

Dott. Mag. David Capaccioli

**ANALISI STATISTICA PER IL CONTROLLO E L'OTTIMIZZAZIONE
DELLO STATO AMBIENTALE E DEL CONSUMO ENERGETICO DI
GAS METANO DI UNA STRUTTURA COMPLESSA**

08 Maggio 2013

INDICE

Introduzione		Pag. 1
1 I dati oggetto dell'analisi		Pag. 2
2 Analisi dei dati tramite indicatori statistici		Pag. 3
3 Analisi dei dati tramite modelli statistici		
3.1 Modelli di analisi della varianza.....		Pag. 5
3.2 Modello di analisi della covarianza	»	6
4 Interpretazione dei risultati ottenuti		Pag. 9
5 Decisioni strategiche		Pag. 10
6 Verifica delle strategie adottate: risparmio energetico effettivo		
6.1 Consumo energetico previsto correlato alle variabili metereologiche e al livello di occupazione.....		Pag. 11
6.2 Quantificazione del risparmio energetico effettivo	»	12
 Appendice	 Fogli di calcolo elettronici, tabelle e grafici attinenti alla metodologia statistica adottata	

Introduzione

Si analizza uno **strumento** realizzato attraverso la costruzione di indicatori e modelli statistici, il quale consente di **spiegare l'andamento** delle **temperature** nei mesi invernali all'interno dei locali di una qualsiasi struttura complessa (composta cioè da un elevato numero di stanze diverse tra loro).

La sperimentazione di tale strumento è stata effettuata su una particolare struttura, caratterizzata da ampia metratura, composta da molte stanze, corridoi e suddivisa in due ali ed estesa su cinque piani, nella quale un'associazione accoglie ospiti (generalmente anziani) autosufficienti.

L'**obiettivo** che abbiamo **raggiunto** è stato quello di **controllare** ed **ottimizzare** le **temperature** all'interno dei locali, consentendo all'edificio stesso, tramite la regolazione mirata delle caldaie e dei riscaldamenti, dunque **senza** l'apporto di **modifiche strutturali** dell'edificio, sia **uniformità di temperatura** tra i vari locali, che è condizione ideale per chi vi risiede (basti pensare alla **legge sulla sicurezza** riguardante **microclima** e **stress termico** da temperatura), sia un notevole **risparmio energetico** (si parla di una previsione di risparmio stimabile intorno al 33%).

Il vantaggio fondamentale di tale strumento, ossia di un'analisi statistica di questo tipo, si può concretizzare nel fatto che, innanzitutto, dobbiamo considerare il **risparmio energetico** ottenuto come un valore di tipo **dinamico**, che si ripeterà cioè per ogni anno a venire (e non una sola volta); inoltre, considerando i fini perseguiti (si parla chiaramente sempre di stato ambientale e risparmio energetico), **aggiornando** con i dati futuri i modelli statistici, quest'ultimi forniranno **previsioni** sempre più **corrette**, consentendoci di prendere **decisioni strategiche**, relativamente alla regolazione di riscaldamenti e caldaie, sempre più **ottimali**.

Di seguito verrà spiegato a livello più dettagliato, con l'ausilio anche di una vasta serie di fogli di calcolo elettronici, tabelle e grafici, consultabili in appendice, la **metodologia** adottata¹ per ottenere tali **risultati**, in modo da avvalorare accuratezza e veracità dello studio svolto.

¹ Nelle note talvolta sono previste anche informazioni di natura estremamente tecnica che possono tranquillamente essere non considerate a discrezione dell'utente.

1 I dati oggetto dell'analisi

Si osservi la matrice dei dati oggetto dell'analisi effettuata (**fig.1**): le unità statistiche che compongono il campione sono le “stanze/zone” in cui avvengono le rilevazioni, la numerosità campionaria n è pari a 106 rilevazioni²; la validità dello strumento che stiamo analizzando verte sullo studio incrociato di 6 **variabili**, cioè caratteristiche le cui modalità (i dati appunto) sono state rilevate su ciascuna stanza/zona appartenente al campione, e 5 **fattori**, definibili come caratteristiche delle unità statistiche (le stanze/zone) le cui modalità, dette livelli, assumono valori interi appartenenti ad un intervallo finito.

Le **variabili** in questione sono: temperatura in gradi centigradi rilevata nelle stanze/zone appartenenti al campione (che a livello immediato indica la **non-uniformità** tra i locali della struttura (**fig.2**)), numero degli elementi dei riscaldamenti, regolazione dei riscaldamenti, dimensione delle stanze, numero finestre/portefinestre, apertura delle finestre/portefinestre in metri lineari.

I **fattori** in questione, come si può esaminare a livello dettagliato (**fig.3**), sono:

- 1) piano in cui si trova la stanza/zona in cui è avvenuta la rilevazione, composto da 5 livelli (1 = piano terra, 2 = piano primo, 3 = piano secondo, 4 = piano terzo, 5 = piano quarto).
- 2) Ala dell'edificio contenente la stanza/zona, composto da 2 livelli (1 = ala centrale, 2 = ala laterale).
- 3) Periodo di tempo in cui avviene la rilevazione, composto da 2 livelli (1 = Dicembre (freddo moderato), 2 = Gennaio (freddo intenso)).
- 4) Orientamento della stanza/zona, composto da 4 livelli (1 = Nord, 2 = Sud, 3 = Est, 4 = Ovest).
- 5) area dei piani, composto da 5 livelli (1 = Ala centrale sinistra, 2 = Ala centrale destra, 3 = Ala centrale anteriore, 4 = Ala laterale anteriore, 5 = Ala centrale posteriore).

² Si noti che se il campione è composto da $n = 106$ stanze in cui avvengono le rilevazioni questo non significa che i dati si riferiscono a 106 locali diversi tra loro, infatti come osserveremo due rilevazioni possono essere state effettuate anche sullo stesso locale, magari in tempi diversi.

2 Analisi dei dati tramite indicatori statistici

Si elaborano i dati in una serie di tabelle e grafici che forniscono appropriati **indicatori statistici**³ che segnalano:

- 1) Come varia la temperatura entro ciascun piano e tra i piani (**fig.4 e fig.5**): il grafico presenta alcune linee orientate in senso verticale in cui viene evidenziato un pallino; quest'ultimo presenta il valore mediano del fenomeno, la linea invece, indicando ai suoi estremi il valore massimo e minimo, rappresenta la variabilità del fenomeno (è preferibile perciò, a prescindere dal valore mediano che deve essere nella norma, una linea più corta che indica minore variabilità della temperatura tra i vari locali)
- 2) Come varia la temperatura entro ciascuna ala e tra le ali (**fig.8 e fig.9**).
- 3) Come varia la temperatura entro il tempo di rilevazione e quindi tra i vari momenti di rilevazione (**fig.12 e fig.13**).
- 4) Come varia la temperatura entro l'orientamento delle stanze e tra l'orientamento delle stanze (**fig.16 e fig.17**).

³ **Media campionaria** (valore atteso): singolo valore numerico che descrive sinteticamente un insieme di dati campionari; in generale la media ha lo scopo di fornire un'idea dell'ordine di grandezza del fenomeno oggetto dell'indagine. $\bar{X} = (1/n) \sum_{i=1}^n X_i$ (i = 1, ..., n)

Mediana campionaria $X_{0.5}$ valore assunto dalle unità statistiche (oppure dalla singola unità) che si trovano nel mezzo della distribuzione campionaria, ordinata in senso crescente, della variabile quantitativa.

Asimmetria : valore che fornisce una misura della mancanza di simmetria della distribuzione intorno ad un valore fissato X_0

$$\beta_3 = E\left[\frac{(X-\mu)^3}{\sigma^3}\right] = \mu_3 \text{ momento terzo standardizzato}$$

Una distribuzione è simmetrica se $\beta_3 = 0$ (condizione necessaria ma non sufficiente) e se il valore atteso, la mediana e la moda statistica (modalità della variabile alla quale è associata la frequenza più alta) coincidono tra loro (ad esempio in una distribuzione normale).

Una distribuzione è asimmetrica positivamente se $\beta_3 > 0$

Una distribuzione è asimmetrica negativamente se $\beta_3 < 0$

Curtosi: valore che fornisce una misura dello spessore delle code di una funzione di densità, ovvero il grado di "appiattimento" di una distribuzione (allontanamento dalla normalità distributiva).

$$B_4 = E\left[\frac{(X-\mu)^4}{\sigma^4}\right] = \mu_4 \text{ momento quarto standardizzato}$$

Una distribuzione viene detta normale se $\beta_4 = 3$

Una distribuzione viene detta leptocurtica se $\beta_4 > 0$

Una distribuzione viene detta platicurtica se $\beta_4 < 0$

Deviazione standard (e.s) campionaria: valore che misura la dispersione dei dati intorno al loro valore atteso (media campionaria) $S = \text{radq}\left\{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}\right\}$

- 5) Come varia la temperatura entro le aree dei piani in cui si trovano le stanze e tra le aree dei piani (**fig.20 e fig.21**).
- 6) Come varia il numero degli elementi dei riscaldamenti entro i piani e tra i piani (**fig.24 e fig.25**).
- 7) Come varia il numero degli elementi dei riscaldamenti entro ciascuna ala e tra le ali (**fig.28 e fig.29**).
- 8) Come varia il numero degli elementi dei riscaldamenti entro l'orientamento delle stanze e tra l'orientamento delle stanze (**fig.32 e fig.33**).
- 9) Come varia la temperatura entro le aree dei piani in cui si trovano le stanze e tra le aree dei piani (**fig.36 e fig.37**).
- 10) Come varia la regolazione dei riscaldamenti entro i piani e tra i piani (**fig.40 e fig.41**).
- 11) Come varia la regolazione dei riscaldamenti entro ciascuna ala e tra le ali (**fig.44 e fig.45**).
- 12) Come varia la regolazione dei riscaldamenti entro il tempo di rilevazione e tra i vari momenti di rilevazione (**fig.48 e fig.49**).
- 13) Come varia la regolazione dei riscaldamenti entro l'orientamento delle stanze e tra le stanze (**fig.52 e fig.53**).
- 14) Come varia la regolazione dei riscaldamenti entro le aree dei piani in cui si trovano le stanze e tra le aree dei piani (**fig.56 e fig.57**).

Gli indici proposti segnalano che la **variabilità della temperatura** all'interno dell'edificio è in larga parte **non casuale**, si intravede che la componente sistematica è rilevante, in poche parole tale variabilità ha una spiegazione: trovandola saremmo in grado di ottimizzare tale situazione, consentendo uniformità di temperatura tra i locali, e, conseguentemente, otterremmo un cospicuo risparmio energetico.

Per **spiegare la variabilità del fenomeno** oggetto di studio, ossia capire i motivi della variabilità delle temperature dell'edificio e di conseguenza ottimizzarle, si costruisce una serie di **modelli statistici**.

3 Analisi dei dati tramite modelli statistici

3.1 Modelli di analisi della varianza

Si fornisce una serie di modelli di analisi della varianza in cui i fattori prima descritti vengono analizzati singolarmente, rispetto alle variabili risposta “temperatura”, “numero elementi dei riscaldamenti”, “regolazione dei riscaldamenti” (...)⁴: questi modelli non esprimono molto per la globalità del fenomeno⁵, ma ci suggeriscono, tuttavia, che potrebbe essere estremamente interessante considerare tutte le variabili ed i fattori non più singolarmente, ma a livello complessivo (cioè tutte insieme).

Dopo aver costruito il modello generale, si omettono le variabili ed i fattori **non-significativi**⁶, si inseriscono eventuali **interazioni**⁷ tra variabili e fattori, eventualmente si inseriscono anche i **termini quadratici**⁸; a questo punto si inseriscono di nuovo, una per volta, le variabili ed i fattori omessi in precedenza, se quest’ultimi risultano non-significativi ancora una volta, allora il modello è finito.

Nel nostro caso si arriva ad un particolare modello che verrà esaminato qui di seguito.

⁴ (fig.6 e 7, fig.10 e 11, fig.14 e 15, fig.18 e 19, fig.22 e 23, fig.26 e 27, fig.30 e 31, fig.34 e 35, fig.38 e 39, fig.42 e 43, fig.46 e 47, fig.50 e 51, fig.54 e 55, fig.58 e 59)

⁵ Si osserva infatti innanzitutto che i rispettivi **indici di determinazione lineare** R^2 assumono valori non sufficientemente vicini a 1,00 (tale indice assume un valore che varia nell’intervallo che va da 0,00 a 1,00), inoltre anche i rispettivi **p-value** non assumono spesso valori vicini allo zero.

⁶ Si ricorda che, una variabile o un fattore risultano **significativi** se i rispettivi **p-value**, calcolati in base ai test **t** ed **F** (relativamente alla propria deviazione standard, alla stima dei propri parametri e alla scomposizione della loro variabilità), assumono valori il più vicino possibile a 0.

Si apre una **breve parentesi** per ricordare che il **p-value** è la probabilità che la variabile casuale test assuma un valore più estremo di quello osservato: se il p-value assume un valore alto (generalmente maggiore di 0,10), tale valore si colloca, per livelli di significatività del test bassi (cioè la probabilità di rifiutare ipotesi nulla H_0 quando è vera, ad esempio $\alpha = 0,05$ oppure $\alpha = 0,01$), nella zona di accettazione di $H_0 : \beta_j = 0$, ciò implica che il parametro β_j risulta non-significativo; viceversa se il p-value assume un valore basso (generalmente intorno o minore di 0,01), tale valore si colloca, per livelli di significatività del test comunque bassi (ad esempio $\alpha = 0,05$), nella zona di rifiuto di $H_0 : \beta_j = 0$, e questo implica che stavolta il parametro β_j risulta significativo.

⁷ A differenza della **correlazione** tra due variabili che indica in che modo esse variano contemporaneamente, l’**interazione** tra due variabili assume un concetto più complesso: il far variare una variabile risposta da parte una variabile esplicativa dipende da un’altra variabile esplicativa e viceversa.

⁸ In caso di andamento non propriamente lineare della variabile esaminata (il termine quadratico implica che una variabile si adatti in sintesi all’andamento di una parabola).

3.2 Modello di analisi della covarianza

Si costruisce un modello di analisi della covarianza in cui la variabile risposta è la “temperatura”, si assume una variabile esplicativa che è la “regolazione dei riscaldamenti”, si assumono 3 fattori (“Piano dell’edificio”, “Ala dell’edificio”, “Tempo di rilevazione”) ed un’interazione tra “Ala” e “regolazione dei riscaldamenti”.

Modello di analisi della covarianza con 1 variabile, 3 fattori e 1 interazione					
$Y_i =$	$\mu_{kht[i]}$	$+$	$\beta_1 x_{i2}$	$+$	$\gamma_{h[i]} x_{i2} + \epsilon_i$
$Y_i =$	μ	$+$	$\pi_{k[i]}$	$+$	$\alpha_{h[i]} + \theta_{t[i]} + \beta_1 x_{i2} + \gamma_{h[i]} x_{i2} + \epsilon_i$

Si riportano i dati relativi alla stima dei parametri associati alle variabili e ai fattori coinvolti e l’analisi della tavola della varianza (ANOVA), ossia la tabella riepilogativa della scomposizione della variabilità:

Tabella dei coefficienti stimati per il Modello di analisi della covarianza				
Parameter	Estimate	Standard Error	t - value	p - value
μ	17,2881	0,4424	39,0780	0,000000
π_1	0,0000			
π_2	2,1813	0,3729	5,8496	0,000000
π_3	1,5583	0,3399	4,5846	0,000014
π_4	1,5645	0,3345	4,6771	0,000009
π_5	0,5737	0,3611	1,5888	0,115370
α_1	0,0000			
α_2	1,0657	0,7382	1,4436	0,152060
θ_1	0,0000			
θ_2	0,6733	0,1989	3,3851	0,001028

β_1	0,5821	0,1042	5,5864	0,000000
Y_1	0,0000			
Y_2	-0,8393	0,1883	-4,4572	0,000022

ANOVA relativa a Modello di analisi della covarianza					
Fonte di varianza	Df	Sum Sq	Mean Sq	F - value	p - value
variabile X_2 = regolaz riscaldamenti	1	15,7870	15,787000	15,402571	0,00016239
Fattore P = piano	4	24,1590	6,039750	5,892676	0,00027455
Fattore A = ala	1	83,0150	83,015000	80,993502	0,00000000
Fattore T = tempo	1	11,4860	11,486000	11,206305	0,00116134
Interazione tra X_2 e A	1	20,3630	20,363000	19,867141	0,00002230
errore	97	99,4210	1,024959	15,402571	0,00016239

Il modello in questione (**fig.60**) si **adatta**⁹ piuttosto **bene** alla successione dei dati; per questo motivo è possibile, attraverso le previsioni, calcolare la temperatura effettiva in funzione della regolazione dei riscaldamenti, suddivisa per piano, per ala, per intervallo temporale (a titolo esemplificativo possiamo osservare nella tabella sottostante le temperature (in °C) previste nel caso in cui i riscaldamenti fossero regolati a 2,50), ed è possibile di conseguenza uniformarla in modo da **ottimizzare** lo **stato ambientale** della struttura in questione e, chiaramente, ottenere un considerevole **risparmio energetico**.

Oltre ad uniformare la temperatura nei locali si può anche analizzare in maniera specifica i risultati fornitoci dal modello, dando un'interpretazione logica a tali risultati in modo da intervenire, eventualmente, sulla struttura in maniera mirata.

L'interpretazione dei risultati ottenuti sarà argomento del prossimo paragrafo.

⁹ Si possono osservare i valori relativi alla stima dei parametri (con le rispettive deviazioni standard), l'**indice di determinazione lineare** R^2 , i valori assunti dai **test F di significatività** con i rispettivi **p-value** che assumono valori estremamente vicini allo zero.

P	A	T	y_i^{\wedge}	
1	1	1	y_i^{\wedge}	= 18,7434
1	1	2	y_i^{\wedge}	= 19,4167
1	2	1	y_i^{\wedge}	= 17,7108
1	2	2	y_i^{\wedge}	= 18,3841
2	1	1	y_i^{\wedge}	= 20,9247
2	1	2	y_i^{\wedge}	= 21,5980
2	2	1	y_i^{\wedge}	= 19,8921
2	2	2	y_i^{\wedge}	= 20,5654
3	1	1	y_i^{\wedge}	= 20,3017
3	1	2	y_i^{\wedge}	= 20,9750
3	2	1	y_i^{\wedge}	= 19,2691
3	2	2	y_i^{\wedge}	= 19,9424
4	1	1	y_i^{\wedge}	= 20,3079
4	1	2	y_i^{\wedge}	= 20,9812
4	2	1	y_i^{\wedge}	= 19,2753
4	2	2	y_i^{\wedge}	= 19,9486
5	1	1	y_i^{\wedge}	= 19,3171
5	1	2	y_i^{\wedge}	= 19,9904
5	2	1	y_i^{\wedge}	= 18,2845
5	2	2	y_i^{\wedge}	= 18,9578

4 Interpretazione dei risultati ottenuti

Le previsioni forniteci dal modello adattato ai dati mostrano, per quanto riguarda la variabilità termica all'interno della struttura, **due aspetti** molto interessanti:

1) a parità di regolazione dei riscaldamenti, i locali presenti nell'ala laterale della struttura presentano temperature complessivamente più basse: questo dipende ovviamente dal maggiore isolamento termico dovuto al cappotto, presente solo nell'ala centrale, e dalla diversa forma ed esposizione a venti freddi di tramontana; la cosa però interessante è che aumentando la regolazione dei riscaldamenti il divario fra le due zone non solo non è proporzionale, ma aumenta sempre di più¹⁰: l'unica spiegazione a tale fenomeno si può intravedere nel fatto che per qualche motivo l'ala laterale sia penalizzata da qualche fattore tecnico intrinseco alla distribuzione del calore da parte dell'impianto termico.

2) A parità di regolazione dei riscaldamenti, i locali presenti nell'edificio presentano temperature globalmente più alte nei periodi di freddo intenso rispetto a periodi di freddo moderato: anche questa volta la spiegazione va ricercata nella struttura dell'impianto termico; in questo caso particolare, l'andamento del fenomeno è collegato ai sensori dell'impianto stesso, che nei periodi più freddi provvedono a far attivare automaticamente il riscaldamento per scansioni temporali prolungate, consentendo alla struttura di mantenere, anche se può sembrare un paradosso, una temperatura più alta.

Alla luce di queste considerazioni è possibile, dunque, effettuando a livello tecnico (non strutturale) **interventi mirati** sull'impianto termico, **ottimizzare**, in maniera ancora più marcata, uniformità di temperatura, stato ambientale e risparmio energetico.

Uno studio mirato e consapevole e un'azione specifica sull'impianto che regola l'erogazione del gas metano permettono, così, il raggiungimento di un notevole **risparmio**, non solo in termini economici, ma anche di **impatto ambientale**, per non dire, aspetto altrettanto fondamentale, che permettono **condizioni abitative** sicuramente più consone all'utenza che, nel caso specifico, si ospita.

¹⁰ Infatti nel modello di analisi della covarianza il parametro γ_2 relativo all'interazione tra la regolazione dei riscaldamenti e l'ala laterale dell'edificio assume un valore negativo (= - 0,8393)

5 Decisioni strategiche

In relazione ai risultati ottenuti occorre effettuare, per **ottimizzare lo stato ambientale** ed il **consumo energetico** della struttura, **due tipi di intervento**:

a) Innanzitutto si deve **intervenire sull'impianto termico** a livello **tecnico**: per risolvere il problema di non uniformità di andamento della temperatura fra le due ali dell'edificio¹¹, occorre regolare la distribuzione del calore compensando le zone penalizzate; per risolvere la paradossale incongruenza dell'andamento della temperatura interna rispetto alle condizioni metereologiche esterne dell'edificio¹², occorre regolare in maniera appropriata i sensori esterni, che consentono all'impianto termico di attivarsi automaticamente: nel caso specifico occorre abbassare, durante i periodi invernali più freddi, il limite minimo di temperatura esterna che innesta la partenza automatica della caldaia.

b) Si deve **intervenire** successivamente sui **singoli riscaldamenti**, tramite la regolazione della **termovalvola** presente su ciascuno di essi (la regolazione prevede un intervallo che va da 0 a 5 unità, suddivise a loro volta in venticinquesimi, ad esempio 2,25): per effettuare tale intervento, occorre prendere in considerazione che l'andamento della temperatura di ogni zona e di ogni stanza dell'edificio deve essere esaminato non solo a livello singolo, ma anche, a causa dell'interferenza dei locali fra loro stessi, comprovata dalla parte di variabilità spiegata dai modelli statistici costruiti¹³, a livello complessivo.

Si arriva perciò alla sequenza finale delle **decisioni strategiche** da adottare nella **regolazione dei riscaldamenti** della struttura (**fig.87**), tramite il confronto tra le **previsioni delle temperature** interne all'edificio relative ai valori assumibili dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti" (**fig.66**)¹⁴, intervenendo dunque in maniera mirata su fattori e variabili significative inerenti a ciascuna zona e ciascun intervallo temporale (**fig.67**,...,**fig.86**)¹⁵.

¹¹ Cfr. 4, punto 1

¹² Cfr. 4, punto 2

¹³ Cfr. 3.1 e 3.2

¹⁴ I valori raccolti in tabella indicano le **previsioni** (**fig.61**,...,**fig.65**) fornite dal modello generale (Cfr. 3.2).

¹⁵ Si ricorda che un **modello statistico** ottimale non solo ha la funzione di **spiegare l'andamento** di un determinato **fenomeno** e di fare delle **previsioni** future, ma ha anche la funzione di spiegare **come si mostrerebbe** tale fenomeno **interagendo** sui **fattori influenti** sulla risposta, essendo così in grado di **ottimizzarlo** (si intende dunque non solo prevedere il futuro, ma anche **modificarlo** a nostro piacimento).

6 Verifica delle strategie adottate: risparmio energetico effettivo

6.1 Consumo energetico previsto correlato alle variabili metereologiche e al livello di occupazione

Per verificare la **bontà delle decisioni strategiche** adottate e **quantificare** il valore effettivo di **risparmio energetico** ottenuto, si effettua un'**analisi statistica integrativa**; tramite un'ulteriore serie di **indicatori** e **modelli statistici** adeguati si quantifica il **consumo previsto** di **gas metano** (mt.³) in base alle **variabili metereologiche** e al **livello di occupazione** della struttura: è chiaro, infatti, che il consumo energetico di un'edificio varia anche in relazione alle condizioni metereologiche esterne ed al numero di persone che vi si trovano (nel caso specifico un livello di occupazione più basso comporta la chiusura di alcune camere ed in termini relativi un risparmio energetico e viceversa).

Si osservi la matrice dei **dati** oggetto dell'analisi integrativa effettuata (**fig.88**): le unità statistiche che compongono il campione sono le "rilevazioni all'interno ed all'esterno della struttura in intervalli temporali mensili (invernali)", la numerosità campionaria n è pari a 20 rilevazioni; l'analisi verte sullo studio incrociato di 8 **variabili** e 2 **fattori**.

Le **variabili** in questione sono: consumo di gas metano (mt.³), temperatura esterna media (°C), temperatura esterna minima (°C), temperatura esterna massima (°C)¹⁶, umidità media (%), velocità media del vento (Km/h), livello di occupazione (%) dell'edificio, intervalli temporali mensili cumulati.

I **fattori** invece sono:

- 1) mese, composto da 5 livelli (1 = Novembre, 2 = Dicembre, 3 = Gennaio, 4 = Febbraio, 5 = Marzo).
- 2) Stagione invernale, composto da 4 livelli (1 = 2009/10, 2 = 2010/11, 3 = 2011/12, 4 = 2012/13).

¹⁶ Il valore di temperatura media è inteso, essendo riferito ad un intervallo temporale mensile, come media fra le temperature medie giornaliere; quello di temperatura minima come media fra le temperature minime giornaliere, quello di temperatura massima come media fra le temperature massime giornaliere.

Si costruisce una serie di **indicatori statistici** e relativi **grafici** per individuare l'andamento delle condizioni metereologiche nell'intervallo temporale comprendente varie stagioni invernali (**fig.89**,...,**fig.99**), l'andamento del consumo di gas metano durante il medesimo intervallo di tempo (**fig.100**,...,**fig.107**) e l'andamento mensile del livello di occupazione della struttura (**fig.108**,...,**fig.114**), il quale, analizzato dettagliatamente in altra sede¹⁷, evidenzia un significativo incremento dell'occupazione nel tempo.

Gli indici proposti evidenziano che la variabilità delle condizioni metereologiche esterne alla struttura influenza non solo la temperatura all'interno della stessa, ma anche, come ovvio che fosse, il consumo di gas metano; il livello di occupazione della struttura sembra, invece, in questo caso, non essere significativo.

Ci interessa tuttavia, per capire l'esatta relazione tra queste variabili, sintetizzare il rapporto tra di esse con una funzione matematica: si costruisce perciò una serie di **modelli statistici**.

6.2 Quantificazione del risparmio energetico effettivo

Innanzitutto si costruisce un modello della varianza, nel quale viene effettuata l'analisi del consumo di gas metano relativamente al fattore "mese" (**fig.115** e **fig.116**), per avere la quota di significatività del fattore stesso, quota che in questo caso risulta essere piuttosto alta ($= 0,80$)¹⁸.

Incrociando poi tra loro tutte le variabili e i fattori considerati nella matrice dei dati, considerando solo le variabili e fattori significativi ed gli eventuali termini quadratici e le interazioni¹⁹, si arriva a 6 modelli che consentono di fare, con attendibilità medio-alta, le previsioni del consumo necessario di gas metano al variare delle condizioni metereologiche (i modelli confermano la non-significatività, almeno in questo contesto particolare, del livello di occupazione della struttura):

¹⁷ E' stato effettuato uno studio statistico su **costi** e **ricavi** della struttura per determinare un **listino prezzi ideale** (equilibrato rispetto al valore di utile e alla giusta competitività sul mercato) e la **Break even analysis** (numero minimo di ospiti necessari a determinare una situazione di pareggio di esercizio).

¹⁸ Si osserva infatti che l'**indice di determinazione lineare** R^2 assume un valore pari a 0,80 abbondantemente vicino a 1,00 (tale indice assume un valore che varia nell'intervallo che va da 0,00 a 1,00), anche i **p-value** relativi ai parametri e al modello assumono valori estremamente vicini allo zero.

¹⁹ Cfr. 3.1

- 1) **modello di regressione lineare semplice (fig.117,...,fig.120):** variabile risposta = consumo gas metano (Mt.³), variabile esplicativa = temperatura esterna media (°C), attendibilità = 6 (media).
- 2) **Modello di analisi della covarianza (fig.121 e fig.122):** variabile risposta = consumo gas metano (Mt.³), variabile esplicativa = temperatura esterna media (°C), fattore = “mese”, attendibilità = 6 (media).
- 3) **Modello di regressione lineare multipla (fig.123):** variabile risposta = consumo gas metano (Mt.³), variabili esplicative = temperatura esterna media (°C) e temperatura esterna minima (°C), attendibilità = 6,5 (media).
- 4) **Modello di regressione lineare multipla (fig.124):** variabile risposta = consumo gas metano (Mt.³), variabili esplicative = temperatura esterna media (°C) e temperatura esterna massima (°C), attendibilità = 6,5 (media).
- 5) **Modello di regressione lineare multipla (fig.125):** variabile risposta = consumo gas metano (Mt.³), variabili esplicative = temperatura esterna media (°C) e umidità media (%), attendibilità = 6,5 (media).
- 6) **Modello di analisi della covarianza (fig.126):** variabile risposta = consumo gas metano (Mt.³), variabili esplicative = temperatura esterna media (°C) e temperatura esterna minima (°C), fattore = “mese”, attendibilità = 7,5 (alta).

Attraverso i modelli considerati si effettua il confronto tra il consumo effettivo mensile di gas metano e quello previsto (dai modelli stessi) (fig.127 e fig.128): è immediato stimare in tal modo il **risparmio** di consumo di gas metano **rispetto alle variabili metereologiche** (fig.129); ovviamente una volta quantificato il **risparmio effettivo**, tale valore subirà un **incremento** nel caso che i valori metereologici indichino un **periodo invernale più rigido** del precedente²⁰, e viceversa **diminuirà** di fronte a valori metereologici che indichino un **periodo invernale meno rigido** del precedente²¹.

Nel caso specifico, si stima, attraverso una media ponderata che considera il peso statistico di attendibilità di ciascun modello utilizzato, un **risparmio effettivo** collocabile intorno al **33,46%**.

²⁰ Ipotizzando che la stessa situazione metereologica (cioè un periodo invernale più rigido) si fosse presentata nel periodo precedente, il consumo energetico della stagione precedente stessa sarebbe stato maggiore e di conseguenza si deve considerare un valore di risparmio effettivo maggiore.

²¹ Ipotizzando che la stessa situazione metereologica (cioè un periodo invernale meno rigido) si fosse presentata nel periodo precedente, il consumo energetico della stagione precedente stessa sarebbe stato minore e di conseguenza si deve considerare un valore di risparmio effettivo minore.

Appendice

Fogli di calcolo, tabelle e grafici attinenti metodologia statistica adottata

Numerosità campione		VARIABILI										FATTORI				
i	Stanze/zone in cui avvengono le rilevazioni	Y_i Temperatura (°C)	X_{i1} Num totale elementi dei riscaldamenti	X_{i2} Regolazione riscaldamenti (media ponderata)	X_{i3} Dimensione (Mt ²)	X_{i4} Numero finestre portefinestre	X_{i5} Dimensione apertura finestre (Mt.Lineari)	P $\Pi_{k(i)}$ Piano k = 1,2,3,4,5 1=terra, ..., 5=4°	A $\alpha_{h(i)}$ Ala h = 1,2 1=centr, 2=later	T $\theta_{t(i)}$ Tempo t = 1,2 1=Dic, 2=Gen	O $\Omega_{j(i)}$ Orientamento j = 1,2,3,4 1=N, 2=S, 3=E, 4=O	R $\rho_{s(i)}$ Aree dei piani s = 1,2,3,4,5				
1		20,80	46	2,48	90,20	4	11,10	1	1	1	3	3				
2		20,00	9	5,00	13,56	0	0,00	1	1	1	2	1				
3		17,50	5	0,00	11,20	1	1,20	1	1	1	1	2				
4		18,50	9	1,00	10,20	1	1,20	1	1	1	1	2				
5		19,00	40	5,00	126,00	7	15,00	1	1	1	2	1				
6		21,80	13	5,00	40,00	4	6,80	1	1	1	1	2				
7		18,20	9	4,00	30,60	1	2,30	1	1	1	1	2				
8		19,00	20	1,75	41,44	1	3,55	1	2	1	1	2				
9		18,30	10	2,00	14,00	1	3,35	1	2	1	4	5				
10		17,75	57	2,24	82,64	13	30,95	1	2	1	4	5				
11		17,70	67	1,62	164,52	6	15,90	1	2	1	3	4				
12		20,50	46	2,22	90,20	4	11,10	1	1	1	4	5				
13		21,00	9	5,00	13,56	0	0,00	1	1	2	3	3				
14		19,80	5	3,00	11,20	1	1,20	1	1	2	2	1				
15		19,00	9	1,00	10,20	1	1,20	1	1	2	1	2				
16		20,20	40	4,38	126,00	7	15,00	1	1	2	1	2				
17		17,10	13	3,50	40,00	4	6,80	1	1	2	2	1				
18		19,70	9	4,00	30,60	1	2,30	1	1	2	1	2				
19		19,50	20	1,75	41,44	1	3,55	1	1	2	1	2				
20		18,50	10	2,00	14,00	1	3,35	1	2	2	4	5				
21		17,25	57	2,24	82,64	13	30,95	1	2	2	4	5				
22		17,90	67	1,19	164,52	6	15,90	1	2	2	3	4				
23		22,30	47	4,74	75,44	8	22,90	1	2	2	4	5				
24		21,20	3	3,00	13,56	0	0,00	2	1	1	3	3				
25		21,50	8	3,00	11,20	1	1,20	2	1	1	2	1				
26		21,80	12	4,50	10,20	1	1,20	2	1	1	1	2				
27		20,20	51	3,00	126,00	7	18,20	2	1	1	2	1				
28		20,30	12	4,67	62,80	2	6,90	2	1	1	4	5				
29		19,00	2	5,00	5,76	1	2,00	2	2	1	4	5				
30		18,00	7	5,00	25,56	1	3,35	2	2	1	4	5				
31		19,50	2	5,00	5,76	1	2,00	2	2	1	3	4				

Figura 1 Tabella dei dati

Numerosità campione		VARIABILI										FATTORI				
i	Stanze/zone in cui avvengono le rilevazioni	Y_i Temperatura (°C)	X_{i1} Num totale elementi dei riscaldamenti	X_{i2} Regolazione riscaldamenti (media ponderata)	X_{i3} Dimensione (Mt. ²)	X_{i4} Numero finestre portefinestre	X_{i5} Dimensione apertura finestre (Mt.Lineari)	P	A	T	O	R				
								Piano k = 1,2,3,4,5 1=terra, ..., 5=4°	Ala h = 1,2 1=centr, 2=later	Tempo t = 1,2 1=Dic, 2=Gen	Orientamento j = 1,2,3,4 1=N,2=S,3=E,4=O	Area dei piani s = 1,2,3,4,5				
32		19,00	6	5,00	25,56	1	3,35	2	2	1	3	4				
33		18,80	5	5,00	4,00	1	3,35	2	2	1	4	5				
34		24,10	47	4,26	90,20	8	22,90	2	1	2	3	3				
35		22,10	3	3,00	13,56	0	0,00	2	1	2	2	1				
36		20,80	8	3,00	11,20	1	1,20	2	1	2	1	2				
37		20,90	12	1,00	10,20	1	1,20	2	1	2	1	2				
38		20,10	51	2,00	126,00	7	18,20	2	1	2	2	1				
39		21,10	12	4,67	62,80	2	6,90	2	2	2	4	5				
40		20,30	3	5,00	6,40	1	1,20	2	2	2	3	4				
41		21,10	6	5,00	22,04	1	3,35	2	2	2	3	4				
42		20,20	7	5,00	25,56	1	3,35	2	2	2	4	5				
43		20,10	2	5,00	5,76	1	2,00	2	2	2	4	5				
44		19,20	5	5,00	4,00	1	3,35	2	2	2	4	5				
45		24,00	48	5,00	75,44	8	22,90	3	1	1	3	3				
46		22,10	9	3,00	26,88	1	3,55	3	1	1	1	1				
47		23,20	2	5,00	4,00	0	0,00	3	1	1	2	1				
48		21,20	5	4,00	15,48	1	3,55	3	1	1	2	1				
49		20,10	4	3,00	4,40	1	1,70	3	1	1	3	2				
50		20,10	7	4,50	14,04	1	3,55	3	1	1	1	2				
51		20,90	6	3,00	27,54	1	2,30	3	1	1	4	1				
52		21,90	3	4,00	5,40	1	2,30	3	1	1	1	2				
53		20,90	11	3,00	23,32	1	3,55	3	1	1	1	2				
54		19,95	15	3,33	60,40	2	6,90	3	2	1	4	5				
55		17,50	2	4,00	5,76	1	3,10	3	2	1	3	4				
56		17,90	7	5,00	26,74	1	3,35	3	2	1	3	4				
57		18,80	2	5,00	6,16	0	0,00	3	2	1	3	4				
58		17,20	5	5,00	17,40	1	3,55	3	2	1	3	4				
59		23,10	48	3,75	90,20	8	22,90	3	1	2	3	3				
60		20,90	9	3,00	26,88	1	3,55	3	1	2	1	1				
61		20,80	7	4,50	14,04	1	3,55	3	1	2	1	2				
62		21,30	6	5,00	27,54	1	2,30	3	1	2	4	1				

Figura 1 Tabella dei dati

Numerosità campione		VARIABILI										FATTORI				
i	Stanzelzone in cui avvengono le rilevazioni	Y _i	X _{i1}	X _{i2}	X _{i3}	X _{i4}	X _{i5}	P	A	T	O	R				
		Temperatura (°C)	Num totale elementi del riscaldamento	Regolazione riscaldamento (media ponderata)	Dimensione (Mt. ²)	Numero finestre portefinestre	Dimensione apertura finestre (Mt.Lineari)	Piano k = 1,2,3,4,5 1=terra, ..., 5=4°	Ala h = 1,2 1=centr, 2=later	Tempo t = 1,2 1=Dic, 2=Gen	Orientamento j = 1,2,3,4 1=N,2=S,3=E,4=O	Area dei piani s = 1,2,3,4,5				
63		21,30	3	4,00	5,40	1	2,30	3	1	2	1	2				
64		21,10	11	3,00	23,32	1	3,55	3	1	2	1	2				
65		19,55	15	3,33	60,40	2	6,90	3	2	2	4	5				
66		19,80	7	5,00	26,74	1	3,35	3	2	2	3	4				
67		20,10	2	5,00	6,16	0	0,00	3	2	2	3	4				
68		18,10	5	5,00	17,40	1	3,55	3	2	2	3	4				
69		19,90	9	3,50	26,88	1	3,55	4	1	1	1	1				
70		19,10	8	1,00	14,04	1	3,55	4	1	1	1	2				
71		20,20	6	3,00	27,54	1	2,30	4	1	1	4	1				
72		19,70	3	4,00	5,40	1	2,30	4	1	1	1	2				
73		21,20	12	3,00	23,32	1	3,55	4	1	1	1	2				
74		21,20	3	4,00	5,40	1	2,30	4	1	1	2	1				
75		22,20	11	3,00	23,32	1	3,55	4	1	1	2	1				
76		18,35	15	3,00	60,40	3	10,25	4	2	1	4	5				
77		19,00	2	5,00	6,16	0	0,00	4	2	1	3	4				
78		17,80	5	5,00	17,40	1	3,55	4	2	1	3	4				
79		21,30	9	5,00	26,88	1	3,55	4	1	2	1	1				
80		19,30	3	1,00	4,40	1	1,70	4	1	2	3	2				
81		20,30	8	2,00	14,04	1	3,55	4	1	2	1	2				
82		21,50	6	3,00	27,54	1	2,30	4	1	2	4	1				
83		20,50	3	4,00	5,40	1	2,30	4	1	2	1	2				
84		22,30	7	4,00	23,32	1	3,55	4	1	2	1	2				
85		23,30	3	4,00	5,40	1	2,30	4	1	2	2	1				
86		23,00	11	3,25	23,32	1	3,55	4	1	2	2	1				
87		19,85	15	3,00	60,40	3	10,25	4	2	2	4	5				
88		21,20	2	5,00	6,16	0	0,00	4	2	2	3	4				
89		20,00	5	3,50	17,40	1	3,55	4	2	2	3	4				
90		18,80	80	3,00	86,92	7	8,50	5	1	1	3	3				
91		18,80	10	3,00	26,88	1	3,55	5	1	1	1	1				
92		18,80	5	2,00	4,40	1	1,70	5	1	1	3	2				
93		20,30	12	4,00	14,04	1	3,55	5	1	1	1	2				

Figura 1 Tabella dei dati

Numerosità campione	VARIABILI							FATTORI				
	Y_i Temperatura (°C)	X_{i1} Num totale elementi dei riscaldamenti	X_{i2} Regolazione riscaldamenti (media ponderata)	X_{i3} Dimensione (Mt. ²)	X_{i4} Numero finestre portefinestre	X_{i6} Dimensione apertura finestre (Mt.Lineari)	P Piano $k = 1,2,3,4,5$ $1=terra, \dots, 5=4^o$	A $\alpha_{h(t)}$ Ala $h = 1,2$ $1=centr, 2=later$	T $\theta_{(t)}$ Tempo $t = 1,2$ $1=Dic, 2=Gen$	O $\Omega_{(t)}$ Orientamento $j = 1,2,3,4$ $1=N, 2=S, 3=E, 4=O$	R $P_{s(t)}$ Aree dei piani $s = 1,2,3,4,5$	
94	20,90	4	5,00	4,00	0	0,00	5	1	1	2	1	
95	20,30	10	5,00	15,48	1	3,55	5	1	1	2	1	
96	19,00	16	3,00	27,54	1	2,30	5	1	1	4	1	
97	20,50	5	5,00	5,40	1	2,30	5	1	1	1	2	
98	21,20	19	3,50	23,32	1	3,55	5	1	1	1	2	
99	20,10	80	2,75	86,92	7	8,50	5	1	2	3	3	
100	19,80	10	3,00	26,88	1	3,55	5	1	2	1	1	
101	19,10	12	3,00	14,04	1	3,55	5	1	2	1	2	
102	22,30	4	5,00	4,00	0	0,00	5	1	2	2	1	
103	23,50	10	5,00	15,48	1	3,55	5	1	2	2	1	
104	20,10	16	3,00	27,54	1	2,30	5	1	2	4	1	
105	19,50	5	5,00	5,40	1	2,30	5	1	1	1	2	
106	21,80	19	3,50	23,32	1	3,55	5	1	1	1	2	

Figura 1 Tabella dei dati

DESCRIZIONE FATTORI ANALIZZATI

P = Piano	A = Ala	T = Tempo	O = Orientamento	R = Area dei piani																		
Livelli K del fattore P 5	Livelli H del fattore A 2	Livelli T del fattore T 2	Livelli J del fattore O 4	Livelli S del fattore R 5																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">$k = 1, \dots, K$</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">$k = 1, \dots, 5$</td></tr> </table>	$k = 1, \dots, K$	$k = 1, \dots, 5$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">$h = 1, \dots, H$</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">$h = 1, 2$</td></tr> </table>	$h = 1, \dots, H$	$h = 1, 2$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">$t = 1, \dots, T$</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">$t = 1, 2$</td></tr> </table>	$t = 1, \dots, T$	$t = 1, 2$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">$j = 1, \dots, J$</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">$j = 1, \dots, 4$</td></tr> </table>	$j = 1, \dots, J$	$j = 1, \dots, 4$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">$s = 1, \dots, S$</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">$s = 1, \dots, 5$</td></tr> </table>	$s = 1, \dots, S$	$s = 1, \dots, 5$								
$k = 1, \dots, K$																						
$k = 1, \dots, 5$																						
$h = 1, \dots, H$																						
$h = 1, 2$																						
$t = 1, \dots, T$																						
$t = 1, 2$																						
$j = 1, \dots, J$																						
$j = 1, \dots, 4$																						
$s = 1, \dots, S$																						
$s = 1, \dots, 5$																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1 = Piano terra</td></tr> <tr><td>2 = Piano primo</td></tr> <tr><td>3 = Piano secondo</td></tr> <tr><td>4 = Piano terzo</td></tr> <tr><td>5 = Piano quarto</td></tr> </table>	1 = Piano terra	2 = Piano primo	3 = Piano secondo	4 = Piano terzo	5 = Piano quarto	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1 = Ala centrale</td></tr> <tr><td>2 = Ala laterale</td></tr> </table>	1 = Ala centrale	2 = Ala laterale	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1 = Dicembre (freddo debole)</td></tr> <tr><td>2 = Gennaio (freddo forte)</td></tr> </table>	1 = Dicembre (freddo debole)	2 = Gennaio (freddo forte)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1 = Nord</td></tr> <tr><td>2 = Sud</td></tr> <tr><td>3 = Ovest</td></tr> <tr><td>4 = Est</td></tr> </table>	1 = Nord	2 = Sud	3 = Ovest	4 = Est	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1 = Ala centrale sinistra</td></tr> <tr><td>2 = Ala centrale destra</td></tr> <tr><td>3 = Ala centrale davanti</td></tr> <tr><td>4 = Ala laterale davanti</td></tr> <tr><td>5 = Ala laterale dietro</td></tr> </table>	1 = Ala centrale sinistra	2 = Ala centrale destra	3 = Ala centrale davanti	4 = Ala laterale davanti	5 = Ala laterale dietro
1 = Piano terra																						
2 = Piano primo																						
3 = Piano secondo																						
4 = Piano terzo																						
5 = Piano quarto																						
1 = Ala centrale																						
2 = Ala laterale																						
1 = Dicembre (freddo debole)																						
2 = Gennaio (freddo forte)																						
1 = Nord																						
2 = Sud																						
3 = Ovest																						
4 = Est																						
1 = Ala centrale sinistra																						
2 = Ala centrale destra																						
3 = Ala centrale davanti																						
4 = Ala laterale davanti																						
5 = Ala laterale dietro																						
Parametri $\Pi_{k(i)}$	Parametri $\Theta_{h(i)}$	Parametri $\Theta_{t(i)}$	Parametri $\Omega_{j(i)}$	Parametri $\rho_{s(i)}$																		

Figura 3 Fattori analizzati

Indicatori temperatura (°C) Entro Piani

INDICI DI POSIZIONE		Piano terra	1°	2°	3°	4°
Valore Minimo	X_{\min}	17,1000	18,0000	17,2000	17,8000	18,8000
Valore Massimo	X_{\max}	21,8000	24,1000	24,0000	23,3000	23,5000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	19,0000	20,3000	20,8500	20,3000	20,1000
Media Campionaria	\bar{X}	19,0455	20,5273	20,4917	20,5333	20,2824
Moda Statistica	\bar{X}_M	19,0000	20,2000	20,1000	21,2000	18,8000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	0,3660	0,5361	-0,0897	0,1412	0,9484
Curtosi	β_4	-0,7271	0,8916	-0,1859	-0,4457	0,6205

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	S^2	1,7200	1,8954	3,0867	2,1336	1,7840
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,3115	1,3767	1,7569	1,4607	1,3357
Coefficiente di Variazione	C.V.	0,0689	0,0671	0,0857	0,0711	0,0659

Indicatori temperatura (°C) Tra Piani

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
17,1000	18,8000	17,7800	17,8000	#/D
21,8000	24,1000	23,3400	23,5000	#/D
19,0000	20,8500	20,1100	20,3000	20,3000
19,0455	20,5333	20,1760	20,4917	#/D
18,8000	21,2000	19,8600	20,1000	#/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
0,7225	-0,0789
-1,5453	2,5629
-1,2547	2,6157
-2,1001	4,4550
0,2809	-1,1214

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,3776	0,6145
0,6824	0,8261
0,3704	0,6086
0,3280	0,5727
0,7664	0,8754

-0,0897	0,9484	0,3604	0,3660	#/D
-0,7271	0,8916	0,0307	-0,1859	#/D

0,4681	0,0203
0,3583	-2,3833

0,1251	0,3536
0,3875	0,6225

1,7200	3,0867	2,1239	1,8954	#/D
1,3115	1,7569	1,4483	1,3767	#/D
0,0659	0,0857	0,0717	0,0689	#/D

1,8316	3,3983
1,7419	3,0427
1,9119	3,8026

0,2516	0,5016
0,0264	0,1624
0,0001	0,0072

Figura 4 Indicatori della temperatura (°C) rispetto ai piani

Variabilità della temperatura (°C) rispetto ai piani

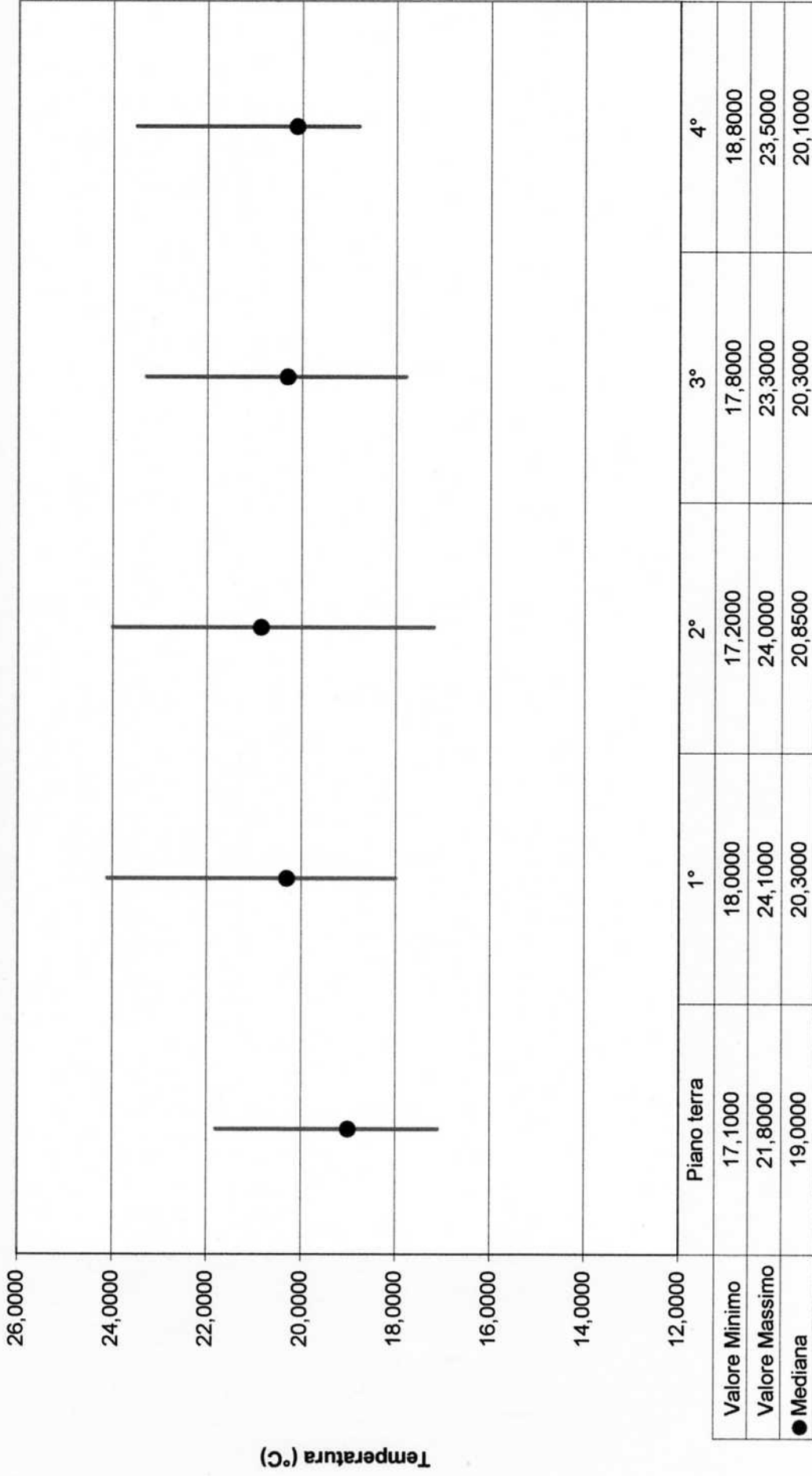


Figura 5

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE P)

Variabile Risposta **Temperatura (°C)**

Fattore A **PIANO**

$H_0 : \mu_k = \mu \quad (\pi_k = 0)$
 $H_1 : \mu_k \neq \mu$
 V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (K - 1)}{SSW / (n - K)}$$
($mes_{k, ass}(y_{i,j}, d_{i,j})$ / $res_{i,j}$)

Modello generale	$Y_i = \mu + \pi_{k(i)} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (K-1) e (n-K) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	36,0982
Devianza entro gruppi	SSW	218,1329

Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL ₀ -GL	K - 1	4
Gradi di Libertà GL	n - K	101

Livello Significat. Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F_α	3,511

$F = 4,178546$ **p - value** 0,0035779

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate
 ipot Nulla $H_0 : \mu_k = \mu$
 ipot Altern $H_1 : \mu_k \neq \mu$

F_α	-3,511	3,511
Rifiuto H ₀		Accetto H ₀
		Rifiuto H ₀

Figura 7

Indicatori temperatura (°C) Entro Ali

INDICI DI POSIZIONE	Ala centrale	Ala laterale
Valore Minimo X_{\min}	17,1000	17,2000
Valore Massimo X_{\max}	24,1000	21,2000
Mediana $\bar{x}_{0.5}$	20,8000	19,0000
Media Campionaria \bar{x}	20,7155	19,0743
Moda Statistica \bar{x}_M	21,2000	19,0000

INDICI DI FORMA	
Asimmetria β_3	0,0921
Curtosi β_4	0,0968

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza Campionaria S^2	2,1079
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	1,4519
Coefficiente di Variazione	0,0701

Indicatori temperatura (°C) Tra Ali

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
17,1000	17,2000	17,1500	17,1500	#N/D
21,2000	24,1000	22,6500	22,6500	#N/D
19,0000	20,8000	19,9000	19,9000	#N/D
19,0743	20,7155	19,8949	19,8949	#N/D
19,0000	21,2000	20,1000	20,1000	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,0025	0,0500
2,1025	1,4500
0,8100	0,9000
0,6734	0,8206
1,2100	1,1000

0,0921	0,1303	0,1112	0,1112	#N/D
-0,9263	0,0968	-0,4148	-0,4148	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0004	0,0191
0,2617	0,5115

1,2803	2,1079	1,6941	1,6941	#N/D
1,1315	1,4519	1,2917	1,2917	#N/D
0,0593	0,0701	0,0647	0,0647	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,1712	0,4138
0,0257	0,1602
0,0000	0,0054

Figura 8 Indicatori della temperatura (°C) relativi alle ali

Variabilità della temperatura (°C) rispetto alle ali

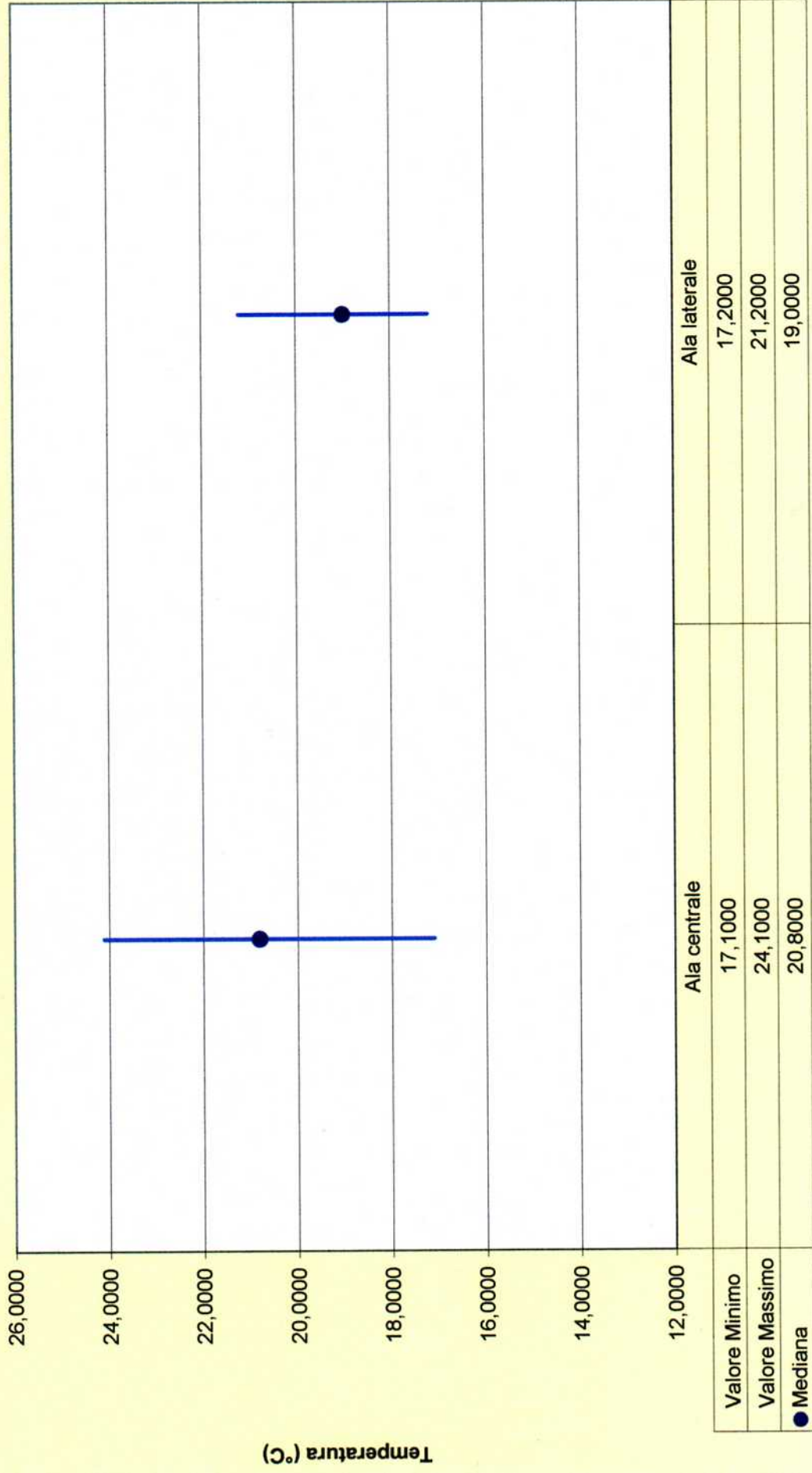


Figura 9

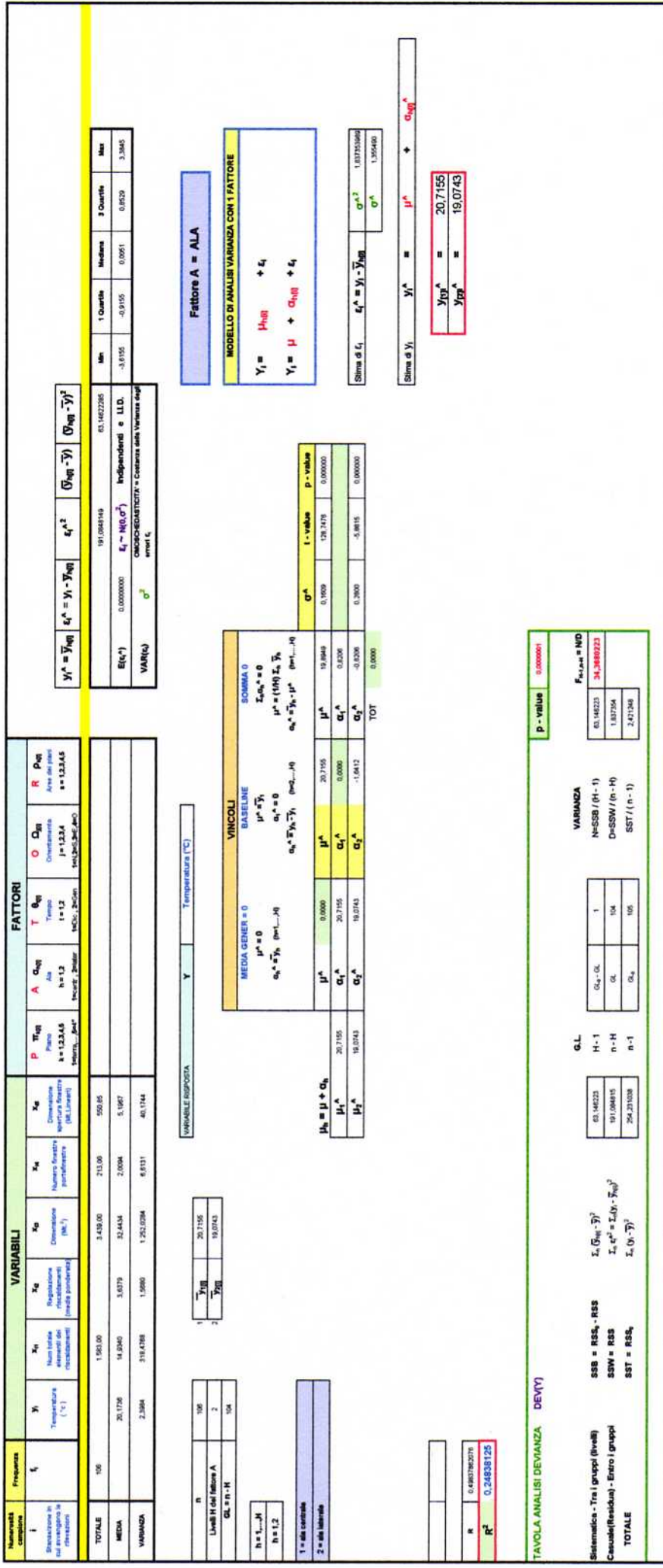


Figura 10 Modello di analisi della varianza della temperatura (°C) con un fattore (= ala)

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE A)

Variabile Risposta **Temperatura (°C)**

Fattore A **ALA**

$H_0 : \mu_h = \mu \quad (\alpha_h = 0)$
 $H_1 : \mu_h \neq \mu$
 V.C. Test effetto significativo fattore A

$$F = \frac{SSB / (H - 1)}{SSW / (n - H)} \quad \begin{matrix} (res_{i,j} - \mu_{i,j})^2 \\ / \\ n_{i,j} \end{matrix}$$

Modello generale	$Y_i = \mu + \alpha_{h[i]} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (H-1) e (n-H) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	63,1462
Devianza entro gruppi	SSW	191,0848

Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _p -GL	H - 1	1
Gradi di Libertà GL	n - H	104

Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F _α	6,885

F = 34,368022 p - value 0,0000001

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	H ₀ : μ _h	=	μ
Ipot Altern	H ₁ : μ _h	≠	μ

F_α **-6,885** **6,885**
 Rifiuto H₀ Accetto H₀ Rifiuto H₀

Figura 11

Indicatori temperatura (°C) Entro Tempo

INDICI DI POSIZIONE		Dic	Gen
Valore Minimo	X_{\min}	17,2000	17,1000
Valore Massimo	X_{\max}	24,0000	24,1000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	19,9500	20,3000
Media Campionaria	\bar{X}	19,9026	20,4888
Moda Statistica	\bar{X}_M	19,0000	20,1000

INDICI DI FORMA			
Asimmetria	β_3	0,3365	0,1578
Curtosi	β_4	-0,4396	0,4047

INDICI DI VARIABILITA'			
Varianza Campionaria	S^2	2,4351	2,2669
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,5605	1,5056
Coefficiente di Variazione	C.V.	0,0784	0,0735

Indicatori temperatura (°C) Tra Tempo

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
17,1000	17,2000	17,1500	17,1500	#N/D
24,0000	24,1000	24,0500	24,0500	#N/D
19,9500	20,3000	20,1250	20,1250	#N/D
19,9026	20,4888	20,1957	20,1957	#N/D
19,0000	20,1000	19,5500	19,5500	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,0025	0,0500
0,0025	0,0500
0,0306	0,1750
0,0659	0,2631
0,3025	0,5500

0,1578	0,3365	0,2472	0,2472	#N/D
-0,4396	0,4047	-0,0174	-0,0174	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0080	0,0893
0,1782	0,4222

2,2669	2,4351	2,3510	2,3510	#N/D
1,5056	1,5605	1,5331	1,5331	#N/D
0,0735	0,0784	0,0759	0,0759	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0071	0,0841
0,0008	0,0274
0,0000	0,0025

Figura 12 Indicatori della temperatura (°C) relativi al tempo

Variabilità della temperatura (°C) rispetto al tempo

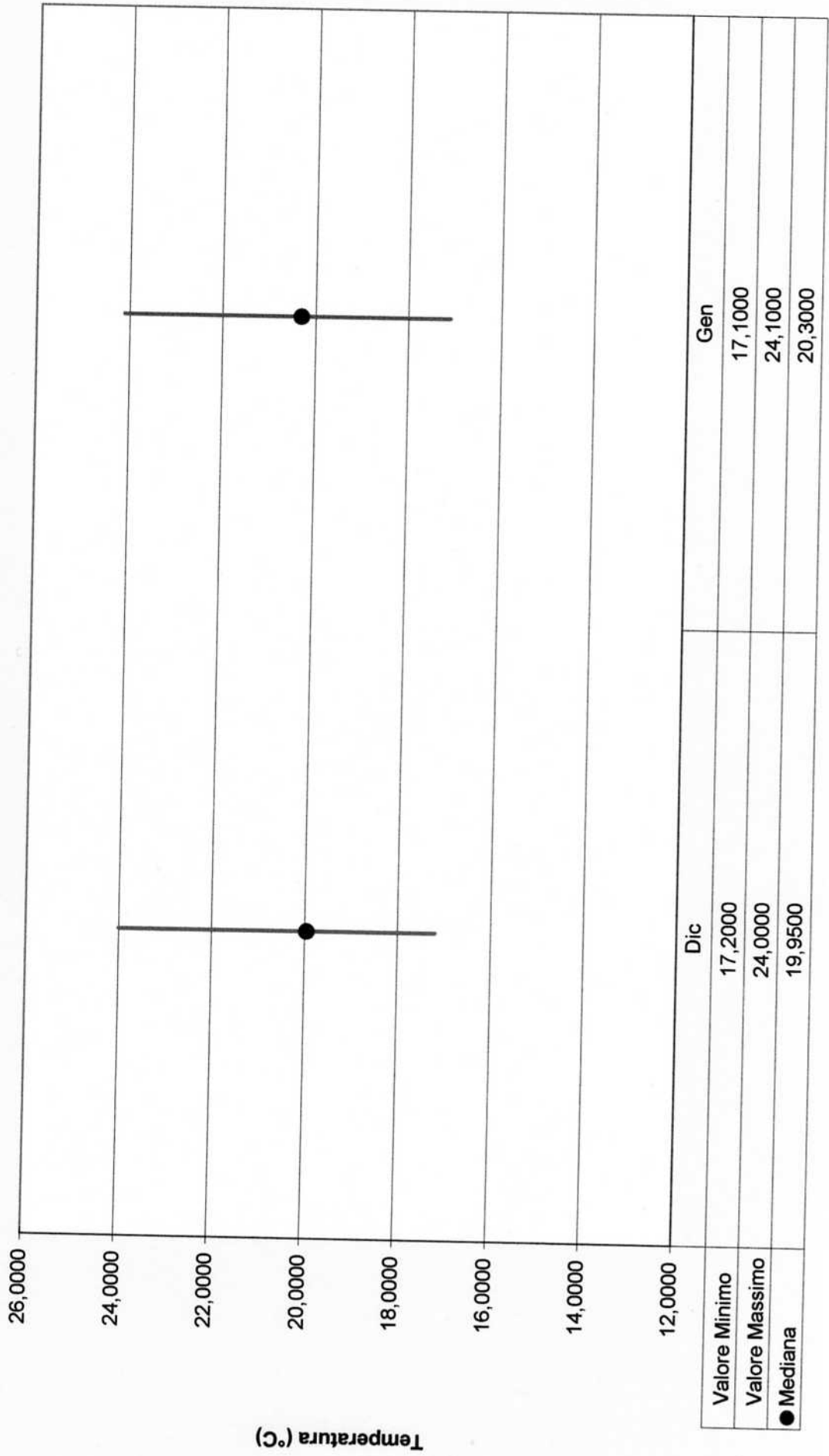


Figura 13

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE T)

Variabile Risposta **Temperatura (°C)**

Fattore A **TEMPO**

$$H_0: \mu_t = \mu \quad (\theta_t = 0)$$

$$H_1: \mu_t \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore A

$$F = \frac{\text{SSB} / (T - 1)}{\text{SSW} / (n - T)}$$

(nss_{assig} / (n - T))
resid.

Modello generale	$Y_i = \mu + \theta_{t(i)} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (T-1) e (n-T) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	9,0626
---------------------	------------	--------

Devianza entro gruppi	SSW	245,1784
-----------------------	------------	----------

Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL ₀ -GL	T - 1	1
Gradi di Libertà GL	n - T	104

Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F $_{\alpha}$	6,885

F = 3,839942 p - value **0,0527216**

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	H ₀ : μ_t	=	μ
Ipot Altern	H ₁ : μ_t	≠	μ

F $_{\alpha}$	-6,885	6,885
Rifiuto H ₀	Accetto H ₀	Rifiuto H ₀

Figura 15

Indicatori temperatura (°C) Entro Orientamento

INDICI DI POSIZIONE		Nord	Sud	Est	Ovest
Valore Minimo	X_{\min}	17,1000	19,0000	17,2000	17,7000
Valore Massimo	X_{\max}	22,3000	23,5000	24,1000	21,5000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	20,5000	21,2000	19,6500	19,5250
Media Campionaria	\bar{X}	20,3056	21,3833	19,7929	19,5125
Moda Statistica	\bar{X}_M	21,8000	21,2000	20,1000	19,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	-0,6495	0,1528	0,7917	0,1123
Curtosi	β_4	-0,0633	-0,9713	0,2226	-0,8687

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	S^2	1,6720	1,7521	3,5868	1,1985
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,2930	1,3237	1,8939	1,0948
Coefficiente di Variazione	C.V.	0,0637	0,0619	0,0957	0,0561

Indicatori temperatura (°C) Tra Orientamento

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
17,1000	19,0000	17,7500	17,4500	#N/D
21,5000	24,1000	22,8500	22,9000	#N/D
19,5250	21,2000	20,2188	20,0750	#N/D
19,5125	21,3833	20,2486	20,0492	#N/D
19,0000	21,8000	20,5250	20,6500	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
1,5114	2,0113
-0,1659	-2,7857
0,6200	-2,3316
1,1505	0,8747
-0,4383	-1,6805

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,5725	0,7566
1,0275	1,0137
0,4617	0,6795
0,5101	0,7142
1,1469	1,0709

-0,3109	1,5304
0,1731	-4,7257

-0,6495	0,7917	0,1018	0,1326	#N/D
-0,9713	0,2226	-0,4202	-0,4660	#N/D

0,2608	0,5107
0,2613	0,5112

1,6867	3,1307
1,4607	2,7141
1,7992	3,4273

1,1985	3,5868	2,0523	1,7120	#N/D
1,0948	1,8939	1,4013	1,3083	#N/D
0,0561	0,0957	0,0693	0,0628	#N/D

0,8296	0,9108
0,0886	0,2976
0,0002	0,0155

Figura 16 Indicatori della temperatura (°C) relativi all'orientamento

Variabilità della temperatura (°C) rispetto all'orientamento

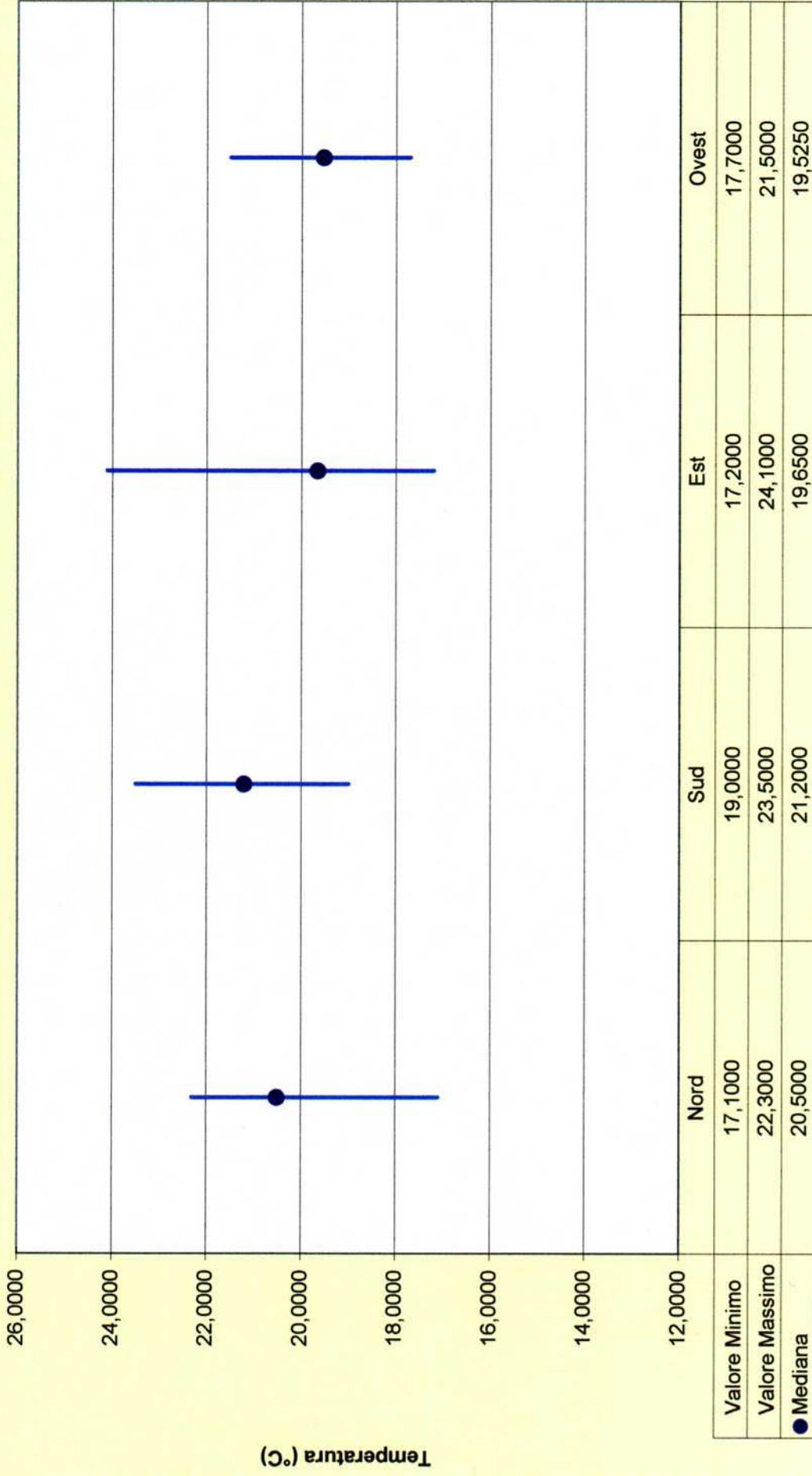


Figura 17

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE O)

Variabile Risposta	Temperatura (°C)
Fattore A	ORIENTAMENTO

$H_0 : \mu_j = \mu \quad (\Omega_j = 0)$
 $H_1 : \mu_j \neq \mu$
 V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (J - 1)}{SSW / (n - J)}$$
(RSS_g - RSS_{g-GL}) / resid.

Modello generale	$Y_i = \mu + \Omega_{j0} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS _g	GL _g = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor 1) e (n-J) gradi di libertà con (J-1)

Devianza tra gruppi	SSB	41,6173
Devianza entro gruppi	SSW	212,7137
Numero di Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _{g-GL}	J - 1	3
Gradi di Libertà GL	n - J	102

F = 6,636098 p - value 0,0003862

Livello Significat. Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F _α	3,980

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate

ipot Nulla	H ₀ : μ _j	=	μ
ipot Altern	H ₁ : μ _j	≠	μ

F _α	-3,980	Accetto H ₀
	3,980	Rifiuto H ₀

Figura 19

Indicatori temperatura (°C) Entro Aree dei piani

INDICI DI POSIZIONE		Ala centr Sx	Ala centr Dx	Ala centr davanti	Ala later davanti	Ala later dietro
Valore Minimo	X_{MIN}	18,8000	17,1000	18,8000	17,2000	17,7000
Valore Massimo	X_{MAX}	23,5000	22,3000	24,1000	21,2000	21,1000
Mediana	$\bar{X}_{0.5}$	20,9500	20,3000	21,5500	19,0000	19,1000
Media Campionaria	\bar{X}	21,0233	20,1939	21,7125	18,9588	19,1833
Moda Statistica	\bar{X}_M	20,2000	21,8000	#N/D	19,0000	19,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	0,2844	-0,5441	-0,0769	0,2551	0,1825
Curtosi	β_4	-0,5043	-0,2250	-1,4479	-1,1734	-0,7518

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	S^2	1,6212	17,1000	3,7984	1,7266	0,9097
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,2732	4,1352	1,9489	1,3140	0,9538
Coefficiente di Variazione	C.V.	0,0606	0,2048	0,0898	0,0693	0,0497

Indicatori temperatura (°C) Tra Aree dei piani

INDICI DI POSIZIONE					
Min	Max	Media	Mediana	Moda	
17,1000	18,8000	17,9200	17,7000	18,8000	
21,1000	24,1000	22,4400	22,3000	#N/D	
19,0000	21,5500	20,1800	20,3000	#N/D	
18,9588	21,7125	20,2144	20,1939	#N/D	
#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	

INDICI DI FORMA		
Asimmetria	Curtosi	
0,3062	-3,0531	
0,2485	-2,4765	
0,0373	-2,3584	
0,2087	-2,0798	
#N/D	#N/D	

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,5576	0,7467
1,4464	1,2027
1,0086	1,0043
1,1077	1,0525
#N/D	#N/D

-0,5441	0,2844	0,0202	0,1825	#N/D
-1,4479	-0,2250	-0,8205	-0,7518	#N/D

-1,4563	1,5896
-0,1650	-1,5899

0,0958	0,3096
0,1955	0,4421

0,9097	17,1000	5,0312	1,7266	#N/D
0,9538	4,1352	1,9250	1,3140	#N/D
0,0497	0,2048	0,0948	0,0693	#N/D

2,1039	4,4845
1,8318	3,4178
1,9489	3,9200

37,3422	6,1108
1,3254	1,1513
0,0032	0,0565

Figura 20 Indicatori della temperatura (°C) relativi alle aree dei piani

Variabilità della temperatura (°C) rispetto alle aree dei piani

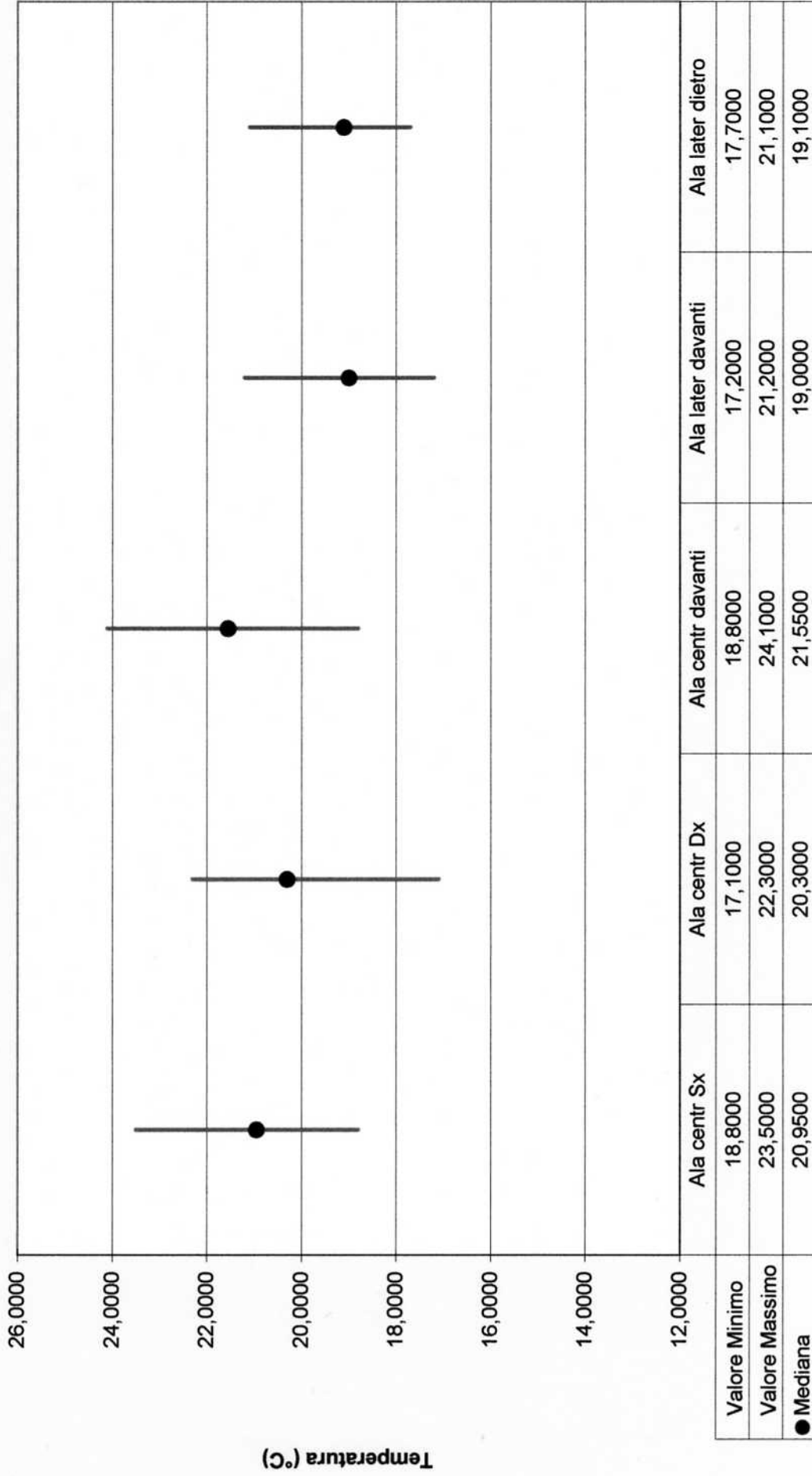


Figura 21

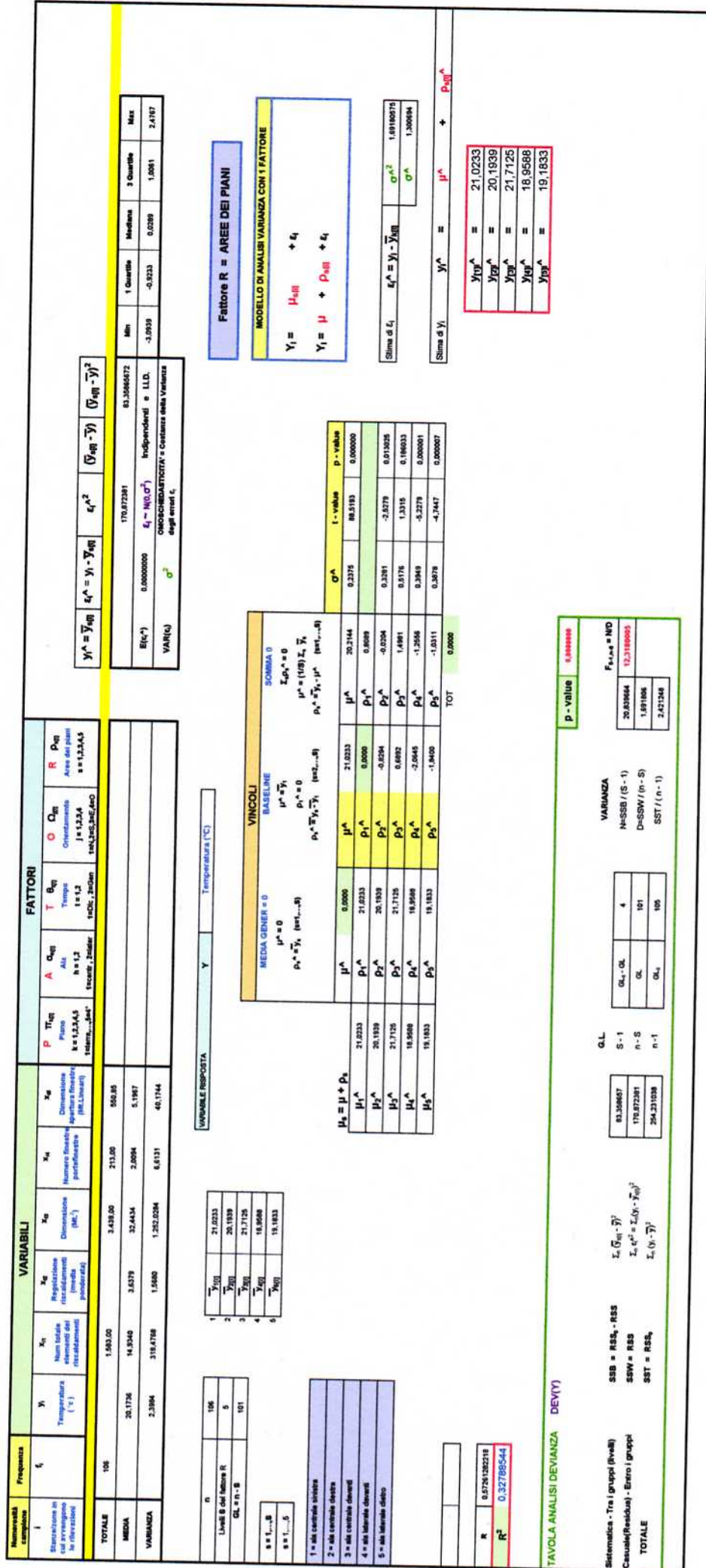


Figura 22 Modello di analisi della varianza della temperatura (°C) con un fattore (= aree dei piani)

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE R)

Variabile Risposta **Temperatura (°C)**

Fattore A **AREE DEI PIANI**

$$H_0 : \mu_s = \mu \quad (\rho_s = 0)$$

$$H_1 : \mu_s \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (S - 1)}{SSW / (n - S)}$$

resol

Modello generale	$Y_i = \mu + \rho_{s[i]} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor (S-1) e (n-S) gradi di libertà con

Devianza tra gruppi	SSB	83,3687
Devianza entro gruppi	SSW	170,8724
Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL ₀ -GL	S - 1	4
Gradi di Libertà GL	n - S	101
Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F_α	3,511

$$F = 12,318001 \quad \text{p - value} \quad 0,0000000$$

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	H ₀ : μ _s	=	μ
Ipot Altern	H ₁ : μ _s	≠	μ

$$F_{\alpha} \quad -3,511 \quad 3,511$$

Rifiuto H₀ Accetto H₀ Rifiuto H₀

Figura 23

Indicatori num elementi riscaldam Entro Piani

INDICI DI POSIZIONE	Piano terra	1°	2°	3°	4°
Valore Minimo X_{\min}	5,0000	2,0000	2,0000	2,0000	4,0000
Valore Massimo X_{\max}	67,0000	51,0000	48,0000	15,0000	80,0000
Mediana $\bar{X}_{0,5}$	13,0000	7,0000	6,5000	6,0000	10,0000
Media Campionaria \bar{X}	25,9091	14,1364	9,9683	6,9524	18,6471
Moda Statistica \bar{X}_m	9,0000	12,0000	2,0000	3,0000	10,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria β_3	0,8080	1,6351	2,7294	0,6087	2,3942
Curtosi β_4	-0,9623	1,0250	6,9901	-0,6031	4,7156

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria S^2	476,8485	294,5996	151,0851	16,7476	557,3676
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria S	21,8369	17,1639	12,2917	4,0924	23,6086
Coefficiente di Variazione $C.V.$	0,8428	1,2142	1,2343	0,5886	1,2661

Indicatori num elementi riscaldam Tra Piani

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
2,0000	5,0000	3,0000	2,0000	2,0000
15,0000	80,0000	52,2000	51,0000	#N/D
6,0000	13,0000	8,5000	7,0000	#N/D
6,9524	25,9091	15,1206	14,1364	#N/D
2,0000	12,0000	7,2000	9,0000	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
0,8839	-1,7500
-0,7631	0,9296
1,0866	-0,2408
0,6159	-0,4244
-0,3637	-2,7012

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
1,6000	1,2649
478,9600	21,8852
7,0000	2,6458
44,6330	6,6808
15,7600	3,9699

0,0511	-2,5756
0,6487	-1,8698

0,6087	2,7294	1,6351	1,6351	#N/D
-0,9623	6,9901	2,2331	1,0250	#N/D

0,7023	0,8380
9,7012	3,1147

-0,1136	-1,8539
-0,8062	-0,2420
-0,9787	-1,1072

16,7476	557,3676	299,3297	294,5996	#N/D
4,0924	23,6086	15,7987	17,1639	#N/D
0,5886	1,2661	1,0292	1,2142	#N/D

39989,5912	199,9740
49,7311	7,0520
0,0722	0,2688

Figura 24 Indicatori del numero elementi dei riscaldamenti relativi ai piani

Variabilità del numero totale per stanza/zona di elementi dei riscaldamenti rispetto ai piani

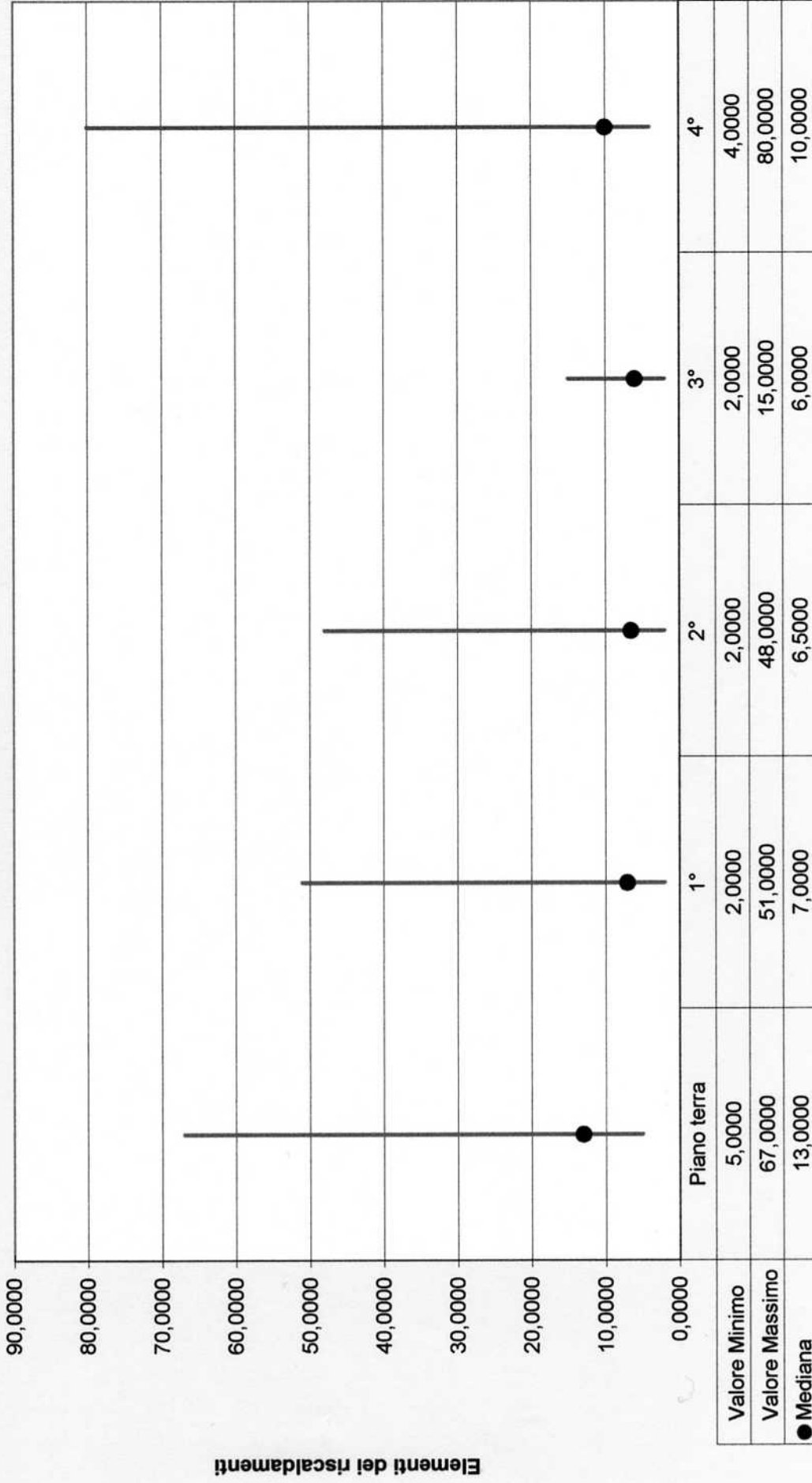


Figura 25

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE P)

Variabile Risposta **Numero totale elementi del riscaldamento**

Fattore A **PIANO**

$$H_0 : \mu_k = \mu \quad (\pi_k = 0)$$

$$H_1 : \mu_k \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (K - 1)}{SSW / (n - K)}$$

(RSS_g - RSS_{GL}) / RSS_{GL}

Modello generale	$Y_i = \mu + \tau_{k(i)} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS _g	GL _g = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (K-1) e (n-K) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	4830,3356
Devianza entro gruppi	SSW	28928,2022
Numero Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _g -GL	K - 1	4
Gradi di Libertà GL	n - K	101
Livello Significat Test t(α)	α	0,020
Punto Critico	F _α	3,511

F = 4,216162 **p - value 0,0033770**

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	H ₀ : μ _k	=	μ
Ipot Altern	H ₁ : μ _k	≠	μ

F _α	-3,511	Accetto H ₀	3,511	Rifiuto H ₀
----------------	---------------	------------------------	--------------	------------------------

Figura 27

Indicatori num elementi riscaldam Entro Ali

INDICI DI POSIZIONE	Ala centrale	Ala laterale
Valore Minimo X_{MIN}	2,0000	2,0000
Valore Massimo X_{MAX}	80,0000	67,0000
Mediana $\bar{X}_{0,5}$	9,0000	7,0000
Media Campionaria \bar{X}	15,5211	13,7429
Moda Statistica \bar{X}_M	9,0000	2,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria β_3	2,0852	2,2229
Curtosi β_4	3,8235	3,8511

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria S^2	316,7388	338,6084
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria S	17,7972	18,4013
Coefficiente di Variazione C.V.	1,1466	1,3390

Indicatori num elementi riscaldam Tra Ali

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
67,0000	80,0000	73,5000	73,5000	#N/D
7,0000	9,0000	8,0000	8,0000	#N/D
13,7429	15,5211	14,6320	14,6320	#N/D
2,0000	9,0000	5,5000	5,5000	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,0000	0,0000
42,2500	6,5000
1,0000	1,0000
0,7906	0,8891
12,2500	3,5000

2,0852	2,2229	2,1541	#N/D
3,8235	3,8511	3,8373	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0047	0,0689
0,0002	0,0138

316,7388	338,6084	327,6736	#N/D
17,7972	18,4013	18,0992	#N/D
1,1466	1,3390	1,2428	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

119,5695	10,9348
0,0913	0,3021
0,0092	0,0962

Figura 28 Indicatori del numero di elementi dei riscaldamenti relativi alle ali

Variabilità del numero totale per stanza/zona di riscaldamenti rispetto alle ali

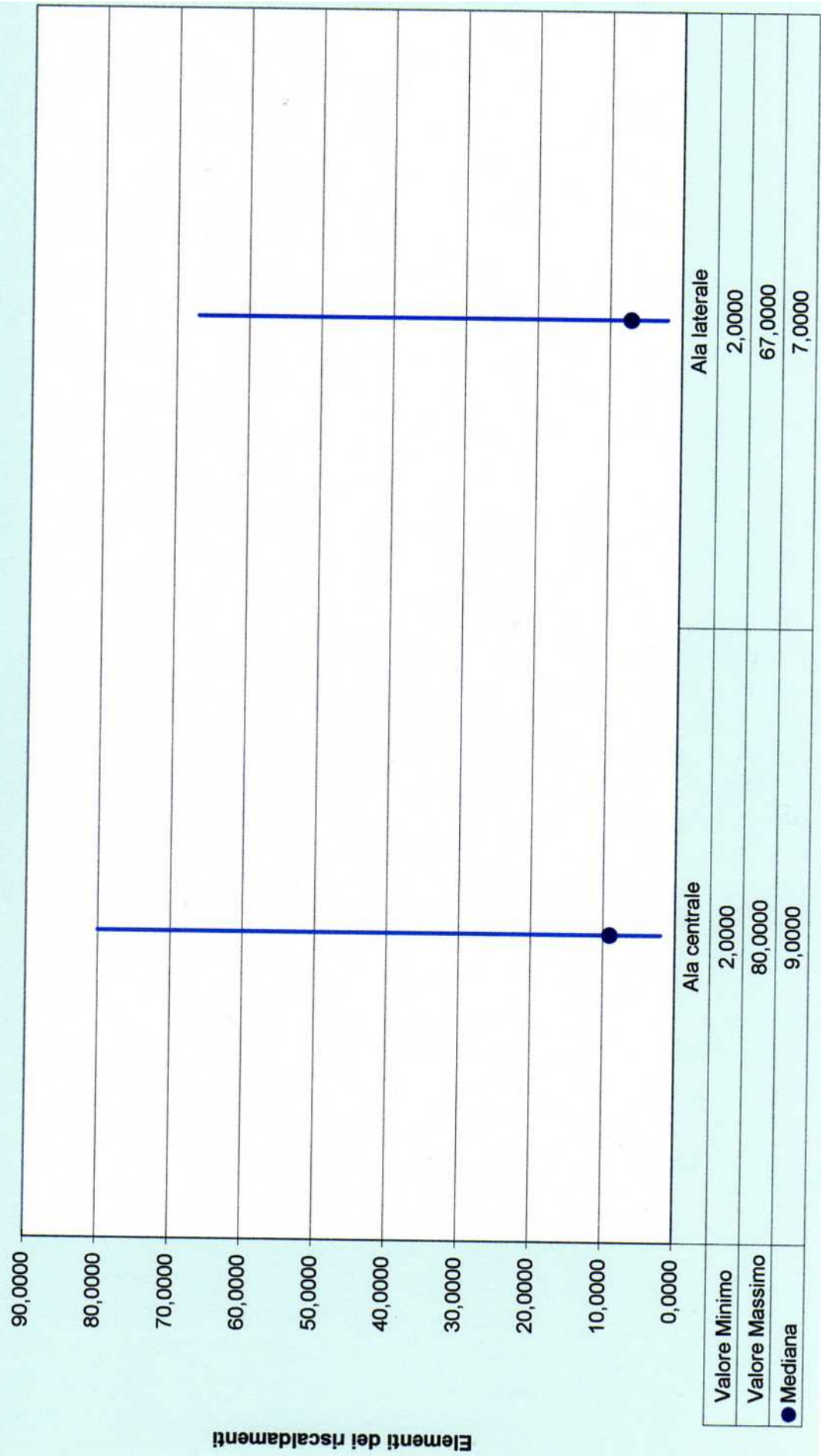
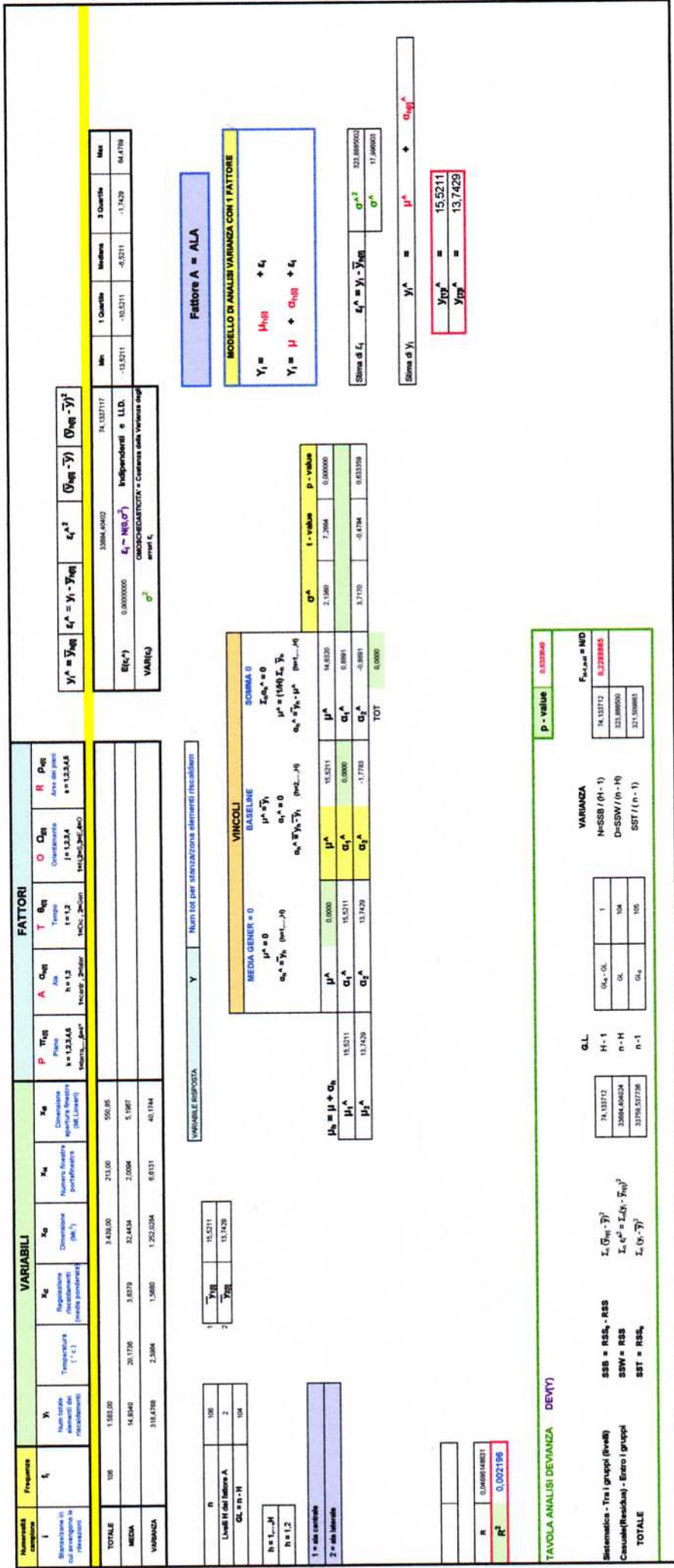


Figura 29



TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE A)

Variabile Risposta **Numero totale elementi del riscaldamento**

Fattore A **ALA**

$$H_0 : \mu_h = \mu \quad (\alpha_h = 0)$$

$$H_1 : \mu_h \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore A

$$F = \frac{SSB / (H - 1)}{SSW / (n - H)}$$

(RSS_g-RSS_{g0})/GL_g-GL_{g0}
rescol

Modello generale	$Y_i = \mu + C_{h[i]} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (H-1) e (n-H) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	74,1337
Devianza entro gruppi	SSW	33684,4040
Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _g -GL	H - 1	1
Gradi di Libertà GL	n - H	104
Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F _g	6,885

Prob rifiutare H₀ quando è vera

$$F = 0,228887 \quad \text{p - value } 0,6333549$$

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	H ₀ : μ_h	=	μ
Ipot Altern	H ₁ : μ_h	≠	μ

F_g **-6,885**

Rifiuto H₀ Accetto H₀

6,885 Rifiuto H₀

Figura 31

Indicatori num elem riscald Entro Orientamento

INDICI DI POSIZIONE		Nord	Sud	Est	Ovest
Valore Minimo	X_{min}	3,0000	2,0000	2,0000	2,0000
Valore Massimo	X_{max}	19,0000	51,0000	80,0000	67,0000
Mediana	$\bar{X}_{0.5}$	9,0000	9,0000	5,5000	11,0000
Media Campionaria	\bar{X}	8,9722	14,9444	22,4643	15,0833
Moda Statistica	\bar{X}_M	9,0000	3,0000	2,0000	6,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	0,6376	1,4314	0,9498	2,6765
Curtosi	β_4	1,0754	0,4384	-0,5782	6,8639

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	s^2	14,5992	298,9967	695,5172	283,3841
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	s	3,8209	17,2915	26,3727	16,8340
Coefficiente di Variazione	C.V.	0,4259	1,1571	1,1740	1,1161

Indicatori num elem riscald Tra Orientamento

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
2,0000	3,0000	2,2500	2,0000	2,0000
19,0000	80,0000	54,2500	59,0000	#N/D
5,5000	11,0000	8,6250	9,0000	9,0000
8,9722	22,4643	15,3661	15,0139	#N/D
2,0000	9,0000	5,0000	4,5000	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
2,0000	4,0000
-0,9024	0,4555
-0,9487	2,0089
0,3804	1,5775
0,6325	-1,7000

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,1875	0,4330
519,6875	22,7967
3,9219	1,9804
22,8809	4,7834
7,5000	2,7386

0,6376	2,6765	1,4238	1,1906	#N/D
-0,5782	6,8639	1,9469	0,7569	#N/D

1,2697	1,4273
1,7508	3,2466

0,6031	0,7766
8,3969	2,8977

14,5992	695,5172	323,1243	291,1904	#N/D
3,8209	26,3727	16,0798	17,0628	#N/D
0,4259	1,1740	0,9682	1,1366	#N/D

0,6706	1,7373
-0,6256	1,7075
-1,9733	3,9076

59006,4072	242,9123
64,5652	8,0352
0,0985	0,3139

Figura 32 Indicatori del numero elementi dei riscaldamenti relativi all'orientamento

Variabilità del numero totale per stanza/zona di elementi dei riscaldamenti rispetto all'orientamento

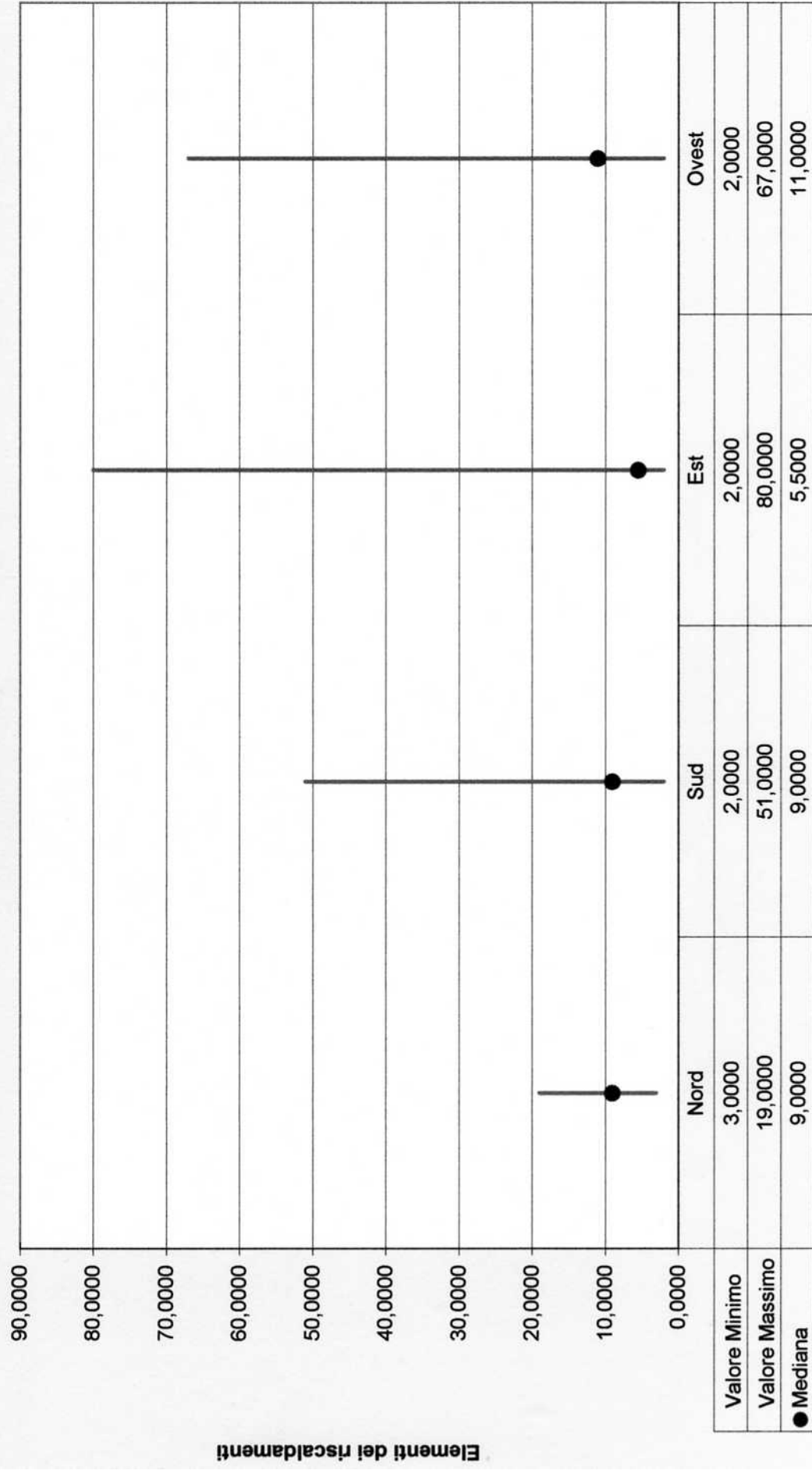


Figura 33

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE O)

Variabile Risposta

Numero totale elementi del riscaldamento

Fattore A

ORIENTAMENTO

$$H_0 : \mu_j = \mu \quad (\Omega_j = 0)$$

$$H_1 : \mu_j \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (J - 1)}{SSW / (n - J)}$$

($SSB = \sum (\mu_j - \mu)^2$)
($SSW = \sum \text{residual}$)

Modello generale	$Y_i = \mu + \Omega_{[i]} + \epsilon_i$	RSS	$GL = n - J$
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS_0	$GL_0 = n - 1$

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor 1) e (n-J) gradi di liberta con (μ-

Devianza tra gruppi	SSB	2867,8235
---------------------	------------	-----------

Devianza entro gruppi	SSW	30890,7143
-----------------------	------------	------------

Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà $GL_p - GL$	J - 1	3
Gradi di Libertà GL	n - J	102

Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F_α	3,980

$$F = 3,156482$$

$$p\text{-value} = 0,0280005$$

Prob rifiutare H₀ quando è vera

ipotesi formulate

ipotesi Nulla $H_0 : \mu_j = \mu$

ipotesi Altern $H_1 : \mu_j \neq \mu$

$$F_{\alpha} = 3,980$$

Rifiuto H₀ Accetto H₀

$$3,980$$

Rifiuto H₀

Figura 35

Indicatori num elem riscald Entro Aree dei piani

INDICI DI POSIZIONE		Ala centr Sx	Ala centr Dx	Ala centr davanti	Ala later davanti	Ala later dietro
Valore Minimo	X_{\min}	2,0000	3,0000	46,0000	2,0000	2,0000
Valore Massimo	X_{\max}	51,0000	19,0000	80,0000	57,0000	67,0000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	9,0000	8,0000	47,5000	5,0000	12,0000
Media Campionaria	\bar{X}	12,7000	8,4545	55,2500	10,2941	17,0000
Moda Statistica	\bar{X}_M	9,0000	5,0000	46,0000	2,0000	15,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	2,0810	0,7289	1,4296	2,5537	2,2950
Curtosi	β_4	3,2675	0,4189	-0,0137	5,2531	4,5816

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	S^2	187,7345	3,0000	233,9286	312,4706	360,0000
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	13,7016	1,7321	15,2947	17,6768	18,9737
Coefficiente di Variazione	$C.V.$	1,0789	0,2049	0,2768	1,7172	1,1161

Indicatori num elem riscald Tra Aree dei piani

INDICI DI POSIZIONE					
Min	Max	Media	Mediana	Moda	
2,0000	46,0000	11,0000	2,0000	2,0000	
19,0000	80,0000	54,8000	57,0000	#N/D	
5,0000	47,5000	16,3000	9,0000	#N/D	
8,4545	55,2500	20,7397	12,7000	#N/D	
2,0000	46,0000	15,4000	9,0000	#N/D	

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
2,2334	4,9901
-0,9843	1,5171
2,1243	4,6041
2,0914	4,4592
1,8413	3,5246

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
306,4000	17,5043
416,9600	20,4196
248,3600	15,7594
305,9236	17,4907
253,0400	15,9072

-0,8553	-0,4826
-0,2568	-2,8168

0,7289	2,5537	1,8177	2,0810	#N/D
-0,0137	5,2531	2,7015	3,2675	#N/D

0,4350	0,6595
4,5896	2,1423

-1,0376	1,0987
-1,7597	3,3236
0,1405	-1,5924

3,0000	360,0000	219,4267	233,9286	#N/D
1,7321	18,9737	13,4758	15,2947	#N/D
0,2049	1,7172	0,8788	1,0789	#N/D

15294,6470	123,6715
37,8301	6,1506
0,3232	0,5685

Figura 36 Indicatori del numero elementi dei riscaldamenti relativi alle aree dei piani

Variabilità del numero totale per stanza/zona di elementi dei riscaldamenti rispetto alle aree dei piani

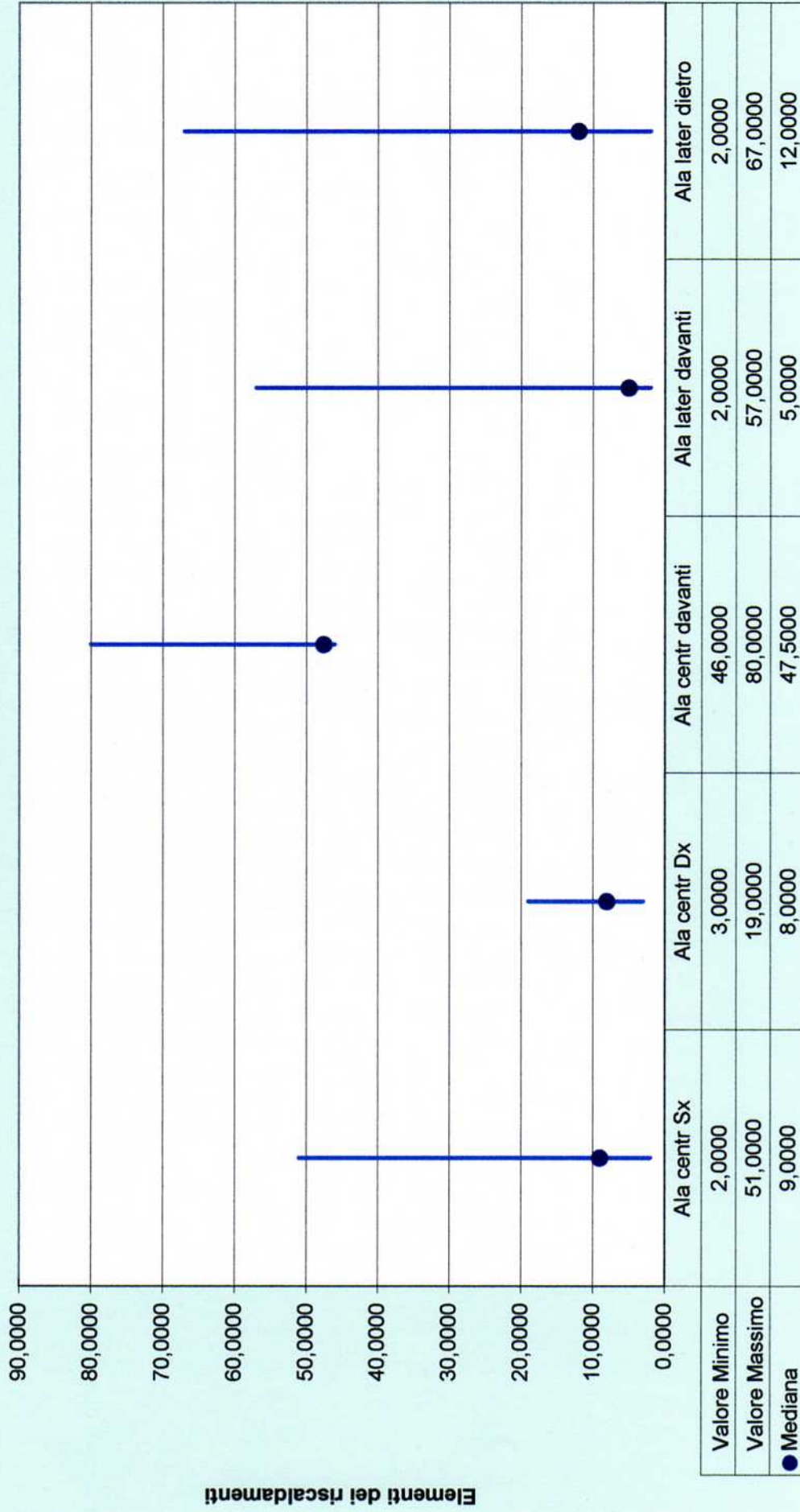


Figura 37

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE R)

Variabile Risposta

Numero totale elementi del riscaldamento

Fattore A

AREE DEI PIANI

$$H_0 : \mu_s = \mu \quad (\rho_s = 0)$$

$$H_1 : \mu_s \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{\text{SSB} / (S - 1)}{\text{SSW} / (n - S)} \quad \begin{matrix} \text{res.} \\ \text{res.} \end{matrix}$$

Modello generale	$Y_i = \mu + \rho_{s[i]} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor (S-1) e (n-S) gradi di libertà con

Devianza tra gruppi	SSB	14981,0266
---------------------	------------	------------

Devianza entro gruppi	SSW	18777,6112
-----------------------	------------	------------

Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _P -GL	S - 1	4
Gradi di Libertà GL	n - S	101

Livello Significat Test	α	0,020
t(c) Punto Critico	F $_{\alpha}$	3,511

Prob rifiutare H₀ quando è vera

$$F = 20,144891$$

$$p\text{-value} = 0,0000000$$

Ipotesi formulata

Ipot Nulla $H_0 : \mu_s = \mu$

Ipot Altern $H_1 : \mu_s \neq \mu$

$$F_{\alpha} = 3,511$$

Rifiuto H₀

Accetto H₀

Rifiuto H₀

Figura 39

Indicatori regolazione riscaldamenti Entro Piani

INDICI DI POSIZIONE		Piano terra	1°	2°	3°	4°
Valore Minimo	X_{\min}	0,0000	1,0000	3,0000	1,0000	2,0000
Valore Massimo	X_{\max}	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
Mediana	$\bar{X}_{0.5}$	2,2400	4,7050	4,0000	3,5000	3,5000
Media Campionaria	\bar{X}	2,7441	4,1291	4,1004	3,4405	3,7500
Moda Statistica	\bar{X}_w	5,0000	5,0000	5,0000	3,0000	3,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	0,2278	-1,2740	-0,1824	-0,5894	0,1819
Curtosi	β_4	-1,0417	0,7453	-1,6791	0,3277	-1,4840

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	S^2	2,2882	1,3998	0,7051	1,3244	1,0625
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,5127	1,1831	0,8397	1,1508	1,0308
Coefficiente di Variazione	C.V.	0,5513	0,2865	0,2048	0,3345	0,2749

Indicatori regolazione riscaldamenti Tra Piani

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
0,0000	3,0000	1,4000	1,0000	1,0000
5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
2,2400	4,7050	3,5890	3,5000	3,5000
2,7441	4,1291	3,6328	3,7500	#N/D
3,0000	5,0000	4,2000	5,0000	5,0000

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
0,4048	-0,1775
#DIV/0!	#DIV/0!
-0,5672	1,2619
-1,0793	0,6117
-0,6086	-3,3333

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
1,0400	1,0198
0,0000	0,0000
0,6500	0,8062
0,2611	0,5110
0,9600	0,9798

-1,2740	0,2278	-0,3292	-0,1824	#N/D
-1,6791	0,7453	-0,6264	-1,0417	#N/D

-0,9481	-0,0388
0,4996	-2,6641

0,3118	0,5583
0,9616	0,9806

0,7051	2,2882	1,3560	1,3244	#N/D
0,8397	1,5127	1,1434	1,1508	#N/D
0,2048	0,5513	0,3304	0,2865	#N/D

1,0449	1,8691
0,5838	1,2408
1,5505	2,9133

0,2764	0,5257
0,0486	0,2204
0,0139	0,1180

Figura 40 Indicatori della regolazione dei riscaldamenti relativi ai piani

Variabilità della regolazione dei riscaldamenti rispetto ai piani

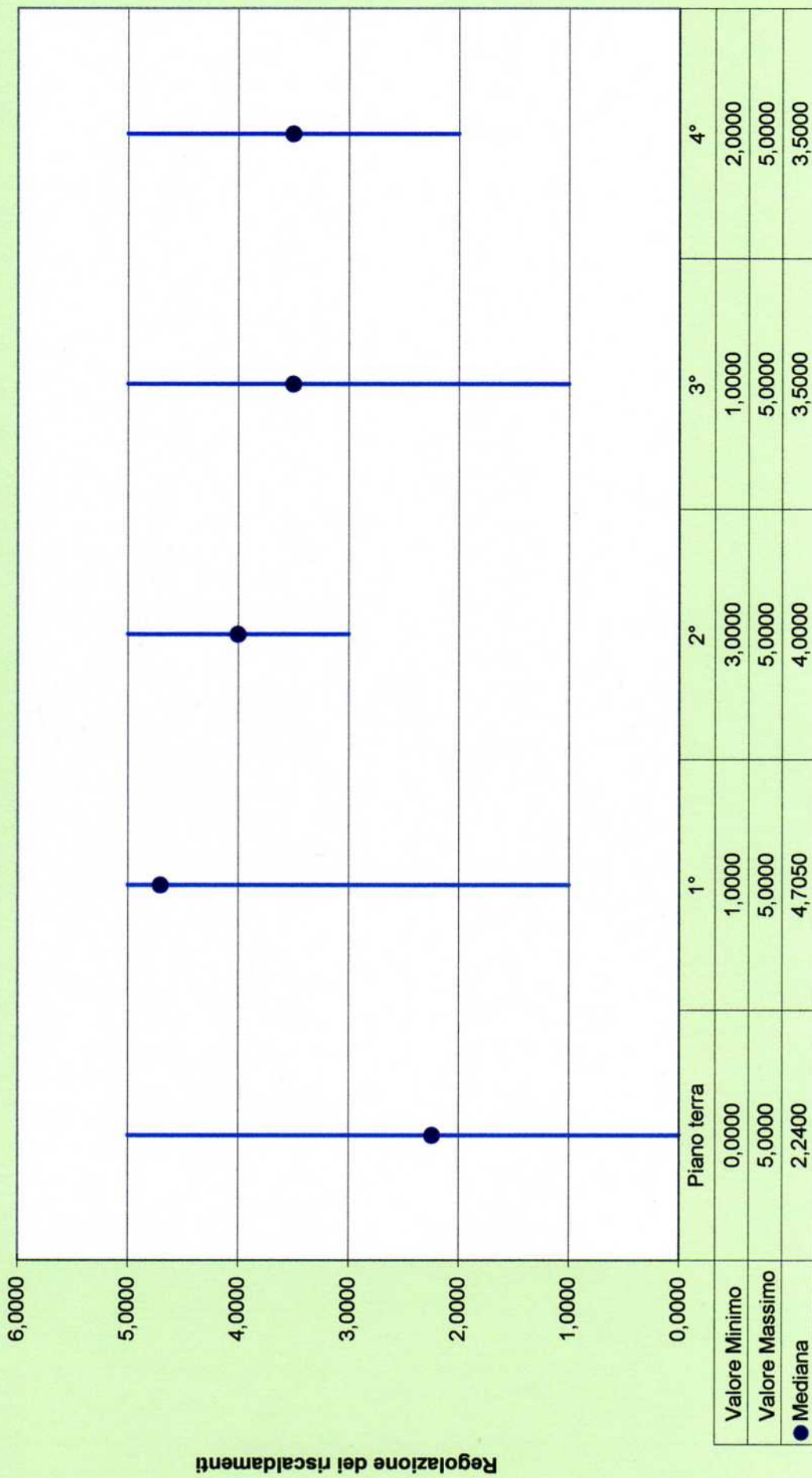


Figura 41

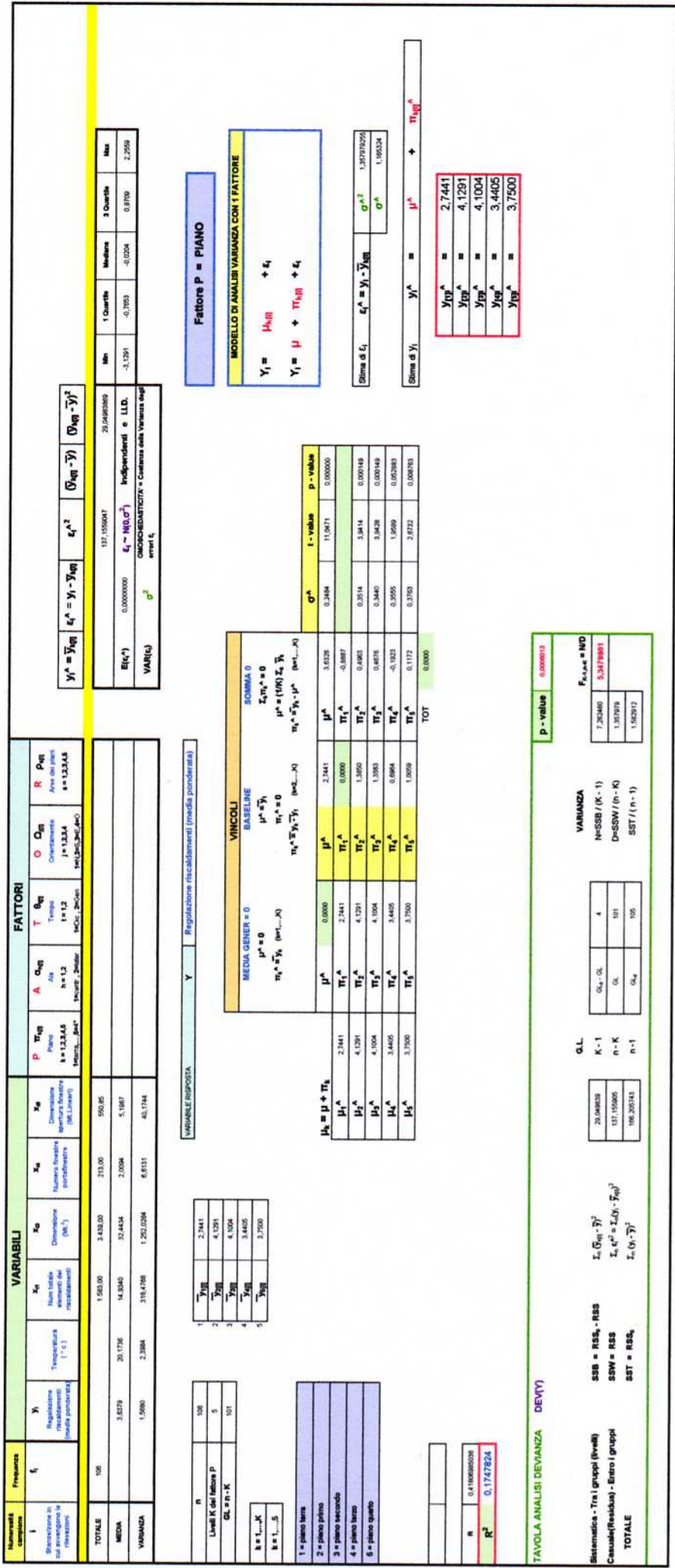


Figura 42 Modello di analisi della varianza della regolazione dei riscaldamenti con un fattore (= piano)

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE P)

Fattore A **PIANO**

Variabile Risposta **Regolazione riscaldamento**

Modello generale	$Y_i = \mu + \tau_{k(i)} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (K-1) e (n-K) gradi di libertà

$H_0 : \mu_k = \mu \quad (\tau_k = 0)$
 $H_1 : \mu_k \neq \mu$
 V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (K - 1)}{SSW / (n - K)}$$
(res_asy(gl_0, alpha) / rescol)

Devianza tra gruppi	SSB	29,0498
Devianza entro gruppi	SSW	137,1559
Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _P -GL	K - 1	4
Gradi di Libertà GL	n - K	101

F = 5,347990 **p - value 0,0006013**

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Livello Significat Test	α	0,020
t(alpha) Punto Critico	F $_{\alpha}$	3,511

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	$H_0 : \mu_k = \mu$
Ipot Altern	$H_1 : \mu_k \neq \mu$

F $_{\alpha}$	-3,511	Accetto H ₀
	3,511	Rifiuto H ₀

Figura 43

Indicatori regolazione riscaldamenti Entro Ali

INDICI DI POSIZIONE		Ala centrale	Ala laterale
Valore Minimo	X_{\min}	0,0000	1,1900
Valore Massimo	X_{\max}	5,0000	5,0000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	3,5000	5,0000
Media Campionaria	\bar{X}	3,4694	3,9797
Moda Statistica	\bar{X}_M	3,0000	5,0000

INDICI DI FORMA		
Asimmetria	β_3	-0,6423
Curtosi	β_4	0,2338

INDICI DI VARIABILITA'		
Varianza Campionaria	S^2	1,4170
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,1904
Coefficiente di Variazione	$C.V.$	0,3431

Indicatori regolazione riscaldamenti Tra Ali

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
0,0000	1,1900	0,5950	0,5950	#N/D
5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
3,5000	5,0000	4,2500	4,2500	#N/D
3,4694	3,9797	3,7246	3,7246	#N/D
3,0000	5,0000	4,0000	4,0000	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,3540	0,5950
0,0000	0,0000
0,5625	0,7500
0,0651	0,2551
1,0000	1,0000

-0,8426	-0,6423	-0,7425	-0,7425	#N/D
-0,9514	0,2338	-0,3588	-0,3588	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0100	0,1001
0,3511	0,5926

1,4170	1,7915	1,6043	1,6043	#N/D
1,1904	1,3385	1,2644	1,2644	#N/D
0,3363	0,3431	0,3397	0,3397	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0351	0,1873
0,0055	0,0741
0,0000	0,0034

Figura 44 Indicatori della regolazione dei riscaldamenti relativi alle ali

Variabilità della regolazione dei riscaldamenti rispetto alle ali

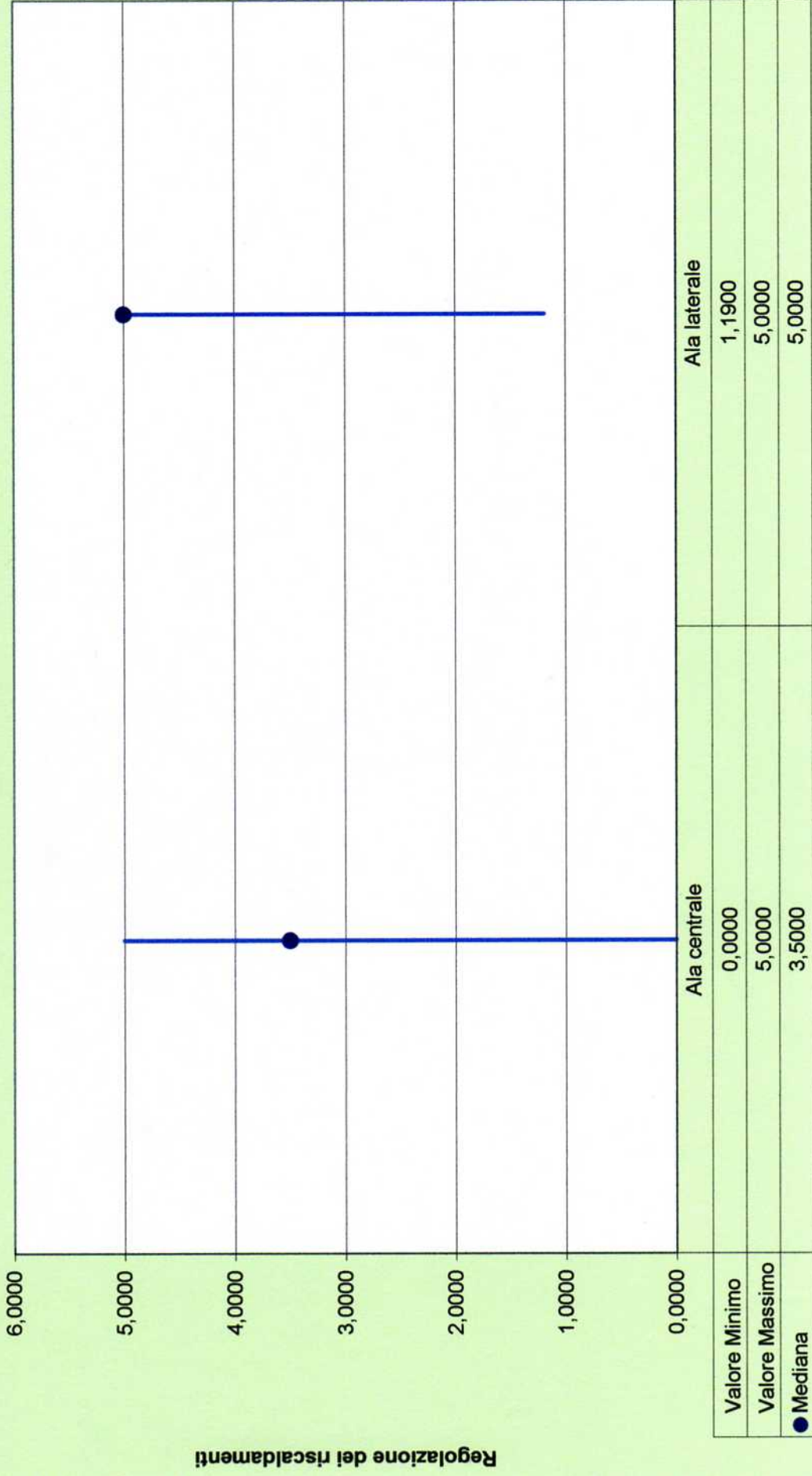


Figura 45

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE A)

Variabile Risposta **Regolazione riscaldamento**

Fattore A **ALA**

$$H_0 : \mu_h = \mu \quad (\alpha_h = 0)$$

$$H_1 : \mu_h \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore A

$$F = \frac{SSB / (H - 1)}{SSW / (n - H)}$$

(res_h, res_{ij} / (n_h - d_h))
res_{tot}

Modello generale	$Y_i = \mu + \alpha_{h(i)} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (H-1) e (n-H) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	6,1043
Devianza entro gruppi	SSW	160,1015
Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL ₀ -GL	H - 1	1
Gradi di Libertà GL	n - H	104

Livello Significat. Test	α	0,020
t(c) Punto Critico	F_α	6,865

Prob rifiutare H₀ quando è vera

$$F = 3,965260 \quad \text{p - value} \quad 0,0490708$$

Ipotesi formulate

ipot Nulla	$H_0 : \mu_h = \mu$
ipot Altern	$H_1 : \mu_h \neq \mu$

F_α	-6,865	6,865
Rifiuto H ₀	Accetto H ₀	Rifiuto H ₀

Figura 47

Indicatori regolazione riscaldamenti Entro Tempo

INDICI DI POSIZIONE		Dic	Gen
Valore Minimo	X_{\min}	0,0000	1,0000
Valore Massimo	X_{\max}	5,0000	5,0000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	4,0000	3,5000
Media Campionaria	\bar{X}	3,7075	3,5569
Moda Statistica	\bar{X}_{M}	5,0000	5,0000

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	β_3
Curtosi	β_4

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza Campionaria	S^2
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S
Coefficiente di Variazione	$C.V.$

Indicatori regolazione riscaldamenti Tra Tempo

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	#N/D
5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
3,5000	4,0000	3,7500	3,7500	#N/D
3,5569	3,7075	3,6322	3,6322	#N/D
5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,2500	0,5000
0,0000	0,0000
0,0625	0,2500
0,0057	0,0753
0,0000	0,0000

-0,7680	-0,4517	-0,6098	-0,6098	#N/D
-0,7952	0,0889	-0,3532	-0,3532	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0250	0,1582
0,1954	0,4421

1,5885	1,5969	1,5927	1,5927	#N/D
1,2604	1,2637	1,2620	1,2620	#N/D
0,3399	0,3553	0,3476	0,3476	#N/D

#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

0,0000	0,0042
0,0000	0,0017
0,0001	0,0077

Figura 48 Indicatori della regolazione dei riscaldamenti relativi al tempo

Variabilità della regolazione dei riscaldamenti rispetto al tempo

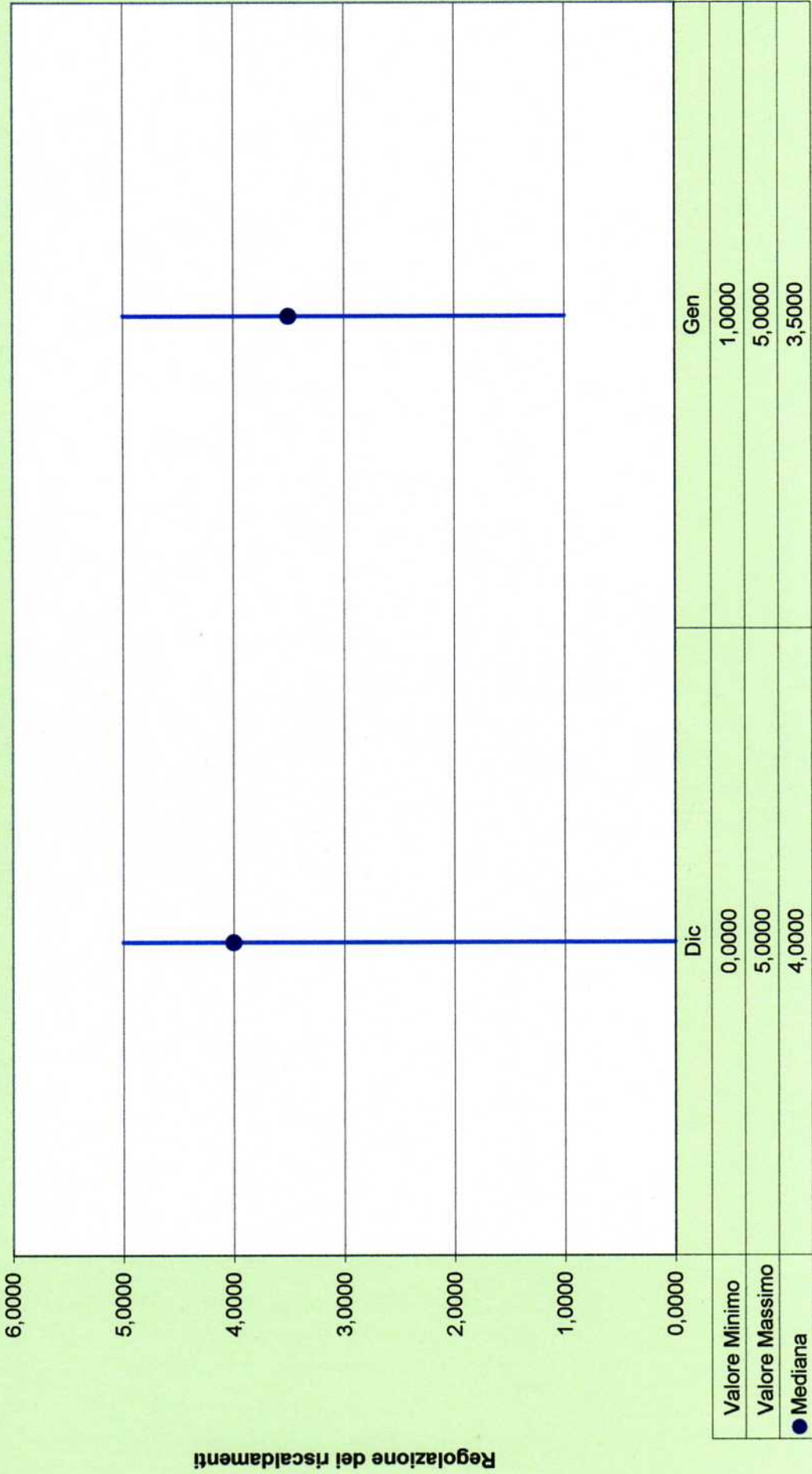


Figura 49

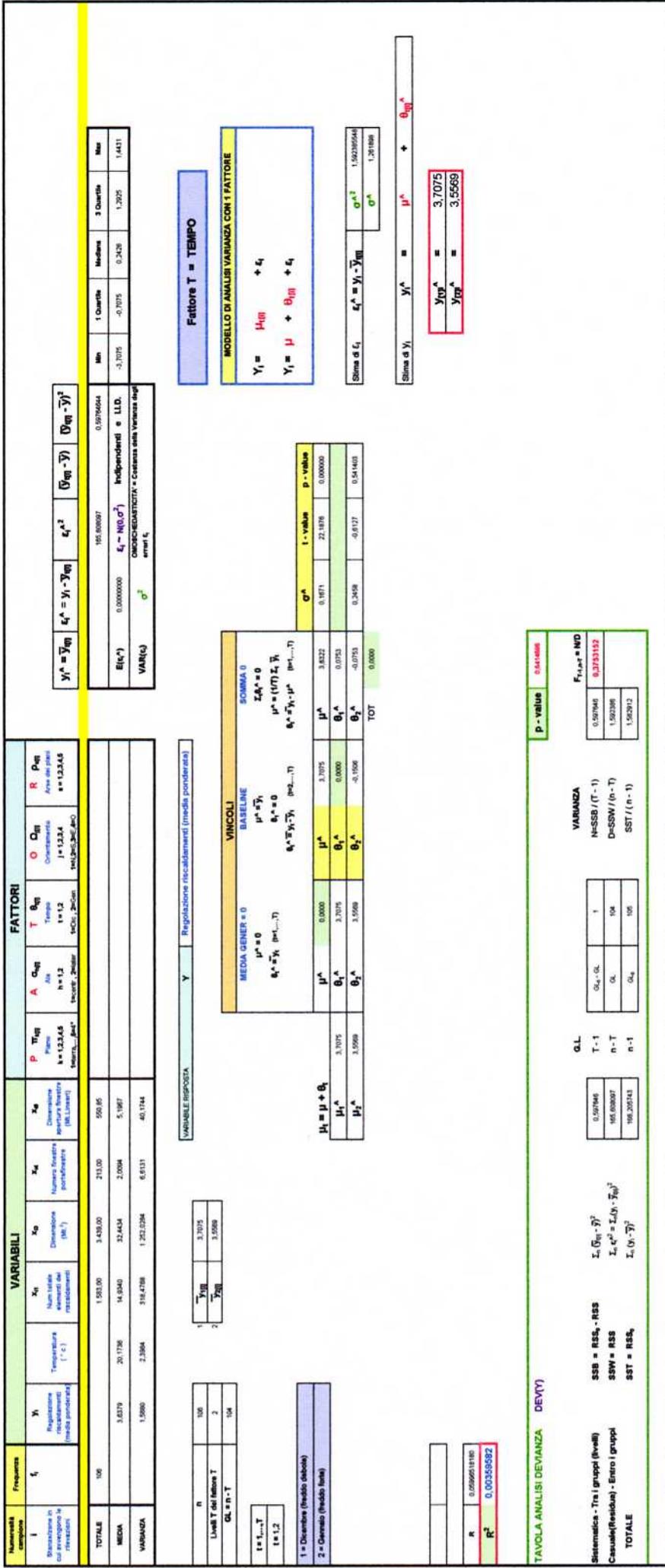


TAVOLA ANALISI DEVIANZA DE(Y)

Systematic - Tra i gruppi (level)	SSB = RSS ₀ - RSS	SSB / (T - 1)	F _{1, T-1, n-1}} = MD
Causale(Residue) - Entro i gruppi	SSW = RSS	D-SSW / (n - T)	0.2753152
TOTALE	SST = RSS ₀	SST / (n - 1)	1.52392

GL	OL	OL ₀	OL ₁	OL ₂
T - 1	1			
n - T	104			
n - 1	105			

Figura 50 Modello di analisi della varianza della regolazione dei riscaldamenti con un fattore (= tempo)

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE T)

Regolazione riscaldamenti

Fattore A TEMPO

$$H_0 : \mu_t = \mu \quad (\theta_t = 0)$$

$$H_1 : \mu_t \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore A

$$F = \frac{SSB / (T - 1)}{SSW / (n - T)}$$

(RSS_A-RSS_B)/(GL_A-GL_B)
RSS_{tot}

Modello generale	$Y_i = \mu + \theta_{t[j]} + \varepsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \varepsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor con (T-1) e (n-T) gradi di libertà

Devianza tra gruppi	SSB	0,5976
Devianza entro gruppi	SSW	165,6081
Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _A -GL _B	T - 1	1
Gradi di Libertà GL	n - T	104
Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F _α	6,885

$$F = 0,375315 \quad \text{p - value} \quad 0,5414585$$

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate

Ipot Nulla	H ₀ : μ _t	=	μ
Ipot Altern	H ₁ : μ _t	≠	μ

F_α -6,885

Rifiuto H₀

Accetto H₀

6,885

Rifiuto H₀

Figura 51

Indicatori regolaz riscaldam Entro Orientamento

INDICI DI POSIZIONE		Nord	Sud	Est	Ovest
Valore Minimo	X_{\min}	0,0000	2,0000	1,0000	1,1900
Valore Massimo	X_{\max}	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
Mediana	$\bar{X}_{0,5}$	3,5000	4,1900	4,8700	3,0000
Media Campionaria	\bar{X}	3,2917	4,0906	3,9707	3,4296
Moda Statistica	\bar{X}_M	3,0000	5,0000	5,0000	5,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria	β_3	-0,9002	-0,6112	-0,8084	-0,0441
Curtosi	β_4	0,5184	-0,8870	-0,7301	-1,3911

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria	S^2	1,5625	0,9741	1,5978	1,7249
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria	S	1,2500	0,9870	1,2640	1,3133
Coefficiente di Variazione	$C.V.$	0,3797	0,2413	0,3183	0,3829

Indicatori regolaz riscaldam Tra Orientamento

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
0,0000	2,0000	1,0475	1,0650	#N/D
5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
3,0000	4,8700	3,6900	3,8450	#N/D
3,2917	4,0906	3,6956	3,7001	#N/D
3,0000	5,0000	4,5000	5,0000	5,0000

INDICI DI FORMA		
Asimmetria	Curtosi	
-0,3390	1,3028	
#DIV/0!	#DIV/0!	
0,2507	-1,5780	
-0,0255	-4,9629	
-2,0000	4,0000	

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,5068	0,7119
0,0000	0,0000
0,4987	0,7062
0,1164	0,3412
0,7500	0,8660

1,4563	1,9555
1,2735	2,2678

-0,9002	-0,0441	-0,5910	-0,7096	#N/D
-1,3911	0,5184	-0,6250	-0,8136	#N/D

0,1106	0,3326
0,4948	0,7034

-1,7332	3,2656
-1,7905	3,4076
-1,0214	-0,4134

0,9741	1,7249	1,4648	1,5801	#N/D
0,9870	1,3133	1,2036	1,2570	#N/D
0,2413	0,3829	0,3306	0,3490	#N/D

0,0839	0,2897
0,0162	0,1273
0,0033	0,0576

Figura 52 Indicatori della regolazione dei riscaldamenti relativi all'orientamento

Variabilità della regolazione dei riscaldamenti rispetto all'orientamento

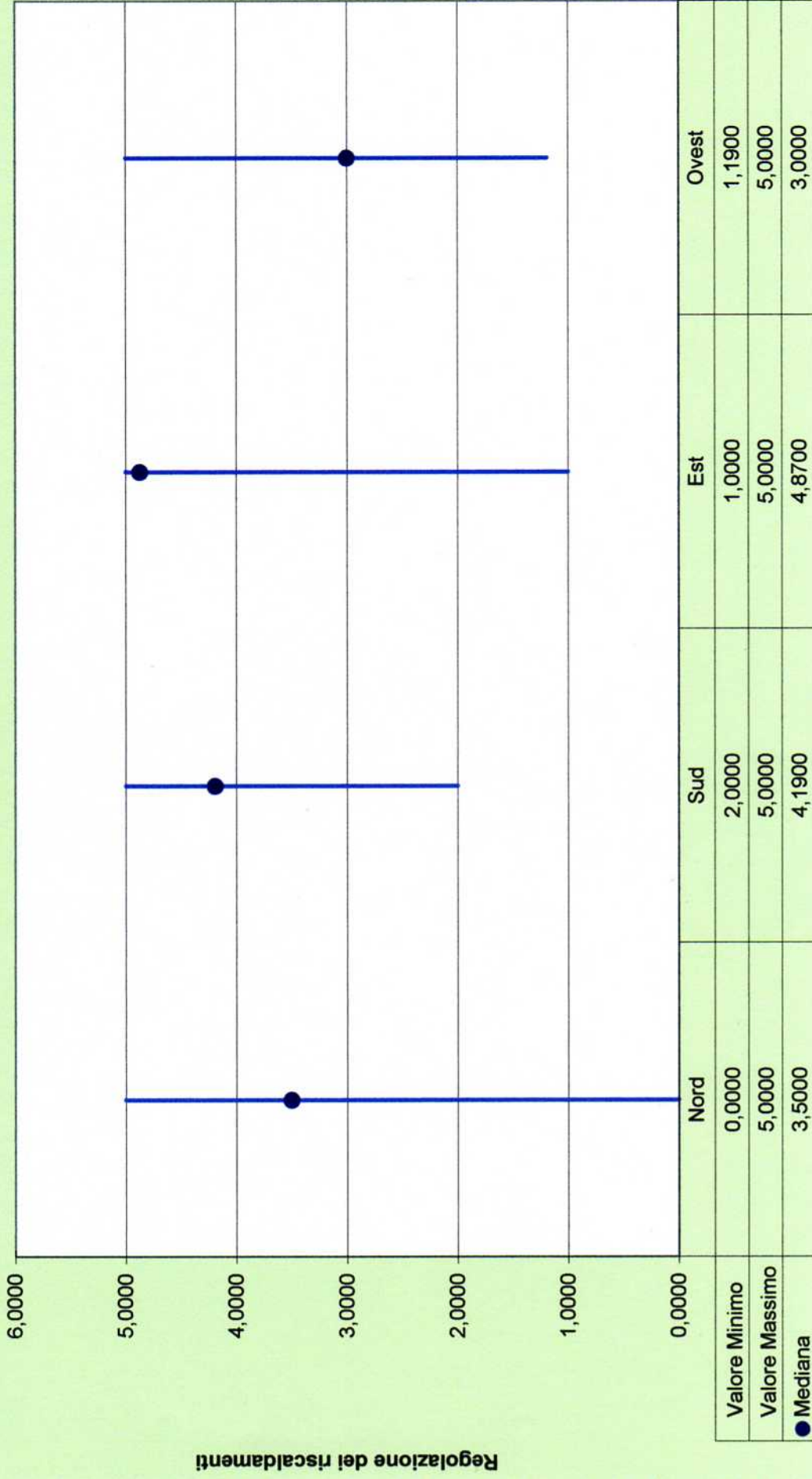
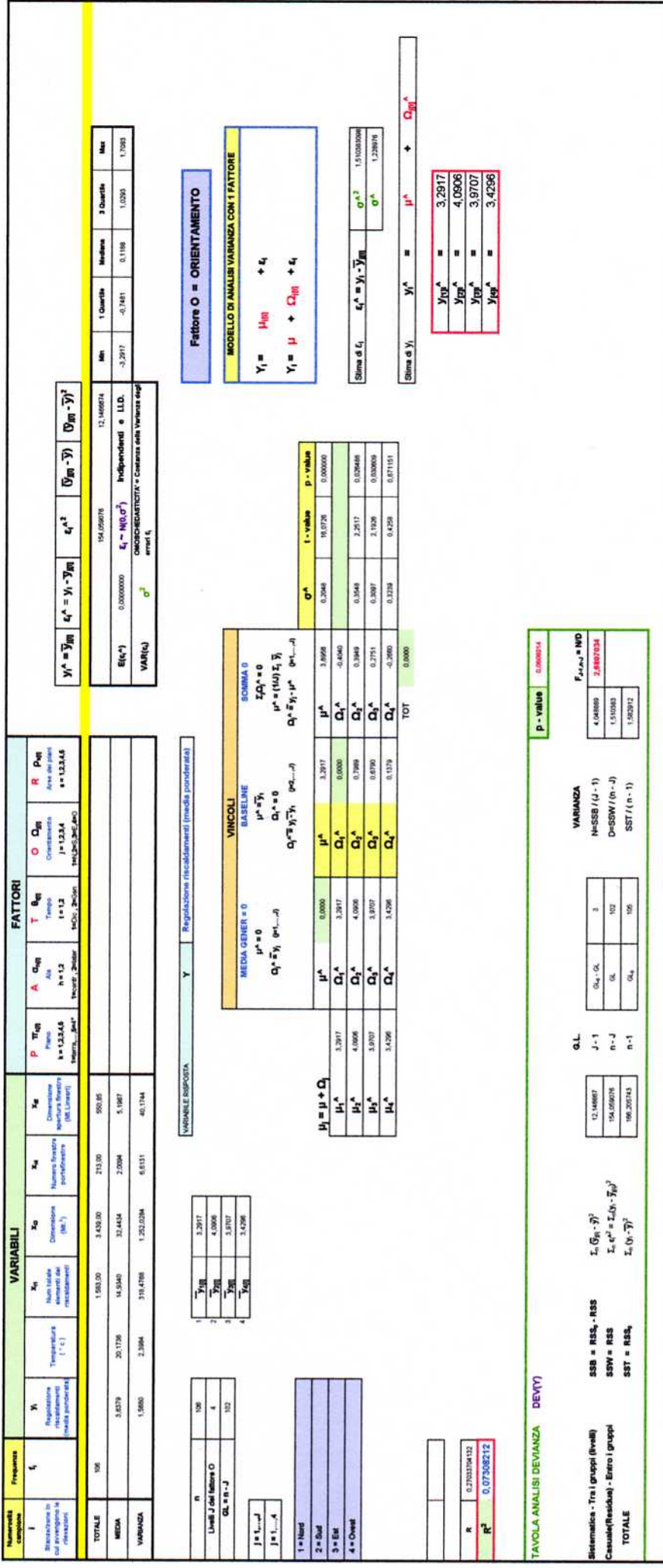


Figura 53



TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE O)

Variabile Risposta

Regolazione riscaldamenti

Fattore A

ORIENTAMENTO

$$H_0 : \mu_j = \mu \quad (\Omega_j = 0)$$

$$H_1 : \mu_j \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (J - 1)}{SSW / (n - J)} \quad \frac{RSS_{\text{res}}(GL_{\text{res}})}{RSS_{\text{res}}}$$

Modello generale	$Y_i = \mu + \Omega_{j(i)} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor 1) e (n-J) gradi di libertà con (J-

Devianza tra gruppi	SSB	12,1467
---------------------	------------	---------

Devianza entro gruppi	SSW	164,0691
-----------------------	------------	----------

Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL ₀ -GL	J - 1	3
Gradi di Libertà GL	n - J	102

Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F _{α}	3,980

Prob rifiutare H₀ quando è vera

$$F = 2,680703 \quad \text{p - value } 0,0508214$$

Ipotesi formulate

$$H_0 : \mu_j = \mu$$

$$H_1 : \mu_j \neq \mu$$

F _{α} -3,980 Accetto H₀ Rifiuto H₀ 3,980

Figura 55

Indicatori regolaz riscaldam Entro Aree dei piani

INDICI DI POSIZIONE	Ala centr Sx	Ala centr Dx	Ala centr davanti	Ala later davanti	Ala later dietro
Valore Minimo X_{MIN}	2,0000	0,0000	2,2200	2,2400	1,1900
Valore Massimo X_{MAX}	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
Mediana $\bar{X}_{0.5}$	3,3750	3,5000	3,3750	5,0000	3,3300
Media Campionaria \bar{X}	3,8043	3,1515	3,5250	4,5282	3,4617
Moda Statistica \bar{X}_M	3,0000	4,0000	#N/D	5,0000	5,0000

INDICI DI FORMA

Asimmetria β_3	0,1858	-0,7255	0,2277	-1,9166	-0,1928
Curtosi β_4	-1,5158	-0,3107	-1,7518	2,4559	-1,7285

INDICI DI VARIABILITA'

Varianza Campionaria S^2	0,9244	0,0000	1,1306	0,9189	2,1332
Deviazione Standard (e.s.) Campionaria S	0,9615	0,0000	1,0633	0,9586	1,4606
Coefficiente di Variazione $C.V.$	0,2527	0,0000	0,3016	0,2117	0,4219

Indicatori regolaz riscaldam Tra Aree dei piani

INDICI DI POSIZIONE				
Min	Max	Media	Mediana	Moda
0,0000	2,2400	1,5300	2,0000	#N/D
5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
3,3300	5,0000	3,7160	3,3750	3,3750
3,1515	4,5282	3,6942	3,5250	#N/D
#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D

INDICI DI FORMA	
Asimmetria	Curtosi
-1,3489	1,0040
#DIV/0!	#DIV/0!
2,1939	4,8413
1,1929	1,7626
#N/D	#N/D

INDICI DI VARIABILITA'	
Varianza	Deviazione Standard (e.s.)
0,7315	0,8553
0,0000	0,0000
0,4154	0,6445
0,2170	0,4658
#N/D	#N/D

-1,9166	0,2277	-0,4843	-0,1928	#N/D
-1,7518	2,4559	-0,5698	-1,5158	#N/D

-1,3507	1,4255
1,7125	2,6987

0,6301	0,7938
2,5704	1,6032

0,0000	2,1332	1,0214	0,9244	#N/D
0,0000	1,4606	0,8888	0,9615	#N/D
0,0000	0,4219	0,2376	0,2527	#N/D

0,2922	1,7972
-1,3628	2,9253
-0,7803	1,5719

0,4622	0,6799
0,2315	0,4811
0,0191	0,1382

Figura 56 Indicatori della regolazione dei riscaldamenti relativi alle aree dei piani

Variabilità della regolazione dei riscaldamenti rispetto alle aree dei piani

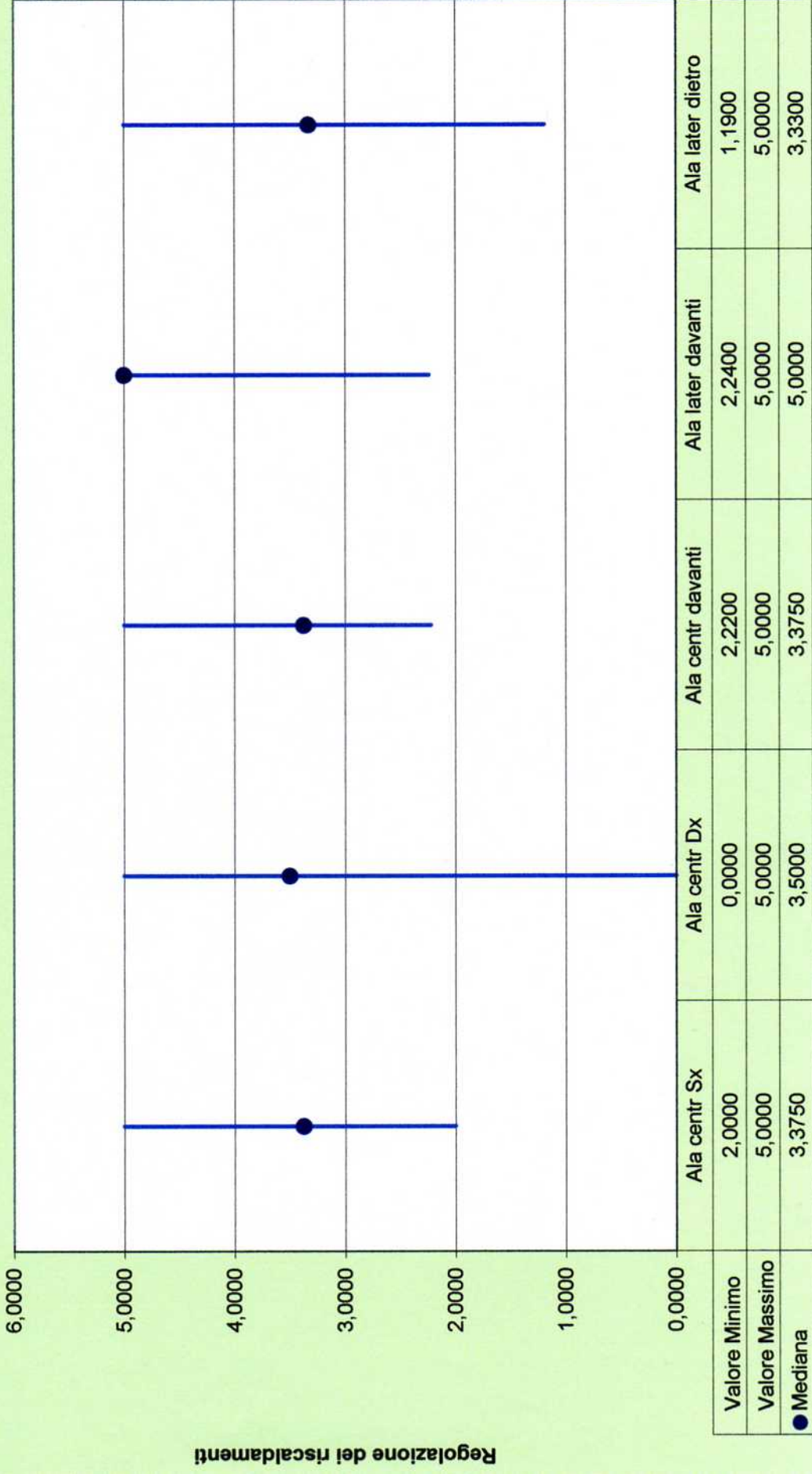


Figura 57

TEST DI UGUAGLIANZA DELLE MEDIE (ASSENZA DI EFFETTO DEL FATTORE R)

Variabile Risposta

Regolazione riscaldamento

Fattore A

AREE DEI PIANI

$$H_0: \mu_s = \mu \quad (\rho_s = 0)$$

$$H_1: \mu_s \neq \mu$$

V.C. Test effetto significativo fattore P

$$F = \frac{SSB / (S - 1)}{SSW / (n - S)} \quad \begin{matrix} (MS_{\text{tratt}}) / (MS_{\text{res}}) \\ \text{RSS/OL} \end{matrix}$$

Modello generale	$Y_i = \mu + \rho_{s[i]} + \epsilon_i$	RSS	GL = n - J
Modello RIDOTTO	$Y_i = \mu + 0 + \epsilon_i$	RSS ₀	GL ₀ = n - 1

Ha distribuzione F di Fischer-Snedecor (S-1) e (n-S) gradi di libertà con

Devianza tra gruppi	SSB	22,7747
Devianza entro gruppi	SSW	143,4311
Numerosità Campione	n	106
Gradi di Libertà GL _{y-GL}	S - 1	4
Gradi di Libertà GL	n - S	101
Livello Significat Test	α	0,020
t(α) Punto Critico	F $_{\alpha}$	3,511

$$F = 4,009319 \quad \text{p - value} \quad 0,0046406$$

Prob rifiutare H₀ quando è vera

Ipotesi formulate
 ipot Nulla $H_0: \mu_s = \mu$
 ipot Altern $H_1: \mu_s \neq \mu$

F $_{\alpha}$ -3,511
 Rifiuto H₀ Accetto H₀ Rifiuto H₀

Figura 59

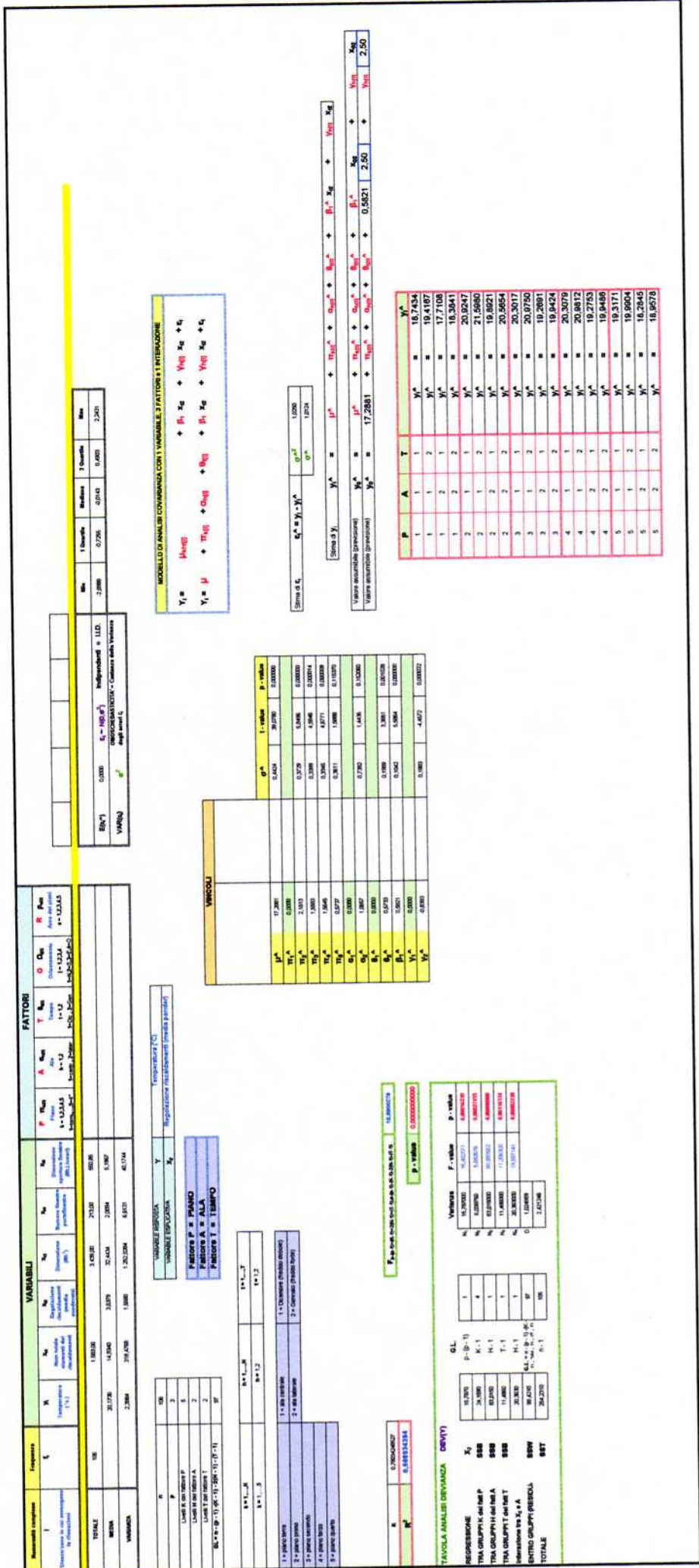


Figura 60 Modello di analisi della covarianza della regolazione dei riscaldamenti con tre fattori (= piano, ala, tempo) e una interazione tra la variabile e il fattore ala

$$\text{Stima di } y_i \quad y_i^{\wedge} = \mu^{\wedge} + \pi_{1i0}^{\wedge} + \alpha_{h0i}^{\wedge} + \theta_{0i}^{\wedge} + \beta_1^{\wedge} x_{i2} + y_{h0i} \quad x_{i2}$$

Valore assumibile (previsione)	y_0^{\wedge}	μ^{\wedge}	π_{1i0}^{\wedge}	α_{h0i}^{\wedge}	θ_{0i}^{\wedge}	β_1^{\wedge}	x_{i2}	y_{h0i}	x_{i2}
Valore assumibile (previsione)	y_0^{\wedge}	17,2881				0,5821	2,50		2,50

P	A	T	y_i^{\wedge}
1	1	1	18,7434
1	1	2	19,4167
1	2	1	17,7108
1	2	2	18,3841
2	1	1	20,9247
2	1	2	21,5980
2	2	1	19,8921
2	2	2	20,5654
3	1	1	20,3017
3	1	2	20,9750
3	2	1	19,2691
3	2	2	19,9424
4	1	1	20,3079
4	1	2	20,9812
4	2	1	19,2753
4	2	2	19,9486
5	1	1	19,3171
5	1	2	19,9904
5	2	1	18,2845
5	2	2	18,9578

Figura 60 Modello di analisi della covarianza della regolazione dei riscaldamenti con tre fattori (= piano, ala, tempo) e una interazione tra la variabile e il fattore ala

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_j = \mu_{k(h)(j)} + \beta_1 X_{12} + V_{h(j)} X_{12} + \epsilon_j$$

$$Y_j = \mu + \tau_{k(j)} + \alpha_{h(j)} + \theta_{h(j)} + \beta_1 X_{12} + V_{h(j)} X_{12} + \epsilon_j$$

Stima di ϵ_j	$\epsilon_j^A = Y_j - Y_j^A$	σ^A	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_j = Y_j^A = \mu^A + \tau_{k(j)}^A + \alpha_{h(j)}^A + \theta_{h(j)}^A + \beta_1^A X_{12} + Y_{h(j)} X_{12}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	$\tau_{k(j)}^A$	$\alpha_{h(j)}^A$	$\theta_{h(j)}^A$	β_1^A	X_{02}	$Y_{h(j)}$	X_{02}
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$\tau_{k(j)}^A$	$\alpha_{h(j)}^A$	$\theta_{h(j)}^A$	$\beta_1^A = 0,5821$	2,00	$Y_{h(j)}$	2,00

P	A	T	Y_j^A
1	1	1	18,4523
1	1	2	19,1256
1	2	1	17,8394
1	2	2	18,5127
2	1	1	20,6336
2	1	2	21,3069
2	2	1	20,0207
2	2	2	20,6940
3	1	1	20,0106
3	1	2	20,6839
3	2	1	19,3977
3	2	2	20,0710
4	1	1	20,0168
4	1	2	20,6901
4	2	1	19,4039
4	2	2	20,0772
5	1	1	19,0260
5	1	2	19,6993
5	2	1	18,4131
5	2	2	19,0864

Figura 61 Previsioni relative al valore assumibile dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti" $X_{02} = 2$

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{kont(i)} + \beta_1 X_{i2} + Y_{h(i)} X_{i2} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{k(i)} + \alpha_{h(i)} + \theta_{ij} + \beta_1 X_{i2} + Y_{h(i)} X_{i2} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^2	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i \quad Y_i^A = \mu^A + \tau_{1k(i)}^A + \alpha_{h(i)}^A + \theta_{ij}^A + \beta_1^A X_{i2} + Y_{h(i)} X_{i2}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	$+ \tau_{1k(i)}^A$	$+ \alpha_{h(i)}^A$	$+ \theta_{ij}^A$	$+ \beta_1^A X_{i2}$	$+ Y_{h(i)} X_{i2}$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{1k(i)}^A$	$+ \alpha_{h(i)}^A$	$+ \theta_{ij}^A$	$+ 0,5821 X_{i2}$	$+ Y_{h(i)} X_{i2}$
						$2,50$
						$2,50$

P	A	T	Y_i^A
1	1	1	$Y_1^A = 18,7434$
1	1	2	$Y_1^A = 19,4167$
1	2	1	$Y_1^A = 17,7108$
1	2	2	$Y_1^A = 18,3841$
2	1	1	$Y_1^A = 20,9247$
2	1	2	$Y_1^A = 21,5980$
2	2	1	$Y_1^A = 19,8921$
2	2	2	$Y_1^A = 20,5654$
3	1	1	$Y_1^A = 20,3017$
3	1	2	$Y_1^A = 20,9750$
3	2	1	$Y_1^A = 19,2691$
3	2	2	$Y_1^A = 19,9424$
4	1	1	$Y_1^A = 20,3079$
4	1	2	$Y_1^A = 20,9812$
4	2	1	$Y_1^A = 19,2753$
4	2	2	$Y_1^A = 19,9486$
5	1	1	$Y_1^A = 19,3171$
5	1	2	$Y_1^A = 19,9904$
5	2	1	$Y_1^A = 18,2845$
5	2	2	$Y_1^A = 18,9578$

Figura 62 Previsioni relative al valore assumibile dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti" $X_{02} = 2,5$

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{knt(i)} + \beta_1 X_{i2} + V_{nt(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{k(i)} + c_{nt(i)} + \theta_{nt(i)} + \beta_1 X_{i2} + V_{nt(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i^2	$\epsilon_i^2 = Y_i - Y_i^A$	σ^2	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{k(i)}^A + c_{nt(i)}^A + \theta_{nt(i)}^A + \beta_1^A X_{i2} + Y_{nt(i)}^A$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	$+ \tau_{k(i)}^A$	$+ c_{nt(i)}^A$	$+ \theta_{nt(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{i2}$	$+ Y_{nt(i)}^A$	X_{i2}	$Y_{nt(i)}$	X_{i2}
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{k(i)}^A$	$+ c_{nt(i)}^A$	$+ \theta_{nt(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{i2}$	$+ Y_{nt(i)}^A$	3,00	3,00	3,00

P	A	T	Y_i^A
1	1	1	19,0344
1	1	2	19,7077
1	2	1	17,5822
1	2	2	18,2555
2	1	1	21,2157
2	1	2	21,8890
2	2	1	19,7635
2	2	2	20,4368
3	1	1	20,5927
3	1	2	21,2660
3	2	1	19,1405
3	2	2	19,8138
4	1	1	20,5989
4	1	2	21,2722
4	2	1	19,1467
4	2	2	19,8200
5	1	1	19,6081
5	1	2	20,2814
5	2	1	18,1559
5	2	2	18,8292

Figura 63 Previsioni relative al valore assumibile dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti" $X_{02} = 3$

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{kht(i)} + \beta_1 X_{i2} + V_{ht(i)} X_{i2} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{k(i)} + c_{ht(i)} + \theta_{ht(i)} + \beta_1 X_{i2} + V_{ht(i)} X_{i2} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^\wedge = Y_i - Y_i^\wedge$	$\sigma^{\wedge 2}$	1,0250
		σ^\wedge	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i \quad Y_i^\wedge = \mu^\wedge + \tau_{k(i)^\wedge} + c_{ht(i)^\wedge} + \theta_{ht(i)^\wedge} + \beta_1^\wedge X_{i2} + Y_{ht(i)^\wedge} X_{i2}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^\wedge = \mu^\wedge$	$+ \tau_{k(i)^\wedge}$	$+ c_{ht(i)^\wedge}$	$+ \theta_{ht(i)^\wedge}$	$+ \beta_1^\wedge X_{i2}$	$+ Y_{ht(i)^\wedge} X_{i2}$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^\wedge = 17,2881$	$+ 17,2881$	$+ 0,5821$	$+ 0,5821$	$+ 0,5821$	$+ 3,50$
						$Y_{ht(i)^\wedge} X_{i2}$
						$3,50$
						$3,50$

P	A	T	Y_i^\wedge
1	1	1	19,3255
1	1	2	19,9988
1	2	1	17,4536
1	2	2	18,1269
2	1	1	21,5068
2	1	2	22,1801
2	2	1	19,6349
2	2	2	20,3082
3	1	1	20,8838
3	1	2	21,5571
3	2	1	19,0119
3	2	2	19,6852
4	1	1	20,8900
4	1	2	21,5633
4	2	1	19,0181
4	2	2	19,6914
5	1	1	19,8992
5	1	2	20,5725
5	2	1	18,0273
5	2	2	18,7006

Figura 64 Previsioni relative al valore assumibile dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti" $X_{02} = 3,5$

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{kht(i)} + \beta_1 X_{i2} + V_{ht(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{k(i)} + \alpha_{h(i)} + \beta_1 X_{i2} + V_{ht(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^2	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i \quad Y_i^A = \mu^A + \tau_{k(i)}^A + \alpha_{h(i)}^A + \beta_1^A X_{i2} + Y_{ht(i)}^A$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	$= 17,2881$	$+ \tau_{k(i)}^A$	$+ \alpha_{h(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{i2}$	$+ Y_{ht(i)}^A$	X_{i2}	$Y_{ht(i)}^A$	X_{i2}
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{k(i)}^A$	$+ \alpha_{h(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{i2}$	$+ 0,5821$	$+ 4,00$	$+ 4,00$	$+ 4,00$	$4,00$

P	A	T	Y_i^A
1	1	1	19,6165
1	1	2	20,2898
1	2	1	17,3250
1	2	2	17,9983
2	1	1	21,7978
2	1	2	22,4711
2	2	1	19,5063
2	2	2	20,1796
3	1	1	21,1748
3	1	2	21,8481
3	2	1	18,8833
3	2	2	19,5566
4	1	1	21,1810
4	1	2	21,8543
4	2	1	18,8895
4	2	2	19,5628
5	1	1	20,1902
5	1	2	20,8635
5	2	1	17,8987
5	2	2	18,5720

Figura 65 Previsioni relative al valore assumibile dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti" $X_{02} = 4$

**CONFRONTO TRA LE PREVISIONI RELATIVE AI VALORI ASSUMIBILI DALLA
VARIABILE "REGOLAZIONE DEI RISCALDAMENTI"**

P	A	T	X ₀₂						
			2	2,5	3	3,5	4		
1	1	1	Y ₀ ^A	18,4523	18,7434	19,0344	19,3255	19,6165	
1	1	2	Y ₀ ^A	19,1256	19,4167	19,7077	19,9988	20,2898	
1	2	1	Y ₀ ^A	17,8394	17,7108	17,5822	17,4536	17,3250	
1	2	2	Y ₀ ^A	18,5127	18,3841	18,2555	18,1269	17,9983	
2	1	1	Y ₀ ^A	20,6336	20,9247	21,2157	21,5068	21,7978	
2	1	2	Y ₀ ^A	21,3069	21,5980	21,8890	22,1801	22,4711	
2	2	1	Y ₀ ^A	20,0207	19,8921	19,7635	19,6349	19,5063	
2	2	2	Y ₀ ^A	20,6940	20,5654	20,4368	20,3082	20,1796	
3	1	1	Y ₀ ^A	20,0106	20,3017	20,5927	20,8838	21,1748	
3	1	2	Y ₀ ^A	20,6839	20,9750	21,2660	21,5571	21,8481	
3	2	1	Y ₀ ^A	19,3977	19,2691	19,1405	19,0119	18,8833	
3	2	2	Y ₀ ^A	20,0710	19,9424	19,8138	19,6852	19,5566	
4	1	1	Y ₀ ^A	20,0168	20,3079	20,5989	20,8900	21,1810	
4	1	2	Y ₀ ^A	20,6901	20,9812	21,2722	21,5633	21,8543	
4	2	1	Y ₀ ^A	19,4039	19,2753	19,1467	19,0181	18,8895	
4	2	2	Y ₀ ^A	20,0772	19,9486	19,8200	19,6914	19,5628	
5	1	1	Y ₀ ^A	19,0260	19,3171	19,6081	19,8992	20,1902	
5	1	2	Y ₀ ^A	19,6993	19,9904	20,2814	20,5725	20,8635	
5	2	1	Y ₀ ^A	18,4131	18,2845	18,1559	18,0273	17,8987	
5	2	2	Y ₀ ^A	19,0864	18,9578	18,8292	18,7006	18,5720	

MEDIA	MEDIA PON	DEV.STD	VAR
19,0344	19,1314	0,4602	0,2118
19,7077	19,8047	0,4602	0,2118
17,5822	17,5393	0,2033	0,0413
18,2555	18,2126	0,2033	0,0413
21,2157	21,3127	0,4602	0,2118
21,8890	21,9860	0,4602	0,2118
19,7635	19,7206	0,2033	0,0413
20,4368	20,3939	0,2033	0,0413
20,5927	20,6897	0,4602	0,2118
21,2660	21,3630	0,4602	0,2118
19,1405	19,0976	0,2033	0,0413
19,8138	19,7709	0,2033	0,0413
20,5989	20,6959	0,4602	0,2118
21,2722	21,3692	0,4602	0,2118
19,1467	19,1038	0,2033	0,0413
19,8200	19,7771	0,2033	0,0413
19,6081	19,7051	0,4602	0,2118
20,2814	20,3784	0,4602	0,2118
18,1559	18,1130	0,2033	0,0413
18,8292	18,7863	0,2033	0,0413

MEDIA	MEDIANA	DEV. STD	VARIANZA	ASIMMETRIA	CURTOSI
19,6581	19,8550	0,9279	0,8610	-0,2080	-0,6808
19,7393	19,9173	1,0211	1,0427	-0,1561	-0,5110
19,8205	19,7887	1,1476	1,3171	-0,1099	-0,5259
19,9017	19,7953	1,2978	1,6842	-0,0760	-0,6754
19,9817	19,9904	1,4642	2,1440	-0,0529	-0,8751

19,8205	19,8476	0,1284	0,0165
19,8508	19,8496	0,0583	0,0034
1,1717	1,2167	0,2146	0,0460
1,4098	1,5167	0,5145	0,2647
-0,1206	-0,1076	0,0624	0,0039
-0,6537	-0,6721	0,1474	0,0217

Figura 66 Confronto tra le previsioni relative al valore assumibile dalla variabile "regolazione dei riscaldamenti"

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{ijkl} + \beta_1 X_{i2} + Y_{ijl} X_{i2} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{ijl} + \alpha_{ijl} + \beta_1 X_{i2} + Y_{ijl} X_{i2} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	$\sigma^A, 2$	1,0260
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{ijl}^A + \alpha_{ijl}^A + \theta_{ijl}^A + \beta_1^A X_{i2} + Y_{ijl} X_{i2}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	$+ \tau_{ijl}^A$	$+ \alpha_{ijl}^A$	$+ \theta_{ijl}^A$	$+ \beta_1^A X_{i2}$	$+ Y_{ijl} X_{i2}$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{ijl}^A$	$+ \alpha_{ijl}^A$	$+ \theta_{ijl}^A$	$+ 0,5821 X_{i2}$	$+ Y_{ijl} X_{i2}$
						$3,00$
						$3,00$

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	19,0344
1	1	2	19,7077
1	2	1	17,5822
1	2	2	18,2555
2	1	1	21,2157
2	1	2	21,8890
2	2	1	19,7635
2	2	2	20,4368
3	1	1	20,5927
3	1	2	21,2660
3	2	1	19,1405
3	2	2	19,8138
4	1	1	20,5989
4	1	2	21,2722
4	2	1	19,1467
4	2	2	19,8200
5	1	1	19,6081
5	1	2	20,2814
5	2	1	18,1559
5	2	2	18,8292

Figura 67

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} + \beta_7 X_{i7} + \beta_8 X_{i8} + \beta_9 X_{i9} + \beta_{10} X_{i10} + \beta_{11} X_{i11} + \beta_{12} X_{i12} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{1j(i)} + \alpha_{1q(i)} + \theta_{1pq(i)} + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} + \beta_7 X_{i7} + \beta_8 X_{i8} + \beta_9 X_{i9} + \beta_{10} X_{i10} + \beta_{11} X_{i11} + \beta_{12} X_{i12} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\sigma^2 = 1,0260$
	$\sigma^A = 1,0124$

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{1j(i)}^A + \alpha_{1q(i)}^A + \theta_{1pq(i)}^A + \beta_1^A X_{i1} + \beta_2^A X_{i2} + \beta_3^A X_{i3} + \beta_4^A X_{i4} + \beta_5^A X_{i5} + \beta_6^A X_{i6} + \beta_7^A X_{i7} + \beta_8^A X_{i8} + \beta_9^A X_{i9} + \beta_{10}^A X_{i10} + \beta_{11}^A X_{i11} + \beta_{12}^A X_{i12}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A + \tau_{1j(i)}^A + \alpha_{1q(i)}^A + \theta_{1pq(i)}^A + \beta_1^A X_{i1} + \beta_2^A X_{i2} + \beta_3^A X_{i3} + \beta_4^A X_{i4} + \beta_5^A X_{i5} + \beta_6^A X_{i6} + \beta_7^A X_{i7} + \beta_8^A X_{i8} + \beta_9^A X_{i9} + \beta_{10}^A X_{i10} + \beta_{11}^A X_{i11} + \beta_{12}^A X_{i12}$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881 + 0,5821 + 2,25 + 0,5821 + 2,25 + 0,5821 + 2,25 + 0,5821 + 2,25 + 0,5821 + 2,25 + 0,5821 + 2,25$

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,5978
1	1	2	19,2711
1	2	1	17,7751
1	2	2	18,4484
2	1	1	20,7791
2	1	2	21,4524
2	2	1	19,9564
2	2	2	20,6297
3	1	1	20,1561
3	1	2	20,8294
3	2	1	19,3334
3	2	2	20,0067
4	1	1	20,1623
4	1	2	20,8356
4	2	1	19,3396
4	2	2	20,0129
5	1	1	19,1715
5	1	2	19,8448
5	2	1	18,3488
5	2	2	19,0221

Figura 68

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{h(ij)} + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \gamma_{h(ij)} X_{3i} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{h(ij)} + \alpha_{h(ij)} + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \gamma_{h(ij)} X_{3i} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^{ϵ^2}	1,0260
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i \quad Y_i^A = \mu^A + \tau_{h(ij)}^A + \alpha_{h(ij)}^A + \beta_1^A X_{1i} + \beta_2^A X_{2i} + \gamma_{h(ij)}^A X_{3i}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A + \tau_{h(ij)}^A + \alpha_{h(ij)}^A + \beta_1^A X_{1i} + \beta_2^A X_{2i} + \gamma_{h(ij)}^A X_{3i}$	Y_{0i}^A	X_{1i}	X_{2i}	X_{3i}
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881 + \tau_{h(ij)}^A + \alpha_{h(ij)}^A + \beta_1^A X_{1i} + \beta_2^A X_{2i} + \gamma_{h(ij)}^A X_{3i}$	0,5821	2,75	2,75	2,75

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,8889
1	1	2	19,5622
1	2	1	17,6465
1	2	2	18,3198
2	1	1	21,0702
2	1	2	21,7435
2	2	1	19,8278
2	2	2	20,5011
3	1	1	20,4472
3	1	2	21,1205
3	2	1	19,2048
3	2	2	19,8781
4	1	1	20,4534
4	1	2	21,1267
4	2	1	19,2110
4	2	2	19,8843
5	1	1	19,4626
5	1	2	20,1359
5	2	1	18,2202
5	2	2	18,8935

Figura 69

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{1(i)} + \alpha_{1(i)} + \alpha_{2(i)} + \tau_{1(i)}\alpha_{2(i)} + \beta_1 X_{2(i)} + \beta_2 X_{3(i)} + \beta_3 X_{1(i)}X_{2(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = y_i - y_i^A$	σ^A	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = y_i^A = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A \alpha_{2(i)}^A + \beta_1^A X_{2(i)} + \beta_2^A X_{3(i)} + \beta_3^A X_{1(i)}X_{2(i)}$$

Valore assumibile (previsione)	$y_0^A = \mu^A$	$+ \tau_{1(i)}^A$	$+ \alpha_{1(i)}^A$	$+ \alpha_{2(i)}^A$	$+ \tau_{1(i)}^A \alpha_{2(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{2(i)}$	$+ \beta_2^A X_{3(i)}$	$+ \beta_3^A X_{1(i)}X_{2(i)}$	$y_{0(i)}^A$
Valore assumibile (previsione)	$y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{1(i)}^A$	$+ \alpha_{1(i)}^A$	$+ \alpha_{2(i)}^A$	$+ \tau_{1(i)}^A \alpha_{2(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{2(i)}$	$+ \beta_2^A X_{3(i)}$	$+ \beta_3^A X_{1(i)}X_{2(i)}$	$y_{0(i)}^A$
									2,50
									2,50

P	A	T	y_0^A
1	1	1	18,7434
1	1	2	19,4167
1	2	1	17,7108
1	2	2	18,3841
2	1	1	20,9247
2	1	2	21,5980
2	2	1	19,8921
2	2	2	20,5654
3	1	1	20,3017
3	1	2	20,9750
3	2	1	19,2691
3	2	2	19,9424
4	1	1	20,3079
4	1	2	20,9812
4	2	1	19,2753
4	2	2	19,9486
5	1	1	19,3171
5	1	2	19,9904
5	2	1	18,2845
5	2	2	18,9578

Figura 70

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)} X_{2(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \pi_{1(i)} + \alpha_{1(i)} + \alpha_{2(i)} + \theta_{1(i)} + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)} X_{2(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^A	1,0260
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i \quad Y_i^A = \mu^A + \pi_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \theta_{1(i)}^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + \beta_4^A X_{1(i)} X_{2(i)}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A + \pi_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \theta_{1(i)}^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + \beta_4^A X_{1(i)} X_{2(i)}$	$Y_{1(i)}^A$	$X_{1(i)}^A$	$X_{2(i)}^A$	$X_{3(i)}^A$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$\pi_{1(i)}^A$	$\alpha_{1(i)}^A$	$\alpha_{2(i)}^A$	$\theta_{1(i)}^A$
					$0,5821$
					$1,75$

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,3068
1	1	2	18,9801
1	2	1	17,9037
1	2	2	18,5770
2	1	1	20,4881
2	1	2	21,1614
2	2	1	20,0850
2	2	2	20,7583
3	1	1	19,8651
3	1	2	20,5384
3	2	1	19,4620
3	2	2	20,1353
4	1	1	19,8713
4	1	2	20,5446
4	2	1	19,4682
4	2	2	20,1415
5	1	1	18,8805
5	1	2	19,5538
5	2	1	18,4774
5	2	2	19,1507

Figura 71

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{k(ij)} + \beta_1 X_{i2} + Y_{k(ij)} + X_{i2} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{k(ij)} + \alpha_{k(ij)} + \beta_1 X_{i2} + Y_{k(ij)} + X_{i2} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = y_i - Y_i^A$	σ^A	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{k(ij)}^A + \alpha_{k(ij)}^A + \theta_{k(ij)}^A + \beta_1^A X_{i2} + Y_{k(ij)}^A + X_{i2}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A + \tau_{k(ij)}^A + \alpha_{k(ij)}^A + \theta_{k(ij)}^A + \beta_1^A X_{i2} + Y_{k(ij)}^A + X_{i2}$	Y_{0i}^A	1,50
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881 + \tau_{k(ij)}^A + \alpha_{k(ij)}^A + \theta_{k(ij)}^A + 0,5821 X_{i2} + Y_{k(ij)}^A + X_{i2}$	Y_{0i}^A	1,50

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,1613
1	1	2	18,8346
1	2	1	17,9680
1	2	2	18,6413
2	1	1	20,3426
2	1	2	21,0159
2	2	1	20,1493
2	2	2	20,8226
3	1	1	19,7196
3	1	2	20,3929
3	2	1	19,5263
3	2	2	20,1996
4	1	1	19,7258
4	1	2	20,3991
4	2	1	19,5325
4	2	2	20,2058
5	1	1	18,7350
5	1	2	19,4083
5	2	1	18,5417
5	2	2	19,2150

Figura 72

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \beta_5 X_{1(i)}X_{3(i)} + \beta_6 X_{2(i)}X_{3(i)} + \beta_7 X_{1(i)}X_{2(i)}X_{3(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\sigma^2 = 1,0250$
	$\sigma = 1,0124$

$$\text{Stima di } Y_i = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + \tau_{3(i)}^A + \alpha_{12(i)}^A + \alpha_{13(i)}^A + \alpha_{23(i)}^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + Y_{ijk}^A$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A = 17,2881$	$+ \tau_{1(i)}^A = 0,5821$	$+ \tau_{2(i)}^A = 2,25$	$+ \tau_{3(i)}^A = 2,25$	$+ \alpha_{12(i)}^A = 0,5821$	$+ \alpha_{13(i)}^A = 2,25$	$+ \alpha_{23(i)}^A = 2,25$	$+ Y_{ijk}^A = 2,25$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{1(i)}^A = 0,5821$	$+ \tau_{2(i)}^A = 2,25$	$+ \tau_{3(i)}^A = 2,25$	$+ \alpha_{12(i)}^A = 0,5821$	$+ \alpha_{13(i)}^A = 2,25$	$+ \alpha_{23(i)}^A = 2,25$	$+ Y_{ijk}^A = 2,25$

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,5978
1	1	2	19,2711
1	2	1	17,7751
1	2	2	18,4484
2	1	1	20,7791
2	1	2	21,4524
2	2	1	19,9564
2	2	2	20,6297
3	1	1	20,1561
3	1	2	20,8294
3	2	1	19,3334
3	2	2	20,0067
4	1	1	20,1623
4	1	2	20,8356
4	2	1	19,3396
4	2	2	20,0129
5	1	1	19,1715
5	1	2	19,8448
5	2	1	18,3488
5	2	2	19,0221

Figura 73

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \beta_5 X_{1(i)}X_{3(i)} + \beta_6 X_{2(i)}X_{3(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{1(i)} + \alpha_{1(i)} + \alpha_{2(i)} + \tau_{1(i)}\alpha_{1(i)} + \tau_{1(i)}\alpha_{2(i)} + \tau_{2(i)} + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \beta_5 X_{1(i)}X_{3(i)} + \beta_6 X_{2(i)}X_{3(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^{ϵ^2}	1,0260
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{2(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + \epsilon_i^A$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{2(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + \epsilon_i^A$	$Y_{0(i)}^A$	$X_{1(i)}^A$	$X_{2(i)}^A$	$X_{3(i)}^A$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881 + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{2(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + 0,5821 X_{1(i)} + 2,00 X_{2(i)} + 2,00 X_{3(i)}$	$Y_{0(i)}^A$	$X_{1(i)}^A$	$X_{2(i)}^A$	$X_{3(i)}^A$

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,4523
1	1	2	19,1256
1	2	1	17,8394
1	2	2	18,5127
2	1	1	20,6336
2	1	2	21,3069
2	2	1	20,0207
2	2	2	20,6940
3	1	1	20,0106
3	1	2	20,6839
3	2	1	19,3977
3	2	2	20,0710
4	1	1	20,0168
4	1	2	20,6901
4	2	1	19,4039
4	2	2	20,0772
5	1	1	19,0260
5	1	2	19,6993
5	2	1	18,4131
5	2	2	19,0864

Figura 74

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \beta_5 X_{1(i)}X_{3(i)} + \beta_6 X_{2(i)}X_{3(i)} + \beta_7 X_{1(i)}X_{2(i)}X_{3(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{1(i)} + \alpha_{1(i)} + \alpha_{2(i)} + \tau_{1(i)}\alpha_{1(i)} + \tau_{1(i)}\alpha_{2(i)} + \tau_{2(i)} + \beta_1 X_{2(i)} + \beta_2 X_{3(i)} + \beta_3 X_{2(i)}X_{3(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = y_i - Y_i^A$	σ^A	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{2(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + \beta_1^A X_{2(i)} + \beta_2^A X_{3(i)} + \beta_3^A X_{2(i)}X_{3(i)} + Y_{1(i)}^A X_{2(i)} + Y_{2(i)}^A X_{3(i)}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{2(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + \beta_1^A X_{2(i)} + \beta_2^A X_{3(i)} + \beta_3^A X_{2(i)}X_{3(i)} + Y_{1(i)}^A X_{2(i)} + Y_{2(i)}^A X_{3(i)}$	$X_{2(i)}$	$X_{3(i)}$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881 + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \alpha_{2(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A\alpha_{2(i)}^A + \tau_{2(i)}^A + 0,5821 X_{2(i)} + 1,50 X_{3(i)}$	1,50	1,50

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,1613
1	1	2	18,8346
1	2	1	17,9680
1	2	2	18,6413
2	1	1	20,3426
2	1	2	21,0159
2	2	1	20,1493
2	2	2	20,8226
3	1	1	19,7196
3	1	2	20,3929
3	2	1	19,5263
3	2	2	20,1996
4	1	1	19,7258
4	1	2	20,3991
4	2	1	19,5325
4	2	2	20,2058
5	1	1	18,7350
5	1	2	19,4083
5	2	1	18,5417
5	2	2	19,2150

Figura 75

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \beta_5 X_{1(i)}X_{3(i)} + \beta_6 X_{2(i)}X_{3(i)} + \beta_7 X_{1(i)}X_{2(i)}X_{3(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^2	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + \beta_4^A X_{1(i)}X_{2(i)} + \beta_5^A X_{1(i)}X_{3(i)} + \beta_6^A X_{2(i)}X_{3(i)} + \beta_7^A X_{1(i)}X_{2(i)}X_{3(i)}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	β_1^A	β_2^A	β_3^A	β_4^A	β_5^A	β_6^A	β_7^A	X_{10}^A	X_{20}^A	X_{30}^A	Y_{10}^A	$X_{10}^A X_{20}^A X_{30}^A$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = 17,2881$	$\beta_1^A = 0,5821$	$\beta_2^A = 0,5821$	$\beta_3^A = 0,5821$	$\beta_4^A = 0,5821$	$\beta_5^A = 0,5821$	$\beta_6^A = 0,5821$	$\beta_7^A = 0,5821$	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,5978
1	1	2	19,2711
1	2	1	17,7751
1	2	2	18,4484
2	1	1	20,7791
2	1	2	21,4524
2	2	1	19,9564
2	2	2	20,6297
3	1	1	20,1561
3	1	2	20,8294
3	2	1	19,3334
3	2	2	20,0067
4	1	1	20,1623
4	1	2	20,8356
4	2	1	19,3396
4	2	2	20,0129
5	1	1	19,1715
5	1	2	19,8448
5	2	1	18,3488
5	2	2	19,0221

Figura 77

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu_{ijk(i)} + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + Y_{ij(i)} X_{3i} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{ijk(i)} + \alpha_{1i(i)} + \alpha_{2i(i)} + Y_{ij(i)} X_{3i} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = y_i - y_i^A$	σ^A	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = y_i^A = \mu^A + \tau_{ijk(i)}^A + \alpha_{1i(i)}^A + \alpha_{2i(i)}^A + \theta_{ijk(i)}^A + \beta_1^A X_{1i} + \beta_2^A X_{2i} + Y_{ij(i)}^A X_{3i}$$

Valore assumibile (previsione)	$y_0^A = \mu^A$	$+ \tau_{ijk(i)}^A$	$+ \alpha_{1i(i)}^A$	$+ \alpha_{2i(i)}^A$	$+ \theta_{ijk(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{1i}$	$+ \beta_2^A X_{2i}$	$+ Y_{ij(i)}^A X_{3i}$
Valore assumibile (previsione)	$y_0^A = 17,2881$	$+ \tau_{ijk(i)}^A$	$+ \alpha_{1i(i)}^A$	$+ \alpha_{2i(i)}^A$	$+ \theta_{ijk(i)}^A$	$+ \beta_1^A X_{1i}$	$+ \beta_2^A X_{2i}$	$+ Y_{ij(i)}^A X_{3i}$
							0,5821	2,00
								2,00

P	A	T	y_0^A
1	1	1	18,4523
1	1	2	19,1256
1	2	1	17,8394
1	2	2	18,5127
2	1	1	20,6336
2	1	2	21,3069
2	2	1	20,0207
2	2	2	20,6940
3	1	1	20,0106
3	1	2	20,6839
3	2	1	19,3977
3	2	2	20,0710
4	1	1	20,0168
4	1	2	20,6901
4	2	1	19,4039
4	2	2	20,0772
5	1	1	19,0260
5	1	2	19,6993
5	2	1	18,4131
5	2	2	19,0864

Figura 78

MODELLO DI ANALISI COVARIANZA CON 1 VARIABILE, 3 FATTORI e 1 INTERAZIONE

$$Y_i = \mu + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \epsilon_i$$

$$Y_i = \mu + \tau_{1(i)} + \alpha_{1(i)} + \tau_{1(i)}\alpha_{1(i)} + \beta_1 X_{1(i)} + \beta_2 X_{2(i)} + \beta_3 X_{3(i)} + \beta_4 X_{1(i)}X_{2(i)} + \epsilon_i$$

Stima di ϵ_i	$\epsilon_i^A = Y_i - Y_i^A$	σ^A	1,0250
		σ^A	1,0124

$$\text{Stima di } Y_i = Y_i^A = \mu^A + \tau_{1(i)}^A + \alpha_{1(i)}^A + \tau_{1(i)}^A \alpha_{1(i)}^A + \beta_1^A X_{1(i)} + \beta_2^A X_{2(i)} + \beta_3^A X_{3(i)} + \beta_4^A X_{1(i)}X_{2(i)}$$

Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	μ^A	17,2881	$\tau_{1(i)}^A$	$\alpha_{1(i)}^A$	$\tau_{1(i)}^A \alpha_{1(i)}^A$	β_1^A	β_2^A	β_3^A	β_4^A	$X_{1(i)}$	$X_{2(i)}$	$X_{3(i)}$	$X_{1(i)}X_{2(i)}$	$Y_{(i)}^A$	$Y_{(i)}$	$X_{3(i)}$	$X_{3(i)}$
Valore assumibile (previsione)	$Y_0^A = \mu^A$	μ^A	17,2881	$\tau_{1(i)}^A$	$\alpha_{1(i)}^A$	$\tau_{1(i)}^A \alpha_{1(i)}^A$	β_1^A	β_2^A	β_3^A	β_4^A	$X_{1(i)}$	$X_{2(i)}$	$X_{3(i)}$	$X_{1(i)}X_{2(i)}$	$Y_{(i)}^A$	$Y_{(i)}$	$X_{3(i)}$	$X_{3(i)}$

P	A	T	Y_0^A
1	1	1	18,4523
1	1	2	19,1256
1	2	1	17,8394
1	2	2	18,5127
2	1	1	20,6336
2	1	2	21,3069
2	2	1	20,0207
2	2	2	20,6940
3	1	1	20,0106
3	1	2	20,6839
3	2	1	19,3977
3	2	2	20,0710
4	1	1	20,0168
4	1	2	20,6901
4	2	1	19,4039
4	2	2	20,0772
5	1	1	19,0260
5	1	2	19,6993
5	2	1	18,4131
5	2	2	19,0864

Figura 79