

Misure dei consumi di energia elettrica nel settore domestico

Risultati delle campagne di rilevamento dei consumi elettrici presso 110 abitazioni in Italia

POLITECNICO DI MILANO 2004



*Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio*

DIPARTIMENTO
DI ENERGETICA



MICENE
MIsure dei Consumi di ENergia Elettrica
in 110 abitazioni Italiane

**Curve di carico dei principali elettrodomestici e degli
apparecchi di illuminazione**

eERG, end-use Efficiency Research Group
Dipartimento di Energetica
Politecnico di Milano

finanziamento
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
Direzione per la Salvaguardia Ambientale

Settembre 2004

una pubblicazione di
eERG, end-use Efficiency Research Group
www.eerg.it

autori
Franco Di Andrea, Andrea Danese

progetto grafico
Gianluca Ruggieri

copertina
Giancarlo Crocetti

si ringraziano
Lorenzo Pagliano, Pierluigi Alari, Andrew J. Pindar,
Andrea Roscetti, Nicola Labanca

Indice

PREFAZIONE	V
SOMMARIO	2
DEFINIZIONI E CONVENZIONI	4
INTRODUZIONE	5
Curve di carico e riduzione dei costi di distribuzione	5
Campagna di misura dei consumi di energia elettrica nel settore domestico nel triennio 2000 - 2002	6
Caratteristiche del campione di abitazioni monitorate	7
APPARECCHI PER IL FREDDO	11
Il campione monitorato	11
Caratteristiche degli apparecchi: età, volume e temperatura	12
Curve di carico giornaliere medie	12
Frigocongelatori	13
Età e volume degli apparecchi monitorati	13
Consumo medio	13
Distribuzione dei consumi in funzione dell'età degli apparecchi	14
Frigoriferi, congelatori orizzontali e congelatori verticali	14
ILLUMINAZIONE	17
Caratteristiche del campione installato	17
Tipologia delle sorgenti di luce	17
Potenza installata	18
Consumo medio annuo	18
Curve di carico giornaliere medie	18
LAVABIANCHERIA E LAVASTOVIGLIE	24
Lavabiancheria	24
Caratteristiche del campione monitorato	24
Consumi medi annui	24
Curve di carico giornaliere medie	25
	III

Lavastoviglie	25
Consumo medio annuo	25
Curve di carico giornaliera medie	26
SCALDAACQUA ELETTRICI	31
APPARECCHI AUDIOVISIVI E PERSONAL COMPUTER	33
Apparecchi audiovisivi	33
Caratteristiche del campione monitorato	33
Potenza assorbita	33
Consumo annualizzato	33
Televisori e videoregistratori	33
Personal computer	34
Consumo medio annuo	34
Curva di carico giornaliera media	34
APPENDICE: GLI STRUMENTI DI MISURA	36
Il sistema <i>Diace</i>	36
Il sistema <i>Lam pmeter</i>	38
BIBLIOGRAFIA	39

Prefazione

La razionalizzazione dell'uso dell'energia rappresenta una delle strade più virtuose per la riduzione dei consumi di combustibili fossili e il contenimento dell'impatto ambientale associato alla produzione, distribuzione e consumo di energia elettrica e termica.

L'Italia ha un consumo elettrico pro capite inferiore ad altri paesi europei, non solo per una elevata efficienza di utilizzazione dell'energia nel settore industriale, ma anche per la ridotta presenza di attività energy intensive, di un clima favorevole, e di prezzi elevati dell'energia conseguenza della fortissima dipendenza dalle importazioni.

Tuttavia per quanto riguarda il livello generale di efficienza energetica il nostro paese rappresenta una realtà più complessa di quanto apparirebbe da una prima lettura dei macro dati. Infatti se è vero che l'intensità energetica italiana, espressa come rapporto fra energia consumata e prodotto interno lordo, è una delle più basse d'Europa, è pur vero che il dato segmentato per filiere di prodotto rivela situazioni a volte molto più arretrate rispetto agli altri paesi europei. Ad esempio, l'uso dell'energia nel settore residenziale e terziario, principalmente edifici, che rappresenta oltre il 40% del consumo finale di energia del nostro paese è mediamente del 7% meno efficiente della media europea.

Il potenziale di risparmio energetico negli usi finali, elettrici e termici, in Italia è enorme. Considerando solo il settore degli usi finali elettrici, nel 1997 l'istituto californiano IPSEP (International Project for Sustainable Energy Paths), su commissione del Ministero dell'Ambiente italiano, valutava che, nonostante la continua crescita della penetrazione dell'elettricità negli usi finali, in un periodo di 15-20 anni l'Italia potrebbe teoricamente giungere al risparmio annuo di ben 154 TWh elettrici, grazie all'adozione di politiche miranti ad indirizzare gli investimenti verso la sostituzione in blocco degli apparati elettrici diffusi con le tecnologie che rappresentano lo stato dell'arte in fatto di efficienza energetica. Il potenziale di risparmio del settore residenziale rappresenterebbe il 26% del totale, quello del settore commerciale il 35%, e quello del settore industriale il 39%. Lo studio dell'IPSEP riteneva raggiungibile entro il 2010 l'obiettivo del risparmio di 66 TWh elettrici annui. Se paragoniamo questa cifra all'obiettivo di produzione di elettricità da rinnovabili al 2010 per l'Italia fissato dalla direttiva 77/CE/2001 pari a 76 TWh elettrici, ed alla previsione del fabbisogno elettrico, 380 TWh, ci rendiamo conto di quanto sia importante la "risorsa efficienza".

Ma l'impatto di politiche di efficienza non è solo energetico: i riflessi sono anche e soprattutto sullo sviluppo e diffusione dell'innovazione tecnologica, di crescita industriale e dell'indotto in un settore in cui l'Italia ha ancora una buona presenza sul mercato europeo. Investire in efficienza vuol dire portare prodotti nuovi sul mercato finale e sviluppare e rafforzare una industria nazionale, già solida in alcuni settori come gli elettrodomestici e le caldaie.

Investire in efficienza vuol dire evitare la costruzione di nuove centrali. Negli Stati Uniti, ad esempio, le aziende di distribuzione hanno investito nel decennio 1990-2000 qualcosa come 20 miliardi di dollari per interventi in chiave di aumento dell'efficienza. I risultati sono stati notevoli, con il risparmio in media di 46 TWh l'anno. In termini di potenza, gli interventi

hanno evitato la costruzione di diverse centrali elettriche, che rappresentano comunque un costo economico, sociale ed ambientale.

Investire in efficienza vuol dire risparmio economico per la collettività. Dati consolidati provenienti dagli interventi di risparmio effettuati dalle compagnie elettriche statunitensi nell'ultimo decennio, mostrano un rapporto tra benefici e costi pari a 2,1 nel settore privato e a 1,6 nel settore pubblico.

Un'analisi dei costi effettuata dall'Agenzia Internazionale dell'Energia su 64 programmi di risparmio in vari paesi mostra che il 40% dell'elettricità risulta risparmiata ad un costo inferiore ai 0,03 euro/kWh, e solo nel 10% dei casi i costi avevano superato gli 0,10 euro/kWh.

Anche la proposta di Direttiva sull'efficienza energetica del dicembre 2003 è molto chiara in proposito e nelle premesse spiega che "le esperienze internazionali indicano che è possibile conseguire risparmi dell'ordine dello 0,5 - 1% l'anno".

Investire in efficienza vuol dire tutela ambientale. La proposta di Direttiva 2003 prevede che le misure di efficienza energetica contribuiranno in modo sostanziale alla riduzione delle emissioni di gas serra per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione del Protocollo di Kyoto.

L'Italia ha oggi effettivamente imboccato la strada dell'efficienza energetica grazie all'adozione di un meccanismo innovativo a livello mondiale reso operativo a partire dal 2005: con i due Decreti 20-7-2004 del Ministro delle Attività Produttive e del Ministro dell'Ambiente sono assegnati degli obiettivi obbligatori di risparmio energetico ai distributori di energia elettrica e gas ed è attivato parallelamente un meccanismo di titoli di efficienza energetica che consentono l'accesso al meccanismo anche a società terze che operano nel settore dei servizi energetici note comunemente con il nome di ESCO (Energy Service Company). La filosofia, e per molti aspetti anche il meccanismo, è analoga al sistema dei certificati verdi adottato per l'incentivazione delle fonti rinnovabili.

Ci si aspetta da questo meccanismo che finalmente si avvii anche in Italia un percorso virtuoso verso l'efficienza energetica, la creazione di ESCO pubbliche e private specializzate nella realizzazione degli interventi e nella commercializzazione di titoli di efficienza energetica. Negli Stati Uniti, dove i programmi di risparmio sono stati avviati oltre venti anni fa, le attività delle ESCO si sono sviluppate con un tasso annuo di crescita del 24% nel periodo 1990-2000, raggiungendo un fatturato annuo di 2 miliardi \$.

Dal punto di vista ambientale i decreti attiveranno programmi di risparmio energetico che nelle previsioni determineranno una riduzione di circa 7 Mt di CO₂ nel 2008.

In questo contesto di forte promozione dell'efficienza energetica da parte del Governo è stata promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio la realizzazione di questo volume, nato da tre anni di campagne di misura dei consumi elettrici nel settore domestico realizzate dal Gruppo di Ricerca sull'Efficienza negli usi finali dell'Energia del Politecnico di Milano. Il lavoro, che contiene buona parte dei numerosi dati raccolti durante i progetti SAVE EURECO e MICENE cofinanziati dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, è uno strumento operativo per la progettazione e l'esecuzione dei progetti per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali. Esso riporta, per ciascuna tipologia di uso finale, le caratteristiche del campione monitorato e le curve di carico delle stesse. Si tratta quindi di uno strumento utile a qualsiasi azienda di distribuzione o ESCO al fine di ottimizzare i benefici derivanti dalla realizzazione dei progetti per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali elettrici.

Ing. Bruno Agricola
Direttore Generale Direzione per la Salvaguardia Ambientale
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Sommario

I mesi a venire vedranno il decollo di quei **Progetti per l'Incremento dell'Efficienza Energetica negli usi finali**, che, nel mutato quadro dei mercati dell'energia elettrica e del gas in Italia, sono stati scelti come strumenti privilegiati per il raggiungimento degli obiettivi di tutela ambientale e di uso efficiente delle risorse.

Le **Linee Guida per la Preparazione, l'esecuzione e la valutazione consuntiva dei progetti**, emanate dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, stabilendo, per alcune tipologie di intervento, la quantità di energia primaria risparmiata, danno le indicazioni fondamentali per la realizzazione dei Progetti nel rispetto degli obblighi quantitativi e qualitativi di risparmio così come fissati dai Decreti del MAP del 20 Luglio 2004.

La riduzione della domanda di energia elettrica e di potenza, conseguente alla realizzazione dei **Progetti per l'Incremento dell'Efficienza Energetica**, può essere economicamente vantaggiosa per le Aziende di distribuzione di Energia Elettrica e Gas.

Nel breve periodo, tale riduzione, contribuisce ad evitare che le Aziende di Distribuzione, durante i picchi del sistema elettrico, si trovino ad avere costi di fornitura superiori ai ricavi.

Nel lungo periodo, la stessa riduzione può permettere alle Aziende di Distribuzione di evitare investimenti per il potenziamento delle infrastrutture del sistema elettrico. L'incremento costante dei picchi della domanda di potenza, infatti, comporta il potenziamento della capacità massima del sistema, con conseguente incremento dei costi.

Per progettare interventi di riduzione dei consumi di energia elettrica e della domanda di potenza, finalizzati anche al conseguimento di benefici economici, è necessario conoscere le curve di carico degli apparecchi utilizzatori elettrici. L'individuazione di tali curve non è affatto agevole, date le numerose variabili, che ne influenzano il comportamento, come ad esempio:

- la localizzazione geografica,
- la stagione dell'anno,
- il giorno della settimana,.

Attraverso un'indagine diretta sul campo, condotta presso 110 abitazioni italiane per un minimo di 3 settimane nell'arco di 3 anni, abbiamo stimato le curve di carico dei principali usi finali del settore domestico, curve di carico che descriviamo in questo nostro compendio.

Durante le campagne di monitoraggio, eseguite in cinque regioni italiane nelle diverse stagioni dell'anno, sono stati misurati e registrati, ogni dieci minuti, i dati relativi ai consumi dei principali elettrodomestici, dei sistemi di illuminazione e del contatore generale. Le

misure hanno permesso di costruire una Banca Dati sullo stato dei consumi di energia elettrica del settore domestico unica nel suo genere in Italia.

Numerosi dati accessori rilevati relativamente alle abitudini dei nuclei familiari e alle caratteristiche delle abitazioni e degli elettrodomestici, hanno permesso di acquisire una conoscenza molto approfondita circa lo stato dei consumi di energia elettrica nel settore domestico.

La diffusione delle curve di carico dei principali elettrodomestici, quale reale strumento operativo nella realizzazione di programmi di gestione della domanda di energia elettrica, è l'obiettivo principale di questa pubblicazione, ed alla luce di tale obiettivo invitiamo alla lettura di tutte le analisi in seguito riportate.

Questo compendio è, infine, un tentativo di sintesi tra la necessità di presentare con la maggiore fedeltà possibile i dati, preziosi e unici, di una campagna di indagine sul campo, e l'esigenza di rendere gli stessi fruibili, all'interno di un quadro solido e coerente.

Le informazioni utilizzate per la presente pubblicazione rappresentano soltanto una frazione dell'immensa base di dati costruita, grazie alle numerose campagne di monitoraggio, prezioso patrimonio per nuove future ricerche.

Il rapporto completo del Progetto SAVE Eureco, nonché tutti i dati presentati in questo volume, sono a disposizione nella sezione progetti del sito:

www.eerg.it

Definizioni e convenzioni

Al fine di favorire la lettura proficua del compendio, riportiamo di seguito un elenco dei termini e delle locuzioni chiave, presenti nel testo, dando conto del significato che gli abbiamo attribuito.

Nel caso delle grandezze da noi calcolate, a partire dai dati grezzi delle campagne di misura, forniamo una descrizione della metodologia utilizzata per la loro determinazione.

Intervallo di campionamento

È l'intervallo temporale, di misura e registrazione delle grandezze fisiche.

L'intervallo prescelto per le campagne di misura è stato di 10 minuti, per un totale di 144 valori nell'arco di 24 ore.

Ciò sta a significare che ogni 10 minuti è stato registrato il consumo di energia elettrica misurato nei 10 minuti precedenti.

Curva di carico giornaliera media

La curva di carico rappresenta l'andamento della richiesta di potenza nel tempo.

La curva di carico giornaliera media, di una categoria di apparecchio utilizzatore (ad esempio la lavabiancheria), rappresenta l'andamento medio giornaliero, dalle ore 0:00 alle ore 24:00, della richiesta di potenza di tutti gli apparecchi utilizzatori monitorati per tale categoria.

Essa è stata tracciata calcolando, per ciascuno dei 144 intervalli in cui è stato suddiviso il giorno, dapprima la media per ciascuno degli apparecchi (per l'intera campagna di misure) e in seguito la media complessiva rispetto a tutti gli apparecchi.

La curva di carico giornaliera media così risultante, tende ad avere valori di potenza molto bassi, se paragonati alle potenze nominali degli apparecchi in questione. Questo dipende dal fatto che gli apparecchi non vengono usati contemporaneamente da tutti gli utenti.

La scelta di rappresentare graficamente in forma di istogramma, invece che di linea continua, le curve di carico, così calcolate, nasce dalla volontà di rendere manifesta la discretizzazione temporale operata.

Consumo giornaliero medio

Il consumo giornaliero, espresso in kWh, rappresenta il consumo registrato nell'arco delle 24 ore che vanno dalle ore 0:00 alle ore 24:00.

Esso è calcolato come somma dei 144 valori registrati, ogni 10 minuti, durante ciascuna giornata.

Il consumo giornaliero medio di una categoria di apparecchio utilizzatore (ad esempio la lavabiancheria) è la media dei consumi giornalieri misurati lungo tutta la durata della campagna di misure per tutti gli apparecchi della categoria.

Consumo annuale medio

In questo studio il consumo annuale è sempre da intendersi come una stima effettuata moltiplicando per 365 giorni il consumo giornaliero medio.

Introduzione

Curve di carico e riduzione dei costi di distribuzione

I Decreti del 20 luglio del 2004 hanno introdotto l'obbligo, per le Aziende di Distribuzione dell'Energia Elettrica e del Gas, di realizzare Progetti per l'Incremento dell'Efficienza Energetica, con l'obiettivo di ridurre il consumo di energia primaria attraverso la riduzione dei consumi negli usi finali.

Gli Interventi saranno preparati, eseguiti e valutati secondo le specifiche emanate dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas. In particolare le **schede tecniche per la quantificazione del risparmio di energia primaria** stabiliscono, per ciascuna tipologia di intervento di incremento dell'efficienza energetica, la quantità di energia primaria risparmiata riconosciuta.

Tali obblighi di legge possono trasformarsi in un'autentica opportunità, per le Aziende di Distribuzione, a patto di progettare e realizzare interventi che oltre a diminuire i consumi di energia elettrica, determinino la riduzione della domanda di potenza. Gli interventi possono determinare importanti effetti, sui costi delle Aziende di Distribuzione, nel breve e nel lungo periodo.

Nel **breve periodo** la riduzione, sulla rete di distribuzione, della domanda di potenza nelle ore di punta permette di limitare l'eventualità che i costi di fornitura siano superiori ai ricavi, circostanza che comporta una perdita economica netta per le aziende distributrici.

Nel **lungo periodo** investire nella riduzione del consumo di energia elettrica e della domanda di potenza può essere più vantaggioso che investire nel potenziamento del sistema di trasporto e distribuzione, necessario a soddisfare i sempre crescenti picchi della domanda di energia elettrica e di potenza.

Interventi di riduzione del consumo di energia elettrica e della domanda di potenza, come alternativa al potenziamento delle infrastrutture esistenti, possono avere ricadute molto positive anche operando su piccole porzioni della rete di trasmissione, ad esempio a livello di quartiere (il cosiddetto **Demand Side Management** localizzato).

Molto interessante in proposito è quanto discusso, durante il workshop **Includere l'efficienza di uso finale nei mercati dell'energia elettrica e del gas**, circa l'intervento eseguito, all'interno della regione amministrativa francese Provenza-Alpi-Costa Azzurra, da Electricité de France (EDF), Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) e l'Ente Amministrativo Regionale.

Progetti per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali: opportunità per le Aziende di Distribuzione

La conoscenza delle **curve di carico degli usi finali elettrici**, presupposto alla corretta progettazione degli interventi sopra descritti, permette di individuare e di intervenire su quegli usi finali il cui contributo ai picchi della rete risulti più elevato.

L'andamento delle curve di carico di un uso finale elettrico è funzione di numerose variabili; tra di esse le stagioni dell'anno, i giorni della settimana e la localizzazione geografica. Il monitoraggio degli elettrodomestici e dei sistemi di illuminazione finalizzato alla valutazione delle curve di carico per un campione rappresentativo è molto oneroso. Questo perché il modo ideale di operare richiederebbe di monitorare i consumi per periodi molto lunghi, almeno di un anno, con la conseguente necessità di avere a disposizione un numero assai elevato di strumenti di misura.

Molto preziose risultano, comunque, le curve di carico risultanti da campagne di monitoraggio più brevi, dell'ordine di un mese per ciascuna abitazione, ma realizzate durante tutte le stagioni dell'anno, come quelle che illustreremo nei capitoli che seguono. Tali curve descrivono il comportamento di alcuni apparecchi utilizzatori, così come risultano dalla campagna di monitoraggio, unica nel suo genere in Italia e realizzata negli anni dal 2000 al 2002.

Campagna di misura dei consumi di energia elettrica nel settore domestico nel triennio 2000 - 2002

La campagna di monitoraggio dei consumi di energia elettrica in 110 abitazioni in Italia, nell'ambito di un progetto europeo **Save**, denominato **Eureco**, è stata organizzata, durante gli anni 2000-2002, da eERG - end-use Energy Efficiency Research Group - del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano, in collaborazione con la Servizi Territorio SRL. Durante il progetto, al quale hanno partecipato gruppi di ricerca di Francia, Grecia, Danimarca e Portogallo, le abitazioni complessivamente monitorate, in Europa, sono state 400.

In ciascuna abitazione sono stati monitorati, con intervallo di campionamento di 10 minuti e per un periodo minimo di 3 settimane:

- il consumo di energia elettrica e la potenza richiesta dai principali elettrodomestici,
- il consumo di energia elettrica e la potenza richiesta dai sistemi di illuminazione,
- il consumo di energia elettrica e la domanda di potenza del contatore generale,
- la temperatura dell'aria nella cucina.

Accanto agli elettrodomestici principali, ossia gli apparecchi per il freddo, gli apparecchi per il lavaggio di abiti e di stoviglie, e quelli per l'intrattenimento (televisori, videoregistratori, stereo, etc.), presenti di regola in tutte le abitazioni, sono stati monitorati, ove presenti, forni elettrici, forni a microonde, condizionatori d'aria, scaldacqua elettrici e altri apparecchi utilizzatori meno diffusi.

I dati raccolti dai numerosi misuratori, applicati agli apparecchi oggetto dello studio, sono stati immagazzinati nei registratori - data logger - installati presso le abitazioni e trasmessi via modem all'unità centrale di elaborazione, situata nel Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano. Per una descrizione del sistema di monitoraggio impiegato per la campagna di misure si rimanda all'appendice, nella parte conclusiva del compendio.

L'esposizione dei risultati nel presente compendio è stata organizzata dedicando un capitolo a ciascuna delle tipologie di apparecchio utilizzatore studiata; in particolare ogni capitolo viene introdotto da un breve sommario descrittivo delle caratteristiche salienti degli apparecchi monitorati, sì da permettere l'eventuale estensione dei risultati a contesti dalle caratteristiche analoghe.

Le figure vengono sempre riportate nella parte conclusiva del capitolo.

Caratteristiche del campione di abitazioni monitorate

Il campione di abitazioni monitorate risponde all'intenzione di studiare la tipologia di utenza domestica nella quale verranno effettuati, nell'immediato futuro, interventi di risparmio energetico (in riferimento a quelli introdotti dai Decreti del 20 luglio 2004).

In questo paragrafo, al fine di permettere la corretta lettura dei grafici e delle tabelle riportati nel prosieguo del compendio, vengono descritte, nel dettaglio, le caratteristiche salienti del campione di abitazioni sottoposte al monitoraggio. Ciò consentirà di operare confronti circa i consumi e la diffusione degli apparecchi elettrici presso gli utenti domestici, in Italia, contribuendo a confermare o a mettere in discussione eventuali linee di tendenza.

Si tenga presente che i consumi e le curve di carico, soprattutto per elettrodomestici la cui diffusione presso le abitazioni è pari al 100%, non dipendono dalle caratteristiche del campione oggetto delle campagne di monitoraggio.

Scelta delle abitazioni

Si sono scelte famiglie in possesso di un numero elevato di elettrodomestici, per poter monitorare il maggior numero di apparecchiature, a parità di operazioni di installazione/disinstallazione del sistema di misura.

Per il resto si è stabilito, nei limiti logistici e di budget del Progetto, di toccare diverse zone geografiche, e di alternare zone metropolitane con zone di provincia.

Di seguito diamo il quadro del campione di abitazioni sottoposte a monitoraggio, per quanto concerne:

- localizzazione geografica
- contratto di fornitura
- consumo annuale per ciascuna utenza
- consumo annuale per abitante
- consumo annuale per metro quadro
- dimensioni delle abitazioni
- consistenza dei nuclei familiari

Localizzazione geografica

La distribuzione delle abitazioni monitorate nelle diverse regioni italiane è indicata nella tabella sottostante.

<i>Regione</i>	<i>Numero di abitazioni</i>
Lombardia	62
Lazio	18
Piemonte	12
Puglia	8
Marche	8
Emilia Romagna	2
Totale	110

Tabella1 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – La localizzazione geografica

Per ragioni di praticità e di costo, la maggioranza delle abitazioni, 62 su 110, si trova in Lombardia, regione sede del gruppo di ricerca che ha eseguito le campagne di monitoraggio.

Ad una scala territoriale più piccola, troviamo che Milano è la città con il più alto numero di abitazioni, ben 32, mentre 16 sono quelle monitorate a Roma e 8 quelle a Torino, per un totale di abitazioni in area metropolitana pari a 56; delle rimanenti, 52 si trovano in altri capoluoghi di provincia oppure in comuni più piccoli, e 2 si trovano in area rurale.

Caratteristiche delle abitazioni e dei nuclei familiari

Quasi tutte le abitazioni, 106 su 110, hanno un contratto di fornitura con **potenza impegnata** di 3 kW.

Le abitazioni uni o bifamiliari sono soltanto 14 su 110, la **superficie** media delle abitazioni risulta essere pari a 106 m², come da Figura 1.

I **nuclei familiari** occupanti le abitazioni sono composti di 2 persone nel 9% dei casi, di 3 persone nel 34%, di 4 persone nel 43% e infine di 5 persone nel 14%.

I consumi

Passiamo all'**analisi dei consumi annuali**, effettuata sui consumi storici, delle abitazioni monitorate, risultanti dalle bollette elettriche degli ultimi anni.

Il valore medio del **consumo annuale** delle abitazioni è pari a 3229 kWh.

In figura 2 viene riportata la distribuzione del consumo annuale di tutte le abitazioni, suddivise per regione di appartenenza; è evidente come la gran parte delle abitazioni si attesti su consumi abbastanza elevati. Si nota, in particolare, che il valore medio del consumo annuale, 3229 kWh, per tutto il campione, è molto vicino al valore che si ha per la Lombardia, 3249 kWh, trovandosi in questa regione la grande maggioranza delle abitazioni.

Informazioni più generali si possono trarre dalla distribuzione percentuale in classi di consumo annuale e dalla distribuzione percentuale in classi di consumo cumulate, rispettivamente nelle figure 3 e 4.

In figura 3 si vede che:

- la classe di consumo più numerosa è quella tra i 3001 e i 4000 kWh all'anno, in cui ricade il 33% circa delle abitazioni
- l'80% circa delle abitazioni ha un consumo compreso tra i 2000 e i 5000 kWh all'anno.

In figura 4 notiamo che:

- il consumo del 70% delle abitazioni è superiore a 2500 kWh all'anno,
- il consumo del 42% delle abitazioni è superiore a 3500 kWh all'anno,
- il consumo del 10% delle abitazioni è superiore a 4500 kWh all'anno.

Si può, a ragion veduta, affermare che tale campione sia centrato su utenze dai consumi annuali più elevati della media italiana; una generalizzazione dei risultati alla realtà delle utenze domestiche italiane deve, dunque, tenere conto di tale aspetto.

Ulteriori calcoli sono stati eseguiti per determinare i consumi annuali per persona e quelli per unità di superficie. I risultati sono riportati nelle figure 5 e 6.

In figura 5 si vede che:

la classe più numerosa è quella con un consumo annuale procapite dai 750 ai 1000 kWh, per il 75% circa delle abitazioni il consumo annuale procapite è compreso tra i 501 e i 1250 kWh.

La figura 6 evidenzia che nell'80% delle abitazioni il consumo annuale per metro quadro è compreso fra i 16 e i 45 kWh.

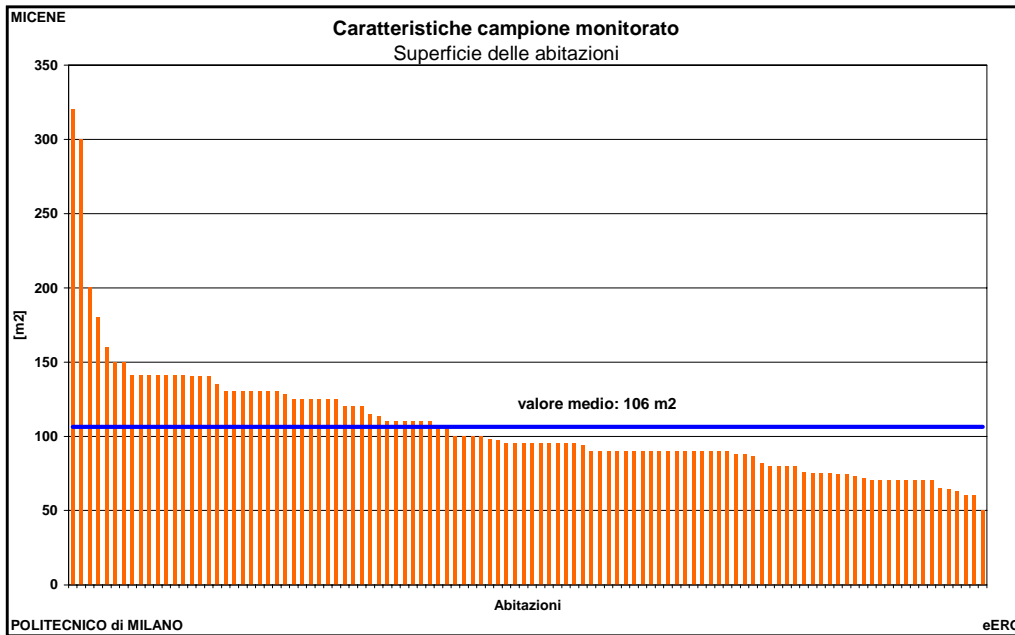


FIGURA 1
 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – Distribuzione dimensionale

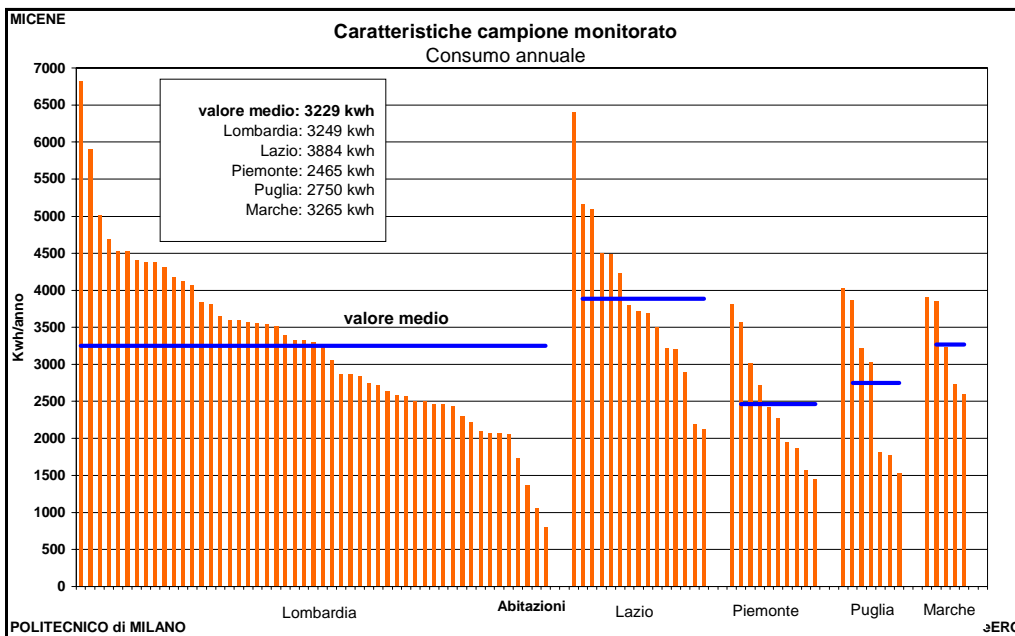


FIGURA 2
 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – Distribuzione del consumo annuale

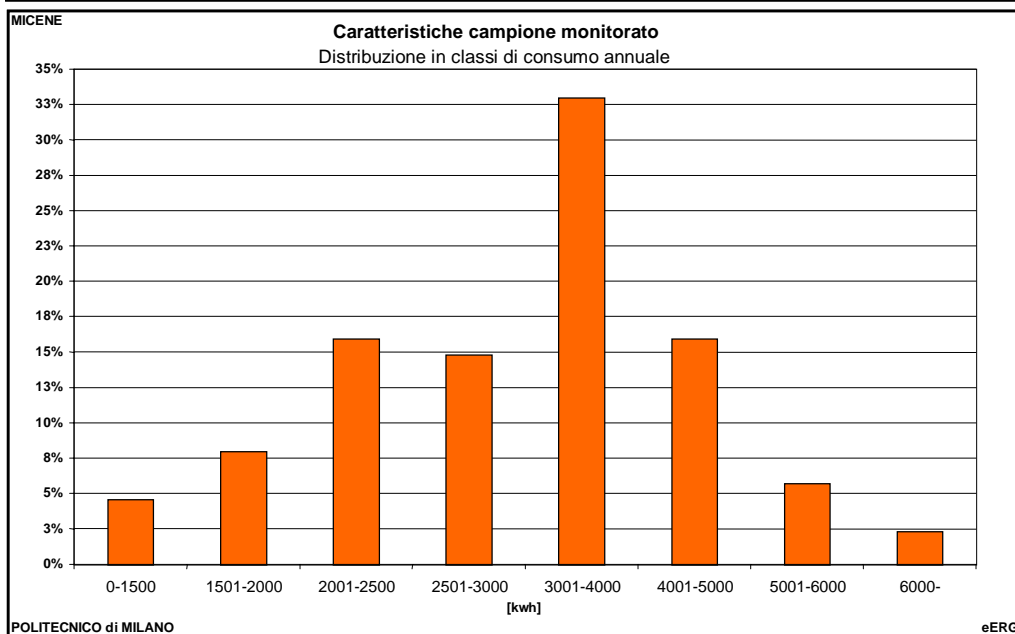


FIGURA 3
 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – Distribuzione percentuale del consumo annuale

FIGURA 4
 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – Distribuzione del consumo annuale in classi cumulate

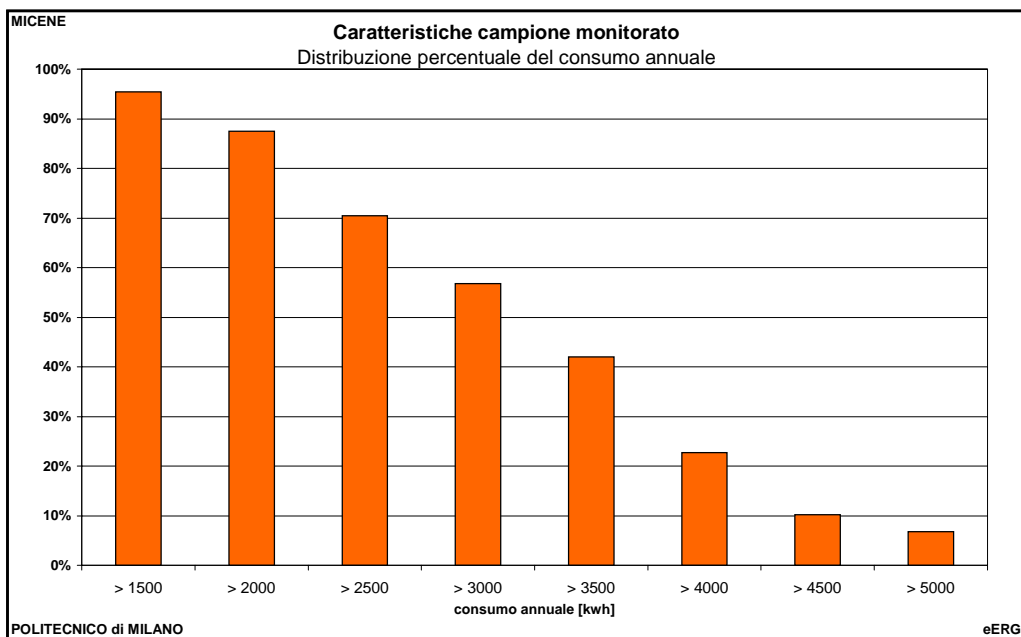


FIGURA 5
 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – Distribuzione in classi di consumo annuale per persona

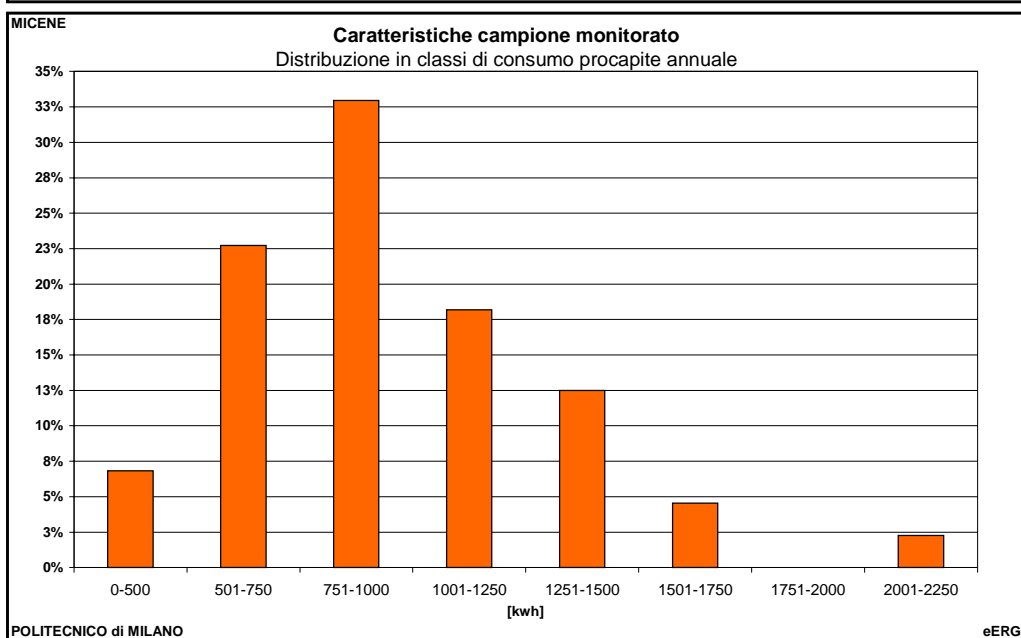
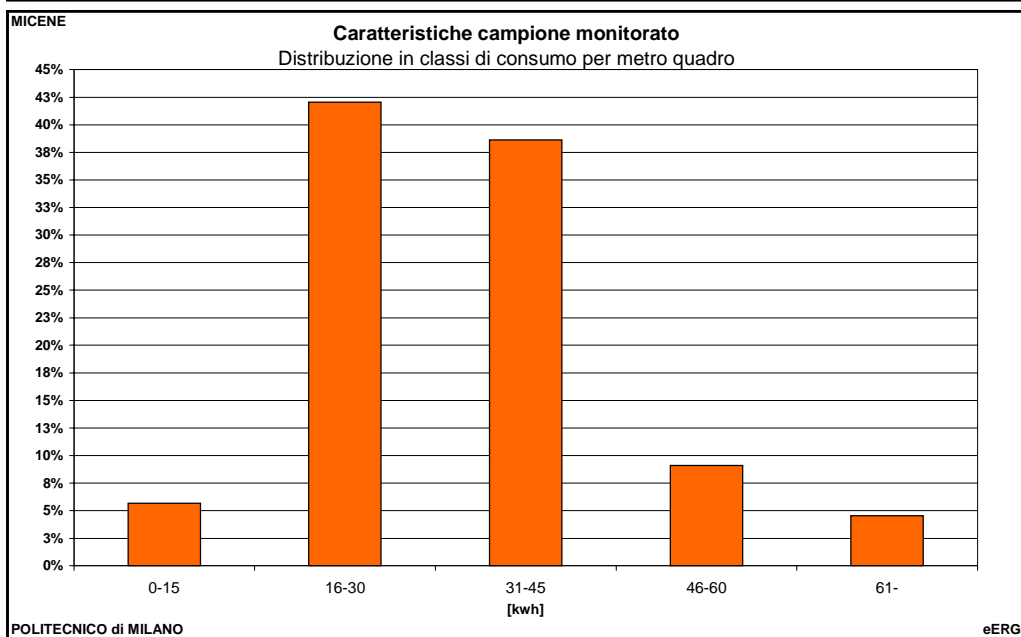


FIGURA 6
 Caratteristiche delle Abitazioni Monitorate – Distribuzione del consumo annuale per m2



Apparecchi per il freddo

Il campione monitorato

Ai fini del presente studio gli apparecchi per il freddo sono stati classificati secondo le 4 tipologie sotto elencate:

- frigocongelatori: apparecchi per il freddo a 2 porte con scomparto per cibi congelati a 4 stelle,
- frigoriferi: apparecchi per il freddo a 1 porta con o senza cella per cibi congelati,
- congelatori orizzontali: apparecchi a 1 porta esclusivamente per cibi congelati, con sportello apribile dall'alto,
- congelatori verticali: apparecchi a 1 porta esclusivamente per cibi congelati, con sportello apribile frontalmente.

Complessivamente il numero di frigoriferi e di frigocongelatori monitorati risulta inferiore al numero di abitazioni monitorate, a causa l'impossibilità di monitorare alcuni apparecchi.

In 33 delle 110 abitazioni monitorate erano presenti e, dunque, sono stati monitorati anche dei congelatori.

<i>Tipologia di apparecchio</i>	<i>Numero di apparecchi monitorati</i>
Frigocongelatore	72
Frigorifero	15
Congelatore orizzontale	22
Congelatore verticale	11

Tabella 1. Numero di apparecchi per il freddo monitorati per ciascuna tipologia

Tutti gli apparecchi per il freddo sono stati monitorati con il dispositivo Diace, in grado di registrare i valori di potenza ed energia per ogni intervallo di dieci minuti. Oltre alle misure, sono state registrate con particolare cura alcune delle loro caratteristiche, come l'età e il volume, che costituiscono informazioni utili per una completa comprensione

dell'andamento dei consumi. Queste informazioni sono state annotate su una scheda tecnica durante l'installazione degli strumenti di misura.

Caratteristiche degli apparecchi: età, volume e temperatura

Risulta importante avere informazioni sulla distribuzione dell'età degli apparecchi esistenti per comprendere la necessità di un intervento di sostituzione con apparecchi più moderni ed efficienti, e per valutare l'efficacia di un programma di gestione della domanda. Dato che gli apparecchi moderni consumano di meno, quanto più vecchi (e quindi inefficienti) sono i frigoriferi esistenti tanto più conveniente sarà l'investimento per la sostituzione degli apparecchi con elettrodomestici ad alta efficienza energetica.

E' interessante valutare, inoltre, l'andamento dei consumi in funzione dell'età ed in relazione all'introduzione dell'etichettatura energetica: in generale si riscontra un netto abbassamento dei consumi degli apparecchi acquistati dopo l'introduzione dell'etichettatura energetica (1999), e soprattutto dopo l'introduzione di standard minimi di efficienza energetica.

La misura del volume netto fa parte delle caratteristiche di interesse, per gli apparecchi per il freddo, perché il consumo è legato a questa grandezza. Si tenga presente, ad ogni modo, che la marcata tendenza all'incremento dell'efficienza energetica negli apparecchi per il freddo di recente produzione è utile a contrastare l'aumento dei consumi dovuto ad apparecchi per il freddo di dimensioni crescenti.

Curve di carico giornaliere medie

Come per le altre tecnologie sono state calcolate le curve di carico giornaliere medie che mostrano l'andamento nel tempo della potenza assorbita dagli apparecchi.

Naturalmente le curve di carico giornaliere medie degli apparecchi per il freddo non hanno picchi accentuati: i cicli di funzionamento, infatti, sono ben distribuiti quando si considera un grande numero di apparecchi per un certo numero di giorni. Questo non ci porta a trascurare il contributo, alla domanda complessiva di potenza, da parte degli apparecchi per il freddo, ma a considerarlo sostanzialmente costante nell'arco delle 24 ore.

L'andamento delle curve di carico per frigoriferi e congelatori sono riportate rispettivamente nella figura 3 e nella figura 4.

Una riduzione della domanda di potenza, in seguito al miglioramento nell'efficienza degli apparecchi, determina di conseguenza un abbassamento circa equivalente in ogni istante della giornata, nell'arco di tutto l'anno, risultando a maggior ragione preziosissimo nelle fasi di punta del sistema.

Nella curva di carico dei frigoriferi, figura 3, si noterà, comunque, un picco appena accennato durante le ore serali e un secondo nelle ore di pranzo, come possibile conseguenza dell'incremento delle aperture da parte degli utenti.

Riportiamo nella tabella seguente i valori medi della potenza assorbita, dalle diverse tipologie di apparecchi per il freddo, costantemente lungo tutto l'arco di una giornata, così come risultanti dalla campagna di misure.

<i>Apparecchio</i>	<i>Potenza giornaliera media</i>
Frigocongelatore	64.8 W
Frigorifero	32.0 W
Congelatore	56.9 W

Tabella 2. La potenza giornaliera media degli apparecchi per il freddo

Di seguito presentiamo l'analisi dettagliata per i frigocongelatori, che rappresentano gli apparecchi per il freddo più diffusi, e i dati relativi ai consumi medi giornalieri e annui per le altre tipologie di apparecchi per il freddo.

Frigocongelatori

Età e volume degli apparecchi monitorati

La figura 1 mostra il grafico relativo alla distribuzione dei frigocongelatori in classi d'età. L'età media degli apparecchi monitorati è di 7,9 anni.

La classe dominante è centrata sull'intervallo 8-10 anni, vicina alla classe 5-7 anni. Il 48 % degli elettrodomestici ha meno di 7 anni e sono stati acquistati dopo l'introduzione dell'etichettatura energetica. Il 5 % degli apparecchi è stato acquistato da quando è entrata in vigore la limitazione alle classi A, B, C e D.

Consumo medio

Nella Tabella 3 vengono presentati i consumi medi per i frigocongelatori monitorati.

<i>Frigocongelatori</i>	<i>Consumi</i>
Consumo medio giornaliero	1.795 kWh/giorno
Consumo medio annuo	637 kWh/anno
Valore massimo del consumo medio annuale	1213 kWh/anno
Valore minimo del consumo medio annuale	328 kWh/anno
Consumo medio annuo per persona	191 kWh/anno
Consumo medio annuo per m ²	6.8 kWh/anno

Tabella 3. Dati di consumo dei frigocongelatori

Il consumo medio annuo per un frigocongelatore è pari a **637 kWh/anno**, tale informazione è importante per valutare il potenziale di risparmio energetico ottenibile mediante la sostituzione del parco installato con apparecchi efficienti. Esso, infatti, può essere confrontato con il consumo medio annuo di un frigocongelatore ad elevata efficienza energetica presente sul mercato europeo (è prossima l'introduzione delle classi A+ e A++),

che, secondo quanto dichiarato dalle aziende produttrici, può arrivare a consumare poco più di 200 kWh/anno.

Distribuzione dei consumi in funzione dell'età degli apparecchi

E' interessante valutare (Figura 2) se esiste una correlazione diretta fra il consumo e l'età degli apparecchi monitorati.

Possiamo affermare che, nel caso dei frigocongelatori, il consumo varia sensibilmente in funzione dell'età: gli apparecchi più recenti consumano meno energia.

Questo comportamento sembra essere una conferma dell'impatto positivo della direttiva europea riguardante l'etichettatura energetica sui consumi dei frigocongelatori.

Frigoriferi, congelatori orizzontali e congelatori verticali

Per quanto riguarda le altre categorie di apparecchi per il freddo monitorati durante la campagna, la Tabella 4 mostra i valori relativi all'età media.

<i>Tipologia</i>	<i>Numero apparecchi</i>	<i>Età media (anni)</i>
Frigoriferi	15	10.2
Congelatori orizzontali	22	9.9
Congelatori verticali	11	7.0

Tabella 4. Numero di apparecchi monitorati ed età media.

Il 35 % dei frigoriferi ha più di 17 anni d'età, mentre solo il 22 % è stato acquistato negli ultimi 4 anni.

La classe dominante dei congelatori orizzontali è centrata sull'intervallo 2-4 anni d'età (23 %). Risulta comunque elevato il numero degli apparecchi che hanno più di 14 anni (36 %).

Anche per i congelatori verticali la classe dominante è centrata sull'intervallo 2-4 anni d'età (25 %), ma in questo caso sono pochi gli apparecchi che hanno più di 17 anni (6 %).

Nella Tabella 5 vengono riportati i valori relativi ai consumi medi annui.

<i>Apparecchio</i>	<i>Consumo annuale medio (kWh)</i>
Frigorifero	354
Congelatore orizzontale	568
Congelatore verticale	447

Tabella 5. Consumi medi annui.

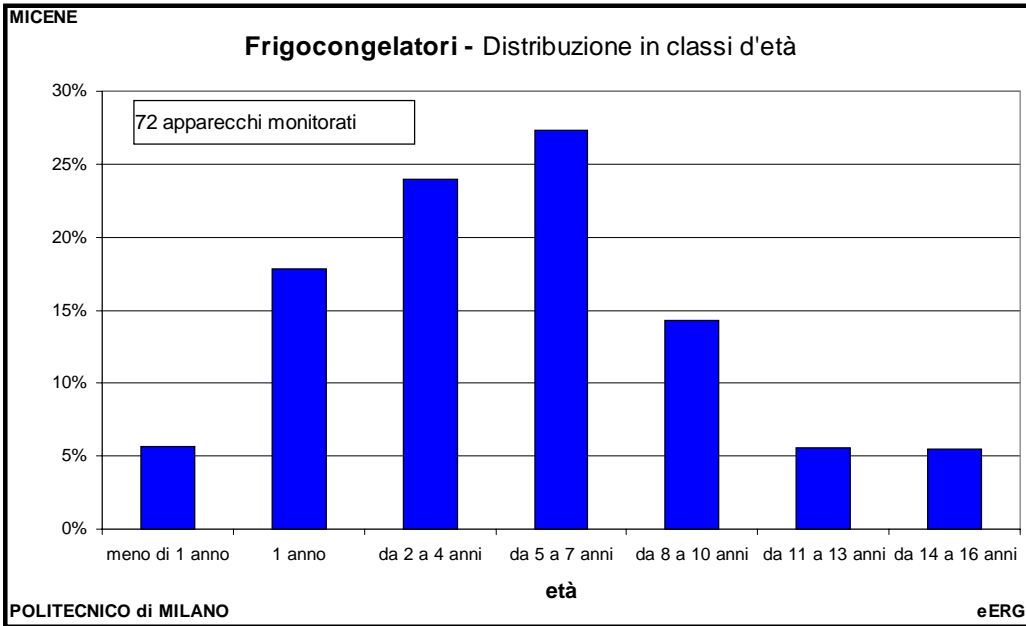


FIGURA 1
Frigocongelatori – Distribuzione degli apparecchi in funzione dell'et , per 72 elettrodomestici monitorati. La distribuzione   centrata sul valore 7,9 anni.

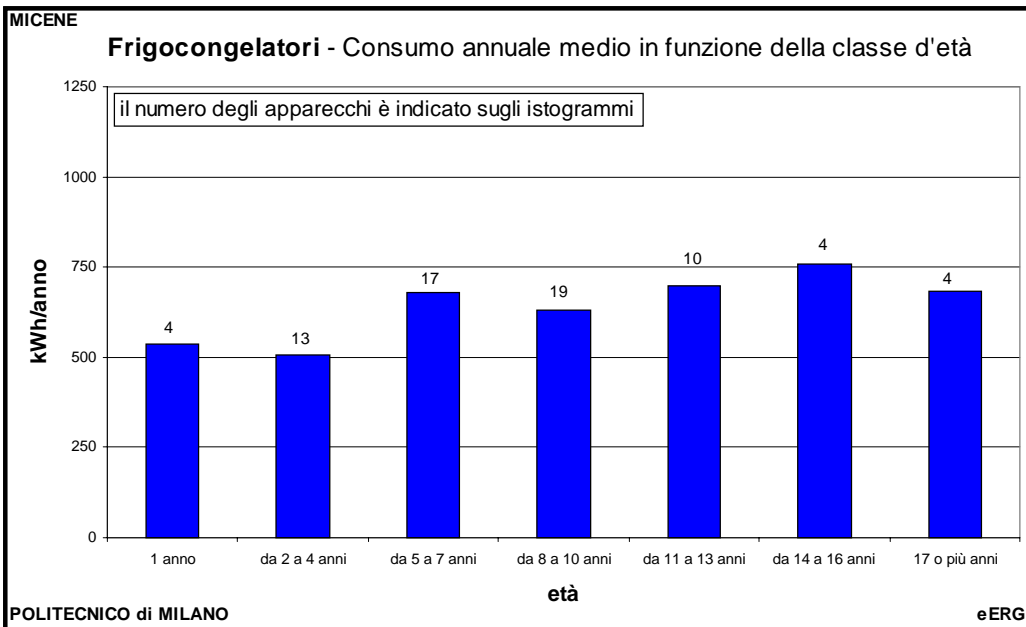


FIGURA 3
Frigocongelatori – Consumi medi annuali in funzione dell'et . L'analisi conferma la tendenza degli elettrodomestici europei, secondo cui gli apparecchi recenti consumano meno rispetto ai modelli pi  vecchi

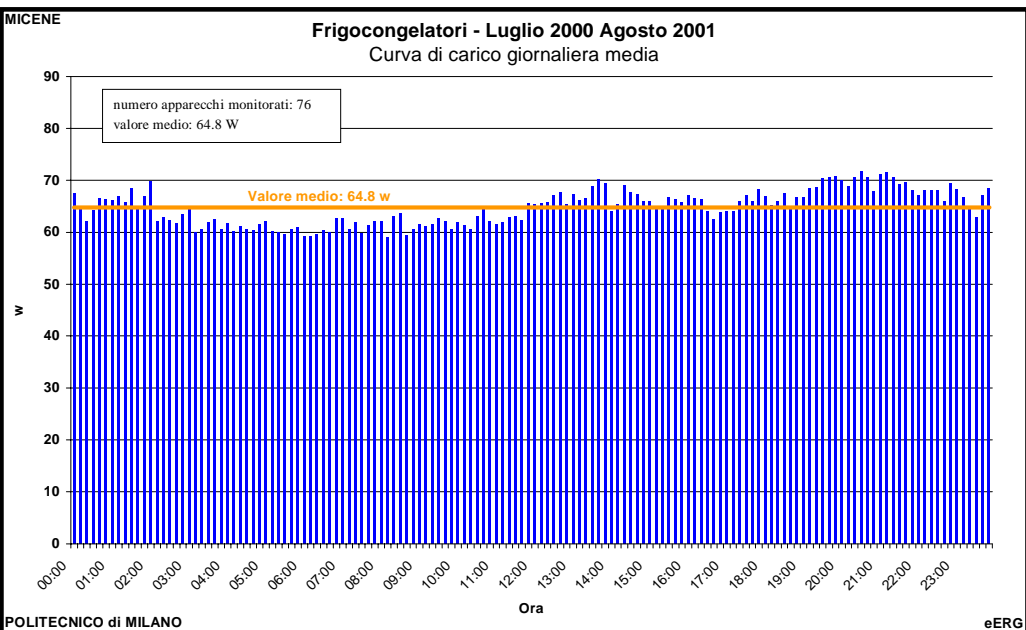
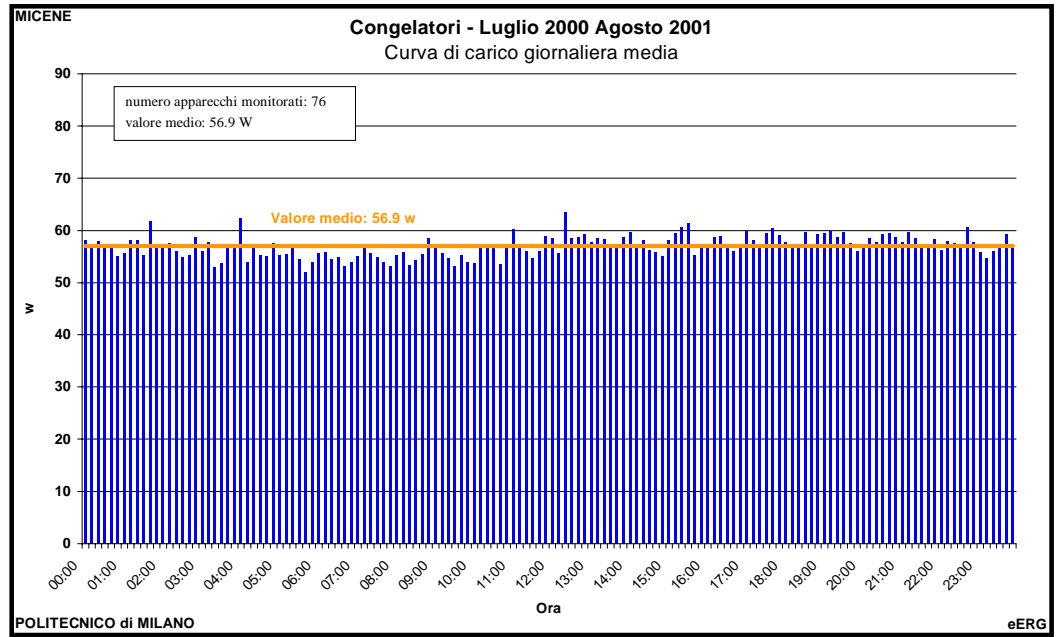


FIGURA 3
Frigocongelatori – Curva di carico giornaliera media. Il valore della potenza assorbita   circa costante.

FIGURA 4
Frigocongelatori – Curva di carico giornaliera media. Il valore della potenza assorbita è circa costante



Illuminazione

I sistemi di illuminazione costituiscono una porzione rilevante dei consumi di energia elettrica nel settore residenziale. L'andamento della curva di carico giornaliera media permette di ricavare informazioni importanti sull'efficacia della riduzione della potenza per l'illuminazione grazie all'introduzione di tecnologie energeticamente più efficienti.

I sistemi di illuminazione, durante la campagna di misure, sono stati studiati anche in relazione alla distribuzione del numero dei punti luce per tipo di stanza, alla potenza installata e all'energia consumata.

I sistemi di illuminazione sono stati monitorati in tutti i 110 appartamenti considerati e le misure costituiscono un eccezionale database, sia per l'enorme mole che per la qualità dei dati in esso contenuti.

Caratteristiche del campione installato

Tipologia delle sorgenti di luce

Le sorgenti di luce presenti nelle abitazioni sono di quattro tipi:

- lampade a incandescenza
- lampade alogene
- lampade fluorescenti
- lampade compatte fluorescenti (CFL)

Nella Tabella 1 vengono riportate le percentuali di lampade installate per tipologia, così come riscontrato nel campione delle 110 abitazioni.

<i>Tipologia di sorgente</i>	<i>Percentuale (%)</i>
Incandescenza	80.0
CFL	12.8
Fluorescenti	3.0
Alogene	4.2

Tabella 1. Distribuzione percentuale delle diverse tipologie di sorgenti luminose rilevate

Appare rilevante il dato relativo alla percentuale di CFL installate (quasi il 13%). Secondo uno studio dell'ASSIL (Associazione Italiana dell'Illuminazione) nel 1998 si poteva stimare una penetrazione abbastanza bassa delle lampade fluorescenti nel settore domestico: il 2% di CFL e il 3% delle fluorescenti, pari, rispettivamente, a 7,5 e 12 milioni di esemplari. Il dato relativo alle abitazioni monitorate durante la campagna di misure dimostra come la diffusione delle CFL sia notevolmente incrementata negli ultimi anni; questo fatto potrebbe dipendere dalla crescente reperibilità delle CFL e dalla maggiore varietà dei modelli che le aziende produttrici offrono sul mercato.

La figura 1 mostra la distribuzione della tipologia di sorgente luminosa nelle diverse stanze. Nell'analisi sono state accorpate lampade fluorescenti e CFL da una parte, e lampade a incandescenza e alogene dall'altra.

Si nota come in cucina e in camera da letto vi sia la più alta concentrazione di lampade fluorescenti e CFL. Le lampade alogene, invece, sono maggiormente presenti in soggiorno.

Potenza installata

La figura 2 mostra la potenza installata per tipo di stanza. La stanza avente la potenza installata maggiore risulta essere il soggiorno, dove vi è grande diffusione di lampade alogene, seguito da stanze da letto e da cucina.

Consumo medio annuo

Il consumo annuale medio dovuto all'illuminazione è pari a **375 kWh**. Dato che le abitazioni sono state monitorate per un periodo di circa tre settimane, il consumo annuale è stato stimato a partire dai dati raccolti. In questo caso la stima è lineare, poiché consiste nel moltiplicare per 365 il consumo medio giornaliero per ogni abitazione.

Chiaramente l'energia consumata dai sistemi per l'illuminazione dipende fortemente dalle stagioni, ma il risultato della stima fornisce un valore realistico poiché per ogni mese dell'anno il numero dei punti luce monitorati era circa lo stesso.

Curve di carico giornaliere medie

La Figura 4 mostra l'andamento della curva di carico giornaliera media dei sistemi per l'illuminazione. Questa curva è stata ottenuta analizzando i dati relativi alla totalità delle abitazioni monitorate, vale a dire considerando tutto il periodo di durata della campagna di misure. Il grafico presenta un picco serale alle 21:40 con un valore di circa 100 W.

Le Figure 5, 6 e 7 mostrano, invece, le curve di carico giornaliera medie valutate tenendo conto dei diversi periodi dell'anno.

Ai fini delle nostre analisi sono stati individuati tre periodi:

- periodo invernale: dati raccolti dal 01/12/2000 al 15/03/2001,
- periodo autunnale - primaverile: dati raccolti dal 21/09/2000 al 30/11/2000, dal 21/03/2001 al 30/05/2001 e dal 18/04/2002 al 30/05/2002;
- periodo estivo: dal 04/07/2000 al 21/09/2000, dal 01/06/2001 al 31/07/2001 e dal 1/06/2002 al 24/06/2002.

Si nota un graduale abbassamento e un netto spostamento verso destra del picco serale della potenza assorbita nel passaggio dall'inverno (ore 18:50, 119 W) ai mesi estivi (ore 22:30, 100 W).

Le Figure 8, 9 e 10 mostrano le curve di carico giornaliere medie relativamente a soggiorno, cucina e camera da letto. Queste curve permettono una migliore comprensione del modo in cui vengono utilizzati i sistemi di illuminazione nelle abitazioni. Si nota, ad esempio, che i consumi più elevati sono dovuti alle sorgenti di luce installate in soggiorno; questo perché il soggiorno, oltre ad essere il locale con la più alta potenza installata, è il luogo in cui le luci rimangono accese per un numero elevato di ore.

FIGURA 1
 Illuminazione – Distribuzione della tipologia delle sorgenti luminose presenti nel campione per tipo di locale. Sono state accorpate le lampade a incandescenza con le alogene e le lampade fluorescenti con le CFL.

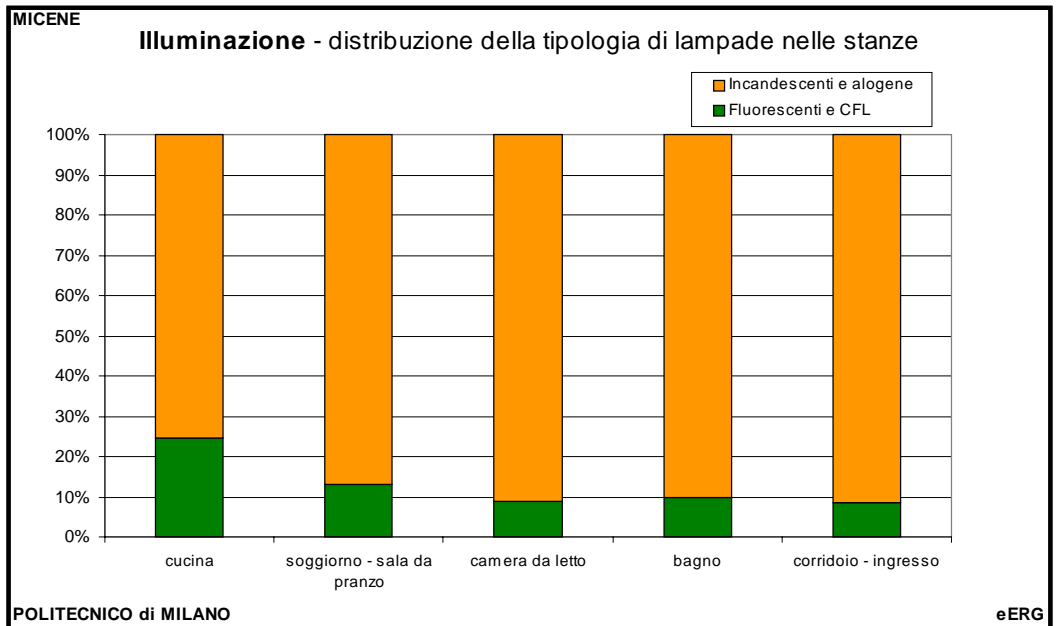


FIGURA 2
 Illuminazione – Potenza installata per tipologia di stanza.

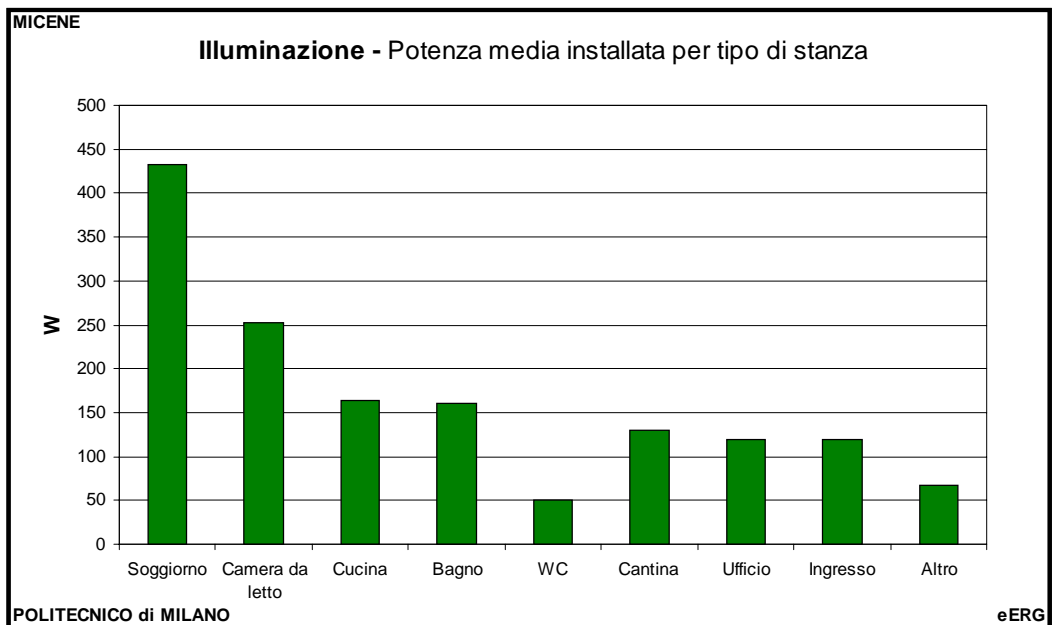
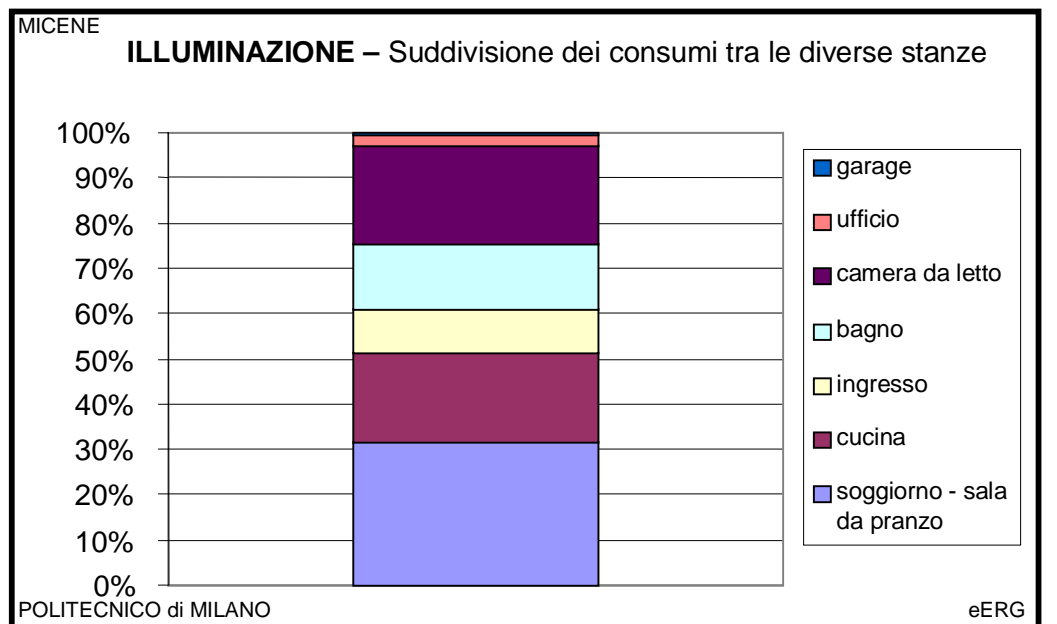


FIGURA 3
 Illuminazione – Struttura dei consumi per tipologia di stanza



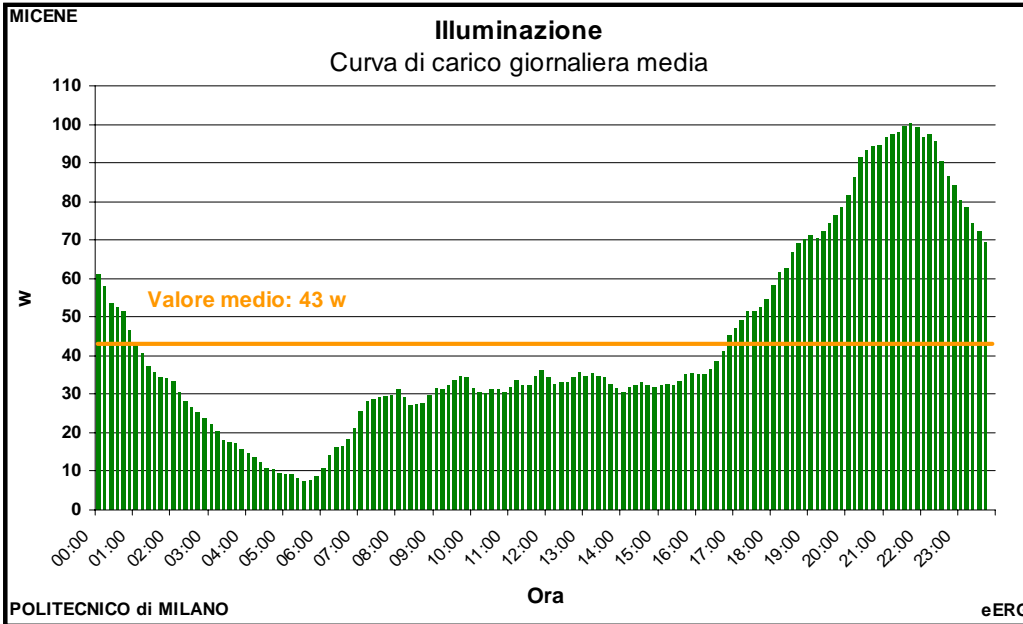


FIGURA 4
Illuminazione – Curva di carico giornaliera media valutata su tutto il periodo di durata della campagna di monitoraggio

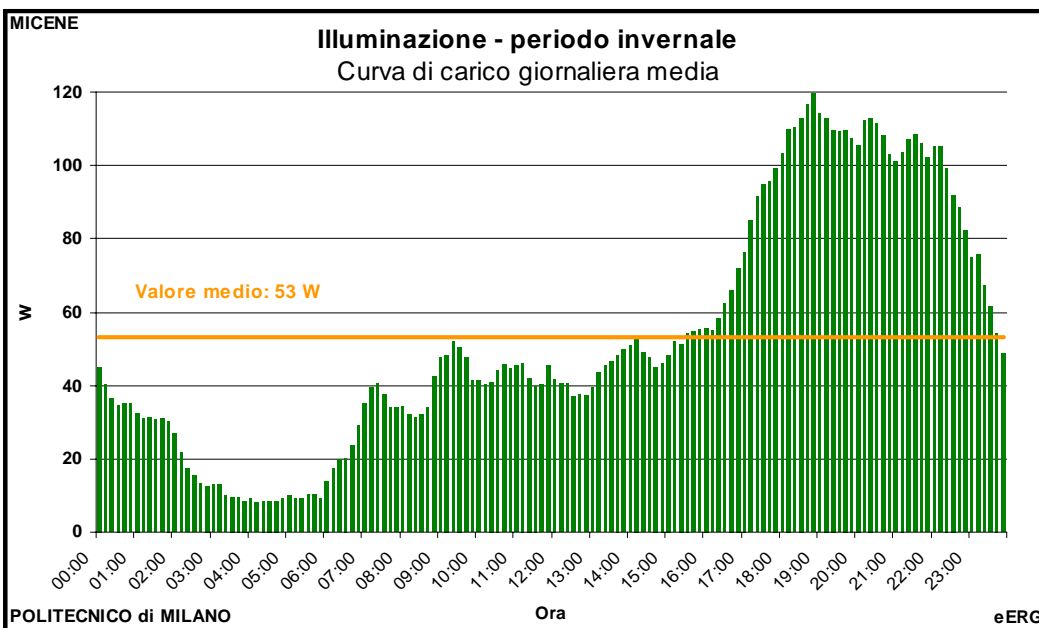


FIGURA 5
Illuminazione – Curva di carico giornaliera media relativa al periodo invernale. La curva tiene conto dei dati raccolti fra il 01/12/2000 e il 15/03/2001

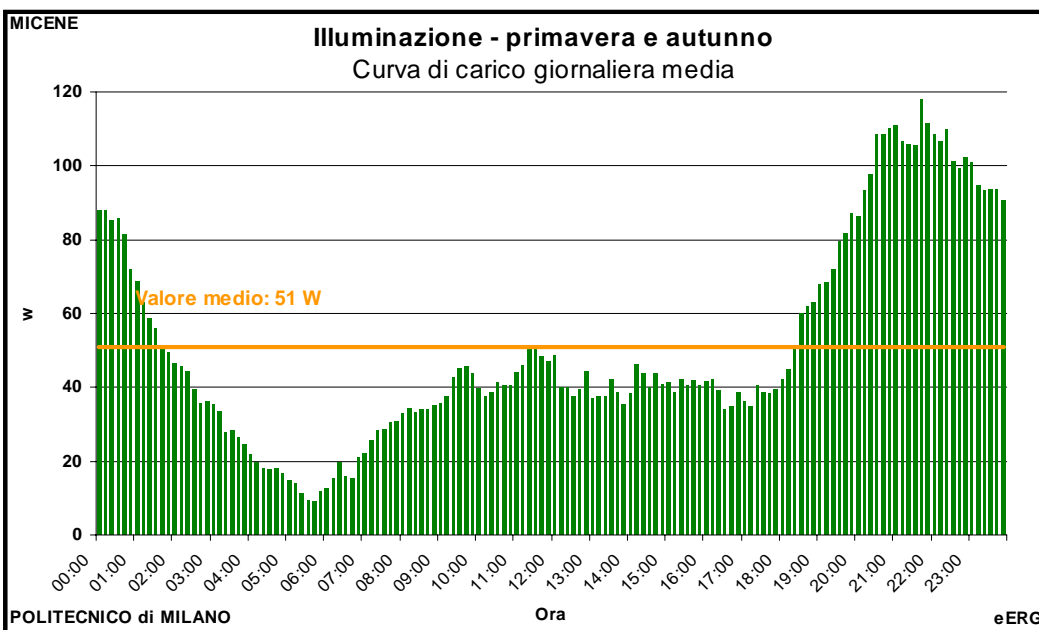


FIGURA 6
Illuminazione – Curva di carico giornaliera media relativa a primavera e autunno. La curva tiene conto dei dati raccolti nei periodi che vanno dal 21/09/2000 al 30/11/2000 e dal 21/03/2001 al 30/05/2001

FIGURA 7

illuminazione – Curva di carico giornaliera media relativa all'estate. Il grafico tiene conto dei dati raccolti fra il 04/07/2002 e il 21/09/2000 e fra il 01/06/2001 e il 31/07/2000. Non sono state effettuate misure in agosto

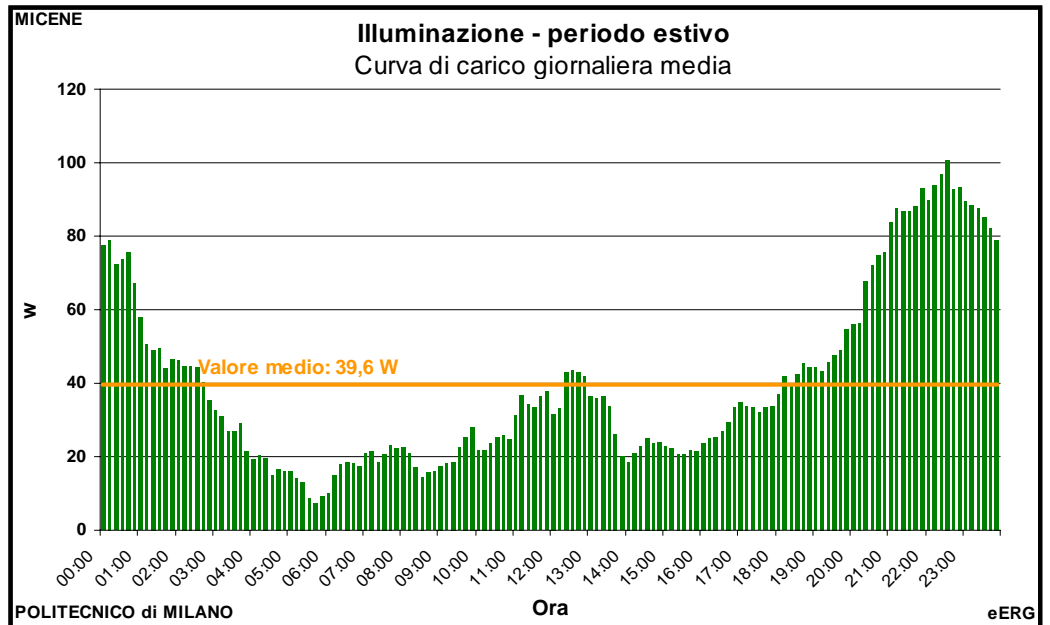


FIGURA 8

illuminazione – Curva di carico giornaliera media relativa a soggiorno e sala da pranzo. I dati di riferimento sono quelli raccolti durante l'intero periodo di durata della campagna di misure

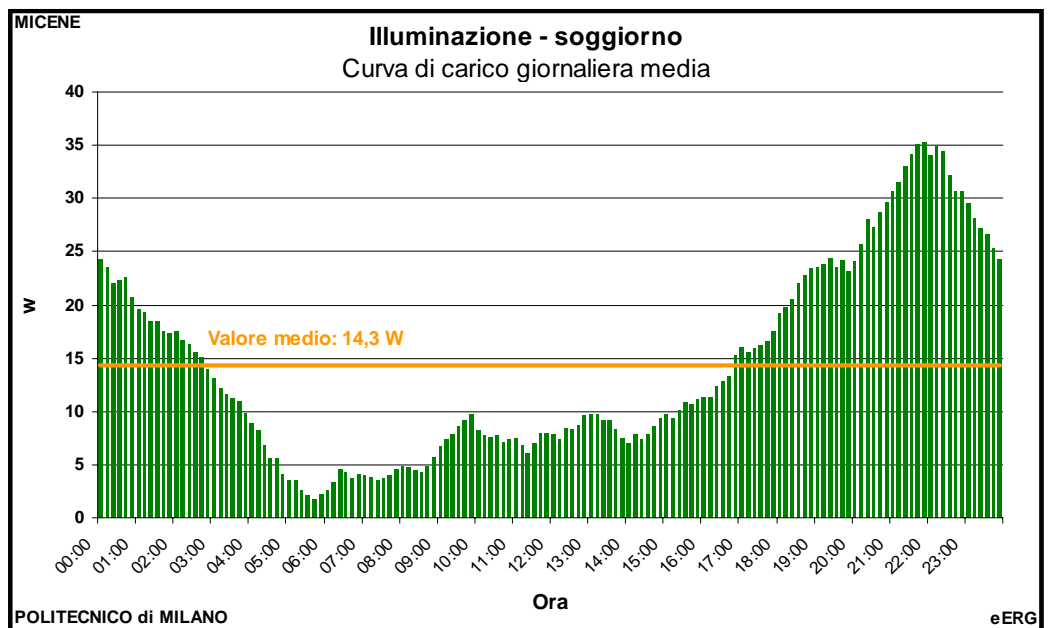
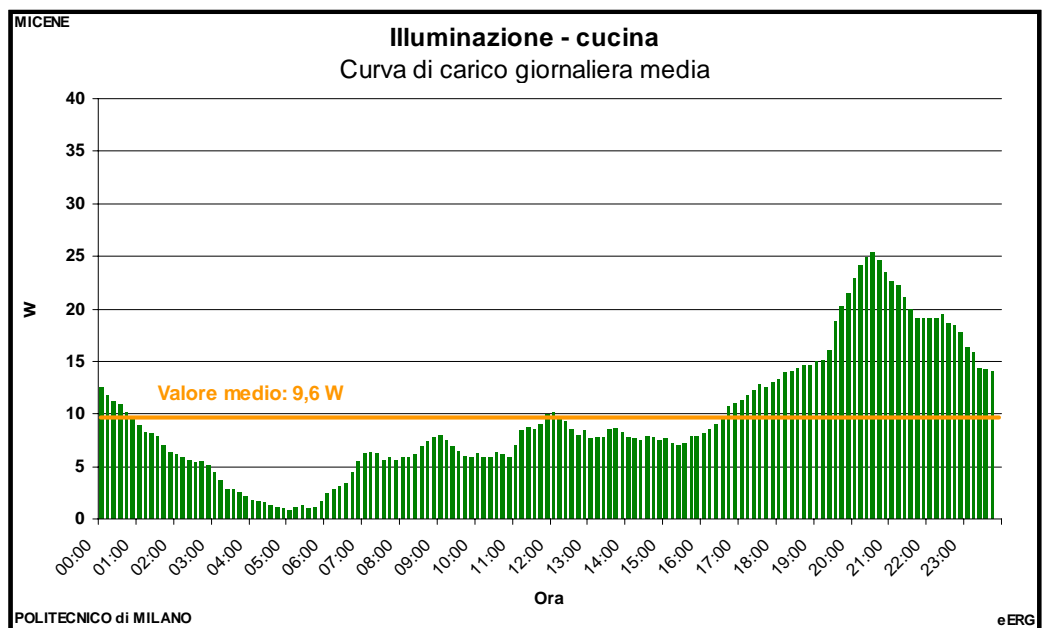


FIGURA 9

illuminazione – Curva di carico giornaliera media relativa alla cucina. I dati di riferimento sono quelli raccolti durante l'intero periodo di durata della campagna di misure



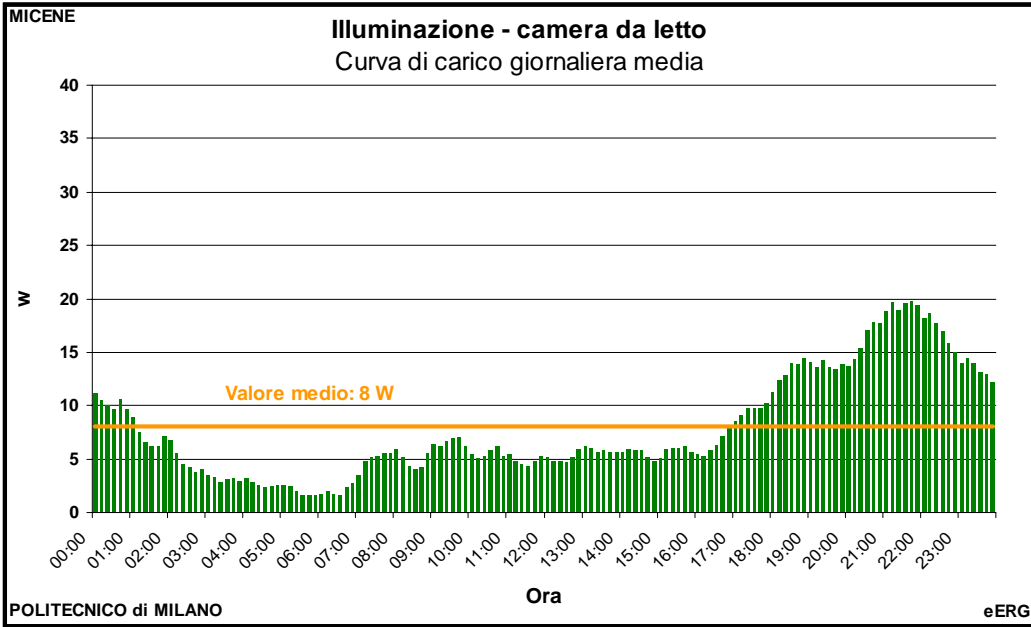


FIGURA10
Illuminazione – Curva di carico giornaliera media relativa alla camera da letto. I dati di riferimento sono quelli raccolti durante l'intero periodo di durata della campagna di misure

Lavabiancheria e lavastoviglie

Lavabiancheria e lavastoviglie sono elettrodomestici oramai largamente diffusi nelle abitazioni. La lavabiancheria, a differenza della lavastoviglie, è presente nella quasi totalità delle abitazioni, come risulta dalla seguente tabella. L'elevata diffusione della lavastoviglie è senz'altro legata alla particolarità del campione di abitazioni monitorate.

<i>Tipo di elettrodomestico</i>	<i>Numero</i>
Lavabiancheria	96
Lavastoviglie	49

Tabella 1. Numero di lavabiancheria e lavastoviglie monitorate

Lavabiancheria

Caratteristiche del campione monitorato

Accanto alle misure puntuali dei consumi, sono state registrate alcune caratteristiche tecniche e le modalità di utilizzo degli apparecchi, informazioni utili per valutare il potenziale di risparmio ottenibile mediante la sostituzione degli elettrodomestici esistenti con altri energeticamente efficienti. Oltre alla marca e all'età degli apparecchi, è stato chiesto alle famiglie utilizzatrici di fornire indicazioni circa la temperatura e la tipologia dei cicli di lavaggio maggiormente utilizzati.

La figura 1 mostra la distribuzione dell'età degli apparecchi monitorati. Ci sono tre classi ugualmente dominanti (dal 22 al 24 %) centrate rispettivamente sugli intervalli 2-4, 5-7, 8-10 anni. Una rilevante porzione di elettrodomestici (circa il 36%) ha meno di 4 anni d'età.

Consumi medi annui

Il consumo medio annuo misurato per le lavabiancheria è pari a **224 kWh/anno**.

La figura 2 mostra la distribuzione, in percentuale, del consumo annuale degli apparecchi monitorati. Si nota che la classe dell'intervallo 150-250 kWh/anno rappresenta il 37 % delle lavabiancheria, mentre il 70 % di esse consuma meno di 250 kWh/anno.

Analizzando i consumi in funzione dell'età degli apparecchi, si vede che mediamente il consumo degli apparecchi più vecchi è più elevato.

A questo risultato si giunge studiando l'evoluzione di una modalità di utilizzo di riferimento, che coincide col ciclo di lavaggio del cotone a 60°. Naturalmente il consumo di una lavabiancheria dipende fortemente dal tipo di ciclo di lavaggio che viene scelto e soprattutto dalla temperatura selezionata (gran parte dell'energia, infatti, viene impiegata per scaldare l'acqua).

In alcuni casi l'analisi mostra che per i modelli più recenti si rilevano valori nei consumi di poco superiori alla media.

Curve di carico giornaliera medie

La figura 3 mostra l'andamento della curva media giornaliera della potenza assorbita dalle lavabiancheria. Si evidenzia un picco principale alle 10:00 del mattino (circa 90 W). Un secondo picco, più basso, è rilevato nell'intervallo orario 15:00-16:00 (circa 45 W).

Le figure 4 e 5 mostrano la stessa curva mediata, rispettivamente, sui giorni feriali e sui giorni festivi. L'andamento della curva di carico relativa ai giorni feriali ricalca quello della figura 3 (media su tutti i giorni dell'anno). Nei giorni festivi, invece, si riscontra lo spostamento del picco principale (centrato sulle ore 12:00) e di quello secondario (ore 16:00). Si riscontra, inoltre, un incremento della potenza assorbita intorno alle 19:00.

Le curve mostrano che l'uso delle lavabiancheria è prevalente durante il giorno.

Lavastoviglie

Per le lavastoviglie è stata condotta un'analisi del tutto simile alle lavabiancheria.

La figura 6 mostra la distribuzione dell'età degli elettrodomestici. Si nota che la classe dominante è centrata sull'intervallo 5-7 anni d'età (circa il 25 %), mentre il 15 % degli apparecchi ha meno di un anno.

Consumo medio annuo

Il consumo medio annuale stimato per le lavastoviglie è pari a **369 kWh**, con un numero medio di cicli all'anno pari a 255.

Le informazioni a disposizione non ci permettono di verificare se il valore di 255 cicli/anno sia realmente rappresentativo dell'utilizzo medio dei possessori di lavastoviglie in Italia, anche se la consistenza e la distribuzione del campione indicano una probabile rappresentatività del dato.

In ogni caso quello che appare in modo chiaro è un consumo medio di 1.45 kWh/ciclo.

Paragonando il valore del consumo medio misurato in Italia con quello misurato in altri Paesi, si rilevano delle differenze. In Danimarca si registrano 289 kWh/anno, in Grecia 157 kWh/anno e in Portogallo 256 kWh/anno. I consumi delle lavastoviglie sembrano dipendere fortemente dalle abitudini degli utenti.

La figura 7 mostra la distribuzione, in percentuale, del consumo annuo degli apparecchi monitorati. La classe relativa all'intervallo 0-150 kWh/anno rappresenta il 20 %, e la classe compresa fra 250 e 300 kWh/anno rappresenta il 14 %.

Come accadeva per le lavabiancheria, anche per le lavastoviglie per il campione a disposizione non risultano evidenze di una dipendenza dei consumi dall'età. Risulta comunque difficile effettuare ipotesi in questo senso, dato il numero non considerevole di lavastoviglie monitorate e la dipendenza del consumo dal modo in cui le stesse vengono utilizzate.

Curve di carico giornaliere medie

La figura 8 mostra l'andamento della curva di carico giornaliera media delle lavastoviglie. Le figure 9 e 10 mostrano la stessa curva relativa ai giorni feriali e ai giorni festivi.

La curva di carico giornaliera media presenta tre picchi: un picco principale, individuato nell'intervallo fra le 22:00 e le 23:00; un picco secondario, individuato fra le 15:00 e le 16:00; e il picco della mattina, centrato sulle 10:00. La curva mediata sui giorni feriali rispecchia l'andamento di quella generale, mentre per i giorni festivi la posizione dei due picchi è invertita (il picco principale cade nell'intervallo 15:00-16:00).

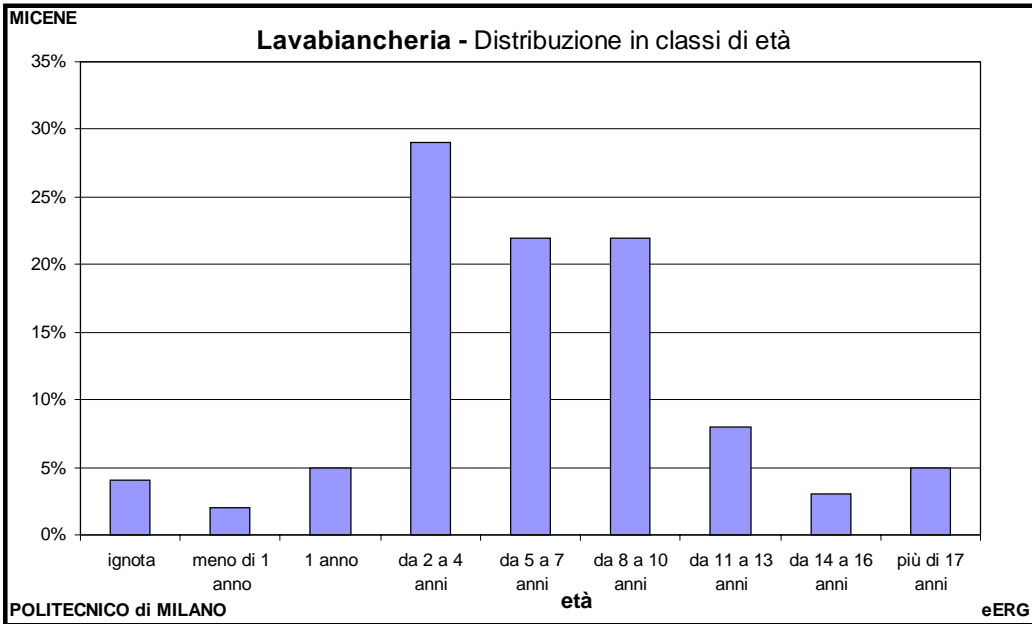


FIGURA 1
Lavabiancheria – Distribuzione in classi d'età degli apparecchi monitorati

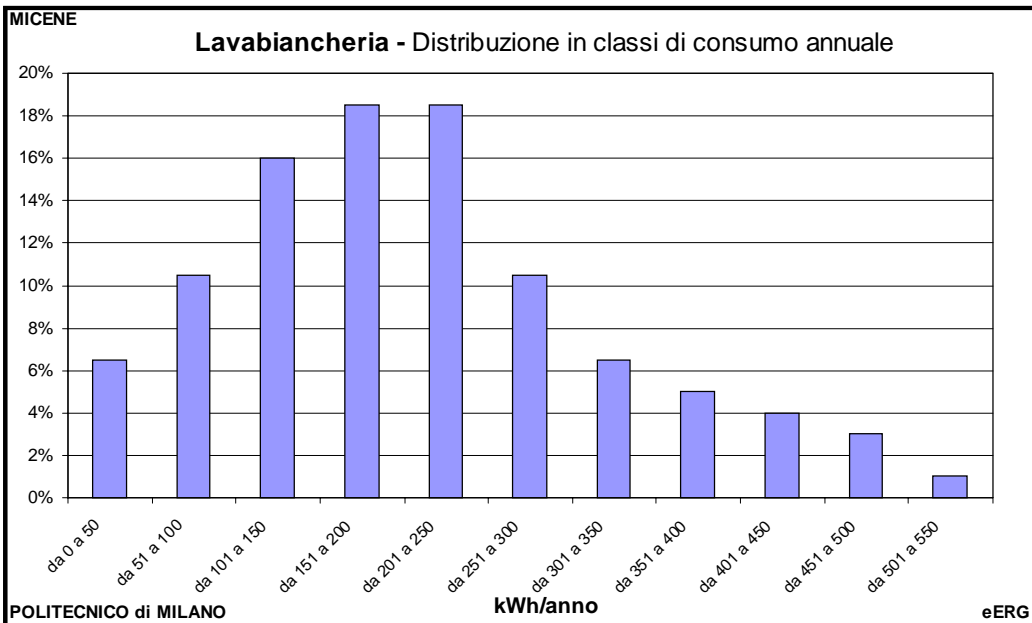


FIGURA 2
Lavabiancheria – Distribuzione degli apparecchi in classi di consumo annuale. Le classi dominanti sono quelle relative ai valori 150-200 kWh/anno e 200-250 kWh/anno

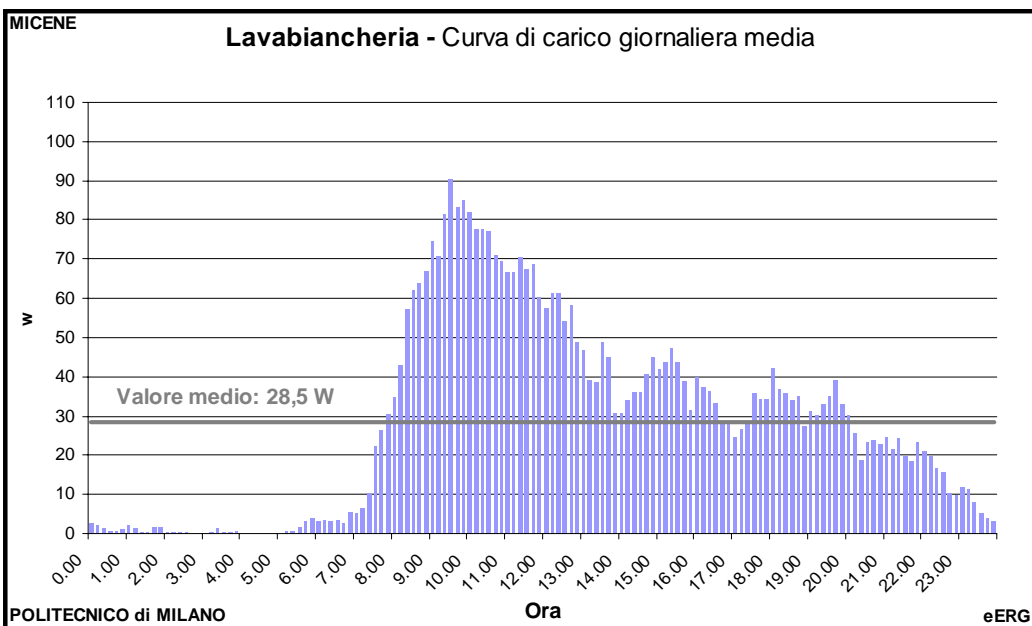


FIGURA 3
Lavabiancheria – Curva di carico giornaliera media relativa a tutti i giorni dell'anno

FIGURA 4
Lavabiancheria – Curva di carico giornaliera media relativa ai giorni feriali

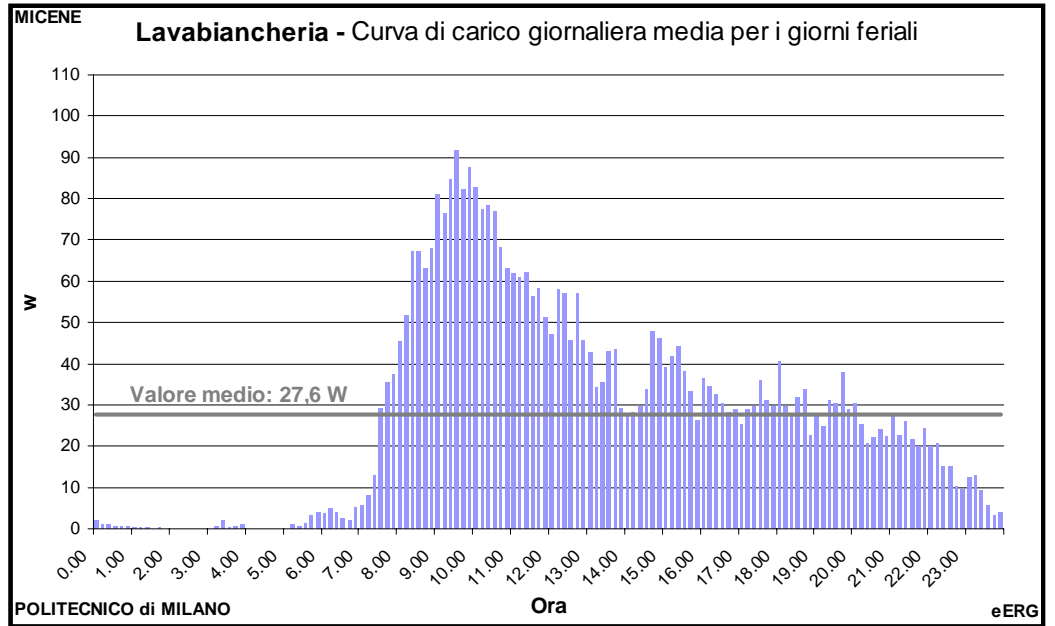


FIGURA 5
Lavabiancheria – Curva di carico giornaliera media relativa ai giorni festivi

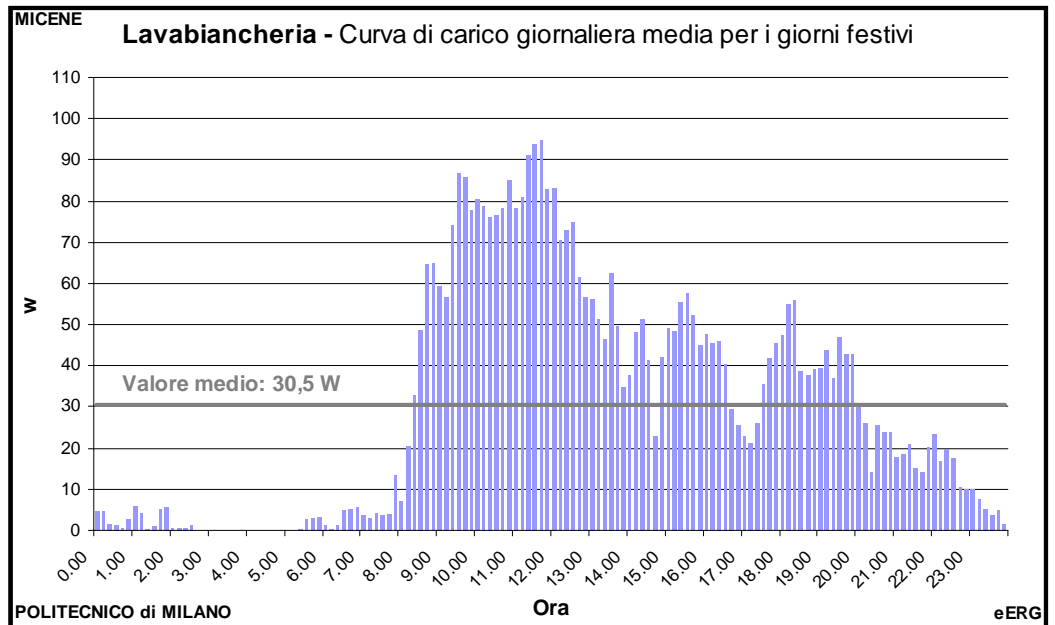
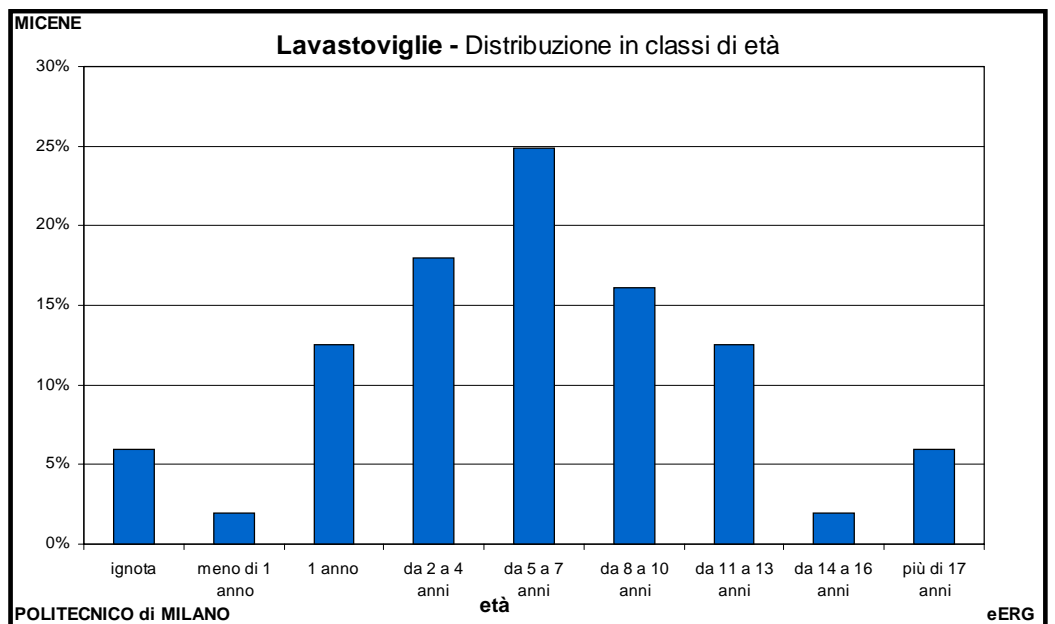


FIGURA 6
Lavastoviglie – Distribuzione in classi d'età degli apparecchi monitorati



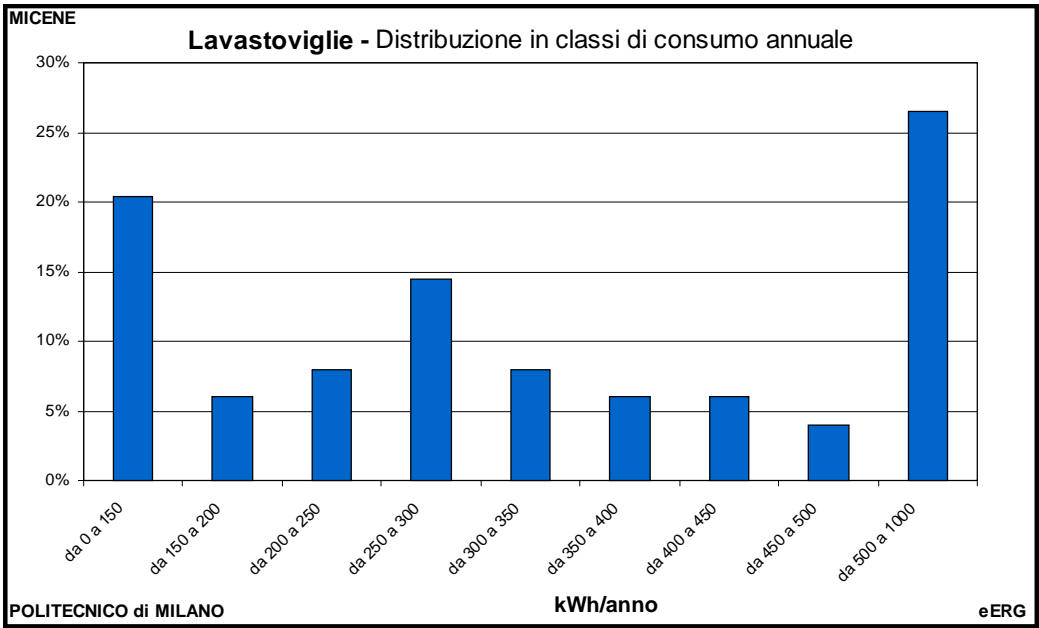


FIGURA 7
Lavastoviglie – Distribuzione degli apparecchi in classi di consumo annuale

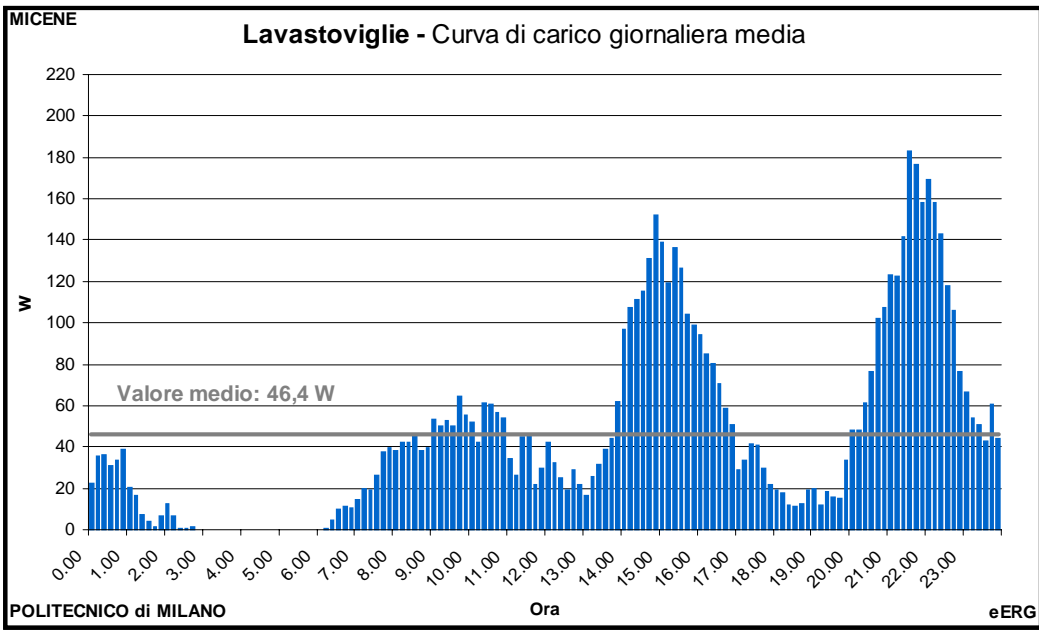


FIGURA 8
Lavastoviglie – Curva di carico giornaliera media relativa a tutti i giorni dell'anno

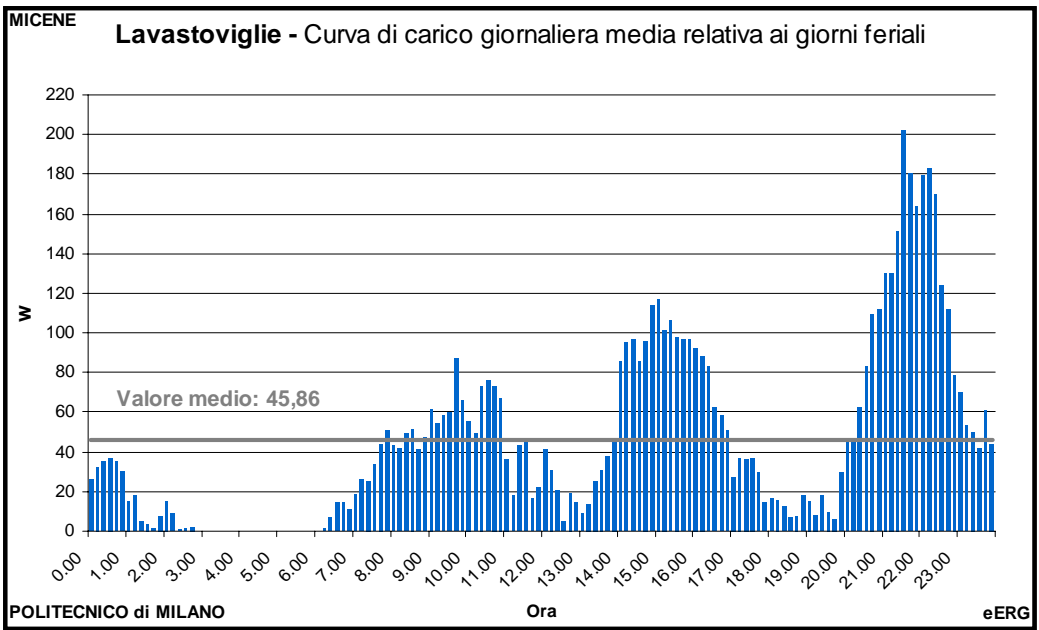
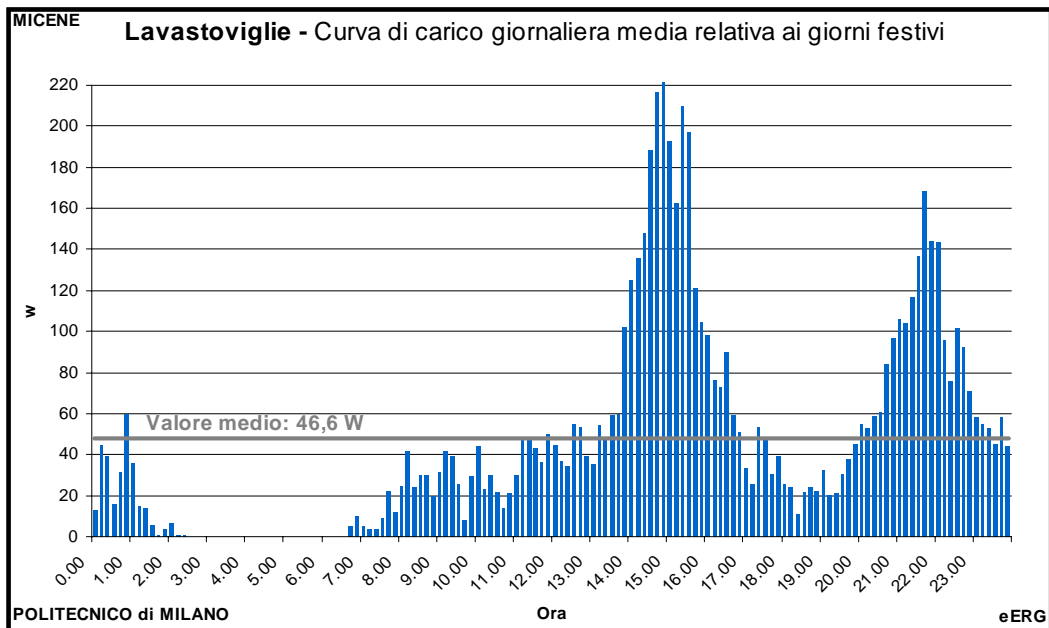


FIGURA 9
Lavastoviglie – Curva di carico giornaliera media relativa ai giorni feriali

FIGURA 10
Lavastoviglie – curva di carico giornaliera media relativa ai giorni festivi



Scaldacqua elettrici

Uno degli obiettivi della campagna di monitoraggio è stata l'acquisizione di conoscenze relative al funzionamento dei boiler elettrici per la produzione di acqua calda sanitaria. Ad essi, infatti, è imputabile una quota rilevante del consumo di energia elettrica, nel settore domestico, con notevoli potenziali di risparmio, mediante impiego di soluzioni tecnologiche molto più efficienti da un punto di vista sia energetico che economico.

Non è possibile utilizzare i dati di diffusione degli scaldacqua elettrici presso il campione monitorato per una stima della penetrazione attuale dei boiler elettrici presso le utenze domestiche italiane, dal momento che la dotazione di un boiler elettrico è stato uno dei requisiti aggiuntivi per la scelta di alcune abitazioni. Il reperimento di abitazioni con scaldacqua elettrico è stato comunque difficoltoso in quanto esso è molto diffuso soprattutto in zone in cui non è ancora presente la rete del gas metano.

Nell'arco temporale che va da luglio 2000 a luglio 2001 sono stati monitorati, in diverse regioni, **19 boiler elettrici** per un minimo di 3 settimane, come riportato in tabella 1.

<i>Regione</i>	<i>Numero di boiler monitorati</i> N°	<i>Durata media campagna</i> [giorni]
Lombardia	3	32
Piemonte	12	27
Lazio	11	22
Italia	19	25

Tabella 1: numero di boiler elettrici monitorati e durata media della campagna di misure

Gli apparecchi monitorati, a parte un apparecchio di 10 litri, avevano tutti una **capacità** di 80 litri.

La **potenza media** installata è di 1255 W, essendo 1050 W il valore minimo e 1435 W quello massimo, come si può vedere in figura 1.

Per ciascuno degli apparecchi monitorati è stato calcolato, come rapporto tra il consumo totale per il periodo di monitoraggio e il numero totale di giorni di durata della campagna, il **consumo giornaliero medio**. La distribuzione del consumo giornaliero medio, dei 19 boiler, si trova in figura 2.

Il valore medio è di 4.15 kWh, il valore massimo è di 7.74 kWh, il valore minimo è di 0.41 kWh.

In figura 3 si trova la **curva di carico media** dei boiler elettrici. Essa è chiaramente caratterizzata da due picchi, il primo intorno alle 9:00 e il secondo intorno alle 21:00.

Il valore medio del carico è di 194 W.

FIGURA 1
Boiler elettrici – potenza degli apparecchi installati

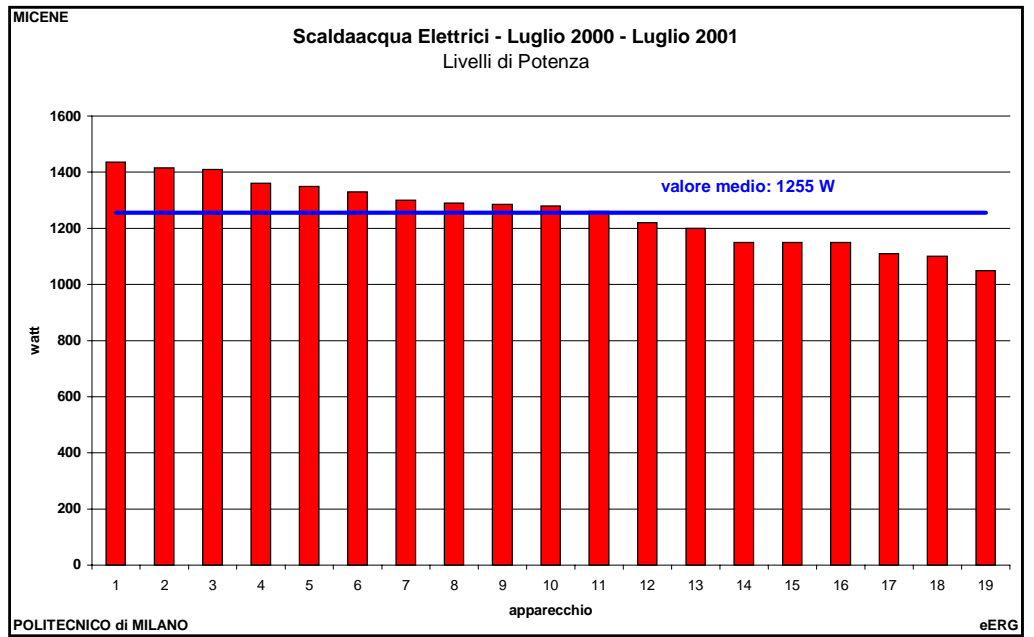


FIGURA 2
Boiler elettrici – Consumo giornaliero medio

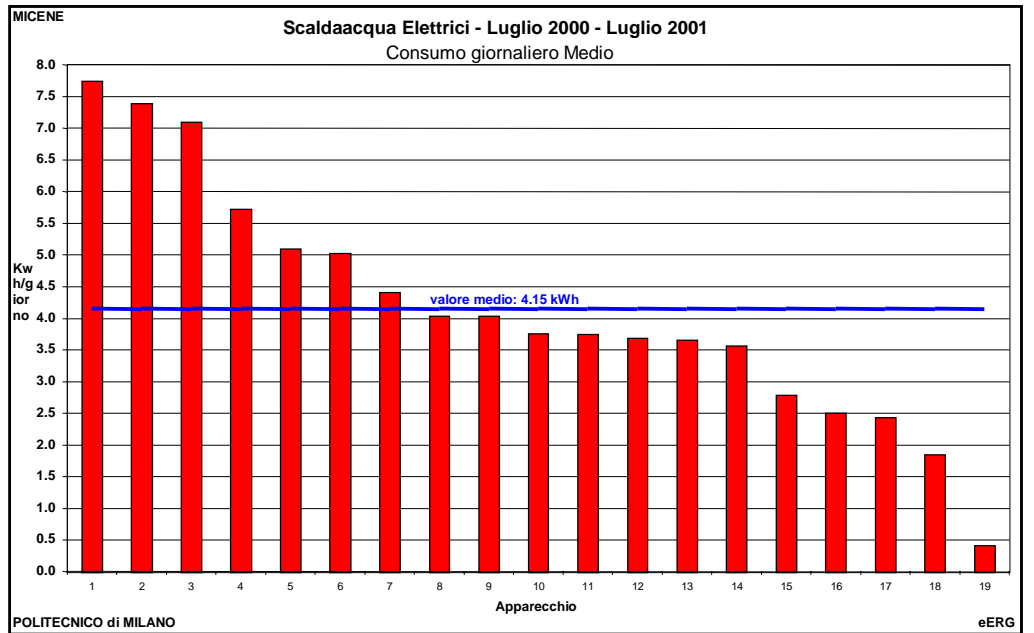
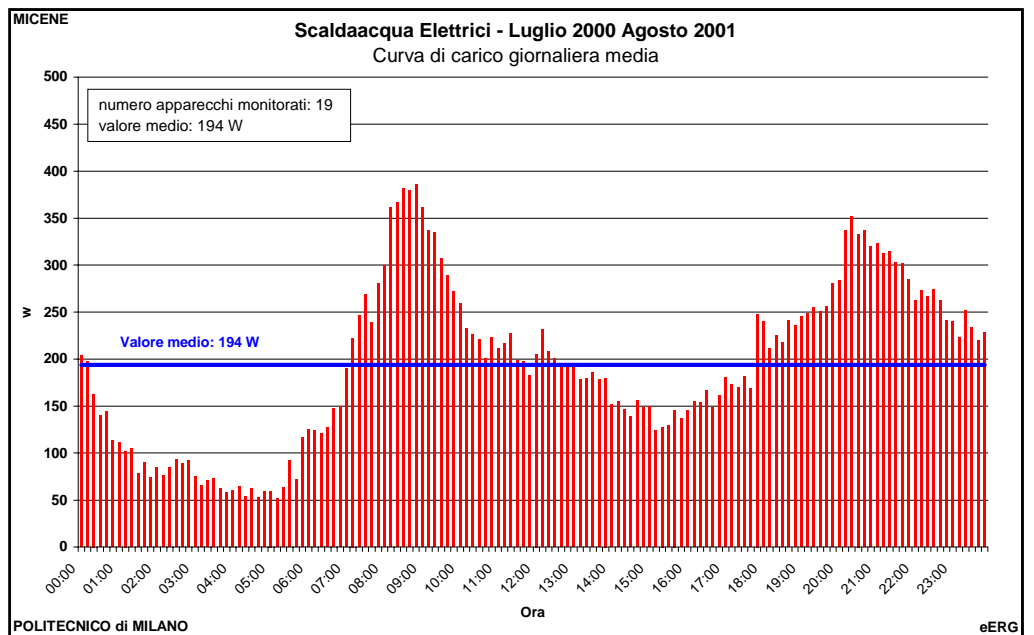


FIGURA 3
Boiler elettrici – Curva di carico media



Apparecchi audiovisivi e Personal Computer

Apparecchi audiovisivi

Caratteristiche del campione monitorato

Nel caso degli apparecchi audiovisivi generalmente sono state effettuate misure globali del principale sito audiovisivo, composto di regola da televisore, videoregistratore ed altri apparecchi come decoder o console playstation.

Numerosi apparecchi, tuttavia, sono stati monitorati individualmente.

La potenza assorbita dagli standby degli apparecchi è stata anche misurata a parte mediante un wattmetro; ciò ha permesso di studiare il peso degli standby rispetto al consumo totale degli elettrodomestici.

Potenza assorbita

La potenza media assorbita da un sito audiovisivo è risultata pari a 160 W nelle condizioni di utilizzo. Il valore massimo è di 305 W, mentre il valore minimo è di 40 W (corrispondente alla sola presenza di un impianto HiFi).

Consumo annualizzato

Il consumo medio annuo è stato analizzato per i siti monitorati con il dispositivo Diace. Il valore medio è pari a 355 kWh/anno, mentre il valore massimo è pari a 1000 kWh/anno (sito che comprende 2 televisori e un impianto HiFi). La classe dominante è quella compresa fra 200 e 300 kWh/anno.

Televisori e videoregistratori

Durante la campagna di misure sono stati monitorati indipendentemente dagli altri apparecchi audiovisivi 89 televisori e 35 videoregistratori.

Le Figura 1 mostra la curva di carico giornaliera media per i televisori, il cui andamento ricalca quello generale per i siti audiovisivi, mentre in Figura 2 viene riportata la curva di carico giornaliera media per i videoregistratori.

Personal computer

I personal computer hanno conosciuto una larghissima diffusione negli ultimi anni, comportando un aumento non trascurabile del consumo di energia elettrica nel settore residenziale. Nella campagna di misure sono state monitorate 57 postazioni di lavoro che comprendono, nella maggior parte dei casi, l'unità centrale del PC, un monitor, una stampante e un modem. In alcuni casi erano presenti anche scanner, casse, ecc.

Consumo medio annuo

Il consumo medio annuo per i personal computer è pari a 132 kWh/anno. La classe dominante è quella relativa all'intervallo 50-100 kWh/anno: il 52 % delle postazioni consuma meno di 100 kWh/anno. La seconda classe, per importanza, raggruppa il 14 % delle postazioni di lavoro, che consumano fra 200 e 250 kWh/anno.

Curva di carico giornaliera media

La Figura 3 mostra la curva di carico oraria media per le postazioni monitorate durante l'intera campagna di misure. La curva evidenzia un picco della domanda di potenza alle 19:00.

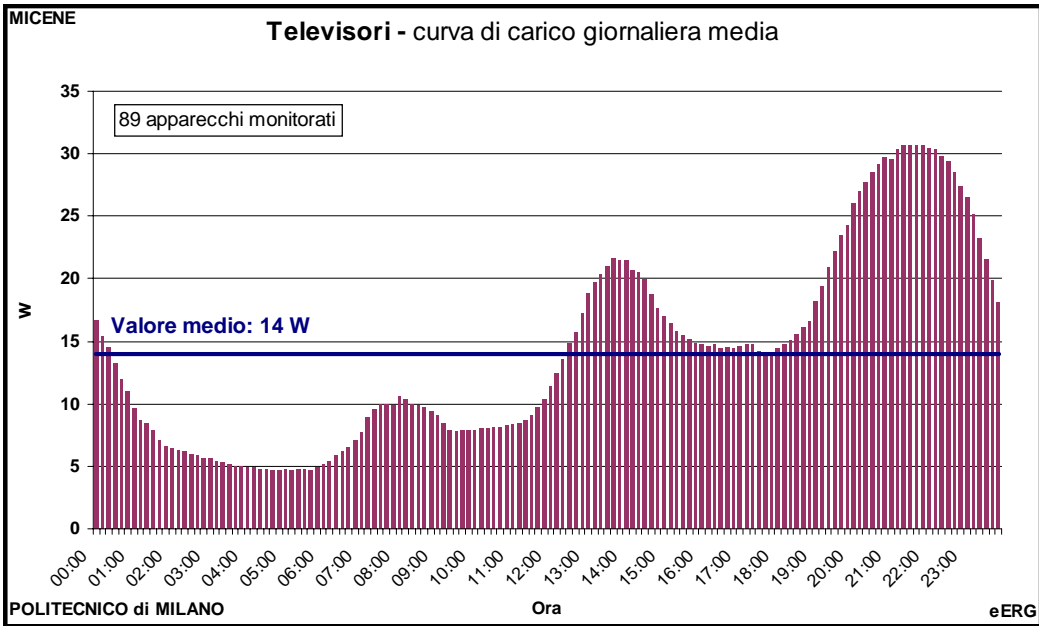


FIGURA 1
Televisori – Curva di carico giornaliera media.

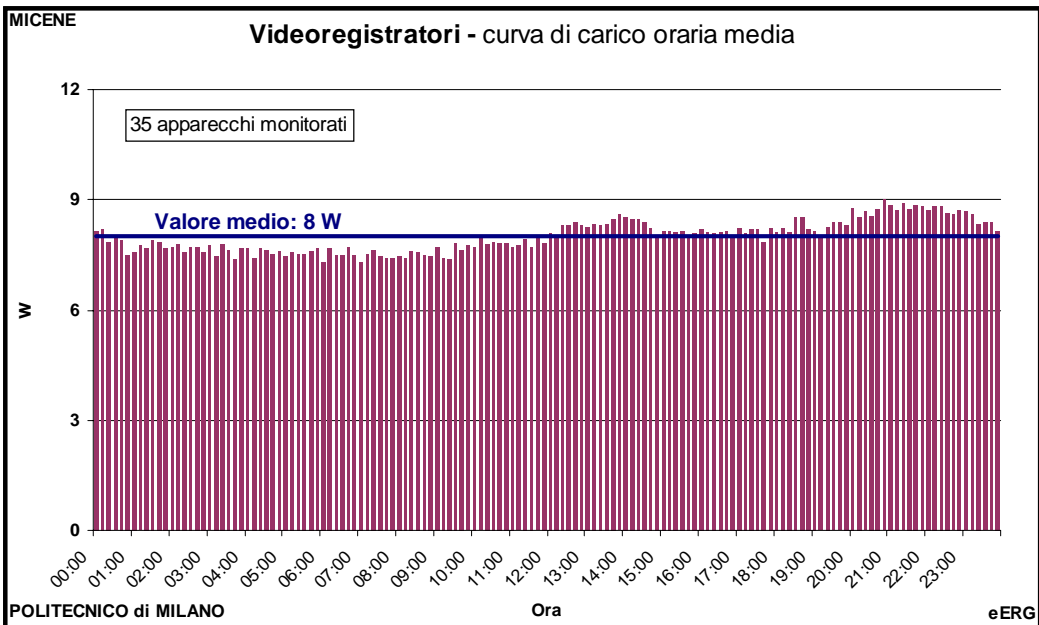


FIGURA 2
Videoregistratori – Curva di carico giornaliera media.

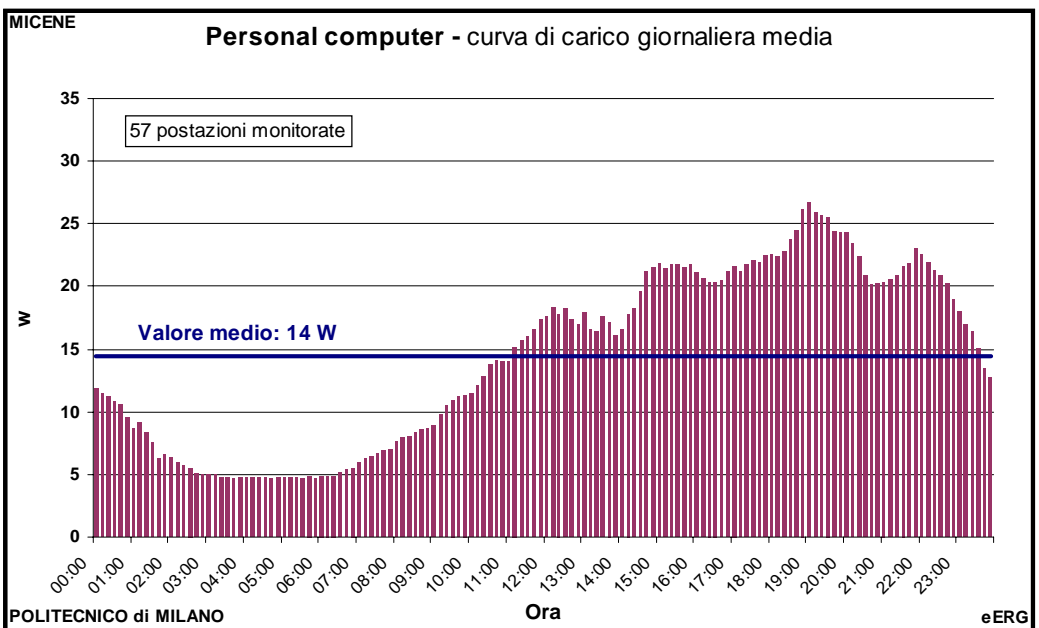


FIGURA 3
Personal computer - Curva di carico giornaliera media.

Appendice: gli strumenti di misura

Le misure effettuate durante la campagna di misura comprendono:

- il monitoraggio del contatore generale all'interno delle abitazioni
- il monitoraggio delle apparecchiature elettriche domestiche mediante il sistema ***Diace***, che permette di misurare in modo individuale il consumo di energia e la potenza assorbita
- la misura della temperatura ambiente all'interno delle abitazioni.
- il monitoraggio di ogni sorgente di luce mediante uno speciale sistema elettronico chiamato ***Lamp meter***.

Di seguito vengono descritti nel dettaglio gli strumenti di misura.

Il sistema ***Diace***

Il sistema ***Diace*** è in grado di misurare sia l'energia consumata, sia la potenza assorbita dagli apparecchi in un dato intervallo di campionamento.

La misura dell'energia è relativa ai consumi complessivi dell'intervallo di campionamento prescelto (nella campagna di misure eseguita l'intervallo è stato di 10 minuti).

La misura della potenza assorbita, invece, è sempre relativa al valore medio degli ultimi 10 secondi dell'intervallo di campionamento prescelto, qualunque sia la sua lunghezza.

La misura delle grandezze viene trasferita attraverso la rete elettrica dell'appartamento ad un apparecchio in grado di memorizzare i dati. Questo strumento, chiamato ***Collector***, è collegato a un modem in grado di inviare da remoto ogni notte i dati raccolti a un computer centrale. A partire dai dati, così immagazzinati, vengono eseguite tutte le analisi.

La Figura 1 mostra l'architettura dell'intero sistema di monitoraggio.

Il sistema è particolarmente adatto al tipo di misure effettuate per tre ragioni principali:

- 1) quasi tutto il materiale risulta nascosto durante la campagna di misura e non vengono stesi cavi nell'appartamento,
- 2) la raccolta e il trasferimento dei dati avviene in maniera automatica.

Le caratteristiche di ciascun componente sono le seguenti:

- ***Diace plug*** dispositivo di misura dell'energia elettrica (di dimensioni 12x5,5x6,5 cm), installato fra la spina e la presa della corrente elettrica. Permette di misurare
 - l'energia, con una precisione del 2 %,
 - la potenza, con una precisione del 5 %.

- Sensore della temperatura (composto da una scatola e da un sensore), è in grado di misurare la temperatura in un range di valori che va da -30 a $+50^{\circ}\text{C}$, con una risoluzione di $0,1^{\circ}\text{C}$. L'errore massimo è di $0,3^{\circ}\text{C}$ per l'intervallo compreso fra $+15^{\circ}\text{C}$ e $+25^{\circ}\text{C}$. Anche in questo caso le misure vengono inviate al collector attraverso la rete elettrica.
- Collector (di dimensioni $25 \times 19 \times 5$ cm), installato in corrispondenza del telefono, ha una duplice funzione: ogni 10 minuti si occupa di interrogare (attraverso onde convogliate sulla rete elettrica) i dispositivi di misura disseminati per l'appartamento, registrandone i dati; ogni notte trasferisce i dati raccolti a un computer centrale mediante il modem a cui è collegato.
- Computer, costituisce l'ultimo anello della catena dell'intero sistema di misura. Permette l'acquisizione quotidiana dei dati inviati dal collector e la preparazione degli stessi per la successiva analisi.

Ogni tipo di misura (energia, potenza, voltaggio e temperatura) è stata effettuata ogni 10 minuti esattamente nello stesso istante, in modo da garantire un'analisi precisa e coerente. I dati trasmessi al computer sono stati raccolti, per ogni giorno della campagna, in un file e successivamente inseriti in un database.

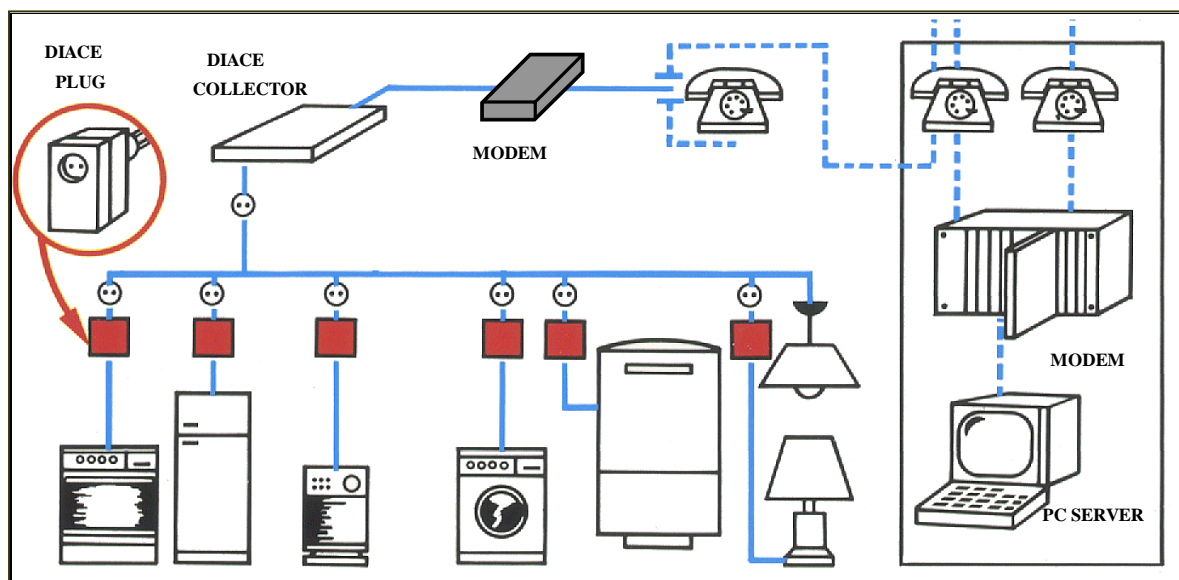


Figura 1. Schema dell'intero sistema di misura.

Il sistema *Lamp meter*

Questo sistema di misura è stato sviluppato da Enertech, il principale partner del progetto, e permette di monitorare in modo individuale ogni sorgente di luce. Si tratta di uno strumento in grado di registrare, attraverso un sensore, l'accensione o meno di una sorgente di luce per ogni intervallo di tempo prestabilito, che può andare da un minuto a un'ora (per la nostra campagna di misure è stato scelto l'intervallo di 10 minuti, analogamente a quanto fatto per il Diace). Il ***Lamp meter*** permette, inoltre, di conoscere il numero totale di accensioni della sorgente luminosa a cui è applicato.

Esso consiste di:

- un micro-controller a basso consumo,
- una memoria ad alta capacità,
- una batteria al litio,
- un indicatore della modalità operativa dello strumento (indica se il ***Lamp meter*** attivo oppure no).

Un ***Lamp meter*** è stato installato in corrispondenza di ogni punto luce, per un massimo di 15 punti luce per appartamento.

Bibliografia

- eERG - end-use Efficiency Research Group, Politecnico di Milano 2003: Includere l'efficienza di uso finale nei mercati dell'energia elettrica e del gas, atti del workshop, 29 gennaio 2003, Milano.
- L. Pagliano, P. alari, A. Pindar, Proposte per l'armonizzazione degli interessi economici degli operatori con l'obiettivo di aumento dell'efficienza elettrica negli usi finali, rapporto per l'ENEA, maggio 1999.
- Sidler O., Ademe, "Etude Experimentale des appareils électroménagers à haute efficacité énergétique en situation réelle", progetto Ecodrome, rapporto finale, gennaio 1998.
- Enertech et Al., End-use metering campaign in 400 households of the European Community, Assessment of the Potential Electricity Savings, rapporto finale, gennaio 2002.

*Questi ed altri rapporti sono consultabili su sito
www.eerg.it*