



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici.

Parte I: caratteristiche e potenzialità di prova

Parte II: caratteristiche, prime prove e potenzialità del laboratorio
FIRELAB

*Parte I: G.Leonardi, M.G.Villani, V.Longoni, V.Tarantini GP.Bottani, D.Scarano,
R Pollidori*

Parte II: M.G.Villani, V.Longoni, GP.Bottani, V.Tarantini, G.Leonardi

IL LABORATORIO ENEA SUGLI ELETTRODOMESTICI DEL FREDDO E FORNI ELETTRICI.

PARTE I: CARATTERISTICHE E POTENZIALITÀ DI PROVA

PARTE II: CARATTERISTICHE, PRIME PROVE E POTENZIALITÀ DEL LABORATORIO FIRELAB

Parte I: G. Leonardi, M.G. Villani, V. Longoni, V. Tarantini GP. Bottani, D. Scarano, R Pollidori, (ENEA)

Parte II: M.G. Villani, V. Longoni, GP. Bottani, V. Tarantini, G. Leonardi, (ENEA)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: "Studio e valutazione sull'uso razionale dell'energia: strumenti e tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi"

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici.

Questo report è diviso in due parti:

- Parte I: caratteristiche e potenzialità di prova (di G. Leonardi, M.G. Villani, V. Longoni, V. Tarantini GP. Bottani, D. Scarano, R. Pollidori)
 - INTRODUZIONE
 - LABORATORIO DI PROVA
 - CAPACITÀ DI PROVA
 - STRUMENTAZIONE
 - LABORATORIO TARATURE
 - INCERTEZZE DI MISURA
 - SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI
 - NORME E PROCEDURE
- Parte II: caratteristiche, prime prove e potenzialità del laboratorio FIRELAB (di M.G. Villani, V. Longoni, GP. Bottani, V. Tarantini e G. Leonardi)
 - RIASSUNTO
 - INTRODUZIONE
 - LABORATORIO DI PROVA
 - LABORATORIO FIRELAB
 - Strumentazione
 - Incertezze di misura
 - Preparazione dei forni elettrici
 - Sistema di acquisizione dat
 - Norme e procedure di riferimento
 - CAPACITA' DI PROVA
 - PRIMI RISULTATI
 - RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE PER IL FORNO 1
 - Prove di preriscaldamento
 - Prova di precisione del dispositivo di comando
 - Prove di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico
 - RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE PER IL FORNO 2
 - Prova di preriscaldamento
 - Prove di precisione del dispositivo di comando
 - Prove di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico
 - STIME DEGLI IMPEGNI IN TERMINI DI ORE/UOMO E DI COSTI
 - BIBLIOGRAFIA
 - APPENDICE

Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici.

Parte I: caratteristiche e potenzialità di prova

*G. Leonardi, M.G. Villani, V. Longoni, V. Tarantini GP. Bottani,
D. Scarano, R. Pollidori*

Sommario

INTRODUZIONE	3
LABORATORIO DI PROVA	4
CAPACITÀ DI PROVA	8
STRUMENTAZIONE	9
LABORATORIO TARATURE	15
INCERTEZZE DI MISURA	17
SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI	19
NORME E PROCEDURE	21

INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE-ENEA, la IIIa annualità del Piano Annuale di Realizzazione prevede all'interno del Progetto 3.1 (STUDI E VALUTAZIONI SULL'USO RAZIONALE DELL'ENERGIA) al punto B. (Implementazione e controllo dell'etichettatura energetica e dei requisiti di Ecodesign) l'ampliamento della gamma di prodotti che potranno essere testati presso il laboratorio ENEA di Ispra e il supporto per la creazione di altri laboratori di prova all'interno e all'esterno dei laboratori ENEA; questo implica il potenziamento del laboratorio ENEA di Ispra in funzione delle nuove prove necessarie per la caratterizzazione della nuova tipologia di prodotti da testare. Il potenziamento del laboratorio ENEA di Ispra verrà trattato in dettaglio in questa sezione.

Nelle precedenti annualità il laboratorio di Ispra è stato potenziato con l'acquisizione di nuovi strumenti. In particolare, il laboratorio è stato adattato per effettuare prove su forni elettrici ed è stato anche predisposto per testare le prestazioni energetiche di piccoli elettrodomestici con l'acquisto di una nuova camera climatica dedicata.

Il sistema comunitario di etichettatura energetica e la direttiva Eco-Design hanno spinto i produttori a migliorare i propri apparecchi e i laboratori di misura ad attuare una revisione dei protocolli e delle procedure da seguite durante le prove per la verifica dell'efficienza energetica degli apparecchi domestici. In quest'ottica il Laboratorio ENEA di Ispra ha proseguito la sua attività di misure su apparecchi del freddo e forni e in parallelo, il laboratorio, è stato potenziato in funzione di nuovi test e nuovi prodotti previsti nelle Direttive.

Qui di seguito verranno descritte le caratteristiche specifiche del laboratorio, indicando i tipi di apparecchi su cui è possibile eseguire test, le capacità di prova, la strumentazione esistente e in particolare la nuova strumentazione acquisita.

LABORATORIO DI PROVA

I Laboratori ENEA Ispra hanno predisposto un laboratorio di prova per poter effettuare misure di prestazioni energetiche su elettrodomestici del freddo, su forni (i.e. si veda Fig. 1) e, su piccoli elettrodomestici (i.e. macchine da caffè, ferri da stiro, ecc.). Le prove condotte hanno lo scopo di determinare: i) il consumo energetico degli apparecchi domestici in base alla normativa Comunitaria vigente; ii) le prestazioni degli apparecchi; iii) l'impatto sulle prestazioni causato dall'ambiente esterno e dalle abitudini degli utenti; iv) l'efficienza dei componenti; v) studi sperimentali su prototipi innovativi.



Figura 1: Sinistra: Misure su due frigocongelatori. Destra: misure su forno.

Il laboratorio di prova, come si vede in Fig. 2, consiste principalmente di due camere climatiche *walk-in* (indicate qui di seguito rispettivamente come "CC1" e CC2"), adibite alle prove sugli elettrodomestici del freddo (Laboratorio ICELAB) e sui forni (Laboratorio FIRELAB) e una camera climatica di dimensioni ridotte (CC3) dedicata ad effettuare test su piccoli apparecchi domestici (Fig. 3). In Fig. 4. è raffigurata lo schema di una camera climatica del laboratorio ICELAB utilizzata per i test sui frigoriferi.



Logo Laboratorio ICELAB

Nel laboratorio FIRELAB, al posto degli apparecchi del freddo, vengono posizionati e predisposti alle prove i forni elettrici.



Logo Laboratorio FIRELAB

Le caratteristiche delle camere climatiche sono riportate in dettaglio in Tab. 1. Le camere climatiche e la strumentazione specifica per effettuare le prove sui vari apparecchi domestici sono supportate da un laboratorio elettromeccanico e da un laboratorio di taratura interno.



Figura 2: Laboratorio di prova visto dall'alto con le tre camere climatiche.

Caratteristiche tecniche delle camere climatiche	Camera climatica <i>walk-in</i> CC1 GDF	Camera climatica <i>walk-in</i> CC2 Angelantoni	Camera climatica CC3 Weiss Umwelttechnik modello WK3-1500/40
Dimensioni interne	2.40m x [W] 5.20m x [L] 2.95m [H] 12m ² -37m ³	2.40m x [W] 5.40m x [L] 3.55m [H] 13m ² - 46m ³	1.475m x [W] 1.10m x [L] 0.95m [H] 1.62m ² -1.54m ³
Superficie e volume utile	11m ² 33m ³	12m ² 36m ³	1.56m ² 1.48m ³
Temperatura di esercizio	+10°C a +48°C	+0°C a +75°C	-45°C a +180°C prove termiche +1°C a +95 °C prove climatiche
Gradiente verticale	< 1°C/m	<1 °C/m	n/d
Umidità relativa	30% - 90%	30% - 90%	10% a 98%
Velocità aria	< 0.25m/s	< 0.25m/s	n/d
Potenza elettrica massima assorbita	18kW	43kW	Ca. 11.5 kW
Potenza termica massima smaltibile	1000W	1000W	4200W prove termiche 500W per T tra +25 e +90 °C e u.r. fino 90% prove climatiche

Tabella 1: Caratteristiche tecniche delle tre camere climatiche utilizzate nei laboratori ICELAB e FIRELAB



Figura 3: la camera climatica a dimensioni ridotte CC3.

ICELAB

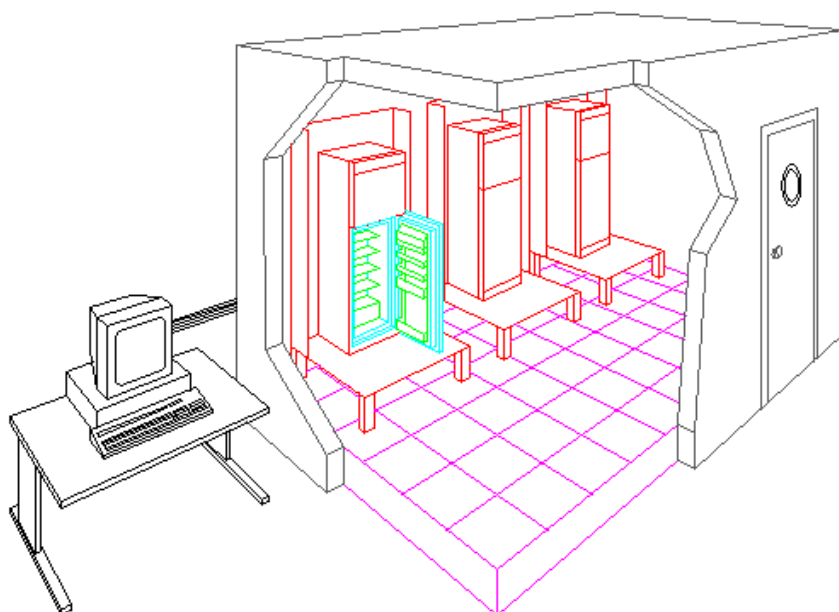


Figura 4: Schema della camera climatica per la prove sugli apparecchi del freddo (ICELAB)

CAPACITÀ DI PROVA

Nei laboratori ICELAB e FIRELAB si ha la capacità di prova di testare simultaneamente fino a tre elettrodomestici del freddo per camera climatica, in base al tipo di prova e alle dimensioni, e due forni elettrici.

La maggior parte dei test condotti sugli elettrodomestici del freddo vengono effettuati in base alla normativa Comunitaria e si focalizzano sulle prestazioni e consumi energetici degli apparecchi. In particolare, questi consentono di stabilire:

- Dimensioni lineari, superfici e volumi;
- Temperature di conservazione;
- Consumo di energia;
- Tempo di risalita della temperatura di conservazione;
- Prova di congelamento.

In ambito R&D, i laboratori ENEA di Ispra effettuano altre prove sugli elettrodomestici del freddo:

- Prove con apertura porte;
- Prove di *Reverse heat leakage*, ossia misure di dispersione termica dell'involucro;
- Pull down...

Per i forni le prove vengono effettuate secondo normativa Comunitaria e riguardano principalmente:

- Dimensioni lineari, superfici e volumi;
- Consumo di energia.

Il laboratorio può anche sviluppare procedure di misura nuove e ad hoc per esigenze di ricerca, sviluppo o su prototipi.

Per gli elettrodomestici del freddo, la capacità di prova risulta mediamente di 60/70 apparecchi/anno; la capacità di prova del laboratorio dipende in maniera significativa dalla tipologia di prove da eseguire, alcune hanno una durata di poche ore altre di diversi giorni.

Per i forni la capacità di prova indicativamente è di 80/100 apparecchi/anno; anche per i forni vale la considerazione fatta per gli elettrodomestici del freddo.

STRUMENTAZIONE

Nei laboratori ICELAB e FIRELAB, le prove sperimentali sugli apparecchi domestici del freddo e sui forni si traducono nella misura di grandezze fisiche (i.e. temperatura, umidità, potenza elettrica degli apparecchi, grandezze geometriche,...) caratteristiche degli apparecchi stessi in determinate condizioni ambientali garantite all'interno delle camere climatiche. La strumentazione utilizzata è riportata in Tab. 2.

Grandezza fisica	Strumenti	NOTE
Camere climatiche <i>walk-in</i>		
Umidità relativa	Igrometri capacitivi SIAP UM9730 Range dal 10% a 100% u/r Precisione: ±2% tra 10% e 80% u/r ±3% tra 80% e 100% u/r	Misura l'umidità relativa all'interno della camere climatiche.
Velocità e temperatura dell'aria	Anemometro Dantec ConfortSense range v da 0.05m/s fino a 5m/s range T da -20°C a 80°C (Fig. 5)	Lo strumento è utilizzato per misurare la velocità dell'aria all'interno delle camere climatiche. Le verifiche sulla velocità dell'aria sono fatte periodicamente.
Misure sulle prestazioni		
Temperatura	termoresistenze Pt100 Tersid (Fig. 6) termocoppie di tipo K Tersid termocoppie di tipo T Tersid (Fig. 7)	Sensori di forma e dimensioni diverse a seconda dell'uso specifico: misure in aria, nei pacchi test, su superfici, ...
Potenza elettrica	Convertitori di potenza elettrica Scientific Columbus DGLogic DL5CA2 Range di misura da 0 a 1000 W Precisione del ±(0.1% d.l. +0.05% f.s.).	Tutti i convertitori di grandezze elettriche sono collegati con il sistema di acquisizione dati che converte il segnale nella grandezza fisica relativa e ne memorizza il valore nella memoria interna.
Tensione di rete	Convertitori di tensione, Range 0-250V ENERDIS TRIAD IEC688	
Corrente elettrica	Convertitori di corrente Range 0-5A ENERDIS TRIAD IEC688	
Frequenza di rete	Convertitori di frequenza Range: 45-55Hz ENERDIS TRIAD IEC688	

Grandezza fisica	Strumenti	NOTE
Misure sulle prestazioni/tarature		
Grandezze elettriche: Tensione, Corrente, frequenza, ...	-Multimetro digitale <i>hp</i> 3458A -Calibratore multifunzione Fluke 5500A:	Il Multimetro digitale viene utilizzato anche nella taratura dei convertitori di grandezze elettriche. Il calibratore è utilizzato, come standard primario, per la calibrazione e la taratura della strumentazione di laboratorio, in particolare, per la verifica del sistema di acquisizione dati.
Dimensioni lineari e masse		
Dimensioni lineari e volumi	Calibri digitali Mauser	Sono utilizzate per misurare le grandezze dimensionali degli apparecchi in prova (lineari, per calcolare superfici e volumi), di simulatori di carico (mattoni e pacchi test), cilindretti di rame ecc.
	Laser scanner 3D	Utilizzato per misure di volume
Massa	Pesa ALSEP	E' utilizzata per determinare il peso dei mattoni (prove forni) e dei pacchi test (prove elettrodomestici freddo), cilindretti di rame ecc.
Tarature		
Temperatura	Bagno termostato Heto Mod. CBN 8-30 e termostato Mod. HMT-200	taratura delle termoresistenze/termocoppie
	Forno termostato Isotech Mod. Gemini 550 B range T da 35°C a 550°C stabilità $\pm 0.05^\circ\text{C}$	taratura delle termoresistenze/termocoppie
	Termoresistenza campione Tersid e termometro digitale Labfacility Range di taratura da -30°C a 300°C Risoluzione termometro 0.01°C	Termoresistenza campione è utilizzata, come standard primario, nel laboratorio tarature per le tarature dei sensori di temperatura utilizzate per le prove: termoresistenze e termocoppie.
	Termocamera FLIR System ThermCAM PM 695 (Fig. 8)	La termocamera permette di ottenere immagini termiche delle superfici riprese. Nel laboratorio viene utilizzata per analisi termiche non intrusiva degli apparecchi in prova.

Tabella 2: Grandezza fisiche misurate nei laboratori ICELAB, FIRELAB e relativi strumenti



Figura 5: Misura della velocità dell'aria (anemometro) e temperatura nella camera climatica



Figura 6: Termoresistenze all'interno dell'elettrodomestico del freddo



Figura 7: Preparazione di una prova sui forni elettrici: disposizione delle termocoppie

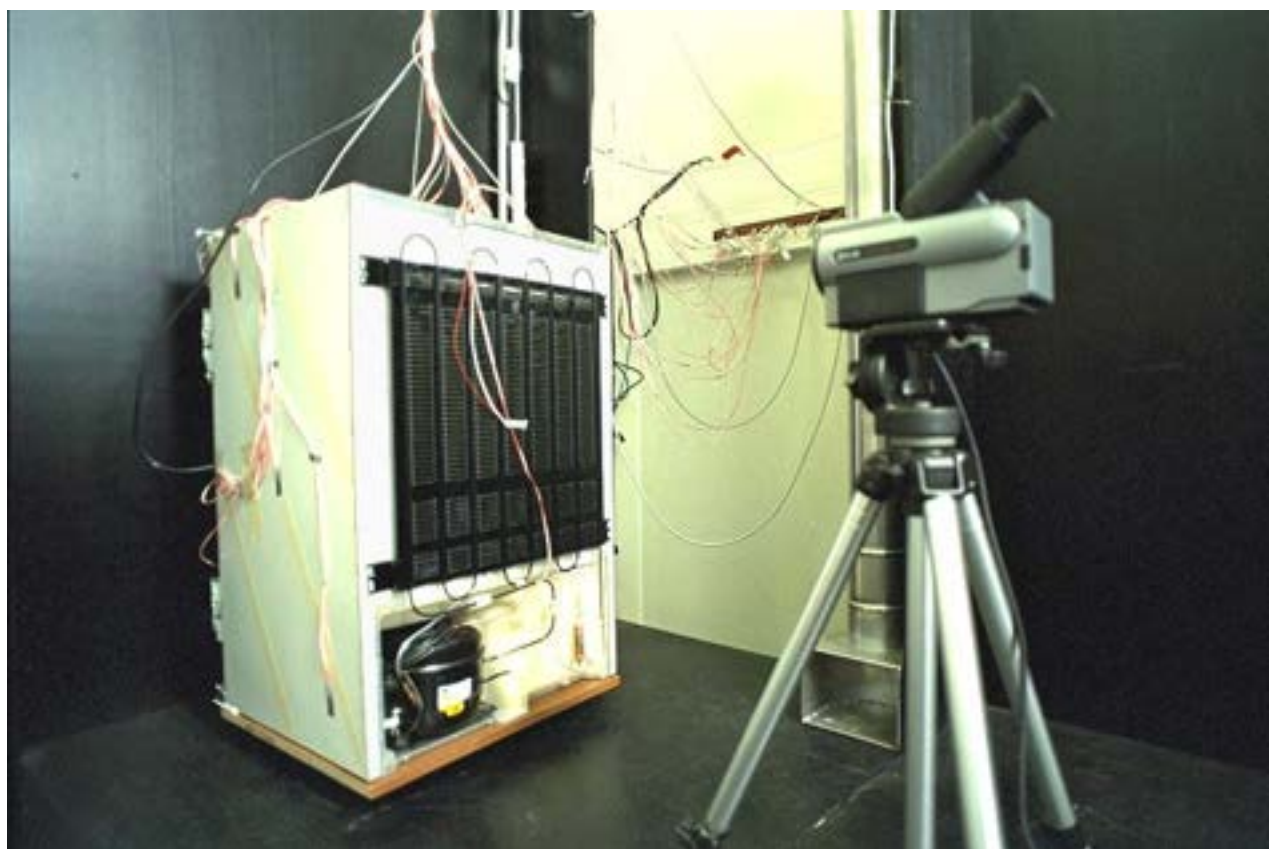


Figura 8: Prova sperimentale di dispersione termica dell'elettrodomestico del freddo: utilizzo della termocamera

SISTEMA DI MISURA LASER SCANNER 3D

Il laboratorio di Ispra si è dotato (luglio 2011) di nuova strumentazione per la misura dei volumi degli elettrodomestici, un laser scanner 3D (Fig. 9).

Per gli elettrodomestici del freddo, la misura del volume è fondamentale per l'assegnazione della classe di efficienza energetica e nella formula di calcolo dell'indice di efficienza viene usato esplicitamente sia il consumo energetico sia il volume netto dell'apparecchio.

Il procedimento di misura è apparentemente semplice, tuttavia la varietà di modelli e la loro complessità rendono la procedura non sempre di facile comprensione e applicazione. Questa incertezza è spesso motivo di diatribe appunto perché gli apparecchi di ultima generazione presentano forme geometriche interne molto più diversificate rispetto al passato e a quanto previsto dalla norma attuale.

L'obiettivo del laser scanner è quello di ricostruire la forma interna dei vani e di poter, a posteriori, fare tutte le elaborazioni del caso. I costruttori possono utilizzare un procedimento simile per le misure dei volumi dei propri prodotti, in quanto ne hanno a disposizione il modello 3D, ma questi modelli non sono pubblici e quindi la procedura non è generalizzabile.

L'utilizzo dello scanner 3D per questa applicazione è a livello molto pionieristico. ENEA vuole studiare anche le possibilità pratiche di semplificazione della misura di volume, nel rispetto della normativa tecnica.

Lo strumento di cui si è dotato il laboratorio è uno scanner tridimensionale ad alta velocità ideale per tutte le attività di misurazione e documentazione che richiedono un elevato grado di dettaglio e precisione. Lo strumento si avvale della tecnologia laser per generare in pochi minuti immagini dettagliate di geometria e ambienti complessi. L'immagine che ne risulta è un insieme di milioni di punti di misurazione 3D a colori che creano una riproduzione digitale esatta delle condizioni esistenti. Dall'immagine 3D è poi possibile risalire alla dimensione di linee, superfici e volumi.



Figura 9: Laser scanner posizionato per misura volume

Principali specifiche tecniche del Laser Scanner

Modello: CAM2® Laser Scanner Focus3D

Unambiguity interval: 153,49 m

Range Focus3D 1201: 0,6 m - 120 m indoor o outdoor con poca luce ambientale e incidenza normale su superficie riflettente (90%)

Range Focus3D 20: 0,6 m - 20 m con incidenza normale su superfici opache riflettenti >10%

Velocità di misura: 122.000 / 244.000 / 488.000 / 976.000 punti/secondo

Errore di distanza lineare2: ± 2 mm a 10 m e 25 m, con una riflettività del 90% e 10%

Rumore3:

@10 m - dati grezzi: 0,6 mm rms @ 90% refl. | 1,2 mm rms @ 10% refl.

@10 m - rumore filtrato4: 0,3 mm @ 90% refl. | 0,6 mm @ 10% refl.

@25 m - dati grezzi: 0,95 mm @ 90% refl. | 2,2 mm @ 10% refl.

@25 m - rumore filtrato4: 0,5 mm @ 90% refl. | 1,1 mm @ 10% refl.

Deflection unit

Campo visivo verticale: 305°

Campo visivo orizzontale: 360°

Risoluzione verticale: 0,009° (40.960 3D-pixel a 360°)

Risoluzione orizzontale: 0,009° (40.960 3D-pixel a 360°)

Max. velocità di scansione verticale: 5820 rpm o 97 Hz

Laser (trasmettitore ottico)

Potenza laser (cw Ø): 20 mW (laser classe 3R)

Lunghezza d'onda: 905 nm

Divergenza del raggio: 0,16 mrad (0,009°)

Diametro del raggio (in uscita): 3,8 mm, circolare

Gestione dei dati e controllo

Memorizzazione dei dati: SD, SDHC™, SDXC™; inclusa una scheda da 32 GB

Unità colore Controllo dello scanner: mediante display touchscreen

Risoluzione: fino a 70 megapixel a colori

Funzionalità colore dinamica: adeguamento automatico della luminosità

LABORATORIO TARATURE

Scopo del laboratorio tarature è la gestione, la manutenzione e la verifica periodica di tutti i sensori e di tutta la strumentazione utilizzata nei laboratori di prova al fine di garantire che tutte le misurazioni siano eseguite con il grado di accuratezza richiesto.

Alcuni strumenti vengono verificati e tarati periodicamente presso laboratori esterni certificati o presso i produttori degli strumenti. È il caso del calibratore multifunzione, della termoresistenza campione, degli igrometri capacitivi e degli anemometri.

I sensori di temperatura (termocoppie e termoresistenze), i convertitori di potenza elettrica, di tensione, di corrente e gli acquisitori dati vengono verificati all'interno del laboratorio, in base alla normativa Comunitaria di riferimento, seguendo i protocolli elaborati dai Laboratori ENEA Ispra.

Fanno parte del laboratorio tarature anche strumenti utilizzati come standard primari. Ossia il calibratore multifunzione per le grandezze elettriche (i.e. tensione, corrente, potenza) e la termoresistenza campione per la temperatura.

Il laboratorio dispone di un bagno e di un forno termostato (Fig. 10) per la taratura dei sensori di temperatura. Di un multimetro digitale per la taratura dei convertitori di grandezze elettriche che viene tarato periodicamente presso laboratori certificati SIT.



Figura 10: calibrazione di termoresistenze e termocoppie. Sinistra: forno termostatico. Destra: bagno termostatico.

INCERTEZZE DI MISURA

Le incertezze sulle grandezze fisiche misurate (i.e. temperatura, umidità relativa, potenza elettrica) sono riassunte nella Tab. 3 sottostante. Queste stime vengono calcolate i) considerando gli errori di misura delle variabili da cui le grandezze fisiche dipendono e ii) metodi per la propagazione degli errori.

Grandezza	Range di misura	Incertezza	Norma UNI-EN-ISO 15502	Norma EN 50304
TEMPERATURA			$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
Termoresistenza PT100 1/10 DIN	$-30\div 100^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.11^{\circ}\text{C}$		
Termoresistenza PT100 1/5 DIN	$-30\div 100^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.16^{\circ}\text{C}$		
Termocoppia tipo K	$20\div 300^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.57^{\circ}\text{C}$		
Termocoppia tipo T	$20\div 300^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.41^{\circ}\text{C}$		
UMIDITA'			$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ espresso come punto di rugiada	
Misura in corrente	$20\div 100\%$	$\pm 0.92\% \text{ Ur}$	a 25°C $50\% \text{Ur}$ $\pm 1.2\% \text{Ur}$	
Misura in tensione	$20\div 100\%$	$\pm 1.11\% \text{ Ur}$	a 25°C $50\% \text{Ur}$ $\pm 1.2\% \text{Ur}$	
POTENZA ELETTRICA			$\pm 1\text{W}$	$\pm 10\text{W}$
Con convertitore (out 0-1mA) e misura in tensione	$0\div 1000\text{W}$	$\pm 0.82\text{W}$		
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	$0\div 1000\text{W}$	$\pm 0.68\text{W}$		
ENERGIA ELETTRICA GIORNALIERA			$\pm 1\%$	$\pm 1.5\%$ o 10Wh
Con convertitore (out 0-1mA) e misura in tensione		$\pm 0.48\text{Wh}$		
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente		$\pm 0.48\text{Wh}$		
TENSIONE ELETTRICA				$\pm 0.5\%$
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	$200\div 250\text{V}$	$\pm 0.2\text{V}$		a $230\text{V} \pm 1.2\text{V}$

CORRENTE ELETTRICA				
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	0÷5A	± 3.1mA		
MASSA				± 3g
Con bilancia digitale	0÷4000g	< 0.3g		
TEMPO				± 5s
Con clock PC		<<± 1s		

Tabella 3: Stime degli errori di misura confrontate con i valori previsti dalla normativa di riferimento.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

Una rappresentazione dello schema del sistema acquisizione dati è fornito dalle Fig. 11 e 12 (acquisizione dati per laboratorio ICELAB).

Per ciascuna camera climatica vi sono due/tre postazioni di misura (i.e. in Fig. 10 sono rappresentati le postazioni di tre frigocongelatori). Per ogni postazione le rilevazioni vengono effettuate con un acquisitore modello *hp34970A* dotato di schede *multiplexer* modello *hp34901A* (tre per ogni acquisitore).

Si può accedere in remoto a tutti gli acquisitori dati (interfaccia GPIB) grazie al fatto che questi sono collegati alla rete locale LAN mediante un dispositivo di rete, *gateway*, GPIB/LAN modello *hp5810A*. La rilevazione delle misure e la programmazione degli acquisitori viene quindi gestita attraverso la rete locale con il software Agilent Benchlink. Quest'ultimo permette il controllo di ciascun acquisitore in modo indipendente.

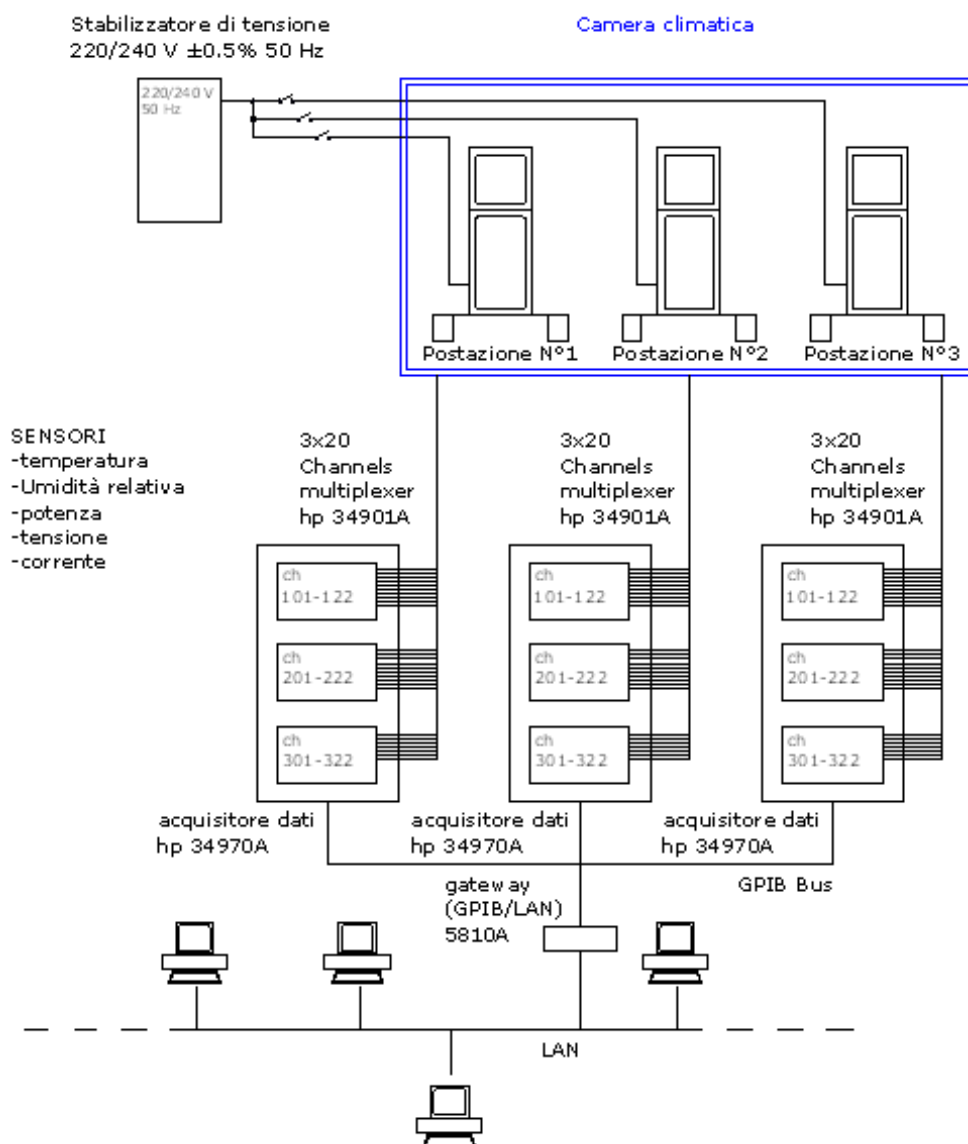


Figura 11: Schema del sistema di acquisizione dati del laboratorio ICELAB



Figura 12: Particolari del sistema di acquisizione dati. In alto a sinistra: calibratore e multimetro per taratura. In alto a destra: acquisitore. In basso: il sistema di acquisizione completo della camera climatica.

NORME E PROCEDURE

Le norme e procedure utilizzate all'interno del laboratorio si inseriscono nel quadro legislativo europeo ed italiano. Queste sono riassunte nella Tab 4. sottostante.

NORME	CONTENUTO
Norme generali	
UNI-CEI-EN ISO/IEC 17025 (2000)	Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura
UNI ISO 5725-1 (2004)	Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione. Parte 1: Principi generali e definizioni
UNI 10127 (1992) sperimentale	Guida per la definizione degli intervalli di taratura di strumenti di misurazioni. Parte 1: Criteri generali
UNI 10127 (1992) sperimentale	Guida per la definizione degli intervalli di taratura di strumenti di misurazioni. Parte 2: Intervalli consigliati di strumenti per misurazioni di dimensioni lineari, angolari e geometriche
UNI 10824-1 (2000)	Prove non distruttive. Termografia all'infrarosso. Termini e definizioni
Norme di riferimento elettrodomestici del freddo	
UNI-EN-153 (2006)	Metodi di misurazione del consumo di energia elettrica e delle caratteristiche associate dei frigoriferi, conservatori e congelatori di utilizzo domestico e loro combinazioni
UNI-EN-ISO-15502 (2006)	Apparecchi di refrigerazione per uso domestico Caratteristiche e metodi di prova
UNI-EN-ISO-23953-1 (2006)	Mobili refrigerati per esposizione e vendita. Parte 1: Vocabolario
UNI-EN-ISO-23953-2 (2006)	Mobili refrigerati per esposizione e vendita. Parte 2: Classificazione, requisiti e condizioni di prova
Norme di riferimento forni elettrici	
CEI EN 50304 (2003)	Forni elettrici per uso domestico - Metodi per la misura del consumo di energia
CEI EN 60350 (2000)	Cucine, fornelli, forni e apparecchi per grigliare elettrici per uso domestico Metodi per la misura delle prestazioni
CEI EN 60335-2-6	Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare Parte 2: Norme particolari per cucine, fornelli, forni ed apparecchi similari per uso domestico
CEI 107-32	Cucine e forni elettrici per uso domestico e similare Verifica

NORME	CONTENUTO
	delle prestazioni
Procedure laboratori	
PI-IC-7.5A	Prove su campione in camera climatica
PI-IC-6.3A	Gestione della strumentazione di laboratorio
PI-IC-6.3C	Procedura per taratura di acquisitori dati
PI-IC-6.3B	Procedura per taratura termoresistenze e termocoppie
PI-IC-6.3D	Procedura per taratura di convertitori di potenza attiva

Tabella 4: Le norme e procedure utilizzate all'interno dei laboratori

Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici.

Parte II: caratteristiche, prime prove e potenzialità del laboratorio
FIRELAB

M.G. Villani, V. Longoni, GP. Bottani, V. Tarantini e G. Leonardi

INDICE

RIASSUNTO	4
INTRODUZIONE	5
LABORATORIO DI PROVA.....	6
LABORATORIO FIRELAB.....	8
Strumentazione.....	8
Incertezze di misura.....	10
Preparazione dei forni elettrici	11
Sistema di acquisizione dati.....	14
Norme e procedure di riferimento	16
CAPACITA' DI PROVA.....	17
PRIMI RISULTATI.....	18
RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE PER IL FORNO 1	18
Prove di preriscaldamento (8.1).....	19
Prova di precisione del dispositivo di comando (8.2)	19
Prove di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3)..	19
RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE PER IL FORNO 2	23
Prova di preriscaldamento (8.1).....	24
Prove di precisione del dispositivo di comando (8.2)	24
Prove di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3)..	24
STIME DEGLI IMPEGNI IN TERMINI DI ORE/UOMO E DI COSTI.....	27
BIBLIOGRAFIA	28
APPENDICE	29

RIASSUNTO

Nell'ambito del progetto 3.1, "Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: strumenti e tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi" nell'accordo di Programma MiSE-ENEA, si sono potenziati i Laboratori UTTEI-SISP di Ispra come parte integrante delle attività svolte durante la III annualità. In particolare, una delle camere climatiche *walk-in* presenti è stata predisposta per effettuare misure prestazionali di consumo energetico di forni elettrici. L'insieme costituito dalla camera climatica *walk-in* adibita alle prove di forni elettrici, la strumentazione e le procedure per effettuare i test sulle prestazioni energetiche degli apparecchi sono state denominate laboratorio FIRELAB. Le attività svolte presso il laboratorio FIRELAB possono essere utilizzate anche come supporto per il monitoraggio sull'applicazione della normativa europea sull'etichettatura energetica. L'attività del laboratorio FIRELAB qui presentata mira a descrivere le caratteristiche principali del laboratorio e a fornire i risultati sulle prime misure di consumi e prestazioni di forni elettrici. Si sono condotti test prendendo come riferimento la normativa CEI EN 50304/60350:2010-03. In particolare, si sono determinate le prestazioni dei forni relative a: i) preriscaldamento del forno vuoto; ii) precisione del dispositivo di comando; iii) consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico. Si noti che la prova iii) è quella che consente di controllare la conformità del valore dichiarato dal costruttore relativo al consumo energetico dei forni elettrici. Nel laboratorio FIRELAB si sono condotti test principalmente su due forni elettrici, da cui è risultato che uno di questi forni ha consumi energetici superiori a quelli dichiarati.

INTRODUZIONE

Il Progetto 3.1, "Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: strumenti e tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi" nell'accordo di Programma MiSE – ENEA, ha tra gli obiettivi la realizzazione di strumenti e metodi che mirano alla promozione di tecnologie ad alta efficienza energetica. Lo scopo, infatti, è quello di favorire il mercato di prodotti più performanti e che consumino meno energia sia a livello di componenti, che a livello di sistemi di produzione.

Tra le attività portate a termine vi è stata la creazione di una rete di laboratori italiani in grado di verificare la conformità degli apparecchi ai requisiti di Ecodesign (si veda Pistochini et al., 2011). All'interno e come parte integrante di questa attività, si è potenziato il laboratorio ENEA dell'unità UTTEI-SISP ad Ispra con la sostituzione e l'acquisizione di nuovi strumenti (si veda Leonardi et al., 2011). In particolare, sono stati predisposti laboratori di prova per poter effettuare misure di prestazioni energetiche su elettrodomestici del freddo (Laboratorio ICELAB descritto in Leonardi et al., 2011) e su forni elettrici ad uso domestico (Laboratorio FIRELAB che verrà descritto in questa relazione). Inoltre, l'acquisto di una camera climatica di dimensioni ridotte rispetto a quelle *walk-in* già in possesso utilizzate per i laboratori ICELAB e FIRELAB, permette di poter testare anche piccoli elettrodomestici (i.e. macchine da caffè) e strumentazione legate alle attività dell'unità UTTEI-SISP relative all'illuminotecnica (i.e. invecchiamento lampade). Per maggiori dettagli si veda Leonardi et al. (2011).

Le prove previste hanno principalmente lo scopo di determinare prestazioni e consumo energetico degli apparecchi domestici in base alla normativa Europea Comunitaria vigente (direttiva europea sull'etichettatura energetica, UE-2010, e direttiva sull'Ecodesign, CE-2009). Vi è poi la possibilità di pianificare prove per i) valutare l'impatto sulle prestazioni degli apparecchi causato dall'ambiente esterno e dalle abitudini degli utenti e ii) analizzare l'efficienza dei componenti. Si possono effettuare anche studi sperimentali su prototipi innovativi (Leonardi et al., 2011).

In questo rapporto si focalizza l'attenzione soprattutto sulle caratteristiche del laboratorio FIRELAB e sulle prove di prestazioni energetiche su forni elettrici ad uso domestico. In particolare verranno trattati: i) la strumentazione del laboratorio FIRELAB, ii) le prove prestazionali effettuate sui forni elettrici, iii) primi risultati e iv) potenzialità e costi indicativi delle prove.

LABORATORIO DI PROVA

Il laboratorio di prova consiste principalmente di due camere climatiche *walk-in*, adibite alle prove sugli elettrodomestici del freddo (Laboratorio ICELAB, si veda Leonardi et al. 2011, Villani et al., 2010) e sui forni elettrici domestici (Laboratorio FIRELAB). Queste sono rappresentate in Fig. 1, dove le camere climatiche sono denominate CC1 e CC2. Oltre alle camere climatiche *walk-in*, vi è una camera climatica di dimensioni ridotte, dedicata ad effettuare test su piccoli apparecchi domestici (Fig. 2). Le caratteristiche delle camere climatiche sono riassunte in Tab. 1 e descritte in dettaglio in Leonardi et. al. (2011). Le camere climatiche e la strumentazione specifica per effettuare le prove sui vari apparecchi domestici sono supportate da un laboratorio elettromeccanico e da un laboratorio di taratura interno.

In questo rapporto, verranno principalmente trattate la descrizione e le prove effettuate con la camera climatica adibita ai test sui forni elettrici ad uso domestico, ossia le attività del laboratorio FIRELAB. Con questa denominazione si indica l'insieme costituito dalla camera climatica, la strumentazione e le procedure per effettuare i test sulle prestazioni energetiche dei forni elettrici domestici.



Figura 1: Laboratorio di prove visto dall'alto con le due camere climatiche (qui indicate con CC1 e CC2).



Figura 2. A sinistra: esempio di camera climatica *walk-in*. A destra: la camera climatica di dimensioni ridotte.

Caratteristiche tecniche delle camere climatiche	Camera climatica <i>walk-in</i> CC1 GDF	Camera climatica <i>walk-in</i> CC2 Angelantoni	Camera climatica Weiss Umwelttechnik modello WK3-1500/40
Dimensioni interne	2.40m x [W] 5.20m x [L] 2.95m [H] 12m ² -37m ³	2.40m x [W] 5.40m x [L] 3.55m [H] 13m ² - 46m ³	1.475m x [W] 1.10m x [L] 0.95m [H] 1.62m ² -1.54m ³
Superficie e volume utile	11m ² 33m ³	12m ² 36m ³	1.56m ² 1.48m ³
Temperatura di esercizio	+10°C a +48°C	+0°C a +75°C	-45°C a +180°C prove termiche +1°C a +95 °C prove climatiche
Gradiente verticale	< 1°C/m	<1 °C/m	n/d
Umidità relativa	30% - 90%	30% - 90%	10% a 98%
Velocità aria	< 0.25m/s	< 0.25m/s	n/d
Potenza elettrica massima assorbita	18kW	43kW	Ca. 11.5 kW
Potenza termica massima smaltibile	1000W	1000W	4200W prove termiche 500W per T tra +25 e +90 °C e u.r. fino 90% prove climatiche

Tabella 1: Caratteristiche tecniche delle tre camere climatiche.

LABORATORIO FIRELAB

Strumentazione

Nel laboratorio FIRELAB, le prove sperimentali sui forni elettrici (descritte nelle sezioni successive) si traducono nella misura di grandezze fisiche (i.e. temperatura, potenza elettrica degli apparecchi) all'interno degli apparecchi stessi e all'interno della camera climatica. Per quest'ultima, le misure effettuate permettono di verificare che le prove condotte sugli apparecchi avvengano nelle condizioni ambientali previste dalla normativa. Riprendendo Leonardi et al., (2011) e Villani et al., (2010), la strumentazione utilizzata nel laboratorio FIRELAB è riportata in Tab. 2.

Grandezza fisica	Strumenti	NOTE
Camere climatica CC1 walk-in		
Umidità relativa	Igrometri capacitivi SIAP UM9730 Range dal 10% a 100% u/r Precisione: $\pm 2\%$ tra 10% e 80% u/r $\pm 3\%$ tra 80% e 100% u/r	Misura l'umidità relativa all'interno della camere climatiche.
Velocità e temperatura dell'aria	Anemometro Dantec ConfortSense range v da 0.05m/s fino a 5m/s range T da -20°C a 80°C	Lo strumento è utilizzato per misurare la velocità dell'aria all'interno delle camere climatiche. Le verifiche sulla velocità dell'aria sono fatte periodicamente.
Misure sulle prestazioni		
Temperatura	Termocoppie di tipo K Tersid Termocoppie di tipo T Tersid	Sensori di forma e dimensioni diverse a seconda dell'uso specifico: e.g. misure in aria, nei mattoni di cottura, sulle griglie dei forni.
Potenza elettrica	Convertitori di potenza elettrica Scientific Columbus DGLogic DL5CA2 Range di misura da 0 a 1000 W Precisione del $\pm(0.1\% \text{ d.l. } +0.05\% \text{ f.s.})$.	Tutti i convertitori di grandezze elettriche sono collegati con il sistema di acquisizione dati che converte il segnale nella grandezza fisica relativa e ne memorizza il valore nella memoria interna.
Tensione di rete	Convertitori di tensione, Range 0-250V ENERDIS TRIAD IEC688	
Corrente elettrica	Convertitori di corrente Range 0-5A ENERDIS TRIAD IEC688	
Frequenza di rete	Convertitori di frequenza Range: 45-55Hz ENERDIS TRIAD IEC688	

Grandezza fisica	Strumenti	NOTE
Misure sulle prestazioni/tarature		
Grandezze elettriche: tensione, corrente, frequenza, ...	-Multimetro digitale <i>hp</i> 3458A -Calibratore multifunzione Fluke 5500°	Il multimetro digitale viene utilizzato anche nella taratura dei convertitori di grandezze elettriche. Il calibratore è utilizzato, come standard primario, per la calibrazione e la taratura della strumentazione di laboratorio, in particolare, per la verifica del sistema di acquisizione dati.
Tarature		
Temperatura	Bagno termostato Heto Mod. CBN 8-30 e termostato Mod. HMT-200	Taratura delle termoresistenze/termocoppie
	Forno termostato Isotech Mod. Gemini 550 B Range T da 35°C a 550°C Stabilità $\pm 0.05^\circ\text{C}$	Taratura delle termoresistenze/termocoppie
	Termoresistenza campione Tersid e termometro digitale Labfacility Range di taratura da -30°C a 300°C Risoluzione termometro 0.01°C	Termoresistenza campione è utilizzata, come standard primario, nel laboratorio tarature per le tarature dei sensori di temperatura utilizzate per le prove: termoresistenze e termocoppie.
	Termocamera FLIR System ThermCAM PM 695	La termocamera permette di ottenere immagini termiche delle superfici riprese. (Non è stata ancora utilizzata nel laboratorio FIRELAB).
Dimensioni lineari e masse		
Dimensioni lineari	Calibri digitali Mauser	Sono utilizzate per misurare le grandezze dimensionali degli apparecchi in prova (lineari, per calcolare superfici e volumi), di simulatori di carico (mattoni), cilindretti di rame ecc.
Massa	Pesa ALSEP/Rowenta	Sono utilizzate per determinare il peso dei mattoni.

Tabella 2: Grandezza fisiche misurate nel laboratorio FIRELAB e relativi strumenti.

Il laboratorio FIRELAB è supportato da un laboratorio di taratura. Questo permette la gestione, la manutenzione e la verifica periodica di tutti i sensori e di tutta la strumentazione utilizzata nei laboratori di prova al fine di garantire che le misure siano eseguite con il grado di accuratezza richiesto. Per una descrizione dettagliata si vedano Leonardi et al., (2011) e Villani et al., (2010).

Incertezze di misura

Le incertezze sulle grandezze fisiche misurate nel laboratorio FIRELAB (i.e. temperatura, umidità relativa, potenza elettrica) vengono calcolate considerando i) gli errori di misura delle variabili da cui le grandezze fisiche dipendono e ii) metodi per la propagazione degli errori. Queste sono riassunte nella Tab. 3 sottostante (riprese da Leonardi et al., 2011).

In merito alle prove prestazionali effettuate nel laboratorio FIRELAB e successivamente descritte, gli errori sono calcolati in base alle procedure e agli algoritmi di riferimento contenuti nella norma CEI EN 50304/60350:2010-03.

Grandezza	Range di misura	Incertezza	Norma UNI-EN-ISO 15502	Norma EN 50304
TEMPERATURA			$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
Termocoppia tipo K	$-40 \div 375^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.57^{\circ}\text{C}$		
Termocoppia tipo T	$-40 \div 375^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.41^{\circ}\text{C}$		
UMIDITA'			$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ punto rugiada	
Misura in corrente	$20 \div 100\%$	$\pm 0.92\% \text{ Ur}$	a 25°C $50\% \text{ Ur}$ $\pm 1.2\% \text{ Ur}$	
Misura in tensione	$20 \div 100\%$	$\pm 1.11\% \text{ Ur}$	a 25°C $50\% \text{ Ur}$ $\pm 1.2\% \text{ Ur}$	
POTENZA ELETTRICA			$\pm 1\text{W}$	$\pm 10\text{W}$
Con convertitore (out 0-1mA) e misura in tensione	$0 \div 1000\text{W}$	$\pm 0.82\text{W}$		
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	$0 \div 1000\text{W}$	$\pm 0.68\text{W}$		
ENERGIA ELETTRICA GIORNALIERA			$\pm 1\%$	$\pm 1.5\%$ o 10Wh
Con convertitore (out 0-1mA) e misura in tensione		$\pm 0.48\text{Wh}$		
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente		$\pm 0.48\text{Wh}$		
TENSIONE ELETTRICA				$\pm 0.5\%$
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	$200 \div 250\text{V}$	$\pm 0.2\text{V}$		a $230\text{V} \pm 1.2\text{V}$
CORRENTE ELETTRICA				
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	$0 \div 5^{\circ}$	$\pm 3.1\text{mA}$		
MASSA				$\pm 3\text{g}$
Con bilancia digitale	$0 \div 4000\text{g}$	$< 0.3\text{g}$		
TEMPO				$\pm 5\text{s}$
Con clock PC		$< \pm 1\text{s}$		

Tabella 3: Stime degli errori di misura confrontate con i valori previsti dalla normativa di riferimento.

Preparazione dei forni elettrici

I forni elettrici selezionati per effettuare le prove vengono inseriti in strutture modulari come quella rappresentata in Fig. 3. Questi moduli servono da base per il contenimento di forni ad incasso e sono costruiti in base alle indicazioni del costruttore (in base alla normativa CEI EN 50304/60350:2010-03). I moduli contenenti i forni elettrici vengono poi posizionati all'interno della camera climatica del laboratorio FIRELAB, seguendo lo schema presentato in Fig. 4. Si provvede quindi a collegare i forni alla rete elettrica di alimentazione e ad installare termocoppie per le prove prestazionali (Figg. 5 e 6).



DIMENSIONI	855 mm H x 590 mm P x 600 mm L
MATERIALE	pannelli in nobilitato melaminico, spessore mm 19

Figura 3: Modulo di contenimento di forni elettrici ad incasso.

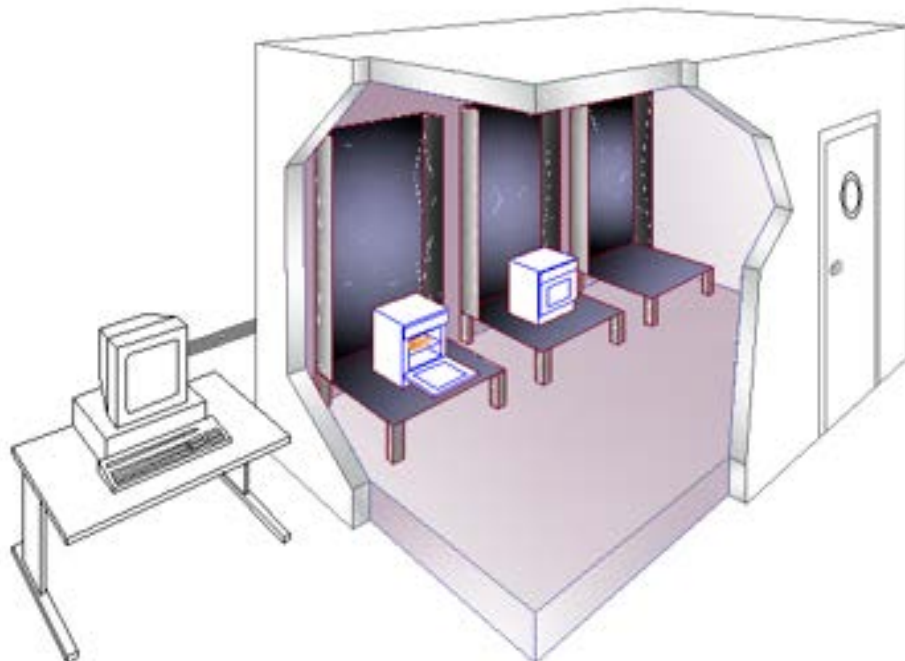


Figura 4: Schema della camera climatica per la prove sui forni elettrici domestici (FIRELAB).



Figura 5. In alto: Connessione elettrica in camera climatica. In basso: Interno di forno elettrico. Particolare dell'inserimento di termocoppie prima di misure prestazionali.



Figura 6. In alto: Connessione elettrica del mattone usato per la prova di carico (descritta nelle sezioni successive) all'interno del forno elettrico. In basso: Pesatura del mattone usato per la prova di carico.

Sistema di acquisizione dati

Una rappresentazione dello schema del sistema acquisizione dati è fornito dalle Figg. 7 e 8 (acquisizione dati per laboratorio FIRELAB). Nella camera climatica vi sono due postazioni di misura. Come per il laboratorio ICELAB (Leonardi et al., 2011), per ogni postazione le rilevazioni vengono effettuate con un acquisitore modello *hp34970A* dotato di schede *multiplexer* modello *hp34901A* (tre per ogni acquisitore).

Si può accedere in remoto a tutti gli acquisitori (interfaccia GPIB) grazie al fatto che questi sono collegati alla rete locale LAN mediante un dispositivo di rete, *gateway*, GPIB/LAN modello *hp5810A*. La rilevazione delle misure e la programmazione degli acquisitori viene quindi gestita attraverso la rete locale con il software Agilent Benchlink. Quest'ultimo permette il controllo di ciascun acquisitore in modo indipendente.

FIRELAB: Sistema di acquisizione dati per prove in Camera climatica

Stabilizzatore di tensione 230 V $\pm$ 1%;
la frequenza di alimentazione a 50 Hz $\pm$ 1%

Camera climatica

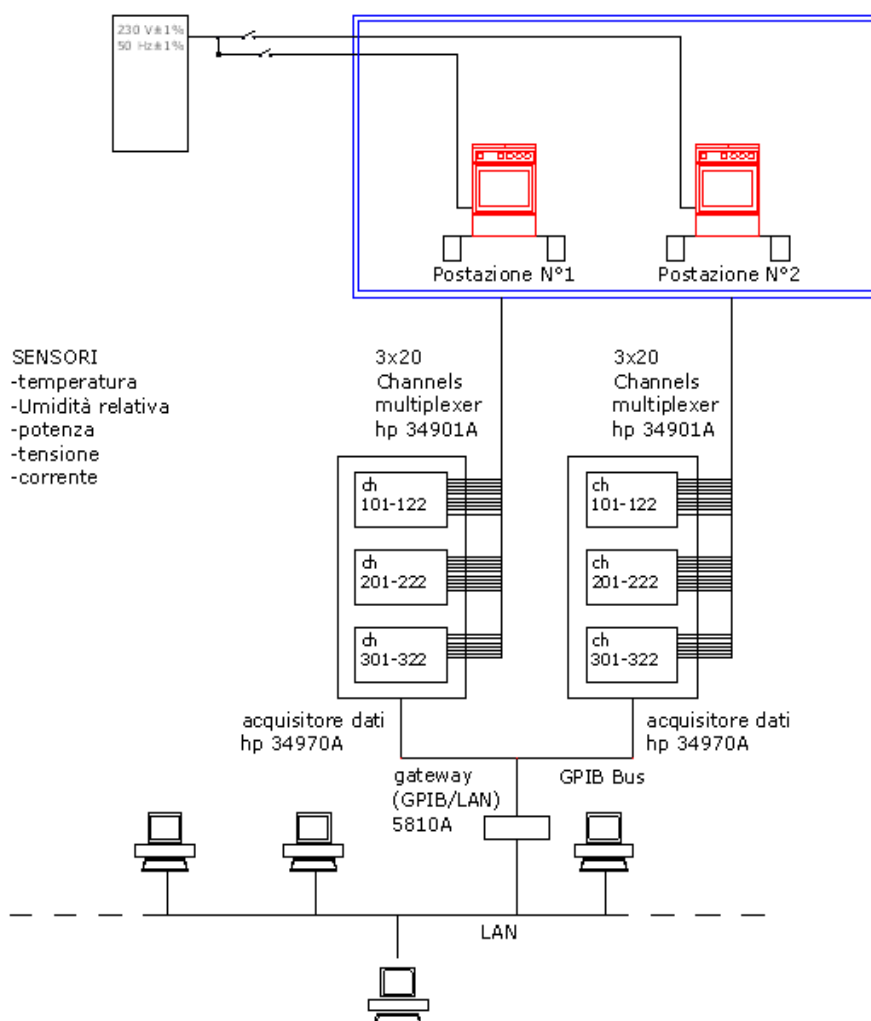


Figura 7: Schema del sistema di acquisizione dati del laboratorio FIRELAB.



Figura 8: Particolari del sistema di acquisizione dati. In alto a sinistra: calibratore e multimetro per taratura. In alto a destra: acquisitore. In basso: il sistema di acquisizione completo della camera climatica.

Norme e procedure di riferimento

Le norme e procedure utilizzate all'interno del laboratorio si inseriscono nel quadro legislativo europeo ed italiano. Queste sono riassunte nella Tab 4. sottostante.

NORME	CONTENUTO
Norme di riferimento forni elettrici	
CEI EN 50304 (2003)	Forni elettrici per uso domestico - Metodi per la misura del consumo di energia
CEI EN 50304/60350:2010-03	Cucine, fornelli, forni e apparecchi per grigliare elettrici per uso domestico Metodi per la misura delle prestazioni
CEI EN 60335-2-6	Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare Parte 2: Norme particolari per cucine, fornelli, forni ed apparecchi similari per uso domestico
CEI 107-32	Cucine e forni elettrici per uso domestico e similare Verifica delle prestazioni
Norme generali	
UNI-CEI-EN ISO/IEC 17025 (2000)	Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura
UNI ISO 5725-1 (2004)	Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione. Parte 1: Principi generali e definizioni
UNI 10127 (1992) sperimentale	Guida per la definizione degli intervalli di taratura di strumenti di misurazioni. Parte 1: Criteri generali
UNI 10127 (1992) sperimentale	Guida per la definizione degli intervalli di taratura di strumenti di misurazioni. Parte 2: Intervalli consigliati di strumenti per misurazioni di dimensioni lineari, angolari e geometriche
UNI 10824-1 (2000)	Prove non distruttive. Termografia all'infrarosso. Termini e definizioni
Procedure laboratori	
PI-IC-7.5°	Prove su campione in camera climatica
PI-IC-6.3°	Gestione della strumentazione di laboratorio
PI-IC-6.3C	Procedura per taratura di acquisitori dati
PI-IC-6.3B	Procedura per taratura termoresistenze e termocoppie
PI-IC-6.3D	Procedura per taratura di convertitori di potenza attiva

Tabella 4: Le norme e procedure utilizzate all'interno del laboratorio FIRELAB.

CAPACITA' DI PROVA

La norma CEI EN 50304/60350:2010-03 è il riferimento seguito per effettuare le prove sui forni. I test effettuati riguardano principalmente la valutazione della prestazione del forno elettrico per quanto riguarda il preriscaldamento, il funzionamento del dispositivo di comando e il consumo di energia. Si sono condotte prove su:

- Controllo delle dimensioni lineari, superfici e volumi;
- Preriscaldamento del forno vuoto (qui chiamata 8.1 in base alla norma CEI EN 50304/60350:2010-03);
- Precisione del dispositivo di comando (qui chiamata 8.2 in base alla norma sopra citata):
- Consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (qui chiamata 8.3 in base alla norma sopra citata).

Il laboratorio può anche sviluppare nuove procedure di misura per attività di ricerca, e sviluppo.

Nel laboratorio FIRELAB si sono testati primariamente due forni elettrici, effettuando le misurazioni su un apparecchio per volta. Per effettuare le prove simultaneamente su due forni elettrici è infatti richiesto:

- i) L'adattamento della connessione alla rete elettrica e dell'acquisizione dati;
- ii) Potenziare la capacità della rete di alimentazione in modo da supportare potenze di almeno 5kWh;
- iii) Possedere/acquisire uno stabilizzatore di tensione che permetta di mantenere la tensione di alimentazione degli apparecchi entro i limiti ($230V \pm 1\%$) previsti dalla normativa CEI EN 50304/60350:2010-03 quando gli elementi riscaldanti (i.e. le resistenze) sono in funzione.

Al fine di poter testare simultaneamente due forni elettrici in attività future, si è provveduto all'acquisto di un nuovo stabilizzatore di tensione, Belotti Milano, BST-M6/V-spec.

Misurazioni preliminari condotte con il nuovo stabilizzatore di tensione hanno confermato la possibilità di poter effettuare prove prestazionali in parallelo su due forni elettrici.

Per i forni elettrici la capacità di prova è stabilita in base alla programmazione delle attività di laboratorio.

PRIMI RISULTATI

Nel corso di questa annualità si sono svolte prove sulle prestazioni e consumi energetici di due forni elettrici ad uso domestico. Questi vengono denominati *Forno 1* e *Forno 2*. Di seguito vengono presentati i risultati delle prove effettuate. A titolo di esempio, in Appendice, vengono riportati alcuni dati e grafici utilizzati per elaborare i risultati dei test prestazionali.

RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE PER IL FORNO 1

Elenco delle prove effettuate in base alla norma CEI EN 50304/60350:2010-03. Per maggiori dettagli sulle prove e le procedure si veda la norma stessa:

Prove in base a CEI EN 50304-60350	Scopo	Grandezze misurate	Files contenenti le prove
Preriscaldamento del forno vuoto (8.1)	Misurare i) consumo di energia e ii) la durata necessaria a preriscaldare un forno vuoto. Si parte dalla temperatura ambiente. Si raggiunge un incremento di T=155 K.	Durata in minuti e in secondi e consumo di energia (kWh)	- 180° C: forno INSTR 11_11_9_2010_10_15_48 1__2__preriscaldoforno_180; (denominata pre1) - 250° C: forno INSTR 11_11_11_2010_09_12_26 1 (denominata pre2)
Precisione del dispositivo di comando (8.2)	Misurare la temperatura di regime raggiunta con temperatura impostata (150° C, 200° C, Tmax° C).	-Temperatura media(*) in condizioni di regime; -differenza tra temperatura minima e massima in condizioni di regime	forno INSTR 11_11_11_2010_09_12_26 1 (denominata imp)
Consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3)	Misurare il consumo di energia e il tempo di riscaldamento di un carico (mattone saturo di acqua)	- consumo di energia; - tempo in minuti e secondi per la sovratemperatura raggiunta dal mattone di 55 K; - temperature di centro forno; - temperatura ambiente ad inizio e fine della prova.	135 K: - 135__11_04_2010_14_45_02 # 1a ; - 135__11_09_2010_15_22_12 # 1b ; 155 K: - 155__11_08_2010_14_54_37 # 2a ; - 155__11_10_2010_09_14_50 # 2b ; 175 K: - 175__11_05_2010_09_31_33 # 3a - 175__11_10_2010_14_32_46 # 3b

Note:

(*)**La temperatura media si calcola su un intervallo di tempo pari a 10 minuti. Questa viene calcolata come media tra la temperatura massima e la temperatura minima in condizioni stazionarie.**

Prove di preriscaldamento (8.1)

Scopo di questa prova è misurare il consumo di energia e la durata necessaria a preriscaldare un forno vuoto partendo dalla temperatura ambiente (23 ± 2 °C) per un dato incremento di temperatura. Si regola il dispositivo di comando della temperatura sulla posizione massima e si riscalda il forno fino a che l'aumento sia di 155 K nella funzione con circolazione ad aria forzata. Per il forno 1 sono state effettuate due prove per verificare i parametri caratteristici della fase di preriscaldamento, impostando due temperature diverse. La Tab. 5 sottostante ne riporta i risultati.

Prove	T°C impostata	kWh consumati	Tempo (min)	Tempo (sec)	Tempo (hr)
pre1	180	0.29	9	560	0,16
pre2	250(*)	0.29	8.42	505	0,14

Tabella 5: Forno 1. Grandezze misurate per la prova di preriscaldamento.

Note: (*) da norma

Il forno 1 effettua il preriscaldamento in un tempo di circa 9 minuti e con un consumo di circa 0.29 kWh.

Prova di precisione del dispositivo di comando (8.2)

In questa prova si regola il dispositivo di comando della temperatura sulla posizione marcata 150 °C e si scalda il forno registrando continuamente la temperatura. Al raggiungimento delle condizioni di regime, si pone il dispositivo di comando a 200 °C. Raggiunte nuovamente le condizioni di regime, si imposta il dispositivo di comando alla più alta regolazione marcata. Nel nostro caso questa è 250 °C. Per il forno 1 è stata effettuata una prova di verifica della tenuta/precisione della temperatura impostata. In Tab. 6 sono riportati i risultati.

Temperature impostate (°C)	T media raggiunta (°C)	Variazione della T al valore della T media raggiunta (K)
150	153.31	5.85
200	197.52	5.79
250	241.86	5.23

Tabella 6: Forno 1. Grandezze caratteristiche misurate per la prova di precisione del dispositivo di comando.

Il forno 1 riesce in genere a mantenere le temperature impostate di 150 °C e 200 °C considerando anche la variazione della temperatura attorno al valore medio calcolato. Si osserva che il forno non riesce tuttavia a raggiungere la temperatura massima impostata di 250 °C.

Prove di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3)

Tra le prove 8.1–8.3, questa prova risulta essere la più complessa in termini di tempo e di algoritmi applicati. La prova consiste in tre misurazioni energetiche che si differenziano in base

alla diversa sovratemperatura¹ raggiunta all'interno del forno, la sovratemperatura di centro forno (ΔT_{cf}). Per ciascuna fase si procede alla "cottura" del mattone standard (detto carico) fino a che l'incremento di temperatura del mattone (misurato con le termocoppie) risulta di 55 K. Nelle tre misurazioni si imposta la temperatura del forno a rispettivamente 160 °C, 180 °C, 200 °C, in modo che, partendo da una temperatura ambiente di 23 ± 2 °C, quando il carico raggiunge l'incremento di temperatura pari a 55 K la sovratemperatura di centro forno ΔT_{cf} risulti di i) 135 ± 10 K, ii) 155 ± 10 K, iii) 175 ± 10 K rispettivamente (sovrature temperature previste per forni elettrici ad aria forzata).

Utilizzando i parametri misurati e calcolati relativi alle prove con le tre sovrature temperature ΔT_{cf} diverse, si procede, in base agli algoritmi previsti dalla norma, al calcolo del consumo di energia e del tempo necessario per il riscaldamento di un carico.

Per il forno 1 sono state predisposti due prove per ciascuna sovratemperatura ΔT_{cf} (quindi in totale sei singole prove). La scelta di condurre più test per la stessa ΔT_{cf} permette di avere una statistica migliore e più rappresentativa della bontà dei risultati ottenuti. Le Tab. 7 sottostanti riportano i dati salienti delle prove, in particolare:

- Peso del mattone asciutto (prima del trattamento per effettuare i test), umido (prima del test) e "riscaldato" (appena tolto dal forno);
- Peso dell'acqua evaporata;
- Peso dell'acqua assorbita;
- Temperature del mattone durante le diverse fasi dell'esperimento;
- Temperatura della camera climatica durante le varie fasi del test;
- Tempo necessario per il riscaldamento del mattone (carico);
- Consumo di energia per riscaldare il mattone (carico).

ngs\Administ	Bricks							
	Brick Nr.	Dry weight m_d (gr)	Wet weight m_w	End cooking weighth m_e	Absorbed water $\square_m$	Water loss W_{loss}	Start temperature T_1 , $T_2(^{\circ}C)$	
#1a	1	980	2027	1835	1047	192	4	4
#1b	2	980	1996	1824	1016	172	4	4
#2a	1	980	2000	1779	1020	221	4	4
#2b	1	980	2000	1774	1020	226	6	6
#3a	2	980	2005	1789	1025	216	4	4
#3b	2	980	1999	1779	1019	220	5	5
		920±75			1050±50		5±2	

Measured		room T			oven T			prova#
$E_k(KWh)$	t_k (min)	Initial Tr1 ($^{\circ}C$)	Final Tr2 ($^{\circ}C$)	Average Tav ($^{\circ}C$)	Nominal value (K)	Real value ToF ($^{\circ}C$)	Real value (K)	
0,79	47,3	23	23	23	135±10	163	140	1a
0,77	46,1	23	24	24	135±10	162	139	1b
0,89	46,3	22	22	22	155±10	180	158	2a
0,88	47,0	24	25	24	155±10	179	155	2b
0,90	41,4	24	24	24	175±10	197	173	3a
0,88	41,0	24	25	25	175±10	197	173	3b
		23±2						

Tabella 7: Forno 1. Grandezze misurate e calcolate relative alla prova 8.3.

¹ La sovratemperatura è la differenza delle temperature del forno misurate all'inizio e alla fine della prova.

I risultati dei sei test sono stati analizzati sulla base degli algoritmi previsti dalla norma CEI EN 50304/60350:2010-03. Considerando le possibili combinazioni dei risultati per diverse ΔT_{cf} , si sono formati otto "gruppi" di prove. Per ciascuna combinazione si è calcolato il consumo di energia, il tempo necessario per scaldare un carico e si è verificata la validità delle prove stesse. Infatti, in base alla norma, la prova risulta valida quando la deviazione standard calcolata sul consumo energetico è inferiore a 0.050 kWh. I risultati sono rappresentati in Tab. 8.

Degli otto gruppi, cinque risultano prove valide e da queste si può calcolare il consumo medio e il tempo di riscaldamento medio del forno elettrico. Risulta che il forno 1 ha un consumo di energia pari a 0,85 kWh per un tempo di riscaldamento di circa 45 minuti. Questi sono i valori che dovrebbero essere confrontati con quanto dichiarato dal costruttore sull'etichetta energetica. Tali valori, entro la tolleranza del $\pm 10\%$, dovrebbero risultare uguali al valore riportato sull'etichetta. Nel nostro caso il consumo energetico dichiarato per il forno 1 è di 0.79 kWh. Questo valore nell'intervallo di $\pm 10\%$ concorda con quanto trovato nelle nostre prove.

COMB	$E_k(\text{kWh})$	$t_k \text{ (min)}$	Toven Real value (K)	Energy			time			kWh	min
				slope(S)	Intercept(E)	std dev	slope(S)	Intercept(E)	std dev		
1a,2a,3a	0,79	47,3	140								
	0,89	46,3	158	0,003	0,329	0,042	-0,173	72,149	2,126	0,85	45,3
	0,90	41,4	173								
1b,2a,3a	0,77	46,1	139								
	0,89	46,3	158	0,004	0,234	0,049	-0,130	64,902	2,721	0,85	44,8
	0,90	41,4	173								
1a,2b,3a	0,79	47,3	140								
	0,88	47,0	155	0,003	0,348	0,036	-0,181	73,464	2,377	0,85	45,4
	0,90	41,4	173								
1a,2a,3b	0,79	47,3	140								
	0,89	46,3	158	0,003	0,406	0,051	-0,186	74,032	2,366	0,85	45,2
	0,88	41,0	173								
1b,2b,3a	0,77	46,1	139								
	0,88	47,0	155	0,004	0,257	0,045	-0,139	66,450	3,088	0,85	44,9
	0,90	41,4	173								
1a,2b,3b	0,79	47,3	140								
	0,88	47	155	0,003	0,430	0,044	-0,195	75,466	2,580	0,85	45,3
	0,88	41,0	173								
1b,2a,3b	0,77	46,1	139								
	0,89	46,3	158	0,003	0,305	0,059	-0,142	66,633	2,963	0,84	44,6
	0,88	41,0	173								
1b,2b,3b	0,77	46,1	139								
	0,88	47,0	155	0,003	0,333	0,053	-0,152	68,298	3,297	0,84	44,8
	0,88	41,0	173								
				std.dev < 0,050 kWh			0,85			45,14	

Tabella 8: Forno 1. Con le prove (1a–3b) sono stati formati gruppi relativi ai risultati dei test per le tre sovratemperature di centro forno (135, 155, 175 K). Per ciascun gruppo si è valutato l'attendibilità dei risultati ottenuti. In rosso sono riportati i gruppi con deviazione standard $std > 0.050 \text{ kWh}$. In base alla norma questi non costituiscono prove valide.

RISULTATI DELLE PROVE EFFETTUATE PER IL FORNO 2

Elenco delle prove effettuate in base alla norma CEI EN 50304/60350:2010-03 (per maggiori dettagli sulle prove e le procedure si veda la norma stessa):

Prove in base a CEI EN 50304-60350	Scopo	Grandezze misurate	Files contenenti le prove
Preriscaldamento del forno vuoto (8.1)	Misurare i) consumo di energia e ii) la durata necessaria a preriscaldare un forno vuoto. Si parte dalla temperatura ambiente. Si raggiunge un incremento di $T=155\text{ K}$ di centro forno.	Durata in minuti e in secondi e consumo di energia (kWh)	- 250 ° C: forno 2 11_25_2010 10_10_10__pre (denominata pre)
Precisione del dispositivo di comando (8.2)	Misurare la temperatura di regime raggiunta con temperatura impostata (150° C, 200° C, Tmax° C).	-Temperatura media(*) in condizioni di regime; -differenza tra temperatura minima e massima in condizioni di regime	- forno 2 11_25_2010 14_37_34__tenuta (denominata imp1) - forno 2 12_2_2010 15_02_11 1__tenuta (denominata imp2)
Consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3)	Misurare il consumo di energia e il tempo di riscaldamento di un carico (mattone saturo di acqua)	- consumo di energia; - tempo in minuti e secondi per la sovratemperatura raggiunta dal mattone di 55 K; - temperature di centro forno; - temperatura ambiente ad inizio e fine della prova.	135 K: - 135 forno 2 11_26_2010 09_44_22 1__135 # 1a ; - forno 2 12_1_2010 09_20_16 1__135 # 1b ; 155 K: - forno 2 11_30_2010 09_49_52 1__155 # 2a ; - forno 2 12_1_2010 14_47_49 1__155 # 2b ; 175 K: - forno 2 11_30_2010 14_38_50 1__175 # 3a - 175 forno 2 12_2_2010 09_25_17 1__175 # 3b

Note:

(*)La temperatura media si calcola su un intervallo di tempo pari a 10 minuti. Questa viene calcolata come media tra la temperatura massima e la temperatura minima in condizioni stazionarie.

Prova di preriscaldamento (8.1)

Per il forno 2 si è effettuata una prova per verificare i parametri caratteristici della fase di preriscaldamento del forno elettrico. La Tab. 9 sottostante ne riporta i risultati.

Prove	T°C impostata	kWh consumati	Tempo (min)	Tempo (sec)	Tempo (hr)
pre	250(*)	0.28	8.41	505	0.14

Tabella 9: Forno 2. Grandezze misurate per la prova di preriscaldamento.

Note: (*) da norma

Il forno 2 effettua il preriscaldamento in un tempo di circa 9 minuti e con un consumo di circa 0.28 kWh.

Prove di precisione del dispositivo di comando (8.2)

Sono state effettuate due prove di verifica della tenuta/precisione della temperatura impostata. In Tab. 10 sono riportati i risultati.

Temperature impostate (°C)	T media raggiunta (°C)		Variazione della T al valore della T media raggiunta (K)	
	IMP1	IMP2	IMP1	IMP2
150	151.27	151.48	6.40	5.26
200	192.97	193.31	5.57	5.84
250	233.71	235.35	5.34	5.17

Tabella 10: Forno 2. Grandezze caratteristiche misurate per la prova di precisione del dispositivo di comando.

Il forno 2 riesce a mantenere la temperatura impostata di 150 °C e il valore medio raggiunto è superiore di qualche grado. Per quanta riguarda le temperature di 200 °C e 250 °C, il forno 2 non riesce a raggiungerle, anche considerando la variazione di temperatura attorno alla temperatura media raggiunta. Lo scarto risulta di almeno 2 °C e più di 10 °C per le temperature impostate sul dispositivo di comando a 200 °C e 250 °C rispettivamente.

Prove di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3)

Anche per il forno 2, similmente a quanto è stato descritto per il forno 1, sono state predisposte due prove per ciascuna per ciascuna sovratemperatura ΔT_{cf} : i) 135 ± 10 K, ii) 155 ± 10 K, iii) 175 ± 10 K, quindi in totale sei singole prove. Anche per il forno 2 le temperature impostate con il dispositivo di comando sono rispettivamente 160 °C, 180 °C, 200 °C (temperatura impostate per forni elettrici ad aria forzata). Le Tab. 11 sottostanti riportano i risultati salienti delle sei prove.

Ministra	Bricks							
	Brick Nr.	Dry weight m_d (gr)	Wet weight m_w	End cooking weight m_e	Absorbed water (m)	Water loss W_{loss}	Start temperature T_1 , $T_2(^{\circ}C)$	
5 #1a	2	980	2022	1788	1042	235	4	4
#1b	1	980	1997	1760	1017	237	4	4
5 #2a	2	980	2005	1806	1025	199	3	3
#2b	2	980	1988	1739	1008	249	3	3
5 #3a	1	980	2008	1028	1028	980	5	5
#3b	1	980	1990	1762	1010	228	5	4
		920±75			1050±50		5±2	

Measured		room T			oven T			
$E_k(KWh)$	t_k (min)	Initial Tr1 ($^{\circ}C$)	Final Tr2 ($^{\circ}C$)	Average Tav ($^{\circ}C$)	Nominal value (K)	Real value ToF ($^{\circ}C$)	Real value (K)	prova#
0,86	54,8	24	24	24	135±10	161	137	1a
0,88	56,1	24	24	24	135±10	161	138	1b
0,84	44,6	23	23	23	155±10	179	156	2a
0,92	50,2	23	23	23	155±10	179	155	2b
0,96	45,3	23	24	23	175±10	196	172	3a
0,91	43,8	23	24	24	175±10	196	172	3b
		23±2						

Tabella 11: Forno 2. Grandezze misurate e calcolate relative alla prova 8.3.

Come per il forno 1, i risultati dei sei test condotti sono stati analizzati sulla base degli algoritmi previsti dalla norma CEI EN 50304/60350:2010-03. Considerando le possibili combinazioni dei risultati per diverse ΔT_{cf} , si sono formati otto "gruppi" di prove. Per ciascuna combinazione si è calcolato il consumo di energia, il tempo necessario per scaldare un carico e si è verificata la validità delle prove stesse. Si ricordi che la prova risulta valida quando la deviazione standard calcolata sul consumo energetico è inferiore a 0.050 kWh. I risultati sono rappresentati in Tab. 12.

Degli otto gruppi, cinque risultano prove valide e da queste si può calcolare il consumo medio e tempo di riscaldamento medio del forno elettrico. Dai risultati si osserva che il forno 2 ha un consumo di energia pari a 0.90 kWh per un tempo di riscaldamento di circa 50 minuti. Per il forno 2, i costruttori hanno dichiarato un consumo di 0.79 kWh. Questo valore non trova corrispondenza con quanto calcolato, ossia 0.90 kWh anche considerando una variazione del 10%. In base poi alla prova 8.2, in cui risulta che il forno elettrico non riesce a mantenere temperature impostate medio-alte, si presume che il forno 2 abbia difetti di fabbricazione. Prove mirate possono prendere in analisi le singole componenti dell'elettrodomestico al fine di identificare le parti difettose (e.g. valutare le caratteristiche di isolamento e studio degli elementi riscaldanti).

COMB	E _k (kWh)	t _k (min)	Toven Real value (K)	Energy			time			KWH	min
				slope(S)	intercept(E)	std dev	slope(S)	intercept(E)	std dev		
1a,2a,3a	0,86	54,8	137	0,003	0,480	0,068	-0,275	90,940	5,013	0,89	48,3
	0,84	44,6	156								
	0,96	45,3	172								
1b,2a,3a	0,88	56,1	138	0,002	0,563	0,076	-0,315	97,544	5,655	0,89	48,8
	0,84	44,6	156								
	0,96	45,3	172								
1a,2b,3a	0,86	54,8	137	0,003	0,488	0,006	-0,267	91,522	0,260	0,91	50,1
	0,92	50,2	155								
	0,96	45,3	172								
1a,2a,3b	0,86	54,8	137	0,001	0,648	0,045	-0,320	97,372	4,152	0,87	47,8
	0,84	44,6	156								
	0,91	43,8	172								
1b,2b,3a	0,88	56,1	138	0,002	0,573	0,002	-0,308	98,249	0,410	0,92	50,6
	0,92	50,2	155								
	0,96	45,3	172								
1a,2b,3b	0,86	54,8	137	0,002	0,658	0,028	-0,312	97,978	1,088	0,9	49,6
	0,92	50	155								
	0,91	43,8	172								
1b,2a,3b	0,88	56,1	138	0,001	0,736	0,053	-0,361	104,169	4,802	0,88	48,3
	0,84	44,6	156								
	0,91	43,8	172								
1b,2b,3b	0,88	56,1	138	0,001	0,747	0,019	-0,354	104,897	0,410	0,9	50
	0,92	50,2	155								
	0,91	43,8	172								
				std.dev < 0,050 kWh							
				0,90 49,6							

Tabella 8: Forno 1. Con le prove (1a–3b) sono stati formati gruppi relativi ai risultati dei test per le tre sovratemperature di centro forno (135, 155,175 K). Per ciascun gruppo si è valutato l'attendibilità dei risultati ottenuti. In rosso sono riportati i gruppi con deviazione standard $std > 0.050\text{kWh}$. In base alla norma questi non costituiscono prove valide.

STIME DEGLI IMPEGNI IN TERMINI DI ORE/UOMO E DI COSTI

Il tempo necessario per un ciclo di prove è di circa 10 giorni lavorativi. Il ciclo comprende: i) verifica delle dimensioni dei forni e ii) le prove 8.1, 8.2, 8.3 previste dalla norma CEI EN 50304/60350:2010-03.

Qui di seguito vengono riepilogate le prove prestazionali. In base a queste si fornisce una stima dell'impegno richiesto dal personale ENEA e del loro costo.

Prova	Durata della prova	Impegno di Personale	Costo indicativo prova
Forni elettrici domestici			
Determinazione delle dimensioni lineari, dei volumi e delle superfici	GG. 1	h 3.0	€ 300
8.1 Riscaldamento del forno vuoto	GG. 1	h 5.0	€ 500
8.2 Precisione del dispositivo di comando	GG. 1.5	h 8.0	€ 800
8.3 Consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico	GG. 5	h. 40.0	€ 3000

BIBLIOGRAFIA

CE, 2009, Direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 ottobre 2009, relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia – rifusione- (L 285 del 31 ottobre 2009).

Leonardi G., Villani M.G., Longoni V., Tarantini V., Bottani GP., Scarano D., Pollidori R., 2011: *Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici. Parte I: caratteristiche e potenzialità di prova*– Report ENEA RdS/2011, RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Pistochini P., Presutto M., Longoni V., 2011, *I laboratori per la market surveillance sulle Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica per gli elettrodomestici del freddo e i forni elettrici*, Report ENEA RdS/2011, RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

UE, 2010, Direttiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 concernente l'identificazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti (rifusione).

Villani M.G., Leonardi G., Longoni V., Tarantini V., Bottani GP., Scarano D., Pollidori R., 2010, *Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici: caratteristiche e potenzialità di prova*, Report ENEA RdS/2010, RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO.

APPENDICE

Le pagine che seguono illustrano un esempio dei dati e dei grafici elaborati dopo aver raccolto le misure relative alle prove prestazionali effettuate.

Prove di preriscaldamento e di precisione del dispositivo di comando

Source: forno INSTR 11 11_11_2010 09_12_26 1

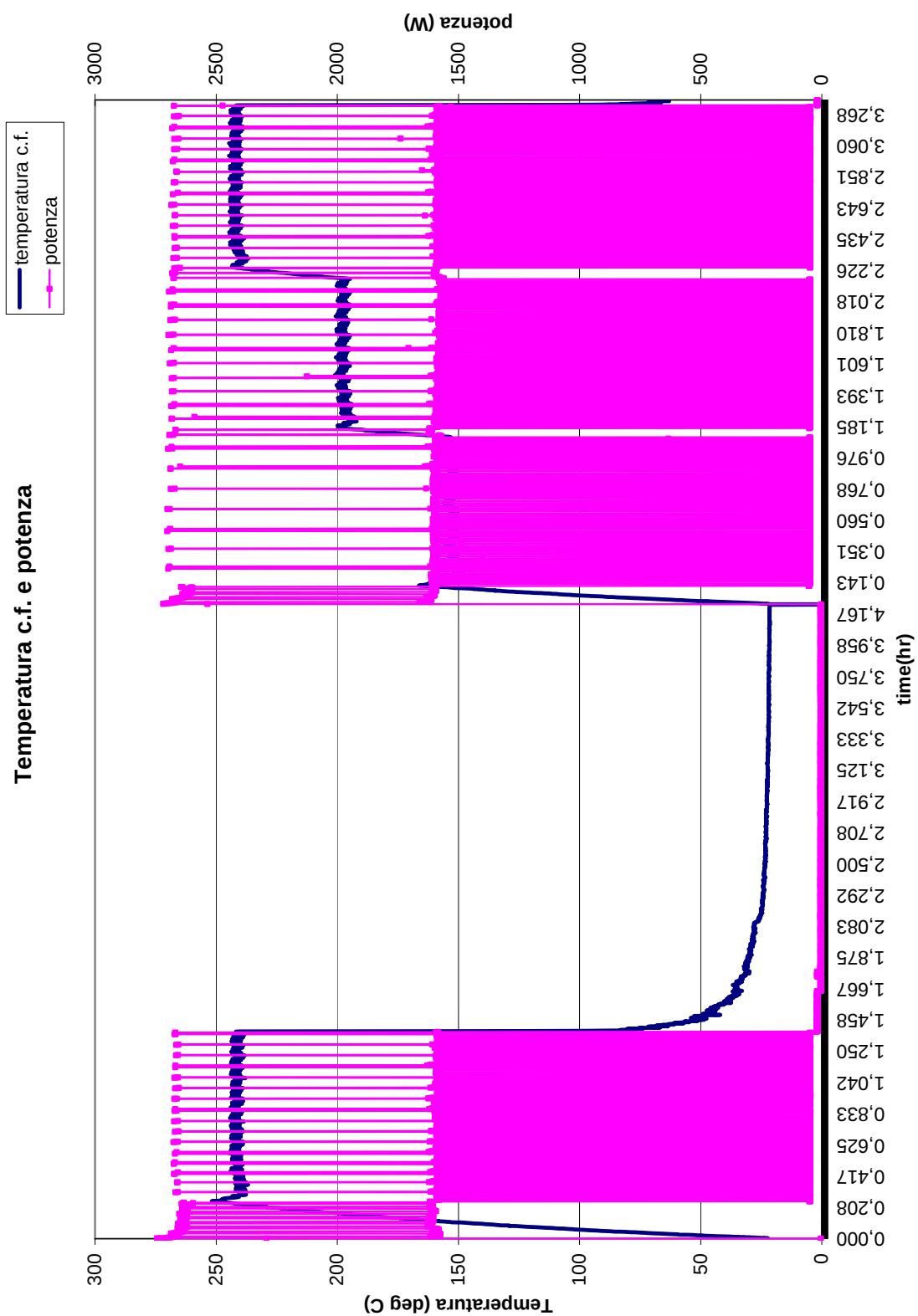
Grandezze caratteristiche della prova:

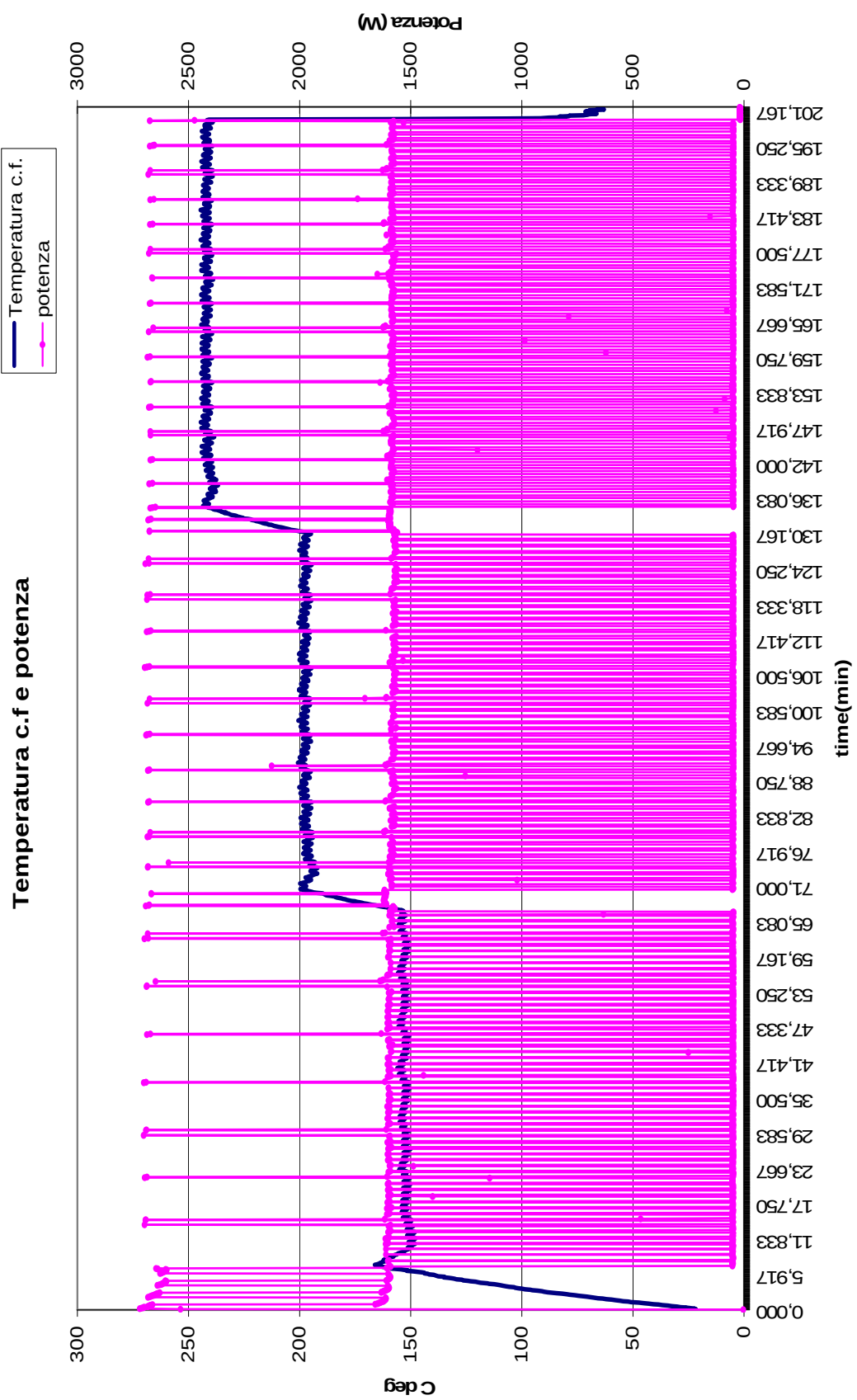
Preriscaldamento (temperatura impostata 250° C):

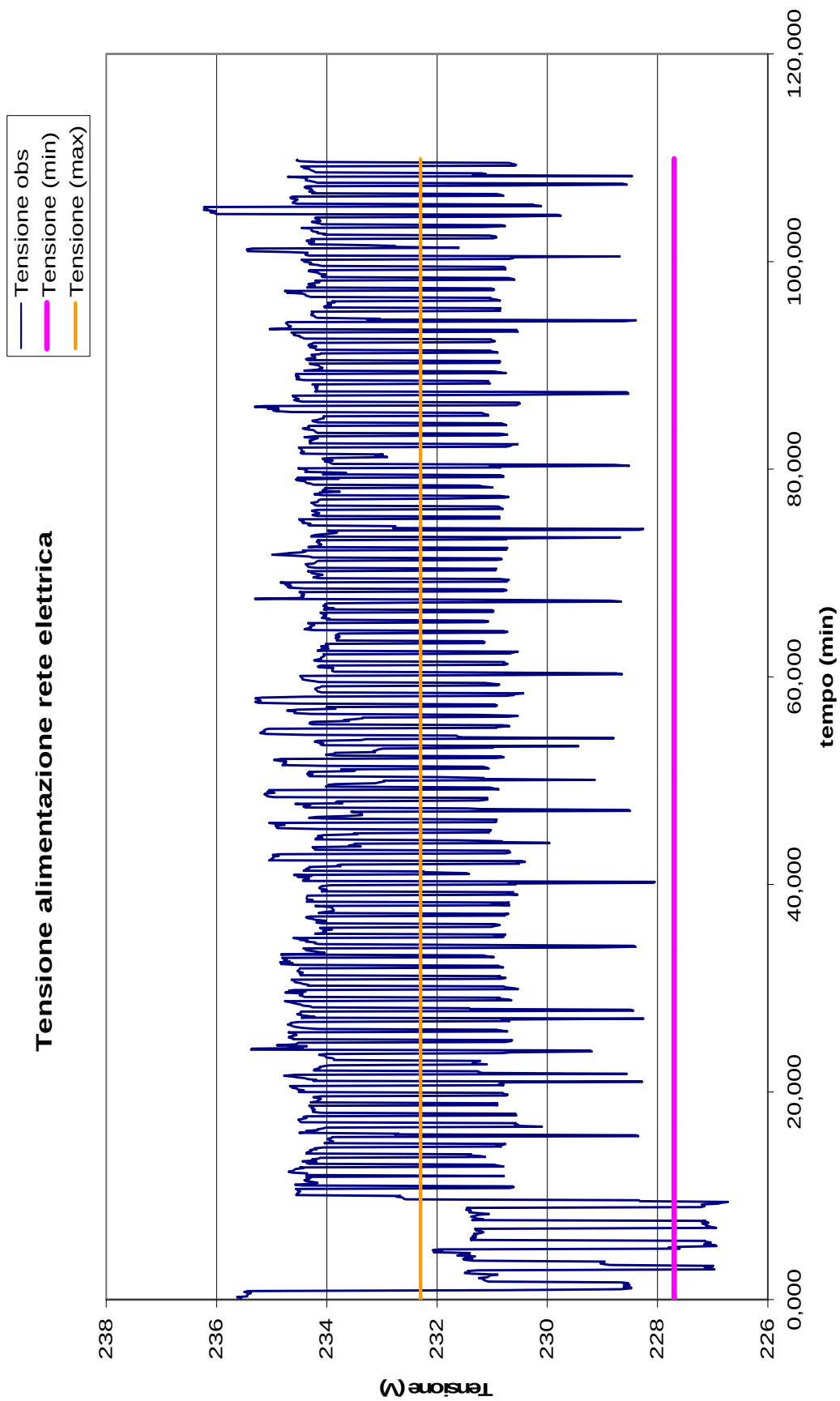
				potenza media (W)
medie T ambiente (deg C)	22,11	22,11		2036,85
wattora=WATTxora	285,72	0,29 kWh		
T(hr)	0,14			
time(min)	8,42			
time(s)	505,00			

Precisione del dispositivo di comando:

	t min	tmax	taver	DT
temperatura imp=150 (deg C)	150,38	156,24	153,31	5,85
temperatura imp=200 (deg C)	194,63	200,42	197,53	5,80
temperatura imp=250 (deg C)	239,25	244,48	241,86	5,24







Prova di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3): $\Delta T_{cf}=135\text{ K}$ con dispositivo di comando su $160\text{ }^{\circ}\text{C}$

source: 135__11_04_2010_14_45_02 #1a

Tabella riassuntiva (vedi prova 1a)

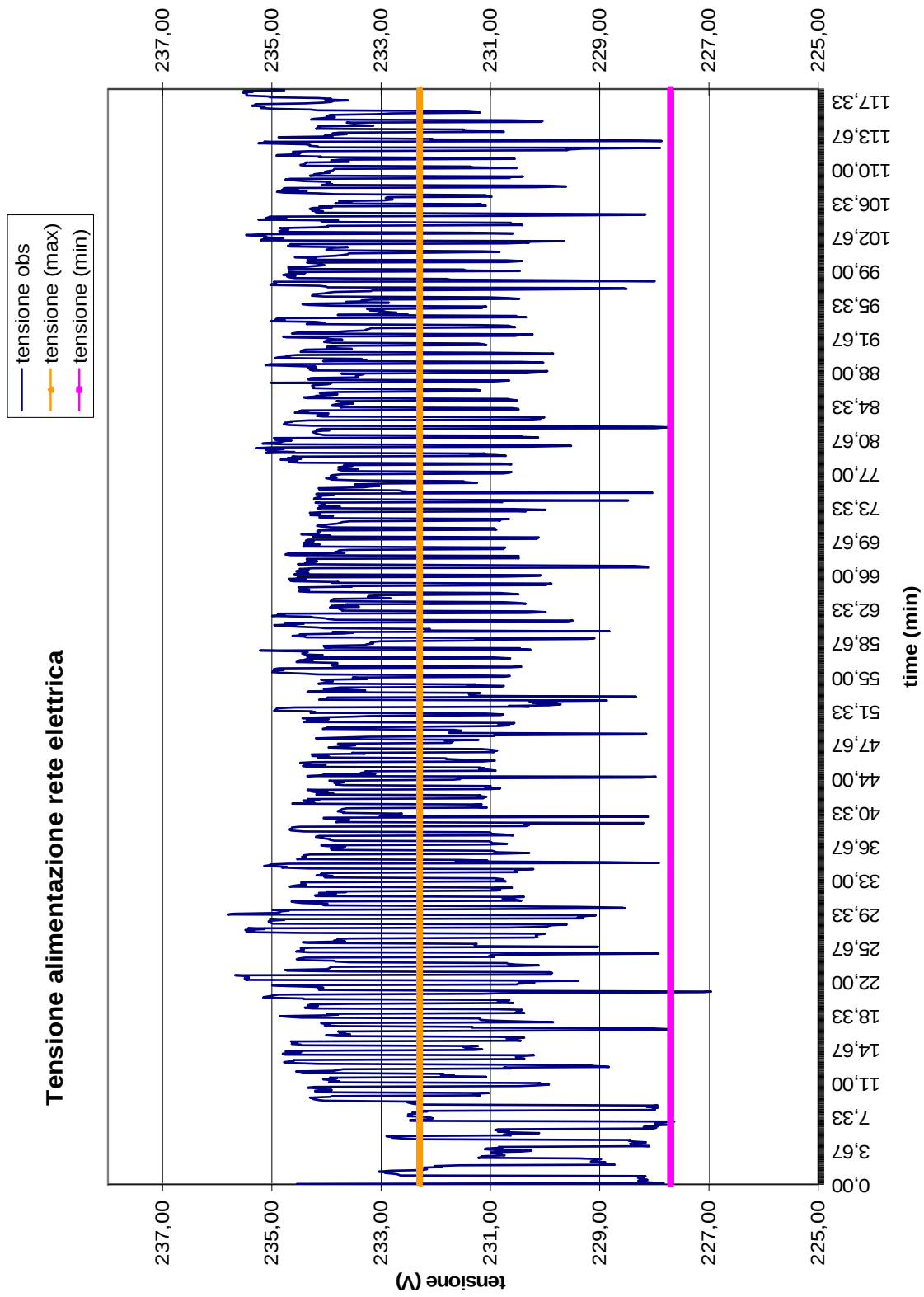
ngs\Administ	Bricks							
	Brick Nr.	Dry weight m_d (gr)	Wet weight m_w	End cooking weight m_e	Absorbed water $\square_m$	Water loss W_{loss}	Start temperature T_1 , $T_2(^{\circ}\text{C})$	
#1a	1	980	2027	1835	1047	192	4	4
#1b	2	980	1996	1824	1016	172	4	4
#2a	1	980	2000	1779	1020	221	4	4
#2b	1	980	2000	1774	1020	226	6	6
#3a	2	980	2005	1789	1025	216	4	4
#3b	2	980	1999	1779	1019	220	5	5
		920±75			1050±50		5±2	

Measured		room T			oven T			prova#
$E_k(\text{kWh})$	t_k (min)	Initial Tr1 ($^{\circ}\text{C}$)	Final Tr2 ($^{\circ}\text{C}$)	Average Tav ($^{\circ}\text{C}$)	Nominal value (K)	Real value Tof ($^{\circ}\text{C}$)	Real value (K)	
0,79	47,3	23	23	23	135±10	163	140	1a
0,77	46,1	23	24	24	135±10	162	139	1b
0,89	46,3	22	22	22	155±10	180	158	2a
0,88	47,0	24	25	24	155±10	179	155	2b
0,90	41,4	24	24	24	175±10	197	173	3a
0,88	41,0	24	25	25	175±10	197	173	3b
		23±2						

Grandezze caratteristiche della prova

				Potenza media (W)
medie T ambiente (deg C)	22,80	22,87		1003,29
wattora=WATTxora	790,09	0,79 kWh		
T(hr)	0,79	47,25		
	Tmin	Tmax		
T (deg C) con mattone	154,02	159,93		
T (deg C) senza mattone	159,83	165,69		
T (deg C) centro forno (con mattone)	156,92			
T (deg C) centro forno (senza mattone)	162,81			
Delta_T (deg C)	5,88			

Tensione alimentazione rete elettrica



Prova di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3): $\Delta T_{cf}=155\text{ K}$ con dispositivo di comando su $180\text{ }^{\circ}\text{C}$

source: 155__11_08_2010_14_54_37 #2a;

Tabella riassuntiva (vedi prova 2a)

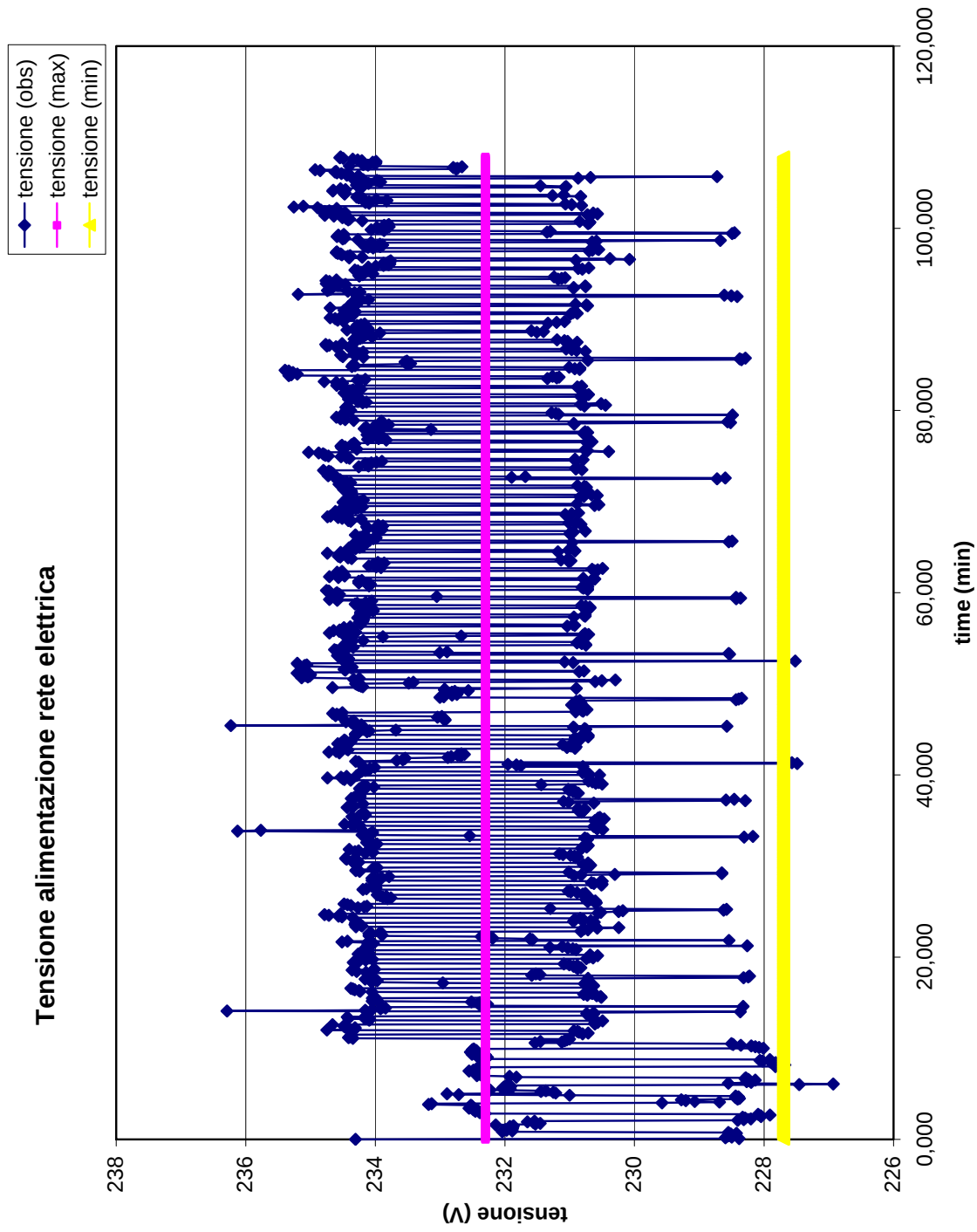
ngs\Administ	Bricks							
	Brick Nr.	Dry weight m_d (gr)	Wet weight m_w	End cooking weight m_e	Absorbed water $\square m$	Water loss W_{loss}	Start temperature T_1 , $T_2(^{\circ}\text{C})$	
#1a	1	980	2027	1835	1047	192	4	4
#1b	2	980	1996	1824	1016	172	4	4
#2a	1	980	2000	1779	1020	221	4	4
#2b	1	980	2000	1774	1020	226	6	6
#3a	2	980	2005	1789	1025	216	4	4
#3b	2	980	1999	1779	1019	220	5	5
		920±75			1050±50		5±2	

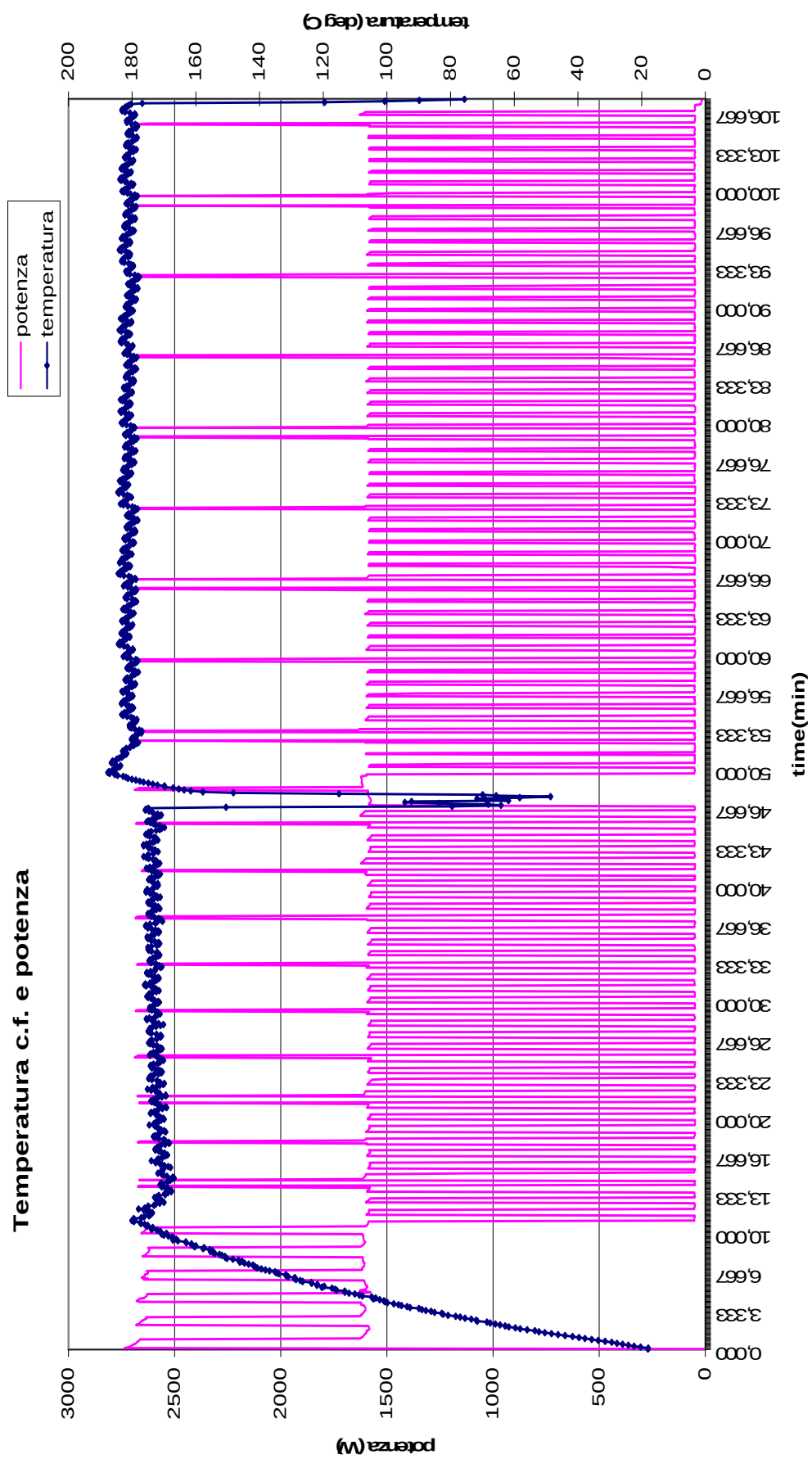
Measured		room T			oven T			
$E_k(\text{kWh})$	t_k (min)	Initial $Tr1$ ($^{\circ}\text{C}$)	Final $Tr2$ ($^{\circ}\text{C}$)	Average Tav ($^{\circ}\text{C}$)	Nominal value (K)	Real value Tof ($^{\circ}\text{C}$)	Real value (K)	prova#
0,79	47,3	23	23	23	135±10	163	140	1a
0,77	46,1	23	24	24	135±10	162	139	1b
0,89	46,3	22	22	22	155±10	180	158	2a
0,88	47,0	24	25	24	155±10	179	155	2b
0,90	41,4	24	24	24	175±10	197	173	3a
0,88	41,0	24	25	25	175±10	197	173	3b
		23±2						

Grandezze caratteristiche della prova

				Potenza media (W)
medie T ambiente (deg C)	22,33	22,22		1157,10
wattora=WATTxora	891,93	0,89 kWh		
T(hr)	0,77	46,25		
	Tmin	Tmax		
T (deg C) con mattone	170,46	176,14		
T (deg C) senza mattone	177,76	184,02		
T (deg C) centro forno (con mattone)	174,11			
T (deg C) centro forno (senza mattone)	180,08			
Delta_T (deg C)	5,97			

Tensione alimentazione rete elettrica





Prova di consumo di energia e tempo di riscaldamento di un carico (8.3): $\Delta T_{cf}=175\text{ K}$ con dispositivo di comando su $200\text{ }^{\circ}\text{C}$

source: 175__11_05_2010_09_31_33 #3a

Tabella riassuntiva (vedi prova 3a)

ngsAdminist	Bricks							
	Brick Nr.	Dry weight m_d (gr)	Wet weight m_w	End cooking weight m_e	Absorbed water $\square_m$	Water loss W_{loss}	Start temperature T_1 , $T_2(^{\circ}\text{C})$	
#1a	1	980	2027	1835	1047	192	4	4
#1b	2	980	1996	1824	1016	172	4	4
#2a	1	980	2000	1779	1020	221	4	4
#2b	1	980	2000	1774	1020	226	6	6
#3a	2	980	2005	1789	1025	216	4	4
#3b	2	980	1999	1779	1019	220	5	5
		920±75			1050±50		5±2	

Measured		room T			oven T			prova#
$E_k(\text{kWh})$	t_k (min)	Initial $Tr1$ ($^{\circ}\text{C}$)	Final $Tr2$ ($^{\circ}\text{C}$)	Average T_{av} ($^{\circ}\text{C}$)	Nominal value (K)	Real value T_{of} ($^{\circ}\text{C}$)	Real value (K)	
0,79	47,3	23	23	23	135±10	163	140	1a
0,77	46,1	23	24	24	135±10	162	139	1b
0,89	46,3	22	22	22	155±10	180	158	2a
0,88	47,0	24	25	24	155±10	179	155	2b
0,90	41,4	24	24	24	175±10	197	173	3a
0,88	41,0	24	25	25	175±10	197	173	3b
		23±2						

Grandezze caratteristiche della prova

			potenza media (W)
medie T ambiente (deg C)	24,07	23,95	1302,55
wattora=WATTxora	899,12	0,90 kWh	
T(hr)	0,69	41,42 min	
	Tmin	Tmax	
T (deg C) con mattone	187,71	193,89	
T (deg C) senza mattone	194,20	199,77	
T (deg C) centro forno (con mattone)	190,95		
T (deg C) centro forno (senza mattone)	196,83		
Delta_T (deg C)	5,88		

