*, «Journal of the American Planning Association», 55: 24-37.
- Newton P., Tucker S., Ambrose M. 2000. *Housing form, energy use and greenhouse gas emission*, in Jencks M. et al. (a cura di), *Achieving sustainable urban form*, London, E&FN Spon: 74-83.
- Panerai P., Castex J., Depaule J.C. 2001. *Formes urbaine de l'ilot à la barre*, Marseille, Parenthèses, (nuova edizione).
- Paolillo P.L. 2004. *Contenimento degli sprechi e qualità morfologica territoriale, una correlazione inseparabile*, in Camagni R., Boscacci F. (a cura di), *Tra città e campagna. Periurbanizzazione e politiche territoriali*, Bologna, Il Mulino: 145-177.
- Pimentel D. et al. 1973. *Food production and the Energy crisis*, «Science», CLXXXII.
- Ploeg van den J.D. 2009. *Nuovi contadini. Le campagne e le risposte alla globalizzazione*, Donzelli, Roma.
- Rickwood P. et al. 2008. *Urban structure and energy*, in «Urban policies & research», 26, I: 57-81.
- Rickwood P. 2009. *The impact of physical planning policies on Household energy use and greenhouses emissions*, PhD Thesis, Faculty of Design, Architecture and Building, University of Technology, Sidney, <<http://www.isf.uts.edu.au/publications/rickwood2009thesis.pdf>>, 09/11.
- Rifikin J. 2002. *Economia all'idrogeno*, Mondadori, Milano.
- Steinhardt J.S, Steinhardt G.S. 1974. *Energy Use in the U.S. Food System*, «Science», CLXXXIV.
- Tillie N., Dobbelsteen van den. 2009. *Towards CO2 neutral urban planning-presenting the Rotterdam Energy approach and planning (REAP)*, paper presented to the 45th ISOCARP Congress, <http://www.isocarp.net/Data/case_studies/1488.pdf>, 09/11.
- Viljoen A. 2005. *CPULS. Continuous productive urban landscapes. Designing Urban Agriculture for Sustainable Cities*, Elsevier, Oxford (Mass).
- Wackernagel M., Rees W.E. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publisher, Gabriola Island, B.C. (Canada), <http://books.google.com/books?id=N__ujKDfXq8C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>, 09/11.
- Wright K., 2010, *The relationship between housing density and built-form energy use*, «Environment design guide», 65KW: 1-8, <http://www.sgsep.com.au/files/Housing_density_energy_built_form_use_KWright.pdf>, 09/11.

Parte prima

**Temi territoriali e urbani
per la sostenibilità energetica**

La produzione di energia rinnovabile in aziende agro-zootecniche. Il caso della filiera del biogas: opportunità e criticità imprenditoriali

Alessandra Castellini, Alessandro Ragazzoni

1. Premessa e obiettivi

Negli ultimi anni l'Unione europea ha agito con grande decisione al fine di rispettare gli obiettivi promossi attraverso il protocollo di Kyoto¹. Il recente «piano d'azione Ue per l'efficienza energetica (2007-2012)» ne è una prova tangibile: in questo documento si fissano alcuni obiettivi a lungo termine per i partner comunitari, tra cui quelli di ridurre entro il 2020 il consumo energetico del 20%, di raggiungere una quota pari al 20% di energia da FER (Fonti di Energia Rinnovabile) sul consumo totale e quello di arrivare ad un contenimento delle emissioni in atmosfera ancora del 20% (il cosiddetto principio «20-20-20» al 2020).

In tale scenario l'evoluzione del comparto delle energie rinnovabili offre la possibilità di un ampliamento delle prospettive per il mondo agricolo; lo stesso percorso di riforma che caratterizza la politica agricola comune, attraverso la liberalizzazione dei mercati ed il rafforzamento di interventi per lo sviluppo rurale sul territorio, ha stimolato la differenziazione delle risorse verso nuovi settori tra cui anche le attività di produzione energetica. Dal punto di vista normativo, la possibilità da parte dell'imprenditore agricolo di entrare nel mercato dell'energia, è sostenuta dalla recente modifica dell'art. 2135 del Codice Civile, che classifica come attività connesse all'agricoltura anche la produzione e la vendita di energia termica ed elettrica (articolo 1, comma 423, Legge 23 dicembre 2005, n. 266).

Contemporaneamente, negli ultimi anni, tra le filiere agro-energetiche attivate nell'ambito comunitario, si è particolarmente distinta quella che prevede di produrre energia elettrica e termica da biogas ottenuto mediante la digestione anaerobica² di matrici organiche di natura agro-zootecnica; la diffusione di tale tipologia di impianti è crescente in molti paesi europei anche se con intensità differente. In particolare, si consideri che in Germania, nel 2010, erano presenti circa 6.000 impianti (in esercizio

¹ Il protocollo di Kyoto è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale, sottoscritto nella città giapponese l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). Il trattato è entrato in vigore il 16 febbraio 2005.

² La digestione anaerobica è un processo biologico attraverso il quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas, una miscela costituita principalmente da metano e anidride carbonica. Il biogas è utilizzato per il funzionamento di motori per la produzione di energia elettrica e di calore.

ed in fase di realizzazione), con un apporto pari a circa il 6% al fabbisogno di energia elettrica del Paese, mentre, secondo i dati di un recente censimento, in Italia sono attualmente registrati 319 impianti di biogas che funzionano prevalentemente con matrici di origine agro-zootecnica ed agro-industriale e, di questi, 243 sono già operativi e 76 sono in fase di costruzione (fonte CRPA, 2010). Secondo alcune stime, alla fine del 2012, nel nostro paese si dovrebbero contare circa 600 impianti.

Le prospettive per il mondo agricolo si sono, dunque, notevolmente ampliate, poiché nel ciclo di produzione energetica possono entrare convenientemente in gioco anche biomasse vegetali appositamente coltivate, così come sottoprodotti agro-industriali e, soprattutto, reflui zootecnici.

L'idea del presente studio nasce appunto da questo contesto di riferimento. Esso si divide in due parti tra loro strettamente connesse e sequenziali: nella prima, si focalizzerà l'attenzione sugli aspetti normativi da seguire per realizzare un progetto che possa risultare economicamente valido e sostenibile anche da un punto di vista ambientale, mentre nella seconda parte sarà proposto un modello di calcolo per l'elaborazione di un conto economico annuale, ponendo a confronto una serie di variabili relative alla potenza installata ed alla matrice organica utilizzata (tra cui, colture dedicate, reflui zootecnici, sottoprodotti agro-alimentari) che possa chiarire gli aspetti su cui riflettere nella definizione della convenienza o meno di tali attività per un'azienda agricola. Ciò potrà consentire anche di avere maggiori indicazioni su quale ruolo l'imprenditore agro-zootecnico stesso potrebbe rivestire nella produzione di energia.

2. Il quadro legislativo di riferimento

Il quadro legislativo per l'attivazione di un impianto di digestione anaerobica si presenta articolato e non sempre di facile interpretazione, anche per le continue evoluzioni e aggiornamenti. Di seguito se ne tratteranno i principali elementi con riferimento alla normativa comunitaria e nazionale.

a) Imprenditore agricolo

L'art. 2135 del Codice Civile definisce «imprenditore agricolo» come colui che «esercita un'attività diretta alla coltivazione del fondo, alla silvicoltura, all'allevamento del bestiame e attività connesse» specificando che «si reputano connesse le attività dirette alla trasformazione o alienazione dei prodotti agricoli, quando rientrano nell'esercizio normale dell'agricoltura». Il citato articolo è stato sostituito dall'art. 1 del D.Lgs. 228/01 recante «orientamento e modernizzazione del settore agricolo [...]».

In particolare, viene ampliato il concetto di attività connesse, introducendo quelle dirette «alla manipolazione, conservazione, trasformazione, commercializzazione e valorizzazione», purché venga rispettato il principio di prevalenza. Per poter considerare connessa un'attività sono, quindi, necessari due requisiti fondamentali dati dalla soggettività o dall'oggettività del legame con l'attività principale.

Per quanto riguarda il requisito soggettivo, le attività devono essere svolte dall'imprenditore agricolo che esercita un'attività agricola principale; mentre per il requisito oggettivo, le attività devono venire esercitate mediante l'utilizzazione prevalente di attrezzature o di risorse dell'azienda. L'art.1, comma 369, della Finanziaria 2007

(Legge n. 296/06) afferma che «la produzione e la cessione di energia elettrica e calorica da fonti rinnovabili agroforestali e fotovoltaiche nonché di carburanti ottenuti da produzioni vegetali provenienti prevalentemente dal fondo e di prodotti chimici derivanti da prodotti agricoli provenienti prevalentemente dal fondo effettuate dagli imprenditori agricoli, costituiscono attività connesse ai sensi dell'articolo 2135, terzo comma, del Codice Civile e si considerano produttive di reddito agrario».

b) Procedura autorizzativa

La disciplina autorizzativa degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili è contenuta nell'art. 12 del D.Lgs. 387/03 dove gli impianti di produzione di biogas vengono definiti come «opere di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti». Le linee guida previste dal citato articolo sono state pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 18 settembre 2010 e, attualmente, dal D.Lgs. 3 marzo 2011 che in modo definitivo recepisce la Direttiva 2009/28/CE sulla promozione delle energie rinnovabili.

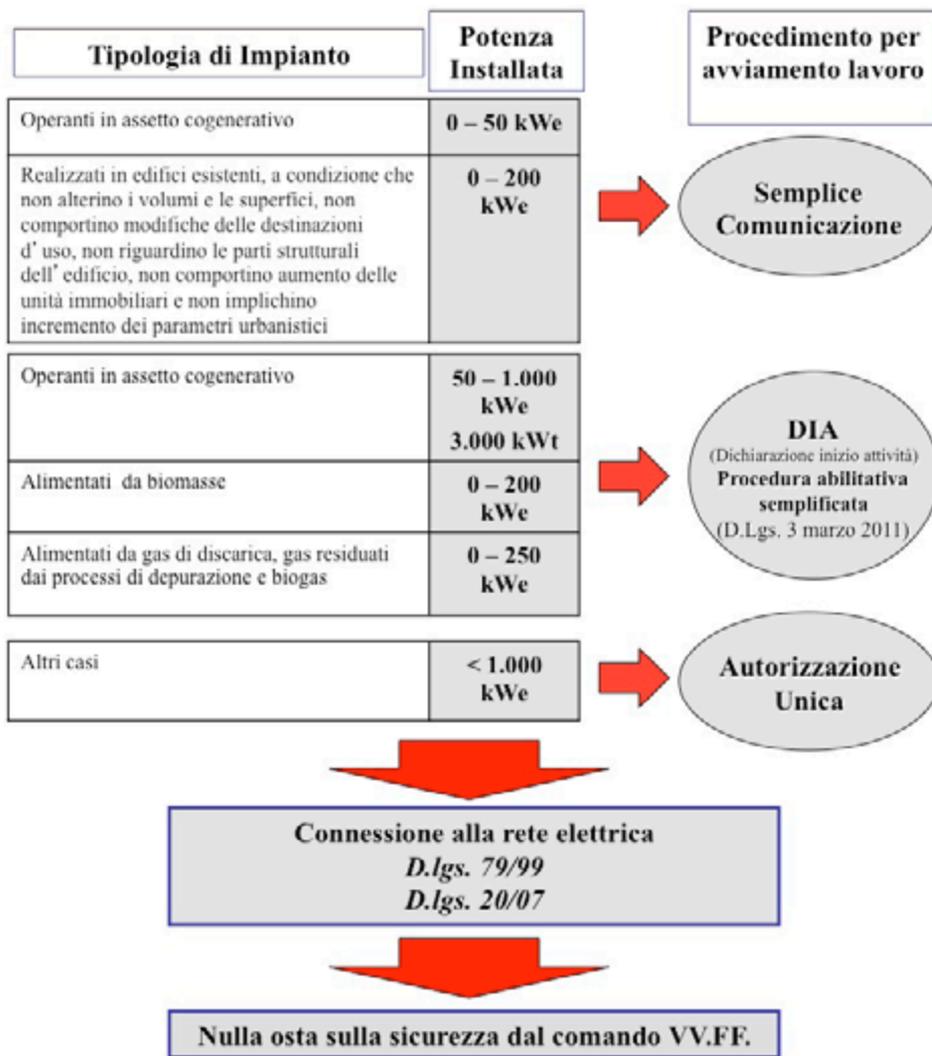
Pertanto, l'iter autorizzativo ora è più chiaro e dovrà essere seguito da tutte le regioni italiane. Il quadro di riferimento comprende tre categorie (Fig. 1):

1. impianti considerati a edilizia libera e soggetti alla semplice comunicazione

Si tratta di interventi che non hanno bisogno di uno specifico permesso, ma è necessaria una comunicazione all'Amministrazione Comunale, anche per via telematica, dell'inizio lavori da parte dell'interessato. Rientrano in questa categoria due diverse situazioni: gli impianti alimentati a biomasse o biogas operanti in assetto cogenerativo (che producono, cioè energia elettrica e termica), con una capacità di generazione massima di 50 kWe (microgenerazione) e gli impianti a biomasse e biogas con una capacità di generazione non superiore ai 200 kWe realizzati in edifici esistenti, a condizione che non alterino i volumi e le superfici, non comportino modifiche delle destinazioni d'uso, non riguardino le parti strutturali dell'edificio, non comportino aumento delle unità immobiliari e non implicino incremento dei parametri urbanistici.

2. Impianti realizzabili mediante dichiarazione di inizio attività (DIA), modificata dal D.Lgs. 3 marzo 2011 in procedura abilitativa semplificata

Sono soggetti alla dichiarazione di inizio attività, oggi definita *procedura abilitativa semplificata*, gli impianti alimentati a biomasse o biogas che operano in assetto cogenerativo con una capacità di generazione massima tra 50 e 1.000 kWe, gli impianti alimentati a biomasse con potenza non superiore a 200 kWe e gli impianti a biogas con potenza non superiore a 250 kWe. La procedura prevede la presentazione della DIA all'Ufficio Tecnico del Comune interessato, da compilarsi allegando la relazione tecnica ed il progetto di massima dell'impianto. Per impianti installati in edifici o siti protetti da vincoli urbanistici, storici o paesaggistici, sono necessari anche permessi a livello territoriale come, ad esempio, il nulla osta paesaggistico o dell'Ente Parco; in questo caso le autorità locali indicano con precisione i vincoli e i relativi limiti realizzativi. Resta ferma la facoltà del richiedente di optare per l'autorizzazione unica. Tuttavia, dopo il D.Lgs. del 3 marzo 2011 che ha introdotto la procedura abilitativa semplificata, è necessario attendere i documenti applicativi e le indicazioni da rispettare per la domanda di autorizzazione dell'impianto presso i Comuni di competenza.



Fonte: ns. elaborazione

Figura 1. Procedure autorizzative di un impianto a biogas in base alle Linee guida del 18 Settembre 2010 ed al D.Lgs. 3 marzo 2011.

3. Impianti soggetti ad autorizzazione unica

In tutti i casi diversi da quelli sopra esposti, vige il sistema della cosiddetta Autorizzazione Unica, procedimento semplificato previsto dall'art. 12 comma 4 del D.Lgs. 387/03. L'Autorizzazione Unica viene regolamentata a livello regionale o provinciale e passa attraverso la Conferenza di servizi, con l'obiettivo di accorciare i tempi e snellire l'iter autorizzativo per gli impianti a biogas superiori ai 250 kW, coordinando i vari interessi pubblici coinvolti in un'unica sede istituzionale. A titolo puramente indicativo, alla Conferenza dei servizi sono invitati il Comune nel cui ambito territoriale ricade il progetto, la Provincia, l'Azienda Sanitaria Locale, l'Agenzia dell'ambiente regionale, la Soprintendenza ai Beni Culturali, i Vigili del fuoco, il sog-

getto gestore della rete elettrica, il Consorzio di bonifica se previsto e altri rappresentanti delle pubbliche amministrazioni a vario titolo coinvolti dal progetto.

L'autorizzazione unica quindi «costituisce titolo a eseguire ed esercire l'impianto, le opere connesse e le infrastrutture indispensabili in conformità al progetto approvato». In generale l'autorizzazione unica rappresenta di per sé variante allo strumento urbanistico, salvo per gli impianti realizzati in zone classificate agricole dai piani urbanistici. A tal proposito, secondo l'art. 12 comma 7 del D.Lgs. 387/03, gli impianti alimentati esclusivamente da fonti rinnovabili possono essere ubicati anche in zone classificate «agricole» dai vigenti piani urbanistici e, pertanto, non è necessario adottare varianti di destinazione d'uso.

È molto importante ricordare che l'Autorizzazione Unica non sostituisce la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), nei casi in cui essa è richiesta (Parte II del D.Lgs. 152/06).

Tra i numerosi requisiti per una positiva valutazione nell'ambito della Conferenza di servizi, si possono segnalare alcuni elementi progettuali che potranno risultare strategici soprattutto in futuro, quando potrà esserci una effettiva graduatoria delle autorizzazioni, nel caso di concentrazioni di richieste in ambiti territoriali ristretti:

- la combustione ai fini energetici di biomasse di origine agricola-forestale deve essere valorizzata quando tali fonti rappresentino *una risorsa significativa nel contesto locale*;
- *la ricerca e la sperimentazione di soluzioni progettuali e componenti tecnologiche innovative*, volte a ottenere una maggiore sostenibilità degli impianti e delle opere connesse e del migliore inserimento degli impianti stessi nel contesto storico, naturale e paesaggistico;
- *il coinvolgimento dei cittadini* in un processo di comunicazione e informazione preliminare all'autorizzazione;
- *una progettazione legata alle specificità dell'area* in cui viene realizzato l'intervento. Assume rilevanza l'integrazione dell'impianto nel contesto delle tradizioni e del paesaggio rurale;
- l'effettiva *valorizzazione del recupero di energia termica* prodotta nei processi di cogenerazione in impianti alimentati da biomasse.

Il rilascio dell'autorizzazione non conclude effettivamente la procedura, poiché ad esso, ed alla realizzazione dell'impianto, segue la connessione alla rete elettrica. Per quanto concerne l'immissione dell'energia elettrica, la normativa principale è rappresentata dal D.Lgs. 79/99 e dal D.Lgs. 20/07. Il punto fondamentale dei riferimenti normativi è l'obbligo di connessione alla rete elettrica da parte del Gestore di rete e degli impianti alimentati da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER), anche nel caso in cui la rete non sia tecnicamente in grado di ricevere l'energia prodotta, con sanzioni al Gestore di rete da parte dell'Autorità (AEEG) in caso di ritardata connessione. L'iter autorizzativo può risultare dunque lungo e complesso.

Ultimo passo è la valutazione della regolarità dell'impianto da parte del Comando dei Vigili del Fuoco (VV.FF.); un eventuale parere negativo può, infatti, bloccare il rilascio dell'autorizzazione, senza che possa essere invocato il principio maggioritario e senza possibilità di rimettere la decisione all'Autorità politica.

c) Incentivi per la produzione di energia elettrica rinnovabile

Nel presente studio si vuole concentrare l'attenzione sulla *tariffa omnicomprensiva* (composta dall'incentivo e dal ricavo da vendita dell'energia), applicabile agli impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2007, di potenza nominale media annua non superiore a 1 MW di potenza elettrica (Fig. 2). Gli operatori per poter accedere all'incentivo, devono richiedere al GSE la qualifica IAFR (Impianto Alimentato da Fonti Rinnovabili).

La tariffa omnicomprensiva per la produzione di energia elettrica da biomasse e biogas, è stata fissata definitivamente a 0,28 euro/kWh per la durata di 15 anni per tutti gli impianti che entreranno in funzione entro il 31 dicembre 2012 (art. 25 del D. Lgs. 3 marzo 2011 n. 28). Per taglie superiori ad 1 MW il coefficiente moltiplica-



Fonte: ns. elaborazione

Figura 2. Incentivi per potenza di impianto: Certificati Verdi e Tariffa Omnicomprensiva.

tore è di 1,8 per i Certificati Verdi per impianti alimentati a biomasse e biogas prodotti da attività agricola, di allevamento e forestale da filiera corta o intese di filiera. Di conseguenza, il nuovo sistema di incentivazione previsto dall'art. 24 entrerà in vigore solo dal primo gennaio 2013 con modalità definite da specifici decreti emanabili entro 6 mesi dall'entrata in vigore del decreto legislativo. Sempre per quanto riguarda il biogas, va citata la disposizione estremamente importante prevista dal comma 12 dell'art. 25, con cui viene previsto che gli attuali sistemi di incentivazione della produzione di energia elettrica (tariffa onnicomprensiva e coefficiente moltiplicativo dei CV) sono estesi agli impianti a biogas di proprietà di aziende agricole o gestiti in connessione con aziende agricole, agroalimentari, di allevamento e forestali, entrati in esercizio commerciale prima dell'1/1/2008.

d) Fiscalità dell'attività di produzione energetica

Le attività di produzione e di cessione di energia elettrica derivanti da fonti agro-forestali sono connesse (D.Lgs. 228/01 e successive modifiche e integrazioni) e, pertanto, considerate produttive di reddito agrario (disciplinato dall'articolo 32 del Testo Unico delle Imposte sui Redditi – TUIR). Sotto il profilo fiscale la qualificazione delle attività connesse a quella agricola comporta una tassazione su base catastale alternativa a quella analitica, in conseguenza della verifica del principio di prevalenza dell'attività connessa. Il principio può essere soddisfatto in due modi:

- sulla base di requisiti quantitativi: i prodotti utilizzati nello svolgimento delle attività connesse e ottenuti dall'attività agricola svolta nel fondo risultano prevalenti rispetto a quelli acquistati presso terzi;
- sulla base del valore: il valore dei prodotti ottenuti dall'attività agricola è superiore al costo sostenuto per acquistare prodotti di terzi.

Se i prodotti non possono essere comparati in nessuno dei modi precedentemente indicati (come nel caso dei residui zootecnici), la prevalenza potrà essere riscontrata solamente effettuando una comparazione tra l'energia derivante da prodotti propri e quella derivante da prodotti acquistati da terzi.

Dalla definizione di attività connessa, derivano i successivi criteri per la determinazione delle imposte. I Certificati Verdi vengono considerati beni immateriali strumentali, al pari delle concessioni e delle licenze e sono, pertanto, soggetti a un trattamento fiscale ai fini dell'IVA e delle imposte dirette: alla cessione di Certificati Verdi è applicata l'aliquota IVA ordinaria del 20%.

Per quanto riguarda le imposte dirette, invece, possono sussistere diverse condizioni:

- se l'imprenditore agricolo è titolare di reddito agrario, i ricavi che derivano dalla cessione dei CV non concorrono a formare una componente positiva di reddito tassabile autonomamente, ma costituiscono elementi assorbiti dal reddito determinato su base catastale;
- se l'imprenditore agricolo produce energia oltre i limiti dell'attività connessa, i proventi derivanti dalla cessione dei CV, riferibili all'energia che si considera produttiva di reddito d'impresa, costituiscono plusvalenze ai sensi dell'art. 86 del TUIR.

L'IVA con aliquota ridotta del 10% può essere applicata alla cessione di energia elettrica prodotta da imprenditori agricoli mediante fonti agro-forestali solo quando la cessione di energia è effettuata: «per uso domestico; [...] per uso di imprese estrattive, agricole e manifatturiere [...]; [...] ai clienti grossisti di cui all'art. 2, comma 5, del D.Lgs. 16 marzo 1999, n. 16» (Parte III, punto 103 della tabella A allegata al D.P.R. n. 633/72). All'art. 36 del D.P.R. n. 633/72 si esplicita che l'imprenditore agricolo dovrà tenere, per l'attività di produzione energetica, una contabilità separata dall'attività agricola prevalente. I produttori agricoli, titolari di reddito agrario, sono soggetti all'imposta regionale sulle attività produttive IRAP (art. 3, comma 1, lettera d del D.Lgs. n. 446/97), anche per le attività di produzione e cessione di energia elettrica e di carburante:

- nella misura dell'1,9% di aliquota per il valore della produzione riferito all'attività svolta entro i limiti stabiliti nell'articolo 32 del TUIR;
- nella misura ordinaria del 3,9% di aliquota per il valore della produzione che eccede i limiti citati sopra.

e) Sottoprodotti di origine organica e agro-zootecnica

Alcune recenti norme hanno introdotto modifiche alla parte IV del D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico in materia ambientale). La legge 129/2010 introduce un importante ampliamento del concetto di sottoprodotto destinato allo scopo energetico, riguardante la provenienza dei materiali fecali e vegetali, il luogo di utilizzo e la possibilità di vendere a terzi questi sottoprodotti per produrre energia. Per effetto di quest'ultima modifica, l'art. 185, comma 2 del decreto legislativo 152/2006 nella sua nuova stesura, recita: «Possono essere sottoprodotti, nel rispetto delle condizioni della lettera p) comma 1 dell'art. 183: materiali fecali e vegetali provenienti da sfalci e potature di manutenzione del verde pubblico e privato, oppure da attività agricole, utilizzati nelle attività agricole, anche al di fuori del luogo di produzione, ovvero ceduti a terzi, o utilizzati in impianti aziendali o interaziendali per produrre energia o calore, o biogas».

Ai fini operativi questa modifica di legge si traduce nella possibilità di utilizzare ai fini energetici, oltre ai materiali fecali (come gli effluenti zootecnici) e vegetali prodotti e utilizzati nella stessa azienda agricola, gli sfalci e le potature di provenienza aziendale ma anche quelli provenienti da manutenzioni di verde pubblico e privato. Tali materiali mantengono la definizione di sottoprodotto anche se sono ceduti a terzi per il loro successivo utilizzo. Va sottolineato inoltre che il nuovo provvedimento di legge chiarisce che l'uso di questi sottoprodotti può avvenire anche *al di fuori del luogo in cui sono stati prodotti* (Fig. 3).

Sul tema della cessione a terzi dei materiali fecali e vegetali, questa modifica di legge dà la possibilità all'allevamento «A» di vendere gli effluenti zootecnici all'impianto a biogas «B». In questo caso i reflui zootecnici mantengono il requisito di sottoprodotto e per il loro trasporto è sufficiente utilizzare un semplice documento di trasporto: l'importante è che tra le due imprese venga stipulato un contratto di fornitura dei materiali, in modo che la loro destinazione sia certa fin dalla produzione. Anche il digestato prodotto con effluenti zootecnici di terzi manterrà integra la possibilità del suo utilizzo agronomico, perché ottenuto da sottoprodotti e non da rifiuti, fatte salve naturalmente le norme e gli obblighi derivanti dall'applicazione della direttiva Nitrati (DM 7 aprile 2006).

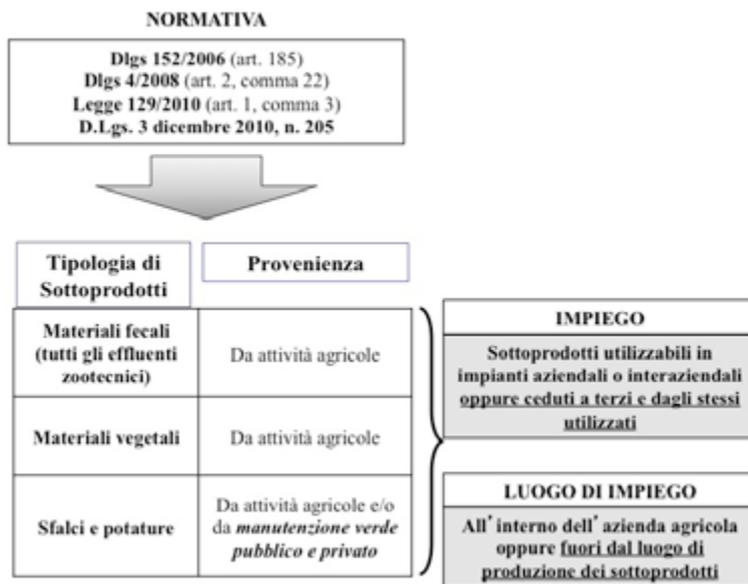


Figura 3. La normativa sull'impiego dei sottoprodotti.

Tuttavia, il D.Lgs. 205/2010, ha lasciato qualche perplessità perché nel *corpus* della norma rimane non chiara l'opportunità di ricevere «da terzi» la matrice organica come sottoprodotto, ma la stessa, viceversa, rimanga classificata come rifiuto; in realtà, in una seconda parte del testo, si conferma quanto indicato dalla legge 129/2010. È auspicabile che sulla base di questo ulteriore passaggio normativo non esaustivo, si chiarisca in modo definitivo un aspetto decisivo per l'economicità dell'intera filiera energetica.

3. Analisi della convenienza economica di un impianto per il biogas

L'obiettivo della valutazione economica è quello di costruire un modello di analisi in grado di stimare la profittabilità del processo di trasformazione della biomassa in energia. In particolare, l'attenzione sarà rivolta alla stima dei principali costi e ricavi che caratterizzano le singole fasi del processo, valutando da un punto di vista economico i prodotti che ne scaturiscono. Tale approccio permetterà di redigere un bilancio di impresa derivato dal tradizionale conto economico. Come si vedrà nella fase di compilazione, in un primo momento ciascun valore è stimato secondo il proprio parametro di riferimento (ad esempio, euro/ha, euro/m³, euro/t, euro/km, ecc.); in un secondo momento, ricercando l'appropriato coefficiente di trasformazione in unità/kW, si otterrà il valore finale secondo un'unica scala in euro/kW e in euro/kWh (Fig. 4). È importante ricordare che possono influire sul risultato finale anche elementi di collegamento tra le fasi della filiera quali la distanza di trasporto della biomassa e del digestato, il tragitto di collegamento alla rete elettrica, il regime fiscale da adottare (ordinario ovvero agrario), ecc.

Di seguito si passerà a trattare ciascuna fase del processo di trasformazione della biomassa in energia, descrivendo l'approccio di stima tenuto per le principali voci di bilancio.

3.1 Produzione della biomassa

La scelta della ‘dieta’ di alimentazione dell’impianto a digestione anaerobica è tra i momenti più delicati per valutare le opportunità per un agricoltore/allevatore di inserirsi in una filiera energetica, ovvero in sostituzione (parziale o completa) di acquistare e/o di coltivare specie dedicate (nello specifico mais e sorgo). In particolare, si devono considerare i costi di approvvigionamento della materia prima in relazione a tre importanti parametri: costo colturale, prezzo di mercato ed eventuale *premium price*. Inoltre, l’analisi economica della filiera si completa con la considerazione delle fasi di trasporto prima della biomassa e poi, nella fase B) dello studio, del digestato.

a) Costo colturale

Esso rappresenta la base per valutare l’incidenza dell’approvvigionamento della biomassa dedicata, nel caso questa sia coltivata in terreni di pertinenza all’impianto. L’analisi può essere condotta per tecniche alternative a intensità variabile in relazione alla necessità di distinti interventi meccanici, di fertilizzazione e di difesa fito-sanitaria:



Figura 4. Schema dell'impostazione del contro economico.

si ricorda, infatti, che può essere necessario scegliere una tecnica più o meno intensiva a seconda delle caratteristiche pedologiche del terreno, di eventi meteo-climatici ed altro.

Ai fini dello studio sono riportate di seguito alcune indicazioni di 'forbici' di valore dei costi colturali per mais e per sorgo; i dati sono riferiti ad aziende cerealicole della pianura emiliana. In particolare, si ha:

* mais: 1.400 - 2.000 euro/ha;

* sorgo: 1.000 - 1.500 euro/ha.

b) Prezzo di mercato

Nel caso dei due cereali utilizzati per la digestione – mais e sorgo insilati – è molto difficile definire un prezzo stabile di mercato, in considerazione di quanto accaduto, ad esempio, dal 2006 ad oggi con oscillazioni comprese tra 110/150 euro/t fino a 300/320 euro/t. Probabilmente è più opportuno stimare una percentuale da applicare al costo colturale per riconoscere l'attività di impresa del produttore agricolo. In formula può essere:

$$x = y + (y \times z_1) \quad (1)$$

dove:

y = costo colturale;

z_1 = coefficiente di rivalutazione del costo colturale, al fine di riconoscere l'attività di impresa.

Per quanto riguarda i reflui zootecnici, viceversa, la stima del valore può essere riferita a una quota del potere fertilizzante che gli stessi possiedono in base al contenuto di azoto e di fosforo. Nel caso di un eventuale conferimento da aziende esterne, infatti, si può valorizzare il liquame utilizzando come riferimento il prezzo dei fertilizzanti chimici di sintesi: ad esempio, in base al carico di azoto e di fosforo presente e al mercato dei fertilizzanti chimici, il valore di surrogazione del refluo si può stimare mediamente nell'ordine di circa 4,5 euro/m³ per il liquame suino e fino a 6,5 euro/m³ per il liquame di bovino da latte. Tuttavia, ai fini dello studio e dell'impostazione del modello si ritiene congruo ipotizzare un coefficiente di riduzione del valore (fino al 75%) in relazione al costo di gestione, di trasporto e di spandimento a carico dell'azienda zootecnica, qualora utilizzi i reflui sui propri terreni.

Per i restanti sottoprodotti di origine vegetale e animale, non è possibile definire un prezzo di mercato, essendo gli stessi strettamente collegati a realtà locali in cui si possono formare in modo episodico richieste di prodotto (ad esempio, presenza di imprese mangimistiche, imprese di compostaggio, imprese vivaistiche, ecc.). Tuttavia, in modo prudentiale, si è scelto di imputare alla gestione dell'impianto almeno i costi di trasporto per il conferimento e un possibile *premium price*.

c) Premium price

La gestione di un impianto di digestione anaerobica richiede, ai fini di un corretto funzionamento, la continuità di conferimento della biomassa per un periodo

medio-lungo come pure il rispetto della composizione della dieta. Per tale motivo l'imprenditore che non ha a disposizione la totalità della materia prima, si trova nella condizione di dover instaurare rapporti con imprese agro-zootecniche esterne che forniscano la quota parte di biomassa mancante. Al fine di costruire un rapporto solido si deve mirare a contratti pluriennali di fornitura, completi di clausole in merito alle scadenze di conferimento e all'omogeneità del materiale; affinché questo possa avvenire, è pensabile che si debba riconoscere alle imprese produttrici di biomassa un *premium price* sul prezzo di mercato.

La quantificazione di questo valore aggiunto è indubbiamente difficile e non generalizzabile per tutti i rapporti di collaborazione di fornitura della materia prima tra aziende ed impianti. La sua determinazione può essere legata al calcolo di una quota percentuale del valore della biomassa relativamente al potenziale di energia producibile in base alla tariffa omnicomprensiva, per cui la formula 1 si completa in:

$$x = y + (y \times z_1) + (w \times z_2) \quad (2)$$

dove:

y = costo colturale;

z_1 = coefficiente di rivalutazione del costo colturale, al fine di riconoscere l'attività di impresa;

w = ricavi dalla produzione di energia elettrica;

z_2 = coefficiente percentuale per la stima del *premium price* applicato alla produzione di energia elettrica.

d) Trasporto della biomassa

Il conferimento della biomassa all'impianto di digestione richiede una valutazione approfondita, e impostata su criteri prudenziali, al fine di rilevare l'incidenza dei trasporti sul bilancio economico complessivo.

Si ricorda che questa voce di costo può creare difficoltà a causa degli ingenti volumi di materia prima necessari per alimentare l'impianto, all'approvvigionamento pressoché quotidiano ed ai tragitti da coprire. Inoltre, il progressivo aumentare della distanza tra fornitore ed impianto può determinare costi straordinari ed aggiuntivi di trasporto della biomassa che incidono sulla convenienza economica. Il costo totale di approvvigionamento della biomassa diventa:

$$x = y + (y \times z_1) + (w \times z_2) + t \quad (3)$$

dove:

y = costo colturale;

z_1 = coefficiente di rivalutazione del costo colturale, basato sui prezzi di mercato del prodotto a destinazione alimentare;

w = ricavi dalla produzione di energia elettrica;

z_2 = coefficiente percentuale per la stima del *premium price* applicato alla produzione di energia elettrica;

t = costo di trasporto per la biomassa necessaria per l'alimentazione di un kW di potenza.

È importante osservare che il costo per la movimentazione può essere altamente variabile in relazione alla tipologia di biomassa ed al relativo potere energetico posseduto; ad esempio, è ben diverso l'importo per il mais, che ha un potere energetico di circa 300-330 kWh/t rispetto al refluo zootecnico, che al massimo raggiunge 30-40 kWh/t e, quindi, dieci volte inferiore.

Ai fini della stima, un costo compreso tra 3 e 5 euro/t può essere ritenuto congruo nel caso di distanze inferiori a 20/40 chilometri: tale valore deriva dalla sommatoria di una quota fissa di costo per l'impresa esterna (ad esempio, 60 euro/vettore) ed una quota variabile all'aumentare della distanza da coprire (ad esempio, 1 euro/km). Se, ad esempio, la matrice organica fosse reperita entro un raggio di 15 km, il costo per unità di prodotto sarebbe pari a:

| | | | |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Tariffa unitaria (euro) | Tariffa variabile (euro/km) | Costo totale (euro) | Costo unitario (*) (euro/t) |
| 60,00 | + (1,00 × 15) | = 75,00 | = (75,00/20) = 3,75 |

(*) Si è ipotizzato un carico per vettore di 20 tonnellate.

È necessario stimare i costi e i ricavi in euro/kW ed euro/kWh per permettere una rapida comprensione dell'incidenza sul valore, ad esempio, della tariffa omni-comprendiva. Si è determinato, quindi, un indice di conversione dei quantitativi di biomassa necessari per l'alimentazione di un teorico impianto di 1 kW di potenza. In formula, il procedimento di calcolo del fabbisogno unitario di matrice organica, per un obiettivo di funzionamento annuale di circa 7.800 ore:

| Quantità s.s.o. (*) (kg/ton) | Resa biogas (**) (m ³ /kg s.s.o.) | Volume biogas (m ³) | Energia elettrica (***) (kWh/t) | Fabbisogno di matrice organica (per funzionamento di 7.800 ore/anno) (t/anno × kw installato) |
|---|---|------------------------------------|--|---|
| X Quota di sostanza secca organica sul peso totale | Y Rendimento in relazione alla quota di s.s.o. | X × Y | (X × Y) × 1,8 Coefficiente moltiplicativo | Tempo di funzionamento impianto (h/anno) / Rendimento energetico biomassa (kWh/t) = (t/anno × kw installato) |

(*) La quantità di sostanza secca organica (s.s.o.) è una quota (in genere superiore all'80%) della sostanza secca totale. È importante ricordare che il rendimento energetico è proporzionale alla quota percentuale di s. s. sul totale.

(**) Il biogas ottenibile dalla s.s.o. è pari ad una percentuale che oscilla tra il 40% e l'80%;

(***) Il rendimento in energia elettrica da biogas è compreso tra un coefficiente tra 1,8 e 2,2.

Si propone un'applicazione dello schema di conversione relativa al fabbisogno annuo di insilato di mais e di liquame zootecnico di origine bovina per 1 kW di potenza installata. In formula, per ogni tonnellata di tal quale si ottiene:

- la quantità di matrice organica necessaria per il funzionamento dell'impianto per almeno 7.800 ore/anno, pari alla energia elettrica erogata da 1 kW di potenza; come si può notare, i volumi sono molto differenti: ad esempio, tra reflui e insilati di mais il fabbisogno di materia prima è quasi dieci volte superiore;
- il numero di viaggi necessari per approvvigionare l'impianto in base al tipo di matrice organica a disposizione, parametro molto importante per analizzare quale sia l'incidenza dei costi di trasporto sulla gestione dell'impianto;
- i volumi di digestato finale e i relativi costi di reperimento dei terreni e di spandimento/smaltimento del materiale.

È interessante ai fini della gestione complessiva dell'impianto, la stima della spesa iniziale per l'approvvigionamento della materia prima; infatti, le differenze tra colture dedicate, reflui zootecnici e sottoprodotti possono essere anche molto significative, come pure il costo della stessa materia prima nel caso in cui l'imprenditore abbia la necessità di acquistarla da terzi, ovvero produrla in azienda. A tale proposito nella tabella 1 2 si riporta uno schema di calcolo impostato secondo la seguente formula basata sul costo di produzione della materia prima (spesa colturale per gli insilati e valore di surrogazione per i reflui zootecnici) ed i relativi incrementi di valore in relazione alla figura dell'imprenditore che gestisce l'impianto:

$$x = y/p \quad (4)$$

dove:

y = costo di produzione biomassa (euro/ton);

p = rendimento energetico (kWh/ton).

Si nota che la forbice di valori delle diverse materie prime è molto ampia, passando da un costo pressoché nullo nel caso di un sottoprodotto aziendale, fino a quasi 13 eurocent/kWh, se l'imprenditore è costretto ad acquistare all'esterno dell'azienda l'insilato di sorgo, con problemi aggiuntivi collegati anche ai costi di trasporto (colonna H). Proprio questa voce di bilancio può essere un elemento discriminante nella gestione annuale, come pure nella scelta iniziale della potenza da installare (vedi schema sottostante).

Tabella 1. Calcolo del fabbisogno annuo di biomasse agro-zootecniche per ogni kW di potenza installata.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------|---------------------------------|---|---|--|-------------------------------------|--|
| Fonti agricole e zootecniche | Sostanza secca organica. (kg/t) | Rendimento biogas (m ³ /kg s.s.o.) | Quantità biogas (1) × (2) (m ³) | Quantità CH ₄ (3) × 60% (m ³) | Energia elettrica (3) × 1,8 (kWh/t) | Fabbisogno unitario 7.800/(5) (t/anno × kw installato) |
| - Mais | 304,00 | 0,60 | 182,40 | 109,44 | 328,32 | 23,76 |
| - Refluo bovino | 63,75 | 0,40 | 25,50 | 15,30 | 45,90 | 170,00 |
| - Refluo suino | 45,00 | 0,45 | 20,25 | 12,15 | 36,45 | 214,00 |

Dall'applicazione dei citati coefficienti di conversione si possono determinare:

Tabella 2. Stima dei costi della materia prima in relazione alla matrice organica.

| Materia prima | A | B | C | D | E | G | H | I |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------|--|---|--|--|-------------------------------|
| | Costo di produzione (euro/ton) | Resa energia (kWh/ton) | Costo di base (euro/kWh) | Profitto di impresa (euro/kWh) (C * qu. %) | Premium price (euro/kWh) (0,28 * qu. %) | Materia prima aziendale (euro/kWh) (C + D + E) | Materia prima esterna (euro/kWh) (C + D + E) | Differenza (euro/kWh) (H - G) |
| Insilato di mais | 28,18 | 310 | 0,091 | 0,014 | 0,014 | 0,091 | 0,119 | 0,028 |
| Insilato di sorgo | 30,00 | 300 | 0,100 | 0,015 | 0,014 | 0,100 | 0,129 | 0,029 |
| Liquame suino (4% st) | 1,05 | 30 | 0,035 | 0,005 | 0,014 | 0,035 | 0,054 | 0,019 |
| Liquame bovino (7% st) | 1,35 | 45 | 0,030 | 0,005 | 0,014 | 0,030 | 0,049 | 0,019 |
| Letame bovino | 2,10 | 120 | 0,018 | 0,003 | 0,014 | 0,018 | 0,034 | 0,017 |
| Scarti ortofrutticoli | | 85 | | | 0,014 | - | 0,014 | 0,014 |
| Polpa di patate | | 120 | | | 0,014 | - | 0,014 | 0,014 |
| Scarti di macellazione | | 185 | | | 0,014 | - | 0,014 | 0,014 |
| Paglia | | 400 | | | 0,014 | - | 0,014 | 0,014 |
| Insilato di erba | 30,00 | 305 | 0,098 | 0,015 | 0,014 | 0,098 | 0,127 | 0,029 |
| Fanghi biologici | | 75 | | | 0,014 | - | 0,014 | 0,014 |
| Frazione Organica RSU | | 144 | | | 0,014 | - | 0,014 | 0,014 |

Tabella 3. Costi unitari dell'energia elettrica.

| Materia prima | Fabbisogno (1) (t/anno × kw installato) | Costo unitario di trasporto (2) € /ton | Costo totale annuo per KW installato (€/anno × kw installato) | Costo unitario per energia elettrica (3) euro/kWh |
|---------------------|---|--|---|---|
| Insilati di cereali | 24,0-26,0 | 3,0 → 5,0 | 72,0 → 130,0 | 0,009 → 0,016 |
| Reflui zootecnici | 150,0-200,0 | 3,0 → 5,0 | 450,0 → 1.000,0 | 0,057 → 0,128 |

(1) Valori medi in relazione ai rendimenti descritti in precedenza per le singole matrici: devono essere considerati indicativi e la materia prima a disposizione dell'impianto deve essere analizzata preliminarmente al processo di digestione per valutare i reali rendimenti in biogas;

(2) La forbice dei valori di costo considera una distanza tra 10 e 20 km.

(3) Il valore unitario dell'energia elettrica è calcolato come rapporto tra il costo annuo per kW di potenza installata e l'energia generata annua (7.800 kWh/anno).

È evidente dai dati riportati che il trasporto della materia prima è accettabile solo per la quota di insilati che arriva ad incidere per massimo 1,6 eurocent/kWh, se la distanza non supera i 50 km; viceversa, nel caso dei reflui, è impensabile reperire ‘fuori’ azienda la materia prima per gli ingenti volumi richiesti e, di conseguenza, per gli elevati costi di movimentazione.

3.2 Impianto di digestione e di produzione energetica

I costi di realizzazione di un impianto completo dipendono dalle caratteristiche del processo di digestione (sia esso di tipo semplificato, completamente miscelato, coibentato e riscaldato, ecc.), dalle dimensioni e dai materiali avviati a digestione (liquami zootecnici, colture dedicate, miscele di prodotto, scarti agroindustriali, ecc.). Secondo i dati raccolti in bibliografia e attraverso indagini dirette per le tipologie di impianto più complesse e moderne, il costo di investimento può oscillare tra 3.500 e 9.000 euro per kW elettrico in co-generazione, in relazione soprattutto a due variabili: dieta e potenza (in particolare, si intende una potenza decrescente da 999 a 100 kW). Si evidenzia, infatti, una progressiva riduzione dei costi unitari di impianto all’aumentare della potenza installata, anche se il tipo di dieta incide notevolmente sulla progettazione e sulla conseguente spesa iniziale; ad esempio, l’aumentare della concentrazione dei solidi totali e della relativa sostanza organica richiede una maggiore complessità delle strutture richieste per la gestione della matrice all’interno del digestore (in particolare, trasporto della biomassa, carico, miscelazione, scarico).

A questo punto si sono definiti i contorni dell’ambito di valutazione: il costo di gestione annuale dell’impianto andrà ad affiancare quelli relativi alle altre fasi del processo (approvvigionamento della biomassa, trasporto della stessa ed, infine, gestione e trasporto del digestato). La stima prende avvio dall’individuazione della spesa iniziale, per la quale si ipotizza il ricorso totale al credito esterno dell’opera per 15 anni al tasso concordato sul mercato finanziario; quindi, si sono definiti i principali capitoli di spesa e per ciascuno di essi si è stimato un importo parametrizzato al kWh di energia elettrica prodotta. Si sono considerati:

Costi finanziari: si riferiscono alla quota annuale del mutuo per il finanziamento esterno: l’importo è in relazione al capitale richiesto, alla durata temporale ed al saggio di interesse. Si ipotizzino i seguenti parametri:

- un importo finanziabile di 4.000 euro/kW;
- un saggio del 4,0%;
- un periodo di 15 anni.

la rata annuale risulta pari a:

$$X = 4.000 \times (rq^n) / (q^n - 1)$$

dove:

r = saggio di interesse

q = 1 + r

n = anni di durata del mutuo

e inserendo i parametri ipotizzati:

$$X = 4.000 \times (0,04 \times (1 + 0,04)^{15} / (1 + 0,04)^{15} - 1)$$

Se l'impianto funzionasse per 7.800 ore/anno, il costo annuale risulterebbe per energia elettrica prodotta pari a:

$$359,76/7.800 = 0,046 \text{ euro/kWh}$$

Costi di esercizio ordinari: gli importi sono riferiti alla manutenzione ed alla gestione ordinaria dell'impianto e del cogeneratore, comprensivi di analisi chimiche della matrice e del digestato, come pure delle spese generali; complessivamente il costo oscilla tra 3 e 6 eurocent/kWh.

Costi straordinari: al fine di mantenere un approccio prudentiale si è considerato un coefficiente di rischio per l'impianto di digestione (pari al 2% del valore) e per il cogeneratore (pari al 1,5% del valore).

Nella tabella 4 si propone un esempio applicativo riferito ad un impianto dal costo totale di 4.000 euro/kW, finanziato esternamente per il 90% del capitale. Come si può notare, la sommatoria dei tre capitoli di spesa comporta una spesa intorno a 10 eurocent/kWh di energia elettrica prodotta.

3.3 Digestato

La fermentazione e la stabilizzazione anaerobica dei reflui zootecnici, delle colture agricole e dei sottoprodotti comporta alla fine del processo l'ottenimento di un digestato, che deve trovare una collocazione appropriata: spandimento nei terreni agricoli, ovvero smaltimento in discarica. Le due soluzioni sono in netta antitesi tra loro e possono incidere in modo determinante sul bilancio economico dell'impianto: dalla stima di un oneroso costo di gestione nel caso della discarica si passa, viceversa, ad un potenziale ricavo, nel caso di vendita del sottoprodotto ad aziende agricole esterne.

Si ricorda che il digestato finale presenta sempre un carico azotato e, quindi, il suo utilizzo agronomico rientra nell'ambito della Direttiva Nitrati europea (D.M. 7 aprile 2006) e, pertanto, è necessario un controllo del materiale in uscita dal digestore al fine di rispettare le norme per l'impiego sui terreni agricoli.

Ai fini della stima del volume di sottoprodotto in uscita dall'impianto, non è pensabile proporre un coefficiente univoco di riduzione della matrice organica dopo la fase di digestione anaerobica; infatti, le quantità di digestato finale saranno da calcolare in relazione alla specificità della materia prima.

Tuttavia, è lecito considerare che in un processo cosiddetto "umido", la fermentazione sia eseguita in presenza di una matrice con circa il 10/12% di solidi totali e, pertanto, l'aggiunta di acqua si rende necessaria nelle colture dedicate e nei sottoprodotti più ricchi di sostanza secca organica (si ricorda che l'insilato di mais ha una percentuale di sostanza secca pari a circa il 32%). A titolo esemplificativo ed in modo

Tabella 4. Stima dei costi di gestione di un impianto di digestione anaerobica.

| 1) COSTO FINANZIARIO | Parametri | Valore |
|------------------------------------|---------------|----------|
| - Capitale totale | euro | 4.000,00 |
| - Capitale proprio | euro | 1.000,00 |
| - Capitale esterno | euro | 3.000,00 |
| - Saggio | % | 4,00% |
| - Durata | anni | 15 |
| - Coefficiente | numero indice | 0,09 |
| RATA CAPITALE ESTERNO (Ce) | | |
| - Rata | euro/kW | 269,82 |
| | euro/kWh | 0,035 |
| AMMORTAMENTO CAPITALE PROPRIO (Cp) | | |
| - Durata investimento | anni | 15 |
| - Quota per potenza | euro/kW | 66,67 |
| - Quota per energia elettrica | euro/kWh | 0,009 |
| TOTALE | | 0,043 |
| 2) COSTO ORDINARIO | Parametri | Valore |
| - Gestione impianto | euro/kWh | 0,01 |
| - Manutenzione impianto | euro/kWh | 0,008 |
| - Full service cogeneratore | euro/kWh | 0,03 |
| - Analisi chimico-fisiche | euro/kWh | 0,003 |
| TOTALE | | 0,05 |
| 3) COSTO STRAORDINARIO | Parametri | Valore |
| - Impianto di digestione | euro/kWh | 0,004 |
| - Impianto cogenerazione | euro/kWh | 0,002 |
| TOTALE | | 0,006 |

prudenziale, si può ritenere che l'impianto produca mediamente in un anno circa 90/110 t/kW di digestato: il quantitativo presunto è stimato in base al seguente approccio per la definizione della biomassa necessaria per il processo fermentativo, nel caso di una sostanza secca pari a circa il 10%, in formula:

1) Produzione biogas (m³/ton): 87,67 (kg sostanza secca organica) × 0,50 (biogas espresso in m³/kg S.S.O.) = 43,83

2) Produzione energia elettrica (kWh/ton matrice): 43,83 × 1,80 (rendimento medio kWh/m³) = 78,90

3) Fabbisogno matrice organica (ton/kW): 7.800 (erogazione energia kWh/anno)/78,90 = 98,86

Nel caso di un fabbisogno intorno a 100 t/kW, si può ritenere che, durante la digestione anaerobica, vi sia una riduzione dovuta alla trasformazione di parte della sostanza secca organica in biogas.

4. Applicazione del modello di analisi

L'analisi propone il confronto di ciascun capitolo di spesa relativo al conto economico di un impianto, verificando le dinamiche in relazione alla potenza crescente e alla 'dieta' impiegata. Di seguito si propone un esercizio teorico relativo al conto economico di impianti con potenza installata da 100 kWe fino a 900 kWe e con la progressiva sostituzione dei reflui zootecnici con insilati di colture dedicate. L'obiettivo è rilevare come si modificano i costi per l'impresa sia in valore assoluto (espressi in euro/kWh), sia in termini percentuali.

Ai fini della valutazione si sono assunte alcune ipotesi:

- il costo della biomassa proveniente da colture dedicate è crescente aumentando la potenza installata, incrementando la quota del 10% in ogni passaggio; il costo massimo è riferito ad un impianto di 900 kW, per una spesa di 11 eurocent/kWh alimentato solo a insilato di mais;
- il trasporto della biomassa è riferito al caso delle colture dedicate, presumendo un fabbisogno di circa 25 ton/kW ed una distanza massima di 50 km e la spesa aumenta in relazione alla quota di insilati presenti nella dieta;
- il costo di trasporto del digestato è relativo alla sola parte incrementale di dieta dovuta alla presenza di insilati. Si assume che la gestione del digestato relativa ai reflui zootecnici possa essere equiparabile alla spesa che l'azienda sostiene nel caso di assenza dell'impianto di digestione per adeguarsi alla Direttiva nitrati (DM 7 aprile 2006);
- i reflui zootecnici sono stati valorizzati come quota del potenziale fertilizzante posseduto e il valore decresce in base alla sostituzione degli stessi con gli insilati di colture dedicate;
- il costo di esercizio dell'impianto è composto da: spese ordinarie, rata del mutuo annuale e imprevisti straordinari. Il valore³ massimo è relativo ad un impianto di 100 kW, per il quale si stima una spesa unitaria di circa 9.000 euro/kW ed un finanziamento esterno del 90%. L'impianto di 900 kW, viceversa, ha un costo di 3.500 euro/kW;
- il modello pone a confronto le tre principali macro categorie di costo di esercizio: biomassa, impianto e trasporto. L'obiettivo è appunto verificare come si modificano al crescere della potenza installata. Si sono ipotizzate alternative che comprendano da un esclusivo impiego di reflui zootecnici fino alla sola digestione di insilati di cereali.

Nelle figure 5 e 6 si riportano i valori di sintesi elaborati secondo gli approcci di metodo descritti nella parte teorica del lavoro. In particolare, si propongono le dinamiche dei costi in valore assoluto (euro/kWh) e la relativa composizione percentuale.

Valori assoluti: si nota un progressivo aumento del costo unitario di esercizio

³ Si ricorda, tuttavia, che i valori sono da considerarsi puramente indicativi, proprio per la natura completamente diversa che possiede ciascun impianto, soprattutto in relazione alle opere complementari necessarie non comuni tra loro (ad esempio, vasche di miscelazione, pompe di carico, platee di stoccaggio insilati ed altri sottoprodotti, separatori del digestato, ecc.).

dell'impianto nel caso di crescita della potenza installata. Le motivazioni sono dupli- ci: in primo luogo, è decisivo il ricorso a colture dedicate sia prodotte in azienda, sia acquistate esternamente e, in secondo luogo, l'approvvigionamento esterno determi- na un significativo costo di trasporto.

Queste due voci di costo, inoltre, presentano un andamento proporzionalmente maggiore rispetto al decremento del costo di gestione dell'impianto: per tale motivo, un impianto alimentato a sola biomassa proveniente da colture dedicate, pur di po- tenza elevata, presenta costi totali unitari superiori ad impianti di 'taglia' ridotta che sfruttano solo sottoprodotti e reflui zootecnici.

Valori percentuali: è interessante verificare come si compongono i costi di gestione, ponendo a confronto le tre macrocategorie. È significativo notare che per impianti molto piccoli, l'imprenditore deve sostenere una spesa annuale di gestione dell'im- pianto elevata, che rende pressoché impossibile l'acquisto di materia prima, ovvero di coltivare colture dedicate: il valore dei reflui zootecnici contribuisce per una quota di circa il 18% della spesa complessiva.

L'impianto di taglia intorno a 1 MW di potenza, viceversa, presenta una compo- sizione dei costi diametralmente opposta: infatti, la sommatoria delle voci relative a biomassa ed a trasporti rappresenta circa il 70% dell'intero costo di esercizio dell'im- pianto, indicando che la logistica e la gestione dell'approvvigionamento della biomas- sa sono decisive per l'economicità dell'impianto e la profittabilità dell'attività.

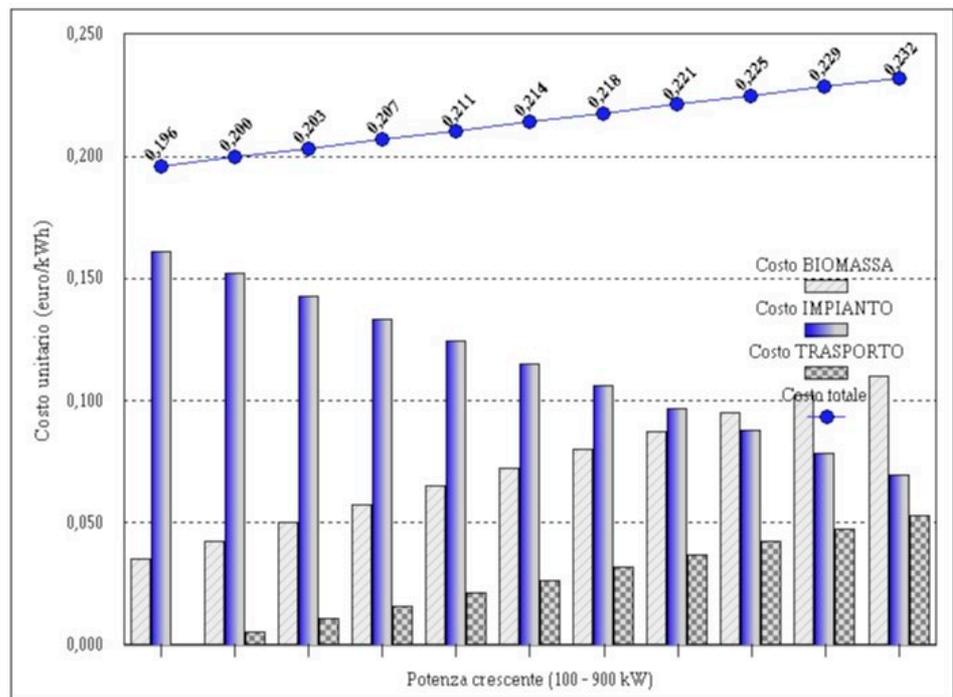


Figura 5. Dinamica dei costi di gestione in impianti a biogas a potenza elettrica crescente.

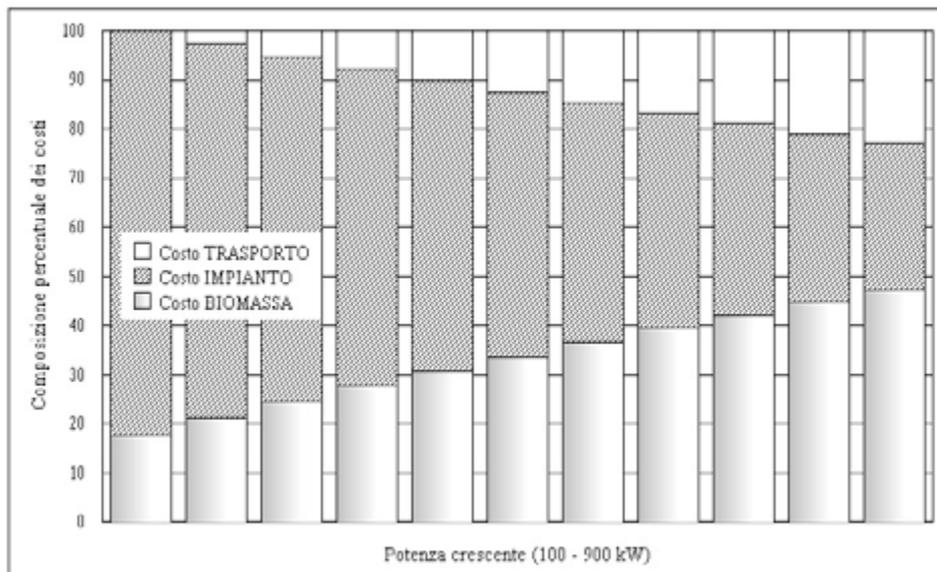


Figura 6. Composizione totale dei costi totali di gestione di impianti a biogas a potenza elettrica crescente.

5. Elementi di criticità e di vantaggio per il territorio rurale

Al fine di una corretta integrazione delle varie fasi che caratterizzano una filiera agro-energetica è necessario riservare un'attenzione particolare alla produzione agricola 'dedicata' alla conversione in energia. Elemento di base per fornire indicazioni di tipo tecnico ed economico sulla sostenibilità e redditività della filiera in esame è la valutazione dell'intero bilancio energetico della scelta di investimento nelle varie biomasse.

Si tratta di un momento di fondamentale importanza, poiché gli investimenti nel settore delle fonti rinnovabili sono caratterizzati in genere da ingenti esborse di capitale e da immobilizzazioni tecniche che richiedono un lungo periodo di ammortamento.

Diventa determinante ponderare in modo corretto la dimensione strategica di tali progetti che può essere soggetta ad una certa flessibilità. Infatti, la possibilità di espandere il sistema in maniera modulare e per fasi successive garantisce flessibilità al programma di approvvigionamento degli input e capacità di adattamento della produzione all'andamento dei consumi e/o degli incentivi, sulla cui base è calcolato il valore degli investimenti. Nel caso delle fonti energetiche rinnovabili risulta particolarmente delicato valutare in modo appropriato la modularità degli investimenti per la produzione di energia elettrica, nonché circoscrivere i confini della flessibilità nella selezione del mix di input per il digestore composto da reflui zootecnici e scarti di lavorazioni agro-industriali, integrati da colture dedicate, anche in relazione all'andamento dei prezzi dei mercati dei prodotti alimentari.

Si è scelto di esaminare la questione entro due ambiti di riferimento, tracciandone alcuni punti di forza e criticità che vanno considerati nella progettazione di una filiera di biogas.

5.1 Ambito di impresa

In un'ottica di impresa, si possono delineare due strategie alternative di comportamento: la prima in cui, considerando costante la quantificazione della disponibilità di materia prima, si va a ricercare la massima potenza dell'impianto; la seconda, in cui, stabilita come costante la potenza dell'impianto da installare, si deve definire l'approvvigionamento di materia prima all'esterno dell'azienda.

Indubbiamente, il rischio di impresa è più elevato nel secondo caso in cui è necessario andare ad individuare aziende agro-zootecniche disponibili a fornire la matrice organica per alimentare l'impianto. Inoltre, il grado di rischio e di incertezza si modificano sensibilmente a seconda della figura imprenditoriale che intraprende l'attività di produzione energetica, soprattutto nel caso in cui la biomassa debba essere reperita sul mercato e non auto-prodotta.

Dunque, le principali criticità del quadro imprenditoriale si ricollegano soprattutto alla fase di approvvigionamento della materia prima e, in un secondo momento, al trasporto e allo spandimento del digestato. Tra gli elementi di maggior rischio si sottolinea che:

- è difficilmente sostenibile, sia da un punto di vista tecnico sia economico, pensare di approvvigionarsi completamente dall'esterno per alimentare l'impianto. Infatti, i costi della materia prima acquisita sul mercato (in particolare, insilato di mais) possono raggiungere livelli di spesa⁴ anche superiori a 0,15-0,17 euro/kWh se parametrizzati alla produzione di energia elettrica;
- il trasporto in ingresso del prodotto ed in uscita del digestato può incrementare la spesa di gestione dell'impianto di ulteriori 0,02/0,04 euro/kWh⁵, nel caso di percorsi superiori a 20 km. Si ricorda, tra l'altro, che per impianti di circa 1 MW è necessario movimentare quantitativi intorno a 20 mila tonnellate all'anno;
- l'aumento del numero degli impianti sul territorio può aggravare questa situazione: il mercato della materia prima in alcune zone minaccia di diventare sbilanciato con una domanda di prodotto che supera l'offerta e, allo stesso modo, la disponibilità di terreni idonei allo spandimento del digestato potrebbe diminuire.

Dunque, indubbiamente per l'impresa agricola si aprono nuove e interessanti opportunità, ma nel contempo, prima di attivare un impianto per la produzione di biogas, diventano fondamentali due elementi: una attenta pianificazione a livello territoriale del circuito e la possibilità di stipulare accordi collettivi. Trattandosi di un comparto in veloce evoluzione, un continuo *upgrading* delle informazioni e delle conoscenze tecniche e normative non deve essere trascurato né sottovalutato.

5.2 Ambito territoriale

La crescita di interesse per il settore delle agro-energie si deve essenzialmente a due fattori: da un lato l'andamento del mercato delle fonti energetiche fossili e dei cereali

⁴ Si considerano 45-50 euro/ton e una resa energetica di circa 300 kWh/ton.

⁵ Pari ad un costo di 5-7 euro/ton per un fabbisogno complessivo di 24 ton/kW e un esercizio di 7.800 ore/anno.

e dall'altro una sempre più diffusa sensibilità collettiva verso la tutela dell'ambiente e i temi dell'inquinamento. A ciò si aggiunge la necessità istituzionale di ottemperare agli obblighi previsti dal protocollo di Kyoto così come all'ultimo piano energetico dell'UE, per cui occorre agire in maniera decisa e organizzata al fine di ampliare il contributo delle fonti rinnovabili (a tutt'oggi decisamente esiguo) al fabbisogno energetico complessivo.

La produzione di energia rinnovabile diventa un'occasione per gli agricoltori che possono trovare nuovi sbocchi per le loro coltivazioni, ma soprattutto per i sottoprodotti e gli scarti/reflui agro-zootecnici, ma rappresenta anche un'opportunità per compiere un'operazione di tutela e di valorizzazione ambientale, riducendo l'inquinamento e le emissioni di CO₂.

Innanzitutto è necessario costruire una filiera agro-energetica organizzata anche da un punto di vista della diffusione spaziale sul territorio, per evitare che la nuova frontiera trasformi l'agricoltura in una sorta solo di primo importante fattore di produzione, trasformando lo spazio rurale, con innegabili ripercussioni negative anche sul paesaggio e assumendo connotazioni di insostenibilità. Si ricorda, a tal proposito, che ogni kW di potenza installata richiede circa 18/22 tonnellate di insilato di cereali, che equivale ad un impegno di terreni agricoli pari a circa 300/400 ettari per ogni MW installato.

Pare, pertanto, difficile per il futuro sostenere la produzione di energia rinnovabile in agricoltura se basata esclusivamente su colture dedicate per i citati problemi di tipo economico, di sostenibilità e di impatto paesaggistico nelle zone rurali; viceversa, in base anche alle ultime disposizioni normative (D.Lgs. 205 del 3 dicembre 2010 e D.Lgs. 28 del 3 marzo 2011), si deve prospettare uno sviluppo di impianti che favoriscano l'utilizzo di sottoprodotti agro-alimentari ed agro-industriali.

A ciò si aggiunge che, negli ultimi anni, è cresciuto in tutta Europa l'interesse per la tutela dell'ambiente dagli effetti inquinanti del settore agro-zootecnico; in particolare, preoccupa il destino dell'azoto presente nei liquami, spesso utilizzati per la fertilizzazione dei terreni agricoli (p.e. la «Direttiva Nitrati» 91/676/CEE recepita in Italia con il D.M. 7 aprile 2006). Tale problema è molto sentito nelle aree con elevate densità di allevamenti, dove è necessario riequilibrare il rapporto tra carico di bestiame e terreno disponibile per lo spandimento dei liquami.

A tal proposito, un'applicazione di distinte tecniche di trattamento nelle singole aziende finalizzate ad abbassare il carico di azoto (separazione solido-liquida, aerazione, digestione anaerobica, compostaggio), con una gestione successiva degli effluenti e delle frazioni risultanti in modo consortile a livello territoriale, potrebbe rappresentare una strategia utile per garantirne sia l'impiego agronomico in azienda, sia la valorizzazione come fertilizzanti organici ceduti all'esterno dell'area di produzione, sia, infine, la trasformazione degli stessi in energia elettrica e termica attraverso impianti di co-generazione.

Per sviluppare questo processo in chiave di sostenibilità tecnica ed economica si rende indispensabile però la costituzione di consorzi di imprese agro-zootecniche che siano in grado di trattare gli scarti ed i reflui organici a livello aziendale per affidarne, poi, la gestione dei prodotti di risulta ad un apposito servizio a carico di enti privati/pubblici per la commercializzazione degli ammendanti e la produzione di biogas per la co-generazione.

Tale approccio organizzato permetterebbe di 'trasformare' almeno parzialmente i reflui agro-zootecnici da meri costi a risorse, acquisendo un potenziale valore economico e favorendo al contempo un contenimento dell'impatto ambientale negativo. È importante, inoltre, considerare che, al fine di migliorare la gestione a livello territoriale, il processo di trasformazione e di valorizzazione può essere integrato con altre sostanze residuali: specificatamente si possono considerare, gli scarti dell'agro-industria ed agro-alimentari.

Si può ipotizzare che nel sistema territoriale si generi un importante flusso di *input/output* in cui l'*input* è *negativo* e per il sistema è dato da reflui e scarti ricchi di sostanza organica prodotti da distinte attività (allevamenti, aziende agricole, industria agro-zootecnica, ecc.), mentre l'*output* è *positivo* e può essere generato dopo un opportuno e razionale trattamento della sostanza organica. Diventa importante in questa fase verificare la quantità di refluo disponibile e la disponibilità di terreni agricoli per lo spandimento, secondo il potenziale di assorbimento indicato dalla normativa vigente (un carico di 340 kg di azoto/anno per ettaro nelle zone «non vulnerabili» e 170 kg di azoto per quelle definite «vulnerabili»); il valore differenziale che risulta dal bilancio dell'azoto prodotto ed assorbibile, diventa, dunque, l'indicatore principale per attivare l'intera filiera di trasformazione in biogas, in energia, in digestato ed eventualmente in compost. Infatti, la frazione solida può diventare un efficiente fertilizzante per le aziende agrarie deficitarie di nutrienti e la frazione liquida un supporto per la digestione anaerobica al fine di produrre biogas per co-generazione energetica. Il biogas, l'energia prodotta e il compost fertilizzante possono, poi, essere immessi nel territorio per sostenere le attività produttive ed insediative presenti.

In complesso dunque, si sente la necessità di definire e di focalizzare il problema della gestione della sostanza organica di scarto in modo integrato a livello territoriale, dalla fase di produzione fino alla distribuzione, all'utilizzo ed alla eventuale trasformazione in biogas ed in energia. Pertanto, un sistema integrato di gestione deve fornire un quadro organizzato in relazione alle fasi che caratterizzano l'intero processo di produzione, di stoccaggio, di trattamento, di trasformazione e di impiego dei reflui agro-zootecnici.

6. Alcune note di sintesi

A conclusione di questo percorso teorico-metodologico, dall'applicazione del modello di valutazione economica a diversi scenari ed ipotesi di impianto, si può desumere che siano decisive per un riscontro positivo nell'attivazione della filiera agro-energetica del biogas alcune condizioni:

- che l'imprenditore gestisca in modo pressoché autonomo l'approvvigionamento della materia prima, la trasformazione, la produzione di energia e la gestione finale del digestato;
- che l'impianto sia dimensionato in relazione alla disponibilità effettiva di materia prima per un periodo medio-lungo e non viceversa; infatti, è alquanto rischioso impostare la filiera ponendo come costante la potenza e, poi, in un secondo momento cercare di reperire nel territorio rurale circostante la materia prima;

- che la 'dieta' sia impostata in modo tale da valorizzare innanzitutto i sottoprodotti organici ed, in primis, i reflui zootecnici e, nel caso in cui il volume annuale e le caratteristiche stesse dei sottoprodotti non consentono un limite minimo di potenza per un corretto dimensionamento dell'impianto, si può pensare di arricchire la dieta con colture 'dedicate' (insilati vegetali), ovvero altri prodotti;
- che la disponibilità dei terreni per lo spandimento finale del digestato sia sufficiente per adempiere alle indicazioni applicative della «Direttiva nitrati» (DM 07/04/2006). Se tale condizione non sussiste, si incorre in un deciso incremento dei costi di trasporto al di fuori dell'azienda;
- la consapevolezza e l'attenzione al fatto che la concentrazione di impianti a biogas in aree rurali può comportare il rischio di modificare anche sensibilmente la tradizionale vocazione culturale della zona, sbilanciandola verso la produzione di soli insilati di cereali.

La produzione di energia da fonti rinnovabili agro-zootecniche rappresenta, dunque, un'occasione interessante per gli imprenditori agricoli sia in termini di utilità privata (redditività) sia come produzione di un servizio pubblico (azione di tutela e di valorizzazione ambientale, riducendo l'inquinamento e la produzione di rifiuti). Ma si sottolinea che è innanzitutto necessario costruire una filiera agro-energetica organizzata e pianificata, anche dal punto di vista della diffusione territoriale, per evitare distorsioni organizzative nelle aree rurali che ospiteranno gli impianti, che saranno poi di difficile riconversione, nel momento in cui sia necessario recuperare la tradizione agricola.

Riferimenti bibliografici

- AA.VV. 2000. *Dalle biomasse un pieno di energia*, Dossier Energia, Agrimese, febbraio.
- AGEA 2003. *Riforma a medio termine. Analisi sull'applicazione e dubbi interpretativi/gestionali del regolamento Comunitario n. 1782/2003*, settembre.
- APAT 2006. *Annuario dei dati ambientali 2005-2006*, Roma.
- Bartonelli V. 2003. *Disponibilità di biomassa sul territorio italiano e aspettative reali di sfruttamento. Il ruolo delle biomasse nell'economia energetica italiana*, in ATI, APER, Atti del convegno *Le biomasse nel panorama energetico italiano*, Centro Congressi Fondazione Cariplo, febbraio, Milano.
- Bonazzi G. Piccinini S. 2005. *Nuove strade per smaltire gli effluenti zootecnici*, «Informatore Agrario», n. 7.
- Castellini A., Devenuto L., Ragazzoni A. 2008. *Energia o cibo: bilanci di sostenibilità per l'agricoltura futura*, «Rivista di Estimo e Territorio», n. 10.
- Castellini A., Ragazzoni A. 2009. *Giudizio di convenienza per il trattamento dei liquami zootecnici*, «Estimo e Territorio», n. 4.
- Commissione Europea 2002. *Revisione della Pac a medio termine*, Bruxelles.
- Commissione Europea 2003. *La riforma della Pac: prospettiva a lungo termine per un'agricoltura sostenibile*, Bruxelles.
- Devenuto L., Ragazzoni A. 2008. *Il biogas è un affare se la filiera è corta*, «Informatore Agrario» (Supplemento «Energia rinnovabile»), n. 18.

- Devenuto L., Ragazzoni A. 2008. *A ogni digestore anaerobico la dieta più conveniente*, «Informatore Agrario» (Supplemento «Energia rinnovabile»), n. 31.
- Devenuto L., Ragazzoni A. 2008. *Quanto costa adeguarsi alla Direttiva nitrati*, «Informatore Agrario», n. 43.
- ENEA 2005. *Le fonti rinnovabili. Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia tra necessità e opportunità*, Roma.
- ENEA (2007), *Rapporto energia e ambiente 2006, Analisi e scenari*, Roma, 2007.
- Fabbri C., Piccinini S. 2008. *L'analisi di fattibilità per gli impianti di biogas*, «Agricoltura», n. 36.
- Fabbri C., Piccinini S., Soldano M. 2008. *Le scelte politiche energetico-ambientali lanciano il biogas*, «Informatore Agrario», n. 64.
- Piccinini S. 2008. *Il biogas in agricoltura: la situazione in Italia*, «MW Mondo Macchina – Machinery World», n. 9.
- Piccinini S., Soldano M. 2008. *Biogas a pieni voti negli allevamenti bovini*, «Agricoltura», n. 36.
- Porter M.E. 1985. *The Competitive Advantage*, Free press, New York; trad. it., *Il vantaggio competitivo*, Comunità, Milano, 2002.
- Ragazzoni A. 2010. *BIOGAS: come ottenere nuovo reddito per l'agricoltura*, Edizioni Informatore Agrario.

La città e i trasporti: analisi e politiche per limitare i consumi e migliorare la qualità degli insediamenti

Francesco Alberti

1. Pechino-Singapore, agosto 2010

Nell'estate 2010 i media di tutto il mondo hanno diffuso la notizia di un'immensa coda di autocarri formatasi a partire dal 14 agosto lungo l'autostrada cinese G110 Beijing-Tibet a causa di lavori di manutenzione della carreggiata, che alla fine del mese ha raggiunto i 120 km di lunghezza, tenendo in ostaggio veicoli e autisti per oltre dieci giorni. Fonti cinesi hanno comunicato che, rispetto all'anno precedente, il traffico sulla G110 era aumentato del 130%. Secondo alcuni organi di stampa internazionali tale incremento sarebbe dovuto in larga misura ai rifornimenti di carbone, che in Cina sopperisce ancora al 70% del fabbisogno energetico nazionale, provenienti da miniere illegali della Mongolia e diretti alla capitale, divenuta negli ultimi vent'anni una delle più popolate e attrattive metropoli del mondo (passando dai 10,9 milioni di abitanti censiti nel 1990 ai 19,6 milioni stimati nel 2010¹).

Negli stessi giorni, a Venezia, si inaugurava la XII Biennale di Architettura. Tra i padiglioni nazionali, quello di Singapore era in gran parte occupato dal plastico in scala 1:1000 di un'ampia sezione territoriale della città-stato insulare, presentata – con il suo mix di edilizia intensiva a basso costo, villette, porzioni di giungla, siti industriali e sedi di multinazionali, tenuti insieme da un complesso ed efficiente sistema di mobilità pubblica e privata – come un modello replicabile di sostenibilità urbana. Singapore conta attualmente circa 5 milioni di abitanti su una superficie di 710 kmq, ma il piano di sviluppo in vigore prevede che la popolazione possa aumentare fino a 6,5 milioni portando la densità abitativa ad oltre 9.100 ab./kmq. Con queste premesse – spiegano i curatori – il titolo della mostra *1000 Singapores. A model of the compact city* allude all'idea che l'intera popolazione mondiale potrebbe 'agevolmente' essere ospitata in una Singapore moltiplicata per mille, occupando così solo lo 0,5% del territorio terrestre, «una dimensione equivalente al Texas, a due Giapponi o a due Italie». O meglio, in 1000 world city con caratteristiche simili a quelle di Singapore: «Un contesto urbano densamente ammagliato, in cui il trasporto è facilmente garantito dai treni; le auto sarebbero ancora disponibili, sebbene probabilmente non necessarie. Ci sarebbero ovunque veicoli elettrici. Merci e beni verrebbero movimentati ogni giorno, anziché

¹ Fonte: Beijing Municipal Bureau of Statistics <<http://www.ebeijing.gov.cn/>>; <<http://www.stats.gov.cn/>>, 07/11.

settimanalmente, con l'efficienza del *just-in-time*. Spazi aperti, verdi e naturali [...] sarebbero a portata di mano, fuori dalla porta di casa o dell'ufficio [...]»².

2. Mobilità e sostenibilità fra contraddizioni e compromessi

Sullo sfondo del dibattito globale sulla sostenibilità, l'accostamento 'ipertestuale' di queste due notizie ben evidenzia la sproporzione tra l'enormità dei problemi reali, legati al perpetuarsi di modelli di sviluppo economico per default insostenibili, e le visioni paradossali a cui possono portare analisi semplificate e soluzioni preconfezionate del tipo di quelle riassunte nello slogan delle tre 'C' – «compact, complete, connected» – adottato per *1000 Singapores*. Altre due considerazioni che se ne possono trarre riguardano, da un lato, il peso delle città, e in particolare gli effetti del nuovo urbanesimo nei paesi emergenti, rispetto agli equilibri complessivi del pianeta; dall'altro, il ruolo decisivo del trasporto nel caratterizzare i sistemi urbani in termini di maggiore o minore sostenibilità.

I dati che descrivono gli aspetti essenziali del problema sotto queste due angolature, crescita urbana e impatti della mobilità, sono ben noti:

- la percentuale di popolazione residente in aree urbane è in continuo aumento: nel 2050 raggiungerà quasi il 70% di 9,2 miliardi di persone; era il 36% di 3,7 miliardi nel 1970 e il 46,5% di 6,1 miliardi nel 2000³;
- sebbene soltanto il 12% della popolazione mondiale sia ad oggi motorizzata, il comparto dei trasporti contribuisce per il 20% alla quantità complessiva di gas serra (prevalentemente CO₂) generata da attività umane⁴;
- l'intero comparto dipende ancora per oltre il 90% da combustibili fossili.

Al di là del contributo dei trasporti al riscaldamento terrestre e dei 'tradizionali' impatti ambientali prodotti dal traffico, il tema della mobilità incide significativamente, in un intrico di relazioni dirette e indirette difficile da dipanare, anche sugli altri 'pilastri' dello sviluppo sostenibile codificati dalla Dichiarazione di Rio (1994), esprimendo nel modo più vistoso le conflittualità latenti tra la dimensione ecologica, economica e sociale dello sviluppo contemporaneo.

Dal punto di vista economico, la mobilità rappresenta un vettore e insieme un portato dello sviluppo, come confermano le curve di crescita dei redditi pro-capite e degli spostamenti individuali (misurati in chilometri persona/anno) sia nei paesi ricchi, sia in quelli in via di sviluppo (Fig. 1, WBCSD 2004: 30). A tal punto che, nel clima di competizione allargata affermatosi nel corso dell'ultimo decennio, «l'esigenza di affrontare il crescente volume del traffico e di dissociare in modo significativo la crescita nel settore del trasporto dalla crescita del PIL», posta nel 2002 dal

² Estratto dal testo (tr. it.) riportato nei pannelli introduttivi della mostra (K. Peng Beng *et al.*) e nel sito dedicato <<http://www.1000singapores.com>>, 07/11.

³ Fonte: United Nations, World Urbanization Prospects: the 2009 Revision <<http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>>, 07/11.

⁴ Dati riferiti all'anno 2000 (WBCSD 2004).

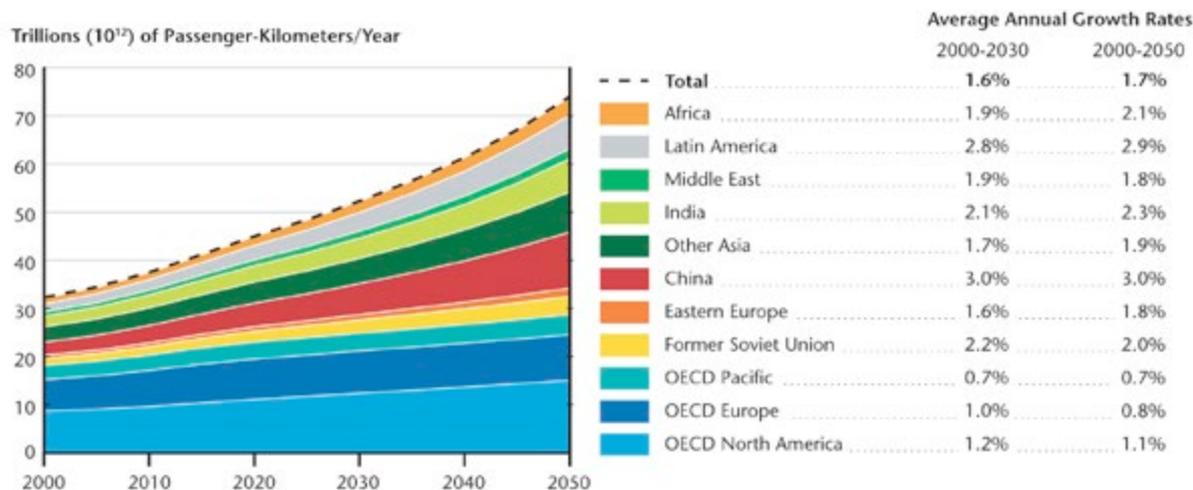


Figura 1. La mobilità individuale nel mondo per area geografica (WBCSD 2004).

Sesto Programma comunitario di azione in materia di ambiente, è stata sostanzialmente depennata dalle politiche europee a favore di obiettivi di riduzione degli impatti e di (cauta) internalizzazione dei relativi costi. D'altra parte, occorre anche considerare che l'«accesso alla mobilità» continua a rappresentare un importante fattore di *social divide* non solo tra il nord e il sud del mondo, ma anche tra fasce di popolazione diverse per reddito, età, condizioni fisiche, all'interno degli stessi paesi industrializzati.

Nell'impossibilità di far quadrare il cerchio, una linea di compromesso tra istanze di per sé contraddittorie è quella che subordina il sostegno alla mobilità come fattore di competizione economica alle seguenti tre condizioni:

- che essa sia al contempo funzionale a un riequilibrio a scala globale delle condizioni di accessibilità (e quindi a una più equa distribuzione delle opportunità di sviluppo fra i territori);
- che questa maggior offerta di accessibilità si accompagni a misure volte a ridurre gli spostamenti «non indispensabili» all'interno degli insediamenti e a favorire gli utenti deboli;
- che essa evolva verso forme di trasporto sempre più efficienti dal punto di vista energetico e di minor impatto sull'ambiente.

Gli obiettivi fissati nel Libro bianco *Trasporti 2050* licenziato dalla Commissione Europea nel marzo 2011 (CE 2011) si muovono appunto su questa linea: da un lato la conferma del ruolo strategico per l'economia europea dei trasporti (che già oggi contribuiscono per il 5% al PIL totale), dall'altro la previsione di ridurre le emissioni del 60% rispetto ai valori del 1990 entro la metà del secolo, attraverso una serie di azioni coordinate tra i paesi membri riconducibili a tre *asset*:

- *Messa a punto e diffusione di carburanti e sistemi di propulsione innovativi* (con l'obiettivo di dimezzare già entro il 2030 l'uso dei veicoli «alimentati con carburanti

- tradizionali»⁵ in ambito urbano ed eliminarlo del tutto entro il 2050);
- *Ottimizzazione delle catene logistiche multimodali, incrementando l'uso di modi di trasporto più efficienti sotto il profilo energetico* (spostare su ferrovia e cabotaggio il 30% del traffico merci su percorrenze superiori a 300 km; triplicare entro il 2030 la rete passeggeri ad alta velocità e collegarla agli aeroporti, affinché la maggior parte degli spostamenti sulle medie distanze avvenga per ferrovia);
 - *Miglioramento dell'efficienza dei trasporti e dell'uso delle infrastrutture mediante sistemi d'informazione e provvedimenti economici* (piena applicazione dei principi «chi usa paga» e «chi inquina paga», facendo in modo che il settore privato generi entrate per alimentare gli investimenti pubblici).

Le conseguenze spaziali di una riorganizzazione della mobilità in funzione di un progressivo affrancamento dal petrolio sono assai rilevanti e destinate a cambiare, come è già avvenuto in passato nella transizione da un ciclo di industrializzazione ad un altro, sia i modi di produzione urbana che il paesaggio delle città.

3. Energia, trasporti, città nelle sei ondate dell'industrializzazione

L'esistenza di una stretta corrispondenza tra l'uso delle risorse energetiche disponibili nelle diverse fasi storiche dell'industrializzazione, l'evoluzione tecnologica dei

⁵ «L'espressione «alimentati con carburanti tradizionali» si riferisce ai veicoli che impiegano motori non ibridi a combustione interna» (CE 2011, p. 9, nota 9). Nei prossimi cinque anni è previsto, per il comparto privato, un notevole incremento nella diffusione di veicoli elettrici (EV) e ibridi (HEV), su cui l'industria sta investendo da tempo. I primi (la cui autonomia e prestazioni non sono paragonabili, anche in prospettiva, a quelle dei mezzi tradizionali, ma sono comunque in linea con l'87% degli spostamenti giornalieri effettuati in Europa con mezzi a motore, che si svolgono entro un raggio inferiore ai 60 km) andranno soprattutto a coprire il settore delle *city-car*, accompagnati eventualmente da forme di abbonamento all'uso di vetture più prestanti per viaggi saltuari, degli scooter e dei piccoli furgoni ('ultimo miglio' nella consegna merci). Le seconde, in cui convivono una batteria elettrica e un motore a combustione, sono invece dirette al mercato di chi usa abitualmente l'automobile su distanze medio-lunghe. Contrariamente alle aspettative di inizio secolo, l'uso estensivo di motori a idrogeno *fuel cell* (FC), tecnologia applicabile anche a mezzi di grandi dimensioni e quindi adatta, ad esempio, al trasporto pubblico su gomma, sembra rinviato a un orizzonte temporale più lontano; anche in questo caso sono possibili ibridazioni con sistemi elettrici (FCHEV). Ovviamente, tali sistemi non risolvono il problema della sostenibilità dei trasporti, ma lo spostano sulle fonti primarie che saranno utilizzate per la produzione di energia elettrica, i cui consumi sono destinati ad aumentare, e sulle modalità con cui sarà distribuita. In Europa, le analisi benchmark sul comportamento dei carburanti in termini di emissioni di gas serra ed efficienza energetica «dalla sorgente alla strada» (WTW, *well-to-wheel*, applicazione semplificata del *life cycle assessment*) sono condotte, con riguardo ovviamente ai costi di produzione industriale, dal consorzio JEC, che raggruppa i centri di ricerche della Commissione Europea (JRC, Joint Research Centre of the European Commission), dell'associazione dei produttori di autoveicoli (EUCAR, European Council for Automotive Research and Development) e di quella delle compagnie petrolifere (CONCAWE, Research Association of the European Oil Refining Industry). Nel medio periodo, gli sviluppi più importanti sono attesi per il binomio gas naturale-motore a iniezione, anche nei veicoli ibridi. Per quanto riguarda i *biofuel* (etanolo e biodiesel), carburanti ad elevata efficienza e bassa emissione a cui la Direttiva 2009/28/EC sulle Energie rinnovabili attribuisce per il 2020 una quota del 10% in tenore energetico del mercato europeo, le analisi WTW non contemplano gli effetti connessi ai cambi d'uso del suolo che la coltivazione di biomasse destinate ai trasporti, entrando in competizione con le produzioni agricole ad uso alimentare, potrebbe provocare. In questo senso, una soluzione al problema potrebbe essere rappresentata, una volta abbattuti i costi di produzione, dai biocombustibili di seconda generazione, ricavabili da oli vegetali recuperati e/o da biomasse ligneo-cellulose, ivi comprese alghe coltivate: un filone di ricerca su cui sta lavorando anche il CREAR, Centro Ricerca Energie Alternative e rinnovabili, dell'Università di Firenze.

sistemi di comunicazione e l'affermarsi di nuovi modelli di organizzazione urbana e territoriale è un'evidenza empirica riscontrabile in tutte le regioni industrializzate. Tale processo è stato schematizzato facendo riferimento a sei cicli o ondate di industrializzazione (*waves of industrialization*, Newman *et al.* 2009).

Nella prima, dimensione e forma degli insediamenti sono ancora fortemente condizionati, in continuità con la città pre-industriale, dagli spostamenti a piedi o su mezzi a trazione animale, mentre gli opifici si collocano in prossimità dei corsi d'acqua, per sfruttare l'energia idraulica. Con lo sviluppo della siderurgia e l'avvento dei treni a vapore, nella seconda ondata, si assiste a una polarizzazione delle attività produttive e degli insediamenti all'interno dei corridoi serviti dalla ferrovia. La terza ondata corrisponde alla diffusione delle reti elettriche: nelle principali aree urbane si organizzano sistemi di trasporto pubblico di superficie (tram), che favoriscono uno sviluppo urbano secondo direttrici lineari, solitamente radiali rispetto al centro città, in seguito integrate da sistemi sotterranei (metropolitane), che con effetti simili a quelli prodotti dalle ferrovie aumentano sensibilmente la capacità di attrazione dei centri principali. La diffusione di mezzi che utilizzano motori a combustione interna è per il momento limitata, per poi diventare un fenomeno di massa caratterizzante la quarta ondata, grazie alla riorganizzazione dei cicli produttivi operata dal fordismo e alla disponibilità di combustibili fossili a basso costo. La conquista della mobilità individuale relativizza i vantaggi della prossimità, consentendo scelte localizzative secondo criteri di economicità complessiva che aprono le porte ai fenomeni di diffusione e proliferazione urbana contemporanei. La crisi petrolifera degli anni Settanta del secolo scorso rappresenta un campanello d'allarme rispetto al futuro della «civiltà dell'automobile», ma non produce sul momento alcun effetto significativo né sul fronte della domanda, né su quello dell'offerta di mobilità. Innesca invece una fase di declino industriale che, accompagnata dallo sviluppo impetuoso delle tecnologie di comunicazione a distanza (quinta ondata), ha effetti rilevanti sulle città, le quali tendono sempre di più a connotarsi come centri servizi – più che produttivi – e a trasformarsi dall'interno, attraverso il riuso delle aree abbandonate dagli impianti industriali e dalle attrezzature non più funzionali al nuovo ruolo. Tali fenomeni di densificazione urbana non riducono che in minima parte lo *sprawl*, perché a fronte delle elevate rendite di posizione delle zone urbane centrali, i costi ancora complessivamente contenuti del trasporto privato continuano a rendere appetibili localizzazioni esterne, che dal punto di vista del mercato immobiliare presentano anche altri vantaggi: una minore densità edilizia, che si traduce in una maggiore disponibilità di case monofamiliari, posti auto e verde privato; condizioni ambientali e di sicurezza spesso migliori rispetto alla città compatta; una relativa e tendenzialmente crescente autonomia funzionale degli insediamenti per un'ampia gamma di servizi, dovuta alla diffusione sul territorio di poli specializzati per lo shopping e il tempo libero; facile accessibilità da parte delle attività produttive e commerciali alle grandi strade di comunicazione.

Ovviamente, rispetto a questa schematizzazione, i processi reali si sono manifestati con un grado di complessità molto maggiore e in maniera diversificata a seconda dei contesti.

L'identificazione tout court fra esplosione automobilistica e dispersione insediativa non spiega ad esempio il contributo della mobilità individuale alla formazione delle grandi conurbazioni negli Stati Uniti e in Europa come risultato della concentrazione di

funzioni e attività entro il raggio di gravitazione dei principali *core* urbani. Né può essere sottovalutata l'azione di contenimento all'espansione indifferenziata a macchia d'olio prima e alla proliferazione urbana poi svolta in molte città del Nord Europa dalla messa in atto, negli anni stessi della motorizzazione di massa, di politiche di ampliamento e di articolazione dell'offerta nel settore dei trasporti collettivi su rotaia⁶. Ma questo non inficia né l'evidenza generale di un rapporto storico tra forme di urbanizzazione, modalità di approvvigionamento energetico e sistemi di mobilità, né l'osservazione che il progressivo prevalere dei mezzi privati su gomma rispetto alle altre modalità di spostamento, fortemente sostenuto dalle politiche economiche e dai programmi infrastrutturali di tutti i paesi industrializzati a partire dal secondo dopoguerra (e già dagli anni Trenta negli Stati Uniti e in Germania) ha reso possibili opzioni insediative e comportamenti sociali relativamente sempre meno vincolati da esigenze di prossimità, allargando e poi spezzando, concettualmente e materialmente, i confini dell'urbano.

Una nuova ondata di industrializzazione (la sesta, rispetto allo schema sopra illustrato) ha preso recentemente avvio sotto il pungolo della sostenibilità e la duplice spada di Damocle del cambiamento climatico e del «picco petrolifero». Ovvero, da un lato, il rischio di catastrofi naturali dovuto a un'eccessiva concentrazione in atmosfera di gas serra (GHG), rilasciati in larga misura dai combustibili fossili, e, dall'altro, quello di una recessione globale dagli esiti potenzialmente non meno devastanti, dovuta al costo crescente di tali combustibili come effetto congiunto di un aumento costante della domanda e dell'esaurirsi delle fonti primarie. Di fronte a queste minacce, che spingono verso la diversificazione energetica e la ricerca di nuovi equilibri tra consumi e risorse, il tema dello scadimento generale delle condizioni ambientali e di vivibilità delle aree urbane congestionate dal traffico, presente nelle agende dei governi nazionali e locali già dagli anni Sessanta, ha assunto una nuova centralità nel dibattito internazionale, in ragione degli effetti cumulativi ottenibili da un ricorso generalizzato a misure di contenimento della domanda e di qualificazione dell'offerta nel campo della mobilità urbana. La questione città-trasporti si pone quindi oggi in termini mutati rispetto al passato: se e in che modo, usando come leva il governo della mobilità attraverso la combinazione di innovazione tecnologica, pianificazione e gestione, sia possibile orientare il futuro degli insediamenti verso forme di organizzazione più sostenibili e «resilienti» ai mutamenti ambientali e socio-economici che si profilano all'orizzonte.

Va detto che, nonostante l'espressione sia molto diffusa, non esiste una definizione univoca di *mobilità* (o *trasporto*) *sostenibile*, ma una serie di formulazioni in cui è possibile riscontrare, sul filo del compromesso di cui si è detto, diverse accentuazioni sugli obiettivi ambientali e socio-economici che essa dovrebbe garantire a tutela delle generazioni presenti e future⁷.

⁶ Basti citare il programma d'investimenti delle Ferrovie tedesche, che negli anni Cinquanta-Sessanta del secolo scorso ha portato alla costruzione nelle città di Amburgo, Monaco, Francoforte, Stoccarda e Düsseldorf, dei passanti sotterranei di raccordo fra le linee suburbane esterne, e con essa all'integrazione fra le reti ferroviarie urbane (S-Bahn), metropolitane (U-Bahn) e tranviarie; oppure alla coeva realizzazione del *Réseau express régional* (RER), a supporto della politica di decentramento delle *villes nouvelle* nella regione parigina.

⁷ Ad esempio, l'Organizzazione mondiale per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OECD) definisce come trasporto ambientalmente sostenibile (EST, *environmentally sustainable transport*) un «siste-

Il repertorio di contributi sul tema fioriti negli ultimi 25 anni – assumendo il Rapporto Brundtland (1987) come *terminus post quem* – è quanto mai vasto e variegato. Si spazia dalle analisi teoriche basate su dati statistici, ai modelli matematici volti a descrivere le interazioni tra i fattori in gioco, alle prefigurazioni meta-progettuali di modelli territoriali. Dalla definizione di protocolli metodologici a supporto dei processi decisionali, ai «libri bianchi» e «verdi» dedicati alla enunciazione delle strategie e al loro monitoraggio *in fieri*. Dall'enucleazione di obiettivi, requisiti e principi generali adattabili alle circostanze locali, alla sperimentazione di misure concrete (norme, piani, progetti) ai vari livelli di governo del territorio. Il tutto, sullo sfondo di un'evoluzione tecnologica che al tempo stesso registra e condiziona lo stato del dibattito, alimentando aspettative e frustrazioni legate agli esiti di penetrazione nel mercato dei prodotti dell'innovazione e alle relative performances, in una varietà di campi che testimonia la tendenza verso un approccio multisettoriale ai problemi della mobilità, pubblica e privata, proprio della sesta ondata di industrializzazione: carburanti, motori e componenti, tipologie di veicoli, sistemi di trasporto non convenzionali, infrastrutture, sistemi di gestione 'intelligenti'.

Volendo semplificare al massimo, possiamo suddividere questi contributi in due gruppi: quelli che si caratterizzano per un approccio teso a definire un quadro di riferimento generale, come cornice teorica alla pianificazione sostenibile degli insediamenti, e quelli improntati ad un approccio più empirico, finalizzato alla costruzione di un armamentario di soluzioni operative, frutto della selezione e generalizzazione di strumenti di analisi e buone pratiche.

4. Il paradigma della compattezza: interpretazioni e paradossi

Appartengono al primo gruppo di contributi i numerosi studi dedicati ad affermare o confutare il primato della compattezza come fattore di forma capace di consentire, in antitesi allo *sprawl*, i più alti livelli di sostenibilità urbana. In particolare, le ricerche condotte dal 1989 dai ricercatori australiani Peter Newman e Jeffrey Kenworthy sulle principali metropoli del Nord America, del Nord Europa, dell'Australia e dell'Estremo Oriente hanno polarizzato l'attenzione sulla correlazione tra densità insediativa, consumi energetici dovuti ai trasporti e distanze pro-capite percorse in automobile, consolidando la convinzione che al crescere della densità diminuiscano la dipendenza funzionale dall'automobile (*car-dependency*) e conseguentemente le emissioni provenienti da combustibili fossili, grazie alla possibilità di offrire trasporti pubblici competitivi con quello privato e ad un ricorso più ampio

ma [...] che non danneggia la salute umana o gli ecosistemi e risponde ai bisogni di un'accessibilità coerente a) con un uso delle risorse rinnovabili al di sotto delle loro soglie di rigenerazione, e b) con un uso delle risorse non rinnovabili al di sotto delle soglie di sviluppo di risorse rinnovabili sostitutive» (OECD 2004: 18, tr. it.). Nella definizione di mobilità sostenibile avanzata dal World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), organo di cooperazione delle 200 maggiori industrie del mondo sui temi dello sviluppo sostenibile, con sede a Ginevra – le priorità risultano, come prevedibile, invertite: «La Mobilità Sostenibile (*Sustainable Mobility*) è la capacità di rispondere ai bisogni della società di muoversi liberamente, avere accessibilità, comunicare, commerciare e stabilire relazioni senza sacrificare altri valori essenziali, sia umani sia ecologici, nel presente e per il futuro» (WBCSD 2004: 12, tr. it.).

alla mobilità elementare per l'accesso ai servizi di base. Tuttavia, la relazione fra i dati raccolti per le varie città prese in esame e la loro appartenenza a una determinata area geografica – in pratica, stando ai diagrammi di Newman e Kenworthy, tutte le città americane si comportano in modo simile, e così pure le australiane, le europee, ecc. (Fig. 2) – legittima il dubbio che il rapporto fra densità e *car-dependency* non sia biunivoco né di tipo deterministico, bensì il portato di un'evoluzione storica e culturale relativamente omogenea entro singole macro-regioni, ma molto diversa da un continente all'altro. Appare quindi del tutto spiegabile che la metropoli nordamericana, sviluppatasi in funzione dell'uso dell'automobile (in sintonia con il celebre motto di Henry Ford: «What's good for Ford is good for America») ed espressione di una società più marcatamente individualistica di quanto non si riscontri in Europa

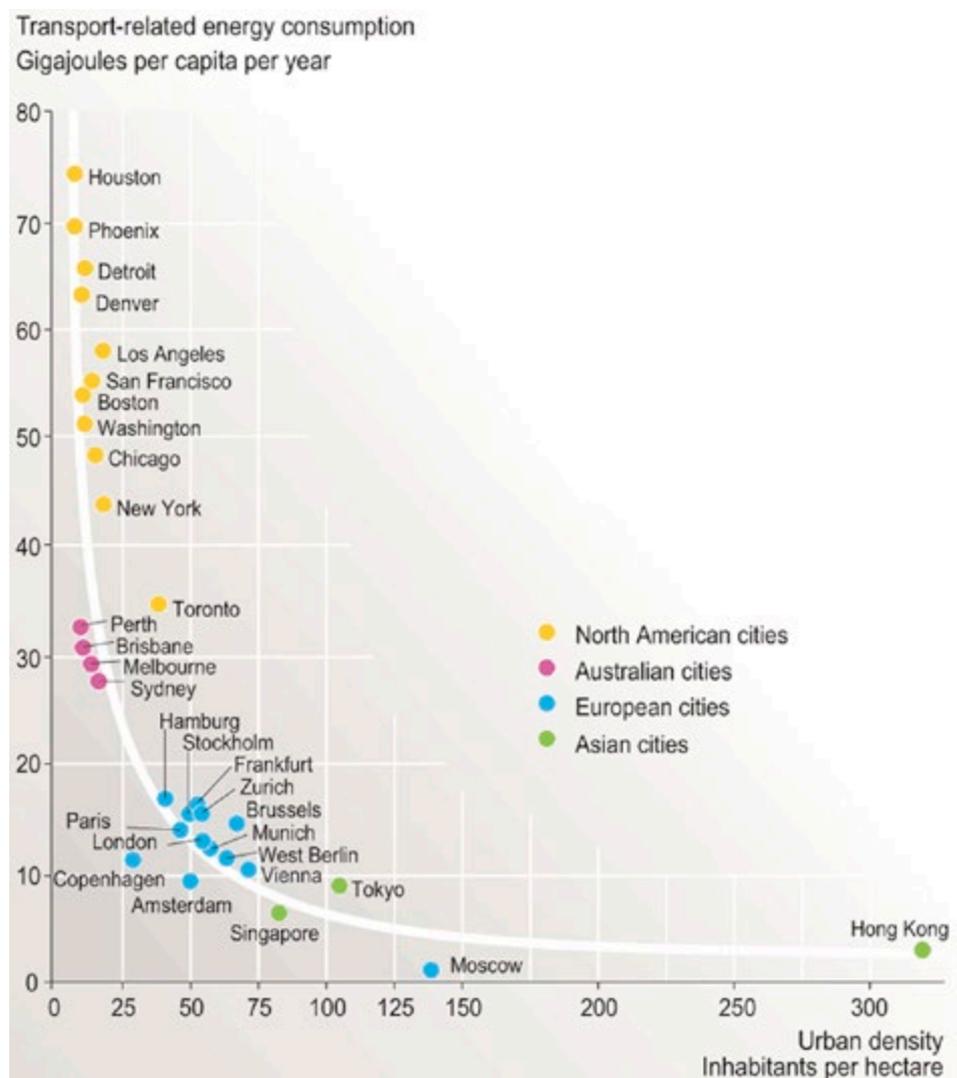


Figura 2. Consumi energetici del comparto trasporti nelle città (Newman, Kenworthy 1990; *Atlas Environnement du Monde Diplomatique*, 2007).

o tanto meno in Asia, sia quella meno densa e con un tasso maggiore di dipendenza dall'auto. Né può essere sottovaluto il peso delle politiche urbanistiche e di mobilità adottate dai governi locali negli ultimi decenni. A parità di popolazione (ca. 1,3 milioni di abitanti), a Milano e Monaco di Baviera le percentuali medie di spostamenti effettuati giornalmente con mezzi alternativi a quelli privati sono rispettivamente del 48,1% e del 63% del totale, nonostante la prima abbia una densità abitativa del 70% superiore alla seconda⁸.

Vi sono poi altri argomenti che indeboliscono l'assunto secondo cui la città densa e/o compatta, generando un minor numero di spostamenti motorizzati individuali, sia almeno da un punto di vista energetico e ambientale quella più sostenibile.

- Al di là della notazione semantica che compattezza e densità non sono la stessa cosa, si tratta comunque di concetti indefiniti che non possono essere assunti come a priori. La prima è infatti una connotazione ambigua, riconoscibile a modelli insediativi molto diversi fra loro (grandi aree urbane ad alta concentrazione, sistemi policentrici formati da insediamenti compatti di varia dimensione, nuclei sparsi ma autosufficienti, ecc. (Houghton, Hunter 1994); la seconda è un parametro relativo che varia in funzione della dimensione areale su cui è calcolata. La sopravvalutazione di tali requisiti è inoltre implicitamente contraddittoria con uno dei principi chiave della sostenibilità, ovvero che l'uso delle risorse ambientali sia commisurato alle loro capacità di rigenerazione, che nelle aree urbane dipende in larga misura dalla disponibilità di adeguate superfici inedificate.
- In un'ottica di sostenibilità, non ha senso evidenziare i vantaggi della città compatta per quanto riguarda la mobilità interna, al di fuori di un bilancio complessivo che tenga conto, dal punto di vista del traffico, degli spostamenti da o verso l'esterno, e dal punto di vista energetico della sua impronta complessiva. Oltre alla questione del trasporto e della distribuzione delle merci, solitamente trascurata nelle indagini sulla mobilità urbana, un fenomeno rilevante che occorre valutare adeguatamente è quello degli spostamenti di massa durante i week-end, tipico, nei paesi ricchi, delle aree urbane a più elevata concentrazione (Nessi 2010).
- Anche limitandosi a considerare la mobilità interna, il fatto che sia riscontrabile una relazione inversa tra densità urbana e dipendenza dall'auto non significa che questa sia di tipo lineare. «Dati e metodologie diverse produrranno stime diverse, ma nessuno studio suggerisce che raddoppiando la densità di popolazione, si dimezzerebbero gli spostamenti pro-capite» (Melia *et al.* 2011). Politiche di questo tipo portano quindi a effetti contraddittori: una riduzione dell'uso individuale dell'auto e quindi una minor quantità di gas serra immessi in atmosfera, con benefici ambientali a livello globale; ma anche un aumento relativamente maggiore dei mezzi circolanti entro gli ambiti urbani interessati, con un peggioramento delle condizioni locali (*paradox of intensification*, Melia *et al.* 2011). In un bilancio sui

⁸ Dati tratti da I. Kaparias 2009-2010. Colpisce in particolare l'alta incidenza degli spostamenti a piedi (28%) e in bicicletta (14%) della città bavarese (rispetto ai modestissimi 9,4% e 3% del capoluogo lombardo), frutto di politiche a favore della mobilità elementare avviate già dagli inizi degli anni Settanta. Di contro, la percentuale di spostamenti effettuati col trasporto pubblico è maggiore a Milano (35,7%) che a Monaco (21%).

costi e i benefici ambientali di tali politiche dovrebbe inoltre essere conteggiata anche l'energia consumata negli interventi di densificazione urbana (Frey 1999).

Di segno ovviamente opposto sono le critiche mosse ai teorici di forme di organizzazione alternative alla città compatta in nome di una sostenibilità basata su una più stretta integrazione fra insediamenti e territorio agricolo, un rapporto più diretto uomo-natura, una più forte autonomia delle comunità locali. A parte i dubbi sull'adeguatezza di tale approccio di fronte ai problemi di gestione e trasformazione delle città esistenti, i punti maggiormente controversi per i sistemi a bassa densità riguardano:

- il consumo di suolo (ed energia) necessario ad assorbire la domanda di residenze e imprese, decentrare i servizi e adeguare le infrastrutture;
- l'incremento in numero e lunghezza degli spostamenti motorizzati indotti a livello regionale, che combinato all'impossibilità di gestire in maniera economica il trasporto pubblico e al ruolo residuale svolto dalla «mobilità dolce», concorre ad aumentare il tasso di utilizzo dell'auto privata e i relativi impatti energetici e ambientali.

Anche in merito alla convinzione che, grazie ai progressi tecnologici nel campo delle rinnovabili stimolati dalla minaccia del picco petrolifero, «prima o dopo la quantità di energia consumata diventerà meno rilevante, sia perché pulita, sia perché disponibile in abbondanza» (Frey 1999: 34), le posizioni oscillano tra due estremi: da un lato, la preoccupazione nei confronti di soluzioni che, pur limitandone gli impatti negativi sull'ambiente, rischiano di assecondare la dipendenza dall'auto e perpetuare la congestione all'interno delle aree urbanizzate; dall'altro, l'idea che veicoli elettrici, alimentati da *smart grid* in grado di accogliere e distribuire energia sia da fonti di piccola che di grande scala (Fig. 3), possano contribuire a creare «forme di urbanità estensiva, con alloggi e luoghi di lavoro molto più integrati agli spazi agricoli e naturali delle città attuali» (Crawford 2010).

5. Un modello meta-progettuale: il *Transit oriented development*

La semplice conclusione che si può trarre già da questo breve excursus è che non esiste una forma urbana in grado di rispondere in modo complessivo a tutte le istanze della sostenibilità. Pertanto, «[a]niché cercare in assoluto una forma urbana sostenibile, l'accento dovrebbe ricadere su come stabilire quali forme sono adatte in ogni data localizzazione» (Williams, Burton, Jenks 2000: 2). Per quanto riguarda la mobilità, un certo grado di «ragionevole compattezza» (Camagni *et al.* 2002), da valutare in rapporto alle situazioni locali, è sicuramente necessario – ma non sufficiente – per favorire gli spostamenti a piedi e in bicicletta e per rendere competitivo un qualche tipo di trasporto pubblico. Essa può comunque concretizzarsi in forme diverse, come hanno poi riconosciuto gli stessi Newman e Kenworthy, «creando 'nodi e corridoi' ad alta densità insediativa, piuttosto che radendo al suolo i suburbi a bassa densità dell'era dell'automobile» (Newman, Kenworthy 2000: 114); nodi e corridoi, che natural-

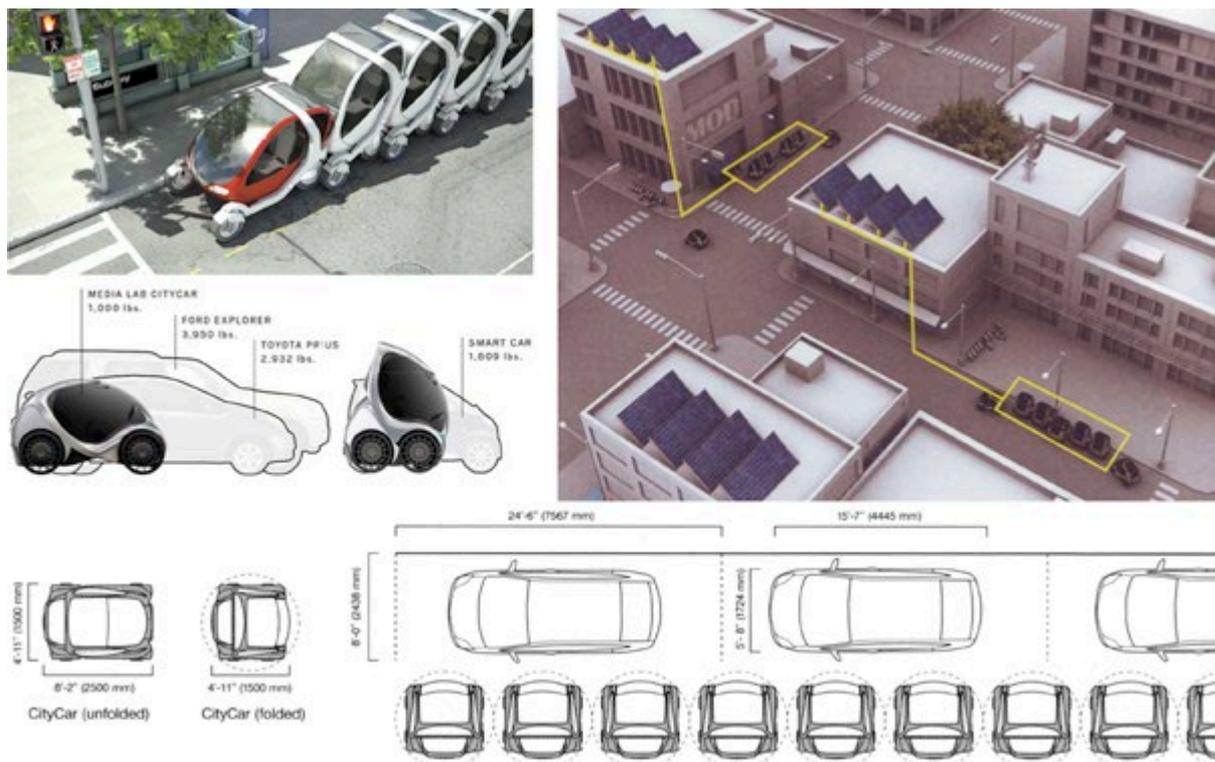


Figura 3. City car elettriche a ridotta occupazione di suolo pubblico alimentate da reti intelligenti a energia solare, come prefigurate in una ricerca del Media Laboratori del MIT (Mitchell W.J. *et al.*, *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*, MIT Press, Cambridge MA, 2010).

mente dovranno essere serviti e collegati da linee di trasporto pubblico locale (TPL).

L'acronimo per questo tipo d'insediamenti – TOD, *Transit Oriented Development* – era già stato coniato nel 1993 da Peter Calthorpe, figura di punta del movimento del New Urbanism, per definire un modello di struttura, adattabile ad ogni circostanza (sistemi continui e discontinui, radiali o reticolari), posto a riferimento per *La prossima metropoli americana*.

Pur avendo anticipato e indirizzato numerosi studi di tipo analitico, il TOD si colloca, rinnovandola, nella tradizione dei modelli 'disegnati' di città ideale dell'epoca moderna e pre-moderna, basati su valutazioni qualitative ed espressi in modo sintetico mediante schemi concettuali, dalla *Ciudad Lineal* (1882) di Arturo Soria y Mata (esempio di insediamento a bassa densità, ma condensato lungo un tracciato di trasporto pubblico) ai *Trois établissements humains* di Le Corbusier (1942), presentando non poche somiglianze, in particolare, con il Diagramma 7 di *To-morrow. A Peaceful Path to Real Reform* di Ebenezer Howard (1898), in cui si prefigurava un modello di organizzazione territoriale delle città-giardino poggianti su un sistema non gerarchizzato di collegamenti intermunicipali in grado di sostenerne l'auto-sviluppo come rete di *Social Cities*. La discendenza da Howard è stata poi esplicitata – anche graficamente – in un adattamento del modello TOD alla realtà inglese, elaborato da Richard Rogers e altri nell'ambito d'uno studio d'inquadramento metodologico per

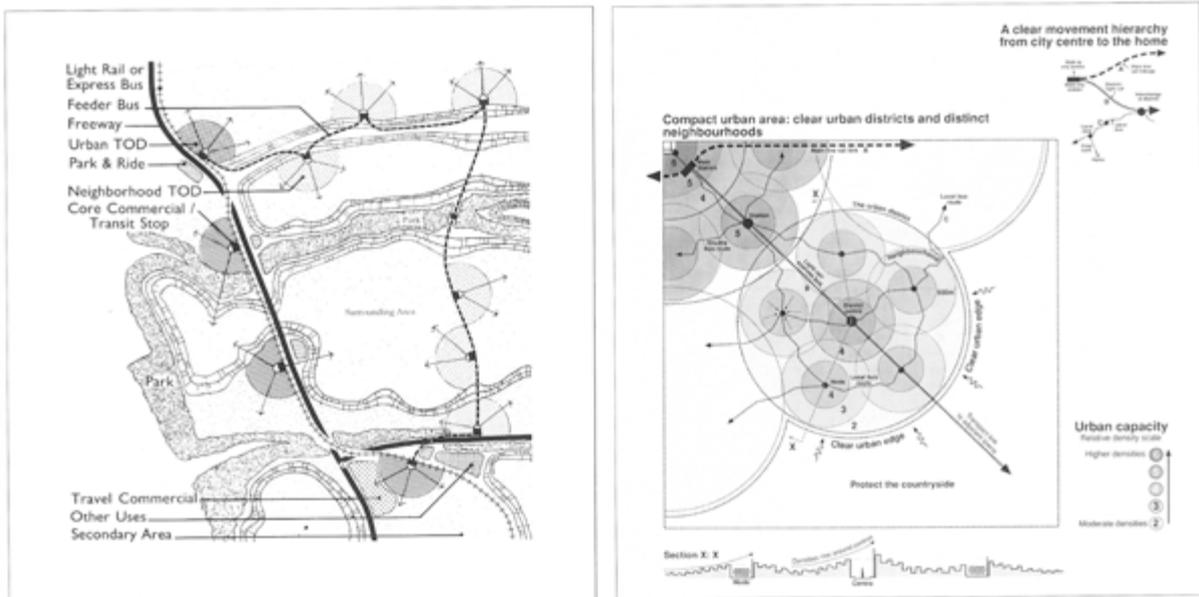


Figura 4. Sistemi insediativi strutturati su reti di trasporto pubblico: il modello di sviluppo delle *social cities* secondo E. Howard (1898); la distribuzione territoriale dei *transit oriented development* secondo P. Calthorpe (1993); l'organizzazione gerarchica dei nodi urbani proposta dall'Urban Task Force (1999).

le politiche nel campo della sostenibilità urbana svolto per conto del primo governo Blair (Urban Task Force 1999) (Fig. 4).

Nella proposta di Calthorpe, come in tutte le versioni di TOD sviluppate successivamente dentro e fuori il New Urbanism, una linea di trasporto pubblico è il tema lineare che fa da 'spina' all'insediamento, i cui punti di accesso sono concepiti come centralità di nuclei urbani compatti, dimensionate in funzione della mobilità elementare (10 minuti a piedi). Come si è detto, il modello è flessibile. Può essere applicato a scale diverse appoggiandosi a diverse tipologie di trasporto pubblico, sia per guidare le nuove espansioni, sia come principio di riequilibrio territoriale degli insediamenti esistenti. Può inoltre espandersi nelle varie direzioni, stabilendo o meno delle gerarchie e trasformando le fermate poste in corrispondenza dei punti d'interconnessione in poli d'interscambio più complessi: quanto maggiore sarà la capacità d'interscambio del polo, tanto più l'area di riferimento sarà vocata ad ospitare funzioni 'pesanti' e attrattive, e viceversa.

Un esempio di TOD *ante litteram*, che compendia l'intera gamma delle possibili articolazioni interne al modello, può essere rintracciato nell'«ipercittà» rappresentata nel suo insieme dalla nazione svizzera (Corboz 2000), il cui insediamento sparso, fatto di nuclei più o meno estesi e localmente compatti, risulta accessibile in modo pressoché omogeneo grazie alla capillarità dei servizi su ferro e su gomma e alla loro integrazione tariffaria. Oppure nella costellazione di città nuove realizzate fra gli anni Cinquanta e Settanta del secolo scorso lungo le direttrici del *tunnelbana*, la metropolitana di Stoccolma.

In tempi più recenti, si rifanno più o meno dichiaratamente al principio dei TOD, i numerosi programmi di rinnovo urbano fioriti in Francia intorno a progetti di tramvie veloci⁹; l'esperienza, fra le molte in Germania, di Karlsruhe, che ha portato alla costruzione e messa in esercizio di un nuovo mezzo di trasporto (il tram-treno), capace di correre fino a 100 km/h attraverso il territorio non urbanizzato e di procedere a passo d'uomo nelle zone pedonali dei centri serviti¹⁰; in Italia, il *Piano delle cento stazioni* di Napoli, la cui attuazione in parallelo ai lavori di completamento della

⁹ Particolarmente significativo è il caso della linea 1 di Montpellier (2001), con cui «da elemento “federatore” di parti urbane scollegate e supporto lineare cui agganciare operazioni localizzate di recupero, la tranvia diventa anche strumento “direttore” nel disegno della città futura, fungendo da asse strutturante delle espansioni previste ai due estremi opposti della città: a est, il distretto ludico-commerciale Odysseum [...]; a ovest, il quartiere Malbosq» (Alberti 2008: 168).

¹⁰ Il servizio è stato attivato per la prima volta sulla ferrovia esistente tra Karlsruhe e il sobborgo orientale di Bretten nel 1992. Da allora le fermate sono quasi triplicate (da 8 a 23) diventando i punti nodali dello sviluppo metropolitano su quella direttrice, mentre i passeggeri sono aumentati di 9 volte, da ca. 2.000 a 18.000 al giorno, di cui l'80% con origine e destinazione lungo il tracciato. L'aumento delle fermate non ha allungato i tempi di percorrenza totali, grazie alla rapida accelerazione e alle ridotte distanze di frenata che caratterizzano i tram-treni. Le linee di tram-treno sono oggi 4, all'interno di una rete integrata ferro-tranviaria di 600 km di sviluppo, per un bacino metropolitano di 490.000 abitanti (Lankreis Karlsruhe). L'aumento costante dei passeggeri e dei mezzi in transito nel centro del capoluogo (per altro interdetto alle auto private lungo l'asse servito dal trasporto pubblico) ha determinato una situazione di congestione da traffico tranviario, al limite della saturazione del sistema, divenuta sempre più pericolosa per pedoni e ciclisti e squalificante per l'immagine urbana. Nel settembre 2002, un referendum popolare ha approvato la proposta di «soluzione combinata» (*Kombilösung*) che prevede: a) l'interramento dei tracciati convergenti a T sulla baricentrica Markplatz con la creazione di un'isola pedonale in superficie; b) una seconda galleria parallela all'asse principale per il traffico privato di attraversamento, in modo da poter dedicare il livello superiore al traffico locale e all'ulteriore potenziamento del TPL. I lavori sono in corso e dovrebbero concludersi, rispettivamente, nel 2016 e nel 2019.

metropolitana e della sua integrazione con la rete ferroviaria regionale sta promuovendo – sia pure tra i ritardi e le incertezze tipici della realtà italiana– interventi di rigenerazione e qualificazione funzionale delle aree gravitanti intorno alle fermate.

Un elemento importante del TOD è il *pedestrian pocket*, entro cui si dovrebbero concentrare le principali attività pubbliche e private presenti nel sottoinsieme urbano servito da una fermata, associando all'accessibilità offerta dal TPL un'accessibilità di tipo dolce su tre ordini di relazioni: quelle locali tra le residenze e le attività concentrate intorno alla fermata e quelle di rango superiore, sia endogene (dalle residenze al punto di accesso alla rete), che esogene (provenienti dalla rete e dirette alle attività collocate in prossimità del nodo). In questo senso, il TOD è anche un insediamento orientato alla pedonalità (POD – *Pedestrian Oriented Development*), connotazione che, secondo i teorici della «smart growth», dovrebbe diventare prevalente nel caso di insediamenti minori non raggiungibili dal trasporto pubblico. Tali principi trovano puntuale riscontro in Europa nella *Carta delle città europee per uno sviluppo durevole e sostenibile*, approvata dai partecipanti alla Conferenza europea sulle città sostenibili tenutasi ad Aalborg nel 1994¹¹.

Secondo Newman *et al.* (2009), TOD, POD e GOD (*Green-Oriented Development*, in cui i sistemi degli spazi pubblici urbani si intersecano con le infrastrutture ambientali) sono i tre profili che insieme caratterizzano la «città resiliente» agli effetti attesi del picco petrolifero.

6. La mobilità sostenibile in pratica: *toolkit* e linee guida

Pianificazione e gestione della mobilità costituiscono quindi, se adeguatamente coordinate, due delle principali leve a disposizione delle amministrazioni pubbliche per impostare politiche di sostenibilità urbana, in modo simmetrico a come i fenomeni di congestione derivanti da uno sviluppo incontrollato della motorizzazione privata a scapito delle altre modalità di trasporto sono stati fino ad oggi origine di squilibri funzionali e degrado ambientale nelle aree urbane di tutto il pianeta. Ma a fronte degli effetti omologanti prodotti da tali fenomeni, in cui si rispecchia l'indifferenza ai valori territoriali tipica di un approccio puramente economicistico ai temi dello sviluppo, la messa a punto di strategie correttive e di contrasto, ancorché guardate ad obiettivi comuni, non potrà che essere ogni volta 'tagliata' a misura delle specifiche condizioni locali, attraverso la combinazione e l'adattamento delle soluzioni operative ritenute più adatte (compresa l'acquisizione o sperimentazione di nuove tecnologie, come nel caso citato di Karlsruhe) desumibili da una casistica in continua evoluzione. La divulgazione e sistematizzazione delle buone pratiche, con particolare riguardo a quanto vi è di esportabile nelle varie esperienze, è dunque un aspetto essenziale alla promozione della mobilità sostenibile (per altro ribadito anche nell'ul-

¹¹ «Art 9 – Modelli sostenibili di mobilità urbana. [...] Sarà data priorità a mezzi di trasporto ecologicamente compatibili (in particolare per quanto riguarda gli spostamenti a piedi, in bicicletta e mediante mezzi pubblici) e sarà al centro degli sforzi di pianificazione la realizzazione di una combinazione di tali mezzi. I mezzi di trasporto individuali dovrebbero avere nelle città solo una funzione ausiliaria per facilitare l'accesso ai servizi locali e mantenere le attività economiche della città».

timo *Piano d'azione sulla Mobilità urbana dell'Unione Europea*¹² (CE 2009)) come d'altra parte lo è per la sostenibilità in generale. I contributi in questo senso – siano essi in forma di repertori, protocolli, *toolkit* o matrici di valutazione ex ante fra possibili alternative – si caratterizzano quindi per un approccio strumentale e induttivo, opposto e complementare alla definizione dei modelli teorici di cui abbiamo parlato.

Il punto chiave è come ottenere, almeno in via tendenziale, una riduzione degli spostamenti senza rinunciare agli aspetti positivi della mobilità, ovvero all'accessibilità a beni, luoghi e servizi. Come evidenziato da alcuni contributi (cfr. Fig. 5, da Banister 2001), è possibile agire almeno in tre direzioni per contrastare l'aumento entropico della mobilità meccanizzata, soprattutto privata, in ambito urbano: limitare il più possibile gli spostamenti inutili o 'obbligati' dovuti a dipendenze di tipo funzionale; rendere gli spostamenti più brevi 'avvicinando' i servizi urbani ai cittadini attraverso la *mixité* funzionale e la localizzazione dei servizi, in base alla scala, in funzione della loro accessibilità; favorire la mobilità alternativa all'automobile.

Nella tabella 1 è invece riportato un elenco delle misure operative (gestione dell'esistente, responsabilizzazione dei cittadini, uso di leve economiche per incentivare o disincentivare le varie modalità, implementazione delle infrastrutture, pianificazione integrata, uso di tecnologie innovative, ecc.), che possono concorrere alla costruzione di politiche locali coerenti con tali obiettivi. Ovviamente non tutte sono applicabili ovunque; bisogna fare riferimento alla dimensione dell'insediamento, all'entità dei flussi in gioco, alla disponibilità di risorse, ecc. Inoltre, com'è facile capire, anche utilizzando sistemi di simulazione molto sofisticati, i risultati ottenibili applicando le varie misure non sono quantificabili in assoluto, né tanto meno una volta per tutte. Anzi, l'esperienza insegna che l'introduzione su determinate direttrici di efficaci alternative modali all'auto privata, aumentando l'accessibilità di alcuni nodi, produce essa stessa effetti polarizzanti con conseguente aumento nella domanda di mobilità¹³. Analisi comparative condotte su realtà urbane molto diverse evidenziano con chiarezza come effetti significativi di riduzione della congestione automobilistica siano ottenibili solo mettendo in atto contestualmente provvedimenti *push and pull* (ovvero del tipo 'bastone e carota'), abbinando misure economiche e limitazioni legali che penalizzino l'uso di mezzi a motore privati alle politiche di promozione delle modalità alternative¹⁴.

¹² Cfr. Tema 5: *Condividere le esperienze e le conoscenze*, articolato in tre azioni (aggiornare i dati e le statistiche; istituire un osservatorio sulla mobilità urbana; contribuire al dialogo internazionale e allo scambio di informazioni). Gli altri temi del Piano d'azione sono: 1) *Promuovere politiche integrate*; 2) *Concentrarsi sui cittadini*; 3) *Trasporti urbani non inquinanti*; 4) *Rafforzamento dei finanziamenti*; 6) *Ottimizzare la mobilità urbana*.

¹³ Un esempio è quello già citato di Karlsruhe (vedi nota 9). Un altro esempio, riportato da Melia *et al.* (2011), è quello di Portland, città-manifesto dei principi della *smart growth*, che tra il 2000 e il 2009, a fronte di consistenti interventi di densificazione urbana e potenziamento del TPL, ha conosciuto un aumento relativo degli spostamenti pro-capite di 7,5 punti più basso della media delle altre aree urbane statunitensi di dimensioni paragonabili (+30,7%, anziché 38,9%) oltre ad un'impennata degli spostamenti su mezzi pubblici (+83,3% rispetto a una media del 31,8%); ma anche, al tempo stesso, un aumento degli spostamenti negli orari di punta, con tutte le modalità, notevolmente più consistente della media (+52,5% contro il 38,9%), dovuto proprio alla creazione di nuove centralità urbane.

¹⁴ È questa una delle conclusioni a cui arriva la ricerca PROPOLIS (Planning and Research for Land Use and transport for Increasing Urban Sustainability) finanziata nell'ambito del Quinto programma quadro per la ricerca, a partire dall'applicazione di un modello di valutazione multicriteria (vedi nota successiva) a 7 casi-studio: Helsinki, Dortmund, Inverness, Napoli, Vicenza, Bilbao e Bruxelles (Lautso *et al.* 2004).

Tabella 1. Classificazione delle misure di riduzione degli spostamenti (da Banister 2001).

| Classificazione | Misure |
|------------------------------------|---|
| Organizzazione e misure gestionali | Car pooling Car sharing Integrazione tariffaria Temporalità urbane Trasporto pubblico rispondente alla domanda Campagne di sensibilizzazione Decongestionamento dei punti critici Ottimizzazione dei trasporti |
| Infrastrutture | Ripartizione stradale con priorità alle biciclette Ripartizione stradale con priorità ai veicoli con più passeggeri (<i>HOV</i> = <i>high occupancy vehicles</i>) Parcheggi scambiatori Capacità dei parcheggi Ripartizione stradale con priorità al trasporto pubblico Contenimento e riduzione della capacità veicolare delle strade Traffic calming Aree ad accesso controllato |
| Misure finanziarie | Incentivi alla mobilità “dolce” Tariffe dei parcheggi Investimenti sul trasporto pubblico Incentivi al trasporto pubblico Road pricing |
| Uso del suolo | Localizzazione dei nuovi insediamenti Localizzazione imprese Mixité funzionale Progetto dei nuovi insediamenti Insediamenti car-free |
| Tecnologia | Consegna a domicilio di beni e servizi Informazione Teleattività Telelavoro |

Tra le misure ‘carota’, la più incisiva dal punto di vista della razionalizzazione degli spostamenti, sia direttamente, sia indirettamente per gli effetti a catena che può determinare nelle altre, è sicuramente quella relativa all’integrazione fra pianificazione territoriale e pianificazione della mobilità alle varie scale di riferimento, che rimanda al rapporto fra uso del suolo e sistema dei trasporti. La relazione fra *land use* e mobilità, nelle sue linee essenziali, è facilmente comprensibile: la presenza di infrastrutture richiama la localizzazione di attività, la presenza di attività induce mobilità e quindi domanda di infrastrutture. In realtà le interazioni sono molto più articolate e complesse, anche per effetto delle diverse velocità di trasformazione delle componenti infrastrutturali rispetto alle variabili socio-economiche, ma pur sempre riconducibili a un modello circolare come quello riportato in Fig. 6 (Wegener 2004).

Su questo duplice terreno è da registrare negli ultimi tempi la messa a punto di modelli quantitativi e strumenti di simulazione tarati su diversi obiettivi particolari:



Figura 5. Opzioni di riduzione degli spostamenti (Banister 2001).

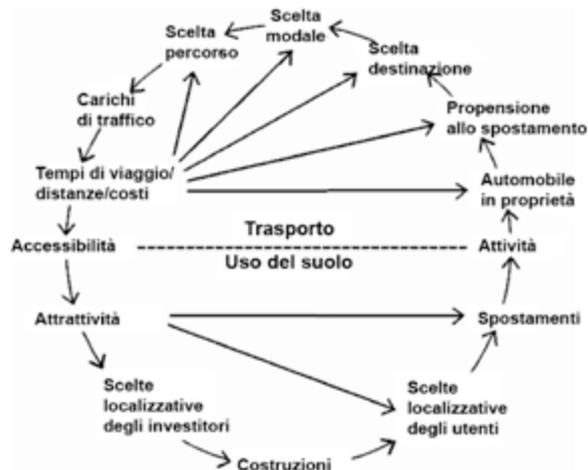


Figura 6. Interazioni fra trasporto e uso del suolo (Wegener 2004).

- orientare le politiche pubbliche, non solo per ottimizzare gli investimenti sul capitale fisso e /o favorire determinati scenari di sviluppo economico (obiettivo perseguito dai modelli LT, *land-use transport* (Wegener 2004), ma anche, più recentemente, per rendere coerenti questi ultimi con strategie a lungo termine di sostenibilità urbana, ivi compresi il raggiungimento o il mantenimento di prefissati standard ambientali e sociali (obiettivo dei modelli LTE, *land-use transport environment*¹⁵, cfr. Lautso, Wegener 2007);
- orientare le politiche pubbliche al fine di neutralizzare, per quanto possibile, gli effetti negativi sull'accessibilità urbana e regionale connessi al progressivo aumento di costo dei combustibili fossili previsto per i prossimi decenni¹⁶ (Monzón, Nuijten 2006);
- valutare le ricadute socio-economiche derivanti dall'applicazione nelle varie realtà regionali di politiche di mobilità ambientalmente sostenibile rispetto ai trend correnti (OECD 2002);
- quantificare la domanda di trasporto indotta dalle trasformazioni urbane per pervenire a soluzioni integrate (Transport of London 2010)¹⁷.

¹⁵ Come il citato progetto PROPOLIS, in cui sono stati valutati gli effetti di politiche di infrastrutturazione (sulla base dei programmi locali delle aree campione) e di *pricing* (aumento dei costi operativi d'uso dei mezzi privati e delle tariffe per la sosta, introduzione di un pedaggio per l'accesso alle zone centrali durante le ore di punta) sull'evoluzione, simulata con l'ausilio di modelli LT applicati a rappresentazioni georeferenziate dei territori esaminati, di un set di indicatori relativi alle tre dimensioni della sostenibilità urbana nell'arco di venti anni (Lautso *et al.* 2004).

¹⁶ Il riferimento è al programma STEPs, sviluppato nell'ambito del Sesto programma quadro per la ricerca, in cui sono simulati gli scenari risultanti combinando variamente diverse percentuali d'incremento del prezzo al consumo dei carburanti (+1%, +4%, +7% su base annua) a tre «set di politiche»: *business as usual* (mantenimento dei trend attuali di adeguamento dei sistemi infrastrutturali e di progresso tecnologico nel campo dei trasporti), investimenti nelle infrastrutture e nella ricerca di combustibili e/o motorizzazioni alternative, regolamentazione della domanda (limitazioni e/o disincentivi all'uso dei mezzi privati).

¹⁷ Ai fini dell'elaborazione del *Travel Plan*, il «piano degli spostamenti» reso obbligatorio dalla Strategia di sviluppo spaziale della Grande Londra del 2008 per gli interventi di trasformazione urba-

Dal punto di vista operativo, il principio di coerenza tra scelte localizzative e sistema della mobilità comporta un riallineamento fra strumenti di piano generali e di settore, da un lato assumendo l'accessibilità, nelle sue varie articolazioni modali, come parametro fondamentale delle scelte di *land use*, dall'altro traguardando l'obiettivo della qualità del trasporto a quello più generale della qualità urbana. Ciò significa innanzitutto fare riferimento a una dimensione territoriale sufficientemente ampia da 'auto-contenere' i principali flussi generati dal sistema insediativo e all'interno di questa dimensione considerare il piano territoriale – nei suoi contenuti strutturali – e il piano della mobilità – nelle sue opzioni di fondo – come momenti complementari e sinergici di un medesimo processo volto a realizzare, attraverso obiettivi e traguardi intermedi, uno scenario di lungo periodo considerato strategico dalla comunità. È questo, fra l'altro

[i]l messaggio di fondo che emerge dalla lettura dei documenti fondativi della politica della mobilità urbana sostenibile e, più in generale, dalla strategia europea sull'ambiente urbano [...]: le sfide nuove, che la sostenibilità urbana pone, richiedono un radicale ripensamento dei tradizionali strumenti di governo della città. Non più le abitudini politiche di settore, ma un approccio sistemico mirato alla soluzione dei problemi complessi. Non più le politiche che avviano azioni di cui non si è in grado di valutare l'efficacia e l'efficienza, ma piani e programmi monitorati e valutati periodicamente con procedure basate sul principio del *performance management* e sul coinvolgimento partecipativo delle comunità locali (Socco 2009: 23).

Il «Coordinamento tra uso del suolo e pianificazione trasportistica» è la prima tra le «principali misure di management» indicate nel Documento preliminare per la redazione di Piani della mobilità urbana sostenibile (SUTP, *Sustainable urban transport plan*) prevista dalla Strategia tematica sull'ambiente urbano adottata dalla Commissione Europea nel 2006¹⁸. A partire dalla ricognizione di alcune esperienze innovative portate avanti a livello locale, l'allegato tecnico incluso nel Rapporto descrive i tre grandi obiettivi verso cui tale coordinamento dovrebbe tendere, a loro volta articolati in azioni potenzialmente applicabili ovunque:

- *Sviluppo urbano orientato al trasporto pubblico* – applicazione del modello TOD sia agli insediamenti esistenti, sia a quelli di nuova formazione; rinnovo delle stazioni ferroviarie e delle aree al contorno come punti di condensazione del tessuto e delle attività urbane;

na, Transport of London – l'autorità preposta al governo della mobilità nella capitale britannica – ha messo a disposizione un software online (ATTrBuTE), che consente di verificare *ab origine* e testare in fase di elaborazione il rispetto delle soluzioni progettuali ai principi di corrispondenza tra scala dell'intervento e capacità di trasporto e di equità nei confronti di tutte le categorie di utenti (<<http://www.attrbute.org.uk/>>).

¹⁸ Le altre misure sono: promuovere e potenziare il trasporto collettivo, incoraggiare la mobilità ciclabile e pedonale, gestire la distribuzione delle merci in ambito urbano, gestire la sosta, introdurre pedaggi nelle strade urbane (*road pricing*), applicare la moderazione del traffico (*traffic calming*), ridurre l'accesso ai mezzi su strada più inquinanti, favorire l'uso di veicoli più puliti e silenziosi, misure *soft* e *smart* (*car-sharing*, pianificazione degli spostamenti per scuola e lavoro, centrali di mobility management, campagne di sensibilizzazione) (CE 2007b).

- *Sviluppo urbano strutturato sulle brevi distanze* – promozione di una *mixité* funzionale a grana fine; trasformazione delle aree dismesse nelle zone centrali in funzione della mobilità pedo-ciclabile; creazione di reti continue per la mobilità elementare; miglioramento della comunicazione e della segnaletica rivolta a pedoni e ciclisti; qualificazione architettonica e paesaggistica degli spazi pedonali e ciclabili;
- *Sviluppo urbano orientato a creare zone car-free* – progettazione di nuovi quartieri per utenti senza auto¹⁹, politiche della sosta e regolamenti edilizi che scoraggino l'uso dell'automobile²⁰, riduzione delle carreggiate e attribuzione degli spazi recuperati a diversi usi pubblici²¹.

Con un'impostazione del tutto simile, l'Institute for Transportation & Development Policy (ITDP), un'organizzazione non governativa dedicata allo sviluppo di strategie di mobilità sostenibile con sede negli Stati Uniti e succursali in Sud America, Europa e Asia, ha lanciato nel 2010 la campagna *Our cities ourselves. The future of transportation in urban life*. Il manifesto che ne è alla base, redatto in collaborazione con lo studio di architettura fondato a Copenaghen da Jan Ghel – uno dei precursori storici, con il suo libro *Life between buildings* (1971-2006), dei temi della sostenibilità urbana – ha la forma di un decalogo di principi a cavallo tra progetto urbano e gestione del traffico. Ogni principio è sviluppato in 3-4 corollari, illustrato con casi studio provenienti da tutti e cinque i continenti e comunicato mediante slogan. Li riportiamo, con il minimo indispensabile di integrazioni, confidando nella loro chiarezza:

- *Walk the walk!* – Fai camminare la gente ovunque in città / Falla andare a spasso / Collega le mete principali in una rete;
- *Powered by people!* – Rendi facile andare in bici / Rendilo sicuro / Rendilo divertente;
- *Get on the bus!* – Prenditi cura del passeggero / Promuovi soluzioni facili e a basso costo / Rendile flessibili e rispondenti ai bisogni / Rendile sensibili al paesaggio stradale;

¹⁹ Insediamenti residenziali con parcheggi comuni dislocati all'esterno. In Germania, quartieri di questo tipo (come Vauban a Friburgo o Weißenburg a Münster) rappresentano la naturale evoluzione del modello razionalista delle *Siedlungen*. Grazie all'ottima accessibilità con altri mezzi, l'80% delle famiglie residenti a Vauban non possiede l'automobile. Non avere auto in proprietà è anche la condizione per poter affittare un appartamento nei due blocchi urbani sperimentali realizzati a Vienna nel 2001 («Car-free Housing Project») e nel 2008 («Bike City»), caratterizzati da una tipologia a corte con giardino condominiale, dalla prossimità a fermate del TPL, dall'assenza di garage sostituiti da ingressi dedicati e ampi posteggi coperti per le biciclette e da un numero di parcheggi esterni comunque ridotto rispetto ai normali standard. Il successo dell'operazione (5.000 richieste per «Bike City» su 99 appartamenti disponibili) ha spinto la Città di Vienna a inserire nei suoi programmi di sviluppo la realizzazione in un'area vicino al Danubio di un ulteriore blocco per 250 appartamenti e di un hotel specializzato per i ciclisti.

²⁰ In Olanda viene applicata in larga scala una misura nota come «ABC location policy», introdotta a livello nazionale dal Quarto Rapporto sulla Pianificazione Spaziale (1988), che promuove la localizzazione di imprese e attrezzature in funzione dell'accessibilità dei siti, prevedendo tra l'altro che le dotazioni di parcheggi siano commisurate al livello di servizio del TPL, con limitazioni per i siti più accessibili (*A- e B-location*).

²¹ Tali principi non sono ad oggi applicabili in Italia a causa di normative urbanistiche e di settore (Codice della strada, Norme tecniche per la costruzione delle strade, ecc.) che impongono standard di parcheggi e dimensioni minime delle carreggiate ancora legate a una concezione mono-modale della circolazione urbana.

- *Cruise control!* – Rallenta: aumenterai lo spazio e la sicurezza per i pedoni / Bilancia l'accessibilità veicolare con l'opportunità di muoversi a piedi / Usa i sistemi intelligenti [per la gestione del traffico] / I privilegi si pagano [*congestion charge*];
- *Deliver the goods!* – Copri l'ultimo miglio [nella consegna merci] / Fissa le regole per raggiungere gli obiettivi [attraverso la tassazione dei mezzi più impattanti] / Dacci un freno [limitando orari e percorsi per i mezzi commerciali] / Diversifica le consegne [utilizzando mezzi diversi];
- *Mix it up!* – Incoraggia destinazioni d'uso miste sulle tre direzioni dei blocchi urbani / Concentra le attività al piano terra, vicino a dove la gente cammina / Lascia convivere attività diverse nello spazio pubblico;
- *Fill it in!* – Aumenta la densità intorno ai nodi del TPL / Recupera l'esistente prima di costruire il nuovo / Densifica il tessuto urbano costruendo negli interstizi;
- *Get real!* – Accogli la diversità e incoraggia le reti sociali / Proteggi il patrimonio culturale / Riscopri bellezze dimenticate / Riusa invece di ristrutturare;
- *Connect the blocks!* – Proteggi la diversità dei luoghi urbani / I nuovi isolati: bassi e piacevoli per il pedone / Risparmia risorse: costruisci isolati compatti;

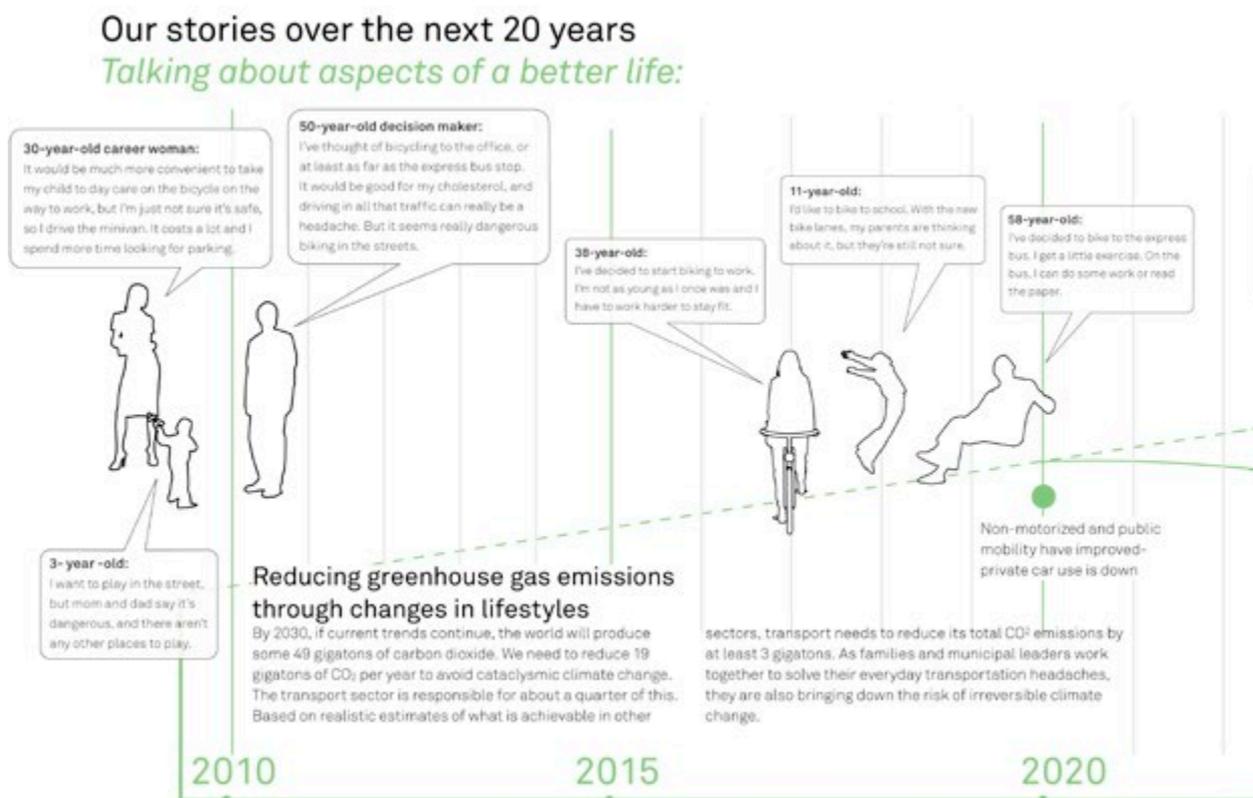
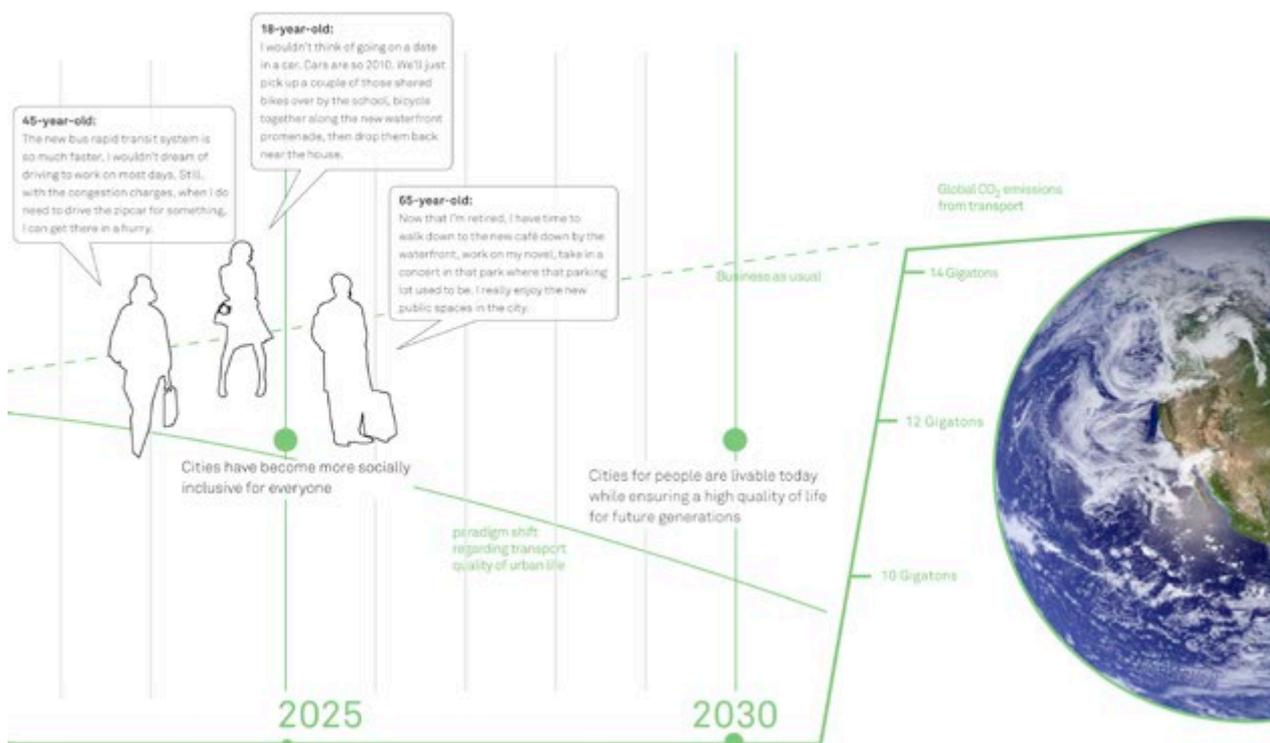


Figura 7. Le nostre storie nei prossimi vent'anni: il cambiamento dei nostri 'stili di mobilità' come premessa a una migliore qualità della vita (*Our cities ourselves*, 2010).

- *Make it last!* – Qualità dei materiali, nella produzione e nel design / Riutilizzo delle strutture e delle infrastrutture urbane durevoli / Abbi cura: gestisci e mantieni / Rendi memorabile o suggestivo il paesaggio urbano.

La campagna di sensibilizzazione promossa dall'ITDP è la prima a livello internazionale ad essere stata espressamente concepita per «affrontare il tema globale della sostenibilità, dando risalto al tema locale delle vivibilità urbana e utilizzando la mobilità come tramite fra globale e locale» (Fig. 7).

Con il tono informale del suo manifesto, il portale internet, le iniziative organizzate nelle principali aree urbane del mondo, essa si rivolge a cittadini e decisori pubblici con l'intento di convincerli sui vantaggi reali – non solo rispetto agli obiettivi di salvaguardia del pianeta fissati nelle agende internazionali, ma anche, cosa non meno importante, dal punto di vista della qualità della vita e persino della gioia di vivere di ciascun cittadino – conseguibili, nei paesi industrializzati, modificando il proprio modo di circolare in città, e nei paesi in via di sviluppo, sfruttando i bassi indici di motorizzazione privata come un punto di forza per impostare strategie sostenibili. D'altra parte, in termini meno accattivanti ma ugualmente chiari, l'idea di ripensare le città «per farne luoghi sani, piacevoli e accoglienti in cui vivere e permettere alle



comunità e alle economie locali di prosperare» costituisce l'«obiettivo globale» su cui è stata costruita la Strategia europea sull'ambiente urbano (CE 2004: 5).

7. Città in movimento e movimenti di città

Our cities ourselves è un esempio del ruolo svolto da internet come 'luogo' di formazione e dibattito sui temi della sostenibilità.

Community di associazioni ed enti locali, uniti dall'adesione a progetti internazionali o a dichiarazioni di principi, svolgono un ruolo sempre più incisivo nel fornire un aggiornamento in tempo reale delle sperimentazioni in atto e dei risultati conseguiti, affiancando i siti istituzionali e i portali tematici dei centri di ricerca. Tra le reti maggiormente impegnate sul fronte della mobilità e dei suoi risvolti energetici, si segnalano:

- lo Smart Growth Network americano (SGN, <<http://www.smartgrowth.org/>>), ispirato ai principi del New Urbanism e quindi teso a promuovere uno sviluppo urbano per nuclei compatti sul modello dei TOD
- e le reti europee:
- Energy Cities (<<http://www.energy-cities.eu/>>), creata nel 1990 e che vede oggi associati oltre mille comuni da trenta paesi;
 - Polis (<<http://www.polis-online.org/>>), che riunisce una sessantina di città di grandi e medie dimensioni, con gruppi di ricerca organizzati sugli aspetti ambientali, socio-economici, dell'efficienza e della sicurezza dei trasporti e un segretariato permanente a Bruxelles per sostenere la partecipazione dei suoi soci a progetti europei;
 - CIVITAS (City-Vitality-Sustainability, <<http://www.civitas-initiative.org/>>), che oltre a raggruppare le città beneficiarie dell'omonimo fondo di co-finanziamento europeo riservato a progetti pilota nel campo della mobilità sostenibile²², supporta sullo stesso tema un forum aperto a tutte le comunità locali a cui sono iscritte circa 140 città.

Per effetto di questo circuito planetario di informazioni, anche il comportamento virtuoso di città di dimensioni medie o piccole perde il carattere di mera testimonianza, legittimandole come laboratori di mobilità sostenibile esclusivamente in ragione del valore innovativo e dell'efficacia delle soluzioni sperimentate.

È il caso ad esempio di Graz, città austriaca di 258.000 abitanti (capoluogo di una provincia di 390.000), che per prima ha deciso, agli inizi degli anni Novanta, di appli-

²² L'iniziativa è stata avviata nell'ambito del Quinto programma quadro per la ricerca (CIVITAS I 2002), e riproposta all'inizio del 2005 nell'ambito del Sesto programma (CIVITAS II). I progetti finanziabili devono fare riferimento alle seguenti otto tipologie di provvedimenti: carburanti e veicoli 'puliti'; strategie di tariffazione integrata; riduzione della dipendenza dall'auto; pianificazione integrata, piani della mobilità sostenibile, *mobility marketing* e campagne di sensibilizzazione; zone a traffico limitato; trasporto collettivo; trasporto delle merci in ambito urbano; *transport management*. Le città coinvolte sono finora 36, con un budget di 100 mln € (a cui vanno aggiunte le quote di finanziamenti locali, per un totale d'investimenti destinato a superare i 300 mln €).

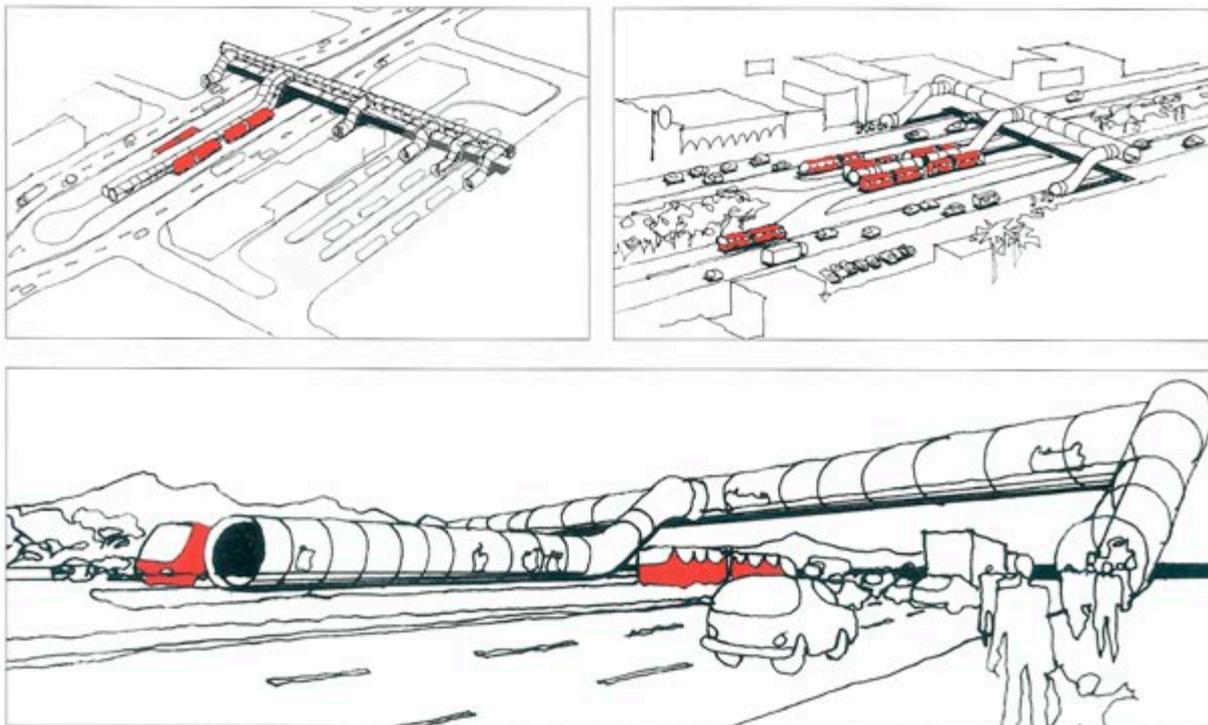


Figura 8. I nodi d'interscambio degli express-bus di Curitiba, come immaginati (e realizzati) dal sindaco architetto Jaime Lerner (1966-1990; Shannon K., Smets M., *The Landscape of Contemporary Infrastructure*, NAI Publishers, Rotterdam, 2010).

care il limite di 30 km/h per gli autoveicoli a tutto l'abitato, con la sola eccezione delle principali arterie (meno del 20% della rete stradale urbana). Oltre a produrre un crollo dell'incidentalità, questo ha consentito di ridurre sistematicamente le dimensioni delle carreggiate e di riprogettare gli spazi recuperati a vantaggio degli altri utenti della strada (ampliamento dei marciapiedi, piste ciclabili, piattaforme dedicate al TPL), migliorando sensibilmente la fruibilità e l'immagine urbana. Negli anni successivi Graz ha rafforzato la sua riconoscibilità come città-paladina della *gentle mobility* (*Sanfte Mobilität*), con l'adozione già nel 1995 di un piano strategico per la mobilità integrata, la cui implementazione fino ad oggi ha portato al 55% la quota degli spostamenti medi giornalieri effettuati con modalità alternative ai mezzi privati a motore²³. Nell'ambito del programma CIVITAS I (2002-2006), Graz ha investito 12 mln € (di cui 4,2 mln € di contributo europeo) nel progetto pilota denominato Trendsetter, finalizzato ad abbinare programmi avanzati di gestione della mobilità a flotte di veicoli non inquinanti, ottenendo due nuovi primati: prima città mondiale i cui mezzi di trasporto pubblico su gomma (bus e taxi), sono al 100% alimentati da biodiesel ottenuto dal recupero degli oli esauriti²⁴; prima città in Austria ad aver aperto un *mobility center* per l'informazione e l'orientamento di utenti privati e aziende a favore delle modalità alternative.

²³ Mobilità pedonale 19%, bicicletta 14%, TPL 20% (dati 2008).

²⁴ Ciò ha comportato la creazione di un servizio di raccolta porta a porta e la realizzazione della centrale di trattamento. Il distributore di biodiesel per i taxi è stato in seguito aperto anche agli automobilisti privati.

Altre città di dimensioni analoghe svolgono un ruolo d'avanguardia nei rispettivi paesi: Chambéry, Nantes e Strasburgo in Francia, Friburgo e Karlsruhe in Germania, York nel Regno Unito, Reggio Emilia in Italia. Fra queste, Strasburgo e Friburgo in particolare sono ormai riconosciute come modelli internazionali, grazie all'elevato livello d'integrazione raggiunto fra politiche della mobilità, imperniata in entrambi i casi sulla riduzione degli spazi dedicati al traffico veicolare e in una stretta sinergia fra TPL e mobilità ciclabile, e strategie urbanistiche, all'insegna, rispettivamente, della riqualificazione urbana dei contesti attraversati dalle nuove tranvie e della riconversione di aree dismesse in quartieri ecologici.

In Sud America sono invece alcune grandi città ad aver lanciato sperimentazioni innovative poi riprese in altre parti del mondo, come Curitiba in Brasile (Fig. 8) e Bogotá in Colombia, il cui modello di «metro-bus» – caratterizzato da mezzi su gomma ad alta capacità e frequenza, percorsi protetti, fermate relativamente distanziate e progettate in modo da ridurre al minimo i tempi di salita e discesa – è stato adattato a realtà francesi molto diverse, come Nîmes (asse nord-sud del trasporto collettivo in sede propria, in via di costruzione) e Parigi (servizio «Mobilien»). È invece proprio dalla capitale francese che si sono diffusi nel mondo i servizi 'intelligenti' di bike-sharing («Vélib»)²⁵ ed è stata lanciata la sperimentazione, sullo stesso modello, di un servizio di noleggio di *mini-car* elettriche («Autolib»)²⁶.

Al di là dell'interesse per le singole misure, le esperienze delle città – siano esse giurisdizioni comunali, di area metropolitana o entità amministrative a statuto speciale – che hanno avviato con più decisione processi di riforma dei propri sistemi di trasporto in una prospettiva di maggiore sostenibilità, rivelano tutte, pur nella diversità delle impostazioni seguite e degli strumenti utilizzati, un ulteriore livello di integrazione che occorre perseguire in aggiunta a quelli già evidenziati (integrazione tra piani generali e di settore e tra le diverse forme di mobilità) per rendere concreti i cambiamenti: l'integrazione fra pianificazione e gestione; ovvero l'internalizzazione nella costruzione delle strategie delle problematiche connesse all'implementazione dei progetti (ivi compresi gli aspetti economico-finanziari) e alla gestione dei servizi²⁷.

²⁵ Il «Vélib» è un servizio in abbonamento finalizzato a coprire la distanza tra una fermata del TPL e il luogo di destinazione. Utilizzando una card magnetica è possibile prelevare e depositare una bicicletta da qualsiasi postazione delle circa 1.800 distribuite nella capitale e nei 30 comuni limitrofi a distanza di ca. 300 m l'una dall'altra. Una centrale operativa controlla la disponibilità dei mezzi nelle varie aree, provvedendo a spostarli durante l'arco della giornata in funzione della domanda. Servizi simili sono stati attivati in tutto il mondo in decine di città di varia dimensione, da Barcellona («Bicing», con oltre 420 stazioni) a Parma («PuntoBici», 15 stazioni), da Washington («Capital Bikeshare», 110 stazioni) a Montréal («Bixi», 405 stazioni). Con una rete di quasi 2.200 stazioni distanziate a 100 metri e oltre 60.000 bicilette in servizio (a Parigi sono 20.000), Hangzhou, in Cina, è la città che offre il servizio più capillare del mondo.

²⁶ L'obiettivo di «Autolib» è quello di ridurre ulteriormente il già basso indice di auto in proprietà che caratterizza l'area parigina (44 ogni 100 abitanti) attraverso l'offerta a noleggio di veicoli 'puliti' e silenziosi, con parcheggio garantito prenotabile via smartphone. Lo stock di auto all'attivazione del servizio (1° dicembre 2011) è di 3.000 unità, su 1.120 aree di sosta (di almeno 6 posti ciascuna) riservate all'interno di 46 comuni.

²⁷ Le strutture per garantire una gestione unitaria della mobilità entro gli ambiti corrispondenti ai principali sistemi di relazioni locali possono essere diverse: uffici interni alle istituzioni pubbliche, agenzie pubbliche ad hoc con funzioni di coordinamento, aziende partecipate con responsabilità dirette, ad esempio, nella fornitura di servizi (TPL, sosta a pagamento, *bike sharing*), ecc. Anche in questo caso esiste una rete, l'EMTA (European Metropolitan Transport Authorities, <<http://www.emta.com/>>) che riunisce i principali attori europei.

Un aspetto, quello dell'operatività, che lo stesso rapporto Brundtland riconosceva come il nodo cruciale dello sviluppo sostenibile.

Riferimenti bibliografici

- Alberti F. 2008. *Progettare la mobilità*, Edifir, Firenze.
- Banister D. 2000. *Sustainable mobility*, «Built environment», 3 (26): 175-185.
- Calthorpe P. 1993. *The Next American Metropolis. Ecology, Community and the American Dream*, Princeton Architectural Press, New York.
- Camagni R., Gibelli M.C. e Rigamonti P. 2002. *I costi collettivi della città dispersa*, Alinea, Firenze.
- CE (Commissione Europea) 2004. *Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano*, COM(2004) 60 IT.
- 2006. *Strategia tematica sull'ambiente urbano*, COM(2005) 718 IT.
- 2007. *Libro verde. Verso una nuova cultura della mobilità urbana*, COM(2007) 551 IT.
- 2007b. *Sustainable Urban Transport Plans. Preparatory Document in relation to the follow-up of the Thematic Strategy on the Urban Environment*. Technical Report - 2007/018.
- 2009. *Piano d'azione sulla mobilità urbana*, COM(2009) 490 IT.
- 2011. *Libro bianco. Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti – Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile*, COM(2011) 144 IT.
- Corboz A. 2000. *Switzerland as a hypercity*, «Le visiteur. Ville, territoire, paysage, architecture», 6: 47-53.
- Crawford M. 2010. *Productive Urban Environments*, in Mostafavi M., Doherty G. (a cura di), *Ecological Urbanism*, Harvard University, Lars Müller Publishers, Baden: 142-143.
- Desjardins X. 2010. *Que retenir de la courbe de Newman et Kenworthy?*, «Études foncières», 14: 27-29.
- Frey H. 1999. *Designing the City: Towards a More Sustainable Urban Form*, Taylor & Francis, Abingdon.
- Gehl J. 2006. *Life between buildings. Using public space*, ed. orig. 1971, The Danish Architectural Press, Copenhagen.
- Haughton G., Hunter C. 1994. *Sustainable Cities*, Jessica Kingsley Publishers, Londra.
- ITDP (Institute for Transportation & Development Policy), Ghel Architects 2010. *Our cities ourselves. The future of transportation in urban life*, <<http://www.ourcitiesourselves.org/>>, 07/11.
- Kaparias I., Zavitsas K., Bell M.G.H. 2009-2010. *State-of-the-art of urban traffic management policies and technologies*, Deliverable No. 1.2-1.3, CONDUITS (Coordination of network descriptors for urban intelligent transport systems), 7th Framework Programme – Theme: Transport <<http://www.conduits.eu/>>, 07/11.
- Lautso K. et al. 2004. *PROPOLIS. Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability: Final Report*, 5th Framework Programme – Theme: Energy, Environment and Sustainable Development <http://www.iee-library.eu/images/all_ieelibrary_docs/229_propolis.pdf>, 07/11.

- Lautso K., Wegener M. 2007. *Integrated Strategies For Sustainable Urban Development*, in Marshall, Banister 2007: 153-175.
- Lehmann S. *The Principles of Green Urbanism. Transforming the City for Sustainability*, Earthscan, Oxford, 2010.
- Marshall S., Banister D. (a cura di) 2007. *Land Use And Transport. European Research Towards Integrated policies*, Elsevier, Oxford.
- Melia S., Parkhurst G., Barton H. 2011. *The paradox of intensification*, «Transport Policy», 18 (1): 46-52, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.05.007>>, 07/11.
- Monzón A., Nuijten A. (a cura di) 2006. *Transport strategies under the scarcity of energy supply*, Buck Consultants International, L'Aia.
- Nessi H. 2010. *Formes urbaines et consommation d'énergie dans les transports*, «Études foncières», 14: 30-32.
- Newman P., Kenworthy J. 1990. *Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook*, Gower, Aldershot.
- 2000. *Sustainable urban form: the big picture*, in Williams K., Burton E., Jenks M., 2000: 109-120.
- Newman P., Beatley T., Boyer H. 2009. *Resilient Cities. Responding to Peak Oil and Climate Change*, Island Press, Washington.
- OECD (Organization for Economic and Co-operation and Development) 2002. *Policy instruments for achieving environmentally sustainable transport*, Parigi.
- Socco C. 2009. *Il piano urbano di mobilità sostenibile. Linee d'azione, indicatori e monitoraggio*, OCS (Osservatorio città sostenibili, Dipartimento Interateneo Territorio, Politecnico di Torino), Alinea, Firenze.
- Transport of London 2010. *Travel planning for new development in London. Incorporating deliveries and servicing*, Mayor of London <http://www.lscp.org.uk/newwaytoplan/travelplan_guidance.html#sh1>, 07/11.
- Urban Task Force (R. Rogers *et al.*) 1999. *Towards an Urban Renaissance*, Department of the Environment, Transport and the Regions, London; Spon Press, Abingdon, Oxon.
- Wegener M. 2004. *Overview of land-use transport models*, in Hensher D.A., Button K.J. (a cura di) 2004, *Transport Geography and Spatial Systems*. Handbook in Transport, 5, Pergamon/Elsevier Science, Kidlington: 127-146 <http://www.spiekermann-wegener.com/pub/pdf/MW_Handbook_in_Transport.pdf>, 07/11.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) 2004. *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*, Ginevra.
- 2009. *Mobility for development*, Ginevra.
- Williams K., Burton E., Jenks M. (a cura di) 1996. *The Compact City: a Sustainable Urban Form?*, E. & F.N. Spon, Londra.
- 2000. *Achieving Sustainable Urban Form*, E. & F.N. Spon, Londra.

Strumenti per scenari di sviluppo energeticamente sostenibili

Gianni Scudo, Matteo Clementi

1. Introduzione

Il testo presenta alcuni risultati di una ricerca, commissionata dall'Istituto IRE-Alp della Regione Lombardia¹ sulla elaborazione di linee guida per la stesura di scenari di riduzione delle emissioni di CO₂ in comuni di area montana, assumendo come caso studio il Comune di Albosaggia in Valtellina. Obiettivo della ricerca è l'individuazione di una metodologia per valutare le potenzialità della diffusione di tecnologie da fonte energetica rinnovabile (FER) e la riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂ a scala insediativo-territoriale, nella logica della «sostenibilità forte»² a partire da una conoscenza specifica approfondita del metabolismo energetico del territorio.

Il comune di Albosaggia si estende nel versante orobico della Valtellina (versante sud, orientato a nord) non particolarmente favorito per quanto riguarda l'esposizione solare e caratterizzato dal diffuso processo di squilibrio metabolico degli insediamenti montani non turistici: l'abbandono definitivo di un modello di uso 'migratorio' delle risorse ambientalmente ed energeticamente sostenibile del territorio (presidi della mezza costa, alpeggi in quota, produzione agricola e forestale) ha prodotto un impoverimento del sistema ambientale ed il dislocamento della popolazione dai borghi verso il fondovalle con un modello di uso stanziale ambientalmente poco sostenibile.

L'analisi territoriale approfondisce il concetto di paesaggio-ambiente come insieme sistemico di risorse e funzioni, antropiche e naturali, utilizzando lo strumento di diagnosi del bilancio ecologico territoriale derivante dalle analisi proprie dell'Ecologia del Paesaggio.

Il confronto tra le tre soglie storiche del catasto del 1855, dell'uso del suolo del 2009 e di quello previsto per il 2020 come proiezione delle azioni del progetto ambientale

¹ «Energia e Ambiente. Progetto di ricerca per la valutazione delle trasformazioni necessarie a ridurre il consumo dei combustibili fossili, le emissioni di CO₂ ed incrementare l'utilizzo delle fonti rinnovabili applicato ad una unità amministrativa territoriale in ambito montano (Albosaggia – SO)». Responsabile della ricerca prof. R. Cecchi, consulente scientifico prof. G. Scudo. Gruppo di ricerca: Dario Kian (IREALP), prof. V. Lima, L. Bertazzoni, M. Clementi, G. Garrone, F. Soro, P. Vasino (Dipartimenti DIAP E BEST del Politecnico di Milano), consulente scientifico per gli aspetti legati al potenziale geotermico a bassa entalpia Adriana Angelotti (Dipartimento BEST del Politecnico di Milano).

² Secondo i principi della «sostenibilità forte» una qualsiasi attività può essere considerata sostenibile se la velocità di prelievo di risorse dall'ecosistema è almeno pari alla velocità di rigenerazione delle stesse, e se la velocità di immissione di rifiuti è almeno pari alla velocità di assorbimento degli stessi da parte dell'ecosistema interessato (Daly 1990; 2004).

proposto, hanno consentito di individuare un nuovo sistema di relazioni tra l'uso delle risorse del territorio (ambientali, fisiche, geografiche, culturali, sociali), il recupero degli elementi del paesaggio-ambiente (manufatti come alpeggi, caselli del latte... ma anche strutture e tipi di paesaggio quali prati stabili, pascoli, boschi di latifoglie, ripe boscate, brughiere...) e una pianificazione sostenibile basata sull'uso razionale dell'energia e sull'uso sostenibile delle risorse ambientali – acqua, biomassa, sole e terra.

2. Le risorse energetiche locali come fattore di sviluppo autosostenuto

L'attenzione alla sostenibilità ambientale 'forte' ha portato ad individuare nella abbreviazione delle catene produzione/consumo di energia e nella rimodulazione/riduzione dei flussi che le compongono, un'opportunità per favorire la massima ricaduta economica locale, verso forme di quasi autonomia energetica basate sulla rigenerazione multifunzionale del territorio.

Le informazioni utili al conseguimento di tale obiettivo hanno implicato un'attività di ricerca su due specifici ambiti, relativi rispettivamente alla domanda locale di energia e all'offerta locale di energia rinnovabile, che in un sistema autosostenuto dovrebbero incontrarsi limitando i flussi di materia ed energia all'ambito locale.

La conoscenza della dinamica territorializzata domanda/offerta è stata articolata in modo tale da essere di supporto all'ultima fase dello studio, finalizzata alla definizione delle strategie e dei conseguenti scenari di riduzione delle emissioni di CO₂ delle attività situate nell'ambito territoriale comunale.

Lo studio è stato occasione per investigare le potenzialità di utilizzo dei Sistemi Informativi Territoriali (SIT) per rispondere alle seguenti esigenze:

- individuazione e mappatura dei fattori che influenzano i consumi energetici dell'edificato esistente;
- quantificazione e rappresentazione della differente distribuzione sul territorio comunale del potenziale energetico rinnovabile, nello specifico di derivazione solare e in maniera meno approfondita, a causa della mancanza di rilievi più accurati, per l'utilizzo di scambiatori a terreno tramite sonde geotermiche.

Trattandosi di un comune di montagna di dimensioni ridotte (3150 abitanti per un'estensione di circa 34 km quadrati) l'attenzione alla domanda di energia è stata focalizzata specialmente sul settore residenziale, con l'intenzione di comprendere l'efficacia delle opportunità di intervento applicabili all'edificato esistente, valutando le possibilità offerte dall'incremento delle prestazioni dell'involucro, e la fattibilità di tali interventi in relazione alle differenti configurazioni del tessuto urbano.

L'analisi della potenzialità energetica a scala territoriale si inserisce all'interno della metodologia della ricerca sintetizzata schematicamente nella Fig. 1.

2. Il Potenziale rinnovabile locale nel contesto territoriale

L'approfondimento delle specificità territoriali attuali e di quelle storicamente consolidate ha consentito l'individuazione del potenziale espresso dal territorio rispetto alle produzioni di energia da fonti rinnovabili ed una sua localizzazione precisa

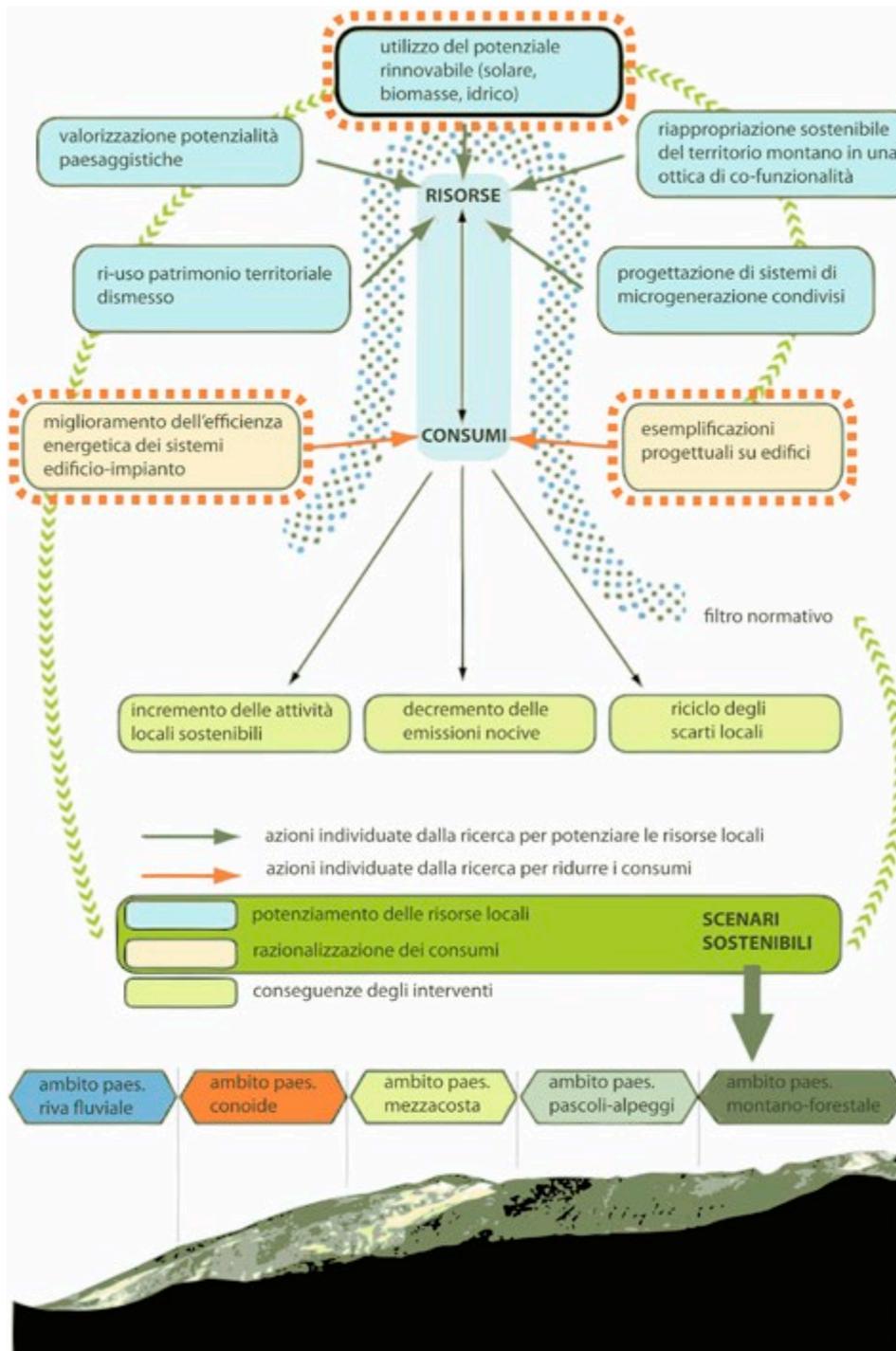


Figura 1. Schema rappresentativo della metodologia della ricerca, la linea tratteggiata arancio evidenzia gli ambiti oggetto delle valutazioni quantitative sperimentali, finalizzate all'elaborazione di scenari di riduzione dei consumi del settore residenziale e di uso ottimale del potenziale rinnovabile locale.

in mappe che individuano Aree Vocazionali relative alla risorse del sole, delle biomasse, dell'acqua e della terra (in forma di geotermia superficiale).

L'individuazione delle aree vocazionali relative all'utilizzo del sole è stata resa possibile tramite la mappatura del potenziale energetico solare sul territorio comunale, l'individuazione delle aree vocazionali associate all'acqua ha comportato l'analisi del potenziale utilizzo di impianti minidroelectrici, e in maniera meno approfondita l'utilizzo del suolo e dei bacini idrici nel sottosuolo come scambiatori di calore, le aree vocazionali relative alle biomasse sono il risultato dell'analisi del potenziale uso energetico della biomassa vegetale locale e dei reflui di derivazione zootecnica.

I paragrafi che seguono approfondiscono maggiormente le fasi della ricerca relative alla stima del potenziale solare locale, alla metodologia sperimentale utilizzata per la stima del fabbisogno energetico dell'edificato esistente e alla definizione delle relative strategie di riduzione dei consumi ed uso del potenziale energetico rinnovabile locale.

2.1 Approfondimenti sulla stima del potenziale solare locale

Gli approfondimenti sul potenziale solare sono stati condotti con l'ausilio di Sistemi Informativi Territoriali. Occupando il comune di Albosaggia il versante della Valtellina meno esposto alla radiazione solare, tali strumenti hanno consentito di utilizzare un Digital Elevation Model³ della valle per effettuare la simulazione dell'attuale condizione di irraggiamento nei diversi mesi dell'anno. Al fine di tenere in considerazione le ombre portate dai rilievi montani circostanti è stato necessario mappare un'area molto più vasta del comprensorio comunale (Fig. 2). Tale modello ha consentito di simulare l'irraggiamento solare locale rappresentativo della media mensile, e di sovrapporre le elaborazioni cartografiche ottenute con la carta tecnica regionale (Figg. 4 e 5), in modo tale da poter facilmente associare le informazioni elaborate alle specifiche condizioni del contesto e alla localizzazione dell'edificato esistente. Le mappe elaborate sono state arricchite di isoplete che mostrano il quantitativo di irraggiamento incidente, rendendo la cartografia più facilmente comprensibile e utilizzabile, senza l'ausilio di software specifici di consultazione.

L'estratto di mappa presentato in Figura 5 relativo ad uno degli storici insediamenti di alta quota dell'area comunale, denuncia in maniera chiara l'attenzione posta storicamente alla localizzazione dell'edificato nelle parti più assolate del territorio. L'utilizzo di Sistemi Informativi Territoriali ha consentito inoltre di associare ai singoli poligoni rappresentativi degli edifici le condizioni di irraggiamento annuale sulle coperture, evidenziando le differenziate condizioni in cui si trova l'edificato all'interno del territorio comunale.

3. Stima del fabbisogno locale di energia

L'obiettivo di favorire sistemi fondati sull'autosostenibilità energetica locale ha reso necessario comprendere quanto l'offerta potenziale rinnovabile possa es-

³ Un Digital Elevation Model (DEM), è una mappa raster che associa ai singoli pixel l'altezza sul livello del mare del punto rappresentato, a seconda della scala può avere differenti risoluzioni, 1 pixel = 40m alla scala territoriale, fino alla scala microurbana con una risoluzione di 1 pixel = 0,5m).

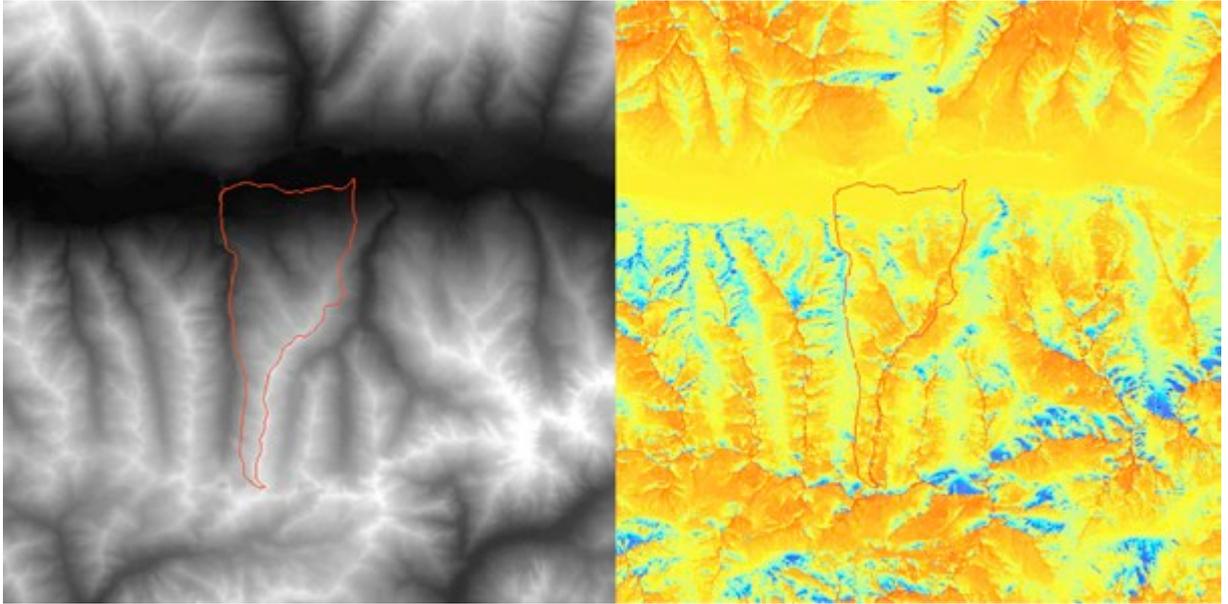


Figure 2 e 3. A sinistra, Digital Elevation Model dell'area oggetto di studio, a destra simulazione dell'irraggiamento solare utilizzando lo stesso modello.

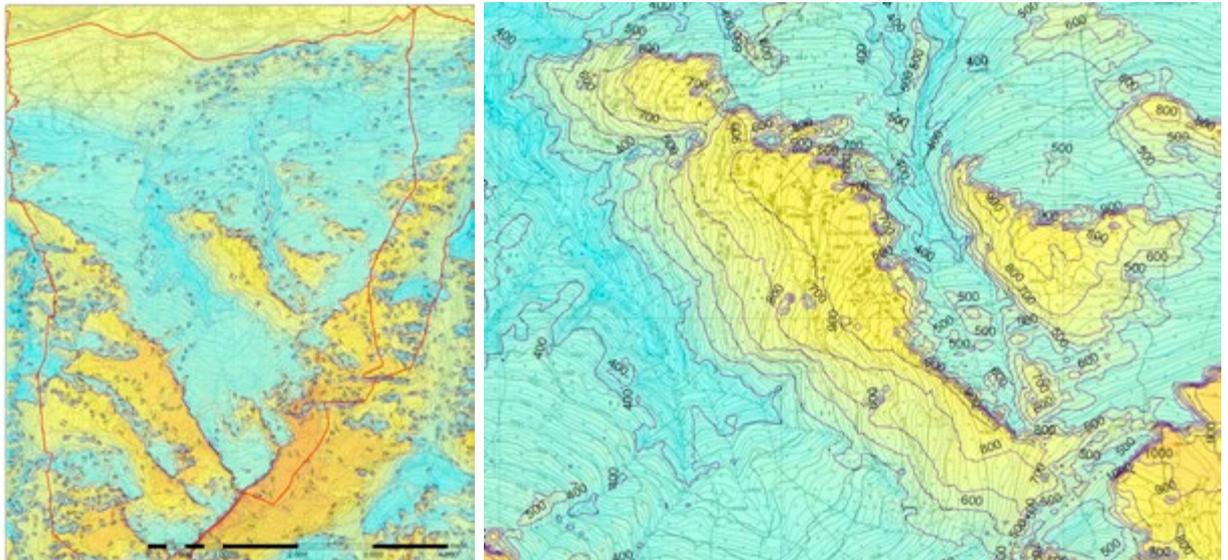


Figure 4 e 5. Stralcio e particolare della mappa della radiazione solare globale giornaliera nel mese di gennaio, incidente sul piano orizzontale, le isopete sono tracciate ad intervalli regolari di 100 Wh/mq.

ere utilizzabile per soddisfare la domanda locale di energia. Di conseguenza è stato in primo luogo necessario conoscere la domanda di energia locale e quindi capire quali sono le possibilità di ridurne l'ammontare aumentando l'efficienza energetica del sistema e favorendo l'avvicinamento tra domanda di energia e offerta rinnovabile.

Per quanto riguarda la reperibilità dei dati sui consumi locali, fortunatamente, la Regione Lombardia si è recentemente dotata di un efficace database chiamato SIRENA (Sistema Informativo Regionale Energia e Ambiente), che riporta i consumi energetici locali aggregati dalla scala regionale fino alla scala comunale, distinti per settori e per vettori energetici.

I dati registrati in SIRENA e riferiti al comune di Albosaggia, mostrano la prevalenza del settore residenziale, che da solo è responsabile del 47% del totale delle emissioni di CO₂, seguito dal settore dei trasporti. A partire da tale constatazione lo studio si è soffermato sull'analisi delle possibilità di ridurre i consumi energetici dell'edificato residenziale. Il livello di definizione delle informazioni archiviate in SIRENA, limitandosi alla scala comunale, non consente di definire adeguate strategie per la riduzione dei consumi energetici e di conseguenza delle emissioni di CO₂ (obiettivo principale dello studio). La condizione ideale affinché ciò sia possibile, presuppone di avere a disposizione informazioni sui consumi reali di ciascun edificio, in modo tale da poter definire i fattori che ne influenzano il fabbisogno e di conseguenza comprendere quali potrebbero essere le strategie di intervento più efficaci sulla base delle particolari condizioni di ognuno. Non avendo la possibilità di avere tale tipo di informazione, si è voluto intraprendere un iter sperimentale mirato alla definizione di una metodologia per la stima del fabbisogno dell'edificato residenziale. Il metodo è fondato sull'ausilio di Sistemi Informativi Territoriali, al fine di mappare quei fattori che influenzano il fabbisogno energetico dell'edificato e localizzarne la differente distribuzione sul territorio.

Le elaborazioni hanno prodotto informazioni relative a tutti gli edifici del comprensorio comunale, archiviate in specifiche banche dati georeferenziate per consentire da un lato di individuare casi studio rappresentativi delle caratteristiche rilevanti dell'edificato, e dall'altro di conoscerne la differente quota percentuale di prevalenza sul totale dei manufatti edilizi esistenti. Stime specifiche del fabbisogno energetico effettuate sui singoli casi studio rappresentativi ha consentito di individuare con minori margini di errore il fabbisogno energetico dell'edificato esistente. Ciò è stato reso possibile attraverso la messa a punto di uno specifico database georeferenziato in cui i differenti fattori che influenzano il fabbisogno energetico degli edifici residenziali sono stati associati ad ogni singolo poligono rappresentativo dell'edificio.

Tale struttura delle informazioni ha consentito di applicare i valori calcolati sui casi studio ai manufatti dalle caratteristiche simili arrivando a coprire l'intero edificato e di conseguenza pesare la rilevanza di particolari interventi di progetto nella definizione di scenari di efficientamento energetico dell'intero parco edilizio esistente. I risultati hanno consentito di definire le priorità da adottare alla scala comunale al fine di ridurre i consumi dell'edificato esistente, fornendo informazioni utili ad orientare le politiche di intervento sulla base di dati quantitativi, misurandone la rilevanza rispetto alle condizioni attuali dell'edificato. La registrazione di una differenza di valori del 5% tra i dati riportati a scala comunale nel database SIRENA e quelli calcolati con il metodo sperimentale appena presentato potrebbe costituire un caso fortunato di corrispondenza o dimostrare l'efficacia del metodo adottato. La conferma della seconda ipotesi è rimandata alle future applicazioni della stessa metodologia.

3.1 Mappatura dei fattori che influenzano il consumo energetico dell'edificato

Una volta definita la destinazione d'uso dell'edificato, in questo caso legata prevalentemente all'attività residenziale, gli altri fattori che ne influenzano il consumo energetico e che sono stati mappati, al fine di individuare le caratteristiche rilevanti del parco edilizio esistente, sono: i fattori climatici, i fattori tecnologici e i fattori di forma.

Fattori climatici – Ovvero (irraggiamento solare, temperatura, vento e umidità relativa). Per quanto concerne l'irraggiamento solare, la differenziazione della propria incidenza sull'edificato è stata oggetto di descrizione nei paragrafi precedenti. Riguardo alla temperatura e all'umidità relativa, considerando che gli edifici sono per la maggior parte localizzati nelle zone più a valle del comprensorio comunale, non sono state considerate differenziazioni mappabili sul territorio. La variazione della componente vento non è stata considerata in quanto necessiterebbe di un adeguata campagna di rilevamento.

Fattori tecnologici – Ovvero come sono costruiti gli edifici esistenti e quali sono le prestazioni termofisiche che tali materiali e relative tecniche costruttive assegnano agli elementi tecnici dell'edificio. In merito, informazioni utili sono state estratte dai catasti storici, attribuendo agli edifici esistenti informazioni relative alle differenti fasce storiche di appartenenza ed associando alle stesse differenti pacchetti costruttivi.

Fattori di forma – La cartografia a disposizione delle amministrazioni locali, se munita dell'altezza di gronda degli edifici, consente di sintetizzare le differenti caratteristiche dell'edificato in mappe bidimensionali attraverso il calcolo di specifici indicatori di forma.

Dall'altezza di gronda e di piede è possibile conoscere la superficie dei lati verticali che compongono i manufatti edilizi. L'uso di Sistemi Informativi Territoriali consente, a partire da questo dato, di individuare ed associare alle singole linee rappresentative delle facciate dell'edificio visto in pianta, informazioni sull'estensione della facciata condivisa con altri edifici e sulla porzione esposta all'esterno. La distinzione tra le superfici esposte e quelle condivise può essere ulteriormente arricchita con informazioni relative all'orientamento (utile ai fini della definizione di strategie di captazione solare).

Gli indicatori adottati nella mappatura dei fattori di forma sono:

- il coefficiente di addossamento, ovvero la quota percentuale della superficie dell'involucro dell'edificio addossata ad altri edifici, sul totale delle superfici dell'involucro edilizio (presenta valori tra 1 e 0, quest'ultimo è associabile ad edifici isolati) (Serra Florensa, Coch Roura 1997);
- il coefficiente di compattezza: presenta valori tra 0 e 1, tanto più la forma dell'edificio si avvicina alla compattezza di una sfera tanto più il valore sarà prossimo a 1;
- il rapporto S/V, il rapporto della superficie esposta all'esterno sul volume dello stesso edificio.

Da un'analisi comparata dei fattori tecnologici e di forma è emersa una più spiccata differenziazione del fattore di addossamento per le differenti fasce storiche ana-

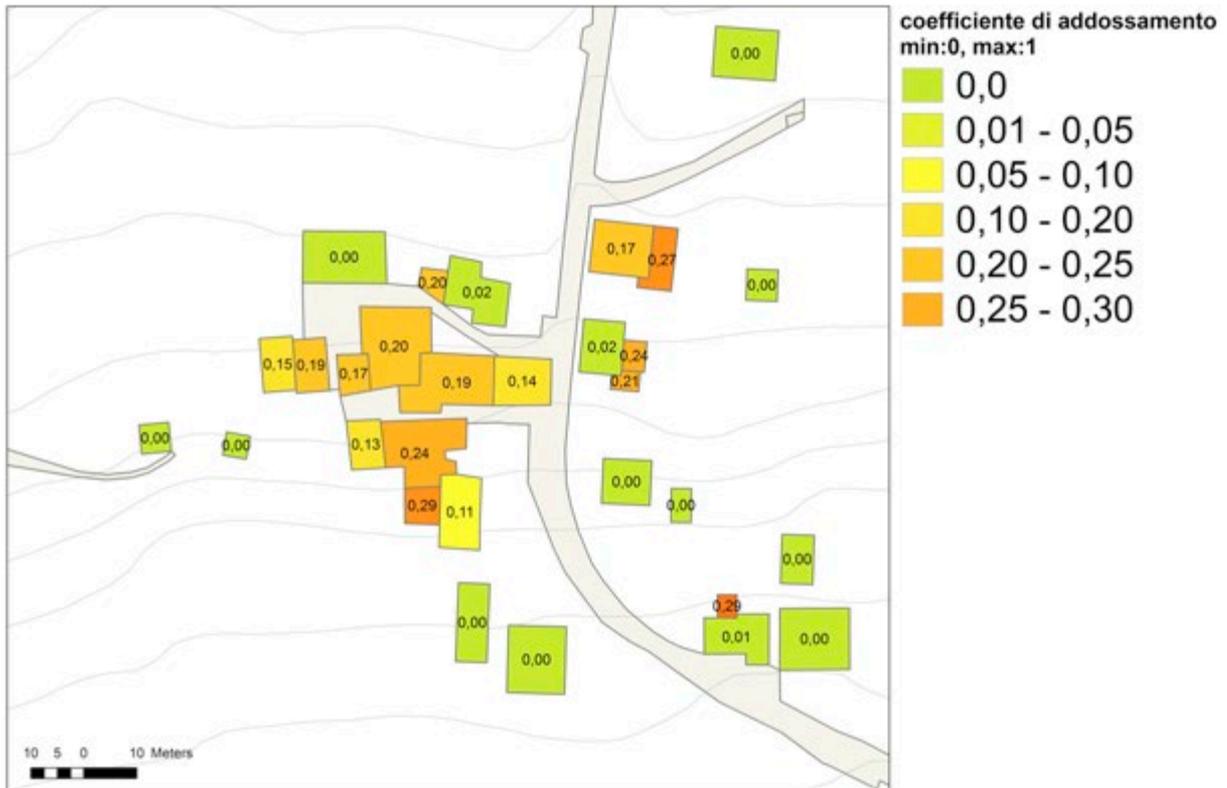


Figura 6. Stralcio di una mappa tematica relativa ai fattori di forma, i valori all'interno dei poligoni rappresentativi delle unità volumetriche dell'edificato sono indicativi del coefficiente di addossamento riferito all'edificio (edifici isolati presentano un coefficiente di addossamento pari a 0, maggiore è la quota percentuale delle superfici d'involucro condivise con altri edifici maggiormente il coefficiente di addossamento tenderà a 1).

lizzate. Le forme degli edifici meno recenti, costruiti in pietra e legno sono risultate maggiormente compatte e addossate tra di loro, più propense alla riduzione delle dispersioni di calore nel periodo invernale rispetto all'edificato più recente (Grafico 1, Grafico 2). L'analisi condotta tramite SIT ha consentito di quantificare tale differenziazione pesando l'ammontare dei tipi edilizi simili, individuando specifici casi studio rappresentativi su cui è stato possibile verificare l'efficacia di possibili interventi di riqualificazione energetica. I valori di riduzione dei consumi ottenuti dalle simulazioni sui casi studio sono stati poi applicati a tutto l'edificato, dagli stessi casi rappresentato, consentendo di individuare le strategie più efficaci ai fini della riduzione delle emissioni di CO₂ (Tab. 1). L'associazione dei costi relativi ai vari interventi ha reso inoltre possibile individuare le priorità da promuovere sulla base del maggiore contributo di riduzione delle emissioni climalteranti a parità di costo.

Di seguito è presentata la tabella riassuntiva dei consumi/fabbisogni allo stato di fatto (Tab. 2), ottenuta dall'integrazione del database SIRENA con i dati elaborati attraverso la metodologia precedentemente esposta. La tabella riporta:

- i consumi in MWh/anno totali e ripartiti per settori, divisi in consumi elettrici e di combustibili (energia primaria), con le relative percentuali di incidenza sul totale;

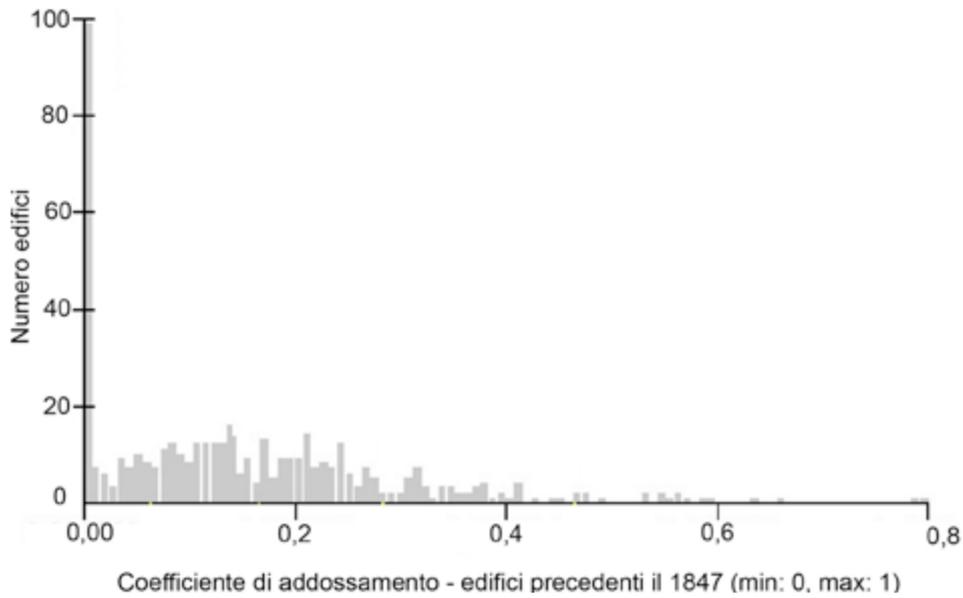


Grafico 1. Valori dei coefficienti di addossamento per edificio, periodo precedente al 1847.

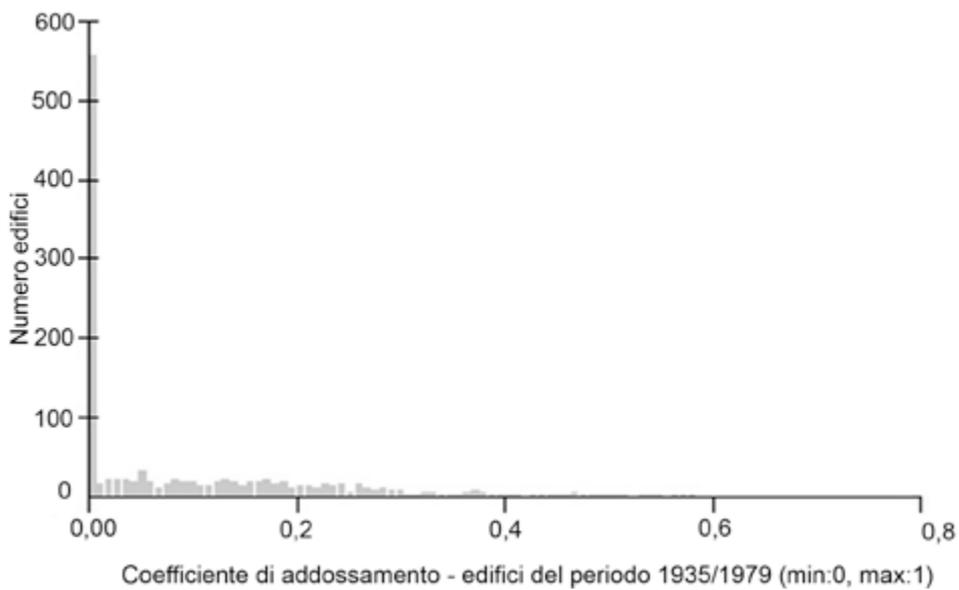


Grafico 2. Valori dei coefficienti di addossamento per edificio, periodo 1935/70.

- le emissioni annuali in tonnellate di CO₂ ripartite per settore, con le relative percentuali di incidenza sul totale.

Tabella 1. Risultati relativi all'applicazione all'intero edificato del comprensorio comunale dei dati elaborati tramite simulazioni sui casi studio rappresentativi.

| Gruppi rappresentativi dell'edificato esistente divisi per fasce d'età e coefficiente di addossamento | | | Situazione esistente | | Scenario migliorativo di progetto | |
|---|------------------------------|---------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| Fasce d'età degli edifici | Coefficiente di addossamento | Superficie utile mq | Fabbisogno riscaldamento kWh/a | Fabbisogno acqua calda sanitaria kWh/a | Fabbisogno riscaldamento kWh/a | Costi degli interventi di riqualificazione energetica dell'involucro edilizio € |
| Prima del 1847 | 0 | 6014,7 | 1672084 | 180441 | 661616 | 1963015 |
| Prima del 1847 | 0,1-0,2 | 11906,6 | 2821872 | 357199 | 1309730 | 3424705 |
| Prima del 1847 | 0,2-0,3 | 2616,4 | 507575 | 78491 | 235473 | 566731 |
| Prima del 1847 | 0,3-0,4 | 2045,8 | 396888 | 61374 | 184123 | 443144 |
| Dal 1848 al 1935 | 0 | 3025,1 | 840964 | 90752 | 332756 | 987286 |
| Dal 1848 al 1935 | 0,1-0,2 | 3889,4 | 921776 | 116681 | 427829 | 1118694 |
| Dal 1848 al 1935 | 0,2-0,3 | 1037,2 | 201209 | 31115 | 93344 | 224659 |
| Dal 1848 al 1935 | 0,3-0,4 | 605,0 | 117372 | 18150 | 54451 | 131051 |
| Dal 1936 al 1970 | 0 | 33973,8 | 10351820 | 1019214 | 1875354 | 7845912 |
| Dal 1936 al 1970 | 0,1-0,2 | 20512,5 | 5622473 | 615375 | 1183571 | 5507193 |
| Dal 1936 al 1970 | 0,2-0,3 | 5128,1 | 1127161 | 153844 | 209740 | 940241 |
| Dal 1936 al 1970 | 0,3-0,4 | 3846,1 | 845371 | 115383 | 157305 | 705181 |
| Dal 1971 al 1981 | 0 | 18043,9 | 5088371 | 541316 | 1421857 | 3163138 |
| Dal 1971 al 1981 | 0,1-0,2 | 7217,5 | 1523624 | 216526 | 544925 | 1294132 |
| Dal 1971 al 1981 | 0,2-0,3 | 1804,4 | 307107 | 54132 | 110609 | 209507 |
| Dal 1971 al 1981 | 0,3-0,4 | 1804,4 | 307107 | 54132 | 110609 | 209507 |
| Dal 1982 al 2008 | 0 | 10359,4 | 1843967 | 310781 | 816318 | 1758502 |
| Dal 1982 al 2008 | 0,1-0,2 | 1992,2 | 237070 | 59766 | 150410 | 339448 |
| Dal 1982 al 2008 | 0,2-0,3 | 929,7 | 93341 | 27891 | 56990 | 100778 |
| Dal 1982 al 2008 | 0,3-0,4 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totale | | | 34.827.152 | 4102.560 | 14.039.569 | 30932826 |

4. Ipotesi progettuali – Masterplan

Gli interventi proposti sono sintetizzati in un Masterplan delle azioni sul territorio, attraverso il quale è possibile cogliere e comunicare il sistema complessivo degli interventi e la loro localizzazione territoriale. La messa a sistema di un insieme di realtà sparse sul territorio all'interno di un quadro generale può mettere le basi per la costituzione di un percorso didattico informativo in materia di eccellenze da un punto di vista energetico, e promuovere un turismo di settore che svolga da un lato azione diretta economica, e che dall'altro dia visibilità e sostenga iniziative private anche di piccola scala.

Si propongono interventi legati alle installazioni di fotovoltaico in chiave paesaggistica, che caratterizzano il «Parco dell'energia». Le opere previste integrano altri tipi di produzioni rinnovabili, quale una stazione per la produzione di biometano, piccole centrali

Tabella 2. Quadro riepilogativo per settore della domanda/consumo di energia e delle relative emissioni.

| Bilancio generale | MWh/anno | % sul totale dei consumi elettrici | % sul totale dei consumi di combustibile | CO ₂ ton emesse /anno | % sul totale |
|--|----------|------------------------------------|--|----------------------------------|--------------|
| Residenziale riscaldamento | 34.827 | | 58,98% | 5.177 | 32,25% |
| Residenziale acqua calda sanitaria | 4.103 | | 6,95% | 610 | 3,80% |
| Residenziale elettricità | 3.524 | 53,50% | | 1.818 | 11,33% |
| Agricoltura combustibili | 1.549 | | 2,62% | 413 | 2,57% |
| Agricoltura elettricità | 171 | 2,60% | | 88 | 0,55% |
| Industria combustibili | 151 | | 0,26% | 1.760 | 10,97% |
| Industria elettricità | 1.340 | 20,35% | | 692 | 4,31% |
| Trasporti combustibili (biocombustibili inclusi) | 15.240 | | 25,81% | 3.911 | 24,37% |
| Terziario combustibili | 3.177 | | 5,38% | 782 | 4,87% |
| Terziario elettricità | 1.551 | 23,55% | | 800 | 4,99% |
| Totale combustibili | 59.047 | | | 12.653 | |
| Totale elettricità | 6.587 | | | 3.399 | |
| Totale | | | | 16.052 | |

di produzione da micro-idroelettrico; prevedendone la valorizzazione ed enfatizzandone il valore didattico divulgativo. Sono previsti interventi che costituiscono nel loro insieme una filiera locale di utilizzo delle biomasse. Si prevede la realizzazione di una «Zero Emission Farm» (ZEF) a mezza costa, che abbinerà attività di tipo agricolo e zootecnico ad aree di stoccaggio, lavorazione e cippatura delle biomasse legnose prelevate dai boschi (relative allo sfruttamento della risorsa e degli scarti delle manutenzioni forestali). Il materiale così lavorato viene poi messo a disposizione delle centrali di riscaldamento e/o cogenerazione a servizio di piccoli gruppi di abitazione, che sono previste nel più denso edificato a fondovalle. Quale esempio concreto a verifica dei rendimenti e costi di attuazione, è stato redatto un progetto pilota in località Caselle a servizio di circa 20 edifici.

I resti derivanti dal funzionamento della ZEF, quali deiezioni animali e scarti di biomasse agricole potranno efficacemente essere utilizzate nella produzione di biometano.

4.1 Risparmio energetico e produzione energetica da FER secondo le ipotesi progettuali

Si propone di seguito un quadro riassuntivo dello scenario futuro di riduzione delle emissioni di CO₂, ottenibile attraverso le azioni precedentemente descritte. Ciascuna sezione della tabella 3 illustra e quantifica il risparmio ottenibile, sia attraverso gli interventi per l'efficienza energetica sia per ciascuna strategia di impiego delle FER secondo le diverse aree vocazionali. Il risultato generale consente di affermare come, tramite l'approccio proposto, l'obiettivo della riduzione delle emissioni di CO₂ è raggiunto con una riduzione totale delle emissioni pari a oltre il 50%.

Le azioni previste, sia rivolte direttamente alla riduzione dei consumi, tramite gli interventi sull'involucro edilizio e il miglioramento dell'efficienza degli impianti

Tabella 3. Tabella riassuntiva ottenuta sommando i parziali sopra descritti.

| Strategie per l'efficienza energetica | MWh evitati / anno | riduzione % sul totale dei consumi elettrici | riduzione % sul totale dei consumi di combustibile | CO ₂ ton evitate / anno | % sul totale delle emissioni |
|--|--------------------|--|--|------------------------------------|------------------------------|
| interventi sull'involucro | 20.788 | | 35,21% | 3090 | 19,25% |
| sostituzione apparecchiature elettriche | 1.242 | 18,85% | | 641 | 3,99% |
| | | | | | 23,24% |
| Strategia Aree Vocazionali Sole | MWh / anno | riduzione % sul totale dei consumi elettrici | riduzione % sul totale dei consumi di combustibile | CO ₂ ton evitate / anno | % sul totale delle emissioni |
| fotovoltaico coperture edificato | 400 | 6,07% | | 206 | 1,29% |
| solare termico in copertura 1mq/p | 2.462 | | 4,17% | 366 | 2,28% |
| fotovoltaico in copertura ZEF (Zero Emission Farm) | 48 | 0,73% | | 25 | 0,15% |
| fotovoltaico in campo libero | 734 | 11,14% | | 379 | 2,36% |
| | | | | | 6,08% |
| Strategia Aree Vocazionali legno | MWh / anno | riduzione % sul totale dei consumi elettrici | riduzione % sul totale dei consumi di combustibile | CO ₂ ton evitate / anno | % sul totale delle emissioni |
| biomassa combustibile da ZEF (Zero Emission Farm) | 56 | | 0,09% | 13 | 0,08% |
| biomassa combustibile fondovalle | 9.887 | | 16,74% | 2365 | 14,73% |
| bio-metano da autotrazione | 1.862 | | 3,15% | 445 | 2,77% |
| | | | | | 17,59% |
| Strategia Aree Vocazionali acqua | MWh / anno | riduzione % sul totale dei consumi elettrici | riduzione % sul totale dei consumi di combustibile | CO ₂ ton evitate / anno | % sul totale delle emissioni |
| minidroelettrico su acquedotto | 108 | 1,64% | | 56 | 0,35% |
| minidroelettrico sul torrente Torchione | 1.288 | 19,56% | | 665 | 4,14% |
| | | | | | 4,49% |
| Riduzione percentuale totale CO ₂ | | | | | 51,40% |
| di cui riduz. perc. CO ₂ efficienza energetica edifici | | | | | 23,24% |
| di cui riduz. perc. CO ₂ uso rinnovabili | | | | | 28,15% |
| Percentuale copertura fabbisogno termico negli scenari di progetto | | | | | 59,27% |
| Percentuale copertura fabbisogno elettrico negli scenari di progetto | | | | | 51,92% |

degli edifici, sia come sistemi di produzione energetica da fonte rinnovabile, hanno l'effetto di coprire il fabbisogno termico del Comune di Albosaggia per circa il 60%, e quello elettrico per circa il 52%.

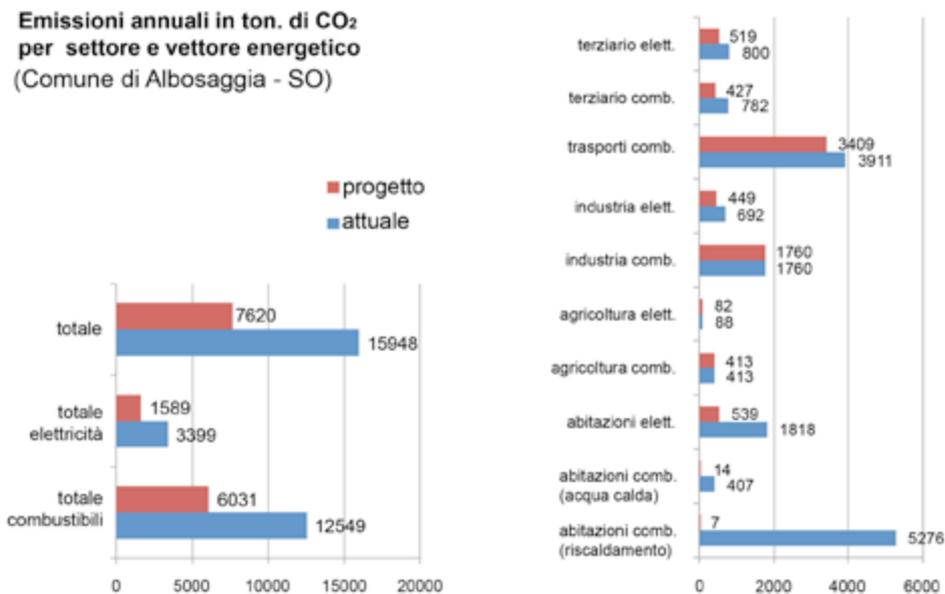


Grafico 3. Quantità di CO₂ emessa annualmente sul territorio del comune di Albosaggia (SO), le barre blu fanno riferimento alla situazione attuale le rosse allo scenario di progetto.

La riduzione complessiva delle emissioni di CO₂ è di circa il 53%.

La ridefinizione, secondo la metodologia di lavoro illustrata, delle modalità di produzione energetica da FER, in coerenza con le caratteristiche territoriali e con obiettivi di auto sostenibilità, permette di ridefinire lo stesso modello economico di sviluppo, integrando i temi dell'energia con la rigenerazione dell'agricoltura, dell'ambiente e del paesaggio. In particolare ulteriori risultati cui mira il progetto riguardano:

- la promozione del turismo non stagionale con la realizzazione del Parco dell'Energia che, intercettando l'esistente Sentiero Valtellina, diventa captatore di visitatori e di indotto, attraendoli verso la parte più interna del Comune. Allo stesso tempo costituirebbe occasione di promozione della mobilità sostenibile, e strumento didattico-formativo che mette in rete le realizzazioni di risparmio energetico e produzione da FER;
- il ripristino ambientale e paesaggistico di un importante alpeggio di mezza costa, attualmente dismesso, costituzione di un insediamento permanente per le produzioni alimentari d'eccellenza, stazione in situ di stoccaggio biomasse e produzione di cippato;
- il corretto smaltimento dei rifiuti zootecnici.

4.2 Strumenti di supporto all'attuazione

Il SIT (Sistemi Informativi Territoriali), in quanto serbatoi di dati, hanno la capacità di accogliere diverse e più aggiornate informazioni e conservare un carattere di attualità nel tempo. La messa a disposizione delle conoscenze sul potenziale territoriale e la sua organizzazione cartografica all'interno di un Sistema Informativo Territoriale

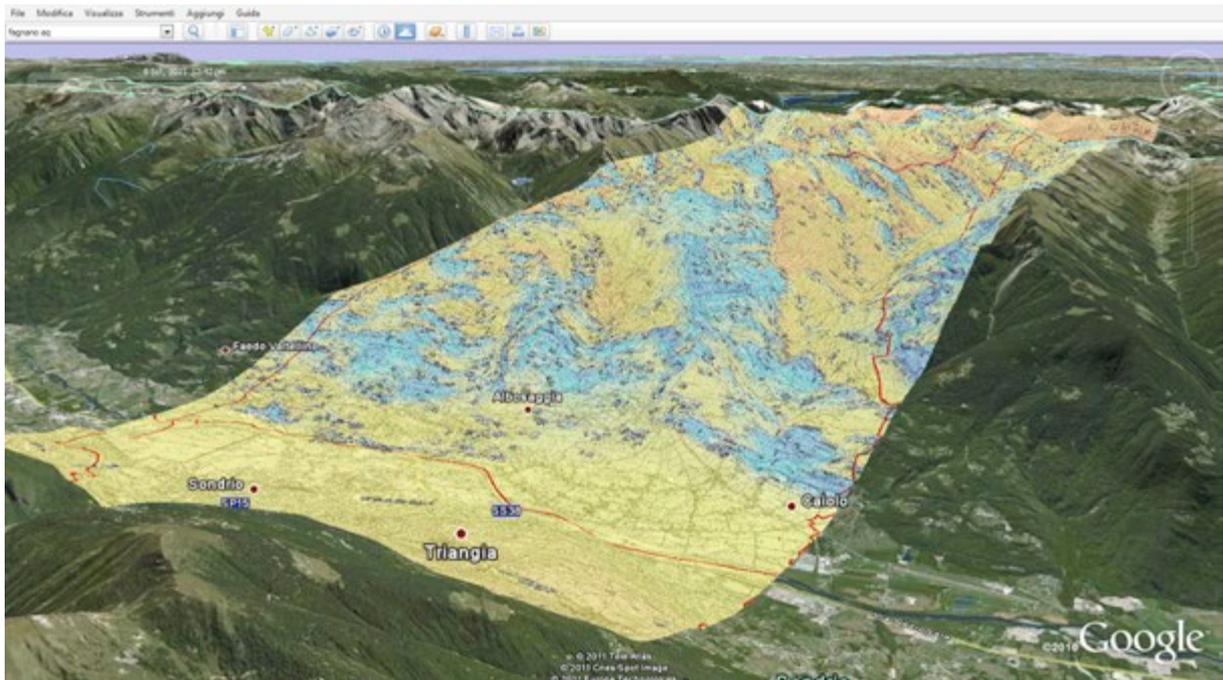


Figura 7. Se arricchite di informazioni sufficienti ad una facile lettura, le mappe tematiche elaborate tramite SIT possono essere pubblicate su comuni geo-browser, come Google Earth al fine di consentirne la fruizione da parte dell'utenza comune (nell'immagine una mappa solare del comune di Albosaggia rappresentativa delle condizioni di irraggiamento medio giornaliero nel mese di febbraio).

che includa anche i dati raccolti sul patrimonio edificato diventa lo strumento-guida per l'avvio degli scenari progettuali (Fig. 7). Ciò, in particolare, in considerazione che:

- l'amministrazione che intende progettare nuove produzioni da fonte rinnovabile ha il necessario quadro d'insieme in cui definire la localizzazione e la tipologia più idonea;
- il cittadino trova le indicazioni per individuare le forme di riqualificazione energetica più opportune per il proprio edificio e le possibilità di uso del potenziale rinnovabile locale rispetto alle specifiche vocazioni del sito in cui si colloca.

Riferimenti bibliografici

- ARPA Lombardia 2007. *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia 2006*, Mondadori Printing, Verona.
- Bisogni L.G., Gariboldi A., Malcevski S. 1996. *Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale: aspetti tecnici e schede pratiche*, Il Verde Editoriale S.r.l., Milano.
- Boscacci V., Pedrucci A. (a cura di). 2004. *La vita sui monti di Albosaggia: testimonianze sul modo di vivere e di operare sui maggenghi e sugli alpeggi fino agli anni '60 del '900*, con la collaborazione di E. Ruttico, Ramponi Arti Grafiche, Sondrio.
- Cavalli R., Grigolato S. 2007, *Progetto pilota legno – energia*, Dipartimento Territorio

- e Sistemi Agro-forestali, Università degli Studi di Padova.
- Clementi M., Scudo G., *ELaR. Strumento di valutazione della sostenibilità forte nella progettazione ambientale*, coautore Gianni Scudo, «Territorio», n. 52, Franco Angeli, aprile 2010.
- Clementi M. 2009. *Nuovi paesaggi agrourbani e sostenibilità, buone pratiche e aspetti metodologici*, in Clementi M., Dessì V., Lavagna M. (a cura di), *La rivoluzione sostenibile*, Maggioli Editore, Milano: 119-121.
- Bertazzoni L., Clementi M., Garrone G., Scudo G., Soro F., Vasino P. 2011. *La sovranità energetica come co-agente dello sviluppo locale: metodologia e caso studio*, «Il Progetto Sostenibile», n. 29, Edicom, Trieste.
- Colantonio Venturelli R. (a cura di) 1993. *Lothar Finke. Introduzione all'Ecologia del paesaggio*, Franco Angeli, Milano.
- Daly H.E. 1990. *Toward some operational principles of sustainable development*, «Ecological Economics», 2: 1- 6.
- Daly H.E., Farley J. 2004. *Ecological Economics, Principles and Applications*, Island Press, Washington.
- Fabbri P. 2001. *Natura e cultura del paesaggio agrario: indirizzi per la tutela e la progettazione*, Città Studi Edizioni s.r.l., Milano.
- Fondazione Fojanini 2007. *Valutazione delle potenzialità di diffusione di impianti di biogas aziendali e consortili*, Sondrio.
- Fondazione Lombardia per l'Ambiente 2008. *Rete ecologica regionale – Pianura Padana a Oltrepò Pavese*, Regione Lombardia.
- Ingegnoli V. 1997 *Fondamenti di Ecologia del Paesaggio: studio dei sistemi di ecosistemi*, Città Studi Edizioni s.r.l., Milano.
- IREALP 2001. *Dichiarazione Ambientale*, Comune di Albosaggia.
- Regione Lombardia 2001. *Valutazione ex-ante ambientale*.
- SOGESID 2001. *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Sondrio*, Provincia di Sondrio – Settore Lavori Pubblici, Pianificazione Territoriale ed Energia, Roma.
- Serra Florensa R., Coch Roura H. 1997. *L'energia nel progetto di architettura*, CittàStudi, Milano.
- Unità Organizzativa Risorse Energetiche e Reti Tecnologiche 2003. *Programma energetico regionale: il sistema energetico della Lombardia; obiettivi e strumenti dell'azione regionale*, Regione Lombardia.
- Valsecchi P. 1998-2012. *Piano di Assestamento delle Proprietà Silvo-pastorali del Comune di Albosaggia*, Comunità Montana Valtellina di Sondrio.

Le procedure autorizzative per la realizzazione di impianti energetici e Fonti Energetiche Rinnovabili – FER – in Toscana e le problematiche territoriali riscontrate

Fabio Zita, Claudio Fagarazzi

1. Introduzione

La *green economy*, ovvero l'economia legata ai molteplici settori connessi allo sviluppo sostenibile: efficienza energetica, produzione e distribuzione di energia rinnovabile, trasporto sostenibile, gestione dei rifiuti, agricoltura sostenibile, ecc.; ha avuto, in questi ultimi anni, un forte impulso allo sviluppo, soprattutto a causa dell'attuale congiuntura economica mondiale. In questo momento infatti, i settori delle tecnologie rinnovabili ed il mercato energetico, rappresentano i possibili catalizzatori capaci di far reagire il sistema economico mondiale. La *green economy* dunque, come volano per la ripresa e il riorientamento dell'economia mondiale.

Proprio in quest'ottica, la Commissione europea ha recentemente esortato le autorità pubbliche, le imprese e i ricercatori alla collaborazione per sviluppare e migliorare, entro il 2020, le tecnologie necessarie per far fronte al cambiamento climatico, garantire l'approvvigionamento energetico dell'UE e assicurare la competitività delle nostre economie. La stessa direttiva 2009/28/CE, del giugno 2009, ha promosso l'uso di energia prodotta da fonti rinnovabili, nel caso specifico energia elettrica, attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie, il sostegno alle azioni di sviluppo nazionali e regionali ed il miglioramento delle relazioni tra iniziative locali e regionali in materia di produzione di energia da fonti rinnovabili. La direttiva sottolinea inoltre, l'esigenza di una *produzione energetica decentrata*, che utilizzi fonti di energia locali, e garantisca una maggiore sicurezza degli approvvigionamenti energetici, minori distanze di trasporto, una ridotta dispersione energetica, nonché lo sviluppo e la coesione delle comunità grazie alla disponibilità di fonti di reddito e alla creazione di posti di lavoro a livello locale.

Malgrado tutto questo, lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili incontra, in molti contesti europei, anche ambientalmente molto virtuosi come Germania e Nord Europa, non pochi problemi a livello locale. Si tratta di problematiche principalmente connesse a tre aspetti: l'assenza di coinvolgimento della comunità locale in scelte pianificatorie che determinano effetti di lungo periodo, o addirittura permanenti, sul contesto ambientale locale; la consapevolezza, da parte della comunità locale e delle amministrazioni locali, di una limitata ricaduta economica e sociale in loco, a fronte di una elevata redditività complessiva dell'investimento; la sensazione che vengano esaltati gli effetti ambientali globali dell'investimento in rinnovabili, a fronte di una inadeguata valutazione delle alterazioni ambientali locali.

Si tratta di problematiche che a vari livelli e con diverse modalità, incontrano i soggetti che sottopongono progetti basati su FER, alle procedure autorizzative necessarie per realizzare l'impianto. Da questo punto di vista l'esperienza acquisita dal settore Valutazione di Impatto Ambientale della Regione Toscana, consente alcune valutazioni circa le problematiche più frequentemente riscontrate nel processo autorizzativo delle diverse tecnologie FER, e eventuali soluzioni di carattere programmatico e progettuale e che potrebbero semplificare sia il lavoro del proponente, sia quello degli uffici preposti alla valutazione.

2. Lo sviluppo delle rinnovabili in Italia e in Toscana

L'inizio del nuovo millennio è stato caratterizzato da una vera e propria corsa verso le fonti energetiche rinnovabili. Se consideriamo i soli impianti di produzione di energia elettrica, per i quali abbiamo fonti statistiche certe, anno dopo anno, il numero è incrementato in modo esponenziale, raggiungendo, nel 2010, una consistenza pari a 160.581 impianti sul territorio italiano. La potenza installata, sul territorio nazionale, ha raggiunto i 32.635 MW, circa il 78% in più rispetto ai 18.335 MW del 2000. Le tecnologie che hanno caratterizzato questa crescita esponenziale sono principalmente riconducibili a nuovi parchi eolici, impianti idroelettrici, impianti alimentati con bioenergie¹ e soprattutto, da impianti fotovoltaici. Di conseguenza, è salita anche la produzione di energia elettrica da rinnovabili, che nel 2010 ha raggiunto i 76.964 GWh, con un incremento dell'11% rispetto al 2009 (AA.VV. 2011)².

Le dinamiche verificatesi nel solo periodo 2009-2010, censite sia dal Gestore Servizi Energetici (GSE), che da Terna, evidenziano un forte incremento delle principali fonti rinnovabili (idro, foto e eolico), cui si associano nuove tecnologie legate alla produzione da biogas, bioenergie e bioliquidi (Tab. 1).

È interessante inoltre constatare che le dimensioni medie degli impianti, hanno subito dinamiche diverse per ciascuna tecnologia; in particolare, per quanto riguarda la fonte idroelettrica, la riduzione delle dimensioni medie sottolinea la tendenza a realizzare impianti con bacini idrici di medie e piccole dimensioni o addirittura con miniidro ad acqua fluente.

Tale tendenza, si rileva anche per le tecnologie eoliche, le bioenergie e i bioliquidi, mentre nel caso del solare si assiste ad un fenomeno inverso con un incremento dimensionale degli impianti che dai 16 KW medi del 2009, passano ai 22 KW di potenza del 2010 (AA.VV. 2011).

¹ L'insieme di Biomasse (Rifiuti urbani biodegradabili e altre Biomasse), Biogas e Bioliquidi. Il DL 28/2011 definisce biomasse come la «Frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica proveniente dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani».

² Relativamente alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, è opportuno sottolineare che le variazioni tra il 2009 e il 2010 non sono dovute solamente a nuove installazioni ma anche a impianti di piccole dimensioni che fino al 2009 non erano stati censiti. Fino al 2009, le statistiche erano infatti censite solo dal GSE, che escludeva gli impianti con potenza inferiore a 200 kW. Dal 2010 il lavoro congiunto di Terna e GSE ha permesso un censimento completo di tutti gli impianti.

Tabella 1. Variazione del numero di impianti e delle potenze installate in Italia nel periodo 2009/2010 (Fonte AA.VV. 2011).

| Fonte | N. Impianti | | | Potenza installata GW | | | Dimensione media | Dimensione media |
|---------------|-------------|---------|-------------------|-----------------------|--------|-------------------|------------------------|------------------------|
| | 2009 | 2010 | Var% 2009/2010 | 2009 | 2010 | Var% 2009/2010 | 2009 (KW/ impianto) | 2010 (KW/ impianto) |
| Idroelettrica | 2.249 | 2.729 | 21% | 17.721 | 17.876 | 1% | 7.880 | 6.550 |
| Eolica | 294 | 487 | 66% | 4.898 | 5.814 | 19% | 16.660 | 11.939 |
| Solare | 71.288 | 155.977 | 119% | 1.144 | 3.470 | 203% | 16 | 22 |
| Geotermica | 32 | 33 | 3% | 737 | 772 | 5% | 23.031 | 23.394 |
| Bioenergie | 419 | 669 | 60% | 2.019 | 2.352 | 16% | 4.818 | 3.515 |
| Biomasse | 122 | 138 | 13% | 1.255 | 1.243 | -1% | 10.290 | 9.005 |
| Biogas | 273 | 451 | 65% | 378 | 508 | 34% | 1.385 | 1.126 |
| Bioliquidi | 42 | 97 | 131% | 385 | 601 | 56% | 9.166 | 6.198 |
| Totale | 74.719 | 160.581 | 115% | 28.538 | 32.635 | 14% | | |

A livello locale, la regione Toscana rappresenta sicuramente una delle regioni più virtuose, con una produzione pari a 6.943 GWh elettrici prodotti con fonti energetiche rinnovabili (FER), che rappresentano il 30,2% del Consumo Interno Lordo di energia elettrica della regione Toscana. Dobbiamo però constatare che tali produzioni sono fortemente caratterizzate da una fonte energetica storicamente impiegata nel territorio toscano, ovvero l'energia geotermica ad alta entalpia³. La fonte geotermica rappresenta infatti oltre il 77% della produzione di energia elettrica da FER e circa il 54% della potenza installata (Tab. 3).

3. La normativa nazionale e regionale

Gli strumenti normativi atti a regolamentare e disciplinare lo sviluppo delle tecnologie rinnovabili, non sono stati sempre al passo con l'esponentiale sviluppo di tali tecnologie sul territorio. In generale, l'iniziativa normativa si è quasi sempre generata ex-post, ovvero, a seguito della nascita di impianti che hanno determinato qualche problema o conflitto locale su aspetti che fino a quel momento non erano stati disciplinati né dalla normativa internazionale, né da quella nazionale o regionale; per cui si è reso necessario qualche atto volto a governare e normare la nuova problematica.

Nelle prime fasi di sviluppo del mercato delle energie rinnovabili, gli addetti ai lavori si sono infatti trovati ad operare in un contesto privilegiato, privo di vincoli o prescrizioni, nel quale le regole erano frutto della sensibilità dell'amministratore locale cui era delegato il difficile compito di scegliere come e dove consentire la realizzazione di impianti, tenuto conto degli strumenti normativi vigenti, e di verificare se le caratteristiche delle tecnologie proposte erano compatibili con le caratteristiche territoriali dell'area.

³ La geotermia ad alta entalpia è quella in grado di produrre energia elettrica attraverso vapore ad alta temperatura che aziona delle turbine e trasforma così il proprio contenuto energetico in energia meccanica.

Tabella 2. Produzione di EE degli impianti da FER in Toscana nel 2010.

| Fonte | E.E. prodotta GWh/anno | Contributo % |
|---------------|------------------------|--------------|
| Idroelettrica | 1.033 | 14,9% |
| Eolica | 76 | 1,1% |
| Solare | 80 | 1,2% |
| Geotermica | 5.376 | 77,4% |
| Biomasse | 166 | 2,4% |
| Bioliquidi | 118 | 1,7% |
| Biogas | 94 | 1,4% |
| Totale | 6.943 | 100,0% |

Fonte AA.V. 2011a.

Tabella 3. Variazione del numero di impianti e delle potenze installate in Toscana nel periodo 2009/2010.

| Fonte | N. Impianti | | | Potenza installata GW | | | Dimensione media | Dimensione media |
|---------------|-------------|-------|-------------------|-----------------------|-------|-------------------|------------------------|------------------------|
| | 2009 | 2010 | Var% 2009/2010 | 2009 | 2010 | Var% 2009/2010 | 2009 (KW/ impianto) | 2010 (KW/ impianto) |
| Idroelettrica | 98 | 115 | 17% | 332 | 337 | 1% | 3.392 | 2.931 |
| Eolica | 4 | 17 | 325% | 36 | 45 | 26% | 9.025 | 2.671 |
| Solare | 4.973 | 9.020 | 81% | 55 | 137 | 151% | 11 | 15 |
| Geotermica | 32 | 33 | 3% | 737 | 772 | 5% | 23.031 | 23.394 |
| Bioenergie | 29 | 41 | 41% | 119 | 125 | 5% | 4.100 | 3.059 |
| Totale | 5.136 | 9.226 | 80% | 1.279 | 1.417 | 11% | | |

Fonte AA.VV. 2011a.

Questo perché, tali tecnologie, pur presentando gli indubbi vantaggi di produrre energia riducendo le emissioni di gas climalteranti, producono, in alcuni casi, effetti imprevisti sulla componente economica e sociale locale. Basti pensare al consumo di suolo connesso alla realizzazione di impianti fotovoltaici in pieno campo, all'alterazione di manufatti storici e monumentali, conseguenti all'inserimento su di essi di pannelli fotovoltaici o di impianti minieolici nei loro pressi, o all'impatto paesaggistico di grandi impianti fotovoltaici o eolici in pieno campo.

Per tale ragione si è quindi assistito alla nascita di normative regionali e nazionali volte sia a promuovere lo sviluppo degli impianti di produzione da fonti rinnovabili, sia a disciplinare tale settore emergente, conciliando le esigenze di sviluppo economico, con particolare riferimento a quello agricolo, con quelle di tutela del paesaggio, dell'ambiente e della biodiversità.

Le normative specificatamente redatte per il settore delle energie rinnovabili, con particolare riferimento a quelle connesse alla produzione di energia elettrica, individuano un primo indispensabile requisito per la realizzazione di nuovi impianti, ovvero, il rilascio di una autorizzazione da parte delle amministrazioni locali (Comune, Provincia e Regione).

Sulla base della recente normativa, le autorizzazioni sono quindi conseguibili con cinque modalità:

- la comunicazione preventiva al Comune in cui viene realizzato l'impianto (per la cosiddetta «attività libera»);
- la DIA (dichiarazione di inizio attività ai sensi della L.R. 1/2005 e L.R. 39/2005);
- la PAS (dichiarazione accompagnata da relazione progettuale) ovvero, la procedura autorizzativa ai sensi del D.lgs. 28/2001;
- autorizzazione unica (art. 13 L.R.39/2005) della Provincia (con o senza verifica di VIA) (art. 27 L. 99/2009);
- autorizzazione unica (art. 13 L.R.39/2005) della Regione, con adempimenti relativi alle procedure di Verifica o di Valutazione Impatto Ambientale.

Ovviamente, in tutti i casi in cui la zona dell'intervento sia sottoposta a particolari vincoli (paesaggistico, idrogeologico, o altro) dovranno comunque essere acquisiti i nullaosta specifici⁴. Il rilascio delle suddette autorizzazioni ed il relativo processo autorizzativo, è disciplinato in Toscana da tre normative:

- le recenti Linee Guida nazionali sulle fonti rinnovabili (DM 10 settembre 2010) entrate in vigore in Toscana il 02.01.2011.
- Il Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28, *Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*, entrato in vigore il 29/3/2011.
- la Legge regionale 21 marzo 2011, n. 11, *Disposizioni in materia di installazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili di energia. Modifiche alla legge regionale 24 febbraio 2005, n.39 (Disposizioni in materia di energia) e alla legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio)*, entrata in vigore il 24/3/2011;

Si tratta di normative che integrano la normativa regionale preesistente, ovvero, la legge regionale 39 del 2005.

I diversi iter autorizzativi precedentemente evidenziati, sono quindi diversificati in relazione alla tipologia di fonte energetica ed alle dimensioni e caratteristiche dell'impianto.

3.1 Impianti eolici

Schematicamente possiamo così riassumere:

- per il cosiddetto *microeolico*, il legislatore ha cercato di snellire al massimo le procedure burocratiche. Infatti per impianti con altezza fino a 1,5 metri e diametro fino a 1 metro (praticamente impianti 'domestici', da installare sui tetti delle case o nei

⁴ Per esempio, in caso di impianto sottoposto a DIA da realizzarsi in area con un vincolo paesaggistico, a norma del D.lgs. 42/2004, dovrà comunque essere acquisita la relativa autorizzazione paesaggistica.

giardini), si parla di 'attività libera' e non c'è una autorizzazione specifica: si presenta una comunicazione preventiva al Comune ai sensi dell' art.17 L.R. 39/2005 e D.lgs. 115/2008;

- anche nel caso di impianti di potenza inferiore a 5 kW elettrici, se realizzati con le modalità indicate dal Piano di Indirizzo Energetico Regionale (PIER – Deliberazione di Consiglio regionale n. 47/2008), è possibile richiedere l'autorizzazione attraverso una comunicazione preventiva al Comune ai sensi dell'art. 17 L.R.39/2005;
- per quanto riguarda gli impianti eolici di potenza compresa fra 5 e 60 KW elettrici è sufficiente presentare al comune la PAS ai sensi dell'art. 16 L.R. 39/2005, D.lgs. 387/2003 e D.lgs. 28/2011;
- infine, per impianti industriali di potenza superiore ai 60KW è necessario fare istanza specifica per ottenere l'autorizzazione unica: che, nel caso di impianti fino a 1MW, va indirizzata alla Provincia, di norma senza procedura di VIA (ai sensi art. 27 L. 99/2009); mentre per impianti oltre 1 MW, va indirizzata alla Regione, in questo ultimo caso è necessario attivare anche le procedure di Verifica o di VIA (Valutazione di impatto ambientale) ai sensi della normativa vigente.

3.2 Impianti fotovoltaici

Anche in questo caso, l'iter autorizzativo è differenziato in relazione alle dimensioni dell'impianto. Schematicamente possiamo così riassumere:

- nel caso di impianti di potenza nominale inferiore a 5 kW (cosiddetta «attività libera» ai sensi dell'art. 17 L.R. 39/2005), o per realizzare impianti completamente integrati o «aderenti» per tutto lo sviluppo del tetto, indipendentemente dalla potenza («attività libera» ai sensi dell'art. 17 L.R. 39/2005 e del D.lgs. 115/2008) è infatti sufficiente una comunicazione preventiva al Comune;
- negli altri casi di impianti realizzati su edifici, con superficie dei moduli fotovoltaici non superiore a quella del tetto dell'edificio sul quale i moduli sono collocati, di norma sarà sufficiente una PAS ai sensi dell'articolo 21, comma 1, del DM 6 agosto 2010 e del D.lgs. 28/2011;
- nel caso di impianti a terra di potenza nominale da 5 a 20 kW sarà necessario presentare la PAS al Comune ai sensi art. 16 L.R. 39/2005, D.lgs. 387/2003 e D.lgs. 28/2011;
- nel caso di impianti a terra di potenza nominale da 20 kW a 1 MW è necessario fare istanza alla Provincia ed attendere la relativa autorizzazione unica provinciale ai sensi art. 13 L.R. 39/2005 (di norma senza verifica di VIA ai sensi art. 27 L.99/2009) e garantire un piano di ripristino del sito con relativa garanzia economica per la realizzazione del piano ai sensi L.R. 11/2011;
- nel caso di impianti a terra di potenza nominale superiore a 1 MW è necessario fare istanza alla Provincia ed attendere la relativa autorizzazione unica provinciale ai sensi art. 13 L.R. 39/2005 previa verifica di VIA, e garantire un piano di ripristino del sito con relativa garanzia economica per la realizzazione del piano ai sensi L.R. 11/2011.

Nel caso specifico del fotovoltaico, la recente introduzione della Legge regionale 21 marzo 2011, n. 11 oltre a modificare alcune norme precedenti, ha la peculiarità di individuare le aree non idonee all'installazione degli impianti fotovoltaici a terra, ponendo anche limiti al cumulo degli impianti. In particolare, la legge introduce delle distanze minime tra gli impianti, per evitare effetti negativi sul paesaggio che possono derivare dalla sommatoria di più impianti fotovoltaici installati a terra. La disposizione vale per gli impianti con potenza superiore ai 20 kW e la distanza da rispettare è di 200 m lineari.

Per quanto attiene alla individuazione delle aree non idonee, per le quali si vuole preservare la bellezza d'insieme e gli equilibri ecologici, le superfici sono state individuate con il supporto delle province che, nell'ottobre 2011, hanno proposto le aree non idonee inerenti zone all'interno di coni visivi e panoramici la cui immagine è storicizzata, e aree agricole di particolare pregio paesaggistico e culturale con diversa perimetrazione all'interno delle aree a denominazione di origine protetta (DOP) e delle aree a indicazione geografica tipica (IGP). Tali proposte sono state poi accolte, con alcune integrazioni, dal consiglio regionale toscano con delibera del 26 ottobre 2011, n. 68 recante «individuazione delle zone e delle aree non idonee ai sensi dell'articolo 7 della legge regionale 21 marzo 2011, n. 11» (Fig. 1).

Alla luce della recente normativa, le aree sottoposte a tutela sono quindi:

- *Beni culturali*. Ossia beni appartenenti a soggetti pubblici o soggetti senza fine di lucro che presentano interesse culturale oppure beni appartenenti a privati, ma che siano stati dichiarati di interesse culturale⁵. In queste aree la legge vuole tutelare la percezione visiva complessiva e quindi non sono ammessi nessun tipo di impianto a terra con potenza maggiore di 5 kW.
- *Aree di notevole interesse pubblico*. Sono aree vincolate per decreto, nelle quali è richiesta apposita autorizzazione per intervenire⁶. In questi casi sono ammessi gli impianti fino a 200 kW, opportunamente localizzati se sono necessari ai fini del mantenimento del presidio del territorio in qualità di attività connessa all'agricoltura, nelle aree caratterizzate da degrado e nelle aree urbanizzate.
- *Aree tutelate per legge*. Sono i territori costieri e le rive dei laghi; i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua; le montagne per la parte eccedente 1.200 metri sul livello del mare; i parchi e le riserve nazionali o regionali, e i territori di protezione esterna dei parchi; i territori coperti da foreste e da boschi, i demani collettivi. Queste aree non sono idonee per gli impianti a partire dai 20 kW in su. Sono però possibili delle eccezioni per gli impianti compresi tra i 20 ed i 200 kW se l'impianto è utile ai fini del mantenimento del presidio del territorio in qualità di attività connessa all'agricoltura e nelle aree caratterizzate da degrado ed urbanizzate.
- *Zone contigue ai parchi naturali*. In questo caso la legge indica alcuni parchi di rilevante valore culturale ed ambientale specificatamente individuati da disposizioni

⁵ «Esempio: le ville, i parchi e i giardini, le pubbliche piazze, vie, strade e altri spazi aperti urbani di interesse artistico o storico; i siti minerari di interesse storico; le tipologie di architettura rurale aventi interesse storico od etnoantropologico quali testimonianze dell'economia rurale tradizionale; le opere dell'architettura contemporanea di particolare valore artistico ecc.».

⁶ «Aree di particolare bellezza naturale, estetica o di singolarità geologica; bellezze panoramiche; le ville, i giardini e i parchi, non considerati beni culturali, ma che si distinguono per la loro non comune bellezza».

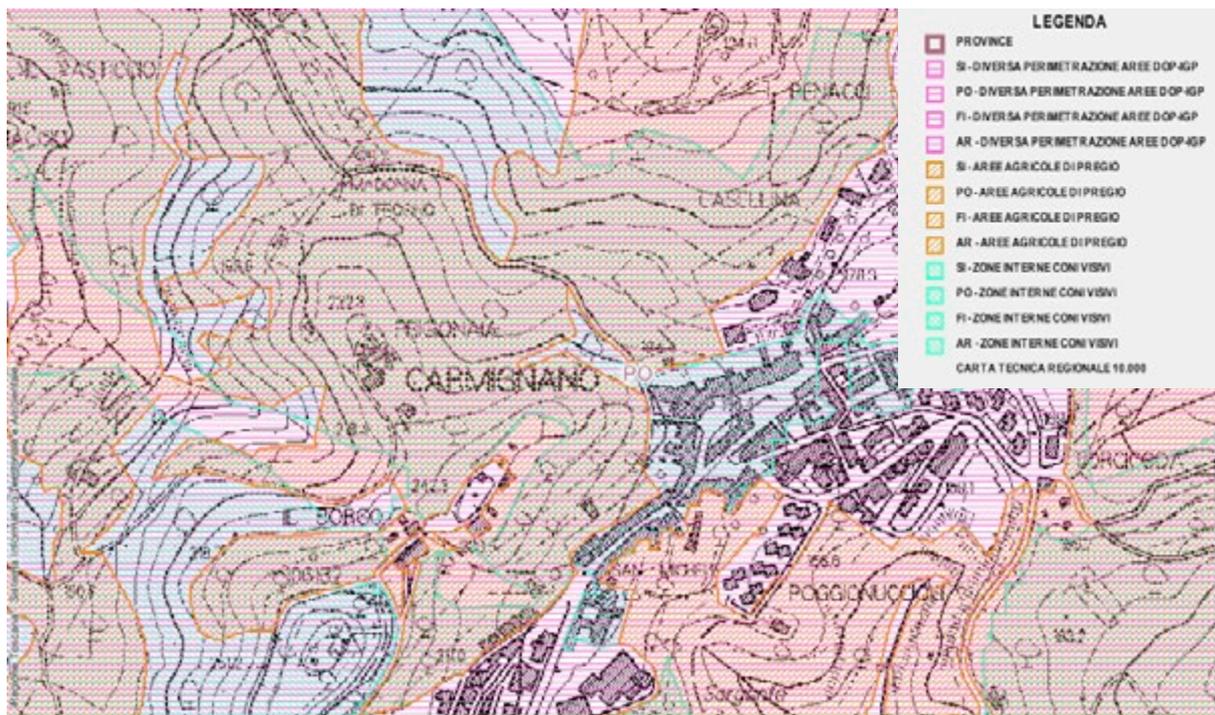


Figura 1. Particolare della cartografia relativa alle aree non idonee all'installazione degli impianti fotovoltaici a terra (L.R. 11/2011).

di settore⁷. La tutela e salvaguardia di questi ambienti non consente l'installazione a terra di impianti di consistenti dimensioni. Limitatamente alle aree caratterizzate da degrado ed urbanizzate, sono ammissibili però gli impianti anche fino a 200 kW.

- *Aree naturali protette e SIR, SIC, ZPS.* Sono ambiti che rappresentano sistemi ecologico-ambientali sensibili. Tali aree non sono idonee per impianti che hanno una potenza superiore ai 20 kW, ad eccezione di impianti finalizzati al mantenimento del presidio del territorio in qualità di attività connessa all'agricoltura e nelle aree caratterizzate da degrado ed urbanizzate.
- *Zone umide.* In questo caso la tutela è completa. Per cui le aree non sono idonee per nessun tipo di impianto e non sono possibili eccezioni.
- *Siti Unesco.* Non sono ammessi impianti⁸.
- *Zone all'interno di coni visivi.* Queste zone, recentemente perimetrate dalle province (ottobre 2011), sono aree di particolare pregio paesaggistico e le invarianti strutturali definite negli strumenti di pianificazione. In queste aree non sono ammessi gli impianti con potenze superiore ai 20 kW⁹ (Fig. 1).

⁷ «Parco archeologico città del Tufo, parchi della Val di Cornia, parco archeologico delle colline metalifere grossetane, Parco museo delle miniere dell'Amiata».

⁸ «Fa eccezione la Val d'Orcia in cui, per impianti tra i 5 e i 20 kW, sono ammessi esclusivamente nelle aree urbanizzate, nelle aree degradate ed ai fini del mantenimento del presidio del territorio, in qualità di attività connessa all'agricoltura; mentre per impianti tra i 21 ed i 200 kW, sono ammessi esclusivamente ai fini del mantenimento del presidio del territorio, in qualità di attività connessa all'agricoltura».

⁹ «Fanno eccezione gli impianti tra i 20 ed i 200 kW che possono essere ammessi ai fini del manteni-

- *Aree DOP e IGP*. Queste aree, recentemente perimetrate dalle province (ottobre 2011), sono considerate non idonee per gli impianti con potenza superiore ai 20 kW¹⁰ (Fig. 1).

3.3 Impianti a biomassa (produzione energia elettrica)

Anche in questo caso le procedure autorizzative si differenziano in relazione alla potenza dell'impianto. Possiamo riassumere come segue l'iter autorizzativo:

- nel caso di impianti di potenza nominale inferiore a 0,5 MW termici realizzati secondo le prescrizioni fissate dal Pier (cosiddetta «attività libera» ai sensi dell'art. 17 L.R. 39/2005), è sufficiente una comunicazione preventiva al Comune;
- nel caso di impianti di capacità di generazione inferiore ai 200 KW elettrici realizzati in edifici esistenti, senza alterazione dei volumi e delle superfici, che non comportino modifiche delle destinazioni di uso, non riguardino le parti strutturali dell'edificio, non comportino aumento del numero delle unità immobiliari e non implicino incremento dei parametri urbanistici, è sufficiente una comunicazione preventiva al Comune perché considerata «attività libera» ai sensi dell'articolo 123, comma 1, secondo periodo e dell'articolo 6, comma 1, lettera a) del D.P.R. 380/2001;
- nel caso di Impianti (escluso quelli realizzabili come attività libera) di potenza nominale inferiore a 200 KW elettrici (se si tratta di biomassa gassosa, inferiore a 250 kW elettrici) è necessaria la presentazione della PAS al Comune ai sensi del art. 16 L.R. 39/2005, D.lgs. 387/2003 e D.lgs. 28/2011;
- in tutti gli altri casi è necessaria Autorizzazione unica provinciale (art. 13 L.R. 39/2005).

3.4 Impianti di cogenerazione a biomassa (produzione energia elettrica e calore)

Si tratta di produzione di energia elettrica ad alta efficienza (oltre 80%) riducendo in modo sensibile le emissioni di CO₂. Anche in questo caso, l'iter autorizzativo si differenzia in base alla potenza e alle caratteristiche dell'impianto, che possiamo così riassumere:

- nel caso di impianti con capacità di generazione inferiore a 50 kW elettrici è sufficiente una comunicazione preventiva al Comune perché considerata «attività libera» ai sensi dell'art. 17 L.R. 39/2005 e art. 27 L. 99/2009);
- nel caso di impianti (escluso quelli realizzabili come «attività libera») con capacità di generazione massima inferiore a 1 MW elettrico, ovvero a 3 MW termici, è ne-

mento del presidio del territorio in qualità di attività connessa all'agricoltura, e nelle aree caratterizzate da degrado ed urbanizzate».

¹⁰ «È però possibile installare impianti con dimensioni tra i 20 ed i 200 kW se l'impianto è finalizzato al mantenimento del presidio del territorio in qualità di attività connessa all'agricoltura e nelle aree caratterizzate da degrado ed urbanizzate. Gli impianti oltre i 200 kW sono ammissibili, invece, al fine del mantenimento del presidio del territorio in qualità di attività connessa all'agricoltura e nelle aree caratterizzate da degrado».

cessaria la presentazione della PAS al Comune ai sensi del D.lgs. 28/2011, dell'art. 16 L.R. 39/2005 e del D.lgs. 387/2003;

- in tutti gli altri casi è necessaria Autorizzazione unica provinciale (art. 11 e 13 L.R. 39/2005).

3.5 Impianti idroelettrici

Anche per gli impianti idroelettrici la procedura autorizzativa segue in iter analogo ai casi precedenti, troviamo quindi una struttura di questo tipo:

- caso più semplice con impianti realizzati in edifici esistenti¹¹ (es. vecchi mulini) con capacità di generazione inferiore ai 200 KW elettrici: in tal caso è sufficiente una comunicazione preventiva al Comune perché considerata «attività libera» ai sensi dell'articolo 123, comma 1, secondo periodo e dell'articolo 6, comma 1, lettera a) del D.P.R. 380/2001);
- nel caso invece di impianti non realizzabili con «attività libera» e di potenza inferiore ai 100 KW elettrici, è necessaria la presentazione della PAS al Comune ai sensi dell'art. 16 L.R. 39/2005, del D.lgs. 387/2003 e del D.lgs. 28/2011
- infine, per impianti di dimensioni superiori ai 100 KW elettrici, è necessaria l'Autorizzazione unica provinciale con eventuale atto di concessione di derivazione (se anche questo deve essere acquisito).

3.6 Solare termico (solo calore)

Questo tipo di installazione presenta l'iter procedurale più semplificato, strutturato come segue:

- nel caso di impianti completamente integrati o aderenti fino a tutto lo sviluppo del tetto, è considerata «attività libera» ai sensi dell'art. 17 L.R. 39/2005 e del D.lgs. 115/2008, di conseguenza, è sufficiente una comunicazione preventiva al Comune;
- nel caso di impianti realizzati su edifici esistenti o sulle loro pertinenze, funzionali alle esigenze energetiche dell'edificio e realizzati al di fuori della zona A) (di cui al decreto del Ministro per i lavori pubblici 2 aprile 1968, n. 1444), è considerata «attività libera» ai sensi dell'articolo 6 del D.P.R. n. 380/2001, per cui è sufficiente una comunicazione preventiva al Comune;
- nel caso di pannelli solari termici collocati a terra e superficie inferiore o uguale a 20 metri quadrati¹² è considerata «attività libera» ai sensi art. 17 L.R. 39/2005, per cui è sufficiente la comunicazione preventiva al Comune;
- nel caso di impianti solari termici a terra con superficie da 20 a 100 metri quadrati è sufficiente presentare la denuncia di inizio attività (Dia) al Comune ai sensi della L.R. 39/2005 e della L.R. 1/2005;

¹¹ Sempre che non alterino i volumi e le superfici, non comportino modifiche delle destinazioni di uso, non riguardino le parti strutturali dell'edificio, non comportino aumento del numero delle unità immobiliari e non implicino incremento dei parametri urbanistici.

¹² Fino a 200 metri quadrati nel settore florovivaistico.

- in tutti gli altri casi è necessario permesso di costruzione, salvo ulteriori semplificazioni decise dal Comune.

3.7 Biomassa termica (solo calore)

In questo caso l'impianto è caratterizzato dalla sola produzione di energia termica e analogamente agli impianti solari termici la procedura autorizzativa risulta semplificata, in particolare:

- nel caso di impianti termici a biomassa realizzati negli edifici esistenti e negli spazi liberi privati annessi funzionali alle esigenze dell'edificio di acqua calda o aria, sono considerati «attività libera» ai sensi dell'articolo 6 del D.P.R. n. 380/2001, e conseguentemente sono soggetti alla sola comunicazione preventiva al Comune;
- nel caso di impianti termici alimentati a biomassa di potenze inferiore o uguale 0,5 MW termici, viene considerata «attività libera» ai sensi dell'art. 17 L.R. 39/2005 e conseguentemente sono soggetti alla sola comunicazione preventiva al Comune;
- in tutti gli altri casi è invece necessario, per l'aspetto edilizio, l'atto prescritto dalla normativa edilizia comunale.

Per impianti di grossa taglia è necessario anche ottenere l'autorizzazione alle emissioni in atmosfera, secondo quanto previsto dal D.lgs. 152/2006.

3.8 Impianto geotermico senza prelievo di fluido o di limitata potenza (a bassa entalpia)

Per questa tipologia di impianti, non è prevista l'«attività libera», per cui abbiamo le seguenti possibili procedure autorizzative:

- nel caso di impianti di produzione di calore da risorsa geotermica, senza prelievo di fluido geotermico, destinati al riscaldamento e alla climatizzazione di edifici è necessario presentare la DIA comunale ai sensi della L.R. 39/2005 ed in applicazione del D.lgs. 22/2010;
- quando invece si tratta di un piccolo impianto di produzione di calore o anche energia elettrica tramite il prelievo di fluido geotermico è necessario presentare una istanza alla Provincia per richiedere l'autorizzazione assieme alla richiesta di concessione di derivazione delle acque pubbliche ai sensi del art. 15 L.R. 39/2005, D.lgs. 22/2010 e R.D. 1775/33.

4. Gli effetti sulla componente ambientale determinati da impianti per la produzione energetica: alcuni risultati di studi e ricerche scientifiche

Qualsiasi processo produttivo energetico, sia esso basato su combustibili fossili che su energie rinnovabili, determina degli effetti sulle componenti ambientali. Gli effetti comunemente esaminati sono quelli che determinano modifiche di *commodi-*

ties, quali: aria, clima, acqua, suolo, paesaggio, fauna selvatica, ecc. Tali effetti sono spesso valutati con modalità diverse quando si parla di tecnologie rinnovabili, ritenute sostanzialmente sicure, con limitati effetti su tali componenti; soprattutto perché rappresentano una valida soluzione energetico-produttiva in quei contesti nei quali la produzione da combustibili fossili ha determinato, o può determinare, problemi sociali rilevanti (EC 1995; EC 1997). Questo approccio *soft* è sicuramente giustificato dal fatto che le valutazioni comparative degli effetti generati da impianti fotovoltaici, geotermici o eolici rispetto a quelli basati su combustibili fossili come petrolio, carbone o uranio identificano vantaggi assoluti dei primi rispetto ai secondi. In questo caso emergono infatti vantaggi ambientali netti legati al non esaurimento di risorse naturali, all'assenza di emissioni o rifiuti durante il loro funzionamento, alla bonifica di terreni degradati che talvolta può essere indotta, alla possibilità di ridurre le reti di distribuzione di energia elettrica (meno tralicci, ecc.) conseguente alla produzione energetica diffusa sul territorio; ma, soprattutto, al fatto che garantiscono una riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (in particolare CO₂ e NO_x) e dei gas tossici (SO₂, polveri sottili, ecc.).

L'esame dello stato dell'arte relativo a studi condotti su impianti energetici alimentati con fonti energetiche rinnovabili FER, evidenzia però alcuni aspetti connessi alla realizzazione di tali impianti, che dovrebbero essere approfonditi prima dell'avvio della fase istruttoria connessa al processo autorizzativo, per verificare elementi di vantaggio/svantaggio e l'effettiva sostenibilità della scelta progettuale o per identificare valide alternative capaci di garantire il rapido completamento del processo autorizzativo. Tra i molteplici aspetti, alcuni, particolarmente rilevanti, possono essere schematicamente sintetizzati, per tipologia di FER, come segue:

Impianti eolici

Limitato consumo di territorio: tale fattore rappresenta sicuramente un vantaggio competitivo rispetto ad altre rinnovabili come il fotovoltaico; infatti, l'introduzione di campi eolici determina un ridotto consumo di suolo rispetto alle capacità produttive del sistema. In pratica, l'installazione della struttura, richiede da 0,6 a 0,075 mq/KW¹³ installato, a fronte dei 20-25 mq/KW installato in pieno campo del fotovoltaico. L'introduzione di tecnologie eoliche in pieno campo consente quindi anche la realizzazione delle tradizionali attività agricole, così come avviene in molte aree del Nord America e del Nord Europa;

Impatto sul paesaggio: si tratta di uno degli effetti più rilevanti connessi all'introduzione di questo tipo di tecnologie, che sarebbe opportuno valutare in modo adeguato rispetto alle componenti strutturanti del paesaggio che caratterizza l'area d'intervento. Recenti studi (Meyerhoffa, Ohlb, Hartjea 2010; Ek 2006) evidenziano infatti che, anche in aree storicamente caratterizzate da una cultura di sviluppo delle energie rinnovabili come la Germania, esiste una componente rilevante di popolazione che non accetta l'ulteriore sviluppo degli impianti. I parametri che caratterizzano tale avversione, non sono tanto quelli legati alle caratteristiche dell'impianto (altezza e distanza dalle aree residenziali), quanto, piuttosto, le caratteristiche dell'area su cui

¹³ Considerando la sola piazzola di pertinenza della torre. Nel caso di aerogeneratori molto grandi (oltre 2MW di potenza), tali coefficienti possono essere ancora inferiori.

dovrebbero essere installati, la sua qualità, oltre, ovviamente, ad alcune caratteristiche del profilo sociale dell'intervistato.

Fotovoltaico:

Consumo di suolo e competizione con colture alimentari: in relazione ad una eventuale collocazione in pieno campo, il fattore consumo di suolo rappresenta il principale aspetto ritenuto ostativo allo sviluppo di questa tecnologia. Il consumo di suolo per le installazioni in pieno campo è infatti variabile fra i 20 ed i 25 mq/KW installato, per cui la sua realizzazione richiede grandi quantità di superfici, pari a circa 30-350 volte la superficie necessaria ad un impianto eolico equivalente. Secondo alcuni studi (Frascarelli, Ciliberti 2011) il fatto che si determini una competizione con colture alimentari rappresenta un deterrente allo sviluppo in pieno campo. In questo caso infatti, il consumo di suolo si traduce in un consumo di risorse non rinnovabili, ovvero, di «risorsa territorio».

Impatto sul paesaggio: così come per le tecnologie eoliche, anche nel caso delle tecnologie solari l'effetto sul paesaggio deve essere valutato in modo adeguato rispetto alle componenti strutturanti del paesaggio che caratterizza l'area d'intervento, con particolare riferimento all'impatto cumulato che può essere determinato dalla concomitante presenza di più campi fotovoltaici (Tsoutsosa, Frantzeskaki, Gekasb 2005).

Smaltimento materiali a fine ciclo e pericolo inquinanti: i pannelli fotovoltaici presentano, al loro interno, numerosi composti tossici come: piombo, rame, selenio, gallio, indio, tellurio e cadmio, che non possono essere eliminati con i tradizionali processi di smaltimento. Si tratta però di materiali che presentano costi di produzione molto elevati, di conseguenza, è probabile che il progressivo sviluppo del settore fotovoltaico, determini lo sviluppo di tecniche per il loro recupero (Tsoutsosa, Frantzeskaki, Gekasb 2005).

Nel caso di pannelli CIS (rame, indio, selenio) e CdTe (telloruro di cadmio), che presentano piccole quantità di sostanze tossiche, c'è un minimo rischio potenziale che un incendio possa causare il rilascio di queste sostanze nell'ambiente (Boyle 1996).

Geotermico:

rischio sismico indotto: si tratta di un fenomeno legato alla sola geotermia stimolata, con la quale l'estrazione del calore avviene creando, in profondità, un sistema di fratture nelle quali si fa circolare acqua fredda per estrarla riscaldata. Recenti studi hanno evidenziato che l'induzione sismica si può verificare in conseguenza del fatto che l'immissione di acqua deve essere effettuata a pressioni comparabili con il carico litostatico, e conseguentemente possono venire indotti terremoti localizzati (Mulargia, Castellaro 2005).

5. Le procedure autorizzative attivate in Toscana per la realizzazione di impianti energetici a FER e le problematiche più frequenti dei progetti

Il presente paragrafo, esamina i progetti pervenuti al settore Valutazione di Impatto Ambientale della Regione Toscana, e cerca di fornire una lettura delle pro-

blematiche più frequenti, emerse in sede di valutazione dei progetti energetici, relativi a fonti rinnovabili, sottoposti a procedure di valutazione quali:

- *fase preliminare* ai sensi degli art. 11 e 12 L.R. 79/98, Allegato IV comma 2 lettera c) D.Lgs. 152/06 e s.m.i e art. 21 D.Lgs. 152/06, Allegato B1 lettera b) e art. 51 L.R. 10/10, art. 43 L.R. 99/09;
- *procedura di verifica regionale* (ai sensi dell'art. 11 L.R. 79/98 e artt. 48/49 L.R. 10/10) o statale (ai sensi art. 32 D.Lgs. 152/06);
- *Valutazione di Impatto Ambientale di competenza regionale* (ai sensi L.R. 79/98 e art. 23 D.Lgs. 152/06 e artt. 52 e segg. L.R. 10/10) *ed extraregionale* cui la regione è chiamata ad esprimere parere di competenza.

I risultati esposti nel presente studio, fanno riferimento ai soli progetti per i quali è stata presentata, alla Regione, domanda di attivazione di una delle suddette procedure valutative, ed il cui procedimento amministrativo è stato avviato in data anteriore all'8 giugno 2011.

Relativamente ai progetti di sviluppo di RES, sono pervenuti al settore Valutazione Impatto Ambientale della Regione Toscana, 114 progetti inerenti impianti fotovoltaici, 61 progetti relativi ad impianti eolici e 35 progetti relativi ad attività di ricerca nel campo geotermico.

Per quanto riguarda i progetti relativi a impianti fotovoltaici, è possibile constatare che, con l'eccezione di un procedimento in corso per il quale è stata richiesta l'attivazione diretta della procedura di VIA, 84 istruttorie sono state attivate con procedura di verifica e si sono concluse positivamente con tale processo autorizzativo corredato, talvolta, di specifiche prescrizioni; 26 progetti, sono stati attivati con procedura di verifica conclusa con la richiesta di attivazione di procedura di VIA, mentre 3 sono stati archiviati (Fig. 2).

L'esame dei procedimenti per classe dimensionale di impianto, evidenzia che per impianti con dimensioni superiori ai 500 KWp, sono maggiori le istruttorie che si sono concluse con la richiesta di attivazione di procedura di VIA, con percentuali del 66,7% nel caso di impianti di dimensioni superiori ai 5 MWp (Fig. 3).

Valutando i risultati degli iter procedurali rispetto alle classi dimensionali individuate dalla recente normativa regionale (L.R. 11/2011), ovvero, distinguendo, gli

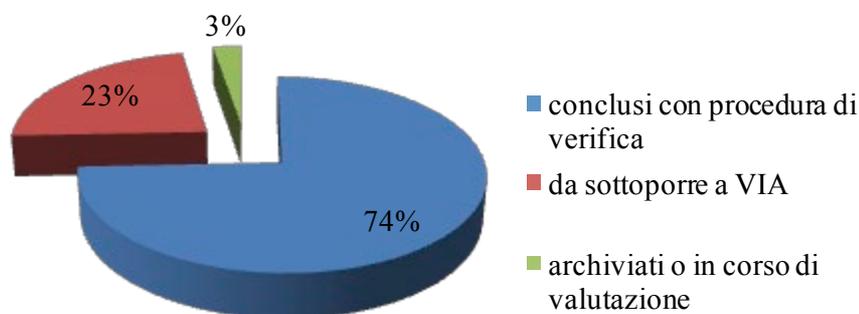


Figura 2. Risultati dei procedimenti di verifica delle istruttorie relative a impianti fotovoltaici.

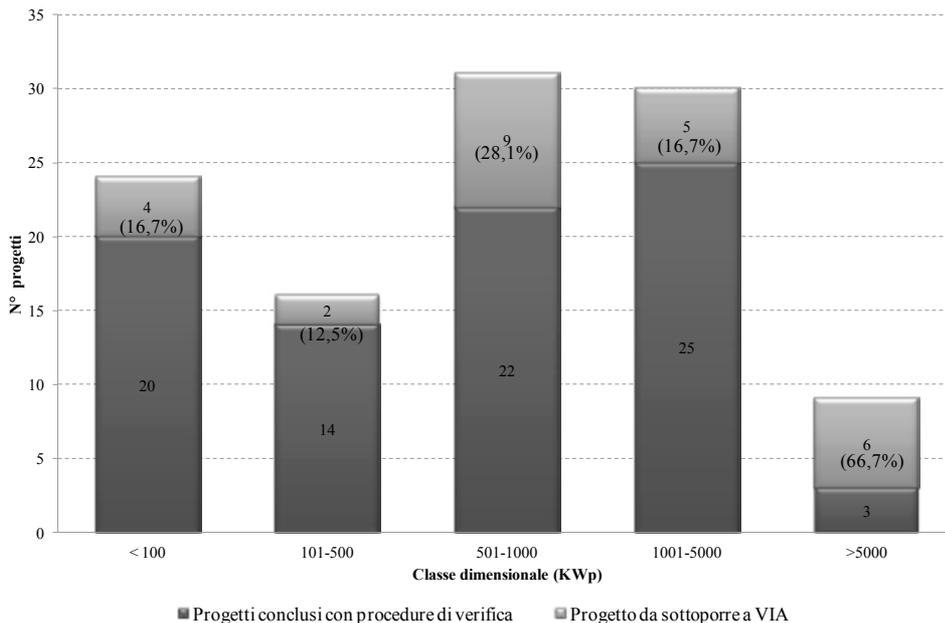


Figura 3. Risultati dei procedimenti di verifica delle istruttorie relative a impianti fotovoltaici, per classe dimensionale.

impianti con potenza superiore ad 1 MWp, per i quali ai sensi della recente normativa, è necessario fare istanza alla Provincia ed attendere la relativa autorizzazione unica provinciale previa verifica di VIA, emerge che solo il 26,3% ha concluso la procedura di verifica con la prescrizione di sottoporre il progetto a valutazione di VIA (Fig. 4). Il 73,7% dei progetti, che con l'attuale normativa avrebbe dovuto essere sottoposto a VIA, ha concluso l'iter autorizzativo con la procedura di verifica.

Relativamente ai progetti fotovoltaici, i motivi che più frequentemente portano a richiedere approfondimenti e alla successiva attivazione di una procedura di VIA, sono spesso connessi ai pareri contrari delle amministrazioni pubbliche interessate dagli interventi progettuali (comuni, Province, Autorità di bacino, ecc.). In particolare, le deliberazioni comunali, provinciali, ecc., in opposizione al processo autorizzativo dei parchi fotovoltaici, evidenziano quasi sempre una incompatibilità tra l'intervento ed i «caratteri ambientali dell'area», ritenendo quindi che «lo stesso non sia compatibile con le esigenze di tutela dell'unità ambientale». Come anticipato nel precedente paragrafo, molti studi evidenziano infatti che l'accettazione sociale delle tecnologie FER, è condizionata soprattutto dalle caratteristiche ambientali e paesaggistiche delle aree oggetto di intervento, e non dalle dimensioni della tecnologia o dalla distanza da aree abitate (Meyerhoffa, Ohlb, Hartjea 2010; Ek 2006). Di conseguenza, in fase progettuale, sembrerebbe determinante la scelta di una idonea localizzazione.

A queste valutazioni si aggiungono poi quelle in merito alla coerenza dei progetti rispetto agli strumenti pianificatori. In questo caso, le modificazioni del territorio assumono una rilevanza tale da richiedere un'analisi puntuale dei piani e programmi territoriali. In realtà, ciò spesso non accade, con la conseguenza che risultano

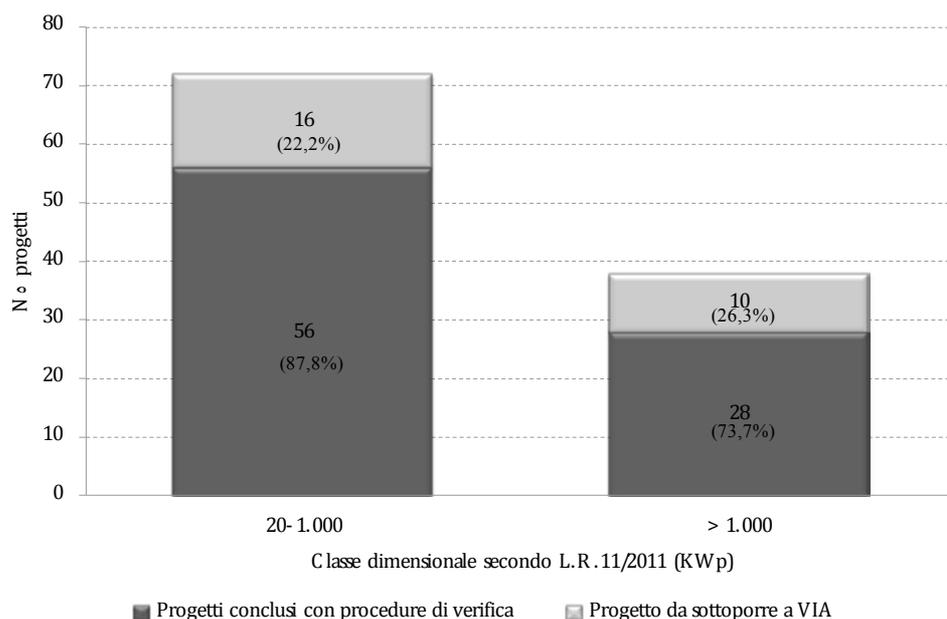


Figura 4. Risultati dei procedimenti di verifica delle istruttorie relative a impianti fotovoltaici per classe dimensionale secondo L.R. 11/2011.

frequenti le osservazioni delle PP.AA. circa l'inadeguatezza del progetto rispetto alle norme. Tale fenomeno è particolarmente sentito soprattutto quando riguarda sistemi territoriali che costituiscono *invarianti strutturali* ai sensi della L.R. 1/2005, poiché elementi strutturanti del paesaggio tradizionale. È questo il caso degli oliveti terrazzati, oppure la costa paludosa bonificata, le spiagge, i percorsi litoranei alberati, le distese di seminativo non protette da schermi vegetali o, più nello specifico, le Pianure delle fattorie granducali della Valdichiana.

Infine, le amministrazioni locali evidenziano spesso una carenza di elaborati progettuali per impianti, come quelli fotovoltaici, che presentano un notevole effetto territoriale rispetto ad aspetti paesaggistici ed antropici. A tali valutazioni si aggiungono, frequentemente, quelle delle Soprintendenze per i Beni Architettonici e paesaggistici in merito alle carenti attenzioni poste, in fase progettuale, alla componente paesaggistica e alle eventuali misure di compensazione.

Passando ad esaminare i procedimenti attivati per la realizzazione di parchi eolici, osserviamo che sono pervenute alla Regione Toscana richieste di attivazione di processi autorizzativi basate su più procedure, ovvero, sia di valutazione preliminare, che di procedura di verifica e VIA (Fig. 5).

Relativamente ai procedimenti di valutazione preliminare, osserviamo che 3 procedimenti (pari al 60%) si sono conclusi con la richiesta di attivazione di procedura di VIA, e nessun procedimento si è chiuso positivamente, nemmeno sotto vincolo prescrittivo.

Dei 18 progetti sottoposti a procedura di verifica, 6, pari al 33% delle richieste, si sono conclusi positivamente, anche se con alcune indicazioni prescrittive; 2 sono stati archiviati, e 10, pari al 56% dei procedimenti, si sono chiusi con la richiesta di attivazione di procedura di VIA.

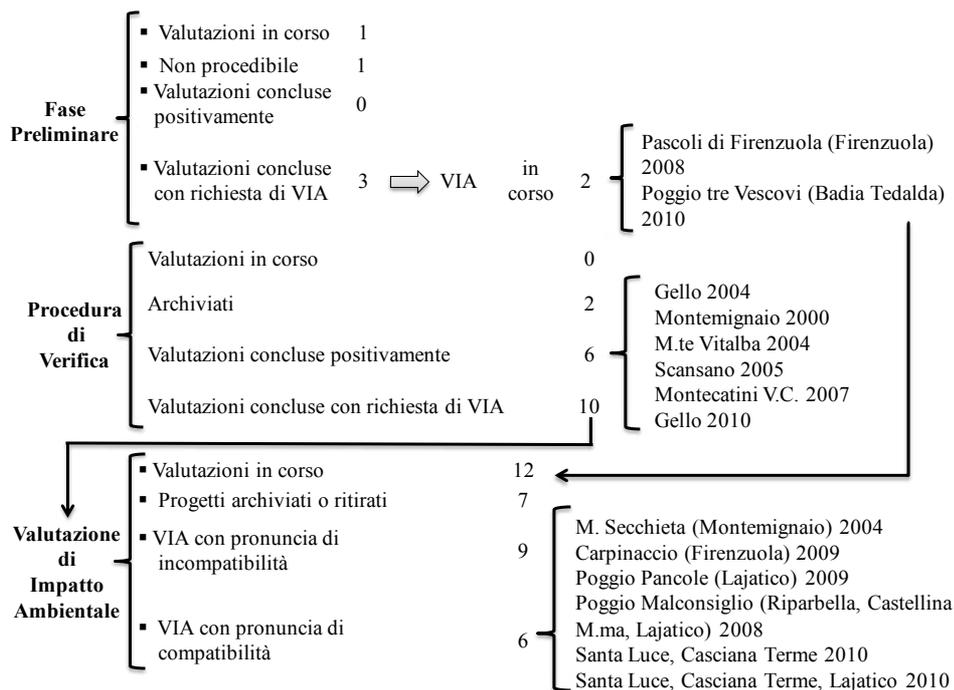


Figura 5. Risultati dei procedimenti preliminare, di verifica e di VIA, con riferimento al giugno 2011.

Infine, dei 34 procedimenti sottoposti a VIA, 7 (21%) sono stati archiviati o ritirati dai proponenti, 12 (35%) sono ancora in corso, 9 (26%) si sono chiusi con pronuncia di incompatibilità ambientale e 6 (18%) si sono invece chiusi con pronuncia di compatibilità ambientale con prescrizioni.

Nel complesso a fronte di 57 iter autorizzativi avviati, 12, pari al 21%, si sono conclusi positivamente, 13 risultano ancora in corso¹⁴, 9 sono stati archiviati o ritirati dal proponente, 13 sono stati chiusi con richieste di approfondimenti da attuarsi con procedura di VIA, e 9 sono risultati ambientalmente incompatibili.

I motivi che frequentemente portano alla richiesta di approfondimenti e alla successiva attivazione di una procedura di VIA, sono spesso correlati alla carenza di documentazione e studi presentati, sia rispetto al quadro di riferimento programmatico, sia rispetto a quelli progettuale ed ambientale. Frequenti sono infatti le carenze documentali relative alla presenza di vincoli di tutela ambientale (aree SIC, Riserve Naturali, ecc.), così come quelli inerenti lo studio delle valutazioni di impatto paesaggistico, che, in alcuni casi, relativi ad aree soggette a vincolo paesaggistico, dovevano essere redatte attraverso «relazione paesaggistica» di cui al DPCM 12/12/2005.

A tali carenze documentali si aggiungono spesso i pareri contrari delle amministrazioni pubbliche interessate dagli interventi progettuali (comuni, Comunità Montane, Province, Autorità di bacino, ecc.), evidenziando un'assenza di raccordo tra proponente dell'impianto e gestore del territorio, ovvero, comunità locale.

¹⁴ All'8 maggio 2011.

Spesso, anche nel caso di impianti eolici, le amministrazioni locali evidenziano una sostanziale carenza di elaborati progettuali per complessi impiantistici che presentano una notevole rilevanza territoriale, ovvero una carenza di valutazioni circa: gli assetti morfologici legati alla stabilità dei versanti, gli aspetti vegetazionali, gli aspetti paesaggistici ed antropici.

A tali valutazioni si aggiungono, così come per le tecnologie fotovoltaiche, frequenti osservazioni delle Soprintendenze per i Beni Architettonici e paesaggistici in merito alle carenti attenzioni poste, in fase progettuale, alla componente paesaggistica e alle eventuali misure di compensazione.

Infine, nel caso specifico degli impianti eolici, si verificano frequenti sovrapposizioni territoriali dei progetti, con conseguente problematica nella definizione degli impatti complessivi dei progetti stessi. In questi casi risulta infatti determinante la definizione di accordi tra proponenti, utili a definire in modo chiaro e inequivocabile le infrastrutture da considerare per la valutazione e gli eventuali effetti cumulati.

Passando ad esaminare i progetti presentati nel periodo 1° ottobre 2009 - 08 giugno 2011, per attività di ricerca di risorse geotermiche, osserviamo che sono pervenute 34 richieste di attivazione delle procedure di verifica, quasi tutte concluse. Di queste, 28 procedure autorizzative, si sono concluse favorevolmente, sotto il vincolo di alcune prescrizioni; altre 4 istruttorie si sono invece concluse con l'esclusione della VIA per le attività di ricerca geoelettrica e sismica, mentre è stata richiesta l'attivazione della procedura di VIA per lo svolgimento delle successive fasi esplorative legate alla realizzazione di pozzi esplorativi a 1.000-1.500 m di profondità.

L'esigenza di avere un quadro esaustivo delle attività realizzate in fase esplorativa (realizzazione dei pozzi), è connessa la necessità che il proponente espliciti in modo esaustivo le misure che intende adottare durante le prove di produzione, in caso di produzione spontanea del pozzo, ovvero, nel caso in cui la fuoriuscita di fluidi geotermici profondi, che possono contenere inquinanti ad alto rischio ambientale quali arsenico, boro, mercurio e antimonio, determini una contaminazione delle falde acquifere superficiali.

Fatta eccezione per la suddetta fase esplorativa realizzata con pozzi, non sono dunque emerse altre problematiche ostative al processo autorizzativo delle attività di ricerca geotermica.

Tabella 4. Risultati dei procedimenti di verifica, delle ricerche geotermiche, con riferimento al giugno 2011.

| | n. | % |
|---|----|--------|
| Escluso da obbligo di VIA con prescrizioni | 28 | 82,4% |
| Escluso da obbligo di VIA, ad eccezione dei pozzi | 4 | 11,8% |
| in corso | 1 | 2,9% |
| Archiviato | 1 | 2,9% |
| Totale | 34 | 100,0% |

Conclusioni

Il presente contributo, ha cercato di sviluppare una breve disamina dei processi autorizzativi previsti in Toscana per le tecnologie FER e delle problematiche che spesso si verificano nelle fasi istruttorie dei procedimenti. I risultati derivati dall'esame dei procedimenti avviati e conclusi dalla settore Valutazione Impatto Ambientale della Regione Toscana, hanno quindi permesso una verifica delle dinamiche e dell'adeguatezza degli studi condotti a supporto dei progetti presentati, e di eventuali punti deboli che possono caratterizzare alcune tecnologie.

A livello normativo, con l'introduzione della L.R. 11/2011, di recepimento delle linee guida nazionali, la Toscana rappresenta sicuramente una delle regioni più virtuose in termini normativi del settore. L'introduzione e identificazione puntuale delle aree da sottoporre a tutela e delle aree non idonee all'installazione degli impianti fotovoltaici a terra, rappresenta sicuramente un valido supporto per prevenire controversie e possibili conflitti sulla opportunità o meno di collocazione di un impianto a FER in un determinato ambiente.

La definizione del livello di qualità estetico ambientale e paesaggistica di ciascuna unità di territorio, è infatti risultata determinate per molteplici istruttorie. La mancata percezione, da parte degli studi preliminari, dell'elevato grado di qualità estetica e paesaggistica dei siti target, ha infatti rappresentato un ostacolo nelle successive fasi di sviluppo del procedimento. Le PPAA. locali, così come le comunità locali, e le Soprintendenze, hanno quindi spesso fondato la loro eventuale contrarietà alla realizzazione di alcuni progetti, proprio sulla base delle carenze documentali che avrebbero potuto facilmente evidenziare l'elevata qualità degli ambienti oggetto di valutazione. Studi realizzati anche in Germania, dove la sensibilità delle comunità rispetto alle tematiche ambientali è tra le più elevate d'Europa, mettono infatti in luce, che malgrado tale elevata predisposizione collettiva verso le FER, la congruità tra qualità degli ambienti dove realizzare gli impianti e tecnologie FER, rappresenta un parametro qualificante del processo di condivisione collettiva dell'iniziativa progettuale (Meyerhoffa, Ohlb, Hartjea 2010; Ek 2006).

Anche nei casi dei processi autorizzativi presentati in Toscana, l'eventuale opposizione al processo autorizzativo, risulta tendenzialmente indipendente dalle caratteristiche e dimensioni dell'impianto¹⁵ mentre appare determinante la «caratterizzazione ambientali dell'area».

Se poi, aggiungiamo a questo, problemi di coerenza dei progetti rispetto agli strumenti pianificatori, allora risulta sempre più difficile il conseguimento delle autorizzazioni in tempi brevi a causa delle frequenti osservazioni delle PPAA. circa l'inadeguatezza del progetto rispetto alle norme.

Benché anche a livello europeo, attraverso la direttiva 2009/28/CE, venga promosso l'uso di energia prodotta da fonti rinnovabili, con lo sviluppo di nuove tecnologie ed il loro decentramento produttivo, il sostegno alle azioni di sviluppo nazionali e regionali ed il miglioramento delle relazioni tra iniziative locali e regionali in mate-

¹⁵ In realtà, le dimensioni del parco eolico o degli impianti fotovoltaico accentuano le problematiche perché coinvolgono un numero maggiore di soggetti locali e presentano una maggiore visibilità mediatica anche rispetto a impianti di limitate dimensioni.

ria di produzione di energia da fonti rinnovabili, sono spesso minate da un limitato sviluppo di un approccio partecipato che cerchi consapevolmente di minimizzare gli effetti negativi connessi alle tecnologie RES. Questo tipo di approccio, potrebbe forse rappresentare la chiave di volta capace di favorire lo sviluppo di massa delle energie rinnovabili; in tal modo sarebbe infatti possibile diffondere una cultura alternativa che promuova un atteggiamento positivo nei confronti della realizzazione di opere di interesse per tutta la comunità.

Riferimenti bibliografici

- AA.VV. 2011. *Rapporto statistico 2010: Impianti Rinnovabili*, Gestore Servizi Energetici, <<http://www.gse.it/attivita/statistiche/Pagine/Pubblicazioniinformative.aspx>>, 10/2011, Roma.
- AA.VV. 2011. Documenti, leggi e sentenze, Sportello Energia Regione Toscana, <<http://www.regione.toscana.it/sportelloenergia/leftmenu/documenti/index.html>>, 11/2011.
- Boyle G. (a cura di) 1996. *Renewable energy. Power for a sustainable future*, The Open University, Oxford Press, London.
- EC 1995. *Externalities of Energy*, Externe Project, DGXII, JOULE, Report No EUR 16520 EN.
- EC 1997. *Energy for the future: Renewable Sources of Energy*, White Paper, European Commission, DG XVII.
- Ek K. 2006. *Quantifying the environmental impacts of renewable energy: the case of Swedish wind power*, in Pearce D. (a cura di), *Environmental Valuation in Developed Countries: Case Studies*, Edward Elgar, Cheltenham: 181-210.
- Frascarelli A., Ciliberti S. 2011. *La diffusione del fotovoltaico in Italia e l'impatto sull'agricoltura*, «Agriregioneuropa», anno 7, n. 24.
- Meyerhoffa J., Ohlb C., Hartjea V. 2010. *Landscape externalities from onshore wind power*, «Energy Policy», 38, 1: 82-92.
- Mulargia F., Castellaro S. 2005. *Geotermia stimolata e rischio sismico: un compromesso difficile*, Atti Prima Conferenza Nazionale sulla Politica Energetica in Italia (18-19 aprile 2005), AIGE- Associazione Italiana Gestori Energia, Università di Bologna.
- Tsoutsosa T., Frantzeskakib N., Gekasb V. 2005. *Environmental impacts from the solar energy technologies*, «Energy Policy», 33, 3: 289-296.

Parte seconda

**Esperienze e strumenti
per la pianificazione energetica**

Energia e progettazione degli insediamenti

Francesca Sartogo

1. Clima e la progettazione ecologica della città

1.1 Il processo evolutivo bioclimatico della Città nella storia

Il processo evolutivo della città nel suo contesto naturale è un argomento di grande attenzione e viene raccolto in un vasto repertorio di trattati urbani e territoriali, fin dai secoli più antichi.

I trattati più importanti sono quelli della cultura fenicia e greca: la «Scuola Alessandrina», studia l'orientamento aerodinamico dei venti, le variazioni stagionali e gli effetti sulla produzione agricola e sulla salute dell'uomo; Ippocrate nelle *Acque arie e venti* sviluppa una puntuale cultura medica legata alle conoscenze astronomiche, climatiche e ambientali e, Senofonte con il suo *Economico* elenca i primi fondamenti per l'architettura bioclimatica; infine la cultura romana con Vitruvio, e la sua *De Architettura* nel I secolo a.C. produce il più importante «Manuale di Ingegneria Urbana e Territoriale». Esso inizia con uno studio del clima nella successione temporale delle stagioni e attraverso la costruzione di meridiane e gnomoni, per arrivare a suggerire le linee guida per la 'forma' dell'impianto urbanistico della città nel suo vasto territorio.

La morfologia della città quindi, non nasce mai per caso, ma da un preciso risultato delle relazioni tra un sistema di regole che vanno dal disegno degli 'assi matrici', dell'intelaiatura viaria, alla divisione fondiaria, alla tipologia edilizia e il suo sistema di aggregazione in tessuti urbani insieme con gli effetti delle condizioni climatiche ed orografiche e geografiche del luogo. Vitruvio nei libri 1, 7, 12, organizza una rappresentazione grafica dei settori di provenienza dei venti dominanti e nei libri 1, 6, 7, sancisce le regole per la pianificazione urbana dove esposizione solare e direzione dei venti sono le coordinate principali per l'orientamento del reticolo urbano del *castrum* romano. L'asse principale d'impianto doveva essere il *Cardo Maximus* che in aree climatiche temperate come quelle dell'«ecumene civile mediterraneo» dovrebbe orientarsi similmente alle divisioni centuriali del tessuto agricolo, in direzione nord-sud e secondo la direzione dei venti del quadrante nord (Septentrio, Caurus e Aquilo corrispondenti al nostro Maestrale, Tramontana e Grecale) e del quadrante sud (Auster, Africus ed Eurus corrispondenti al Libeccio, Mezzogiorno e Scirocco) con licenza di qualche variazione di inclinazione dovuta all'orografia del luogo ma che non doveva superare al massimo i

20/30°. Tale impianto è rigorosamente il supporto di molte città di fondazione romana, ad esempio il nucleo originario di Firenze aveva il suo asse di orientamento principale sulla direttrice che connetteva il fiume Arno alla città etrusca di Fiesole quasi esattamente a nord-sud; nello stesso modo si comportano Lucca, Bologna, Perugia, Fano ecc., ma anche città come Timgad in Algeria, o città nella lontana Polonia o in Spagna.

Corrispondente e in razionale correlazione con il suo asse principale, il *Cardo Maximus*, si organizza la struttura della viabilità cittadina con assi d'impianto edilizio e assi ad esso ortogonali con direzione est-ovest e orientati ai venti dei relativi quadranti: i «decumani». L'intelaiatura degli assi portanti della viabilità costituisce il palinsesto dell'intera città, la sede delle maglie fondiari e il disegno del tessuto edilizio. Sui suoi percorsi principali, sui percorsi d'impianto e sui percorsi di collegamento si organizza il tessuto edilizio caratterizzato dal costante e ricorrente fenomeno dell'«isorientamento solare» dello «spazio interno», della «tipologia a corte», poiché è verso lo spazio libero interno che l'edilizia può e vuole acquisire il massimo irraggiamento e ventilazione possibile. Ne deriva che su assi nord-sud si generano lottizzazioni di «case-corti», con l'edificazione principale posta perpendicolarmente al percorso e voltata a sud all'interno della corte, mentre sugli assi est-ovest si generano case-corti poste in fregio all'asse di accesso in posizione parallela e con il lato principale a sud all'interno della corte. La tipologia edilizia presente in molte città d'Italia di formazione indo-europea e romana, è costituita dalla casa-corte italiana come interpretazione locale della *domus* romana. Essa, all'interno del suo preciso recinto murario, articola i suoi volumi edilizi gradualmente nei secoli, intorno a due sistemi fondamentali: il primo, *Atrium*, spazio aperto più architettonico e concluso con funzione anche di *Impluvium* per la raccolta d'acqua; il secondo, *Peristilium*, spazio più grande, a giardino e orto. Tali sistemi sono non solo la risposta tipologica più consona a condizioni di aggregazione urbana compatta tale quale si presenta in molte città ad alta densità abitativa, ma sono anche i luoghi per un migliore ed efficiente equilibrio bioclimatico ove sono situate le superfici e le coperture maggiormente soleggiate, ove ventilazione ed illuminazione naturale vengono garantite nei limiti del mantenimento della dimensione degli spazi aperti. Quasi tutte le città Italiane, come quelle soprattutto dell'area mediterranea, lungo i loro assi solari e di ventilazione principale hanno una forte permanenza di case-corti nella stesura originale della loro tipologia portante, una presenza degli spazi interni degli 'atri' molto ricorrente, e l'antico assetto bioclimatico spesso ancora molto efficiente.

L'epoca medievale è molto ricca di soluzioni e attenzioni per l'ecosistema urbano sotto il profilo ecologico e bioclimatico. Gli Statuti delle città trecentesche sono una grossa lezione di comportamento e di cultura urbana. L'epoca della nostra era industriale dimentica molto in fretta tutta la lezione, fino allora acquisita, per un nuovo obiettivo tecnologico e di sviluppo che porterà la nostra società a un totale cambiamento.

1.2 Il nostro contesto: il Mediterraneo come tipologia climatica

Mentre nei Paesi del Nord Europa, ove il clima è generalmente freddo d'inverno e temperato d'estate, un avanzato stato di efficienza e di controllo energetico si è ormai consolidato, oggi è sempre più necessaria una attenzione verso quei Paesi, ormai su tre quarti del nostro pianeta, ove l'aumento delle temperature e rapidi cicli meteorolo-

logici hanno creato una nuova complessità di tipologie climatiche che variano dai regimi caldi umidi e caldi secchi, a quelli temperati e a quelli tropicali e subtropicali ove il riscaldamento diventa meno importante di fronte alla necessità di raffrescamento e di ventilazione naturale.

Nell'ambito e sotto gli auspici dei cinque anni del programma internazionale *IEA/SHC Task 28 Sustainable Solar Housing*¹ un gruppo di esperti provenienti da Indonesia, Malesia, Brasile, Giappone, Sri Lanka, Australia e Italia, hanno voluto affrontare le problematiche di paesi situati in queste particolari tipologie climatiche. *Bioclimatic Housing*² (Hyde 2008) è il risultato di questo studio coordinato dal prof. Richard Hyde dell'Università di Sydney. Il capitolo 3 descrive le caratteristiche della tipologia climatica del Mediterraneo e il progetto Ecocity-Umbertide per l'Italia condotto da Francesca Sartogo e Valerio Calderaro. La varietà delle condizioni climatiche, l'orografia molto corrugata e la morfologia delle zone costiere e montane di questo grande lago, ne fanno un'area molto interessante per le implicazioni che possono avere su un'Architettura che volesse essere appropriata, consapevole e climaticamente responsabile. Quest'area è inoltre la culla di un'antichissima civiltà e in qualche modo dell'«Architettura Bioclimatica». Dal punto di vista dell'efficienza e del *comfort* termico degli edifici di quest'area, certamente molta importanza dovrebbe essere data al raffrescamento estivo piuttosto che al riscaldamento invernale, tutt'al più nella stessa misura; inoltre il ruolo della ventilazione e dell'illuminazione naturale diventa fondamentale. Un'altra componente importante è il rapporto degli edifici tra di loro e quindi la morfologia degli spazi esterni; in un salto di scala dall'edificio al tessuto edilizio ed alla forma urbana vera e propria. Tutte queste cose formano le identità culturali, dei popoli e dei paesi mediterranei, che hanno già da secoli sperimentato una comune strategia legata al clima.

1.2.1 La forma della città e la sua influenza sul clima locale

L'analisi delle condizioni climatiche mostra come la forma della città sia influenzata, ma possa anche influenzare profondamente la meteorologia locale. Essa può determinare effetti particolarmente evidenti durante il periodo estivo, quando in genere si risentono meno gli effetti dovuti alla circolazione generale; al contrario durante il periodo invernale, la circolazione delle masse d'aria a grande scala determina delle condizioni meteorologiche tali da nascondere completamente gli effetti del clima locale. La città inoltre è il luogo ove si manifesta una considerevole differenza di temperatura che spiega la genesi dell'«isola di calore» e permette di comprendere anche l'andamento del vento, che si presenta come una tipica circolazione di brezza. Complessivamente, quindi, il campo del vento e la temperatura, legati fino a quote di 400-500 m al ciclo diurno dovuto al riscaldamento superficiale, rappresentano la situazione fondamentale alla quale si sovrappone, nella zona centrale, l'effetto dell'isola urbana di calore.

¹ *Sustainable Solar Housing Program IEA/SHC (International Energy Agency/Solar Heating and Cooling) Task 28: 2000/2005* ricerca internazionale sugli standard energetici e termodinamici dell'edilizia dell'Europa centrale.

² «Bioclimatic Housing Innovative design for warm climates» by Richard Hyde Earthscan 2008 UK/USA

Questo effetto è caratterizzato da una struttura a cupola il cui vertice è situato a circa 300 m di quota ed è in grado di modificare il campo di vento agendo come un *drag* di notevole intensità. Essa è presente in modo simile in quasi tutte le città, la temperatura sale mano a mano che ci si avvicina al centro, con zone d'aria più fresca nei parchi, nei viali, lungo i corsi d'acqua, negli spazi urbani non costruiti e corredati da alberi e vegetazione. Il fenomeno si accentua nelle parti della città a più alta densità edilizia.

Alcune osservazioni evidenziano una correlazione diretta tra la quantità di edifici per unità di superficie e la variazione di temperatura, dovuta alla produzione di condizionamento termico, traffico, ecc. e d'estate per il maggior assorbimento solare.

Le nuove realtà e pratiche ecologiche legate al cambiamento del clima, critiche verso l'uso distratto e non consapevole del territorio maturato negli ultimi decenni, in questi ultimi recenti periodi storici della nostra era industriale, ci portano oggi a maggiori e più consapevoli riflessioni sull'uso di alcune risorse naturali così abbondantemente e generosamente messe a disposizione dal nostro pianeta. Tra le più importanti sono certamente quelle legate alla meteorologia e in particolare all'irraggiamento solare e al regime dei venti. Esse sono la garanzia per il mantenimento e la salvaguardia dell'ecosistema dell'uomo e dell'Ambiente. Esse potrebbero costituire, in particolare nei nostri climi temperati, un repertorio di modalità di approccio per il *comfort* della «qualità bioclimatica urbana» ottenibile con strategie per la protezione dai fattori negativi come il surriscaldamento dall'irraggiamento solare estivo e i venti freddi invernali, o per lo sfruttamento dei fattori positivi come l'accumulo termico dell'irraggiamento solare invernale e il beneficio dei venti freschi estivi.

2. La progettazione ecologica e sostenibile: casi studio esemplari

A questo proposito abbiamo creduto opportuno riportare alcuni casi di studio che hanno analizzato la città sotto il profilo della ventilazione naturale.

2.1 La città energeticamente autosufficiente: «Saline Ostia Antica» APAS RENA CT94-00-62³

2.1.1 Problematiche del contesto urbano/territoriale e obiettivi

Il progetto (Sartogo 2000) è un modello di riqualificazione di un quartiere periferico nell'area sud orientale della città di Roma compreso tra l'area protetta del Tevere e del Parco del Litorale, l'area archeologica dell'antica città di Ostia, e una vasta area agricola di oltre 1.000 ha, alla quale è stata sottratta un'area di 120 ha, dell'ex stabilimento del sale di origine etrusca e poi romana, per un insediamento urbano di circa 9.000 abitanti (Fig. 1).

³ La città energeticamente autosufficiente «Saline Ostia Antica: modello di pianificazione ecologica con l'introduzione di 93% delle energie rinnovabili». F Sartogo coordinamento scientifico, con M. Bastiani, J. Eble, V. Calderaro, K. Steemers (Architectural Research Centre Cambridge UK).

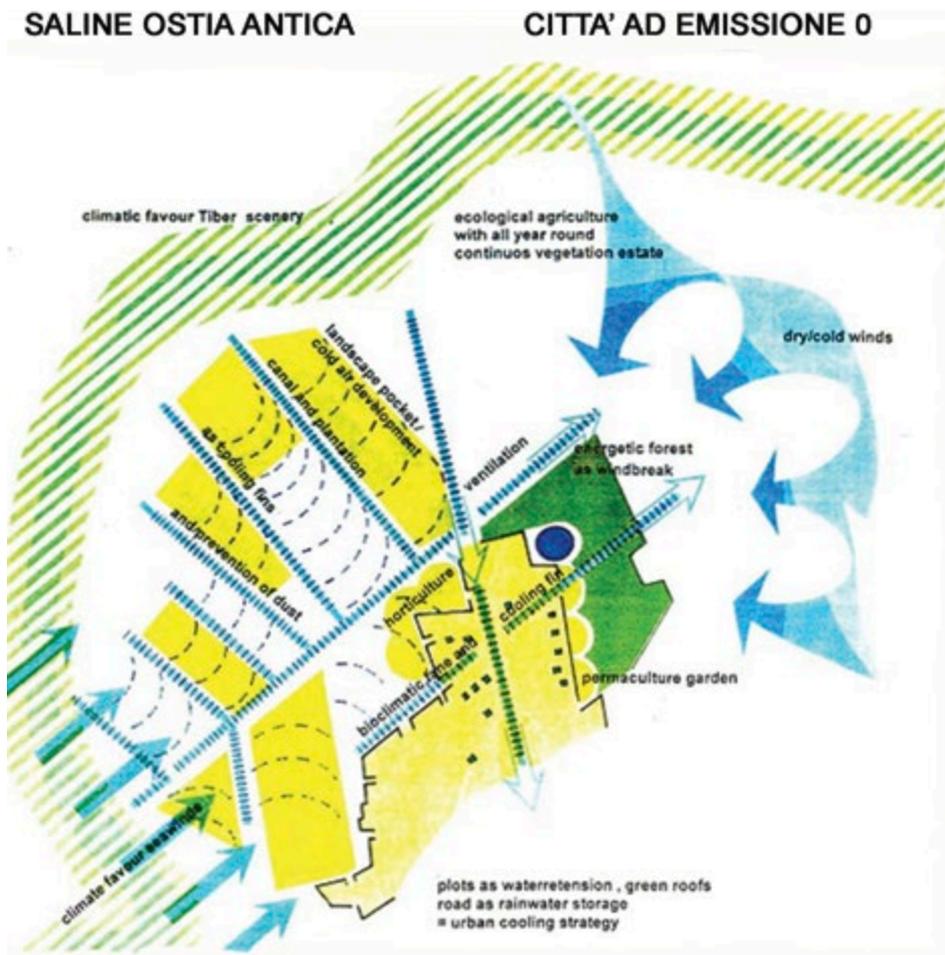


Figura 1. Saline Ostia Antica: Microclima locale come matrice della progettazione sostenibile.

Negli anni '94-96, nell'ambito del settore «Energie Rinnovabili e Urbanistica» del Programma Comunitario APAS-RENA fu elaborato uno studio per il recupero di un'area urbana nella periferia della città di Roma, scelta tra le parti più fragili, la borgata di Saline. L'attenzione si era indirizzata su una parte più fragile della città, i «suburbi urbani», cresciuti senza una pianificazione adeguata, ove spesso il degrado fisico, la carenza dei servizi e delle reti infrastrutturali, l'emarginazione sociale e la criminalità diffusa sono il risultato di una mancata qualità della vita. Essi sono purtroppo un fenomeno comune e ricorrente in molte grandi città anche delle più progredite nazioni europee. La necessità e la pressione alla riqualificazione di tali situazioni, offre una importante opportunità per la costruzione di un nuovo modello di sviluppo ecologico ed energetico capace di sperimentare il vasto repertorio di potenzialità innovative ormai disponibili e approfittando dell'occasione, per ridisegnare anche il rapporto tra città e territorio.

Il caso di Saline rappresenta un classico esempio di sovrapposizione distratta di un insediamento spontaneo, non autorizzato né pianificato su una struttura organizzata, da tempo, sia dal punto di vista agricolo che idraulico. Esso racchiude tutti gli usuali

fenomeni negativi comuni alle altre aree simili, con l'aggiunta di ulteriori difficoltà, problemi e caratteristiche dovute a un equilibrio idraulico, geologico e di uso appropriato del suolo, molto delicato.

L'obiettivo è di proporre un modello di sviluppo valido sia dal punto di vista economico che da quello ecologico ed energetico considerando al contempo i vincoli culturali e ambientali. A partire dalla base della conoscenza del sistema naturale, di quello della bonifica e del sistema costruito spontaneamente all'inizio del secolo scorso, si sviluppa la definizione della struttura della riconversione sostenibile dell'insediamento in cui avanzate tecnologie energetiche si integrano in altrettante avanzate tecniche di agricoltura naturale ed energetiche e dove processi produttivi di tutti i tipi da lineari si trasformano in circolari e ciclici, provocando una stretta interrelazione tra città e territorio, e tra città e agricoltura. Il risultato dimostra come una maggiore integrazione fisica e funzionale tra agricoltura, ambiente e insediamenti urbani, possa contribuire alla trasformazione della città in un modello di ecologia urbana energetico e sostenibile con propria produzione di energie rinnovabili fino al 93% e a inquinamento zero.

2.1.2 L'evoluzione storica e le analisi ambientali

La metodologia dello studio, innanzitutto si è articolata in una struttura di «analisi interdisciplinari» finalizzata alla messa in luce di tutte le componenti e le caratteristiche di quella «sapienza ambientale» che è stata responsabile dell'equilibrio preesistente, durante il processo di sviluppo, consolidamento e trasformazione nelle varie fasi della sua storia antica e moderna.

Un *excursus* storico ha evidenziato attraverso i secoli il ruolo che l'area ha avuto come serbatoio produttivo, attraverso gli importanti stabilimenti del sale; come attività di servizi attraverso la formazione di uno dei primi porti del mediterraneo e come fiorente attività agricola al servizio della città di Roma, fin dal IV sec. a.C. L'area si consolida in un alternarsi di periodi fiorenti di sviluppo e periodi di completo abbandono e di degrado fino alle bonifiche idrauliche e fondiari del primo novecento. Il disegno territoriale ha una forte impronta romana che appare tuttora ben visibile nella organizzazione 'centuriale' della pianificazione fondiaria ed agricola, nei reperti della bonifica idraulica e nella struttura urbana ed edilizia oggi messi in luce dalla tessitura degli scavi archeologici dell'antica città di Ostia. I successivi sviluppi seguono ancora oggi tale impronta, e ancora oggi tale area può considerarsi potenzialmente fiorente dal punto di vista agricolo e potrebbe assumere, se consolidata, una polarità urbana incisiva nell'intero panorama della parte meridionale della città di Roma, posta in un delicato equilibrio tra la città e il mare.

Le indagini geomorfologiche e idrogeologiche seguono il percorso storico del consolidamento fisico dell'area evidenziandone le caratteristiche in un repertorio di dati specifici sulla stratificazione e consistenza dei sedimenti geologici, sulla trama della struttura delle acque sotterranee e superficiali, sulla attitudine alla permeabilità o all'impermeabilità dei vari strati dei terreni nei loro livelli altimetrici rispetto al mare, sulle potenzialità e capacità di uso del suolo.

Le indagini climatiche realizzate attraverso una «stazione permanente di rilevamento», posizionata in luoghi a differenti caratteristiche, per due anni consecutivi,

hanno registrato dati annuali, mensili, giornalieri su temperature, umidità, umidità relativa, venti, irraggiamento solare, piovosità, etc. nell'intento di avere un esatto quadro microclimatico dell'area.

Le analisi sulla produttività e management della struttura agricola sono state uno dei supporti fondamentali dello studio. *L'excursus* attraverso i vari periodi storici delinea una certa continuità produttiva e una «importante vocazione agricola» dell'area, anche se recentemente gli assetti della monocoltura e l'uso massiccio di concimi chimici hanno alterato la fertilità preesistente dei terreni ed i sistemi di coltivazione. L'area agricola di Saline è un classico esempio di una conduzione a forte sfruttamento intensivo dei terreni con esiti tra l'altro oggi non più sostenibili.

L'analisi edilizia ed urbana ha seguito un percorso improntato sulla «lettura bioclimatica» sia della pianificazione dell'insediamento, che dei comparti edilizi che a livello di ogni singolo edificio. L'indagine è stata fatta su 12 comparti edilizi con l'individuazione di «tipologie edilizie» portanti e ricorrenti relazionandole a tutte le caratteristiche funzionali, costruttive, bioclimatiche ed ai consumi energetici.

2.1.3 Risultati ed elementi di sintesi

Dai risultati delle analisi e dalla filosofia degli studi sulla città, l'area di Saline-Ostia Antica, appare caratterizzata da forti elementi di complessità. È molto evidente la sua formazione, come organismo autonomo, periferico e antinodale pur tuttavia strettamente dipendente dall'organismo olistico globale della città di Roma. Essa segue, attraverso la storia della città e del suo territorio, la meccanica della crescita, per moduli urbani successivi, equivalenti all'organismo di base e a multipli di esso, con caratteristiche dovute al momento del loro consolidamento e allo stadio di complessità tipologica raggiunto. Inoltre, la costituzione del suo organismo, situato all'estremo limite e margine della città interagisce con differenti elementi a forte caratteristiche di diversità, quali il contesto della Riserva Naturale del Litoraneo Romano, la zona urbanizzata di Saline e la consistente area agricola; tutte legate strettamente, ad un unicum strutturale e vitale costituito dal «Bacino idraulico della bonifica Saline-Ostia Antica».

L'ambito territoriale, che ne risulta non può che riconoscersi nell'area di gestione del Consorzio di Bonifica di Ostia e Maccarese e precisamente nell'area di recente suddivisione contrassegnata con la denominazione di «Bacino idraulico ed autonomo di Saline-Ostia Antica» e definito dall'ansa del fiume Tevere, la consolare Ostiense, la zona urbana di Acilia e la cittadella medievale di Ostia. Ne deriva un '*modello urbano*' definito, di una certa dimensione, 1.100 ettari tra area agricola ed area naturalistica, 120 ettari di insediamento urbano, con forti complessità fisiche, sociali, economiche ed organizzative, con caratteristiche di diversità, organicità e potenzialità, forti gradi di autonomia, autoregolamentazione e di decentralizzazione.

2.1.4 L'articolazione del progetto: gli scenari di sviluppo successivi per la riconversione ecologica/energetica

Data la situazione modesta del panorama nazionale in merito alla ricerca e all'applicazione tecnologica delle Energie Rinnovabili e Rigenerabili, la dimensione e la

complessità dell'operazione di riqualificazione dell'area di Saline-Ostia Antica, il progetto è stato articolato per «*scenari di sviluppo successivi*».

- Il Primo scenario – *sviluppo convenzionale* – riguarda la situazione reale di degrado e di non pianificazione energetica sia territoriale che urbana attualmente in atto e sulla quale si propone di articolare un programma pianificato su tecnologie nazionalmente consolidate e sulla falsariga di normative esistenti anche se non coperte da adeguati finanziamenti applicabili e sostenibili immediatamente senza grosse variazioni innovative. Il risultato ottenibile è un bilancio energetico più appropriato, una razionalizzazione e un aumento del risparmio energetico con la strategia della migliore conservazione dell'energia.
- Il Secondo scenario – *sviluppo ecologico ed energetico sostenibile* – a breve termine, riguarda un programma energetico altamente correttivo della realtà attuale con l'introduzione di una 'strategia innovativa' globale estesa a tutte le differenti componenti dell'area e alle diverse Energie Rinnovabili e Rigenerabili, producibili e consumabili nell'area con l'ausilio di tutte le tecniche e le tecnologie maggiormente avanzate e consolidate oggi nel panorama europeo e tuttavia fortemente innovative per il panorama italiano. Esso è articolato da: A) un progetto di riqualificazione agricola con la riconversione dell'attuale agricoltura in bio-agricoltura organica e per la produzione di piante produttrici di energia attraverso: 1) la rigenerazione dell'humus; 2) la trasformazione da un regime di monocoltura a un sistema di pluricolture produttive a rotazione; 3) la trasformazione da produzioni agricole fortemente consumatrici di energia a produzioni agricole produttrici di Energie Rinnovabili e Rigenerabili; B) un progetto di riqualificazione urbano nella «città costruita» articolato attraverso: 1) una conoscenza del microclima locale, un programma mirato al miglioramento bioclimatico sia della forma architettonica che energetico degli edifici esistenti. come riqualificazione e riprogettazione della sua architettura; 2) un programma per la pianificazione e la progettazione tipologica prestazionale energetica dei nuovi edifici da applicare attraverso la nuova tipologia standard bifamiliare a 'corte' sia nei singoli lotti che nei comparti integrati; C) Un progetto energetico articolato attraverso: 1) La costituzione di pianificazione di infrastrutture energetiche programmate per le nuove aree A, B, C dei nuovi comparti urbani (cogenerazione e teleriscaldamento, impianti di lagunaggio e depurazione acque reflue e fognarie, illuminazione pubblica); 2) la costituzione di impianti di compostaggio e biogas, raccolta e lavorazione biomassa, industrie conserviere per prodotti alimentari certificati, impianti di cogenerazione, gestione energetica di impianti della bonifica idraulica, impianto di depurazione acque di irrigazione; 3) un programma per la costituzione di strutture organizzative istituzionali di controllo, gestione e promozione di programmi di incentivi.
- Il Terzo scenario – *sviluppo innovativo-visione solare* – programma futuro a lungo termine, renderà attuabili tutte le opzioni tecnologicamente avanzate, oggi non ancora sostenibili estendendole più possibilmente capillarmente a tutto il completo contesto urbano e territoriale attraverso: A) i programmi di riqualificazione per gli edifici esistenti ed i programmi innovativi per le nuove costruzioni, più aperti agli elementi solari attivi e passivi più avanzati. Soluzioni di teleriscaldamento in rete previste solo per i comparti A, B, C di una nuova edificazione saranno estese



Figura 2. Saline Ostia Antica: Piano energetico terzo scenario Città a emissione zero con il 93% delle Energie rinnovabili.

con le stesse modalità per tutta della zona urbana di Saline; B) la possibilità di produzione di idrogeno solare prevista come immissione in rete a sostituzione del metano che in futuro potrebbe essere non più sostenibile; C) L'Energia da piantagioni agricole sia legnose che erbacee raggiungeranno maggiori livelli di produzione fino a coprire completamente e nel modo migliore i fabbisogni locali.

I risultati ottenuti dimostrano, una riduzione dei consumi del 50%, l'ottenimento di un possibile aumento della produzione locale, il miglioramento del sistema di bio-agricoltura in armonia con il suo sviluppo organico e bio-dinamico, il rafforzamento del processo di riciclo dei rifiuti urbani; inoltre, per coprire la richiesta energetica, l'aumento sempre più dell'uso delle diverse di Energie Rinnovabili nell'area che può raggiungere un totale del 58-64% prima e successivamente il 93% ed una riduzione delle emissioni di gas serra per un 50%.

Tale risultato è molto vicino a quello contenuto nella «Campagna per il *take off*» del «Libro Bianco» del Quinto Programma Quadro della Comunità Europea che prevede una rete di città pilota con il raggiungimento dell'uso al 100% delle energie rinnovabili, in autosufficienza e quasi totale autonomia energetica. Questo scenario, se il progetto è stato ben ideato, non ha più bisogno di incentivi finanziari pur restando necessario un organismo istituzionale di gestione e di verifica dei risultati.

2.1.5 Microclima e tessuto urbano

Per il settore edilizio sono state estratte le tipologie esistenti, catalogandole secondo le caratteristiche funzionali e di efficienza energetica. La tipologia più ricorrente è stata oggetto di miglioramento energetico e bioclimatico e presa come modello di aggregazione delle future aree di completamento. Per definire in maniera più appropriata la morfologia della tipologia edilizia ed urbana, coerente con le preesistenze e le condizioni microclimatiche, alcune opzioni progettuali sono state sottoposte alla verifica di avanzate serie di simulazioni dal prof. Koen Steemers nel “Cambridge Architectural Research Ltd, Leslie Martin Center” - Università di Cambridge, UK.

Gli studi sulla: “direzionalità urbana, lo “Smoke test”, i fattori di vista e la dinamica delle ombre, sono stati eseguiti su tre modelli: A) tessuto urbano esistente; B) blocchi di edifici “in linea”; C) blocchi di edifici disposti a “corte”.

La conclusione dello studio precisa che i 3 modelli hanno diversi vantaggi ambientali, ma il modello dell’opzione C, è la soluzione più pulita e silenziosa. La aggregazione di edifici disposti a “corte” potrebbe essere protetta dai venti invernali, aperta alle brezze estive, e protetta dall’inquinamento.

Il Piano urbanistico finale prevede lungo i canali di bonifica ed il nuovo bosco ecologico, le aggregazioni a sviluppo lineare, mentre all’interno del quartiere, ove sono disponibili maggiori quantità di lotti e condizioni microclimatiche diverse, prevede le aggregazioni a “corte aperta”, contribuendo a formare un più appropriato e bioclimatico tessuto urbano.

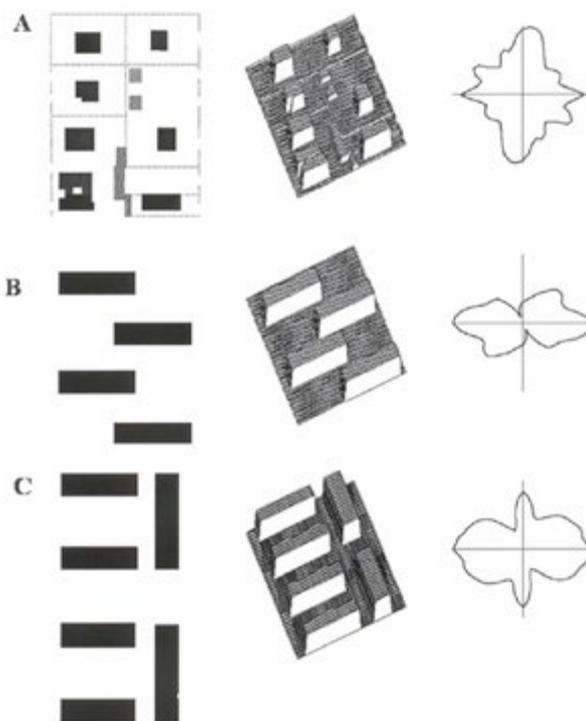


Figura 3 a, b. Saline Ostia Antica: tipologie edilizie, tessuto urbano e microclima, simulazione sulla direzionalità urbana.

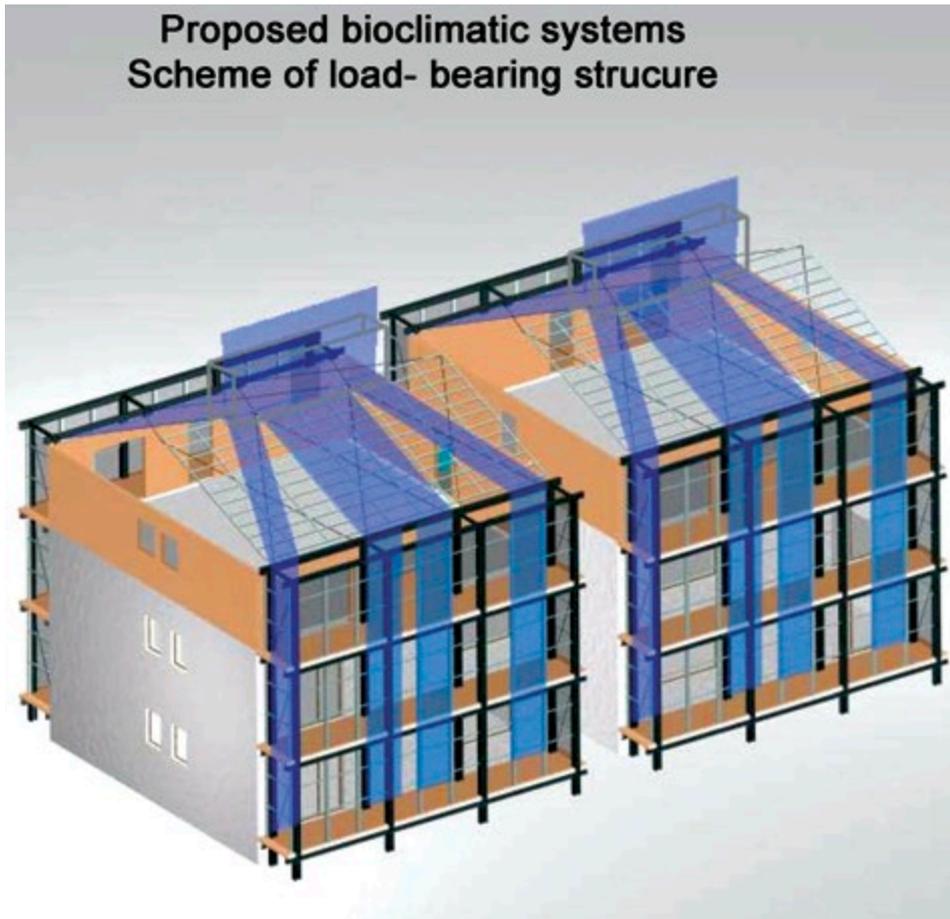


Figura 3 a, b. Saline Ostia Antica: tipologie edilizie, tessuto urbano e microclima

2.2 La Città Ecologica Mediterranea: Ecocity Project DG Research 2001/2005

2.2.1 Quartiere Urbano ecologico ed energeticamente autonomo tra il Parco Naturale del fiume Tevere e la nuova stazione ferroviaria della città di Umbertide⁴

In questo caso di studio, per la città di Umbertide, collocata nella parte settentrionale dell'Umbria, i principali obiettivi e parametri della pianificazione urbanistica ed edilizia sono stati:

- prevenire una pianificazione sparsa e senza regole costruendo una città compatta, come continuazione coerente della evoluzione storica della città;
- evitare l'obsoleta ossatura portante derivata dal disegno delle strade e della mobilità carrabile e la conseguente marginalità del tessuto edilizio;

⁴ Ecocity DG research program «City of tomorrow and cultural heritage» progetto che ha coinvolto 30 Partners e 7 Nazioni: Austria, Germania, Ungheria, Spagna, Italia, Slovacchia, Finlandia con il coordinamento generale dell'Università di Vienna. Progetto Ecocity/Umbertide per l'Italia, partner PRAU con il coordinamento scientifico di Francesca Sartogo e con AEA, Ecoazioni.

- costruire l'ossatura portante relazionata alle direttrici del «microclima locale» per assicurare e ottimizzare il «benessere del cittadino»: «Il Comfort Urbano ed edilizio come nuova cultura della architettura della città» (Comfort nel senso più vasto della parola includendo tutti i parametri termici, acustici, atmosferici ecc. della sostenibilità ambientale).

Il disegno della “*mobilità alternativa*” come ossatura portante della pianificazione integrato con l'intelaiatura del modello bioclimatico, con il *mixed land use*, e servizi primari a distanze brevi e con una densità edilizia appropriata integrata nel tessuto idrografico e del verde. Nuova stazione ‘ponte’, come polo funzionale della mobilità ferroviaria e dei servizi pubblici, come centro del progetto ed elemento di comunicazione tra le varie parti della città e del territorio.

Il disegno attento della tipologia del tessuto urbano e della tipologia edilizia come regola della nuova pianificazione urbana climaticamente e ambientalmente responsabile.

2.2.2 Il Processo della Progettazione

L'area del progetto è l'ultima area disponibile per lo sviluppo urbano della città di Umbertide. Essa non presenta le condizioni climatiche favorevoli che hanno caratterizzato le precedenti fasi di sviluppo della città, ove orografia collinare, orientamento solare e ventilazione erano le motivazioni principali delle scelte.

Il progetto si è calato nella situazione microclimatica dell'area, aiutato dalla collaborazione partecipativa degli abitanti, ne ha studiato attentamente le caratteristiche ed ha lavorato per trovare soluzioni, alle vie di «canalizzazione dei flussi di ventilazione» e alle «opzioni spaziali e formali dell'Architettura del tessuto urbano e della tipologia edilizia» (Fig. 4).

L'obiettivo del «benessere urbano del cittadino» si trasforma in una serie di misure proposte per ottimizzare l'insieme dei benefici termici, di mitigazione dell'inquinamento acustico, atmosferico e idrico che abbiamo chiamato «Comfort Urbano» e che è stata la motivazione principale della costruzione del disegno della pianificazione urbana ed edilizia. Il «Comfort Urbano» è anche la principale ed accattivante motivazione della struttura della principale rete della mobilità alternativa, alternata in flussi lenti dei percorsi pedonali e ciclabili, dei percorsi ciclabili veloci, delle piazze pubbliche e private, degli spazi di sosta per la comunicazione, gli incontri, le interrelazioni, con l'arte, lo shopping, lo sport ecc. ove le qualità ambientali architettoniche e bioclimatiche sono di fondamentale importanza. La prima operazione è stata quella di costruire la struttura portante del progetto urbanistico, individuando gli assi di ventilazione principali nord/sud collegandoli con la città ed il sistema delle brezze provenienti dalle colline al di sopra del fiume Tevere. Una serie di assi principali organizzano il disegno del progetto e si articolano gerarchicamente secondo la loro posizione e le relazioni con la città esistente (Fig. 5):

- la *Spina Bioclimatica Principale* che collega la parte centrale del progetto con la nuova «Stazione Ponte» e la via centrale del tessuto regolare centuriale della città ottocentesca;
- la *Spina Bioclimatica Storica* che collega la nuova area edilizia (A) di completamento e il centro del tessuto del antico «Borgo Minore»;



Figura 4. Ecocity Umbertide: Flussi di ventilazione naturale.

- i due ulteriori «corridoi del vento» che attraversano la nuova edilizia dell'area (B) e collegano, ripercorrendo i già esistenti tracciati viari del «Borgo Operaio», l'uno la nuova ristrutturazione dell'edificio del Mulino e dell'ex Tabacchificio e l'altro la città moderna.

Tali assi partono da percorsi naturalistici del disegno del Parco del Tevere, corredati da vegetazione e alberi e sono lo strumento formale e funzionale della rete della pedonalizzazione, della rete dell'acqua e del verde, ed hanno il compito della canalizzazione delle brezze estive negli spazi pubblici e privati e nell'intero tessuto della pianificazione urbana. L'architettura della struttura del tessuto urbano è costituita da aggregazione di edifici intorno a due spazi esterni condominiali (*Atrium* e *Peristilium*) derivati dalla tipologia dell'antica *domus* romana. L'alternanza delle funzioni e della forma di questi spazi esterni si organizza secondo la loro posizione nell'area e in corrispondenza dell'asse principale bioclimatico corridoio del vento e del percorso pedonale di accesso o sull'asse secondario bioclimatico del vento lungo l'allineamento dei giardini e degli orti. Il tessuto si articola secondo tre differenti tipologie edilizie:



Figura 5. Ecocity Umbertide: assi urbani bioclimatici.

1) Case singole mono o bifamiliari; 2) Case a Schiera; 3) Case multifamiliari su due o 4 piani ad appartamenti. Come detto questi tipi edilizi si aggregano secondo due differenti modelli: l'uno secondo «Isolati a Corte ad Atrio» e l'altro con «Isolati con Corti ad Atrio e a Peristilio» (Fig. 6).

La forma e l'organizzazione sia degli edifici, che degli spazi esterni pubblici, condominiali e privati derivano direttamente dalle esigenze di ventilazione. La disposizione di ogni corte, della forma dei blocchi degli edifici e la loro altezza dipendono dalla relazione del corridoio del vento delle spine centrali. In questa maniera è possibile garantire una soddisfacente grado di penetrazione nell'estate dei venti del sud, ed una protezione dai venti del nord invernali. Metodi costruttivi, componenti tecnologiche, altezze, densità seguono la logica degli specifici aspetti microclimatici dell'area e della localizzazione sempre ottimizzata secondo l'orientamento solare ed i flussi di ventilazione naturale.

Il sistema di ventilazione a 'scala urbana' valorizza soluzioni di canalizzazione dei flussi di ventilazione secondo la direzione prevalente del vento nelle varie stagioni,

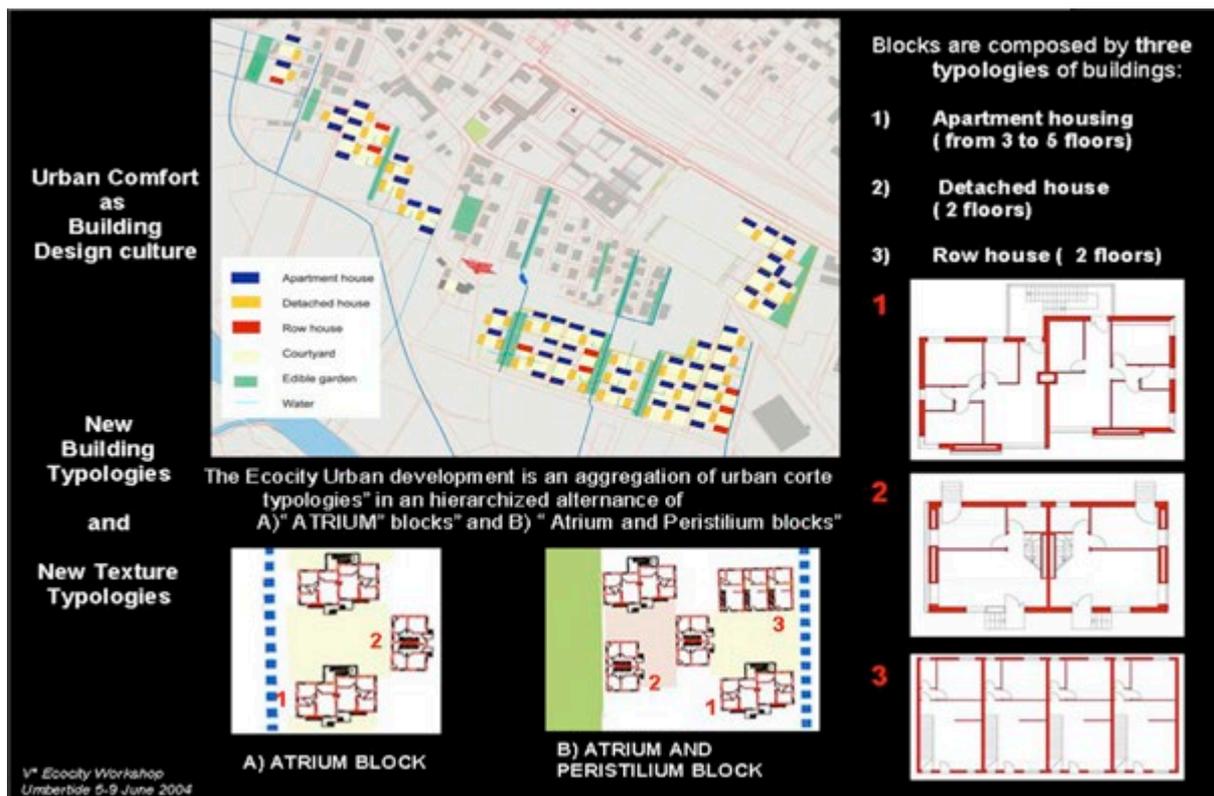


Figura 6. Ecocity Umbertide: tipologie edilizie, tessuto urbano e microclima.

con l'obiettivo di proteggere dai venti freddi e promuovere la canalizzazione delle brezze estive con conseguente riduzione della domanda di energia negli edifici.

A 'scala edilizia' il sistema si basa sull'uso di 3 camini di ventilazione, 2 per immissione d'aria e 1 per la espulsione. Tali camini in estate, durante la notte, data la minore temperature esterna dell'aria, producono per *stack effect*, il raffrescamento dell'aria nel camino e nelle strutture edilizie. Nell'inverno la parte trasparente del camino della facciata sud genera un '*loop convettivo*' che trasferisce il calore dalla massa termica interna del camino alle stanze interne dell'edificio.

Il risultato del linguaggio architettonico è molto evidente nella sua regola e coerenza con lo sviluppo dell'identità culturale locale, spontanea e climaticamente responsabile.

2.2.4 Il tessuto dell'acqua e del verde

La rete idrica si articola, seguendo le direzioni del tessuto idrografico consolidato nei secoli nell'area, in un sistema di accumulo dell'acqua piovana raccolta dai tetti dell'edilizia nell'atrio principale di ogni isolato dotato di una adeguata cisterna sotterranea, un sistema di distribuzione verso l'irrigazione degli orti e dei consumi edilizi, un sistema di riciclo delle acque grigie opportunamente depurate all'interno della gestione edilizia e per l'irrigazione della copertura del verde e dei giardini. Piccoli laghi

e canali seguono alcuni tracciati pedonali delle piste ciclabili il tracciato degli orti, un piccolo lago è collegato con l'edificio del teatro e nel parco.

Il progetto urbanistico del nuovo quartiere residenziale ecologico e bioclimatico è immerso nel verde, fa parte integrante dell'intero Parco Rurale e Fluviale del Tevere. L'area fluviale è stata da sempre usata come area agricola, sono ancora in funzione alcuni 'casali rurali' di una certa qualità architettonica e costruttiva che dovrebbero essere mantenuti nella loro caratteristica e loro funzione con la produzione e la vendita dei prodotti agricoli bio ecologici. L'intera area presenta i segni della trama agricola che andrebbero mantenuti con il potenziamento di alcuni viali alberati in collegamento con i 'corridoi del vento' dell'area urbana e una serie di zone di polarità alberate in una sequenza di itinerari pedonali e ciclabili destinate alla fruibilità dell'area.

La pista ciclabile lungo l'area golenale del fiume crea un percorso naturalistico che si collega, al di là dell'antico guado oltre il ponte, verso l'area nord del fiume destinata alla pesca sportiva.

2.2.5 *Gli spazi aperti pubblici e privati*

Umbertide è una classica 'città Mediterranea' dove il clima temperato permette di svolgere molte attività di comunicazione e interrelazione sociale in spazi esterni, ricavati spesso nella struttura compatta della città stessa. Gli spazi esterni delle piazze, delle strade, dei vicoli, dei cortili dei palazzi pubblici, dei portici, dei cortili delle chiese, dei mercati, insieme con le 'corti' delle case private sono state da secoli un «continuum pubblico privato» a disposizione del cittadino. Tale attitudine è molto frequente nella città antica ove il tessuto edilizio fa da invaso qualitativo ed anche bioclimatico di questi spazi di relazione. Non a caso le antiche piante topografiche del tardo settecento di G.B. Nolli per la città di Roma e di G. Caraffa duca di Noja per la città di Napoli riportavano un disegno urbanistico in cui i volumi degli edifici erano anneriti, mentre erano messi in evidenza, con i loro elementi architettonici, tutti gli spazi aperti all'accessibilità del cittadino. La città assumeva un carattere di grande fruibilità, vitalità e variabilità. In questi spazi le attività sociali, culturali, commerciali erano alla portata democratica di tutti in una stretta gerarchia di vicinato.

Oggi il traffico e il predominio delle automobili ha ristretto questa intelaiatura a una semplice angusta pavimentazione e gli edifici sono progettati come oggetti a sé stanti piuttosto che come elementi in grado di definire e dare forma a questi spazi così importanti per la nostra comunità.

Il progetto di Umbertide vorrebbe ricreare questa antica «leggibilità e funzionalità Urbana» riproponendo una intelaiatura di spazi collettivi pubblici, semi-pubblici e privati ricavati nei vuoti del tessuto edilizio e nel disegno dettato dal microclima locale. I percorsi pedonali si articolano negli invasi alberati degli assi nord-sud delle «Spine Bioclimatiche» e dei «Corridoi del vento» in una alternanza di itinerari variati dalle architetture degli spazi condominiali delle 'corti' degli «isolati ad Atrio», dalla sequenza dei giardini, dei canali, degli orti degli «Isolati ad Atrio e Peristilio».

Attraverso la *Spina Bioclimatica Principale* si raggiunge la sequenza dei portici dell'area esistente, ripristinata, la piazza centrale della stazione ferroviaria e la città ottocentesca; con la «Spina Bioclimatica Storica» si costituisce il collegamento con il tessuto e con la piazza trecentesca dell'antico «Borgo Minore». Le spine bioclimatiche

e i corridoi del vento sono percorsi pedonali attrezzati di funzioni e attività terziarie, commerciali e di servizio, gerarchicamente organizzati e polarizzati nei nodi significativi e nell'area centrale dell'insediamento; esse sono localizzate a costituire *mixed use* nell'edilizia stessa, normalmente nei piani terra degli edifici prospicienti gli isolati ad atrio. Esse sono il collegamento tra il nuovo insediamento ed il preesistente «Borgo Operaio» e la riqualificazione delle strutture industriali dismesse quali il vecchio mulino destinato a «nuovo centro di ricerche energetiche», il «Tabacchificio» a destinazione residenziale e commerciale e la ferrovia.

I percorsi della mobilità alternativa pedonali e ciclabili sono strettamente e formalmente correlati all'area naturalistica del vasto Parco del Tevere e tanto da fare da tramite nella introduzione e la integrazione della «qualità del verde» in una soluzione di continuità, nel tessuto edilizio e urbano. La copertura della vegetazione, il disegno dei canali d'acqua, i piccoli laghi, gli alberi, sono elementi ricorrenti e che costituiscono un dialogo stretto tra il nuovo quartiere e la naturalità del Parco.

La «piazza del quartiere» si trova nella posizione centrale e costituisce la saldatura fra l'edilizia del precedente «Villaggio Operaio» con le architetture del nuovo insediamento. In una sequenza di spazi nel verde delimitati dalle corti e dai giardini delle case si articola una sorta di «soggiorno esterno – salotto verde della città» che riunisce alcune attività collettive più importanti che hanno bisogno di maggiore spazio, la scuola, i giochi per i bambini, gli spazi per lo sport, gli spazi per le riunioni collettive, le sagre, le ristorazioni, i mercatini, ecc. con una grande flessibilità di spazi e di funzioni. È un lungo parco verde che, in continuità con quello del Tevere, si innesta tra le case disegnando questo «grande giardino urbano» che attraversa tutta l'area orizzontalmente e verticalmente fondendosi e concludendosi con l'altra area verde del centro sportivo.

L'area è stata testata e controllata in tutti i suoi angoli, con studi di simulazione fluidodinamica *Fluent*⁵ e presenta una varietà di zone protette dai venti invernali, zone opportunamente soleggiate, zone attrezzate con alberature ed elementi schermanti per l'ombreggiamento estivo, tali da costituire un efficiente meccanismo di *comfort* urbano, vivibile e attraente.

Particolare attenzione è stata prestata nell'indicazione dei materiali delle pavimentazioni quasi sempre trattate a prato verde, a ghiaia, o a pavimentazioni permeabili ecologiche e contro l'abbagliamento.

2.2.6 La ventilazione naturale urbana

Gli interventi su scala urbana riguardano:

- la realizzazione degli insediamenti in grado di migliorare le condizioni di ventilazione, in base alla direzione dei venti prevalenti nelle diverse condizioni stagionali,

⁵ Il FLUENT è un modello di simulazione di fluidodinamica CFD (Calcolo Fluido Dinamica) che consente di prevedere il moto dei fluidi, la trasmissione del calore, le reazioni chimiche, e i fenomeni correlati attraverso la soluzione di equazioni matematiche che rappresentano le leggi fisiche, usando un processo numerico. Tale modello è basato sul metodo degli elementi di volume finito, con esso il dominio è discretizzato in un set di volumi o celle (*mesh*). Le equazioni la cui risoluzione consente di individuare l'andamento del campo fluido riguardano la conservazione (trasporto) della massa, momento, energia, ecc. Il modello presenta una completa flessibilità delle *mesh* e permette di risolvere geometrie complesse.

per ottenere una protezione dai venti invernali (disponendo dei filari di alberi) ed incentivare invece la penetrazione dei venti estivi riducendo di conseguenza i fabbisogni energetici degli edifici;

- l'adozione di un impianto di teleriscaldamento a biomassa, utilizzando quindi energia rinnovabile e riducendo i consumi energetici di energia fossile;
- l'esposizione prevalente degli edifici di nuova costruzione a sud al fine di massimizzare la captazione dell'energia solare per il riscaldamento solare passivo;
- l'opportuna distanza tra gli edifici, compatibilmente con la volumetria degli edifici stessi imposta dal piano regolatore locale.

Al fine di migliorare le condizioni microclimatiche nelle due principali situazioni stagionali nell'area considerata sono state realizzate le seguenti soluzioni:

- nel periodo invernale, in cui il vento proviene prevalentemente da Nord, al fine di proteggere l'area in esame sono stati disposti dei filari di alberi nella parte alta dell'intervento;
- nel periodo estivo, in cui il vento proviene prevalentemente da Sud la disposizione degli edifici (orientati con la facciata prevalente a Sud per la captazione solare) a corti aperte e la realizzazioni di corridoi bioclimatici consentono di poter avere nell'area un soddisfacente grado di penetrazione dei venti nell'interno dell'area stessa;
- realizzazione di alberature, laghetti e corsi d'acqua consentono per effetto dell'evaporazione dell'acqua ed evapotraspirazione delle piante di migliorare le condizioni del microclima locale, influenzando anche positivamente la riduzione dei fabbisogni energetici degli edifici.

Per quanto riguarda i «corridoi bioclimatici» essi presentano la caratteristica di convogliare i venti dominanti estivi in quanto sono orientati parallelamente alla loro direzione. La presenza del corridoio produce un effetto di turbolenza nelle vie laterali che da luogo ad un effetto di depressione con conseguente trascinarsi dell'aria circostante. Il sistema delle 'corti' aperte da luogo ad un regime di interferenza tra le scie dei diversi edifici che produce un effetto di movimentazione dell'aria nelle corti stesse rendendo particolarmente favorevole il *comfort* estivo.

Tale sistema consente di migliorare il *comfort* ambientale nel periodo estivo ed è in grado, come detto, di far assumere all'ambiente urbano l'aspetto di un grande salotto verde; fermo restando che nel periodo invernale si risentiranno positivamente gli effetti di protezione dai venti freddi invernali dell'orientamento e delle alberature adottate.

3. Un quadro di sintesi: l'evoluzione della normativa nella pianificazione e progettazione sostenibile

G.H. Brundtland, nel 1987 formula la prima 'definizione' del concetto di «sviluppo sostenibile»: sostenibile è «Lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri».

Applicare tali definizioni, alla progettazione dell'Architettura e dell'Urbanistica è una sfida complessa e impegnativa, sempre più necessaria per uscire dall'attuale modello sociale, economico ed energetico basato sulle energie fossili durato ormai per troppo tempo. Un nuovo modo di progettare e un nuovo modello energetico fondato sulle energie rinnovabili e ambientali, dovrebbero essere le basi fondamentali della nuova società civile. Il dibattito coinvolge molte scale della progettazione e la globalità delle risorse ambientali.

La complessità della città è caratterizzata, nell'ambito del proprio contesto culturale, sociale, economico e politico, da flussi continui di processi di trasformazione legati indissolubilmente ai sistemi delle principali risorse energetiche e ambientali, e condizionate dal ciclo della mobilità e del metabolismo. Per governare tale complessità e indirizzare una progettazione nel senso giusto, non basta raggiungere i convenzionali valori quantitativi e prescrittivi finora adottati, ma è necessario un nuovo approccio metodologico che sappia indicare nuove strategie verso scelte sostenibili legate alla qualità e alla funzionalità prestazionale del processo di trasformazione sia urbanistica che edilizia.

Diventa fondamentale il ruolo di una normativa efficace e trasparente che guidi ed indirizzi in un comune linguaggio operatori, utenti ed amministratori definendo requisiti di qualità e di integrazione e fornendo le basi per la loro verifica, rendendo semplice e trasparente i livelli di prestazione e le modalità per ottenerli.

Negli anni Novanta il progetto di Saline Ostia Antica elabora un primo adeguamento energetico e ambientale del regolamento edilizio, che viene inserito nel piano particolareggiato del nucleo edilizia spontanea denominata «zona O Saline n. 40» e approvato dal Comune di Roma nel dicembre 2000; diventa la base dell'art. 10 sul MBE «miglioramento bioenergetico» delle Norme Tecniche di Attuazione dell'attuale Piano Regolatore Generale del Comune di Roma e successivamente il riferimento della Delibera Comunale n. 48 del febbraio 2006 che prescrive le «Norme per il risparmio energetico, l'utilizzazione di fonti rinnovabili di energie e risparmio energetico» come integrazione del vigente testo del Regolamento edilizio, per gli «Interventi di Recupero Urbano dei Programmi integrati, dei Programmi Urbani e degli Accordi di Programma». Notevole è il contributo del progetto di Saline Ostia Antica nel processo di adeguamento energetico e ambientale del Regolamento edilizio del Comune di Roma. Come prima istanza esso suggerisce una nuova formula di incentivazione centrata sul calcolo del volume imponibile correlato con il miglioramento energetico; successivamente suggerisce le prime caratteristiche degli «standard minimi prestazionali» per i requisiti e prescrizioni per le superfici opache e trasparenti, per superfici di ombreggiatura e le tecnologie delle schermature, per l'uso del verde, per il recupero delle acque reflue e meteoriche, per le caratteristiche dei materiali ecologici e termoregolatori, per la permeabilità dei suoli e l'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Negli anni 2003, in Lombardia, il Comune di Carugate sperimenta il primo regolamento edilizio dove compaiono prescrizioni obbligatorie o prescrizioni facoltative per le strategie e tecnologie energetiche; le prime realizzazioni hanno un discreto successo sia nel settore degli imprenditori che in quello degli artigiani e degli utenti finali; presto nella provincia di Milano altri piccoli Comuni seguono l'esempio e si instaura un osservatorio provinciale per l'energia ed un tavolo per nuove linee guida e per un comune Regolamento Edilizio Tipo; analoga strategia si

organizza nella Regione Emilia Romagna. Altri più recenti esempi sono riportati in questo stesso volume.

A livello Regionale, in analogia con le recenti esperienze internazionali quali quella della *EcoHomes*, del LEED americano, e del canadese *Green Building Challenge* nasce nel 1996 il protocollo ITACA (Istituto per l'Innovazione, Trasparenza degli Appalti e Compatibilità Ambientale). Attraverso il lavoro svolto da questo istituto le Regioni si confrontano ed elaborano le proprie esperienze per affrontare i loro singoli problemi della sostenibilità. I recenti D.Lgs. 192/05 e 311//06 indicano le modalità e ruoli dello Stato, delle Regioni e delle Province autonome per la predisposizione di programmi finalizzati alla «realizzazione di studi che consentano adeguamenti legislativi nel rispetto delle esigenze dei cittadini e dello sviluppo ambientale ed energetico».

Da alcuni anni anche il movimento cooperativo lavora ad un proprio interno sistema normativo. L'ANCAB (Associazione Nazionale Cooperative di Abitanti) elabora il *Codice Concordato* che rappresenta un valido contributo di autoregolamentazione per la progettazione e la realizzazione degli interventi di edilizia sociale. Recentemente anche un «Marchio di certificazione energetico ambientale» viene elaborato dal «Centro Studi per la progettazione edilizia ecocompatibile» DAPT (Dip. Architettura e Pianificazione Territoriale dell'Università di Bologna) e il gruppo di lavoro «Programmi innovativi e politiche di rete» dell'ANCAB. Esso prescrive una serie di requisiti per la riduzione del consumo dell'acqua, dell'energia per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo, l'utilizzo di materiali ecocompatibili, la raccolta differenziata dei rifiuti, la gestione e controllo dell'organismo edilizio.

Il processo è in continua evoluzione ma qualche risultato positivo si comincia a percepire anche nel nostro Paese. Negli ultimi anni è stata notevole l'accelerazione normativa a tutti i livelli, a partire dalla Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia che ha messo in moto provvedimenti Statali, Regionali e Provinciali. Inoltre, i Regolamenti Edilizi Comunali rappresentano uno dei migliori indicatori di questo processo in quanto snodo delicatissimo dell'azione amministrativa in cui sono coinvolti diversi attori del processo edilizio e nel quale si incrociano le competenze in materia di urbanistica, edilizia ed energia dello Stato, delle Regioni e dei Comuni.

Da una recente analisi, svolta dal Rapporto ON-RE (Legambiente/Cresme/Saie Energia), è emerso che sono 705 i Comuni in Italia che hanno elaborato regolamenti edilizi nei quali sono state introdotte normative innovative che riguardano l'energia e la sostenibilità in edilizia. Essi rappresentano il 9% del totale dei Comuni Italiani, ma se si effettua il calcolo sulla 'popolazione amministrata' il risultato raggiunge oltre 18,7 milioni di abitanti, pari al 31% della popolazione del nostro Paese.

Bibliografia

- Hyde R. (a cura di) 2008. *Bioclimatic Housing: innovative design for warm climates*, Earthscan, London.
- Sartogo F. Bastiani M. 1998. *Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica delle città di Perugia*. Guerra, Perugia.
- Sartogo F. Violo Angela 1999. *La Città ad emissione zero*, Fratelli Palombi, Roma.

- Sartogo F. 2000. *Saline di Ostia Antica. Modello di ecologia urbana con integrazione del 93% delle energie rinnovabili*, Alinea International, Firenze
- Sartogo F. 2006. *Premio Solare Europeo 1999-2004*, Alinea International, Firenze.
- Sartogo F., Calderaro V. 2008. *The Meditterrean: a cool temperate climate*, in Hyde R. (a cura di), *Bioclimatic Housing: innovative design for warm climate*, Earthscan, London: 117-148.
- Sartogo F. 2008. *Udine e Venzona lettura critica per una storia operante del territorio friulano*, Alinea, Firenze.

Friburgo città green. Da dove nasce la sostenibilità energetica e ambientale

Alessandra Tambara

1. Premessa

Il presente articolo si pone come obiettivo quello di dare un inquadramento generale sulla esperienza della città di Friburgo¹, dove i temi chiave della politica ambientale e del risparmio energetico sono stati dettati in soli trent'anni ed hanno portato la città del Baden-Württemberg alla ribalta nazionale e internazionale soprattutto per la pianificazione, progettazione e applicazione di idee innovative. La chiave di volta, come vedremo non è tanto la politica energetica piuttosto che l'uso di tecnologie efficienti ma semplicemente il coinvolgimento dei cittadini e la loro sensibilizzazione, dove la natura è concepita come patrimonio della città e di chi vi abita. La politica ambientale, quindi, spazia a 360° dal piano dell'uso del suolo, alla ricerca, all'insegnamento come pedagogia ambientale, alla formazione continua e alle iniziative di partecipazione dei cittadini nelle gestioni comunali.

2. La dimensione storico ambientale

La storia della sostenibilità ambientale della città si basa su quattro punti cardine della politica sostenibile scanditi in poco più di trent'anni di tutela comunale a favore dell'ambiente, dove gli attori sono stati la popolazione, l'economia, le associazioni e le istituzioni:

- 1975 Opposizione alla costruzione di una centrale nucleare a Wyhl;
- 1986 Piano sul mix delle fonti energetiche dove intanto l'Europa si trovava a combattere con l'effetto Chernobyl;
- 1996 Piano per la protezione del clima;
- 2007 Piano d'azione per la protezione del clima con riduzione del 40% delle

¹ Il rapporto con la città di Friburgo, da parte della Agenzia per lo Sviluppo del Circondario Empolese Valdelsa, si sviluppa nell'ambito del progetto A.R.E.E. P.O.R. OBIETTIVO 2 FSE 2007-2013 ASSE V TRASNAZIONALITÀ – INTERREGIONALITÀ approvato dalla Regione Toscana con decreto n. 3813/2009 e Progetto A.R.E.E. MOBILI finanziato sul POR CRO FSE 2007-2013 Asse V «Transnazionalità e Interregionalità» con Decreto Dirigenziale n. 6484 del 23/12/2010.

emissioni di CO₂ fino al 2030 tramite ristrutturazione edilizia sia privata che comunale con miglioramento degli standard di risparmio energetico, pianificazione urbana, trasporti/mobilità, industria e commercio, informazione/formazione.

3. Politica ambientale

Il motto «pensare globalmente – agire localmente» è realtà nel comune di Friburgo. La sinergia tra gli attori della tutela dell'ambiente diventa tradizione presso le amministrazioni locali che si susseguono. Il **no** alla centrale nucleare ha dato il via a una politica ambientale che viene sviluppata e portata avanti di concerto con la popolazione (molto attivi i processi partecipativi), da comitati e dalle Istituzioni e dal Consiglio Comunale. Friburgo è una città dove i cittadini decidono come costruire casa e come gestire le aree verdi, dove quasi il 90% dei posti di lavoro sono comunali con un tasso di disoccupazione del solo 6.8%.

Le competenze ambientali della città di Friburgo spaziano dalla:

- concezione dell'ambiente e delle politiche ambientali come fattore economico o di innovazione;
- trasmissione del *know-how*, dove il collegamento tra, ricerca e tecnologia è un fattore portante per l'economia;
- formazione concepita come sapere che porta vantaggio competitivo, Friburgo è una città di 205.000 abitanti dove 30.000 sono studenti;
- prevenzione sanitaria;
- architettura, edilizia e abitazioni pianificate;
- sviluppo delle città dove è tutto a misura d'uomo;
- mobilità, traffico e turismo;
- città concepita come spazio vitale dove lo sviluppo della città rafforza il centro storico e i centri di quartiere attraverso una combinazione di commercio al dettaglio, offerte di servizi e cultura, offerte per il tempo libero e la gastronomia.

4. Friburgo oggi

Friburgo ha da poco anche ricevuto il titolo di Capitale tedesca della protezione del clima 2010.

I cittadini possono oggi contribuire attivamente alla politica energetica comunale scegliendo la corrente elettrica della società regionale *Badenova* che fornisce energia elettrica composta da un'alta percentuale di energia da fonti rinnovabili. Su iniziativa del Comune e con fondi europei è stata creata anche una guida che informa i cittadini sulla produzione, sui punti vendita e sugli installatori specializzati di impianti solari nella regione. Tale azienda di distribuzione energetica e di servizi con i propri fondi per la protezione del clima – *Regiostrom* – promuove le energie rinnovabili con 2,4 milioni di euro all'anno. Il 90% di tutti gli impianti a energia solare presenti a Friburgo sono promossi da Badenova. Molti di questi impianti solari si devono all'impegno dei cittadini che risulta fondamentale sia per la costruzione del piccolo impianto che per

l'acquisto di quote da impianti collettivi (stadio di calcio). I progetti solari innovativi, inoltre, richiamano l'interesse dell'opinione pubblica e sono molto richiesti nel turismo 'verde' di tutto il mondo (1.300.000 pernottamenti nel solo 2009).

Il Comune di Friburgo argina la superficie di vendita al minuto in periferia per agevolare la crescita di superfici commerciali verso il centro storico e i centri di quartiere. Da qui il decentramento delle grandi catene di supermercato a favore dei mercati rionali: ad esempio la mattina di tutti i giorni feriali, la piazza della Cattedrale si anima del mercato di prodotti ortofrutticoli e di piante provenienti da tutta la Regione.

5. L'ambiente come un fattore di sviluppo economico

Il turismo 'solare' è diventato un vero e proprio motore economico. La concezione è fare turismo salvaguardando l'ambiente. Molti hotel e strutture recettive presenti a Friburgo sono altamente sostenibili: attente al risparmio energetico, utilizzano impianti a fonti rinnovabili, fanno la raccolta differenziata, utilizzano per gli scarichi le acque piovane e offrono ai buffet prodotti a filiera corta e biologica.

Esiste, inoltre, il mercato della City Tours ² con un elenco di ditte – agenzie dedite alla visita della città che organizzano veri e propri tour con guide tecniche esperte.

Friburgo è sede di fiere, cultura e congressi di crescente rilevanza internazionale. La Fiera *Intersolar*, che ora si svolge a Monaco, ha visto i suoi albori a Friburgo. Tuttora gode della collaborazione nell'organizzazione da parte di FWTM³ (*Freiburg Wirtschaft Touristik und Messe*, Friburgo economia turismo e fiera), BSW (associazione federale dell'industria solare), DGS (Società Tedesca per l'energia solare), EPIA (European Photovoltaic Industry Association), ESTIF (Federazione europea dell'industria solare termica), ISES (International Solar Energy Society). L'*Intersolar* è una fiera altamente specializzata diventata un appuntamento obbligatorio per chi opera nel settore delle rinnovabili ma soprattutto degli impianti solari.

Green Cluster Freiburg società nata per il sostegno dell'economia, fondata nel 2009 tramite una rete di imprenditori è formata da diverse ditte e funge da incubatore tecnologico. I settori di appartenenza per le aziende sono sette e variano dall'ambiente, al solare, all'energia, alle tecnologie ambientali, alla pianificazione e progettazione, alla mobilità fino alla ricerca e ai seminari. Come obiettivi ha la connessione/sinergia tra le aziende e la pubblicizzazione del marchio all'estero. Gode di finanziamenti statali ma anche di finanziamenti europei.

Friburgo, denominata «città del sole», ha fatto come suo il motto «vivere con il sole e del sole» vanta 1500 aziende nel settore delle rinnovabili con più di 10.000 occupati. Molte aziende sia del settore ambientale che solare hanno scelto Friburgo come sede amministrativa.

Solar Info Center (SIC) è un centro di competenza sulle energie rinnovabili che racchiude al suo interno 45 aziende che trattano consulenze, finanziamenti, formazione e installazione di tecnologie ecocompatibili con l'ambiente.

² <http://www.freiburg.de/servlet/PB/menu/1212675_11/index.html>.

³ <http://www.fwtm.freiburg.de/servlet/PB/menu/1182949_11/index.html>.

6. Mobilità

È stato un mix di soluzioni da parte dell'amministrazione locale a far diventare Friburgo una delle principali città europee delle mobilità, per sensibilizzare i cittadini sono state utilizzate diverse azioni: dall'educare al premiare, dal dare il buon esempio, all'incentivare, al costringere al punire.

Ciò è stato ottenuto, in particolare, attraverso la pianificazione della mobilità concentrando il tutto in una sola area, la stazione di interscambio modale tra tram, bus, treni e piste ciclabili con la presenza, inoltre, di sei parcheggi scambiatori. Quindi attraverso l'integrazione tra treno, bus e tram in un'area che da Friburgo si estende per 30-50 km in ogni direzione.

Secondo le migliori indicazioni in tale ambito le politiche di pianificazione per il trasporto sono state integrate da adeguate politiche di *pricing*, come l'abbonamento mensile per l'intera zona su tutti i mezzi a 47 euro, non personale con due mesi gratis facendo l'abbonamento annuale, agevolazioni per studenti, anziani, famiglie e per i fine settimana. O come la disincentivazione dell'uso delle automobili con parcheggi a pagamento per i residenti (generalmente al di fuori dei quartieri abitati) e suddivisione delle aree di parcheggio dove costano di più le zone centrali (da 0.80 cent fino a 2.2 euro).

Il servizio pubblico assicura inoltre corse ogni tre minuti in inverno, ogni sette minuti in estate, rendendo inutile il ricorso alle auto private. In bicicletta si riesce ad attraversare in quindici minuti la città che è sostanzialmente grande come Firenze.

7. Pianificazione dei quartieri

Nella realizzazione degli edifici residenziali è stato dato ampio spazio ai più semplici ma efficaci accorgimenti bioclimatici. La casa passiva è nata da una cooperativa di cittadini privati, è stata progettata e realizzata con 'autocostruzione'.

In questa città hanno operato i pionieri della casa passiva, sia per quanto concerne gli aspetti architettonici e tecnici che quelli normativi. Già dal 1992 Friburgo aveva introdotto standard di consumo energetico per le nuove costruzioni inferiori del 30% rispetto a quelli statali (peraltro già restrittivi).

Nelle aree di proprietà comunale o cedute in diritto di superficie sono ammessi solo edifici a basso consumo energetico; la stessa restrizione vale per gli interventi che godono di contributi pubblici, anche se realizzati in aree private. Ciò ha prodotto effetti soprattutto nel caso di grandi operazioni immobiliari, nelle quali l'Autorità locale ha imposto che i contratti di vendita e di locazione includessero precise prescrizioni sui consumi energetici, obbligando il costruttore a rispettare i vincoli di orientamento, a realizzare manufatti conformi alla regolamentazione locale sul risparmio energetico ed a garantire la possibilità di installare captatori solari in copertura.

Sull'edilizia esistente il Comune, anche attraverso l'Azienda Energetica Municipale, eroga incentivi aggiuntivi a quelli federali per coloro che coibentano, installano finestre a triplo vetro e realizzano altri interventi di risparmio energetico purché di caratteristiche e prestazioni certificate. Le risorse provengono da un prelievo straordinario sui consumi elettrici per usi domestici, pari a 0,3 cent/Kwh. I cittadini dispongono,

inoltre, di una consulenza gratuita per l'analisi, la valutazione e la progettazione degli interventi, resa popolare attraverso una massiccia campagna di informazione.

Per la gestione di molti dei nuovi quartieri sono attive associazioni nate allo scopo di organizzare attività di interesse collettivo, che collaborano strettamente con il gruppo consiliare comunale, organizzano gruppi di lavoro, eventi culturali, campagne d'informazione ed altre manifestazioni per promuovere lo sviluppo sostenibile della città.

I principali indirizzi per lo sviluppo urbano dei nuovi quartieri possono essere riassunti nei seguenti punti (Figg. 1, 2):

- La diversità architettonica è realizzata sulla base della lottizzazione e in funzione di tipologie abitative per attrarre gli interessi di vari gruppi (da bi-familiari sino ad abitazioni di cinque piani). La costruzione di un quartiere urbano ad alta densità, non percepita.
- Costruzione flessibile con la possibilità di apportarvi modificazioni attuabili rispetto a esigenze impreviste (principio di una «pianificazione/progettazione adattabile»).
- Attenzione particolare alle necessità di donne, bambini, famiglie nonché anziani e disabili.
- Superamento di divisioni tra luoghi di lavoro e abitazioni attraverso la combinazione di edifici misti e commerciali. Realizzazione di strutture abitative equilibrate, per es. mix di abitazioni finanziate su libero mercato e di altre incentivate, di proprietà e in affitto, ed avvio di progetti modello.
- Sistema di traffico con precedenza al traffico pubblico per tratti brevi, movimento pedonale e ciclistico, e limitazione della velocità a 30 km orari in tutta la zona.
- Pianificazione per la realizzazione di buone infrastrutture pubbliche e private.
- Orientamento verso finalità ecologiche, quali: costruzioni a basso consumo energetico; accoppiamento energia-riscaldamento; uso dell'energia solare; uso delle acque piovane; uso prioritario del tram. Rivalutazione delle zone verdi a riserve naturali con sentieri educativi ed indicazioni per i visitatori.



Figure 1, 2. Caratteristiche architettoniche, costruttive ed energetiche degli edifici nei nuovi insediamenti di Friburgo.

- Alta qualità del verde pubblico e privato che confluisce in un ottima qualità del tempo libero.
- Spazi comuni tra gli agglomerati con edifici nonostante di fatto le aree di pertinenza siano separate, per un miglioramento qualitativo della zona abitata circostante. Si evita di costruire barriere tra le abitazioni e si creano spazi all'area aperta tra le costruzioni.

8. Rieselfeld e Vauban, quartieri simbolo della riqualificazione energetica

Il progetto per il quartiere di Rieselfeld viene interamente finanziato tramite la vendita degli appezzamenti cittadini attraverso una particolare forma di 'autofinanziamento'. Gli abitanti del quartiere vi trovano tutte le infrastrutture di cui hanno bisogno per la vita quotidiana: asili per l'infanzia, scuole, spazi verdi, ambulatori medici, centri sociali, mercati, ristoranti, supermercati e una piccola zona industriale che offre posti di lavoro. Questo quartiere è concepito come quartiere a risparmio e non a produzione energetica. La mobilità si basa su un sistema di traffico orientato verso il futuro con precedenza al trasporto pubblico per tratti brevi, movimento pedonale e ciclistico, e limitazione della velocità a 30 km orari in tutta la zona. Il quartiere richiede un sistema stradale ortogonale e forma la base per il concetto del traffico che contiene i seguenti elementi: precedenza al tram, ai pedoni e ai ciclisti, nonché buona raggiungibilità dei mezzi pubblici per tutti gli abitanti attraverso tre fermate.

Vauban è un quartiere esistente, costruito negli anni Trenta. Il quartiere, costituito da caserme, fu occupato dall'esercito francese alla fine della seconda guerra mondiale e ribattezzato con il nome di un architetto militare francese del XVII secolo, Vauban, appunto. Nel 1993 il Comune di Friburgo decide di ristrutturare e costruire un quartiere residenziale in un'area periferica di proprietà comunale, un quartiere ecologico a basso consumo energetico. Seguendo le positive esperienze fatte durante lo sviluppo di Rieselfeld nell'ambito del coinvolgimento dei cittadini. Per il quartiere Vauban la partecipazione cittadina divenne presto l'elemento identificativo. Materiali naturali e un design esigente creano un ambiente abitativo affascinante e salubre. Al benessere abitativo contribuisce anche la luminosità degli ambienti, il verde e la vasta gamma di colori 'ottimistici' scelti per gli edifici. Una buona distribuzione dei servizi di prossimità riduce il bisogno di muoversi dal quartiere: asili nido, scuole, mercato biologico, centro sociale, sono tutti raggiungibili a piedi.

Mentre il sistema della mobilità è caratterizzato dall'assenza di posti auto all'interno del quartiere. Sulla base del principio «chi inquina paga», coloro che possiedono un'auto nel quartiere non la possono parcheggiare sotto casa, né in garage sotterranei finanziati da tutti i coinquilini, bensì in uno dei due garage di quartiere posti ai margini del quartiere stesso. Chi non possiede un'automobile è socio dell'associazione «Abitare senza auto». Inoltre Vauban è stato costruito secondo il principio della «città dalle brevi distanze». Accanto alle *Spielstrassen*, cioè le strade in cui i bambini possono giocare liberamente, c'è la nuova linea tramviaria, le reti di piste ciclabili.

9. Formazione e ricerca

La formazione sul tema delle energie da fonti rinnovabili si avvia fin dai livelli della scuola superiore. L'Istituto tecnico superiore specializzato nella progettazione e nell'installazione di impianti ad energie rinnovabili: solare, eolica e idraulica svolge attività anche di carattere applicativo e sperimentale. Nel laboratorio gli studenti progettano e sperimentano i sistemi di produzione di energia da fonte solare.

La Solar Fabrik è la prima fabbrica per la produzione di pannelli fotovoltaici con il marchio made in Germany, è stata realizzata nel 1996 esclusivamente con finanziamenti privati e oggi copre il 25% del mercato dei moduli fotovoltaici prodotti. In Germania è sinonimo di alto standard qualitativo e di sicurezza all'avanguardia nel campo della tecnologia solare ai massimi livelli, appoggiata anche dal centro ricerche del Fraunhofer Institute sempre sito a Friburgo. Unica fabbrica che ha garantito in passato il prodotto per 7 anni, passando, invece, ai giorni nostri a 12 anni e a 25 anni sulla potenza. Costruita in un edificio passivo oggi è sede solamente degli uffici amministrativi mentre la fabbrica è sita altrove. Tuttavia rimane una delle mete più ambite per la visita da parte dei tour operator della città di Friburgo come fabbrica a zero emissioni⁴.

Grazie a queste attività finalizzate all'innovazione Friburgo è una delle città più energeticamente 'pulite' d'Europa. Si avvale della ricerca avanzata del ministero Federale della Ricerca, della locale Agenzia Regionale dei Servizi Energetici, del *Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme* (ISE) e dell'International Solar Energy Society.

10. Risultati

L'implementazione delle politiche di risparmio e riconversione sostenibile della produzione e dei consumi energetici fa ormai di Friburgo un centro di eccellenza. La riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento dell'acqua sanitaria è dell'ordine del 40% ed una riduzione delle emissioni di CO₂ di circa il 30%, con costi aggiuntivi del 3-8% a carico dei costruttori e quindi dei compratori degli alloggi, destinati tuttavia ad essere recuperati in circa dieci anni con la riduzione dei costi di esercizio.

Complessivamente la città ha saputo ridurre del 14% le emissioni di gas serra rispetto al 1992 e punta ad andare molto al di là degli obiettivi dell'Unione Europea, per arrivare ad un -40% entro il 2030. Mentre un tempo l'elettricità da nucleare forniva il 60% della domanda cittadina, oggi è meno del 25%.

La città di Friburgo, attira migliaia di persone sia per le conferenze del settore sia per lo studio delle soluzioni tecniche adottate. È un centro che ha saputo attrarre importanti organizzazioni e istituti quali il *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* e la *International Solar Energy Society* (ISES) che la pongono all'avanguardia nella ricerca e nello sviluppo del settore. Dai due istituti sono uscite importanti novità, quali le celle solari multi giunzione in grado di convertire in elettricità il 39,7% dei raggi solari o l'*inverter* con efficienza del 98,5%.

⁴ <<http://www.solar-fabrik.de/>>, 07/11.

L'estensione delle piste ciclabili supera i 400 km; sono migliaia i parcheggi per le biciclette, sparsi ovunque e sempre in prossimità delle fermate del tram, per favorire l'uso combinato dei mezzi.

Il risultato di tale politica si riflette in una significativa riduzione dell'uso dell'auto: ogni giorno sono circa 35.000 coloro che si recano in città con la bicicletta e valgono un terzo degli spostamenti complessivamente effettuati. Nel complesso, quindi, il 27% degli spostamenti avviene in bicicletta. Una percentuale elevata, che diventa ancora più sostenibile se si pensa che il rimanente 73% degli avviene prevalentemente a piedi (24%) e con i mezzi pubblici (20%), mentre al trasporto privato è lasciato soltanto il 29%. L'uso dell'auto, quindi, è molto ridotto, nella città di Friburgo ci sono 427 auto per 1000 abitanti mentre nel quartiere di Vauban la percentuale diventa quasi un terzo con 150 auto per 1000 abitanti.

Anche in tema di rifiuti Friburgo risulta virtuosa, particolarmente a cominciare dagli anni Novanta: negli ultimi 15 anni la produzione pro capite annua di rifiuti non riciclabili è scesa da 190 a 109 kg, mentre è cresciuta la percentuale complessiva di quelli riciclati dal 25% al 60%, risultati che la pongono ben al di sopra della media, già elevata, delle altre città tedesche.

Sono dati che riflettono una condivisione consapevole e matura degli obiettivi da parte della popolazione, frutto di un costante impegno nella sensibilizzazione e nel coinvolgimento dell'opinione pubblica.

Per quanto riguarda le risorse idriche, nell'80% dell'area residenziale di Vauban, ad esempio, è stata realizzato un sistema di infiltrazione dell'acqua piovana nel terreno in modo da garantire la ricarica delle falde idriche.

Inoltre, in alcuni edifici esistono sistemi di recupero dell'acqua per i servizi igienici e impianti in grado di trasformare le acque luride in biogas da utilizzare in cucina.

Tutto ciò si riflette anche nella natalità, che è molto alta poiché molte coppie giovani si trasferiscono a Friburgo per la sua vivibilità ma soprattutto per l'alta qualità della vita.

Normative per la qualità energetica e ambientale in Toscana: il sistema di certificazione CasaClima

Tiziano Bucciardini

1. Premessa: un quadro di luci e ombre

Toscana... il solo pronunciare questo nome, comunemente evoca immagini che seppure corrispondono al vero, sono solo parte di una complessa realtà regionale: paesaggio, città d'arte, storia, qualità della vita elevata, tradizione culturale fra le più emblematiche dell'intero territorio nazionale.

Tutte immagini, sempre più comuni e consolidate, man mano che ci si allontana geograficamente da questo territorio. Se per i toscani, questi sono solo alcuni degli aspetti caratteristici della propria regione, ad uno sguardo meno prossimo questi assumono una forza e una diffusione tale da rendere la Toscana più famosa del resto dell'intera penisola, per un americano o un giapponese, vedere l'Italia alcune volte significa visitare Firenze.

È evidente che ogni aspetto di un territorio con queste caratteristiche, debba essere salvaguardato e valorizzato. I Toscani, anzi le loro amministrazioni, tutto questo lo fanno o almeno ne mostrano continuamente l'intenzione, purtroppo molto spesso alle intenzioni non seguono fatti coerenti.

Per la parte che qui intendo trattare, alle migliori e ormai risalenti volontà, nel tempo non è seguito nulla di realmente efficace, l'unico effetto diffuso è il perdurare di ampie aree di incertezza. L'argomento è appunto quello della qualità energetica in Toscana, dunque le sue parziali ma significative implicazioni ambientali. Le situazioni di incertezza sono quelle in particolare legate alla diffusione delle fonti di energia rinnovabili e alla certificazione energetica degli edifici. Le norme a livello regionale sono state molte, lungimiranti e generalmente tempestive, ma a questi lusinghieri aggettivi, va necessariamente aggiunto, 'inattuate'.

'Inattuate' quindi non 'inapplicate', altro aggettivo che spesso si affianca a molte normative nazionali, perché qui di vera e propria mancanza di mezzi di attuazione si è spesso trattato. Porto ad esempio alcuni documenti che sono in sé utili e innovativi, ma ai quali è purtroppo mancata la necessaria volontà da parte della politica di renderli veramente ciò che potenzialmente potevano essere, cioè strumenti per un'efficace strategia energetica da attuare sul territorio.

La Regione Toscana ha prodotto già nel 2000 un importante atto di pianificazione regionale, il PER (Piano Energetico Regionale) in attuazione delle disposizioni già introdotte con la L.R. 45/1997 e successive. Gli obiettivi previsti in questo documen-

to, che aveva solo finalità di indirizzo per le amministrazioni coinvolte, finora non sono stati purtroppo raggiunti. In vari settori delle fonti energetiche rinnovabili; in particolare venivano trattati, l'eolico, il solare termico e il fotovoltaico.

Successivamente è stata ripresa la precedente proposta e rilanciata, tramite la L.R. 39/ 2005 e il PIER (Piano di Indirizzo Energetico Regionale), recentemente approvato, che, allo scopo di centrare gli obiettivi del Protocollo di Kyoto, si è proposto di promuovere oltre alle FER (Fonti Energetiche Rinnovabili) anche l'efficienza negli usi energetici, cercando di stabilizzare l'aumento dei consumi.

La Regione Toscana ha individuato come elemento cruciale l'uso delle FER che già rappresentano l'11% dei consumi energetici complessivi regionali (ed il 26% dei consumi elettrici, grazie alla geotermia). La Regione Toscana ha l'obiettivo di coprire il 20% del fabbisogno energetico complessivo con FER e arrivare a una produzione di energia elettrica rinnovabile per almeno il 30% della produzione complessiva.

L'altra grande azione è la stabilizzazione dei consumi, che dovrà passare verso l'aumento dell'efficienza e dell'uso razionale dell'energia, oltre che evitando gli sprechi laddove possibile: in questo modo si cercherà di contrastare il costante aumento dei consumi, quantificato in circa l'1% all'anno negli ultimi 10-15 anni.

2. Linee guida per la valutazione della qualità energetica e ambientale degli edifici in toscana

Con le «Linee guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana» del 4 febbraio 2005, la Giunta Regionale Toscana (Direzione Generale della Presidenza, Area di Coordinamento Programmazione e controllo. Settore Programmazione dello Sviluppo Sostenibile). È stato proposto un sistema di certificazione energetica e ambientale che prevede l'esame delle prestazioni dell'edificio in relazione alle varie tematiche energetiche da esaminare, chiamate «aree di valutazione», che comprendono nelle linee guida predisposte i 7 temi seguenti:

1. la qualità ambientale degli spazi esterni;
2. il risparmio di risorse;
3. il carico ambientale;
4. la qualità dell'ambiente interno;
5. la qualità del servizio;
6. la qualità della gestione;
7. i trasporti.

Tutti questi atti sono sostanzialmente indicazioni, ma senza la forza e le specificazioni, necessarie a renderli efficaci. A questa interessante panoramica sulle 'indicazioni' normative regionali, va aggiunto il doveroso riconoscimento che le politiche comunitarie hanno compiuto, sull'importanza fondamentale di un serio sistema di gestione del patrimonio immobiliare dal punto di vista dei consumi energetici.

La Direttiva 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 – Parlamento Europeo e Consiglio – sul rendimento energetico nell'edilizia (GUCE L1 del 4.1.2003) ha l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella

Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficienza sotto il profilo dei costi.

Il consumo energetico nel settore residenziale rappresenta il 40% dell'energia consumata nella UE. Con buone azioni di risparmio e di efficienza, si ipotizza di poter risparmiare circa il 22% di questo consumo.

Le disposizioni in essa contenute riguardano:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di rendimento energetico di edifici di nuova costruzione;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande superficie sottoposti ad importanti ristrutturazioni;
- la certificazione energetica degli edifici, che attesti la rispondenza degli edifici costruiti ai requisiti di legge, redatta da un organismo terzo ed indipendente rispetto alla committenza, la progettazione, la costruzione, la direzione dei lavori e la fornitura dei materiali;
- l'ispezione periodica degli impianti di climatizzazione degli edifici (sia riscaldamento che raffrescamento).

Inoltre è poi 'sopraggiunta' la risoluzione del Parlamento Europeo dell'aprile 2009, secondo la quale, il Parlamento Europeo medesimo, imporrà dal 2018 l'obbligo di «Immobili a zero energia»; successivamente e curiosamente rivista al ribasso, proprio con l'appoggio dell'Italia, con la Direttiva 2010/31/UE che abroga dal 1° febbraio 2012 la direttiva 2002/91/CE e che prevede che dal 2021 i nuovi edifici dovranno essere 'edifici a energia quasi zero'. Gli europarlamentari hanno anche sollecitato un maggior investimento pubblico per promuovere l'efficienza energetica degli edifici.

Tornando ad analizzare le politiche avviate a livello locale toscano, possiamo elencare brevemente gli strumenti di pianificazione energetica che sono stati emanati fino ad oggi:

- PER (Piano Energetico Regionale) 2000; sostanzialmente sostituito dal P.I.E.R. 2008;
- PIER (Piano di Indirizzo Energetico Regionale) 2008;
- PEAC (Piano Energetico Ambientale Comunale di Firenze) 2007; aggiorna un precedente atto di pianificazione comunale;
- PEAP (Piano Energetico Ambientale Provinciale di Firenze) 2009;
- Regolamento di Disciplina della certificazione energetica degli edifici. Attestato di certificazione energetica del 25 febbraio 2010, n. 17/R.

A livello di comuni di grosse dimensioni, in riferimento agli abitanti, ulteriori piani energetici sono ormai in fase di approvazione, come quello di Sesto Fiorentino e di Scandicci, e altri comuni si avvarranno di tale strumento nei prossimi mesi. È difficile valutare i motivi della scarsa efficacia di queste indicazioni normative, specialmente in una trattazione generale e così breve. Si tratta di un problema purtroppo diffuso in molti ambiti regolamentari anche a livello nazionale la cui analisi impegnerebbe ben

più di queste poche pagine; resta il dato di fatto che in tutti questi esempi è mancato il necessario recepimento di tali 'indicazioni' da parte dei comuni e i decreti attuativi per dare a queste previsioni normative la forza di regole cogenti.

È importante sottolineare, che in quasi tutti i documenti citati, si riassumeva in maniera abbastanza chiara e potenzialmente efficace una vasta serie di misure e limiti per portare la regione verso una corretta e virtuosa diffusione delle tecniche di contenimento dei consumi energetici in vasti e significativi settori, permettendo una concreta e agile ma controllata, diffusione di quegli impianti utili sia ai privati che alle imprese, che permettano lo sfruttamento di fonti rinnovabili di energia.

Chi opera in questo settore, ma anche ogni cittadino che segua i mezzi di informazione nazionale, trova spesso la Toscana come un esempio di eccellenza a livello nazionale in campo energetico, e questo correttamente si deduce da tutte le previsioni normative e tutte le iniziative che quotidianamente vengono proposte in materia, ma nei fatti la realtà è purtroppo molto più modesta e chi vive in regione ha la chiara percezione che ancora tutto sia da fare.

3. Una singolare pluralità normativa a livello locale

Al quadro normativo complessivo qui accennato, si va ad aggiungere una situazione regolamentare a livello di singoli comuni, dove troviamo la più completa disomogeneità, anche ove gli stessi comuni facciano parte di una stessa Provincia, Circondario, Comprensorio o Comunità Montana. Mentre a livello provinciale, in alcuni casi può essere giustificato un diverso approccio ad analoghi problemi, dettato da differenze talvolta macroscopiche fra aree con caratteristiche antropiche, geomorfologiche, o vocazioni colturali ed economiche che possono essere profondamente diverse. In merito possiamo significativamente portare ad esempio la provincia di Firenze, che comprende aree forestali estese e scarsi abitanti in zone come il Mugello o la Val di Sieve e aree massicciamente urbanizzate e a vocazione maggiormente industriale, come la piana fiorentina.

Lo stesso discorso non può essere invece sicuramente ammesso per i comuni appartenenti al circondario o alle comunità montane, il cui motivo di coesione è proprio un'omogeneità di territorio e di problematiche da affrontare congiuntamente.

Al di là della polemica sull'opportunità o meno di tali aggregazioni, è indiscutibile che poiché e finché tali amministrazioni esistono, debbano trattare e magari trarre ulteriore giustificazione alla propria esistenza, anche e soprattutto da una complessiva programmazione e regolamentazione di problemi comuni. In tale chiave il problema dell'approvvigionamento energetico e del ricorso a fonti di energia alternative a quelle fossili è certamente uno degli ambiti che più può beneficiare di una politica comune in ambiti omogenei. I comuni toscani si dividono in diverse specie, riguardo all'approccio tenuto nei confronti dei temi energetici. La maggioranza, ad oggi, nonostante che in Italia le prime avvisaglie dell'urgenza della questione energetica risalgano agli anni Settanta e le norme per la redazione dei piani energetici siano state emanate oltre venti anni fa, non dispongono di alcuna norma che la affronti. Altre amministrazioni comunali hanno regolato, con alterne fortune alcuni aspetti del problema, ad esempio la mobilità, la tutela paesaggistica correlata al ricorso a fonti rin-

novabili, l'efficienza in edilizia, l'inquinamento ambientale ma ne hanno tralasciati completamente altri. Molti comuni infine hanno affrontato la questione energetica, facendo semplicemente rinvio alle normative nazionali o regionali, normative che spesso come abbiamo visto sono carenti quanto ad effettività, poiché cronicamente mancanti dei necessari strumenti attuativi. Il risultato è che di frequente il cittadino e le imprese si trovano in una situazione di stallo normativo, che come vedremo in seguito, nel caso di autorizzazione per procedere a installazioni che sfruttino le energie rinnovabili, si trasforma nei fatti in un diniego! L'effetto di tale inerzia regolamentare, ha gravissime ripercussioni, sia a livello culturale, poiché sposta in un futuro indeterminato il ricorso al risparmio o a fonti rinnovabili di energia; perché blocca spesso le attività di coloro che intendono sfruttare queste nuove possibilità.

Nell'ambito dell'attività professionale di chi scrive, seguendo varie esperienze di informazione al pubblico in materia, si ha diretta esperienza di molti casi in cui il cittadino, dotato di buona volontà o culturalmente già evoluto, spesso si trova impossibilitato a porre in atto scelte virtuose. Sono frequentissimi, almeno fino ad oggi i casi in cui il cittadino si scontra con i ritardi dei regolamenti edilizi, che non prevedendo alcun tipo di installazioni o interventi migliorativi sull'isolamento. Oppure si ostacolano i migliori intendimenti, imponendo oneri amministrativi o autorizzativi eccessivi, o vietandoli *tout court*. Infine, e forse ciò è ancora più riprovevole, non rispondendo alle istanze dei cittadini quindi, di fatto, impedendo o procrastinando all'infinito le autorizzazioni. Tale diniego spesso è frutto o di scarsa conoscenza della materia da parte dell'amministrazione e da parte dei suoi tecnici, o a causa di una malinteso rispetto di regole che, come abbiamo visto, non sono ben definite, delle quali si preferisce attendere una più precisa interpretazione. A causa di tale incertezza, molti impianti restano quiescenti o non vengono realizzati. La considerazione fatta qui sopra, è tanto più grave se si considera che, a oggi, l'Italia risulta essere diventata la terza nazione per potenza installata in Europa prodotta con impianti fotovoltaici, dopo Spagna e Germania, il dato è riportato dal rapporto del GSE di febbraio 2009. Questa constatazione, che si scontra con tutte le problematiche suddette, dà il polso delle potenzialità comunque inesprese dalla nostra nazione; se gli incentivi e le norme fossero chiari e semplici, i risultati potrebbero essere nettamente migliori.

Riferendoci a livello locale, a inizio 2009 sul territorio della Provincia di Firenze sono già stati realizzati impianti per un potenziale di picco installato, che già raggiunge il traguardo previsto dal PEAP come obiettivo minimo per il 2010.

4. Risparmio energetico e spreco energetico: un nuovo approccio culturale per l'efficienza energetica regionale

È importante operare la distinzione fra «risparmio energetico» ed eliminazione dello «spreco energetico», non si tratta di una distinzione solo concettuale, nel caso infatti, di attività rivolte al risparmio energetico, fondamentali sono quelle mirate all'educazione degli utilizzatori.

Esemplificando si può dire che risparmiare energia, non significa certamente, nella società moderna, «evitare di usare l'ascensore e fare le scale a piedi», attività che per quanto salutare risulterebbe oltre che scomoda anche anacronistica, con una dimensione

di disagio psicologico per cui mal tolleriamo la perdita di tutte le comodità che ormai diamo per acquisite. Ciò comporta che, inevitabilmente, si debba intendere il risparmio energetico come lo svolgimento di attività che comportino un minore consumo ma a parità di *comfort*, ciò nondimeno allo stesso tempo è importante fare dei distinguo.

Un elettrodomestico ad esempio, se scelto di classe energetica efficiente, è certamente ugualmente efficace rispetto a uno meno efficiente e pienamente in grado di soddisfare tutti gli stessi impieghi; ma molto spesso raggiunge il massimo dell'efficacia, se l'utilizzatore, ne conosce le potenzialità e lo installa e impiega nella maniera più corretta possibile. Per esempio nel caso di una lavastoviglie di classe A, per godere al massimo i vantaggi dell'apparecchio andrà posta attenzione alla corretta scelta del programma di lavaggio, per lo specifico impiego del momento, scegliendo il programma più economico o riducendo i tempi di lavaggio a seconda del carico di stoviglie e del loro grado di sporczia; parimenti se lo prevede sarà utilissimo collegarla ad un sistema di preriscaldamento (solare o d'altro genere) dell'acqua, diverso da quello elettrico installato a bordo; utilizzarla il più possibile a pieno carico, dosare opportunamente le quantità di detersivo, anticalcare, ecc.

Se tutte questi accorgimenti sono applicati, il vantaggio spesso è relevantissimo, alcune volte si aumenta l'efficienza complessiva dell'apparecchio di molti punti percentuali. Analoghe considerazioni possono farsi per il corretto utilizzo di qualsiasi apparecchiatura, in particolare dell'edificio inteso come insieme funzionale. Queste attività, pur comportando un relevantissimo vantaggio in termini di consumi effettivi, senza causarci nessun detrimento in termini di comodità, senza dubbio implicano un'accresciuta consapevolezza da parte dell'utilizzatore, o perlomeno un'accuratezza e attenzione nel loro impiego quotidiano, che se assente vanifica in parte i vantaggi potenzialmente garantiti dalla migliore tecnologia impiegata.

Diversamente, nel caso dell'eliminazione degli «sprechi energetici», non solo non si deve sopportare alcun peggioramento in termini di *comfort*, ma neppure è richiesta alcuna attività o attenzione da parte dell'utilizzatore! Con ciò si intendono, quelle soluzioni tecniche che sono efficaci o comunque abbastanza efficaci anche senza nessun intervento attivo o attenzione particolare da parte dell'utilizzatore. Proprio questa serie di interventi, sono da considerare con particolare favore. In *primis* perché sono in tal modo accessibili alla generalità degli utenti fin da subito, senza alcuna istruzione preventiva o attenzione durante l'utilizzo, in secondo luogo, perché spesso se in un secondo momento gli si associa anche un comportamento attento, il beneficio iniziale aumenta, e si torna nella fascia del «risparmio energetico». Nell'edilizia questi 'sprechi energetici' sono quanto mai frequenti e abbondanti. Ad esempio, se un tetto non è adeguatamente coibentato, si arriva rapidamente a ricorrere a impianti di raffrescamento estivo, decisamente ingiustificati in molte zone climatiche della Toscana! I tetti e i terrazzi delle nostre città toscane, in particolare Firenze come esempio principe, sono costellati di condizionatori, ma il clima non li renderebbe indispensabili, sono l'imperizia e l'ignoranza (o peggio l'inerzia) da parte dei costruttori, che li rendono tali¹.

¹ Proprio di recente, nella città di Firenze, nel quartiere Novoli è stato recentemente ultimato un ampio intervento di riqualificazione edilizia, per il quale l'immobiliare che si occupava delle vendite, pubblicizzava ampiamente il fatto che ogni appartamento o era già dotato di impianto di condizionamento,

In casi come quelli sopra descritti, un adeguato isolamento, comporterebbe automaticamente il venire meno della necessità di rinfrescare nel periodo estivo e quindi un consistente (e qualche volta preponderante) abbattimento dei consumi complessivi dell'edificio legati alla sua climatizzazione, al netto di qualsiasi intervento dell'utilizzatore! In edilizia in particolare, questo tipo di interventi 'passivi' sono di amplissima applicabilità, anzi in molti casi ricorrevi permette la riduzione dell'impiego o addirittura la soppressione di impianti, che intrinsecamente per loro natura comportano una gestione, farne a meno quindi è di per se un vantaggio in termini assoluti. Per citare un adagio dell'industria motociclistica britannica prebellica «quello che non c'è non si rompe e costa pochissimo», e si può aggiungere che «consuma pochissimo»!

Poter fare a meno di un impianto condizionamento, di un sistema di illuminazione e addirittura nei casi estremi dell'intero impianto di riscaldamento, è la vera frontiera dell'efficienza energetica. L'eliminazione dell'impianto di riscaldamento negli 'edifici passivi' è realtà, essi infatti per definizione non richiedono alcun sistema che necessiti di un apporto di energia dall'esterno²; in questo caso però si tratta invece di vero «risparmio energetico», in quanto l'ottimale gestione della casa è indispensabile per ottenere un *comfort* e delle prestazioni energetiche eccellenti. Per raggiungere quindi una qualità energetica e ambientale effettiva, dobbiamo ripensare complessivamente l'attuale approccio seguito a livello regionale, non tanto da un punto di vista formale, quanto da un punto di vista culturale. Va facilitato in ogni modo, sia tramite norme efficaci che mediante incentivi puntuali, ogni intervento rivolto al contenimento dei consumi per le nuove costruzioni e alla loro eco sostenibilità come valore diffuso; soprattutto in Toscana in virtù del patrimonio paesaggistico presente, che ne costituisce anche una importante risorsa economica.

4.1 Rispettare il patrimonio paesaggistico e storico artistico

Al contempo, sono da fissare rigidi limiti da parte delle amministrazioni per il rispetto dei vincoli paesaggistici e storico-artistici, ma allo stesso tempo limiti che devono essere chiari e ben definiti; sono da rifuggire tutte le limitazioni unilaterali e ingiustificate, frutto di scarsa conoscenza o di preconcetti obsoleti. Esempio tipico di tali limiti ingiustificati, sono quei regolamenti comunali che negano le installazioni solari ed eoliche a priori, ma allo stesso tempo ignorano il proliferare di condizionatori e parabole, solo perché queste ultime non sono comunemente assoggettate a specifiche autorizzazioni, o perché non godendo di accesso a particolari incentivi (come per fortuna sono previsti per gli impianti che sfruttano le fonti rinnovabili di energia) comunemente sfuggono a ogni controllo preliminare.

Vietare no, quindi, ma limitare sì, ma sempre con regole semplici e chiare in

e che comunque ogni unità immobiliare era stata predisposta per una successiva installazione. Ciò da un punto di vista energetico, evidenzia immediatamente la scarsa cura posta nell'isolamento delle coperture e delle pareti esterne, ma l'utente ancora invece interpreta questa informazione come un valore aggiunto all'abitazione che si accinge ad abitare, degno quindi di essere pubblicizzato come un merito.

² Con ciò non si intende la totale assenza di impianto, anzi spesso almeno un sistema di ventilazione controllata è necessario, ma l'assenza di impianti che ricorrono in modo consistente a fonti fossili.

modo da non frustrare le iniziative dei cittadini disorientandoli o generando in loro sfiducia. Le eventuali limitazioni dovrebbero essere l'eccezione e non la regola, e sempre a seguito di una valutazione 'puntuale' dell'impatto di ciascuna installazione per evitare preconcetti e dinieghi generalizzati. Nella realtà è infatti, ridicolo continuare a propagandare una pretesa tutela di un paesaggio tipico caratterizzato da 'intoccabili' tetti rossi, ma poi in realtà coperti di antenne paraboliche e impianti di condizionamento, e di edifici pessimi e architettonicamente scadenti, frutto del boom edilizio anni Sessanta, Settanta e Ottanta.

Scendendo in dettaglio: sono sicuramente da incentivare senza particolari limitazioni tutte le installazioni di impianti solari termici e fotovoltaici, dei quali ancora oggi gli uffici tecnici comunali non conoscono veramente la portata quanto a impatto sul paesaggio, generalmente molto modesta!

Ulteriore rischio e limite alla diffusione delle tecnologie rinnovabili, sono la scarsa preparazione dei tecnici installatori e degli stessi progettisti, che non contribuiscono a semplificare l'attività alle pubbliche amministrazioni. In alcuni casi anzi nascondono le proprie responsabilità, per eventuali mancati rilasci di autorizzazioni, dietro ritardi amministrativi inesistenti o in qualche caso da loro stessi generati, per ignoranza delle normative locali o per scarsa organizzazione; carenze che si evidenziano in particolare riguardo alle pratiche per l'accesso agli incentivi e per la connessione in rete nel caso degli incentivi al fotovoltaico, il c.d. Conto Energia.

L'ignoranza che affligge i tecnici e gli installatori, colpisce anche gli addetti delle soprintendenze e i componenti delle commissioni edilizie, che, in più, spesso si vedono proporre progetti poco chiari o non sufficientemente documentati. È pertanto giocoforza per loro negare le autorizzazioni, ove le informazioni siano carenti o contraddittorie, per non rischiare abusi che nella realtà spesso non si configurerebbero.

5. La certificazione energetica degli edifici, per un'efficace strategia energetica in Toscana: il sistema CasaClima

I consumi energetici dovuti agli edifici intesi complessivamente, dunque sia pubblici che residenziali, che destinati ai servizi, sono circa il 40% dei consumi totali in Italia. Da stime sia europee che nazionali, si calcola che almeno il 70% di tali consumi potrebbe essere evitato. Come abbiamo visto a livello comunitario, i mezzi per conseguire questo risultato, sono stati previsti tramite la Direttiva 2002/91/CE, purtroppo ad oggi solo in parte recepita a livello nazionale, ma ben lungi da esplicitare efficacemente i suoi effetti, come invece sta avvenendo in Francia ed è già avvenuto in Germania.

I regolamenti attuativi del Decreto 192 del 2005, previsti entro sei mesi, sono stati introdotti solo nel 2010 e ancora in modo incompleto, il risultato è la carenza di un sistema di certificazione effettivo. I principali limiti del sistema di certificazione energetico degli edifici in Italia, quindi anche del sistema regionale toscano (che salvo poche differenze ha recepito integralmente quello nazionale), sono da ricondurre alla mancanza di reale terzietà e indipendenza dei soggetti abilitati al rilascio dei certificati energetici, aggravato dalla totale mancanza di un controllo dei certificati rilasciati da parte dei comuni, individuati dalla legge come organi cui tale attività è demandata.

Quello che ad oggi vige, dopo tre generazioni di norme sull'efficienza in edilizia è quindi nei fatti un blando sistema di valutazione dell'efficienza degli edifici, disomogeneo sul territorio nazionale e non coerente con la Direttiva comunitaria 91 del 2002 (per la cui mancata applicazione più procedimenti di infrazione pendono nei confronti dell'Italia).

L'unica realtà ad oggi realmente efficace e conforme ai dettami imposti dalla direttiva europea, è il sistema «CasaClima», con oltre 2000 edifici realizzati a livello nazionale e alcuni sono stati già realizzati anche in Toscana.

I punti di forza di questo sistema sono in estrema sintesi 3:

- totale indipendenza e imparzialità dell'organismo certificatore (ente pubblico)
- sistema di valutazione effettivo, sia del progetto che tramite successivi controlli durante le fasi di realizzazione in cantiere
- fissazione precisa di classi di efficienza, senza l'imposizione di tecniche costruttive ma solo di obiettivi di risultato liberamente risolvibili da parte del progettista

Frutto di queste premesse è un sistema che perfettamente si adatta ad ogni esigenza climatica e ad ogni contesto paesaggistico. In particolare, nelle regioni del Centro Italia, il recente esasperarsi delle condizioni ambientali, indipendentemente dalle cause cui sia imputato (effetto serra o normale susseguirsi delle mutazioni climatiche) è ormai innegabile. Estati lunghe e torride e inverni con picchi di freddo intensi seppure brevi, piovosità concentrata e prolungata, sono dati di fatto che letteralmente viviamo sulla nostra pelle e che ci spingono a modificare le nostre abitudini di vita.

A questo si aggiungono un diverso stile di vita e mutate esigenze di comfort, non vogliamo più tollerare caldo intenso e alti livelli di umidità in estate o temperature basse in inverno; trascorriamo la maggior parte del nostro tempo al chiuso, e rispetto al passato la nostra sensibilità alle condizioni ambientali è aumentata; non accettiamo più temperature sotto i 17 °C o sopra i 25 °C che solo qualche decennio fa avremmo considerato normali o perlomeno accettabili. Così appare necessario evitare che, come già detto, l'insieme di questi fattori ci induca ad un assurdo proliferare di condizionatori d'aria e impianti termici con potenze nominali esorbitanti, del tutto ingiustificate alle nostre latitudini sia da un punto di vista tecnico che da un punto di vista meramente economico.

Nella realtà Toscana, paghiamo sia lo scotto di un clima più mite che di una scarsa lungimiranza; ma allo stesso tempo, oggi possiamo partire da una posizione che oggi ci presenta anche indubbi vantaggi. Possiamo beneficiare dell'esperienza che regioni più avvedute della nostra hanno accumulato in diversi anni; in più le condizioni climatiche meno estreme rispetto alle regioni del nord, ci mettono comunque in una condizione migliore per affrontare i rigori dell'inverno e le calure estive.

Sono questi i motivi, oltre alla razionalità e imparzialità del sistema, che hanno spinto l'Agenzia Fiorentina per l'Energia, agenzia energetica per il territorio della Provincia di Firenze a introdurre e promuovere nel nostro territorio il sistema CasaClima.

In Toscana inoltre, l'adozione di un sistema guida per la realizzazione di interventi di miglioramento della efficienza energetica del patrimonio edilizio esistenti, ben si concilia con la già richiamata (Tab.1) rilevante presenza di un patrimonio

immobiliare pregiato, soggetto a vincoli storici e artistici o ubicato in contesti paesaggisticamente tutelati.

Rilevanza sia quantitativa che qualitativa come dicevo, poiché nella provincia di Firenze sono stati censiti direttamente oltre 7.300 immobili sottoposti a vincolo architettonico e 360 aree soggette a vincolo paesaggistico, alcune delle quali comprendono vaste porzioni di comuni e interi centri storici. Oltre il 54% del patrimonio edilizio è precedente al 1960, ciò senza considerare situazioni specifiche ancora più singolari, come il Chianti, o il Mugello.

Tabella 1. Epoca di costruzione edifici nella provincia di Firenze.

| fino al 1919 | 1919-1945 | 1946-1961 | 1962-1991 | dopo 1991 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 24,5% | 13,3% | 16,7% | 40,6% | 4,9% |

Fonte: dati ISTAT censimento 2001 e Sistema Informativo Territoriale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Regione Toscana.

A queste considerazioni si somma la tendenza a ridurre la possibilità di costruire nuovi edifici, quindi è quindi evidente come le ristrutturazioni sul totale delle attività edili, diventino un aspetto fondamentale. Dunque se sui nuovi edifici è relativamente facile intervenire con tamponamenti e strutture ad alto isolamento, oppure mediante la coibentazione esterna tramite cappotto, per l'esistente e in particolare per gli edifici sottoposti a tutela tali soluzioni spesso non sono praticabili. Nello specifico è reale anche la possibilità di intervenire anche in edifici che presentano murature faccia vista, oppure di palazzi storici i cui prospetti vanno salvaguardati.

La Toscana può quindi anche essere un esempio virtuoso e emblematico, della possibilità di lavorare in termini di miglioramento dell'efficienza su un patrimonio immobiliare nazionale, in molti casi pregiato che deve quindi essere salvaguardato, ma che allo stesso tempo ha bisogno di essere riqualificato.

Una vasta serie di possibilità di intervento, non vanno a modificare l'aspetto dell'edificio: si può sempre effettuare, per esempio, la sostituzione degli infissi con moderni serramenti a taglio termico, ove invece solitamente quelli attuali hanno caratteristiche isolanti pessime. Addirittura è ancora normale l'uso di vetri singoli o al massimo con pellicola antieffrazione, che sono inoltre soggetti a enormi infiltrazioni d'aria. Quindi anche il solo posizionamento corretto di infissi a taglio termico permette già un non trascurabile miglioramento dell'efficienza (buona inerzia).

Altro intervento sempre possibile è la rimozione dei pavimenti esistenti e il riposizionamento sopra a un adeguato strato di isolamento, sia per la parte di solai contro terra, sia per la parte verso cantine e vani non riscaldati. Interventi spesso affiancabili in fase di ristrutturazione dell'impianto di riscaldamento, al posizionamento di sistemi di distribuzione del calore a bassa temperatura sotto al pavimento, soluzione ormai diffusa. Ampie possibilità di intervento sono possibili anche riguardo all'isolamento delle coperture, per le quali oggi è disponibile una notevole offerta di soluzioni sul mercato. Il posizionamento dell'isolante, anche in alti spessori, fra lo strato di pannelle sopra i travetti in legno, tipici di queste strutture e i sovrastanti coppi o tegole di copertura, non presenta particolari problemi. In particolare ove si usino isolanti sintetici molto leggeri, ma anche ove si ricorra a isolanti ecocompatibili, quali lana

di legno, sughero o cellulosa. Infine sia nel caso di isolanti sintetici che del sughero, il mercato fornisce soluzioni prestampate, tramite le quali si può ottenere, con spessori relativamente modesti anche la ventilazione del tetto con un unico intervento, aggiungendo quindi significativi vantaggi nel raffrescamento estivo. Ogni soluzione può essere vantaggiosamente impiegata, ma ogni singolo caso è diverso e sono da rifiutare le proposte preconfezionate, spetta alla competenza e esperienza del progettista trovare il miglior compromesso.

A chiusura di queste sintetiche considerazioni, è evidente che l'introduzione di un sistema di certificazione degli edifici 'effettivo', a livello regionale sarebbe non solo auspicabile, ma la base di un cambiamento che condurrebbe veramente la Toscana verso un reale miglioramento qualitativo sia energetico che ambientale.

È inoltre importante rimarcare il ruolo fondamentale che i tecnici incaricati della progettazione (architetti, ingegneri, geometri e tecnici) e in seguito degli artigiani cui è affidata la realizzazione degli interventi, svolgono come base imprescindibile per coniugare efficienza e salvaguardia delle caratteristiche peculiari dell'immobile.

Un sistema come CasaClima, fornisce tutte le garanzie per giungere a edifici che realmente consumano quanto promesso in fase di progetto, diversamente il patrimonio immobiliare non migliorerà nella realtà, ma avremo solo un aumento dei già molteplici adempimenti necessari per edificare o ristrutturare gli edifici, senza incidere veramente sul problema. Passaggio fondamentale in questa direzione sarà informare correttamente il cittadino, del fatto che il maggior beneficiario da un punto di vista ambientale, di *comfort* e – non per ultimo – economico, di vivere e condurre una abitazione efficiente sarà proprio lui.

Segnalo infine una previsione normativa recente, che se attuata potrebbe segnare una svolta per la diffondere finalmente fra i cittadini il fondamentale principio del 'valore' energetico di ciascun edificio; dal 1° gennaio 2012 negli *annunci immobiliari di vendita* sarà obbligatorio indicare l'indice di prestazione energetica contenuto all'interno dell'*Attestato di Certificazione Energetica*.

La direttiva è contenuta all'interno del D.Lgs. 28/2011 (Decreto Rinnovabili, anche noto come «Decreto Romani») di attuazione alla direttiva 28/2009/CE relativa al rendimento energetico in edilizia, Decreto che modifica il D.Lgs. 192/2005 e aggiunge all'art. 13 comma 2-quater le seguenti indicazioni: «Nel caso di offerta di trasferimento a titolo oneroso di edifici o di singole unità immobiliari, a decorrere dal 1° gennaio 2012 gli annunci commerciali di vendita riportano l'indice di prestazione energetica contenuto nell'attestato di certificazione energetica».

Questo implicherà una crescita esponenziale del numero di certificazioni rilasciate, inoltre non facendo riferimento alla classe energetica, bensì all'indice di prestazione energetica di ciascun edificio, fornirà anche ai non esperti un valore numerico immediatamente confrontabile fra edifici.

Questa consapevolezza si suppone avvierà un circolo virtuoso utile e migliorare le prestazioni medie dei futuri edifici sia nuovi che oggetto di ristrutturazione.

A conclusione di questa breve trattazione e nell'immediatezza della pubblicazione rilevo che nel primo trimestre 2012 gli effetti dell'inserimento negli annunci immobiliari dell'indice di prestazione energetica degli edifici. Che anche se in modo parziale e spesso errato si è andata realizzando a partire da gennaio, sta dando i primi segnali significativi. Sempre più spesso infatti i cittadini valutano un edificio anche

considerandone il consumo energetico futuro come uno dei fattori rilevanti nella scelta, aspetto finora del tutto trascurato.

Un piccolo e faticoso passo ma nella giusta direzione !

Riferimenti bibliografici e normativi

- Regione Toscana 2009. *Linee guida per l'edilizia in legno in Toscana*, pubblicato dalla Regione Toscana (in collaborazione con Direzione Generale Presidenza. Area di coordinamento programmazione e controllo. Settore Strumenti della Valutazione integrata e dello Sviluppo Sostenibile II. Università degli Studi, Firenze. Dipartimento Ingegneria Civile e Ambientale III. C.N.R. Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree), Edizioni Regione Toscana, Disponibile in formato pdf al seguente indirizzo web: <http://www.regione.toscana.it/regione/multimedia/RT/documents/2009/07/27/1248700224669_Edilizia%20in%20Legno.pdf>, 10/11.
- Lantschner N. 2010. *La mia Casaclima, Progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità*, Norbert Lantschner, Raetia.
- Wienke U. 2002. *L'edificio passivo. Standard, requisiti, esempi*, Alinea, Firenze.
- Bucciardini T. 2009. *La sfida dell'alta efficienza nei contesti tutelati*, «Rivista CasaClima», febbraio.
- Cavallaro C., Evola G., Margani G. 2011. *Ponti termici in clima mediterraneo. Eliminarli conviene?*, «Costruire in laterizio», 139, gennaio-febbraio: 44-48, <http://costruire.laterizio.it/costruire/_pdf/n139/139_44_48.pdf>, 10/11.
- AA.VV. 2007. *Passivhaus per il sud dell'Europa, Linee guida per la progettazione, PassivOn project*, disponibile in formato pdf al seguente indirizzo web: <http://www.rockwool.it/files/RW-IT/file/Casa%20Passiva/Passivhaus%20per%20il%20sud%20dell%27Europa.pdf>>, 10/11.

La regolamentazione edilizia in funzione del nuovo paradigma energetico e del binomio ambiente/salute. Il caso studio dei comuni dell'ASL 11 di Empoli¹

Maria Grazia Petronio, Simone Pagni

1. Introduzione

1.1 L'ambiente abitato, l'energia e lo stato di salute della popolazione: costi sociali ed economici

La clamorosa riduzione della mortalità avvenuta soprattutto nell'ultimo secolo è da attribuirsi soprattutto a un complesso di modifiche a livello ambientale: potabilizzazione dell'acqua, disponibilità di cibo sano, migliorata nutrizione, abitazioni meglio disegnate e più salubri ma anche scolarizzazione, democrazia etc.; l'introduzione, successivamente, dei vaccini, degli antibiotici nonché delle nuove tecnologie diagnostiche e terapeutiche ha solo contribuito a mantenere bassa la mortalità e anche a diminuirla ulteriormente (Vineis, Dirindin 2004).

Oggi i medici sono preoccupati perché questi determinanti ambientali di malattia (rifiuti, inquinamento dell'acqua, qualità delle abitazioni, urbanistica, disponibilità di spazi verdi etc.) spesso non vengono affrontati con l'obiettivo prioritario della tutela della salute.

La salute degli esseri umani, così come quella delle altre forme di vita sulla terra, dipende ovviamente dalle condizioni sia degli ecosistemi locali che della ecosfera nella sua globalità e il degrado dei sistemi di supporto alla vita ha implicazioni negative per tutte le forme di vita sulla Terra.

Sempre maggiori evidenze suggeriscono che le più importanti trasformazioni epidemiche degli ultimi decenni (ad es. l'espansione epi/pandemica di obesità/sindrome metabolica/insulino-resistenza/diabete; asma/patologie allergiche e immunomediate in senso lato; patologie degenerative a carico del sistema cardio-vascolare e neuro-

¹ * Il presente contributo rende conto di un'esperienza collegiale e interdisciplinare di un gruppo di lavoro costituito da: Maria Grazia Petronio^o, Regina Amoruso^o, Gloria Bartaloni^o, Federica Bertini^o, Claudia Chiari[^], Silvana Cinotti^{^^}, Andrea Colli^o, Fabio Diomelli^{*}, Lucio Fabbrizzi^o, Dimitri Fattore^{*}, Danila Fenili^o, Alessandra Frediani^o, Roberta Giani^o, Mario Lenziardi^{^^}, Riccardo Manetti^o, Gino Melani^o, Francesco Marotta[^], Vania Micheli^{*}, Diletta Mogorovich[^], Simone Pagni^{*}, Giuliano Pineschi^{*}, Rosanna Spinelli^o, Alessandra Tambara^{oo}, Donatella Vecchio^{oo}, Moira Baldi^{**}, Stefano Monti^{**}, Riccardo Tosi^{**}. (* Dip. di Prevenzione AUSL 11 Empoli (FI), **Tirocinanti del Dip. di Prevenzione AUSL 11 Empoli, ^o Comuni dell'ASL di Empoli, [^] Dip. ARPAT di Pisa, ^{^^}Dip. ARPAT di Empoli, ^{oo} Agenzia Sviluppo Empolese-Valdelsa).

logico...) sono un epifenomeno di una trasformazione epocale ambientale ed epigenomica ed hanno origine, pur manifestandosi spesso in età adulta, nelle primissime fasi dello sviluppo e potrebbero/dovrebbero essere considerate come un segno/sintomo tra i tanti di uno stress complessivo della bio-genosfera che potrebbe manifestarsi (e in parte già si manifesta) in forma di crisi biologica (bio-evolutiva) di dimensioni planetarie (Burgio 2010). Alla luce di queste considerazioni tutte le valutazioni legate ai rischi di esposizione a singoli determinanti sono ovviamente riduttive anche se ugualmente rilevanti (Prüss Üstün 2008).

Tra questi l'inquinamento atmosferico causato in gran parte dal traffico, dalle emissioni industriali e dai sistemi di riscaldamento/raffreddamento degli edifici è causa certa di mortalità e di morbosità per cancro e per malattie respiratorie.

Altrettanto noto anche se spesso taciuto è il ruolo degli inquinanti ambientali e, in particolare, delle polveri sottili nell'insorgenza delle patologie cardiovascolari. Ogni aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{2.5} risulta associato ad un aumento del 24% del rischio di un evento cardiovascolare e del 76% del rischio di morire per una malattia cardiovascolare (Miller *et al.* 2007)².

Inoltre, la diffusione in ambiente di molecole 'mimetiche', metalli pesanti e altri inquinanti in grado di interferire pesantemente sullo sviluppo neuro-endocrino dell'embrione, del feto e del bambino, rischia di produrre danni gravissimi, come emerge da centinaia di studi scientifici.

Ormai da qualche anno uno studio pubblicato su Lancet a firma di due prestigiosi ricercatori della Harvard School of Public Health ha rilanciato con forza la tematica della 'pandemia silenziosa' di danni neuro-psichici che si starebbe diffondendo, nell'indifferenza generale, interessando ormai il 10% dei bambini (Grandjean, Landrigan 2006)³.

E se è vero che negli anni è diminuita la mortalità complessiva ed in particolare quella dovuta a malattie infettive si assiste al contempo ad un aumento delle morti dovute a malattie cronico degenerative come l'infarto, l'ictus, il diabete, i tumori.

Nel 2009 la speranza di vita alla nascita è stata di 78.9 anni per i maschi e 84.2 nelle femmine contro 74 e 80 rispettivamente degli anni Novanta ma è importante evidenziare che i miglioramenti della mortalità sono concentrati nelle fasce di età anziane (a 65 anni la differenza di sopravvivenza tra gli anni Novanta e il 2009 è praticamente immutata per le donne, da 21.6 a 21.7, e lievemente cresciuta per gli uomini, da 17.9 a 18.2) e con una riduzione del vantaggio per le donne⁴.

Inoltre, in generale all'aumento dell'aspettativa di vita non corrisponde un aumento dello stato di salute, in media oggi in Europa (con differenze anche sensibili tra i vari paesi) gli uomini vivono in buona salute fino a 67 anni e le donne fino a 69⁵.

² Posizione ufficiale della European Respiratory Society (ERS) quale contributo alla discussione in corso nel parlamento Europeo sulla nuova direttiva sulla qualità dell'aria: <<http://dev.ersnet.org/333-air-quality.htm>>, 10/11.

³ . Ulteriore documentazione sulle sostanze chimiche e sui rischi di effetti tossici si può trovare sul sito <<http://www.hsph.harvard.edu/neurotoxicant/appendix.doc>>, 10/11.

⁴ Piano sanitario Nazionale 2008-2010, Rapporto Osservasalute 2010, Roma 8 marzo 2011.

⁵ «Sanità News»: *Europei sempre più longevi ma non in salute*, 19/01/2009, P. Vineis in un'intervista al Manifesto del 17.01.09 fa capire come una parte dei progressi della medicina abbia non allungato il tempo di vita ma reso più lungo il morire, prolungando quella zona grigia che separa il vivo dal morto.

In Italia cresce la percentuale di pazienti cronici che rappresentano il 36,6% con punte del 40,1% nel Centro Italia, tant'è che l'OMS parla di «emergenza cronicità», riferendosi a malattie che spesso originano in età giovanile e richiedono poi anche decenni per manifestarsi clinicamente (Milillo 2007).

Sono malati cronici l'80,7% degli anziani ma non sono immuni neanche i giovani sotto i 24 anni: il 9,9% (9,7% nel 2001).

Nell'ambito delle malattie cardiovascolari ad es. a fronte di una riduzione costante della mortalità, l'incidenza dell'infarto non è diminuita (Cucurachi 2007) e patologie come l'aterosclerosi e l'ictus si diagnosticano sempre più spesso in persone giovani⁶.

Aumenta anche l'incidenza delle patologie allergiche e di quelle autoimmuni.

E sempre maggiori sono le evidenze di associazioni tra esposizioni ambientali alla nascita (o prima) e l'insorgenza di malattie neurologiche (Fitzpatrick 2006), respiratorie (Ganderman 2007) e di cancro (Knox 2005a; 2005b; 2006).

Gli effetti dei cambiamenti climatici in atto comprendono: le alluvioni e gli eventi estremi, le ondate di calore con aumento della mortalità; quelli previsti: l'aumento della malnutrizione, del rischio di contrarre malattie infettive e respiratorie, con implicazioni per la crescita e lo sviluppo dei bambini; l'aumento delle morti e degli incidenti causati da eventi estremi più intensi e più frequenti; l'aumento della frequenza delle malattie cardio-respiratorie causate dall'alta concentrazione di ozono sulla superficie terrestre; il cambiamento della distribuzione geografica di alcune piante, dei vettori e dei parassiti e delle relative malattie; alterazione dell'ecologia degli agenti infettivi diffusi dalle acque e dagli alimenti con aumento delle malattie diarroiche e di altre malattie legate al cibo e all'acqua; aumento dello strato di ozono stratosferico con aumento dei tumori della pelle e delle cataratte; diminuzione della mortalità in alcune aree dovuta alla minore esposizione al freddo (Orlandini *et al.*, 2004).

In particolare le aree urbane sono considerate vere e proprie 'isole di calore' in quanto i materiali maggiormente presenti (laterizi, lapidei, bituminosi) possiedono un'elevata conducibilità termica, per cui assorbono una grande quantità della radiazione solare incidente. A ciò va aggiunto il calore proveniente da tutti quei processi di combustione, che insieme ad altri fattori possono causare modificazioni della temperatura. Oggi è risaputo che nell'area urbana la temperatura media annua può aumentare da 0.5 fino a 5.0 °C in più, mentre la minima invernale media può variare da +1 a +4 °C. Inoltre l'isola di calore influisce sensibilmente sul sistema di assorbimento e cessione del calore nell'atmosfera e contribuisce a stravolgere i movimenti dell'aria, riducendone la circolazione, con un conseguente drastico calo della diluizione dei inquinanti atmosferici presenti in area urbana.

L'aumento della temperatura in associazione con un elevato indice di affollamento, come si registra generalmente nelle città può determinare effetti stressogeni. Alcuni Autori, infatti, hanno dimostrato che la contemporanea presenza di calore, affollamento e rumore aumenta la reazione di stress e, in generale, la repulsività tra individui innescando pericolosi meccanismi aggressivi.

⁶ «Sanità News», *Angiologia, le malattie vascolari colpiscono anche i giovani. Al via a Palermo il Congresso nazionale degli angiologi*, 15/11/2007.

Il rapporto Stern⁷ ha sottolineato come i danni economici, dovuti a eventi naturali, siano aumentati di un valore superiore alle sei volte rispetto agli anni Sessanta e l'OMS ha calcolato che il nostro Paese potrebbe risparmiare 28 miliardi di Euro ogni anno riducendo l'inquinamento ambientale.

In Italia nel 2001 la produzione di elettricità per il riscaldamento ha comportato 2.550 decessi e 23.000 casi di malattie gravi, con un costo pari a pari a 3,6 miliardi Euro (64 Euro pro capite).

Gli effetti sulla salute del trasporto su strada sono ancora più rilevanti. Considerando insieme l'impatto provocato dall'inquinamento atmosferico dovuto alle emissioni autoveicolari, agli incidenti e al rumore si arriva per l'Italia ad una valutazione monetaria di 16 miliardi di Euro.

Aggiungendo ai precedenti impatti quelli prodotti da altri usi dell'energia (agricoltura, industria etc.), e senza considerare l'effetto serra, si arriva in Italia ad una valutazione complessiva dei costi sociali derivanti dagli effetti negativi sulla salute dell'intera gamma delle forme di produzione e uso dell'energia di circa 36,3 miliardi di Euro pari a 3% del PIL e a 627 Euro pro capite; il 35% della spesa sanitaria pubblica e privata⁸.

A fronte di tutto ciò manca una vera cultura della prevenzione primaria, che agendo sull'allontanamento definitivo dei fattori di rischio, potrebbe far conseguire risultati stabili a lungo termine, e soprattutto manca una seria riflessione sulle associazioni tra determinanti e grado dello stato di salute e sul ruolo etiologico dei fattori ambientali.

Da quanto detto finora emerge che la promozione della salute non è responsabilità esclusiva del settore sanitario e deve basarsi su scelte legate non solo alla valutazione dei rischi sanitari ma anche a valori di altro genere come la giustizia e l'equità sociale.

Occorre fare scelte ambientali vere che si pongano al servizio di fini autonomi della salute, del bene e della felicità dell'uomo, in una prospettiva ecocentrica.

1.2 Il *comfort* degli ambienti abitativi i consumi energetici e l'impatto sulla sanità pubblica

L'abitato e gli edifici sono sempre stati una materia centrale nelle attività della sanità pubblica. I medici igienisti hanno individuato nei requisiti igienico-sanitari della casa, nell'approvvigionamento dell'acqua, nella raccolta e nello smaltimento delle acque reflue e dei rifiuti e nella pianificazione urbanistica quelli che oggi definiremmo 'determinanti' ambientali di salute ed hanno dedicato gran parte del loro impegno professionale allo studio e alle soluzioni di queste problematiche.

Con il passaggio da una società di tipo rurale a una di tipo industriale l'uomo ha cambiato il suo stile di vita, trascorrendo negli ambienti chiusi la quasi totalità del suo tempo. Tale cambiamento ha influenzato i criteri di progettazione degli spazi di

⁷ Sir Nicholas Stern, ex economista della Banca Mondiale e attualmente Head of the Government Economic Service and Adviser to the Government on the economics of climate change and development, ha presentato al Primo Ministro ed al cancelliere della Ministero delle Finanze inglese un esteso rapporto sull'economia legata ai cambiamenti climatici. A livello mondiale, tale rapporto è noto come «rapporto Stern».

⁸ Relazione di A. Markandya al Convegno AIES (Ass. Italiana Economia Sanitaria), Venezia, dicembre 2007.

vita e a livello teorico si sono andate affermando la consapevolezza e la necessità di un maggior *comfort* negli ambienti chiusi.

Tuttavia negli ultimi anni, a fronte di questa accresciuta consapevolezza e nonostante i progressi e le conoscenze in campo edilizio e tecnologico, paradossalmente gli ambienti di vita, nella stragrande maggioranza dei casi, sono diventati sempre meno consoni alle esigenze individuali, inadeguati per dimensioni, proporzioni, materiali e apparecchiature, insalubri per ubicazione, esposizione, modalità, tecniche e materiali di costruzioni ed anche poco confortevoli.

L'abitazione contemporanea è, purtroppo, del tutto inadeguata alla complessità delle funzioni e dei fenomeni che interagiscono nell'abitare, in quanto non si adatta alle necessità degli individui e delle comunità, ma ne modella le abitudini al suo schema e non si interessa allo stato dell'ambiente (Paolella 2004).

C'è anche da rilevare come le soluzioni individuate finora (ad esempio l'installazione sistematica di impianti di condizionamento) per far fronte ai cambiamenti climatici, e, in particolare, alla calura estiva nelle città, non sembrano molto razionali dal momento che comunque produrranno un ulteriore aumento della temperatura e dell'inquinamento, un eccessivo consumo di energia elettrica e favoriranno lo stazionamento forzato dentro le abitazioni soprattutto per gli anziani e i bambini, per la cui salute sono indispensabili il movimento, l'aria aperta e pulita e la socializzazione.

Per ciò che riguarda la biocompatibilità (*bios* = vita), l'igiene ed il comfort, l'attuale situazione degli ambienti abitativi risulta sempre più critica: gli edifici ad uso abitativo sono quasi sempre inseriti in contesti poco salubri a causa dell'inquinamento atmosferico, acustico, elettromagnetico e della mancanza di verde.

La pianificazione degli spazi pubblici dovrebbe essere tesa a ridurre l'estensione delle superfici costruite (lasciando intorno alla città una 'cintura verde' e progettando una rete di strade 'verdi' che consentano ai cittadini di vivere meglio la città) e a realizzare aree ricreative per rendere gli spazi urbani sicuri, rispondenti alle esigenze dei cittadini e stimolanti per la vita sociale. Nello scenario attuale la costruzione di edifici, quartieri, città decontestualizzati dall'ambiente in cui sono inseriti, induce gravi effetti psicologici: i problemi più diffusi nei centri abitati sono il sovraffollamento, che favorisce l'anonimato, la solitudine, l'atteggiamento di difesa dall'altro con riduzione di empatia e solidarietà (Fulgini, Rognini 2007).

In passato le abitazioni erano autoconstruite tenendo conto dell'esposizione al sole, delle correnti d'aria, dei materiali più adatti e delle esigenze della famiglia⁹. Oggi non si usano più questi criteri perché le case il più delle volte sono costruite da imprese che per il proprio profitto mirano più alla quantità delle abitazioni prodotte che alla loro qualità e in questo modo l'aspetto igienico passa in secondo piano: gli spazi di vita sono assolutamente ridotti e poco funzionali (tanto che si verificano più spesso incidenti domestici), gli edifici sono orientati senza tenere conto dell'esposizione al sole e alle correnti d'aria (tanto da richiedere necessariamente sistemi spinti di riscaldamento e raffrescamento) e i materiali utilizzati spesso sono pericolosi per la salute. Alla luce di studi condotti in Italia e all'estero risulta che i luoghi chiusi presentano una concentrazione di sostanze inquinanti anche più elevata rispetto a quella misurata all'aperto, con conseguente peggioramento della qualità dell'aria *indoor* (Indoor Air quality, IAQ).

⁹ Si veda il contributo di F. Sartogo in questo stesso volume.

Tutto ciò comporta effetti fortemente negativi sulla salute umana venendosi a configurare quella che prende il nome di «Sindrome da Edificio Malato» per indicare una serie di disturbi della salute connessi al soggiorno abituale in edifici insalubri.

Bisogna anche considerare i cambiamenti demografici che si sono verificati nel nostro paese con una percentuale di popolazione anziana che sfiora il 25% e con un conseguente aumento delle disabilità croniche. La necessità di un ambiente di vita confortevole ha particolare importanza per gli anziani e i portatori di handicap: la progettazione di edifici deve prevedere criteri di accessibilità per garantire una migliore fruibilità anche da parte di questi attori sociali che troppo spesso ancora risentono di una ridotta possibilità di accesso e fruizione degli spazi di vita.

Se si considera che nelle società sviluppate le persone trascorrono il 90% del proprio tempo in ambienti chiusi e che il 50% della popolazione mondiale vive 'stipata' nei principali centri urbani industriali si può facilmente comprendere la portata del problema per la sanità pubblica. Nell'affrontare questa problematica bisogna anche tener conto dei numerosi interessi economico-finanziari che si nascondono dietro il mercato immobiliare e che rendono difficile qualsiasi azione che vada nella direzione di un'attenzione particolare alla qualità, all'ambiente e alla salute.

La biocompatibilità degli edifici è un aspetto fondamentale, ma non sufficiente. La composizione dei caratteri dell'edificio deve essere rivolta al miglioramento delle condizioni complessive del sistema ambientale all'interno del quale si inserisce e la cui qualità è strettamente connessa al benessere dell'individuo (ecocompatibilità).

1.2.1 Gli impieghi energetici nel settore residenziale e terziario

Tra i settori responsabili dell'impiego dei combustibili fossili l'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, composto per la maggior parte di edifici, rappresenta oltre il 40% del consumo finale. Essendo questo settore in espansione, i suoi consumi di energia e quindi le emissioni di biossido di carbonio sono destinati ad aumentare. Per questi motivi il settore edilizio deve avere un ruolo centrale nell'attuazione di politiche di sviluppo sostenibile e di risparmio energetico per il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto. Risulta quindi importante sperimentare sistemi di ecogestione degli edifici con l'obiettivo di minimizzare i consumi energetici e contribuire al miglioramento della qualità ambientale e alla prevenzione dei danni alla salute.

Un edificio biocompatibile inserito in un contesto salubre, costruito con materiali sicuri per la salute e progettato per usufruire al meglio delle fonti luminose e delle correnti d'aria non può ancora essere considerato ecocompatibile (*oikos* = casa, in senso lato ambiente). Per esserlo deve essere il più possibile autosufficiente dal punto di vista energetico, dotato di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, di sistemi per il recupero delle acque e per la riduzione e differenziazione di rifiuti, costruito con materiali riciclabili (art. 37 L.R. Toscana 1/2005).

Tenendo conto che l'uomo utilizza annualmente il 20% in più delle risorse naturali che la terra può produrre innescando un 'debito ecologico' da cui è difficile 'rientrare', l'ecocompatibilità diviene un aspetto fondamentale nella costruzione degli edifici in quanto la riduzione dell'impatto ambientale, e quindi il miglioramento della qualità dell'ambiente, è un vantaggio per la salute dell'intera collettività.

Per questi motivi lo sviluppo di soluzioni per un'edilizia sostenibile si fa sempre più urgente e necessario.

Connessa alla progettazione di un'edilizia sostenibile c'è anche la necessità di rivedere le competenze del medico igienista. I pareri tecnico-sanitari tradizionali per l'edilizia sono ritenuti troppo formali e antiquati dagli stessi operatori del settore e di scarsa incidenza per il controllo reale dei rischi connessi con l'ambiente indoor. Attualmente infatti la valutazione sanitaria delle pratiche di edilizia civile si basa sull'acquisizione di dichiarazioni da parte del tecnico inerenti più requisiti strutturali, come le dimensioni dei locali e delle superfici illuminanti, che non l'ambiente in cui l'edificio si inserisce, le modalità di costruzione, i materiali, l'uso di energie rinnovabili, la riduzione dei rifiuti, la sicurezza e l'accessibilità.

In questo settore, in particolare, è necessario abbattere la cristallizzazione delle prassi organizzative e operative a favore di un'azione di maggiore efficacia preventiva (quale il contributo competente alla stesura di linee guida, regolamenti e strumenti della pianificazione locale), promuovere un'attività di formazione diretta sia agli stessi operatori sanitari che ai tecnici del settore, volta ad acquisire maggiori conoscenze sui nuovi scenari dell'urbanistica e dell'edilizia e, infine, promuovere nuovi tipi di vigilanza e controllo.

Vi è, quindi, un sentito bisogno di cambiamento in direzione della 'medicina olistica', una medicina dei livelli compatibili di tutela della salute che contemperi l'utilità delle innovazioni tecnologiche con l'attenzione per le persone, una medicina ad approccio globale, multidimensionale, che sappia rendere sinergiche le proprie misure assistenziali con le altre forme di impegno pubblico e privato delle altre componenti del sistema Italia che operano in direzione di un progetto di società del benessere e del ben vivere (Fara 2006). In questa direzione ed in questo contesto è stata sviluppata, da più enti territoriali, l'esperienza per la redazione del Regolamento per l'edilizia bio-ecocompatibile nel territorio del Circondario Empolese Valdelsa e del Valdarno Inferiore.

2. L'esperienza del Regolamento di edilizia bio-ecocompatibile nel Circondario Empolese Valdelsa e nel Valdarno Inferiore

L'Azienda USL 11 di Empoli (Dipartimento di Prevenzione), in collaborazione con i comuni del territorio (Capraia e Limite, Castelfiorentino, Cerreto Guidi, Certaldo, Empoli, Fucecchio, Gambassi Terme, Montaione, Montelupo Fiorentino, Montespertoli e Vinci in provincia di Firenze; Castelfranco, San Miniato, Santa Croce sull'Arno e Montopoli in Val d'Arno in provincia di Pisa per un totale di 235.864 abitanti), le Società della Salute, l'Agenzia per lo Sviluppo del Circondario Empolese Valdelsa (ASEV) e l'ARPAT, ha attivato un percorso di confronto locale per la redazione partecipata di un Regolamento edilizio/di igiene.

Il progetto ha previsto una prima fase di costituzione e formazione del gruppo di lavoro interistituzionale e interdisciplinare ed una fase di ricerca, confronto ed elaborazione del regolamento¹⁰:

¹⁰ Nel dettaglio le attività di formazione/informazione si sono così articolate: 2006 – Focus Group per l'analisi dei fabbisogni formativi; Iniziative di informazione e sensibilizzazione (Seminario «L'efficienza Energetica degli edifici»; Convegno «Ecodiagnosi e bioterapia della casa»; Seminario «Strategie per una progettazione Sostenibile»); Azioni formative (Corso di formazione sulla biocompatibilità ed ecocom-

Le iniziative di formazione hanno avuto il merito di riunire intorno al tema dell'edilizia sostenibile una tipologia completa di attori coinvolti sul tema, dai medici ai tecnici progettisti, dai sociologici agli esperti di energia, e di mettere in evidenza quanto l'ambiente di vita e la sostenibilità ambientale facciano parte dello stesso sistema e quanto, influenzandosi a vicenda, il miglioramento dell'uno possa comportare anche il miglioramento dell'altro. Tra i docenti sono stati presenti esperti di livello nazionale nel campo ambientale, sanitario, urbanistico, energetico, della bioarchitettura e della comunicazione.

La seconda fase, ha previsto l'utilizzo di forme partecipative strutturate per favorire la qualità delle relazioni e lo scambio tra i partecipanti.

È stata quindi condotta un'approfondita ricerca bibliografica e sono stati raccolti molti regolamenti edilizi comunali, linee guida provinciali e regionali e altri lavori e articoli riguardanti le tematiche in questione. I materiali recuperati sono stati scambiati e fatti girare tra tutti i componenti del gruppo. Nell'ampio panorama di documenti che disciplinano la materia sono state individuate le «Linee guida per l'edilizia sostenibile in Toscana» come quadro di riferimento per la stesura del nuovo regolamento.

Si è svolto quindi il lavoro individuale e a piccoli gruppi per la stesura del Regolamento che si basa sul raggiungimento di significativi obiettivi di qualità nella progettazione e costruzione degli edifici per il benessere e il *comfort* delle persone che ci andranno ad abitare.

3. I risultati: il Regolamento per l'edilizia bio-eco sostenibile

A seguito dell'attività propedeutica di partecipazione e formazione è stato redatto un articolato normativo corredato da schede tecniche relative a 4 tipologie di intervento edilizio o aree tematiche:

patibilità per operatori comunali, ambientali e sanitari; Corso per «Tecnico del risparmio energetico»); Ricerche-Indagini: Somministrazione di questionari strutturati e realizzazione di interviste ai re ferenti (politici e tecnici) degli 11 comuni circondariali (settori: assetto del territorio, lavori pubblici e ambiente) per verificare se esistono le condizioni per una più diffusa adozione di nuove tecnologie di integrazione degli impianti (DOMOTICA) negli edifici pubblici, per la riduzione dei consumi; Costituzione del gruppo di lavoro. 2007 – Iniziative di informazione e sensibilizzazione (Presentazione e condivisione del progetto con Responsabili dell'Ufficio Sviluppo Sostenibile della Regione Toscana). 2008 – Iniziative di informazione e sensibilizzazione (Conferenza stampa regionale con la partecipazione dell'Assessore all'Ambiente, A. Bramerini; Presentazione e condivisione dei contenuti tecnici con gli amministratori comunali; Presentazione del progetto nell'ambito IIIe Giornate Mediche per l'Ambiente, organizzate dalla Federazione Nazionale degli Ordini dei medici-chirurghi e dall'Associazione dei Medici per l'Ambiente, Genova; Presentazione al Forum Risk Management in Sanità, organizzato da Ministero del lavoro della Salute e delle Politiche Sociali e dall'Istituto Superiore di Sanità, Arezzo). 2009 – Iniziative di formazione (Workshop con un gruppo di esperti e con i rappresentanti degli Ordini/ Collegi professionali [Ingegneri, architetti, geologi, geometri, impiantisti, avvocati]); Corso di formazione rivolto a tutti gli operatori degli uffici tecnico, urbanistico e ambiente dei comuni); Iniziative di informazione e sensibilizzazione (Presentazione e condivisione delle schede aggiornate con i Responsabili degli uffici Tecnico, Ambiente, Urbanistico e Lavori Pubblici dei Comuni; Presentazione e condivisione delle schede aggiornate con gli amministratori comunali; Convegno sul Regolamento avente come target la comunità locale; Incontro con i tecnici progettisti; Incontro con rappresentanti delle sezioni provinciali di Confindustria e Confartigianato). 2010 – Iniziative di informazione e sensibilizzazione (22 gennaio 2010 Presentazione del Regolamento a tutte le ASL ed ai Dipartimenti ARPAT della Regione Toscana in collaborazione con la IV Commissione Sanità della Regione Toscana; 16/02/2010 Incontro con i tecnici progettisti del comune di San Miniato appartenenti all'Associazione Architetti e Territorio; 25/02/2010 Incontro con i tecnici progettisti e responsabili dell'Ufficio Tecnico del comune di Castelfranco di Sotto).

- prestazioni del contesto;
- prestazioni dell'edificio;
- efficienza degli impianti;
- utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili.

3.1 Contenuti

La valutazione della sostenibilità dell'intervento edilizio si basa sul confronto tra requisiti richiesti e prestazioni raggiunte attraverso le soluzioni progettuali adottate.

Il soddisfacimento dei requisiti può essere obbligatorio oppure incentivato/disincentivato:

- nel primo caso il rispetto del requisito costituisce condizione vincolante alla realizzazione dell'intervento edilizio (soglia minima di sostenibilità dell'intervento);
- nel secondo caso, tramite uno specifico sistema di punteggi, si introducono incentivazioni/disincentivazioni progressive.

È prevista l'eventuale 'non applicabilità' di alcune prestazioni obbligatorie. Quando sussiste, questa possibilità è indicata nel singolo articolo. Sono previste altresì specifiche deroghe ai requisiti obbligatori, anche in questo caso la possibilità di deroga, qualora ammessa, è indicata nel singolo articolo. La richiesta di deroga deve essere motivata dall'esistenza di vincoli oggettivi e/o impedimenti di natura tecnica e funzionale, adeguatamente dimostrati dai progettisti e giudicati effettivamente ammissibili dal funzionario tecnico, su proposta del responsabile del procedimento. Ai fini della sostenibilità degli interventi, la presenza di deroghe è disincentivata con l'attribuzione di un punteggio negativo.

Le incentivazioni/disincentivazioni introdotte sono in termini di:

- attribuzione di una targa (argento o oro) attestante il livello prestazionale raggiunto dall'intervento.
- attribuzione di riconoscimenti all'impresario, al progettista ed alle ditte (certificati attestanti l'esecuzione dell'opera bio-eco sostenibile con relativa targa).
- aumento degli oneri di urbanizzazione primaria fino ad un massimo del 70%, in relazione alla presenza di deroghe rispetto alle prestazioni obbligatorie.

3.2 Efficacia

L'efficacia dei titoli previsti dalle leggi vigenti per l'abilitazione all'esecuzione di attività edilizia e urbanistica sul territorio comunale è subordinata all'effettiva dimostrazione dell'ottemperanza ai requisiti obbligatori del regolamento utilizzando gli strumenti di verifica dettagliati nelle singole schede.

Al fine dell'acquisizione degli incentivi il soggetto titolare dell'intervento dovrà presentare, all'atto della richiesta o dell'attestazione del titolo abilitativo, apposita domanda contenuta nel modulo di calcolo. Tale istanza dovrà essere presentata anche in sede di variante. Per accedere agli incentivi sarà obbligatorio dimostrare l'ottemperanza ai requisiti incentivati, utilizzando gli strumenti di verifica dettagliati nelle singole

schede. L'ottemperanza a tali requisiti dovrà essere certificata da parte del progettista, tramite la compilazione del modulo di calcolo per l'incentivo.

3.3 Campo di applicazione

Le disposizioni si applicano alle trasformazioni strutturali e funzionali del territorio, naturale ed edificato, che costituiscono il processo edilizio, differenziato secondo le seguenti tipologie di intervento (cfr. box 1):

- realizzazione di *nuovi insediamenti*, intendendo per *Insedimento* la realizzazione di più edifici, strade, parcheggi, verde. La realizzazione di nuovi insediamenti può avvenire tramite: 1. realizzazione di lottizzazioni su terreni non edificati; 2. realizzazione di lottizzazioni al posto di insediamenti esistenti tramite intervento di ristrutturazione urbanistica;
- realizzazione di *nuovi lotti edificabili*, intendendo per *Lotto* la realizzazione di un edificio e della sua area di pertinenza non edificata (giardino, parcheggio privato). La realizzazione di nuovi lotti può avvenire tramite: 1. Realizzazione di nuovo lotto su un terreno non edificato; 2. Realizzazione di nuovo lotto al posto di uno esistente tramite intervento di sostituzione edilizia;
- realizzazioni sul *patrimonio edilizio esistente* tramite interventi di ampliamento e ristrutturazione edilizia; si considerano gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente; tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti;
- realizzazioni di *opere manutentive e di conservazione sul patrimonio edilizio esistente* (Manutenzione e restauro), tramite interventi di: 1. Restauro e risanamento conservativo; 2. Manutenzione ordinaria.

Box 1. Esempificazione normativa del Regolamento per l'Edilizia Sostenibile rispetto alle diverse tipologie di intervento.

Esemplificazione: Articolo 8 – Orientamento dell'insediamento

Ogni intervento deve garantire scelte insediative atte a prevenire l'impatto di agenti aggressivi esterni sugli edifici e sugli spazi aperti di sosta e di relazione; gli edifici all'interno di un insediamento devono avere un rapporto equilibrato con l'ambiente nel quale sono inseriti allo scopo di migliorarne l'efficienza energetica e sfruttare le risorse energetiche rinnovabili (in particolare, la radiazione solare e il vento).

Nel caso di **Insedimento** è *obbligatorio* prevenire o ridurre l'impatto di agenti esterni in base a quanto previsto al paragrafo Prestazioni della scheda tecnica punti 4.2 e 4.3.1 relativamente a:

Rapporto equilibrato tra gli edifici.

Radiazione solare diretta – corretta esposizione.

È *incentivato* prevenire o ridurre l'impatto di agenti esterni in base a quanto previsto al paragrafo Prestazioni della scheda tecnica punti 4.1 e 4.3.2 relativamente a:

Azione dei venti dominanti.

Radiazione solare diretta – controllo dell'irraggiamento solare.

Nel caso di **Lotto** è *incentivato* quanto previsto al comma b. relativamente ai requisiti incentivati.

Nel caso di **Esistente, Manutenzione e Restauro** le prestazioni previste dal presente articolo non sono applicabili. Sono possibili *deroghe* rispetto alle prestazioni obbligatorie, da motivare sulla base dell'esistenza di vincoli oggettivi e/o impedimenti di natura tecnica e funzionale, quali, ad esempio: particolari vincoli di natura morfologica e urbanistica dell'area oggetto di edificazione, disposizione del lotto non conveniente, dimensione del lotto limitata, elementi naturali o edifici che generano ombre portate, allineamenti e arretramenti ecc.

3.4 La struttura del Regolamento

Il Regolamento è suddiviso in 54 articoli (Norme) suddivisi nelle seguenti sezioni:

- Disposizioni generali;
- Analisi del sito;
- Prestazioni del contesto;
- Prestazioni dell'edificio;
- Efficienza degli impianti;
- Utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili.

Nelle *Disposizioni generali*, oltre alla descrizione delle finalità, contenuti, campo di applicazione e modalità applicative del Regolamento, dovrà essere specificata da parte di ogni Comune:

- la relazione tra il Regolamento per l'edilizia sostenibile e il Regolamento edilizio vigente;
- la relazione tra il Regolamento per l'edilizia sostenibile e gli atti di pianificazione comunale.

Nella Parte I del Titolo II, l'*analisi preliminare del sito*, ovvero la valutazione della realtà ambientale locale (parametri ambientali significativi e caratteristici del luogo, nell'ambito del quale si inserisce un intervento), costituisce prerequisito non derogabile.

Nelle Parti relative a *Prestazioni del contesto*, *Prestazioni dell'edificio*, *Efficienza degli impianti* e *Utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili*, vengono specificati i *requisiti prestazionali obbligatori* e incentivati per tema (tra i requisiti figurano la disponibilità di luce naturale, l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, un buon clima acustico, un ridotto livello di campi elettromagnetici, inquinamento atmosferico, l'incremento delle superfici a verde, l'abbattimento dei consumi di energia, il riutilizzo delle acque, l'utilizzo di materiali ecosostenibili, la realizzazione di tetti verdi, sistemi di produzione di calore ad alto rendimento, etc.).

3.5 Le schede tecniche e le modalità di incentivazione

A ciascun articolo, riguardante specifici requisiti prestazionali, è stata associata una scheda tecnica di riferimento che costituisce il documento tecnico di dettaglio essenziale per la verifica del raggiungimento dei requisiti di sostenibilità.

In ogni scheda sono esplicitate le seguenti informazioni:

- *Finalità*, ovvero l'argomento specifico ed i relativi obiettivi di sostenibilità.
- *Applicabilità*, ovvero l'insieme dei requisiti obbligatori e/o incentivati necessari per perseguire i suddetti obiettivi di sostenibilità, differenziati per tipologia di intervento (Insediamento, Lotto, Esistente e Manutenzione e Restauro). In tale paragrafo sono specificate altresì le destinazioni d'uso ai sensi della L.R. 1/2005 (residenziale, commerciale, direzionale, servizio, artigianale, industriale, agricolo) cui sono applicabili i requisiti della specifica scheda tecnica e le eventuali deroghe.

- *Strumenti di verifica*, ovvero l'insieme degli elaborati e della documentazione che dovranno essere prodotti per la verifica del soddisfacimento dei requisiti obbligatori e/o incentivati.
- *Prestazioni*, ovvero la descrizione più dettagliata delle prestazioni obbligatorie e/o incentivate elencate al paragrafo Applicabilità.
- *Indicazioni*, ovvero un insieme di informazioni e/o specifiche tecniche integrative ed esplicative dell'argomento.
- *Argomenti correlati*, ovvero il riferimento agli articoli che trattano argomenti affini o complementari.
- *Riferimenti normativi e tecnici*, ovvero la normativa e le specifiche tecniche di riferimento per l'argomento trattato.
- *Scala delle prestazioni*, ovvero la tabella per l'attribuzione del punteggio relativo alla varie prestazioni incentivate.

Il Regolamento individua, per ciascun campo di applicazione (insediamento, lotto, esistente, manutenzione e restauro) una soglia di sostenibilità, due gradi di incentivazione ed un grado di disincentivazione.

3.6 Stato di attuazione del regolamento nei comuni e programma 2010-2012

Il lavoro è stato continuamente supportato dalle amministrazioni locali che lo hanno ratificato con Delibera della Conferenza dei Sindaci del 6 febbraio 2009, Delibera della Giunta del Circondario Empolese-Valdelsa del 27/1/9, Delibera della Giunta della Società della Salute di Empoli del 9 dicembre del 2008 e della Società della Salute del Valdarno Inferiore del 18 dicembre 2009.

Il Regolamento è stato adottato dai comuni di Montelupo Fiorentino, Cerreto Guidi, Castelfranco di Sotto, Vinci, Certaldo e Montaione ed è in via di adozione negli altri comuni.

L'implementazione del regolamento per il periodo 2010-2012 prevede:

- Revisione delle schede tecniche a seguito delle indicazioni pervenute dai comuni che hanno adottato il Regolamento, dall'ASL, dall'ARPAT e dagli attori sociali;
- Redazione di un Regolamento per l'edilizia bio-eco sostenibile per gli insediamenti/aree produttive nell'ambito del progetto Europeo "Aree" (Ambiente, Risparmio Energetico, Energie rinnovabili), in collaborazione con le città di Prato e Friburgo.
- Redazione di modulistica, schede e documenti sintetici che favoriscano l'applicazione del Regolamento entro giugno 2010.
- Redazione di protocollo d'intesa tra tutti i comuni, l'ASL, l'ARPAT e l'Agenzia per lo sviluppo Empolese-Valdelsa per la definizione di un piano di monitoraggio dell'attuazione del Regolamento.

4. Problematiche aperte e prospettive di sviluppo

Il Regolamento che è stato elaborato non rappresenta un punto di arrivo quanto piuttosto un punto di partenza. Esso andrà, infatti, sperimentato e aggiornato con

l'esperienza, l'evoluzione delle norme, delle conoscenze e delle tecnologie e tramite il confronto con gli operatori di settore.

Riteniamo comunque che il livello di approfondimento e di dettaglio sia sufficiente per avviare un percorso di rinnovamento nel settore dell'edilizia che favorisca il benessere delle persone, la tutela dell'ambiente e il risparmio delle risorse.

Tra gli elementi positivi possiamo senz'altro annoverare il livello di formazione raggiunto da tutti gli operatori che hanno collaborato alla stesura del Regolamento e la motivazione, l'entusiasmo e l'affiatamento suscitati dal metodo di lavoro che ha valorizzato il percorso condiviso, «dal basso verso l'alto», in cui tutti hanno elaborato e portato esperienze spostandosi da una situazione di 'lavoro' ad una di 'sistema'. Talmente forti sono stati la motivazione e l'impegno degli operatori che ci sentiremmo di indicare questo metodo come un esempio da ripercorrere anche per affrontare problematiche diverse. L'approccio di lavoro adottato per il Regolamento potrebbe quindi trasformarsi in un 'laboratorio' *in progress* di idee e sperimentazioni sul buon vivere e il buon abitare, contribuendo alle esigenze di sviluppo del territorio.

Infatti altro elemento positivo può essere rappresentato dall'opportunità di rilancio dell'economia locale, soprattutto in un settore come quello dell'edilizia che vede fermo il mercato immobiliare. Alcune scelte operate dal Regolamento, come ad es. quella di incentivare l'uso di materiali bio-eco sostenibili, hanno creato inizialmente delle perplessità da parte dei produttori locali di materiali per l'edilizia preoccupati di poter rimanere esclusi dal mercato; tutto questo è stato comunque superato una volta acquisita e condivisa una maggiore consapevolezza circa la necessità di perseguire tipologie di edilizia di alta qualità come unica strada di rilancio del settore edilizio.

Tra le criticità va segnalata la differenza, a livello regionale, tra il Regolamento per l'edilizia bio-ecocompatibile, che comporta una revisione sostanziale del modo di progettare e costruire, attento al comfort e alla tutela dell'ambiente e della salute, e i regolamenti edilizi per il risparmio energetico, di cui la gran parte dei comuni si è dotata puntando quasi esclusivamente verso il contenimento dei consumi energetici e tralasciando gli aspetti del comfort e della salute. Questo potrebbe portare ad una situazione di 'disomogeneità' sul territorio regionale con varie implicazioni anche di ordine economico. Per questo potrebbe essere interessante la proposta di estendere il Regolamento per l'edilizia bio-ecocompatibile a tutto il territorio regionale. Tra l'altro, il Regolamento ha ottenuto numerosi riconoscimenti a livello regionale (premio «Toscana Efficiente») e nazionale (Rapporto On-Re promosso dal Centro Ricerche economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio), come esempio di buona pratica di sostenibilità.

Infine, è utile sottolineare l'importanza della gestione partecipata e allargata oltre i confini ristretti dell'ambito comunale di un tema, quale quello dell'edilizia che per anni è rimasto appannaggio ristretto di alcuni uffici comunali e nell'ambito del quale, purtroppo, si sono talvolta verificati episodi di scarsa trasparenza se non addirittura di violazione delle norme. Questo tipo di approccio, dunque, può rappresentare sicuramente un fattore di maggiore garanzia e trasparenza rispetto alle scelte della pubblica amministrazione.

Bibliografia

- Anzidei P. *et al.* 2010. *Climatizzazione di ambienti indoor e rischio biologico*, «Biologi Italiani», 1: 30-34.
- Alberini R. *et al.* 2006. *Qualità dell'aria in edifici pubblici*, «GEA», 2: 87-91.
- Aprèa M.C. *et al.* 2007. *Inquinamento chimico indoor e outdoor nelle scuole della Toscana*, «Atti del 25° Congresso Nazionale AIDII», Ancona.
- Biello D. 2008. *Smog can make people sick, even indoor*, «Scientific American News», 1, <<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=smog-can-make-people-sick-even-indoors/>>, 10/11.
- Burgio E. 2010. *Relazione alle V Giornate mediche italiane dell'Ambiente*, Arezzo, 17-19 settembre.
- Grandjean P. Landrigan P.J. 2006. *Developmental neurotoxicity of industrial chemicals*, «Lancet», 368(9553): 2167-78.
- Cucurachi M.G. 2007. *È allarme malattie croniche OCSE. Lo studio "Health at a glance"*, «Il Sole 24 ore Sanità», 27 novembre-3 dicembre.
- Fara G.M. 2006. Introduzione al Rapporto Eurispes.
- Fitzpatrick M. 2007. *Autism and environmental toxicity*, «The Lancet Neurology», vol. 6, n. 4: 297.
- Fuligni P., Rognini P. 2007. *La metropoli umana. Economia e politica per la qualità della vita nella città di oggi*, Franco Angeli, Milano.
- Ganderman J.M. 2007. *Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study*, «Lancet», 369(9561): 571-7.
- Geddes M. 2011. *Healthy City Design. Urbanistica e salute*, «Salute Internazionale. info», <<http://saluteinternazionale.info/2011/09/healthy-city-design-urbanistica-e-salute/>>, 10/11.
- Knox E.G. 2005a. *Childhood cancer and atmospheric carcinogens*, «Journal of Epidemiology Community Health», 59: 101-105, BMJ Journals, <http://jech.bmj.com/content/59/2/101.abstract?ijkey=568f2d4f54478c33003d12d6763f75aed0f0abc88&keytype=tf_ipsecsha>, 10/11.
- Knox E.G. 2005b. *Oil combustion and childhood cancer*, «Journal of Epidemiology Community Health», 59: 755-60, <http://jech.bmj.com/content/59/9/755.abstract?ijkey=af37605c224027c1c64ea43cb4be03d009bcb268&keytype=tf_ipsecsha>, 10/11.
- Knox E.G. 2006. *Roads, railways and childhood cancer*, «Journal Epidemiology Community Health», n. 60: 136-141, <<http://jech.bmj.com/content/60/2/136.full?sid=280c61d3-70e0-48cd-a3e2-a71bdba4ec7e>>, 10/11.
- Milillo G. 2007. *Malattie croniche: la sfida medica del prossimo trentennio*, «Panorama della Sanità», n. 37.
- Miller K.A. *et al.* 2007. *Long-Term Exposure to Air Pollution and Incidence of Cardiovascular Events in Women*, «NEJM», vol. 356: 447-458.
- Orlandini S. *et al.* 2004. *Cambiamenti climatici e salute umana: possibili conseguenze ed adattamenti*, «Toscana Medica», 7: 8-10, <<http://www.euro.who.int/envhealth,csa@ecr.euro.who.int>>, 10/11.
- Paolella A. 2004. *Il progetto dell'abitare*, editoriale, «Il progetto dell'abitare», pp. 4-8.
- Paolella A. 2004. *Abitare i luoghi. Insediamenti, Tecnologia, Paesaggio*, BFS, Pisa.

- Petrelli F. *et al.* 2000. *Indagine sulla qualità delle abitazioni in relazione alla salute umana. Rischi connessi con la non osservanza delle più comuni norme di sicurezza in un campione di abitazioni marchigiane*, «Rivista Italiana d'Igiene», vol. 60, n. 1-2: 1-12.
- Prüss-Üstün A. *et al.* 2008. *The impact of environment on health by country: a meta-synthesis*, «Environmental health», 7: 7, <<http://www.ehjournal.net/content/7/1/7>>, 10/11.
- Vicentini M. *et al.*, Regione Toscana 2007. *Progetto indoor: studio sul comfort e sugli inquinanti fisici e chimici nelle scuole. Risultati delle misure di tipo acustico*, «Atti Associazione Italiana di Acustica», 34° Convegno Nazionale Firenze, 13-15 Giugno.
- Vineis P., Dirindin D. 2004. *In buona salute. Dieci argomenti per difendere la sanità pubblica*, Einaudi, Milano.

Promuovere la sostenibilità energetica a livello locale. Lo Sportello ERRE nel Circondario Empolese Valdelsa

Alessandra Tambara

1. Premessa: nascita e attività dello sportello ERRE

Lo sportello ERRE (Energie Rinnovabili Risparmio Energetico) nel Circondario Empolese Valdelsa nasce grazie all'Agenzia per lo Sviluppo¹ che, in collaborazione con la CNA, alcuni anni fa ha iniziato a monitorare i finanziamenti disponibili per l'installazione di impianti a risorse rinnovabili. Il fine era quello di predisporre un programma di sviluppo teso alla valorizzazione dell'ambiente. In contemporanea sia il governo nazionale che la Regione Toscana hanno promulgato diverse leggi in materia di risparmio energetico. Il passo successivo è stato quello di istituire uno sportello per l'informazione e la consulenza. Tale servizio è partito a marzo 2007 e vanta al proprio attivo numerose attività volte al risparmio energetico, ha sede presso l'Agenzia Empolese Valdelsa a Empoli e si attiva a chiamata contattando un numero verde funzionante nei giorni feriali. Inoltre se il tecnico è presente in sede si procede direttamente a risolvere i quesiti telefonicamente, altrimenti la persona viene registrata e richiamata entro una settimana fissando, se necessario, un appuntamento.

I servizi che offre tale sportello sono molteplici e a favore sia dei cittadini che delle imprese nonché degli Enti Pubblici. I temi trattati vertono sia sul risparmio energetico che sulle diverse modalità per accedervi. Si passa da un'informazione prettamente teorica con l'analisi di costi/benefici degli impianti, valutazioni tecniche, interpretazioni delle diverse normative (europee, nazionali e regionali) per accedere ai fondi stanziati fino a vere e proprie consulenze energetiche. Sono previste anche prestazioni tecniche progettuali come:

- consulenze energetiche volte sia ai Comuni dell'Empolese che alle aziende ed ai privati;
- studi preliminari per la progettazione di impianti fotovoltaici e di altre fonti rinnovabili;

¹ Agenzia per lo Sviluppo dell'Empolese Valdelsa (ASEV) S.p.A. è stata costituita nel 2001 ereditando il ruolo svolto in ambito formativo dalla Agenzia Formativa, dall'intesa di 26 soci fondatori (11 Comuni dell'Empolese Valdelsa, Camera di Commercio di Firenze, 14 associazioni dei datori di lavoro e dei lavoratori) con un capitale sociale misto pubblico-privato. Funge da riferimento per la realizzazione di nuove strategie per lo sviluppo economico, turistico, sociale e culturale dell'area dell'Empolese Valdelsa. I cui ambiti di interventi spaziano dall'innovazione tecnologica, alle pari opportunità, allo sviluppo sostenibile, ai servizi alle imprese fino all'inclusione sociale.

- studi di fattibilità impianti a risorse rinnovabili;
- convegni e seminari di formazione/informazione sul risparmio energetico come ad esempio all'interno dell'iniziativa «Mi illumino di meno» dal 2009 al 2011, *European Solar days* il 2009 e il 2011, Promo ACE²³, Bando Por CreO 2007-2010, «Aperitivo con le aziende» presso il comune di Fucecchio settembre 2010, serata di informazione per i rappresentanti dei circoli ARCI del Circondario, ecc.;
- punti informativi presso feste e manifestazioni ambientali nei comuni del circondario;
- il servizio «Chiavi in mano» che è attivo dal primo trimestre del 2008. Questo servizio prevede, nel contesto di un protocollo che l'Agenzia con la CNA e gli installatori della zona hanno firmato, la possibilità per l'utente che si rivolge allo sportello ERRE di avere oltre che un consiglio sulla tecnologia migliore utilizzabile anche una rosa di preventivi per l'installazione di impianti a fonte rinnovabile;
- partecipazione tecnica alla stesura del regolamento per l'edilizia bio-eco sostenibile del Circondario Empolese Valdelsa – di cui si riferisce nel dettaglio nel contributo di Petronio in questo stesso volume;
- stampa e divulgazione di materiale informativo distribuito in piazza o durante i seminari sul risparmio energetico e sulle tecnologie degli impianti a risorse rinnovabili.

Il punto ERRE nel 2010 ha vinto il Premio Toscana Ecoefficiente.

A seguito di bandi promossi dalla Regione Toscana, il tecnico del punto ERRE, è stato *mentor* tecnico per le missioni formative presso la città di Friburgo in Germania sia per il progetto AREE del 2010 che per il progetto AREE Mobili 2011³.

2. L'esperienza del regolamento edilizio del circondario empolese

Negli ultimi due anni i quindici comuni dell'ASL 11 di Empoli⁴ si sono mobilitati per una iniziativa comune nell'ambito del «governo energetico» del territorio. A tal fine è stato promosso un *team composto* da un gruppo multidisciplinare formato da

² Promo ACE, serate formative/informative svolte tra settembre e di cembre 2010 per i cittadini sull'Attestato di Certificazione Energetica.

³ Progetto AREE nato per creare una piattaforma di conoscenze fra amministrazioni, imprese ed enti di ricerca che consenta la condivisione di progetti innovativi e il trasferimento e l'adattamento di prodotti, metodologie e buone pratiche per favorire attraverso – ambiente, risparmio energetico, energie rinnovabili – la partecipazione e la competitività delle imprese sul mercato. Creare una partnership forte tra le istituzioni per una collaborazione duratura, al di là dei limiti temporali del progetto, per la realizzazione e lo sviluppo di interventi congiunti, progetti innovativi di trasferimento e adattamento di prodotti e buone pratiche che tengono conto dei livelli raggiunti dalla città di Friburgo nel campo del risparmio energetico e delle energie rinnovabili, attraverso il coinvolgimento di enti pubblici, istituti di ricerca, imprese. Progetto AREE mobili, finanziato sul POR CRO FSE 2007-2013 asse V di transnazionalità e interregionalità con Decreto Dirigenziale n. 6484 del 23/12/2010 che consta in *work experiences* all'estero nel settore delle energie rinnovabili e del risparmio energetico. Suddiviso in 4 azioni a favore di 48 giovani tra diplomati e laureati e rappresentanti di aziende operanti nel settore.

⁴ Capraia e Limite, Castelfiorentino, Castelnuovo di Sotto, Cerreto Guidi, Certaldo, Empoli, Fucecchio, Gambassi Terme, Montatone, Montespertoli, Montopoli Valdarno, Montelupo Fiorentino, San Miniato, Santa Croce sull'Arno e Vinci.

operatori degli uffici tecnici di tutti i comuni, dell'ASL, dell'ARPAT, dell'Agenzia per lo Sviluppo del Circondario Empolese-Valdelsa, in stretto raccordo con la Regione Toscana, che ha lavorato alla redazione del Regolamento per l'Edilizia Sostenibile (in merito si veda anche il contributo di Petronio in questo stesso volume). Tale Regolamento ha la finalità di disciplinare le trasformazioni edilizie secondo criteri di compatibilità ambientale, eco-efficienza energetica, *comfort* abitativo, salubrità degli ambienti interni, incentivando il risparmio e l'uso razionale delle risorse primarie, la riduzione dei consumi energetici, l'utilizzo di energie rinnovabili, la salute dei cittadini. In esso, infatti, sono introdotte norme del buon costruire a partire dall'analisi del contesto fino alla realizzazione dell'edificio e degli impianti e all'uso delle energie rinnovabili. Il Regolamento è *composto* da 55 articoli in cui si possono leggere le prestazioni obbligatorie e quelle che potranno essere incentivate dai singoli Comuni in base ad uno specifico sistema di punteggi attualmente ancora in fase di discussione vista la complessità di articoli presenti nel regolamento edilizio. Ogni articolo è corredato da una scheda tecnica di approfondimento contenente indicazioni tecniche, normative in continuo aggiornamento, strumenti di verifica progettuale e altre informazioni utili. Attualmente il regolamento è al vaglio degli uffici tecnici dei Comuni, alcuni lo stanno sperimentando già da qualche anno mentre altri iniziano ora. Punto fermo del programma rimane il fatto di concepire tale Regolamento Edilizio come sostitutivo di quello esistente in ogni Comune soprattutto per la parte relativa alla disciplina tecnica del costruire.

Il Regolamento si suddivide in quattro tipologie di requisiti relativi a:

- prestazioni del contesto (valutazione della realtà e delle caratteristiche ambientali del luogo in cui si inserisce l'intervento);
- caratteri morfologici dell'edificio (orientamento edificio e degli ambienti interni);
- efficienza degli impianti;
- utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili al fine di limitare gli sprechi energetici e le immissioni di CO₂ in atmosfera. Nello specifico, inoltre, vengono gestiti gli interventi relativi alla realizzazione di nuovi insediamenti⁵, di nuovi lotti edificabili, di interventi di ristrutturazione edilizia nonché di manutenzione e restauro del patrimonio esistente.

3. Esperienze di consulenze ai comuni dell'Empolese Valdelsa in merito al risparmio energetico. Bilancio energetico per edifici scolastici

Lo sportello ERRE, in seguito all'uscita del Bando Regionale per l'incentivazione finanziaria rivolto ai comuni in materia di produzione e utilizzo di energia da fonti rinnovabili e di efficienza energetica⁶, ha promosso una serie di attività di consulenza

⁵ Per lotto intendo l'ambito di realizzazione di un edificio inclusa la sua area di pertinenza non edificata (giardino, parcheggio, privato). Ciò può avvenire su terreni non edificati o al posto di un edificio esistente tramite intervento di sostituzione edilizia (L.R. 1/2005).

⁶ Deliberazioni Giunta Regionale n. 257 del 31 marzo 2008 e n. 925 del 10 novembre 2008 e bandi seguenti della Regione Toscana all'interno dell'asse POR CreO.

alle Pubbliche Amministrazioni dell'Empolese. Gli ambiti di intervento all'interno dei bandi sono molteplici, si va dal settore dell'edilizia scolastica a quella dell'edilizia sanitaria, nonché agli impianti sportivi, agli immobili sede dei comuni, l'edilizia cimiteriale fino all'illuminazione pubblica. Gli interventi ammessi, inoltre, spaziano dall'installazione di impianti per produzione energetica da fonti rinnovabili, all'isolamento degli edifici, al teleriscaldamento fino alla sostituzione dei corpi illuminanti; il tutto previo un'analisi energetica della struttura che si intende fare oggetto di intervento.

Tali bandi consentono alle amministrazioni locali di iniziare a concepire il risparmio energetico come fonte primaria di guadagno.

Il punto erre ha promosso una serie di consulenze energetiche utilizzando, per il bilancio energetico degli edifici scolastici, uno studio fatto dall'ENEA sulle strutture scolastiche di ogni ordine e grado. Lo studio sottolinea come gran parte dell'energia consumata è dovuta al riscaldamento dei locali (non ben isolati e spesso con infissi estremamente disperdenti), in secondo luogo alla produzione di acqua calda sanitaria oltre che all'illuminazione interna con corpi illuminanti interni obsoleti. Tale indagine, inoltre, ha sottolineato come i tipi di energia utilizzata non sono adatti al servizio prodotto e che gli impianti per la produzione e la distribuzione hanno dei bassi rendimenti. Calcolando che la maggior parte degli edifici scolastici, tuttora in uso, sono stati costruiti nel dopoguerra e che le leggi più significative in materia di edilizia volte al risparmio energetico sono state varate dopo gli anni Novanta, risulta di facile comprensione come la maggior parte delle strutture risultino, dal punto di vista della efficienza energetica, dei 'colabrodo'.

Da alcune delle consulenze effettuate dallo sportello ERRE, ad esempio, è risultato essere di prassi comune l'uso *boiler* elettrici (e quindi l'energia elettrica) per scaldare l'acqua calda sanitaria. Si è notato, inoltre, come nell'uso della struttura scolastica da parte degli utenti avvengano molti sprechi a livello energetico: si va dall'abitudine di lasciare accese le luci indipendentemente dall'illuminazione naturale, alla mancata o errata aerazione⁷ delle aule provocando inutili dispersioni di calore, così come si è registrata la percezione di fastidio ponendosi vicino a infissi particolarmente disperdenti (troppo caldo d'estate o troppo freddo d'inverno).

Importante per una buona analisi energetica risulta, quindi, la valutazione dei consumi della struttura e dello storico degli interventi effettuati, anche qui purtroppo tali interventi risultano generalmente mal ponderati e poco mirati, concepiti come una sorta di 'tappabuchi' momentanei. Tale modo d'agire, nel tempo, si rivela dispendioso e poco efficace sia da un punto di vista economico che energetico.

Un altro esempio di gestione non adeguatamente pianificata, è stato il taglio della vegetazione davanti a delle aule rivolte a sud abbattendo così una barriera naturale ai raggi solari. Il primo effetto negativo così ottenuto è stato quello di avere un surriscaldamento delle aule nei periodi più caldi e nelle ore centrali della giornata con un conseguente bisogno di abbassare le tapparelle e di aprire le finestre. L'abbassamento delle tapparelle ha creato in pieno giorno una zona di buio in classe innescando una reazione a catena con l'accensione dei corpi illuminanti interni in pieno giorno mentre l'aprire le finestre ha portato a un inutile dispendio di energia termica per il riscaldamento delle aule.

⁷ Nelle aule scolastiche le norme prevedono almeno 2 volumi orari di ricambio d'aria (UNI EN 12831 appendice D.5.1).

La guida dell'ENEA/FIRE per il contenimento della spesa energetica nelle scuole risulta un ottimo mezzo per valutare e dare una prima scrematura ai consumi energetici degli edifici scolastici. L'utilizzo di particolari coefficienti, calcolati tramite formule, legati al riscaldamento o all'energia elettrica consumata, hanno evidenziato come la maggior parte degli sprechi avviene nel campo elettrico. Generalmente i valori di IEN_R ⁸ determinati per il riscaldamento sono buoni, mentre quelli di IEN_E ⁹ determinati per l'energia elettrica sono insufficienti.

Di seguito viene riassunta velocemente la modalità di raccolta dati per valutare, in un secondo tempo, quali sono le azioni di miglioramento a valle di un'analisi energetica.

4. Modalità raccolta dati in base allo studio dell'ENEA

Nel caso citato degli edifici scolastici, risulta importante per approntare un'analisi energetica fissare quali sono gli input e gli output energetici. In secondo luogo, decidere se effettuare un'analisi approfondita della struttura quindi valutando quali sono le tecnologie che insistono sui consumi, quando sono state installate, se sono in buono stato e stabilire i consumi delle bollette sia elettriche che del gas piuttosto che effettuare un vero e proprio attestato di qualificazione energetica. Bisogna poi procedere alla raccolta vera e propria dei dati valutando le caratteristiche dell'edificio come l'anno di costruzione, la modalità costruttiva, la volumetria, le superfici disperdenti, chi utilizza la struttura, i tempi di sfruttamento nonché la zona climatica di appartenenza. I valori così ottenuti, opportunamente trasformati andranno confrontati, a seconda della scuola considerata (materne, elementari e medie), con i coefficienti ottenuti dal citato studio dell'ENEA (Fe fattore di normalizzazione del consumo dell'edificio in funzione della forma e Fh fattore di normalizzazione dei consumi elettrici in funzione all'orario di funzionamento della scuola). Si calcolano così gli indicatori energetici normalizzati per il riscaldamento (IEN_R) e per l'energia elettrica (IEN_E) che, confrontati con le tabelle esistenti danno una classificazione dell'edificio in *non sufficiente*, *sufficiente* e *buona*. Il punto ERRE ha svolto le indagini sia per le scuole elementari, che per le medie.

5. Soluzioni possibili in base ai risultati ottenuti

L'ultimo passo è quello di valutare gli interventi da eseguire in base agli sprechi riscontrati. In questa fase di analisi risulta importante individuare gli interventi da fare, articolati secondo tre possibili tipi di campo d'azione, quali:

⁸ IEN_R Indicatore energetico normalizzato per il riscaldamento rappresenta i consumi specifici corretti in funzione del fattore forma della scuola, del numero di ore di funzionamento, l'unità di volume riscaldato e i gradi giorno del luogo parametrizzato con dei fattori di normalizzazione.

⁹ IEN_E Indicatore energetico normalizzato per i consumi di energia elettrica in funzione del consumo medio annuo e la superficie media dei piani dell'edificio, normalizzato rispetto all'orario di funzionamento della scuola.

a. Effettuabili

- *interventi sull'edificio* per ridurre le perdite di calore (isolamento a cappotto, incapsulamento copertura amianto e coibentazione, sostituzione infissi);
- *sostituzione e/o miglioramento dell'efficienza delle apparecchiature* di produzione e di controllo del calore (installazione caldaia ad alto rendimento, installazione sensori temperatura e valvole termostatiche);
- *comportamento consapevole sulla gestione dell'energia*, limitando gli sprechi per il riscaldamento e l'illuminazione (installazione di sensori di presenza nei bagni della scuola, sostituzione dei corpi illuminanti interni dei corridoi con lampade a risparmio energetico).

b. Possibili

- *adozione di sistemi tecnologici e impiantistici basati sulle risorse rinnovabili* che meglio si adattano alle necessità dell'edificio (impianti solari termici, caldaie a biomasse, ecc.).

c. Di mantenimento

- *ottimizzazione del periodo di funzionamento del riscaldamento* anticipando l'accensione e lo spegnimento dell'impianto in modo ottimale rispetto all'orario di funzionamento della scuola;
- *gestione dell'apertura e chiusura delle finestre* in modo da non eccedere nei ricambi d'aria rispetto alle necessità;
- *nomina di un responsabile incaricato dai legali rappresentanti degli enti*, che svolga o faccia svolgere l'attività di *Energy Manager* pianificando e controllando la gestione oculata degli edifici, in particolare tramite il mantenimento di una contabilità energetica al fine da poter intervenire tempestivamente in caso di anomalie.

6. Conclusioni

Riassumendo, avendo il punto ERRE svolto molte indagini sia per scuole elementari che per le medie, da cui si evince come il parco edilizio pubblico sia principalmente vecchio e abbia bisogno di continui e mirati interventi per il risparmio energetico. Il fatto che alcuni Comuni dell'Empolese abbiano deciso di seguire alti livelli di progettazione non può che andare a loro favore sia per i consumi limitati che, in un secondo tempo, per la gestione degli edifici.

Il futuro impiego del Regolamento Edilizio nell'Empolese Valdelsa, ad esempio, dovrebbe fornire quello che è l'indirizzo definitivo nella metodologia costruttiva raggiungendo, come già avviene in altre Province Italiane¹⁰, una sorta di punto di partenza e di standard costruttivo di riferimento per tutti coloro che lavorano e ruotano attorno al settore dai progettisti, ai costruttori, agli utenti finali.

Le numerose attività promosse dal Punto ERRE, sono state fatte innanzitutto per pubblicizzare la sua presenza in affiancamento ai Comuni sul territorio svinco-

¹⁰ Casa Clima per la provincia di Bolzano.

lando ogni interesse commerciale o di installazione rispetto alle consulenze fatte. Importante sottolineare come a distanza di cinque anni dalla sua nascita tale sportello sia il punto di riferimento per alcuni uffici tecnici dei comuni del Circondario nonché per i cittadini e i liberi professionisti ivi dirottati per avere diverse informazioni. L'idea di creare una sinergia tra gli sportelli energetici presenti in Toscana e la stessa Regione è un ottimo punto di riferimento per coloro che per la prima volta si affacciano a questa tematica.

Riferimenti bibliografici

- ENEA – FIRE. *Guida al contenimento della spesa energetica nelle scuole*, <http://www.fire-italia.it/eell/scuole/guida_scuole.pdf>, 10/11.
- ENEA – FIRE. *Complementi alla guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole* <http://www.comune.corsico.mi.it/downloads%5Ccomplementi_guida_ENEA.pdf>, 10/11.
- Regione Toscana 2006. *Linee Guida per l'edilizia sostenibile in Toscana*, <http://www.regione.toscana.it/regione/multimedia/RT/documents/1198833632550_Linee_Guida_Edilizia_Sostenibile.pdf>, 10/11.
- 15 comuni dell'ASL 11 di Empoli - ASL – ARPAT – ASEV, *Regolamento Edilizio*, <<http://www.puntoerre.eu/>>.

Modelli di analisi per la definizione dell'offerta sostenibile di agrienergie in Toscana^(*)

Claudio Fagarazzi, Sandro Sacchelli, Christian Ciampi

Introduzione

Uno dei principali problemi legati alla promozione delle energie rinnovabili, con specifico riferimento alle biomasse di origine forestale, è connesso all'esigenza di individuare e definire idonei modelli di stima delle risorse disponibili. Tale problema appare determinante soprattutto nei contesti mediterranei dove la carenza di viabilità forestale, l'elevata acclività dei terreni e la remota dislocazione dei soprassuoli forestali, rendono spesso impossibile la gestione produttiva di porzioni di superfici forestali.

Per questo, sia la Regione Toscana, che successivamente la Provincia di Lucca, attraverso il progetto transfrontaliero BIOMASS, hanno recentemente promosso lo sviluppo di uno studio diretto a valutare le potenzialità del settore agrienergetico nel territorio regionale e definire in modo organico dati e informazioni ritenute indispensabili per l'attuazione di strumenti di finanziamento del settore e per una corretta pianificazione delle agrienergie.

Le opportunità offerte dai nuovi impianti di riscaldamento e di elettrogenazione unita alla possibilità, per le imprese del settore legno, di passare dalla mera commercializzazione del prodotto ligneo, alla gestione dell'intera filiera energetica, offrono infatti nuove opportunità sia per la commercializzazione dei prodotti forestali sia per la rivitalizzazione dell'intera filiera legno. L'elevata convenienza economica che, al momento, è conseguibile con l'introduzione di impianti termici e di cogenerazione, spinge, talvolta, a valutazioni frettolose sulla reale consistenza delle risorse locali potenzialmente destinabili a tali impianti, che non valutano in modo adeguato i costi di produzione della risorsa 'biomassa'. Per questo, sia la Regione Toscana prima, sia la Provincia di Lucca poi, hanno promosso e successivamente approfondito uno studio finalizzato alla determinazione delle risorse potenzialmente disponibili in ciascuna area, in relazione sia a criteri ecologici legati alle caratteristiche intrinseche delle formazioni naturali presenti nei diversi contesti, sia alle caratteristiche economiche della c.d. produzione localizzata di 'biomassa'. Il presente contributo vuole quindi esporre la metodologia sviluppata nei due progetti e finalizzata a definire le potenzialità pro-

^(*) Nonostante il lavoro debba considerarsi frutto della collaborazione dei tre autori, è possibile riconoscere il contributo del dott. Fagarazzi nell'impostazione generale del lavoro e nella stesura dell'introduzione e dei capp. 1.2.1, 1.3, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 3; mentre è possibile indicare il contributo del dott. Sacchelli nella stesura dei capp. 1.2.2, 1.3.1 e del dott. Ciampi nei capp 1, 1.1, 1.3.2, 1.3.3, e 2.1.

duttive 'annue' di biomasse forestali del territorio regionale. Nel caso specifico, è stato appositamente strutturato un modello econometrico, su piattaforma GIS (Sistemi Informativi Geografici), denominato *Green Energy Model (GEM): A GIS oriented model for the farm and the territory energy planning*, in grado di valutare le risorse disponibili sia dal punto di vista ecologico, che economico. Il modello ha stimato la disponibilità di biomasse garantendo un prelievo annuo delle risorse naturali compatibile con le capacità di accrescimento dei soprassuoli forestali, e una sostenibilità economica degli interventi selvicolturali necessari al recupero di tali risorse. Il modello GEM ha preso in considerazione i modelli di crescita delle formazioni forestali, i corrispondenti turni consuetudinari¹, i prezzi localmente praticati per i diversi assortimenti prodotti (legna ardere, paleria, ecc.), e altre variabili derivanti dall'Inventario Forestale della Regione Toscana del 1998 (ad es. gli assortimenti ritraibili)². In particolare, il modello ha stimato sia le biomasse (legno cippato) derivate da residui delle attività selvicolturali, sia gli assortimenti tradizionali (legna da ardere, paleria, ecc.), stante l'ipotesi che questi ultimi hanno un proprio mercato assestato, con prezzi tali da garantire ancora buona redditività e non rendere conveniente la loro utilizzazione per la sola produzione di cippato di legno.

Sono stati quindi ipotizzati diversi scenari produttivi in funzione delle attuali tipologie di organizzazione dei cantieri forestali e delle possibilità di sviluppo degli stessi in termini di ottimizzazione delle caratteristiche logistiche e del grado di meccanizzazione.

È stata così possibile stimare le curve di offerta degli assortimenti legnosi attualmente utilizzati a fini energetici, ovvero: la legna da ardere e il cippato.

Lo studio ha quindi determinato la capacità produttiva della regione entro ben definiti limiti di sostenibilità ambientale, senza quindi trascurare la necessità di preservare risorse preziose quali la fertilità dei suoli, l'acqua, la biodiversità e il paesaggio.

1. Stima delle produttività dalle formazioni forestali attraverso il modello Green Energy Model (GEM)

Allo scopo di stimare la quantità di biomasse potenzialmente ritraibili dai soprassuoli forestali, il modello GEM ha implementato al suo interno delle valutazioni di carattere ecologico, tecnico ed economico che, in relazione alle caratteristiche locali, fossero in grado di definire la quantità di assortimenti tradizionali e di residui, producibili dalle diverse tipologie forestali (comprensivi della quota derivante dalle utilizzazioni finali e dai tagli intercalari). Particolare enfasi è stata data alla quantificazione delle potenzialità produttive di assortimenti legnosi ad uso energetico quali la legna da ardere ed il cippato, in relazione ai prezzi di vendita attualmente praticati sul mercato locale, ed alle variabili tecnico-economiche ed organizzazione dei cantieri produttivi.

¹ Il turno rappresenta, per i boschi coetanei tradizionalmente presenti in Toscana, la durata del ciclo culturale alla fine del quale può avvenire il taglio di utilizzazione con cui si raccolgono tutti gli alberi siti sulla particella. È definito consuetudinario il turno tradizionalmente adottato nelle diverse realtà socio-economiche. Esso è strettamente correlato ai prodotti forestali tradizionalmente realizzati in ogni vallata.

² Si tratta delle diverse tipologie di prodotti legnosi realizzabili a seguito del processo produttivo forestale, ovvero: paleria, travi, segati, legna da ardere, ecc.

Per procedere con l'analisi territoriale è stato necessario strutturare un Sistema Informativo Territoriale (SIT) funzionale alle elaborazioni che il GEM dovrà sviluppare per la stima delle risorse disponibili. Elementi salienti del SIT sono rappresentati da: copertura Corine Land Cover (CLC) 2000 della Toscana al IV° livello aggiornato, per le aree boscate, al 2004; Inventario Forestale della regione Toscana (IFT), implementato con gli strati informativi relativi alla classificazione in tipologie forestali; Cartografia Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000.

1.1 Stima delle superfici boscate

Il modello GEM specificatamente strutturato per definire la produttività ecologica ed economica delle superfici forestali della regione Toscana, richiede la preliminare stima di alcuni parametri utili alla definizione della produttività specifica di ciascuna tipologia forestale. In relazione alle diverse tipologie di soprassuolo presenti, sarà infatti possibile definire le produttività medie annue per ettaro di residui forestali.

Dall'esame del CLC, è emersa una distribuzione delle superfici forestali secondo quanto illustrato in tabella 1.

Tabella 1. Superficie forestale totale e indice di boscosità provinciale e regionale.

| Provincia | Superficie totale (ha) | Superficie boscata (ha) | Indice di boscosità-IS |
|---------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Arezzo | 323.420 | 167.276 | 52% |
| Firenze | 351.337 | 168.021 | 48% |
| Grosseto | 450.503 | 160.075 | 36% |
| Livorno | 121.418 | 41.203 | 34% |
| Lucca | 177.373 | 111.150 | 63% |
| Massa Carrara | 115.512 | 77.871 | 67% |
| Pisa | 244.470 | 79.989 | 33% |
| Pistoia | 96.439 | 56.872 | 59% |
| Prato | 36.586 | 20.675 | 57% |
| Siena | 381.983 | 149.489 | 39% |
| Totale | 2.299.040 | 1.032.619 | 45% |

1.2 Produttività delle formazioni forestali

1.2.1 La produttività per unità di superficie di risorse forestali

Un bosco, così come qualsiasi altra risorsa rinnovabile, presenta la peculiare caratteristica di non avere una quantità (biomassa) fissa nel tempo, ma variabile in relazione alla capacità di rigenerarsi delle popolazioni arboree che lo compongono.

In particolare, le specie arboree danno origine a delle *cenosi forestali*³ che presentano un diverso tasso di accrescimento in relazione alle specie, alla forma di governo ed

³ Sinonimo di *comunità*, cioè insieme delle popolazioni animali, e vegetali che vivono in un determinato ambiente in un certo momento.

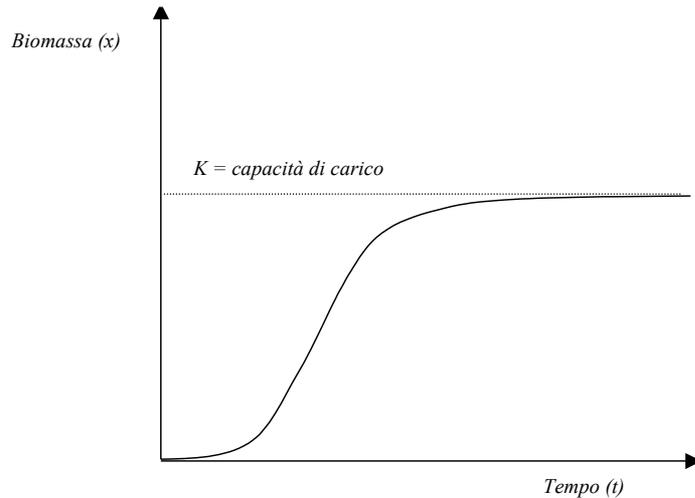


Figura 1. Curva logistica di accrescimento delle formazioni forestali.

all'età delle stesse nonché alle condizioni ecologiche dell'area su cui giacciono.

Per ciascuna popolazione che costituisce queste *cenosi*, le variazioni del tasso di accrescimento nel tempo sono rappresentate da un modello di crescita caratteristico di popolazioni situate in *biotopi*⁴ che presentano caratteri costanti per lunghi periodi di tempo.

Le curve di crescita di queste popolazioni sono quindi contraddistinte da modelli di accrescimento, di tipo *sigmoide* o *logistico*, rappresentativi dei fenomeni di crescita esponenziali che si verificano nella prima fase di vita dei popolamenti arborei e della successiva riduzione dei tassi di crescita conseguenti alla limitata disponibilità di risorse (nutrienti, luce, ecc.) ed all'incremento di concorrenza *intra* ed *inter-specifica* causato dall'aumento di densità degli individui (Fig. 1).

La formalizzazione della funzione di accrescimento delle biomasse forestali, può quindi essere costruita sulla base di un modello di dinamica della popolazione esposto per la prima volta da Schaefer (1954). Questa curva, detta appunto di Shafer, è inoltre rappresentativa del cosiddetto *trade off* tra economia ed ambiente, che considera sia la produttività media annua dei popolamenti forestali che il valore ambientale intrinseco delle aree forestali (aumento o diminuzione della quantità di biomassa con relativa variazione di biodiversità specifica e strutturale, protezione idrogeologica, stoccaggio di carbonio, ecc.) (Fagarazzi 1999).

Le condizioni di equilibrio implicite nel modello, sono riconducibili a boschi assestati, cioè capaci di fornire un prodotto legnoso annuo e costante. In particolare, l'algoritmo impiegato nel modello GEM per valutare l'offerta ottimale di prodotto legnoso per unità di superficie, fa riferimento a boschi coetanei nei quali la produzione viene stimata considerando il turno consuetudinario praticato per le diverse specie

⁴ Sinonimo del concetto di *habitat* che rappresenta la più piccola parte di un territorio in cui un organismo trova condizioni climatiche edafiche e biotiche favorevoli e può nutrirsi, rifornirsi d'acqua e riprodursi, ossia avere un bilancio positivo tra natalità e mortalità tale da mantenere la popolazione (Piusi 1994).

forestali e per le diverse tipologie di governo del bosco⁵. Benché i modelli tradizionalmente impiegati per la definizione dell'offerta unitaria facciano riferimento a modelli di ottimizzazione del turno (Bernetti 1999) si è preferito considerare i turni consuetudinari in quanto maggiormente rappresentativi delle realtà socio-economiche locali e delle relative capacità produttive delle superfici forestali. La definizione del turno e del corrispondente *stock* di risorsa (provvigione)⁶, ha quindi permesso la stima, per ogni tipologia di bosco, dell'offerta media annua per unità di superficie.

Una condizione del genere è ad esempio raggiungibile nel caso dei boschi particellari coetanei attraverso l'applicazione di metodi di assestamento di tipo planimetrico spartitivo. L'applicazione di tale metodo consiste nella suddivisione della superficie boschiva S , in T aree di ampiezza pari a S/T , dove T rappresenta il turno della specie arborea che costituisce il bacino di utilizzazione. Ciò significa che se il complesso forestale sarà strutturato in modo da avere un numero di particelle della medesima superficie ed età progressivamente crescente fino all'età massima T , esse saranno in grado di fornire un prodotto annuo per ettaro, dato dal rapporto fra la provvigione della T_q -esima particella che annualmente cade al taglio ed il turno T_q di ciascuna tipologia di bosco q . Avremo inoltre uno *stock* di risorse per ettaro dato dalla sommatoria degli incrementi medi delle (T_q-1) -esime particelle (Fagarazzi, 2008). Formalmente:

$$x_q(t) = \sum_{i=1}^{T_q-1} x_{i,q} \quad \text{con } t = T_q - 1 \quad (1)$$

dove:

$x_q(t)$ = *stock* di biomassa per ettaro di soprassuolo di tipo q al momento t ;

$x_{i,q}$ = incremento medio annuo per ettaro della particella di bosco di tipo q all'età i -esima

T_q = turno consuetudinario del soprassuolo di tipo q .

Essendo lo *stock* di risorse $x_q(t)$ funzione del turno applicato a ciascuna tipologia di soprassuolo T_q ed essendo la ripresa annua per ettaro x_q^* funzione dello *stock*, ne consegue che x_q^* sarà a sua volta funzione del turno T_q :

$$x_q^* = \frac{x_q(t)}{t} \quad \text{con } t = T_q \quad (2)$$

x_q^* = ripresa media annua per ettaro di superficie di bosco di tipo q

⁵ Per governo del bosco, si intende la modalità di gestione del bosco. In selvicoltura vengono distinti governo a ceduo, governo ad alto fusto e governo misto. Per bosco ceduo si intende un bosco di latifoglie costituito da piante derivate da rinnovazione agamica (i fusti che si originano dalle ceppaie dopo il taglio), Per bosco d'alto fusto si intende un bosco costituito da piante di origine gamica (nate da seme). Si tratta di un tipo di bosco che caratterizza le conifere mentre nel caso delle latifoglie è abbastanza raro in quanto meglio adatte al bosco ceduo.

⁶ Massa legnosa di un bosco

In prima istanza risulta pertanto necessario definire la quantità massima di materiale legnoso che è possibile prelevare da ciascuna tipologia forestale in funzione delle condizioni stazionali in cui ricade e delle forme di gestione alle quali è sottoposta.

Definito il tasso di accrescimento della risorsa, in relazione al proprio turno, possiamo adesso individuare il 'prelievo sostenibile' per ciascuna tipologia forestale. Basandoci su principi di sostenibilità ormai universalmente riconosciuti dalla comunità scientifica (Pearce, Turner 1989), affinché un sistema economico possa definirsi sostenibile è necessario che il tasso di prelievo di risorse naturali rinnovabili (t) sia inferiore, o al massimo uguale, al tasso di accrescimento della risorsa (r), ovvero $t \leq r$. Ne consegue che la produttività massima sostenibile di un soprassuolo forestale durante il suo ciclo di vita coincide con il suo tasso di accrescimento.

Il modello GEM, per stimare la quantità di assortimenti ritraibili da ciascuna tipologia forestale, ha quindi dovuto individuare:

- la produttività media annua, ovvero, l'incremento medio annuo, di ciascuna tipologia di bosco relativamente ai turni consuetudinari praticati nel contesto esaminato (Bernetti, Fagarazzi 2003);
- la ripartizione percentuale degli assortimenti ritraibili (Bernetti, Fagarazzi 2003) (vedi tabella 2);
- il prezzo indicativo per ciascun assortimento ritraibile (Regione Toscana *et al.* 2010).

1.2.2 Stima della produttività specifica di ciascuna tipologia forestale

Per valutare le produttività di ciascuna tipologia di bosco, è stato fatto riferimento all'Inventario Forestale Toscano, che contiene informazioni anche di carattere dendrometrico per ciascuna delle 88 tipologie di bosco individuate.

Poiché si tratta di un archivio ormai datato, si è quindi proceduto ad una implementazione della carta dell'uso del suolo attraverso la cartografia Corine Land Cover (CLC).

Gli strati informativi di questo database pur rappresentando una cartografia aggiornata rispetto all'Inventario Forestale della Toscana (IFT), risalente al 1998, non hanno informazioni relative alla produttività di ciascuna classe; per questo motivo, si è proceduto ad un'implementazione dei valori alfanumerici del *layer* CLC, attraverso una rielaborazione dei dati dendrometrici dell'IFT (Bernetti, Fagarazzi 2003).

Il *Green Energy Model*, attraverso la definizione di regole e di uno specifico algoritmo, ha quindi combinato i seguenti strati informativi:

- Inventario Forestale Toscano (specie legnosa principale, specie accessorie, tipo di governo e trattamento, grado di copertura, ecc.);
- carta altimetrica, carta delle pendenze e carta delle esposizioni (derivanti da DTM);
- carta geologica;
- carta dei tipi climatici;
- carta dei sistemi di paesaggio in unità di Sestini.
- Carta Corine Land Cover IV° livello aggiornata al 2004

In tal modo è stato possibile ottenere un aggiornamento rappresentativo dell'IFT, con dettaglio pari a 0,5625 ettari, a fronte dei 16 ettari originari dell'IFT.

In questo caso, ogni tipologia forestale presenta una propria caratteristica produttività, in base alle esigenze ecologiche della specie e dei fattori stazionali dell'area in cui ricade. Tale produttività è espressa dalla curva di accrescimento e, attraverso di essa, e la curva di Shafer, è stato dunque possibile definire la produzione massima annua di biomassa prelevabile da un particolare popolamento forestale in modo sostenibile. La formalizzazione della funzione di accrescimento delle biomasse forestali, può quindi essere costruita sulla base di un modello di dinamica della popolazione rappresentabile attraverso una funzione logistica (Schaefer 1954) del tipo:

$$F(x) = \alpha + 1 / \left(\beta + e^{-\gamma(x-\delta)} \right) \quad (3)$$

dove:

α , β , γ , δ sono parametri costanti specifici per ciascuna risorsa e per ciascun ambiente riscontrabile in ogni area, che nel caso delle risorse forestali assumono il seguente significato:

$$\alpha = f(\mathbf{v}, \mathbf{u}) \quad \beta = f(\mathbf{v}), \quad \gamma = f(\mathbf{u}), \quad \delta = f(\mathbf{u})$$

con:

\mathbf{v} = vettore caratteri ambientali;

\mathbf{u} = vettore caratteristiche biologiche della risorsa⁷.

Sulla base dei dati dendrometrici dell'IFT è stato quindi possibile ricostruire le funzioni di accrescimento attraverso tecnica multiregressiva diretta a definire i parametri caratterizzanti.

Per quanto riguarda la ripartizione assortimentale, essa è stata invece determinata in base alle osservazioni effettuate direttamente sui cantieri di utilizzazione; è stato pertanto possibile definire le tipologie di prodotti maggiormente diffuse sul territorio regionale (legname da opera, paleria, legna da ardere, residui, ecc.) in funzione della tipologia boscata esaminata.

La successiva attribuzione degli incrementi e delle ripartizioni assortimentali, ai layer cartografici del Corine Land Cover di IV° livello è stata effettuata considerando, a livello comunale, i valori medi, per le due variabili suddette, quindi definendo la media ponderata dei punti inventariali IFT ricadenti all'interno dei confini amministrativi ed appartenenti ad una medesima *specie prevalente* (da codice IFT); sono seguite una serie di operazioni di «*downscaling* territoriale», che hanno permesso di calcolare i valori di produttività media annua e la corrispondente ripartizione assorti-

⁷ Questo vettore tiene conto della differenza fra specie, dei diversi tassi di accrescimento, delle diverse esigenze trofiche.

mentale, di ciascuna categoria di uso del suolo forestale (CLC), in relazione al comune di appartenenza ed ai parametri di accrescimento che è stato possibile correlare tra le classi di specie prevalente del CLC e le tipologie dell'IFT.

Nell'ambito del modello GEM, l'algoritmo impiegato per attribuire la produttività e le ripartizioni assortimentali alle diverse classi di uso del suolo Corine Land Cover sono formalizzate nelle equazioni 4 e 5:

$$x_{CLC(i,c,m)}^* = \frac{\sum_{k=1}^{n_{(s,m)}} x_{IFT(s,q)}^*}{n_{(s,m)}} \Leftrightarrow \exists n_{(s)} \subset m \wedge \forall s \cong c \quad (4)$$

con

$x_{CLC(i,c,m)}^*$ = produttività media annua del poligono Corine Land Cover i -esimo appartenente alla classe di uso del suolo Corine Land Cover c -esima all'interno del comune m -esimo;

$x_{IFT(s,q)}^*$ = produttività media annua per il punto inventariale IFT attribuibile alla tipologia forestale q -esima;

$n_{(s,m)}$ = punti inventariali IFT appartenenti alla specie s -esima nel comune m -esimo.

$$P_{aCLC(i,c,m)} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{(s,m)}} P_{aIFT(s,q)}}{n_{(s,m)}} \Leftrightarrow \exists n_{(s)} \subset m \wedge \forall s \cong c \quad (5)$$

con:

$P_{aCLC(i,c,m)}$ = percentuale dell'assortimento a -esimo per il poligono Corine Land Cover i -esimo appartenente alla classe di uso del suolo Corine Land Cover c -esima, nel comune m -esimo;

$P_{aIFT(s,q)}$ = percentuale dell'assortimento a -esimo per il punto inventariale IFT attribuibile alla specie s -esima appartenente alla tipologia forestale q -esima;

La schematizzazione delle relazioni tra il codice CLC e le tipologie IFT con i relativi valori di incremento e ripartizione assortimentale, sono riportate in tabella 2 (per la denominazione di ogni singola classe CLC confrontare tabella 3). Ovviamente si tratta di dati medi che non risentono della diversa collocazione topografica della risorsa (che invece è stata considerata attraverso il modello GEM).

È opportuno sottolineare che per definire l'effettiva produttività di ogni area boscata è stata considerata anche la densità di ciascun soprassuolo. Tale parametro è stato considerato attraverso un'operazione di *spatial analysis*, che ha preso in considerazione la variabile «Grado di Copertura» presente sull'Inventario Forestale Toscano.

Tabella 2. Valori medi delle «produttività medie annue» e ripartizione assortimentale per classe di uso del suolo forestale.

| Codice CLC | Tipologia forestale IFT | Forma di governo o specie prevalente | Produttività media annua (mc/ha*anno) | Assortimenti ritraibili (%) | | | | | |
|------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------|-------------|---------|-----------------|---------|
| | | | | Tondame da sega | Palone | Imballaggio | Paleria | Legna da ardere | Residui |
| 3111 | Leccio macchia | - | 1,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 23 |
| | Orno-lecceta | - | 2 | | | | | | |
| | Lecceta rupicola relitta | - | 0 | | | | | | |
| | Lecceta a viburno | - | 4,8 | | | | | | |
| | Lecceta di transizione | - | 1,7 | | | | | | |
| 3112 | Mesotermofila (roverella) | - | 3,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 23 |
| | Mesofila (roverella) | | 4,6 | | | | | | |
| | Mesoxerofila (roverella) | | 4,6 | | | | | | |
| | Acidofila (roverella) | | 4,6 | | | | | | |
| | Termofila (roverella) | | 4,6 | | | | | | |
| | Eutrofica (cerro) | | 6,6 | | | | | | |
| | Mesofila collinare (cerro) | | 4,6 | | | | | | |
| | Mesoxerofila (cerro) | | 2,3 | | | | | | |
| | Acidofila montana (cerro) | | 2,3 | | | | | | |
| | Acidofila su terrazzi (cerro) | | 4,6 | | | | | | |
| | Acidofila submediterranea (cerro) | | 4,6 | | | | | | |
| | Mesofila planiziale (cerro) | | 6,6 | | | | | | |
| | Querceto (cerro) | | 6,6 | | | | | | |
| | Termoigrofila (cerro) | | 6,6 | | | | | | |
| 3113 | - | - | 2,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 20 |
| 3114 | Mesofilo (castagno) | - | 7,6 | 32 | 38 | 0 | 10 | 0 | 20 |
| | Vulcanofilo (castagno) | - | 9,5 | 40 | 30 | 0 | 10 | 0 | 20 |
| | Acidofilo (castagno) | - | 5,7 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 20 |
| | Neutrofilo (castagno) | - | 4 | 0 | 0 | 0 | 80 | 0 | 20 |
| 3115 | Eutrofico (faggio) | Ceduo | 4,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 28 |
| | | Fustaia | 1,44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 8 |

Tabella 2. Continua.

| Codice CLC | Tipologia forestale IFT | Forma di governo o specie prevalente | Produttività media annua (mc/ha*anno) | Assortimenti ritraibili (%) | | | | | |
|------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------|-------------|---------|-----------------|---------|
| | | | | Tondame da sega | Palone | Imballaggio | Paleria | Legna da ardere | Residui |
| | Mesofilo (faggio) | Ceduo | 5,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 28 |
| | | Fustaia | 1,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 8 |
| | Oligotrofico (faggio) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Oligotrofica a cerro (faggio) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Amiatina superiore (faggio) | Ceduo | 2,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 28 |
| | | Fustaia | 0,72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 8 |
| | Amiatina inferiore (faggio) | Ceduo | 5,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 28 |
| | | Fustaia | 1,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 8 |
| | Apuana EO (faggio) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Apuana N (faggio) | Ceduo | 3,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 28 |
| | | Fustaia | 1,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 | 8 |
| 3117 | - | - | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 26 |
| 3121 | - | Pino d'Aleppo | 4 | 50 | 0 | 27 | 0 | 0 | 23 |
| | - | Cipresso | 14 | | | | | | |
| | - | Altri pini mediterranei | 6 | | | | | | |
| 3122 | Eutrofici (pini montani) | - | 12 | 39 | 0 | 45 | 0 | 0 | 16 |
| | Neutro acidolini (pini montani) | - | 9,5 | 24 | 0 | 50 | 0 | 0 | 26 |
| | Neutro basifili (pini montani) | - | 7,3 | 23 | 0 | 50 | 0 | 0 | 27 |
| 3123 | Abetina altimontana (abete bianco) | - | 9,18 | 53 | 0 | 33 | 0 | 0 | 14 |
| | Abetina montana (abete bianco) | - | 13 | | | | | | |
| | Sottoquota & "dell'Amiata" (abete bianco) | - | 9 | | | | | | |
| | - | Abete rosso | 11 | | | | | | |
| 3125 | - | - | 11 | 30 | 0 | 30 | 0 | 0 | 40 |
| 3231 | - | - | 1,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 23 |

1.3 Stima dell'offerta complessiva di assortimenti legnosi ad uso energetico sotto il vincolo di sostenibilità economica

Il modello GEM, attraverso la preliminare integrazione di modelli di accrescimento, ha quindi permesso una stima delle produttività annue specifiche di ciascuna formazione forestale sotto il vincolo di sostenibilità ecologica delle stesse. Questo tipo di valutazione prescinde però dalla reale opportunità di utilizzazione delle superfici in quanto non valuta la sostenibilità economica degli interventi selvicolturali necessari per produrre tali biomasse. In altre parole, non tutte le superfici forestali sono in produzione, per cui si rende necessario strutturare uno strumento in grado di distinguere le aree che lo sono, da quelle che invece non è possibile gestire a causa degli elevati costi selvicolturali.

Per tale ragione è stato quindi necessario integrare nel GEM 'forestale', un modello di offerta aggregata in grado di definire, in relazione a parametri economici (prezzi, costi di produzione, ecc.) quali sono le superfici realmente in produzione. L'algoritmo applicato nel presente studio, è rappresentato da un modello di lungo periodo in cui viene fatto riferimento allo *stock* di capitale naturale desiderato ed al tasso di prelievo sostenibile (Bernetti 1999). Il modello, nel caso specifico, si presta quale strumento di pianificazione di lungo periodo che risponde a problematiche quali la capacità di supportare determinati costi di produzione, sia marginali che medi, nonché la ricerca dell'estensione ottimale dei soprassuoli capaci di rispondere efficacemente ad un determinato livello di domanda di prodotti legnosi.

La struttura del *Green Energy Model* (GEM), ha quindi previsto, in questo caso, lo sviluppo di un modello di offerta capace di quantificare, a livello locale, i diversi assortimenti prodotti dalle aree forestali. In tal modo è stato possibile verificare le potenzialità di sviluppo di filiere agroenergetiche, sia in termini di dimensioni, che di localizzazione. Inoltre, è stato possibile anche verificare l'influenza che lo sviluppo di linee produttive nuove, legate alla produzione di cippato di legno, possono avere nei confronti dell'attuale organizzazione produttiva, soprattutto per quanto riguarda l'organizzazione dei cantieri forestali e le potenzialità, in termini di sfruttamento di nuove aree boscate attualmente inutilizzate.

A tal fine sono stati ipotizzati tre scenari produttivi (S_1, S_2, S_3), per i quali, attraverso l'analisi del valore di macchiatico⁸ delle singole unità territoriali⁹, è stato possibile verificare l'entità delle superfici a macchiatico positivo (redditizie) e quantificare la corrispondente entità di biomassa utilizzabile (i valori riferiti alle tonnellate di residui legnosi riportati di seguito, sono riconducibili a materiale con il 30% di Contenuti Idrico, che rappresenta un valore medio per gli assortimenti commerciati sul territorio toscano).

Gli scenari analizzati sono i seguenti:

- S1) produzione di assortimenti tradizionali in base alle tecniche colturali e di utilizzazione attualmente praticate;

⁸ Ricordiamo che il valore di macchiatico rappresenta in termini finanziari, la differenza tra i ricavi ottenibili dalla vendita degli assortimenti legnosi di un particolare soprassuolo ed i costi totali di produzione degli stessi.

⁹ Per unità territoriale, si intende l'unità minima di analisi utilizzata nei modelli raster geografici, ovvero, l'unità di superficie costituita da pixel quadrati con lato di 75 m.

- S2) produzione di assortimenti tradizionali e cippato di legno derivante dagli scarti delle utilizzazioni forestali e dai tagli intercalari;
- S3) cippatura totale dei cedui destinati alla produzione di legna da ardere e vendita del cippato.

Lo scenario 1 fa riferimento alla situazione attuale, ovvero alla sola produzione di assortimenti tradizionali, quindi: legna da ardere, paleria, segati, ecc. Non viene esaminata la possibilità di recuperare residui forestali.

Lo scenario 2, invece, considera la produzione congiunta di assortimenti tradizionali e di residui forestali, cioè ramaglia e legname di piccole dimensioni derivati da tagli boschivi e da diradamenti dei boschi.

Lo scenario 3, infine, fa riferimento alle produzioni realizzabili con la cippatura del legname prodotto a seguito dei tagli in boschi cedui che attualmente producono legna da ardere. In questo caso si ipotizza che non venga più realizzata legna da ardere, ma solo cippato di legno.

Mentre il secondo scenario descrive una realtà già in parte avviata in Toscana¹⁰, il terzo, più teorico, si basa sulla nascita di società che non solo riforniscano gli impianti a biomassa di *chips*, ma verosimilmente si occupino direttamente della vendita di energia (Cesano, Guidi 2006); in questo lavoro l'ipotesi S3 considera esclusivamente la vendita di cippato di legno derivante da boschi cedui attualmente destinati alla produzione di legna da ardere.

La struttura del GEM 'forestale' può essere sintetizzata attraverso il seguente algoritmo:

1. La superficie forestale è rappresentata attraverso una base dati geografica di tipo raster. Ad ogni pixel sono associate le variabili ecologiche (specie, fertilità trattamento selvicolturale sostenibile, ecc.), geografiche (pendenza, presenza e densità della viabilità¹¹, distanza dal mercato, accessibilità, ostacoli, ecc.)¹² e produttive (prelievo sostenibile, ripartizione assortimentale, ecc.) definite attraverso i modelli di accrescimento;
2. Assumendo che la distribuzione dell'età dei soprassuoli della q -esima tipologia di bosco sia approssimativamente uniforme tra 0 e T_q , possiamo definire la quantità totale di prodotto teoricamente utilizzabile ogni anno in corrispondenza del turno consuetudinario T_q , come la produttività $x_{CLCj(i,c,m)}$ definita per ciascun pixel attraverso il modello di offerta per unità di superficie (eq. 4);
3. Se i costi totali di produzione $ctu_j(q)$, calcolati per ciascun pixel (j), risultano minori o uguali del prezzo della biomassa ($ctu_j(q) \leq p$), significa che quel pixel è utilizzabile con profitto;
4. L'offerta complessiva dell'assortimento (a) che si ha in corrispondenza di uno specifico prezzo è quindi definita come la somma delle produzioni medie annue ottimali dell'assortimento a derivate dalle q tipologie di bosco, situate nei J pixel:

¹⁰ Si vedano a tal riguardo alcuni esempi di filiera legno – energia sviluppati all'interno del progetto *Woodland energy. La filiera legno – energia come strumento di valorizzazione delle biomasse legnose agroforestali*, ARSIA (2005-2008).

¹¹ Il grafo della viabilità deriva dalla CTR della Toscana 1:10.000.

¹² Ostacoli naturali, o barriere, sono rappresentati da crinali ed impluvi e derivano da un'analisi di *Topographic Position Index* (TPI) effettuata sul DTM.

$$S_a^{s*}(p) = \sum_{j \in J(p)} x_{CLCj(i,c,m)}^* \cdot P_{aCLCj(i,c,m)}$$

(6)

s.a.

$$J(p) \mid ctu_j^s(q) \leq p$$

dove:

$S_a^{s*}(p)$ = offerta sostenibile complessiva dell'assortimento a -esimo per lo scenario s -esimo al prezzo p ;

$x_{CLCj(i,c,m)}^*$ = incremento medio annuo del pixel j -esimo appartenente al poligono Corine Land Cover i -esimo di classe di uso del suolo Corine Land Cover c -esima all'interno del comune m -esimo;

$P_{aCLCj(i,c,m)}$ = percentuale dell'assortimento a -esimo del pixel j -esimo appartenente al poligono Corine Land Cover i -esimo di classe di uso del suolo Corine Land Cover c -esima, nel comune m -esimo;

$J(p)$ = totale dei pixel in produzione al prezzo p ;

$ctu_j^s(q)^{13}$ = costi totali di produzione (€/t) di biomassa estratta dai soprassuoli di tipo q situati nel pixel j per lo scenario s -esimo.

p = prezzo dell'assortimento a -esimo.

Maggiori saranno i prezzi e/o minori i costi di produzione e maggiori saranno le superfici dei diversi tipi di soprassuoli che risulteranno utilizzabili con profitto e che quindi andranno a sommarsi alla quantità complessiva offerta.

1.3.1 Analisi dei costi di produzione della biomassa

Il costo di produzione unitario $ctu_j^s(q)$ rappresenta il parametro del modello GEM maggiormente dipendente dalle caratteristiche di tipo geografico.

Nel settore forestale i costi di produzione dipendono infatti dai seguenti fattori:

- caratteristiche *in situ* del suolo e del soprassuolo;
- localizzazione del bosco rispetto al mercato;
- costo dei fattori di produzione.

Nel caso in esame, i costi di produzione relativi a ciascun pixel del territorio esaminato, sono stati calcolati attraverso un modello di costo di tipo geografico che ha portato alla realizzazione di «mappe di costo» rappresentative dei *costi in situ* (abbattimento e allestimento) e dei *costi di localizzazione* (esbosco e trasporto fino ai centri di

¹³ Il costo totale di produzione è dato da: $ctu_j^s(q) = cu_{Aj}^s(q) + cu_{Ej}^s(q) + c_{Tj}$ con $cu_{Aj}^s(q)$ costi di abbattimento e allestimento di biomassa estratta dai soprassuoli di tipo q situati nel pixel j per lo scenario s -esimo; $cu_{Ej}^s(q)$ costi di esbosco di biomassa estratta dai soprassuoli di tipo q situati nel pixel j per lo scenario s -esimo e c_{Tj} costi di trasporto della biomassa estratta dai soprassuoli situati nel pixel j .

vendita del materiale, in prima analisi individuati nei centroidi dei capoluoghi comunali), nonché della eventuale cippatura all'imposto¹⁴. Il modello, relativamente all'esbosco, ha inoltre considerato la presenza di ostacoli naturali, come impluvi o crinali. L'esbosco è stato ipotizzato con trattori, *skidder* o con teleferica (in funzione della pendenza, della distanza dalla viabilità principale, della densità di strade e dello scenario produttivo). In particolare, per tutti e tre gli scenari esaminati, il modello geografico ha considerato alcune ipotesi, che formalmente sono riassumibili nell'equazione 7.

$$cu_{Ej}^s(q) = \begin{cases} cu_{Ej,skid}^s(q) & \left\{ \begin{array}{l} \text{se densità viabilità forestale} \geq 20 \text{ m / ha} \\ \text{and} \\ \text{se pendenza} \leq 30\% \end{array} \right. \\ cu_{Ej,stel}^s(q) & \left\{ \begin{array}{l} \text{se distanza viabilità} \leq 600 \text{ m} \\ \text{and} \\ \text{se } 30\% < \text{pendenza} \leq 70\% \end{array} \right. \end{cases} \quad (7)$$

dove:

$cu_{Ej}^s(q)$ = costi di esbosco per unità di misura ($\text{€}/\text{m}^3$ e/o $\text{€}/\text{t}$) di biomassa estratta dai soprassuoli di tipo q situati nel pixel j per lo scenario s -esimo.

$cu_{Ej,skid}^s(q)$ = costi di esbosco per unità di misura ($\text{€}/\text{m}^3$ e/o $\text{€}/\text{t}$) di biomassa estratta dai soprassuoli di tipo q situati nel pixel j per lo scenario s -esimo con skidder o trattore con verricello;

$cu_{Ej,stel}^s(q)$ = costi di esbosco per unità di misura ($\text{€}/\text{m}^3$ e/o $\text{€}/\text{t}$) di biomassa estratta dai soprassuoli di tipo q situati nel pixel j per lo scenario s -esimo con teleferica;

1.3.2 Analisi dei ricavi

Il modello considerato fa riferimento, per alcuni scenari, ad una impresa multi-prodotto, ovvero che produce più di un assortimento legnoso; è stato quindi necessario stimare i ricavi ottenibili dalla vendita dei diversi assortimenti per giungere alla identificazione delle superfici a macchiatico positivo. I prezzi di vendita del materiale legnoso sono stati verificati su riviste specializzate e comparate con le indicazioni fornite da imprenditori forestali e tecnici di Comunità Montane dell'area regionale.

Formalmente, il ricavo (R) ottenuto dal pixel j -esimo è dunque dato da:

$$R_j = \sum_{a=1}^u (x_{CLC(i,c,m)j}^* \cdot T_q \cdot 0,56 \cdot w_a \cdot p_a) \quad (8)^{15}$$

¹⁴ Rappresenta il luogo dove è possibile effettuare il carico del legname su camion. Di solito è rappresentato da spiazzati situati lungo la viabilità principale e forestale.

¹⁵ Il coefficiente 0,56 è necessario per riportare le produzioni stimate per ettaro, a produzioni stimate per pixel, poiché la superficie di un pixel di 75x75 m è pari a circa 5600 m².

$x_{CLC(i,c,m)}^*$ = incremento medio annuo del poligono Corine Land Cover i -esimo appartenente alla classe di uso del suolo Corine Land Cover c -esima all'interno del comune m -esimo e ricadente nel pixel j -esimo

T_q = turno consuetudinario del soprassuolo di tipo q

w_a = percentuale dell'assortimento a -esimo

p_a = prezzo di mercato dell'assortimento a -esimo

u = numero di assortimenti ritraibili dal soprassuolo di tipo q .

1.3.3 Determinazione delle superfici a macchiatico positivo e analisi degli scenari

In considerazione della elevata dinamicità del mercato delle biomasse ligneo cellulose, è sembrato utile procedere alla costruzione delle rispettive curve di offerta. Per fare questo, è però necessario procedere a una parametrizzazione dei prezzi in modo da costruire la relativa curva rappresentata dalla sommatoria delle produttività medie annue dei pixel nei quali la differenza tra ricavi e costi è uguale o superiore a zero. Trattandosi però di una simulazione di azienda multi prodotto, è stato necessario definire delle ipotesi di costanza dei prezzi di alcuni assortimenti, in relazione ai diversi scenari produttivi ipotizzati. In particolare, sono state prese in considerazione le seguenti ipotesi:

- relativamente allo *scenario 1* sono state calcolate le curve di offerta della sola legna da ardere in riferimento a prezzi di vendita variabili tra 10 e 280 €/t s.f.;
- relativamente allo *scenario 2* è stata valutata l'offerta di biocombustibili solidi (cippato) in base alle seguenti opzioni:
 - per tutte le superfici forestali produttive è stato valutato il quantitativo di cippato derivante dai residui delle utilizzazioni forestali e dai tagli interscalari, in riferimento a prezzi di vendita compresi tra 40 e 250 €/t s.f.; ipotizzando un prezzo costante della legna da ardere pari a 100 €/t;
 - per i soli cedui destinati alla produzione di legna da ardere sono stati valutati sia il quantitativo di cippato derivante dai residui delle utilizzazioni forestali e da tagli interscalari in riferimento a prezzi di vendita compresi tra 40 e 250 €/t s.f.; sia il quantitativo di legna da ardere in riferimento a prezzi di vendita variabili tra 100 e 130 €/t;
- per lo *scenario 3* è stata valutata l'offerta di biomassa legnosa totale derivata dai soli boschi cedui in riferimento a prezzi del cippato compresi tra 10 e 280 €/t s.f.

2. Risultati

2.1 Produzione ecologicamente sostenibile

Sulla base dei modelli di accrescimento delle risorse forestali implementati nel modello GEM è stato possibile valutare la produzione massima sostenibile annualmente, dal punto di vista ecologico, di biomasse ad uso energetico (Tab. 5).

Tale stima prescinde da valutazioni di carattere economico e si basa esclusivamente sulle capacità di accrescimento della risorsa rinnovabile «bosco».

I valori riportati in tabella 5 rappresentano quindi le massime produzioni annue che sarebbe possibile ottenere, nei diversi territori provinciali, se tutte le superfici forestali fossero in produzione (fustaie, cedui per paleria, cedui per legna da ardere, ecc.). Le quantità sono espresse in termini di sostanza fresca. Ovviamente sono state considerate le sole produzioni di tipo energetico, per cui la legna da ardere generata da ceduo, al netto di quelli di castagno, e i residui forestali prodotti da tutte le superfici boschive, incluse fustaie, cedui di castagno, ecc..

Tabella 3. Produzione massima sostenibile annualmente, dal punto di vista ecologico, di biomasse ad uso energetico stimata con il modello GEM ecologico forestale (t s.f./anno).

| Territorio di riferimento | Legna da ardere (t s.f./anno) | Residui da tutte le superf. forestali (t s.f./anno) |
|---------------------------|----------------------------------|---|
| Arezzo | 359.208 | 166.878 |
| Firenze | 348.328 | 171.293 |
| Grosseto | 358.880 | 129.594 |
| Livorno | 77.207 | 28.235 |
| Lucca | 127.587 | 111.308 |
| Massa Carrara | 107.544 | 71.316 |
| Pisa | 177.215 | 71.157 |
| Pistoia | 69.542 | 59.959 |
| Prato | 25.442 | 22.869 |
| Siena | 338.889 | 123.903 |
| Regione Toscana | 1.989.844 | 956.512 |

Comparando i risultati emersi sulla base delle sole valutazioni ecologiche, rispetto alle utilizzazioni rilevate dalle statistiche ufficiali (ISTAT 2007) (Tab. 4), osserviamo che, a livello regionale, il tasso di utilizzazione attuale delle risorse forestali è pari al 40% delle capacità di accrescimento annua della risorsa bosco (Tab. 5). Tali risultati sono perfettamente in linea con quelli emersi da altri studi, come il progetto Biosouth, secondo cui, in Toscana, a fronte di un tasso di accrescimento della risorsa forestale pari al 4%, le utilizzazioni attualmente effettuate in ambito forestale, sono pari a circa il 40% del tasso di accrescimento (AA.VV. 2007).

Tabella 4. Utilizzazioni boschive in Toscana nel periodo 2001-2006 sulla base dei dati ISTAT (2007).

| Anni | Legname da lavoro (mc) | Legna da ardere (mc) | Totale (mc) |
|-------|---------------------------|----------------------|-------------|
| 2001 | 180.272 | 924.334 | 1.104.606 |
| 2002 | 191.743 | 1.167.962 | 1.359.705 |
| 2003 | 254.162 | 1.093.000 | 1.347.162 |
| 2004 | 225.113 | 1.376.027 | 1.601.140 |
| 2005 | 232.385 | 1.228.670 | 1.461.055 |
| 2006 | 167.653 | 973.179 | 1.140.832 |
| Media | 208.555 | 1.127.195 | 1.335.750 |

Tabella 5. Tasso di utilizzazione ecologico forestale dei cedui toscani per la produzione di legna da ardere.

| Risultati modello GEM dal punto di vista ecologico | | Produzione media ISTAT 1999-2006 (mc/anno) | Tasso di utilizzazione ecologico forestale attuale (%) |
|--|---------------------------|--|--|
| Legna da ardere (t s.f./anno) | Legna da ardere (mc/anno) | | |
| 1.989.844 | 2.842.634 | 1.127.195 | 40% |

2.2 Produzioni ecologicamente sostenibili ed economicamente efficienti

Introducendo parametri di natura economica, ovvero i costi di produzione, osserviamo che a fronte di una grande disponibilità di superficie boschive, quelle realmente in produzione sono molte meno. In particolare, le superfici che possiamo computare ai fini della stima della produttività di biomasse per fini energetici, sono solo quelle che presentano valori di macchiatico positivi. Questo fa sì che vengano escluse le aree molto remote e meno accessibili, così come quelle che presentano condizioni di giacitura estremamente difficili (Fig. 2).

Ovviamente, ciò non significa che non si potranno mai utilizzare, è solo una questione di costo/opportunità. In pratica, la disponibilità delle diverse superfici forestali è legata al prezzo offerto per gli assortimenti ritraibili dalle varie aree.

Se facciamo riferimento agli attuali prezzi di mercato del legname, osserviamo che le superfici in produzione sono solo una certa quantità. Se il prezzo fosse molto superiore, diventerà conveniente utilizzare (tagliare) anche aree situate molto più lontano e conseguentemente la produzione totale annua sarà molto superiore. Una dinamica di questo tipo, oltre ad avere benefici effetti sull'economia rurale locale, ha effetti estre-



Figura 2. Esempio di boschi in produzione e non in produzione.

mamente importanti anche sugli equilibri ecologici locali. In pratica, il fatto che nuove aree entrino in produzione, significa che sarà possibile gestire e mantenere una maggiore superficie boschiva, con benefici effetti sul dissesto idrogeologico, sulla protezione dagli incendi boschivi e sui danni da patogeni. Il fatto che tali superfici possano produrre legno, non significa che verranno depauperate delle proprie risorse, ma bensì che saranno gestite secondo i criteri di sostenibilità evidenziati nel paragrafo 1.2.1.

Per tali ragioni, le valutazioni qui illustrate per i vari scenari esaminati (S1, S2 e S3), non sono di tipo statico rispetto al mercato, ma di tipo dinamico, ovvero, sono state determinate le produzioni conseguibili rispetto a specifiche variazioni dei prezzi degli assortimenti prodotti. Ciò ha portato alla realizzazione delle curve di offerta delle biomasse forestali. Nel caso del cippato di legno, trovandosi in una situazione dinamica del mercato, con una progressiva crescita della domanda, e quindi anche dei prezzi, l'uso delle curve di offerta permetterà un aggiornamento progressivo delle disponibilità energetiche *ceteris paribus*.

2.3 SCENARIO 1: Situazione produttiva attuale considerando l'ottimizzazione dei cantieri forestali

Lo scenario 1 fa riferimento alla situazione attuale, ovvero alla sola produzione di assortimenti tradizionali, che, nel settore energetico sono rappresentati esclusivamente dalla produzione di legna da ardere. In questo caso, l'impiego del modello GEM «economico forestale» ha permesso la definizione della curva di offerta della legna da ardere per la regione Toscana.

La costruzione dello scenario 1, che simula il mercato forestale nelle attuali condizioni di prezzi al consumo della legna da ardere e di costi di produzione, permette una attenta validazione del modello GEM forestale. Comparando i risultati dello scenario S1, rispetto alle statistiche ufficiali relative ai boschi cedui per la produzione di legna da ardere, è possibile verificare i dati empirici del GEM forestale con i dati delle statistiche ufficiali relativi ai tagli boschivi, e verificare l'attendibilità delle valutazioni proposte con gli scenari S2 e S3.

Come si può notare dall'analisi della figura 3, l'offerta regionale toscana è caratterizzata da una elevata elasticità iniziale che mantiene valori superiori a 2 fino a circa 420.000 tonnellate annue di produzione. Essa decresce poi progressivamente fino a divenire rigida per produzioni che eccedono le 720.000 tonnellate annue, allorché le aree in produzione includono boschi cedui con basso grado di fertilità, con condizioni stagionali difficili (elevate pendenze), e molto distanti rispetto al mercato. Per valori superiori a 1.000.000 tonnellate la curva di offerta diviene perfettamente rigida, allorché l'elasticità si approssima a 0 e quindi alle aree più remote e irraggiungibili rispetto al mercato.

Considerando gli attuali prezzi di mercato della legna da ardere, ovvero, 100-130 euro a tonnellata, osserviamo che il modello GEM «economico forestale», stima per il territorio regionale toscano, una *offerta potenziale di legna da ardere, sostenibile sia dal punto di vista ecologico che economico, compresa tra 695.999 e le 900.360 tonnellate annue* (Fig. 3)¹⁶.

¹⁶ Ipotizzando l'attuale struttura dei cantieri forestali ed i prezzi correnti dei fattori produttivi.

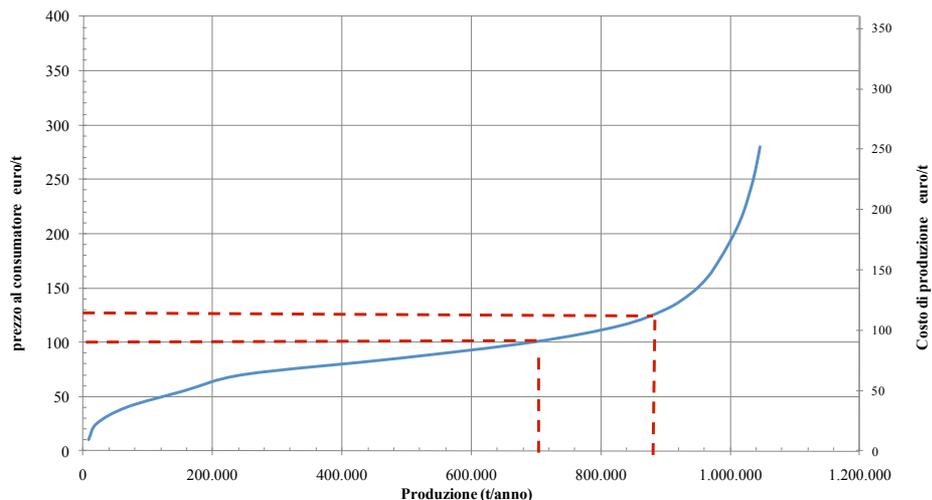


Figura 3. Curva di offerta aggregata di legna da ardere dei cedui della Regione Toscana.

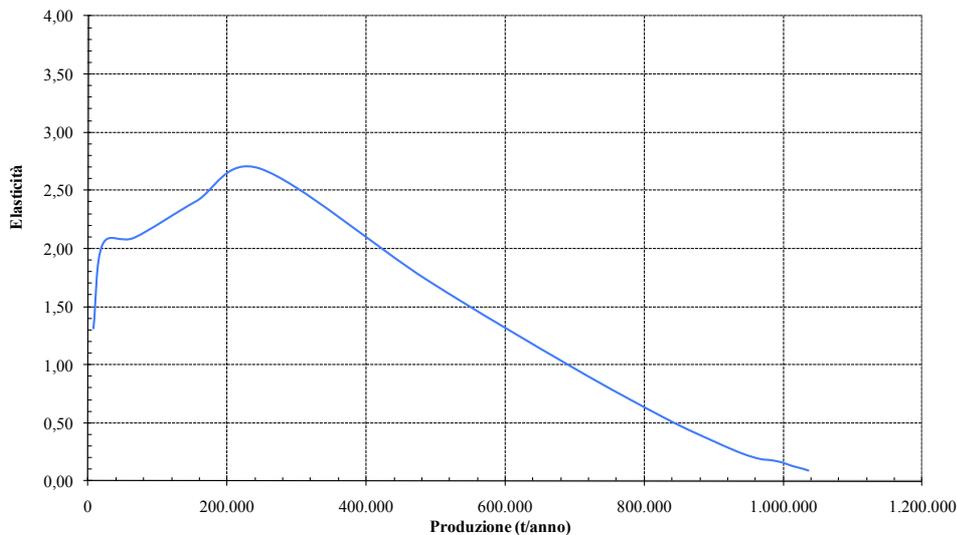


Figura 4. Elasticità della curva di offerta di legna da ardere dei cedui della Regione Toscana.

In grassetto, in tabella 6, sono evidenziati i prezzi di riferimento utilizzati per stimare le quantità di legna da ardere potenzialmente disponibili nelle attuali condizioni di mercato.

In termini volumetrici, le produzioni stimate (695.999 t s.f. e 900.360 t s.f.), corrispondono ad una produzione potenziale annua compresa tra 994.284 metri cubi e 1.286.229 metri cubi. Comparando tale risultato con la produzione media stimata dalla statistiche ISTAT per il periodo 1999-2006 (Tab. 4), osserviamo che la produzione media ISTAT del periodo 2001-2006 (1.127.195 mc) è compresa tra i due valori. Il modello GEM è quindi molto rappresentativo del fenomeno analizzato. Si tratta quindi di una stima che, relativamente al mercato della legna da ardere (97% della produzione regionale), può dirsi rappresentativa del fenomeno.

Tabella 6. Offerta di legna da ardere (t s.f.) in funzione del prezzo di vendita (scenario 1). In grassetto le produzioni massime sostenibili dal punto di vista economico per prezzi pari a 100 e 130 euro/t s.f.

| Provincia | Prezzo legna (€/t s.f.) | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|--------|---------|----------------|----------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | 10 | 40 | 70 | 100 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 280 |
| Arezzo | 50 | 5.199 | 47.603 | 144.183 | 180.927 | 191.037 | 195.601 | 198.745 | 200.730 | 201.812 |
| Firenze | 158 | 11.685 | 46.197 | 135.245 | 166.187 | 174.537 | 178.033 | 179.729 | 180.430 | 180.742 |
| Grosseto | 4.145 | 20.745 | 41.337 | 107.211 | 156.008 | 177.103 | 185.761 | 192.792 | 197.728 | 203.118 |
| Livorno | 1.978 | 3.683 | 7.963 | 30.750 | 36.996 | 39.226 | 40.706 | 41.595 | 41.906 | 42.049 |
| Lucca | 164 | 4.941 | 11.936 | 24.491 | 29.913 | 32.596 | 34.162 | 34.865 | 35.350 | 35.762 |
| Pisa | 1.325 | 6.748 | 21.316 | 51.929 | 65.841 | 70.785 | 74.344 | 77.756 | 80.734 | 82.424 |
| Prato | 10 | 1.515 | 3.900 | 8.652 | 10.851 | 11.384 | 11.532 | 11.667 | 11.700 | 11.736 |
| Pistoia | 30 | 6.225 | 12.268 | 22.766 | 28.919 | 31.131 | 32.225 | 32.861 | 33.295 | 33.487 |
| Massa | 18 | 2.172 | 11.846 | 28.946 | 33.993 | 36.139 | 37.237 | 38.336 | 39.277 | 39.481 |
| Siena | 123 | 4.635 | 43.600 | 141.827 | 190.725 | 202.089 | 208.253 | 212.996 | 215.201 | 216.118 |
| Regione Toscana | 8.001 | 67.548 | 247.966 | 695.999 | 900.360 | 966.027 | 997.856 | 1.021.342 | 1.036.352 | 1.046.729 |

2.4 SCENARIO 2: Situazione produttiva con 'raccolta associata' e produzione congiunta di assortimenti principali e cippato da residui forestali

La produzione congiunta di assortimenti principali e di residui forestali (ramaglia e biomasse da tagli intercalari), si basa sull'ipotesi che i cantieri siano organizzati per effettuare la c.d. *raccolta associata* (Spinelli *et al.* 2009). Nel caso dei cantieri per diradamenti e avviamenti all'alto fusto, vengono valutati i cantieri specifici. Non sono stati presi in considerazione i cantieri e le produzioni realizzabili con tagli fitosanitari, in quanto generano una produzione estemporanea che non può essere ricondotta alla produzione annua e costante originata da soprassuoli assestati.

Gli assortimenti presi in considerazione per finalità energetiche sono quindi stati i seguenti:

- residui forestali derivate dalla attuazione della *raccolta associata* su tutte le superfici forestali provinciali;
- la legna da ardere derivata dalla attuazione della *raccolta associata*.

Per quanto riguarda il punto a), il cippato potenzialmente ritraibile dall'intera superficie forestale (cedui, fustaie, ecc.) di ogni singola provincia, da aree a macchiatico positivo, è stato stimato tenendo conto dei prezzi di mercato presenti localmente per i vari assortimenti principali. In questo caso, però, il prezzo di riferimento della legna da ardere è pari a 100 euro per tonnellata di sostanza fresca. I risultati sono illustrati nelle figure 5 e 6, ed in tabella 7.

Se valutiamo l'offerta potenziale di cippato derivato da residui forestali prodotti nelle diverse province esaminate, facendo riferimento ai prezzi del cippato attualmente riscontrabili sul mercato regionale (da 69 a 83 €/t s.f.), possiamo rilevare che, a livello regionale, le risorse energetiche complessivamente realizzabili ammontano a circa 440.599 tonnellate, che salgono a 446.217 tonnellate nel caso in cui il prezzo di

mercato del cippato raggiungesse gli 82 euro per tonnellata di sostanza fresca (30% di contenuto idrico).

Dall'esame dell'elasticità delle funzioni di offerta (Fig. 5), è possibile constatare l'elevata rigidità delle curve, che presenta valori di elasticità sempre molto prossimi a zero. Si tratta infatti di un processo produttivo che richiede elevati costi e che conseguentemente presenta una scarsa risposta rispetto alle variazioni di prezzo del prodotto. L'espansione della 'raccolta associata', su nuove superfici boschive, non permette grandi economie e quindi determina una scarsa risposta agli incrementi di prezzo.

Passando ad esaminare la produzione congiunta nei cedui tradizionalmente destinati alla produzione di legna da ardere possiamo osservare quanto segue.

Nell'ambito della produzione congiunta (legna da ardere e cippato) si ipotizza che la legna venga venduta al prezzo di mercato corrente. Nel caso specifico è stato ipotizzato un prezzo di 100 euro per tonnellata di sostanza fresca. La curva di offerta della legna da ardere, che andiamo quindi a costruire è una sorta di offerta incrociata, volta a verificare come varia la disponibilità di legna da ardere (in produzione associata), al variare del prezzo dell'assortimento complementare, ovvero, il cippato (Tab. 8).

Come si può notare dall'esame della tabella 8, pur mantenendo costante il prezzo della legna da ardere, la quantità offerta varia in relazione al prezzo del cippato prodotto dai residui di lavorazione del ceduo. In particolare, nel caso della regione Toscana, è possibile constatare che vendendo i residui ad un prezzo compreso tra i 69 e gli 82 euro a tonnellata, la quantità di legna da ardere prodotta con la raccolta associata, varia tra le 957.846 e le 968.076 tonnellate di legna da ardere.

Se comparate con le produzioni conseguibili nella situazione standard identificata nello scenario 1 (Tab. 6), osserviamo che la raccolta congiunta ha permesso un incremento della produzione di legna da ardere. A livello regionale, ad esempio, nella situazione standard (SC1), la produzione massima economicamente sostenibile in corrispondenza di un prezzo della legna da ardere di 100 €/t s.f., era pari a 695.999 tonnellate (Tab. 6); mentre adesso, con la raccolta associata e la vendita congiunta del cippato

Tabella 7. Offerta di cippato da residui forestali originati da tutti i soprassuoli forestali in funzione del prezzo di vendita (scenario 2).

| Provincia | Prezzo cippato (€/t s.f.) | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 40 | 48 | 58 | 69 | 83 | 100 | 119 | 143 | 172 | 206 |
| Arezzo | 75.659 | 76.446 | 77.396 | 78.240 | 79.159 | 80.065 | 81.063 | 82.108 | 83.147 | 84.138 |
| Firenze | 81.056 | 81.655 | 82.280 | 82.945 | 83.661 | 84.434 | 85.174 | 85.856 | 86.465 | 86.975 |
| Grosseto | 63.969 | 65.860 | 66.443 | 67.015 | 68.100 | 68.668 | 69.253 | 69.812 | 70.428 | 71.062 |
| Livorno | 13.677 | 14.665 | 14.768 | 15.066 | 15.652 | 15.746 | 15.860 | 15.971 | 16.056 | 16.138 |
| Lucca | 34.066 | 34.364 | 34.704 | 35.075 | 35.507 | 35.942 | 36.372 | 36.777 | 37.198 | 37.594 |
| Massa Carrara | 30.888 | 31.053 | 31.519 | 31.801 | 32.191 | 32.479 | 32.813 | 33.261 | 33.749 | 34.177 |
| Pisa | 9.814 | 9.914 | 10.037 | 10.166 | 10.288 | 10.397 | 10.508 | 10.657 | 10.797 | 10.918 |
| Pistoia | 25.764 | 26.061 | 26.394 | 26.753 | 27.111 | 27.479 | 27.813 | 28.098 | 28.425 | 28.753 |
| Prato | 19.892 | 20.077 | 20.315 | 20.589 | 20.933 | 21.293 | 21.672 | 22.065 | 22.476 | 22.846 |
| Siena | 69.244 | 69.720 | 72.322 | 72.949 | 73.616 | 74.326 | 75.106 | 75.965 | 76.863 | 77.706 |
| Regione Toscana | 424.028 | 429.816 | 436.178 | 440.599 | 446.217 | 450.830 | 455.634 | 460.570 | 465.603 | 470.308 |

derivato da residui di lavorazione (a 69 €/t s.f.), essa si attesta a ben 957.846 tonnellate, ovvero, circa il 37% in più rispetto alla situazione produttiva con cantiere tradizionale.

In tabella 9 è stata nuovamente simulata la produzione di legna da ardere in relazione alle variazioni di prezzo del prodotto congiunto (cippato), ma in questo caso, è stato considerato un prezzo della legna da ardere pari a 130 euro/t s.f.

Ciò allo scopo di considerare eventuali dinamiche incrementali del prezzo della legna da ardere. È stato subito evidente che le quantità disponibili sono risultate maggiori (Tab. 9), rispetto alle simulazioni schematizzate nella tabella 8.

Tabella 8. Offerta di legna da ardere (t s.f./anno) in funzione del prezzo di vendita del cippato derivante dai residui delle utilizzazioni (scenario 2), con prezzo costante della legna da ardere pari a 100 €/t s.f.

| Provincia | prezzo cippato (€/t s.f.) | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| | 40 | 48 | 57 | 69 | 82 | 100 | 119 | 143 | 172 | 206 |
| Arezzo | 173.779 | 176.375 | 178.866 | 181.825 | 184.819 | 187.485 | 189.806 | 192.404 | 194.677 | 196.676 |
| Firenze | 161.188 | 163.282 | 165.805 | 168.945 | 172.152 | 174.812 | 177.079 | 178.717 | 180.215 | 181.388 |
| Grosseto | 183.255 | 184.725 | 186.167 | 189.318 | 190.648 | 192.111 | 193.622 | 195.570 | 197.421 | 199.038 |
| Livorno | 37.167 | 37.474 | 38.461 | 40.384 | 40.622 | 40.998 | 41.443 | 41.676 | 41.859 | 41.987 |
| Lucca | 27.875 | 28.545 | 29.307 | 30.117 | 31.089 | 32.182 | 33.133 | 34.098 | 34.862 | 35.621 |
| Pisa | 68.793 | 70.651 | 71.791 | 73.363 | 74.618 | 75.645 | 77.769 | 79.355 | 80.675 | 81.980 |
| Prato | 9.293 | 9.608 | 9.901 | 10.155 | 10.399 | 10.672 | 11.050 | 11.341 | 11.515 | 11.684 |
| Pistoia | 25.470 | 26.337 | 27.296 | 28.101 | 28.769 | 29.263 | 29.839 | 30.576 | 31.331 | 31.951 |
| Massa Carrara | 33.775 | 34.251 | 34.802 | 35.520 | 36.134 | 36.831 | 37.462 | 37.912 | 38.352 | 38.758 |
| Siena | 188.837 | 196.906 | 198.409 | 200.118 | 202.033 | 204.232 | 206.934 | 209.818 | 212.321 | 214.166 |
| Regione Toscana | 909.472 | 928.202 | 940.862 | 957.915 | 971.364 | 984.330 | 998.256 | 1.011.610 | 1.023.399 | 1.033.454 |

Tabella 9. Offerta di legna da ardere (t s.f./anno) in funzione del prezzo di vendita del cippato derivante dai residui delle utilizzazioni (scenario 2), con prezzo costante della legna da ardere pari a 130 €/t s.f.

| Provincia | prezzo cippato (€/t s.f.) | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 40 | 48 | 57 | 69 | 82 | 100 | 119 | 143 | 172 | 206 |
| Arezzo | 186.216 | 187.666 | 189.209 | 190.533 | 191.687 | 192.915 | 194.463 | 196.362 | 197.912 | 199.362 |
| Firenze | 173.117 | 174.554 | 175.865 | 177.090 | 178.398 | 179.415 | 180.362 | 181.357 | 182.359 | 182.956 |
| Grosseto | 193.136 | 193.828 | 194.608 | 195.569 | 196.505 | 197.534 | 198.509 | 199.626 | 200.869 | 202.390 |
| Livorno | 41.145 | 41.218 | 41.289 | 41.448 | 41.719 | 41.794 | 41.881 | 41.978 | 42.069 | 42.171 |
| Lucca | 30.999 | 31.484 | 32.123 | 32.806 | 33.452 | 34.156 | 34.693 | 35.249 | 35.825 | 36.539 |
| Pisa | 76.347 | 76.931 | 77.675 | 78.354 | 79.782 | 80.651 | 81.673 | 82.673 | 83.779 | 84.563 |
| Prato | 10.354 | 10.516 | 10.655 | 10.819 | 11.074 | 11.320 | 11.551 | 11.639 | 11.711 | 11.795 |
| Pistoia | 28.832 | 29.156 | 29.505 | 29.901 | 30.350 | 30.867 | 31.320 | 31.720 | 32.121 | 32.440 |
| Massa Carrara | 37.087 | 37.321 | 37.591 | 37.865 | 38.107 | 38.302 | 38.588 | 38.837 | 39.102 | 39.399 |
| Siena | 205.825 | 206.860 | 207.994 | 209.331 | 210.755 | 212.201 | 213.338 | 214.364 | 215.298 | 216.145 |
| Regione Toscana | 983.056 | 989.534 | 996.515 | 1.003.716 | 1.011.830 | 1.019.155 | 1.026.377 | 1.033.805 | 1.041.045 | 1.047.759 |

2.5 SCENARIO 3: Produzione di biomasse energetiche dai soli soprassuoli cedui e cippatura della pianta intera

Lo scenario 3 ha preso in considerazione le sole superfici tradizionalmente destinate alla produzione di legna da ardere, ipotizzando una loro utilizzazione con sistema *full tree system*¹⁷ e cippatura della pianta intera. I risultati complessivi sono rappresentati nella tabella 10.

In questo caso, l'offerta complessiva regionale di biomasse provenienti dai soli soprassuoli cedui attualmente destinati a produrre legna da ardere, risulterebbe pari a quasi 1.253.000 tonnellate di sostanza fresca.

Tabella 10. Offerta totale dei soprassuoli per la produzione di legna da ardere (t) nell'ipotesi di cippatura della pianta intera e vendita del cippato (scenario 3).

| Provincia | prezzo cippato (€/t s.f.) | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 40 | 48 | 57 | 69 | 82 | 100 | 119 | 143 | 172 | 206 |
| Grosseto | 140.999 | 183.965 | 213.944 | 232.144 | 245.567 | 252.659 | 258.896 | 263.445 | 269.470 | 273.888 |
| Lucca | 22.658 | 26.607 | 31.428 | 37.529 | 42.438 | 46.434 | 49.205 | 51.263 | 53.472 | 54.903 |
| Pisa | 64.826 | 74.469 | 84.971 | 92.821 | 98.792 | 103.662 | 108.783 | 112.762 | 115.158 | 115.677 |
| Massa Carrara | 26.523 | 33.946 | 39.498 | 43.300 | 46.291 | 49.524 | 51.160 | 52.264 | 53.161 | 53.666 |
| Regione Toscana | 684.196 | 908.599 | 1.077.583 | 1.188.059 | 1.252.672 | 1.316.721 | 1.362.526 | 1.391.592 | 1.414.834 | 1.430.141 |

3. Conclusioni

L'esigenza di affrancare le produzioni energetiche nazionali dalla forte dipendenza dai combustibili fossili, ha spinto i Governi dei Paesi industrializzati, ad un esponenziale sviluppo di strumenti finanziari finalizzati a favorire l'uso di risorse rinnovabili. È per questo che negli ultimi anni si sono delineati e attuati, a livello nazionale e regionale, molteplici strumenti di finanziamento per lo sviluppo delle risorse energetiche di origine agroforestale; basti pensare ai decreti attuativi delle ultime Leggi finanziarie, all'introduzione di certificati verdi agricoli, ai finanziamenti previsti dal Ministero dell'Ambiente per il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto.

Si tratta, però, di strumenti che esigono un'attenta valutazione delle potenzialità territoriali, sia nazionali che regionali, circa le capacità produttive di risorse energetiche agroforestali utilizzabili secondo criteri di sostenibilità ambientale.

Per quanto riguarda la Toscana è opportuno infatti sottolineare che, l'uso di risorse rinnovabili di origine forestale, è, in realtà, già estremamente diffuso, in quanto la regione rappresenta il primo produttore e consumatore, a livello nazionale, di legna da ardere. Con una produzione media annua di oltre 1,1 milioni di metri cubi utilizzati ogni anno (Tab. 4) la Toscana rappresenta infatti il primo produttore nazionale di combustibili di origine forestale, con una energia equivalente erogata su base annua

¹⁷ Esbosco degli alberi interi a strascico con trattore o con teleferica, rimandando sia la sramatura che la sezionatura all'imposto dove sono presenti mezzi per la cippatura.

di circa 2.700 GWh annui. Questo significa che in Toscana sono presenti micro-filiere, capillarmente diffuse sul territorio e caratterizzate soprattutto da piccole imprese a conduzione familiare talvolta coadiuvate da manodopera dell'Est Europa.

Le filiere e le risorse forestali che andiamo quindi a promuovere e studiare, devono necessariamente basarsi su attività complementare a tale struttura organizzativa, recuperando biomasse tradizionalmente caratterizzate da macchiatici negativi, ovvero: residui delle attività selvicolturali derivati da tagli di diradamento, sfolli, ripuliture di alvei fluviali e da ramaglia prodotta a seguito dei tagli selvicolturali realizzati per la produzione degli assortimenti principali.

In questa ottica il presente lavoro è stato quindi diretto a valutare proprio questi 'assortimenti residuali' che non trovano una collocazione sul mercato del legno tradizionale e che non confliggono, ma anzi integrano, le tradizionali attività selvicolturali. Peraltro, gli attuali prezzi di mercato degli assortimenti principali (soprattutto legna da ardere) non permettono una loro collocazione sulla filiera del legno cippato, caratterizzata da prezzi abbastanza inferiori.

Le metodologie sviluppate ed attuate per la stima delle biomasse residuali localmente disponibili, si sono basate su un modello di analisi territoriale (denominato *GEM: Green Energy Model*) fondato sulla teoria delle risorse rinnovabili e sulla teoria della localizzazione. Si tratta di modelli già applicati in precedenti esperienze (Bernetti, Fagarazzi 2003), ma che in questo caso sono stati ulteriormente implementati con algoritmi capaci di stimare l'offerta locale annua, con un dettaglio di circa mezzo ettaro, valutando sia l'offerta sostenibile dal punto di vista ecologico, sia l'offerta sostenibile dal punto di vista economico. Ovvero: da un lato l'offerta potenziale generata da tutte le superfici forestali della regione, stimata sulla base delle curve di accrescimento dei diversi soprassuoli forestali; e, dall'altro lato, l'offerta generata dalle sole superfici a macchiatico positivo.

Ciò ha portato alla quantificazione, a livello locale, dei diversi assortimenti prodotti dalle aree forestali e alla verifica delle potenzialità di sviluppo di eventuali filiere agroenergetiche, sia in termini di dimensioni, che di localizzazione.

Sulla base dei risultati emersi, i residui forestali dei boschi regionali, valutati rispetto allo scenario 'ecologico' (con produzione congiunta di assortimenti tradizionali e residui da destinarsi al settore energetico), individuano una potenzialità produttiva annua di oltre 956.000 tonnellate di biomasse fresche. L'introduzione delle variabili economiche riduce però sensibilmente le disponibilità potenziali di tale biomassa, raggiungendo appena le 440.000-446.000 tonnellate annue di sostanza fresca (Tab. 7).

Tale drastica riduzione delle potenzialità produttive è principalmente legata alle difficili condizioni stagionali in cui si trovano i nostri boschi, cui si aggiunge la scarsa disponibilità (in alcune aree), di una efficiente rete di viabilità forestale ed extra-forestale.

Ciò significa che la strutturazione di una filiera forestale-legno energia economicamente efficiente, non può prescindere dallo sviluppo di un'adeguata rete viaria forestale e di piattaforme logistiche e commerciali dei combustibili legnosi che favoriscano la gestione forestale anche in aree remote.

I risultati forniti rappresentano dunque una informazione indispensabile per l'attuazione di qualsiasi strumento di finanziamento del settore e per una corretta pianificazione a livello territoriale del settore agroenergetico. I risultati dimostrano infatti

che l'equazione «in questa area il bosco c'è, quindi ci sono tante biomasse forestali» non è valida se non associata all'equazione «in questa area ci sono tante imprese forestali, quindi tanti prodotti legnosi», di conseguenza, appare cruciale che la programmazione di impianti termici e di cogenerazione, debba basarsi su reti energetiche di medio-piccole dimensione, in aree dove sussistono sia boschi utilizzabili con profitto, sia imprese forestali già avviate e capaci di attivare produzioni complementari legate alla produzione di cippato, In tal modo sarà possibile garantire filiere agro-energetiche stabili ed una offerta costante di biocombustibili.

Bibliografia

- AA.VV. 2006. *Woodland Energy. La filiera legno – energia come strumento di valorizzazione delle biomasse legnose agroforestali*, Programma PROBIO MiPAF, ARSIA.
- AA.VV. 2007. *BIO-SOUTH: Valutazione tecnico-economica della produzione e dell'utilizzo di biocombustibili nei sistemi di riscaldamento e raffreddamento nel Sud Europa*.
- Bernetti I., Fagarazzi C., Sacchelli S., Ciampi C. 2009. *I comparti forestale e di prima trasformazione del Legno*, in ARSIA (a cura di), *Stima della potenzialità produttiva delle agrienergie in Toscana*, Manuale ARSIA, Press Service srl, Sesto Fiorentino, Firenze.
- Bernetti I. 1999. *Il mercato delle biomasse forestali per scopi energetici: un modello di offerta*, «Rivista di Economia Agraria», anno LIII, n. 3.
- Bernetti I., Fagarazzi C. 2003. *BIOSIT: una metodologia GIS per lo sfruttamento efficiente e sostenibile della “risorsa biomassa” a fini energetici*, DE, DEART, ETA.
- Bernetti I., Romano S. 2007. *Economia delle risorse forestali*, Liguori, Napoli.
- Cesano D., Guidi D. 2006. *Opportunità di sviluppo della filiera bosco – legno – energia nel territorio del Mugello*, Ecosoluzioni.
- Fagarazzi C. 1999. *Strumenti di analisi del mercato delle biomasse agro-forestali per uso energetico*, Tesi di dottorato di ricerca in Economia delle Risorse Alimentari e dell'Ambiente, Istituto Universitario Navale, Napoli.
- Fagarazzi C. 2008. *L'offerta di residui legnosi*, in Bernetti I., Fagarazzi C. (a cura di), *Valutazione della domanda di biocombustibili solidi (legno cippato) nell'area dell'Appennino Pistoiese*, Centro Editoriale Toscano, Firenze.
- Hellrig B. 2001. *Numeri per la dendroenergetica*, edizione provvisoria, <<http://www.tesaf.unipd.it/pettenella/papers/AltraDocumentazione/numeri.pdf>>.
- ISTAT 2007. *Le utilizzazioni forestali*, <<http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/foreste/>>.
- Johansson P.O., Lofgren K.G. 1985. *The economics of forestry & natural resources*, TJ Press Ltd, Padstow.
- Pearce D. W., Turner R.K. 1989. *Economics of natural resources and the environment*, Hemel Hempstead, Harvester and Wheatsheaf.
- Regione Toscana, ARSIA 2010. *Compagnia delle Foreste. Rapporto sullo stato delle foreste in Toscana 2009*, Litograf Editor, Perugia.
- Regione Toscana 2008. *Modifiche ed integrazioni al prezzario regionale per interventi ed opere forestali di cui al D.G.R. n. 158/2007*, Bollettino Ufficiale della Regione Toscana, n. 5 del 31/12/2008.
- Spinelli R., Nati C., Verani S. 2009. *Protocollo tecnico di utilizzazione dei boschi cedui*, in *La filiera legno energia: risultati del progetto interregionale Woodland Energy*, ARSIA Regione Toscana, Press Service, Firenze.

Aspetti e tecnologie impiantistiche per il risparmio energetico degli insediamenti

Martino Fanfani

1. Premessa

La consapevolezza della finitezza delle risorse naturali disponibili, supportata dal conseguente aumento dei costi dei combustibili, ha indotto la tecnica a ricercare, oltre che l'efficacia, anche l'efficienza negli impianti di produzione e distribuzione dell'energia, intensificando gli studi sulle applicazioni tecnologiche attinenti sia le fonti energetiche rinnovabili che quelle 'tradizionali'. Altra importante spinta all'uso efficiente dell'energia è la consapevolezza che le emissioni clima-alteranti legate alle trasformazioni energetiche costituiscono di per sé una minaccia per gli equilibri dell'ecosistema ed, in definitiva, per la vita sul pianeta e quindi una riduzione del fabbisogno si trasforma *tout court* in una opportuna riduzione delle emissioni.

Questo interesse per le tematiche di sostenibilità ambientale, anche presso l'opinione pubblica, non è stato sempre accompagnato da una reale conoscenza dei principi generali inerenti la materia anche presso gli addetti ai lavori. Il concetto di progettazione integrata tra edificio ed impianto e di contesto urbano come organismo che necessita di una analisi e di una programmazione territoriale basata anche su fattispecie energetiche, resta ancora infatti in larga parte sulla carta.

Preme quindi, prima di affrontare più diffusamente le tipologie impiantistiche, porre l'attenzione su alcuni concetti che, seppure elementari, costituiscono dei punti di riferimento cardinali per l'efficientamento energetico e la produzione di energia da fonti rinnovabili.

2. Alcuni concetti base su energia e produzione energetica

2.1 concetti di misura

In primo luogo è necessario comprendere la distinzione tra energia e potenza. L'energia (la cui unità di misura nel SI è il Joule) è infatti un'unità di misura del Lavoro mentre la potenza, la cui unità di misura è il Watt, rappresenta la capacità di svolgere quel lavoro. È immediato quindi realizzare il fatto che impianti di pari potenza producano quantità di energia diverse in relazione alle disponibilità di energia primaria. Ad esempio, un impianto fotovoltaico di potenza pari ad 1 kWp (kiloWatt

di picco) installato in Italia produrrà, in condizioni di insolazione media, approssimativamente 4 kWh al giorno, un impianto di pari potenza ma dotato di elettrogeneratore con motore a combustione interna produrrà 24 kWh al giorno.

In secondo luogo è importante descrivere un'altra grandezza fisica che riveste particolare rilevanza quando viene effettuata un'analisi qualitativa dei processi energetici che è l'*exergia*, una grandezza di stato che rende conto della energia meccanica che è possibile ricavare da una determinata quantità di energia termica. Tale grandezza rende conto di un fatto intuitivamente abbastanza chiaro a tutti e cioè che il calore ricavato da una sorgente ad alta temperatura è 'più nobile' di quello ricavabile da una sorgente termica a temperatura più bassa.

2.2 Caratterizzazione dell'energia

Durante le fasi di pianificazione e progettazione finalizzate alla costruzione od all'analisi di un sistema di produzione/distribuzione/uso dell'energia è importante non limitarsi alla descrizione dei meri flussi energetici ma valutare altre fattispecie ed attributi che caratterizzano l'energia, il mero bilancio energetico non sempre è in grado di descrivere con sufficiente appropriatezza la complessità di un sistema.

2.3 Le fasi di trasformazione dell'energia e profili di efficienza delle diverse fonti

Sotto un profilo qualitativo anche se strettamente correlata con la definizione di *exergia*, un parametro a cui fare riferimento è il numero di processi di trasformazione a cui una certa quantità di energia è soggetta. Pertanto possiamo definire come *Energia Primaria* quella immediatamente disponibile prima della trasformazione (petrolio, carbone, uranio, sole, vento), *Energia Secondaria* quella disponibile a valle dell'impianto di conversione (energia termica in centrale, energia elettrica in centrale) ed *Energia Finale* quella disponibile presso l'utente.

Riguardo all'energia primaria è necessario osservare che il pianeta terra sotto il profilo di disponibilità di combustibili tradizionali è assimilabile per certi versi a un sistema chiuso e ne ha conseguentemente una disponibilità finita, e in tale contesto le attività antropiche hanno una prospettiva di prosecuzione limitata nel tempo. Così non accade per quelle fonti energetiche che sono invece esterne al sistema. Ciò è mostrato dalla tabella 1.

Tabella 1. Caratterizzazione dell'energia (fonte Bortolazzi 2010).

| Fonte | Riserve * | Consumo | Durata | Durata (se isolato) |
|----------------|------------|---------|--------|---------------------|
| Carbone | 1'000 | 2,4 | 416 | 97 |
| Petrolio | 161,9 | 3,56 | 44 | 16 |
| Gas | 145 | 2,17 | 67 | 14 |
| Nucleare | 140 | 0,69 | 100 | 14 |
| Solare | 93'151/a** | - | - | 9'038/a |
| Geotermico | 24/a** | - | - | 2/a |
| Gravitazionale | 2,2/a** | - | - | 0,22/a |

* Miliardi di TEP - ** Miliardi di TEP anno (1 TEP = 42 GJ)

Purtroppo allo stato attuale l'efficienza nel convertire l'energia primaria derivante dalle fonti rinnovabili quali la solare, la gravitazionale e la geotermica è assai limitata rispetto a quella connessa allo sfruttamento delle risorse di derivazione fossile. Per avere un'idea in termini quantitativi della veridicità di tale affermazione possiamo notare che l'equivalente dell'energia elettrica generata da un bicchiere di petrolio è producibile con circa 3 metri quadri di pannelli fotovoltaici soleggiati per quattro ore.

Vale la pena fare a parte una valutazione per le biomasse, esse infatti hanno due importanti caratteristiche. La prima è che sono soggette a dei cicli di ricostituzione e la seconda è che per la loro produzione è necessaria l'immobilizzazione e il consumo di risorse che hanno un valore intrinseco molto elevato quali l'acqua ed il territorio. Il loro sfruttamento è quindi necessariamente connesso a un processo virtuoso di riduzione dei consumi energetici, quindi maggiore efficienza dei processi di produzione ed utilizzo, e pianificazione olistica dell'utilizzo delle risorse.

Altre caratterizzazioni dell'energia sono: la sua trasportabilità e cioè la possibilità di veicolare l'energia da una locazione geografica ad un'altra; la disponibilità cioè la facoltà di accedervi nei momenti di necessità; e la trasformabilità cioè la possibilità di convertirla facilmente in forme differenti (meccanica, termica, elettrica).

I sistemi energetici hanno poi, come tutte le attività antropiche, una ricaduta in termini di impatto ambientale, cioè di alterazione dell'ambiente circostante, che viene usualmente tradotta in termini di quantità di gas climalteranti emessi in atmosfera (tonnellate di CO₂ equivalente emessa). Tale quantificazione risulta essere altamente significativa e viene spesso prescelta come indicatore per il raggiungimento di target prestazionali di sistema come è accaduto nell'ambito dell'accordo di Kyoto o nei progetti di riqualificazione energetica urbana come il *London energy action areas* del 2005.

2.4 Tecnologie di produzione energetica tradizionali

La funzione degli impianti di produzione dell'energia è quella di trasformare l'energia primaria fornita dal combustibile in energia utile sia termica che elettrica. In generale si tratta di processi termoelettrici nei quali si producono reazioni fortemente esotermiche e da esse attraverso l'applicazione dei principi della termodinamica si converte l'energia termica in energia elettrica.

Le temperature dei fluidi vettori sono estremamente elevate e rendono conto di fenomeni in cui il livello *exergetico* dei fluidi è estremamente alto, quindi energia molto pregiata. Inoltre il doppio passaggio primaria/termica e successivamente termica/elettrica comporta una notevole riduzione dell'energia effettivamente utilizzabile rispetto a quella teoricamente disponibile dal combustibile.

Il processo di produzione dell'energia elettrica è inoltre penalizzato, nella maggior parte dei casi, dal fatto che il calore 'di scarto' non è recuperato per fini utili quali il riscaldamento urbano.

Tra gli impianti realizzabili vi sono: gli impianti a vapore, gli impianti turbogas combinati e gli impianti nucleari. Sotto il profilo tecnologico si tratta di processi ben consolidati, ad eccezione del processo di fissione nucleare che si ritiene possa essere ancora perfezionato soprattutto sotto il profilo della efficienza dei combustibili utilizzati il cui impiego comporta una notevole produzione di scorie nucleari.

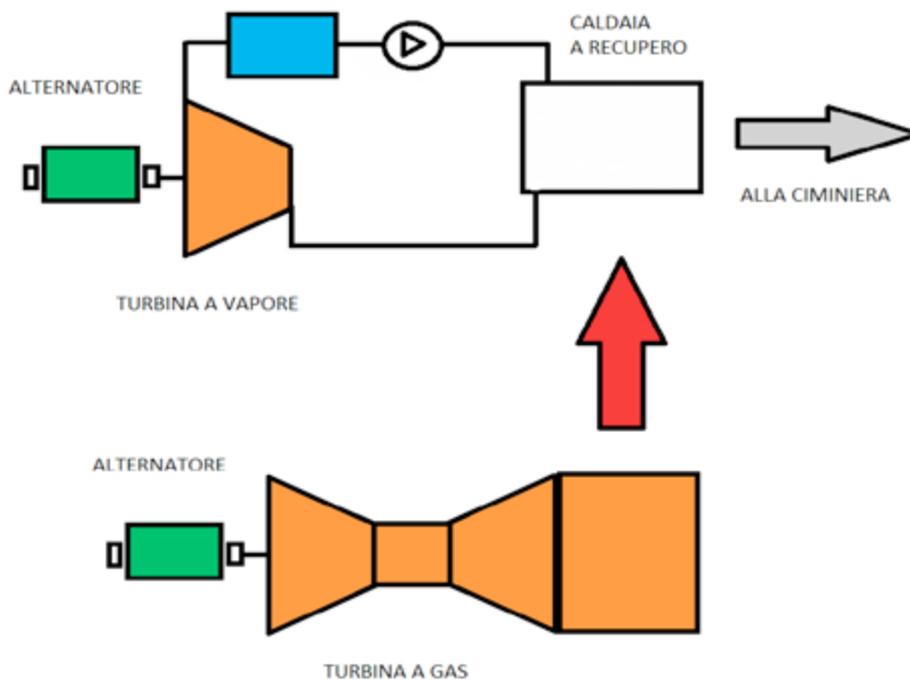


Figura 1. Ciclo combinato di cogenerazione, gas/vapore di energia.

Nel caso degli impianti a vapore il fluido operativo è il vapore acqueo ad alta pressione generato da una caldaia alimentata con combustibili di derivazione minerale (carbone/petrolio), al quale viene fatto eseguire un ciclo termodinamico, detto ciclo *Rankine*, il rendimento ultimo di produzione dell'energia elettrica in tal caso è intorno al 30%.

Nella ciclo combinato i fluidi operativi sono due (Fig. 1), il primo costituito dai gas provenienti dalla camera di combustione di una turbina alimentata a gas metano, che seguono un ciclo termodinamico Bryton, e il secondo costituito dal vapore acqueo prodotto da una caldaia alimentata con i gas di scarico provenienti dalla turbina medesima. In tal caso, grazie al processo di recupero energetico effettuato nella caldaia a vapore attraversata dai fumi di scarico della turbina, il rendimento di produzione elettrico si innalza sino a valori del 44%.

Nel caso degli impianti nucleari, mantenendo il principio della turbina a vapore, il calore necessario per la trasformazione acqua vapore è ricavato dalla reazione controllata di fissione nucleare.

Una doverosa riflessione che può essere fatta e che accomuna tutte e tre le tipologie d'impianto, oltre l'utilizzo di combustibili primari non rinnovabili, riguarda il fatto che tali tecnologie impongono la costruzione di impianti significativamente grandi e destinati ad un gran numero di utenze, in tal modo il rendimento globale di produzione dell'energia secondaria è penalizzato anche dalle cadute di tensione derivanti dall'estensione della rete di distribuzione che si aggirano intorno al 4% in Italia dell'energia globale prodotta., contro un valore medio del 2.5% per i paesi industrializzati con picchi anche del 8% per i paesi emergenti (fonte World Resources Institute).

3. Le fonti energetiche rinnovabili

3.1 L'energia eolica

L'energia eolica consiste nello sfruttamento del vento per la produzione di energia elettrica attraverso la trasformazione dell'energia cinetica posseduta dal vento in energia meccanica e quindi, attraverso un alternatore, in energia elettrica. Tuttavia, per il funzionamento di tali impianti è necessario che le caratteristiche del vento siano adeguatamente conosciute, in particolare: la velocità media, la distribuzione (giornaliera, mensile, ecc.), le fluttuazioni di lunga e di brevissima durata, il profilo altimetrico e la direzione. Tale conoscenza deve essere necessariamente acquisita attraverso una campagna di misurazione i cui costi non sempre sono trascurabili e che non sempre si risolve con un responso positivo (si veda il contributo di Fagarazzi e Zita in questo stesso volume). L'altro fattore da considerare è che le taglie medie degli aerogeneratori per applicazioni terrestri variano dai 600 kW a 1.2 MW con dimensioni delle pale da 30 a 60 m, e quindi anche l'impatto visivo conseguente alla loro installazione non è trascurabile. Come non lo è quello, talvolta trascurato, legato alla realizzazione delle reti e impianti per il funzionamento degli aerogeneratori stessi.

Quando si comparano tipologie diverse di aerogeneratori una caratteristica tecnica molto importante da considerare è il fattore di potenza cioè la capacità di convertire l'energia cinetica in energia meccanica utile. Tale fattore, che in linea teorica può raggiungere il 56%, ha un valore variabile in funzione della velocità del vento e si aggira nel migliore dei casi sul 50% come è possibile apprezzare dalla figura 2

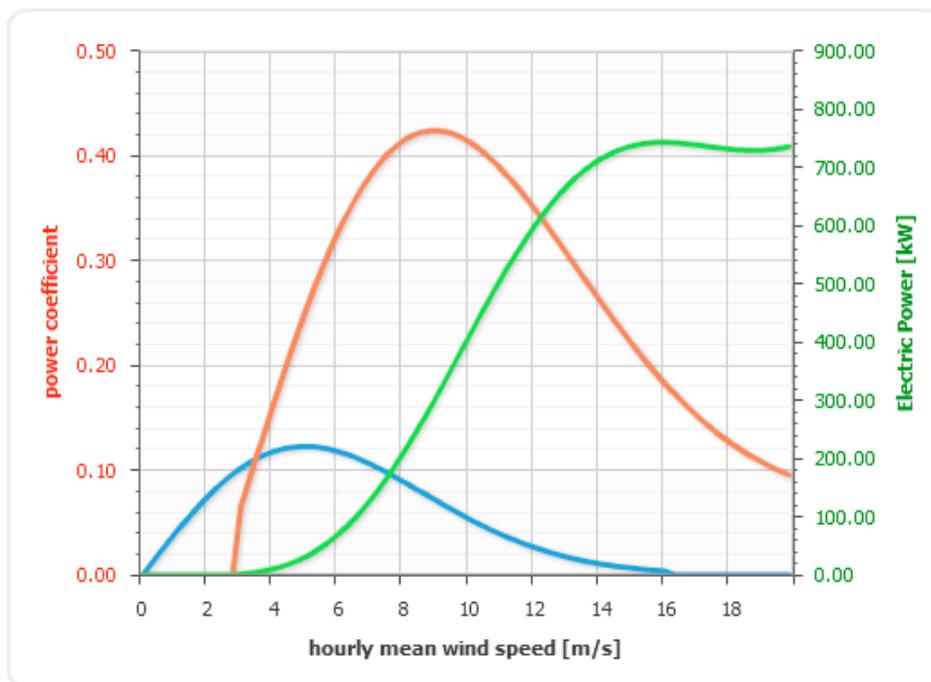


Figura 2. Fattore di potenza relativo agli impianti eolici.

La scelta tecnica dovrà comunque necessariamente confrontarsi con la disponibilità del prodotto sul mercato, infatti negli ultimi anni grazie al costo relativamente basso di produzione del kW elettrico attraverso tale tecnologia ci si è trovati di fronte ad un vero boom di installazioni che ha generato una relativa carenza di impianti disponibili sul mercato.

Dato la particolare convenienza economica di questa tipologia di impianti recentemente si guarda con particolare interesse anche a taglie di bassa o bassissima potenza (da 1 sino a 25 kW) più facilmente integrabili nel contesto del paesaggio antropico e alla portata anche di acquirenti consumer, anche se tali impianti hanno un fattore di potenza sensibilmente più scadente e che oscilla dal 17 al 25%. L'impiego del micro eolico al momento non riscuote un particolare successo nelle strategie di riduzione della dipendenza energetica da fonti non rinnovabili in virtù dell'elevata *embedded energy* in relazione alla produttività attesa (Maunsell 2004; London Energy Patnership 2005).

3.2 L'energia solare fotovoltaica

Il recente passato ha visto crescita esponenziale nell'impiego di questa tecnologia, questo in Italia anche grazie ad un meccanismo incentivante particolarmente remunerativo. È un metodo immediato di conversione dell'energia solare in energia elettrica attraverso la capacità di alcuni materiali di liberare i propri elettroni quando investiti da un raggio elettromagnetico. Grazie alla sua immediatezza, disponibilità e prevedibilità per questo tipo di energia rinnovabile è previsto un notevole sviluppo futuro anche al di fuori di politiche di sostegno di pari passo con il progredire delle conoscenze e capacità tecnologiche. È da osservare comunque che allo stato attuale i costi di base degli impianti e la relativamente bassa resa di trasformazione dell'energia incidente in energia elettrica suggeriscono un posizionamento ottimizzato rispetto alle condizioni di insolazione.

Sotto il profilo del suo collegamento alla rete elettrica di distribuzione l'impianto può essere 'ad isola' o 'connesso'. Il primo caso si adotta quando ci si trova nella necessità di dover non solo produrre ma anche accumulare l'energia prodotta per un suo uso successivo nell'impossibilità di approvvigionarsi da sorgenti esterne (nelle barche ad esempio), nel secondo si riversa l'energia prodotta e non utilizzata sulla rete di distribuzione per gli approvvigionamenti nei momenti di mancata produzione, come la notte, o per risolvere richieste di picco.

L'impianto connesso alla rete o *grid connected* nella sua architettura è essenzialmente costituito da una serie di celle solari che costituiscono il pannello e da un insieme di pannelli, collegati attraverso i cablaggi, che costituiscono il cosiddetto campo solare. A questo si collegano le restanti apparecchiature necessarie per la trasformazione della corrente continua in alternata, per il suo eventuale rifasamento rispetto alle condizioni di rete, per la misura e l'interfaccia con la rete che prendono il nome di *balance of system* (BOS) (Fig. 3).

Anche negli impianti fotovoltaici si è usi fare riferimento a dei parametri quantitativi di riferimento. Innanzitutto al fine di quantificare la taglia dell'impianto in maniera assoluta si definisce il *Kilowatt di picco kWp* come la quantità di energia producibile in condizioni di prova ottimale (temperatura e irraggiamento determinate), tale valore non corrisponde pertanto alla massima producibilità del pannello nelle condizioni reali ma rende conto solo di una producibilità normalizzata. Altro fattore da tenere

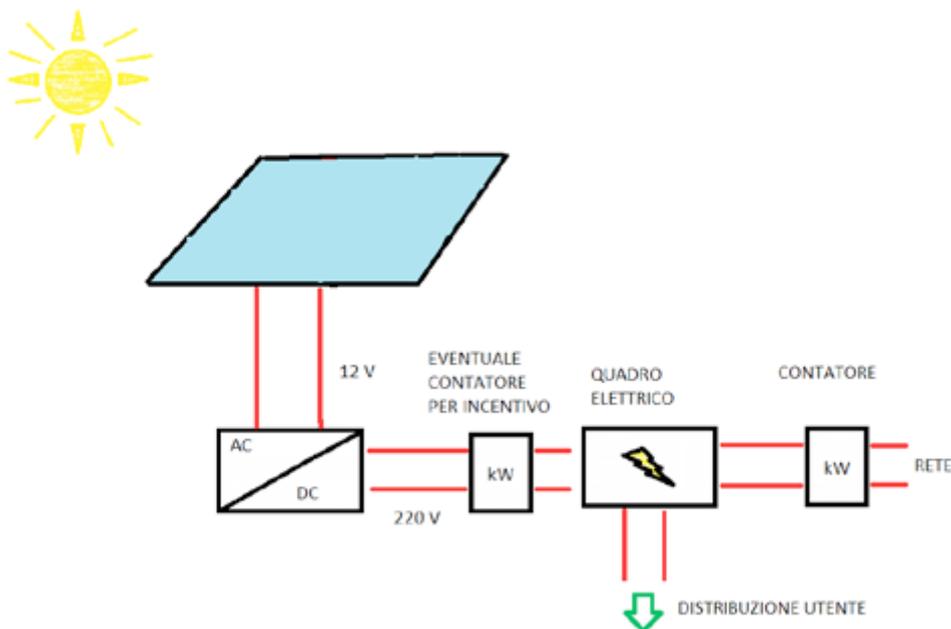


Figura 3. Schema di impianto fotovoltaico.

in considerazione nella scelta della tipologia d'impianto è la resa, cioè l'aliquota percentuale di energia incidente trasformata in energia elettrica, che rende conto anche dell'ampiezza del campo fotovoltaico in relazione alle esigenze dell'utenza. Allo stato attuale le tecnologie disponibili sono quelle riportate nella tabella 2 di seguito:

Tabella 2. Resa delle celle per fotovoltaico in relazione alle diverse tecnologie.

| TIPOLOGIA DI CELLA | RESA % |
|-------------------------|--------|
| SILICIO AMORFO | 5-7 |
| SILICIO POLICRISTALLINO | 12 |
| SILICIO MONOCRISTALLINO | 14-19 |
| FILM SOTTILE | 10 |

Lo sviluppo tecnologico degli ultimi anni si è concentrato essenzialmente sia sulla riduzione della materia prima da impiegare per la produzione delle celle poiché il silicio oltre ad essere una risorsa limitata è presente solo in alcune parti del globo, sia, ovviamente sull'aumento della resa elettrica della cella. È da sottolineare il fatto che il film sottile, delle varie tipologie, è la tecnologia verso la quale vi è maggiore interesse in quanto impiega circa 1/100 della materia prima necessaria per la costruzione degli altri pannelli.

3.3 Biomasse

Esistono numerose tecnologie che sfruttano questa tipologia di risorse nelle più svariate maniere.

In generale però, riveste particolare interesse una considerazione generale sullo sfruttamento delle biomasse riguardo all'anidride carbonica rilasciata durante il loro

processo di conversione in energia. Si è infatti propensi a considerare nulle tali emissioni in quanto il gas rilasciato corrisponde a quello 'catturato' dalla pianta durante la propria vita nello svolgimento dell'attività di fotosintesi (Braccio 2009).

Tale considerazione non esime tuttavia dall'adoperarsi per una riduzione delle emissioni di tali impianti attraverso lo sviluppo continuo di tecnologie di trattamento e di ottimizzazione dei processi di trasformazione energetica.

I metodi di conversione dell'energia primaria fornita da questo tipo di risorsa sono in generale del tipo termochimico e biochimico/biologico e per la loro scelta ci si basa su principi legati alle caratteristiche specifiche della materia prima. In particolare si suddividono le biomasse in base all'umidità che, se di basso tenore, può permettere l'adozione di processi termochimici o viceversa di processi biochimici. Oppure secondo il rapporto carbonio/azoto della materia prima che, se elevati, favoriscono i processi termochimici e, se sotto il 30%, quelli biochimici.

Le trasformazioni termochimiche hanno una resa di conversione dell'energia primaria in energia termica che arriva sino al 94%, l'energia termica così prodotta viene utilizzata per l'alimentazione di un ciclo termodinamico con turbina a vapore per la conseguente produzione di energia elettrica secondo le metodologie tradizionali. In maniera simile è possibile sottoporre la biomassa a un processo di carbonizzazione per la successiva termovalorizzazione.

Tra le trasformazioni termochimiche riveste particolare interesse il procedimento pirolitico, un processo volto alla produzione di un gas a base di idrogeno e carbonio il cosiddetto gas di sintesi o syngas. Ciò non solo per la particolare appetibilità del successivo processo di produzione di energia elettrica ma anche per il fatto che lo scarto di tale trasformazione, il cosiddetto *char*, ben si presta al sequestro degli ossidi di carbonio presenti in atmosfera assorbendoli (Lehmann, Gaunt, Rondon 2006).

Tra le trasformazioni di natura biochimica si annoverano la digestione anaerobica e quella aerobica.

La prima (Fig. 4) è un processo biochimico in assenza di ossigeno realizzato da alcuni batteri patogeni che trasformano la biomassa in bio-gas costituito per il 50-80% da metano e per la parte restante da CO₂. Essa può essere considerata anche come trattamento degli inquinanti generati dalle aziende zootecniche.

La digestione aerobica è invece un processo di metabolizzazione delle sostanze organiche per opera di micro organismi altamente esotermici ed è particolarmente adatta al trattamento dei liquami.

Sempre attraverso altre trasformazioni biochimiche (fermentazione alcolica ed esterificazione degli olii vegetali) si esegue la produzione di combustibili liquidi quali il bio-etanolo o il bio-diesel). Tuttavia tali fonti di combustibili, anche secondo indicazioni di recenti studi, sono da guardare con grande cautela per l'elevato impegno di suolo di qualità che richiedono e per l'uso concorrentiale di questo rispetto a produzioni destinate alla alimentazione umana o come potenzialmente induttivi di deforestazione e pertanto eventualmente vanno ad esse dedicati suoli con basso profilo qualitativo.

3.4 Energia idroelettrica

L'energia idroelettrica viene prodotta attraverso la trasformazione dell'energia cinetica di grosse portate di acqua in energia meccanica utile attraverso turbine appo-

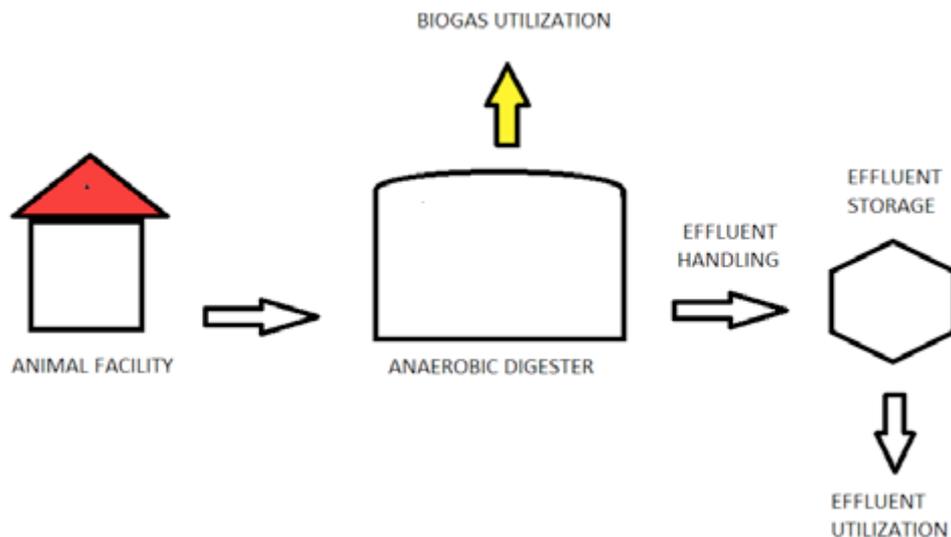


Figura 4. Schema di impianto a biomassa a digestione anaerobica.

sitamente concepite. L'Italia, grazie alla conformazione orografica, è un paese dove questa tipologia di tecnologia è largamente diffusa con una potenza installata di 20,3 GW (19% dell'energia prodotta in Italia). Nonostante la larga diffusione vi è ancora spazio per l'installazione di impianti di producibilità pari ad 1 MW (mini-Hydro) (AA.VV. 2010).

L'iter autorizzativo è tuttavia, nonostante la disponibilità della risorsa, ancora molto complesso sotto il profilo burocratico anche per il recupero e la messa in funzione di impianti già esistenti. Tra le tipologie di impianti particolarmente interessanti per l'applicazione urbana possiamo annoverare quelli dove la tecnologia idroelettrica è abbinata allo scarico delle acque reflue per la produzione di potenze relativamente limitate (intorno ai 3 kW)(Nelson 2009).

3.5 Energia solare termodinamica

Il principio di funzionamento di questa tecnologia è quello di concentrare l'energia solare in zone particolari dell'impianto per conseguire elevate pressioni e temperature del fluido operativo primario (oli diatermici o sali fusi). Attraverso di esso viene poi prodotto il vapore da convogliare in apposite turbine per la produzione di energia elettrica (ciclo Rankine). Dati gli elevati costi, soprattutto del sistema di elettrogenazione, la taglia minima di tali tipologie di impianto è solitamente un 1 MWe (MegaWatt elettrico).

Recentemente sono però in fase di sperimentazione impianti di minore taglia per la generazione di energia elettrica che sfruttano due tecnologie molto differenti: l'*organic Rankine Cycle ORC* e il ciclo *Stirling*. In particolare quest'ultimo data la relativa semplicità si presta alla produzione di potenze elettriche anche scarsamente rilevanti (1 kW elettrico) ed il suo impiego è stato esteso anche ad impianti solari ad alta temperatura del tipo tradizionale (Ralb 1985).

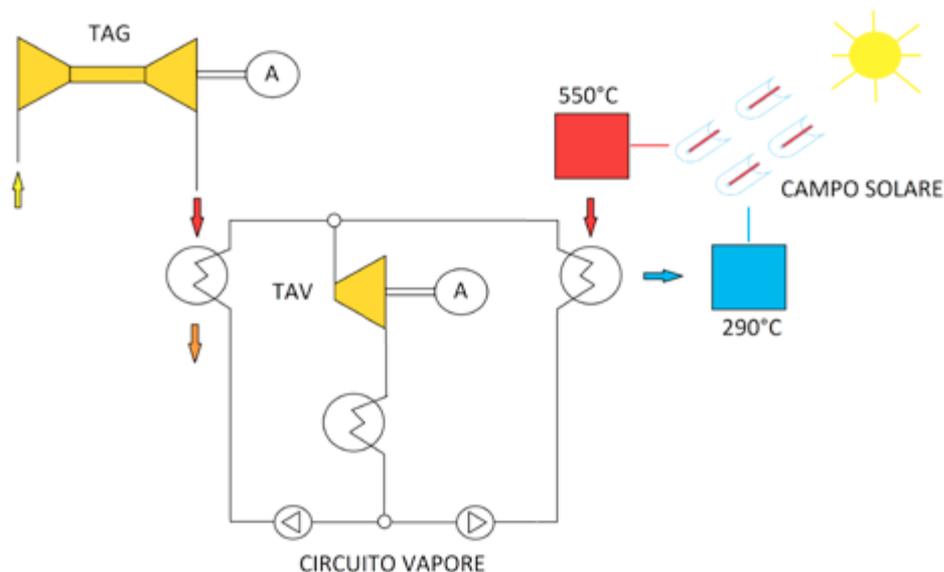


Figura 5. Schema di impianto energetico solare termodinamico.

4. Il fabbisogno energetico

Com'è facilmente sperimentabile durante la vita quotidiana, l'attività umana nel mondo moderno è estremamente energivora. Il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione degli ambienti e l'alimentazione elettrica delle apparecchiature che ci circondano costituiscono un carico ambientale non indifferente.

La risposta a questa sete di energia continuamente in aumento non può essere trovata allo stato attuale esclusivamente nell'ottimizzazione dei cicli energetici né tantomeno nell'aumento del consumo dell'energia primaria. Abbiamo infatti visto come le tecnologie basate su fonti completamente rinnovabili hanno una densità energetica estremamente bassa mentre le tecnologie tradizionali hanno delle disponibilità residue molto limitate e, in genere, elevati impatti ambientali. Occorre quindi un ripensamento dei modi di utilizzo dell'energia nell'ottica dello sfruttamento di azioni sinergiche e, forzatamente, di riduzione del fabbisogno globale.

In tal senso la Comunità Europea già dall'anno 2001 si è orientata verso una metodologia di classificazione energetica degli edifici che considerando la componente impiantistica e quella più puramente edile come un unicum è in grado di definire una caratteristica globale (*Classe energetica*) che esprime la performance energetica di ciascun edificio tenendo conto delle pluralità delle tipologie di assorbimento energetico.

Nella fase di progettazione del complesso architettonico è così opportuno cercare per quanto possibile la riduzione del fabbisogno globale attraverso metodologie di tipo passivo, quali isolamento termico o schermature solari, e al contempo di tipo attivo come impianti e componenti ad alta efficienza.

Tuttavia di pari passo con lo sviluppo del singolo progetto architettonico è importante stimare l'andamento e la tipologia dei consumi energetici nel corso della vita dell'edificio contestualizzandolo nell'area su cui insiste per cogliere le opportunità

suggerite dall'ambiente circostante. Il tale senso la vicinanza a insediamenti industriali può essere spesso sfruttata, secondo il principio di *cascading* richiamato anche in altri contributi di questo volume, attraverso il recupero dei reflui termici di processo per il sostentamento di reti di teleriscaldamento/refrigerazione. Principio analogo può valere anche per la cura dei parchi in prossimità di aree urbane che può rendere disponibile materia prima per l'alimentazione di un impianto di cogenerazione con produzione di gas di sintesi. Il progetto urbano/architettonico deve nascere così da un approccio multidisciplinare legato in maniera imprescindibile sia alle sulle esigenze e ai fabbisogni delle attività che ivi si svolgeranno ma anche alle loro caratteristiche energetiche in maniera tale da sviluppare al massimo sinergie orientate al massimo risparmio ed efficienza di impiego.

Bibliografia

- AA.VV. 2010. *Le fonti rinnovabili 2010 Ricerca e innovazione per un futuro low-carbon*, Del Gallo, Spoleto.
- Bortolazzi A. 2010. *Le energie Rinnovabili*, Hoepli, Torino.
- Braccio G. 2009. *La tecnologia per la produzione di calore da biomasse*. Scheda tecnologica ENEA, in Fidanza A., Manna C. (a cura di), *Usi termici delle fonti rinnovabili*, Dossier Enea: 45-55, <http://old.enea.it/produzione_scientifica/pdf_dossier/D20-Usi-termici-fonti-rinnovabili.pdf>, 10/11.
- Lehmann J., Gaunt J., Rondon M. 2006. *Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems-a review*. «Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change», n. 11: 403-427.
- London Energy Partnership 2005. *London energy action areas*, <http://www.lep.org.uk/uploads/energy_action_areas%20_leaflet.pdf>, 10/11.
- Maunsell F. 2004. *Integrating renewable energy into new developments: Toolkit for planners, developers and consultants*, <http://www.london.gov.uk/mayor/environment/energy/docs/renewables_toolkit.pdf>, 10/11.
- Nelson N. 2009. *Doepel Strijkers Architects, Rotterdam – Delft Technical University, Wageningen University and Research, The Netherlands*.
- Ralb A. 1985. *Active solar collectors and their applications*, Oxford University Press.

Parte terza

La costruzione del piano energetico locale

Il quadro dei livelli di governo e della legislazione in materia energetica

Massimo Pepe

Premessa

Il termine energia deriva dal greco e significa «dentro il lavoro»: anche per la scienza moderna essa è la capacità di un sistema fisico (atomo, molecola, essere vivente o macchina) di compiere un 'lavoro'.

Mai come adesso la nostra società, in continuo movimento e trasformazione, ha necessità di grossi quantitativi di energia: per lavorare, abitare le nostre case, studiare, muoversi, divertirsi e per quasi ogni gesto quotidiano (Fig. 1).

Niente è in grado di funzionare se manca l'energia nelle nostre città: i trasporti, le nostre abitazioni, le scuole, gli ospedali, gli uffici ed i servizi, per questo la pianificazione energetica ha assunto, nei diversi livelli di attuazione, sempre più importanza.

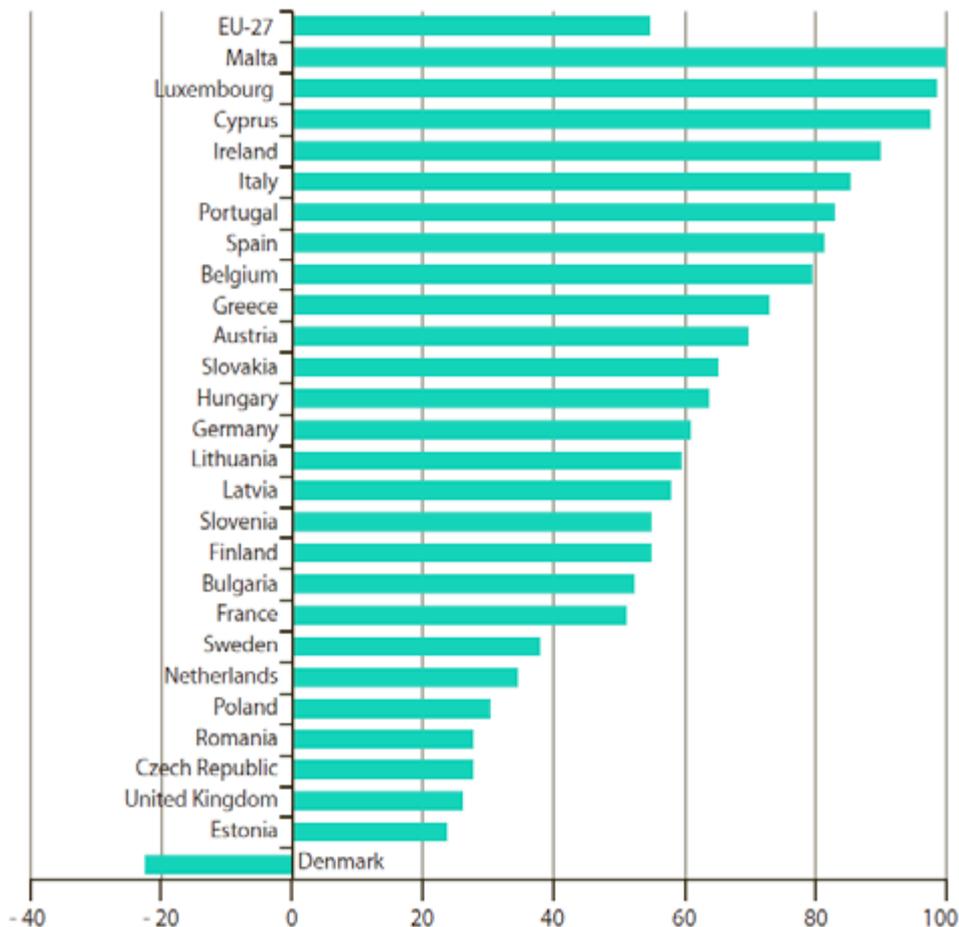
Ecco che diventa importante e necessario capire come, dove e perché si consuma energia sul territorio e da dove questa provenga, per cercare di mettere in atto le opportune azioni sulla domanda e sull'offerta energetica, cercando di produrla localmente, dove possibile, e cercando di usarla in maniera efficiente e razionale, sempre.

Gli ultimi venti anni sono caratterizzati da un crescendo di atti normativi e di politiche volte al governo del settore energetico, di cui è bene tenere sempre presente la trasversalità e quindi la complessità e l'influenza sulle politiche di altri settori.

Prima di cercare di districare la legislazione vigente e i vari livelli di competenza, accenniamo all'ultimo atto agli ultimi atti a livello comunitario di politica energetica, che rappresentano il nostro futuro:

- il piano pacchetto clima-energia «20-20-20» dell'Unione Europea, approvato a fine 2008, dopo undici mesi di lavoro, che sostanzialmente fissa per il 2020 l'obiettivo di ridurre del 20% delle emissioni di gas serra, di innalzare al 20% della quota di consumo energetico da fonte energetica rinnovabile (FER) e di ridurre del 20% i consumi energetici, mediante interventi di razionalizzazione;
- l'iniziativa Energia 2020, partita a fine 2010 e che prevede nel 2011 e 2012 l'uscita di nuove misure di vario genere in campo energetico, per accelerare e conseguire nel miglior modo possibile gli obiettivi del pacchetto clima-energia 20-20-20.

Auspichiamo che a livello italiano l'applicazione del pacchetto sia effettiva, evitando di pensare che tali misure siano penalizzanti per l'Italia, invece che un 'volano', an-



Source: Eurostat (online data code: nrg_100a)

Figura 1. Dipendenza energetica nella UE (fonte: Eurostat).

che economico, che il settore può avere per il nostro paese (basti pensare allo sviluppo delle FER in altre regioni europee).

Infatti dagli ultimi dati distribuiti dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, risultano ad oggi raggiunti nell'Unione Europea gli obiettivi del protocollo di Kyoto ed alla portata gli obiettivi del pacchetto clima-energia 20-20-20, ma si richiede anche un maggior impegno ad alcuni paesi, tra cui l'Italia.

1. Gli 'attori' del settore energetico

Gli attori che intervengono nel settore energetico sono molteplici ed operano a livelli diversi, sia emanando direttamente atti legislativi o regolamentari in materia, sia operando attivamente introducendo politiche energetiche, che operando indirettamente su settori, come quello economico, che sono connessi con quello energetico.

A livello sovranazionale, ovvero di UE (Unione europea), abbiamo: il PE.

(Parlamento Europeo), il Consiglio della UE e la CE (Commissione Europea). La CE può genericamente rappresentare il potere esecutivo dell'UE, ha importanti funzioni di iniziativa legislativa, deve far rispettare le direttive europee, l'integrità del mercato unico e l'attuazione delle varie politiche comunitarie. I commissari sono tenuti a un'assoluta indipendenza nei confronti dei governi nazionali e devono operare solo ed esclusivamente nell'interesse dell'UE. È composta da varie DG (Direzioni Generali): quelle a cui compete il settore energetico sono la DG-TREN (Direzione Generale Energia e Trasporti) e secondariamente la DG-Ambiente.

La DG-TREN svolge questa missione elaborando proposte legislative, curando numerosi programmi e finanziando numerosi progetti. Le politiche europee risultano vincolanti per gli stati membri, che le devono 'recepire', seppur con un certo margine di contrattazione con la CE e di adattamento al contesto nazionale. Gli atti prodotti a livello comunitario hanno importanza diversa, potendo in alcuni casi essere direttamente applicabili negli stati membri, mentre in altri devono essere recepite tramite legge o decreto nazionale, come ad esempio le 'direttive'.

A livello nazionale, il Parlamento è l'organo legislativo, ma l'energia non è compresa tra le materie per le quali è riservata allo Stato la legislazione esclusiva ai sensi dell'art. 117, c. 2, della Costituzione (questo comma individua le materie su cui solo lo stato ha potere legislativo); pertanto la disciplina legislativa del settore energetico, ai sensi dell'art. 117, c. 4, spetta alle Regioni. Però, quella parte della materia che è costituita da «produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell'energia» è compresa dall'art. 117, c. 3, tra le materie di legislazione 'concorrente': quindi su questa parte della materia ci sono competenze sia statali che regionali.

Nelle materie di legislazione 'concorrente' spetta alle Regioni la potestà legislativa, salvo che per la determinazione dei principi fondamentali, riservata allo Stato.

Al Governo spettano importanti funzioni di iniziativa legislativa, oltre che quelle proprie di azione di governo, i ministeri interessati al settore sono il MSE (Ministero dello Sviluppo Economico), strutturato in direzioni generali, di cui la DGERM (Direzione generale per l'energia e le risorse minerarie) è quella competente in merito; competenze in materia sono inoltre del MATT (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), in particolare con la «Divisione IX "Energie rinnovabili" III Interventi ambientali, efficienza energetica e energie alternative» della «Direzione generale per lo sviluppo sostenibile, il clima e l'energia» per la salvaguardia ambientale esso esercita le funzioni di competenza in materie energetiche. Anche il MEF (Ministero dell'Economia e delle Finanze) ha funzioni indirettamente connesse alla materia, ad esempio in materia di incentivazione e agevolazione fiscale o di tassazione dei combustibili; infine ulteriore organo che opera in materia è il CIPE (Comitato interministeriale programmazione economica), le cui delibere riguardano gli aspetti economici del settore (ha acquisito le competenze del CIP (Comitato interministeriale prezzi) quando questo è stato soppresso).

A livello inferiore abbiamo le Regioni, di cui abbiamo già indicato le precise competenze in materia energetica (oltre alle competenze a livello territoriale con norme relative all'uso del territorio L.R. 1/2005 ed il PIT (Piano di Indirizzo Territoriale)) e le Province, che non hanno competenze legislative in materia, ma hanno importanti funzioni di tipo 'operativo', come quelle autorizzative (delegate dalla Regione) per gli impianti a fonti energetiche rinnovabili, ed elaborano PEP (Piani Energetici

Provinciali), aventi funzione di indirizzo energetico e PTCP (Piani di Coordinamento Territoriali), aventi funzioni di governo effettivo del territorio, in cui il «fattore energia» viene implementato.

Analogamente i Comuni possono (l'obbligo vige solo per i comuni al di sopra i 50.000 abitanti) redigere PEC (Piani Energetici Comunali) e devono implementare nei loro Piani Strutturali Comunali (Regolamento Urbanistico, Norme di Attuazione e Regolamento edilizio, in particolar modo) le disposizioni previste nel PEC.

Ulteriori soggetti istituzionali sono AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas), un'autorità indipendente istituita nel 1995, con funzioni di regolazione e di controllo dei settori dell'energia elettrica e del gas (mediante proprie deliberazioni); il GSE (Gestore dei Servizi Elettrici), una società per azioni, istituita con il D.Lgs. 79/1999, sorta nell'ambito della riorganizzazione del sistema elettrico, che attualmente gestisce gli incentivi a livello nazionale relativi alle FER (CV – Certificati Verdi), Conto energia); Terna – Rete elettrica nazionale, società per azioni che gestisce fisicamente la RTN (Rete Nazionale di Trasmissione) dell'energia elettrica (la 'spina dorsale' energetica della nazione); il GME (Gestore del mercato elettrico), la società per azioni a cui è affidata l'organizzazione e la gestione economica del mercato elettrico, secondo criteri di neutralità, trasparenza ed obiettività, al fine di promuovere la concorrenza tra produttori.

Al GME è affidata, inoltre, l'organizzazione delle sedi di contrattazione dei CV (attestanti la generazione di energia elettrica da FER), dei «titoli di efficienza energetica» (TEE, c.d. «certificati bianchi», attestanti la realizzazione di interventi di riduzione dei consumi energetici) e delle «Unità di Emissione» (c.d. «certificati neri», relativi al meccanismo dell'*emission trading* previsto dal protocollo di Kyoto e ratificato dall'UE per il settore industriale).

Con l'avvio operativo del GME, avvenuto l'8 gennaio 2004, è nato il mercato dell'elettricità in Italia, analogamente ad altri paesi europei.

L'ENEA (Agenzia energetica nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), come definito anche dal recente D.lgs. 115/2008, avente quindi funzioni di controllo del risparmio energetico risultante dai servizi energetici e dalle altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica introdotte a livello comunitario, comprese quelle vigenti a livello nazionale nella sua struttura ridefinita con la L. 99/2009, ha mansioni di ricerca in ambito energetico, sviluppando e diffondendo nuove tecnologie e conoscenze, oltre che di supporto agli Enti pubblici. Oltre all'ENEA esistono numerose Agenzie Energetiche regionali, comunali e provinciali, società a capitale pubblico o misto, che rappresentano il braccio operativo, di tipo tecnico, degli enti regionali o locali, in tema di energia, svolgendo servizi principalmente per gli enti associati secondo il meccanismo *in house providing*.

2. Breve quadro di riferimento legislativo nazionale e comunitario

A livello legislativo l'Italia è stata all'avanguardia, emanando, in anticipo rispetto a molti paesi europei, delle normative 'avanzate' nel settore energetico, come quelle in attuazione del PEN (Piano energetico nazionale) del 1988: la L. 9/1991 e la L. 10/1991. Tale piano è ormai datato, anche perché si riferisce a un quadro istituziona-

le e di mercato che nel frattempo ha subito notevoli mutamenti, ma i criteri ispiratori erano all'avanguardia:

- promozione dell'uso razionale dell'energia e del risparmio energetico;
- adozione di norme per gli autoproduttori di energia elettrica;
- sviluppo della produzione da FER.

2.1 La legge 10/1991: una innovazione 'tradita'

La L. 10/1991 favorisce e incentiva:

- l'uso razionale dell'energia;
- il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti;
- l'utilizzazione delle FER;
- la riduzione dei consumi specifici di energia nei processi produttivi;
- una più rapida sostituzione degli impianti in particolare nei settori a più elevata intensità energetica, anche attraverso il coordinamento tra le fasi di ricerca applicata, di sviluppo dimostrativo e di produzione industriale.

Ai fini della legge sono definite FER: il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici e inorganici o di prodotti vegetali. Vengono altresì definite fonti di energia 'assimilate' alle FER:

- la cogenerazione, intesa come produzione combinata di elettricità e di calore;
- il calore recuperabile nei fumi di scarico e da impianti termici, da impianti elettrici e da processi industriali;
- le altre forme di energia recuperabile in processi, in impianti e in prodotti ivi compresi i risparmi di energia conseguibili nella climatizzazione e nell'illuminazione degli edifici con interventi sull'involucro edilizio e sugli impianti.

Il concetto di «energia assimilata» alle FER e l'inclusione dei rifiuti inorganici tra le FER, vengono definitivamente cancellati con la L. 296/2006 (c.s. finanziaria 2007).

L'utilizzazione delle FER è considerata di pubblico interesse e di pubblica utilità e le opere relative sono equiparate alle opere dichiarate indifferibili e urgenti ai fini dell'applicazione delle leggi sulle opere pubbliche.

Gli innovativi strumenti previsti:

- normativa tecnica per l'edilizia;
- regime semplificato degli interventi;
- certificazione energetica degli edifici;
- pianificazione regionale e locale;
- contributi;
- il responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia;
- controlli, verifiche e sanzioni.

L'art. 4 prescrive l'emanazione di tutta una serie di norme attuative e sulle tipologie tecnico-costruttive in merito all'edilizia, all'impiantistica in genere e per i trasporti. Alcune di queste norme non sono mai state emanate. In particolare, il c. 7 dell'art. 4, prevedeva l'emanazione di norme idonee a rendere apprezzabile il conseguimento dell'obiettivo dell'uso razionale dell'energia e dell'utilizzo delle FER. nei criteri di aggiudicazione delle gare di appalto economicamente rilevanti per la fornitura di beni e servizi per conto della pubblica amministrazione, degli enti territoriali e delle relative aziende, degli istituti di previdenza e assicurazione, è rimasto inapplicato.

L'art. 5 prescrive alle Regioni ed alle Province autonome la predisposizione di piani energetici Regionali relativi all'uso di FER, precisandone i contenuti di massima.

Gli artt. 8, 10 e 13 delegano alle Regioni e alle Province autonome il sostegno contributivo in conto capitale per l'utilizzo delle FER in edilizia e in agricoltura, per il contenimento dei consumi energetici nei settori industriale, artigianale e terziario.

L'art. 19 introduce la figura professionale del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia (*Energy Manager*) per i soggetti che operano nei settori industriali, civile, terziario e dei trasporti.

Il Titolo II fornisce norme per il contenimento del consumo di energia negli edifici. A tal fine gli edifici pubblici e privati devono essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo i consumi di energia termica ed elettrica in relazione al progresso tecnologico.

L'art. 26, assegna alla Pubblica Amministrazione un ruolo prioritario per la diffusione delle FER o assimilate, poiché tenuta a soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici di cui è proprietaria ricorrendo alle FER, salvo impedimenti di natura tecnica o economica.

L'art. 28 introduce l'obbligatorietà di redigere una relazione di calcolo che attesti i consumi energetici del sistema «edificio-impianto» al di sotto dei limiti consentiti (Fabbisogno energetico normalizzato limite). Il D.P.R. 412/1993 darà il metodo di calcolo del FEN limite. Tale progetto, è diventato spesso un obbligo meramente burocratico in mancanza di controllo effettivi dei Comuni sulle pratiche presentate e gli interventi effettivamente realizzati.

L'art. 30 istituiva la certificazione energetica degli edifici, in anticipo di oltre dieci anni sulla direttiva comunitaria: in mancanza dei decreti applicativi, è rimasto inapplicato.

L'art. 31 introduce l'obbligo per le Province e Comuni con popolazione di oltre 40.000 abitanti ad effettuare controlli e verificando l'osservanza delle norme relative all'esercizio e manutenzione degli impianti termici civili.

La L. 10/1991 è stata molto innovativa, ma disattesa nella sua completa e migliore applicazione. Invece con la L. 9/1991, si introduce, oltre ai molti articoli relativi alla regolamentazione dei grandi impianti a FER l'aspetto significativo della parziale liberalizzazione della produzione dell'energia elettrica da FER e assimilate, che per diventare operativa doveva solo essere 'comunicata'.

L'art. 20, modificando la L. 1643/1962, consentiva alle imprese di produrre energia elettrica per autoconsumo o per la cessione all'ENEL. Questo principio riduceva solo in parte il monopolio dell'ENEL, perché vincolava la cessione delle eccedenze energetiche all'ENEL stessa.

Tali eccedenze vengono venivano ritirate a un prezzo definito dal CIP calcolato in base al criterio dei costi evitati, cioè i costi che l'ENEL avrebbe dovuto sostenere per

produrre in proprio l'energia elettrica acquistata. In questo modo si è cercato di fornire benefici economici a quei soggetti che, senza ridurre la propria capacità produttiva, adottavano tecnologie che riducevano i consumi energetici.

Con l'art. 22 gli impianti con potenza installata non superiore ai 20 kW vengono esclusi dal pagamento dell'imposta e dalla categoria di «officina elettrica», in caso di funzionamento in servizio separato rispetto alla rete pubblica; anche questa una prima agevolazione per i piccoli impianti.

La produzione da fonti convenzionali, invece, rimaneva vincolata all'autorizzazione da parte del MICA, di fatto il mercato era ancora caratterizzato dal monopolio di ENEL.

Con l'ormai famosa delibera n. 6 del 1992, del CIP, detto anche «CIP 6», nasce un sistema di incentivazione che fissa in otto anni la durata di questi incentivi dall'entrata in funzione dell'impianto a FER o assimilata; allo scadere di questo periodo il prezzo di cessione rientrava nei criteri del costo evitato. Sempre nello stesso provvedimento viene stabilita la condizione di efficienza energetica per l'assimilabilità all'incentivo, calcolata con un indice energetico che premiava le soluzioni a più alto rendimento elettrico. Con tutte le buone intenzioni del provvedimento, si sono però prodotte delle distorsioni:

- ha finanziato molti impianti 'assimilati' alle FER, come quelli che producono energia da rifiuti, e non i veri impianti a FER;
- pochi impianti per le FER finanziati: solo gli impianti più redditizi, come quelli idroelettrici ed eolici;
- venivano progettati impianti da tenere in funzione solo per gli otto anni degli incentivi, per poi essere dismessi col cessare della tariffa incentivante.
- il D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 è il regolamento attuativo del c. 4 dell'art.4 della l. 10/1991; uno dei pochi regolamenti attuativi emanati; il D.P.R. 412/1993 (coordinato col D.P.R. 551/1999):
- (art. 2) suddivide il territorio nazionale in sei zone climatiche in funzione dei G.G. (gradi giorno) comunali: un valore dei G.G. maggiore significa un luogo 'più freddo', ovvero necessità di maggiore energia per l'esercizio dell'impianto termico;
- (art. 3 e 4) classifica gli edifici in otto categorie a seconda della destinazione d'uso e stabilisce per ogni categoria di edifici la temperatura massima interna consentita; le residenze appartengono alla categoria E.1;
- (art. 5) stabilisce dei requisiti minimi di rendimento dei nuovi impianti termici, in funzione della potenza, da verificare al momento della progettazione;
- (art. 5) determina che negli edifici costituiti da più unità immobiliari, gli impianti termici devono essere collegati ad appositi camini con sbocco sopra il tetto dell'edificio alla quota prescritta dalla regolamentazione tecnica vigente, salvo alcune deroghe;
- (art. 5) determina che negli edifici pubblici o adibiti ad uso pubblico è fatto obbligo di soddisfare il fabbisogno energetico favorendo il ricorso a FER o assimilate, salvo impedimenti di natura tecnica o economica (evidenziati nel progetto e nella relazione tecnica di cui all'art. 28 della L. 10/1991, riportando le specifiche valutazioni che hanno determinato la non applicabilità del ricorso alle FER). Il parametro

che determina la convenienze economica del ricorso alle FER è il tempo di ritorno semplice degli extra-costi sostenuti dall'impianto che utilizza le FER rispetto ad un impianto convenzionale; tale parametro è determinato in un periodo di ritorno pari a otto anni. Il tempo di ritorno semplice è elevato da otto a dieci anni per edifici siti nei centri urbani dei comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti;

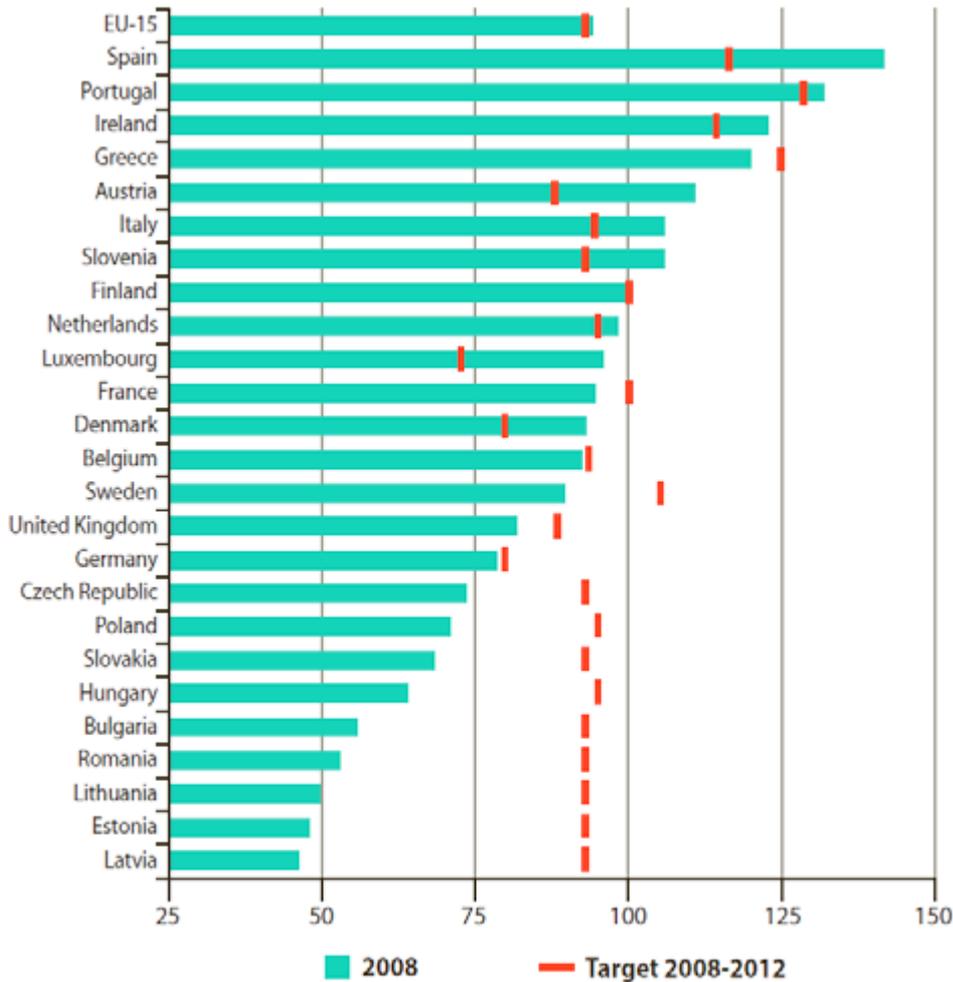
- (art. 8) definisce il metodo di calcolo del valore limite del FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato) per il sistema edificio-impianto, il cui calcolo va eseguito per ottemperare alla relazione tecnica prevista dall'art. 28 della L. 10/1991. La relazione di calcolo è necessaria per avere l'abitabilità. Il FEN limite è funzione della località (caratterizzata dai gradi-giorno, G.G.), dell'efficienza dell'impianto, della forma e isolamento dell'edificio e degli apporti gratuiti utilizzabili esterni (sole radiazione solare, persone, apparecchiature, ecc.) che si riesce a sfruttare (modificato da con l'attuale D.Lgs. 192/2005, che si introduce un nuovo indice: l'EPI, Energia Primaria Invernale);
- (art. 9) stabilisce per ogni zona climatica la durata giornaliera di attivazione e il periodo annuale di accensione degli impianti di riscaldamento;
- (art. 11) prevede una periodica e annuale manutenzione degli impianti termici, con prove di combustione per verificarne lo stato di efficienza da eseguirsi con cadenze funzione della potenza del generatore (modificato da D.Lgs. 192/2005);
- (art. 11) istituisce a carico delle province e dei comuni con un numero di abitanti maggiore a 40.000 i controlli sugli impianti termici per verificarne lo stato di esercizio ed efficienza.

2.2 Il protocollo di Kyoto

La vicenda normativa energetica italiana, anticipa, per alcuni aspetti, il più vasto movimento internazionale per una più efficiente e sostenibile strategia energetica a livello globale che trova il suo più alto momento di sintesi nella definizione del protocollo di Kyoto. Quasi 10.000 delegati, osservatori e giornalisti parteciparono alla Conferenza di Kyoto, in Giappone, nel dicembre del 1997. Alla Conferenza si approvò, per consenso, la decisione per l'adozione di un Protocollo secondo il quale i paesi industrializzati si impegnavano a ridurre, per il periodo 2008-2012, il totale delle emissioni di gas ad effetto serra almeno del 5% rispetto ai livelli del 1990. Questi impegni, giuridicamente vincolanti, avrebbero prodotto una reversione storica della tendenza ascendente delle emissioni che detti paesi hanno da circa 150 anni. Il Protocollo di Kyoto è stato aperto alla firma il 16 marzo 1998, con entrata in vigore il novantesimo giorno successivo alla data in cui almeno 55 Parti della Convenzione, tra le quali i paesi sviluppati le cui emissioni totali di CO₂ rappresentano rappresentino almeno il 55% della quantità totale emessa nel 1990 da questo gruppo di paesi, lo abbiano ratificato.

Il protocollo di Kyoto concerne le emissioni di sei gas ad effetto serra (Fig. 2), che sono individuati nell'allegato A del protocollo: biossido di carbonio o anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoro di zolfo (SF₆).

Globalmente, le parti della Convenzione quadro (elencate nell'allegato I) si impegnano a ridurre le loro emissioni di gas ad effetto serra di almeno il 5% rispetto ai



Source: European Environment Agency, also available at Eurostat (online data code: [env_air_ind](#))

Figura 2. Emissioni di gas serra nella UE e obiettivo del protocollo di Kyoto (fonte: Eurostat).

livelli del 1990 nel periodo 2008-2012. I paesi non elencati nell'allegato I (paesi in via di sviluppo perlopiù) non hanno obblighi di riduzione. L'allegato B del protocollo contiene gli impegni quantificati sottoscritti dalle parti.

Gli elementi chiave del Protocollo di Kyoto, sottoscritto da 121 Paesi nel dicembre 1997, sono:

- la definizione degli obiettivi di riduzione delle emissioni;
- la previsione di una scadenza temporale (2008-12) per la verifica del raggiungimento degli obiettivi;
- il ricorso a strumenti di mercato per garantire il raggiungimento degli obiettivi.

Il nostro Paese appartiene al gruppo delle Nazioni incluse nell'Annesso B del Protocollo. L'obiettivo di riduzione dei gas serra indicato nel suddetto Protocollo è

fissato a una percentuale dell'8% (ovvero la stessa percentuale indicata per tutti i Paesi appartenenti all'UE).

In sede comunitaria, nel Giugno 1998, sono state stabilite le percentuali di riduzione a carico dei diversi Paesi (accordo di *burden sharing*). Per l'Italia, è stata fissata una percentuale del 6,5%.

Sono stati individuati alcuni meccanismi per il corretto funzionamento del sistema del protocollo di Kyoto; si definiscono «meccanismi flessibili» e sono:

- l'*Emission trading* è una misura ammessa tra i Paesi appartenenti all'Annesso I e si sostanzia nella creazione di un mercato dei permessi di emissione;
- la *Joint Implementation* è una misura che prevede la collaborazione tra Paesi sviluppati e che consente a un Paese dell'Annesso I (industrializzati) di ottenere dei crediti di emissione grazie a dei progetti di riduzione delle emissioni oppure di assorbimento delle emissioni di gas a effetto serra sviluppati in un altro Paese dell'Annesso I;
- Il *Clean Development Mechanism* è uno strumento analogo alla *JI* e si differenzia da quest'ultima in quanto consente a Paesi dell'Annesso I (industrializzati) di ottenere dei crediti di emissione grazie a dei progetti di riduzione delle emissioni oppure di assorbimento delle emissioni di gas a effetto serra sviluppati in un Paese non appartenente all'Annesso I (paesi in via di sviluppo).

Le misure di flessibilità vengono considerate supplementari rispetto alle azioni domestiche. Le regole che permetteranno di rendere operativi i meccanismi di flessibilità devono essere ancora precisate.

Il protocollo di Kyoto è entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo che la Russia lo ha ratificato, divenendo quindi obbligatorio per chi lo ha sottoscritto. Il protocollo di Kyoto rappresenta un importante precedente: è il primo rilevante trattato globale per fronteggiare concretamente l'incombente minaccia planetaria del cambiamento climatico.

Certamente il trattato ha dei limiti e precisamente:

- riguarda i soli paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (est europeo) ma non quelli in via di sviluppo, tra cui Cina, India e Brasile che, con gli attuali tassi di sviluppo, potrebbero divenire in pochi decenni i principali inquinanti mondiali;
- è solo la prima tappa dell'impegnativo percorso verso la riduzione delle emissioni.

L'obiettivo del 5,2%, ammesso che sia raggiungibile, si ridurrebbe al solo 3,5% se USA e Australia (che già avevano sottoscritto l'accordo) persevereranno a non aderire al protocollo. L'obiettivo è senza dubbio ancora modesto ma è comunque un successo politico poiché il 45% degli stati del mondo e quasi tutti i paesi industrializzati lo hanno, ad oggi, ratificato.

2.3 Gli indirizzi comunitari europei

La UE ha compiuto un primo passo verso l'elaborazione di una strategia per incentivare lo sviluppo delle FER nel 1996 con l'adozione del libro verde *Energia per il*

futuro: Le Fonti Energetiche Rinnovabili, incentrando il dibattito sul tipo e sulla natura delle misure prioritarie da prendere in considerazione.

Nel 1997 è uscito il libro Bianco *Energia per il futuro, le fonti energetiche rinnovabili. Libro bianco per una strategia e un piano di azione della Comunità*¹ dove l'Unione Europea si è proposta di conseguire un approvvigionamento dell'energia primaria almeno per il 12% da FER entro il 2010-2012. Obiettivo confermato dal Libro Verde *Verso una strategia Europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*² del 2000 affrontando anche il tema della dipendenza energetica dei Paesi membri dall'esterno dell'UE. L'economia europea divora sempre più energia, basandosi essenzialmente sui combustibili fossili che rappresentano l'80% del consumo totale di energia (petrolio, carbone e gas naturale) di cui circa i 2/3 sono importati. Da solo, il gas naturale proveniente dalla Russia rappresenta quasi il 20% del consumo. L'offerta comunitaria di energia copre appena la metà del fabbisogno comunitario. In assenza di interventi entro il 2030, il ruolo dei combustibili fossili si accentuerà. Le importazioni di energia diventeranno molto più onerose e rappresenteranno il 70% del fabbisogno globale. Le importazioni di petrolio potrebbero raggiungere il 90%. La sicurezza dell'approvvigionamento richiede varie iniziative politiche che consentano, tra l'altro, di diversificare le fonti e le tecnologie, senza ignorare il contesto geopolitico e le sue implicazioni. Le più recenti politiche europee, sintetizzate nella premessa, confermano tali politiche, potenziando ulteriormente gli strumenti ed i provvedimenti (Fig. 3).

2.4. La più recente evoluzione normativa evolve verso la sostenibilità

Il Libro verde propone una strategia chiara ed innovativa, imperniata sul controllo della domanda (contenerla e orientarla), contrariamente a politiche di vecchio stampo che si preoccupano di rispondere alla domanda con un'offerta sempre maggiore.

Col D.Lgs. 112/1998 (decreto attuativo della c.d. legge Bassanini) vengono definite chiaramente le competenze nel settore energetico proprie dello Stato, delle Regioni e delle Province: in particolare si definiscono i piani energetici provinciali, che in linea con le previsioni dei piani regionali devono stabilire azioni per l'efficienza energetica e lo sviluppo delle FER.

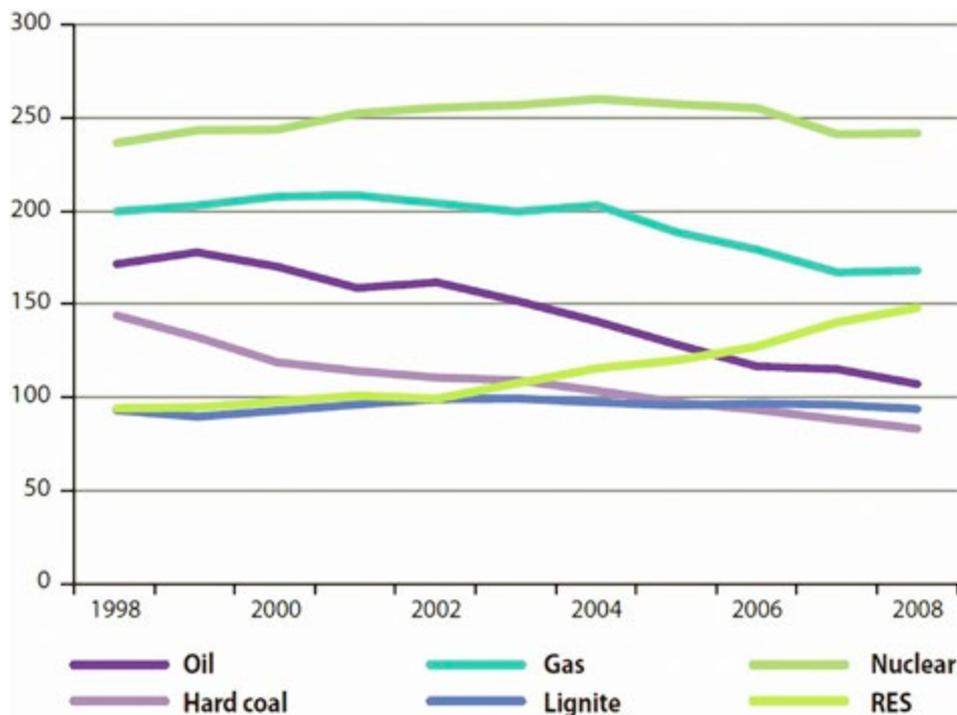
Con il D.Lgs. 79/1999 (c.d. Decreto Bersani) si dà attuazione alla Direttiva 96/92/CE recante norme per il mercato interno dell'energia elettrica

Il D.Lgs. oltre a dare il via alla liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, stabilisce alcuni punti fondamentali relativi al settore delle FER:

- assicurare la precedenza nel dispacciamento all'energia elettrica prodotta da FER;
- introdurre, a decorrere dal 2001, l'obbligo per i soggetti che producono o importano energia elettrica da fonti non rinnovabili per oltre 100 GWh su base annua (al netto della cogenerazione, degli autoconsumi di centrale e delle esportazioni), di immettere in rete una quota prodotta (o acquisita, anche in parte) da impianti

¹ Comunicazione della Commissione 2007, <http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_it.pdf>, 08/11.

² Commissione Europea 2000 [COM (2000)769 def.], <<http://www.borsaservizi.it/pages/documents/libro-verde.pdf>>, 08/11.



Source: Eurostat (online data codes: nrg_100a, nrg_101a, nrg_102a, nrg_103a, nrg_104a and nrg_1072a)

Figura 3. Variazione della produzione di energia nella UE per fonte energetica (RES = fonti rinnovabili) (fonte: Eurostat).

da fonti rinnovabili entrati in esercizio o ripotenziati, limitatamente alla producibilità aggiuntiva, in data successiva a quella di entrata in vigore del decreto (1 aprile 1999). La suddetta quota è stabilita inizialmente al 2%, e sarà incrementata per gli anni successivi al 2002 con decreto del Ministro dell'industria (adesso MSE);

- prevedere l'utilizzo prioritario delle FER nello sviluppo delle piccole reti isolate.

Anche in Italia, nel 1999, viene pubblicato un libro bianco *Per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili*, con cui si adempie ad una specifica disposizione del CIPE connessa agli interventi nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra. Il Libro Bianco è predisposto sulla base del precedente Libro Verde elaborato dall'E-NEA nell'ambito del processo organizzativo della Conferenza nazionale energia e ambiente. Il libro bianco individua, per ciascuna FER, gli obiettivi che devono essere conseguiti per ottenere le riduzioni di emissioni di gas serra che la delibera CIPE attribuisce alle FER, indicando altresì le strategie e gli strumenti necessari allo scopo.

Con il D.Lgs. 164/2000 (c.d. decreto Letta) si dà attuazione alla direttiva n. 98/30/CE recante norme comuni per il mercato interno del gas, stabilendo le modalità di liberalizzazione del mercato del gas. Di fatto il mercato è libero dal 2003, anche se gli eventuali benefici per gli utenti finali non sono ancora evidenti.

La Direttiva 2001/77/CE prevede la promozione della produzione energetica elettrica da FER, ponendo obiettivi nazionali di consumo di elettricità prodotta da FER,

un sistema di certificazione d'origine dell'elettricità 'verde' e misure di accompagnamento per facilitare la penetrazione dell'elettricità 'verde' sul mercato interno. Con questo quadro regolamentare, nel 2010 il 22% del consumo di elettricità nell'Unione dovrebbe essere prodotto da fonti energetiche rinnovabili.

Con il D.M. 16 marzo 2001 viene istituito il primo programma di incentivazione degli impianti fotovoltaici (tetti fotovoltaici). Il bando ha coperto solo un numero esiguo di domande, visto il costo degli impianti ed il contributo riconosciuto (75% in conto capitale).

La Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia ha l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficienza sotto il profilo dei costi.

Il consumo energetico nel settore residenziale rappresenta il 40% dell'energia consumata nella UE (che sale fino a quasi il 60% in Provincia di Firenze). Con buone condizioni di risparmio e di efficienza, si ipotizza di poter risparmiare circa il 22% di questo consumo. Le disposizioni in essa contenute riguardano:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di rendimento energetico di edifici di nuova costruzione;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande superficie sottoposti ad importanti ristrutturazioni;
- la certificazione energetica degli edifici, che attesti la rispondenza degli edifici costruiti ai requisiti di legge, redatta da un organismo terzo ed indipendente rispetto alla committenza, la progettazione, la costruzione, la direzione dei lavori e la fornitura dei materiali;
- l'ispezione periodica degli impianti di climatizzazione degli edifici (sia riscaldamento che raffrescamento).

Il D.Lgs. 387/2003 ha recepito la Direttiva 2001/77/CE, con le finalità di:

- promozione di un maggior contributo delle FER alla produzione di elettricità;
- promozione di misure per il perseguimento degli obiettivi nazionali;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da FER.

Definisce le FER come quelle fonti energetiche di origine non fossile: Eolica, Solare, Geotermica, del moto ondoso, Maremotrice, Idraulica, Biomasse, gas di discarica e gas residuati dai processi di depurazione e biogas. In particolare, per biomasse si intende: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani (poi tale punto sui rifiuti sarà modificato successivamente).

Tra le varie disposizioni previste (molte rimandate a successivi decreti):

- disposizioni specifiche per la valorizzazione energetica delle biomasse, dei gas residuati dai processi di depurazione e del biogas;

- disposizioni specifiche per gli impianti di potenza inferiore a 20 kW; si prevede che l'AEEG emani la disciplina delle condizioni tecnico-economiche del servizio di scambio sul posto (*net-metering*) dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER con potenza nominale inferiore a 20 kW (non è consentita la vendita dell'energia elettrica prodotta dai suddetti impianti); all'epoca era vigente al deliberazione 224/00, poi sostituita solamente nel 2006 con la deliberazione 28/06;
- disposizioni specifiche per il solare fotovoltaico; emanazione di uno o più decreti con i quali sono definiti i criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica dalla fonte solare (emanato nel 2005).
- razionalizzazione e semplificazione delle procedure autorizzative; le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da FER, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti;
- la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da FER, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla Regione o altro soggetto istituzionale delegato dalla Regione (la Regione Toscana con la L.R. 39/2005 ha delegato tale procedimento alle Province);
- questioni riguardanti la partecipazione al mercato elettrico; l'energia elettrica da impianti di potenza qualsiasi alimentati da FER (eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, maremotrice e idraulica, limitatamente, per quest'ultima fonte, agli impianti ad acqua fluente), è ritirata, su richiesta del produttore, dal gestore di rete alla quale l'impianto è collegato (adesso è ritirata direttamente dal Gestore dei Servizi Energetici, GSE). L'AEEG determina il prezzo a cui viene ritirata tale energia: in pratica viene riconosciuto un prezzo 'incentivato' a tale energia;
- questioni attinenti il collegamento degli impianti alla rete elettrica; l'AEEG emana specifiche direttive relativamente alle condizioni tecniche ed economiche per l'erogazione del servizio di connessione di impianti alimentati da FER alle reti elettriche con tensione nominale superiore ad 1 kV, i cui gestori hanno obbligo di connessione di terzi;
- istituzione dell'Osservatorio Nazionale sulle Fonti Rinnovabili e l'efficienza negli usi finali dell'energia che, svolge attività di monitoraggio e consultazione sulle FER e sull'efficienza negli usi finali dell'energia;
- inclusione dei rifiuti tra le fonti energetiche ammesse a beneficiare del regime riservato alle FER, ivi compresa, anche tramite il ricorso a misure promozionali, la frazione non biodegradabile e i combustibili derivati dai rifiuti. È previsto un decreto con il quale sono individuati gli ulteriori rifiuti e combustibili derivati dai rifiuti ammessi a beneficiare di tale regime; successivamente è stato però emanato il D.Lgs. 152/2006 (c.d. Testo Unico in materia ambientale) che ha definito i combustibili e tra questi i rifiuti ammessi, tra cui rientravano il CDR e il CDR-Q; successivamente con le ulteriori modifiche apportate al testo unico sono stati esclusi tali rifiuti dal regime assimilato alle rinnovabili.

In realtà il D.Lgs. 387/2003 è nella pratica una legge quadro collegata a una serie di decreti attuativi, circa venti. Tali decreti sono stati emanati in parte e con ritardi anche di alcuni anni.

A complicare la situazione è subentrata la legge L. 239/2004 di «riordino e riforma del settore energetico» (c.d. legge Marzano) che prevede tra gli impianti aventi diritto ai CV quelli che producono elettricità da impianti statici alimentati a idrogeno (prodotto ancora da combustibili principalmente di origine fossile) e da impianti di cogenerazione abbinati a teleriscaldamento, 'assimilando' di fatto alle FER installazioni che andrebbero escluse (alla stregua del vecchio CIP 6/92 e le fonti assimilate).

Con la legge Marzano si prova a mettere in atto un'azione di riordino del settore, delegando al Governo le funzioni legislative in materia energetica.

La legge è costituita da un unico corposo articolo (121 commi), che va a disciplinare molti settori e aspetti del settore: dalla produzione energetica, alle FER, fino ai controlli di sicurezza sugli impianti termici; tra i punti salienti:

- (commi 1-12) Le Regioni accrescono il loro ruolo nella promozione dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili di energia, lo stato mantiene solo una funzione di indirizzo;
- (commi 13-29) sono previste varie misure per accrescere la concorrenza nei mercati in liberalizzazione e per stimolare gli investimenti nelle infrastrutture energetiche;
- (c. 30) dal 1 luglio 2007 la liberalizzazione del mercato elettrico si estenderà anche agli utenti domestici;
- (c. 34) le aziende di distribuzione non possono effettuare interventi post-contatore neanche avvalendosi di imprese collegate o partecipate;
- (c. 41) l'energia elettrica prodotta da impianti di produzione sotto i 10 MVA e alimentati da FER entrati in funzione dopo il 1 aprile 1999 viene ritirata dal GSE (ex-GRTN Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale) GRTN o dal distributore a seconda della rete a cui gli impianti sono collegati;
- (c. 44) dovrà essere emanato un decreto di riordino della normativa tecnica all'interno degli edifici, e per la promozione di un sistema di verifiche energetiche e di sicurezza più efficace (ad oggi ancora non emanata);
- (c. 71) hanno diritto all'emissione dei CV: l'energia elettrica prodotta da impianti alimentati ad idrogeno; l'energia prodotta da impianti statici alimentati dallo stesso combustibile; quella prodotta da impianti di cogenerazione per la quota di energia termica effettivamente utilizzata per il teleriscaldamento;
- (c. 73) il risparmio ottenuto mediante la produzione o l'utilizzo di calore da FER costituisce misura idonea al conseguimento degli obiettivi di cui al D.M. 20 luglio 2004;
- (c. 87) i CV assumono un valore di 0,05 GWh (50.000 kWh).

I D.M. 20 luglio 2004 «gas» ed «energia elettrica», fissano gli obiettivi nazionali di risparmio di energia primaria a carico dei distributori di energia elettrica e di gas, che dovranno essere raggiunti con azioni dirette verso gli utenti finali (ad esempio 'regalando' lampade fluorescenti compatte), o acquistando dei TEE (Titoli di Efficienza Energetica) riconosciuti a chi realizza determinati interventi.

Tali DD.MM. prevedono che il GME organizzi una sede per la contrattazione dei TEE e predisponga le regole di funzionamento del mercato d'intesa con l'AEEG (che emette i titoli a seguito della richiesta inoltrata dai soggetti abilitati).

I TEE, in Italia, sono stati istituiti con l'obiettivo di conseguire, alla fine del primo quinquennio di applicazione (2005-2009), un risparmio di energia pari a 2,9 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) all'anno. Questa diminuzione dei consumi complessivi nazionali di energia è in linea con gli obiettivi di riduzione dei gas serra dichiarati dall'Italia nell'ambito del Protocollo di Kyoto.

Ogni titolo certifica il conseguimento di risparmi di energia primaria pari a 1 Tep e ha un valore commerciale, variabile a secondo dell'andamento della «Borsa TEE» (attuale prezzo medio di mercato di 70 90 Euro/Tep).

2.4.1 La qualità energetica degli edifici

Il D.Lgs. 192/2005, in attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, introduce numerosi innovazioni relative alla qualità energetica degli edifici, introducendo: norme per il progettazione di edifici nuovi ed i relativi impianti, indicazioni su esercizio, manutenzione, controllo ed ispezione degli impianti termici negli edifici e la 'certificazione energetica' degli edifici stessi.

Successivamente il D.Lgs. 311/2006, corregge e migliora il D.Lgs. 192/2005 su numerosi punti, formando così un testo integrato di discreta complessità³.

Il D.Lgs. 115/2008 recepisce la Direttiva 2006/32/CE, introducendo, tra le altre cose, alcuni elementi fondamentali per la implementazione obblighi a livello nazionale di alcuni paletti univoci per poter avere dei metodi omogenei garantire l'omogeneità di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

L'art. 18 stabilisce che in materia di diagnosi energetiche e certificazione energetica degli edifici, in mancanza dei D.P.R. attuativi del D.Lgs. 192/05 ed in man-

³ Il D.Lgs. prevede, nel suo testo coordinato: (art. 3) Ambito di intervento diversificato e con obblighi diversificati in funzione degli interventi (edifici nuovi, ristrutturazioni integrali, nuovo impianto in edificio esistente, ristrutturazione degli impianti, sostituzione del generatore di calore); (art. 6) La certificazione energetica degli edifici, da applicarsi a tutti gli edifici (nuovi ed esistenti, con modalità differenziate); (Allegato I c.3) nel caso di nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici o sostituzione di generatori di calore, deve essere garantito un rendimento medio stagionale abbastanza alto, che comporta sostanzialmente una messa a punto dei sistemi di distribuzione, emissione e regolazione (oltre all'uso di generatori ad altissimo rendimento) per poter rientrare nei limiti; (Allegato I c.4) nel caso di mera sostituzione di generatori di calore, deve essere garantito un rendimento termico utile molto elevato, che comporta sostanzialmente l'impossibilità di installare nuovamente caldaie di tipo B (a camera aperta e tiraggio naturale), salvo alcune deroghe nel caso di canne fumarie collettive ramificate; (Allegato I c.11) obbligo l'uso di dispositivo per la regolazione automatica della temperatura ambiente (valvole termostatiche) nei singoli locali o nelle singole zone; (Allegato I c.12) integrazione obbligatoria delle FER per la produzione di energia termica ed elettrica per tutte le categorie di edifici, sia per edifici pubblici che privati, è obbligatorio l'utilizzo di FER; tale disposizione viene successivamente chiarita dal D.P.R. 59/2009 e poi dal D.Lgs. 28/2011; (Allegato I c.12) obbligo dei pannelli solari termici per coprire almeno il 50% (20% nei centri storici) del fabbisogno per usi igienico-sanitari; il d.lgs. 192/2005 ribadisce la obbligatorietà per i nuovi edifici, per nuovi impianti in edifici esistenti e per le ristrutturazioni degli impianti termici; tale norma viene confermata col D.P.R. 59/2009, ma successivamente pesantemente modificata col D.Lgs. 28/2011; (Allegato I c.13) le modalità applicative degli obblighi di cui al c. 12 (prescrizioni minime e caratteristiche tecniche, sono definite, con appositi decreti (ancora non pubblicati, anche se con il D.Lgs. 115/2008 è possibile calcolare in maniera univoca il fabbisogno di acqua calda sanitaria per gli edifici con cui poi dimensionare i pannelli solari).

canza di normativa Regionale, si applica l'allegato III del D.Lgs., che definisce: la Metodologia di calcolo, la figura del Tecnico abilitato. Le Regioni che hanno già emanato normative devono cercare di riavvicinare i contenuti a quelli dell'allegato III.

L'Allegato III però non definisce le linee guida per la redazione dell'attestato di certificazione energetica, che dovranno essere rilasciate con D.M. (come previsto dal D.Lgs. 192/05 art.6 c.9), ma stabilisce che:

- le Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici e degli impianti sono quelle definite nelle UNI/TS 11300:2008 parte prima e seconda;
- i software commerciali potranno avere uno scostamento massimo del $\pm 5\%$ rispetto ai corrispondenti parametri calcolati con lo strumento nazionale di riferimento;
- tale strumento nazionale di riferimento è predisposto dal CTI;
- tale garanzia è fornita attraverso una verifica e dichiarazione resa dal CTI o dalla UNI (in mancanza dello strumento, vale una autodichiarazione del produttore del software);
- sono abilitati alla 'attività' di certificazione energetica, e quindi riconosciuti come soggetti certificatori, i tecnici abilitati;
- si definisce tecnico abilitato un tecnico (sia dipendente di enti /organismi pubblici/società, che libero professionista), iscritto al relativo ordine/collegio professionale, e abilitato all'esercizio della professione relativa alla progettazione di edifici ed impianti, asserviti agli edifici stessi, nell'ambito delle competenze ad esso attribuite dalla legislazione vigente;
- il tecnico abilitato opera all'interno delle proprie competenze; se non competente in un particolare settore (es. progettazione impianti), deve operare in collaborazione con altro/i tecnico/i abilitato/i in modo che il gruppo copra tutti gli ambiti professionali (pool);
- ai fini della certificazione energetica, sono tecnici abilitati anche i soggetti in possesso di titoli di studio tecnico-scientifici, individuati da Regioni e province autonome, e abilitati a seguito di specifici corsi (con esame);
- ai fini di assicurare indipendenza e imparzialità, il certificatore deve dichiarare l'assenza di conflitto di interessi (non coinvolgimento nel processo di progettazione, costruzione, direzione lavori, vendita materiali);
- qualora il tecnico abilitato sia dipendente, il requisito di indipendenza è da intendersi superato dalle stesse finalità istituzionali di perseguimento di obiettivi di interesse pubblico proprie di tali enti ed organismi.

Successivamente col D.M. 26/06/2009 vengono pubblicate le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, che tra le cose più importanti stabiliscono:

- le Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici e degli impianti sono quelle definite nelle UNI/TS 11300:2008 parte prima e seconda;
- vengono definiti i modelli ufficiali (edifici residenziali e non residenziali) dell'attestato di certificazione energetica;
- si stabilisce che in questa fase iniziale concorrono a definire il consumo complessivo dell'edificio solamente i consumi di energia primaria per riscaldamento (EPI) e per acqua calda sanitaria (EPACS);

- il D.P.R. 59/2009 va a sostituire l'allegato I del D.Lgs. 192/2005, stabilendo alcuni precisando gli obblighi in materia di efficienza energetica e di uso delle fonti rinnovabili negli edifici pubblici e privati.

All'art. 4 c. 22 e c. 23 si stabilisce l'obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica. Tali commi vengono successivamente abrogati col D.Lgs 28/2011 che stabilisce:

- per la parte termica è necessario nel caso di edifici di nuova costruzione o in occasione di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli impianti termici esistenti, coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta dall'utenza per la produzione di ACS. Tale limite è ridotto al 20% per edifici situati nei centri storici.
- per la produzione di energia elettrica si stabilisce l'obbligo di installare impianti fotovoltaici nel caso di edifici di nuova costruzione, pubblici e privati, o di ristrutturazione integrale degli stessi.
- le valutazioni concernenti il dimensionamento ottimale o l'eventuale impossibilità tecnica di rispettare le presenti disposizioni, devono essere dettagliatamente illustrate nella relazione tecnica da depositare in Comune. Le modalità applicative di questi obblighi, le prescrizioni minime, le caratteristiche tecniche e costruttive saranno precisate con successivo provvedimento ad oggi non pubblicato, per cui rimangono delle incertezze sul come applicare tali obblighi vigenti.

2.4.2 Il 'conto energia' e lo scambio sul posto

Il D.M. 28 luglio 2005 (c.d. conto energia) istituisce, in attuazione del D.Lgs. 387/2003, il sistema nazionale di incentivazione degli impianti solari fotovoltaici, con un meccanismo analogo a quello rivelatosi vincente in altri paesi europei (incentivi durante la vita dell'impianto, stabilendo una 'tariffa' con la quale veniva corrisposto l'incentivo per ogni kWh prodotto). Il meccanismo introdotto aveva però dei forti limiti dovuti al basso tetto di potenza incentivabile (e quindi di impianti) e l'istituzione di scadenze periodiche entro cui presentare le domande. Il meccanismo si è quindi inceppato per le molte domande e riuscendo comunque ad incentivare alcuni impianti, è stato rivisto notevolmente con il «nuovo conto energia» del 2007 (D.M. 19 febbraio 2007). Tale strumento ha funzionato molto bene, con alcune distorsioni del mercato che hanno prodotto la realizzazione di grandi centrali fotovoltaiche aventi l'unica finalità di vendita dell'energia. Tali distorsioni sono state corrette col «terzo conto energia» che però ha avuto una vita brevissima a causa del D.Lgs. 28/2011 (c.d. decreto Romani) che ha abbassato notevolmente gli incentivi (che già erano stati abbassati con il terzo conto energia) dando vita al «quarto conto energia».

La Deliberazione 28/2006 della AEEG (abrogata), e poi la attuale deliberazione 74/2008 della AEEG definisce inoltre le condizioni tecnico- economiche del servizio di «scambio sul posto» dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER di potenza nominale non superiore a 20 kW situati sul territorio nazionale.

La delibera abroga la precedente 224/2000 che disciplinava tale opportunità per i soli impianti fotovoltaici, e a sua volta sarà sostituita dalla deliberazione 74/2008 dal 1° gennaio 2009.

Questa importante delibera sancisce la possibilità di connettere alla rete elettrica nazionale gli impianti a FER privati di piccola taglia, con la possibilità di riversare in rete gli eccessi di energia elettrica istantaneamente prodotti e non consumati, con il vantaggio di poter conteggiarne la quantità e valutarne il valore economico a un prezzo equo (e poterne detrarre i quantitativi di energia 'alla pari' dalle future bollette). Oltre al risparmio derivante dal mancato acquisto di energia da fonti esterne, questa particolare forma di contratto prevede lo scambio equo di energia (alla pari), infatti in passato sarebbe stato possibile collegarsi alla rete, ma anti-economico vendere l'energia prodotta (col criterio del costo evitato).

L'energia immessa in rete viene conteggiata per essere accreditata sulle bollette future; se per 3 anni non viene 'consumata', il credito viene però azzerato. Tale atto incentiva la micro-generazione diffusa di energia elettrica da FER, in linea con le politiche di incentivazione delle FER e della sicurezza dell'approvvigionamento.

Con il D.M. 19 febbraio 2007, si dà attuazione dell'art. 7 del D.Lgs. 387/2003, aggiornando e facendo ripartire gli incentivi per il settore fotovoltaico (c.d. «Nuovo Conto Energia»). Il settore ha risposto molto positivamente alle nuove modalità di incentivazione, superando i 140 MW installati in circa due anni. Nella Provincia di Firenze, sono stati realizzati o sono in via di realizzazione impianti di grande dimensione sulle coperture piane dei centri commerciali, delle scuole, degli edifici del terziario e a terra laddove grandi superfici inutilizzate (come le discariche ormai chiuse) possono essere efficacemente 'convertite'.

La Deliberazione ARG/elt 74/08 dell'AEEG «Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo scambio sul posto (TISP)», sostituisce la deliberazione 28/06 dal 01/01/2009. Le principali novità sul «servizio di scambio sul posto»:

- viene erogato direttamente dal GSE agli utenti;
- il soggetto che intende avvalersene presenta domanda al GSE e, per conoscenza, all'impresa di vendita da cui acquista energia elettrica, utilizzando un modello di domanda standard;
- viene esteso anche agli impianti di cogenerazione ad alto rendimento fino a 200 kW elettrici;
- per gli impianti a FER gli eventuali crediti dovuti a produzioni superiori all'acquisto di energia elettrica si conservano nel tempo.

Il settore ha risposto molto positivamente alle modalità di incentivazione del secondo conto energia, superando gli 11.000 MW installati in circa quattro anni. Nella Provincia di Firenze, sono stati realizzati impianti di grande dimensione sulle coperture piane dei centri commerciali, delle scuole, degli edifici del terziario e a terra laddove grandi superfici inutilizzate possono essere efficacemente 'convertite', per un totale di oltre 43 MW.

2.4.3 Le leggi finanziarie

Anche tramite le c.d. leggi finanziarie degli ultimi anni sono stati posti in essere nuovi strumenti, incentivi ed opportunità per il settore energetico.

La L. 296/2006 (legge Finanziaria 2007) ha introdotto alcune novità (poi corrette e incrementate con la Finanziaria 2008) che influenzeranno le nostre città, in particolare introducendo obblighi specifici per i nuovi edifici e le FER, oltre ad incentivare la riqualificazione energetica degli edifici e le FER.

Sono previste agevolazioni fiscali, pari al 55% delle spese sostenute, per le persone fisiche e le aziende, da ripartire su tre anni (le cui procedure sono state poi definite dal successivo D.M. 19 febbraio 2007) relativamente agli:

- (c. 344) interventi di riqualificazione energetica di edifici esistenti, che conseguono un fabbisogno di energia primaria annuo per la climatizzazione invernale inferiore (EPI) di almeno il 20% rispetto ai valori limite definiti dal D.Lgs. 192/2005;
- (c. 345) interventi di isolamento termico su edifici esistenti, parti di edifici esistenti o unità immobiliari, che conseguono una trasmittanza termica pari o inferiore a quelli definiti in una tabella allegata;
- (c. 346) interventi di installazione di pannelli solari termici per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno di acqua calda in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università;
- (c. 347) interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione.

Ulteriori agevolazioni sulle imposte sono previste per:

- (c. 353) la sostituzione di frigoriferi e congelatori e loro combinazioni con analoghi apparecchi di classe energetica non inferiore ad A+ spetta una detrazione pari al 20% delle spese e fino a 200 euro per ciascun apparecchio;
- (c. 354) alle aziende che operano nel settore del commercio spetta una ulteriore deduzione dal reddito d'impresa pari al 36% dei costi sostenuti nel caso si vada a sostituire i sistemi di illuminazione con altri ad alta efficienza;
- (c. 358 e c. 359) per l'acquisto, sostituzione e l'installazione di motori elettrici ad elevata efficienza e per l'acquisto di variatori di velocità (inverter), spetta una detrazione pari al 20% e fino a massimo di 1.500 euro per intervento.

Oltre alle agevolazioni fiscali sono previste:

- (c. 350) modifica all'articolo 4 del «Testo Unico dell'Edilizia» (D.P.R. 380/2001), in cui si prevede che i Comuni debbano modificare i propri regolamenti edilizi, in modo tale che al fine del rilascio del permesso di costruire, deve essere prevista l'installazione dei pannelli fotovoltaici per gli edifici di nuova costruzione (potenza minima di 0,2 kW per ciascuna unità abitativa). Tale norma sarà poi ampliata dalla Finanziaria 2008.
- (cc. 362-363) il maggiore gettito fiscale derivante dall'incidenza dell'IVA sui prezzi di carburanti e combustibili di origine petrolifera, in relazione ad aumenti del prezzo internazionale del petrolio greggio è destinato, nel limite di 100 milioni di euro annui, alla costituzione di un apposito «Fondo a copertura di interventi di efficienza energetica e di riduzione dei costi della fornitura energetica per finalità

sociali», che, per il triennio 2007-2009, ha una dotazione iniziale di 50 milioni di euro annui.

- La L. 244/2007 (c.d. Finanziaria 2008), proroga gli incentivi, per cittadini ed aziende, già previsti dalla Finanziaria 2007 sino a tutto il 2010, il cui effetto positivo è stato però bruscamente frenato dal governo con le intenzioni di limitare pesantemente il tetto degli interventi ammissibili (art. 29 del D.L. 185/2008, in conversione a fine 2008/inizio 2009, di cui è ancora incerta la versione definitiva). Inoltre prevede sostanziose novità in merito alle FER.

All'art. 1 si prevede:

- (c. 6) ICI agevolabile da parte dei Comuni (inferiore al 4%) per utilizzo delle FER negli edifici;
- (cc. 20-24) proroga al 2010 degli sgravi del 55% nelle loro diverse forme e limiti;
- (c. 20) Proroga al 2010 degli sgravi del 20% per: Motori ad alta efficienza e *inverter*;
- (c. 286) estensione dello sgravio del 55% anche agli impianti con pompe di calore ad alta efficienza e impianti geotermici a bassa entalpia;
- (c. 288) certificazione energetica degli edifici obbligatoria dal 2009 per il permesso di costruzione di nuovi edifici;
- (c. 288) permesso di costruzione dei nuovi edifici vincolato, dal 2009, all'uso delle FER;
- (c. 289) ammissibilità di altri impianti negli edifici di nuova costruzione: viene modificato l'obbligo degli 0,2 kW di fotovoltaico nei nuovi edifici, portato ad 1 kW prodotto da FER per unità abitativa residenziale e 5 kW per edificio industriale.

All'art. 2 si prevede:

- (cc. 136-157) Risparmio Energetico, Certificati verdi e FER; viene modificato il meccanismo dei CV e il D.Lgs. 387/2003. Ai cc. 144 e 145 si stabilisce che agli impianti a FER sono riconosciuti i CV per un periodo di 15 anni (precedentemente era di 8 anni). Per gli impianti di potenza inferiore a 1 MW è possibile alternativamente ai CV accedere ad una tariffa fissa onnicomprensiva di entità variabile a seconda della FER utilizzata, per un periodo di 15 anni. Al c. 144 si prevede che l'energia elettrica prodotta cui spettano i CV è differenziata in funzione della FER impiegata per alimentare l'impianto e al c. 147 la taglia unitaria dei CV è ridotta a 1 MWh (precedentemente era di 50 MWh) consentendo un più agevole accesso anche ai piccoli impianti. Al c. 150 viene esteso lo scambio sul posto a tutti gli impianti alimentati con FER di potenza nominale non superiore a 200 kW, fatti salvi i diritti di officina elettrica;
- (c. 158 e cc. 161-169) riforma normativa sulla Fonti Energetiche rinnovabili; viene pesantemente modificato l'art. 12 del D.Lgs. 387/2003, in particolare si prevede all'art. 12 c.3 che la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica da FER sono soggetti a una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, nel rispetto delle normative vigenti in materia

di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, «variante allo strumento urbanistico». Ulteriori modifiche all'art.12 c.5 del D.Lgs. 387/2003: all'installazione degli impianti di FER, quando la capacità di generazione sia inferiore alle soglie individuate da apposita tabella si applica la disciplina della denuncia di inizio attività (DIA);

- (cc. 162-163) Fondo per incentivare l'efficienza energetica e divieto di dispositivi energivori; è istituito un fondo di 1 milione di euro presso il MEF per finanziare campagne informative sulle misure che consentono la riduzione dei consumi energetici; dal 2010 è vietata la commercializzazione di elettrodomestici appartenenti alle classi energetiche inferiori alla A e di motori elettrici appartenenti alla classe 3; dal 2011 è vietata la commercializzazione delle lampadine a incandescenza e degli elettrodomestici privi di interruttore dell'alimentazione dalla rete elettrica;
- (c. 168) le regioni devono adeguare i propri programmi in materia di promozione delle FER e dell'efficienza energetica (o adottarne se sprovvisti) e adottano le iniziative di propria competenza per concorrere al raggiungimento dell'obiettivo regionale in modo da concorrere al raggiungimento del 25% da FER del consumo interno lordo entro il 2012, e dei successivi aggiornamenti proposti dall'UE;
- (cc. 170-172) promozione delle FER da parte degli enti locali, attraverso programmi regionali, con i quali coinvolgere province e comuni;
- (c. 173-174) agevolazioni per l'installazione di impianti Fotovoltaici da parte dei comuni;
- (c. 176) sviluppo dell'idrogeno;
- (c. 281-282) verifiche energetiche per edilizia scolastica, penitenziaria e sanitaria, volte all'ottenimento di incentivi;
- (c. 322) è istituito un fondo di 40 milioni di euro presso il MATT per la promozione delle FER e dell'efficienza energetica e per la promozione della produzione di energia elettrica da solare termodinamico.

2.4.3 Le procedure autorizzative

È da ricordare anche il susseguirsi di atti normativi che disciplinano le procedure autorizzative degli impianti a fonti energetiche rinnovabili. In particolar modo nel tempo sono state innalzate le soglie di potenza sopra le quali è necessaria l'autorizzazione unica (finanziaria 2007), sono state istituite attività libere (D.Lgs. 115/2008), definite le linee guida nazionali in materia di autorizzazione unica (D.M. 10/09/2009), definite nuove procedure semplificate come la PAS (procedura autorizzativa semplificata, col D.Lgs. 28/2011).

La direzione intrapresa è quella della semplificazione autorizzativa, che vale per i piccoli impianti, con un quadro maggiormente complesso al crescere della potenza dell'impianto od all'ubicazione in aree con vincoli.

2.4.4 Gli ultimi sviluppi normativi e la pianificazione energetica a livello nazionale

Sono infine da menzionare la L. 99/2009 «Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia» che prevede numerose norme in materia energetica, tra cui quelle relative al ritorno al nucleare, che ha però

subito un arresto a causa del relativo referendum. Sono inoltre presenti norme interessanti per consentire alle amministrazioni comunali, in particolar modo i piccoli comuni, maggiori agevolazioni per l'inserimento delle fonti rinnovabili sul territorio.

3. La pianificazione energetica nazionale: gli ultimi sviluppi

In questo quadro normativo e in assenza di un piano energetico nazionale aggiornato, sono tuttavia presenti due piani che sono stati redatti su imposizione dell'Unione Europea:

- PAEE (in inglese NEEAP): Piano di Azione Nazionale sull'efficienza energetica⁴, che a breve dovrà essere aggiornato;
- PANER (in inglese NREAP): Piano di Azione Nazionali sulle energie rinnovabili⁵.

Senza poter entrare nel merito dei piani, vista la loro complessità, è possibile osservare che si attestano entrambi sugli obiettivi minimi che vengono assegnati all'Italia, senza osare qualcosa in più nei due settori, anche laddove ci sono ampi margini di 'miglioramento' (Fig. 4).

4. La legislazione e pianificazione energetica a livello locale

La Regione Toscana ha prodotto già nel 2000 un importante atto di pianificazione regionale, il PER (Piano Energetico Regionale) in attuazione delle disposizioni già introdotte con la L.R. 45/1997 e SMI. Gli obiettivi previsti nel PER non sono stati, purtroppo, raggiunti in vari settori delle FER (eolico, solare termico e fotovoltaico). Successivamente si è rinnovato e rilanciato l'azione, con la L.R. 39/2005 ed il PIER (Piano di Indirizzo Energetico Regionale), recentemente approvato, che allo scopo di centrare gli obiettivi del Protocollo di Kyoto si è proposto di promuovere oltre alle FER anche l'efficienza negli usi energetici, cercando di stabilizzare l'aumento dei consumi.

La Regione Toscana ha individuato come elemento cruciale l'uso delle FER che già rappresentano l'11% dei consumi energetici complessivi regionali (e il 26% dei consumi elettrici, grazie alla geotermica).

La Regione Toscana ha l'obiettivo di coprire il 20% del fabbisogno energetico complessivo con FER e arrivare a una produzione di energia elettrica rinnovabile per almeno il 30% della produzione complessiva.

L'altra grande azione è la stabilizzazione dei consumi, che dovrà passare verso l'aumento dell'efficienza e dell'uso razionale dell'energia, oltre che evitando gli sprechi laddove possibile: in questo modo si cercherà di contrastare il costante aumento dei consumi, quantificato in circa l'1% all'anno negli ultimi 10-15 anni.

⁴ Scaricabile all'indirizzo: <http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/italy_en.pdf>.

⁵ scaricabile all'indirizzo: <http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_italy_it.pdf>.

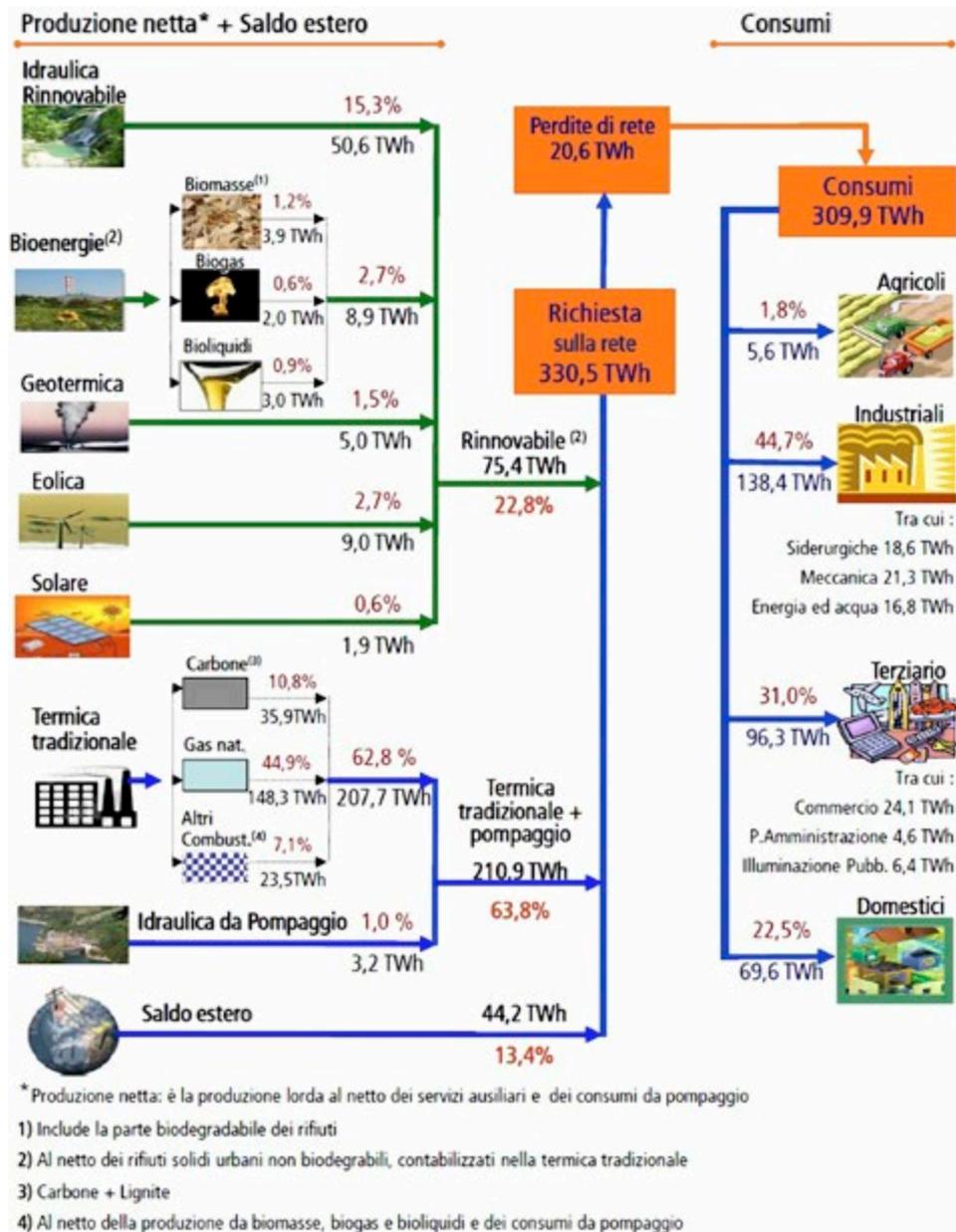


Figura 4. Bilancio elettrico nazionale anno 2010 (fonte: GSE).

Conclusioni

Il settore dell'energia e del suo 'governo' appare a una prima lettura estremamente complesso e a tratti contraddittorio, rivelando difficoltà enormi di 'comprensione' anche per gli addetti ai lavori che si occupano di energia quotidianamente. Agli occhi degli utenti finali riteniamo sia del tutto incomprensibile la stratificazione di norme e la complessità generata. E appare anche molto difficile mettere in atto politiche

efficaci a causa della grande difficoltà a reperire dati di base relativi al settore e quindi applicare politiche specifiche. L'auspicio è un nuovo 'disegno' che preveda una complessiva semplificazione di tutto l'apparato normativo e la creazione di 'catasti energetici' con dati facilmente disponibili ai decisori politici e agli utenti finali (in tal senso qualcosa si sta iniziando a fare con un database unico in cui tutti gli impianti di generazione di energia elettrica devono necessariamente registrarsi, ma si tratta è solamente un primo passo).

Legenda delle abbreviazioni usate nel testo

AEEG: Autorità per l'energia elettrica ed il gas;

AU: Acquirente unico;

c.: Comma;

CE: Commissione Europea (in inglese diventa EC, European Commission);

CEE: Comunità economica europea (adesso diventata Unione Europea, U.E.);

CIP: Comitato interministeriali prezzi (adesso soppresso e le funzioni assegnate al

CIPE: Comitato interministeriale programmazione economica);

CIPE: Comitato interministeriale programmazione economica;

CTI: Comitato termotecnico italiano;

CV: Certificati verdi;

D.L.: Decreto legge;

D.Lgs.: Decreto legislativo;

D.M.: Decreto ministeriale (genericamente);

DPEF: Documento di programmazione economica e finanziaria;

D.P.R.: Decreto Presidente della Repubblica;

D.P.C.M.: Decreto del Presidente del consiglio Ministri;

FER: Fonti energetiche rinnovabili;

GRTN: Gestore rete di trasmissione nazionale (adesso diventato Gestore dei Servizi Elettrici, GSE);

GME: Gestore mercato elettrico;

GSE: Gestore dei servizi elettrici;

L.: Legge;

MICA: Ministero industria commercio ed artigianato (adesso diventato Ministero dello Sviluppo Economico, MSE);

MIPAF: Ministero per le politiche agricole e forestali;

MAP: Ministero attività produttive (adesso diventato Ministero dello Sviluppo Economico, MSE);

MATT: Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del Mare;

MEF: Ministero dell'Economia e Finanze;

PE: Parlamento europeo;

TEE: Titoli di efficienza energetica (certificati bianchi);

UE: Unione europea (in inglese diventa EU, European Union);

UNI: Ente nazionale italiano di unificazione.

Riferimenti bibliografici e principali riferimenti normativi

- Basosi R., Verdesca D. 2005. *Politiche energetiche per enti locali e regioni*, Il Sole 24 Ore-Pirola, Milano.
- Lab e Lab 2005. *Scheda Monografica di sintesi: normativa in materia di energia*, Energia lab, Bologna.

Normativa di riferimento

Legislazione Comunità Europea

- Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione) (GUUE L153/13 del 18 giugno 2010).
- Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE (Testo rilevante ai fini del SEE) (GUUE L140 del 5 giugno 2009).
- Direttiva 2006/32/CE del 5 aprile 2006 – Parlamento Europeo e Consiglio – concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE) (GUUE L114 del 27 aprile 2006).
- Regolamento (CE) n. 1775/2005 del 28 settembre 2005 – Parlamento Europeo e Consiglio – relativo alle condizioni di accesso alle reti di trasporto del gas naturale (Testo rilevante ai fini del SEE) (G.U.U.E. L289 del 3 novembre 2005).
- Parere 2005/C 120/22 del Comitato economico e sociale europeo in merito alla Proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente misure per la sicurezza dell'approvvigionamento elettrico e per gli investimenti nelle infrastrutture COM(2003) 740 def. – 2003/0301 (COD) (GUUE C120 del 20 maggio 2005).
- Direttiva 2004/8/CE dell'11 febbraio 2004 – Parlamento Europeo e Consiglio – sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia e che modifica la direttiva 92/42/CEE (GUUE L52 del 21 febbraio 2004).
- Decisione n. 1230/2003/CE del 26 giugno 2003 – Parlamento Europeo e Consiglio – che adotta un programma pluriennale di azioni nel settore dell'energia: «Energia intelligente — Europa» (2003-2006) (Testo rilevante ai fini del SEE) (GUCE L176 del 15 luglio 2003).
- Direttiva 2002/91/CE: del 16 dicembre 2002 – Parlamento Europeo e Consiglio – sul rendimento energetico nell'edilizia (GUCE L1 del 4 gennaio 2003).
- Risoluzione A5-0227/2001: Parlamento europeo sulla posizione comune del Consiglio in vista dell'adozione della direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità (5583/1/2001 – C5-0133/2001 –2000/0116(COD)) (GUCE 14-3-02 n. C65E)-

Decisione n. 646/2000/CE del 28 febbraio 2000: Programma pluriennale per promuovere le fonti energetiche rinnovabili nella Comunità (ALTENER) (1998-2002).

Legislazione Nazionale

Decreto Ministeriale 5 maggio 2011: Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Decreto legislativo 3 marzo 2011 n. 28: Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

Decreto Ministeriale 10/09/2010: Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati a fonti rinnovabili.

Legge 23 luglio 2009, n. 99: Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia (GU n. 176 del 31 luglio 2009).

Decreto Ministeriale 26 giugno 2009: Linee guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici.

Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59: Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia (09G0068) (GU n. 132 del 10 giugno 2009).

Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115: Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE (GU n. 154 del 3 luglio 2008).

Decreto 9 aprile 2008: Ministero dello Sviluppo Economico. Disposizioni in materia di detrazioni fiscali per le spese sostenute per l'acquisto e l'installazione di motori ad elevata efficienza e variatori di velocità (inverter) di cui all'articolo 1, commi 358 e 359, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (GU n. 147 del 25 giugno 2008).

Decreto 7 aprile 2008: Ministero dell'Economia e delle Finanze. Disposizioni in materia di detrazione per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, c. 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (GU n. 97 del 24 aprile 2008).

Decreto 11 marzo 2008: Ministero dello Sviluppo Economico. Attuazione dell'articolo 1, c. 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (GU n. 66 del 18 marzo 2008).

Legge 24 dicembre 2007, n. 244 (Finanziaria 2008).

Decreto 21 dicembre 2007: Ministero dello Sviluppo Economico. Approvazione delle procedure per la qualificazione di impianti a fonti rinnovabili e di impianti a idrogeno, celle a combustibile e di cogenerazione abbinata al teleriscaldamento ai fini del rilascio dei certificati verdi (GU n. 16 del 19 gennaio 2008 – Suppl. Ordinario n. 17).

Decreto 21 dicembre 2007: Ministero dello Sviluppo Economico. Revisione e aggiornamento dei decreti 20 luglio 2004, concernenti l'incremento dell'efficienza energetica degli usi finali di energia, il risparmio energetico e lo sviluppo delle fonti rinnovabili (GU n. 300 del 28 dicembre 2007).

- Decreto 26 ottobre 2007: Ministero dell'Economia e delle Finanze. Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, c. 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (GU n. 302 del 31 dicembre 2007).
- Testo coordinato del Decreto-Legge 18 giugno 2007, n. 73: Testo del decreto-legge 18 giugno 2007, n. 73 (in Gazzetta Ufficiale – serie generale – n. 139 del 18 giugno 2007), coordinato con la legge di conversione 3 agosto 2007, n. 125, (in questa stessa Gazzetta Ufficiale alla pag. 6), recante: «Misure urgenti per l'attuazione di disposizioni comunitarie in materia di liberalizzazione dei mercati dell'energia» (GU n. 188 del 14 agosto 2007).
- Deliberazione 11 aprile 2007: Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas. Attuazione del decreto del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 19 febbraio 2007, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici (Deliberazione n. 90/07) (GU n. 97 del 27 luglio 2007 – Suppl. Ordinario n. 107).
- Decreto 19 febbraio 2007: Ministero dello Sviluppo Economico. Disposizioni in materia di detrazioni per le spese sostenute per l'acquisto e l'installazione di motori ad elevata efficienza e variatori di velocità (inverter), di cui all'articolo 1, commi 358 e 359, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (GU n. 47 del 26 febbraio 2007).
- Decreto 19 febbraio 2007: Ministero dell'Economia e delle Finanze. Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, c. 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (GU n. 47 del 26 febbraio 2007).
- Decreto 19 febbraio 2007: Ministero dello sviluppo economico. Criteri e modalità 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 (GU n. 45 del 23 febbraio 2007).
- Decreto legislativo 8 febbraio 2007, n. 20: Attuazione della direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia, nonché modifica alla direttiva 92/42/CEE (GU n. 54 del 6 marzo 2007).
- Decreto legislativo 29 dicembre 2006, n. 311: Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia (GU n. 26 del 1 febbraio 2007 – Suppl. Ordinario n. 26).
- Legge 27 dicembre 2006, n. 296 (Finanziaria 2007).
- Decreto 2 maggio 2006: Ministero delle Attività Produttive. Modalità di utilizzo per la produzione di energia elettrica del CDR di qualità elevata (CDR-Q), come definito dall'articolo 183, c. 1, lettera s), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (GU n. 106 del 9 maggio 2006).
- Decreto 31 marzo 2006, n. 165: Ministero delle Attività Produttive. Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente (ENEA), ai sensi dell'articolo 20 del decreto legislativo 3 settembre 2003, n. 257 (GU n. 102 del 4 maggio 2006 – Suppl. Ordinario n. 110).
- Decreto 24 ottobre 2005: Ministero delle Attività Produttive. Direttive per la regolamentazione dell'emissione dei certificati verdi alle produzioni di energia di cui

- all'articolo 1, c. 71, della legge 23 agosto 2004, n. 239 (GU n. 265 del 14 novembre 2005 – Suppl. Ordinario n. 184).
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192: Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (GU n. 222 del 23-9-2005- Suppl. Ordinario n.158) (testo coordinato alle modifiche introdotte dal D.Lgs. n. 311 del 29 dicembre 2006, pubblicato nella GU n. 26 del 1 febbraio 2007).
- Decreto 27 luglio 2005: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante: «Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia» (GU n. 178 del 2 agosto 2005).
- Legge 23 agosto 2004, n. 239: Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia (GU n. 215 del 13 settembre 2004).
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 11 maggio 2004: Criteri, modalità e condizioni per l'unificazione della proprietà e della gestione della rete elettrica nazionale di trasmissione (GU n. 115 del 18 maggio 2004).
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n.387: Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità (GU n. 25 del 31 gennaio 2004 Suppl. Ordinario n.17) (testo modificato dalla Finanziaria 2008).
- Decreto 14 marzo 2003: Ministero delle Attività Produttive. Attivazione del mercato elettrico, limitatamente alla contrattazione dei certificati verdi (GU n. 65 del 19 marzo 2003).
- Legge 1 marzo 2002, n. 39: Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2001 (Pubblicata su Suppl. Ordinario n. 54 alla Gazzetta Ufficiale n. 72 del 26 marzo 2002).
- Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112: Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59 (S.O. alla GU del 21 aprile 1996, n. 92).
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 551: regolamento recante modifiche al D.P.R. 26.8.1993 n. 412, in materia di progettazione esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia (GU del 6 aprile 2000).
- D.Lgs. 16 marzo 1999, n. 79: Attuazione della Direttiva 96/92/CE Recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica (art. 33, c. 9, D.Lgs. 22/97).
- D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412: Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, c. 4 della legge 9 gennaio 1991, n. 10.
- Legge 9 gennaio 1991, n. 10: Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- Legge 9 gennaio 1991, n. 9: Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali.

Legislazione Regione Toscana

Legge Regionale n. 11 del 21 marzo 2011. Disposizioni in materia di installazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Modifiche alla legge regionale 24 febbraio 2005 n. 39 (Disposizione in materia di energia) e alla legge regionale 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio).

Legge Regionale n. 10 del 12 febbraio 2010. Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di valutazione di impatto ambientale (VIA) e di valutazione di incidenza (BURT n. 9 del 17 febbraio 2010).

Legge Regionale n. 71 del 23 novembre 2009. Modifiche alla Legge Regionale n. 39 del 24 febbraio 2005 (BURT n. 50 del 27 novembre 2009).

Legge Regionale n. 39 del 24 febbraio 2005: Disposizioni in materia di energia (BUR Toscana n. 19 del 7 marzo 2005).

Legge n. 45 del 27/06/1997: Norme in materia di risorse energetiche.

La costruzione del piano energetico.

Metodi ed esperienze

Antonio Siciliano

1. Premessa: la necessità di un approccio integrato

La fruizione di un certo numero di servizi richiede l'uso di energia. Questa domanda di servizi energetici finali riguarda, ad esempio, il bisogno di climatizzazione degli edifici, o quello di manipolazione, conservazione e cottura dei cibi, o ancora i bisogni di illuminazione e di comunicazione. Anche nelle attività produttive l'energia costituisce uno dei fattori fondamentali di produzione, sia per il suo impiego diretto nei processi tecnologici, sia per il suo impiego indiretto attraverso l'uso di materiali la cui produzione ha a sua volta richiesto energia.

La domanda di servizi energetici finali è diversa da luogo a luogo ed evolve nel tempo, sia attraverso trasformazioni della modalità di manifestazione dei bisogni sociali, che attraverso la variazione dei livelli desiderati di loro soddisfacimento.

Per il soddisfacimento dei bisogni della popolazione, a un dato livello di intensità, nonché per le attività di produzione dei beni e dei servizi, sono generalmente possibili diverse opzioni circa le tecnologie e le modalità organizzative con cui viene attuata la conversione energetica finale che concorre a sua volta a rendere disponibile il servizio o il bene desiderato.

Connessa alla selezione delle tecnologie di conversione e delle modalità organizzative vi è poi la scelta del tipo di vettore energetico utilizzato (prodotti petroliferi, gas naturale, energia elettrica, ecc.) e dell'origine di quel vettore (fonti primarie fossili o rinnovabili).

Vari fattori concorrono in modo più o meno consapevole alla scelta della combinazione tecnologia/vettore: costo della tecnologia e del vettore, impatto ambientale, comodità d'uso reale o percepita, consuetudini, ecc.

Storicamente, le politiche energetiche si sono concentrate soprattutto sull'aumento della fornitura di energia, considerando la produzione ed il consumo di energia una delle sfide principali. D'altra parte, il consumo di fonti primarie energetiche non rinnovabili, oltre a ridurre la disponibilità di uno stock che si è formato nel corso di milioni di anni, contribuisce ad incrementare numerose criticità ambientali che devono essere affrontate seriamente. Alcune di queste criticità sono conosciute da molto tempo, mentre altre stanno attirando l'attenzione e la preoccupazione durante questi ultimi anni. Tali criticità si estendono a vari livelli: locale, regionale e globale.

A livello locale il problema principale è connesso alla qualità dell'aria che è variabile, in relazione alla concentrazione di residui e sottoprodotti di combustione (come il monossido di carbonio, i composti organici volatili, gli ossidi di azoto, ecc.).

A livello sovra comunale vi è invece una criticità associata alle emissioni causate dal funzionamento di impianti energetici che, generate localmente, hanno impatti che si estendono oltre i confini del paese di origine (ad esempio, le emissioni di ossidi di zolfo e di azoto originate dalle centrali termoelettriche sono la causa delle cosiddette precipitazioni acide).

A livello globale il problema è costituito dalla reimmissione in atmosfera di carbonio in forma ossidata (CO₂) e di altre molecole opache alla radiazione infrarossa (effetto serra). Negli ultimi anni questo problema ha attirato l'attenzione sia dei governi che dell'opinione pubblica, a causa delle sue possibili conseguenze sul clima a livello planetario.

Per tale ragione le emissioni di gas climalteranti sono divenute il parametro di riferimento delle varie politiche concernenti l'organizzazione energetica.

Questa evoluzione dell'interesse verso i temi energetici è stata accompagnata anche da una evoluzione delle modalità di controllo degli stessi. Se da un lato le implicazioni energetiche trovano un riscontro a livello globale, la tendenza attuale è quella di arrivare a delle soluzioni che coinvolgano sempre di più la sfera locale. È in quest'ottica che si inserisce l'importanza dello sviluppo della pianificazione energetica locale (comunale, provinciale o regionale). In effetti, l'uso dell'energia (usi che interessano vari settori produttivi, tra cui i trasporti) è uno dei più importanti indirizzi nel contesto dello sviluppo sostenibile a livello locale.

Nonostante il fatto che la pianificazione energetica locale sia stata portata avanti in molte municipalità già a partire dalla crisi energetica del 1973¹, solo in anni recenti si è affermato il concetto di approccio integrato per raggiungere l'obiettivo di sostenibilità a livello locale. Si è cioè riconosciuto che è necessario ottimizzare simultaneamente, sia le soluzioni parziali di progetti singoli, sia le strategie a lungo termine per l'intera municipalità. La pianificazione energetica locale diventa quindi un processo interattivo a lungo termine piuttosto che una meta definita con uno specifico risultato. Di conseguenza, la pianificazione energetica locale è diversa dalla pianificazione tradizionale di progetti ben definiti. Fa uso di metodi e strumenti della pianificazione tecnica tradizionale e, nello stesso tempo, deve includere un approccio più sociale, comprendendo anche aspetti di motivazione e comunicazione, considerando anche aspetti settoriali.

Questo implica la necessità di adottare politiche integrate che coinvolgano tutti i soggetti che animano la nostra società, di instaurare un processo di confronto che dia origine a misure e interventi strutturali a lungo termine, tanto nella politica industriale e commerciale, quanto nel governo del territorio, nella protezione della natura e nelle politiche sociali.

Il termine «soluzioni integrate» significa che si deve sviluppare una varietà di misure con cui tutti i potenziali miglioramenti vengono inclusi per sviluppare una strategia che possa raggiungere gli obiettivi nel miglior modo possibile. Accanto alla considerazione tradizionale di misure individuali, ci deve essere la possibilità di investigare il comportamento del sistema energetico locale come un tutto, includendo possibili interazioni e dipendenze delle sue componenti.

¹ Il Piano Energetico Comunale in Italia è obbligatorio per tutti i comuni con popolazione residente superiore a 50.000 abitanti già dal 1991. Legge 10/91, art. 5, comma 5.

Per quanto riguarda gli aspetti normativi si è assistito ultimamente a un notevole slancio delle indicazioni legislative in campo energetico, sia con interventi mirati alla riduzione dei fabbisogni, sia con attività di incentivazione economica e fiscale. Il presente contributo, vuole quindi identificare alcune linee guida per la programmazione energetica locale, al fine di favorire il conseguimento degli obiettivi indicati dalla Presidenza del Consiglio Europeo dell'8 e 9 marzo 2007 che sottolineano l'importanza fondamentale del raggiungimento dell'obiettivo strategico di limitare l'aumento della temperatura media globale al massimo a 2° C rispetto ai livelli preindustriali.

Inoltre, viene favorito il perseguimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra di almeno il 20% entro il 2020 rispetto al 1990, indipendentemente da eventuali accordi internazionali.

La programmazione energetica locale, si pone infine l'obiettivo di riduzione dei consumi energetici dell'UE del 20% rispetto alle proiezioni per il 2020. Viene infine riaffermato l'impegno a promuovere lo sviluppo delle energie rinnovabili attraverso un obiettivo vincolante che prevede una quota del 20% di energie rinnovabili nel totale dei consumi energetici dell'UE entro il 2020.

2. Come si fa la pianificazione energetica locale

Da un punto di vista logico, un piano energetico redatto a scala locale dovrebbe includere sempre le seguenti tre fasi:

- *Il sistema energetico*: è composto principalmente dal bilancio energetico territoriale, comprensivo della valutazione degli effetti ambientali (in termini di emissioni inquinanti e climalteranti) associati ai differenti usi finali ed alle diverse fonti primarie. In pratica consiste nella ricostruzione delle fonti di offerta di energia e dei successivi utilizzi finali. Maggiore è la disaggregazione che è possibile ottenere in questa fase, tanto più precise potranno essere le indicazioni del percorso di pianificazione.
- *Gli scenari di evoluzione energetica*: rappresentano una proiezione della stima del fabbisogno energetico basata sulla definizione dell'evoluzione storica della situazione energetico-ambientale e sull'individuazione dei possibili scenari di sviluppo urbano (sotto il profilo economico, demografico, territoriale, ecc.).
- *Il piano d'azione*: definisce gli obiettivi del piano (come ad esempio la valutazione del risparmio sul lato domanda e l'incremento dell'efficienza sul lato offerta) e individua gli strumenti amministrativi e politici attivabili nei diversi campi d'azione. Individua gli ostacoli e i fattori di successo per l'attuazione del piano.

2.1 Il sistema energetico

Uno degli scopi basilari di ogni analisi eco-energetica del territorio consiste in una stima dei flussi di energia che entrano ed escono, nell'unità di tempo, dal sistema insediativo preso in esame (Fig. 1). In altri termini nella redazione di un bilancio energetico dell'area. Poiché l'analisi dei flussi energetici dovrebbe essere collegata all'identificazione degli scambi materiali tra il sistema stesso e l'ambiente, si parlerà di eco-bilancio

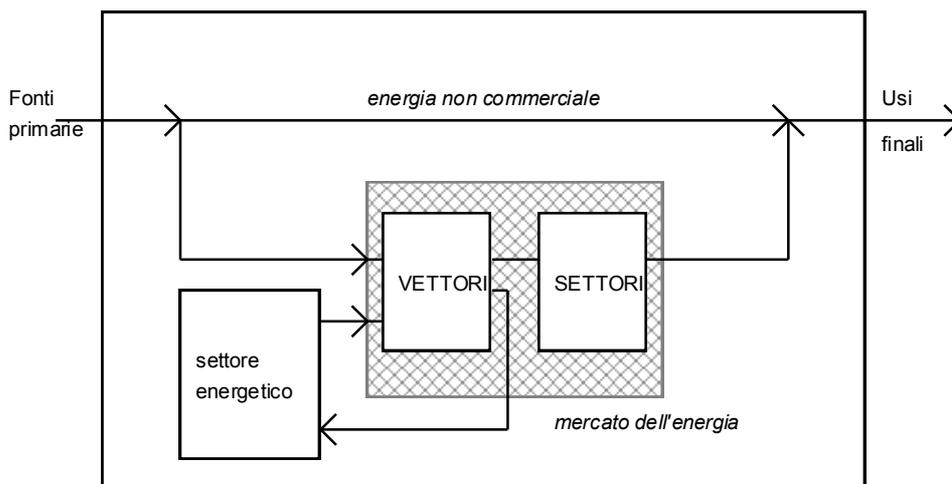


Figura 1. Schema dei flussi energetici in un sistema insediativo.

energetico. La redazione dell'eco-bilancio energetico deve essere estesa all'intero ciclo di vita dell'energia. Ciò significa, in altri termini, individuare l'articolazione dei flussi energetici su un insieme di fasi fondamentali schematizzabili come segue:

- L'estrazione di fonti primarie di energia (fossili, nucleari o rinnovabili);
- La trasformazione delle fonti primarie in fonti secondarie o vettori energetici (ad esempio energia elettrica);
- La distribuzione delle fonti secondarie nei diversi settori di attività umana (in genere: residenza, terziario, industria, agricoltura e trasporti);
- La conversione finale dei vettori a seconda dei diversi possibili impieghi energetici (climatizzazione, trazione, calore di processo, ecc.) mediante appositi dispositivi.

Come è noto sono generalmente possibili scelte tecnologiche diverse per attuare le conversioni energetiche che entrano nella produzione di beni o servizi. Si pensi, ad esempio, a quanti modi ci sono per riscaldare o illuminare un locale.

Questa suddivisione si presta a essere rappresentata da un sistema di tre matrici coassiali che connettono le fonti primarie ai vettori, ai settori e agli impieghi finali.

Come si osserva dall'esame della figura 1, la concatenazione di riferimento per la redazione di un bilancio energetico si compone delle fonti energetiche primarie (rinnovabili o esauribili), dei vettori energetici (primari o secondari), dei settori di utilizzo e degli impieghi finali (con i corrispondenti dispositivi di utilizzo dell'energia). A ciascun passaggio corrispondono trasformazioni energetiche specifiche, che possono essere studiate con riferimento non soltanto al loro rendimento, ma anche al loro contributo in termini di emissioni nell'ambiente di sostanze di scarto. La compilazione delle tre matrici che compongono il bilancio avviene di norma in base ai dati statistici o da stime opportunamente effettuate. La disponibilità di dati è però tipicamente molto variabile, secondo la componente considerata. In linea di principio, data la loro primaria finalizzazione fiscale, le statistiche tengono conto quasi esclusivamente dei flussi energetici fatti oggetto di compravendita. Tuttavia non tutta

l'energia impiegata in un sistema territoriale transita da uno o più mercati; anche nelle situazioni più avanzate da un punto di vista tecnologico, esiste sempre una quota di energia non commerciale la cui considerazione può essere essenziale per una corretta redazione del bilancio (si pensi, solo per fare due esempi, al ruolo ancora rilevante giocato dalla legna da ardere nelle aree montane o dall'incidenza dell'autoproduzione e cogenerazione in campo industriale).

Premesso tutto ciò, la redazione del Sistema Energetico Territoriale può essere ricondotta alle seguenti attività conoscitive e analitiche:

Inquadramento territoriale: scopo di questa parte del rapporto è quella di fornire una descrizione il più dettagliata possibile dell'area in esame, tramite l'analisi delle principali caratteristiche geografiche, territoriali e climatologiche, della struttura politico-amministrativa, insediativa, economica e, soprattutto, delle relative evoluzioni temporali.

Analisi delle compravendite di energia: poiché il mercato dell'energia rappresenta il luogo in cui avviene la registrazione statistica della maggior parte dei flussi, la redazione dei bilanci energetici ha generalmente inizio dall'analisi delle compravendite di energia. La parte del bilancio relativa alle compravendite di energia può essere sinteticamente ricondotta alla matrice vettori/settori, che mette in rapporto i diversi beni energetici scambiati (cioè l'offerta di energia) con i diversi ambiti socio-economici nei quali si verifica il loro impiego finale (cioè la domanda di energia). La contabilizzazione delle compravendite inserite in tale schema dovrebbe in prima ipotesi essere articolata secondo la tabella o schema seguente:

Tabella 1. Schema delle transazioni energetiche fra fonti e settori di consumo.

| Vettori | Settori | | |
|---------------------|---------|---------------------|-----------|
| | Civile | Attività produttive | Trasporti |
| Legna | X | X | |
| Carbone | | X | |
| Olio combustibile | | X | |
| Gasolio | X | X | X |
| Benzina | | | X |
| GPL | X | | X |
| Gas naturale | X | X | X |
| Energia elettrica | X | X | X |
| Fluido termovettore | X | X | |

Disaggregazione a livello territoriale temporale e infrasettoriale dei flussi di energia: la contabilizzazione di tutte le voci di consumo finale evidenziate nello schema andrà riportata a livello di disaggregazione e dettaglio il più approfondito possibile secondo:

- criterio infrasettoriale: per sottosettori di impiego;
- criterio temporale: determinando l'andamento stagionale e mensile della domanda energetica (o di alcune sue componenti, come ad esempio la domanda di calore);
- determinando l'andamento orario della domanda (o di alcune sue componenti come ad esempio la domanda di energia elettrica) in alcuni giorni tipo;

- criterio spaziale: disaggregando la domanda globale dell'area in esame, o di alcune delle sue componenti, in sub-aree (zone di decentramento, sezioni censuarie, comuni nel caso si stia analizzando il sistema energetico di una Provincia o di una Regione), consentendo così un confronto fra aree differenti.

Ricostruzione del fabbisogno teorico di ogni settore in base agli usi finali per ogni fonte energetica: per quanto articolata secondo queste coordinate, l'analisi dei dati relativi alle compravendite di vettori energetici non appare di per se stessa sufficiente a delineare in modo completo un vero e proprio eco-bilancio energetico relativo al sistema territoriale in esame. Tale obiettivo può essere raggiunto soltanto attraverso ulteriori approfondimenti, da condurre sia sul lato dell'offerta che su quello della domanda. Per quanto concerne gli approfondimenti sul lato della domanda, è importante riconoscere innanzitutto come le compravendite di vettori energetici non rappresentino che un'approssimazione dei consumi effettivi nell'unità di tempo considerata, a causa essenzialmente delle variazioni di stock detenuti dagli utilizzatori finali. In secondo luogo, esistono alcune importanti differenze tra l'analisi delle vendite di energia, riferita a quantità definite sul piano merceologico, e l'analisi dei consumi energetici, in cui assumono rilevanza i parametri connessi al rendimento delle conversioni finali di energia (ovvero al rapporto tra la quantità di energia acquistata sul mercato ed il servizio ottenuto per suo tramite). Per questo motivo è indispensabile che la quantificazione dei flussi energetici desunta dallo studio delle statistiche relative alle compravendite dei diversi vettori venga integrata da una ricostruzione del fabbisogno energetico teorico di ogni settore, ottenuta in base allo studio degli usi finali di energia. Nella tabella seguente si visualizzano gli usi finali di impiego utilizzo dell'energia più comunemente considerati.

Analisi dell'offerta di energia: per quanto concerne gli approfondimenti sul lato dell'offerta, essi comprendono lo studio delle modalità attraverso le quali il settore energetico garantisce l'approvvigionamento dei diversi vettori sul mercato. Si tratta, in sintesi, di individuare il *mix* di fonti primarie utilizzate, di valutare l'efficienza di trasformazione degli impianti operanti a servizio dell'area considerata, di descrivere le reti di distribuzione stimando le perdite di trasmissione a esse associate. Questa analisi consente di ricostruire, in sostanza, l'efficienza 'a valle' dell'ambito territoriale oggetto dello studio.

Bilancio delle emissioni di gas di serra: sulla base della procedura definita, la redazione dell'eco-bilancio procede attraverso considerazioni relative al rapporto tra

Tabella 2. Modalità più diffuse di impiego energetico nei diversi settori.

| | | | | | |
|--------|--|---------------------|---|-----------|--|
| Civile | Illuminazione Riscaldamento ambienti Raffrescamento ambienti Riscaldamento acqua sanitaria Cottura cibi Lavaggio biancheria Lavaggio stoviglie Refrigerazione Apparecchiature ufficio Dispositivi Audio/Video | Attività produttive | Illuminazione Riscaldamento ambienti Raffrescamento ambienti Processi termici Motori elettrici Usi elettrici obbligati | Trasporti | Urbano Extra-urbano Autostradale |
|--------|--|---------------------|---|-----------|--|

energia finale ed energia primaria (ovvero ai rendimenti associati alle diverse trasformazioni energetiche), ma anche alle esternalità ambientali indotte dall'intera catena tecnologica. In particolare, l'analisi dei cicli di vita associati agli impieghi energetici finali richiede solitamente la stima delle emissioni atmosferiche inquinanti e climalteranti generate nei diversi anelli della catena tecnologica. Partendo da un'analisi di bilancio energetico è necessario quantificare le emissioni atmosferiche derivanti soprattutto dalle varie conversioni energetiche che si sviluppano nel territorio in esame e durante l'intero 'ciclo di vita' dei combustibili impiegati. In questo modo queste quantificazioni assumono una duplice valenza:

- a scala locale, essendo un indicatore diretto della pressione sulle risorse ambientali determinata dalle attività antropiche (emissioni di ossidi di azoto, ossidi di zolfo, monossido di carbonio, composti organici volatili, ecc.);
- a scala globale, essendo il contenimento delle emissioni dei gas di serra (soprattutto anidride carbonica) un obiettivo che, pur evolvendosi a scala globale, deve necessariamente essere implementato nelle politiche locali.

Le emissioni atmosferiche si calcolano tramite opportuni coefficienti di trasformazione che quantificano la quantità di gas serra emessi per ogni unità di energia prodotta e/o consumata.

La figura seguente descrive le fasi di emissione di gas serra all'interno della catena che definisce il mercato dell'energia.

2.2 Gli scenari di evoluzione energetica

In genere risulta molto difficile poter valutare l'evoluzione del fabbisogno energetico di un'area.

La procedura più seguita è quella di esaminare preventivamente:

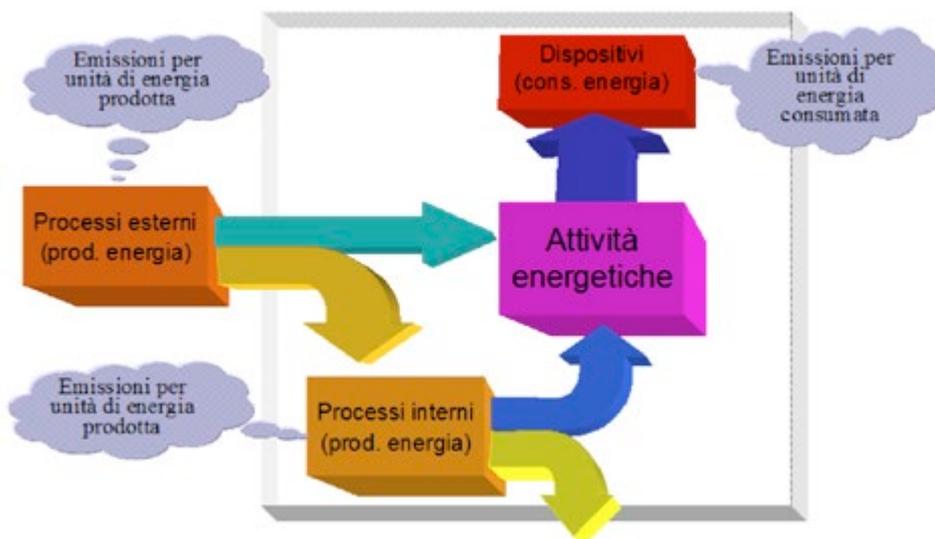


Figura 2. Schema delle fonti di emissione di gas serra nella catena energetica (fonte Ambiente Italia s.r.l.).

- le caratteristiche dello sviluppo economico, prestando particolare attenzione ai dati di tipo macroeconomico come il reddito. Le fonti utilizzate possono essere gli studi che vengono annualmente condotti dalla Unioncamere regionale (il reddito prodotto; relazione sulla situazione economica) o altri studi specifici di settore;
- le ipotesi di sviluppo demografico e urbanistico così come previsto in genere nei Piani Regolatori Generali, nei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale e nei diversi Piani di Settore.

In un secondo tempo si dovrà cercare di valutare la possibile evoluzione del parco dispositivi, in termini di usi finali (dispositivi elettrici, sistemi di riscaldamento, tipologia di autoveicoli, ecc.). Per fare ciò ci si dovrà basare sui risultati delle analisi sopra esposte, su considerazioni inerenti la normativa vigente, sugli strumenti tariffari e finanziari già disponibili (a livello locale, o a livello più ampio: nazionale, internazionale), sulla base dell'atteggiamento del governo locale nel recepimento delle direttive e delle indicazioni nazionali e internazionali, sul tema dell'efficientizzazione energetica, sul ricorso a energie alternative e sulla disponibilità o possibilità di eventuale adeguamento dei propri strumenti di pianificazione alle medesime.

A partire dalla ripartizione dei consumi finali descritta nel capitolo precedente, è possibile elaborare una serie di scenari di evoluzione dei consumi energetici con un orizzonte temporale di 10/12 anni. Tali scenari indicano come potrebbe evolversi la richiesta di energia, sia considerando che nulla di specifico sia fatto per ridurre i carichi, sia ipotizzando azioni mirate ad agevolare la riduzione del fabbisogno energetico delle diverse utenze. Ovviamente si deve tener conto delle modificazioni tecnologiche del parco dispositivi, e, dove possibile, dell'eventuale incremento delle utenze. L'incremento del numero di utenze va valutato ad esempio sulla base dell'evoluzione del parco edilizio e sulla previsione di modificazione della popolazione di una certa area. Generalmente vengono realizzati tre scenari denominati:

- Tendenziale;
- Riduzione;
- Potenziale.

Il primo scenario è caratterizzato da un'evoluzione dei consumi che fondamentalmente non implichi nessuna azione particolare per ridurre il carico delle utenze finali. Ovviamente nelle elaborazioni si deve necessariamente tenere conto delle modificazioni tecnologiche dei dispositivi che assorbono energia².

² Ad esempio la vendita di lampade e lampadine a incandescenza sarà destinata a terminare del tutto nei prossimi anni e comunque all'interno dell'intervallo che definisce lo scenario. Inoltre la penetrazione domestica di lampade fluorescenti è già attualmente molto diffusa. Questi due aspetti fanno sì che tra dieci anni praticamente tutti gli appartamenti saranno dotati esclusivamente di lampade fluorescenti quindi i tre scenari non differiranno di molto. Inoltre i frigoriferi, le lavatrici e le lavastoviglie in commercio diverranno sempre meno energivori, quindi presumibilmente i consumi elettrici per refrigerazione e lavaggio si ridurranno nel corso degli anni di scenario a causa del miglioramento dell'efficienza energetica dei dispositivi finali. Per quanto riguarda i grandi dispositivi si tiene in genere conto del tempo di vita media, corrispondente a circa 15 anni per frigoriferi e lavatrici e 20 anni per le caldaie. In questo modo è possibile desumere un ricambio medio annuo di tali dispositivi e supporre che tali sostituzioni siano caratterizzate da una efficienza energetica superiore rispetto a quella del vec-

Ad esempio la vendita di lampade e lampadine ad incandescenza sarà destinata a terminare del tutto nei prossimi anni e comunque all'interno dell'intervallo che definisce lo scenario. Inoltre la penetrazione domestica di lampade fluorescenti è già attualmente molto diffusa. Questi due aspetti fanno sì che tra dieci anni praticamente tutti gli appartamenti saranno dotati esclusivamente di lampade fluorescenti quindi i tre scenari non differiranno di molto.

Inoltre i frigoriferi, le lavatrici e le lavastoviglie in commercio diverranno sempre meno energivori, quindi presumibilmente i consumi elettrici per refrigerazione e lavaggio si ridurranno nel corso degli anni di scenario a causa del miglioramento dell'efficienza energetica dei dispositivi finali. Per quanto riguarda i grandi dispositivi si tiene in genere conto del tempo di vita media, corrispondente a circa 15 anni per frigoriferi e lavatrici e 20 anni per le caldaie. In questo modo è possibile desumere un ricambio medio annuo di tali dispositivi e supporre che tali sostituzioni siano caratterizzate da una efficienza energetica superiore rispetto a quella del vecchio dispositivo. Tuttavia, nel corso di tale periodo, nelle case ad esempio saranno sempre più presenti apparecchiature tecnologiche che non lo erano fino a pochi anni fa, come ad esempio forni a microonde, lettori digitali, computer e così via. Quindi una riduzione di carico a causa del miglioramento dell'efficienza energetica risulterà essere controbilanciata da un aumento di altri consumi non standard e di conseguenza del fabbisogno complessivo.

Lo scenario «Riduzione» va elaborato considerando in parte le osservazioni riportate precedentemente, ma supponendo che le sostituzioni e i nuovi acquisti siano caratterizzati da un adeguato livello di efficienza energetica. Se per l'illuminazione il risultato lo si ottiene naturalmente, per i grandi elettrodomestici e/o le caldaie va in qualche modo incentivata la sostituzione verso una classe energetica di alta efficienza. Per tale ragione nell'elaborazione di tale scenario si deve supporre che ogni sostituzione di elettrodomestico ricada all'interno delle prime classi di massima efficienza. La stessa cosa vale ovviamente anche per gli aspetti termici. È possibile ipotizzare la sostituzione naturale delle vecchie caldaie con altre di alta efficienza o con dispositivi in grado di integrare fonti rinnovabili di energia, come ad esempio quella solare termica sia per la produzione di acqua calda sanitaria che per il riscaldamento.

Lo scenario «Potenziale» rappresenta invece il massimo potenziale plausibile di risparmio un determinato settore. Considerando sempre la penetrazione di nuovi dispositivi si ipotizza che ogni sostituzione e/o ogni nuova installazione di qualunque dispositivo sia caratterizzato dalla massima efficienza ad oggi disponibile sul mercato. Quindi per i grandi elettrodomestici si devono considerare solo sostituzioni con nuovi dispositivi di massima efficienza energetica in commercio (A++ per il frigocongelatori, classe A+ per i condizionatori e i dispositivi di lavaggio).

In tutti e tre gli scenari si deve tener conto della forte richiesta di condizionamento estivo, così come è avvenuto negli ultimi anni. Tale voce, che coinvolge aspetti elettrici e termici, rappresenta infatti una delle quote maggiori di consumo, sicu-

chio dispositivo. Tuttavia, nel corso di tale periodo, nelle case ad esempio saranno sempre più presenti apparecchiature tecnologiche che non lo erano fino a pochi anni fa, come ad esempio forni a microonde, lettori digitali, computer e così via. Quindi una riduzione di carico a causa del miglioramento dell'efficienza energetica risulterà essere controbilanciata da un aumento di altri consumi non standard e di conseguenza del fabbisogno complessivo.

mente destinata ad aumentare nei prossimi anni. L'obiettivo è quello di fare in modo che tale incremento sia comunque sempre accompagnato dalla migliore tecnologia e quindi dalla massima efficienza. Oltre a questo è possibile che il miglioramento dei comportamenti degli utenti finali comporti una ulteriore spinta verso la riduzione dei consumi.

La creazione degli scenari deve quindi essere elaborata agendo sui seguenti elementi:

- il tempo di vita medio dei diversi dispositivi;
- l'evoluzione del mercato, assumendo che l'introduzione di dispositivi di classe di efficienza maggiore sostituisca prevalentemente i dispositivi di classe inferiore;
- la diffusione dei dispositivi nelle singole utenze;
- le stime basate sugli aspetti precedenti devono evidenziare il miglioramento naturale dell'efficienza energetica (dovuta alla sostituzione dei vecchi dispositivi con nuovi meno energivori) e la diffusione di nuovi dispositivi che entrano per la prima volta all'interno di abitazioni e uffici e che contribuiscono ad un incremento netto dei consumi energetici.

2.3 Il piano d'azione

Il piano d'azione, in un percorso di pianificazione a livello locale, rappresenta la fase più importante perché è quella destinata a stabilire metodi e modalità per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Nella redazione di un piano d'azione ci si pone l'obiettivo di individuare a livello locale, il mix ottimale di risorse e di interventi (sul lato produzione di energia da fonti convenzionali o rinnovabili e sul lato di gestione della domanda) che sia in grado di rispondere efficacemente all'evoluzione del sistema in esame, indirizzandone i flussi energetici verso il contenimento delle emissioni, l'incremento della quota di energia rinnovabile e il risparmio energetico, integrandoli opportunamente con gli obiettivi di economicità di gestione, miglioramento del servizio agli utenti, stimolo all'economia ed all'occupazione.

Ricostruito il sistema energetico con tutti i suoi approfondimenti, in particolare i fabbisogni sul lato domanda, e gli obiettivi e le tendenze degli scenari di evoluzione, si avvia la fase di pianificazione vera e propria degli interventi e delle risorse disponibili.

L'elaborazione di un piano d'azione, sulla base di quanto esposto, deve quindi svilupparsi secondo le fasi seguenti:

- sulla base dell'analisi svolta in fase di bilancio, una prima e generale ricognizione delle risorse disponibili a livello locale, sia sul lato dell'offerta di fonti energetiche direttamente impiegabili, sia sul lato degli eventuali margini di recupero e risparmio nei diversi settori di attività, e individuazione degli interventi che risultano auspicabili sotto il profilo energetico-ambientale e tecnologicamente fattibili;
- individuazione e analisi dei diversi fattori che, a diverso titolo e a diversi livelli (locale o più ampio), si frappongono alla realizzazione di tali interventi;
- individuazione degli strumenti, di varia natura, idonei al superamento degli stessi;

- verifica della disponibilità o meno di tali strumenti e delle modalità o innovazioni (di qualsiasi tipo: gestionali, normative, tecniche, ecc.) eventualmente necessari per l'attivazione degli stessi e conseguente definizione di un 'pacchetto' di azioni ragionevolmente attivabili in tempi utili (obiettivo Kyoto 2020);
- costruzione di nuovi scenari energetici e delle emissioni per la verifica dell'efficacia delle azioni proposte come attivabili;
- scelta delle linee di intervento prioritarie sulle quali sviluppare la fase attuativa del piano d'azione proposto.

Lo schema generale del piano d'azione, si sviluppa, come già anticipato, secondo le linee strutturali e metodologiche definite nel Bilancio prevedendo l'individuazione degli interventi possibili in termini di domanda e offerta di energia.

In termini di domanda di energia i principali settori di intervento in genere individuati riguardano:

- usi finali termici (riscaldamento, raffrescamento, produzione di ACS);
- settore residenziale;
- settore terziario;
- settore industriale;
- usi finali elettrici;
- settore residenziale;
- settore terziario;
- settore industriale;
- illuminazione pubblica;
- mobilità e trasporti.

Si tratterà, in pratica, di individuare quali innovazioni tecnologiche, gestionali e non solo potrebbero essere introdotte per gli usi finali che risultano avere i più alti consumi e la minor efficienza per l'area in esame.

In termini di offerta di energia invece:

- fonti di energia tradizionale;
- contributo delle fonti rinnovabili.

Di seguito si riporta una sintesi delle attività sul lato offerta e su quello domanda di energia.

2.3.1 Usi finali termici

I consumi energetici termici per scopi civili corrispondono a circa il 35-40% dei consumi totali di un comune tipico dell'Italia Settentrionale. Il risparmio energetico per il riscaldamento/raffrescamento degli edifici risulta quindi essere una delle azioni più importanti per raggiungere gli obiettivi definiti dalle indicazioni comunitarie ed internazionali.

Va inoltre sottolineato che il parco edilizio è destinato a crescere nei prossimi anni, incrementando ulteriormente il fabbisogno energetico del settore.

Tra gli obiettivi principali definiti in fase di pianificazione territoriale, quello di stabilizzazione dei consumi termici civili rappresenta un traguardo ambizioso ma raggiungibile.

In considerazione delle notevoli possibilità di risparmio energetico collegato agli interventi sulle strutture edilizie, il piano può identificare come obiettivo minimo quello di non incrementare i consumi energetici totali di fonti fossili collegati alle strutture edilizie, nonostante eventuali previsioni di ampliamento volumetrico, lasciando spazio, anche a un possibile decremento degli stessi.

Il raggiungimento di un obiettivo di incremento zero nell'arco dei 10-12 anni prevede naturalmente la realizzazione di nuove costruzioni con alti standard energetici e, necessariamente, un parallelo aumento dell'efficienza nel resto del parco edilizio esistente. L'introduzione di tecnologie alimentate da fonti energetiche rinnovabili consente, inoltre, di ridurre ulteriormente le emissioni collegate ai consumi energetici, pur senza intaccare direttamente il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale degli edifici stessi.

La realizzazione di nuovi edifici a basso consumo energetico è più semplice da realizzare, anche perché accompagnata da una produzione normativa che spinge decisamente tutto il settore in questa direzione, ma il grande potenziale di risparmio si trova nell'edilizia esistente: la qualità dei programmi di miglioramento della efficienza energetica, la penetrazione sul territorio, la cogenza di alcuni requisiti, la costruzione di meccanismi finanziari dedicati ad azioni per il risparmio di energia sono gli strumenti operativi che permetteranno la riduzione del fabbisogno, senza ostacolare il raggiungimento di maggiori livelli di comfort, attraverso l'interazione fra unità locali.

Sia che si tratti di edifici esistenti o da costruire, l'approccio dovrà rispettare la seguente sequenza di priorità:

- riduzione del fabbisogno (quindi delle dispersioni o degli sprechi, da qualunque parte essi arrivino);
- aumento dell'efficienza della fornitura di energia;
- sostituzione delle fonti energetiche fossili con fonti energetiche rinnovabili.

Tra le azioni e le possibilità atte a perseguire gli obiettivi sopra citati, i Regolamenti Edilizi, e più in particolare i relativi Allegati Energetici, costituiscono il principale strumento all'attuazione di criteri di efficienza energetica³. Le norme e le regole contenute al suo interno possono, in questo caso, giocare un ruolo fondamentale inserendo indicazioni e vincoli che regolamentino diversi livelli sia per insediamenti di nuova costruzione, sia per interventi di ristrutturazione, anche andando oltre le imposizioni previste dalla normativa nazionale in vigore.

È necessario prevedere indicazioni che differenzino la regolamentazione del singolo manufatto edilizio da interventi insediativi di maggiore importanza, prevedendo per questi ultimi un ambito di intervento più ampio (per esempio anche sugli orientamenti degli edifici).

³ Si veda anche il contributo di M.G.Petronio in questo volume.

È necessario agire secondo l'idea che più ampia è l'occasione di intervento che si presenta maggiore è la responsabilità di intervento sul territorio, maggiore anche la possibilità di più alta efficienza energetica del parco edilizio, sia esso esistente o di nuova costruzione; non cogliere e non ottimizzare questa occasione è segno di disinteresse verso qualsiasi politica strategica in campo energetico.

Altre azioni atte a favorire il miglioramento del sistema energetico del settore civile sono legate allo sviluppo del solare termico, peraltro imposto dalla normativa nazionale, favorendo l'integrazione architettonica e l'uso anche per riscaldamento e non solo per acqua calda sanitaria. Per far ciò occorre che le abitazioni siano dotate di sistemi di distribuzione del calore a bassa temperatura e qui si ritorna al regolamento edilizio che può prevedere, ad esempio, che le nuove abitazioni siano dotate di tali sistemi, ad efficienza maggiore rispetto ai termosifoni tradizionali.

La diffusione dell'informazione infine rappresenta un utile strumento per favorire il raggiungimento di certi obiettivi. La semplice adozione di criteri di maggiore efficienza energetica infatti può non risultare sufficiente affinché questi vengano applicati con efficacia. Si rendono necessarie delle azioni di accompagnamento tra cui programmi di formazione e di informazione sui temi dell'energia, delle fonti rinnovabili, delle tecnologie innovative ad alta efficienza, del funzionamento delle ESCO, dei meccanismi attivati (certificati bianchi, ecc.).

2.3.2. *Gli usi finali elettrici*

I consumi elettrici rappresentano tipicamente il 15-25% del bilancio energetico di un Comune e pesano ancor di più sul bilancio delle emissioni (25-35%). Nell'ambito di una politica rivolta alla riduzione delle emissioni gli interventi nel settore elettrico risultano in diversi casi particolarmente interessanti (per efficacia di penetrazione e rapidità di implementazione). Gli interventi riguardano diversi usi finali e diverse tecnologie a seconda del macrosettore economico in esame (domestico, terziario, industria).

L'orientamento generale che si segue è basato sul concetto delle migliori tecniche e tecnologie disponibili. In base a tale concetto, ogni qual volta sia necessario procedere verso installazioni *ex novo* oppure verso *retrofit* o sostituzioni, ci si deve orientare ad utilizzare ciò che di meglio, da un punto di vista di sostenibilità energetica, il mercato può offrire.

Tale concetto vuole stabilire delle condizioni affinché il 'ricambio naturale' di per sé sia sufficiente a fornire un contributo significativo verso una maggiore efficienza energetica.

Questo principio è strettamente legato al tempo di vita utile degli apparecchi generalmente impiegati: tanto più il tempo di vita utile è breve, tanto più facilmente potrà trovare applicazione.

L'idea di base è che ogni qual volta un apparecchio viene sostituito da un altro apparecchio che non presenta degli standard massimi di efficienza (rispetto a ciò che il mercato può offrire), il potenziale di miglioramento viene bloccato in attesa di una nuova sostituzione.

Ciò è evidente, ad esempio, nel caso degli elettrodomestici e dei condizionatori dove, pur potendo disporre di apparecchi ad alta efficienza, il mercato propone soluzioni spesso energeticamente non di punta.

L'approccio basato sulle migliori tecnologie trova, negli usi finali elettrici, la sua miglior forma di applicazione. I tempi relativamente brevi di vita utile consentono, infatti, di utilizzare i ricambi naturali per introdurre dispositivi sempre più efficienti.

Il caso delle lampade è caratteristico, visto che la tecnologia che si va a sostituire è quella delle lampade ad incandescenza che ha un tempo di ricambio generalmente di circa un anno. In tal caso la sostituzione con lampade fluorescenti compatte ad alimentazione elettronica è quella più rapida ed efficace. Anche nel caso delle apparecchiature elettroniche il tempo di sostituzione è ragionevolmente rapido, per cui l'attivazione di opportune politiche rivolte al risparmio può avere interessanti ricadute. In questo caso la questione si sposta, in parte, sulle modalità d'uso di queste apparecchiature.

Per quanto riguarda gli elettrodomestici, questi già presentano delle caratteristiche energetiche ben definite. Negli ultimi anni vi è stata una buona affermazione degli apparecchi di classe energetica elevata (A e B) che, in alcuni casi, sono diventati uno standard di vendita nonostante che l'attenzione data dai consumatori su tale argomento sia ancora piuttosto scarsa. Ulteriori azioni sono comunque necessarie per implementare l'acquisto dei prodotti ad alta efficienza già presenti sul mercato e per incentivare l'introduzione delle nuove classi energetiche A+ e A++.

Il principio dell'applicazione delle migliori tecnologie disponibili, quindi, si applica cercando di favorire l'immissione sul mercato di dispositivi qualitativamente superiori da un punto di vista energetico.

Il raggiungimento degli obiettivi identificati potrà essere realizzato attraverso diverse azioni, tra cui:

- la definizione di accordi volontari settoriali con le società di servizi energetici o con i distributori di energia in virtù della possibilità che gli interventi siano sostenuti dall'emissione dei titoli di efficienza energetica;
- l'introduzione, negli strumenti di regolamentazione edilizia, di obblighi riguardanti l'efficienza negli usi elettrici per i servizi comuni degli edifici (uso di dispositivi che permettano di controllare i consumi di energia dovuti all'illuminazione, quali interruttori locali, interruttori a tempo, controlli azionati da sensori di presenza, controlli azionati da sensori di illuminazione naturale);
- l'introduzione, negli strumenti di regolamentazione edilizia, di condizioni costruttive che valorizzino l'illuminazione naturale (opportuno orientamento delle superfici trasparenti dei locali principali; sistemi di trasporto e diffusione della luce naturale attraverso specifici accorgimenti architettonici e tecnologici, ecc.).

La diminuzione dei consumi di energia elettrica può derivare anche da un uso più limitato di determinati apparecchi, primi fra tutti gli impianti di condizionamento estivo. Le azioni di efficientizzazione dell'involucro edilizio potranno apportare vantaggi anche in tal senso.

Per quanto riguarda il terziario è opportuno differenziare il settore pubblico da quello privato. L'approccio del settore pubblico alle tematiche relative all'efficienza energetica dovrà ispirarsi alla direttiva 2006/32/CE del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. In particolare, l'articolo 5 «efficienza degli usi finali dell'energia nel settore pubblico» esplicita il ruolo esem-

plare che deve avere tale settore in merito al miglioramento dell'efficienza energetica.

Il ruolo dell'ente pubblico verrà incentivato attraverso una rivalutazione del ruolo e delle attività attribuibili alla figura dell'*Energy Manager*, ove previsto.

Una ulteriore azione che potrà contribuire al raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi riguarda la promozione degli acquisti pubblici ecologici e l'introduzione degli aspetti ambientali nelle procedure di acquisto di beni e servizi delle amministrazioni pubbliche.

Per l'illuminazione pubblica alla luce delle esperienze analoghe maturate nel corso degli ultimi anni, da parte di Amministrazioni Comunali, Provinciali e Regionali, attraverso l'adozione – rispettivamente – di appositi Regolamenti e Leggi, si può affermare che è possibile conseguire un notevole risparmio energetico ed un ridotto impatto ambientale nel settore dell'illuminazione esterna, pubblica e privata. Le Leggi Regionali sulla lotta all'inquinamento luminoso, le Linee Guida Provinciali e i Piani Regolatori dell'Illuminazione Comunale rappresentano gli strumenti fondamentali per indurre un minor impatto ambientale del sistema di illuminazione stradale.

Per quanto riguarda il settore privato, il commercio riveste il ruolo più interessante come presenza economica. L'evoluzione degli esercizi commerciali verso strutture sempre più grandi e complesse sta provocando un forte incremento degli usi energetici a parità di superficie di vendita. Ciò si deve sia alle nuove esigenze di sistemi di illuminazione finalizzati alla 'valorizzazione' della merce, esigenze che difficilmente cederanno nei confronti del risparmio energetico, ma soprattutto alle esigenze di condizionamento degli ambienti di strutture che, benché in molti casi di recente costruzione, presentano delle caratteristiche impiantistiche e costruttive spesso carenti.

I criteri costruttivi già individuati dovrebbero essere applicati anche al caso degli edifici adibiti ad attività commerciale. Tali edifici, a causa dei carichi interni, necessitano generalmente di notevoli quantità di energia finalizzata al raffrescamento. A tale riguardo è generalmente raccomandabile l'uso di sistemi che utilizzino, come sorgente energetica, il calore prodotto da una centrale cogenerativa. L'uso di gruppi refrigeranti ad assorbimento alimentati ad acqua calda permette infatti di incrementare la convenienza energetica ed economica dell'intero sistema di produzione, distribuzione e uso dell'energia.

Per le strutture di futura costruzione l'Ente Pubblico, negli ambiti di propria competenza, potrà attivarsi affinché gli aspetti collegati ai consumi energetici siano considerati nelle procedure autorizzative, stimolando così la realizzazione di strutture che soddisfino le proprie esigenze energetiche utilizzando le migliori tecniche e tecnologie disponibili.

Per quanto riguarda le attività produttive, possibili azioni risiedono nella concessione di autorizzazioni. Nel caso di insediamenti di nuove realtà produttive, potranno essere introdotte procedure autorizzative basate anche su criteri di efficienza energetica, incentivando l'utilizzo delle migliori tecniche/tecnologie disponibili.

Le scelte di carattere energetico si devono intrecciare con gli obiettivi della nuova politica industriale nell'ambito dei distretti produttivi, reti di imprese legate per tipo di specializzazione e appartenenti ad uno o più ambiti territoriali anche non confinanti tra loro.

Questi sistemi sono ideali per sviluppare una progettualità strategica comune, ad esempio programmando e mettendo a punto interventi di razionalizzazione energetica soprattutto rivolta alle piccole imprese che, singolarmente, potrebbero non dispor-

re dei mezzi adeguati. È necessario considerare la possibilità di intraprendere azioni di efficienza energetica non applicate a singole realtà produttive, ma ad intere aree o distretti industriali, attivando iniziative di sistema coordinate a tale livello. Lavorare a livello dei distretti produttivi significa lavorare su iniziative di sistema, con maggiori possibilità di successo.

2.3.3 Mobilità e trasporti

Il settore dei trasporti è senz'altro uno dei settori più energivori a livello cittadino. Una significativa quota dei consumi di energia e delle emissioni inquinanti complessivamente contabilizzati su base urbana sono direttamente imputabili alla mobilità di persone e merci. Il piano energetico non è evidentemente lo strumento principale di intervento atto a riorientare la domanda di mobilità su scenari di sviluppo sostenibile; nondimeno, le dimensioni assolute e relative del consumo energetico nel settore ne consigliano l'attenta considerazione anche in tale sede. Da questo punto di vista nell'ambito del piano energetico appare opportuno delineare uno schematico modello energetico della mobilità, in base al quale individuare i settori di intervento prioritario e le linee generali da proporre quali criteri di programmazione settoriale orientati alla riduzione dei consumi di energia. In linea generale, le linee di intervento si possono articolare sul lato domanda mediante misure che consentano di incidere su di essa cambiando, ad esempio, il numero di spostamenti per abitante o la distanza media per spostamento, piuttosto che mediante misure che consentano di reindirizzare la domanda di mobilità su modi di trasporto caratterizzati da minori indici di consumo unitario o che consentano di ottenere un impiego energeticamente più efficiente dei modi di trasporto attualmente impiegati (come l'uso di mezzi pubblici o l'incremento degli indici di occupazione dei veicoli). Per quanto riguarda l'aspetto tecnologico, si deve favorire l'incremento dei mezzi di trasporto con ridotti consumi energetici o che utilizzano tecnologie alternative. Non da ultimo va segnalata l'importanza di una gestione complessiva del traffico orientata alla minimizzazione dei consumi di energia.

Si rende necessario che i piani locali in materia di mobilità e traffico includano anche l'analisi delle variazioni dei consumi energetici conseguenti alla loro attuazione, anche ai fini della concessione di eventuali finanziamenti.

Nel campo della pianificazione urbanistica è necessario che la stessa non prescinda da considerazioni sulla domanda di mobilità indotta dalle scelte settoriali, favorendo uno sviluppo urbanistico che si possa conciliare con un utilizzo razionale dei servizi di trasporto pubblico.

3. L'offerta di energia

In una attività di pianificazione energetica locale, la determinazione e la programmazione da parte dell'Ente Pubblico dell'eventuale incremento dell'offerta di energia da fonti tradizionali, trova uno spazio ridotto, poiché tale tipologia di produzione energetica deve essere inquadrata in un contesto più esteso, che coinvolga il Governo, la Regione e le Comunità Locali.

Lo scrupolo dell'Amministrazione Pubblica può essere quello di definire aree idonee ad eventuali installazioni, sulla base delle caratteristiche ambientali e delle opportunità di fornitura energetica nonché a precise restrizioni normative⁴.

In forza delle suddette indicazioni, l'indirizzo dell'Amministrazione deve essere rivolto a valutare la possibilità di installazione delle suddette centrali nell'ambito della complessiva pianificazione territoriale. In particolare l'installazione di nuovi impianti a fonti fossili potrà essere avvalorata privilegiando le condizioni di servizio preminentemente locale espletato, qualora l'impianto venga progettato all'interno del concetto della generazione distribuita, con possibilità di produzione del calore a servizio di utenze poste nelle vicinanze degli impianti e dimensionando, di conseguenza, la produzione di energia elettrica.

Obiettivo della pianificazione per tale tipologia di produzione energetica è quindi quella di *favorire e dare priorità alle produzioni energetiche centralizzate ed al teleriscaldamento*.

Per quanto riguarda l'offerta di energia rinnovabile sia per la produzione di calore che di energia elettrica è prioritario definire le linee di sviluppo per incrementare la quota di energia solare termica e fotovoltaica, la produzione idroelettrica in ogni sua forma, l'impegno della biomassa, della fonte eolica, dalla geotermia e del recupero da Rifiuti Solidi Urbani e fanghi di depurazione. In tal senso gli strumenti di pianificazione territoriale locale, come il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, o lo stesso Regolamento Edilizio Comunale, devono definire le regole e le aree destinate ad attività energetiche.

In tal senso va dunque osservato come i punti da affrontare sono:

- coerentemente con la necessità di determinare un sensibile sviluppo dell'impiego delle fonti rinnovabili, ci si debba porre l'obiettivo di trovare le condizioni idonee per una loro valorizzazione diffusa sul territorio;
- l'impiego delle fonti rinnovabili contribuirà al soddisfacimento dei fabbisogni relativi agli usi elettrici, agli usi termici ed eventualmente agli usi in autotrazione;

Per ogni tipologia di fonte rinnovabile deve essere dunque effettuata una stima del potenziale locale, basato sia sulle ipotesi di sviluppo urbanistico (si pensi ad esempio

⁴ L'installazione di impianti termoelettrici funzionanti a fonte fossile si deve conformare ai seguenti documenti programmatici: l'Accordo tra Governo, Regioni, Province, Comuni e Comunità Montane per l'esercizio dei compiti e delle funzioni di rispettiva competenza in materia di produzione di energia elettrica (in GU n. 220 del 19 Settembre 2002) che definisce alcuni criteri generali relativi all'installazione di nuovi impianti di produzione di energia elettrica. Tra questi si citano: compatibilità con gli strumenti di pianificazione esistenti generali e settoriali d'ambito regionale e locale; coerenza con le esigenze di fabbisogno energetico e dello sviluppo produttivo della regione o della zona interessata dalla richiesta, con riferimento anche alle ricadute di soddisfacimento del fabbisogno energetico e di sviluppo produttivo sulle regioni confinanti; coerenza con le esigenze di diversificazione delle fonti primarie e delle tecnologie produttive; massimo utilizzo possibile dell'energia termica cogenerata; riduzione o eliminazione, ove esistano, di altre fonti di produzione di energia e di calore documentata con apposite convenzioni e accordi volontari con le aziende interessate; diffusione del teleriscaldamento, in relazione alla specifica collocazione dell'impianto, finalizzato alla climatizzazione anche delle piccole utenze produttive e delle utenze private di piccole dimensioni, con la messa a disposizione di un servizio di pubblica utilità per i centri urbani coinvolti; riutilizzo prioritario di siti industriali già esistenti, anche nell'ambito dei piani di riconversione di aree industriali.

alla cogenza del solare termico e fotovoltaico per le nuove edificazioni), sia sulla effettiva disponibilità locale della risorsa (ha poco senso realizzare impianti a biomassa senza disporre di combustibile nelle immediate vicinanze)⁵. Va comunque considerato come lo sviluppo di certe tipologie impiantistiche dipenda inoltre dalla sussistenza della volontà politica – e di un adeguato livello di accettabilità sociale – di realizzarle e di effettuare opportune scelte di allocazione, come avviene per ad esempio per gli impianti eolici di grande taglia.

⁵ Il tema della coerenza territoriale delle politiche e interventi per le energie da fonti rinnovabili è sviluppato in particolare nel contributo a cura di Fagarazzi *et al.* e relativo alla esperienza didattica su un contesto di area vasta toscano.

Un modello territorializzato per la costruzione del piano energetico locale. L'esperienza dei Laboratori sperimentali/didattici del Corso di Laurea in Pianificazione di Empoli

Lorenzo Bartoletti, Alberto Detti, Alessandro Tirinnanzi¹

Premessa

Il Corso di Laurea in Pianificazione e Progettazione della Città e del Territorio del polo universitario di Empoli ha sviluppato nel contesto dell'attività didattica², in coerenza con l'approccio territorialista, un'attività di sperimentazione analitico/progettuale finalizzata alla definizione di idonee risposte locali rispetto alla questione energetica globale. Tale metodologia è finalizzata, in particolare, all'integrazione della questione energetica all'interno del tema di Governo del Territorio, cercando di individuare, conoscere e governare le potenzialità del territorio e le sue trasformazioni con un approccio multidisciplinare, finalizzato alla costruzione di un'offerta potenziale energetica territorialmente sostenibile, che guarda al ruolo della comunità locale come attore principale. L'approccio, viene sperimentato in un contesto/laboratorio territoriale specifico, la Val di Nievole in Provincia di Pistoia, facendo ricorso ad approcci analitici basati su tecniche di analisi multicriteriale geografica su piattaforma GIS, con un dettaglio su scala bioregionale, tale da garantire una adeguata interpretazione delle relazioni fra flussi energetici e di materia, pluralità di risorse primarie e società locale.

1. Il Piano Energetico della Valdinievole

1.1 L'inquadramento territoriale

Il territorio interessato dallo studio riguarda i comuni dell'ambito territoriale della Valdinievole e comprende i comuni di: Buggiano, Larciano, Marliana, Monsummano

¹ Il contributo è frutto del lavoro congiunto degli autori. Tuttavia, è riconoscibile il contributo del dott. A. Detti nella redazione dei paragrafi 1.4 e 1.5; del dott. L. Bartoletti nella redazione dei sottoparagrafi d, d1 e d2; del dott. A. Tirinnanzi nella redazione dei paragrafi 1.1, 1.2, 1.3 (con l'esclusione dei sottoparagrafi d, d1, d2); mentre il paragrafo 1.6 è da attribuire a tutti e tre gli autori.

² Le analisi illustrate in questo contributo, sono state sviluppate nell'ambito del Laboratorio di Progettazione e Pianificazione della Città e del Territorio (resp. prof. A.Magnaghi) e del Corso di Economia e Valutazioni Ambientali (resp. Prof. C. Fagarazzi) del secondo anno di CdL Magistrale in Pianificazione e Progettazione della Città e del Territorio della Facoltà di Architettura di Firenze (sede di Empoli). Il gruppo di lavoro era costituito da: laboratorio area Val di Nievole: A.Tirinnanzi, A.Detti, L. Bartoletti (AA. 2007/08).

Terme, Montecatini Terme, Pescia, Uzzano, Pieve a Nievole, Chiesina Uzzanese, Ponte Buggianese, Massa e Cozzile; per un totale di circa 150.000 abitanti, al 2007, concentrati soprattutto nei centri di Monsummano Terme, Montecatini Terme e Pescia.

Naturalmente il piano energetico proposto per la Valdinievole non può essere identificato come un PEC, né come un piano provinciale ma bensì come un piano intercomunale definito anche in base ai caratteri naturali e antropici, e non esclusivamente amministrativi, che, nel lungo periodo, per effetto dei processi di evoluzione storica, hanno dato forma ad un ambito fortemente strutturato. Le caratteristiche idro-geomorfologiche dell'area, nonché le relazioni socio-territoriali e socio economiche, sono infatti tali da definire un effettivo sub-ambito 'bioregionale' fra le province di Lucca e Pistoia.

La scelta dell'ambito territoriale di lavoro non ha dunque portato alla mera definizione dei piani energetici dei singoli comuni che la costituiscono, ma bensì alla definizione di un piano di area vasta, pur rimanendo al di sotto della scala provinciale, ritenendo che questa fosse troppo generica per la definizione di metodo ed obiettivi di lavoro. La dimensione dell'area della Valdinievole è quindi sembrata costituire il punto di equilibrio tra confini amministrativi, definizione geografica e identità locale.

1.2 L'impostazione del piano

Il primo obiettivo della ricerca è stato quello di definire le potenzialità energetiche del territorio, ovvero, l'offerta energetica territoriale della Valdinievole sotto i seguenti vincoli di *sostenibilità*:

- *ambientale*, ovvero garantendo, per le risorse rinnovabili RR, un tasso di utilizzazione inferiore alle capacità di rigenerazione delle stesse; e per le risorse non rinnovabili RNR, un uso sempre più efficiente ed un tasso di utilizzazione progressivamente decrescente e tale da garantirne la disponibilità anche per le generazioni future;
- *economica*, stimando l'offerta delle sole risorse energetiche capaci di garantire l'efficienza economica per i diversi attori coinvolti nella filiera, incluso l'utente finale;
- *sociale* stimando la sola offerta energetica (da RR) realizzabile con l'impiego di tecnologie che determinino effetti ambientali (inclusi quelli paesaggistici) ritenuti sostenibili dalla comunità locale.

Al piano energetico intercomunale della Valdinievole è assegnato dunque il ruolo di delineare le politiche di sviluppo energetico locale e perseguire obiettivi, tramite l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, quali:

- la sicurezza nell'approvvigionamento energetico;
- l'utilizzo delle risorse locali e rinnovabili per la produzione di energia;
- l'aumento dell'efficienza energetica;
- la riduzione delle emissioni di gas climalteranti.

Il piano energetico si è articolato attraverso le seguenti fasi operative:

- definizione delle potenzialità energetiche territoriali da fonti rinnovabili (biomassa agro-forestale, eolico, idroelettrico, solare termico e fotovoltaici, geotermico a bassa entalpia);
- individuazione obiettivi di piano e definizione degli ambiti di intervento e delle azioni da attuare sul territorio;
- definizione della domanda energetica attuale, e di possibili evoluzioni e tendenze del sistema energetico;
- stima del bilancio energetico territoriale;
- individuazione di azioni e strategie volte al risparmio energetico;
- analisi degli strumenti necessari per l'attivazione delle strategie;
- descrizione dell'immagine energetica del territorio, rivolta a sintetizzare l'offerta e la domanda di energia, tramite la costruzione dell'atlante energetico territoriale.

Il piano che ne deriva è uno strumento di governo capace di definire obiettivi e strategie sia di medio periodo, relativamente ad uno specifico ambito pianificatorio (al pari di un Piano Strutturale), sia di breve periodo, relativamente ad una dimensione operativa (al pari di un Regolamento Urbanistico), che ne prefiguri anche gli interventi prioritari.

Nella fase di definizione dell'offerta energetica potenziale da RR le variabili geografiche, morfologiche e antropiche assumono un ruolo determinate. Ad influire infatti sull'offerta saranno i parametri caratterizzanti di ogni unità territoriale, ovvero: la pendenze, l'esposizione, l'assolazione, la quota, il tipo di corso fluviale, ecc. Per far fronte alla conseguente enorme quantità di dati e variabili geografiche, funzionali sia alla stima dell'offerta energetica potenziale da RR nonché alla localizzazione ottimale degli impianti di produzione, è stato necessario impiegare modelli econometrici appositamente sviluppati su piattaforma GIS (*Geographic Information System*), in grado di analizzare sia dati in formato vettoriale che *raster*. In particolare, è stato possibile sviluppare un modello di analisi multicriteriale geografica che implementasse algoritmi capaci di caratterizzare, dal punto di vista energetico, ciascuna unità territoriale (*pixel*) che costituisce il territorio di indagine.

La piattaforma GIS, è stata quindi prioritariamente impiegata per la stima dell'offerta energetica potenziale da RR, cui è seguita una specifica analisi dell'edificato provinciale diretta a classificare le singole unità abitative in relazione alla propria vocazione ad essere convertite con impianti energetici a RR.

1.3 L'offerta energetica di RR

a. L'offerta potenziale territoriale di biomassa

Il termine biomassa è un'accezione generale che comprende una grande varietà di materiali organici quali legna, residui della lavorazione di prodotti agricoli e forestali, apposite coltivazioni per produrre energia, rifiuti organici animali e – in maniera controversa – anche i rifiuti solidi urbani, che possono essere impiegati per la produzione di energia. La biomassa analizzata in questo studio riguarda però la sola componente agro-forestale, ovvero quella generata da residui delle potature delle colture arboree agrarie e da residui delle utilizzazioni forestali. In particolare, per la componente forestale si è proceduto alla stima della quantità di residui legnosi po-

tenzialmente ricavabili dai tagli finali boschivi e destinabili alla produzione di cippato, attraverso un modello econometrico, su piattaforma GIS, sviluppato nel 2003 da Bernetti e Fagarazzi, e successivamente implementato dagli stessi autori nel 2008 (Bernetti, Fagarazzi 2003; Bernetti, Fagarazzi 2008)³.

In tal modo è stato possibile stimare sia l'offerta per unità di superficie (per stabilire la quantità di biomassa estraibile ogni anno da ogni ettaro di superficie forestale), sia l'offerta aggregata (per individuare le superfici effettivamente in produzione anche dal punto di vista della sostenibilità economica dei prelievi).

Il modello di offerta per unità di superficie permette di valutare l'offerta di biomassa legnosa di origine forestale, in relazione alle diverse tipologie di bosco, sulla base della stima della produttività media annua ottenibile per unità di superficie. In pratica, si cerca di stimare le capacità di accrescimento di ciascuna tipologia forestale, per le specifiche caratteristiche di giacitura che contraddistinguono le singole unità territoriali (pixel). Per tale operazione è risultato indispensabile l'utilizzo dell'Inventario Forestale Toscano (IFT) arricchito dalle tipologie forestali (si veda Mondino, Bernetti 1998).

Il primo passo ha riguardato la stima dell'incremento medio di ogni tipologia forestale, e della corrispondente ripartizione percentuale degli assortimenti di ogni singola specie⁴. Per individuare le superfici realmente in produzione, ovvero, i pixel che presentano valori di macchiatico positivo⁵ sono stati inoltre calcolati, per ciascun pixel, i costi di produzione degli assortimenti legnosi ricavabili dal taglio di tale unità di superficie.

Con l'utilizzo di un modello econometrico su piattaforma GIS *raster* è stato quindi possibile costruire un modello di offerta basato su:

- la produzione media annua ottimale per unità di superficie boschiva;
- i costi totali di produzione per quintale di biomassa estratta dai soprassuoli;
- i prezzi della biomassa.

Il modello di offerta aggregata ha portato alla definizione delle superfici in produzione, grazie alla stima dei costi di produzione dei singoli pixel e dei relativi ricavi. In relazione ai prezzi di vendita degli assortimenti legnosi, incluso il cippato, è quindi possibile individuare, su base cartografica, quali sono le superfici forestali utilizzabili con profitto e con quale margine di guadagno. Le aree in produzione saranno infatti rappresentate dall'insieme di tutti quei pixel che presentano valori di macchiatico positivo, ovvero, nei quali il taglio del bosco è economicamente efficiente. La produzione legnosa complessiva, sarà data dalla sommatoria delle produzioni medie annue di tutte le superfici (pixel) che presentano valori di macchiatico positivo.

Le stime delle produzioni così ottenute rispondono a criteri di sostenibilità ecologica in quanto prendono a riferimento l'incremento medio annuo di ciascuna specie

³ Per un approfondimento, si veda il contributo di Fagarazzi *et al.* nella presente pubblicazione.

⁴ Operazione realizzata con il supporto di Christian Ciampi e Sandro Sacchelli del Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali.

⁵ Il Valore di macchiatico rappresenta la differenza tra i ricavi ottenibili dalla vendita degli assortimenti legnosi di ogni tipologia di bosco e i costi totali di produzione degli stessi.

forestali, ovvero, il tasso di rigenerazione medio annuo che abbiamo per ciascuna unità di superfici. Imponendo una produzione inferiore o uguale a tale valore, siamo quindi in grado di soddisfare i principi di sostenibilità universalmente riconosciuti in ambito internazionale (Pearce, Turner 1989).

Il recupero dei residui forestali, da destinarsi alla produzione di cippato, determina un aumento delle superfici forestali a macchiatico positivo in quanto produce un reddito addizionale rispetto a quello ricavabile dalla vendita dei soli assortimenti tradizionali (legna da ardere, paleria, ecc.).

Alla stima della produzione potenziale di biomassa (cippato) di origine forestale può essere aggiunta la biomassa derivata dalle potature delle colture arboree agrarie, stimata sulla base delle produttività medie annue per unità di superficie (t/ha/anno) definite su base bibliografica, e in grado di generare, nel contesto esaminato, 15.000 t/anno di cippato, cui corrispondono circa 54.000 MWh termici annui.

Inoltre, è plausibile ipotizzare, nel medio periodo, l'impiego di biomassa a uso energetico proveniente anche da colture arboree dedicate, le c.d. SRF (*Short Rotation Forestry*). In questo caso, l'individuazione delle superfici agricole idonee all'introduzione di colture SRF, può essere effettuata attraverso modelli di analisi su piattaforma GIS, in grado di individuare, sul territorio, le aree maggiormente vocate alla trasformazione, in relazione alla tipologia dei suoli, regime pluviometrico, temperature, ecc.

b. Le potenzialità territoriali dell'eolico

Attualmente l'eolico rappresenta una tecnologia in grado di fornire energia elettrica a costi relativamente competitivi rispetto alle fonti energetiche tradizionali e alle altre rinnovabili. L'introduzione dei certificati verdi ha indubbiamente promosso lo sviluppo delle tecnologie eoliche rendendo economicamente efficiente anche la collocazione di questi impianti in aree non molto vocate dal punto di vista produttivo. Ciò determina maggiori responsabilità per i Pianificatori Territoriali cui spetta il compito di individuare, su grande scala, le aree più adatte sia in relazione alla producibilità dei contesti, sia in relazione agli effetti ecologico-ambientali che possono essere generati da queste tecnologie (effetto paesaggistico, effetto su avifauna, ecc.).

Il primo passo verso la definizione delle aree vocate all'installazione di fattorie eoliche deve necessariamente basarsi sullo studio dei venti. A tal fine, risulta di rilevante importanza l'Atlante Eolico d'Italia elaborato dal CESI⁶, in collaborazione con l'Università degli Studi di Genova, che stima le velocità medie dei venti nei vari contesti nazionali e a diverse quote sul terreno. Tale archivio informatico, è stato poi ulteriormente implementato, grazie ai dati rilevati, a livello regionale, dal PIER (Piano di Indirizzo Energetico Regionale) della Regione Toscana, con le geoinformazioni contenute nella carta del vento della regione.

L'utilizzo congiunto di queste due archivi ha portato all'individuazione di siti nei quali le tecnologie eoliche possono garantire elevate produttività. Ovviamente, i risultati così ottenuti hanno solo rilevanza ai fini pianificatori per l'identificazione delle aree ritenute maggiormente produttive. Nel caso di progetti attuativi la simulazione non sarebbe sufficiente a garantire la sostenibilità economica dell'investimento e di

⁶ Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano S.p.A.

conseguenza sarebbe indispensabile una campagna anemometrica di almeno un anno, per conoscere l'effettiva ventosità del sito.

I risultati di questa prima fase analitica hanno condotto all'individuazione di due aree con elevata vocazione eolico-produttiva.

Per stimare l'energia realizzabile nelle aree individuate, si è fatto riferimento alla teoria delle probabilità (Fagarazzi 2008). La disponibilità della sola velocità media dei venti, non consente infatti una stima della produzione energetica realizzabile. Le torri eoliche generano infatti energia, secondo una relazione non lineare rispetto alla velocità del vento, ovvero, secondo una relazione di tipo logistico⁷. Inoltre, la frequenza cumulata della velocità dei venti nel corso dell'anno non si distribuisce secondo una tipica funzione gaussiana nella quale media, mediana e moda coincidono. Non è dunque possibile stimare l'energia prodotta attraverso il semplice prodotto della velocità media, della corrispondente energia erogata dall'aerogeneratore e delle ore annue di funzionamento. Per tale ragione è necessario ricostruire la distribuzione cumulata della velocità dei venti per ogni superficie esaminata. Ciò è appunto possibile facendo riferimento alla distribuzione di probabilità di Weibull (Fagarazzi 2008), ovvero una distribuzione continua definita nell'intervallo dei numeri reali positivi che consente, attraverso la conoscenza della sola velocità media annua dei venti dell'area (sulla base della carta dei venti della Regione Toscana), di ricostruire, per ciascuna area, la distribuzione cumulata della velocità dei venti (Tab. 1). Il prodotto della distribuzione cumulata dei venti e della curva di potenza dell'aerogeneratore modello⁸, proposto per il contesto esaminato, permette una stima attendibile dell'energia annua che un aerogeneratore di questo tipo sarebbe in grado di generare nell'area ad alta vocazione produttiva⁹.

È quindi seguita una sintetica valutazione degli effetti che tali tecnologie possono determinare sulla componente antropica e paesaggistico-ambientale. Per tale ragione si è quindi proceduto a verificare le relazioni esistenti tra le aree ad alta vocazione produttiva, e ciò che si trova nelle loro prossimità. In particolare, si è proceduto alla classificazione dei contesti secondo 4 categorie a vocazionalità decrescente; nello specifico, se le aree ad elevata vocazione eolico-produttiva, si trovano in zone non interessate da insediamenti antropici e da risorse naturali, allora si tratta di aree ad alta vocazione anche rispetto agli effetti di alterazione ambientale, e sono classificate in categoria I. Se tali zone si localizzano invece all'interno di un bosco, il modello le classifica invece come di categoria II, poiché determinano un disturbo sulla componente naturale; se invece si trovano a distanza inferiore ad 1 km da un centro abitato esse vengono classificate di categoria III, poiché generano un disturbo sulla componente antropica. Infine, nel caso di sovrapposizione di aree di categoria II e III, significa che l'eventuale collocazione dell'impianto in tale contesto può determinare effetti di disturbo sia sulla componente

⁷ Del tipo $P(v) = \alpha + 1/(\beta + e^{\gamma(v-\delta)})$ con v = velocità del vento e α , β , δ e γ parametri caratterizzanti la turbina eolica.

⁸ Nel caso in esame, la curva di potenza presa come riferimento è relativa ad aerogeneratori della potenza nominale di 2MW di una nota marca europea. In questo caso viene quindi simulata la realizzazione di parchi eolici con tecnologie di tale tipo.

⁹ È possibile personalizzare la mappa della producibilità energetica, in relazione alla curva di potenza di qualsiasi tecnologia eolica che volessimo testare (mega eolico, eolico, minieolico, ecc.) e di qualsiasi marca.

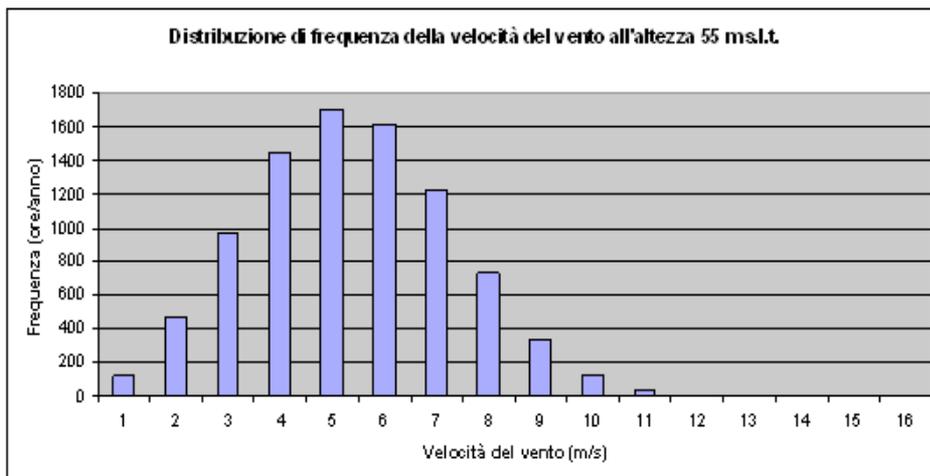


Tabella 1. Distribuzione cumulata delle velocità dei venti secondo la distribuzione di probabilità di Weibull.

antropica che su quella naturale e conseguentemente si tratta di aree molto critiche, con minima vocazione all'installazione di tecnologie eoliche.

Naturalmente queste analisi sono state sviluppate previa valutazione dei vincoli imposti dalla regione Toscana e dal PIER relativamente alle zone sconsigliate o non idonee.

A tali analisi si sono poi aggiunte valutazioni in merito ai costi di realizzazione dell'impianto.

In questo caso è stato quindi necessario individuare i requisiti minimi che devono essere soddisfatti rispetto alle infrastrutture presenti sull'area, cioè la presenza di infrastrutturazione elettrica necessaria all'immissione in rete dell'energia generata dall'impianto.

L'analisi delle infrastrutture elettriche e delle relative distanze dalle aree vocate, ha permesso la verifica della sostenibilità tecnico-economica.

Lo studio è stato quindi integrato con una sintetica valutazione degli effetti paesaggistici dei manufatti eolici. Si tratta di un'analisi su piattaforma GIS volta a verificare la visibilità delle torri in relazione alla morfologia ed alla presenza di coperture vegetali, quindi tenuto conto della intervisibilità delle torri, rispetto al contesto territoriale, e della qualità estetico paesaggistica dell'area.

Lo studio, condotto attraverso un approccio multiobiettivo, che ha integrato tutti gli indicatori suddetti, ha portato all'individuazione delle aree più idonee a soddisfare i criteri oggetto di analisi. In questo modo è stato possibile definire, simulando l'introduzione di aerogeneratori nelle sole aree ad «alta vocazione», uno scenario produttivo che prevede l'impiego di 9 aerogeneratori, concentrati in un sito a Nord della Valle della Pescia, capace di garantire una producibilità complessiva annua di 40.869 MWh.

c. Le potenzialità territoriali dell'idroelettrico

L'idroelettrico è stato per l'Italia il motore del miracolo economico; fino agli anni sessanta questa era la principale fonte che alimentava l'industria e il settore civile della nostra società (Ippolito, Simen 1974). Successivamente, il rapido incremento

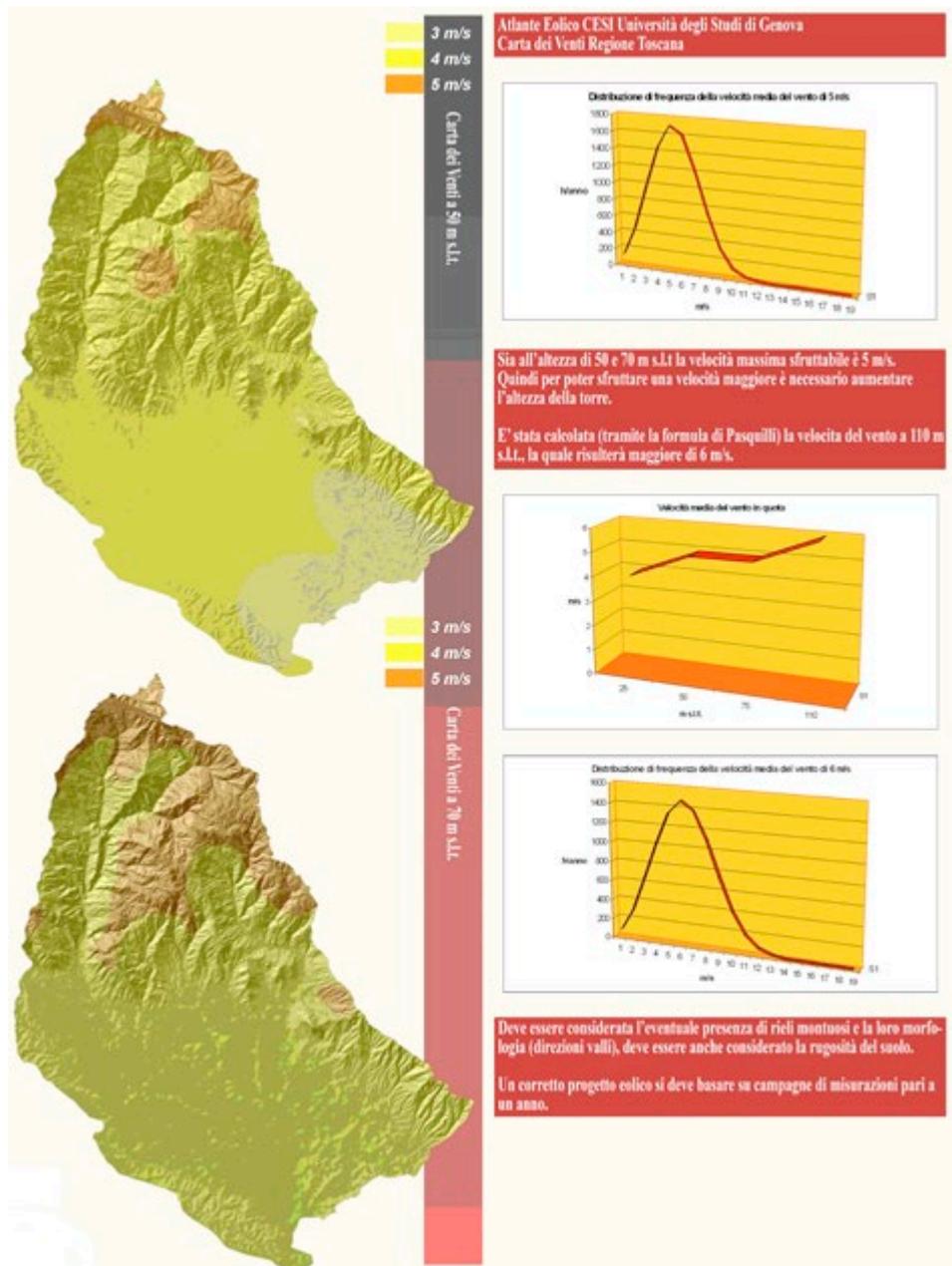


Figura 1. Analisi del potenziale eolico a 50 e 70 metri sul livello del terreno.

dei consumi e le lobby petrolifere che stavano prendendo campo, hanno favorito lo sviluppo di centrali e combustibili fossili, riducendo progressivamente l'importanza produzione della fonte idroelettrica.

Negli ultimi anni si è però assistito a un rinnovato interesse verso questa risorsa energetica, principalmente a causa dell'incremento del prezzo dei combustibili fossili, che hanno reso conveniente la realizzazione di nuovi bacini idrici anche in contesti

a limitata produttività idrica. Lo sviluppo tecnologico legato ai sistemi mini-idro ed alle piccole centrali, ha infatti favorito il recupero dei salti idrici esistenti con potenze di installazione inferiori a 10 MW¹⁰.

Per tale ragione, sono state quindi esaminate, nel territorio oggetto di indagine, le potenzialità di sviluppo di impianti miniidro capaci di sfruttare anche , salti di quota di limitata entità. In particolare, sono stati qui proposti i soli impianti ad acqua fluente, che non richiedono la realizzazione di bacini di accumulo.

La stima territoriale del potenziale energetico del settore idroelettrico è stata quindi sviluppata analizzando i corsi d'acqua, anche attraverso lo studio dei salti presenti su di essi.

Tramite l'utilizzo di una pluralità di archivi¹¹ sono stati individuati i salti presenti, la loro entità e potenzialità: portata, curva di durata, potenza installabile ed energia producibile. In tal modo è stato possibile costruire un sistema informativo anche per la risorsa idrica.

Sulla base di tali informazioni, si è proceduto alla stima del regime idrico caratteristico di ogni corso d'acqua. A tal proposito è stata analizzata la «curva di durata», di ogni corso, fornita dall'Autorità di Bacino del fiume Arno¹². Per stimare correttamente la portata prelevabile è infatti necessario conoscere la curva di durata caratteristica di ogni tratto di fiume. Essa in genere deriva dall'andamento cronologico dei deflussi e si rappresenta su un piano cartesiano di dimensioni (Q, d) , in cui ad ogni valore di portata Q , è associata la corrispondente durata d definita come il numero di giorni in cui la portata Q è raggiunta o superata.

Le analisi hanno quindi verificato due dati importanti: la portata Q derivabile ed i giorni di funzionamento¹³, assicurando comunque il deflusso minimo vitale (sempre indicato dall'Autorità di Bacino).

I risultati dell'analisi di producibilità sono illustrati nell'esempio seguente (Tabb. 2 e 3), relativi al fiume Pescia.

Stimando la portata di derivazione e ipotizzando una durata annua di funzionamento di 240 giorni, è stata calcolata l'energia potenzialmente producibile. Sulla base dei risultati, conseguiti è stato quindi possibile ipotizzare la collocazione di 14 microimpianti per una potenza complessiva di 105 KW ed una energia annua producibile pari a 577 MWh annui. Gli impianti, localizzati sfruttando il solo recupero delle briglie e salti preesistenti, risultano così localizzati: 5 Sul fiume Pescia nel comune di Collodi, 7 sul fiume Pescia nel comune di Pescia, 1 sul fiume Nievole; 1 sul torrente Cessana.

¹⁰ Gli impianti miniidro sono definiti quelli di potenza inferiore a 10MW, ed in particolare, vengono così classificati: microimpianti: con potenza < 100 kW; mini-impanti: con potenza compresa tra 100 kW e 1 MW; piccoli impianti: con potenza compresa tra 1MW e 10 MW (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Electrique).

¹¹ Sono stati utilizzati gli archivi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Arno e del Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio.

¹² <<http://www.adbarno.it/>>.

¹³ In questo modo, stimando la potenza installabile e sapendo il grado di utilizzazione annuo, è possibile calcolare l'energia idraulica producibile annualmente. La potenza viene stimata tramite la formula generica: $P = 9,81 * r * Q * h$, dove: r è il rendimento complessivo dell'impianto (0,5 - 0,7); Q portata (di derivazione scelta mediante la curva di durata); h altezza del salto (epurata dalle perdite di carico).

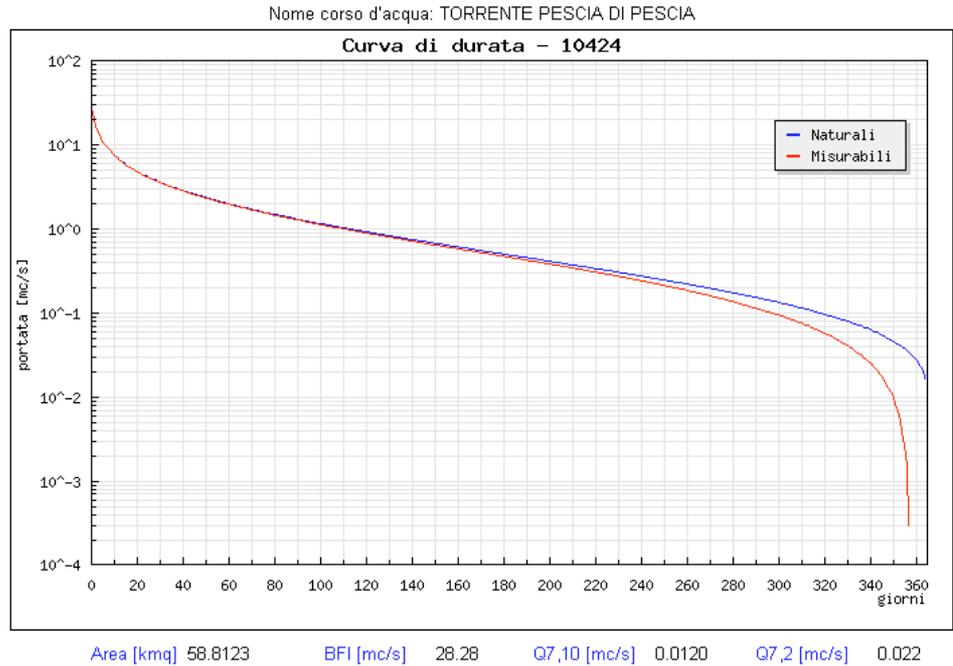


Tabella 2. Curva di durata del torrente Pesca di Pesca.

Tabella 3. Analisi di producibilità del torrente Pesca di Pesca.

| Num | SALTO [m] | POTENZA [kW] | CORSO ACQUA | PORTATA [mc/s] | DISLIVELLO TOT [m] | CONDOTTA [m] | GIORNI | PRODUZIONE [kWh/anno] | PRODUZIONE [MWh/anno] |
|------------|-----------|--------------|---------------|----------------|--------------------|--------------|--------|-----------------------|-----------------------|
| 7 | 1.0 | 6.37 | pescia pescia | 0.50 | 2 | 500 | 220 | 33633.6 | 33.6336 |
| 8 | 1.0 | | pescia pescia | | | | | | |
| 9 | 0.5 | // | pescia pescia | // | | | // | // | // |
| 10 | 1.0 | // | pescia pescia | // | | | // | // | // |
| 11 | 2.0 | 19.12 | pescia pescia | 0.50 | 6 | 250 | 220 | 100953.6 | 100.95 |
| 12 | 4.0 | | pescia pescia | | | | | | |
| 13 | 8.0 | 20.4 | pescia pescia | 0.40 | | | 220 | 10771.2 | 107.71 |
| 14 | 1.0 | // | pescia pescia | // | | | // | // | // |
| 15 | 1.0 | // | pescia pescia | // | | | // | // | // |
| 16 | 1.0 | // | pescia pescia | // | | | // | // | // |
| 25 | 3.0 | 11.47 | pescia pescia | 0.30 | 6 | 190 | 230 | 63314.4 | 63.31 |
| 26 | 3.0 | | pescia pescia | | | | | | |
| 27 | 2.5 | 5.57 | pescia pescia | 0.35 | | | 230 | 30746.4 | 30.74 |
| 28 | 2.0 | 3.18 | pescia pescia | 0.25 | | | 230 | 17563.6 | 17.56 |
| 29 | 2.0 | 4.46 | pescia pescia | 0.35 | | | 230 | 24619.2 | 24.61 |
| 30 | 1.0 | // | pescia pescia | // | | | // | // | // |
| TOT | | 70.57 | | | | | | | 378.50 |

d. Le potenzialità territoriali del solare

L'energia solare rappresenta un flusso continuo e, nella scala temporale umana, pressoché inesauribile di energia riversata sul nostro pianeta. Negli ultimi decenni le tecnologie per lo sfruttamento di tale fonte hanno avuto una decisa accelerazione. Nel presente lavoro, la stima delle potenzialità di offerta energetica provenienti direttamente dal sole, è stata eseguita sulla base dell'assolazione, cioè quel valore convenzionale che esprime il numero di ore durante le quali il sole dovrebbe rimanere immobile sulla normale rispetto al punto considerato per cedere un quantitativo di energia pari a quello effettivamente assorbito (dal punto) nel corso dell'anno. Esso rappresenta un dato diffuso su tutto il territorio analizzato, che oltre a risentire della localizzazione (latitudine) risente, ovviamente, anche dell'esposizione della superficie.

La variabile «assolazione» rappresenta il parametro base per il calcolo della energia producibile da ciascuna unità di superficie (*pixel*) che rappresenta il territorio esaminato. Nel caso in esame, la producibilità energetica è stata calcolata con l'impiego di $PV \cdot SOL$ e $T \cdot SOL$ ¹⁴ in grado di stimare la producibilità energetica a partire dai diversi livelli di assolazione delle singole unità territoriali.

d1. Il solare termico

La fonte energetica solare, essendo distribuita in modo pressoché uniforme sul territorio esaminato, non presentano i vincoli di collocazione geografico-produttiva delle altre RR.

Per questo motivo, la stima del potenziale energetico realizzabile con l'energia solare, ha richiesto la formulazione di alcune ipotesi sulla collocazione, cioè, nel caso della produzione di acqua calda sanitaria (a.c.s.), l'ipotesi che essa possa essere realizzata solo sui tetti degli edifici civili individuati sulla Carta Tecnica Regionale (CTR).

La valutazione delle superfici coperte degli edifici è stata realizzata sulla base di elaborazioni GIS rispetto ai poligoni rappresentativi dell'edificato civile.

Tale valutazione è stata eseguita differenziando l'edificato in relazione alla tipologia, in particolare, si è cercato di tutelare la percezione visiva complessiva degli edifici storici. A titolo cautelativo è stato quindi ipotizzata la sola realizzazione di impianti sui tetti degli edifici realizzati dopo il 1974. Per fare questo si è quindi proceduto ad una periodizzazione degli edifici. Attraverso una successiva analisi fatta su ortofoto digitali, è stato possibile classificare l'edificato e individuare l'esposizione media delle falde dei tetti. In pratica, è stato possibile stimare la superficie media utile dell'edificato realizzato dopo il 1974. Essa è circa il 25% delle superfici disponibili¹⁵.

Complessivamente la superficie utile per l'installazione di pannelli solari termici è quindi pari a circa 300.000 mq. Se consideriamo che nella Toscana centro-settentrionale, sono sufficienti da 0,8 a 1,2 mq per dotare di a.c.s. una persona, allora si verifica che nel territorio di studio è possibile ottenere una dotazione di a.c.s., prodotta da solare, per circa 300.000 persone, quasi il doppio degli attuali abitanti dell'area. Trasponendo questi dati in energia termica significa che tale risorsa può soddisfare una domanda di energia termica pari a 300 MWh, considerando 1 MWh anno per persona¹⁶.

Va peraltro osservato che tali impianti non permettono un grande accumulo o lo scambio in rete, almeno attualmente, e la produzione di a.c.s. deve essere consumata dove prodotta.

d2. Il solare fotovoltaico

Per quantificare l'offerta potenziale di energia fotovoltaica sono state individuate, in via prioritaria, le superfici delle coperture industriali, questo in considerazione

¹⁴ Valentin EnergieSoftware GmbH (versione demo).

¹⁵ Data la scala di studio ci preme dire che i dati che derivano da questa fase di indagine sono del tutto indicativi.

¹⁶ Dati bibliografici (Panschinger 2003) affermano che questa situazione risulta vera per impianti solari di medie-grandi dimensioni ed accumulo giornaliero; questo valore di fabbisogno energetico pari ad 1 MWh può raddoppiare in caso di impianti con accumulo stagionale. Conseguentemente ne deriva che gli abitanti che possono essere soddisfatti da questa risorsa si riduce della metà.

della necessità di evitare conflitti con le produzioni agricole, e conflitti con la produzione di solare termico su edifici civili. Inoltre, dato che tale tecnologia fotovoltaica permette lo scambio in rete dell'energia prodotta e che il suo consumo non è strettamente legato al luogo di produzione, una maggiore concentrazione di tali impianti in plessi industriali, favorisce sicuramente una più efficace organizzazione della rete produzione-consumo¹⁷.

La valutazione ha escluso tutti gli edifici industriali di dimensioni inferiori ai 200 mq in modo da escludere gli edifici caratterizzati da annessi (tettoie, ecc.) non riconducibili all'edificio principale. Sulla base della pratica progettuale corrente (Chiaromonte, 2006), è possibile considerare un fabbisogno di superfici utili per installare un kWp pari a 14-20 mq: la metà per l'effettiva installazione di un pannello solare, e la restante parte come aree di rispetto tra le stringhe per evitare i reciproci ombreggiamenti.

Sulla base di tali considerazioni, l'energia producibile ogni anno è stimabile in circa 132.567 MWh anno, considerando una potenza installata di circa 111 MW¹⁸.

Considerando che sono state considerate solo le superfici più grandi delle sole aree industriali il risultato raggiunto sembra avere un significato importante, potendo coprire circa 1/4 dei consumi di energia elettrica dei comuni della Valdinievole¹⁹.

1.4 Consumi energetici ed emissioni: agire prioritariamente sul risparmio

L'uso efficiente delle risorse energetiche rappresenta, al pari della ricerca e sviluppo di fonti energetiche rinnovabili, forse la principale misura per ridurre drasticamente i consumi di combustibile fossile. Per favorire tale virtuoso comportamento è però indispensabile avere un quadro esaustivo dei consumi locali e delle tipologie di usi energetici, ovvero: termici, elettrici, per illuminazione, per condizionamento, ecc. È essenziale avere una chiara visione di dove potrebbero verificarsi usi inefficienti al fine di massimizzare gli effetti degli interventi proposti.

L'analisi dei consumi rappresenta quindi il primo passo per la verifica dell'efficienza d'uso energetica dell'area. Essa è stata eseguita limitatamente ai consumi elettrici

¹⁷ Il modello non ha tenuto conto della possibilità di collocare impianti fotovoltaici su altri tipi di superfici già urbanizzate, come aree artificializzate abbandonate o di servizio, coperture di parcheggi, discariche bonificate ecc., e che possono offrire considerevoli superfici per tali finalità.

¹⁸ Per il calcolo della producibilità di energia elettrica sono stati utilizzati i dati relativi al «Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)».

¹⁹ Al di là del risultato della sperimentazione va osservato che lo sviluppo su grande scala del fotovoltaico può essere conseguito solo se accompagnato da un nuovo approccio amministrativo ed economico/gestionale a tale tecnologia. Ad esempio le superfici individuate come ammissibili, in particolare pubbliche, devono essere regolamentate e messe a disposizione di chi vuole investire in questa tecnologia. Può essere valutata per esempio l'idea della costituzione di una sorta di società per azioni del fotovoltaico (la borsa fotovoltaica), dove chi vuole può contribuire al sistema senza dover affrontare direttamente le problematiche connesse alla realizzazione di piccoli impianti: permessi, burocrazia per gli incentivi, manutenzione e gestione dell'impianto. Così si può conseguire: minore frammentazione dei pannelli sui tetti; la possibilità di partecipare alla produzione di energia rinnovabile a chi non può farlo singolarmente (condominio, aree vincolate); qualificazione dell'immagine e vantaggio per le aziende che ospitano gli impianti; Ultimamente sono già sorte delle associazioni che operano in questa direzione, con la campagna adotta un kW, anche la Provincia di Firenze con il nuovo PEP (Piano Energetico Provinciale) sta pensando a soluzioni simili.

e termici allo scopo di costruire un bilancio energetico territoriale e definire possibili scenari evolutivi.

I consumi elettrici della Valdinievole ammontano, secondo stime dell'ENEL, relative al 2006, a 690.000 MWh. Sulla base delle statistiche elaborate dalla REA (Agenzia Energetica Regionale della Toscana) è possibile stimare la tipologia dei consumi elettrici; in particolare, emerge che il consumo per abitante equivalente²⁰ è pari a 4,7 MWh/anno, mentre quello per abitante è di 1,15 MWh/anno, cui corrisponde un consumo stimato per unità residenziale di 2,59 MWh/anno.

La domanda di energia viene principalmente soddisfatta da gas naturale, ma anche petrolio e carbone, per cui, sulla base dei consumi della Valdinievole, è possibile stimare le emissioni totali di anidride carbonica in 679.555 t²¹. Per diminuire la domanda energetica ed abbattere le emissioni è quindi necessario aumentare l'efficienza dei sistemi di condizionamento (clado/freddo) degli edifici civili.

In merito a questo, l'Italia si può fregiare dell'esperienza del regolamento «CasaClima», sviluppato nella Provincia Autonoma di Bolzano²², sistema poi condiviso anche dalla Provincia di Firenze ma esclusivamente a livello volontario. Il regolamento «CasaClima» di Bolzano impone che tutte le nuove costruzioni rispettino lo standard di consumo energetico degli edifici, ovvero che il fabbisogno energetico sia almeno inferiore a 70 kWh/mq/anno. Ciò determina dei costi aggiuntivi, per la costruzione, del 4-5% rispetto ad un edificio tradizionale, che saranno rapidamente recuperati grazie ai risparmi conseguibili nella fase di gestione residenziale dell'edificio. Tanto per avere termine di paragone, si stima che un comune edificio italiano può consumare da 160 a 200 kWh/mq anno. Come si può intuire dai dati basterebbe adeguare l'edificato a tali standard per avere una riduzione dei consumi di energia primaria di oltre il 50%.

Naturalmente, nel caso in esame, agire solo sulle nuove costruzioni è riduttivo e forse non eccessivamente utile, auspicando una riduzione delle nuove aree da urbanizzare, la vera sfida è agire sull'edificato esistente.

Raggiungere tali standard e offrire anche ai circa 150.000 abitanti della Valdinievole una casa performante energeticamente, vuol dire aprire uno scenario di maggiore sostenibilità energetica.. In particolare, permetterebbe di ridurre i consumi energetici di 352.500 MWh, con una riduzione di emissioni di CO₂ in atmosfera pari a 347.163.

1.5 Tendenza dei consumi

Per verificare quale tipo di domanda dovrà soddisfare l'offerta energetica territoriale stimata nel presente che è stata determinata nello studio è necessaria un'ipotesi sull'evoluzione della domanda stessa. L'analisi della tendenza dei consumi è un compito difficoltoso che richiede la messa in campo di tante variabili e fattori che possono influire sul risultato finale. Proprio per questo abbiamo utilizzato un lavoro effettuato

²⁰ L'abitante equivalente identifica il consumo procapite domestico e delle attività (terziarie, industriali, ecc.).

²¹ <<http://www.osservatoriokyoto.it/>>.

²² Si veda in merito anche il contributo di T. Bucciardini in questo volume.

da ENEL e CESI²³ per identificare l'evoluzione della domanda dei consumi elettrici in Italia, in un periodo medio/lungo con scenario al 2030. Lo studio tende a rispondere alle domande di quale sarà il consumo di energia, in che modo i consumi energetici saranno influenzati dal sistema economico in evoluzione, in quale modo si modificheranno le nostre abitudini energetiche e come le nuove tecnologie modificheranno i consumi energetici.

Per trovare una risposta a queste e altre domande, il CESI Ricerca, ha elaborato uno scenario di riferimento di medio-lungo termine, del quale indichiamo solo i risultati. Nel complesso, i consumi finali nazionali di elettricità sono previsti crescere del 46% nel trentennio 2000-2030, passando dai 322 terawattora (TWh = miliardi di kWh) del 2004 a 342 TWh nel 2010, a 404 TWh nel 2020, fino a 470 TWh nel 2030.

A livello Pro-capite, i consumi elettrici nazionali crescono sensibilmente: dai 5,2 MWh/anno/abitante del 2005 (media nazionale) a 8,2 MWh/anno/abitante nel 2030. Tutte le regioni del Nord supereranno i 10 MWh/anno/abitante nel 2030, il Centro si attesterà nello stesso anno a circa 8 MWh/anno/abitante, mentre il Sud e le Isole a 6,5 MWh/abitante.

Nel caso del contesto territoriale della Valdinievole, ipotizzando che il trend sia riconducibile a quello identificato dal CESI per il Centro Italia, significherebbe che dagli attuali 690.000 MWh annui potremmo passare 1.061.538 MWh annui, con un incremento stimato di oltre il 50%.

1.6 Risultati dello studio e conclusioni

In estrema sintesi questo territorio offre risorse energetiche rinnovabili pari a 174.447 MWh elettrici (Tab. 4) e 354.000 MWh termici (Tab. 5), a fronte di una domanda di 690.000 MWh elettrici. Territorialmente l'offerta di energia elettrica, prodotta da fonti rinnovabili, potrebbe soddisfare la domanda energetica di 66.354 famiglie, abbattendo notevolmente le emissioni di anidride carbonica (Tab. 6).

Sono state quindi valutati alcuni possibili scenari futuri, in relazione alla rilevanza che le diverse condizioni, tecnologiche e non, possono avere sul sistema energetico.

La prima ipotesi è stata tradotta nella costruzione dello scenario tendenziale, che presuppone che non siano messe in atto particolari azioni con la specifica finalità di cambiare le dinamiche energetiche, ma che l'evoluzione della domanda energetica avvenga secondo i trend verificatesi negli ultimi 5 anni. In questo scenario si stima un incremento dei consumi, pari a circa il 6%²⁴ (Fig. 2).

La seconda ipotesi, che definisce lo scenario potenziale, stima la possibile evoluzione della domanda energetica, tenuto conto delle tecnologie attualmente disponibili e ipotizzando una loro applicazione alla totalità delle infrastrutture edili senza vincoli (per esempio senza considerare i costi da sostenere). Questo scenario futuro potrebbe determinare un risparmio energetico dell'ordine del 20% rispetto alla situazione attuale (Fig. 3). È evidente che il potenziale tecnico di riduzione dei consumi descrive una situazione limite che deve però confrontarsi con l'effettiva possibilità,

²³ Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano.

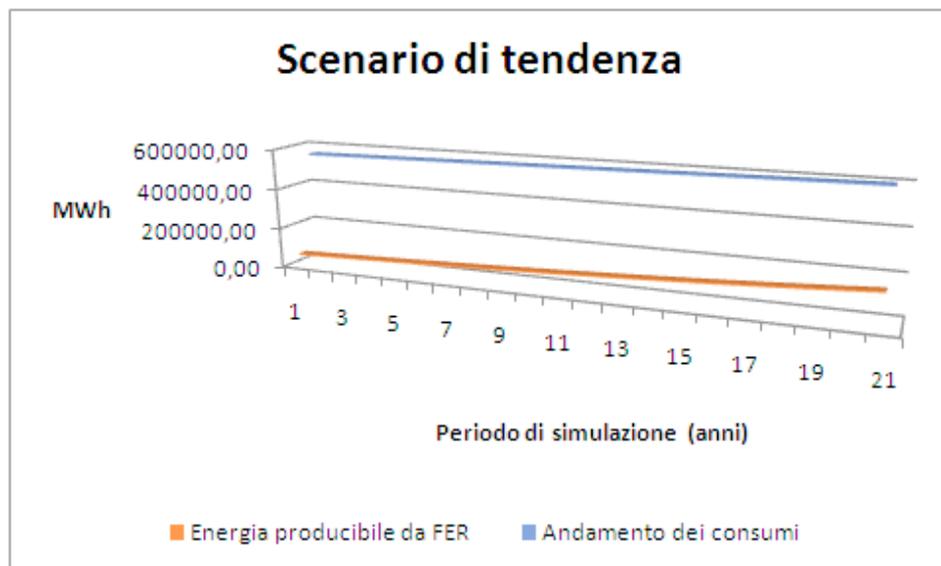
²⁴ Piano Energetico Comunale, 2003, Comune di Venezia.

Tabella 4. Potenzialità energetiche territoriali da fonti rinnovabili per il settore elettrico.

| F.E.R – Riepilogo potenziale territoriale energia elettrica | | |
|--|--------|------------------|
| Idro elettrico | 577 | MWh _e |
| Eolico | 40870 | MWh _e |
| Fotovoltaico | 133000 | MWh _e |
| Energia elettrica da F.E.R | 174447 | MWh _e |

Tabella 5. Potenzialità energetiche territoriali da fonti rinnovabili per il settore termico.

| F.E.R – Riepilogo potenziale territoriale energia termica | | |
|--|--------|------------------|
| Biomasse agro-forestali | 54000 | MWh _t |
| Solare Termico | 300000 | MWh _t |
| Energia termica da F.E.R | 354000 | MWh _t |

**Figura 2.** Evoluzione dei consumi energetici secondo lo scenario tendenziale e produzione da FER.

anche economica, di realizzare tali investimenti.

È evidente che i due suddetti scenari rappresentano i casi limite, per cui esistono innumerevoli situazioni intermedie che potrebbero verificarsi in relazione alla capacità di investimento della comunità locale.

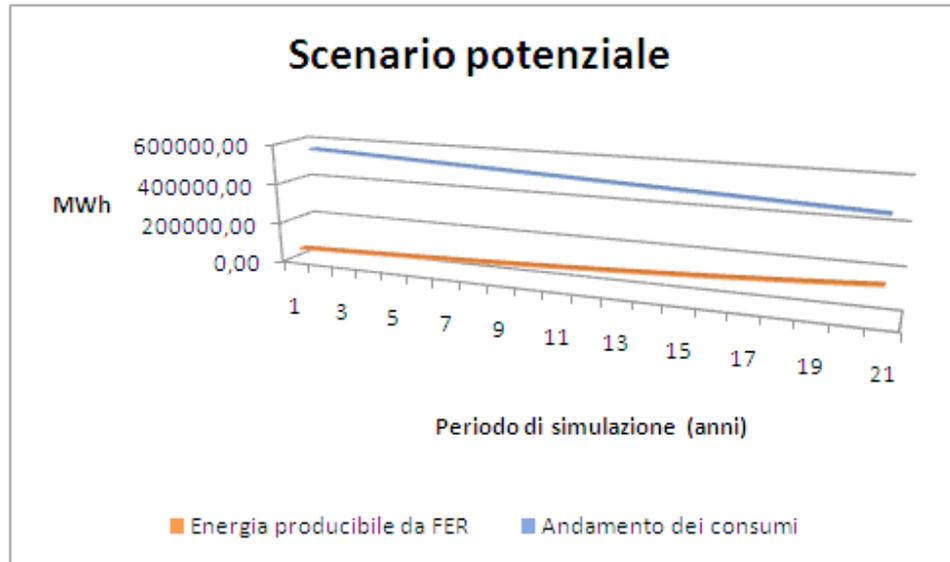


Figura 3. Evoluzione dei consumi energetici secondo lo scenario potenziale e produzione da FER.

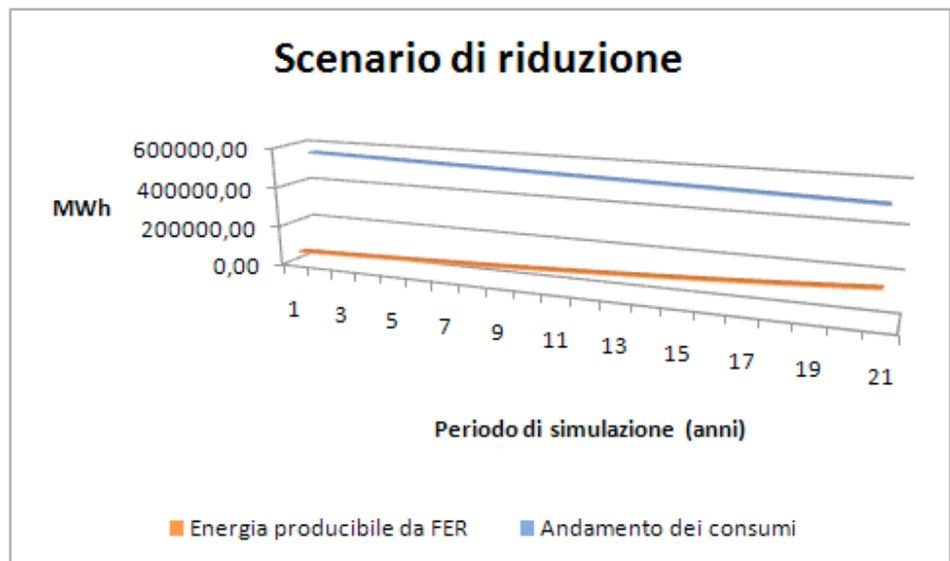


Figura 4. Evoluzione dei consumi energetici secondo lo scenario di riduzione e produzione da FER.

Nel presente studio si è quindi ipotizzata la realizzazione di uno scenario intermedio che prevede una riduzione dei consumi finali pari al 10% rispetto alla situazione attuale²⁵ (Fig. 4).

In questo caso, l'area della Valdinievole sarebbe in grado di conseguire i risultati illustrati in tabella 6.

²⁵ Piano Energetico Comunale, 2003, Comune di Venezia.

Tabella 6. Quadro riassuntivo degli effetti del piano energetico e verifica degli obiettivi europei.

| Verifica degli obiettivi europei e regionali | | | | | | | | |
|--|--------|--------|---|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| | MWhe | MWhe | Andamento dei consumi elettrici [%] | Produzione da FER [%] | Riduzione CO ₂ [%] | Obiettivi di efficienza 20% | Obiettivi di incremento FER 20% | Obiettivi di riduzione CO ₂ 20% |
| Consumi attuali | 690000 | | | | | | | |
| Scenario di riduzione | 621000 | 174447 | -10 | 28 | 35 | Non rispettato | Rispettato | Rispettato |
| Scenario potenziale | 552000 | 174447 | -20 | 31 | 45 | Rispettato | Rispettato | Rispettato |

La metodologia impiegata evidenzia come il territorio, nel rispetto delle sue vocazioni e caratteristiche ambientali, geomorfologiche e paesaggistiche, appare in grado di soddisfare con risorse endogene il proprio fabbisogno energetico, coerentemente con gli obiettivi di risanamento ambientale e di efficienza economica (Fig. 5).

In conclusione, l'esperienza acquisita nell'ambito dei corsi svolti presso il C.d.L. Magistrale in Pianificazione e Progettazione della Città e del Territorio della Facoltà di Architettura di Firenze porta alla definizione di uno strumento di pianificazione energetica, quale indispensabile bagaglio formativo del nuovo pianificatore territoriale, sia a livello di area vasta, sia strategica, sia di attuazione. Al riguardo è necessario che il dialogo tra questi nuovi strumenti di analisi e gli strumenti tradizionali di Governo del Territorio, sia stringente, per evitare il prevalere di una settorialità fatta solo di numeri, percentuali, tendenze, che non pone il territorio al centro rivoluzione energetica rinnovabile.

Se vogliamo inquadrare questi strumenti nel Governo del Territorio, possiamo dire che, anche sulla scorta della sperimentazione descritta, l'atlante/piano energetico potrebbe essere inquadrato anche ad una scala di area vasta e di un PTCP, e che esso potrebbe sviluppato nei Piani Strutturali. Dovrà inoltre trovare operatività nel tempo, secondo la programmazione delle priorità, in particolare, per l'ambiente costruito e l'edilizia, attraverso alcuni documenti contenuti nei Regolamenti Urbanistici (nel caso del modello toscano) o edilizi: magari attraverso specifici Regolamenti Energetici. Si potranno sviluppare e diffondere modelli finalizzati a facilitare l'introduzione nei regolamenti edilizi e urbanistici della variabile energetica e ambientale, in grado di produrre misure migliorative delle prestazioni delle abitazioni e degli impianti.

Riferimenti bibliografici

- AA.VV. 2201. *Le fonti energetiche rinnovabili*, ISES Italia, Roma.
- AA.VV. 2002. *Modello per lo studio di fattibilità e per la gestione di un distretto energetico basato sull'impiego di cippato*, Regione Piemonte.
- AA.VV. 2004. *L'energia eolica*, Università degli Studi di Cagliari.
- AA.VV. 2005. *Legno energia locale*, Provincia Autonoma di Bolzano.
- Bernetti I., Fagarazzi C. 2003. *BIOSIT: una metodologia GIS per lo sfruttamento efficiente e sostenibile e sostenibile della "risorsa biomassa" a fini energetici*, DE, DEART, ETA.

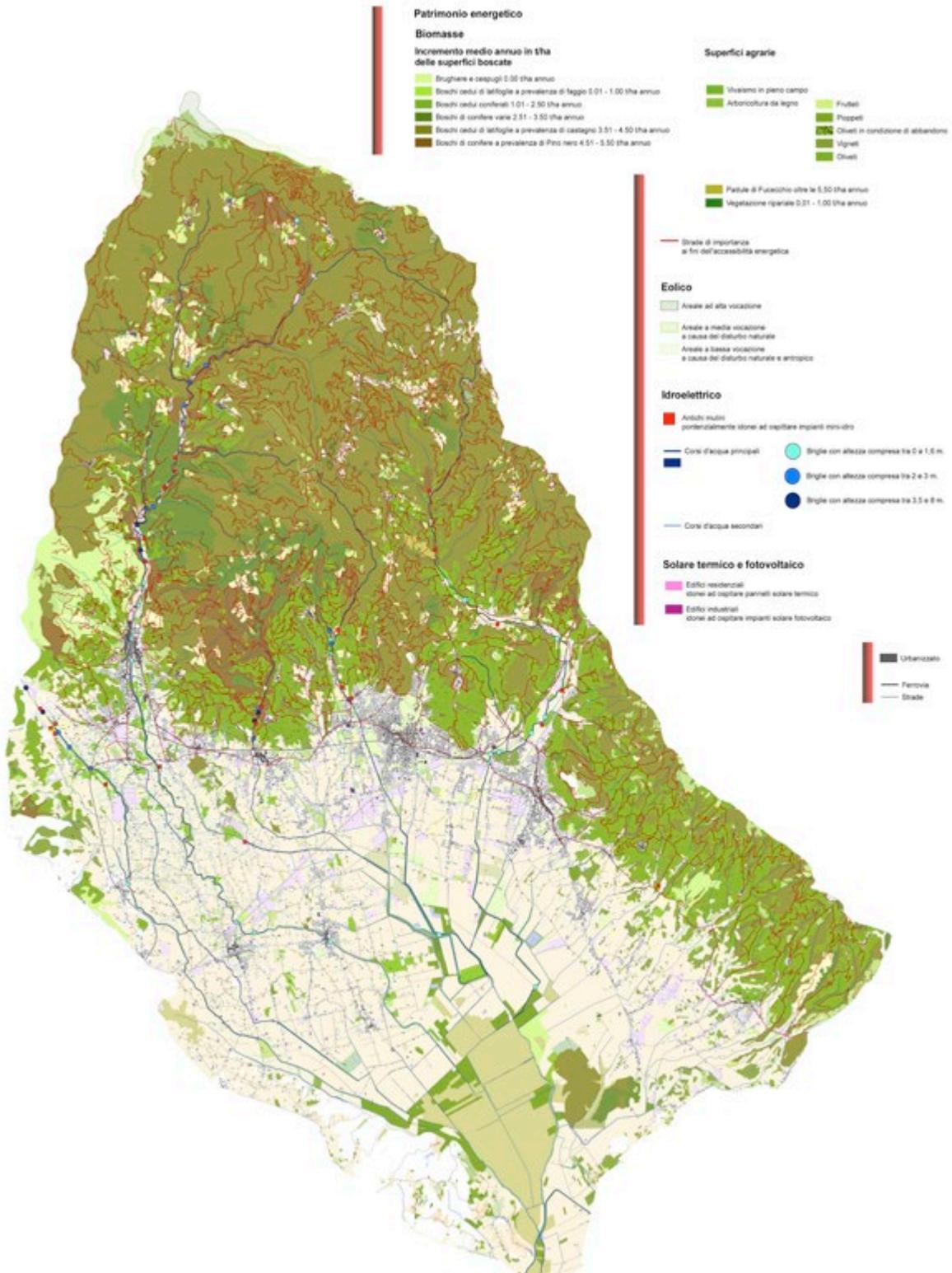


Figura 5. Carta del patrimonio energetico territoriale.

- Bernetti G., Mondino G. 2008. *Inventario Forestale Toscano*, Regione Toscana.
- Bernetti I., Fagarazzi C. (a cura di) 2008. *Valutazione della domanda energetica di biocombustibili solidi (legno cippato) nell'area dell'Appennino Pistoiese*, Centro Editoriale Toscano.
- Chiatamonti D. 2006. *Dispense del Corso di Energie Rinnovabili*, Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica.
- Droege P. 2008. *La città rinnovabile*, Edizioni Ambiente.
- Fagarazzi C. 2006. *Dispense del corso di produzione della biomassa*, CREAR-ISES-AIEL.
- Fagarazzi C. 2008. *Dispense e materiali didattico del Corso di Economia e Valutazioni Ambientali*, Università degli Studi di Firenze (non edito).
- Magnaghi A. 2000 *Il progetto locale*, Bollati Boringhieri, Torino,
- Maturana H.R., Varela F.J. 2004. *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente*, Marsilio, Venezia.
- Pearce D.W., Turner R.K. 1989. *Economics of natural resources and the environment*, Harvester and Wheatsheaf, Hemel Hempsted.
- Raffestin C. 1981. *Per una geografia del potere*, Unicopli, Milano.
- Rees W.E. 1989. *Defining Sustainable Development: a Background Paper for Planning for Sustainable Development*, University of British School, Columbia, School of Community and Regional Planning, Vancouver.
- Rees W.E., Wackernagel M. 1996. *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Regione Toscana 2004. *Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale degli impianti eolici*.
- Saragosa C. 2005. *L'insediamento umano. Ecologia e sostenibilità*, Donzelli, Roma.
- Panschinger P. (a cura di) 2003. *Impianti solari termici – Manuale per la progettazione e costruzione*, Ambiente Italia.
- Tiezzi E., Marchettini N. 1999. *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Donzelli, Roma.

Documenti e piani consultati

- PIER Regione Toscana
- PIT Regione Toscana
- PEP Provincia di Firenze, Piano Energetico Ambientale Provinciale
- PEP Provincia di Modena, Servizio Risorse del Territorio ed Impatto Ambientale, Ufficio Energia
- PEP Provincia di Siena Università degli Studi di Siena, Centro per lo Studio dei Sistemi Complessi
- PEC Comune di Venezia

Sitografia

- <<http://www.osservatoriokyoto.it/>>.
- <<http://www.isesitalia.it/>>.

<<http://www.firenzenergia.it/>>.
<<http://www.adbarno.it/>>.
<<http://www.cesi.it/>>.
<<http://www.terna.it/>>.

Profili autori

Francesco Alberti, architetto, è ricercatore di Urbanistica presso l'Università di Firenze, dove insegna Urbanistica e Recupero e riqualificazione urbana. Già consulente del Comune di Firenze per la revisione dei progetti tranviari sotto il profilo dell'inserimento urbano ha affrontato il tema del rapporto fra mobilità e territorio in numerosi saggi e articoli e nel volume *Progettare la mobilità* (Edifir, Firenze, 2009).

Lorenzo Bartoletti, laureato in Pianificazione e Progettazione della città e del Territorio, con la tesi *Scenari di riassetto della piana fiorentina, Reti del trasporto collettivo e crescita sostenibile*. Nella professione si occupa di pianificazione urbanistica, territoriale e infrastrutturale.

Tiziano Bucciardini, responsabile formazione e qualità per l'Agenzia Energetica della provincia di Firenze, organizza la formazione e l'aggiornamento sulle tematiche energetiche per progettisti e imprese. È docente e divulgatore in numerosi corsi e seminari sia specialistici che rivolti al pubblico, sull'uso razionale dell'energia e sulle normative e gli incentivi del settore energetico. Dal 2006 svolge anche il ruolo di Energy manager per l'industria.

Alessandra Castellini è ricercatore presso il Dipartimento di Economia e Ingegneria agrarie della Facoltà di Agraria dell'Alma Mater Studiorum, Università di Bologna. Svolge corsi relativi al Marketing e all'Economia dei mercati agricoli internazionali. È autore di 75 pubblicazioni sui temi dell'economia agraria e dei mercati agricoli e alimentari su riviste nazionali ed internazionali.

Christian Ciampi è laureato in Pianificazione Territoriale e Dottore di Ricerca in Economia, Pianificazione Forestale e Scienze del Legno. Ha maturato, come ricercatore, esperienza nell'applicazione delle tecnologie dell'informazione geografica ai campi della pianificazione territoriale e agro-energetica.

Matteo Clementi è dottore di ricerca in Tecnologia e Progetto per la Qualità Ambientale a scala edilizia e urbana (TPQA), e professore a contratto presso il Politecnico di Milano. Svolge attività di ricerca nel dipartimento BEST (Building Environment Science & Technology) della stessa università, occupandosi di valutazione della "so-

stenibilità forte” del progetto a scala edilizia e urbana e di strumenti di supporto allo sviluppo di scenari di autosostenibilità locale.

Alberto Detti, laureato in Urbanistica e pianificazione territoriale e ambientale e nel 2009 in Pianificazione e progettazione della città e del territorio, presso la Facoltà di Architettura dell’Università di Firenze. Attualmente libero professionista, abilitato all’esercizio della professione di Pianificatore Territoriale, lavora nel campo dell’architettura e della pianificazione del territorio.

Martino Fanfani, laureato in Ingegneria Meccanica all’Università di Firenze, si occupa prevalentemente di impianti meccanici per la produzione e l’utilizzo dell’energia in campo civile ed industriale. È consulente per il risparmio energetico e la sostenibilità di aziende e gruppi industriali nel campo manifatturiero e alimentare. Si occupa inoltre delle problematiche connesse all’urbanizzazione e l’utilizzo dell’energia

Simone Pagni, ingegnere ambientale, esperto in Valutazione Ambientale Strategica di piani e programmi e di Valutazione di Impatto Ambientale di piani urbanistici e territoriali. Si occupa di progettazione, gestione e monitoraggio di progetti di ricerca in campo ambientale nonché nell’ambito dell’educazione ambientale. È autore di articoli e libri relativi alla valutazione ed alla gestione ambientale del territorio.

Massimo Pepe, si è laureato in ingegneria civile-edile all’Università di Pisa ed è responsabile dell’ufficio tecnico dell’Agenzia Fiorentina per l’Energia (agenzia della Provincia di Firenze). È responsabile della certificazione energetica degli edifici CasaClima per il territorio della Toscana. È docente in numerosi corsi e seminari tecnici rivolti prevalentemente agli operatori, sull’uso razionale ed efficiente dell’energia negli edifici e negli impianti. Svolge anche attività di progettazione impiantistica.

Maria Grazia Petronio laureata in Medicina e chirurgia e specializzata in Nefrologia e in Igiene e medicina preventiva con indirizzo Epidemiologia e Sanità Pubblica e Perfezionata in Igiene ambientale. È direttore dell’U.O. Ambiente e Salute del Dipartimento di Prevenzione dell’Az. USL11 di Empoli. Nell’ambito della igiene ambientale svolge attività di docenza, presso l’università di Pisa, e di ricerca. Ha al proprio attivo più di 80 pubblicazioni su riviste di rilevanza nazionale ed internazionale.

Alessandro Ragazzoni è docente presso il Dipartimento di Economia e Ingegneria agrarie della Facoltà di Agraria dell’Alma Mater Studiorum, Università di Bologna. Svolge corsi di insegnamento relativi al Estimo territoriale ed ambientale. Ha partecipato come relatore a diversi convegni nazionali ed internazionali. È autore di circa 80 pubblicazioni in riviste italiane e straniere.

Sandro Sacchelli è laureato in Gestione dei Sistemi Forestali presso l’Università degli Studi di Firenze, dove è attualmente iscritto al Corso di dottorato in Economia, Pianificazione forestale e Scienze del legno. Ha svolto e sta svolgendo attività di ricerca nell’ambito della pianificazione e nella valutazione socio-economica ed ambientale del territorio.

Francesca Sartogo, architetto, conduce attività di ricerca sperimentale ed applicata rivolta al recupero in *chiave storico conservativa, energetico ed ambientale* dell'edilizia storica e monumentale. Coordina *programmi nazionali e comunitari* per l'introduzione di tecnologie innovative nell'architettura e nell'urbanistica. Dal '96 Presidente *Eurosolar Italia*, *Premio Solare Europeo 2001 per l'Architettura e l'Urbanistica Solare*.

Gianni Scudo è professore ordinario di Tecnologia. Svolge attività di ricerca e didattica nel campo della progettazione ambientale e della valutazione della sostenibilità presso il Dipartimento BEST del Politecnico di Milano ed in università europee. È vicepresidente della scuola Architettura e Società. Membro della Commissione Scientifica dei Società dei territorialisti.

Antonio Siciliano, laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano. Dal 1995 collabora con Ambiente Italia in materia di Pianificazione Energetica. Si occupa di efficienza energetica, analisi dei benefici ambientali e della redditività economica delle fonti rinnovabili.

Alessandra Tambara, ingegnere Ambientale, tecnico responsabile del punto e.r.r.e. (sportello informativo per le energie rinnovabili e il risparmio energetico) per l'Agenzia per lo Sviluppo di Empoli. Si occupa di applicazioni e tecnologie ecocompatibili, e finanziamenti per le energie rinnovabili, consulente in materia energetica, ha contribuito a redigere il regolamento bio-ecosostenibile del Circondario Empolese Valdelsa.

Alessandro Tirinnanzi, laureato in Pianificazione Territoriale, ha collaborato alla stesura di Piani di Governo del Territorio. Attualmente, dottorando presso il Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali (DEISTSAF), si occupa della filiera bosco-legno-energia e di Pianificazione Energetica in collaborazione con il Centro Ricerche Energie Alternative e Rinnovabili (CREAR).

Fabio Zita è responsabile del Settore Valutazione di impatto ambientale della Regione Toscana, nel 1976 si è laureato in Architettura presso l'Università degli Studi di Firenze. È membro del nucleo unificato regionale di valutazione e verifica degli investimenti pubblici, ed è stato membro di Commissioni per la VIA delle opere di interesse strategico presso il Ministero dell'ambiente e della tutela ambientale.

Profili curatori

Claudio Fagarazzi, è ricercatore confermato presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. È membro del Centro Interdipartimentale per le Energie Alternative e Rinnovabili (CREAR) dell'Università degli Studi di Firenze, della Società Italiana di Economia Agraria (SIDEA). È titolare del corso di Economia e Valutazioni Ambientali del Corso di laurea Magistrale in Pianificazione e Progettazione della Città e del Territorio e del corso di Valutazione dei beni ambientali al Master di II livello in «Architettura sostenibile delle città mediterranee» dell'Università di Firenze. È autore di oltre 60 pubblicazioni sulle tematiche dell'economia forestale, della valutazione ambientale e della pianificazione territoriale e ambientale tramite l'impiego di modelli di analisi multicriteriale.

David Fanfani, è ricercatore in Tecnica e Pianificazione Urbanistica presso la Facoltà di Architettura di Firenze. È docente dei corsi di Laurea triennale e magistrale in Pianificazione presso il polo universitario di Empoli. Si occupa di temi riguardanti la relazione fra pianificazione e sviluppo locale con particolare riferimento all'impiego di metodi di Scenario strategico e al governo del territorio agroforestale. Oltre a numerosi saggi su questi argomenti, ha pubblicato: *L'università del territorio. Reti regionali per lo sviluppo locale: il caso toscano* (Alinea, Firenze, 2001), e *Pianificare tra città e campagna. Scenari, attori e progetti di nuova ruralità per il territorio di Prato* (Firenze University Press, Firenze, 2009), *Patto Città-Campagna. Un progetto di Bioregione urbana per la Toscana Centrale* (Alinea, Firenze, 2010) (con A. Magnaghi).

TERRITORI

TITOLI PUBBLICATI

1. Monica Bolognesi, Laura Donati, Gabriella Granatiero, *Acque e territorio. Progetti e regole per la qualità dell'abitare*
2. Carlo Natali, Daniela Poli (a cura di), *Città e territori da vivere oggi e domani. Il contributo scientifico delle tesi di laurea*
3. Maria Antonietta Rovida (a cura di), *Fonti per la storia dell'architettura, della città, del territorio*
4. Leonardo Chiesi (a cura di), *Identità sociale e territorio. Il Montalbano*
5. Giancarlo Paba, Anna Lisa Pecoriello, Camilla Perrone, Francesca Rispoli, *Partecipazione in Toscana: interpretazioni e racconti*
6. Alberto Magnaghi, Sara Giacomozzi (a cura di), *Un fiume per il territorio. Indirizzi progettuali per il parco fluviale del Valdarno empoleso*
7. David Fanfani (a cura di), *Pianificare tra città e campagna. Scenari, attori e progetti di nuova ruralità per il territorio di Prato*
8. Massimo Carta, *La rappresentazione nel progetto di territorio. Un libro illustrato*
9. Corrado Marcelli, Giancarlo Paba, Anna Lisa Pecoriello, Nicola Solimano (a cura di), *Housing Frontline. Inclusione sociale e processi di autocostruzione e autorecupero*
10. Camilla Perrone, *Per una pianificazione a misura di territorio. Regole insediative, beni comuni e pratiche interattive*
11. David Fanfani, Claudio Fagarazzi (a cura di), *Territori ad alta energia. Governo del territorio e pianificazione energetica sostenibile: metodi ed esperienze*
12. Alberto Magnaghi (a cura di), *Il territorio bene comune*

Finito di stampare presso
Grafiche Cappelli S.r.l. – Osmannoro (Firenze)