



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



Ricerca di Sistema elettrico

Validazione del modello di analisi dei trend di sviluppo della maturità nella gestione energetica e degli indicatori di efficienza energetica

Introna V., Cesarotti V., Santolamazza A.



Report RdS/PTR2020/091

VALIDAZIONE DEL MODELLO DI ANALISI DEI TRENDS DI SVILUPPO DELLA MATURITÀ NELLA GESTIONE ENERGETICA E DEGLI INDICATORI DI EFFICIENZA ENERGETICA

Introna V., Cesarotti V., Santolamazza A.
(UNIROMA2)

Aprile 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo : N.1 - Tecnologie

Progetto: 1.6 – Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

Work package: – Definizione di best practices e di indicatori di performance per interventi di efficienza energetica

Linea di attività: LA4.5 - Validazione del modello di analisi dei trends di sviluppo della maturità nella gestione energetica e degli indicatori di efficienza energetica

Responsabile del Progetto: Miriam Benedetti, ENEA

Responsabile del Work package: Fabrizio Martini, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Analisi dei trends di sviluppo della maturità nella gestione energetica e degli indicatori di efficienza energetica nelle aziende soggette all'obbligo di analisi*"

Responsabile scientifico ENEA: Claudia Toro

Responsabile scientifico: Vito Introna

Si ringraziano le associazioni di categoria che hanno partecipato ai tavoli di lavoro ENEA, in particolare relativamente all'attività riportata in questa pubblicazione: ASSOVETRO e FEDERBETON

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 VALIDAZIONE DEL MODELLO DI ANALISI DEL TREND DI SVILUPPO DELLA MATURITÀ NELLA GESTIONE ENERGETICA E ANALISI DI UN PRIMO CAMPIONE.....	6
2.1 INTRODUZIONE.....	6
2.2 ATTIVITÀ DI SUPPORTO ALLA VALIDAZIONE DELLO STRUMENTO.....	8
2.3 ANALISI DI UN PRIMO CAMPIONE DI AZIENDE SOTTOPOSTE ALL'OBBLIGO LEGISLATIVO.....	9
2.3.1 <i>Analisi del campione esteso</i>	9
2.3.2 <i>Analisi del campione ridotto</i>	14
2.4 CONCLUSIONI DEL CAPITOLO.....	20
3 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DI UN PRIMO CAMPIONE DI AZIENDE.....	21
3.1 INTRODUZIONE.....	21
3.2 ANALISI DI UN PRIMO CAMPIONE DI AZIENDE SOTTOPOSTE ALL'OBBLIGO LEGISLATIVO.....	22
3.2.1 <i>Analisi indicatori di primo livello</i>	23
3.2.2 <i>Analisi indicatori di secondo livello – Energia elettrica</i>	25
3.2.3 <i>Analisi indicatori di secondo livello – Energia termica</i>	27
3.3 CONCLUSIONI DEL CAPITOLO.....	29
4 PRIMA VERIFICA DELLA CORRELAZIONE TRA BUONE PRATICHE SVILUPPATE E MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE CONSEGUITE SU UN CAMPIONE DI AZIENDE.....	30
4.1 INTRODUZIONE.....	30
4.2 ANALISI DI UN PRIMO CAMPIONE DI AZIENDE SOTTOPOSTE ALL'OBBLIGO LEGISLATIVO.....	30
4.3 ANALISI DI CORRELAZIONE TRA LO SCOSTAMENTO PERCENTUALE DELL'INDICE DI MATURITÀ ED IL VALORE INIZIALE DEL LIVELLO DI MATURITÀ.....	32
4.4 CONCLUSIONI DEL CAPITOLO.....	33
5 CONCLUSIONI.....	35
6 BREVE CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO.....	36
7 ALLEGATO 1 – TEMPLATE PRELIMINARE DEL RAPPORTO FINALE DEL QUESTIONARIO.....	37

Sommario

Il gruppo di lavoro ha concentrato la sua attenzione sulla validazione delle metodologie e degli strumenti sviluppati nel precedente anno di progetto.

Durante questa annualità del progetto, il modello di assessment della maturità sviluppato il precedente anno è stato prima di tutto validato attraverso l'incontro con aziende di diverse associazioni di categoria. I risultati dell'analisi condotta su un primo campione di aziende hanno confermato le capacità del modello di discriminare realtà differenti in termini di maturità e di individuare gli ambiti nel quale il miglioramento è avvenuto.

È stata condotta un'analisi della variazione del livello di maturità a seguito dell'entrata in vigore dell'obbligo legislativo di diagnosi energetica secondo il D.lgs. 102, attraverso l'erogazione del modello di maturità sviluppato nella precedente annualità del progetto.

È stato analizzato un primo campione di aziende. Dall'analisi dei risultati è emerso che mediamente le aziende interessate all'obbligo hanno aumentato la loro maturità nella gestione dell'energia di quasi un livello.

Si è osservato, inoltre, che i miglioramenti più grandi sono stati ottenuti da aziende che partivano da un livello di maturità elementare all'insorgere dell'obbligo.

È stata poi analizzata la variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica in un campione di aziende soggette all'obbligo di diagnosi, di cui erano disponibili i dati di prestazione energetica per gli anni 2015 e 2019.

L'analisi è stata condotta attraverso l'utilizzo di strumenti statistici, sia grafici che analitici.

In particolare, sono stati analizzati i seguenti scostamenti:

- Scostamento degli indicatori di livello A
- Scostamento degli indicatori di livello B – Energia elettrica
- Scostamento degli indicatori di livello A – Energia termica

Attraverso l'utilizzo del test t per dati appaiati non è emerso un significativo cambiamento tra le prestazioni presentate nel 2015 e quelle presentate nel 2019 dalle aziende appartenenti al campione analizzato.

Questo risultato risulta spiegabile anche dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica che per loro definizione possono risentire di fattori esterni che saranno oggetto di indagini supplementari così come previsto per il prossimo anno del progetto.

Infine, è stata svolta un'analisi della correlazione tra la variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette all'obbligo di diagnosi e la variazione percentuale del loro livello di maturità analizzato attraverso l'erogazione del questionario. È stato valutato un primo campione di siti, di cui erano disponibili i dati di prestazione energetica per gli anni 2015 e 2019 e i dati relativi al livello di maturità in entrambe le situazioni attraverso l'utilizzo dello strumento della regressione.

È stata condotta anche un'analisi supplementare per valutare la correlazione tra la variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette all'obbligo di diagnosi e la situazione iniziale del loro livello di maturità. Attraverso l'utilizzo dello strumento della regressione statistica è emerso che è possibile relazionare le due variabili con una significatività del 0,05.

Nel prossimo anno le analisi effettuate saranno estese a un campione più grande per valutare ulteriormente tutti questi aspetti.

Introduzione

In sinergia con le attività svolte da ENEA nell'analisi delle risultanze delle diagnosi energetiche prodotte dalle imprese secondo l'obbligo legislativo definito dal D.Lgs. 102/2014, il gruppo di lavoro ha concentrato la sua attenzione nella valutazione e il confronto delle performance energetiche e più in generale della diffusione dell'attenzione all'efficienza energetica a valle dell'entrata in vigore dell'obbligo legislativo.

Le attività previste nel secondo anno sono state indirizzate alla validazione e la prima applicazione degli strumenti messi a punto per valutare la diffusione di buone pratiche nella gestione dell'energia e l'evoluzione degli indici di prestazione energetica di livello A e B per un primo campione di aziende.

In particolare, sono state previste le seguenti attività specifiche:

- Individuazione di un primo campione di aziende da utilizzare per la validazione della metodologia sviluppata
- L'erogazione del questionario ad un primo campione di aziende definito in collaborazione con ENEA
- Lo sviluppo, in collaborazione con ENEA, del questionario di assessment in versione online, in maniera tale da promuovere l'utilizzo dello strumento e la raccolta di feedback
- Validazione dello strumento Modello di maturità tramite condivisione e raccolta feedback con aziende
- Valutazione dell'evoluzione del livello di maturità per un campione significativo di aziende attraverso gli strumenti di analisi definiti durante l'annualità precedente
- Valutazione dell'evoluzione degli indici di prestazione di livello A e B per un campione significativo di aziende attraverso gli strumenti di analisi definiti durante l'annualità precedente
- Valutazione, per un campione significativo, della correlazione tra la variazione degli indici di prestazione di livello A e B e lo sviluppo di buone pratiche per l'azienda allo scopo di confermare l'effetto positivo delle misure adottate.
- Validazione degli strumenti statistici definiti nell'anno precedente per l'analisi delle variazioni e correlazioni riguardanti gli indicatori di prestazione energetica.

1 Validazione del modello di analisi del trend di sviluppo della maturità nella gestione energetica e analisi di un primo campione

1.1 Introduzione

Durante il secondo anno del progetto il modello di assessment della maturità nella gestione del consumo energetico delle aziende sviluppato nella precedente annualità è stato consolidato e validato attraverso la sua erogazione ad un gruppo significativo di aziende.

Il modello definito è sviluppato attraverso un questionario di 48 domande e presenta 5 livelli e 6 dimensioni di maturità.

I livelli sono i seguenti:

1. Elementare – L'organizzazione è disinteressata alla questione dei consumi energetici
2. Occasionale – L'organizzazione manifesta un primo interesse alla questione dei consumi energetici, ma il coinvolgimento nell'azienda è estremamente limitato.
3. Progettuale – L'organizzazione comincia a sviluppare la propria strategia individuando specifici obiettivi in relazione alla riduzione dei costi energetici. Strumento tipico di questa fase è la diagnosi energetica.
4. Gestionale – La crescita della maturità dell'azienda la porta alla realizzazione che per poter avanzare ulteriormente nella riduzione dei consumi è necessario cambiare l'approccio utilizzato. L'azienda si orienta dunque, in maniera più o meno consapevole, verso lo sviluppo di un vero e proprio Sistema di Gestione dell'Energia.
5. Ottimizzato – Il Sistema di Gestione dell'Energia dell'organizzazione è consolidato e continuamente ottimizzato secondo l'approccio al miglioramento continuo.

Le dimensioni sono le seguenti (**Figura 1**):

1. Approccio strategico – Fondamentale per assicurare il successo dello sviluppo di sistemi di gestione dell'energia è il sostegno da parte dell'alta direzione e questa prima dimensione rappresenta questo aspetto.
2. Consapevolezza, conoscenza e competenza – L'aspetto umano ha una valenza basilare nella gestione aziendale. Le conoscenze e competenze possedute dalle risorse dell'azienda sono fondamentali per permettere all'azienda stessa di crescere e raggiungere gli obiettivi di miglioramento che si pone di volta in volta.
3. Approccio metodologico – Questa dimensione riguarda la definizione dell'approccio utilizzato per affrontare la questione della gestione dell'energia e della riduzione dei consumi energetici.
4. Struttura Organizzativa – Questa dimensione riguarda le relazioni interne all'organizzazione necessarie a sviluppare la gestione dell'energia e come sono definiti e coordinati i compiti assegnati nell'impresa.
5. Gestione delle prestazioni energetiche e Sistema Informativo – Un elemento fondamentale è costituito dal sistema per la raccolta, l'analisi ed il reporting di tutti i dati relativi alle prestazioni energetiche dell'organizzazione che supportano la Gestione dell'Energia.
6. Best practices – Questa dimensione riguarda la standardizzazione ed ottimizzazione delle attività e dei processi che hanno un impatto sulle prestazioni energetiche dell'organizzazione.

Dimensioni di maturità



Figura 1. Dimensioni di maturità del modello

Tabella 1. Sintesi del modello definito nell'annualità precedente

DIMENSIONI DI MATURITÀ						
	Approccio strategico	Consapevolezza, competenza, conoscenza	Approccio metodologico	Struttura organizzativa	Gestione prestazioni energetiche e Sistemi Informativi	Best practices
5	Ottimizzato, indirizzato al miglioramento continuo	Ottimizzata, formazione continua del personale	Ottimizzata ed in uso	Ottimizzata ed in uso	Ottimizzata ed in uso	Ottimizzata, in continuo aggiornamento
4	Completo Allineamento strategico dell'organizzazione	Il personale ha tutte le competenze e conoscenze necessarie a sostenere un sistema di gestione dell'energia	Sistema di Gestione dell'Energia in uso	Perfezionata, stabilizzata e in uso	Perfezionata, stabilizzata ed in uso	Ricerca sistematica, standardizzazione delle buone pratiche per tutte le attività di impatto sulle prestazioni energetiche
3	Significativo avanzamento (obiettivi e condivisione)	Significativo avanzamento	Approccio per progetti (attraverso diagnosi energetiche)	Organizzazione per progetti	Standardizzata e in uso	Diffusione di buone pratiche a partire dalle risultanze delle diagnosi energetiche
2	Definizione della politica e sensibilizzazione	Base	Individuazione occasionale degli interventi di riduzione dei consumi	Nomina del responsabile per l'energia	Base	Attenzione alle buone pratiche negli acquisti
1	Inesistente	Dispersa	Inesistente	Dispersa (Inesistente)	Inesistente	Inesistente

In **Tabella 1** è presentata una rappresentazione sintetica del modello di assessment che mostra come le diverse dimensioni di maturità sono declinate al crescere dei livelli.

Le 48 domande presentano un numero differente di risposte possibili:

- I livelli 2-4 presentano 4 possibili risposte
- Il livello 5 presenta 2 possibili risposte

Ogni domanda prevede due risposte: la prima rappresentativa della situazione precedente alla conduzione della diagnosi energetica del 2015, la seconda rappresentativa della situazione successiva alla conduzione della diagnosi energetica del 2019.

La presentazione dei risultati dell'assessment avviene attraverso i seguenti strumenti:

- Indicatore sintetico di maturità
- Il grado di copertura dei diversi livelli
- Lo sviluppo delle dimensioni della maturità

1.2 Attività di supporto alla validazione dello strumento proposto

Al fine di validare lo strumento proposto, il questionario è stato condiviso è stato presentato alle aziende in diversi incontri avuti con le associazioni di categoria del vetro Assovetro e del cemento Federbeton per riceverne un feedback.

A valle di questi incontri il riscontro ottenuto è stato positivo. Le aziende che hanno svolto il questionario, infatti, non hanno indicato difficoltà nell'interpretazione delle domande né nella generale comprensione dello strumento e si sono dimostrate interessate alle potenzialità di questo tipo di analisi.

L'attendibilità del questionario è stata anche verificata tramite un'analisi condotta con un paio di aziende ben conosciute dal gruppo di ricerca. Lasciando prima che l'azienda rispondesse in autonomia alle domande e poi permettendo agli esperti di verificare l'adeguatezza delle risposte fornite e del risultato ottenuto è stato possibile verificare la capacità dello strumento di cogliere le variazioni subite dalle aziende negli anni e di identificarne la causa, andando anche a sottolineare ambiti più deboli nella gestione dell'energia nell'azienda, punto giudicato di interesse dalle aziende stesse.

Di seguito vengono poi approfonditi i risultati dell'analisi condotta attraverso l'erogazione del questionario ad un primo campione di aziende per evidenziare la conferma delle capacità del modello di discriminare realtà differenti in termini di maturità, di individuare gli ambiti nel quale il miglioramento è avvenuto.

1.3 Attività di supporto alla pubblicazione online dello strumento

Al fine di promuovere la diffusione dello strumento e poter raggiungere un numero maggiore di aziende, attività resa ancor più complessa a causa della pandemia, il gruppo di ricerca ha svolto un'attività di supporto a ENEA nello sviluppo del portale web destinato all'erogazione online del questionario di assessment della maturità.

Il questionario di assessment della maturità nella gestione energetica delle aziende è infatti ora disponibile online sul portale Audit 102 (<https://audit102.enea.it/>).

In particolare, sono state condotte le seguenti attività fondamentali per il raggiungimento di questo obiettivo:

- Revisione delle domande del questionario
- Revisione degli strumenti grafici a supporto della comprensione della valutazione
- Impostazione di un algoritmo per la pubblicazione diretta di un report di analisi dei risultati al fine di fornire immediatamente una valutazione alle aziende interessate all'analisi (in Allegato è riportato il template fornito a supporto dell'attività)
- Definizione dei testi utilizzati all'interno dell'algoritmo

- Popolamento del database di domande sul portale
- Coordinazione con ENEA per la definizione finale del template del report automatico
- Testing e validazione dello strumento online

1.4 Analisi di un primo campione di aziende sottoposte all'obbligo legislativo

1.4.1 Analisi del campione esteso

Il gruppo di ricerca ha quindi potuto analizzare le risultanze dell'applicazione del modello di maturità per valutare l'evoluzione della gestione dei consumi energetici nelle aziende sottoposte all'obbligo legislativo di diagnosi energetica.

Il campione analizzato comprende 36 siti di diversi settori.

Si rende noto che alcuni dei siti sono appartenenti alla stessa impresa e la gestione dell'energia in questi risulta quindi simile.

Successivamente il campione verrà ridimensionato per permetterne il confronto anche in termini di prestazioni energetiche. Purtroppo, non è stato possibile mantenere tutti i siti analizzati perché per alcuni di essi non c'era possibilità di confrontare gli indicatori prestazionali di livello A e B (la causa più diffusa è stata la mancanza totale o parziale di informazioni relative alla prima erogazione della diagnosi secondo D. Lgs. 102 o differenze nelle unità di misura utilizzate per la descrizione della destinazione d'uso nelle due diagnosi).

In **Figura 2** è riportata la rappresentazione del confronto dei livelli di maturità all'epoca della prima diagnosi e ora, a valle della seconda scadenza dell'obbligo legislativo.

Come si può osservare, la maggior parte delle aziende analizzate hanno riscontrato dei miglioramenti. Un numero limitato di esse invece non ha riscontrato mutamenti nella sua gestione dei consumi energetici.

Confronto livello di maturità dopo l'obbligo

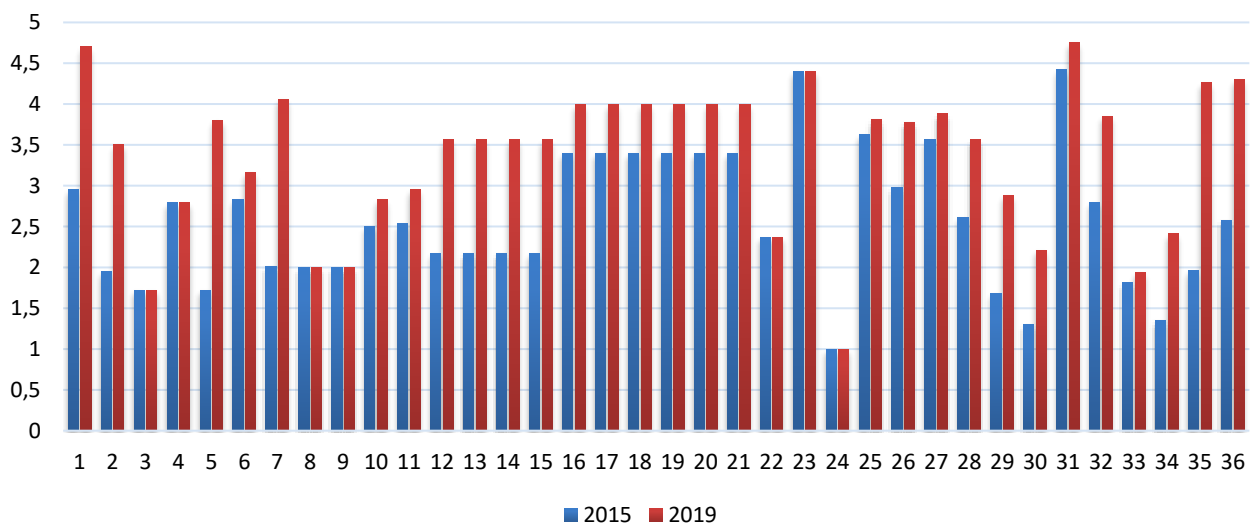


Figura 2. Rappresentazione dei livelli di maturità all'epoca della prima diagnosi energetica e ora

In **Figura 3** e **Figura 4** sono riportate le rappresentazioni della distribuzione della variazione riscontrata nel campione analizzato. Le aziende del campione hanno presentato una crescita media pari a 0,79 (con una deviazione standard di 0,68).

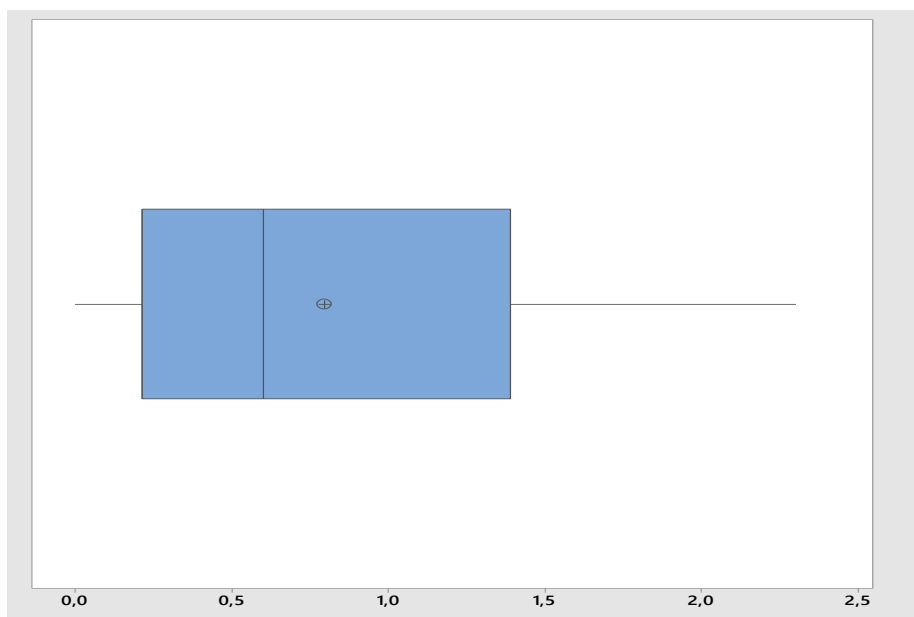


Figura 3. Rappresentazione della distribuzione dei valori di differenza tra le due situazioni (Box-plot)

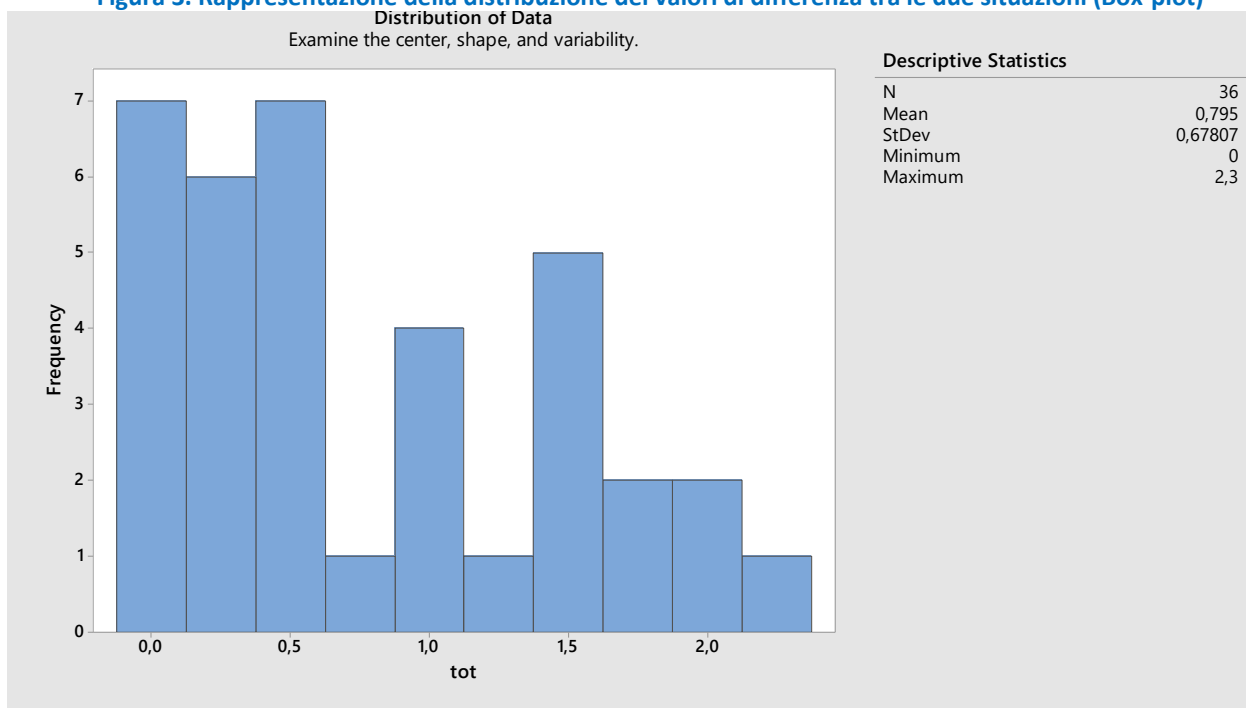


Figura 4. Rappresentazione della distribuzione dei valori di differenza tra le due situazioni (istogramma)

Di seguito vengono riportate le variazioni delle singole dimensioni di maturità.

Approccio metodologico

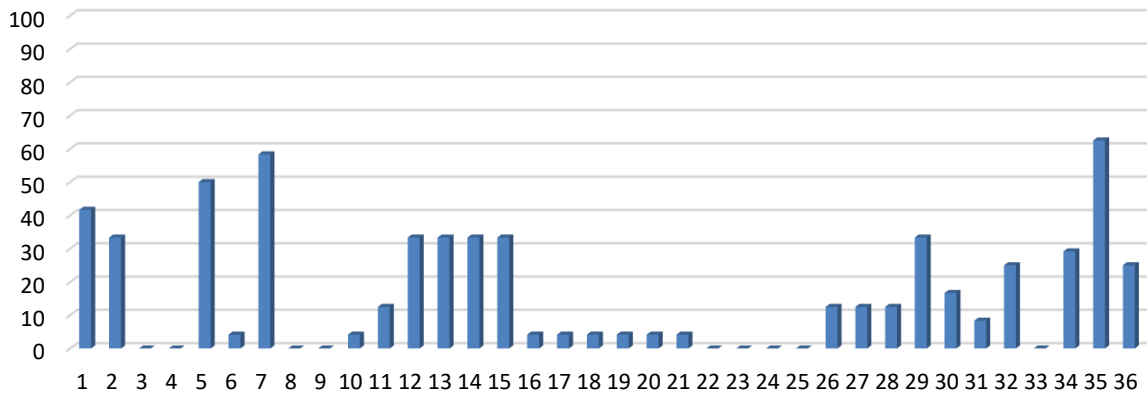


Figura 5. Rappresentazione della variazione della dimensione "Approccio metodologico" nel campione

Approccio strategico

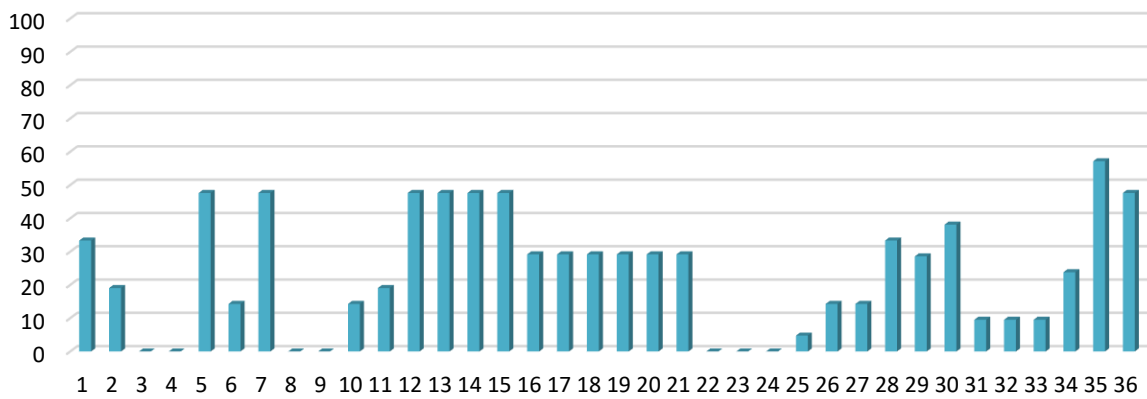


Figura 6. Rappresentazione della variazione della dimensione "Approccio strategico" nel campione

Best Practices

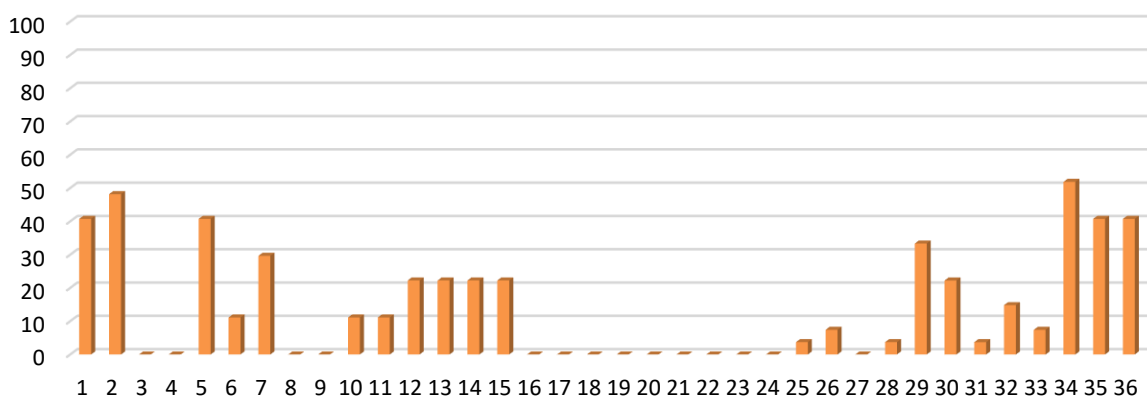


Figura 7. Rappresentazione della variazione della dimensione "Best Practices" nel campione

Consapevolezza Competenza Conoscenza

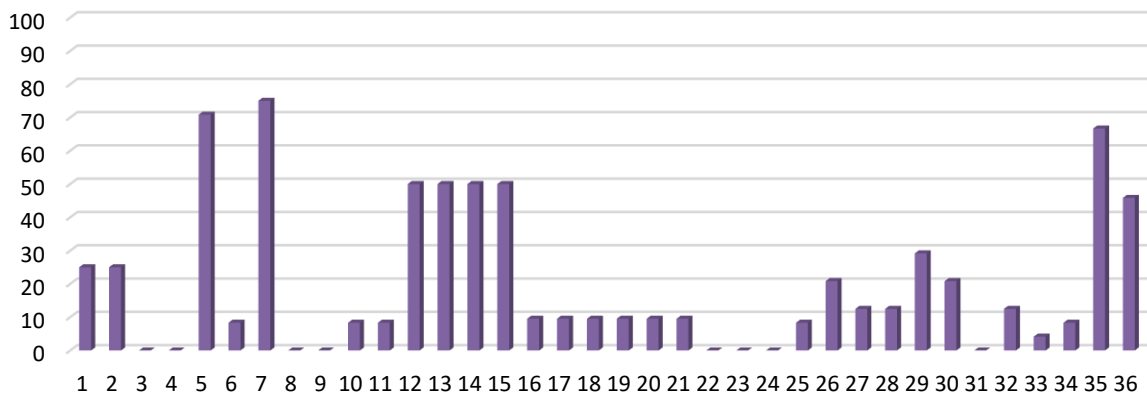


Figura 8. Rappresentazione della variazione della dimensione “Consapevolezza competenza conoscenza” nel campione

Gestione prestazione energetica e Sistemi Informativi

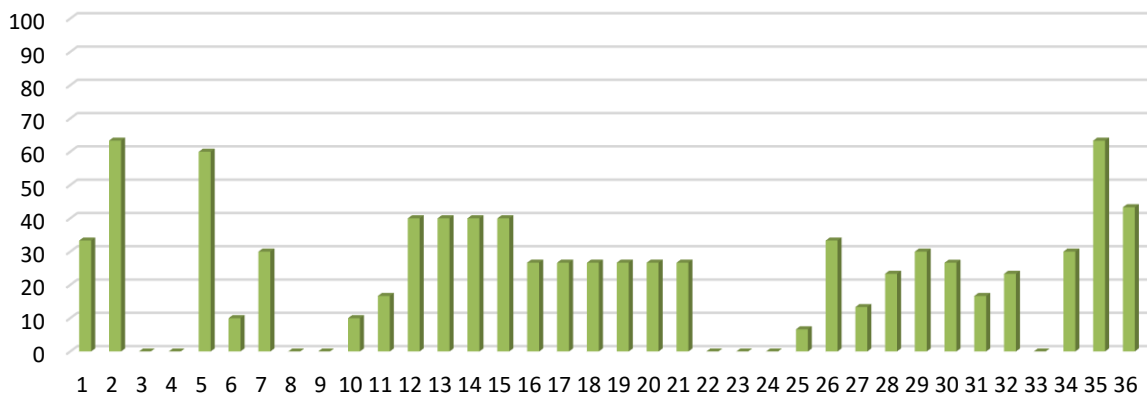


Figura 9. Rappresentazione della variazione della dimensione “Gestione prestazione energetica e Sistemi informativi” nel campione

Struttura organizzativa

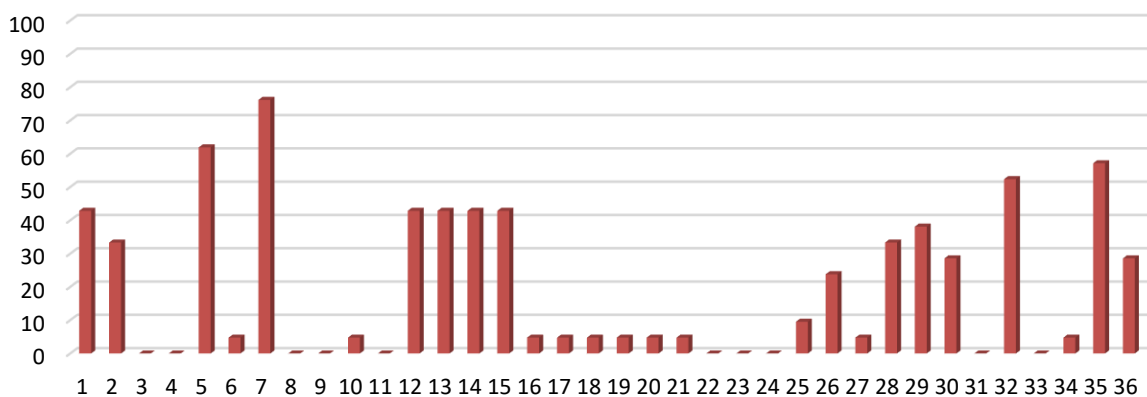


Figura 10. Rappresentazione della variazione della dimensione “Struttura organizzativa” nel campione

Dall’osservazione delle variazioni delle dimensioni nel campione (Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10) è possibile notare come le dimensioni relative alla “Gestione prestazione energetica e Sistemi

informativi” e all’”Approccio Strategico” sono le dimensioni che hanno riscontrato un più ampio intervento nel campione.

La dimensione “Consapevolezza competenza conoscenza” è quella che invece presenta i miglioramenti singoli più marcati.

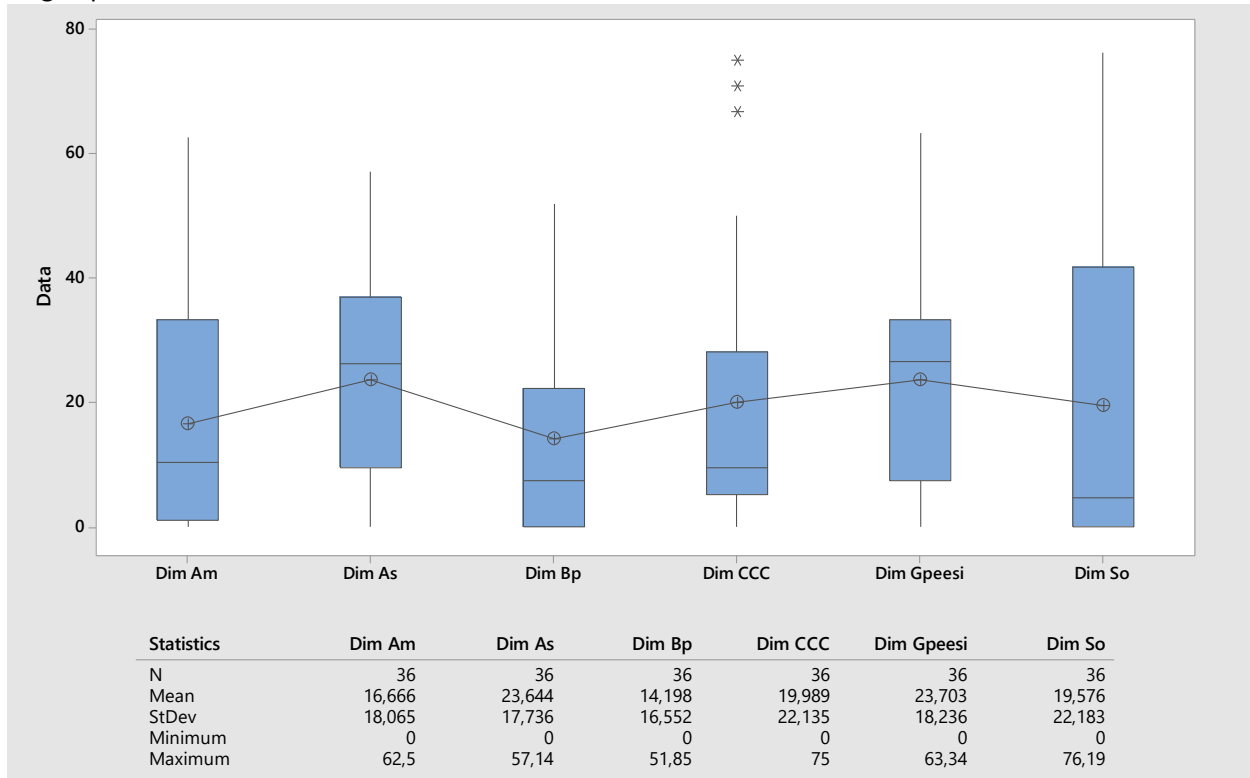


Figura 11. Analisi statistica delle variazioni delle dimensioni del campione

In **Figura 11** viene analizzata la distribuzione statistica delle variazioni relative alle dimensioni del campione ridotto.

Si osserva che mediamente tutte le dimensioni sono aumentate del 20% circa nella loro copertura.

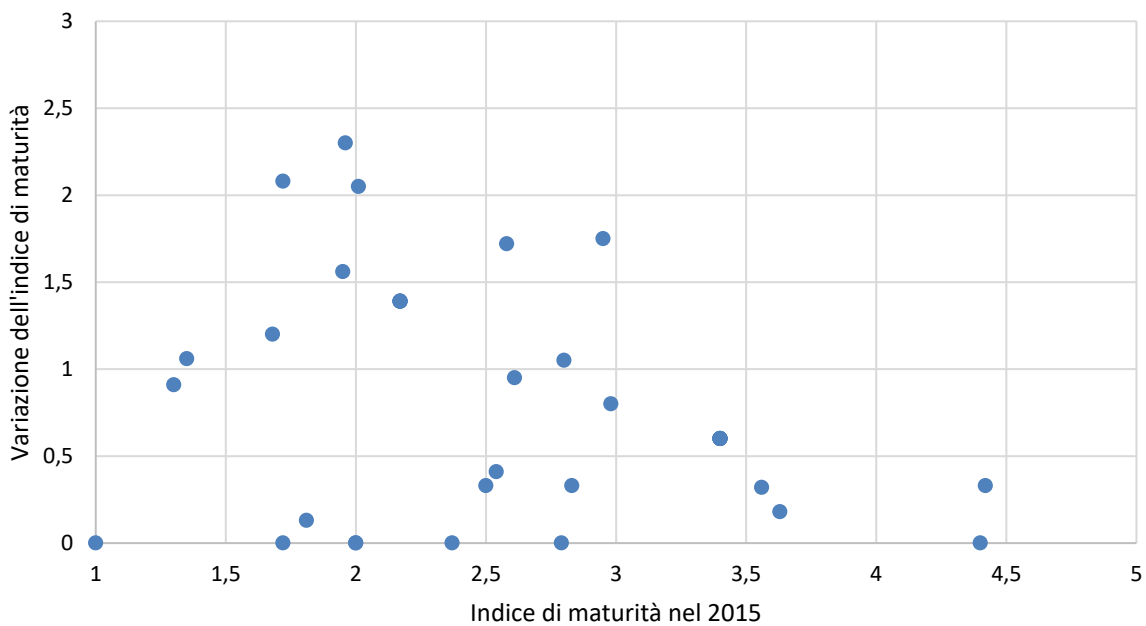


Figura 12. Variazione dell'indice di maturità al variare del livello di maturità di partenza nel campione

In **Figura 12** si può osservare come la variazione dell'indice di maturità sia influenzata dal livello di maturità di partenza. Si osserva infatti che aziende con alti livelli di maturità di partenza hanno avuto una crescita più limitata rispetto alle altre.

1.4.2 Analisi del campione ridotto

Il campione ridotto analizzato comprende 20 siti di diversi settori.

Come anticipato in precedenza, infatti, non per tutti i siti per cui è disponibile il risultato del questionario di assessment della maturità è stato possibile condurre l'analisi della variazione degli indicatori di prestazione energetica.

Infatti, per alcuni dei siti analizzati si è verificata la mancanza totale o parziale di informazioni relative alla prima erogazione della diagnosi secondo D. Lgs. 102 oppure si è riscontrata una differenza nelle unità di misura utilizzate per la descrizione della destinazione d'uso tra le due diagnosi).

Al fine di permettere un confronto più immediato anche con le informazioni successive è stata allora ripetuta l'analisi solo sul campione ridotto che è stato poi utilizzato anche per le valutazioni successive.

Di seguito è riportata la rappresentazione del confronto dei livelli di maturità all'epoca della prima diagnosi e ora, a valle della seconda scadenza dell'obbligo legislativo (**Figura 13**).

Come si può osservare, la maggior parte delle aziende analizzate hanno riscontrato dei miglioramenti. Un numero limitato di esse invece non ha riscontrato mutamenti nella sua gestione dei consumi energetici.

Confronto livello di maturità dopo l'obbligo

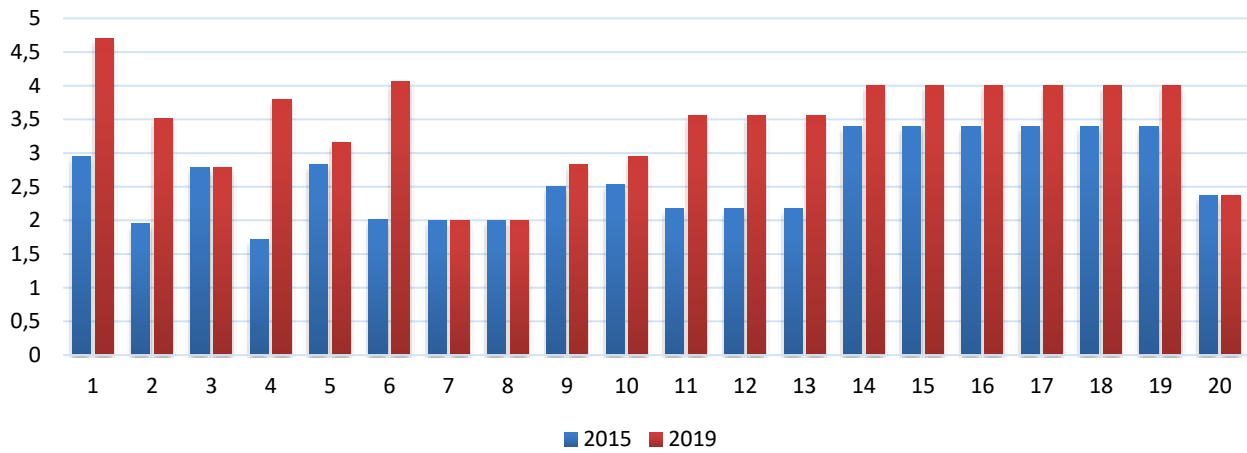


Figura 13. Rappresentazione dei livelli di maturità all'epoca della prima diagnosi energetica e ora (campione ridotto)

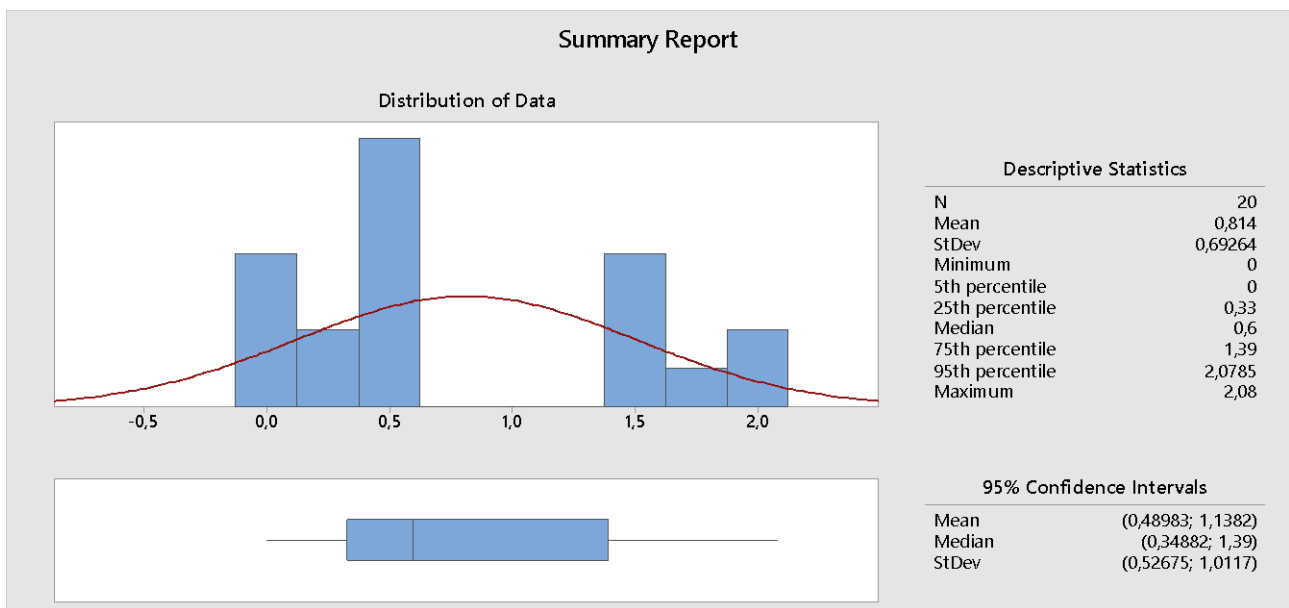


Figura 14. Rappresentazione della distribuzione dei valori di differenza tra le due situazioni (Box-plot e istogramma)

In Figura 14 è riportata una sintesi dell'analisi statistica del campione.

Le aziende del campione hanno presentato una crescita media pari a 0,81 (con una deviazione standard di 0,69).

Di seguito vengono riportate le variazioni delle singole dimensioni di maturità.

Approccio metodologico

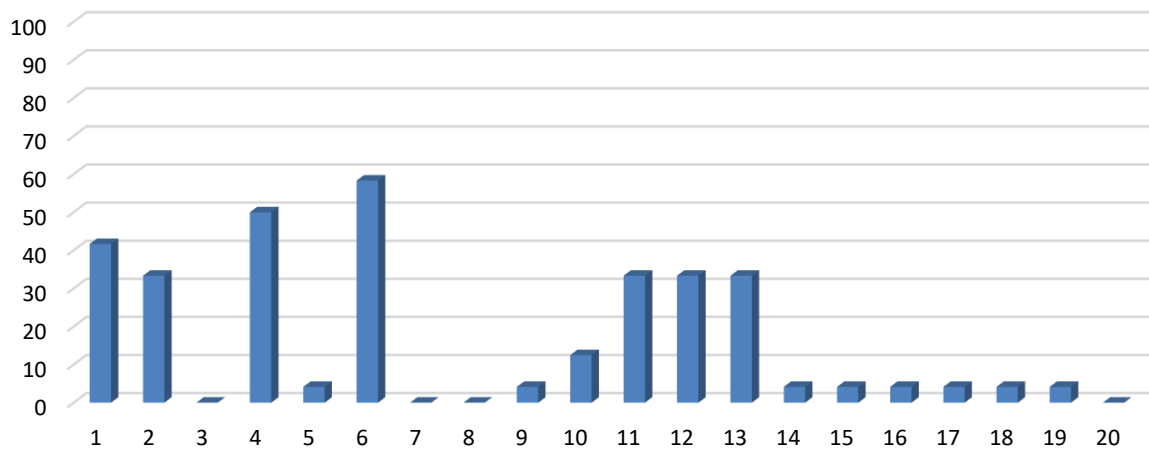


Figura 15. Rappresentazione della variazione della dimensione "Approccio metodologico" nel campione ridotto

Approccio strategico

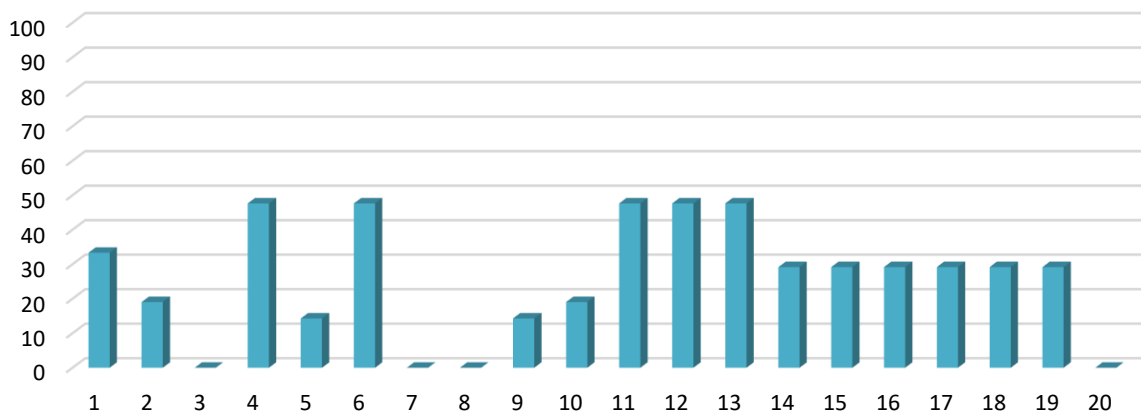


Figura 16. Rappresentazione della variazione della dimensione "Approccio metodologico" nel campione ridotto

Best Practices

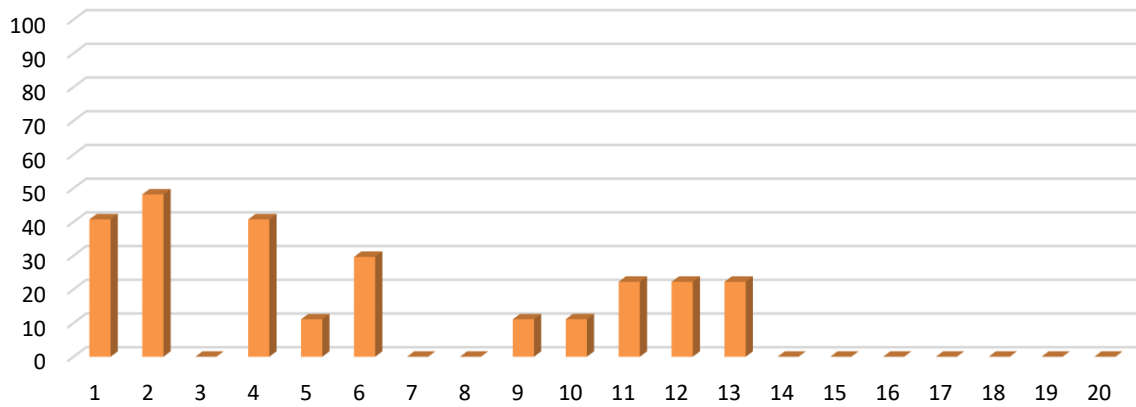


Figura 17. Rappresentazione della variazione della dimensione “Best Practices” nel campione ridotto

Consapevolezza Competenza Conoscenza

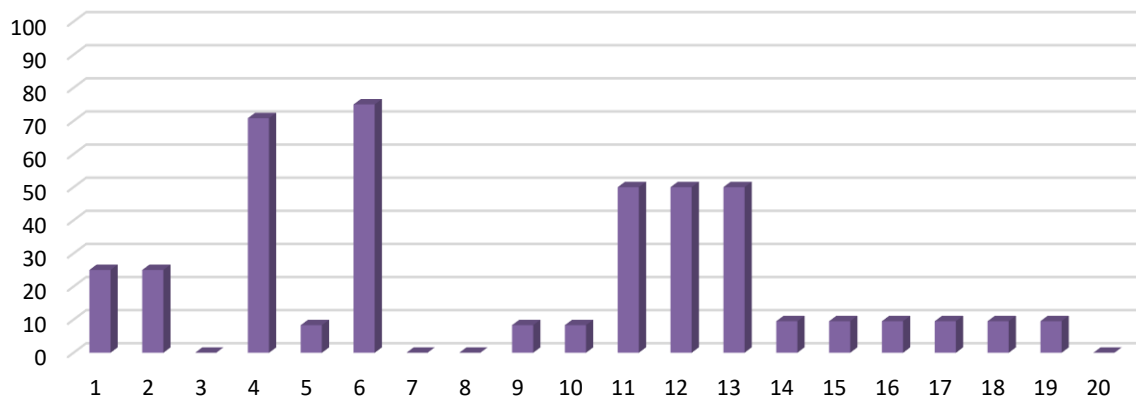


Figura 18. Rappresentazione della variazione della dimensione “Consapevolezza competenza conoscenza” nel campione ridotto

Gestione prestazione energetica e Sistemi Informativi

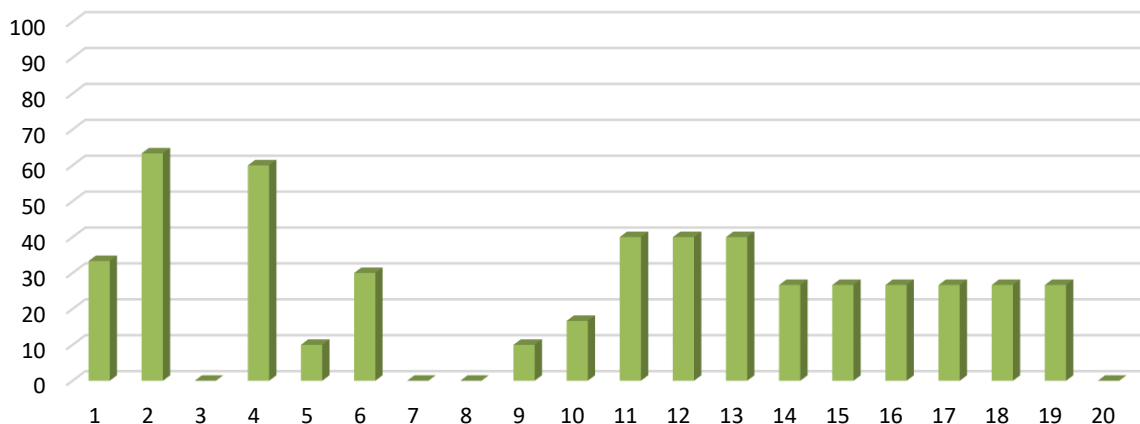


Figura 19. Rappresentazione della variazione della dimensione “Gestione prestazione energetica e Sistemi informativi” nel campione ridotto

Struttura organizzativa

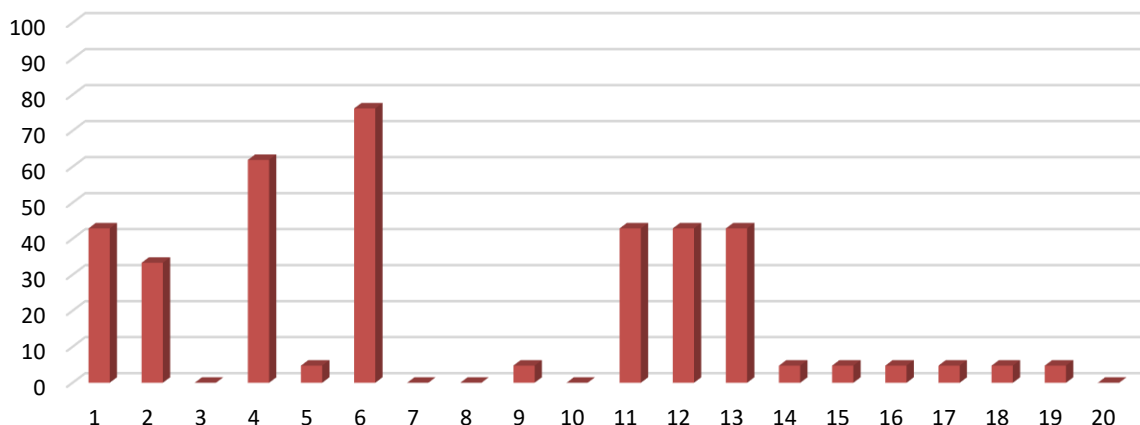


Figura 20. Rappresentazione della variazione della dimensione “Struttura organizzativa” nel campione ridotto

Dall’osservazione delle variazioni delle dimensioni nel campione (Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20) è possibile notare come le dimensioni relative alla “Gestione prestazione energetica e Sistemi informativi” e all’”Approccio Metodologico” sono le dimensioni che hanno riscontrato un più ampio intervento nel campione.

La dimensione “Consapevolezza competenza conoscenza” è risultata quella che invece presenta i miglioramenti singoli più marcati.

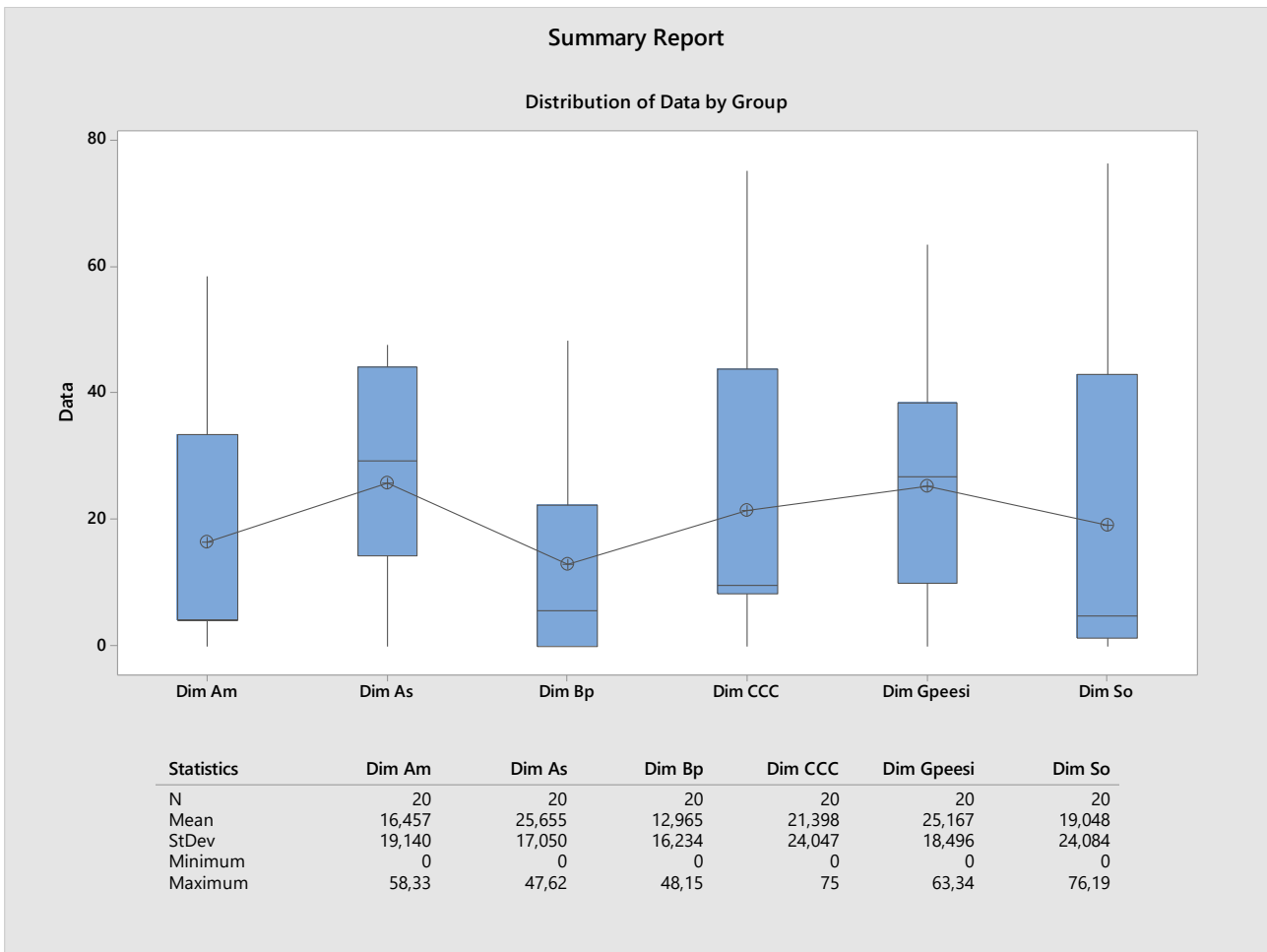


Figura 21. Analisi statistica delle variazioni delle dimensioni del campione ridotto

In **Figura 21** viene analizzata la distribuzione statistica delle variazioni relative alle dimensioni del campione ridotto. Si osserva che la dimensione delle “Best Practices” risulta quella che abbia subito variazioni minori, pur sempre comunque mostrando variazioni non indifferenti (valori massimi circa 50% di aumento della copertura).

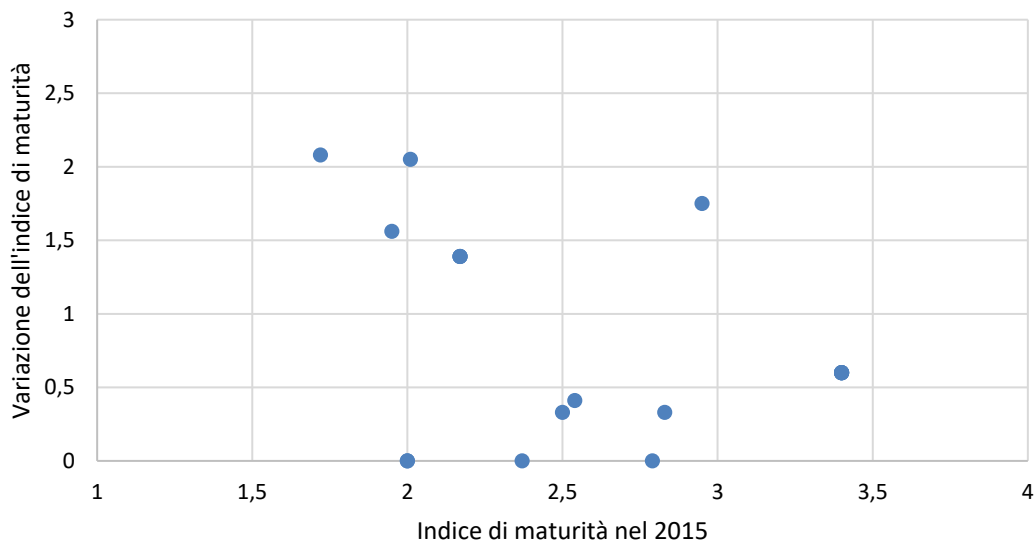


Figura 22. Variazione dell'indice di maturità al variare del livello di maturità di partenza nel campione ridotto

Come riscontrato per il campione esteso, anche in questo caso si può osservare come la variazione dell'indice di maturità sia influenzata dal livello di maturità di partenza.

Si osserva infatti che aziende con alti livelli di maturità di partenza hanno avuto una crescita più limitata rispetto alle altre.

1.5 Conclusioni del capitolo

In questo capitolo sono stati riportati i risultati della validazione e dell'applicazione del modello di maturità definito nella precedente annualità

I risultati dell'analisi condotta su un primo campione di aziende hanno confermato le capacità del modello di discriminare realtà differenti in termini di maturità e di individuare gli ambiti nel quale il miglioramento è avvenuto.

I risultati ottenuti dal modello sono stati, infatti, approfonditi al fine di verificare le cause dei differenti gradi di miglioramento raggiunti negli anni. Concordemente a ciò è inoltre ragionevole che il miglioramento sia stato più significativo per le aziende che si trovassero di fatti in situazioni più elementari in termini di maturità e che abbiano colto l'opportunità fornita dalla diagnosi energetica per evolvere nella strada del risparmio energetico.

Inoltre, al gruppo di ricerca non sono state ricevute richieste di chiarimenti sull'utilizzo del questionario a dimostrazione della chiarezza interpretativa di domande e risposte.

Il modello può ritenersi quindi validato e sarà quindi utilizzato nella successiva annualità del progetto per condurre un'indagine estesa dell'evoluzione della maturità a seguito dell'introduzione dell'obbligo legislativo di diagnosi energetica.

In questo capitolo sono stati quindi anche riportati i risultati dell'analisi della variazione del livello di maturità in un primo campione di aziende intervistate attraverso l'erogazione del modello di maturità sviluppato.

È stato analizzato un campione di 36 siti. Dall'analisi dei risultati è emerso che mediamente le aziende interessate all'obbligo hanno aumentato la loro maturità nella gestione dell'energia.

In particolare, si è osservato che i miglioramenti più grandi sono stati ottenuti da aziende che partivano da un livello di maturità inferiori all'insorgere dell'obbligo e che gli stessi miglioramenti si sono concentrati su alcune dimensioni particolarmente (le dimensioni di relative ai sistemi informativi e alla consapevolezza sono ovviamente le dimensioni che è più ragionevole siano state influenzate dagli obblighi di legge).

Nel prossimo anno l'analisi sarà estesa a un campione più grande per valutare ulteriormente questo aspetto.

A tal fine, il lavoro svolto per supportare ENEA nello sviluppo della versione online del modello di assessment sarà fondamentale per consentire la raccolta di questi dati.

Sempre nel prossimo anno saranno poi condotte analisi delle singole domande, all'interno delle dimensioni dove il miglioramento è stato più significativo per identificare meglio i cambiamenti avvenuti. Contestualmente si cercherà infine di individuare eventuali opportunità di crescita, identificando le strategie di più facile e conveniente applicazione per le aziende.

2 Analisi dell'evoluzione delle prestazioni energetiche di un primo campione di aziende

2.1 Introduzione

La seconda parte della linea di attività ha avuto l'obiettivo di effettuare la valutazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette all'obbligo di diagnosi.

L'obiettivo finale del progetto di ricerca è quello di valutare il trend delle prestazioni energetiche dei siti sottoposti a diagnosi tra le diagnosi del 2015 e quelle del 2019.

Di seguito si riporta in **Figura 23** la schematizzazione della struttura energetica aziendale fornita da ENEA.

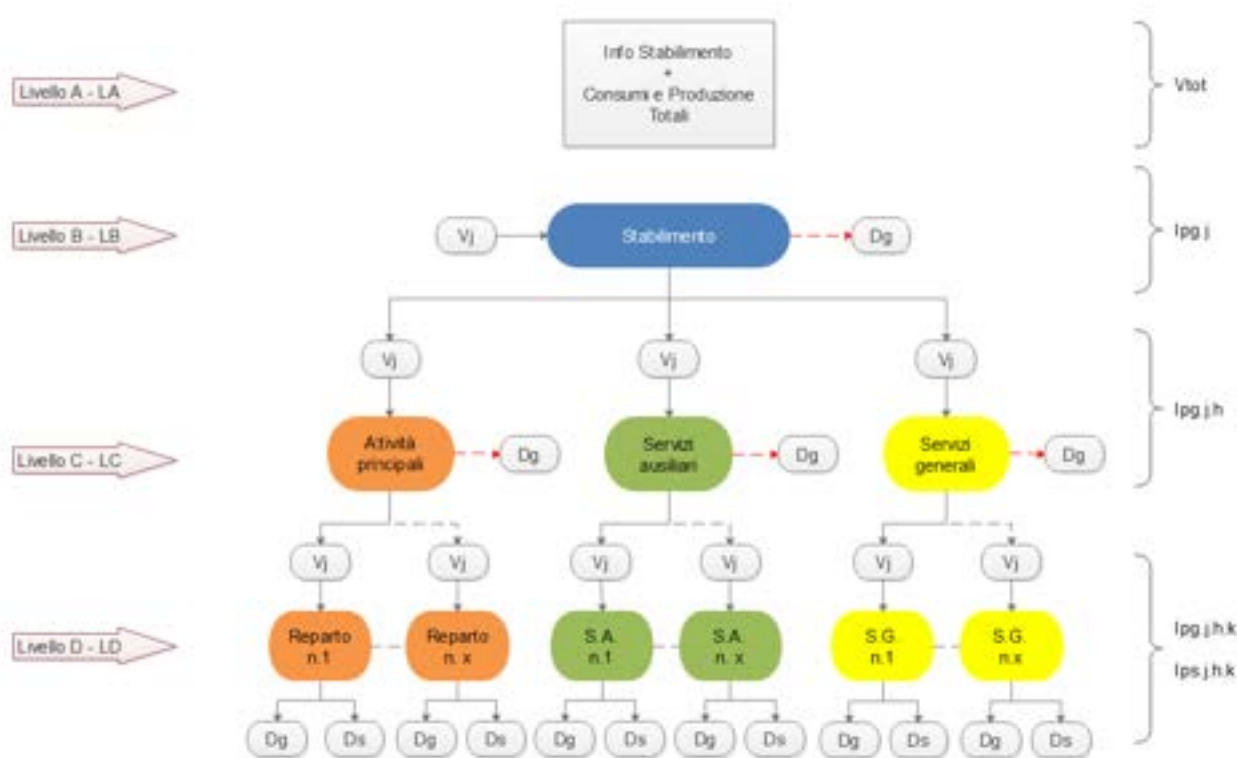


Figura 23. Schematizzazione della struttura energetica aziendale

Nel precedente anno di progetto è stata definita la metodologia per effettuare il confronto.

L'analisi dello scostamento percentuale degli indicatori di livello A è stata condotta per tutti i siti appartenenti al campione ridotto per i quali è stato realizzato lo studio della maturità nella gestione energetica in modo da consentire un'analisi di correlazione tra evoluzione della maturità e l'evoluzione della prestazione energetica.

Per ognuno dei siti del campione, per i quali è disponibile sia la diagnosi del 2015 sia la diagnosi del 2019, si è calcolato lo scostamento percentuale dell'indicatore di prestazione energetica di livello A e degli indicatori di prestazione energetica di livello B attraverso la seguente relazione:

$$D_{i\%} = \frac{I_{pg2019-i} - I_{pg2015-i}}{I_{pg2015-i}}$$

dove i contraddistingue il generico sito.

A questo punto per i valori ottenuti a livello A e livello B sono state condotte le seguenti analisi:

- Calcolo della percentuale dei siti per i quali si è registrato un miglioramento della prestazione energetica individuabile attraverso un valore negativo di $D_{i\%}$;
- Calcolo del valore medio dello scostamento percentuale dell'indicatore di prestazione energetica del settore e di un indice di variabilità dello scostamento (ad es. deviazione standard);
- Analisi in frequenza dei valori di scostamento registrati (ad es. attraverso istogramma), al fine di individuare comportamenti anomali. In caso di anomalie potrà essere condotta un'analisi più approfondita finalizzata all'individuazione delle cause (ad es. significative modifiche strutturali intercorse nel periodo di riferimento, brusca differenza del parametro, errori di inserimento dati o misura) e alla eventuale eliminazione di dati non significativi (outlier);

La metodologia introdotta prevede anche l'utilizzo di alcuni strumenti statistici.

Il Test statistico per il confronto della media di due campioni è un metodo che può essere utilizzato per la verifica della presenza di uno scostamento significativo tra gli indicatori di prestazione energetica sia di livello A che di livello B.

Per ogni sito, avendo ottenuto due valori di prestazione energetica non indipendenti, si procede effettuando un test statistico per dati appaiati come descritto nel seguito.

Si vuole valutare se la media dei valori registrati nel 2019 sia uguale o meno alla media dei valori registrati nel 2015.

Prima di tutto andrà calcolata la differenza per ognuna delle coppie di osservazioni appaiate.

A questo punto si stabilisce di valutare prima di tutto l'ipotesi "l'indicatore di prestazione energetica dal 2015 al 2019 è rimasto invariato". L'ipotesi da testare è la seguente:

$$H_0: \mu_{2019} - \mu_{2015} = \delta = 0 \text{ (medie uguali)}$$

$$H_1: \mu_{2019} - \mu_{2015} = \delta \neq 0 \text{ (medie diverse)}$$

Con μ_{2015} e μ_{2019} rispettivamente i valori medi della variabile analizzata per il primo ed il secondo campione.

$$t_{calc} = \frac{\bar{D} - 0}{s_{\bar{D}}} = \frac{\bar{D}}{s_D / \sqrt{n}}$$

dove:

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}} : \text{deviazione standard delle differenze}$$

n: numero di differenze (ossia il numero di coppie di osservazioni/siti)

Nel caso in cui si rifiuti l'ipotesi $H_0 = 0$ e quindi si possa affermare con un livello di confidenza del 5% che la prestazione energetica sia cambiata si può provvedere a verificare l'ipotesi che la prestazione sia migliorata e quindi che l'indicatore sia diminuito.

Le ipotesi da testare statisticamente, siano μ_{2015} e μ_{2019} rispettivamente la media del primo e del secondo campione, possono quindi essere formulate come nel seguito:

$$H_0: \mu_{2019} - \mu_{2015} = \delta \geq 0 \text{ (indicatori non migliorati)}$$

$$H_1: \mu_{2019} - \mu_{2015} = \delta < 0 \text{ (indicatori migliorati)}$$

Nel caso in cui il test dia come esito il rifiuto dell'ipotesi nulla sarà possibile concludere che dal 2015 al 2019 le prestazioni energetiche dei siti sottoposti a diagnosi siano migliorate con un livello di significatività del 5% (o del 10% in caso di p-value corrispondente a 0,1).

2.2 Analisi di un primo campione di aziende sottoposte all'obbligo legislativo

Il campione analizzato, introdotto nel precedente capitolo, comprende 20 siti di diversi settori.

Di seguito si analizzeranno i seguenti scostamenti:

- Scostamento degli indicatori di livello A
- Scostamento degli indicatori di livello B – Energia elettrica
- Scostamento degli indicatori di livello B – Energia termica

2.2.1 Analisi indicatori di livello A

In **Tabella 2** viene riportato il valore della variazione relativa dell'indicatore di prestazione energetica di livello A (indicatore di consumo globale dello stabilimento) tra i quattro anni come definito in precedenza.

Viene anche fornita l'informazione relativa alla ripartizione energetica tra energia elettrica e energia termica nel sito per identificare l'importanza relativa che le due categorie hanno nel sito specifico oggetto di analisi.

Si sottolinea che per facilitare il confronto tra siti di settori diversi ci si è riferiti all'energia termica invece di osservare solo il consumo del vettore gas naturale, in quanto alcuni dei siti trattati hanno utilizzi non trascurabili anche di altri vettori energetici.

Tabella 2. Scostamento degli indicatori di livello A

ID	Δ_{tot}	% EE	% Termico
1	-21%	98%	2%
2	-1%	26%	74%
3	-30%	98%	2%
4	27%	99%	1%
5	-1%	29%	71%
6	1%	27%	73%
7	3%	51%	49%
8	-7%	99%	1%
9	-3%	0%	100%
10	-7%	17%	83%
11	-18%	46%	54%
12	15%	45%	55%
13	55%	1%	99%
14	0%	23%	77%
15	23%	22%	78%
16	1%	22%	78%
17	-24%	20%	80%
18	-14%	25%	75%
19	-3%	21%	79%
20	3%	23%	77%

Si procede quindi ad eseguire il test t per dati appaiati per valutare se il campione 2015 presenta una media maggiore del campione 2019.

Per condurre l'analisi si è utilizzato il foglio di calcolo impostato nella precedente annualità.

Il p-value risultante dall'analisi è pari a 0,767, quindi non è possibile concludere che la media delle differenze accoppiate sia variata in questi anni con un livello di significatività 0,05.

L'analisi è stata anche ripetuta attraverso l'utilizzo del software statistico Minitab al fine di validare nuovamente lo strumento di analisi definito.

In **Figura 24** e **Figura 25** sono riportati i risultati delle ulteriori analisi.

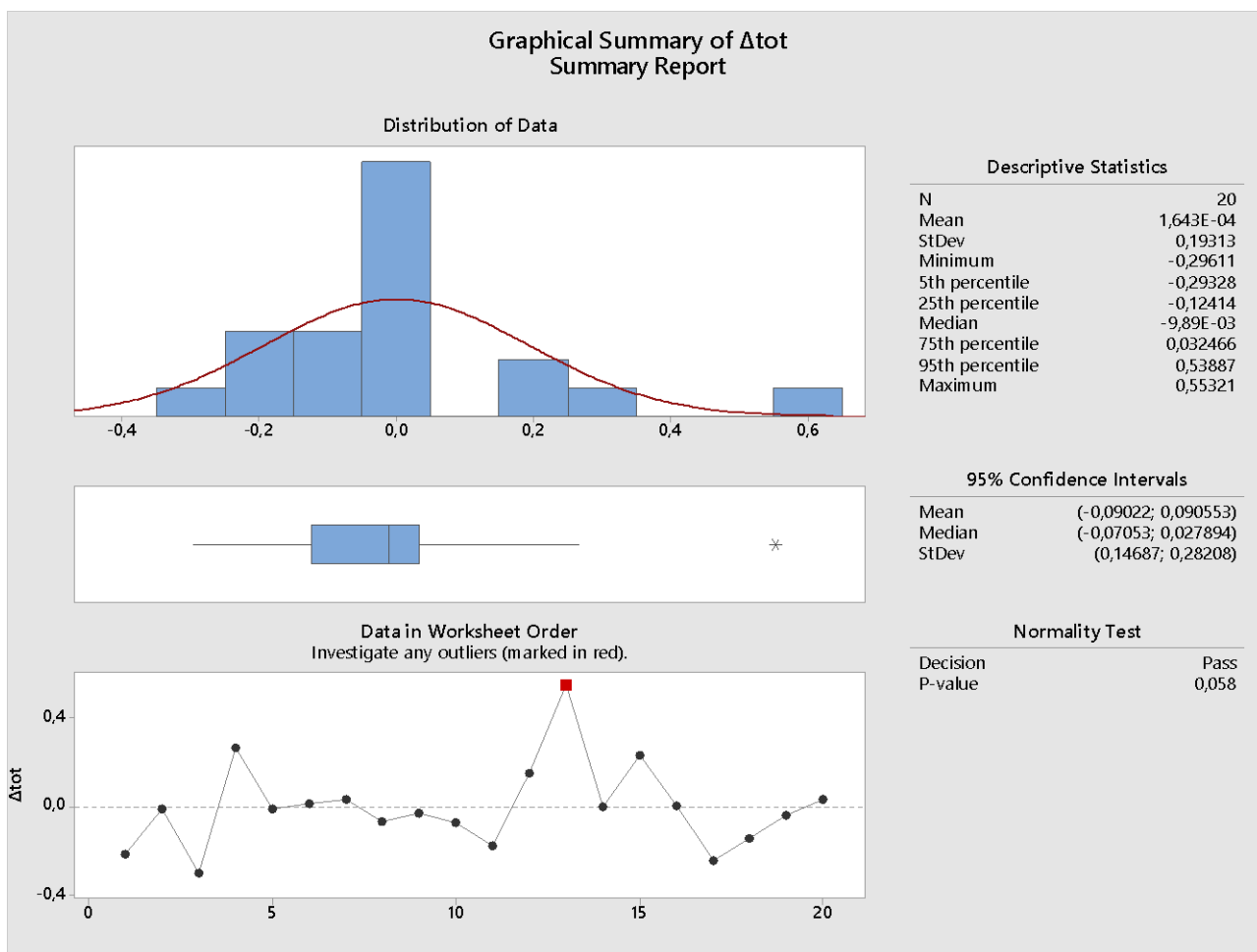


Figura 24. Analisi distribuzione degli indicatori di livello A

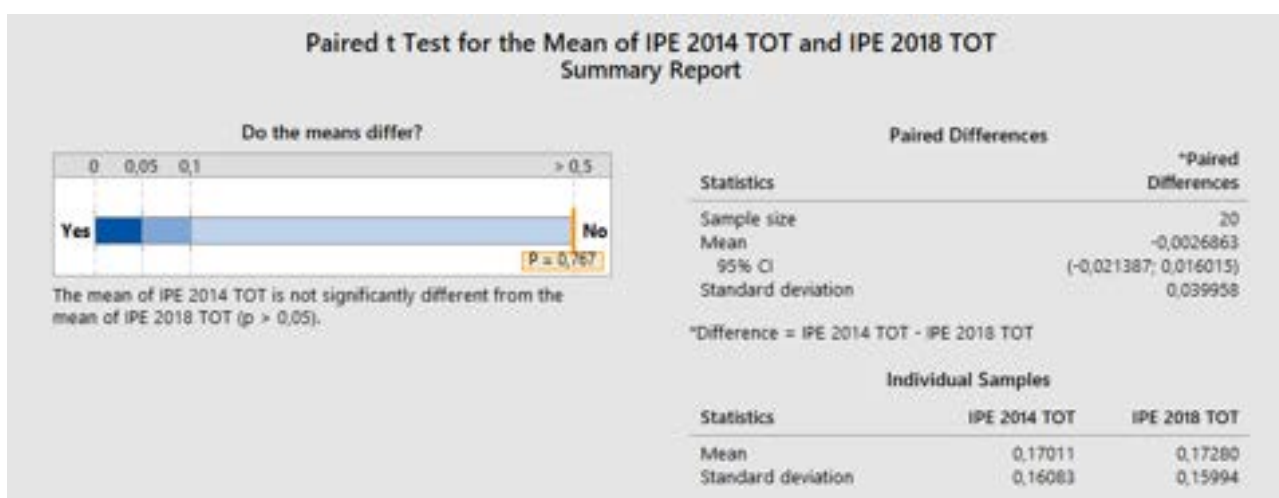


Figura 25. Risultati test t per indicatore di livello A (significatività 0,05)

Questo risultato risulta spiegabile anche dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica così come definiti dalle diagnosi.

Essendo, infatti, questi definiti come rapporto tra l'energia e la destinazione d'uso del sito analizzato risentono della variazione della quantità della destinazione d'uso (ad esempio una diminuzione dei volumi produttivi rischia di far apparire la prestazione energetica del sito come peggiorata a causa della presenza di consistenti consumi fissi). Allo stesso modo, variazioni delle stesse caratteristiche dei volumi produttivi o delle modalità di produzione possono impattare sugli indicatori di prestazione indipendentemente dall'effettivo efficientamento del sito.

2.2.2 Analisi indicatori di livello B – Energia elettrica

In **Tabella 3** viene riportato il valore della variazione relativa dell'indicatore di prestazione energetica di livello B dell'energia elettrica (indicatore di consumo globale di energia elettrica dello stabilimento) tra i quattro anni come definito in precedenza.

Viene anche fornita l'informazione relativa all'importanza relativa dell'energetica energia elettrica nel sito per coadiuvare la lettura dei dati.

Tabella 3. Scostamento degli indicatori di livello B - Energia elettrica

ID	ΔEE	% EE
1	-21%	98%
2	-7%	26%
3	-30%	98%
4	27%	99%
5	9%	29%
6	-36%	27%
7	1%	51%
8	-7%	99%
9	108%	0%
10	-91%	17%
11	-84%	46%
12	5%	45%
13	-9%	1%
14	-4%	23%
15	21%	22%
16	2%	22%
17	-16%	20%
18	-16%	25%
19	24%	21%
20	18%	23%

Si procede quindi ad eseguire il test t per dati appaiati per valutare se il campione 2015 presenta una media maggiore del campione 2019.

Per condurre l'analisi si è utilizzato il foglio di calcolo impostato nella precedente annualità.

Il p-value risultante dall'analisi è pari a 0,163, quindi non è possibile concludere che la media delle differenze accoppiate sia variata in questi anni con un livello di significatività 0,05.

L'analisi è stata anche ripetuta attraverso l'utilizzo del software statistico Minitab al fine di validare nuovamente lo strumento di analisi definito.

In **Figura 26** e **Figura 27** sono riportati i risultati delle ulteriori analisi.

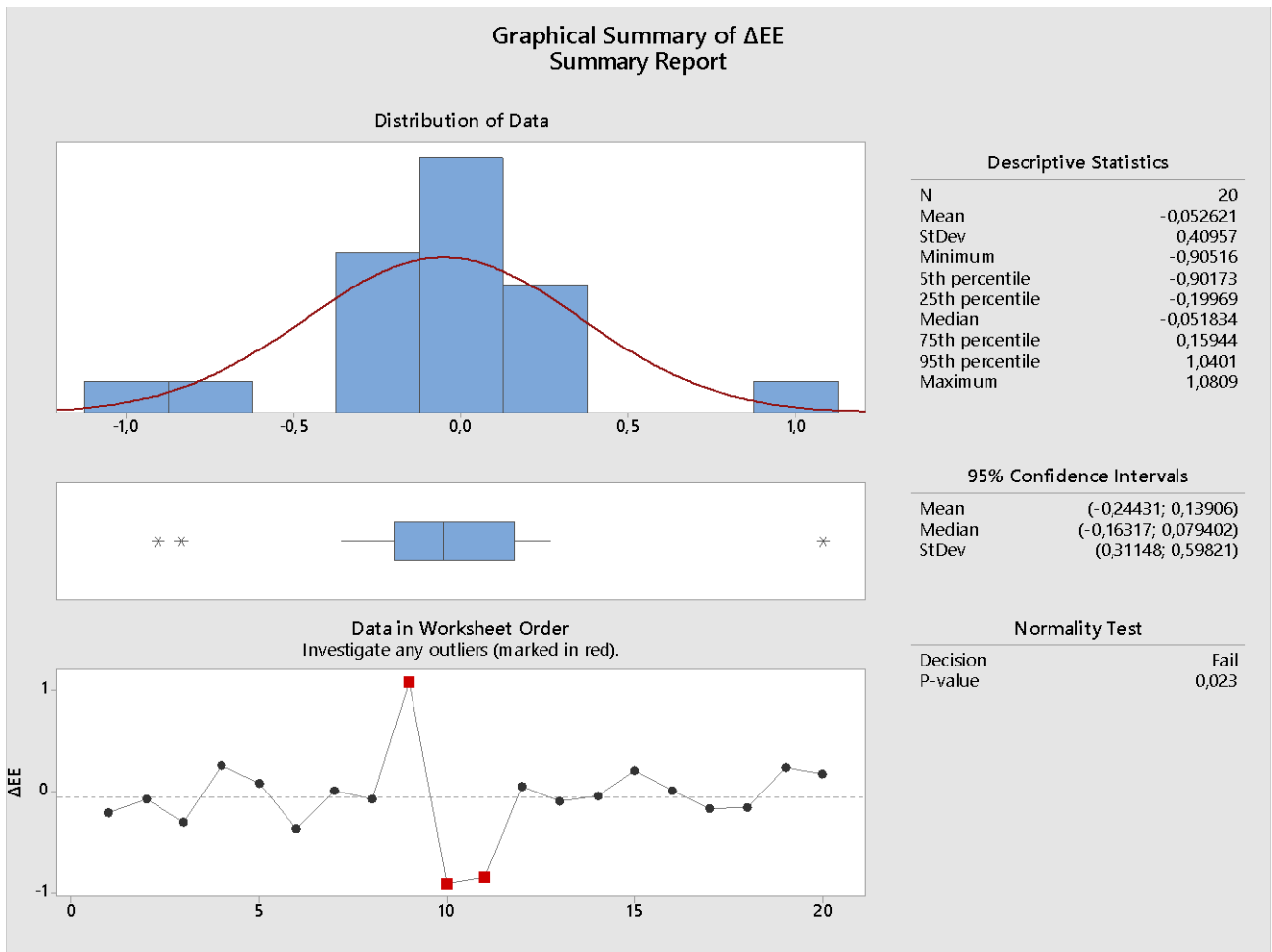


Figura 26. Analisi distribuzione degli indicatori di livello B - Energia elettrica

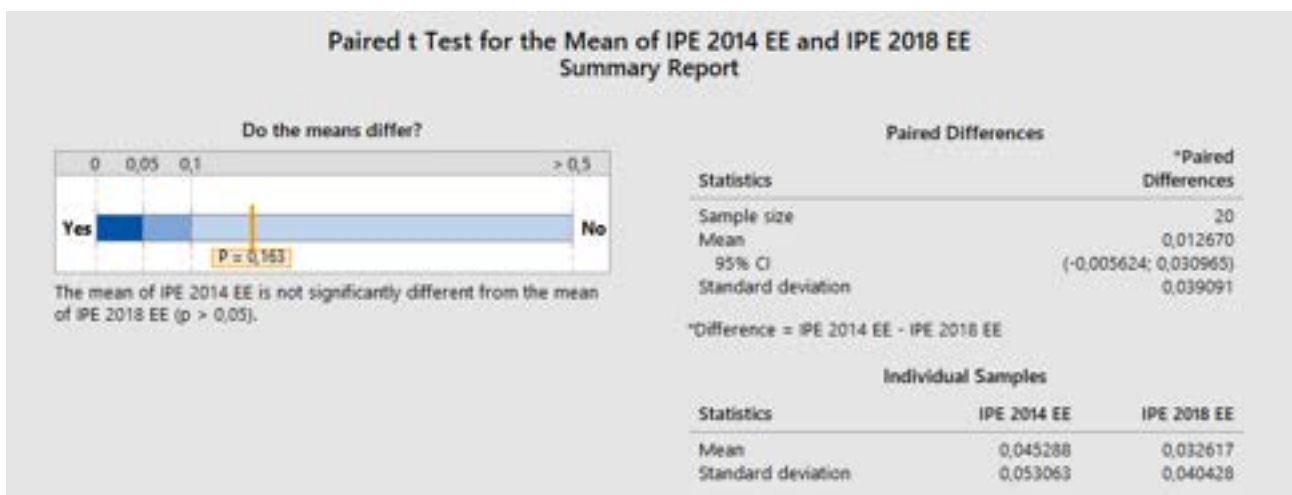


Figura 27. Risultati test t per indicatore di livello B - Energia elettrica (significatività 0,05)

Questo risultato risulta spiegabile anche dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica così come definiti dalle diagnosi.

Essendo, infatti, questi definiti come rapporto tra l'energia elettrica e la destinazione d'uso del sito analizzato risentono della variazione della quantità della destinazione d'uso (ad esempio una diminuzione dei volumi produttivi rischia di far apparire la prestazione energetica del sito come peggiorata a causa della presenza di

consistenti consumi fissi). Allo stesso modo, variazioni delle stesse caratteristiche dei volumi produttivi o delle modalità di produzione possono impattare sugli indicatori di prestazione indipendentemente dall'effettivo efficientamento del sito.

2.2.3 Analisi indicatori di livello B – Energia termica

In **Tabella 4** viene riportato il valore della variazione relativa dell'indicatore di prestazione energetica di livello B dell'energia termica (indicatore di consumo globale di energia termica dello stabilimento) tra i quattro anni come definito in precedenza.

Si sottolinea che per facilitare il confronto tra siti di settori diversi ci si è riferiti all'energia termica invece di osservare solo il consumo del vettore gas naturale, in quanto alcuni dei siti trattati hanno utilizzi non trascurabili anche di altri vettori energetici.

Viene anche fornita l'informazione relativa all'importanza relativa dell'energetica energia termica nel sito per coadiuvare la lettura dei dati.

Tabella 4. Scostamento degli indicatori di livello B - Energia termica

ID	Δ termico	% Termico
1	-23%	2%
2	1%	74%
3	26%	2%
4	41%	1%
5	-5%	71%
6	15%	73%
7	5%	49%
8	0%	1%
9	-3%	100%
10	10%	83%
11	39%	54%
12	23%	55%
13	56%	99%
14	1%	77%
15	24%	78%
16	0%	78%
17	-26%	80%
18	-14%	75%
19	-11%	79%
20	-1%	77%

Si procede quindi ad eseguire il test t per dati appaiati per valutare se il campione 2015 presenta una media maggiore del campione 2019.

Per condurre l'analisi si è utilizzato il foglio di calcolo impostato nella precedente annualità.

Il p-value risultante dall'analisi è pari a 0,094, quindi non è possibile concludere che la media delle differenze accoppiate sia variata in questi anni con un livello di significatività 0,05.

L'analisi è stata anche ripetuta attraverso l'utilizzo del software statistico Minitab al fine di validare nuovamente lo strumento di analisi definito.

In **Figura 28** e **Figura 29** sono riportati i risultati delle ulteriori analisi.

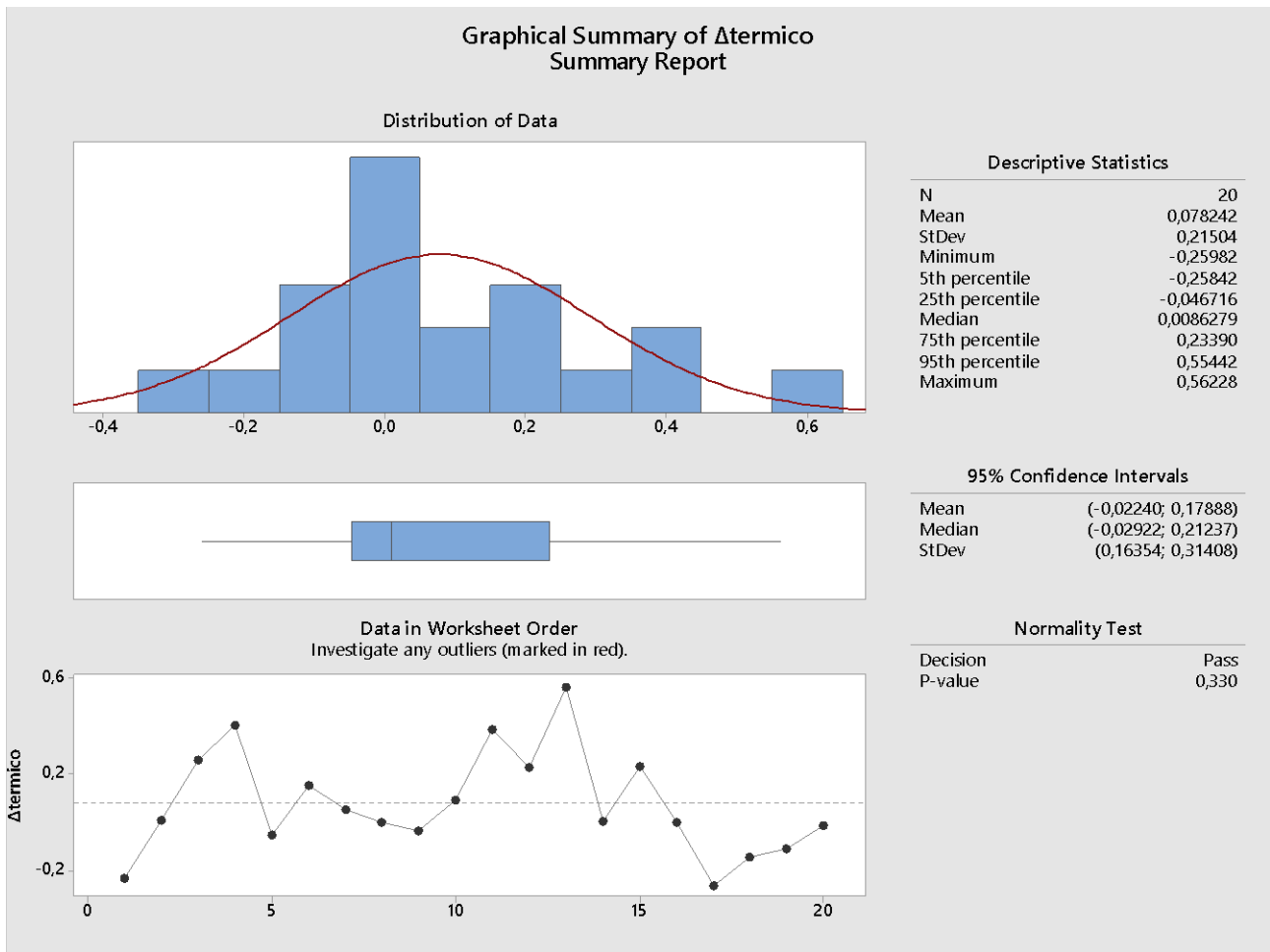


Figura 28. Analisi distribuzione degli indicatori di livello B - Energia termica

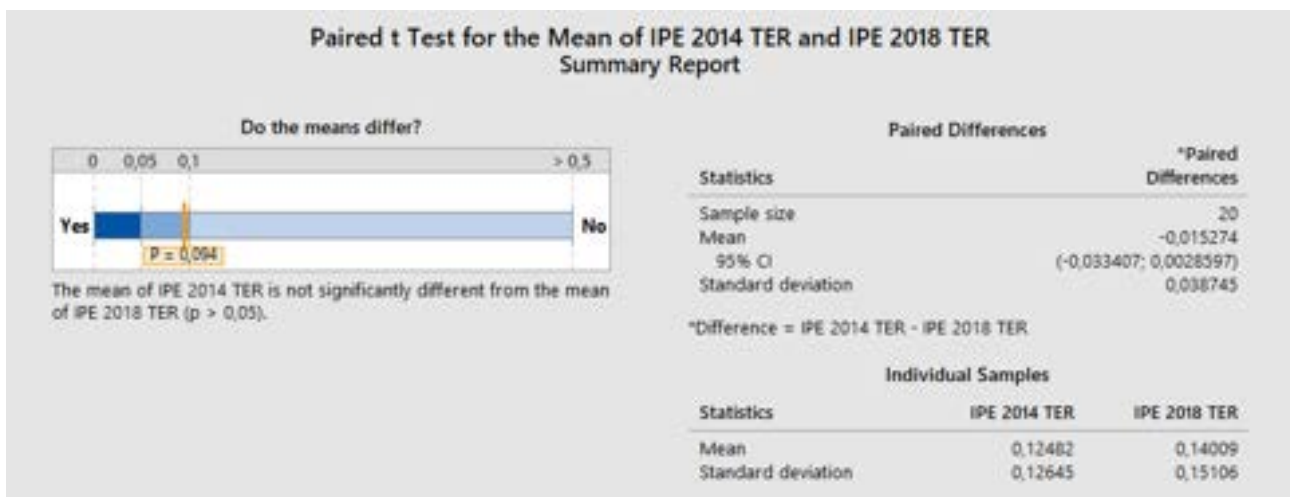


Figura 29. Risultati test t per indicatore di livello B - Energia termica (significatività 0,05)

Questo risultato risulta spiegabile anche dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica così come definiti dalle diagnosi.

Essendo, infatti, questi definiti come rapporto tra l'energia termica e la destinazione d'uso del sito analizzato risentono della variazione della quantità della destinazione d'uso (ad esempio una diminuzione dei volumi produttivi rischia di far apparire la prestazione energetica del sito come peggiorata a causa della presenza di

consistenti consumi fissi). Allo stesso modo, variazioni delle stesse caratteristiche dei volumi produttivi o delle modalità di produzione possono impattare sugli indicatori di prestazione indipendentemente dall'effettivo efficientamento del sito.

2.3 Conclusioni del capitolo

In questo capitolo sono stati validati gli strumenti statistici introdotti nella precedente annualità per l'analisi delle variazioni degli indicatori di prestazione energetica.

Gli strumenti introdotti nel precedente anno hanno permesso di analizzare statisticamente l'andamento nella variazione degli indicatori di prestazione e la loro applicazione è stata validata anche attraverso l'utilizzo di un software statistico esterno per testare la correttezza delle valutazioni eseguite.

Nel capitolo sono quindi riportati i risultati dell'analisi condotta su un primo campione di aziende della variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette all'obbligo di diagnosi.

È stato analizzato un campione di 20 siti iniziali, di cui erano disponibili i dati di prestazione energetica per gli anni 2015 e 2019.

L'analisi è stata condotta attraverso l'utilizzo di strumenti statistici, sia grafici che analitici.

In particolare, sono stati analizzati i seguenti scostamenti:

- Scostamento degli indicatori di livello A
- Scostamento degli indicatori di livello B – Energia elettrica
- Scostamento degli indicatori di livello B – Energia termica

Attraverso l'utilizzo del test t per dati appaiati non è emerso un significativo cambiamento tra le prestazioni presentate nel 2015 e quelle presentate nel 2019 dalle aziende appartenenti al campione analizzato.

Questo risultato risulta spiegabile dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica così come definiti dalle diagnosi.

Essendo, infatti, questi definiti come rapporto tra l'energia e la destinazione d'uso del sito analizzato risentono della variazione della quantità della destinazione d'uso (ad esempio una diminuzione dei volumi produttivi rischia di far apparire la prestazione energetica del sito come peggiorata a causa della presenza di consistenti consumi fissi). Allo stesso modo, variazioni delle stesse caratteristiche dei volumi produttivi o delle modalità di produzione possono impattare sugli indicatori di prestazione indipendentemente dall'effettivo efficientamento del sito.

Nel prossimo anno, quindi, come previsto all'interno del progetto, l'analisi sarà estesa a un campione più grande per valutare ulteriormente questo aspetto, andando ad approfondire le possibili cause di variazione.

3 Prima verifica della correlazione tra buone pratiche sviluppate e miglioramento delle prestazioni energetiche conseguite su un campione di aziende

3.1 Introduzione

A valle delle analisi condotte, in questo capitolo, è stata svolta un'ulteriore analisi statistica per determinare se sia presente una correlazione tra il miglioramento delle pratiche nella gestione dell'energia (misurata attraverso un miglioramento dell'indicatore di misura della maturità del sito nella gestione dell'energia) ed il miglioramento dell'indicatore di prestazione energetica.

A tale scopo è stata effettuata, infatti, un'analisi di correlazione utilizzando i dati provenienti da tutti i siti per i quali si sono resi disponibili i seguenti dati:

- Differenza percentuale tra indicatore sintetico di maturità a seguito della diagnosi energetica del 2019 e indicatore sintetico di maturità prima della diagnosi del 2015;

dove la variazione percentuale della maturità, $D_{maturità\%}$, può essere calcolata come segue:

$$D_{maturità\%} = \frac{I_{maturità2019-i} - I_{maturità2015-i}}{I_{maturità-i}}$$

- Differenza percentuale tra il valore dell'indicatore di prestazione generale desunto dalla diagnosi del 2015 e l'indicatore di prestazione generale desunto dalla diagnosi del 2019.

L'ipotesi da testare è che dove sia maggiore la variazione della maturità del sito (variabile indipendente X) sia maggiore la variazione dell'indicatore di prestazione generale (variabile dipendente Y).

L'analisi preliminare viene condotta attraverso il diagramma di correlazione che riporta sul diagramma cartesiano x-y le coppie di valori a disposizione.

La verifica dell'esistenza della correlazione può essere condotta quantitativamente attraverso la misura dei principali parametri di prestazione (coefficiente di correlazione lineare R o indice di Pearson, R^2 e p-value osservato).

Lo stesso strumento statistico potrebbe essere utilizzato per indagare una correlazione tra lo scostamento percentuale dell'indice di maturità ed il valore iniziale del livello di maturità, allo scopo di comprendere se il livello iniziale di maturità possa influire sul suo sviluppo.

3.2 Analisi di un primo campione di aziende sottoposte all'obbligo legislativo

Si è proceduto ad analizzare il campione già studiato nei capitoli precedenti.

La **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta lo scatter plot della relazione tra scostamento dell'indicatore di livello A e variazione percentuale della maturità.

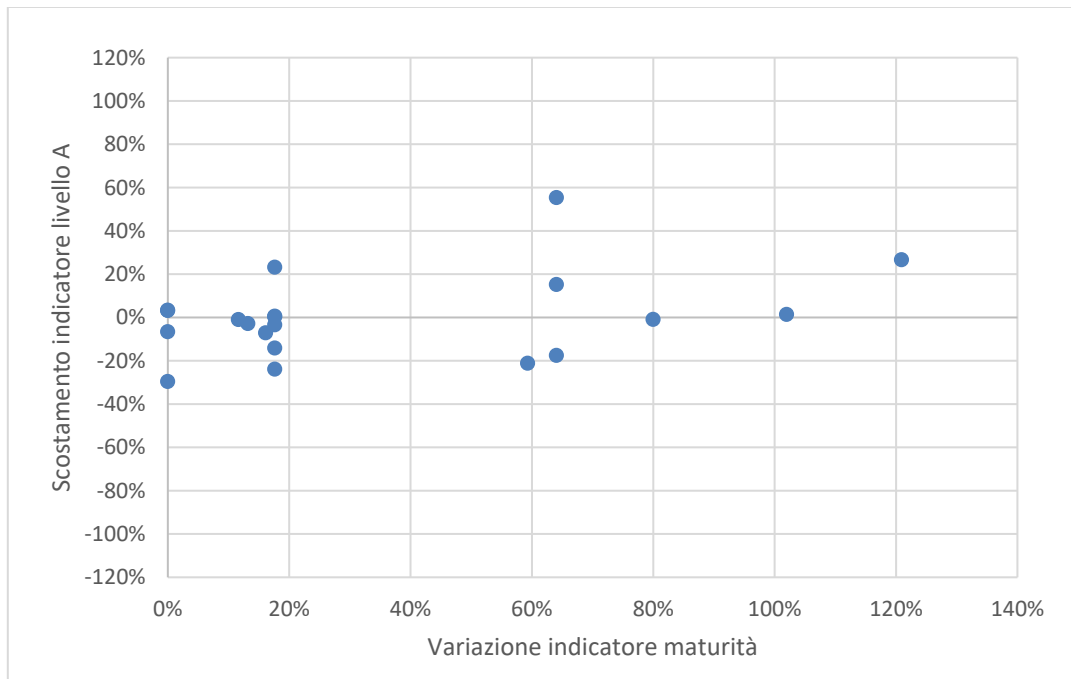


Figura 30. Scatter plot della relazione tra scostamento dell'indicatore di livello A e l'indicatore di maturità

Si è proceduto quindi a svolgere una analisi statistica per valutare la significatività di una possibile correlazione tra le due variabili identificate: scostamento dell'indicatore di livello A e variazione percentuale della maturità.

Per condurre l'analisi si è utilizzato un foglio di calcolo impostato nella precedente annualità.

Il p-value risultante dall'analisi è pari a 0,109, dunque l'analisi di correlazione sul campione non mostra la presenza di una correlazione significativa.

L'analisi è stata anche ripetuta attraverso l'utilizzo del software statistico Minitab al fine di validare nuovamente lo strumento di analisi definito.

In **Figura 31** sono riportati i risultati delle ulteriori analisi.

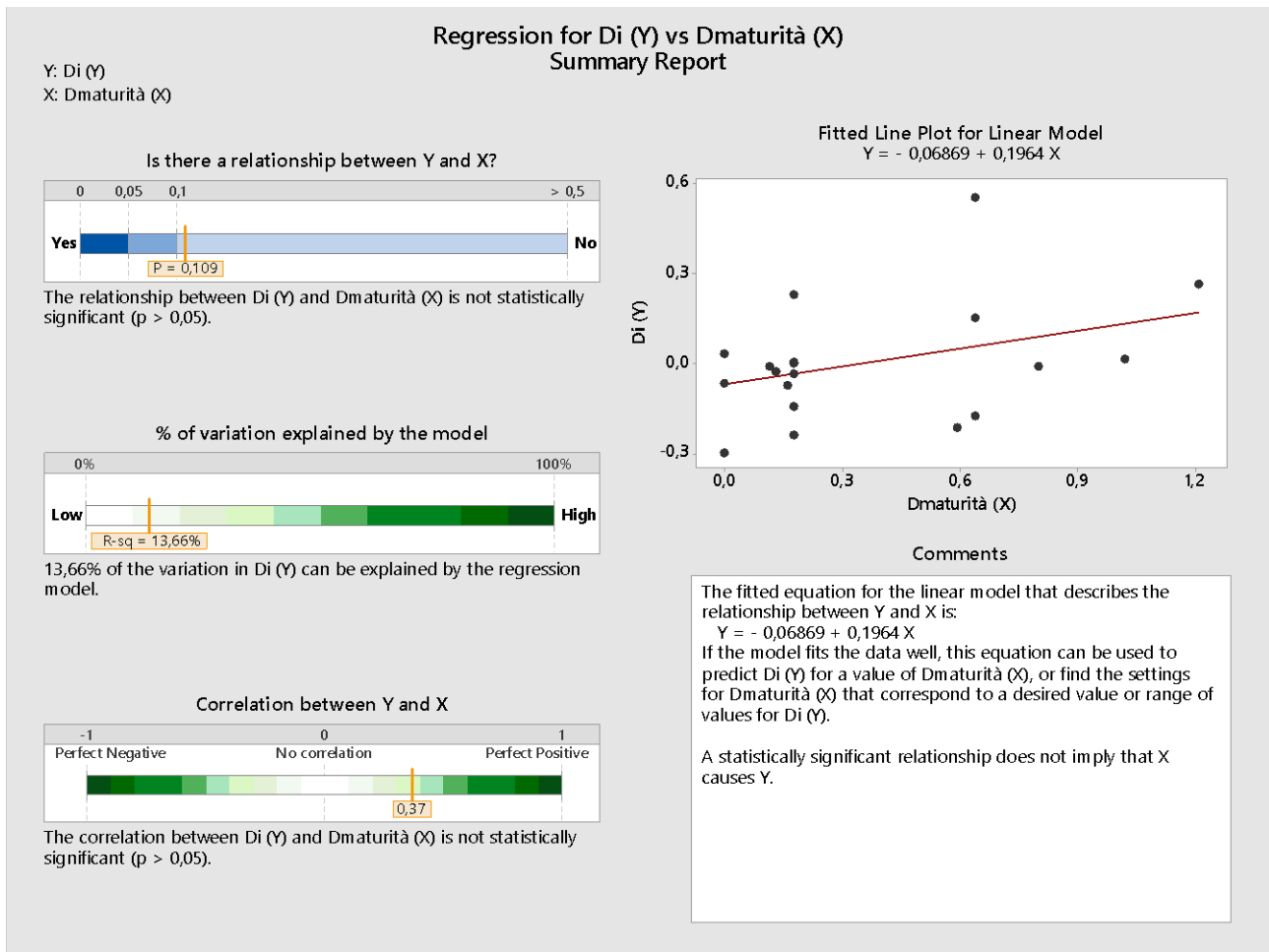


Figura 31. Prima analisi di correlazione eseguita sul campione.

3.3 *Analisi di correlazione tra lo scostamento percentuale dell'indice di maturità ed il valore iniziale del livello di maturità*

Dopo le altre analisi effettuate è stata valutata anche la correlazione tra lo scostamento percentuale dell'indice di maturità ed il valore iniziale del livello di maturità.

In questo caso è stato riutilizzato il campione esteso di 36 aziende introdotto nel capitolo 1. In questa analisi, infatti, non sono contemplati gli indicatori di prestazione energetica provenienti dalle diagnosi.

Per fare questo è stato nuovamente utilizzato lo strumento statistico della regressione.

Figura 32 presenta i risultati dell'analisi.

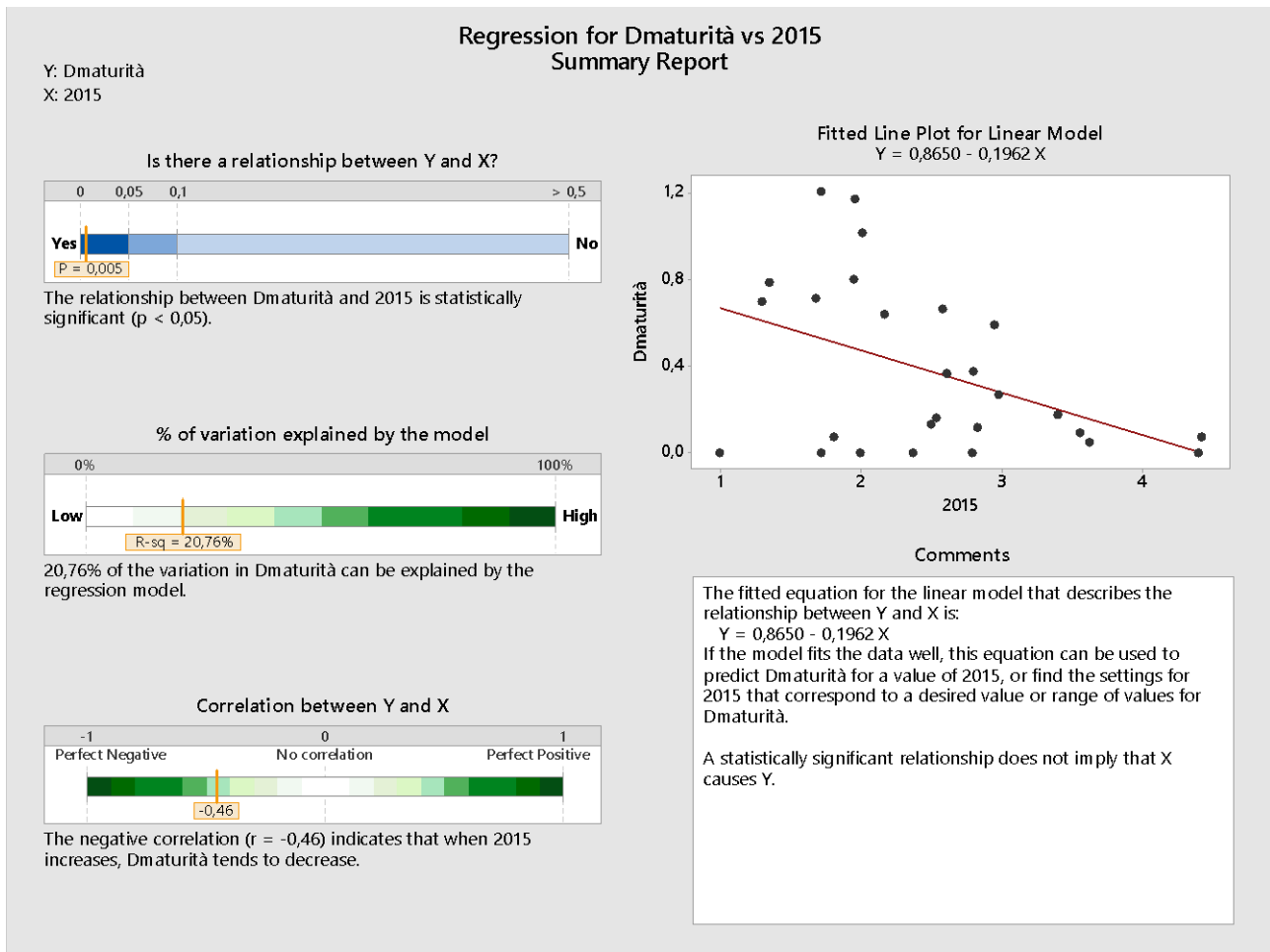


Figura 32. Analisi di correlazione tra livello iniziale di maturità e variazione percentuale della stessa

In questo caso, l'analisi dimostra la presenza di una relazione significativa tra le due variabili, considerando una significatività del 0,005.

La relazione può essere descritta con la seguente equazione:

$$D_{maturità\%} = 0,865 - 0,1962 I_{maturità,2015-1}$$

Dove:

$I_{maturità,2015-1}$ = livello iniziale della maturità, calcolato attraverso il modello di assessment

$D_{maturità\%}$ = variazione percentuale dell'indicatore della maturità

Si deduce quindi che la variazione della maturità è tanto maggiore quanto minore risulta il livello iniziale.

3.4 Conclusioni del capitolo

In questo capitolo sono stati validati gli strumenti statistici introdotti nella precedente annualità per l'analisi della correlazione tra la variazione degli indicatori di prestazione energetica e la variazione del livello di maturità delle imprese soggette a diagnosi.

Gli strumenti introdotti, infatti, hanno permesso di analizzare le variazioni avvenute negli anni e definire con significatività statistica l'eventuale presenza di una correlazione tra le variabili analizzate.

Inoltre, i fogli excel sviluppati sono stati confrontati con l'utilizzo di un software statistico esterno per validare ulteriormente la loro correttezza.

Nel capitolo sono quindi riportati i risultati dell'analisi, effettuata su un primo campione di aziende, sulla correlazione tra la variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette

all'obbligo di diagnosi e la variazione percentuale del livello di maturità analizzato attraverso l'erogazione del questionario.

È stato valutato un primo campione di siti, di cui erano disponibili i dati di prestazione energetica per gli anni 2015 e 2019 e i dati relativi al livello di maturità in entrambe le situazioni.

Attraverso l'utilizzo dell'analisi di regressione statistica non è emerso una significativa correlazione tra le due variabili. Questo risultato risulta spiegabile anche dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica che per loro definizione possono risentire di fattori esterni che saranno oggetto di indagini supplementari così come previsto per il prossimo anno del progetto.

È stata inoltre, condotta un'analisi supplementare per valutare la correlazione tra la variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette all'obbligo di diagnosi e la situazione iniziale del loro livello di maturità. Attraverso l'utilizzo dello strumento della regressione statistica è emerso che è possibile relazionare le due variabili con una significatività del 0,05.

Nel prossimo anno l'analisi sarà quindi estesa a un campione più grande per valutare ulteriormente questi aspetti.

4 Conclusioni

Nel presente report sono stati mostrati i risultati della validazione delle metodologie e degli strumenti definiti nell'annualità precedente.

Durante questa annualità del progetto, il modello di assessment della maturità sviluppato il precedente anno è stato prima di tutto validato attraverso l'incontro con aziende di diverse associazioni di categoria.

I risultati dell'analisi condotta su un primo campione di aziende hanno confermato le capacità del modello di discriminare realtà differenti in termini di maturità e di individuare gli ambiti nel quale il miglioramento è avvenuto.

I risultati ottenuti dal modello sono stati, infatti, approfonditi al fine di verificare le cause dei differenti gradi di miglioramento raggiunti negli anni. Concordemente a ciò è inoltre ragionevole che il miglioramento sia stato più significativo per le aziende che si trovassero di fatti in situazioni più elementari in termini di maturità e che abbiano colto l'opportunità fornita dalla diagnosi energetica per evolvere nella strada del risparmio energetico.

Il modello può ritenersi quindi validato e sarà quindi utilizzato nella successiva annualità del progetto per condurre un'indagine estesa dell'evoluzione della maturità a seguito dell'introduzione dell'obbligo legislativo di diagnosi energetica.

Il lavoro condotto in questo anno ha consentito anche di sviluppare una modalità di erogazione del questionario di assessment in maniera telematica al fine di facilitare la diffusione dello strumento e la raccolta di dati per ampliare il campione di indagine che sarà analizzato durante la terza annualità del progetto.

Obiettivo delle attività di questa annualità del progetto, è stata anche la valutazione della variazione della maturità delle aziende che hanno effettuato la diagnosi energetica. Dalle analisi condotte su un primo campione è risultato che la maturità nella gestione dell'energia sia mediamente migliorata.

È stato anche condotto un primo confronto tra gli indicatori di prestazione energetica rilevati all'interno delle diagnosi del 2015 e quelli rilevati all'interno delle diagnosi del 2019, attraverso gli strumenti statistici definiti nel precedente anno.

L'obiettivo del confronto è permettere di stabilire se e come si sia modificata la prestazione energetica delle aziende che hanno effettuato la diagnosi energetica per entrambi i periodi. Dalle analisi condotte su un primo campione è risultato che non sia al momento possibile definire una variazione della prestazione energetica in maniera statisticamente significativa per quanto concerne gli indicatori di livello A che per quelli di livello B. Questo risultato risulta spiegabile anche dalla caratteristica stessa degli indicatori di prestazione energetica che per loro definizione possono risentire di fattori esterni che saranno oggetto di indagini supplementari così come previsto per il prossimo anno del progetto.

È stata inoltre, condotta un'analisi supplementare per valutare la correlazione tra la variazione dello sviluppo nel tempo della prestazione energetica delle aziende soggette all'obbligo di diagnosi e la situazione iniziale del loro livello di maturità. Attraverso l'utilizzo dello strumento della regressione statistica è emerso che è possibile relazionare le due variabili con una significatività del 0,05.

Nel prossimo anno le analisi condotte saranno estese ad un campione più ampio al fine di validarne i risultati.

5 Breve curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Il gruppo di ricerca impegnato nel progetto è composto da membri dell'Università degli studi di Roma "Tor Vergata", con competenze relative alla riduzione dei consumi energetici e dell'impatto ambientale dei processi industriali, alla gestione dell'energia e dei servizi industriali e al controllo statistico dei processi industriali.

Il gruppo di ricerca coinvolto nelle attività relative al risparmio energetico è così composto:

- **Vito Introna**, professore associato di impianti meccanici, esperto di Energy Management, Impianti Industriali e manutenzione industriale;
- **Vittorio Cesarotti**, professore associato di impianti meccanici, esperto di Operations Management, gestione della qualità e Six Sigma;
- **Annalisa Santolamazza**, assegnista di ricerca di Impianti Meccanici, dottore di ricerca in "Ingegneria per la Progettazione e Produzione industriale", specializzata in caratterizzazione dei consumi energetici e gestione della manutenzione attraverso tecniche di machine learning.

6 Allegato 1 – Specifiche del report finale del questionario online

Di seguito è riportato il documento di specifiche condiviso con ENEA e la società software per la definizione del rapporto di valutazione da erogare a termine dell'analisi.

Rapporto finale questionario maturità nella gestione dell'energia

TESTO 1 (INTRODUZIONE – Sempre uguale)

	Precedente	Attuale
Indice maturità	1,6	2,4

Analisi di trend

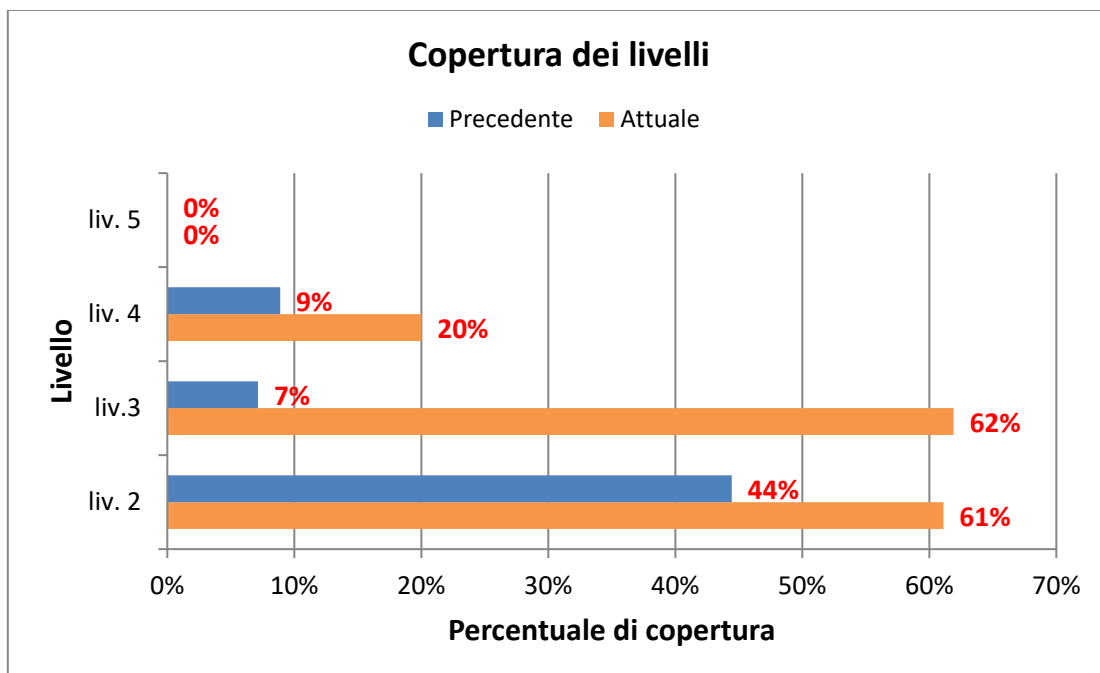
(Qui c'è il primo commento, sono previsti 3 possibili testi a seconda del risultato del confronto)

- TESTO 2 – se $\left(\frac{\text{Indice maturità Attuale} - \text{Indice maturità Precedente}}{\text{Indice maturità Precedente}} \leq 20\%\right)$
- TESTO 3 – se $\left(20\% < \frac{\text{Indice maturità Attuale} - \text{Indice maturità Precedente}}{\text{Indice maturità Precedente}} < 50\%\right)$
- TESTO 4 – se $\left(\frac{\text{Indice maturità Attuale} - \text{Indice maturità Precedente}}{\text{Indice maturità Precedente}} \geq 50\%\right)$

Analisi della situazione attuale

(Qui c'è il secondo commento, sono previsti 5 possibili testi a seconda del valore dell'indice di maturità attuale)

- TESTO 5 – se $(\text{Indice maturità Attuale} \leq 2)$
- TESTO 6 – se $(2 < \text{Indice maturità Attuale} \leq 2,5)$
- TESTO 7 – se $(2,5 < \text{Indice maturità Attuale} \leq 3)$
- TESTO 8 – se $(3 < \text{Indice maturità Attuale} \leq 4)$
- TESTO 9 – se $(\text{Indice maturità Attuale} > 4)$



Analisi di copertura dei livelli di maturità

(Qui c'è il terzo commento, sono previsti 4 possibili test a seconda della validità delle condizioni riguardanti il valore del livello di copertura Attuale; qualora si verificassero più condizioni dovrebbero comparire più test)

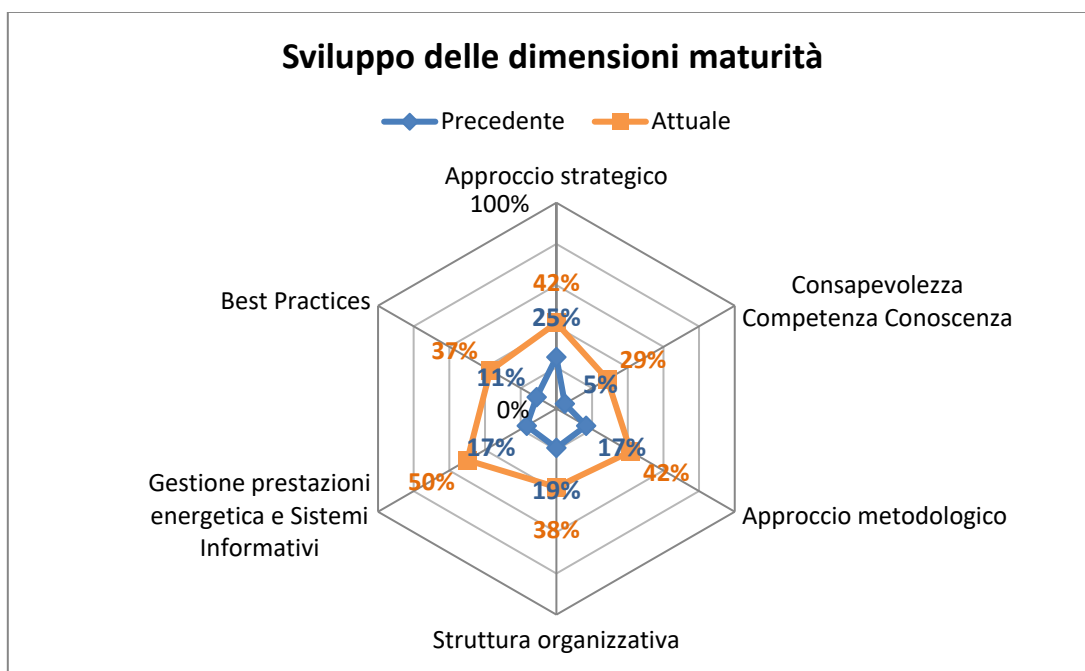
- TESTO 10 – se CONDIZIONE LIVELLI 1
- TESTO 11 – se CONDIZIONE LIVELLI 2
- TESTO 12 – se CONDIZIONE LIVELLI 3
- TESTO 13 – se CONDIZIONE LIVELLI 4

CONDIZIONE LIVELLI 1: SE ((% copertura liv 3 attuale > 50%) & (% copertura liv 2 attuale < 75%))

CONDIZIONE LIVELLI 2: SE ((% copertura liv 4 attuale > 50%) & (% copertura liv 3 attuale < 75%))

CONDIZIONE LIVELLI 3: SE ((% copertura liv 5 attuale > 50%) & (% copertura liv 4 attuale < 75%))

CONDIZIONE LIVELLI 4: SE risultano FALSE le CONDIZIONE LIVELLI 1, CONDIZIONE LIVELLI 2 e CONDIZIONE LIVELLI 3



Analisi dello sviluppo delle dimensioni di maturità

(Qui c'è il quarto commento, sono previsti 3 possibili testi a seconda della validità delle condizioni riguardanti il valore Attuale dello sviluppo delle dimensioni – definito in seguito “% sviluppo dimensioni”)

- TESTO 14 – se CONDIZIONE DIMENSIONE 1
- TESTO 15 – se CONDIZIONE DIMENSIONE 2
- TESTO 16 – se CONDIZIONE DIMENSIONE 3

Con $\Delta = (\text{MAX}(\% \text{ sviluppo dimensioni}) - \text{MIN}(\% \text{ sviluppo dimensioni}))$

CONDIZIONE DIMENSIONE 1: SE $\left(\frac{\Delta}{\text{MEDIA}(\% \text{ sviluppo dimensioni})} \geq 60\% \right)$

CONDIZIONE DIMENSIONE 2: SE $\left(30\% \leq \frac{\Delta}{\text{MEDIA}(\% \text{ sviluppo dimensioni})} < 60\% \right)$

CONDIZIONE DIMENSIONE 3: SE $\left(\frac{\Delta}{\text{MEDIA}(\% \text{ sviluppo dimensioni})} < 30\% \right)$

Suggerimenti per un piano d'azione

(Qui c'è il quinto commento, sono previsti 4 possibili test a seconda della validità delle condizioni riguardanti il valore del livello di copertura Attuale; qualora si verificassero più condizioni dovrebbero comparire più test)

- TESTO 17 – se CONDIZIONE LIVELLI 1
- TESTO 18 – se CONDIZIONE LIVELLI 2
- TESTO 19 – se CONDIZIONE LIVELLI 3
- TESTO 20 – se CONDIZIONE LIVELLI 4

(Qui c'è il sesto commento, sono previsti 2 possibili test a seconda a seconda della validità delle condizioni riguardanti il valore Attuale dello sviluppo delle dimensioni)

- Se risultano valide la CONDIZIONE DIMENSIONE 1 oppure la CONDIZIONE DIMENSIONE 2: deve essere previsto un testo fisso (TESTO 21) con alla fine l'elenco delle dimensioni che risultano più problematiche, cioè quelle per cui risulta valida la condizione seguente:

$$(\% \text{ sviluppo dimensione}) < \left(\text{MIN}(\% \text{ sviluppo dimensione}) + \frac{\Delta}{3} \right)$$

- TESTO 22 – se risulta valida la CONDIZIONE DIMENSIONE 3