



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



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Low Exergy Systems for High-Performance Built Environments

Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 49

**A. Angelotti, F. Cappelletti, P. Caputo, M. De Carli,
F. Peron, P. Romagnoni, R. Zecchin**





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



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Low Exergy Systems for High-Performance Built Environments Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 49

*A. Angelotti, F. Cappelletti, P. Caputo, M. De Carli,
F. Peron, P. Romagnoni, R. Zecchin*

LOW EXERGY SYSTEMS FOR HIGH-PERFORMANCE BUILT ENVIRONMENTS
Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 49

A. Angelotti, P. Caputo (Politecnico di Milano, Dipartimento BEST)

F. Cappelletti, F. Peron, P. Romagnoni (Università di Venezia – IUAV)

M. De Carli, R. Zecchin (Università di Padova, Dipartimento di Fisica Tecnica)

Marzo 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione.

Interazione condizionamento e illuminazione

Responsabile Tema: Marco Citterio, ENEA

Si ringraziano i membri dell'ECBCS Annex 49 - Low Exergy Systems for High-Performance Buildings and Communities (www.annex49.org)

ACCORDO DI PROGRAMMA

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO - ENEA

AI SENSI DELL'ART. 3 COMMA 2 DEL DECRETO MINISTERIALE 23 MARZO 2006 PER LE

ATTIVITÀ DI RICERCA E SVILUPPO DI INTERESSE GENERALE

PER IL SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE

Tema di ricerca 5.4.1.1/2 “Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione. interazione condizionamento e illuminazione”

Linea di attività B

Partecipazione a gruppi di lavoro internazionali

IEA ECBCS Annex 49

Low Exergy Systems for High-Performance Built Environments:

www.annex49.com

Dip. BEST del Politecnico di Milano: A. Angelotti e P. Caputo
Università di Venezia (IUAV): P. Romagnoni; F. Peron; F. Cappelletti
Università di Padova: M. De Carli - Roberto Zecchin



Università Iuav
di Venezia

1	Introduzione	3
2	Subtask A: Exergy analysis methodologies	4
2.1	Deliverable 1.1 “Integral optimisation strategies (building + supply structure)” – Università di Padova	4
2.2	Deliverable 3.1 “Report/Compendium of the mathematical models for exergy-based design and performance analysis: Simplified: Excel-based” – Politecnico di Milano	5
2.3	Deliverable A.3.2 “Report/Compendium of the mathematical models for exergy-based design and performance analysis: Dynamic analysis” – Politecnico di Milano	8
2.4	Deliverable A.7 “Definition of LowEx Systems” e Deliverable A.8 “Pre-normative proposals” – Università di Venezia	9
3	Subtask B: Exergy efficient community supply systems	10
3.1	Deliverable 3.1 “Review article on the use of RE from the exergetic point of view”- Politecnico di Milano	10
3.2	Deliverable B.3.1 “Tools for comparing/evaluating/choosing different energy supply systems (community level)” – Politecnico di Milano	11
3.3	Deliverable 3.3 “Collection of best practice example for new and retrofit forms of technology for community structures” – Politecnico di Milano	12
3.3.1	Huai Rou New Town	12
3.3.2	Parma 2020	13
4	Subtask C: Exergy efficient building technologies	15
4.1	Deliverable C.1 "Innovative types of technology for low exergy heating and cooling"- Università di Padova	15
4.2	Deliverable C.2 "Innovative control concepts and strategies for a demand controlled exergy supply"- Università di Padova	17
4.3	Deliverable C.4 " Report on exergy analysis of different systems applied to retrofitting of buildings" - Università di Padova	19
4.4	Deliverable C.5 " Light structures for warm Climates" - Università di Venezia	20
5	Subtask D	21

1 Introduzione

Le attività dell'*annex 49* proseguono i risultati ottenuti nell'ambito della *IEA ECBCS Annex 37 (low exergy systems for heating and cooling of buildings)* sul tema dell'efficienza exergetica per i sistemi di *heating* e *cooling* per l'ambiente costruito.

L'assunto di partenza resta quello che il livello exergetico utile al soddisfacimento delle esigenze di *heating* e *cooling* è molto basso, dato che la temperatura desiderata si colloca in un intervallo molto ristretto e prossimo alla temperatura ambiente. Nonostante ciò, per soddisfare tali esigenze vengono impiegate fonti fossili e di alta qualità energetica.

Scopo dell'*annex 49* è pertanto trovare delle strategie di uso dell'energia a bassa exergia, sia a livello di edificio sia a livello di *community*. La ricerca si estende a tutte le fasi, dalla generazione, alla distribuzione allo stoccaggio, all'uso finale di energia e cerca di valorizzare l'approccio exergetico ai fini dell'ottimizzazione dell'efficienza globale, relativa all'intera catena.

Le attività dell'*annex 49* sono ripartite in quattro *subtask*:

- A. Exergy analysis methodologies*
- B. Exergy efficient community supply systems*
- C. Exergy efficient building technologies*
- D. Knowledge transfer and dissemination*

e avranno termine a fine 2009. Questo rapporto presenta i risultati delle attività dei rappresentanti italiani nei lavori dell'Annex.

Il gruppo di lavoro coinvolge, per l'Italia, tre università e precisamente:

- Dip. BEST del Politecnico di Milano: A. Angelotti e P. Caputo - ricercatori
- Università di Venezia (IUAV): P. Romagnoni – professore Straordinario; F. Peron - professore Associato e F. Cappelletti - assegnista di ricerca
- Università di Padova: M. De Carli - ricercatore; Roberto Zecchin – professore Ordinario

2 Subtask A: Exergy analysis methodologies

2.1 Deliverable 1.1 “Integral optimisation strategies (building + supply structure)” – Università di Padova

Il contributo riguarda la definizione di strategie di ottimizzazione di sistemi involucro-impianto tecnologicamente avanzati. Gli esiti sono direttamente collegati ad altre deliverables facenti capo alle subtask B e C: B3.2– supply structures (Subtask B); C3.1 – building size (Subtask C).

La ricerca si è basata su due aspetti fondamentali riguardanti l'interazione tra l'involucro edilizio e le persone, che influenzano i consumi elettrici all'interno degli edifici: la ventilazione naturale e l'illuminazione. Infatti, la riduzione della domanda di elettricità (principalmente generata tramite centrali termoelettriche, come nel caso italiano) degli edifici del terziario può contribuire in modo determinante alla diminuzione dell'exergia consumata.

Negli edifici oggi si assiste a un maggior ricorso alla climatizzazione estiva, sia negli edifici residenziale che in quelli del terziario, con conseguenti fabbisogni elettrici crescenti. Un'interessante tecnologia che consente una riduzione consistente dei consumi elettrici è il ricorso alla ventilazione naturale. A tal fine è stato dimostrato come, pur non potendo essere proposto quale sostituto degli attuali impianti di condizionamento, questo permetta una rilevante limitazione dei consumi stagionali per la climatizzazione estiva. La ventilazione naturale presenta importanti limiti dovuti all'ambiente circostante e alle modalità d'uso dei vani interni. Qualora la ventilazione naturale non sia sufficiente a garantire il comfort interno, si può sempre ricorrere alla modalità mista o ibrida, ovvero all'utilizzo combinato di climatizzazione estiva e di ventilazione naturale. Tipicamente negli ambienti, soprattutto quelli del terziario, durante il periodo di raffrescamento gli utenti si comportano in modo passivo, controllando le condizioni interne solamente con i sistemi di climatizzazione, senza mitigare le condizioni interne con tecniche di ventilazione naturale.

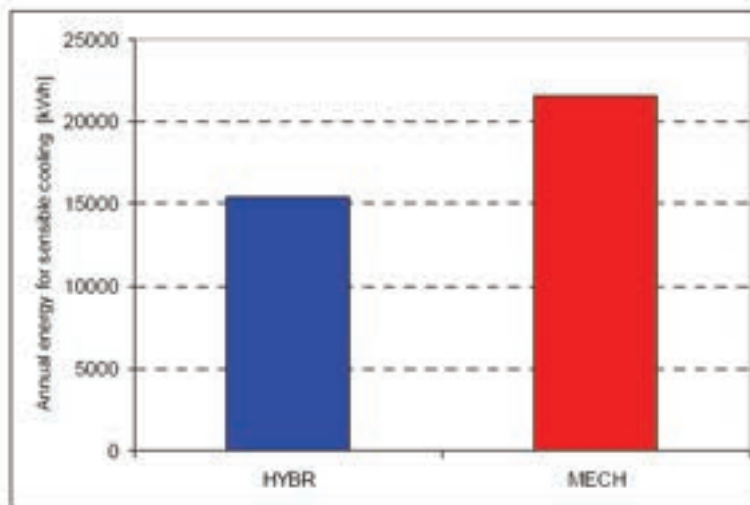


Figura 1: Risparmio energetico con ventilazione ibrida per il raffrescamento di una casa di cura di 3750 m³

L'illuminazione degli ambienti, specialmente quelli ad uso ufficio, rappresenta circa un terzo del fabbisogno globale di un edificio. L'ottimizzazione dell'illuminazione naturale, connessa all'impiego di sistemi di gestione della luce artificiale, consente una notevole riduzione dei costi, fino al 30%. Se, da un lato, un'ampia disponibilità di illuminazione naturale determina una riduzione dei costi di energia elettrica per l'illuminazione artificiale, dall'altro può causare un incremento dei costi di raffrescamento. La radiazione solare, se non opportunamente controllata, è responsabile degli elevati costi di raffrescamento di un edificio, dal momento che rappresenta un elevato carico termico da smaltire. Pertanto è necessario prevedere opportuni sistemi di schermatura solare, a seconda dell'orientamento del fabbricato, delle caratteristiche e della latitudine del sito in cui si trova e delle condizioni meteorologiche più frequenti. Un altro settore importante al fine dei risparmi energetici per illuminazione artificiale è la domotica, che offre notevoli

possibilità rivolte al contenimento dei consumi energetici: i sistemi BMS (Building Management System) dimostrano notevoli vantaggi in termini di gestione dell'illuminazione artificiale e delle schermature solari. A valle degli studi condotti, le valutazioni energetiche verranno opportunamente tradotte in valutazioni exergetiche.

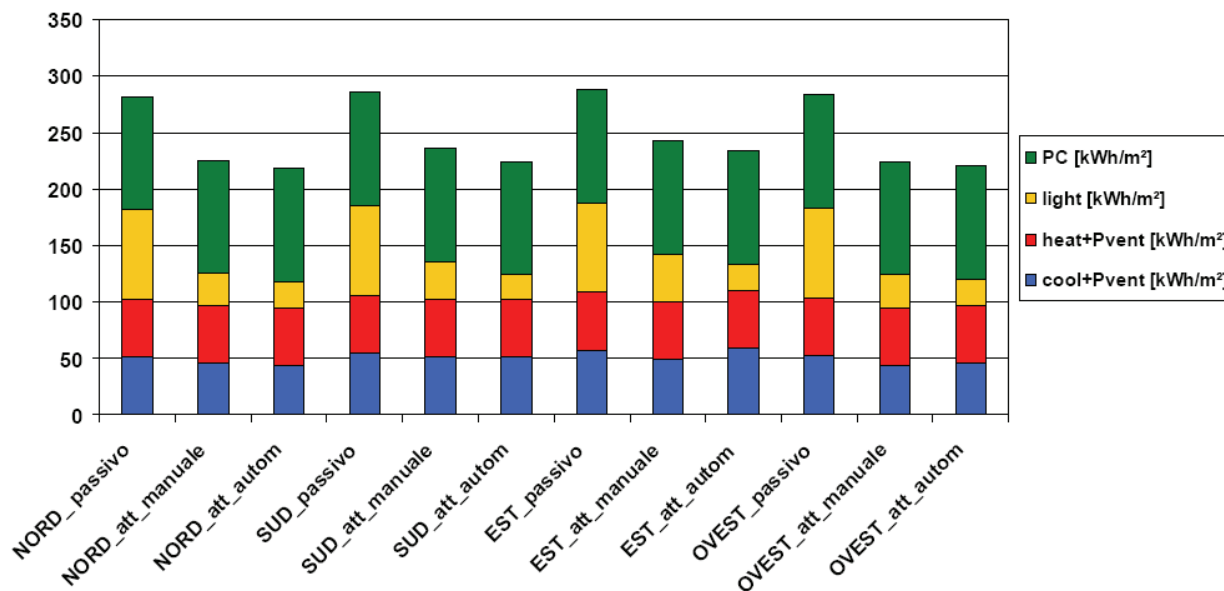


Figura 2: Consumi di energia primaria annuali per un ufficio con e senza sistemi BMS

Prodotti della ricerca:

- De Carli M., De Giuli V. (2007), Edifici vetrati a basso consumo energetico? Murature oggi, vol. 96, pp. 6-15.
- De Carli M., De Giuli V., Di Bella A., Papparotto A. (2007), Analisi di risparmio energetico conseguibile con sistemi di building automation, CDA Condizionamento dell'aria riscaldamento refrigerazione, vol. 5, pp. 22-27, ISSN 0373-7772.
- De Carli M., De Giuli V., Zecchin R. (2008), Review on Visual Comfort in Office Buildings and Influence of Daylight in Productivity, in Indoor Air 2008, Indoor Air 2008 - Copenhagen, 17-22 August (DENMARK).
- Villi G., De Carli M., Ballestini G. (2008), Application of the hybrid ventilation concepts to a real building: a hospice sited in the North East region of Italy, in Indoor Air 2008, Indoor Air 2008 – Copenhagen, 17-22 August (DENMARK).

2.2 Deliverable 3.1 “Report/Compendium of the mathematical models for exergy-based design and performance analysis: Simplified: Excel-based” – Politecnico di Milano

La ricerca si è basata sull'applicazione in parallelo di un'analisi energetica ed exergetica stazionarie a diversi sistemi di riscaldamento e condizionamento ambientali, allo scopo di evidenziare l'uso più razionale dell'energia per la climatizzazione nel contesto italiano. La metodologia adottata è consistita nell'analisi delle possibili catene energetiche, dalla conversione di energia primaria al sistema, e nel calcolo di un'efficienza energetica ed exergetica per ciascun livello e quindi complessivamente. L'analisi exergetica si è basata sull'adozione di una temperatura di riferimento stagionale e locale, pari al valore di progetto per il dimensionamento degli impianti. Lo studio ha considerato due climi, rappresentativi del Nord (Milano) e del Sud (Palermo), evidenziando la sostanziale indipendenza dal contesto climatico delle opzioni rivelatesi migliori e di quelle risultate peggiori. Per quanto riguarda le diverse opzioni di riscaldamento, l'analisi ha mostrato che le soluzioni exergeticamente più efficienti sono quelle basate sull'impiego di calore di recupero o proveniente da cogenerazione, seguite dalle pompe di calore a terreno accoppiate ad una generazione

elettrica da cicli combinati. I sistemi solari sono risultati in generale poco efficienti, a causa del grande scarto tra la qualità dell'energia solare e la qualità della domanda di energia per la climatizzazione. L'efficienza exergetica dei sistemi di climatizzazione estiva è risultata tipicamente più bassa rispetto ai sistemi di riscaldamento, a causa del ridotto salto termico fra la temperatura di riferimento esterna e la temperatura di progetto interna. I sistemi di raffrescamento a maggiore efficienza exergetica sono risultati gli impianti ad assorbimento alimentati con calore di recupero, seguiti dagli impianti a scambio termico diretto con il terreno, accoppiati ai cicli combinati.

Il lavoro svolto ha consentito anche di mettere in evidenza le tecnologie più promettenti (più efficienti e/o con un maggiore margine di miglioramento di efficienza) per il soddisfacimento della domanda di riscaldamento e raffreddamento degli edifici e le differenze di prestazione in funzione delle peculiarità climatiche.

La seguente tabella riporta la comparazione tra le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Milano (ϵ_1 = efficienza exergetica della generazione; η_1 = efficienza energetica della generazione; ϵ_2 = efficienza exergetica del sistema di riscaldamento; η_2 efficienza energetica del sistema di riscaldamento; ϵ = efficienza exergetica complessiva – prodotto delle due precedenti - ; η = efficienza energetica complessiva – prodotto delle due precedenti -).

source	generation	η_1	ϵ_1	system	η_2	ϵ_2	η	ϵ
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	district heating	0.9	0.319	0.90	0.319
RE equivalent	small size cogeneration	3.30	0.79	district heating	0.9	0.319	2.97	0.253
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	ground source heat pump	4.5	0.318	2.48	0.175
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-air heat pump	2.82	0.240	1.55	0.132
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	ground source heat pump	4.5	0.318	1.62	0.114
RE equivalent	large size cogeneration	1.31	0.32	district heating	0.9	0.319	1.18	0.100
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-air heat pump	2.82	0.240	1.01	0.086
fossil	√			condensing gas boiler + radiant panels	1.05	0.085	1.05	0.085
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-water heat pump	1.79	0.153	0.98	0.084
fossil	√			condensing gas boiler + radiator	0.98	0.075	0.98	0.075
fossil	√			gas boiler + radiator	0.86	0.067	0.86	0.067
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-water heat pump	1.79	0.153	0.64	0.055
RE	photovoltaic	0.15	0.16	ground source heat pump	4.5	0.318	0.68	0.050
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-air heat pump	2.82	0.240	0.42	0.038
fossil+RE	√			solar collectors+condens. gas boiler+radiant panels	0.38	0.033	0.38	0.033
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-water heat pump	1.79	0.153	0.27	0.024

Tab. 1: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Milano (valori assoluti)

La seguente tabella riporta la comparazione tra le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Palermo.

<i>source</i>	<i>generation</i>	η_1	ϵ_1	<i>system</i>	η_2	ϵ_2	η	ϵ
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	district heating	0.9	0.217	0.90	0.217
RE equivalent	small size cogeneration	3.30	0.70	district heating	0.9	0.217	2.97	0.152
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	ground source heat pump	4.5	0.197	2.48	0.108
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-air heat pump	3.35	0.172	1.84	0.094
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	ground source heat pump	4.5	0.197	1.62	0.071
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-water heat pump	2.51	0.128	1.38	0.071
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-air heat pump	3.35	0.172	1.21	0.062
fossil	large size cogeneration	1.31	0.28	district heating	0.9	0.217	1.18	0.060
fossil	√			condensing gas boiler + radiant panels	1.05	0.051	1.05	0.051
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-water heat pump	2.51	0.128	0.90	0.046
fossil	√			condensing gas boiler + radiator	0.98	0.045	0.98	0.045
fossil	√			gas boiler + radiator	0.86	0.040	0.86	0.040
RE	photovoltaic	0.15	0.16	ground source heat pump	4.5	0.197	0.68	0.031
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-air heat pump	3.35	0.172	0.50	0.027
fossil+RE	√			solar collectors+condens. gas boiler+radiant panels	0.49	0.026	0.49	0.026
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-water heat pump	2.51	0.128	0.38	0.020

Tab. 2: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Palermo (valori assoluti)

La seguente tabella riporta la comparazione tra le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di climatizzazione estiva per i climi di Milano e Palermo (analisi congruenti per i due climi, a causa delle stesse temperature di design, nel caso dell'analisi stazionaria).

<i>source</i>	<i>generation</i>	η_1	ϵ_1	<i>system</i>	η_2	ϵ_2	η	ϵ
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	single stage absorption chiller	0.7	0.103	0.7	0.103
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	double stage absorption chiller	1.1	0.079	1.1	0.079
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	direct ground cooling	10	0.123	5.50	0.068
RE equivalent	small size cogeneration	3.30	0.45	single stage absorption chiller	0.7	0.103	2.31	0.046
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	direct ground cooling	10	0.123	3.60	0.044
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	ground source heat pump	4.5	0.072	2.48	0.040
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-air heat pump	3.46	0.069	1.90	0.038
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-water heat pump	3.25	0.065	1.79	0.036
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	ground source heat pump	4.5	0.072	1.62	0.026
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-air heat pump	3.46	0.069	1.25	0.025
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-water heat pump	3.25	0.065	1.17	0.023
RE	photovoltaic	0.15	0.16	direct ground cooling	10	0.123	1.50	0.019
fossil	large size cogeneration	1.31	0.18	single stage absorption chiller	0.7	0.103	0.92	0.018
RE	photovoltaic	0.15	0.16	ground source heat pump	4.5	0.072	0.68	0.011
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-air heat pump	3.46	0.069	0.52	0.011
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-water heat pump	3.25	0.065	0.49	0.010
RE	Solar collector	0.40	0.06	single stage absorption chiller	0.7	0.103	0.28	0.006

Tab. 3: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di raffreddamento (valori assoluti)

Per informazioni più dettagliate si rimanda al prodotto della ricerca:

- Angelotti, P. Caputo, *Energy and Exergy Analysis of Heating and Cooling Systems in the Italian Context*, Proceedings of CLIMAMED 2007, Genova 5-7 Sept. 2007, pag. 843-854.

2.3 Deliverable A.3.2 “Report/Compendium of the mathematical models for exergy-based design and performance analysis: Dynamic analysis” – Politecnico di Milano

La valutazione delle prestazioni energetiche ed exergetiche dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento ha avuto come seguito uno studio corredato da simulazioni in regime dinamico finalizzate al confronto di due tipi di sistemi di riscaldamento (caldaia a condensazione e pompa di calore) e raffrescamento (scambio termico diretto con il terreno e pompa di calore).

A tal fine è stato creato un modello di unità abitativa con il codice *TRNSYS* (versione 16.00.0038), facendo riferimento a due situazioni climatiche rappresentative del territorio italiano (file climatici *Meteonorm* presenti nella libreria meteo del suddetto codice, per Milano e Palermo) e collegando al modello di edificio i due sistemi impiantistici menzionati. A partire dai risultati delle simulazioni, sono stati ricavati i valori di efficienza energetica dei due sistemi, l'exergia richiesta dall'edificio, l'exergia consumata dagli impianti e la conseguente efficienza exergetica.

I risultati così ottenuti sono stati poi messi a confronto con quelli ricavati in regime stazionario. Sono stati considerati due tipi di valutazioni exergetiche stazionarie, ovvero basate su una temperatura di riferimento di progetto oppure su una temperatura di riferimento media mensile. Le differenze maggiori (fino al 42 %) si sono riscontrate tra valori dinamici da un lato e valori stazionari basati sulla temperatura di progetto dall'altro. L'impiego invece di una temperatura di riferimento media mensile per la valutazione stazionaria porta a minime differenze rispetto alla valutazione dinamica. Tuttavia, nei contesti analizzati nei mesi estivi la temperatura esterna media è risultata inferiore alla temperatura di progetto interna (26°C), rendendo privo di significato un approccio stazionario basato sulla media mensile.

In generale, infine, le differenze stazionario-dinamico sono risultate più significative per i sistemi di raffrescamento rispetto a quelli di riscaldamento e per il clima di Palermo rispetto a quello di Milano, ovvero quanto più variabile è il fattore di Carnot che determina la qualità della domanda energetica.

La seguente tabella riporta i valori di efficienza exergetica, espressi in percentuale, relativi alla comparazione tra i due sistemi di *heating* e *cooling* considerati (*reference system*: pompa di calore in grado di produrre caldo in inverno e freddo in estate; *alternative system*: caldaia a condensazione per produrre caldo in inverno e scambio diretto con il terreno per produrre freddo in estate) per i climi di Milano e Palermo. I valori sono stati aggregati e riportati per i due mesi estremi (gennaio e luglio).

	January		July	
	Milano	Palerm.	Milano	Palerm.
Stea_S, design, reference Sys.	18.4	13.8	5.2	5.2
Stea_S, design, alternative Sys.	7.9	5.1	20.1	20.1
Stea_S, month., reference Sys.	15.7	9.2	-	-
Stea_S, month., alternative Sys.	6.1	2.9	-	-
Dynam. month., reference Sys.	15.7	9.1	3.6	2.2
Dynam. month., alternative Sys.	6.2	3.3	11.7	7.7

Tab. 4: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di raffrescamento (valori percentuali)

Al momento, è in corso un approfondimento delle valutazioni in regime dinamico finalizzato ad una rappresentazione delle prestazioni energetiche di impianto più vicina al comportamento reale e

eventualmente all'integrazione dell'intera catena di generazione, distribuzione, stoccaggio ed emissione energetica.

In particolare, è in corso di revisione un contributo inviato al 1st International Exergy, Life Cycle Assessment, and Sustainability Workshop and Symposium (ELCAS), dal titolo: *Dynamic exergy analysis of an air source heat pump*. In tale contributo vengono riportati i risultati di valutazioni dinamiche delle prestazioni energetiche ed exergetiche di una pompa di calore ad aria per fornire *heating* e *cooling* ad un'unità residenziale tipo posta nei soliti due climi rappresentativi del contesto italiano (Nord: Milano; Sud: Palermo).

Le analisi complete sono riportate nei prodotti della ricerca:

- **A. Angelotti e P. Caputo, The exergy approach for the evaluation of heating and cooling technologies; first results comparing steady state and dynamic simulations, Proceedings of Palenc 2007, Heraklion, 26-30 Sept. 2007, Crete, pag. 59-64.**
- **A. Angelotti e P. Caputo and G. Solaini, Dynamic exergy analysis of an air source heat pump, in corso di pubblicazione.**

2.4 Deliverable A.7 “Definition of LowEx Systems” e Deliverable A.8 “Pre-normative proposals” – Università di Venezia

L'unità di Ricerca di Venezia ha inoltre elaborato una serie di studi al fine di valutare la prestazione energetica degli edifici soprattutto in relazione alla valutazione dell'indice di prestazione energetica invernale così come richiesto dai Decreti Legislativi 192/2005 e 311/2006.

In collaborazione con l'Università degli Studi di Padova è stato messo a punto un foglio di calcolo per la determinazione del Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento invernale e la Produzione di Acqua calda. Il foglio di calcolo consente verificare in tempi rapidi le prescrizioni dei Decreti sopra menzionati e la possibilità di ottimizzare dispersioni di involucro e degli impianti.

In seno a tale studi si colloca l'attività relativa all'*Annex 49*, finalizzata ad una nuova definizione delle tipologie e delle caratteristiche di edifici a bassa exergia e alla messa a punto di un foglio di calcolo semplificato in *Excel* che, riprendendo la normativa CEN recentemente approvata, riporti le valutazioni energetiche traducendole in exergia.

Le attività svolte sono riportate nei seguenti prodotti della ricerca:

- **sommario delle attività svolte**
[IUAV-subtaskA](#)
- **memorie:**
[Il calcolo della prestazione energetica degli edifici: confronto tra i software per la certificazione](#)
[Valutazione delle prestazioni di elementi di involucro in pannello multistrato in legno](#)
[Prestazioni termiche di elementi di involucro realizzati in pannelli di legno multistrato](#)
- **strumenti:**
[foglio di calcolo edifici.xls](#)
[foglio di calcolo edifici esempio.xls](#)
[Manuale software.doc](#)

3 Subtask B: Exergy efficient community supply systems

3.1 Deliverable 3.1 “Review article on the use of RE from the exergetic point of view”- Politecnico di Milano

E' stato effettuato un lavoro di rassegna sull'applicazione dell'analisi exergetica ai sistemi di climatizzazione alimentati da fonti rinnovabili, con lo scopo di evidenziare lo stato dell'arte e promuovere ulteriori studi nel campo. Oggetto dello studio sono stati da un lato gli aspetti metodologici, dall'altro la comparazione dei risultati ottenuti dai diversi autori relativamente ai seguenti impianti: pannelli solari termici e ibridi, pompe di calore elioassistite e a terreno, caldaie a biomasse, sistemi di raffrescamento evaporativo, sistemi di raffrescamento solare ad assorbimento e dessiccante. Dal punto di vista metodologico, sono state evidenziate le specificità dell'applicazione dell'analisi exergetica ai sistemi di climatizzazione (ad esempio la sensitività dei risultati alla scelta dello stato morto) ed alle fonti rinnovabili (ad esempio la sensitività dei risultati relativi ai sistemi solari al confine di analisi). Lo studio ha mostrato l'esistenza di approcci diversi fra loro, concernenti in particolare la definizione dello stato di riferimento, l'adozione di un metodo stazionario o dinamico, la definizione di efficienza exergetica, la scelta del livello di analisi (componente, sistema, conversione energia primaria). Si è rimarcato come tale diversità di approccio renda spesso non confrontabili tra loro i risultati di analisi effettuate sullo stesso tipo di sistema. A titolo di esempio delle comparazioni effettuate, in Tabella 5 è riportato un confronto relativo alle assunzioni e ai risultati di analisi exergetiche di impianti con pompa di calore a terreno (GSHP) effettuate da diversi autori, ed in Tabella 6 un analogo confronto relativo a sistemi ad assorbimento.

System description	Location	$T_{outdoor}$ (°C)	T_{room} (°C)	T_g (°C)	T_0 (°C)	Overall ODP	Ψ_{solar}	Ψ_{tot}	Boundary	Irreversibility list	Ref.
GSHP vertical GHEs (50 m long U pipe) fan coils	Izmir, Turkey	8.14	19.8	12.99	25	1.65*	–	2.9%	Indoor air	1. Motor-compressor 2. Condenser 3. Expansion valve 4. Evaporator 5. Fan coil 6. GHEs	[74]
GSHP horizontal GHEs (1 m depth) fan coils	Izmir, Turkey	0	–	15	1 ^b	2.72	83.2%	80.7%	Fan coil	1. Fan coil 2. Evaporator 3. Condenser 4. Compressor 5. Expansion valve 6. GHEs	[67]
GSHP horizontal GHEs (1 m depth)	Izmir, Turkey	1	–	–	1	2.5	62.9%	53.1%	Condenser fan	1. Condenser fan 2. Evaporator 3. Condenser 4. Compressor 5. Capillary tube 6. GHEs	[38]
GSHP horizontal GHEs (2 m depth)	Izmir, Turkey	1	–	–	1	2.8	65.4%	56.3%	Condenser fan	1. Condenser fan 2. Evaporator 3. Condenser 4. Compressor 5. Capillary tube 6. GHEs	[38]

* Calculated by the authors on the basis of the data in Ref. [74].

^b Design heating temperature for Izmir [67].

Tab. 5 Confronto tra i parametri adottati ed i risultati ottenuti con analisi exergetiche effettuate per sistemi GSHP da diversi autori [Torio et al. 2009]

Lo studio della letteratura ha inoltre evidenziato la difficoltà di sintesi dei risultati dell'analisi energetica da un lato e di quella exergetica dall'altro e sottolineato come questo possa rappresentare un limite alla diffusione della metodologia exergetica. Infine è stato rilevato come i sistemi alimentati da fonti rinnovabili non siano necessariamente a basso consumo exergetico, e si è quindi evidenziata la necessità di chiarire se debba essere considerato un obiettivo prioritario il risparmio di combustibili fossili oppure il risparmio di exergia.

System description	T_0 (°C)	T_{ges} (°C)	T_{evap}	T_{cond}	COP	Ψ_{single}	Irreversibility list and magnitude	Ref.
LiBr (absorption)	25	100	10	27	0.8	0.16	Absorber (62%) Generator (14%) Solution heat exchanger (11%) Condenser (7%) Evaporator (6%)	[83] ^a
LiBr (absorption)	27	40–100	2–10	34–40	–	0.55–0.65	Generator (32–43%) Absorber (25–33%) Condenser (16–24%) Evaporator (10–15%) Solution heat exchanger (2.5–6.5%) Throttling valve (0.5–1.4%)	[85]
NH ₃ (absorption)	–	–	–	–	–	–	Absorber (34%) Generator (22%) Solution heat exchanger (21%) Condenser (16%) Evaporator (7%)	[84] ^b
NH ₃ (absorption)	20	140	–10	20	–	–	Absorber (40%) Generator (39%) Condenser (16%) Throttling valve (3%) Evaporator (1.1%)	[33] ^c

^a Exergy input from cooling tower of the absorption cycle is not included in the single exergy efficiency of the absorption cycle.

^b Irreversibilities in the throttling valve were disregarded.

^c Solution heat exchanger is not included in the thermodynamic cycle.

Tab. 6 Confronto tra i parametri adottati ed i risultati ottenuti con analisi exergetiche per sistemi ad assorbimento da diversi autori [Torio et al. 2009]

Per la trattazione completa, si rimanda al prodotto della ricerca:

- H. Torio, A. Angelotti, D. Schmidt, Exergy analysis of renewable energy-based climatisation systems for buildings: A critical view, *Energy and Buildings* 41 (2009) 248-271 (ENB_41_3_2009), [di cui si riporta una sintesi](#).

3.2 Deliverable B.3.1 “Tools for comparing/evaluating/choosing different energy supply systems (community level)” – Politecnico di Milano

L’elevato livello di complessità che caratterizza la scala della *community* rende la fase di scelta/creazione di un modello per la valutazione exergetica particolarmente delicata. Per tale motivo, una volta delineate le finalità e le caratteristiche principali del modello, gli output desiderati e gli input necessari, si è proceduto all’analisi di quanto già disponibile all’interno della comunità scientifica. Sulla base della rassegna condotta, non è stato possibile reperire modelli esistenti e già collaudati utili allo scopo. Pertanto, si è proceduto ad una rassegna dei modelli per la valutazione energetica alla scala di *community*, finalizzata alla selezione di un modello sufficientemente semplice, affidabile e aperto, tale da poter essere modificato per l’integrazione della valutazione energetica. [La rassegna è brevemente riportata, tramite schede relative a ciascun modello.](#)

Si prevede che la fase di elaborazione di un modello energetico a scala di *community* subirà una forte accelerazione nel prossimo periodo. Al momento, sembrano possibili tre opzioni:

- fare riferimento al codice *TRNSYS*, assegnando le domande di energia della *community* come input, implementando i diversi componenti per la generazione, distribuzione, stoccaggio ed emissione energetica, ed inserendo le equazioni per il calcolo dei flussi di energia del sistema e le relative prestazioni;
- fare riferimento al codice *Homer* - <http://www.nrel.gov/homer> -, implementando anche le equazioni per il calcolo dei flussi di energia del sistema e le relative prestazioni. A tal proposito, vi sono stati già alcuni positivi contatti con gli sviluppatori del software;

- C. utilizzare il codice semplificato ‘*cascadia-neighbourhoods.xls*’ elaborato dal *Sustainable Buildings & Communities & Natural Resources of Canada*. In particolare, si prevede a breve una fase di test di tale strumento, partendo da applicazioni ai casi di studio considerati (i.e. Parma).

3.3 Deliverable 3.3 “Collection of best practice example for new and retrofit forms of technology for community structures” – Politecnico di Milano

Tra gli *output* dell’*annex* vi è anche la catalogazione di casi di studio con buone prestazioni energetiche ed exergetiche. Alla scala *community*, il gruppo italiano ha presentato, in particolare, i seguenti due esempi, relativi a due lavori di ricerca in corso: la pianificazione energetica basata totalmente su fonti rinnovabili e sistemi a bassa exergia di una città da realizzarsi; l’ottimizzazione del sistema energetico della città di Parma.

3.3.1 Huai Rou New Town

Tale caso riguarda il progetto per lo sviluppo di una città di circa 80000 abitanti a Nord di Pechino. Il caso è stato ritenuto esemplare perché la progettazione preliminare è stata condotta sulla base dei seguenti criteri:

- pacchetti di involucro degli edifici compatibili con il clima presente e la destinazione degli edifici e utili alla realizzazione di edifici ad alta efficienza energetica
- apparecchiature elettriche altamente efficienti
- morfologia edilizia ed urbana utile al massimo sfruttamento del potenziale solare
- utilizzo di soli fonti rinnovabili localmente presenti come risorse energetiche (con modellizzazione supportata anche dal codice *Homer* già citato)
- impiego di dispositivi di impianto a bassa energia all’interno degli edifici (come già definito nell’ambito dell’Annex 37) e di tecnologie a bassa exergia per la gestione dei flussi energetici urbani (co/tri-generazione, sfruttamento dei cascami ecc)
- integrazione di verde e acqua non solo a scopo estetico, ma anche per mitigare le condizioni climatiche estreme
- particolare attenzione alle modalità di trasporto e all’accessibilità dei principali servizi.

La tabella successiva riporta il contributo delle diverse risorse rinnovabili considerate nella copertura della domanda di energia nei diversi usi finali.

Sources/demands	Electricity	Heating	Cooling	Domestic hot water	Fuels (*)
Biomass	x	x	x	x	x
Waste (2)	x	x	x	x	
Sludge from waste water (2)	x	x	x	x	x
Solar radiation	x			x	
Wind (1)	?				
Hydro	x				

(1) To be investigated in the future.

(2) Treated in a CHP plant; cooling is provided both by compression chillers (electricity) and by absorption chillers (heat).

(*) For cooking and transportation

Tab. 5: approvvigionamento energetico basato su fonti rinnovabili per la città di Huai Rou

La figura successiva riporta un esempio dell’impiego del codice *Homer* per la valutazione della generazione/cogenerazione di energia a servizio della domanda della città.

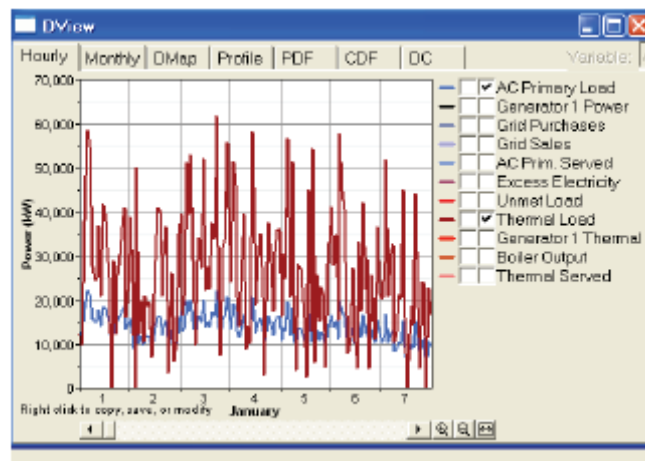


Figura 3: Profilo orario della domanda termica ed elettrica per il mese di gennaio

Come prodotto della ricerca vengono citati i contributi:

- **F. Butera and P. Caputo, *Towards sustainable cities, the built environment energy plan of Huai Rou New Town*, presentato alla conferenza Eurosolar 2008 – Sun and Sense di Berlino.**
- **F. Butera and P. Caputo, *Planning eco-cities, the case of Huai Rou New Town*, presentato alla conferenza Solar Cities 2008 di Adelaide.**

Essendo note le caratteristiche quali-quantitative di progetto dei diversi flussi di energia della città, la valutazione exergetica del presente caso di studio potrebbe essere messa a punto a valle della definizione ed implementazione di un modello utile allo scopo (deliverable A.4.3.1: Development of dynamic analysis tools/community level).

3.3.2 Parma 2020

Il caso della città di Parma è stato ritenuto esemplare innanzitutto perché si tratta di una città esistente, di dimensioni medie e con caratteristiche interessanti a livello di parco edilizio e gestione dei servizi energetico-ambientali. Parma è quindi una città rappresentativa delle condizioni urbane del Nord Italia.

Come input dello studio possono essere menzionati: il piano energetico comunale del 2006 e i dati di distribuzione dell'energia forniti da ENIA, la società che gestisce l'approvvigionamento di acqua, elettricità, gas e teleriscaldamento a Parma. Come output dello studio, delle linee di azione utili a rendere Parma una città rispondente agli obiettivi europei previsti per l'anno 2020 e, molto ambiziosamente, una città con un approvvigionamento energetico basato esclusivamente su fonti rinnovabili nell'anno 2050 – (introduzione riportata negli allegati [ParmaTEMP e newsletter_no4](#)).

In seno a tale studio, è in corso la messa a punto di una metodologia innovativa di analisi energetica finalizzata a:

- definire delle linee guida per l'efficienza energetica negli edifici
- definire i criteri per la scelta di edifici campione rappresentativi del patrimonio edilizio esistente utile a caratterizzare il medesimo
- analizzare a livello qualitativo e quantitativo i flussi di energia degli edifici e mappare tali informazioni in maniera aggiornabile mediante supporto GIS
- prevedere gli sviluppi futuri del parco edilizio e fornire delle linee guida utili ad una progettazione energeticamente efficiente in termini di soluzioni tecnologiche di involucro e di impianto e di accorpamento di differenti destinazioni d'uso
- approfondire le caratteristiche attualmente presenti e testare gli effetti delle diverse combinazioni di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche
- definire le azioni più convenienti dal punto di vista economico, ambientale e sociale per il miglioramento dell'efficienza energetica globale della città

- mappare gli interventi suggeriti mediante supporto GIS e confrontare i diversi scenari perseguibili evidenziandone le prestazioni energetiche, ambientali e, se possibile, exergetiche e i relativi miglioramenti incrementali rispetto alla situazione attuale.

La metodologia brevemente riassunta nell'allegato **PR_Proced** - potrà essere testata sul caso di Parma, eventualmente corretta e ricalibrata e successivamente trasferita e replicata ad altri casi.

Essendo note le caratteristiche quali-quantitative di progetto dei diversi flussi di energia della città, la valutazione exergetica del presente caso di studio potrebbe essere messa a punto a valle della definizione ed implementazione di un modello utile allo scopo (*deliverable A.4.3.1: Development of dynamic analysis tools/community level*). Come già anticipato, si prevede di analizzare il caso di Parma mediante lo strumento 'cascadia-neighbourhoods.xls' elaborato dal *Sustainable Buildings & Communities & Natural Resources of Canada*.

4 Subtask C: Exergy efficient building technologies

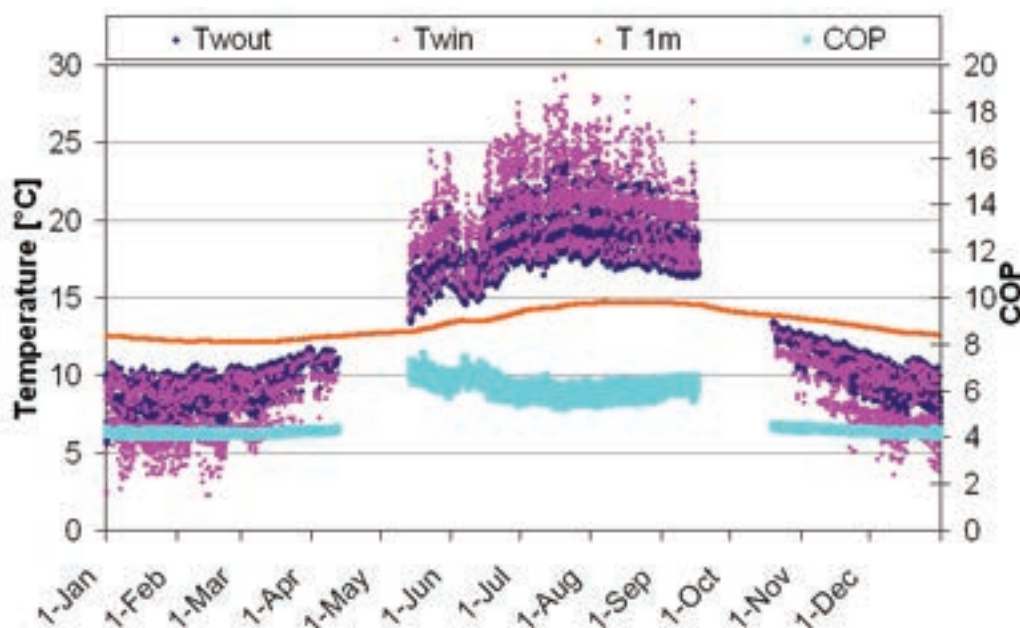
4.1 Deliverable C.1 "Innovative types of technology for low exergy heating and cooling"- Università di Padova

La tecnologia più interessante per l'utilizzo di sistemi a bassa exergia per il riscaldamento e raffrescamento degli edifici è costituita dalla geotermia accoppiata a sistemi a bassa differenza di temperatura (Ground Source Heat Pump, GSHP).

L'adottabilità delle pompe di calore è essenzialmente funzione della temperatura dell'acqua calda richiesta dall'utenza, che può essere:

- a bassa temperatura (fino a 35°C);
- a medio-bassa temperatura (35°C-50°C);
- a medio-alta temperatura (50°C-65°C)
- ad alta temperatura (oltre 65°C)

Le pompe di calore accoppiate al terreno funzionano tanto meglio quanto più sono vicine tra loro le temperature della sorgente fredda (terreno nel periodo di riscaldamento) e di distribuzione del calore nell'edificio. Questo porta a privilegiare gli impianti a bassa temperatura durante la stagione invernale e ad alta temperatura durante la stagione estiva. Se durante il periodo estivo è richiesto anche il controllo dell'umidità ambiente, la temperatura di produzione dell'acqua refrigerata non può essere elevata (16°C) ma deve restare su valori tradizionali (7°C).

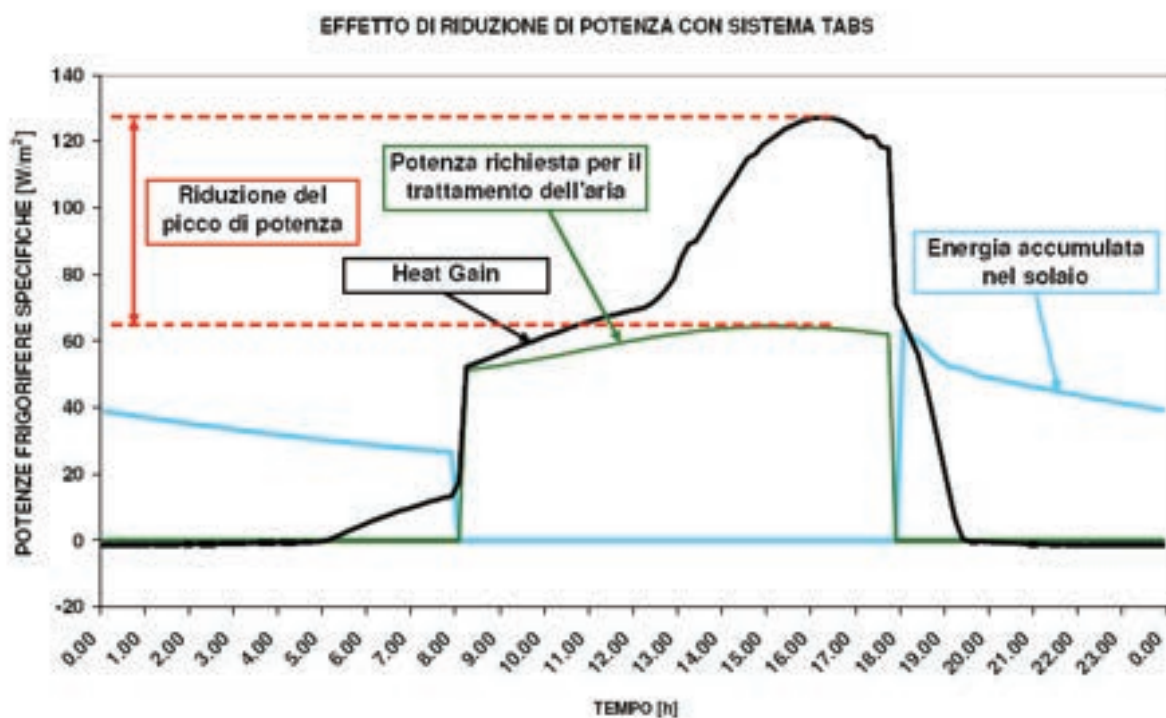


Esempio di temperature con una pompa di calore geotermica e COP conseguibili in un anno tipo

I terminali d'impianto che meglio si adattano alle pompe di calore geotermiche sono i sistemi radianti, i ventilconvettori e le travi attive; in alcuni casi si può adottare lo scambio diretto con l'aria inviata agli ambienti.

I sistemi radianti hanno come punto di forza la temperatura di alimentazione prossima a quella ambiente, grazie alle ampie superfici che li caratterizzano. Questo tipo di terminali è caratterizzato da una certa inerzia termica, che per molto tempo si è cercato di ridurre, diminuendo il più possibile la massa coinvolta nello scambio di calore, al fine di rendere quanto più rapida possibile la risposta alla richiesta dei carichi interni. Una nuova tendenza, particolarmente promettente per l'accoppiamento alle pompe di calore geotermiche, è invece quella di incrementare il più possibile la massa dell'impianto radiante. Questi sistemi sono conosciuti con i termini di *Thermo-Active Building System (TABS)*, o solai termoattivi, e sono caratterizzati dal fatto che l'intero solaio è coinvolto nello scambio termico. L'adozione di questa tipologia d'impianto permette di

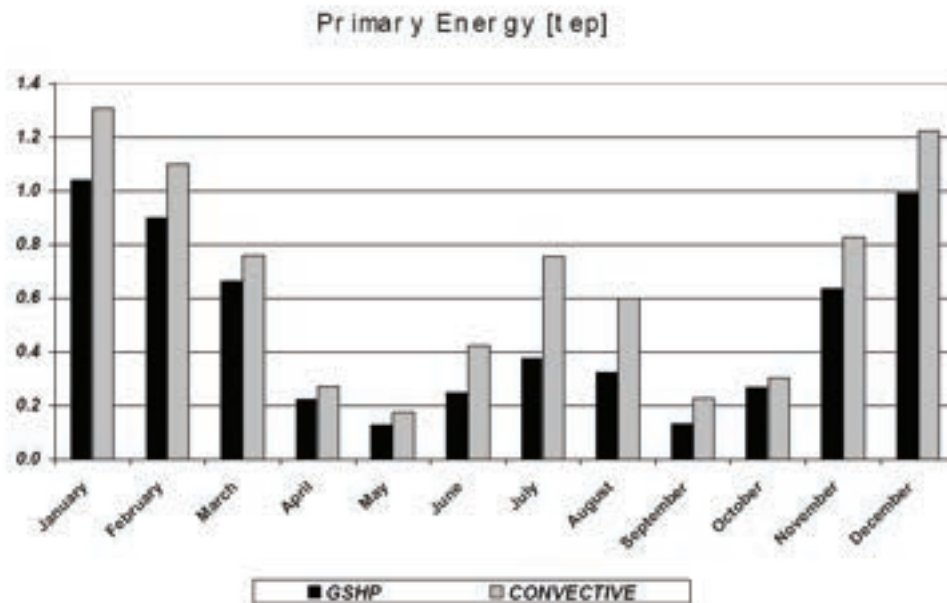
adottare diverse strategie di funzionamento consentendo bassi costi di esercizio rispetto agli impianti tradizionali: tra le varie strategie possibili è importante sottolineare quella che consente l'accumulo termico notturno, rendendo possibile l'utilizzo della potenza termica durante il giorno per il solo trattamento dell'aria primaria, evitando in tal modo la sovrapposizione dei fabbisogni. Si può facilmente intuire che una simile soluzione consente di ridurre considerevolmente la potenza nominale installata (generalmente del 20%-30%) abbassando sia i costi di installazione sia quelli di esercizio, consentendo di conseguenza tempi di ritorno del capitale investito relativamente brevi. L'effetto di *peak-shaving* si ottiene senza sistemi di accumulo aggiuntivi, ma sfruttando esclusivamente la massa del solaio termicamente attivo. Il costo del sistema TABS è pari o inferiore a quello di un usuale sistema a pannelli radianti, dal momento che si utilizzano componenti che già fanno parte dell'edificio. Il picco di carico per questa tipologia di impianto è di 50 W/m^2 in regime di raffrescamento.



Principio di funzionamento di un solaio termoattivo

In generale si può dire che le pompe di calore accoppiate al terreno abbinate a terminali di impianto a bassa differenza di temperatura possono conseguire riduzioni, in termini di energia primaria, pari al 30% rispetto a soluzioni convenzionali.

Anche in questo caso, seguirà una valutazione delle prestazioni dei sistemi citati dal punto di vista exergetico.



Confronto tra un sistema tradizionale e un sistema TABS+GSHP per un edificio del terziario

Prodotti della ricerca:

- De Carli M., Mantovan M, Prendin L, Zarrella A, Zecchin R, Zerbetto A. (2007). Pompe di calore geotermiche - Codice di calcolo e valutazione comparativa. CDA Condizionamento dell'aria riscaldamento refrigerazione. vol. 3, pp. 30-36 ISSN: 0373-7772.
- De Carli M., Roncato N, Zarrella A, Zecchin R. (2007). Energia dal terreno. In: Energie rinnovabili: tecniche e potenzialità. Convegno AiCARR. Padova. 21 giugno 2007. (pp. 271-306). ISBN/ISSN: 978-88-95620-00-8. MILANO: AiCARR.
- De Carli M., Zarrella A., Tonon M., Zecchin R. (2008). Comparison between simplified and detailed models for vertical ground-coupled heat exchangers, 14th Building Services, Mechanical and Building Industry days, Debrecen (Ungheria) 30-31 ottobre 2008.
- De Carli M., Scarpa M, Koschenz M, Olesen B. W. (2008). Valutazione delle prestazioni termiche di sistemi con solai termoattivi in regime non stazionario. Congresso AiCARR 2008 "I sistemi di climatizzazione per un nuovo equilibrio tra uomo e ambiente". Milano. 12-13 Marzo 2008. (pp. 761-776). ISBN/ISSN: 9788895620046. Milano: AiCARR).

4.2 Deliverable C.2 "Innovative control concepts and strategies for a demand controlled exergy supply"- Università di Padova

Negli edifici di nuova costruzione l'isolamento termico richiesto dai recenti decreti legislativi in materia di risparmio energetico porta ad elevati valori della costante di tempo (prodotto tra la capacità termica dell'edificio e la resistenza termica dell'involucro). Pertanto la differenza tra funzionamento intermittente e continuo non comporta differenze sostanziali nel fabbisogno energetico netto degli edifici (ventilazione e involucro).

La cosa interessante è che il principio della continuità di funzionamento degli impianti può essere esteso a edifici esistenti, anche con carente isolamento termico, visto che gli impianti termici possono lavorare a più bassa temperatura (e quindi a inferiore livello exergetico) qualora funzionino su un periodo di tempo maggiore. Tale tema, contestualizzato negli obiettivi dell'annex 49, risulta pertinente sia alla deliverable C.2 "Innovative control concepts and strategies for a demand controlled exergy supply" sia alla deliverable C.4 "Advanced system concepts for retrofitting energy/exergy".

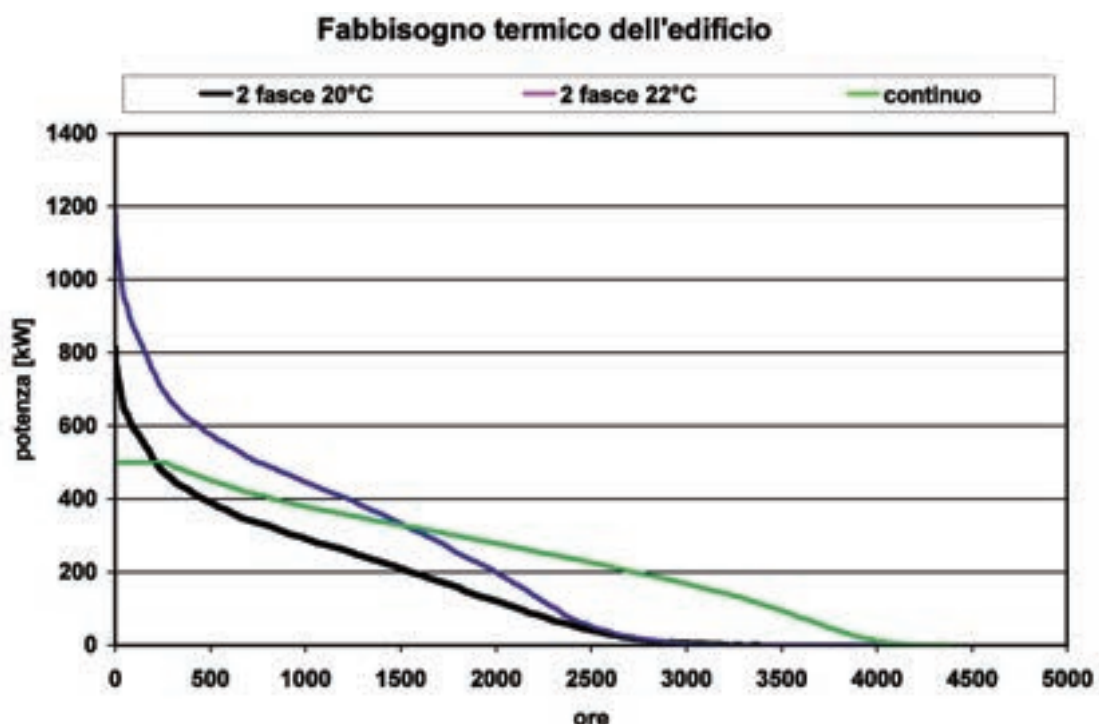
La tematica è estremamente importante, poiché il parco edilizio esistente presenta oltre diciassette milioni di edifici antecedenti alla Legge 373/76, pertanto privi di alcuna attenzione progettuale all'isolamento termico. In tale contesto sarebbe auspicabile un intervento sull'involucro edilizio, ma la riqualificazione comporta spesso interventi invasivi non tollerabili (ingombranti opere di ponteggio, disagi e costi talvolta non sostenibili dagli utenti finali). Inoltre, ci si trova sovente al cospetto di edifici storici nei quali l'isolamento termico o la sostituzione dei componenti edilizi non risulta possibile. In questi casi una diversa gestione del complesso sistema edificio-impianto che predilige un funzionamento continuo dello stesso, in abbinamento alla migliore tecnologia nella generazione del calore e ad una sua sapiente conduzione, può favorire l'ottenimento di un soddisfacente livello di comfort termico con minore impegno di potenza installata e soprattutto di energia richiesta.

In particolare si può dimostrare come, pur operando in un edificio obsoleto ed altamente disperdente senza intervenire in alcun modo sulla sua struttura, si possano conseguire comfort e risparmio energetico. La corretta scelta della tecnologia e una sua gestione opportuna garantiscono infatti un incremento del rendimento di produzione stagionale e un sostanziale aumento anche degli altri rendimenti che contribuiscono all'ottenimento dell'efficienza complessiva di utilizzo del calore prodotto in centrale termica.

Così, pur operando in maniera continua con un fabbisogno di energia superiore (+20%) rispetto a quanto richiesto da un funzionamento intermittente, si riscontra un consumo di metano notevolmente ridotto (compreso tra il 28% e il 43%). Questi risultati non considerano l'ulteriore risparmio energetico conseguente all'utilizzo di valvole termostatiche, che comporterebbe un ulteriore 7% di risparmio.

Pensando di applicare la soluzione qui analizzata all'intero parco edilizio esistente le emissioni n di CO₂ potrebbero essere ridotte complessivamente di 18,7 x 10⁶ tonnellate, contribuendo ad una diminuzione del 3,4% delle totali emissioni di anidride carbonica del nostro Paese.

Anche in questo caso, seguirà una valutazione delle prestazioni dei sistemi citati dal punto di vista exergetico, prendendo in considerazione anche altre fonti di energia termica a minor livello termico, quali le pompe di calore.



Curve cumulative di carico in edifici residenziali con diverse strategie di funzionamento

Prodotti della ricerca:

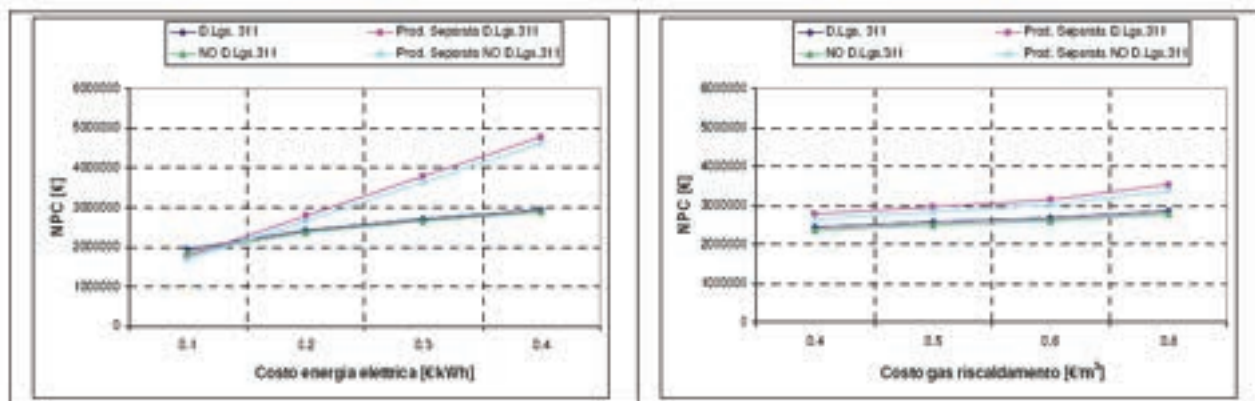
- De Carli M., Fante A, Faganello S, Tonon M, Turchetto G, Verderi P, Volpini A, Banfi R, Zecchin R. (2007). Nuovo approccio nella riqualificazione energetica degli edifici e nella loro gestione. Convegno AiCARR. Bologna 2007.

4.3 Deliverable C.4 " Report on exergy analysis of different systems applied to retrofitting of buildings" - Università di Padova

L'analisi di retrofitting è direttamente associata all'attività svolta nelle valutazioni energetiche qualora si sostituiscano le caldaie esistenti con caldaie modulanti da far funzionare in modo continuo a più bassa temperatura (come discusso nella deliverable C.2). I due temi sono intimamente correlati e pertanto quanto discusso nella Deliverable C.2 è propedeutico alle analisi di retrofitting degli impianti. Tuttavia molto spesso si sente proporre l'utilizzo di macchine cogenerative anche in ambito residenziale per la sostituzione di centrali termiche obsolete. Il tema è particolarmente interessante soprattutto dal punto di vista economico, dato che dal punto di vista dell'impatto ambientale è noto che una generazione combinata di calore ed elettricità sfruttando i cascami energetici porge notevoli vantaggi in termini di emissioni e riduzione di consumi di energia primaria. A tal fine è stata analizzata la possibilità di utilizzo di macchine cogenerative in ambito residenziale.

In particolare risulta problematica la scelta della potenza, termica ed elettrica, installata. Sono state individuate le condizioni per cui la cogenerazione, applicata al settore residenziale, risulti conveniente dal punto di vista economico oltre che quello energetico. Fissate le caratteristiche di domanda ed offerta di energia, l'analisi è stata condotta cercando di ottimizzare il sistema, cioè di determinare la combinazione migliore in termini di fornitura dell'energia, per coprire i carichi impostati. E' stato inoltre effettuato uno studio di sensibilità rispetto ad alcuni valori di input, prezzo dell'energia elettrica, costo del gas metano distinguendo tra quello destinato a riscaldamento e quello impiegato nella cogenerazione, e numero di utenze servite. Le simulazioni condotte sono state eseguite non tenendo conto di un'eventuale vendita dell'energia elettrica in eccesso alla rete. Tale assunzione ha determinato la non competitività delle macchine di taglia maggiore (1 MW, 3MW e 5MW). Malgrado questa penalizzazione, la soluzione cogenerativa è però risultata vantaggiosa dal punto di vista economico per un ampio campo di situazioni. Tale convenienza è però sempre evidente, indipendentemente dalle fluttuazioni del costo dell'energia, qualora il numero di utenze servite sia piuttosto elevato oppure nel caso di utilizzo della climatizzazione estiva e pertanto della trigenerazione.

Anche in questo caso, seguirà una valutazione delle prestazioni dei sistemi citati dal punto di vista exergetico.



Confronto sui costi attualizzati netti tra soluzione trigenerativa e produzione separata in funzione dell'andamento ipotizzato del costo di energia elettrica e gas riscaldamento. Zona climatica Catania.

Prodotti della ricerca:

De Carli M., Villi G., Polito A. (2008). *Analisi di sensibilità dei fattori che influenzano la resa economica di un impianto cogenerativo applicato al residenziale*. Congresso annuale AiCARR. Padova. 5 giugno 2008. (pp. 369-380). ISBN/ISSN: 978-88-95620-08-4. MILANO: AiCARR.

4.4 Deliverable C.5 " Light structures for warm Climates" - Università di Venezia

La definizione di strutture per il comportamento estivo è fondamentale per ottenere una valutazione energetica del comportamento globale di un edificio. I consumi energetici estivi sono spesso sottovalutati e indicazioni per la costruzione in climi caldi è essenziale per i Paesi del Sud Europa. Vengono pertanto determinati i parametri termofisici caratteristici di un involucro edilizio di tipo "leggero" e confrontati con le indicazioni fornite dalla normativa vigente.

La riduzione della domanda di raffreddamento nella stagione estiva, in generale soddisfatta tramite l'impiego di energia elettrica in macchine frigorifere a compressione, risulta infatti un'ottima strategia per il miglioramento del bilancio energetico complessivo di un edificio.

Le attività svolte sono riportate nei seguenti prodotti della ricerca:

- **sommario delle attività svolte**
[IUAV-subtaskC](#)
- **memorie:**
[Consumi energetici e certificazione energetica: situazione estiva ed invernale in Italia e in Europa](#)
[Simulazione tridimensionale del comportamento termodinamico di un edificio](#)
[Sustainability of Retrofit Actions in Industrial Buildings](#)
- **report:**
[report ENEA C strutture leggere](#)

5 Subtask D

Il gruppo di ricerca è anche ovviamente coinvolto nelle attività di *dissemination* facenti capo alla *subtask D*. In particolare, alcuni contributi riguardano la *newsletter* dell'annex (si vedano in particolare i numeri 2 e 4 allegati [newsletter_no2.pdf](#), [newsletter_no4.pdf](#)), ove vengono riportati i contributi:

- **Exergy as a Tool for Evaluating Energy Supplies on Community Level**, di K. Church e P. Caputo.
- **Case Studies on Low-Ex Communities, Community Case I: Parma City, Italy**, di P. Caputo.

Si prevedono inoltre contributi finalizzati alla redazione del *Guidebook* finale dell'*Annex 49*.

Inoltre, in tale ambito è stato organizzato un workshop a Padova il 19 marzo 2007 indirizzato ai produttori di tecnologie per il risparmio energetico (materiali edili, impianti di climatizzazione), a cui hanno partecipato circa 40 persone del mondo dell'industria.