



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Modelli per la simulazione energetica

Paola Caputo, Massimiliano Manfren

POLITECNICO DI MILANO

Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito



Report RSE/2009/59

MODELLI PER LA SIMULAZIONE ENERGETICA

Paola Caputo, Massimiliano Manfren (Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente
Costruito del Politecnico di Milano)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

MODELLI PER LA SIMULAZIONE ENERGETICA

Paola Caputo, Massimiliano Manfren (Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente
Costruito – BEST – del Politecnico di Milano)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

MODELLI PER LA SIMULAZIONE ENERGETICA

Paola Caputo, Massimiliano Manfren (Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente
Costruito – BEST – del Politecnico di Milano)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA



Accordo di Programma MSE-ENEA

Tema di ricerca 5.4.4.7/5.4.4.8: “Studio e dimostrazione di forme di finanza innovativa e di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana”

Strategie e modelli di efficienza energetica alla scala urbana

Report 3 - Modelli per la simulazione energetica

Indice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduzione | 3 |
| 2 | Modelli informatici per la generazione distribuita a scala di distretto | 4 |
| 2.1 | Modelli “geografici” | 4 |
| 2.2 | Modelli “energetici” | 11 |
| 2.3 | Modelli “di valutazione” | 21 |
| 3 | Considerazioni sui modelli analizzati | 28 |
| 4 | Proposta per la formulazione di un nuovo modello | 29 |

1 Introduzione

Il recente sviluppo di tecnologie efficienti per la generazione elettrica, termica e combinata di piccole dimensioni, la nuova normativa e le misure d'incentivazione alla produzione energetica da fonti rinnovabili e la ricerca, in generale, di sistemi per la fornitura dei servizi energetici più efficienti, sostenibili e a basso impatto ambientale, ha fornito una forte spinta in questi ultimi anni verso la generazione distribuita. Sono state svolte quindi numerose ricerche su questo tema, affrontandone rispettivamente gli aspetti tecnici, ambientali, economici e sociali. In particolare, anche in riferimento al contesto nazionale, la produzione energetica tramite tecnologie di generazione distribuita (DG) potrebbe coprire una quota significativa della domanda di energia negli usi finali sul territorio, contribuendo a soddisfare i picchi di potenza, migliorando la qualità dei servizi energetici, riducendo il costo dell'energia nel caso di generazione combinata elettrica e termica e garantendo infine il soddisfacimento, almeno parziale, della domanda in caso di black-out della rete nazionale. Queste caratteristiche rivestono particolare importanza negli agglomerati urbani, laddove l'intensità energetica è elevata e sono presenti domande legate al soddisfacimento di servizi essenziali (ospedali, ecc.).

Il passaggio da grandi impianti centralizzati di generazione elettrica a impianti di piccola e media dimensione distribuiti sul territorio è condizionata da un numero notevole di fattori: stato di obsolescenza della rete presente, autorizzazione allo scambio con la rete, localizzazione dell'utente, intensità energetica, vincoli territoriali sull'emissione di inquinanti, limiti acustici, densità degli edifici, diritti di passaggio pubblici, disponibilità di spazio per l'installazione degli impianti, limiti fisici nel trasferimento del calore nel caso di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento ecc. Tuttavia, in alcuni casi, la disponibilità di un ampio spettro di taglie e di una notevole varietà nelle tecnologie permette di definire soluzioni promettenti. La valutazione della fattibilità tecnico-economica e dell'applicabilità delle diverse tecnologie disponibili è ovviamente preliminare alla progettazione di sistemi di generazione energetica a scala di distretto. A tal scopo è possibile avvalersi di strumenti di supporto di diverso livello di complessità. I sistemi informativi territoriali, ad esempio, sono utili per l'analisi e la rappresentazione dei dati e, per questo motivo, possono fornire un supporto fondamentale a servizio dei distretti, sia nella pianificazione che nella progettazione e realizzazione di tali soluzioni: in primo luogo identificando le condizioni che possono sfavorirne l'installazione (limiti acustici, di emissione, di spazio, ecc.), in secondo luogo permettendo un mappatura degli specifici usi finali di energia presenti nel sito di progetto, sulla base dei quali ipotizzare, in seguito, le configurazioni impiantistiche. Oltre a questi, altri strumenti possono supportare l'identificazione di strategie di generazione energetica a scala di distretto. Nei capitoli successivi viene proposta una rassegna di modelli informatici diversi utili a supportare gli attori coinvolti nella pianificazione energetica urbana nelle diverse fasi di lavoro. La selezione proposta non vuole ovviamente essere esaustiva e potrebbe essere aggiornata dinamicamente, alla luce dei prossimi sviluppi sul tema degli strumenti adatti alla pianificazione/progettazione energetica urbana. I modelli selezionati sono quelli per i quali è stato possibile reperire informazioni sufficientemente complete sulle effettive potenzialità di utilizzo, corredate da opportune testimonianze bibliografiche. Un ulteriore criterio di selezione ha riguardato la possibilità di creare sinergie di lavoro in riferimento alle prossime fasi di sviluppo della piattaforma *Odesse*. Le principali informazioni relative ai diversi strumenti analizzati vengono riassunte, per praticità, evidenziando le potenzialità, i risultati conseguibili, le eventuali limitazioni e criticità. Lo studio si conclude con una valutazione critica degli strumenti analizzati e con alcune considerazioni relative all'implementazione della piattaforma *Odesse* a scala di distretto.

2 Modelli informatici per la generazione distribuita a scala di distretto

In questa sezione sono descritti i modelli e gli strumenti informatici utili alla pianificazione e realizzazione di sistemi di generazione distribuita a scala di distretto/città. I diversi strumenti sono stati classificati in funzione degli scopi e dei risultati conseguibili in alcune categorie:

- modelli “geografici”, per la valutazione della disponibilità di fonti di energia localmente disponibili, della distribuzione e della morfologia dell’ambiente costruito, della localizzazione di impianti e infrastrutture e per la rappresentazione dinamica di dati e risultati
- modelli “energetici”, per la costruzione della curva di domanda di energia delle diverse utenze e per la generazione di scenari di DG facenti capo a differenti mix tecnologici
- modelli “di valutazione”, per l’analisi di altri aspetti legati alla generazione di energia (valutazione degli effetti ambientali, analisi del ciclo di vita, introduzione di aspetti economico-sociali ecc).

2.1 Modelli “geografici”

Seguono le schede relative ai seguenti strumenti:

1. ArcGIS
2. GRASS
3. MapServer
4. iPPF
5. Solurban
6. Raster Cities.

La valutazione di tali strumenti è funzionale allo sviluppo della piattaforma *Odesse* relativa alla scala di distretto. Si ipotizza infatti che l’utilizzo di supporti GIS sia fondamentale per lo sviluppo della piattaforma al fine di provvedere, sia in fase di progetto sia in fase di controllo, alla rappresentazione spaziale della domanda di energia, alla localizzazione dei punti di interscambio con la rete, alla rappresentazione spaziale dell’energia generata e alla valutazione del potenziale solare relativo all’ambiente costruito di riferimento.

| | |
|---------------------------------|---|
| NOME | ARCGIS |
| AUTORI/SVILUPPATORI | ESRI |
| COSTI/LICENZA | Software proprietario ¹ |
| DESCRIZIONE | ArcGIS è una collezione integrata di software GIS (Geographic Information Systems) realizzata per svolgere analisi e rappresentazione di dati territoriali, nel quadro delle attività di pianificazione e supporto alle decisioni. E' presente un strumento per l'analisi della radiazione solare |
| INPUT | Mappe geografiche e dati collegati al territorio |
| OUTPUT | Calcolo e visualizzazione geografica bi e tri-dimensionale dei dati |
| POTENZIALE/COMMENTO | E' uno strumento utile qualora si vogliono svolgere valutazioni su scala territoriale, permette all'utente di valutare i risultati in maniera semplice ed intuitiva attraverso la creazione di mappe tematiche |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.esri.com/software/arcgis/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Moller B., "Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark ", Applied Energy, Volume 83, issue 5, 2006, Pages 477-494</p> <p>Ayoub N., Wang K., Kagiya T., Seki H., Naka Y., "A Planning Support System for Biomass-Based Power Generation", 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering and 9th International Symposium on Process Systems Engineering, 2006, Elsevier</p> <p>Agnolotti V., Giger C., "SIMGIS, GIS for thermal simulation in the built environment", ESRI website</p> |

¹ **Software proprietario:** si intende indicare con questo termine un software commerciale il cui codice sorgente non è disponibile all'utente.

| | |
|----------------------------|--|
| NOME | Geographic Resources Analysis Support System, GRASS |
| AUTORI/SVILUPPATORI | U.S. Army, sviluppato ora da un network di istituzioni di ricerca a livello mondiale |
| COSTI/LICENZA | Open Source ² |
| DESCRIZIONE | GRASS è un Geographic Information System (GIS) per l'analisi spaziale dei dati, l'analisi di immagini fotogrammetriche, la produzione di mappe, la modellazione spaziale e la visualizzazione. GRASS è usato attualmente sia a livello accademico sia professionale ed è stato svolto negli ultimi anni un grande lavoro di sviluppo per renderlo accessibile anche ad utenti non esperti. Al suo interno si trova r.sun, un modello computazionale per il calcolo della radiazione diretta, diffusa e riflessa su modelli tridimensionali, che tiene conto di ostruzioni ed ombreggiamenti |
| INPUT | Mappe geografiche e dati collegati al territorio |
| OUTPUT | Calcolo e visualizzazione geografica bi e tri-dimensionale dei dati |
| POTENZIALE/COMMENTO | E' uno strumento utile qualora si vogliano svolgere valutazioni su scala territoriale, permettendo all'utente di valutare graficamente i risultati in maniera semplice ed intuitiva. Ha raggiunto negli ultimi anni una maggiore facilità di utilizzo grazie ad un intenso processo di sviluppo |
| CONTATTO/SITO WEB | http://grass.itc.it/ |
| | <p>Cockerill T.T., Kuhn M., van Bussel G.J.W., Bierbooms W., Harrison R., "Combined technical and economic evaluation of the Northern European offshore wind resource", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 89, issue 7-8, 2001, Pages 689-711</p> <p>Huld T.A., Suri M., Dunlop E.D., Micale F., "Estimating average daytime and daily temperature profiles within Europe", Environmental Modelling & Software, Volume 21, issue 12, 2006, Pages 1650-1661</p> <p>Huld T.A., Suri M., Dunlop E.D., Ossenbrink H.A., "Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries", Solar Energy, Volume 81, issue 10, 2007, Pages 1295-1305</p> |

² **Open Source:** si intende indicare con questo termine un software il cui codice sorgente è disponibile gratuitamente per l'utente

| | |
|---------------------------------|--|
| NOME | MapServer |
| AUTORI/SVILUPPATORI | University of Minnesota, sviluppato ora da un network di istituzioni di ricerca a livello mondiale |
| COSTI/LICENZA | Open Source |
| DESCRIZIONE | Mapserver è un software per creare “immagini di mappe geografiche” da poter pubblicare sul web, facendo in modo che l’utente possa, dal proprio browser, visualizzare i dati collegati alla mappa in modo interattivo |
| INPUT | Mappe geografiche e dati collegati al territorio |
| OUTPUT | Calcolo e visualizzazione geografica bi-dimensionale dei dati |
| POTENZIALE/COMMENTO | Rappresentazione grafica sul web di analisi territoriali svolte con software GIS, può essere usato come strumento per la consultazione di dati utili da parte di un’utenza generica, poichè non richiede di essere installato nel pc dall’utente finale, ma può funzionare via web |
| CONTATTO/SITO WEB | http://mapserver.gis.umn.edu/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Bermudez-Contreras A., Thomson M., Infield D.G., Micale F., “Renewable energy powered desalination in Baja California Sur, Mexico”, Desalination, Volume 220, issue 1-3, 2008, Pages 431-440 |

| | |
|----------------------------------|---|
| NOME | iPPF |
| AUTORI/SVILUPPATORI | École d'ingénieurs et d'architects de Friburg (Hes so) |
| COSTI/LICENZA | Open Source |
| DESCRIZIONE | La piattaforma web iPPF offre un metodo di valutazione del potenziale di varie tecniche solari in relazione ad un determinato ambiente urbano. La procedura consiste nell'analisi dell'irraggiamento in una zona composta da diversi involucri edilizi. Il potenziale determinato per una specifica tecnica solare è quantificato calcolando la proporzione fra la superficie costruita irradiata adeguatamente e l'area edificata totale. |
| INPUT | Dati climatici, irraggiamento, cieli locali radiometrici e fotometrici (in relazione alla tecnologia solare attiva, passiva e alla luce naturale), dimensioni degli edifici analizzati; fattore di riflessione delle superfici |
| OUTPUT | Mappe digitali tridimensionali |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Calcolo e visualizzazione geografica bi e tri-dimensionale dei dati |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutazione di diversi scenari a partire dall'adozione di tecnologie diverse per la captazione di energia solare |
| CONTATTO/SITO WEB | http://pcphco.hefr.ch:8080/ippf/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Compagnon R., "Solar and daylight availability in urban areas", Final Technical Report EIA-FR, 2000. Compagnon R., "Solar and daylight availability in the urban fabric", in Energy & Buildings p. 321-328, 2004. Compagnon R., "RADIANCE: a simulation tool for daylighting system", tutorial EIA-FR, 2001. Compagnon R., "iPPF: a radiance based online tool", in 3rd International Radiance workshop, 2004 Compagnon R., Goyette-Pernot J., "Comfort visuel dans les espaces urbains. Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain: une approche bioclimatique" pag. 32-37, Centre for Renewable Energy Sources, 2004. |

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | Solarurban |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Laboratoire d'énergie solaire et de physique des bâtiments (LESO-PB) del Politecnico di Losanna – Robinson D. ; Scartezzini J. L. ; Montavon M. ; Compagnon R. |
| COSTI/LICENZA | - |
| DESCRIZIONE | Sono stati esaminati tre diversi siti urbani (Basilea, Ginevra, Losanna), in modo da valutare il loro potenziale solare. Utilizzando la tecnica di tracciamento solare é stata analizzata la distribuzione spaziale dell'irraggiamento solare e il rispettivo flusso diurno sulle facciate e sui tetti così da determinare il posizionamento più appropriato per le differenti tecnologie solari (solare passivo e attivo, fotovoltaico, illuminazione naturale) |
| INPUT | Dati climatici, irraggiamento, cieli locali radiometrici e fotometrici (in relazione alla tecnologia solare attiva, passiva e alla luce naturale), dimensioni degli edifici analizzati; fattore di riflessione delle superfici |
| OUTPUT | Mappe digitali tridimensionali |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Calcolo e visualizzazione geografica bi e tri-dimensionale dei dati |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutazione di diversi scenari in relazione all'adozione di tecnologie diverse per la captazione di energia solare |
| CONTATTO/SITO WEB | leso@epfl.ch |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Ashmore, J., Richens, P. - Computer Simulation in Daylight Design: Comparison. Architectural Science - Review, 44(1), Marzo 2001.</p> <p>Cohen M, Wallace J. - Radiosity and Realistic Image Synthesis. Boston: Academic Press Professional, 1993.</p> <p>Compagnon, R. Raydan, D. - Irradiance and illuminance distributions in urban areas - Proc. PLEA, 2000, p436-441.</p> <p>Compagnon, R. - Solar and daylight availability in the urban fabric, Energy and Buildings 36, p321 - 328, 2004.</p> <p>Kanton Basel-Stadt - Pilotregion Basel: die 2000 Watt-Gesellschaft, Strategie Nachhaltigkeit der ETH, Zürich, 2001.</p> <p>Kovach A. Schmid, J. - Determination of energy related output due to shading of building integrated photovoltaic arrays using a ray tracing technique - Solar Energy 57(2) p117-124, 1996.</p> <p>Mardaljevic, J.- Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. Lighting Research and Technology, 27(4), p181-188, 1995.</p> <p>Mardaljevic, J. Rylatt, M. - An imagebased analysis of solar radiation for urban settings, Proc. PLEA 2000, p442-447.</p> <p>Mardaljevic, J. Rylatt, Irradiation mapping of complex urban environments: an image-based approach - Energy and Buildings, 35(2003), p27-35.</p> <p>Marsh, A. - Non-uniformity in incident solar radiation over the facades of high rise buildings, Proc. PLEA 2004.</p> <p>Perez, R., Seals, R., Michalsky, J. - All-weather model for sky luminance distribution - preliminary configuration and validation. Solar Energy 50(3), 235-243, 1993.</p> <p>Robinson, D. - Climate as a pre-design tool, Proc. Building Simulation 2003.</p> <p>Robinson D - Stone A. - Irradiation modelling made simple - the cumulative sky approach and its applications, Proc. PLEA 2004.</p> <p>Ward Larsen, G., Shakespeare, R. - Rendering with Radiance - The Art and Science of Lighting Visualisation, 1997.</p> <p>Wick, B. (1984), Statistique des consommations d'énergie des bâtiments en Suisse, MSEE 1984.</p> |

| | |
|---------------------------------|--|
| NOME | RASTER CITIES, Radiazione solare dei tessuti urbani |
| AUTORI/SVILUPPATORI | E. Morello, C. Ratti |
| COSTI/LICENZA | Codici di programmazione sviluppati in ambiente MatLab ³ |
| DESCRIZIONE | <p>La tecnica di analisi “Raster Cities” introduce strumenti di valutazione delle prestazioni microclimatiche ambientali in ambito urbano con particolare riferimento al comportamento del tessuto costruito. La tecnica è stata approfondita all'Università di Cambridge a partire dalla fine degli anni '90 da N. Baker, C. Ratti, P. Richens e K. Steemers e successivamente anche al Senseable City Laboratory presso il Massachusetts Institute of Technology di Boston. L'approccio, basato su una tecnica innovativa di "image processing" di immagini raster della forma urbana (DEM, Digital Elevation Model) è reso possibile grazie alla crescente disponibilità di informazioni 3D dei volumi costruiti (modelli CAD o immagini da telerilevamento).</p> <p>Tra questi strumenti è presente uno studio per l'analisi della radiazione solare (quantificazione della radiazione solare incidente sulle superfici urbane) e la conseguente determinazione del potenziale di energia elettrica prodotta a seguito dell'installazione di pannelli fotovoltaici (E. Morello, C. Ratti con C. Carneiro, G. Desthieux, F. Golay).</p> |
| INPUT | DEM, Digital Elevation Model ossia immagini raster del tessuto urbano insieme alle coordinate geografiche e le specifiche climatiche dell località. |
| OUTPUT | Calcolo e visualizzazione geografica bi e tri-dimensionale dei dati relativi all'irraggiamento solare del tessuto urbano. Lo strumento è flessibile e consente di computare i contributi di irraggiamento e di potenziale produzione di energia elettrica di singoli edifici o isolati urbani, oppure di distinguere tra la produzione di energia ottenibile dalle superfici verticali e orizzontali, differenziando anche per orientamento. |
| POTENZIALE/COMMENTO | È uno strumento utile alla scala dell'insediamento di quartiere e microurbano qualora si vogliano svolgere valutazioni comparative tra uno stato di fatto e un'ipotesi di trasformazione. Sono strumenti pensati soprattutto come supporto alla progettazione a uno stadio embrionale del progetto di masterplan urbano. Gli strumenti producono mappe tematiche facilmente utilizzabili nella pianificazione e una quantificazione numerica delle variabili in gioco. |
| CONTATTO/SITO WEB | http://senseable.mit.edu/projects/raster/raster.htm Non è ancora disponibile la pagina web aggiornata sul progetto. |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Carneiro C., Morello E., Ratti C., Golay F., 2008, “Solar radiation over the urban texture: LIDAR data and image processing techniques for environmental analysis at city scale”, in Lee J., Zlatanova S. (editors), <i>3D Geo-information Sciences</i>, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer.</p> <p>Morello, E., Ratti, C. 2009. SunScapes: ‘solar envelopes’ and the analysis of urban DEMs. <i>Computers, Environment and Urban Systems</i>, 33, 26-34.</p> <p>Morello E., Ratti C., 2007, “Raster Cities: image processing techniques for environmental urban analysis”, in Thwaites K., Porta S., Romice O. (editors), <i>Urban Sustainability through Environmental Design: approaches to time, people and place responsive urban spaces</i>, Spon Press, London, UK, pp. 119-122.</p> |

³ **Software proprietario:** si intende indicare con questo termine un software commerciale il cui codice sorgente non è disponibile all'utente.

2.2 Modelli “energetici”

Seguono le schede relative ai seguenti strumenti:

1. Homer
2. RetScreen
3. Hydrogems
4. STEC
5. SAM
6. LEAP
7. EnergyPLAN
8. DEECO
9. DER-CAM

La valutazione di tali strumenti è funzionale allo sviluppo della piattaforma *Odesse* relativa alla scala di distretto. Si ipotizza infatti che la piattaforma possa consentire la simulazione della generazione di energia, nelle diverse forme richieste, da parte di un dato sistema energetico e nel rispetto di determinati vincoli di natura economico-ambientale.

Tra i diversi strumenti analizzati, DER-CAM sembra essere quello più adatto ad essere assunto come spunto di partenza per lo sviluppo della piattaforma. Per una trattazione più esauriente di tale modello, comprensiva anche della descrizione della formulazione analitica, si rimanda al **Report 4**.

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | HOMER |
| AUTORI/SVILUPPATORI | NREL, National Renewable Energy Laboratory, USA |
| COSTI/LICENZA | Freeware ⁴ |
| DESCRIZIONE | Programma per la valutazione di configurazioni impiantistiche con generazione elettrica e termica distribuita a scala di distretto, sia connesse alla rete elettrica che autonome. HOMER consente di svolgere un'analisi di ottimizzazione e parametrica per valutare la fattibilità tecnica ed economica di un notevole numero di opzioni tecnologiche, tenendo conto delle variazioni nei costi delle tecnologie e della disponibilità di risorse energetiche. Le tecnologie di generazione previste includono: solare fotovoltaico, turbine eoliche, mini/micro-idroelettrico, motori a combustione interna, microturbine e celle a combustibile per cogenerazione. I combustibili previsti sono benzina, gasolio, gas metano, idrogeno, biogas, biomassa, con possibilità di modificare, sulla base delle esigenze dell'utente, i parametri e prevedere il co-firing negli impianti. Le opzioni di stoccaggio dell'energia per sistemi autonomi prevedono batterie convenzionali, batterie a flusso d'elettrolita, produzione di idrogeno tramite elettrolisi dell'acqua e suo stoccaggio in serbatoio |
| INPUT | Curve di carico elettriche e termiche con risoluzione temporale fino ad un minuto, efficienze e caratteristiche delle tecnologie, investimento iniziale, costi di esercizio e manutenzione, vincoli di emissione e parametri suscettibili di variazione (per analisi parametriche) |
| OUTPUT | Ottimizzazione e analisi parametrica dei sistemi modellizzati, determinazione dei consumi e dei costi complessivi, valutazione delle emissioni |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi dinamica semplificata con passo temporale fino a un minuto, regolazione del funzionamento rispetto al profilo dei carichi elettrici oppure rispetto al ciclo di carica delle batterie qualora si abbia un sistema stand-alone |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare la fattibilità tecno-economica ed effettuare il predimensionamento di un sistema di generazione distribuita locale, date determinate condizioni di tipo economico ed ambientale. E' utile nel caso si voglia svolgere una valutazione preliminare dell'impatto conseguente all'adozione di tecnologie di generazione distribuita a scala di comunità |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.nrel.gov/homer |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Iqbal M.T., "A feasibility study of a zero energy home in Newfoundland", Renewable Energy, Volume 29, issue 2, 2004, Pages 277-28 Khan M.J., Iqbal M.T., "Pre-feasibility study of stand-alone hybrid energy systems for applications in Newfoundland", Renewable Energy, Volume 30, issue 6, 2005, Pages 835-854 Farret F.A., Simoes M.G., "Integration of alternative sources of energy", 2006 John Wiley & Sons, Inc. |

⁴ **Freeware:** si intende indicare con questo termine un software che viene rilasciato gratuitamente agli utenti ma di cui non è disponibile il codice sorgente

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | RETScreen |
| AUTORI/SVILUPPATORI | RETScreen International |
| COSTI/LICENZA | Freeware |
| DESCRIZIONE | RETScreen è un pacchetto di programmi che permette di valutare la produzione energetica e di svolgere un'analisi del ciclo di vita e della riduzione delle emissioni di gas climalteranti di vari tipi di tecnologie per lo sfruttamento delle rinnovabili ed il miglioramento dell'efficienza energetica. I programmi contengono i dati tecnici e di costo delle tecnologie presenti sul mercato, oltre ai database climatici necessari per il calcolo della produzione energetica. I moduli attualmente presenti riguardano l'eolico, il solare fotovoltaico, il mini-idroelettrico, la cogenerazione, il riscaldamento a biomassa, i collettori solari, il riscaldamento passivo degli edifici, le pompe di calore a scambio con il terreno e gli impianti di refrigerazione. |
| INPUT | Dati climatici, caratteristiche tecniche degli impianti, investimento iniziale, costi di esercizio e manutenzione, vincoli di emissione. |
| OUTPUT | Produzione di energia, analisi del ciclo di vita, emissioni evitate, analisi del rischio dell'investimento |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Fogli di calcolo programmati basati su excel |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare la fattibilità tecno-economica dell'applicazione di una singola tecnologia. E' utile per comprendere quali siano le principali caratteristiche delle più diffuse tecnologie basate su fonti rinnovabili e determinare la produttività e i costi di ciascuna, fornendone un predimensionamento |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.retscreen.net |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Thevenard D., Leng G., Martel S., "The RETScreen model for assessing potential projects", Photovoltaic Specialists Conference, 2000. Conference Record of the Twenty-Eight IEEE</p> <p>Bakos G.C., Soursos M., "Techno-economic assessment of a stand-alone PV/hybrid installation for low-cost electrification of a tourist resort in Greece", Applied Energy, Volume 73, issue 2, 2002, Pages 183-193</p> <p>Bakos G.C., Soursos M., Tsagas N.F., "Techno-economic assessment of a building-integrated PV system for electrical energy saving in residential sector", Energy and Buildings, Volume 35, issue 8, 2003, Pages 757-762</p> <p>Houri A., "Solar water heating in Lebanon, Current status and future prospects", Renewable Energy, Volume 31, issue 5, 2006, Pages 663-675</p> |

| | |
|----------------------------------|---|
| NOME | Hydrogen Energy Models, HYDROGEMS |
| AUTORI/SVILUPPATORI | IFE, Institut for Energy Technology |
| COSTI/LICENZA | Software proprietario ⁵ |
| DESCRIZIONE | <p>HYDROGEMS è una libreria di modelli per la simulazione dinamica di tecnologie di generazione elettrica e conversione in idrogeno da fonti rinnovabili. La libreria include modelli riguardanti fotovoltaico, eolico, generatori diesel di back-up, celle a combustibile, elettrolisi, compressione e stoccaggio di idrogeno, batterie, inverter e sistemi di controllo.</p> <p>Le caratteristiche tecniche dei componenti devono essere fornite dal costruttore o determinate attraverso prove sperimentali.</p> <p>I parametri specifici dei vari componenti vengono forniti attraverso file esterni, mentre i parametri progettuali, sono decisi dall'utente all'interno della simulazione.</p> <p>I modelli sono scritti in FORTRAN90 e posso essere usati anche nell'ambiente di simulazione numerica EES (Engineering Equation Solver).</p> |
| INPUT | Parametri dettagliati e caratteristiche dei componenti tecnologici, dati climatici, curve di carico elettriche |
| OUTPUT | Produzione energetica e studio dettagliato del funzionamento in regime dinamico |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi dinamica |
| POTENZIALE/COMMENTO | Simulazione dinamica di sistemi energetici con generazione elettrica da rinnovabili e conversione in idrogeno. E' uno strumento avanzato per la simulazione dettagliata ma è di difficile uso per utenti che non possiedono un'effettiva competenza nel campo delle fonti rinnovabili e della conversione in idrogeno |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.hydrogems.no/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>St. Germain L., Wild P., Rowe A., "Wave Power Integration with a Renewable Hydrogen Energy System", IGEC-1 Proceedings of the International Green Energy Conference 12-16 June 2005, Waterloo, Ontario, Canada, Paper No. 085</p> <p>Corsini A., Gamberale M., Rispoli F., "Assessment of Renewable Energy Solutions in an Italian Small Island Energy System Using a Transient Simulation Model", Journal of Solar Energy Engineering, Volume 128, issue 2, 2006, Pages 237-244</p> <p>Samaniego J., Alija F., Sanz S., Valmaseda C., Frechoso F., "Economic and technical analysis of a hybrid wind fuel cell energy system", Renewable Energy, Volume 33, issue 5, 2008, Pages 839-845</p> |

⁵ I modelli sono stati inseriti all'interno della piattaforma di simulazione TRNSYS 16

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | Solar Thermal Electric Components, STEC |
| AUTORI/SVILUPPATORI | DLR (German Aerospace Center), Sandia National Laboratory, VTAN (Institut for High Temperatures of the Russian Academy of Science) |
| COSTI/LICENZA | Open Source ⁶ |
| DESCRIZIONE | STEC è un raccolta di modelli di TRNSYS sviluppati per l'analisi dinamica di impianti solari termoelettrici. Sono elementi supplementari per la simulazione di concentratori solari, cicli a vapore, turbine a gas e sistemi di stoccaggio di calore ad alta temperatura. Sono attualmente usati per studi di fattibilità e in attività di ricerca riguardanti nuove tecnologie solari termoelettriche |
| INPUT | Parametri dettagliati e caratteristiche dei componenti tecnologici, dati climatici |
| OUTPUT | Produzione energetica e studio dettagliato del funzionamento dinamico di impianti solari termoelettrici |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi dinamica (piattaforma TRNSYS) |
| POTENZIALE/COMMENTO | Simulazione dinamica di impianti solari termoelettrici. E' adatto all'uso in progetti di ricerca, essendo stato pensato per simulare tecnologie attualmente non largamente diffuse ed in via di sperimentazione |
| CONTATTO/SITO WEB | http://sel.me.wisc.edu/trnsys/trnlib/stec/stec.htm |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Jones S.A., Blair N., Pitz-Paal R., Schwarzboezl P. and Cable B., "TRNSYS Modeling of the SEGS VI Parabolic Trough Solar Electric Generating System", Forum 2001, Solar Energy: The Power to Choose (Proceedings of the ASME International Solar Energy Conference), April 21-25, 2001, Washington, DC</p> <p>Stuetzle T., Blair N., Mitchell J.W., Beckman W.A., " Automatic Control of a 30 MWe SEGS VI Parabolic Trough Plant", ISES 2001 Solar World Congress</p> |

⁶ I modelli sono disponibili gratuitamente per gli utenti registrati di TRNSYS 16 appartenenti ad istituti di ricerca, i quali non ne facciano uso a scopo commerciale

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | Solar Advisor Model, SAM |
| AUTORI/SVILUPPATORI | NREL, National Renewable Energy Laboratory |
| COSTI/LICENZA | Freeware |
| DESCRIZIONE | SAM è un modello per l'analisi di sistemi di generazione elettrica da fonte solare tramite tecnologie quali il fotovoltaico e il solare termoelettrico. Questo strumento, con il supporto di analisi di mercato e di costo, permette di valutare i risultati su larga scala dell'adozione di queste tecnologie |
| INPUT | Dati climatici, valori di efficienza e caratteristiche delle tecnologie, costi di esercizio e manutenzione |
| OUTPUT | Produzione energetica oraria, costo dell'elettricità prodotta, capitale d'investimento e costi di esercizio e manutenzione |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi dinamica ⁷ |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare la fattibilità tecno-economica e verificare dinamicamente il funzionamento di progetti, su larga scala, di produzione energetica da fonte solare. E' realizzato a partire da un modello largamente testato e fornisce quindi valori affidabili per quanto riguarda la produzione oraria di energia; è tuttavia rivolto principalmente all'analisi, in termini di politica energetica, degli effetti derivanti dall'adozione su larga scala delle tecnologie solari |
| CONTATTO/SITO WEB | https://www.nrel.gov/analysis/sam/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Blair N., Christensen C., Mehos M., Janzou S., "Cost and Performance Solar Analysis Model for All Solar Technologies." (ISEC2005-76207). <i>Solar Engineering 2005: Proceedings of the 2005 International Solar Energy Conference (ISEC2005)</i> , 6-12 August 2005, Orlando, Florida. New York: American Society of Mechanical Engineers (ASME) pp. 225-228 Mooney D., Mehos M., Blair N., Christensen C., Janzou S., Gilman P., Solar Advisor Model (SAM) Overview. Sopori, B.L., ed. <i>16th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells and Modules: Materials and Processes; Extended Abstracts, and Papers. Proceedings of the workshop held 6-9 August 2006, in Denver, Colorado</i> |

⁷ Questo modello sfrutta l'algoritmo di TRNSYS per la simulazione in regime dinamico del fotovoltaico

| | |
|---------------------------------|--|
| NOME | Long Range Energy Alternatives Planning, LEAP |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Stockholm Environment Institute (SEI) |
| COSTI/LICENZA | Freeware ⁸ |
| DESCRIZIONE | <p>LEAP è un modello integrato per la pianificazione energetica basata su scenari. Si possono simulare la conversione dell'energia e la costruzione della domanda, in funzione di andamenti demografici, sviluppo economico, tecnologie, costi ecc.</p> <p>LEAP è in primo luogo un strumento per calcolare la quantità di energia primaria necessaria a soddisfare una determinata domanda, ma permette anche la costruzione di altri tipi di modelli bottom-up o top-down.</p> <p>LEAP include un database, riguardante le tecnologie e i processi di conversione dell'energia, con i relativi dati tecnici, di costo e di emissione</p> |
| INPUT | Curva di durata del carico elettrica e termica oraria, dati sul potenziale delle fonti energetiche rinnovabili, dati di consumo, caratteristiche delle tecnologie, investimento iniziale, costi di esercizio e manutenzione, andamento demografico, vincoli di emissione |
| OUTPUT | Scenari energetici ed ambientali conseguenti all'attuazione di politiche energetiche a scala locale |
| POTENZIALE/COMMENTO | LEAP consente un'analisi energetica e ambientale per scenari ed è adatto alla pianificazione energetica a scala nazionale, regionale e locale. Non consente però l'implementazione dettagliata di tecnologie efficienti e basate su fonti rinnovabili. |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.energycommunity.org |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Pandey R., "Energy policy modelling: agenda for developing countries ", Energy Policy, Volume 30, issue 2, 2002, Pages 97-106</p> <p>Shin H.C., "Implications of transportation policies on energy and environment in Kathmandu Valley, Nepal" Energy Policy, Volume 31, issue 14, 2003, Pages 1493-1507</p> <p>Nakata T., "Energy-economic models and the environment", Progress in Energy and Combustion Science, Volume 30, issue 4, 2004, Pages 417-475</p> |

⁸ Il programma è gratuito per istituzioni di ricerca e no-profit di paesi non appartenenti all'OECD, il costo della licenza per singolo utente a scopo non commerciale è 500\$

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | EnergyPLAN |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Dep. of Development and Planning, Aalborg University |
| COSTI/LICENZA | Freeware |
| DESCRIZIONE | Il modello EnergyPLAN è stato sviluppato per lo studio di sistemi energetici su larga scala ed è stato utilizzato anche per il progetto DESIRE (Dissemination Strategy on Electricity Balancing for Large Scale Integration of Renewable Energy) finanziato dall'UE. L'analisi svolta dal modello è di tipo orario ed è volta ad analizzare le conseguenze di investimenti e strategie nel settore energetico, in relazione a regolamenti di tipo tecnico ed ottimizzazione economica. Il modello pertanto può essere usato con diversi scopi: analisi tecnica del possibile mix di fonti per servire una determinata domanda a scala territoriale, analisi di mercato degli scambi di energia, studi di fattibilità tecnica ed economica |
| INPUT | Curva di carico elettrica e termica oraria, dati climatici e dati di produzione energetica da fonti rinnovabili, valori di efficienza e caratteristiche delle tecnologie, investimento iniziale, costi di esercizio e manutenzione, vincoli di emissione e strategia di ottimizzazione |
| OUTPUT | Produzione energetica, costi complessivi ed emissioni |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi oraria, analisi di ottimizzazione e parametrica. Sono contemplate quattro opzioni per soddisfare i fabbisogni elettrici e termici con ottimizzazione tecnica ed economica |
| POTENZIALE | Valutare la fattibilità tecno-economica di progetti a scala urbana e di comunità di generazione distribuita, integrazione con fonti rinnovabili, adozione di tecnologie avanzate e produzione di idrogeno da fonti rinnovabili. Fornisce gli strumenti ed un metodo di analisi per la pianificazione energetica avanzata a scala di comunità |
| CONTATTO/SITO WEB | http://energy.plan.aau.dk/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Lund H., Duic N., Krajacic G., Carvalho M.G., "Two Sustainable Energy System Analysis Models. A comparison of methodologies and results", 2005</p> <p>Lund H., Munster E., "Integrated energy systems and local energy markets", Energy Policy, Volume 34, issue 10, 2006, Pages 1152-1160</p> <p>Lund H., Munster E., "Integrated transportation and energy sector CO₂ emission control strategies", Transport Policy, Volume 13, issue 5, 2006, Pages 426-433</p> <p>Lund H., "Renewable energy strategies for sustainable development", Energy, Volume 32, issue 6, 2007, Pages 912-919</p> <p>Mathiesen B.V., Lund H., Norgaard P., "Integrated transport and renewable energy system", Utilities Policy, Volume 16, 2008, Pages 107-116</p> |

| | |
|----------------------------------|---|
| NOME | Dynamic Energy Emission and Cost Optimization, DEECO |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Institut für Energietechnik, Technische Universität Berlin, Germany |
| COSTI/LICENZA | Open source ⁹ |
| DESCRIZIONE | Deeco è un ambiente di simulazione di sistemi energetici, usato per valutare miglioramenti in termini di emissioni ed efficienza rispetto ai costi da sostenere. E' stato realizzato con lo scopo di mettere in luce possibili sinergie o interazioni negative nell'adozione di tecnologie ad elevata efficienza e nel ricorso a fonti rinnovabili. All'interno di questo modello i sistemi energetici sono rappresentati attraverso reti che collegano gli impianti, il cui funzionamento viene studiato attraverso un calcolo dinamico. L'ottimizzazione, all'interno di questo schema viene valutata con analisi ricorsiva, tramite un algoritmo di ottimizzazione di tipo simplex |
| INPUT | Curve di carico elettriche e termiche orarie, dati climatici, dati di produzione energetica da fonti rinnovabili, caratteristiche delle tecnologie e loro efficienze, investimento iniziale, costi di esercizio e manutenzione, vincoli di emissione, strategie di ottimizzazione |
| OUTPUT | Produzione energetica, costi complessivi ed emissioni |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi di ottimizzazione basata su simulazione oraria |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare l'adozione di tecnologie ad elevata efficienza o tecnologie basate su fonti rinnovabili attraverso l'ottimizzazione su scala regionale o locale. E' uno strumento adatto per l'applicazione alla scala urbana, tuttavia, essendo pensato per scopi di ricerca, è di difficile uso per utenti non esperti |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.iet.tu-berlin.de/deeco/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Bruckner T., Morrison R., Handley C., Patterson M., "High-Resolution Modeling of Energy-Services Supply Systems Using DEECO: Overview and Application to Policy Development" Annals of Operations Research, Volume 121, issue 1-4, 2003, Pages 151-180 Bruckner T., Groscurth H.M., Kummel R., "Competition and synergy between energy technologies in municipal energy systems", Energy, Volume 22, issue 10, 1997, Pages 1005-1014 |

⁹ Richiede per poter essere eseguito librerie di funzioni in C++ proprietarie di UNIX, può essere in alternativa eseguito con librerie non proprietarie presenti nella distribuzione Linux Debian 3

| | |
|----------------------------------|--|
| NOME | Distributed Energy Resource Customer Adoption Models, DER-CAM |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Distributed Energy Resources Research Group, Lawrence Berkeley Lab |
| COSTI/LICENZA | Freeware ¹⁰ |
| DESCRIZIONE | DER-CAM è un modello di ottimizzazione economica scritto nel linguaggio General Algebraic Modeling System (GAMS). L'obiettivo del modello è minimizzare il costo in esercizio di tecnologie di generazione distribuita per una singola utenza privata o all'interno di una micro-rete. L'ottimizzazione prevista è di tipo economico e, in particolare, il modello fornisce come risultato la combinazione a costo minimo delle tecnologie da installare, la loro taglia e la strategia di dispacciamento ottimale rispetto ai carichi presenti. Si assume come ipotesi fondamentale che l'utente voglia installare un impianto di generazione distribuita per ridurre il proprio costo dell'energia |
| INPUT | Il profilo di carico elettrico e termico orario dell'utente, le tariffe energetiche, il prezzo del gas metano, il capitale d'investimento iniziale, i costi di esercizio e manutenzione, il tasso d'interesse dell'investimento, le principali caratteristiche tecniche delle tecnologie di generazione distribuita |
| OUTPUT | La taglia degli impianti da installare, la loro combinazione ottimale ed i costi complessivi |
| TIPO DI CALCOLO/ALGORITMO | Analisi di ottimizzazione tramite programmazione lineare |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare l'ottimizzazione economica e di funzionamento di un impianto e gli effetti per il singolo utente di misure di incentivazione economica (tariffe applicate all'energia prodotta). E' uno strumento che richiede una conoscenza delle tecniche di ottimizzazione numerica ed è quindi adatto principalmente ad un uso di ricerca e ad utenti esperti. E' inoltre possibile eseguire le simulazioni solo qualora si abbia una licenza completa del linguaggio GAMS |
| CONTATTO/SITO WEB | http://der.lbl.gov/dercam.html |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Zhou N., Gao W., Firestone R., Stadler M., Marnay C., Nishida M., "An Analysis of the DER Adoption Climate in Japan Using Optimization Results for Prototype Buildings with U.S. Comparisons", June 2006 Siddiqui A., Marnay C., "Distributed Generation Investment by a Microgrid Under Uncertainty", June 2006 Firestone R., Stadler M., Marnay C., "Integrated energy system dispatch optimization", June 2006 |

¹⁰ Richiede tuttavia per essere eseguito una licenza del linguaggio GAMS, il quale è software proprietario

2.3 Modelli “di valutazione”

Seguono le schede relative ai seguenti strumenti:

1. LEED
2. PLACE³S
3. Gemis
4. CO2DB
5. Umberto
6. Decorum.

La valutazione di tali strumenti è funzionale allo sviluppo della piattaforma *Odesse* relativa alla scala di distretto. Si ipotizza infatti che la piattaforma includa, nelle funzioni di ottimizzazione dei sistemi energetici, delle condizioni vincolanti relative alle emissioni di CO₂ equivalente.

La valutazione del *global warming potential* dei diversi sistemi è di fondamentale importanza poiché molti obiettivi posti dai più recenti programmi mondiali, comunitari e nazionali si basano proprio su tale indicazione.

La valutazione dei fattori di emissione relativi ai diversi componenti del sistema energetico è molto delicata poiché prevede la stima di diversi parametri relativi alla produzione delle macchine, alla gestione del combustibile ecc. Pertanto, gli strumenti indicati possono costituire un interessante punto di partenza per l’implementazione degli algoritmi di valutazione degli effetti ambientali e del relativo database di fattori di emissione all’interno della piattaforma.

| | |
|---------------------------------|---|
| NOME | Leadership in Energy and Environmental Design, LEED - for Neighbourhood Development Rating System |
| AUTORI/SVILUPPATORI | U.S. Green Building Council |
| COSTI/LICENZA | Software proprietario (attualmente in fase di implementazione) |
| DESCRIZIONE | LEED fa riferimento ad una metodologia finalizzata alla valutazione della sostenibilità e dell'impatto ambientale complessivo degli edifici e dei progetti alla scala urbana, al fine di determinarne una classificazione di qualità tramite punteggio. Questa metodologia ha lo scopo di fornire uno strumento di valutazione della qualità progettuale che integri al suo interno urbanistica, progettazione bioclimatica, meccanismi di "crescita intelligente" e sviluppo sostenibile delle comunità. Nel calcolo del punteggio sono considerati tutti i fattori che direttamente o indirettamente condizionano gli aspetti sopraelencati, tra cui la generazione distribuita, l'uso di fonti rinnovabili e la presenza di edifici energeticamente efficienti |
| INPUT | Gli input richiesti sono molti e richiedono una descrizione molto dettagliata. Essi fanno capo a quattro macro-aree: <ul style="list-style-type: none"> – collocazione territoriale e collegamenti infrastrutturali; – caratteristiche morfologiche dell'insediamento; – uso efficiente dell'energia e delle risorse, generazione distribuita, integrazione con fonti rinnovabili; – innovazione di processo e progettuale. |
| OUTPUT | Livello di qualità (punteggio) raggiunto dal progetto |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare dal punto di vista qualitativo progetti di pianificazione di comunità energeticamente sostenibili. |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=148 |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Paulls E., "Energy benefits of urban infill, brownfields, and sustainable urban redevelopment", Northeast-Midwest Institute Center for Policy Initiatives, April 2008</p> <p>Wendover J., "Congress for the New Urbanism Green Architecture and Urbanism Council", Places-Massachusetts, 2008</p> <p>Lacroix R.N., Stamatiou E., "Green Architecture and Sustainable Development: Applications & Perspectives", Proceedings of the 3rd IASME/WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development, Agios Nikolaos, Greece, July 24-26, 2007</p> |

| | |
|---------------------------------|--|
| NOME | Planning for Community Energy, Economic and Environmental Sustainability, PLACE³S |
| AUTORI/SVILUPPATORI | California Energy Commission |
| COSTI/LICENZA | Software proprietario |
| DESCRIZIONE | <p>PLACE³S è un metodo di pianificazione territoriale innovativo che integra partecipazione pubblica, sviluppo a scala di comunità e analisi alla scala territoriale tramite sistemi informativi geografici (GIS).</p> <p><u>Tale strumento potrebbe pertanto essere catalogato anche tra quelli definiti “geografici” nel presente studio.</u></p> <p>Lo scopo del modello è aiutare le amministrazioni pubbliche locali a creare sviluppo economico, opportunità di lavoro, riducendo al contempo le emissioni in ambiente e l’uso di energia da fonti fossili. L’approccio condiviso, alla base di questo tipo di pianificazione, è ritenuto fondamentale per lo sviluppo di soluzioni di “crescita intelligente” del territorio.</p> <p>Il modello pone l’uso sostenibile dell’energia ed il suo impatto come principi organizzativi fondamentali per la pianificazione delle comunità avanzate</p> |
| INPUT | Dati demografici, dati sulle attività produttive e statistiche sull’occupazione, informazioni tecniche sul patrimonio edilizio, dati sulle infrastrutture, consumo di energia, condizioni ambientali ed inquinamento |
| OUTPUT | Scenari dell’evoluzione a scala territoriale del consumo di energia, delle condizioni ambientali, della disposizione delle attività produttive e delle infrastrutture |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare diversi scenari possibili per la realizzazione di comunità energeticamente efficienti. La procedura di analisi e valutazione può essere presa ad esempio in attività di pianificazione che pongano l’energia tra i fattori chiave per lo sviluppo del territorio |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.energy.ca.gov/places/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Newhouse G., “PLACE3S, Planning for Energy Efficiency”, Energy and Environment in the California-Baja, 1995, San Diego State University Press</p> <p>Frank L. D., Kavage S., “Urban Planning and Public Health: A Story of Separation and Reconnection”</p> <p>Journal of Public Health Management & Practice, Volume 14, issue 3, May/June 2008, Pages 214-220</p> |

| | |
|---------------------------------|---|
| NOME | Global Emission Model for Integrated Systems, GEMIS |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Oko-Institut, Institute for Applied Ecology |
| COSTI/LICENZA | Freeware |
| DESCRIZIONE | GEMIS permette di svolgere un'analisi del ciclo di vita di catene energetiche calcolando le emissioni, l'uso di risorse e i costi. Il database contenuto all'interno possiede informazioni su varie tecnologie e filiere energetiche. L'approccio seguito nell'analisi è del tipo <i>from cradle to grave</i> e permette in questo modo di valutare le possibilità di riciclaggio, riprocessamento e riuso dei materiali costituenti le tecnologie o i prodotti che si analizzano |
| INPUT | Dati della filiera produttiva di un bene o di un servizio |
| OUTPUT | Analisi del ciclo di vita energetico e delle ricadute ambientali che esso genera, con indicatori di performance economica ed ambientale |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare l'impatto del ciclo di vita di tecnologie e servizi energetici. E' uno strumento tramite il quale può essere calcolato l'impatto delle emissioni di un'intera filiera energetica, ad esempio per valutare le emissioni legate all'introduzione delle tecnologie ad alta efficienza e lo sfruttamento delle fonti rinnovabili, sulla base del loro ciclo di vita. Questo tipo di analisi è volto a comprendere cosa comporti, in termini di impatto complessivo, la transizione verso un settore energetico basato su tecnologie ad alta efficienza e fonti rinnovabili |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.oeko.de/service/gemis/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Koroneos C., Dompros A., Roumbas G., Moussiopoulos N., "Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes", International Journal of Hydrogen Energy, Volume 29, issue 14, 2004, Pages 1443-1450</p> <p>Madlener R., Stagl S., "Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation", Ecological Economics, Volume 53, issue 2, 2005, Pages 147-167</p> <p>Smeds J., Wall M., "Enhanced energy conservation in houses through high performance design", Energy and Buildings, Volume 39, issue 3, 2007, Pages 273-278</p> |

| | |
|---------------------------------|---|
| NOME | CO2DB |
| AUTORI/SVILUPPATORI | International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) Austria |
| COSTI/LICENZA | Freeware |
| DESCRIZIONE | <p>CO2DB è un database realizzato per raccogliere ed organizzare dati riguardanti le tecnologie per la mitigazione delle emissioni di anidride carbonica e gas climalteranti. Contiene approssimativamente 3000 tecnologie con dettagli tecnici, economici ed ambientali, oltre che informazioni sulla loro innovazione, commercializzazione e diffusione.</p> <p>Si possono realizzare a partire da esso calcoli degli impatti di filiere energetiche e compararne graficamente gli effetti</p> |
| POTENZIALE/COMMENTO | Ricerche riguardanti le emissioni legate al settore energetico. E' uno strumento utile per la determinazione delle emissioni legate all'introduzione di tecnologie efficienti e per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.iiasa.ac.at |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Messner S., Schrattenholzer L., "MESSAGE-MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively ", Energy, Volume 25, issue 3, 2000, Pages 267-282</p> <p>Rolfsman B., "CO2 emission consequences of energy measures in buildings", Building and Environment, Volume 37, issue 12, 2002, Pages 1421-1430</p> <p>Riahi K., Rubin E.S., Taylor M.R., Schrattenholzer L., Hounshell D., "Technological learning for carbon capture and sequestration technologies", Energy Economics, Volume 26, issue 4, 2004, Pages 539-564</p> |

| | |
|---------------------------------|--|
| NOME | UMBERTO |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Ifu - Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH |
| COSTI/LICENZA | Software proprietario |
| DESCRIZIONE | UMBERTO è un modello per il calcolo dei flussi di materia e di energia nell'ambito di analisi del ciclo di vita di beni e servizi. I risultati sono espressi in termini di indicatori economici ed ambientali. Tale modello è rivolto ad aziende che hanno produzioni energivore e vogliono ottimizzare i propri processi produttivi e ad istituzioni di ricerca e sviluppo che compiono analisi del ciclo di vita di beni e servizi, al fine di minimizzarne l'impatto ambientale. Alla scala di distretto esso potrebbe essere utilizzato per valutare l'impatto ambientale complessivo delle filiere dei servizi energetici |
| INPUT | Dati della filiera produttiva di un bene o di un servizio |
| OUTPUT | Analisi del ciclo di vita energetico e delle ricadute ambientali che esso genera, con indicatori di performance economica ed ambientale |
| POTENZIALE/COMMENTO | Valutare l'impatto del ciclo di vita di tecnologie e servizi energetici. E' uno strumento tramite il quale potrebbe essere calcolato l'impatto delle emissioni di un'intera filiera energetica, ad esempio per valutare le emissioni legate all'introduzione delle tecnologie ad alta efficienza e lo sfruttamento delle fonti rinnovabili, sulla base del loro ciclo di vita. Questo tipo di analisi sarebbe volto a comprendere cosa comporti, in termini di impatto complessivo, la transizione verso un settore energetico basato su tecnologie ad alta efficienza e fonti rinnovabili |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.umberto.de/en/ |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | <p>Pehnt H., "Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies", Renewable Energy, Volume 31, 2006, Pages 55-71</p> <p>Menke D.M., Davis G.A., "Evaluation of life-cycle assessment tools", The University of Tennessee Center for Clean Products and Clean Technologies</p> <p>Rautenstrauch C., Patig S., "Environmental information systems in industry and public administration", Idea Group Publishing, 2001</p> |

| | |
|---------------------------------|--|
| NOME | Decorum |
| AUTORI/SVILUPPATORI | Brookes University Oxford |
| COSTI/LICENZA | Software proprietario |
| DESCRIZIONE | Decorum è un software webgis che permette di visualizzare i dati di consumo di energia primaria, le emissioni, i costi di gestione e l'indice SAP (Standard Assessment Procedure del BRE) degli edifici della città di Oxford. Questo strumento è frutto di un'iniziativa per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica nei centri urbani sostenuta dalla città di Oxford |
| INPUT | Mappe geografiche e dati collegati al territorio |
| OUTPUT | Calcolo e visualizzazione geografica bi-dimensionale dei dati |
| POTENZIALE/COMMENTO | Utile ad una rappresentazione grafica sul web di analisi sull'ambiente costruito. Si presta ad essere usato come strumento per la consultazione di dati da parte di utenti di vario tipo. Non richiede di essere installato nel pc dall'utente finale, ma può funzionare via web |
| CONTATTO/SITO WEB | http://www.brookes.ac.uk/business_employers/technologies/decorum/about |
| BIBLIOGRAFIA SCIENTIFICA | Gupta R. "Moving towards low carbon cities: a review of initiatives to reduce CO2 emissions from the City of Oxford, England" |

3 Considerazioni sui modelli analizzati

Sulla base della rassegna effettuata, è stato possibile evidenziare l'esigenza di sviluppare un nuovo modello integrato per la simulazione dei sistemi energetici a scala di distretto, in grado di colmare le lacune relative agli strumenti di calcolo già esistenti.

In particolare, sulla piattaforma dovrebbero essere implementati algoritmi facenti capo sia a un modello geografico, sia ad un modello di simulazione energetica sia ad un modello di valutazione degli effetti economico-ambientali. In particolare, il modulo di simulazione energetica dovrebbe consentire, oltre ad una pre-progettazione del sistema di generazione, anche la creazione del profilo di domanda dell'ambiente costruito e una simulazione dinamica dell'interazione domanda/generazione di energia.

Tali caratteristiche possono essere ritrovate, separatamente, in alcuni dei modelli analizzati.

In generale, strumenti GIS possono essere adoperati per catalogare e rappresentare consumi energetici, destinazioni d'uso, caratteristiche degli edifici, caratteristiche degli impianti, tipi di contatori presenti, vincoli di emissione, acustici ecc. La presenza di algoritmi per l'elaborazione dei dati consente, d'altra parte, di identificare rapidamente l'intensità energetica, la complementarità delle domande ed il potenziale da fonti rinnovabili disponibile. Questo è, ad esempio, l'approccio seguito da **PLACE³S**, modello che pone l'energia come fattore chiave nella pianificazione dell'uso del territorio. I risultati delle elaborazioni di dati realizzate con questi strumenti possono essere anche resi pubblici attraverso mappe tematiche consultabili via *web*; ciò può essere particolarmente utile in contesti in cui sia necessario un processo decisionale partecipato.

Homer può invece rappresentare un ottimo spunto per l'implementazione dei moduli relativi alla rappresentazione o stima delle curve di domanda elettrica e termica orarie. Tale modello permette, inoltre, di confrontare varie ipotesi impiantistiche e di determinare quale sia la migliore in termini di costi ed emissioni, svolgendo allo stesso tempo un pre-dimensionamento delle tecnologie di generazione. Queste caratteristiche permettono di valutare la fattibilità tecnico-economico-ambientale di un sistema energetico a scala di distretto e di fornire dati attendibili per il relativo progetto di massima; tuttavia, non vengono ancora considerati aspetti quali la tariffazione multioraria e la possibilità di stoccaggio del calore.

Questi aspetti sono invece contemplati all'interno del più complesso modello **DER-CAM**, che propone soluzioni energetiche a valle di algoritmi di ottimizzazione economica, ovvero finalizzati alla minimizzazione dei costi complessivi della generazione elettrica e termica rispetto alle tecnologie, ai carichi e alle tariffe presenti.

Un'evoluzione potrebbe essere rappresentata dall'implementazione di metodi di simulazione dinamica finalizzata al dimensionamento ottimale di tutte le componenti tecnologiche e alla procedura di controllo e regolazione, tenendo presenti anche le prestazioni realmente ottenibili nel caso di funzionamento degli impianti a carico parziale ecc.

4 Proposta per la formulazione di un nuovo modello

Vista l'effettiva necessità di sviluppare uno strumento interoperabile di supporto la progettazione di sistemi energetici efficienti a scala di distretto e considerati i validi spunti offerti dai modelli esistenti, si propone lo sviluppo di una piattaforma integrata in cui, i diversi moduli implementati possano assolvere sia le funzioni di calcolo che quelle di valutazione nel processo di progettazione.

Tralasciando gli specifici algoritmi per l'elaborazione dei dati all'interno degli strumenti GIS ed i protocolli per l'efficienza energetica nella pianificazione della "crescita intelligente" delle comunità, due elementi fondamentali potrebbero essere proposti per la nuova piattaforma: un modulo per l'analisi preliminare e un modulo per la simulazione dinamica. Il primo dovrebbe essere finalizzato a fornire indicazioni di massima, sufficientemente affidabili, per la progettazione dei sistemi di generazione distribuita; il secondo dovrebbe consentire la corretta simulazione del sistema in regime dinamico, al fine di testare strategie di gestione, regolazione e controllo.

Tale procedura renderebbe possibile una vera e propria ottimizzazione economico-ambientale dei distretti energetici, consentendo la messa in atto di importanti sinergie legate all'aggregazione delle domande di energia, all'uso di tecnologie di generazione efficienti, ai meccanismi di inter-scambio con la rete e allo stoccaggio di energia. Questo tipo di processo è molto schematicamente descritto nella figura successiva.

