CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
**Istituto per le Tecnologie della Costruzione**
Sede di San Giuliano Milanese

# RAPPORTO DI PROVA

**n. 5759/RP/14**

**del**

**31/10/2014**

**Richiedente**

VetroVentilato srl
Via L. Longo, 105
47023 – Cesena - FC

**Prova eseguita**

Monitoraggio del comfort termoigrometrico (indici PPD e PMV) ante e post operam ufficioPostale Scandicci (FI)

**Riferimento normativo**

UNI EN ISO 7730:2006

**Campione sottoposto a prova**

VetroVentilato
(cfr. descrizione)

**Il Rapporto è composto da n. 38 pagine e può essere riprodotto solo integralmente**
**I risultati ottenuti si riferiscono unicamente ai campioni sottoposti a prova.**

SEDE PRINCIPALE: San Giuliano Milanese (MI) - 20098 - Via Lombardia, 49 - Tel. 02 9806417 - Fax 02 98280088
SEDE DI BARI: Strada Crocifisso, 2/b - 70126 - Tel. 080 5481265 - Fax 080 5482533
SEDE DI L'AQUILA: P.le Collemaggio 1 - 67100 - Tel 0862 27777 - Fax 0862 28400
SEDE DI PADOVA: Corso Stati Uniti, 4 - 35127 - Tel. 049 8295701 - Fax 049 8295728
UNITÀ STACCATA DI MILANO: Via Bassini, 15 - 20133 - Tel. 02 23699544 - Fax 02 23699543
UNITÀ STACCATA DI ROMA: Area Ricerca CNR Via Salaria Km. 29,300 - 00016 Monterotondo Staz. - Tel. 06 90672860 - Fax 06 90672858
P. IVA 02118311006 - C.F. 80054330586

| Data di campionamento | Data invio campione | Data della prova |
|---|---|---|
| _____ | _____ | 25 giugno – 19 settembre 2014 |

**Descrizione del campione sottoposto a prova**

La tecnologia VetroVentilato propone un sistema di aspirazione dell'aria in sommità dei serramenti esistenti.

L'intervento di Scandicci si rende necessario per migliorare il comfort termoigrometrico degli ambienti di lavoro. La soluzione adottata ripropone i concetti di VetroVentilato con una personalizzazione in funzione delle specifiche esigenze dell'ufficio di Poste Italiane.

La differenza del sistema esistente e di VetroVentilato è data dal sistema di ventilazione e dal principio fisico adottato per il ricambio dell'aria. L'ufficio presenta un impianto di ricambio dell'aria le cui bocchette di aspirazione sono posizionate a circa 30-50 cm di altezza dal pavimento estraendo aria fresca. Il sistema VetroVentilato permette di effettuare il ricambio d'aria ad un'altezza superiore (al di sopra del serramento) garantendo una migliore efficienza estraendo aria più calda. L'aspirazione è posta in un telaio superiore al serramento che aspira aria tra il serramento e la tenda microforata che ha il compito anche di schermare la luce diretta del sole.

A tal scopo è stato installato un impianto aeraulico e un estrattore tradizionale per avere, oltre che l'estrazione dal caldo nella camera ventilata formata dall'abbassamento della tenda motorizzata in base alle condizioni di luminosità esterna, anche un'integrazione con l'impianto esistente che risultava sottodimensionato ed inefficiente.

**Metodologia di analisi utilizzata**

Il danese P. Ole Fanger è stato il primo a mettere in evidenza le possibili ripercussioni che condizioni di discomfort termoigrometrico possono causare sul corpo umano: in edifici residenziali possono, alla lunga, causare problemi all'apparato respiratorio; negli uffici, invece, possono determinare un decisivo abbattimento del grado di attenzione e il conseguente rendimento.

Per definire il comfort termo-igrometrico di un ambiente si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 7730. Il comfort termoigrometrico è influenzato dall'attività fisica e dall'abbigliamento, oltre che da alcuni parametri misurabili in un ambiente abitato: temperatura dell'aria misurata attraverso un termometro, temperatura media radiante misurata attraverso un globotermometro, velocità misurata con un anemometro ed umidità relativa dell'aria misurata attraverso un igrometro.

Una volta misurati questi parametri si può prevedere la sensazione termica di una persona calcolando l'indice PMV (voto medio previsto). L'indice PPD (percentuale prevista di insoddisfatti) fornisce invece informazioni sul disagio termico, o malessere termico, prevedendo la percentuale di persone che percepirebbe una sensazione di discomfort in un certo ambiente. Il PMV è un indice che varia da +3 a -3 secondo la seguente scala:

*+3 molto caldo*
*+2 caldo*
*+1 leggero caldo*
*0 neutro*
*-1 leggero freddo*
*-2 freddo*
*-3 molto freddo*

**Risultati ottenuti**

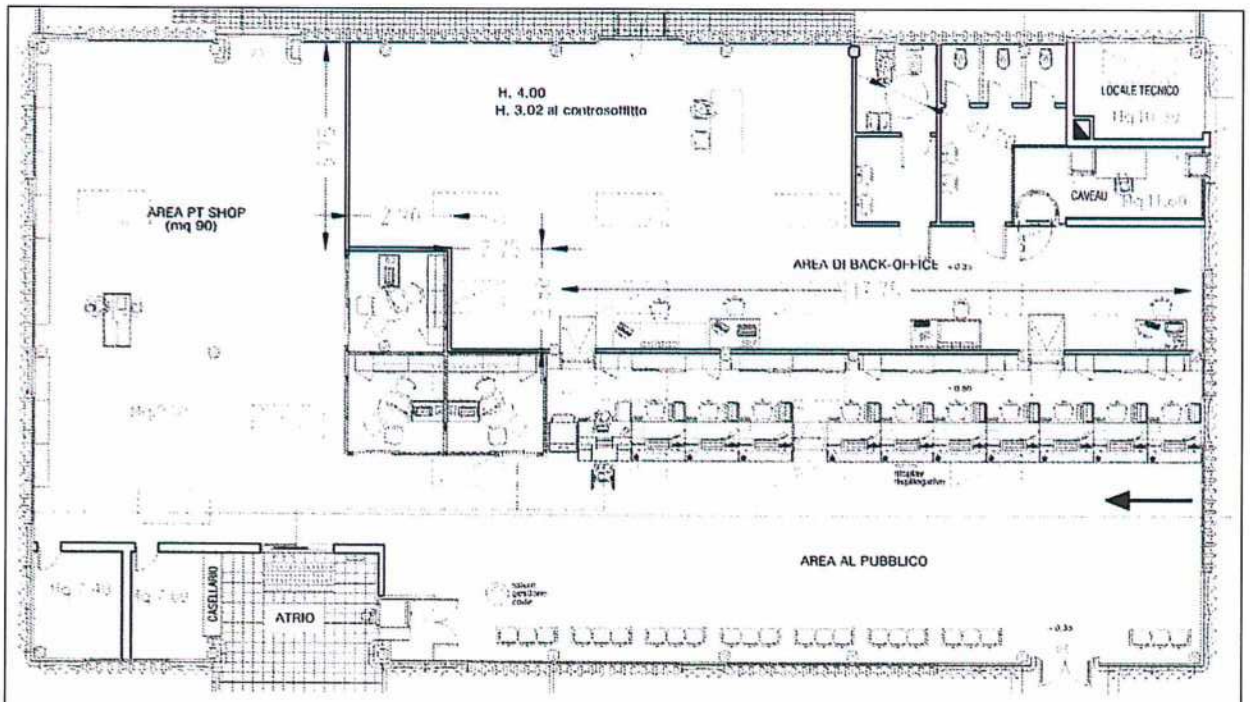
## Descrizione campagna di monitoraggio

La presente campagna sperimentale ha lo scopo di verificare il corretto funzionamento dell'impianto di condizionamento e il conseguente mantenimento delle condizioni di comfort termoigrometriche durante l'orario di lavoro dell'ufficio postale di Scandicci (Fi). Tale misura è stata richiesta per determinare l'indice di comfort, ottenuto secondo la norma UNI EN ISO 7730, successivamente alla riqualificazione impiantistica eseguita da VetroVentilato srl.

A tale scopo è stata condotta una campagna sperimentale precedente all'intervento della suddetta azienda volta a determinare le condizioni di benessere ambientale di riferimento. In secondo luogo tale prova è stata ripetuta a valle dell'intervento al fine di verificare il mantenimento delle corrette condizioni di comfort.

## Descrizione Edificio

L'edificio è realizzato su un unico piano diviso in due aree: area aperta al pubblico e area di back-office. Le pareti sono prefabbricate e dotate di serramenti lungo le esposizioni sud-ovest e nord-ovest. Il tetto è piano rivestito con materiale impermeabilizzante di colore grigio. Sono presenti lucernari che di fatto non contribuiscono all'illuminamento naturale interno poiché nell'ufficio è presente un controsoffitto che porta l'altezza netta dell'edificio da 4 metri a circa 3 m. Il sistema di condizionamento presente è a tutt'aria la cui distribuzione è garantita da diffusori d'aria conici a soffitto. La ripresa invece è posizionata in basso a circa 30-50 cm dal pavimento in corrispondenza di due colonne a parete. Il periodo di condizionamento è attivo dalle 7.00 alle 19.00 di sera tutti i giorni dal lunedì al venerdì e al sabato solo la mattina. La domenica l'impianto è spento.




## Assetto sperimentale

### *Sensori*

L'ufficio postale è stato opportunamente dotato di un sistema di monitoraggio ambientale e di acquisizione dati finalizzato a:

- determinare le condizioni interne dell'ambiente di prova;
- valutare il raggiungimento delle condizioni di comfort interno.

Il sistema è costituito da datalogger TMF500, che rappresentano l'unità centrale del sistema di telecontrollo, monitoraggio ed acquisizione dati. Sono configurati per la raccolta dei dati, ciascuno dei quali permette la connessione di un numero massimo di 24 sensori di differenti tipologie.

Figura 1. *Datalogger* per acquisizione dati TMF500

Vengono rilevati i seguenti parametri:

- monitoraggio esterno:
    - velocità e direzione del vento;
    - temperatura;
    - umidità relativa;
    - irraggiamento solare sul piano della copertura;
- monitoraggio interno:
    - temperatura ambiente;
    - temperatura radiante;
    - temperatura operativa;
    - umidità relativa;
    - velocità dell'aria;

È stata rilevata la temperatura interna utilizzando termometri a termoresistenza di platino Pt100. Si tratta di sensori che misurano la temperatura attraverso la misura della resistenza di un elemento di platino: le sonde Pt100 presentano una resistenza di 100 Ohm alla temperatura di 0°C. Il rapporto tra la temperatura e la resistenza può considerarsi lineare per un intervallo di temperature relativamente ridotto: il range di temperatura di queste sonde è di –40° ÷ +60°C. I termometri utilizzati sono stati certificati dal produttore: si tratta di sensori di classe A, che garantiscono una precisione di ± 0,15°C a 0°C.

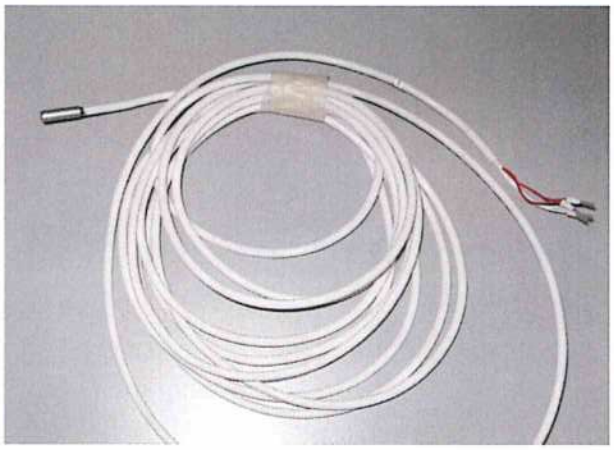


Figura 2. Sensore di temperatura a termoresistenza Pt100

L'umidità relativa è rilevata attraverso un trasduttore capacitivo, costituito da un elemento a film sottile la cui capacità varia linearmente con l'umidità relativa dell'aria: il segnale restituito dal sensore è una tensione tra 0÷1 V.

Il sensore termoigrometrico ha un range di misura –40 °C ÷ +60 °C e una precisione di ± 0,15 °C per la misura di temperatura, mentre per l'umidità il range è di 0 ÷ 100 % RH, con una precisione di ± 2%. Tutti i dati sono certificati dal costruttore.

Figura 3. Sensore combinato di temperatura e umidità relativa per interni

I sensori sono stati opportunamente schermati dalla radiazione solare diretta.

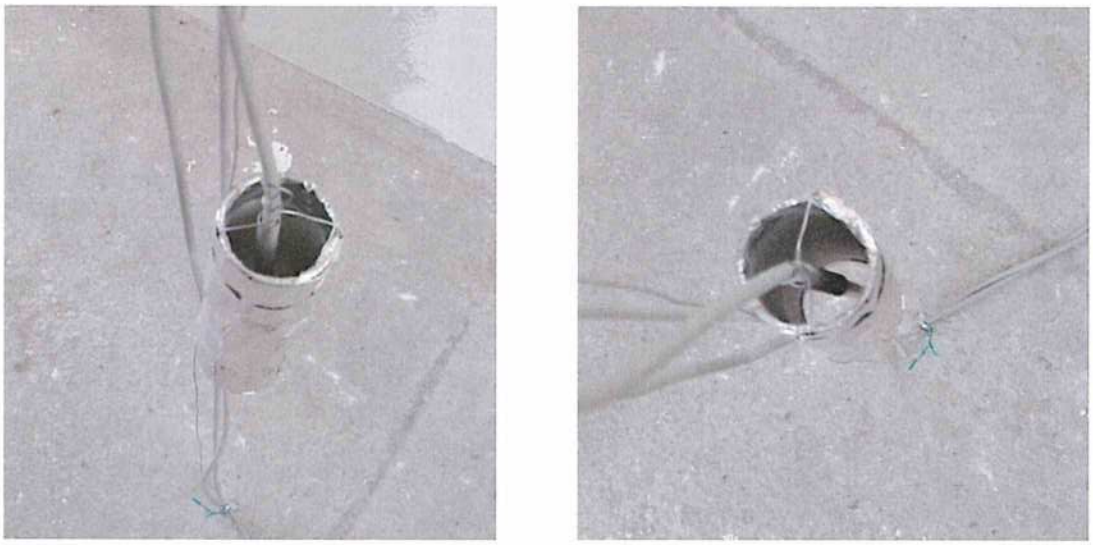


Figura 4. Sistema di schermatura dei sensori di temperatura

Per la misura della temperatura radiante vengono utilizzati dei sensori a globotermometro con trasduttore Pt100. Le caratteristiche dell'elemento sensibile sono le stesse descritte per le sonde di temperatura, range di misura –40 °C ÷ +60 °C e una precisione di ± 0.15 °C. Il sensore è fissato all'interno di uno schermo sferico in rame dipinto nero opaco (diametro 15 cm) e la schermatura è realizzata in modo da garantire comunque il riscaldamento dell'elemento sensibile.

Figura 5. Globotermometro per la misura della temperatura radiante

Per la misura della velocità e della temperatura dei flussi d'aria all'interno degli ambienti vengono utilizzate sonde omnidirezionali a filo caldo con compensazione della temperatura. Il range di misura per la velocità è 0 - 5 m/s, con sensibilità tipica 0,01 m/s e precisione di ±0,02 m/s nell'intervallo tra 0 e 1 m/s, e precisione di ±0,1 m/s tra 1 e 5 m/s. La temperatura è misurata invece nel range –20°C ÷ 80°C con una precisione di ±0,3°C.

Il funzionamento del sensore prevede l'impiego di un filo riscaldato: la diminuzione di temperatura del filo permette di determinare la velocità del flusso d'aria che lambisce la sonda, raffreddandola.

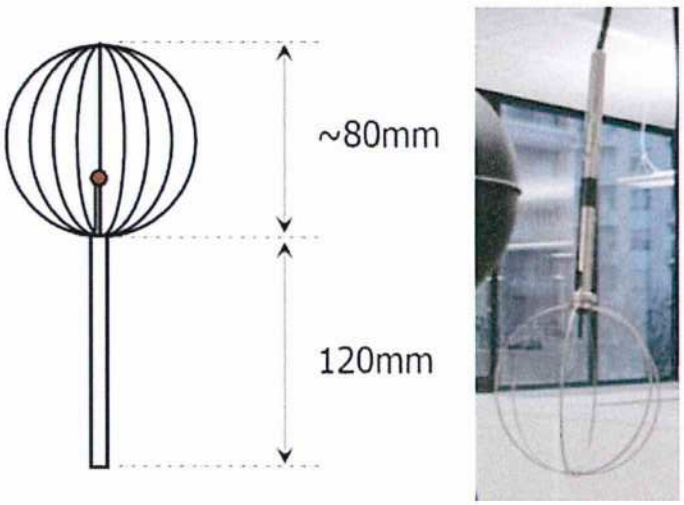



Figura 6. Anemometro a filo caldo per la misura della velocità e temperatura dei flussi d'aria

Per il monitoraggio delle condizioni climatiche si fa riferimento ad una centralina meteo; si tratta di un sistema analogo a quello presente nell'ufficio, costituito da un datalogger TMF500 e dai seguenti sensori:

- sensore di temperatura e umidità relativa per esterni;
- sensore di radiazione solare globale;
- anemometro a coppe.

Il sensore combinato per la misura di umidità relativa e temperatura ha le medesime caratteristiche di quelli impiegati nell'ambiente interno: il rivestimento esterno provvede in questo caso non solo a riparare dalla radiazione solare, ma anche dagli eventi atmosferici; il range di misura è –40 °C ÷ +60 °C e la precisione ± 0.15 °C per la misura di temperatura, per l'umidità il range è di 0 ÷ 100 % RH, con una precisione di ± 2%.

Figura 7. Sensore combinato di temperatura e umidità relativa per esterni

La radiazione solare globale è misurata attraverso un piranometro di classe 1: il sensore è costituito da un trasduttore a termopila, protetto da una cupola in vetro in grado di garantire elevata sensibilità nello spettro 0,3 μm ÷ 3 μm. Il segnale in uscita del sensore è 0÷2 V nel range di misura 0÷1300 W/m$^2$.

Figura 8. Sensore per la misura della radiazione solare globale

Le grandezze relative alle condizioni del vento all'esterno delle Poste sono misurate con un anemometro: è uno strumento che restituisce informazioni sulla velocità e direzione del vento.

La velocità del vento è misurata con una accuratezza di 0,1 m/s entro i 30 m/s, e con il ±2% di accuratezza tra nell'intervallo 30÷60 m/s.

Figura 9. Sensore anemometrico

Il datalogger acquisisce i dati dai diversi sensori con un intervallo di campionamento pari a 10 secondi. Tuttavia, per non generare una mole di dati difficilmente gestibile, viene registrata

una misura ogni 5 minuti; nell'intervallo di acquisizione vengono raccolti i dati e vengono calcolati il valore massimo, minimo e medio: il dato più significativo, sul quale vengono poi svolte le analisi, è il dato medio.

**I FASE: Monitoraggio ante operam**

La prima fase di monitoraggio è volta a misurare le condizioni di comfort termoigrometrico dell'ufficio prima di aver effettuato l'intervento di riqualificazione.

La sperimentazione è partita il giorno 25 giugno 2014 e terminata il 7 luglio 2014.

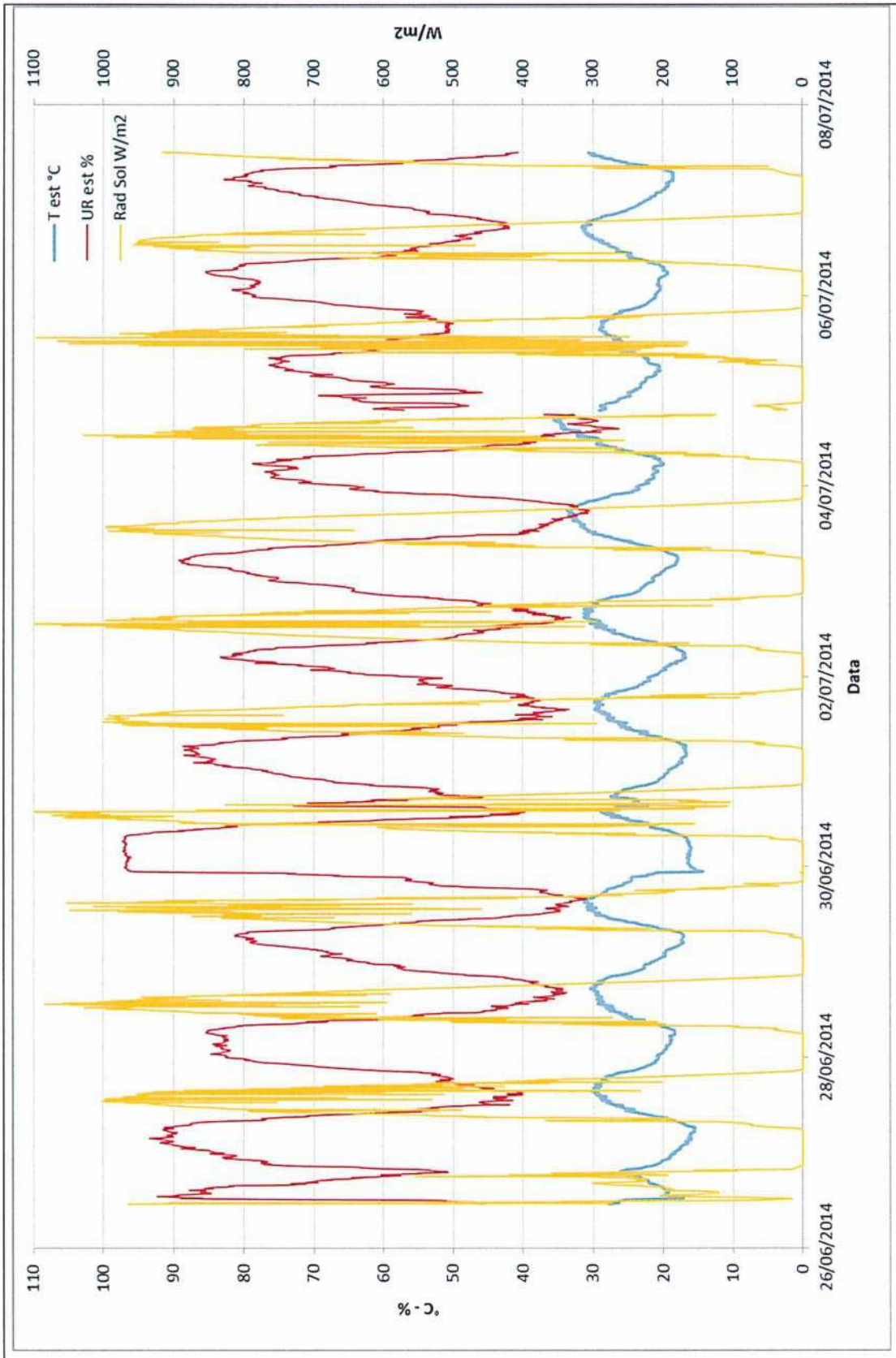
**Dati affluenza**

I dati registrati di affluenza sono divisi per giorni:

30 giugno dalle 600 alle 700 persone
01 luglio " 680 alle 780 "
02 " " 630 alle 730 "
03 " " 536 alle 636 "
04 " " 506 alle 606 "
05 " " 239 alle 300 "

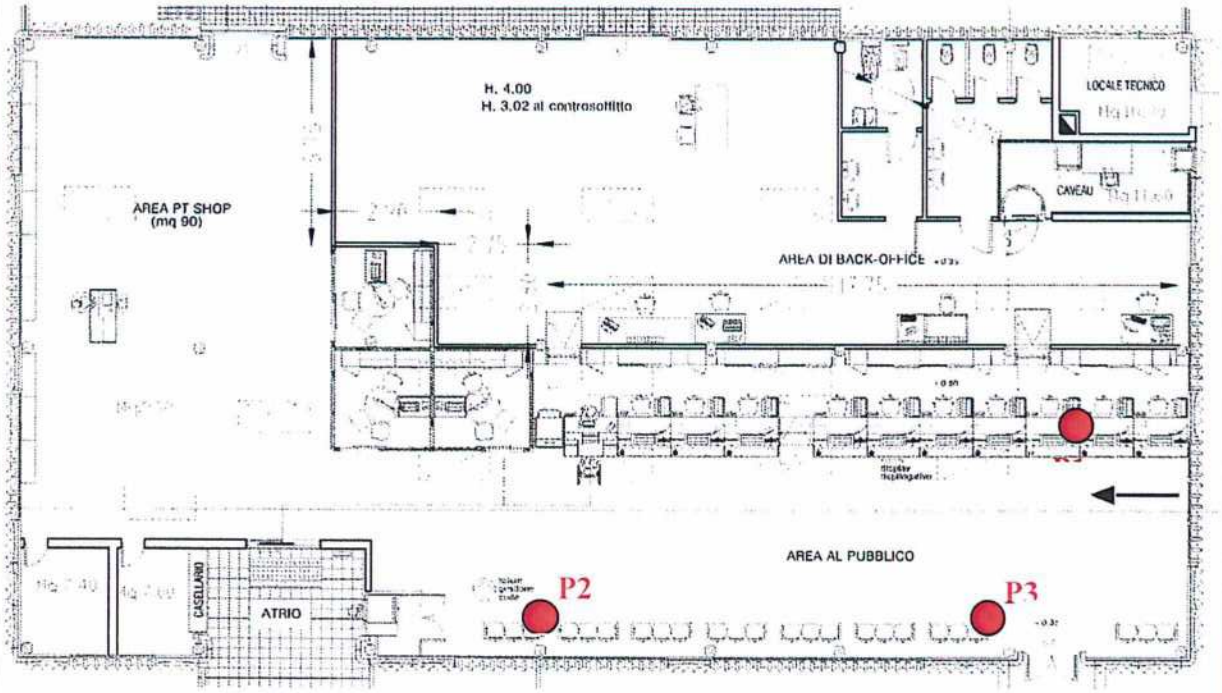
**Condizioni Meteo**

Le condizioni meteo presenti durante il periodo sperimentale sono riassunte nel seguente grafico. Mediamente si registrano giornate soleggiate con temperature massime che raggiungono i 30°C; solo nei giorni 2, 3 e 4 luglio si superano i 30°C.


T est °C
UR est %
Rad Sol W/m2
°C - %
W/m2
Data
26/06/2014
28/06/2014
30/06/2014
02/07/2014
04/07/2014
06/07/2014
08/07/2014
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100

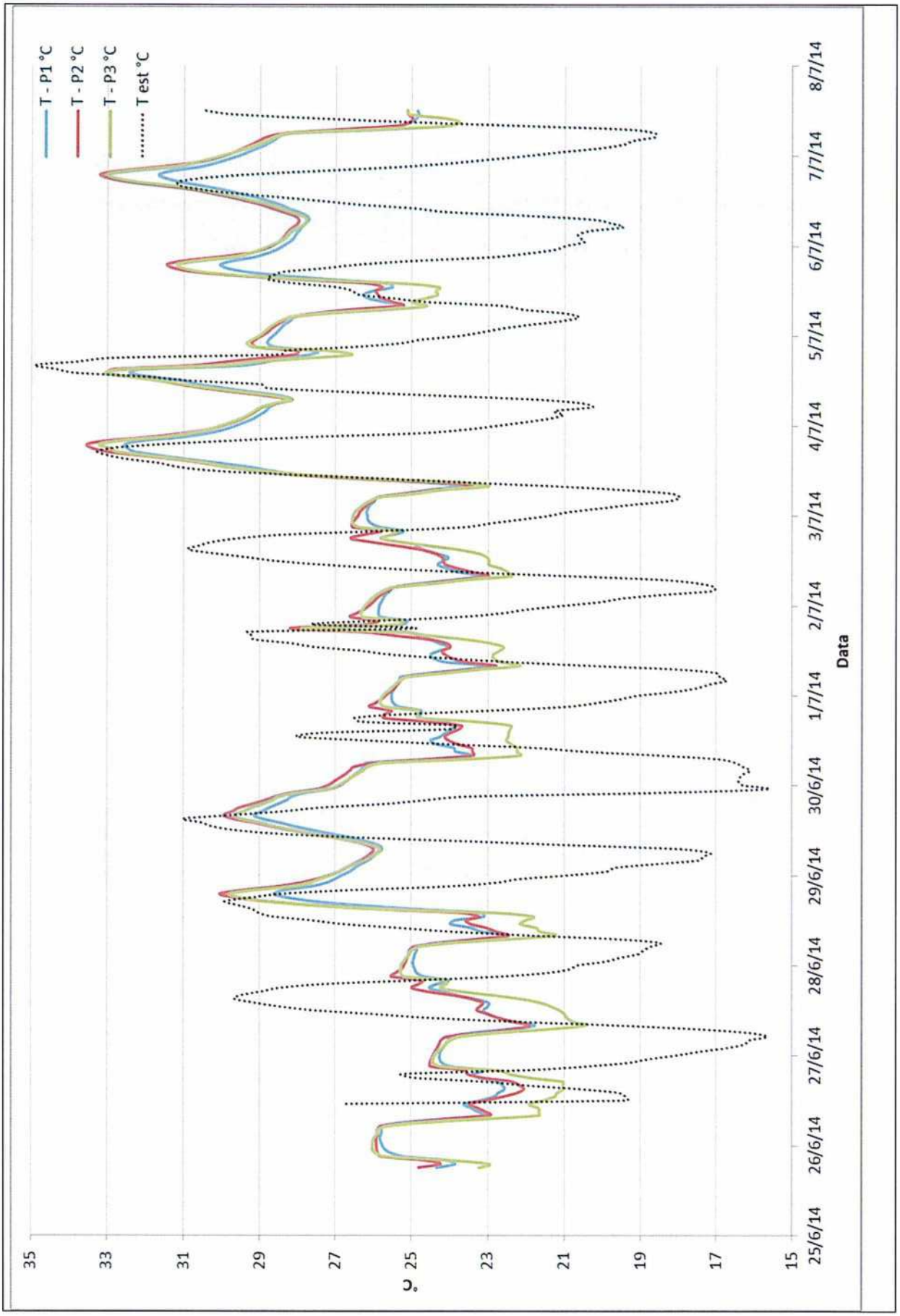
**Condizioni ambientali interne**

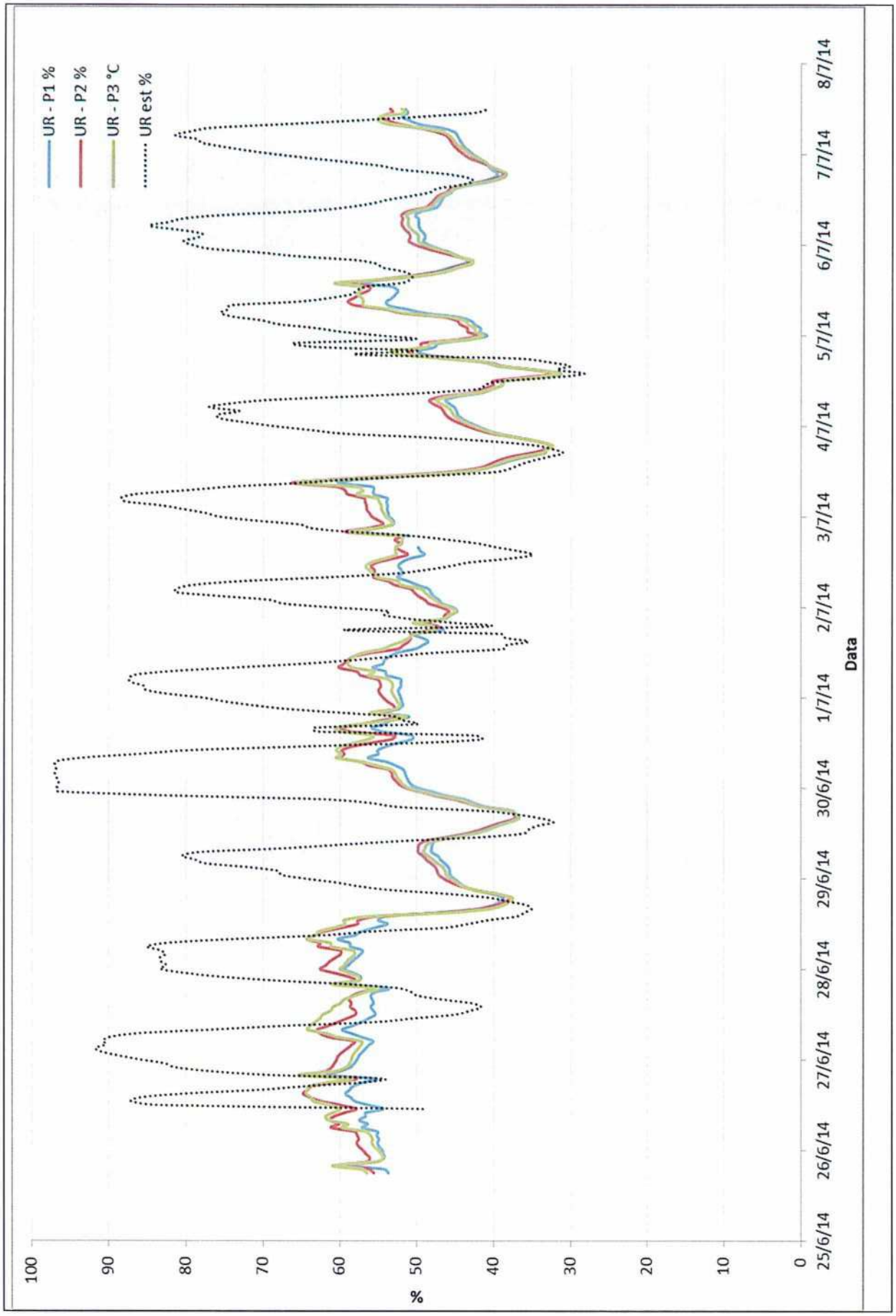
La pianta sottostante indica la posizione delle rispettive stazioni di acquisizione installate.

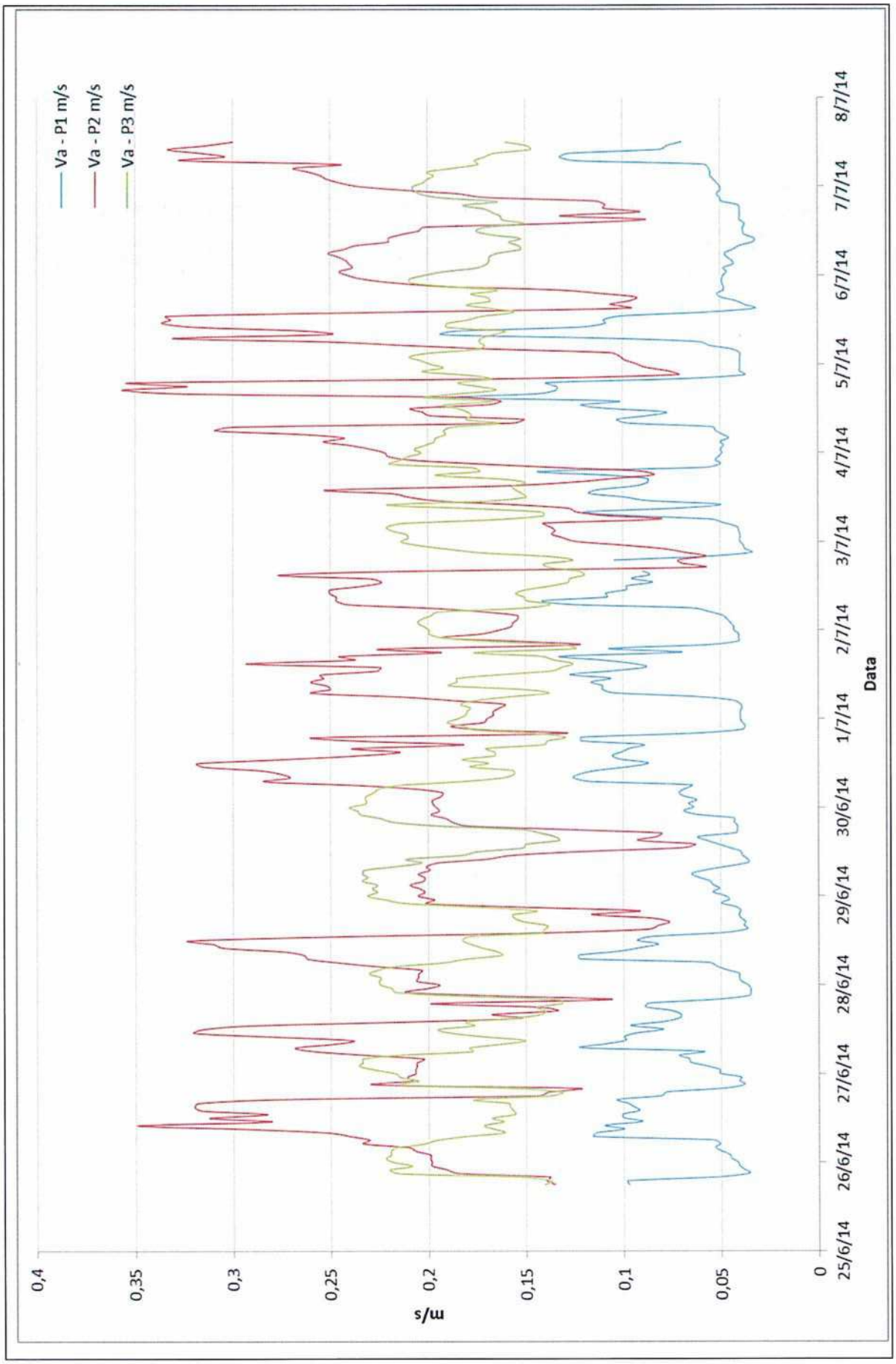



I seguenti grafici riepilogano l'andamento, rispettivamente, delle temperature, umidità e velocità dell'aria in corrispondenza delle tre stazioni dati.

Le temperature registrate internamente nelle ore notturne, quando l'impianto è spento, aumentano significativamente fino a stabilizzarsi nelle ore antecedenti la riaccensione dell'impianto. Osservando la temperatura esterna si mostra come nonostante essa raggiunga valori piuttosto bassi e comunque sempre al di sotto di 20°C, non esiste un'interazione tra esterno e interno. Questo significa che l'ambiente interno di notte va in accumulo termico che poi viene smaltito alla riaccensione dell'impianto. Tra le 3 postazioni non si riscontrano elevate differenze. I picchi sono più attenuati per la postazione n.1 vicino agli sportelli, mentre la postazione n.3 risente maggiormente delle condizioni esterne; infatti risulta avere il maggiore gradiente termico.


T - P1 °C
T - P2 °C
T - P3 °C
T est °C
35
33
31
29
27
25
23
21
19
17
15
°C
25/6/14
26/6/14
27/6/14
28/6/14
29/6/14
30/6/14
1/7/14
2/7/14
3/7/14
4/7/14
5/7/14
6/7/14
7/7/14
8/7/14
Data


UR - P1 %
UR - P2 %
UR - P3 °C
UR est %
%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
25/6/14
26/6/14
27/6/14
28/6/14
29/6/14
30/6/14
1/7/14
2/7/14
3/7/14
4/7/14
5/7/14
6/7/14
7/7/14
8/7/14
Data


Va - P1 m/s
Va - P2 m/s
Va - P3 m/s
m/s
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
25/6/14
26/6/14
27/6/14
28/6/14
29/6/14
30/6/14
1/7/14
2/7/14
3/7/14
4/7/14
5/7/14
6/7/14
7/7/14
8/7/14
Data

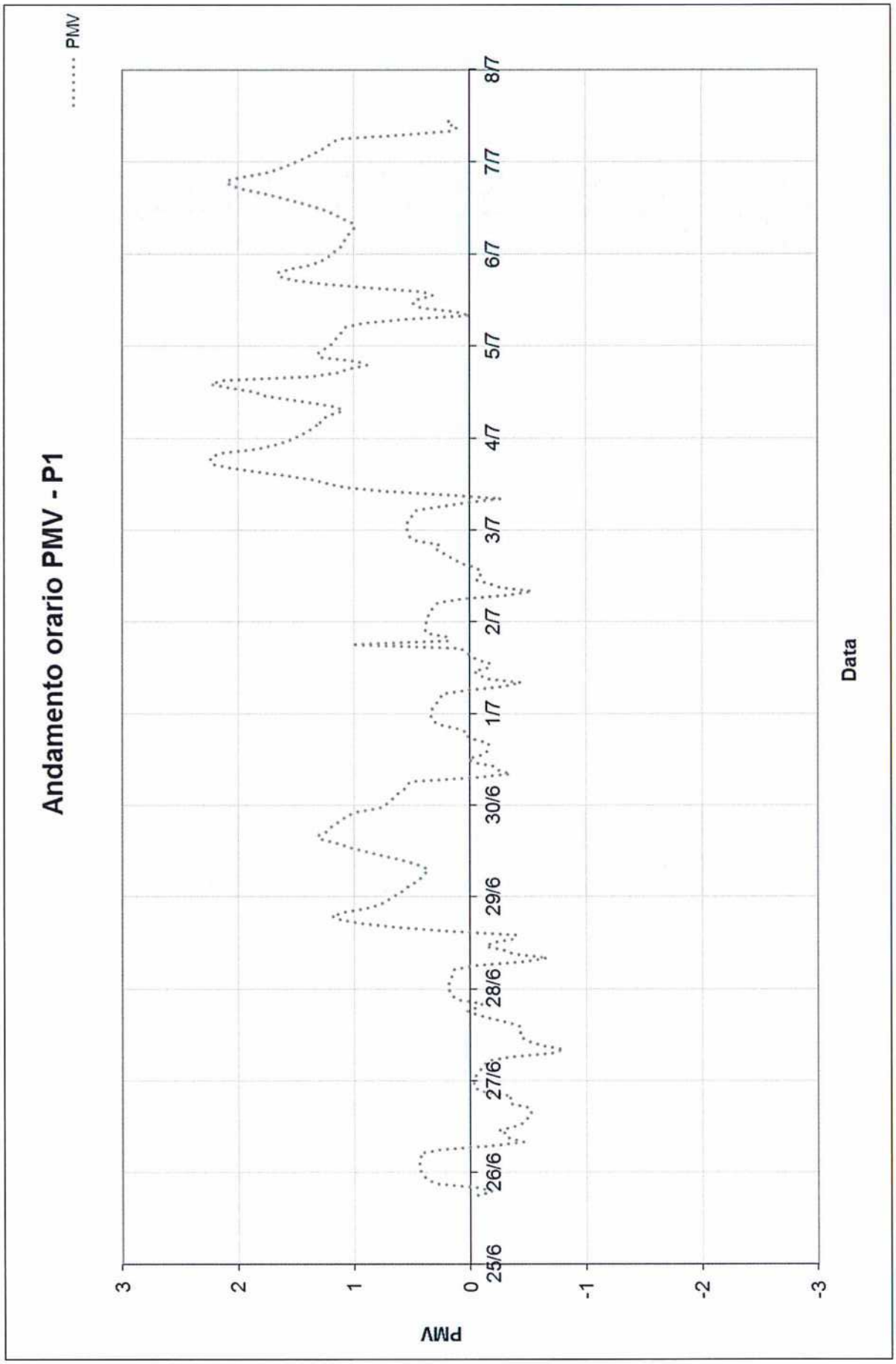
La velocità misurata nella postazione n.2 risulta essere superiore a quella delle altre postazioni.

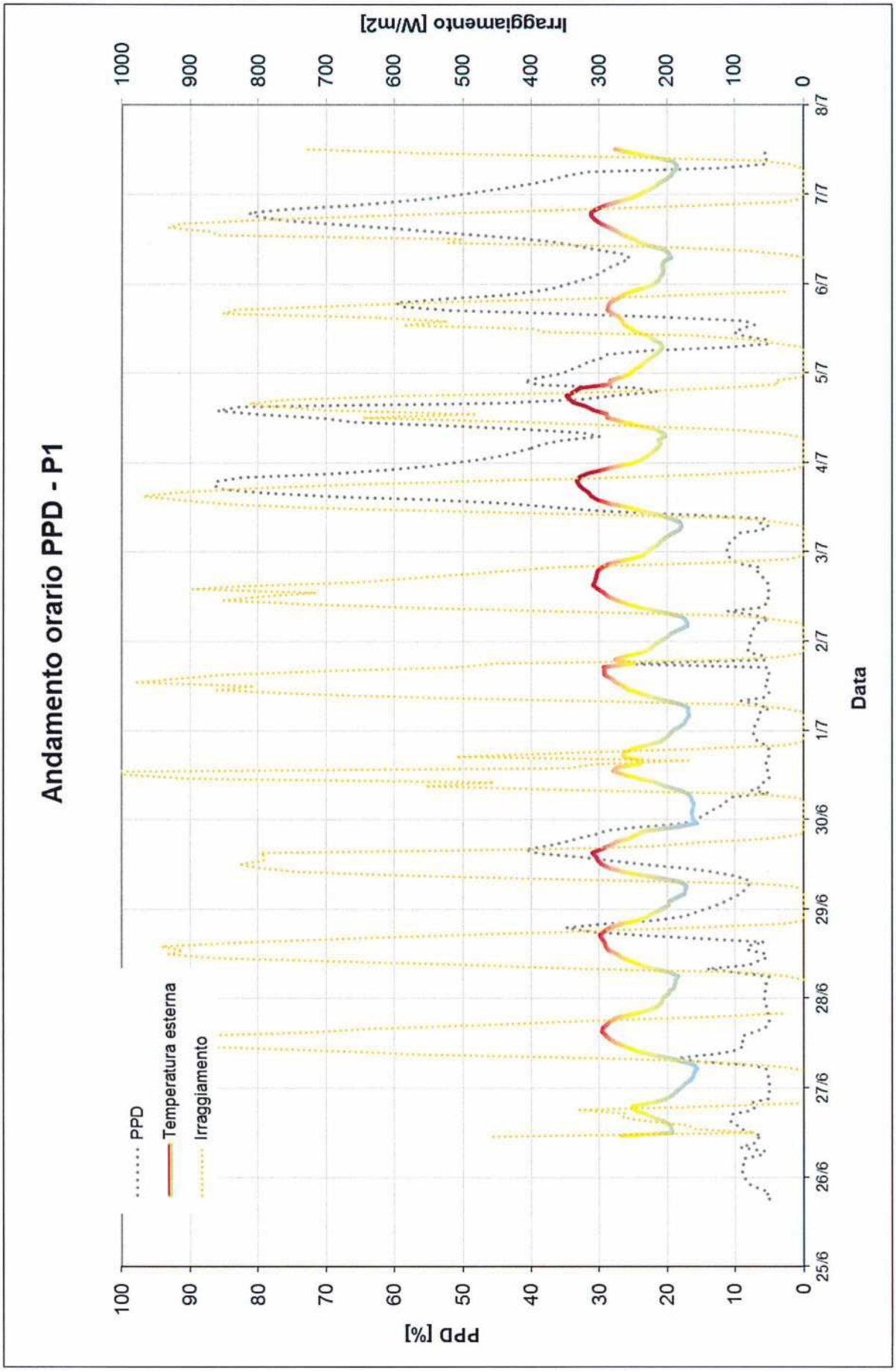
**Analisi dei risultati**

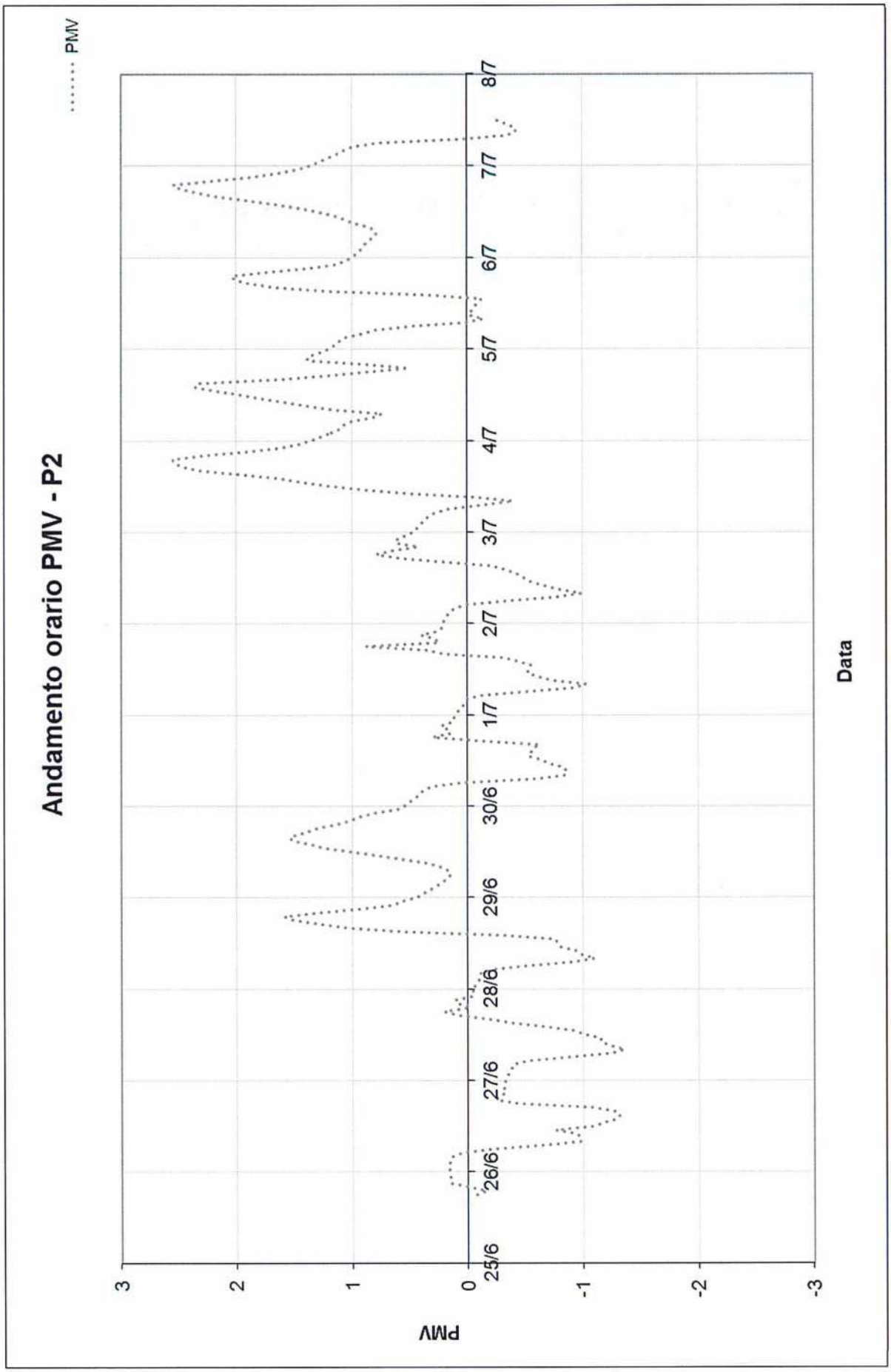
Nel corso della sperimentazione, ad esclusione dei giorni di chiusura e di malfunzionamento dell'impianto, la sensazione di benessere degli occupanti è classificata come "*leggero caldo*". Osservando il giorno 3 luglio, giorno in cui l'impianto non è funzionante, il discomfort arriva a una sensazione di "*molto caldo*".
Nella posizione n.1 vicina agli sportelli si osservano valori di PPD mediamente accettabili, ad esclusione del periodo in cui non ha funzionato l'impianto e nelle ore iniziali e finali di apertura dell'ufficio.
I dati rilevati nella postazione n.2, collocata in corrispondenza dello sportelli di poste shop, mostrano valori peggiorativi in termini di comfort. Da un lato nella settimana fino al 29 giugno si registra una sensazione una sensazione di "*leggero freddo*". Infatti il PPD raggiunge valori di 40% di discomfort. I primi giorni di luglio mostrano invece con temperature esterne che raggiungono e superano i 30°C un significativo grado di discomfort dovuto a sensazioni sia di "leggero freddo" che di "leggero caldo", con PPD che superano il 25%. Il 3 luglio, con impianto rotto, si raggiunge il massimo grado di discomfort pari al 95% di persone insoddisfatte.

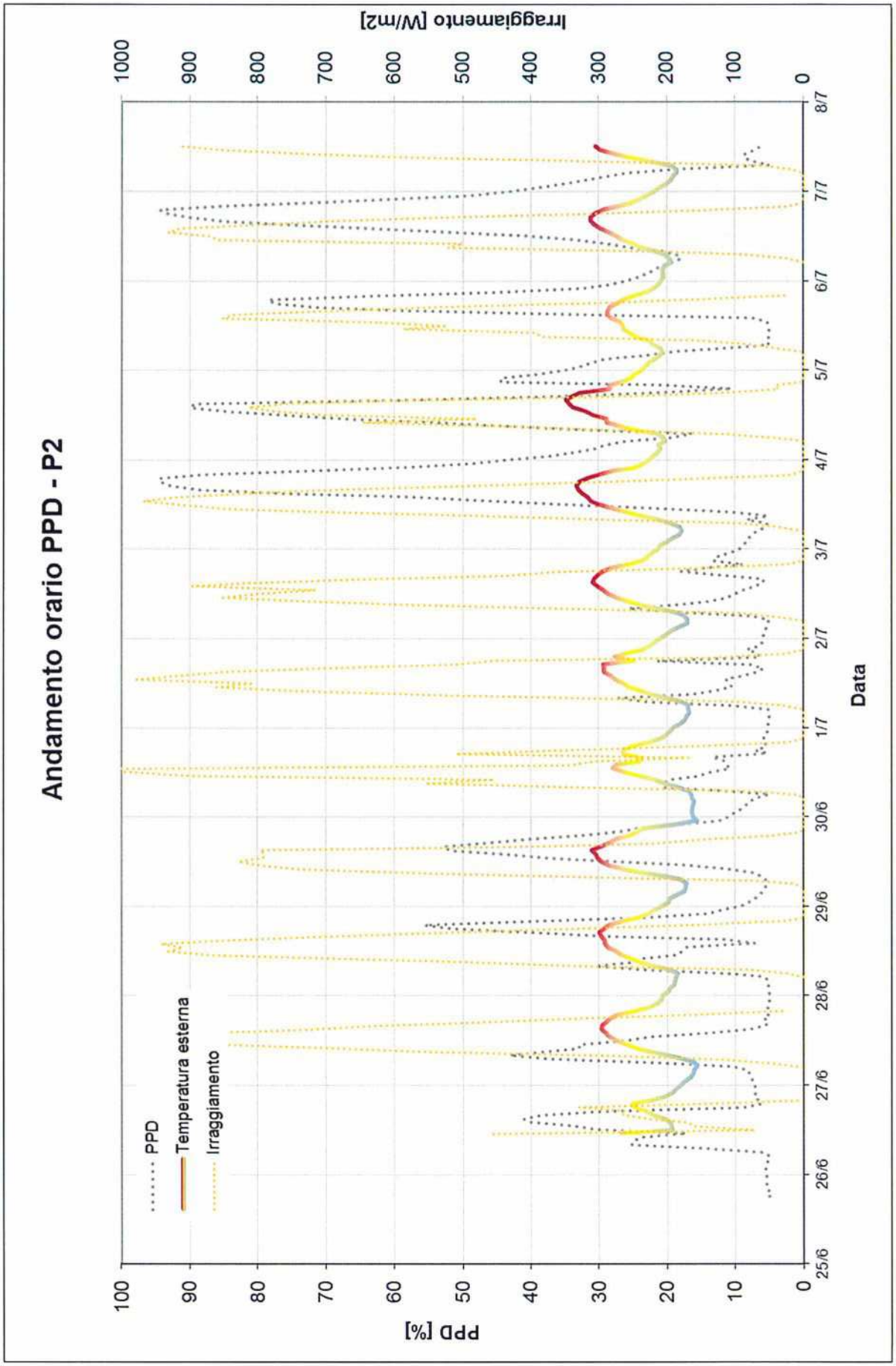
Per quanto riguarda la postazione n.3, come già anticipato, si presenta un andamento simile alla postazione n.2 ma con picchi più attenuati, in quanto vicino alla porta di uscita di sicurezza si risente maggiormente della variazione climatica esterna.

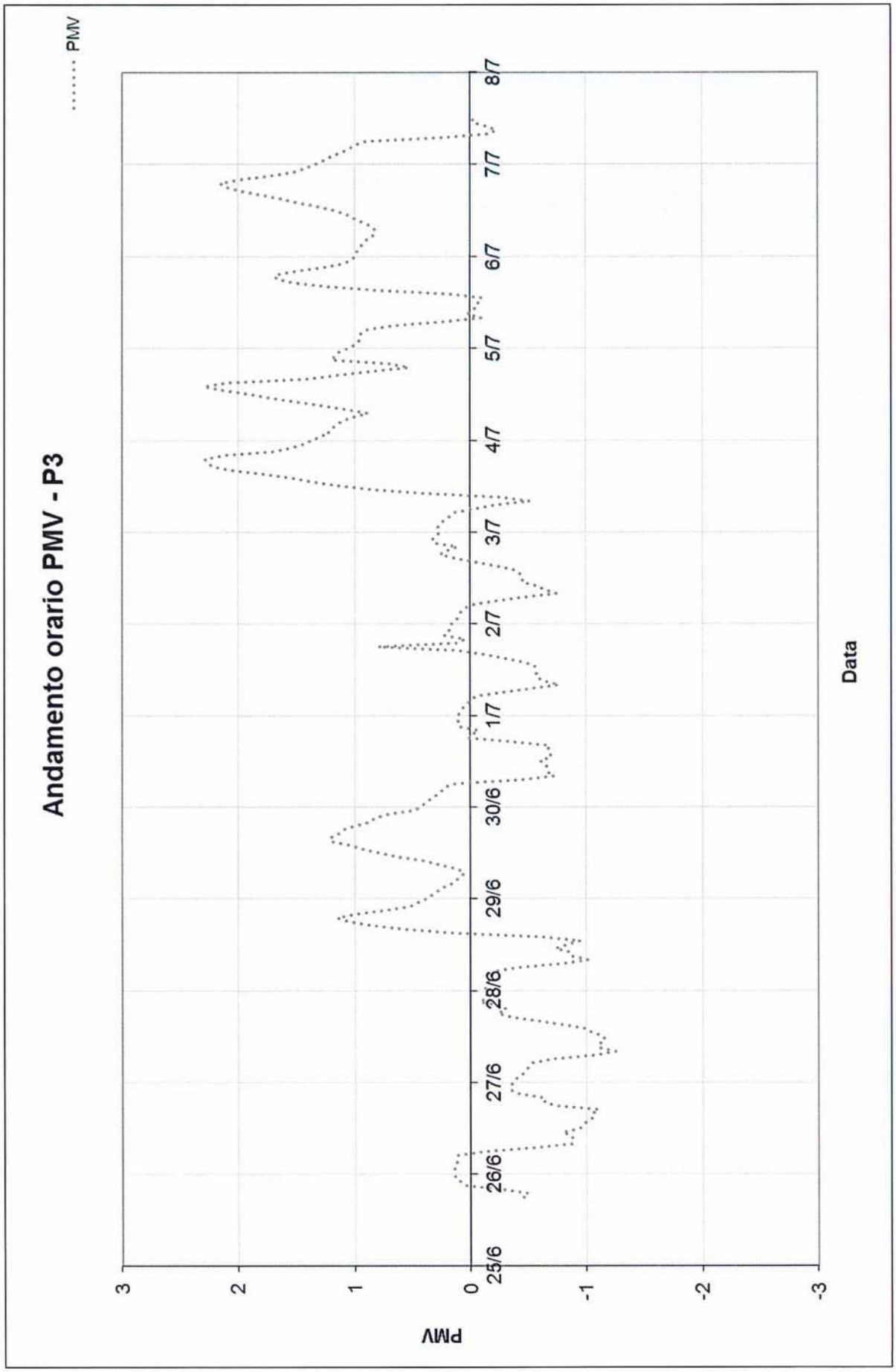
Tenuto conto dei dati ottenuti si ritiene che l'impianto di condizionamento necessita di una regolazione più appropriata o un'efficienza di ventilazione più adeguata in corrispondenza dell'area adibita al pubblico. Si evidenzia inoltre come l'impianto di condizionamento vada in stallo quando è richiesta la massima potenza (ad esempio nei giorni 3 e 4 luglio).

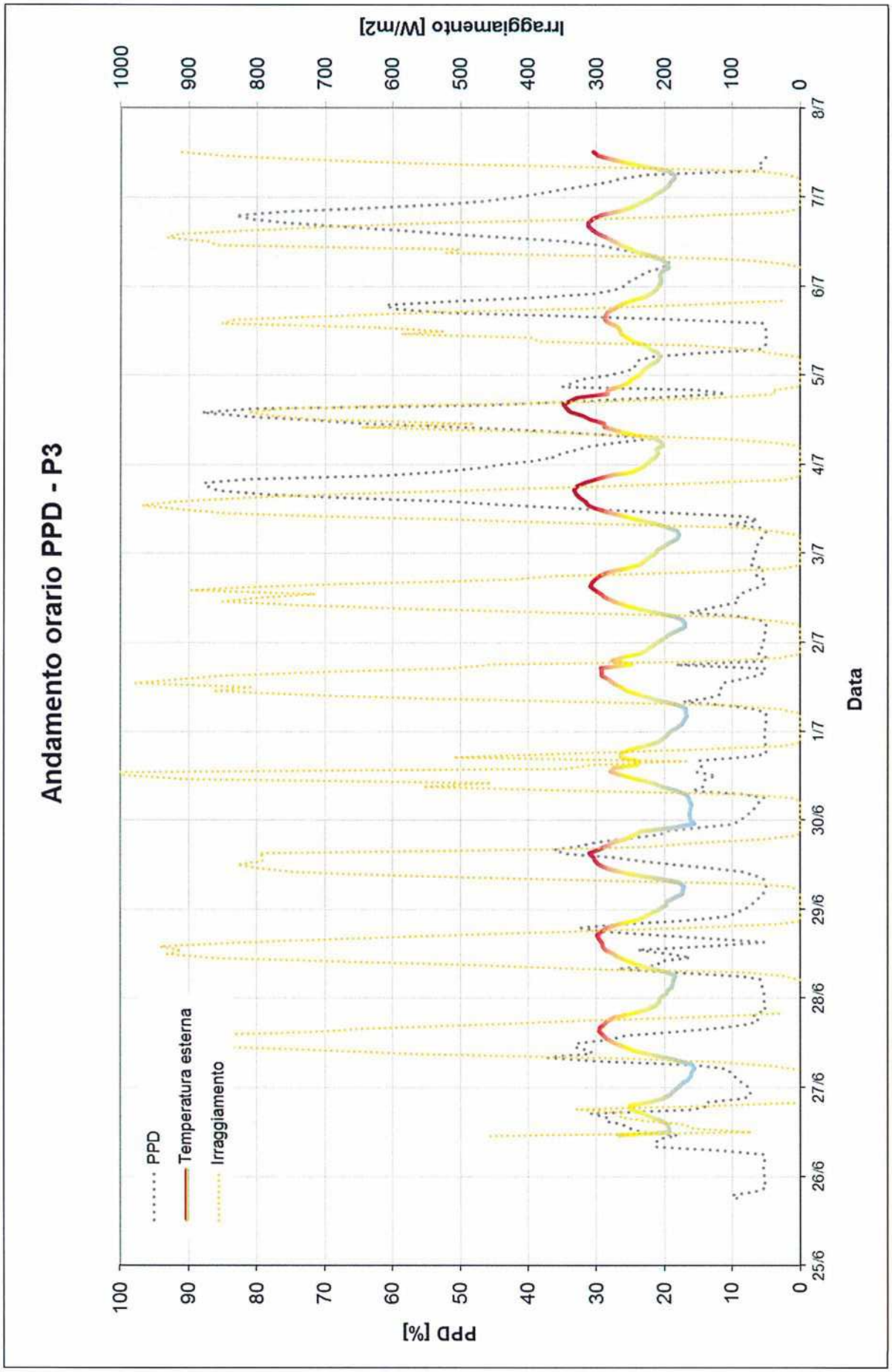

Andamento orario PMV - P1
PMV
3
2
1
0
-1
-2
-3
25/6
26/6
27/6
28/6
29/6
30/6
1/7
2/7
3/7
4/7
5/7
6/7
7/7
8/7
Data


Andamento orario PPD - P1
PPD
Temperatura esterna
Irraggiamento
PPD [%]
Irraggiamento [W/m2]
Data
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
25/6
26/6
27/6
28/6
29/6
30/6
1/7
2/7
3/7
4/7
5/7
6/7
7/7
8/7


Andamento orario PMV - P2
PMV
3
2
1
0
-1
-2
-3
25/6
26/6
27/6
28/6
29/6
30/6
1/7
2/7
3/7
4/7
5/7
6/7
7/7
8/7
Data


Andamento orario PPD - P2
PPD
Temperatura esterna
Irraggiamento
PPD [%]
Irraggiamento [W/m2]
Data
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
25/6
26/6
27/6
28/6
29/6
30/6
1/7
2/7
3/7
4/7
5/7
6/7
7/7
8/7


Andamento orario PMV - P3
PMV
3
2
1
0
-1
-2
-3
25/6
26/6
27/6
28/6
29/6
30/6
1/7
2/7
3/7
4/7
5/7
6/7
7/7
8/7
Data


Andamento orario PPD - P3
PPD
Temperatura esterna
Irraggiamento
PPD [%]
Irraggiamento [W/m2]
Data
25/6
26/6
27/6
28/6
29/6
30/6
1/7
2/7
3/7
4/7
5/7
6/7
7/7
8/7
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

**II FASE: Monitoraggio post operam**

Il monitoraggio post operam è partito in data 19 agosto ed è terminato il 19 settembre 2014. In particolare è stata analizzata una settimana rappresentativa delle condizioni estive più critiche, dal 25 al 31 agosto.

**Dati affluenza**

I dati registrati di affluenza sono riportati di seguito.

19 agosto – 339 persone

20 agosto – 343 persone

21 agosto – 320 persone

22 agosto – 193 persone

23 agosto – 166 persone

26 agosto – 447 persone

27 agosto – 428 persone

28 agosto – 367 persone

29 agosto – 413 persone

30 agosto – 254 persone

1 settembre – 741 persone

2 settembre – 587 persone

3 settembre – 488 persone

4 settembre – 460 persone25 agosto – 591 persone

5 settembre – 474 persone

6 settembre – 237 persone

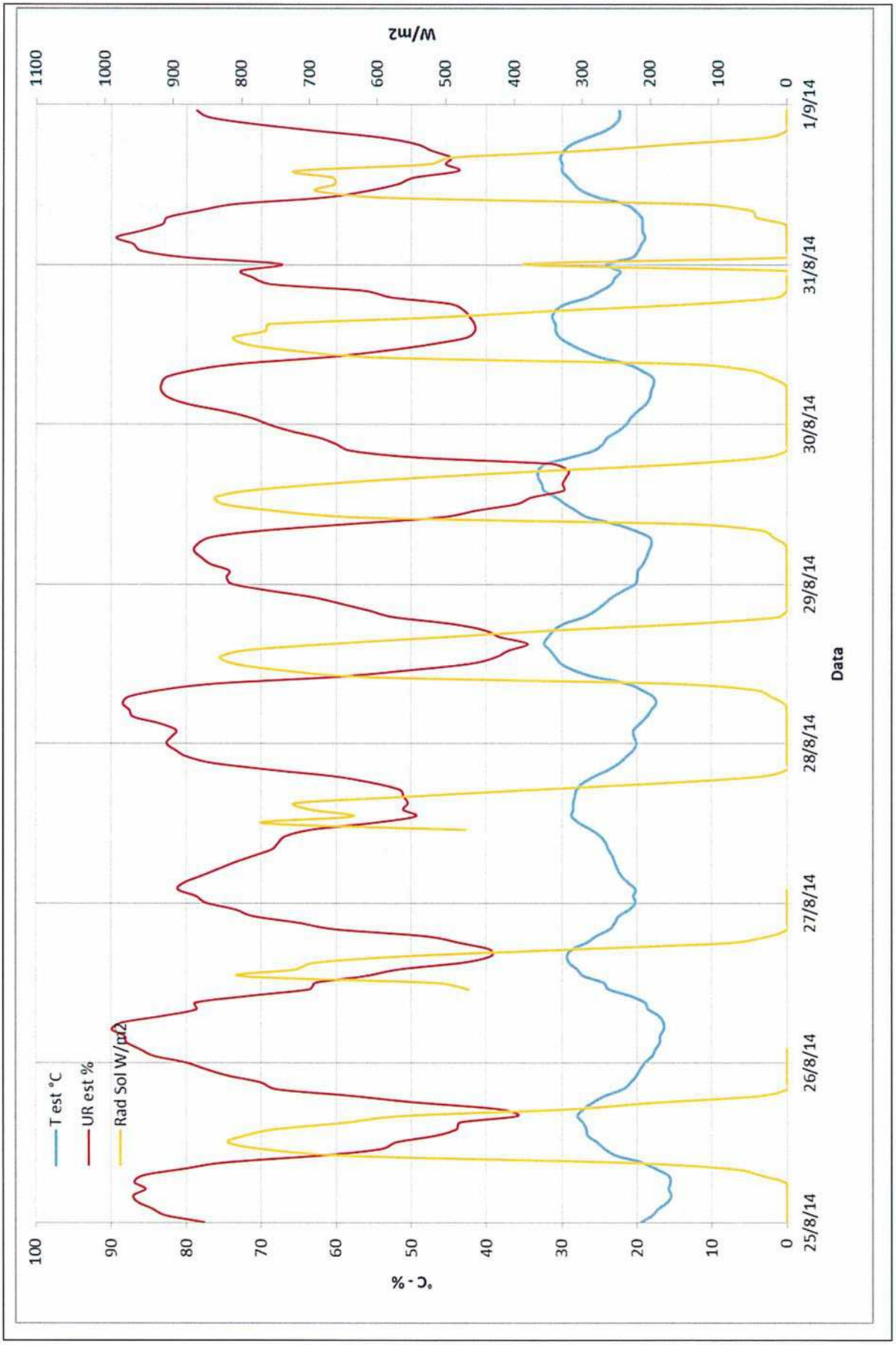
8 settembre – 518 persone

9 settembre – 444 persone

10 settembre – 409 persone

**Condizioni Meteo**

Nella settimana considerata per le analisi si registrano temperature esterne mediamente crescenti e giornate soleggiate, soprattutto nei giorni lavorativi con temperature massime che partono da circa 28°C fino a raggiungere i 34°C. È stata scelta la settimana dal 25 al 31 di agosto anche per confrontare il comfort termoigrometrico a parità di condizioni esterne rispetto al monitoraggio ante operam.


T est °C
UR est %
Rad Sol W/m2
°C - %
W/m2
Data
25/8/14
26/8/14
27/8/14
28/8/14
29/8/14
30/8/14
31/8/14
1/9/14
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100

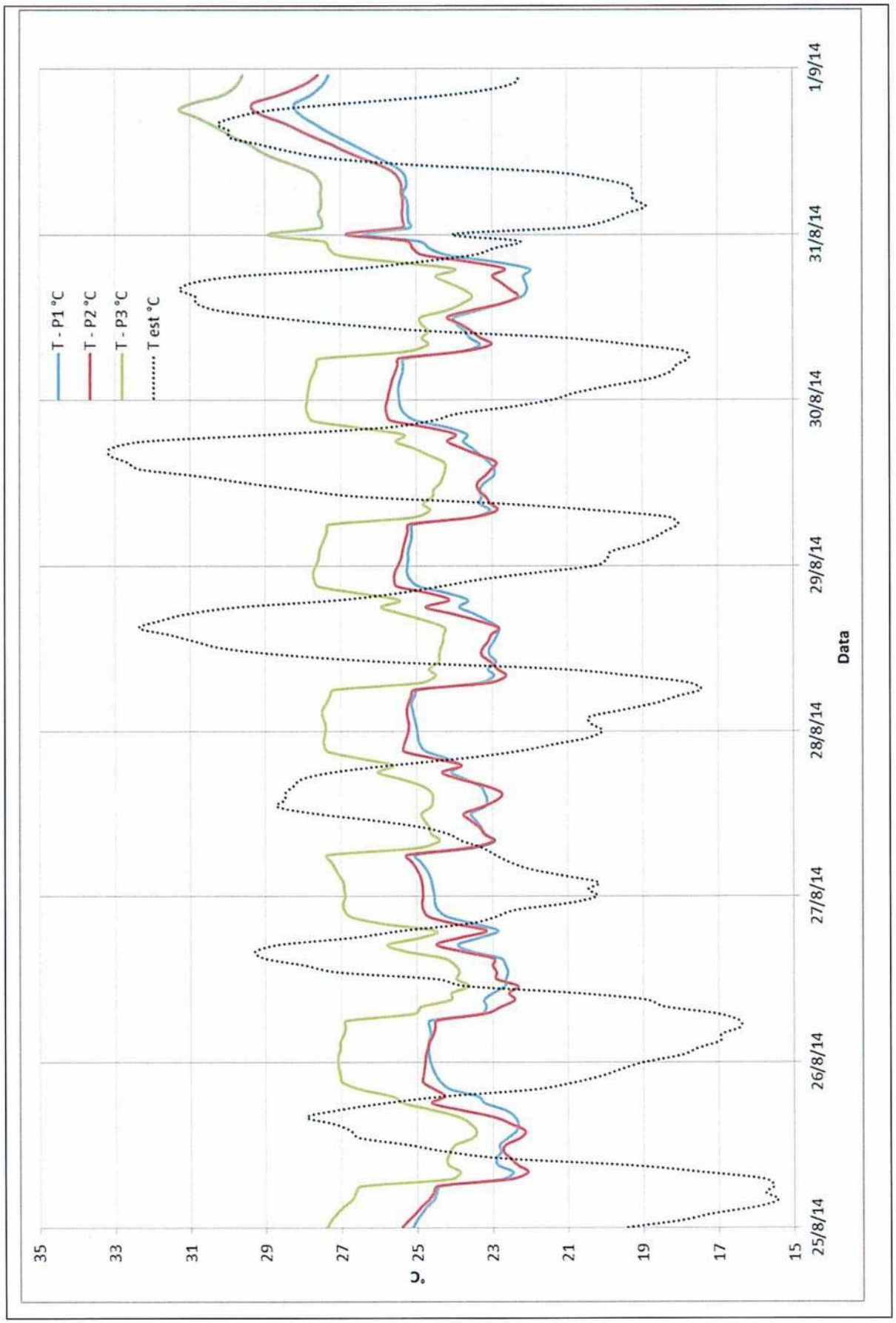
**Condizioni ambientali interne**

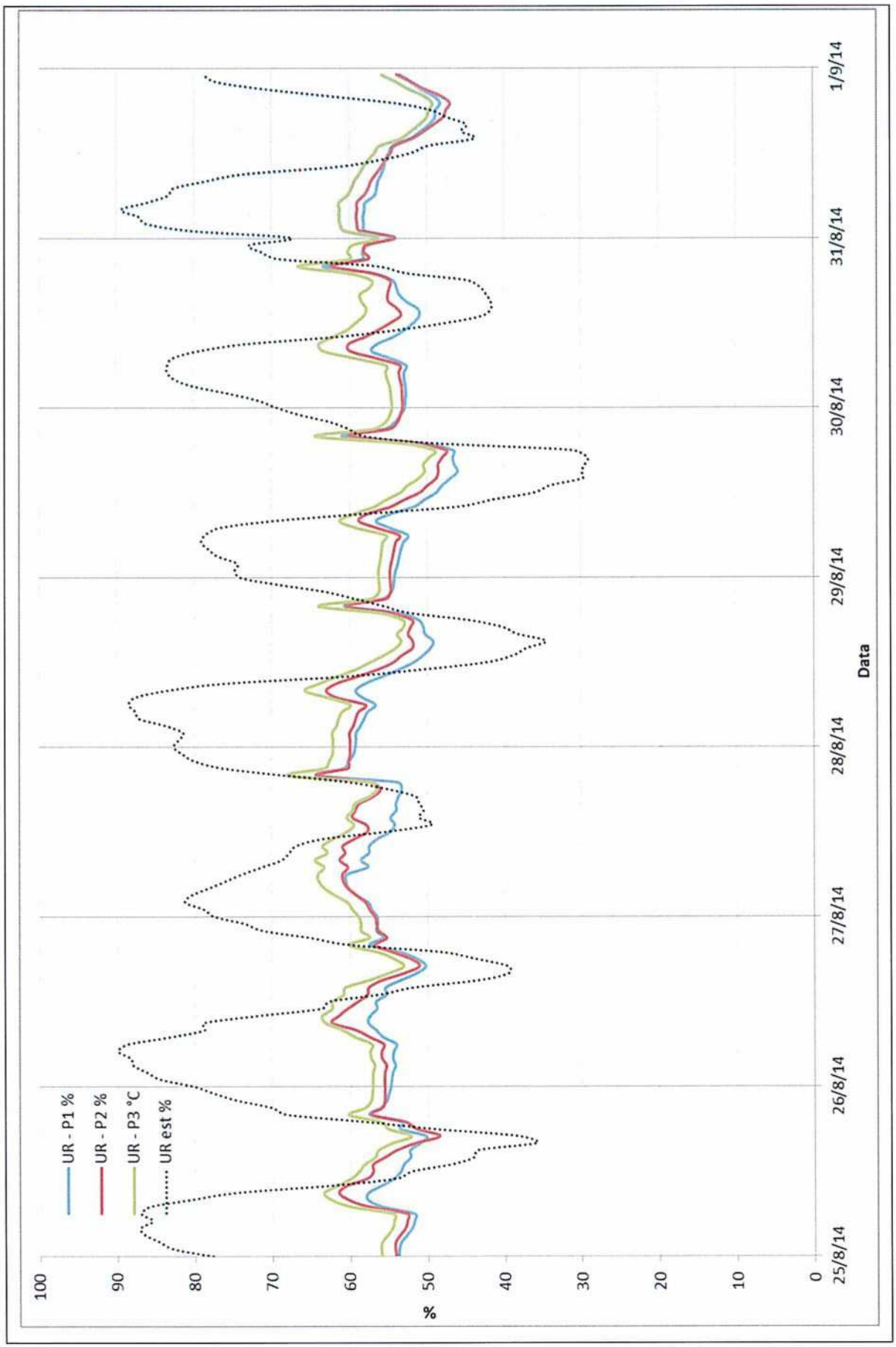
Le stazioni di acquisizione sono state installate nelle medesime posizioni antecedenti l'intervento di riqualificazione.

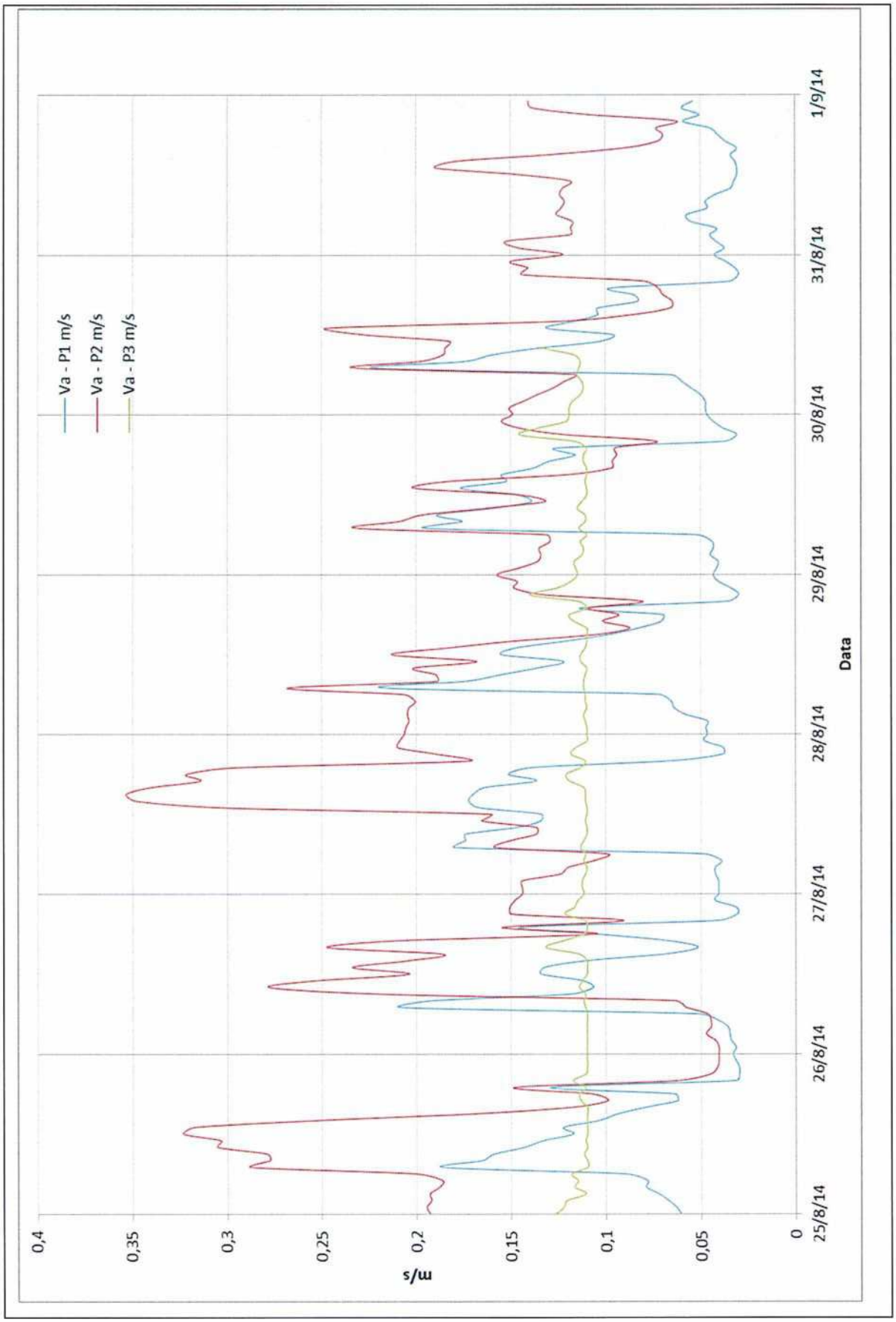
I seguenti grafici riepilogano l'andamento, rispettivamente, delle temperature, umidità e velocità dell'aria in corrispondenza delle tre stazioni dati.

Le temperature registrate internamente nelle ore notturne non aumentano eccessivamente; le medie (relative alla postazione n.2) si aggirano intorno ai 25°C grazie alla ventilazione notturna e all'inversione termica. Tale funzionamento permette alle 7.00 di mattina di avere negli uffici una temperatura di 23-25°C (a seconda del punto di misura). Viceversa, la temperatura media notturna registrata nel monitoraggio ante operam (relative alla postazione n.2) è di 26.7°C.

Si registra inoltre una notevole differenza tra le postazioni 1 e 2 rispetto alla 3. Tale differenza è dovuta principalmente alla posizione della stazione vicino alla finestra. Infatti la dipendenza dei dati registrati è molto legata alle condizioni climatiche esterne e pertanto limitatamente localizzata così come dimostrano i dati delle altre due postazioni le cui temperature sono visibilmente più basse. Questa differenza non si evince nel monitoraggio ante operam in quanto la distribuzione delle temperature era fortemente legata alle condizioni esterne, indipendentemente dalla postazione.


T - P1 °C
T - P2 °C
T - P3 °C
T est °C
°C
35
33
31
29
27
25
23
21
19
17
15
25/8/14
26/8/14
27/8/14
28/8/14
29/8/14
30/8/14
31/8/14
1/9/14
Data


UR - P1 %
UR - P2 %
UR - P3 °C
UR est %
%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
25/8/14
26/8/14
27/8/14
28/8/14
29/8/14
30/8/14
31/8/14
1/9/14
Data

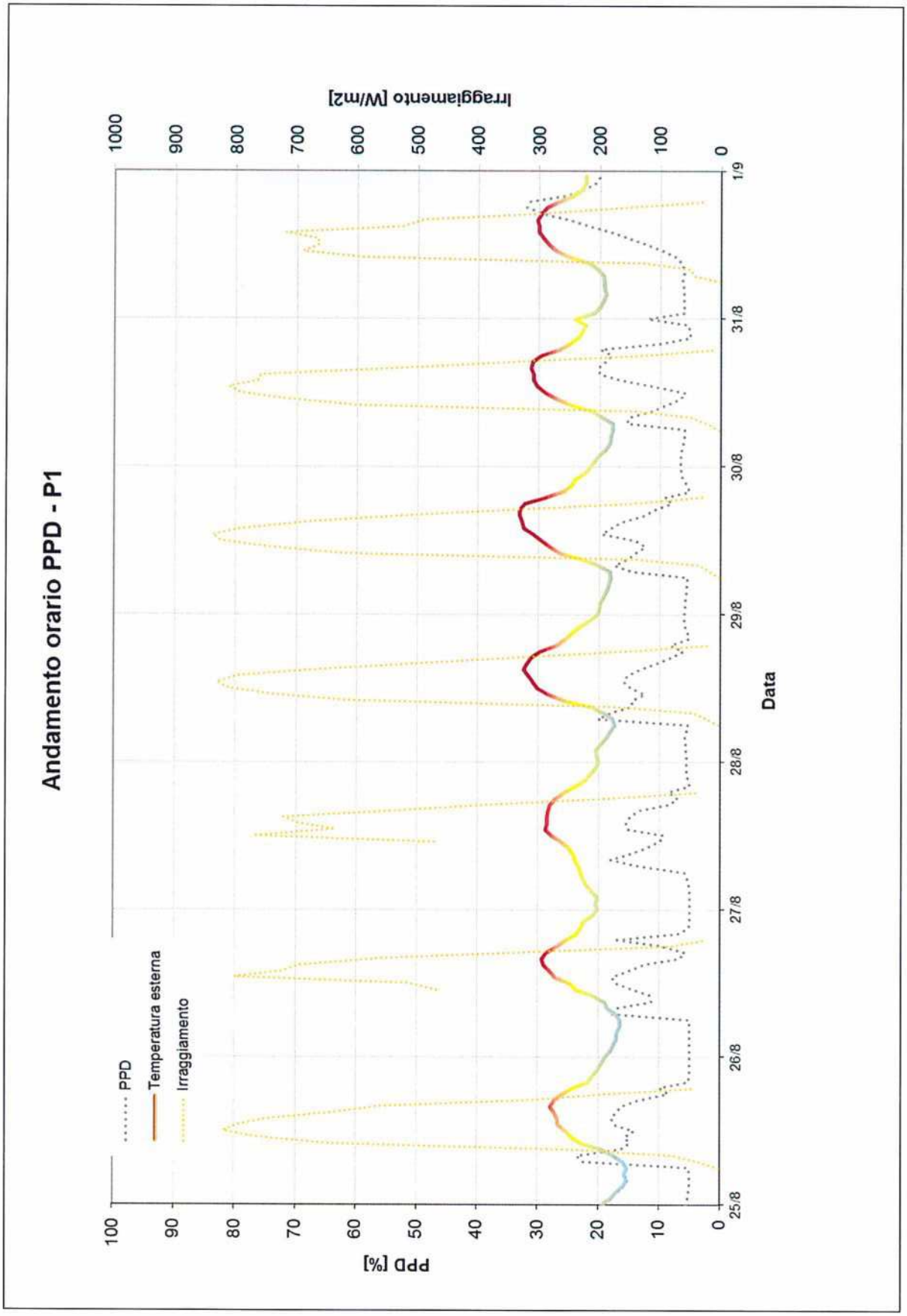

Va - P1 m/s
Va - P2 m/s
Va - P3 m/s
m/s
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
25/8/14
26/8/14
27/8/14
28/8/14
29/8/14
30/8/14
31/8/14
1/9/14
Data

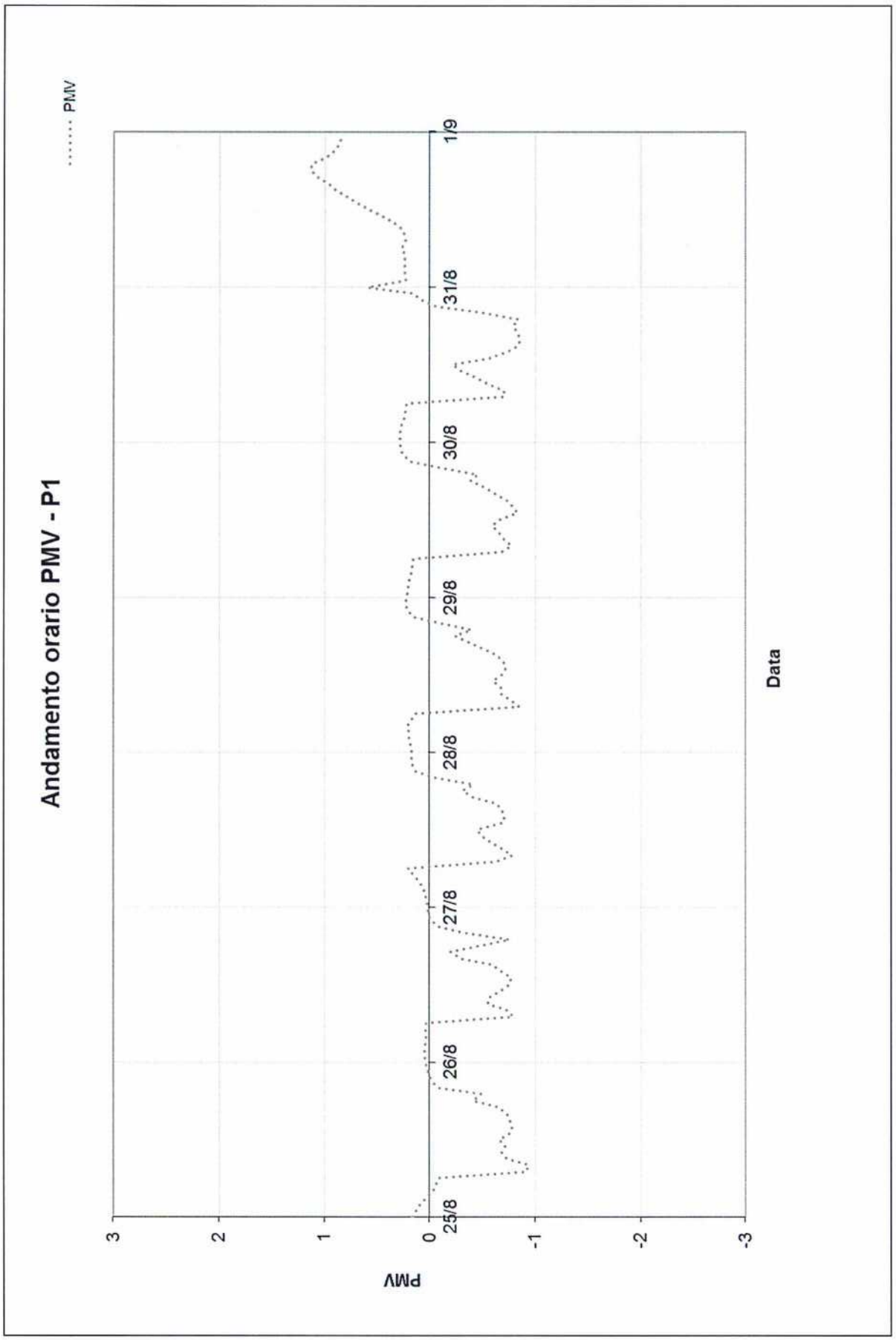
Le velocità misurate risultano sensibilmente più basse del precedente monitoraggio.

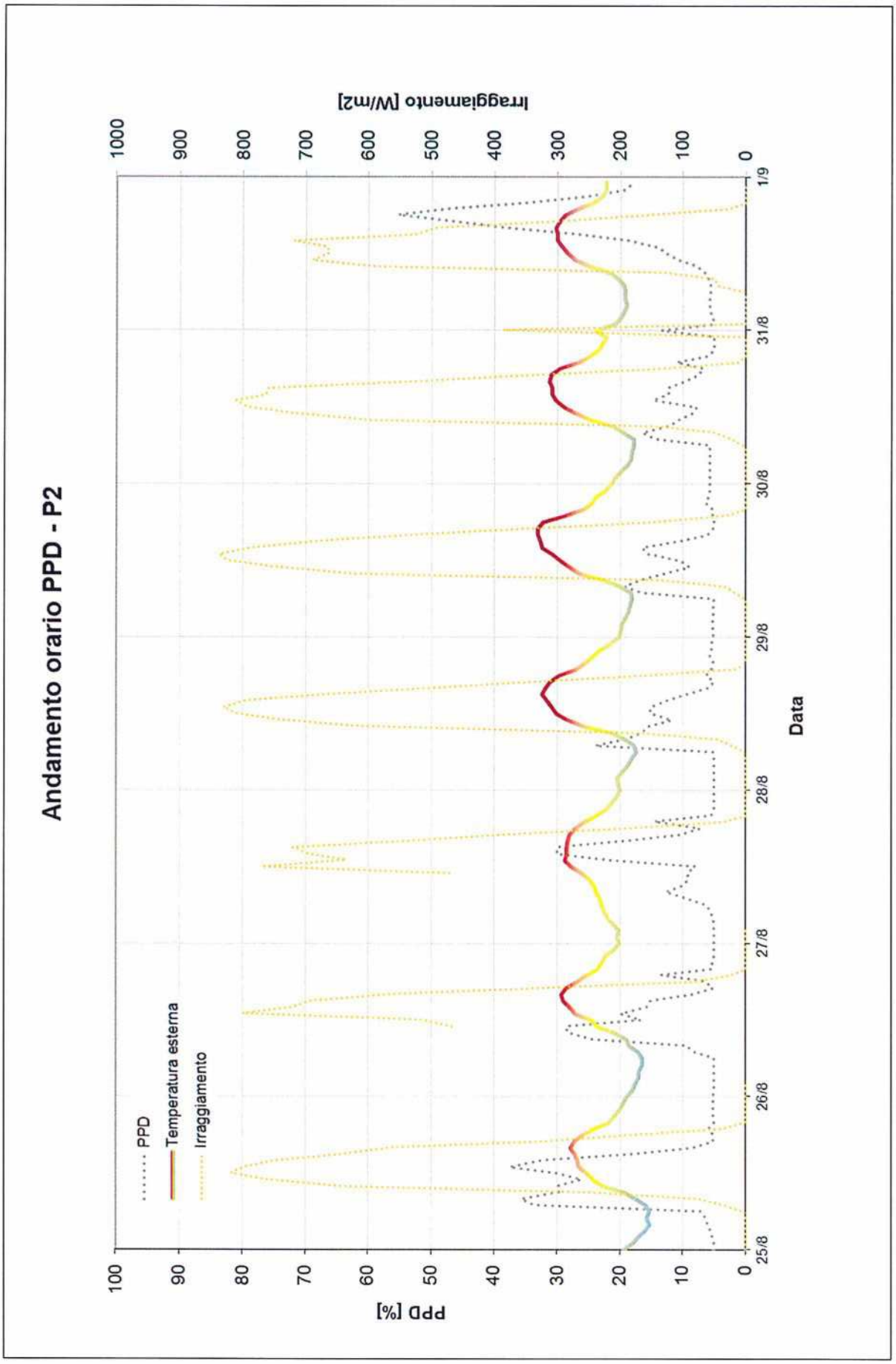
**Analisi dei risultati**

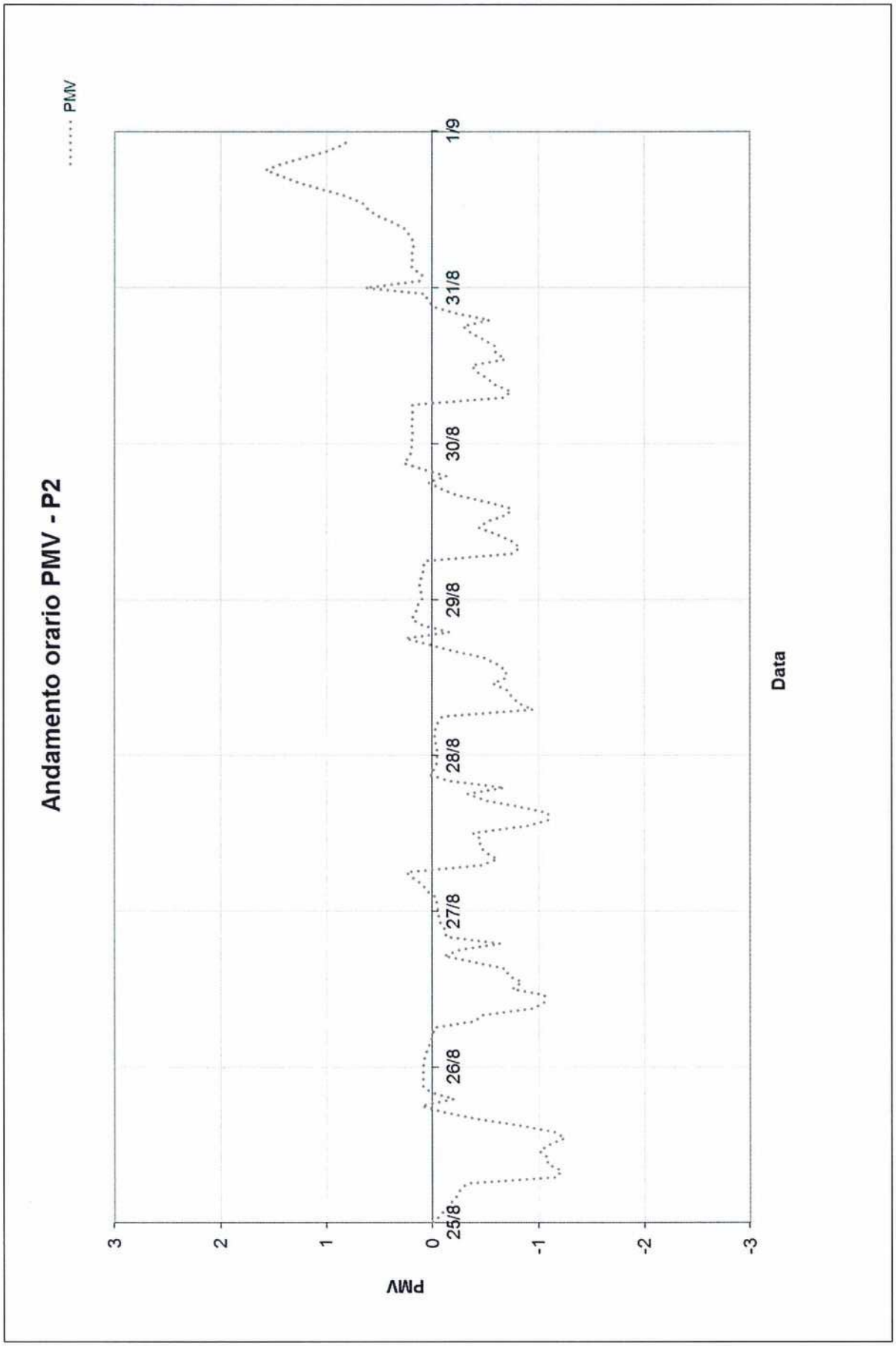
La sensazione di benessere degli occupanti risulta essere migliorata soprattutto attenuata rispetto ai picchi individuabili nel primo monitoraggio.

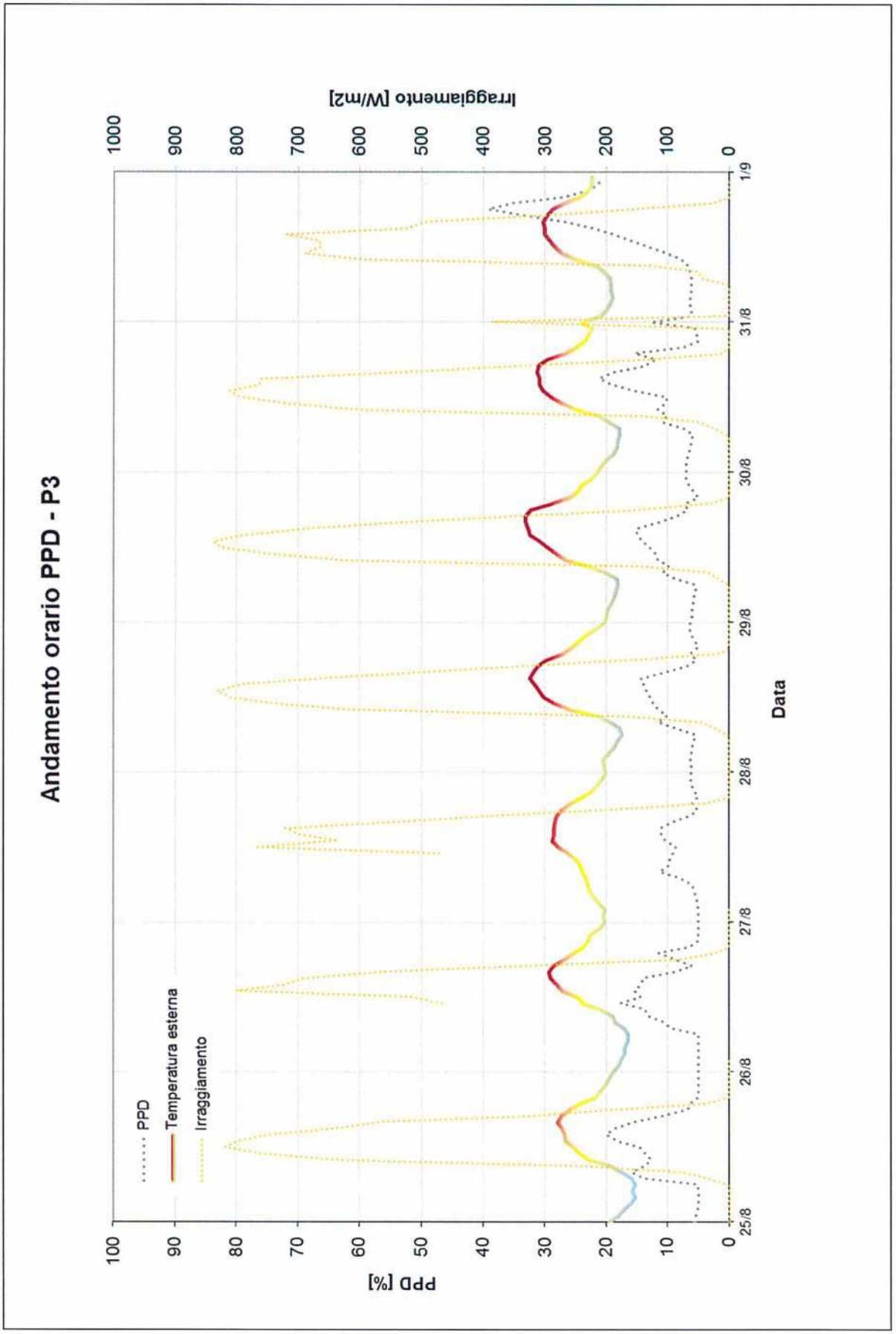
La percentuale di persone insoddisfatte risulta abbastanza elevata ma tale risultato è da ricercare nel tipo di regolazione dell'impianto. Seppur il PPD risulta talvolta superiore al 30%, il motivo è visibile nell'indice PMV in cui nelle ore diurne si evince una sensazione di *leggero freddo*. Questo risultato vale per le postazioni n.1 e n.2 ma non per la n.3. Quest'ultima mantiene una sensazione di benessere all'interno dei parametri di comfort causata, come detto, dal surriscaldamento localizzato in prossimità della finestra.

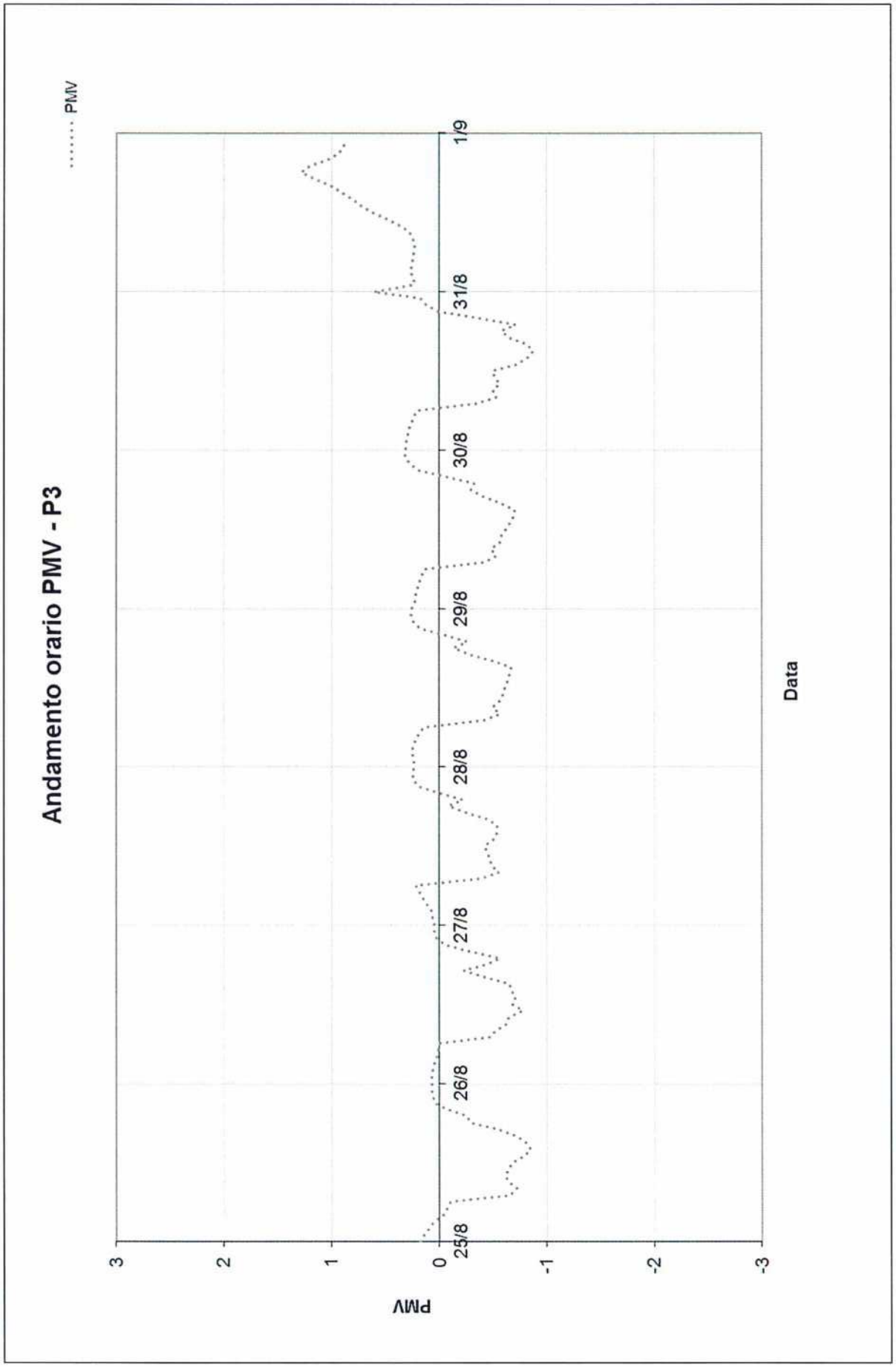

Andamento orario PPD - P1
PPD
Temperatura esterna
Irraggiamento
PPD [%]
Irraggiamento [W/m2]
Data
25/8
26/8
27/8
28/8
29/8
30/8
31/8
1/9


Andamento orario PMV - P1
PMV
3
2
1
0
-1
-2
-3
25/8
26/8
27/8
28/8
29/8
30/8
31/8
1/9
Data

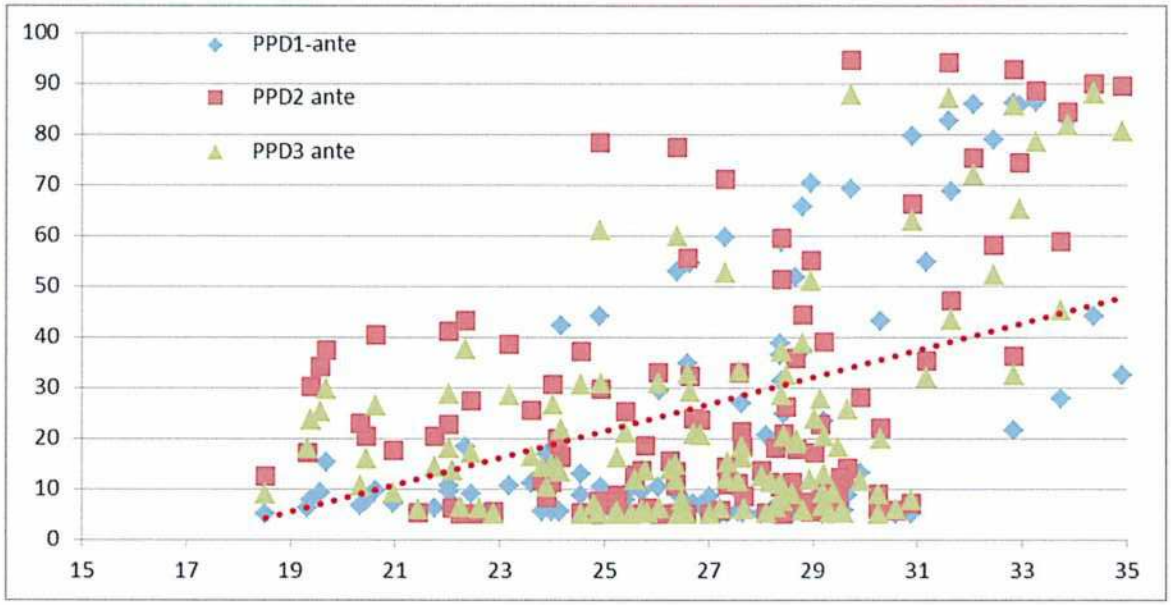

Andamento orario PPD - P2
PPD
Temperatura esterna
Irraggiamento
PPD [%]
Irraggiamento [W/m2]
Data
25/8
26/8
27/8
28/8
29/8
30/8
31/8
1/9
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

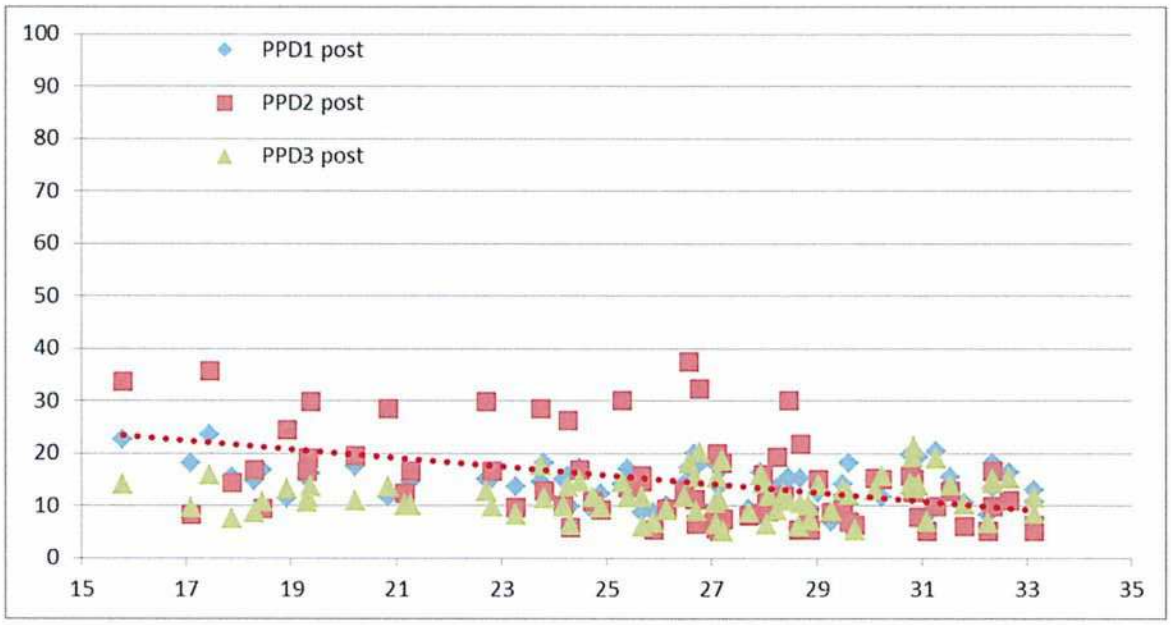

Andamento orario PMV - P2
PMV
3
2
1
0
-1
-2
-3
25/8
26/8
27/8
28/8
29/8
30/8
31/8
1/9
Data


Andamento orario PPD - P3
PPD
Temperatura esterna
Irraggiamento
PPD [%]
Irraggiamento [W/m2]
Data
25/8
26/8
27/8
28/8
29/8
30/8
31/8
1/9
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000


Andamento orario PMV - P3
PMV
3
2
1
0
-1
-2
-3
25/8
26/8
27/8
28/8
29/8
30/8
31/8
1/9
Data

A parità di capacità di raffrescamento, in quanto l'impianto di condizionamento non è stato modificato, la sensazione di *leggero freddo* è dovuta all'aumento di efficienza di raffrescamento generata dall'introduzione del sistema di aspirazione dell'aria introdotta da VetroVentilato. È necessaria pertanto una regolazione più adeguata ai nuovi parametri di efficienza intervenendo sulla termostatazione provvedendo, ad esempio, alla riduzione della temperatura di set-point.



I due precedenti grafici dimostrano infine che l'introduzione dell'impianto di aspirazione ha migliorato sensibilmente l'efficienza di ventilazione rendendo così indipendente il comfort termoigrometrico dalla temperatura esterna. Infatti la linea di tendenza del primo grafico aumenta all'aumentare della temperatura esterna; viceversa con l'introduzione dell'aspirazione nel secondo grafico l'indice PPD è indipendente dalle condizioni ambientali.

**Gli Sperimentatori**

Ludovico Danza

Stefano Galli

**Il Responsabile del Reparto**

dott. Italo Meroni

**Il Direttore f.f.**

dott. Italo Meroni