



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Ingegneria Energetica e Nucleare

A.a. 2021/2022

Sessione di Laurea luglio 2022

Analisi dei consumi e gestione energetica in una catena di centri fitness

Azioni gestionali e studio di fattibilità tecnico-economica per
interventi di retrofit energetico

Relatore:

Ch.mo Prof. Marco Carlo Masoero

Candidato:

Stefano Parisi

Relatore esterno:

Ing. Fabio Allegri

Sommario

Abstract	11
Introduzione	12
1. Contesto normativo ed economico	15
1.1 Obiettivi europei per il 2050.....	15
1.2 Il PNRR e il tema dell'energia.....	18
1.3 Figure del risparmio energetico.....	20
1.3.1 Energy Manager (EM).....	20
1.3.2 Esperto in Gestione dell'Energia (EGE).....	21
1.3.3 ESCo	22
1.4 Contratti EPC.....	23
1.4.1 First out.....	24
1.4.2 First in	24
1.4.3 Shared savings	24
1.4.4 Guaranteed savings	25
1.4.5 Servizio energia plus.....	25
1.5 Finanziamento tramite terzi (FTT) e requisiti di una ESCo	25
1.6 Incentivi: i Titoli di Efficienza Energetica (TEE)	27
1.6.1 Soggetti obbligati.....	27
1.6.2 Chi realizza gli interventi	28
1.6.3 Tipologie di progetti e metodi per la valutazione dei risparmi	29
1.6.4 Mercato dei Titoli di Efficienza Energetica	31
1.7 Protocolli di sostenibilità	32
1.7.1 LEED	32
1.7.2 Itaca	33

1.7.3	Altri protocolli di sostenibilità	33
1.8	UNI CEI EN ISO 50001	33
1.8.1	Introduzione e generalità	33
1.8.2	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA) e fasi operative	35
2.	Analisi dei consumi energetici di una catena di centri fitness	37
2.1	Introduzione a RSG Group	37
2.2	Caratteristiche principali dei centri fitness analizzati	39
2.3	<i>Baseline</i> energetica	40
2.4	Analisi dei consumi energetici	44
2.5	Benchmarking esterno tra i centri fitness del gruppo RSG.....	48
2.6	Analisi delle forniture energetiche	55
2.7	Il miglior sistema edificio-impianto	59
3.	Gestione energetica e interventi di efficientamento: azioni proposte	61
3.1	Analisi dei dati di monitoraggio del centro fitness Gold's Gym di Milano	61
3.1.1	Carico giornaliero	64
3.1.2	Analisi dell'occupazione	66
3.2	Azioni gestionali proposte	68
3.2.1	Intervento 1: regolazione dei ventilatori delle Unità di Trattamento Aria ...	69
3.2.2	Intervento 2: regolazione degli accumuli di acqua calda sanitaria	82
3.2.3	Intervento 3: adeguamento dei set-point interni	90
3.2.4	Intervento 4: regolazione delle luci.....	94
3.3	Risparmi conseguibili nei diversi scenari e richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica	95
3.3.1	Risultati ottenibili per il gruppo RSG	95
3.3.2	Richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica	98
3.4	Interventi di efficientamento per un centro fitness	98

3.4.1	Analisi dello stato di fatto.....	98
3.4.2	Stato a progetto.....	108
3.4.3	Studio di fattibilità tecnico-economica	110
Conclusioni		118
Bibliografia.....		122

Indice delle figure

Figura 1 - Il Green Deal europeo [3, p. 3]	16
Figura 2 - Meccanismo di funzionamento del finanziamento tramite terzi [24, p. 9]	26
Figura 3 - PC, PS, RC, RS, CP e RVP presentati nel 2021 dai diversi soggetti [29, p. 19]	28
Figura 4 - RVC presentati nel 2021 dai diversi soggetti [29, p. 20]	29
Figura 5 - Legenda dei soggetti [29, p. 20]	29
Figura 6 - Struttura del meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica [29, p. 10]	31
Figura 7 - Ingresso e zona esterna della palestra Gold's Gym di Milano	38
Figura 8 - Ripartizione dei consumi di energia primaria per una palestra tipo.....	45
Figura 9 - Firma energetica della palestra di Bari.....	45
Figura 10 - Firma energetica della palestra di Milano Fulvio Testi (un anno).....	46
Figura 11 - Firma energetica Milano Fulvio Testi (2 anni).....	47
Figura 12 - Prezzi dell'energia elettrica per consumatori industriali in Europa nel 2018 [51]	56
Figura 13 - Prezzi del gas naturale per consumatori industriali in Europa nel 2018 [51] ...	56
Figura 14 - Variazioni trimestrali dei prezzi dell'energia elettrica e del gas naturale [52, p. 6]	57
Figura 15 - Andamento del prezzo dell'energia elettrica per cliente nel mercato tutelato [53].....	58
Figura 16 - Andamento del prezzo del gas naturale per cliente nel mercato tutelato [54]	58
Figura 17 - Unità esterna del VRF installato nella palestra di Milano Gold's Gym.....	62
Figura 18 - Schermata di controllo del software che permette la gestione energetica nella palestra Gold's Gym di Milano (Home)	63
Figura 19 - Schermata di controllo del software che permette la gestione energetica nella palestra Gold's Gym di Milano (UTA)	64
Figura 20 - Curva di carico elettrico medio giornaliero per i giorni feriali	65
Figura 21 - Curva di carico elettrico medio giornaliero per i giorni festivi.....	65
Figura 22 - Curva di carico elettrico medio giornaliero per i giorni feriali e festivi (baseline)	66
Figura 23 - Curva di occupazione lunedì 21/03/2022	67
Figura 24 - Curva di occupazione sabato 26/03/2022.....	67

Figura 25 - Curva di occupazione domenica 27/03/2022.....	68
Figura 26 – Unità di Trattamento Aria installata nel centro fitness Gold’s Gym di Milano	70
Figura 27 – Ventilatori dell’UTA installata nella palestra di Gold’s Gym di Milano	70
Figura 28 - Curva di regolazione della portata per i giorni feriali (teorica)	71
Figura 29 - Curva di regolazione della portata per i giorni festivi (teorica)	72
Figura 30 - Schema di regolazione dell’UTA da remoto – Portate	76
Figura 31 - Schema di regolazione dell’UTA da remoto – Potenze dei ventilatori	76
Figura 32 - Potenza elettrica assorbita dai ventilatori in funzione della portata.....	77
Figura 33 - Curva di regolazione della portata per i giorni feriali (costruita sui dati misurati)	80
Figura 34 - Curva di regolazione della portata per i giorni festivi (costruita sui dati misurati)	80
Figura 35 - Contatore dell'acqua della palestra Gold's Gym di Milano.....	84
Figura 36 – Schema funzionale ACS Gold’s Gym Milano.....	85
Figura 37 - Bollitore per la produzione di acqua calda sanitaria.....	86
Figura 38 - Set-point della temperatura interna nella palestra Gold's Gym di Milano.....	91
Figura 39 - Modello energetico per la modifica delle temperature di set-point della palestra di Torino Duchessa Jolanda	92
Figura 40 - Roof Top a servizio del centro fitness di Torino Mirafiori Nord.....	102
Figura 41 - Generatore di calore a gas naturale installato nella palestra di Torino Mirafiori Nord.....	103
Figura 42 - Bollitore solare installato nel centro fitness di Torino Mirafiori Nord.....	104
Figura 43 - Pompe gemellari installate nella centrale termica della struttura di Torino Mirafiori Nord.....	105
Figura 44 - Modellazione della stratigrafia dei muri perimetrali della palestra di Torino Mirafiori Nord.....	106
Figura 45 - Modellazione della stratigrafia della copertura della palestra di Torino Mirafiori Nord.....	106
Figura 46 - Classe energetica stato di fatto per la palestra di Torino Mirafiori Nord	108
Figura 47 - VAN per installazione di un impianto fotovoltaico nella palestra di Torino Mirafiori Nord.....	111

Figura 48- VAN per installazione di un nuovo generatore di calore nella palestra di Torino Mirafiori Nord.....	112
Figura 49 - VAN per realizzazione del cappotto esterno nella palestra di Torino Mirafiori Nord.....	113
Figura 50 - VAN per installazione di un impianto fotovoltaico e di un nuovo generatore di calore nella palestra di Torino Mirafiori Nord.....	113
Figura 51 - Flussi di cassa per lo scenario 4 per la palestra di Torino Mirafiori Nord	114
Figura 52 - VAN per installazione di un impianto fotovoltaico, di un nuovo generatore di calore e per la realizzazione del cappotto esterno nella palestra di Torino Mirafiori Nord	115
Figura 53 - Flussi di cassa per lo scenario 5 per la palestra di Torino Mirafiori Nord	116

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Impianti termotecnici per una palestra tipo del gruppo RSG	40
Tabella 2 - Fattori di conversione tep - MWh.....	41
Tabella 3 - Baseline dei consumi energetici	42
Tabella 4 - Potenza elettrica impegnata ed energia primaria consumata annualmente....	43
Tabella 5 - Stima dei consumi energetici di baseline del gruppo RSG in Italia.....	44
Tabella 6 - Indicatori specifici di consumo (EnPI) per il 2021.....	50
Tabella 7 - Intervalli di suddivisione delle classi per il 2021.....	51
Tabella 8 - Classificazione dei centri fitness analizzati in base agli indicatori specifici di consumo per il 2021	52
Tabella 9 - Indicatori specifici di consumo (EnPI) per la baseline	53
Tabella 10 - Intervalli di suddivisione delle classi per la baseline	54
Tabella 11 - Classificazione dei centri fitness analizzati in base agli indicatori specifici di consumo per la baseline.....	54
Tabella 12 - Costi unitari dell'energia elettrica e del gas naturale (2018)	55
Tabella 13 - Costi unitari dell'energia elettrica e del gas naturale (2021)	57
Tabella 14 - Costo unitario del gas naturale (febbraio 2022).....	59
Tabella 15 - Soglie di occupanti e portata di ventilazione.....	72
Tabella 16 - Potenza elettrica assorbita dai ventilatori dell'Unità di Trattamento Aria	73
Tabella 17 - Potenze reali assorbite dai ventilatori di mandata e ripresa.....	77
Tabella 18 - Consumo medio giornaliero di acqua.....	82
Tabella 19 - Confronto tra i consumi giornalieri di acqua	84
Tabella 20 - Legenda figura 31	85
Tabella 21 - Modellazione del consumo di acqua calda sanitaria della palestra Gold's Gym di Milano tramite il software Edilclima EC700 (1).....	87
Tabella 22 - Modellazione del consumo di acqua calda sanitaria della palestra Gold's Gym di Milano tramite il software Edilclima EC700 (2).....	87
Tabella 23 - Temperature medie mensili nella centrale termica della palestra Gold's Gym di Milano.....	89
Tabella 24 - Risparmi energetici conseguibili al variare della temperatura e del volume degli accumuli di acqua calda sanitaria.....	89

Tabella 25 - Variazioni del consumo annuo di energia primaria con differenti temperature di set-point interne.....	93
Tabella 26 - Potenza elettrica assorbita per illuminazione prima e dopo la regolazione nella struttura Gold's Gym di Milano	94
Tabella 27 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 1 (regolazione della portata immessa dalle UTA)	95
Tabella 28 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 2 (regolazione della temperatura degli accumuli di ACS)	96
Tabella 29 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 3 (regolazione della temperatura interna di set-point)	97
Tabella 30 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 4 (regolazione dell'impianto di illuminazione)	97
Tabella 31 - Risparmi totali per gli interventi di gestione energetica	98
Tabella 32 - Risparmi totali per gli interventi di gestione energetica con la richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica.....	98
Tabella 33 - Scheda riepilogativa dell'edificio in cui è situato il centro fitness di Torino Mirafiori Nord.....	99
Tabella 34 - Specifiche tecniche Roof Top 1 installato nella palestra di Torino Mirafiori Nord	101
Tabella 35 - Specifiche tecniche Roof Top 2 installato nella palestra di Torino Mirafiori Nord	101
Tabella 36 - Consumo annuo di gas naturale nello scenario ante operam secondo il modello energetico per il centro di Torino Mirafiori Nord	106
Tabella 37 - Consumo annuo di energia elettrica nello scenario ante operam secondo il modello energetico per il centro di Torino Mirafiori Nord	107
Tabella 38 - Consumi di energia primaria nello scenario ante operam secondo il modello energetico per il centro di Torino Mirafiori Nord	107
Tabella 39 - Producibilità mensile dell'impianto fotovoltaico.....	109
Tabella 40 - Consumi di energia elettrica con e senza cappotto per la struttura di Torino Mirafiori Nord.....	110
Tabella 41 Confronto tra lo scenario ante operam e lo scenario 4 per la palestra di Torino Mirafiori Nord.....	114

Tabella 42 – Confronto tra lo scenario ante operam e lo scenario 5 per la palestra di Torino	
Mirafiori Nord.....	116

Abstract

La pressante sfida energetica e ambientale del nostro tempo ci spinge a trovare soluzioni per abbassare i consumi e le emissioni di gas climalteranti. Per raggiungere gli obiettivi prefissati dalla comunità internazionale, la gestione energetica rappresenta un'ottima soluzione per ridurre i fabbisogni di energia con bassi costi di investimento; di pari passo, è necessario intervenire sugli edifici che presentano una scarsa efficienza degli impianti termotecnici e un involucro edilizio non adeguato agli standard attuali.

Dopo una rassegna della normativa vigente, il presente studio intende analizzare i consumi energetici di una catena di centri fitness appartenenti al gruppo RSG, con l'obiettivo di trovare efficaci opportunità di risparmio energetico. A questo proposito, si esaminano le varie strutture del gruppo sia dal punto di vista ingegneristico, mediante delle modellazioni energetiche degli edifici, sia tramite l'analisi dei consumi reali derivanti dalle bollette e dai dati di monitoraggio. Inoltre, si cerca di regolare in modo ottimale gli impianti attualmente installati nei centri fitness e si propongono delle azioni di riqualificazione da realizzare sulle strutture che attualmente presentano un'efficienza non soddisfacente. In questo modo, estendendo i risultati all'intera catena, si mira a razionalizzare gli usi energetici nell'azienda e a ridurre notevolmente i consumi.

Introduzione

Il cambiamento climatico è sotto gli occhi di tutti: l'incremento della temperatura media della Terra, lo scioglimento dei ghiacciai, le condizioni meteorologiche sempre meno prevedibili e l'aumento della frequenza di eventi naturali catastrofici sono solo alcuni dei fenomeni a cui l'umanità andrà incontro se non agirà tempestivamente [1]. Per fare fronte a queste numerose problematiche che stanno emergendo, occorre cambiare radicalmente il modo in cui si produce e utilizza l'energia, rivoluzionando anche i mezzi di trasporto e creando delle città sostenibili. Per quanto riguarda il settore energetico, se da un lato la transizione ecologica verso le fonti rinnovabili è inevitabile e costituisce il modo per decarbonizzare la produzione di energia, dall'altro occorre intervenire sugli edifici esistenti; infatti, questi ultimi nel 2019 pesano per circa il 28% delle emissioni globali di anidride carbonica e hanno perciò un grande potenziale di risparmio di energia [2]. Intervenire sul consumo energetico degli edifici è possibile in due modi differenti: sostituendo gli impianti poco efficienti e intervenendo sull'involucro edilizio, oppure cercando di gestire in maniera ottimale l'uso che si fa dell'energia; quest'ultima strada si concentra sulla regolazione degli impianti tecnologici e sulla ricerca di sprechi energetici, con lo scopo di migliorare le prestazioni in esercizio del sistema edificio-impianto. Queste due modalità possono portare a ottimi risultati, soprattutto se vengono perseguite entrambe.

Il presente studio riguarda l'analisi dei consumi energetici del gruppo RSG, proprietario della più grande catena di centri fitness d'Europa. L'azienda intende investire nell'efficienza energetica e mira a razionalizzare i propri consumi, riducendoli ove possibile. Pertanto, si vogliono valutare opportunità di gestione energetica nelle catene appartenenti al gruppo, estendendo i confini dello studio a tutte le strutture attualmente presenti in Italia. Il lavoro è suddiviso in tre capitoli principali, ognuno dei quali riguarda argomenti connessi tra loro. Il primo capitolo concerne gli obiettivi posti a livello europeo e italiano e la normativa attualmente in vigore. Infatti, per prima cosa si vuole dare una motivazione al presente studio, esaminando brevemente il contesto in cui ci si trova. La rassegna dei principali piani europei ed italiani mira a spiegare le motivazioni dell'investimento in gestione ed efficientamento energetico, cercando di comprendere ciò che si propone di fare il presente lavoro. In questa prima parte, si esaminano gli ambiziosi obiettivi europei per il 2050 e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) [3] [4]. Vista la situazione ambientale ed

economica che caratterizza l'attuale periodo storico, diverse figure e imprese si impegnano per trovare soluzioni efficaci per risolvere i problemi energetici, agendo sugli edifici e migliorando al contempo il comfort. Pertanto, dapprima si offre una breve descrizione delle figure dell'efficienza energetica nello scenario attuale; dopodiché, si espongono gli usuali metodi con i quali è possibile finanziare le opere da realizzare e i principali incentivi statali a cui si può accedere per rendere maggiormente sostenibili gli investimenti. In ultimo, si elencano i più diffusi protocolli di sostenibilità e si esamina la norma UNI CEI EN ISO 50001 [5].

Considerando quanto emerso dallo studio della letteratura e del contesto normativo e socioeconomico in cui si agisce, il secondo capitolo mira a evidenziare i consumi energetici del gruppo RSG. Per fare ciò si utilizzano i modelli termofisici di alcuni edifici fra quelli considerati e si raccolgono le bollette dell'energia elettrica e del gas naturale: infatti, l'obiettivo è quello di determinare i consumi di *baseline* di tutte le strutture della catena e, di conseguenza, il totale per l'intero gruppo. Dopodiché si intende confrontare tra loro le varie strutture, standardizzando per quanto possibile la trattazione, con lo scopo di stilare una classificazione in base a degli indici energetici e vedere quali centri necessitano di interventi in maniera prioritaria. In seguito, si analizza lo stato attuale dei prezzi delle forniture energetiche per capire se sono adeguati agli standard di mercato. Infine, questa sezione del lavoro mira a stabilire quali siano i migliori impianti termotecnici attualmente installati, con lo scopo di dare indicazioni all'azienda su quale tra questi replicare nei centri di prossima apertura.

Nel terzo capitolo vengono mostrate le azioni gestionali che si intende realizzare, esponendo diversi scenari e determinando per ognuno i risparmi energetici conseguibili. Per fare ciò, si parte dallo studio dei dati di monitoraggio che si hanno a disposizione, evidenziando come è possibile estrarre conoscenza da essi; queste informazioni sono fondamentali per definire i consumi energetici ante e post operam, osservando le variazioni nei carichi. Le regolazioni degli impianti prevedono il monitoraggio dei consumi energetici per validare i risultati teorici calcolati a priori. Infine, sulla base di quanto emerso dalla classificazione rispetto agli indicatori di consumo effettuata nel secondo capitolo, si vogliono proporre interventi di *retrofit* per le strutture più energivore; per fare ciò si utilizzano dei modelli termofisici basati sulla modellazione degli edifici con software di calcolo. Utilizzare sia un approccio ingegneristico, sia uno *data driven* permette di

confrontare i risultati e correggere i modelli per evidenziare il comportamento in esercizio dell'edificio.

In ultimo, considerando la metodologia utilizzata in questo studio, si segue quella descritta nella norma UNI CEI EN ISO 50001, esaminata nel capitolo uno, per rendere sistematiche le azioni proposte in un'ottica di sviluppo aziendale volto al miglioramento e alla sostenibilità.

1. Contesto normativo ed economico

Al giorno d'oggi investire in efficientamento energetico significa perseguire sia un risparmio economico, sia compiere delle azioni per l'ambiente che ci circonda. L'urgente bisogno di rendere maggiormente sostenibile il settore energetico ci spinge a compiere sforzi per ridurre le emissioni di gas serra, investendo nell'efficientamento degli usi finali e delle infrastrutture e sviluppando il settore delle rinnovabili. Al contempo, negli ultimi mesi del 2021 e all'inizio del 2022 si sono registrati degli aumenti considerevoli dei prezzi dell'energia elettrica e del gas naturale. Le cause di questi fenomeni sono molteplici, ma sono riconducibili soprattutto all'inflazione dovuta alla ripresa economica dopo la pandemia da Coronavirus, con ritardi nelle forniture e scarsità di materie prime e, soprattutto, al conflitto tra Russia e Ucraina. Pertanto, oggi più che mai le tematiche affrontate in questo studio sono di estrema importanza ed attualità [6].

1.1 Obiettivi europei per il 2050

Ancor prima dell'avvento della pandemia causata dal Coronavirus, nel 2019 l'Unione Europea ha presentato dei programmi ambiziosi per la transizione energetica negli Stati membri, con dei piani per il 2030 e per il 2050.

Il *Green Deal* europeo vuole offrire ai Paesi europei un'economia moderna, che preveda l'utilizzo di risorse efficienti e la diminuzione delle emissioni di gas a effetto serra, per consentire il passaggio dell'UE verso progetti maggiormente sostenibili. La transizione ecologica mira a tutelare il benessere e la salute dei cittadini da possibili rischi ambientali e, per questo, si inserisce in un'ottica inclusiva, che richiede anche la partecipazione attiva degli individui e la fiducia verso tale processo di cambiamento; inoltre, la transizione è inserita all'interno di una prospettiva collettiva, nella quale l'UE può influenzare gli altri paesi dell'Europa e del mondo a seguire questo percorso [3].

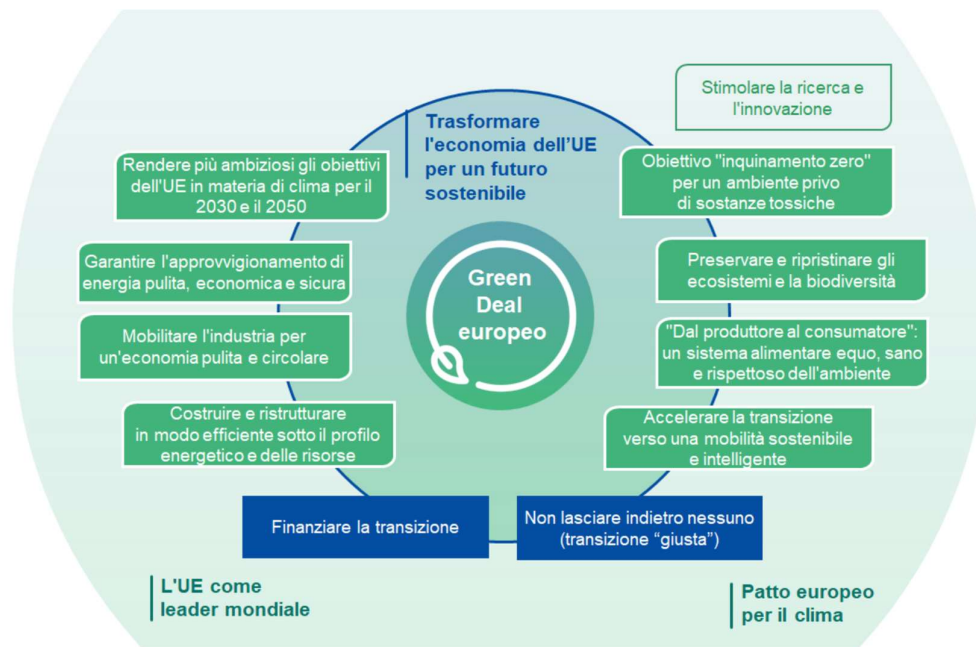


Figura 1 - Il Green Deal europeo [3, p. 3]

Il *Green Deal* prevede diversi passaggi per la concretizzazione di un futuro sostenibile. Il primo tra questi è la riformulazione di politiche economiche trasformative, orientate allo sfruttamento di energia pulita.

Innanzitutto, sono stati posti obiettivi ambiziosi relativi al clima per il 2030 e il 2050. Uno tra questi è l'entrata in vigore, a partire dal 2021, della "legge per il clima" europea [7], che ha l'obiettivo di perseguire la neutralità climatica entro il 2050 ed esplicita le condizioni atte a rendere la transizione efficace. Questa normativa, inoltre, definisce l'impegno dell'UE a ridurre le emissioni di gas a effetto serra per il 2030; un punto fondamentale è quello di rendere accessibile a tutti i Paesi membri l'approvvigionamento di energia pulita e sicura. Per centrare gli obiettivi 2030 e 2050, è necessario che avvenga la decarbonizzazione del sistema di generazione dell'energia; ciò a cui si punta è la creazione di un settore energetico fondato sull'utilizzo di fonti rinnovabili e sull'eliminazione rapida del carbone. Allo stesso tempo, per garantire la sicurezza dei consumatori e delle imprese, è opportuna un'interconnessione della rete energetica europea; per di più, la transizione verso un'energia più pulita deve essere applicata a beneficio dei consumatori e deve tenere conto delle famiglie che non possono permettersi i servizi energetici primari [3].

Poi, è necessario attivare e incentivare l'industria dei Paesi dell'UE per realizzare un'economia circolare e pulita. Il *Green Deal* costituisce un'opportunità per l'espansione

europea di un modello economico sostenibile, che sfrutta tecnologie a basse emissioni, e circolare, che offre posti di lavoro e potenzialità di sviluppo. A questo proposito, la strategia industriale dell'Unione Europea mira alla promozione delle risorse della transizione digitale, elemento fondamentale per pervenire agli obiettivi del *Green Deal*, insieme alla trasformazione "*green*". Inoltre, per la concretizzazione di un'economia circolare è stato previsto anche un nuovo piano d'azione che renda moderna l'economia europea e che valorizzi le possibilità dell'economia circolare sul piano europeo e mondiale; per di più, nel piano d'azione è compresa una politica per la progettazione di prodotti "sostenibili", a salvaguardia dell'ambiente [8]. La Commissione europea ha istituito sette ambiti principali per l'attuazione del piano strategico, ovvero quello delle materie plastiche, il tessile, l'elettronico, quello dell'edilizia, l'alimentare, quello di batterie e veicoli e quello degli imballaggi.

Un altro passaggio da tenere in considerazione è la costruzione di edifici efficienti e la riqualificazione energetica del parco immobiliare. Erigere, utilizzare e ristrutturare i fabbricati prevede l'utilizzo di una quantità significativa di risorse minerarie ed energetiche, considerando anche che il 40 % del consumo di energia deriva dagli edifici. A tal proposito, per far fronte all'inefficienza di gran parte degli edifici esistenti, l'UE intende promuovere la riqualificazione energetica di edifici pubblici e privati; relativamente alla situazione italiana, questo è stato fatto a partire dal 2020 grazie al Superbonus 110% [4].

Tra le politiche trasformative previste, si può citare anche la transizione verso una mobilità intelligente e sostenibile. Un quarto delle emissioni di gas dell'UE, infatti, è prodotto dai trasporti e l'impatto che questi determinano continua a crescere. Pertanto, per raggiungere la neutralità climatica sostenuta dal *Green Deal*, è necessario che avvenga una riduzione delle emissioni generate dai trasporti del 90% entro il 2050, condizione che richiede il contributo del trasporto stradale, aereo, ferroviario e per vie navigabili; al tempo stesso, l'Unione Europea dovrebbe favorire un incremento della produzione e della diffusione di combustibili sostenibili alternativi per quanto riguarda l'area dei trasporti, mediante l'utilizzo di veicoli a zero o a basse emissioni [3].

Per raggiungere i target prefissati, occorre ancora stabilire una politica di investimenti per aiutare le aziende e i privati ad attuare la transizione energetica. Tra gli incentivi proposti dall'Unione Europea, si può citare il *Fondo InvestEU*, di cui il 30% verrà utilizzato per ridurre le emissioni climalteranti, oltre ad una notevole quota di fondi derivanti dal bilancio dell'UE.

In questo contesto, è di fondamentale importanza il coinvolgimento di aziende private che devono essere messe nelle condizioni di poter pianificare e finanziare interventi ecologicamente sostenibili, i cui risultati si vedranno nel lungo periodo. Le imprese innovative e la ricerca nel settore dell'energia devono essere sostenute, in modo da generare conoscenza e sviluppo economico [3].

1.2 Il PNRR e il tema dell'energia

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) è un piano strategico approvato dal Governo italiano nel 2021 per rilanciare l'economia del Paese dopo la crisi dovuta alla pandemia da Covid-19, favorendo la transizione ecologica e la digitalizzazione; il PNRR riprende il piano europeo noto come *Next Generation EU* (o *Recovery Fund*) [9]. A seguito dell'avanzamento del riscaldamento globale e del cambiamento climatico, si ritiene sempre più opportuno apportare adeguate modifiche al sistema Paese, finalizzate ad uno sviluppo maggiormente sostenibile che possa contenere i danni all'ecosistema. Gli obiettivi europei e globali dell'*European Green Deal* mirano alla cosiddetta "*Net-Zero*", ovvero la radicale riduzione delle emissioni di anidride carbonica, oltre che alla promozione di soluzioni "*green*", che tutelino la natura e l'ambiente [3].

Relativamente all'Italia, il piano ecologico tiene conto delle specificità che le sono proprie. Innanzitutto, il nostro Paese conta su un patrimonio di inestimabile valore, costituito da un ecosistema naturale unico che, nel corso del tempo, si è distinto come promotore di storia, cultura, identità e progresso economico presente e futuro [4]. Al contempo, è necessario precisare che l'Italia è dotata di particolari peculiarità del territorio e presenta una specifica conformazione geografica, elementi che nel tempo, tuttavia, hanno condotto ad evidenti abusi ecologici; per queste motivazioni il nostro Paese, a differenza di altri, è maggiormente a rischio di incorrere in danni derivanti dal cambiamento climatico, come il dissesto idrogeologico. Inoltre, considerando la carenza di risorse fossili, come il gas naturale e il petrolio, e l'elevato potenziale di sfruttamento di alcune risorse rinnovabili che caratterizzano l'Italia rispetto agli altri Paesi europei, la transizione ecologica può essere l'occasione non solo di un vantaggio maggiore rispetto agli altri Stati membri, ma anche più rapido [4].

Eppure, al momento la transizione presenta due difficoltà primarie. Per prima cosa, è circoscritta solamente ad alcuni settori, come ad esempio quello elettrico; in secondo luogo, il corso della transizione sta avvenendo troppo lentamente, condizione dovuta

principalmente a problematicità autorizzative e burocratiche relative alle infrastrutture in Italia, che hanno portato al rallentamento dello sviluppo di impianti alimentati da fonti rinnovabili o di trattamento dei rifiuti.

Di fronte a tale situazione, il PNRR si pone come strumento volto a sollecitare lo svolgimento della transizione descritta precedentemente, con lo scopo di abbattere i complessi ostacoli che si sono presentati in passato. La Rivoluzione Verde e la Transizione ecologica, nota come Missione 2 del PNRR, prevede quattro Componenti primarie: la Componente 1 (C1), relativa all'economia circolare e all'agricoltura sostenibile, la Componente 2 (C2), riguardante l'energia rinnovabile, l'idrogeno, la rete e la mobilità sostenibile, la Componente 3 (C3), inerente all'efficienza energetica e alla riqualificazione degli edifici, e infine la Componente 4 (C4), che concerne la tutela del territorio e delle risorse idriche [4].

La Componente 1 mira al raggiungimento di una completa sostenibilità ambientale. Da una parte, si punta al miglioramento dell'economia circolare e della gestione dei rifiuti attraverso il potenziamento degli impianti per la raccolta differenziata e il rinnovo o la creazione di nuovi centri di trattamento dei rifiuti. Dall'altra, si mira alla promozione di un'agricoltura sostenibile, mediante l'instaurazione di filiere alimentari ed agricole "*green*". La Componente 2, finalizzata all'applicazione della decarbonizzazione in tutti i settori, prevede riforme ed interventi volti alla promozione dell'uso di rinnovabili, mediante lo sviluppo di impianti distribuiti e il potenziamento della rete dell'energia elettrica. Un ulteriore obiettivo della C2 è quello di favorire una rete internazionale industriale con lo scopo di sviluppare in Italia la ricerca su tecnologie innovative a fonte rinnovabile. Le comunità energetiche e gli auto-consumatori di energia rinnovabile ricoprono un ruolo importante nella decarbonizzazione del Paese; la produzione sarà sempre più decentralizzata, con la possibilità di accumulare l'energia in eccesso quando disponibile ed utilizzarla in altri momenti. La C2 comprende misure per diminuire le pratiche autorizzative per gli impianti alimentati da fonte rinnovabile *onshore* e *offshore*, favorendo in questo modo gli investimenti da parte del settore privato; inoltre, è di particolare importanza il ruolo dell'idrogeno, il cui uso verrà sperimentato in alcuni settori produttivi e in quello dei trasporti.

La Componente 3 vuole incrementare il grado di efficienza energetica degli edifici, elemento fondamentale per ridurre la quantità di emissioni climalteranti nel nostro Paese.

Allo stesso tempo, tale componente intende promuovere la sicurezza del territorio, che comprende, in questo senso, interventi per contenere i rischi idrogeologici e per salvaguardare la natura e la biodiversità, la disponibilità di fonti idriche, oltre alla rimozione del grado di inquinamento del terreno e delle acque; di fatto, enfatizzare gli aspetti appena citati risulta strettamente necessario per garantire la salute dei cittadini e, quindi, una prospettiva maggiormente “green”. La Componente 3 mira ad efficientare sia edifici pubblici che privati; tra gli edifici pubblici, in particolare, ci si concentra sulle scuole e sugli edifici giudiziari. Una grande spinta all’efficientamento del parco edilizio residenziale è data dal Superbonus 110%, a cui è destinata la quota più grande di fondi per la C3: esso prevede un incentivo sotto forma di detrazione fiscale del 110% (ottenibile in 5 anni) delle spese sostenute per l’efficientamento energetico e l’adeguamento antisismico degli edifici. Tra gli interventi inclusi nel Superbonus si annoverano l’isolamento delle strutture opache, la sostituzione dei generatori di calore, la sostituzione degli infissi e l’installazione di fonti rinnovabili quali il solare termico e il solare fotovoltaico. Inoltre, la Componente 3 propone un’estensione delle attuali reti di teleriscaldamento e la costruzione di nuove, con l’obiettivo di utilizzare calore di scarto, generato da fonti rinnovabili o prodotto tramite la Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR).

Infine, l’obiettivo che si pone la Componente 4 è quello di incrementare il grado di resilienza del territorio italiano agli inevitabili mutamenti climatici e garantire la protezione della biodiversità, insieme all’efficienza e alla sicurezza della rete idrica [4].

1.3 Figure del risparmio energetico

L’uso razionale dell’energia coinvolge diverse figure: tra le principali, si possono riportare l’*Energy Manager* (EM), l’Esperto in gestione dell’Energia (EGE) e le *Energy Service Companies* (ESCo).

1.3.1 Energy Manager (EM)

La figura dell’*energy manager* è stata introdotta dalla legge 10 del 1991 [10]. Il suo obiettivo è quello di vigilare sull’uso razionale dell’energia all’interno di un’azienda privata o di un ente pubblico con consumi energetici elevati. L’*energy manager* deve incentivare l’adozione di buone pratiche per l’uso dell’energia, cercando di attuare interventi di efficientamento energetico e volti all’uso di fonti rinnovabili. L’*energy manager* può essere una figura interna all’azienda se questa è di dimensioni considerevoli, oppure può essere un esperto esterno con le adeguate competenze per svolgere il compito assegnatogli.

Quindi, l'EM deve avere preferibilmente un *background* tecnico e deve essere in grado di dialogare ed esporre semplicemente i concetti legati all'ambito energetico ai colleghi e ai vertici aziendali; infatti, la capacità di comunicazione è un elemento essenziale per ottenere dei buoni risultati.

La legge 10/91 [10] [11] definisce le soglie di consumo oltre le quali i soggetti sono obbligati a nominare un *energy manager*, ovvero:

- 1000 tep per le aziende pubbliche e private nel settore civile e nel terziario;
- 10000 tep per le imprese industriali.

Le attività svolte dall'*energy manager* sono svariate, ma è buona prassi partire dallo sviluppo di diagnosi energetiche prima di effettuare azioni di efficientamento. Come definito dalla Direttiva 2012/27/UE [12, p. 11], la diagnosi energetica è:

“una procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati.”

Tale processo è fondamentale per conoscere la situazione energetica del sistema su cui si opera e, pertanto, costituisce la base per le successive opere di miglioramento del sistema edificio-impianto. Conclusa questa prima fase, è opportuno calcolare adeguati indicatori specifici di consumo (quale, ad esempio, il consumo per unità di superficie espresso in kWh/m²), in modo da poter parametrizzare i risultati ottenuti. Gli interventi possono essere di tipo gestionale o interventi di efficientamento veri e propri; in particolare, gli interventi gestionali possono riguardare la ventilazione, la modifica dei *set-point* e dei parametri di funzionamento delle macchine installate in centrale termica. Infine, un altro aspetto importante è quello dell'analisi delle forniture di fonti e vettori energetici, che consente di acquistare sul mercato le *commodities* di cui si necessita ad un prezzo favorevole e competitivo [13] [14].

1.3.2 Esperto in Gestione dell'Energia (EGE)

Secondo la norma UNI CEI 11339:2009 [15], l'esperto in gestione dell'energia (EGE) è un professionista certificato in grado di migliorare l'uso dell'energia in un'azienda. Egli deve necessariamente coadiuvare diverse competenze, sia tecnico-energetiche, sia economiche e comunicative, al fine di poter dialogare efficacemente con i committenti ed esporre i

risultati ottenuti; inoltre, egli ha il compito di migliorare l'efficienza energetica del sistema, ridurre i consumi di energia e le emissioni. Le figure dell'*energy manager* e dell'EGE sono simili, infatti in alcuni casi possono coincidere; la situazione migliore è quella in cui l'*energy manager* nominato dall'azienda o dall'ente obbligato sia anche un EGE, ma non è sempre così: infatti, l'EM non è obbligato ad essere certificato come esperto in gestione dell'energia. Per di più, esistono anche casi in cui l'esperto in gestione dell'energia non è un *energy manager*, ma è un professionista esterno certificato che opera in efficientamento e uso razionale dell'energia per conto del committente [16].

Le modalità operative dell'EGE partono sempre dall'analisi dello stato attuale del sistema energetico. È buona prassi promuovere l'installazione di un sistema di gestione energetica conforme alla UNI CEI EN ISO 50001 [5], se esso non è ancora presente; in questo modo, è possibile promuovere delle politiche energetiche virtuose e volte al risparmio. I compiti dell'esperto in gestione energetica riguardano anche l'analisi dei contratti di fornitura, lo sviluppo di diagnosi e di studi di fattibilità per interventi di *retrofit* e la promozione di campagne di sensibilizzazione dei lavoratori sui temi di uso razionale dell'energia. L'EGE deve proporre al committente delle soluzioni che implementino tecnologie efficienti e possibilmente fonti rinnovabili per diminuire il consumo di energia primaria e le emissioni climalteranti. Occorre attuare un piano prioritario degli interventi da realizzare e occuparsi della gestione tecnica e finanziaria del progetto [17].

1.3.3 ESCo

Le *Energy Service COmpanies* sono società che forniscono servizi energetici e hanno un ruolo fondamentale nel mercato dell'efficientamento energetico. La normativa di riferimento, secondo la quale le società che operano nel mercato energetico possono certificarsi come ESCo, è la UNI CEI 11352 [18]. Le ESCo, a differenza delle aziende tradizionali, garantiscono l'ottenimento dei risultati di risparmio auspicati in fase di progettazione e si assumono il rischio tecnico e finanziario di un mancato risparmio. Al loro interno annoverano esperti in grado di progettare e realizzare un intervento di *retrofit* energetico, oppure si affidano a società esterne specializzate nei propri settori di competenza. Come detto precedentemente, le ESCo si assumono l'onere finanziario dell'opera e per farlo usufruiscono di capitale proprio o ricorrono al meccanismo del finanziamento tramite terzi (FTT) [18]. L'accesso agli incentivi, come i Titoli di Efficienza

Energetica (TEE), è fondamentale per incrementare i profitti e rendere maggiormente sostenibili gli interventi dal punto di vista economico.

Le attività svolte da queste società partono dalle diagnosi energetiche, dopodiché vengono proposti al committente possibili scenari per migliorare il sistema edificio-impianto. Inizialmente, si effettuano degli studi di fattibilità tecnico-economica per valutare gli effettivi vantaggi che porterebbe l'opera [18]; dopo aver progettato e realizzato gli interventi, la ESCo può anche gestire, condurre e mantenere l'impianto per un periodo di tempo stabilito contrattualmente. È importante ribadire che la ESCo viene remunerata in base ai risparmi ottenuti; ciò viene spesso attuato stipulando un contratto EPC (*Energy Performance Contract*), tramite il quale la ESCo e il committente si accordano sui compensi ricevuti dalla società per i servizi offerti. La società di servizi energetici si occupa anche del monitoraggio delle prestazioni degli impianti, al fine di svolgere delle ottimizzazioni nella gestione energetica e ridurre i consumi in esercizio; un'altra attività svolta dalla ESCo è quella di supporto alla certificazione UNI CEI EN ISO 50001 [5].

L'importanza delle *energy service companies* nel mercato è data soprattutto dal fatto che, grazie ad esse, è possibile realizzare opere di efficientamento energetico anche in alcune realtà dove, per mancanza di fondi o di sensibilità verso i temi ambientali, non verrebbero realizzate. Un esempio è quello della pubblica amministrazione che spesso si trova a gestire edifici da riqualificare, ma deve necessariamente concentrare i fondi a propria disposizione verso altri tipi di investimenti.

1.4 Contratti EPC

La ESCo solitamente viene remunerata mediante un contratto EPC (*Energy Performance Contract*) [19]. Con la stipula di questo contratto tra la società di servizi energetici e il cliente vengono dichiarati i compensi che riceverà la società; questi sono legati all'effettivo risparmio in bolletta generato dagli interventi realizzati [18]. In fase di realizzazione dello studio di fattibilità, la *energy service company* deve redigere un piano economico-finanziario valutando gli investimenti necessari, i risparmi ipotizzati e i flussi di cassa generati; per fare ciò, si utilizzano i più comuni indicatori economici, come il Valore Attualizzato Netto (VAN) e il *simple payback time*.

I contratti EPC possono essere di diverso tipo:

- *first out*;
- *first in*;

- *shared savings*;
- *guaranteed savings*;
- servizio energia plus.

1.4.1 First out

Il *first out* prevede che la società finanzi, con capitali propri o tramite terzi, l'intero investimento. Dopo la conclusione dell'intervento e la messa in servizio degli impianti, inizia il contratto vero e proprio che solitamente dura dai 4 agli 8 anni; in questo periodo, i risparmi generati rispetto alla *baseline* vengono utilizzati per ripagare gli investimenti effettuati dalla ESCo e per remunerarla per i servizi garantiti. Per tutta la durata contrattuale è la società di servizi energetici ad essere titolare dell'impianto che, al termine del contratto, diventa interamente di proprietà del cliente [18]. Applicando questa formula contrattuale, se le performance dell'impianto sono migliori di quelle previste in fase di studio di fattibilità, la ESCo riceve dei compensi maggiori; tuttavia, se le prestazioni sono inferiori a quelle attese, l'onere è sempre a carico della società di servizi energetici [19]. Se le performance energetiche non generano risparmi tali da ripagare l'investimento effettuato nel periodo di durata contrattuale, la perdita economica è a carico della ESCo [20]; in questo modo il cliente è salvaguardato da rischi economici.

1.4.2 First in

Come per il *first out*, anche con il *first in* la società copre interamente l'investimento e rimane proprietaria dell'impianto fino alla scadenza del contratto che, in questo caso, può durare anche 7-8 anni. La ESCo ottiene un compenso minimo garantito dato dal risparmio generato, mentre il cliente riceve da subito la quota eccedente il garantito. Al termine del contratto, il cliente beneficia interamente del risparmio conseguito e diventa titolare dell'impianto [20] [21].

1.4.3 Shared savings

È la forma più utilizzata di contratto EPC. In questo caso, i risparmi generati dall'intervento di *retrofit* vengono da subito divisi tra il cliente e la ESCo. La società finanzia il progetto con capitali propri o ricorrendo a finanziatori terzi; dopodiché, essa rimane proprietaria dell'impianto e si occupa di gestirlo, mantenerlo e di monitorare i consumi energetici. La durata dello *shared savings* va solitamente dai 5 ai 10 anni; in questo periodo di tempo i risparmi generati vengono divisi in percentuale tra la ESCo e il cliente [18]. Poiché la *energy*

service company non riceve una rata mensile fissa dal cliente, è esposta ad un rischio finanziario legato a risparmi inferiori a quelli ipotizzati [19]. La percentuale di ripartizione dei risparmi è solitamente 70-30, rispettivamente alla ESCo e al cliente. Con l'adozione di questo contratto la società è ancora più incentivata a realizzare gli interventi nel miglior modo possibile, poiché i suoi profitti sono legati ai risparmi generati.

1.4.4 Guaranteed savings

In questo caso, la ESCo non sovvenziona direttamente le opere, ma organizza il prestito da parte di un istituto finanziario al beneficiario; quest'ultimo è fin da subito il titolare dell'impianto. La *energy service company* garantisce al cliente un risparmio minimo che verrà conseguito e che sarà sufficiente a ripagare il prestito nel periodo contrattuale stabilito (4-8 anni). La società sviluppa il progetto e realizza l'impianto ricevendo un compenso dal cliente; si instaura così una forma di "*bonus-malus*", per cui se i risparmi sono inferiori a quelli garantiti la ESCo si assume l'onere del pagamento della differenza, mentre se questi sono superiori a quelli ipotizzati vanno a beneficio dell'imprenditore. Il cliente in questo caso è il finanziatore del progetto, ma ha la garanzia che i costi energetici non supereranno la spesa storica e, alla fine del contratto, godrà totalmente dei risparmi generati dall'opera [20].

1.4.5 Servizio energia plus

Questo tipo di servizio è legato alla fornitura dei vettori energetici. La società di servizi energetici, oltre ad assolvere alla fornitura e alla manutenzione, ha il compito di realizzare interventi di riqualificazione energetica; questa operazione deve portare il consumo di energia primaria, utilizzata per la climatizzazione invernale, sotto la soglia del 10% rispetto a quanto riportato nell'Attestato di Prestazione Energetica dell'immobile. Gli interventi possono riguardare gli impianti e la termoregolazione, come l'installazione di valvole termostatiche, oppure si può riqualificare l'involucro edilizio [22] [21].

1.5 Finanziamento tramite terzi (FTT) e requisiti di una ESCo

Il finanziamento tramite terzi è la modalità con cui le ESCo finanziano gli interventi di riqualificazione energetica. Questo meccanismo si inserisce nel mercato dell'efficientamento dell'energia e delle società di servizi energetici, legandosi ai contratti EPC. Secondo il Decreto Legislativo del 30 maggio 2008 n. 115 [23, p. 3], il finanziamento tramite terzi è:

“un accordo contrattuale che comprende un terzo, oltre al fornitore di energia e al beneficiario della misura di miglioramento dell'efficienza energetica, che fornisce i capitali per tale misura e addebita al beneficiario un canone pari a una parte del risparmio energetico conseguito avvalendosi della misura stessa. Il terzo può essere una ESCO.”

Riprendendo quanto affermato in precedenza e quanto riportato nel Decreto Legislativo del 2008, la *energy service company* si avvale di capitale proprio o di un finanziamento da parte di un istituto di credito per agevolare un progetto di riqualificazione. Essa svolge direttamente o indirettamente tutte le fasi di realizzazione dell'opera, dallo studio di fattibilità al collaudo e alla gestione, per poi beneficiare di una parte dei risparmi conseguiti. La società di servizi energetici, per essere considerata affidabile e quindi godere di una maggiore considerazione da parte degli utenti finali, deve possedere dei requisiti specifici, quali la credibilità, attuando un investimento trasparente, l'indipendenza, subappaltando ad aziende specializzate le fasi di realizzazione del progetto che non le competono, la capacità tecnica e la capacità finanziaria [19].

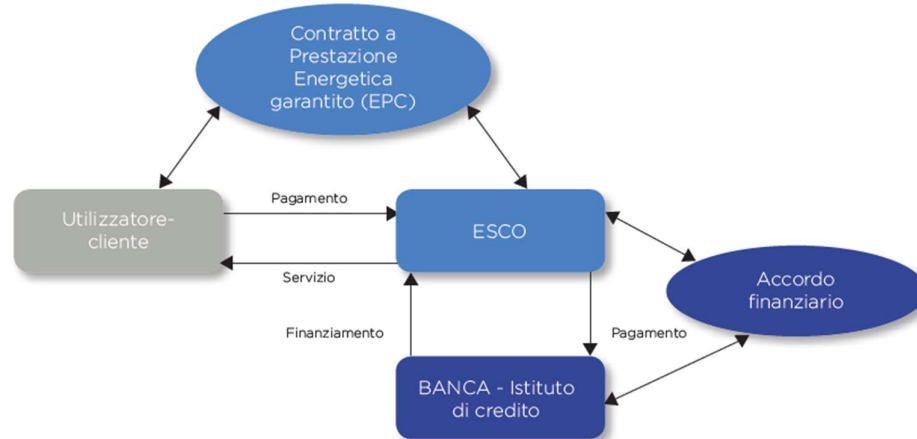


Figura 2 - Meccanismo di funzionamento del finanziamento tramite terzi [24, p. 9]

Il finanziamento tramite terzi, pur presentando alcuni rischi, garantisce sicuramente molti vantaggi al cliente. Innanzitutto, questo permette di ridurre i costi della spesa energetica senza dover effettuare degli investimenti, ricevendo una garanzia sul raggiungimento di determinati obiettivi prefissati in fase di stipulazione del contratto con la ESCO; ciò permette all'imprenditore di concentrare i capitali su altri settori più strategici per il proprio

business. Inoltre, poiché la società di servizi trae profitto dal risparmio energetico, è fortemente incentivata a fornire prodotti validi ed efficienti, nonché a gestire al meglio la manutenzione e l'uso in esercizio degli impianti [24]. La *energy service company* si rivolge ad altre aziende specializzate, oppure ha al suo interno dei professionisti del settore energetico in grado di realizzare il progetto secondo lo stato dell'arte, servendosi delle migliori tecnologie disponibili sul mercato; così facendo, l'azienda che beneficia dell'intervento di riqualificazione può utilizzare delle macchine nuove ed efficienti [19]. Infine, un altro vantaggio è che il cliente non è responsabile di un mancato risparmio che potrebbe causare un danno economico, ma ha la garanzia di abbassare i costi per l'energia. I maggiori rischi sono a carico della ESCo, che si assume l'onere di sopperire a dei risparmi inferiori a quelli attesi, con un conseguente danno economico, e risponde ad eventuali malfunzionamenti degli impianti e a problemi di natura tecnica. La possibile insorgenza di queste problematiche è un ulteriore incentivo per la società di servizi energetici a realizzare il progetto nel miglior modo possibile [19].

1.6 Incentivi: i Titoli di Efficienza Energetica (TEE)

Gli incentivi costituiscono un pilastro fondamentale per la lotta al cambiamento climatico. Spesso le aziende e le organizzazioni valutano gli investimenti in materia energetica in relazione al capitale recuperabile grazie agli incentivi statali; infatti, in alcuni casi risulta difficile destinare risorse per investimenti di *retrofit* che hanno tempi di ritorno più lunghi di quelli compatibili con le politiche aziendali. Inoltre, per le società di servizi energetici, la possibilità di ottenere agevolazioni fiscali permette di rendere il proprio business più sostenibile dal punto di vista economico e, al tempo stesso, il cliente è più propenso ad effettuare interventi importanti [25].

Esistono vari tipi di incentivi per le spese energetiche, dal Superbonus 110% per gli edifici privati, alle detrazioni fiscali sulle fonti rinnovabili. Nel presente lavoro ci si concentra sui Certificati Bianchi (CB) o Titoli di Efficienza Energetica (TEE), un particolare tipo di incentivo che interessa sia le aziende pubbliche che private, oltre alle ESCo e ai distributori di energia elettrica e gas [25].

1.6.1 Soggetti obbligati

I Certificati Bianchi sono stati introdotti in Italia dai Decreti Ministeriali del 24 aprile 2001 [26] e poi sono stati modificati negli anni seguenti. Ad oggi, si fa riferimento al Decreto Interministeriale 11 gennaio 2017 [27] e al Decreto Correttivo 10 maggio 2018 [28];

quest'ultimo decreto è stato introdotto per risolvere alcune problematiche sorte a seguito dell'emanazione del decreto del 2017.

Con il meccanismo dei Certificati Bianchi si punta a generare un risparmio annuo di energia primaria negli usi finali, obbligando i distributori di energia elettrica e gas naturale ad effettuare opere di efficientamento. In particolare, i soggetti obbligati sono i distributori che hanno più di 50000 utenti allacciati alle loro reti. Il numero di certificati da ottenere ogni anno si calcola come la percentuale tra l'energia elettrica o il gas distribuito dal singolo soggetto rispetto al totale nazionale [29].

1.6.2 Chi realizza gli interventi

Operativamente, gli interventi di *retrofit* possono essere realizzati dagli stessi distributori, ma anche da società di servizi energetici, distributori di energia elettrica e gas non soggetti a obbligo, organizzazioni che devono nominare l'*energy manager*, aziende che hanno al loro interno un esperto in gestione dell'energia, oppure certificate secondo la ISO 50001. Pertanto, gli interventi possono essere realizzati anche da altri attori oltre ai distributori; i soggetti obbligati, se non effettuano direttamente gli interventi, possono acquistare i TEE sul mercato e provvedere così alla quota di energia primaria risparmiata annualmente [29]. Come si evince dalle seguenti figure, è opportuno segnalare che la maggior parte delle richieste per l'ottenimento dei Certificati Bianchi viene fatta dalle ESCo che, negli anni, hanno fatto di questo incentivo un elemento centrale del proprio business.

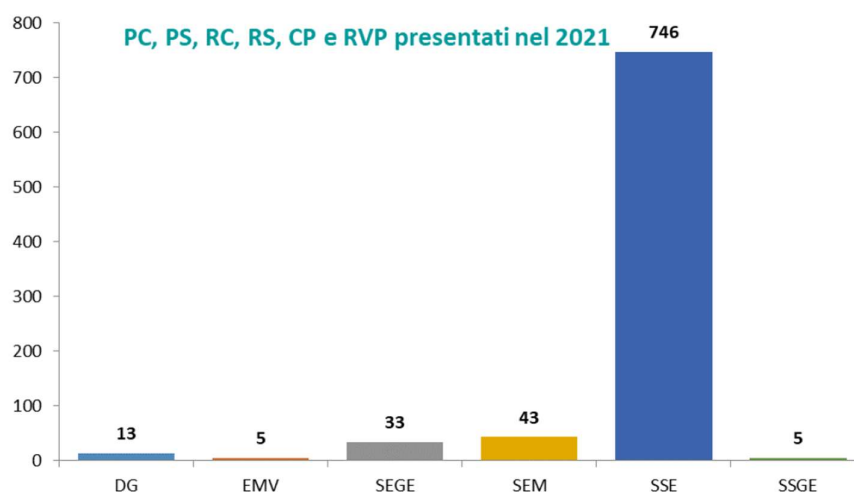


Figura 3 - PC, PS, RC, RS, CP e RVP presentati nel 2021 dai diversi soggetti [29, p. 19]

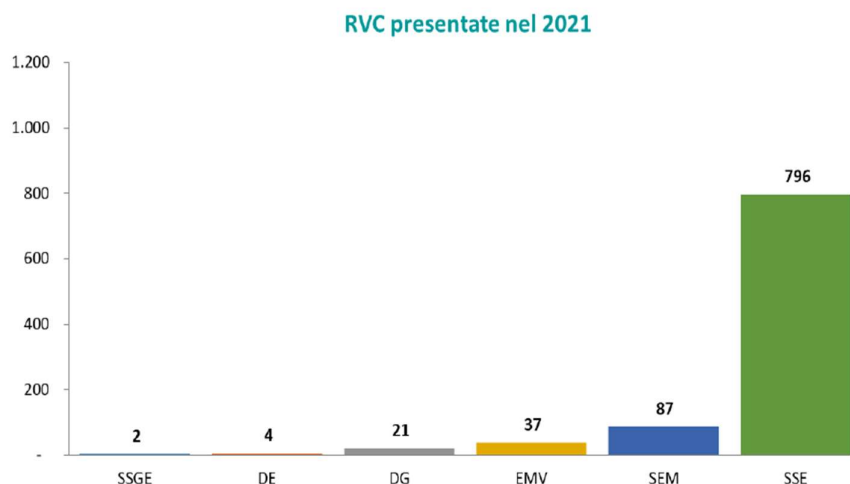


Figura 4 - RVC presentati nel 2021 dai diversi soggetti [29, p. 20]

Classificazione	Dettaglio
DE e DG	Società di distribuzione di energia elettrica e di gas naturale
SSE	Società di servizi energetici
SEM	Società con obbligo di nomina dell'energy manager
EMV	Imprese che hanno provveduto alla nomina del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia
SSGE	Società con sistema di gestione dell'energia
SEGE	Società con esperto in gestione dell'energia

Figura 5 - Legenda dei soggetti [29, p. 20]

Le sigle PC, PS, RC, RS, CP, RVP e RVC si riferiscono alla tipologia di Certificato Bianco, in base al progetto effettuato e alle richieste preliminari avanzate al Gestore dei Servizi Energetici (GSE). Si può notare che nel 2021 le società di servizi energetici (SSE) hanno presentato l'84% delle Richieste di Verifica e Certificazione (RVC) e l'88% delle altre tipologie di progetto ammesse, a conferma di quanto le ESCo siano fondamentali nel mercato dei TEE [29].

1.6.3 Tipologie di progetti e metodi per la valutazione dei risparmi

Un Titolo di Efficienza Energetica corrisponde esattamente ad una tonnellata equivalente di petrolio (tep) risparmiata sugli usi finali a seguito della realizzazione di progetti di riqualificazione energetica. Per ottenere i Certificati Bianchi, occorre presentare la richiesta di accesso al GSE prima dell'inizio dei lavori; inoltre, il progetto deve generare un risparmio energetico superiore alla condizione antecedente l'intervento [29]. I TEE possono essere di diverse tipo, a seconda del vettore energetico su cui si agisce e sul settore:

- tipo I, se riguardano il risparmio di energia primaria conseguito mediante opere per la riduzione dei consumi finali di energia elettrica;
- tipo II, relativi al risparmio ottenuto attraverso interventi che comportano la riduzione dei consumi di gas naturale;
- tipo III, se ottenibili grazie al risparmio di fonti di energia primaria diverse dall'energia elettrica e dal gas naturale e non riguardano il settore dei trasporti;
- tipo IV, analoghi al tipo III, ma effettuati nel settore dei trasporti;
- tipo II CAR, analoghi al tipo II, ma derivanti da impianti cogenerativi classificati come CAR (Cogenerazione Alto Rendimento).

I progetti effettuati possono essere classificabili secondo due categorie:

- Progetto Standardizzato (PS);
- Progetto a Consuntivo (PC).

Il PS si applica quando l'intervento che si vuole realizzare è standardizzabile, ovvero se esso presenta una certa ripetitività. Per la valutazione dei risparmi, infatti, si analizza un campione rappresentativo dell'intero progetto e si moltiplicano i risultati per ottenere l'energia primaria risparmiata in totale. Oltre a questo requisito, ai fini dell'ottenimento dei titoli, è necessario dimostrare la non convenienza economica per l'installazione di misuratori dedicati per la quantificazione del risparmio energetico. Per effettuare la richiesta, il PS deve aver generato un risparmio di almeno 5 tep nel primo anno di monitoraggio. Invece, si ricorre al PC quando il progetto che si intende realizzare non è standardizzabile e, pertanto, non rientra nelle casistiche del PS. In questo caso occorre effettuare delle misurazioni puntuali prima dell'intervento, per definire la *baseline*, e dopo la fine lavori. Per il Progetto a Consuntivo la soglia minima di risparmio conseguito in un anno per la richiesta dei titoli è fissata a 10 tep di energia primaria [29].

Le tipologie di intervento devono necessariamente rientrare tra quelle ammesse dal Decreto Correttivo Certificati Bianchi 10 maggio 2018 [28]. Affinché la pratica di richiesta dei TEE vada a buon fine, occorre definire in modo accurato i consumi *ante operam*, considerando almeno 12 mesi di monitoraggio e tenendo conto degli *energy driver*, ovvero dei fattori che influenzano il consumo energetico, come le variabili climatiche e l'occupazione degli ambienti. Inoltre, occorre considerare l'offerta presente sul mercato, perché la *baseline* deve essere riferita alle condizioni medie di quest'ultimo. Per ottenere dei titoli, bisogna adoperare delle tecnologie migliori rispetto a quelle mediamente offerte

sul mercato, ovvero che presentino un'efficienza maggiore dello standard. Questa condizione è detta "risparmio addizionale" ed è vincolante per l'ottenimento dei TEE [30].

1.6.4 Mercato dei Titoli di Efficienza Energetica

Anche dal punto di vista normativo, il meccanismo dei Certificati Bianchi coinvolge più soggetti. Il Ministero dello Sviluppo Economico, supportato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dall'ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente), deve fissare annualmente gli obiettivi di risparmio di energia primaria da raggiungere; inoltre, esso deve aggiornare le Linee Guida e la normativa in vigore. Il GSE deve analizzare le pratiche presentate e approvarle se conformi a quanto prescritto dai Decreti Ministeriali; per svolgere questa attività, il GSE è supportato dall'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) e dall'RSE (Ricerca sul Sistema Energetico). Infine, il Gestore dei Mercati Energetici (GME), si occupa della piattaforma per la compravendita dei titoli [29]. Operativamente, è proprio il GME ad emettere i titoli, previa certificazione da parte del GSE sugli effettivi risparmi conseguiti con la realizzazione dei progetti.

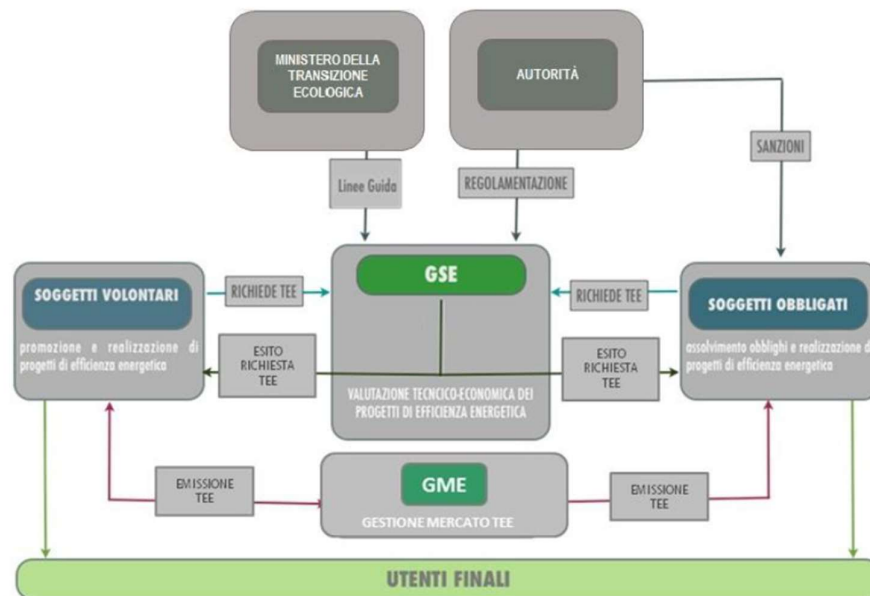


Figura 6 - Struttura del meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica [29, p. 10]

La compravendita di Certificati Bianchi può avvenire tramite la stipula di contratti bilaterali, oppure agendo sul mercato gestito dal GME. In quest'ultimo caso, i distributori obbligati

possono acquistare i titoli necessari all'adempimento dei propri obblighi annuali; invece, i distributori che hanno ottenuto più titoli del necessario possono venderli, così come i soggetti non obbligati, come le ESCo, che hanno realizzato opere di efficientamento per generare profitti [29]. Attualmente, il prezzo di un TEE è di circa 260 €, ma storicamente si sono raggiunti anche valori di 400 €/TEE [31] [32]. I distributori obbligati scaricano i costi sostenuti per i Certificati Bianchi sugli utenti finali dell'energia elettrica e del gas naturale. In particolare, i distributori di energia elettrica finanziano il meccanismo dei TEE con la componente della bolletta A_{UC7RIM} , mentre quelli del gas naturale utilizzano le componenti RE ed RE_T [33] [34].

1.7 Protocolli di sostenibilità

I protocolli di sostenibilità sono degli strumenti utili a certificare la qualità di un edificio. La norma ISO 15392:2019 [35] definisce le linee guida per raggiungere la sostenibilità nel settore edilizio, con l'obiettivo di diminuire le emissioni climalteranti legate agli edifici. Questa norma si basa sul concetto di miglioramento continuo e sull'unione della sfera economica con quella ambientale e sociale [36].

1.7.1 LEED

Il protocollo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) è stato introdotto dall'*U.S. Green Building Council* nel 2000; nel 2009 è stata creata una versione italiana del LEED che riguarda le nuove costruzioni e gli edifici esistenti che subiscono ristrutturazioni importanti. Questo protocollo, di carattere volontario, è relativo ad un singolo edificio e si basa sull'attribuzione di un punteggio mediante l'assegnazione di crediti [37]. Il LEED comprende tutte le fasi di realizzazione dell'edificio, in particolare la progettazione; questa viene orientata verso scelte che garantiscano la sostenibilità. Occorre porre attenzione a tutti gli aspetti della costruzione dell'edificio: dall'ubicazione all'efficienza energetica, dalla qualità dell'ambiente interno, fino all'utilizzo di opportuni materiali e al corretto sfruttamento delle risorse. Per ogni ambito si considera l'intero ciclo di vita dei materiali utilizzati per comporre l'edificio; infatti, nel caso in cui l'azienda che si vuole certificare faccia svolgere una *Life Cycle Analysis* presso terzi, sono previsti dei crediti che concorrono a formare il punteggio finale [37].

1.7.2 Itaca

Nel 2004 l'Istituto per l'innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale (ITACA) ha introdotto il protocollo Itaca per valutare la sostenibilità degli ambienti costruiti, in ambito prettamente residenziale. Itaca è stato approvato dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome; infatti, condensa al suo interno una serie di protocolli regionali e cerca di mettere in atto una metodologia sistematica per la valutazione degli edifici, tenendo conto delle diverse caratteristiche locali. Esistono due versioni del protocollo Itaca: una sintetica e una completa [36].

I campi di valutazione riguardano principalmente due macroaree: una di carattere energetico, comprendente i fabbisogni invernale ed estivo, l'energia spesa per la produzione di acqua calda sanitaria e la produzione da fonti rinnovabili; l'altra, invece, si concentra sulle emissioni in ambiente, sui rifiuti e sui liquidi prodotti [37]. Per effettuare la valutazione di sostenibilità si definiscono dei parametri specifici che poi vengono confrontati con dei valori di *benchmark* e si assegna un punteggio che va da -1 a +5. Lo zero indica le condizioni di riferimento del costruito attuale e corrisponde alla prestazione minima che dovrebbe avere l'edificio rispetto ad uno specifico indicatore, mentre i punteggi superiori vengono assegnati in caso di *performance* via via più soddisfacenti [36].

1.7.3 Altri protocolli di sostenibilità

Esistono vari protocolli di sostenibilità oltre ai due sopracitati, in Italia e all'estero, che si differenziano per metodi di calcolo e ambiti presi in considerazione. Tra i numerosi, si possono ricordare Casaclima, un protocollo di certificazione introdotto nella Provincia di Bolzano e basato su una valutazione energetica a punteggio, e BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), il primo metodo di valutazione introdotto nel 1990 in Gran Bretagna. Quest'ultimo si basa su un sistema a crediti che comprende diversi aspetti, quali le modalità di realizzazione e gestione del cantiere, l'energia utilizzata, l'impatto ecologico dell'opera, il trasporto e i materiali utilizzati per la costruzione dell'edificio.

1.8 UNI CEI EN ISO 50001

1.8.1 Introduzione e generalità

La norma UNI CEI EN ISO 50001, a carattere volontario, specifica le linee guida per costituire e migliorare i sistemi di gestione dell'energia (SGE) [5]. I soggetti che applicano quanto

prescritto dalla norma possono ottenere un miglioramento continuo delle performance energetiche. La creazione e il mantenimento di un sistema di gestione dell'energia consentono all'azienda (o in generale all'organizzazione) di migliorare le prestazioni e di porsi periodicamente degli obiettivi energetici e ambientali da perseguire. Affinché quanto prescritto dalla norma venga applicato in modo efficace, occorre coinvolgere i vertici aziendali e si deve creare una maggiore sensibilità verso il tema dell'energia in tutta l'organizzazione. È necessario sottolineare che il perseguimento delle prescrizioni della 50001 può essere autocertificato dall'azienda stessa, oppure dagli *stakeholders* (come i clienti); tuttavia, il miglior modo per provare l'adempimento alla norma è quello di richiedere una certificazione ad un ente esterno [5]. Oltre ai benefici energetici e di conseguenza economici, la certificazione alla norma UNI CEI EN ISO 50001 può portare anche ad un beneficio d'immagine verso i clienti: infatti, essa garantisce l'impegno ad utilizzare in modo razionale l'energia e ad effettuare opere di *retrofit* [38]. È bene evidenziare che la norma non prescrive dei valori specifici di consumo energetico da raggiungere; infatti, affinché un'organizzazione si certifichi secondo la 50001, occorre che dimostri di perseguire il miglioramento continuo. Questo approccio è efficace perché è diametralmente opposto rispetto a quello che solitamente seguono le aziende, ovvero risolvere i problemi di natura tecnica in modo puntuale, solo quando questi si presentano [38].

Secondo quanto si evince dalla UNI CEI EN ISO 50001 [5, p. 13], il sistema di gestione è “un insieme di elementi correlati o interagenti di un'organizzazione finalizzato a stabilire politiche e obiettivi e processi per conseguire tali obiettivi.” In particolare, un sistema di gestione dell'energia serve “per stabilire una politica energetica, obiettivi, traguardi energetici, piani di azione e processi per ottenere gli obiettivi e i traguardi energetici.” [5, p. 13] Perciò, l'approccio da seguire è sistematico e si basa sulla definizione di strategie energetiche e sul monitoraggio continuo dei dati di consumo, da cui si può estrarre la conoscenza necessaria a migliorare la performance dell'organizzazione. Si deve ricorrere alla definizione di alcuni indicatori energetici, detti EnPI, che permettono di esplicitare i consumi specifici in modo da poterli confrontare con degli indicatori di *benchmark*.

1.8.2 *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) e fasi operative

La norma UNI CEI EN ISO 50001 si basa sul metodo ciclico del *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), secondo cui il perfezionamento continuo dell'uso dell'energia deve seguire quattro fasi che si ripetono progressivamente [5]. Queste sono:

- *Plan*, fase di pianificazione durante la quale si analizzano i consumi energetici dell'azienda, definendo degli indicatori di prestazione energetica (EnPI) e di *baseline* (EnB) e confrontandoli con un riferimento (*benchmark*);
- *Do*, fase di realizzazione degli interventi, durante la quale vengono attuati i piani d'azione stabiliti durante la fase del *plan*, ottimizzate le modalità di controllo del sistema e aggiornate le politiche manutentive;
- *Check*, durante la quale si monitorano i dati di consumo per verificare i benefici generati dagli interventi implementati, analizzando come sono cambiate le performance energetiche dell'organizzazione e del sistema di gestione;
- *Act*, ultima fase del ciclo che riesamina il sistema di gestione per migliorarlo continuamente, ottenendo dei benefici nel tempo.

Durante la fase di pianificazione, il *top management* dell'azienda deve stabilire gli obiettivi e la politica energetica da perseguire, considerando gli indicatori di prestazione definiti mediante i dati misurati; inoltre, occorre identificare i consumi energetici e dividerli in base al vettore utilizzato. A seguito di questa analisi, si stabilisce il consumo di *baseline*, definendo gli EnB. È compito dell'alta direzione fornire le adeguate risorse per implementare il SGE e mantenerlo attivo; sarebbe opportuno incaricare un *team* specializzato che si occupi di ciò e fare in modo che le persone che ne fanno parte ricevano un'adeguata formazione o abbiano competenze specifiche in materia energetica [5].

Bisogna porre attenzione ai processi di uso dell'energia e comprendere come il controllo di questi e la manutenzione degli impianti possano determinare uno scostamento rispetto alle performance attese, confrontando gli indici di prestazione energetica con quelli di riferimento. Effettuare delle diagnosi energetiche può essere utile per determinare le aree dell'azienda che necessitano maggiormente di intervento, in modo da stabilire delle priorità; la frequenza con cui si effettuano gli *audit* è stabilita dall'alta direzione in rapporto alle risorse economiche che si intendono stanziare per il sistema di gestione dell'energia. Si segnala che, ai fini della certificazione, non è strettamente necessario ricorrere ad un

auditor esterno per lo svolgimento della diagnosi: questa, infatti, può essere redatta dall'*energy manager* dell'azienda stessa [5].

Nella fase del *do* si effettuano le azioni pianificate; è consigliabile, in un primo momento, implementare gli interventi su piccola scala, ovvero su una porzione dell'azienda, per poi estenderli nel caso in cui essi risultino favorevoli [38].

Il *check* permette di verificare gli effettivi risparmi generati a seguito dell'implementazione delle azioni effettuate nelle precedenti fasi del ciclo PDCA. Occorre altresì monitorare i dati di consumo per controllare se c'è stato un miglioramento nella prestazione energetica del sistema.

L'ultima fase, ovvero quella dell'*act*, consente di esaminare i risultati ottenuti e, di conseguenza, capire se la strada che si è intrapresa può essere vantaggiosa se applicata su larga scala nell'organizzazione. Nel caso in cui gli interventi pianificati ed attuati non fossero sostenibili dal punto di vista tecnico ed economico, è necessario ricominciare il ciclo con la pianificazione di nuovi interventi; viceversa, se si sono ottenuti dei risultati incoraggianti, è opportuno espandere gli interventi a tutta l'azienda e ricominciare nuovamente il ciclo per perseguire il miglioramento continuo del SGE [38]. Ciò a cui si deve aspirare è un perfezionamento dell'uso di energia nell'azienda e uno sviluppo costante del SGE. La frequenza e le modalità di intervento devono essere stabilite dalla *leadership* dell'organizzazione in base alle priorità stabilite e alle risorse di cui si dispone [5].

2. Analisi dei consumi energetici di una catena di centri fitness

2.1 Introduzione a RSG Group

Nel 1997, a Würzburg, un piccolo paese della Germania, è nata la passione per il fitness di Rainer Schaller, fondatore e proprietario dell'azienda RSG Group; è qui che ha dato vita alla sua prima palestra, nella quale egli ha svolto la professione di trainer, commercialista, contabile, guardia notturna e club manager [39].

La sede centrale dell'azienda si trova nel cuore di Berlino, mentre il team di Los Angeles è impiegato a diffondere i marchi di RSG Group nel Nord America. Ad oggi RSG Group è uno dei leader mondiali nel settore del fitness innovativo e vanta 1000 sedi in 48 Paesi, oltre 41000 dipendenti suddivisi tra RSG e franchising e più di 6.4 milioni di clienti. Inoltre, dal 2020 RSG Group ha acquisito la Gold's Gym, il marchio fitness più esclusivo al mondo e sogno nel cassetto di Schaller [39].

I brand di RSG Group sono vari e noti nel settore del fitness; tra questi si possono ricordare i principali, cioè quelli che hanno reso l'azienda di Schaller conosciuta a livello globale. In primo luogo, si può citare McFit, azienda nata vent'anni fa che, con le sue 261 palestre in Italia, Germania, Polonia, Austria e Spagna, è riconosciuta come la comunità fitness più grande d'Europa. Poi, come è già stato anticipato, a partire dal 1965 Gold's Gym rappresenta un'autorità a livello mondiale nel campo del fitness, con quasi 700 sedi in 20 paesi. Ancora, un altro brand noto nel mondo del fitness è High5, al primo posto in Europa per la focalizzazione sull'allenamento funzionale. Infine, una nuova concezione di fitness viene introdotta con il marchio John Reed, che rende l'allenamento un'esperienza unica coadiuvando fitness, design innovativo e musica [39]. Riguardo la situazione italiana, attualmente sono presenti sul territorio nazionale 39 centri del brand McFit, una palestra Gold's Gym situata a Milano e una John Reed ubicata a Mestre, in Provincia di Venezia [40] [41] [42]; sono previste prossime aperture di palestre McFit in Italia.

Relativamente alla *vision* dell'azienda, Schaller dichiara: "siamo il leader globale dell'innovazione nei settori del fitness e dello stile di vita." [43] Invece, per realizzare l'immaginario di RSG Group, l'azienda segue la seguente *mission* [44]:

“i nostri marchi forti e concetti innovativi ci assicurano di essere una parte essenziale della vita quotidiana attiva dei nostri clienti. In un'epoca in cui mobilità e networking stanno diventando sempre più importanti, non ci adagiamo sugli allori e sviluppiamo continuamente nuove aree di attività. Le nostre idee e la loro realizzazione stabiliscono costantemente nuovi parametri di riferimento e forniscono slancio ben oltre le aree del fitness, dello stile di vita e del design.”

RSG Group è un'azienda in rapida espansione e, soprattutto negli ultimi anni, si sta dimostrando attenta all'ambiente, oltre che al benessere dei propri clienti. Ne è una dimostrazione il fatto che la recente palestra Gold's Gym aperta a Milano è dotata di certificazione LEED; per la costruzione di questo centro fitness si sono utilizzati materiali a basso impatto ambientale e sistemi per evitare sprechi di acqua [45]. L'attenzione del gruppo verso l'efficientamento energetico e l'uso razionale dell'energia dimostra la volontà di rispettare l'ambiente e di realizzare dei centri il più possibile ecosostenibili.



Figura 7 - Ingresso e zona esterna della palestra Gold's Gym di Milano

2.2 Caratteristiche principali dei centri fitness analizzati

Come detto, i centri fitness del gruppo RSG presenti in Italia appartengono principalmente al brand McFit, oltre ad una palestra Gold's Gym e una John Reed. Relativamente alle tipologie costruttive, per tutti i marchi si prediligono edifici storici per le strutture situate nei centri delle principali città italiane e del resto del mondo; in alternativa, l'azienda apre una nuova sede in edifici esistenti, opportunamente ristrutturati, adattati in base alle proprie esigenze e ubicati in zone densamente abitate [46]. La superficie standard si attesta intorno ai 2000 m², iniziando da palestre con una superficie minima di 1200 – 1300 m² e prediligendo i piani superiori degli edifici. L'altezza minima delle sale dove si tengono i corsi è superiore ai 3 metri, ma spesso si hanno locali con altezze superiori ai 5 metri; ciò porta ad avere grandi volumi climatizzati in rapporto alle superfici in pianta [46].

In tutte le palestre gli orari di apertura sono continuativi dalle 7 alle 23 nei giorni feriali e dalle 9 alle 21 per i sabati, le domeniche e i giorni festivi; pertanto, si può assumere che gli impianti termotecnici vengano accesi qualche ora prima dell'orario di apertura e all'orario di chiusura delle strutture, seguendo delle *schedules* fisse. Attualmente, a causa dell'aumento dei costi dell'energia, la temperatura di set-point interna viene mantenuta intorno ai 20-21 °C nel periodo invernale, mentre essa viene impostata attorno a valori di 24-25 °C nel periodo estivo; prima dell'aumento del prezzo dell'energia, le temperature di set-point interne erano di circa 23 °C sia in estate, sia in inverno.

In tutte le strutture sono presenti degli impianti misti aria-acqua, oppure ad aria primaria e ad espansione diretta; questi ultimi sono composti da un'Unità di Trattamento Aria (UTA), che fornisce l'adeguata portata di ventilazione da garantire in ambiente, e da un impianto in pompa di calore ad espansione diretta VRF (*Variable Refrigerant Fluid*) per bilanciare i carichi di riscaldamento e raffrescamento. La taglia tipica dell'UTA è di 15000 m³/h, mentre le potenze dei sistemi VRF differiscono a seconda della dimensione della struttura. In alcuni casi è presente un'UTA senza batterie di scambio termico, ma provvista di un recuperatore di calore statico o rotativo, che assicura una corretta ventilazione degli ambienti. L'acqua calda sanitaria (ACS) viene prodotta mediante bollitori a gas naturale; in alternativa, si utilizzano delle pompe di calore dedicate alla produzione di ACS o, ancora, si usa uno scambiatore di calore con un ulteriore stadio di compressione collegato alle unità esterne del VRF, il quale genera acqua calda per i bollitori facendo scambiare energia termica tra l'acqua e il fluido refrigerante. Quando presenti, le batterie di riscaldamento dell'UTA

vengono alimentate dal generatore a gas naturale, così come i radiatori o i termoarredi eventualmente presenti nei servizi e negli spogliatoi; invece, l'acqua refrigerata necessaria alla batteria di raffreddamento viene prodotta con delle pompe di calore reversibili o dei *chiller*. In alcune strutture i generatori di calore a gas non sono presenti; in questi centri si utilizza solo il sistema VRF, accoppiato ai moduli con uno stadio di compressione aggiuntivo per la produzione di acqua calda sanitaria e l'UTA per il trattamento dell'aria primaria. In alcuni casi particolari, i generatori a gas sono sostituiti dal teleriscaldamento (palestra di Brescia) o da una pompa di calore geotermica (centro fitness di Roma Casilina). Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche impiantistiche di un centro fitness standard del gruppo RSG.

Tabella 1 – Impianti termotecnici per una palestra tipo del gruppo RSG

CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI TERMOTECNICI PER UNA PALESTRA TIPO	
Dimensioni in pianta	2000 m ²
Tipologia impianto termotecnico	Aria primaria ed espansione diretta (VRF) o acqua
Trattamento aria	UTA ad aria primaria (15000 m ³ /h)
Fluido termovettore impianto di climatizzazione	Gas refrigerante o acqua
Alimentazione batterie UTA	Generatore di calore a gas naturale – Pompa di calore
Produzione ACS	Bollitori alimentati da generatori di calore a gas o da pompe di calore

2.3 *Baseline energetica*

Nel presente studio, si costruiscono i modelli termofisici per alcune strutture rappresentative per l'intera catena e si raccolgono le bollette dell'energia elettrica e del gas naturale per caratterizzare i consumi energetici. Per definire la *baseline* si procede con il confronto tra i risultati emersi dai modelli e l'analisi delle bollette, per avere un riscontro sulle reali prestazioni energetiche degli edifici; in questo modo, si utilizza sia un approccio basato sui dati, sia uno ingegneristico incentrato sulla modellazione degli edifici con software di calcolo. Infatti, un modello ingegneristico tiene conto solo parzialmente di alcuni fattori che possono influenzare il consumo, come ad esempio il comportamento degli occupanti [47]. Con l'analisi delle bollette energetiche è possibile correggere le assunzioni adottate durante lo sviluppo dei modelli per determinare il reale utilizzo di energia all'interno delle strutture. Questo approccio, utilizzato per alcuni centri fitness,

viene poi esteso a tutte le palestre del gruppo di cui sono noti i consumi di energia elettrica e gas naturale.

Per trasformare i valori di energia elettrica e gas naturale in energia primaria e poterli così sommare tra loro, si utilizzano i fattori di conversione introdotti dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) nel 2008 [48] e riportati nella seguente tabella.

Tabella 2 - Fattori di conversione tep - MWh

FATTORI DI CONVERSIONE IN TEP	
Valore	Unità di misura
0.187	tep/MWh _{el}
0.086	tep/MWh _c

Per convertire gli Sm³ in kWh si utilizza il potere calorifico inferiore del gas naturale, assunto pari a 10.94 kWh_c/Sm³ [49]. Il pedice “c” (combustibile) si riferisce all'energia primaria, mentre il pedice “el” simboleggia l'energia elettrica.

Per l'energia elettrica si dispone dei dati di consumo annuali dal 2018 al 2021. Alcune palestre sono entrate in funzione dopo il 2019 e pertanto i consumi risultano parziali, oppure è presente solo un anno nello storico. Invece, per i consumi di gas si hanno soltanto dei valori annuali per il 2021; solo per alcuni centri fitness si dispone delle bollette del gas naturale del 2018 e del 2019. A causa della pandemia l'energia utilizzata nel 2020 e nel 2021 risulta non pienamente rappresentativa di un anno tipo di consumo; per questo motivo si preferisce utilizzare i dati del 2019 per l'energia elettrica per tutte le palestre aperte prima di quell'anno. Per le strutture di Catania e di Roma Casilina, entrate in funzione dopo il 2019, si considera il consumo del 2021 moltiplicato per un fattore correttivo di 1.3; questo coefficiente si ottiene calcolando la media dei rapporti tra i consumi elettrici del 2019 e quelli del 2021 di tutte le palestre. Così facendo, si incrementa l'energia elettrica utilizzata per costruire un anno di *baseline* più veritiero rispetto al comportamento reale dei centri fitness. Invece, per quanto riguarda il consumo di gas, poiché non si dispone dei consumi del 2019, si utilizzano i dati relativi al 2021 moltiplicati per lo stesso fattore correttivo di 1.3, già adottato per l'energia elettrica. Questo coefficiente è anche uguale a quello che si ottiene calcolando la media dei rapporti tra i consumi di gas del 2019 e quelli del 2021, per le palestre di cui hanno a disposizione le bollette di gas di anni precedenti al 2021. In mancanza di dati più accurati, si ritiene consono

procedere con la metodologia appena descritta. La seguente tabella riporta i consumi di energia elettrica e gas naturale per 27 palestre del gruppo RSG.

Tabella 3 - Baseline dei consumi energetici

Palestra	Superficie [m²]	Consumo energia elettrica [kWh_e/anno]	Consumo gas naturale [Sm³/anno]
Bari	1926	312720	4768
Bergamo	1537	102568	0
Busto Arsizio	1366	206671	7045
Casalecchio di Reno	1385	185102	3448
Catania	1603	292382	0
Cremona	1425	152796	5664
Ferrara	1228	81845	3478
Marghera	1062	86377	0
Mestre Carpenedo	1531	393878	7833
Mestre John Reed	1531	282110	0
Milano Certosa	1886	349842	0
Milano Città Studi	1630	390043	0
Milano Fulvio Testi	2620	464855	14762
Padova	1116	125433	3543
Pavia	1516	211362	4355
Perugia	2094	465647	0
Piacenza	1192	107691	0
Roma Casilina	2009	435952	7535
Roma Ostiense	2047	484586	0
Selvazzano Dentro	1299	194622	6157
Torino Mirafiori Nord	1567	323541	17860
Torino Politecnico	2001	344904	0
Udine	1320	228388	3539
Udine Micesio	1726	198197	0
Verona Centro	1028	106633	0
Verona Fiera	2078	367093	11452
Vicenza	1366	128746	0

Le palestre evidenziate di verde sono quelle in cui non viene utilizzato il gas naturale, ma solo l'energia elettrica. Nella seguente tabella sono elencati i consumi di energia primaria in tep, ottenuti trasformando opportunamente l'energia elettrica e il gas naturale in energia primaria e sommando i due contributi; inoltre, è riportata anche la potenza elettrica impegnata contrattualmente che fornisce un'indicazione sul carico elettrico di picco delle strutture analizzate.

Tabella 4 - Potenza elettrica impegnata ed energia primaria consumata annualmente

Palestra	Potenza elettrica impegnata [kW _e]	Energia primaria annua [kWh _c /anno]
Bari	130	732150
Bergamo	50	223026
Busto Arsizio	100	526458
Casalecchio di Reno	50	440206
Catania	150	635760
Cremona	56	394208
Ferrara	99	216009
Marghera	50	187820
Mestre Carpenedo	180	942143
Mestre John Reed	140	613425
Milano Certosa	200	760703
Milano Città Studi	200	848117
Milano Fulvio Testi	250	1172280
Padova	140	311499
Pavia	110	507233
Perugia	175	1012512
Piacenza	50	234165
Roma Casilina	120	1030374
Roma Ostiense	210	1053693
Selvazzano Dentro - Tencarola	100	490545
Torino Mirafiori Nord	140	870736
Torino Politecnico	200	749966
Udine	92	535323
Udine Micesio	200	430963
Verona Centro	100	231865
Verona Fiera	200	923495
Vicenza	90	279948

I risultati ottenuti dalla costruzione della *baseline* per 27 palestre possono essere estesi ai centri fitness presenti in Italia e già in funzione, ovvero 41. Per fare ciò, si utilizzano i dati di cui si dispone per le strutture considerate e si calcola la media dei consumi per quelle di cui non si hanno dati storici e non si è costruito il modello termofisico; infatti, alcune palestre sono entrate in funzione recentemente e non è possibile costruire una *baseline* dei consumi energetici. Riepilogando, nella seguente tabella sono evidenziati i consumi annuali di energia elettrica e gas naturale per tutte le palestre del gruppo, evidenziando anche la spesa totale e il consumo di energia primaria espresso in tep. Si ipotizzano dei costi unitari di 0.35 €/kWh_e e di 1.30 €/Sm³, rispettivamente per l'energia elettrica e per il gas

naturale; i costi specifici adottati sono in linea con i prezzi attuali dell'energia presenti sul mercato.

Tabella 5 - Stima dei consumi energetici di baseline del gruppo RSG in Italia

STIMA DEI CONSUMI TOTALI PRE INTERVENTO	
n° palestre	41
Consumo energia elettrica annuo [kWh/anno]	10666050
Costo unitario energia elettrica [€/kWh]	0.35
Spesa annua per energia elettrica [€/anno]	3'733'117
Consumo gas naturale annuo [Sm ³ /anno]	150122
Costo unitario gas naturale [€/Sm ³]	1.30
Spesa annua per gas naturale [€/anno]	195'159
Consumo energia primaria annuo [tep/anno]	2136
COSTO ANNUO ENERGIA [€/anno]	3'928'277 €

I consumi di energia del gruppo RSG Italia sono considerevoli; il vettore energetico più utilizzato è l'energia elettrica, mentre il gas naturale ha un impatto decisamente minore sulla spesa totale.

2.4 Analisi dei consumi energetici

Dopo aver costruito la *baseline* energetica, si possono fare delle valutazioni volte a caratterizzare i consumi dei centri fitness nello stato attuale. Nel grafico sottostante viene mostrata la ripartizione degli usi finali di energia di una palestra tipo. Questo si ottiene considerando il carico giornaliero misurato dal sistema di monitoraggio installato in una struttura, mediato per le ore di funzionamento; inoltre, poiché alcuni dati di monitoraggio risultano aggregati, si considerano i fabbisogni per la ventilazione e l'acqua calda sanitaria calcolati con il sistema di modellazione energetica Edilclima EC700. Invece, i consumi per illuminazione e forza motrice derivano dai dati di monitoraggio per la palestra considerata. Si sceglie di utilizzare questo approccio che combina i consumi reali con quelli calcolati a priori per tenere conto degli effettivi utilizzi di energia nell'edificio. Analizzando i modelli energetici di alcune strutture, si evidenziano le differenze che possono presentarsi tra un centro fitness e l'altro. Il seguente grafico vuole perciò essere un campione rappresentativo ai fini delle analisi successive.

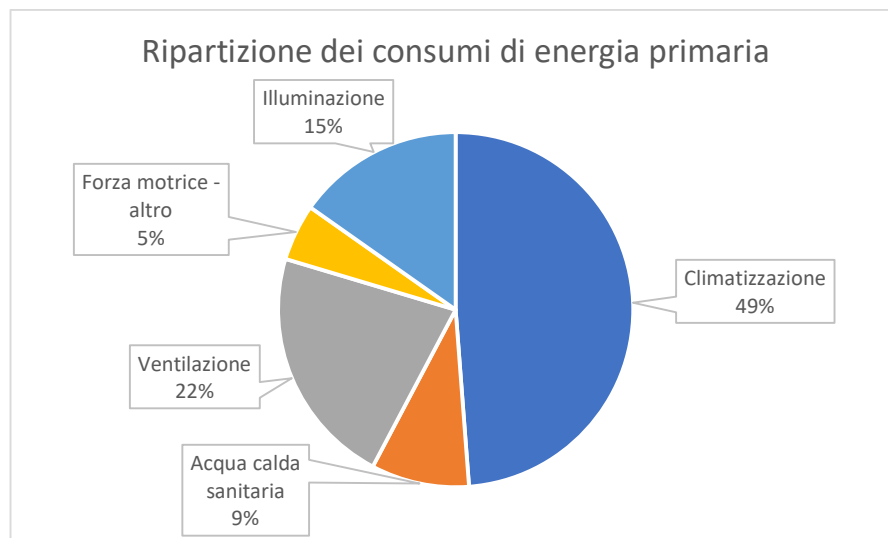


Figura 8 - Ripartizione dei consumi di energia primaria per una palestra tipo

Nel grafico si nota come la spesa energetica per la climatizzazione sia preponderante rispetto alle altre voci; un notevole impatto è dato anche dalla ventilazione, mentre l'illuminazione e l'acqua calda sanitaria hanno un peso minore, ma non trascurabile.

Studiando i consumi derivanti dalle bollette energetiche e incrociando i dati con le temperature medie esterne, si possono costruire i grafici sottostanti che rappresentano le firme energetiche dei centri fitness di Bari e di Milano Fulvio Testi; si scelgono queste due palestre perché ubicate in città con climi diversi.

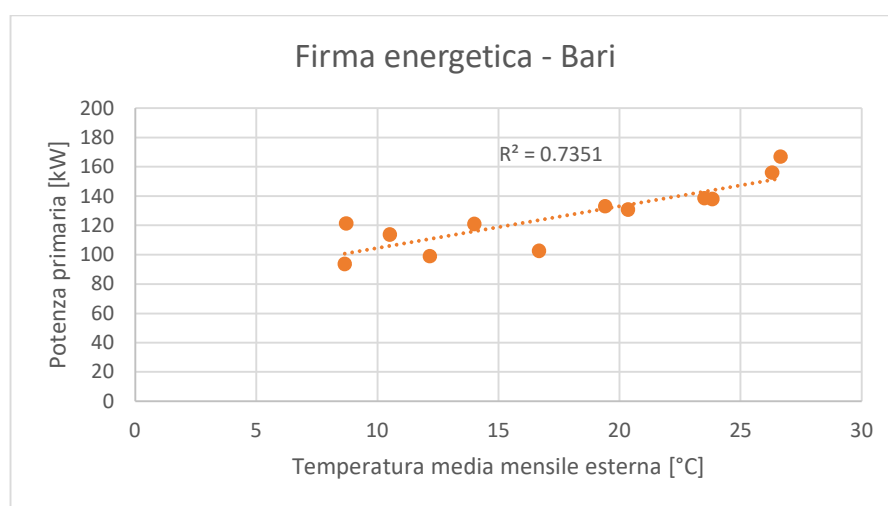


Figura 9 - Firma energetica della palestra di Bari

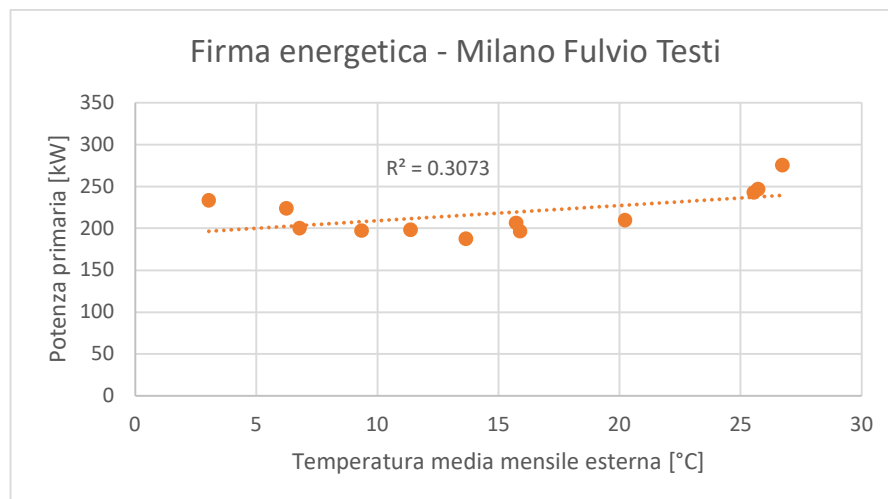


Figura 10 - Firma energetica della palestra di Milano Fulvio Testi (un anno)

La firma energetica di un edificio è un grafico che mette in relazione la potenza assorbita con la temperatura media esterna. Se la firma energetica è costruita utilizzando la potenza primaria, come nel caso in esame, allora il coefficiente angolare della retta rappresenta il rapporto tra il coefficiente globale di scambio termico e l'efficienza media dei generatori. Nel presente caso si utilizza la potenza primaria calcolata sommando i consumi di energia elettrica e di gas naturale, opportunamente trasformati in energia primaria, e dividendo per il numero medio mensile di ore di funzionamento (assunto pari a 464 ore). Così facendo, non si distingue la potenza utilizzata per climatizzare gli ambienti dagli altri usi finali, come la produzione di acqua calda sanitaria, l'illuminazione e la forza motrice. Si procede in questa maniera perché si dispone solo dei consumi derivanti dalle bollette energetiche, mentre non sono presenti dati di monitoraggio per le palestre, a parte per l'unico caso della Gold's Gym di Milano. L'aggregazione temporale mensile limita l'accuratezza della regressione, come si può vedere dai coefficienti R^2 che sono molto bassi. Come si può notare osservando i due grafici soprastanti, nel caso di Bari c'è una leggera correlazione tra la potenza primaria utilizzata e la temperatura media esterna, con la potenza che cresce all'aumentare della temperatura, senza evidenti punti di cambio. L'incremento della potenza all'aumentare della temperatura si può spiegare con la latitudine di Bari; infatti, nei mesi estivi la forzante climatica grava sull'impianto di climatizzazione, mentre in quelli invernali le dispersioni sono parzialmente compensate dagli apporti interni elevati, in particolare dall'occupazione.

Al contrario, nel caso di Milano non c'è correlazione tra la potenza e la temperatura esterna; ciò si evince dal valore molto basso dell' R^2 , pari a 0.31, e dall'andamento della retta di regressione che è quasi orizzontale. Occorrerebbe scorporare gli usi energetici che non dipendono dalla temperatura, ma anche se si considerano i dati di consumo aggregato si può vedere come quest'ultimo non sia particolarmente influenzato dalla temperatura esterna. Ciò si può spiegare dal fatto che il centro fitness di Milano Fulvio Testi ha una sala corsi posta in un piano interrato, per cui la temperatura esterna non influenza particolarmente la potenza spesa per riscaldare o raffreddare gli ambienti; invece, l'occupazione è sicuramente più rilevante per spiegare come viene utilizzata l'energia nell'edificio.

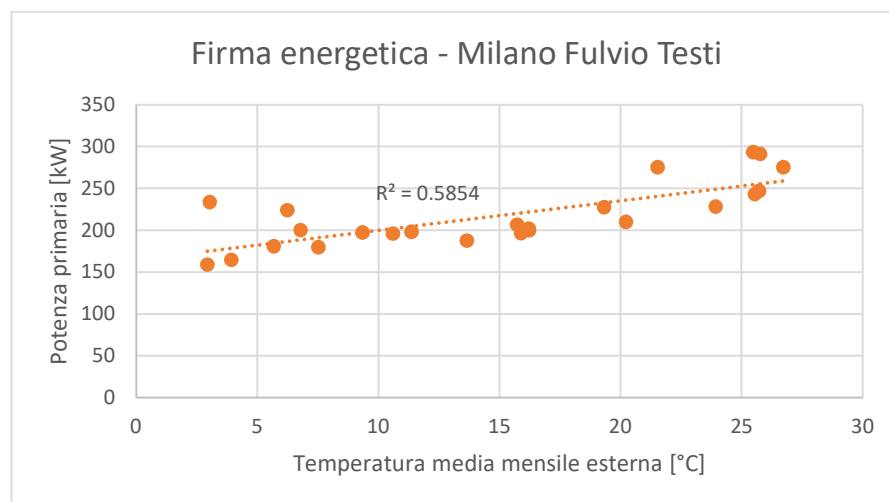


Figura 11 - Firma energetica Milano Fulvio Testi (2 anni)

Il precedente grafico riporta la firma energetica della palestra di Milano Fulvio Testi con i dati di consumo di 22 mesi, precisamente da febbraio a novembre del 2018 e da gennaio a dicembre del 2019. In questo caso, il coefficiente R^2 aumenta leggermente rispetto alla firma costruita sul solo 2019, così come l'andamento crescente della potenza con la temperatura è più marcato. Anche con un clima più rigido rispetto a quello di Bari, l'influenza della temperatura si nota maggiormente nel periodo estivo rispetto a quello invernale, con un conseguente andamento crescente della potenza con la temperatura esterna.

Le fasi di costruzione della *baseline* e l'analisi dei consumi energetici corrispondono alla fase del *plan* della norma UNI CEI EN ISO 50001; come esplicitato nel capitolo uno, in questa fase si analizza lo stato di fatto dell'organizzazione e si iniziano a programmare i possibili interventi, esaminando quali sono gli usi di energia più impattanti.

2.5 Benchmarking esterno tra i centri fitness del gruppo RSG

Una volta determinati i consumi energetici dei vari centri fitness, è possibile comparare le informazioni raccolte. A questo scopo, si confrontano le palestre considerate nell'analisi per determinare quali tra queste possiedano un'efficienza energetica minore; in seguito, è possibile stilare una classifica in base alle performance dei centri fitness e un cronoprogramma, dando priorità di intervento sul sistema edificio-impianto alle palestre che presentano una prestazione energetica meno soddisfacente.

La comparazione può essere effettuata utilizzando opportuni indicatori energetici (EnPI). Per standardizzare il consumo delle varie strutture, si può rapportare il consumo annuale di energia primaria alla superficie, al numero di iscritti, ai gradi giorno di riscaldamento (GG) e ai gradi giorno estivi (GGE); inoltre, è possibile combinare questi indicatori tra loro per determinare il consumo per unità di superficie e per uno o più degli altri parametri precedentemente elencati. Nella seguente tabella sono riportati i vari indicatori specifici di consumo per 25 centri fitness, espressi in kWh_e di energia primaria; in questo caso, i dati da cui si parte sono relativi al 2021. Come già anticipato, l'energia utilizzata nei primi mesi del 2021 è inferiore rispetto alla media annuale; tuttavia, inizialmente per il confronto si utilizzano questi consumi rispetto alla *baseline* per considerare il reale consumo di gas naturale avvenuto nel 2021. In particolare, sono espressi il consumo per unità di superficie, l'energia spesa per unità di superficie e gradi giorno di riscaldamento (GG), il consumo per unità di superficie e gradi giorno estivi (GGE) e l'energia specifica per numero di iscritti per ciascuna palestra. I gradi giorno di riscaldamento sono calcolati considerando una temperatura di set-point interna di 20°C, mentre i gradi giorno estivi si riferiscono ad una temperatura di 25°C; questi valori sono quelli reali misurati nel 2021 nelle località in cui si trovano i centri fitness. Il numero di iscritti consente di determinare una stima degli accessi alle palestre: infatti, da quest'ultimo valore dipendono i consumi, in particolare quelli per l'acqua calda sanitaria che sono strettamente legati all'uso delle docce presenti negli spogliatoi. Il dato relativo agli iscritti è puramente indicativo e non rappresenta la reale

occupazione della palestra; però, in mancanza di informazioni più specifiche per tutte le strutture, lo si può considerare per effettuare delle analisi preliminari.

Tabella 6 - Indicatori specifici di consumo (EnPI) per il 2021

Palestra	Energia/superficie [kWh _c /m ²]	Energia/(superficie GG) [kWh _c /(m ² GG)]	Energia/(superficie GGE) [kWh _c /(m ² GGE)]	Energia/iscritti [kWh _c /iscritto]
Bari	286	0.162	1.39	138
Busto Arsizio	343	0.123	9.35	234
Casalecchio di Reno	187	0.074	1.34	86
Catania	305	0.225	1.32	163
Cremona	220	0.089	1.29	125
Ferrara	152	0.069	0.53	62
Marghera	133	0.051	2.95	71
Mestre Carpenedo	507	0.194	11.26	194
Mestre John Reed	298	0.114	6.63	152
Milano Certosa	274	0.106	5.38	103
Milano Città Studi	390	0.150	7.64	98
Milano Fulvio Testi	409	0.157	8.01	178
Padova	145	0.055	3.11	81
Pavia	284	0.109	5.56	172
Perugia	280	0.107	2.83	195
Piacenza	116	0.044	0.68	46
Roma Ostiense	366	0.195	2.71	187
Selvazzano Dentro - Tencarola	325	0.123	6.99	169
Torino Mirafiori Nord	465	0.182	5.77	208
Torino Politecnico	177	0.069	2.19	54
Udine	201	0.073	6.14	106
Udine Micesio	227	0.083	6.93	98
Verona Centro	144	0.052	2.67	49
Verona Fiera	331	0.119	6.14	172
Vicenza	187	0.066	5.92	102

In seguito, per esaminare simultaneamente tutti gli indicatori costruiti e quindi effettuare un *benchmarking* esterno tra i centri del gruppo RSG, si può fare una media pesata sui vari indicatori ed effettuare una suddivisione per classi energetiche. Si intende realizzare il *benchmarking* per 25 centri fitness, imponendo le soglie tra una classe e l'altra in modo che all'interno di ognuna siano presenti 5 palestre, ripetendo l'operazione per ogni indicatore specifico; infatti, le classi scelte vanno dalla A alla E, dove la A indica il consumo più basso e la E quello più alto. Dopo aver eseguito la classificazione in base ad ogni indicatore, si calcola la media tra le classi ottenute da ogni struttura rispetto a ciascun EnPI; questo passaggio permette di determinare la classe complessiva di tutti i centri fitness. È importante sottolineare che le classi scelte sono create appositamente utilizzando i dati di consumo da bolletta relativi al 2021 delle palestre analizzate; pertanto, le classi non corrispondono a quelle utilizzate convenzionalmente per le certificazioni energetiche. Si adotta questo approccio per confrontare tra di loro le palestre del gruppo, in modo da redigere una classifica che pone le palestre più meritevoli in cima e quelle con consumi più elevati in coda. La tabella sottostante riporta, per ogni EnPI, gli intervalli con i quali sono costruite le classi utilizzate per la suddivisione.

Tabella 7 - Intervalli di suddivisione delle classi per il 2021

Classe	Energia/superficie [kWh _c /m ²]	Energia/ (superficie GG) [kWh _c /(m ² GG)]	Energia/ (superficie GGE) [kWh _c /(m ² GGE)]	Energia/ (superficie iscritti) [kWh _c /(m ² iscritto)]	Energia/ iscritti [kWh _c /iscritto]
A	176 - 0	0.068 - 0	1.38 - 0	0.056 - 0	80 - 0
B	226 - 177	0.088 - 0.069	2.94 - 1.39	0.070 - 0.057	102 - 81
C	297 - 227	0.118 - 0.089	5.91 - 2.95	0.087 - 0.071	162 - 103
D	365 - 298	0.161 - 0.119	6.98 - 5.92	0.113 - 0.088	186 - 163
E	507 - 366	0.225 - 0.162	11.26 - 6.99	0.172 - 0.114	234 - 187

La seguente tabella mostra i risultati ottenuti dalla suddivisione in classi.

Tabella 8 - Classificazione dei centri fitness analizzati in base agli indicatori specifici di consumo per il 2021

Palestra	Classe
Bari	C
Busto Arsizio	E
Casalecchio di Reno	B
Catania	D
Cremona	C
Ferrara	A
Marghera	B
Mestre Carpenedo	E
Mestre John Reed	D
Milano Certosa	C
Milano Città Studi	D
Milano Fulvio Testi	D
Padova	B
Pavia	D
Perugia	C
Piacenza	A
Roma Ostiense	D
Selvazzano Dentro	D
Torino Mirafiori Nord	E
Torino Politecnico	B
Udine	C
Udine Micesio	C
Verona Centro	A
Verona Fiera	D
Vicenza	B

Si può notare che le strutture che non utilizzano il gas naturale hanno una performance energetica leggermente migliore rispetto alle altre; infatti, tra le palestre classificate come E non sono presenti centri fitness che utilizzano solo energia elettrica. Tuttavia, nelle strutture aperte di recente o che hanno subito una riqualificazione il gruppo RSG ha preferito utilizzare sistemi VRF o a pompa di calore, eliminando i generatori a gas naturale; pertanto, gli impianti termotecnici delle palestre solo elettriche risultano mediamente più recenti e di conseguenza più efficienti rispetto alle strutture in cui sono installati dei generatori di calore a gas.

Per completezza, si riporta la suddivisione delle classi e i risultati del *benchmarking* ottenuti con i dati della *baseline*, per effettuare un confronto con il 2021 e osservare il cambiamento dei consumi energetici delle palestre analizzate.

Tabella 9 - Indicatori specifici di consumo (EnPI) per la baseline

Palestra	Energia/ superficie [kWh _c /m ²]	Energia/ (superficie GG) [kWh _c /(m ² GG)]	Energia/ (superficie GGE) [kWh _c /(m ² GGE)]	Energia/ (superficie iscritti) [kWh _c /(m ² iscritto)]	Energia/ iscritti [kWh _c /iscritto]
Bari	380	0.321	1.85	0.095	183
Busto Arsizio	385	0.135	10.50	0.193	263
Casalecchio di Reno	318	0.140	2.29	0.106	147
Catania	397	0.476	1.72	0.132	212
Cremona	277	0.116	1.63	0.111	158
Ferrara	176	0.076	0.62	0.0586	72
Marghera	177	0.075	3.93	0.088	94
Mestre Carpenedo	615	0.262	13.68	0.154	236
Mestre John Reed	401	0.171	8.90	0.134	204
Milano Certosa	403	0.168	7.91	0.081	152
Milano Città Studi	520	0.216	10.20	0.080	130
Milano Fulvio Testi	447	0.186	8.77	0.0746	195
Padova	279	0.117	6.00	0.140	156
Pavia	335	0.128	6.56	0.134	203
Perugia	484	0.211	4.88	0.161	338
Piacenza	196	0.072	1.16	0.0655	78
Roma Ostiense	515	0.364	3.81	0.129	263
Selvazzano Dentro - Tencarola	378	0.158	8.12	0.151	196
Torino Mirafiori Nord	556	0.212	6.89	0.159	249
Torino Politecnico	375	0.143	4.64	0.0577	115
Udine	406	0.175	12.40	0.162	214
Udine Micesio	250	0.107	7.64	0.0624	108
Verona Centro	226	0.109	4.18	0.0752	77
Verona Fiera	444	0.215	8.23	0.111	231
Vicenza	205	0.086	6.49	0.082	112

Tabella 10 - Intervalli di suddivisione delle classi per la baseline

Classe	Energia/ superficie [kWh _c /m ²]	Energia/ (superficie GG) [kWh _c /(m ² GG)]	Energia/ (superficie GGE) [kWh _c /(m ² GGE)]	Energia/ (superficie iscritti) [kWh _c /(m ² iscritto)]	Energia/ iscritti [kWh _c /iscritto]
A	249 - 0	0.108 - 0	2.28 - 0	0.074 - 0	111 - 0
B	374 - 250	0.139 - 0.109	4.87 - 2.29	0.094 - 0.075	155 - 112
C	400 - 375	0.174 - 0.140	7.63 - 4.88	0.131 - 0.095	202 - 156
D	483 - 401	0.215 - 0.175	8.89 - 7.64	0.153 - 0.132	235 - 203
E	615 - 484	0.476 - 0.216	13.68 - 8.90	0.193 - 0.154	338 - 236

Tabella 11 - Classificazione dei centri fitness analizzati in basi agli indicatori specifici di consumo per la baseline

Palestra	Classe
Bari	C
Busto Arsizio	D
Casalecchio di Reno	B
Catania	C
Cremona	B
Ferrara	A
Marghera	A
Mestre Carpenedo	E
Mestre John Reed	D
Milano Certosa	C
Milano Città Studi	D
Milano Fulvio Testi	C
Padova	C
Pavia	C
Perugia	D
Piacenza	A
Roma Ostiense	D
Selvazzano Dentro - Tencarola	C
Torino Mirafiori Nord	D
Torino Politecnico	B
Udine	D
Udine Micesio	B
Verona Centro	B
Verona Fiera	D
Vicenza	B

Confrontando la classificazione ottenuta con la *baseline* e quella realizzata con i dati del 2021, è possibile notare che alcune palestre hanno cambiato classe, mentre altre sono rimaste invariate. Si premette che per il *benchmarking* realizzato con la *baseline* si fa riferimento ai gradi giorno standard per ogni località, riportati nell'allegato nazionale alla

norma prEN 12831 [50]. I consumi della *baseline* sono tutti più alti rispetto a quelli del 2021, anche se alcuni centri hanno subito in misura maggiore l'effetto della pandemia. Osservando la tabella 8, si può constatare che quelle che utilizzano solo energia elettrica sono leggermente migliori nella classificazione: questo esito è lo stesso che si riscontra nel *benchmarking* effettuato considerando i dati di consumo del 2021.

Esaminando i risultati ottenuti per le due classificazioni, si nota che il centro fitness con le peggiori performance è quello di Mestre Carpenedo; a seguire, si trovano quelli di Torino Mirafiori Nord e di Busto Arsizio che per il 2021 sono classificati come E, mentre per la *baseline* come D. Dunque, è opportuno intervenire su queste strutture al fine di garantire maggiori vantaggi dal punto di vista energetico.

2.6 Analisi delle forniture energetiche

Analizzando la situazione antecedente la diffusione del Covid-19 e del conflitto russo-ucraino, ovvero prima dell'aumento considerevole dei prezzi dell'energia, i costi per le forniture energetiche delle palestre analizzate risultano essere in linea con i prezzi di mercato; questi ultimi, infatti, si attestano mediamente intorno ai 19-20 c€/kWh per l'energia elettrica e ai 76-80 c€/Sm³ per il gas naturale. A titolo esemplificativo, si riportano i prezzi medi per le forniture energetiche di alcune palestre.

Tabella 12 - Costi unitari dell'energia elettrica e del gas naturale (2018)

Palestra	Costo medio unitario energia elettrica dicembre 2018 [€/kWh]	Costo medio unitario gas naturale dicembre 2018 [€/Sm ³]
Bari	0.195	0.762
Milano Fulvio Testi	0.196	0.756
Torino Corso Orbassano	0.199	0.799

I valori riportati nella precedente tabella vanno confrontati con i prezzi medi di mercato. Nelle due figure sottostanti sono mostrati i costi medi unitari per l'energia elettrica e il gas naturale per i principali Paesi europei nel 2018 [51]; i grafici riguardano i consumatori industriali e, in base a quanto definito nella *baseline*, le categorie di consumo per la maggior parte delle palestre analizzate sono quelle comprese tra 20-500 MWh/anno e minore di 26000 m³/anno, rispettivamente per l'energia elettrica e il gas naturale. Per il confronto, si preferisce utilizzare i valori riferiti agli utilizzatori industriali poiché la quantità di energia consumata annualmente rientra in questa categoria e l'uso non è domestico.

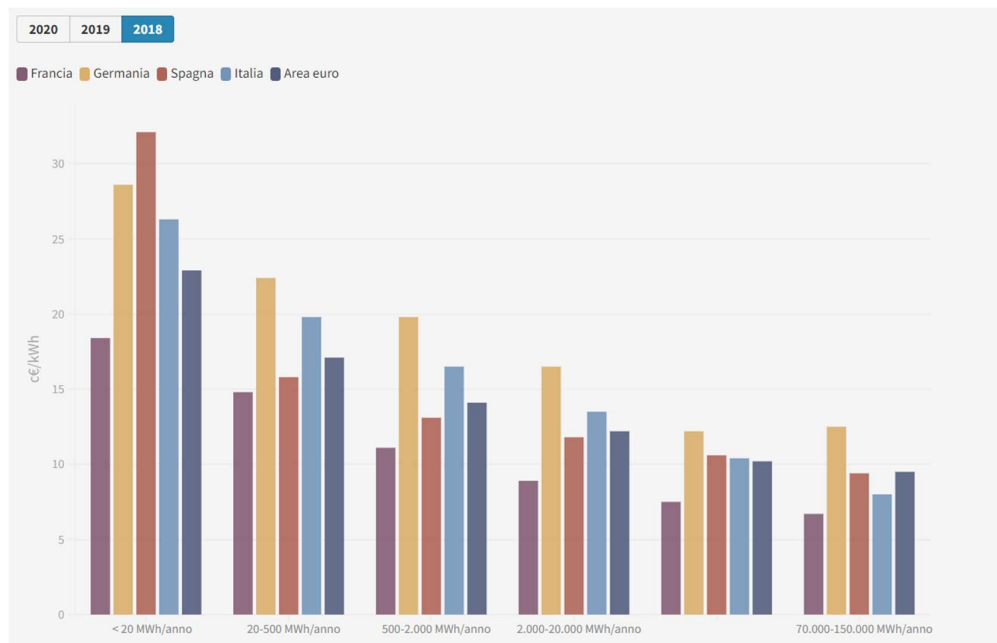


Figura 12 - Prezzi dell'energia elettrica per consumatori industriali in Europa nel 2018 [51]

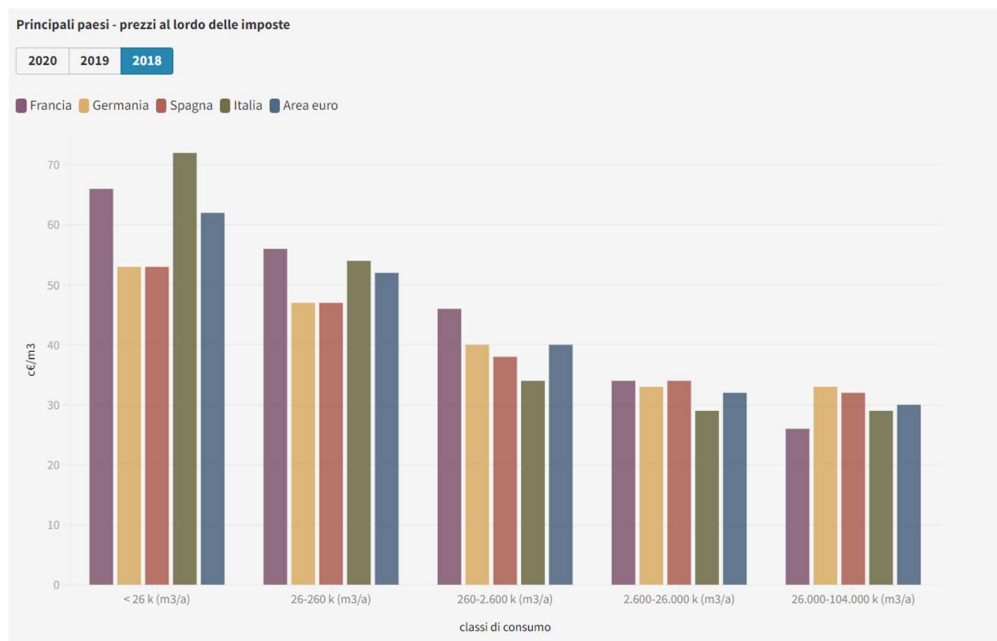


Figura 13 - Prezzi del gas naturale per consumatori industriali in Europa nel 2018 [51]

Il prezzo di acquisto di energia elettrica risulta essere perfettamente in linea con quanto si evince dall'analisi di mercato; invece, il gas naturale nel 2018 è stato pagato leggermente di più rispetto ad un consumatore industriale medio. Ciò si può spiegare dal fatto che i

consumi di gas sono relativamente bassi per la maggior parte delle palestre e, quindi, i centri analizzati rientrano nella fascia inferiore della categoria di consumo mostrata nel grafico; pertanto, si ritiene accettabile una variazione di 5-7 c€/Sm³ rispetto ai consumatori industriali.

Tabella 13 - Costi unitari dell'energia elettrica e del gas naturale (2021)

Palestra	Costo unitario energia elettrica dicembre 2021 [€/kWh]	Costo unitario gas naturale dicembre 2021 [€/Sm ³]
Bari	0.474	0.828
Milano Palmanova	0.495	0
Milano Fulvio Testi	0.489	0.732
Parma	0.494	0
Roma Casilina	0.485	0.795
Torino Corso Orbassano	0.485	0.812

Nei grafici sottostanti sono riportate le variazioni in percentuale e in valore assoluto dei prezzi unitari per i consumatori domestici tipo; si utilizzano questi costi poiché non sono ancora presenti i dati per i clienti industriali, ipotizzando che le variazioni percentuali siano analoghe tra consumatori domestici e industriali.

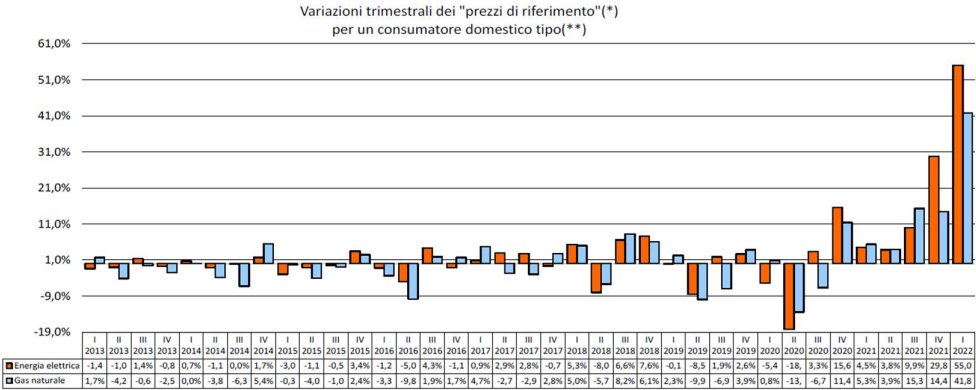


Figura 14 - Variazioni trimestrali dei prezzi dell'energia elettrica e del gas naturale [52, p. 6]

Condizioni economiche di fornitura per una famiglia con 3 kW di potenza impegnata e 2.700 kWh di consumo annuo in c€/kWh

visualizza solo:

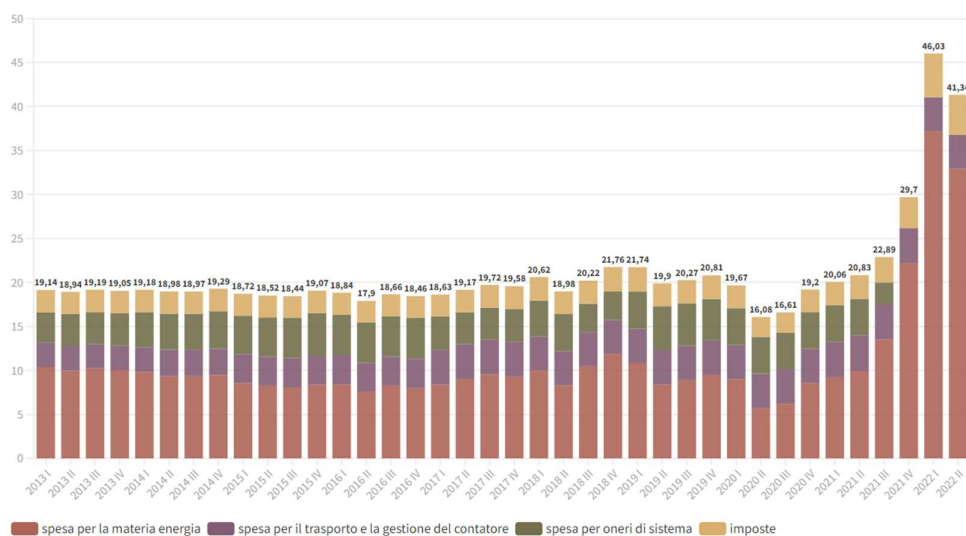


Figura 15 - Andamento del prezzo dell'energia elettrica per cliente nel mercato tutelato [53]

condizioni economiche di fornitura per una famiglia con un consumo annuale di 1.400 m³, in c€/m³

visualizza solo:

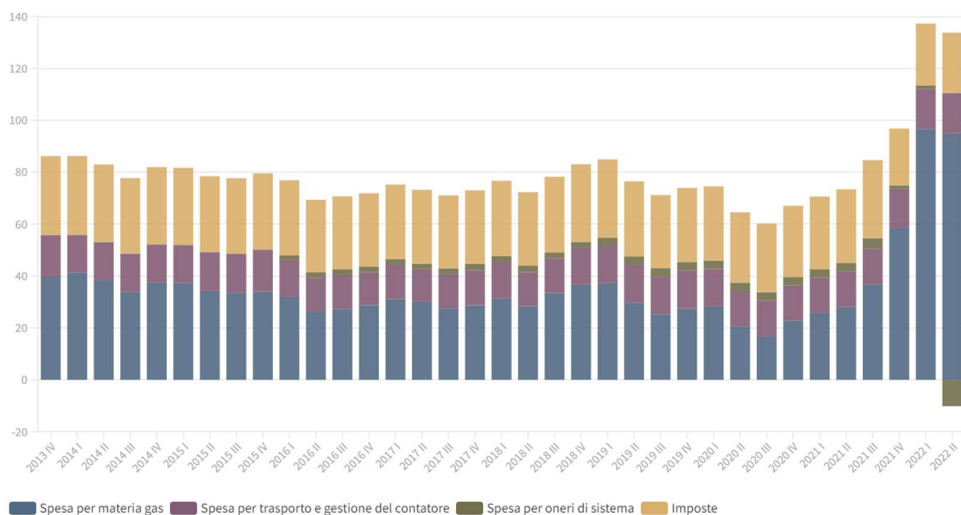


Figura 16 - Andamento del prezzo del gas naturale per cliente nel mercato tutelato [54]

Anche in questo caso, per l'energia elettrica gli aumenti di prezzo sono paragonabili a quelli registrati nelle palestre analizzate per dicembre 2021; in questo mese il prezzo del gas non era ancora aumentato considerevolmente e, quindi, i valori unitari risultano più bassi rispetto a quanto riportato dall'ARERA.

Nella tabella sottostante sono elencati i costi unitari del gas naturale per alcune strutture per il mese di febbraio 2022.

Tabella 14 - Costo unitario del gas naturale (febbraio 2022)

Palestra	Costo unitario gas naturale febbraio 2022 [€/Sm³]
Bari	0.830
Mestre Carpenedo	0.774
Milano Fulvio Testi	0.775
Torino Mirafiori Nord	0.843
Verona Fiera	0.794

I prezzi del gas naturale non sono aumentati proporzionalmente rispetto a quanto avvenuto per il mercato tutelato, ma risultano essere di poco superiori a quelli che si avevano prima della crisi energetica.

2.7 Il miglior sistema edificio-impianto

Da quanto emerso nel presente capitolo, si possono confrontare le varie tipologie di impianto installato nelle palestre analizzate. Osservando la *baseline* e il *benchmarking* effettuati in precedenza, i migliori impianti possibili sembrano essere quelli in cui è presente un sistema ad espansione diretta (VRV o VRF), insieme ad un'UTA o ad un sistema VMC con recuperatore di calore. Le palestre che utilizzano solamente energia elettrica e che quindi producono l'acqua calda sanitaria con una pompa di calore o con un VRF, generalmente presentano degli indici di consumo leggermente inferiori, se confrontate con le strutture in cui sono installati dei generatori a gas.

Il caso della palestra di Roma Casilina, alimentata da una pompa di calore geotermica, andrebbe monitorato per un periodo più lungo; infatti, questo centro è entrato in funzione nel 2021 e quindi i consumi e l'affluenza sono condizionati dalla pandemia. Rispetto a quanto stimato per la *baseline*, si segnala un comportamento energetico abbastanza buono. Invece, analizzando i consumi del centro fitness di Brescia in cui l'energia termica viene fornita dal teleriscaldamento, non si riscontrano sostanziali differenze rispetto alle strutture dotate di generatori a gas.

In conclusione, si può affermare che il miglior impianto possibile è quello che unisce un sistema VRF o in pompa di calore aria-acqua ad un'UTA per il trattamento dell'aria, utilizzando solo energia elettrica; occorrerebbe analizzare nello specifico ogni struttura per

determinare l'anno di installazione degli impianti termotecnici, stimandone l'efficienza, e studiare la stratigrafia dell'involucro edilizio per valutarne l'incidenza sui consumi.

3. Gestione energetica e interventi di efficientamento: azioni proposte

Alla luce di quanto trattato e dei risultati ottenuti nel precedente capitolo, questa parte dello studio ha l'obiettivo di trovare delle azioni gestionali da implementare per migliorare l'uso in esercizio degli impianti meccanici ed elettrici a servizio delle palestre. Per fare ciò si analizzano alcune strutture del gruppo e poi si estendono i risultati a tutta la catena. Inoltre, si vuole esaminare lo stato di fatto per un centro fitness per proporre degli interventi di riqualificazione energetica.

3.1 Analisi dei dati di monitoraggio del centro fitness Gold's Gym di Milano

La Gold's Gym di Milano utilizza solamente energia elettrica come vettore energetico; infatti, è installato un sistema VRF per riscaldare e raffreddare gli ambienti, abbinato a dei moduli ad espansione diretta per la produzione di ACS. Per la ventilazione è presente un'Unità di Trattamento Aria dotata di recuperatore di calore entalpico rotativo con portata nominale di 15000 m³/h che provvede ai ricambi d'aria della zona di allenamento, recuperando energia termica sensibile e latente; questa macchina attualmente lavora a portata costante, pari a quella nominale. Inoltre, sono installati degli estrattori nei servizi e due estrattori aggiuntivi nelle sale di allenamento. La struttura presenta una superficie in pianta di 2120 m², oltre ad un'area esterna di 200 m²; il volume totale è di circa 9607 m³, con un'altezza media dei locali di 4.53 m.



Figura 17 - Unità esterna del VRF installato nella palestra di Milano Gold's Gym

Come anticipato in precedenza, nel centro fitness Gold's Gym di Milano è già in funzione un BACS (*Building Automation and Control System*) che permette di monitorare i consumi energetici e intervenire da remoto per regolare gli impianti meccanici e di illuminazione. Si intende lavorare sulle serie storiche di consumo di questo centro perché in tal modo è possibile analizzare i carichi elettrici orari e giornalieri e osservare come cambiano effettuando delle regolazioni sugli impianti. La palestra Gold's Gym è entrata in funzione nel 2021, pertanto si dispone dei dati di monitoraggio solamente a partire da dicembre 2021. Utilizzando questi dati si può costruire una curva di carico tipologica per i giorni feriali e per quelli festivi, per definire il comportamento energetico reale dell'edificio.

Un BACS è un sistema che comprende software e hardware, il cui funzionamento combinato permette di fare automazione nell'edificio e gestione energetica. Il BACS è spesso usato come sinonimo del BEMS (*Building Energy Management System*), ma, a differenza di quest'ultimo, si riferisce a tutti gli impianti tecnologici installati nell'edificio; si può affermare che il BACS comprende il BEMS. Il BACS è costituito da una serie di sensori

di campo che misurano il valore delle variabili da regolare, da attuatori che agiscono sui componenti degli impianti e da controllori che comandano le azioni necessarie agli attuatori. Nella palestra in esame il BACS non permette ancora di implementare delle regolazioni automatiche basate su dei livelli di soglia, però è possibile controllare gli impianti da remoto e gestirli impostando delle *scheludes* in base a dei criteri quali il giorno della settimana e l'orario; perciò, è possibile regolare manualmente gli impianti agendo sull'impianto di illuminazione e sui sistemi di ventilazione. Un esempio del software che permette di gestire gli impianti termotecnici, l'illuminazione e gli accessi nel centro Gold's Gym è riportato nelle seguenti figure.



Figura 18 - Schermata di controllo del software che permette la gestione energetica nella palestra Gold's Gym di Milano (Home)

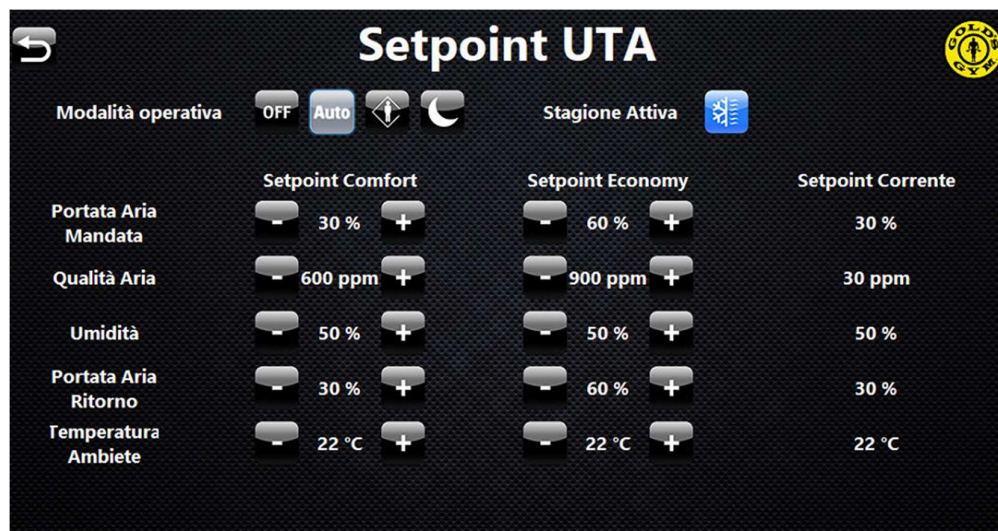


Figura 19 - Schermata di controllo del software che permette la gestione energetica nella palestra Gold's Gym di Milano (UTA)

Come si può notare dalle precedenti figure, per mezzo del software è possibile controllare i set-point interni degli impianti, quali l'UTA e gli estrattori, così come si possono dimmerare le luci e accendere o spegnere le saune.

I risultati che si possono raggiungere per questa palestra o per le altre analizzate in seguito possono essere ampliati a tutto il gruppo, scalando opportunamente i risparmi conseguiti in base a determinate variabili influenzanti il consumo, quali la superficie in pianta e l'affluenza. Considerando gli elevati consumi energetici del gruppo RSG, si auspica di ottenere benefici considerevoli se le azioni proposte verranno estese a tutte le strutture, ottenendo notevoli risparmi energetici ed economici.

3.1.1 Carico giornaliero

Osservando i dati di monitoraggio della palestra, si possono costruire delle curve di carico giornaliere; queste possono essere divise in base al giorno della settimana, per costruire degli andamenti tipologici rappresentativi per l'edificio.

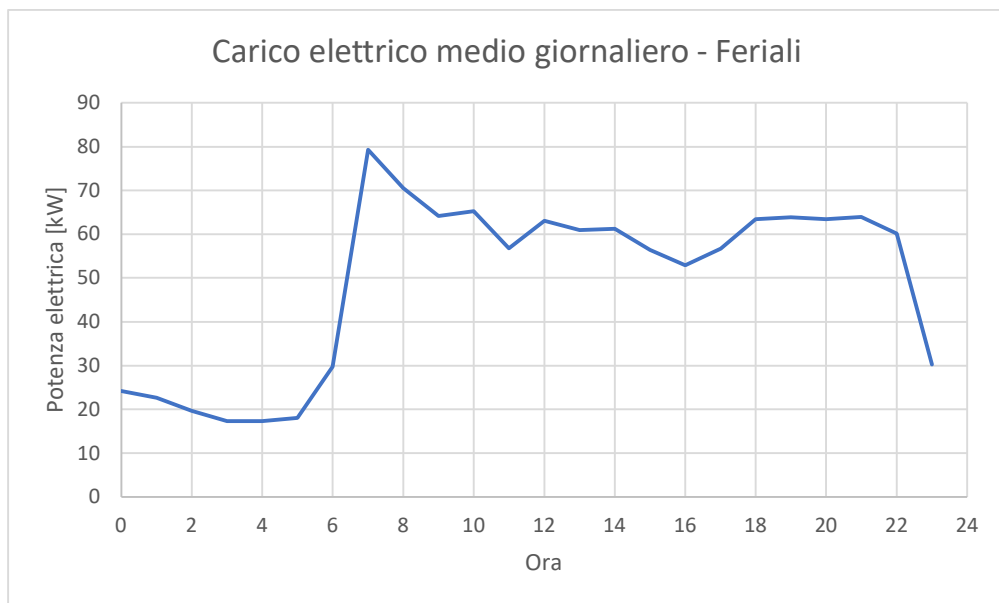


Figura 20 - Curva di carico elettrico medio giornaliero per i giorni feriali

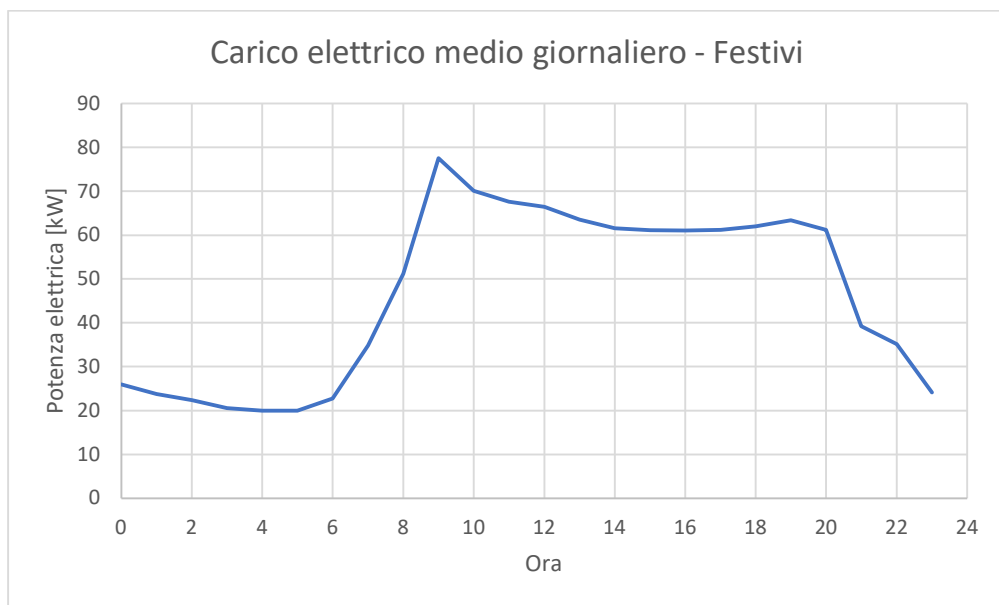


Figura 21 - Curva di carico elettrico medio giornaliero per i giorni festivi

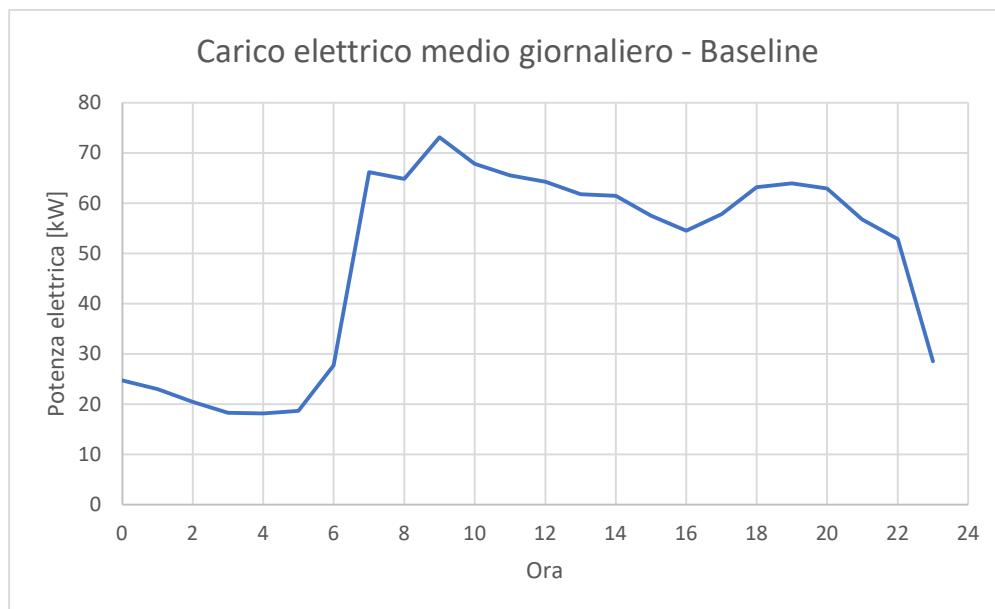


Figura 22 - Curva di carico elettrico medio giornaliero per i giorni feriali e festivi (baseline)

Le precedenti curve di carico sono costruite considerando solo i giorni feriali nel primo grafico, solo i giorni festivi nel secondo e tutti i giorni dei dati di *baseline* nel terzo. Gli andamenti rappresentati nei primi due grafici sono molto simili, con un picco di circa 80 kW in corrispondenza dell'accensione degli impianti e un *base load* di circa 60 kW nelle altre ore del giorno. Le due curve differiscono solo per l'ora in cui si raggiunge il picco, ovvero alle 7.00 per i giorni feriali e alle 9.00 per i giorni festivi; ciò è dovuto al diverso orario di apertura della palestra nei giorni feriali e festivi, che coincide esattamente con il picco di assorbimento elettrico. Considerando contemporaneamente tutti i dati, si ottiene un andamento con due massimi in corrispondenza degli orari di apertura nei feriali e nei festivi. Inoltre, si evidenzia un elevato carico elettrico anche nelle ore notturne, corrispondente a circa 20 kW. La ripartizione dei carichi in base agli usi finali di energia può essere assunta pari a quella riportata in figura 8 nel capitolo 2.

3.1.2 Analisi dell'occupazione

I grafici sottostanti mostrano le curve di occupazione giornaliera della palestra in oggetto; sono riportati tre esempi relativi ad un giorno feriale, un sabato e una domenica. Si può supporre che la curva di occupazione sia analoga e non subisca grandi variazioni al cambiare dei mesi. Le curve di occupazione sono costruite per tre giorni di marzo 2021, ma anche per altri giorni di aprile si osserva che esse presentano un andamento analogo.

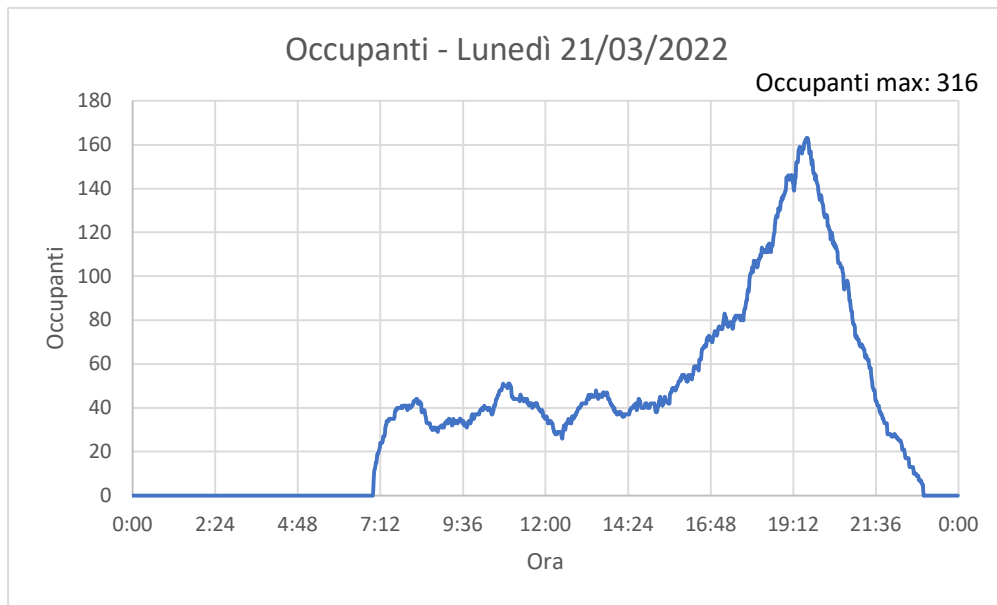


Figura 23 - Curva di occupazione lunedì 21/03/2022

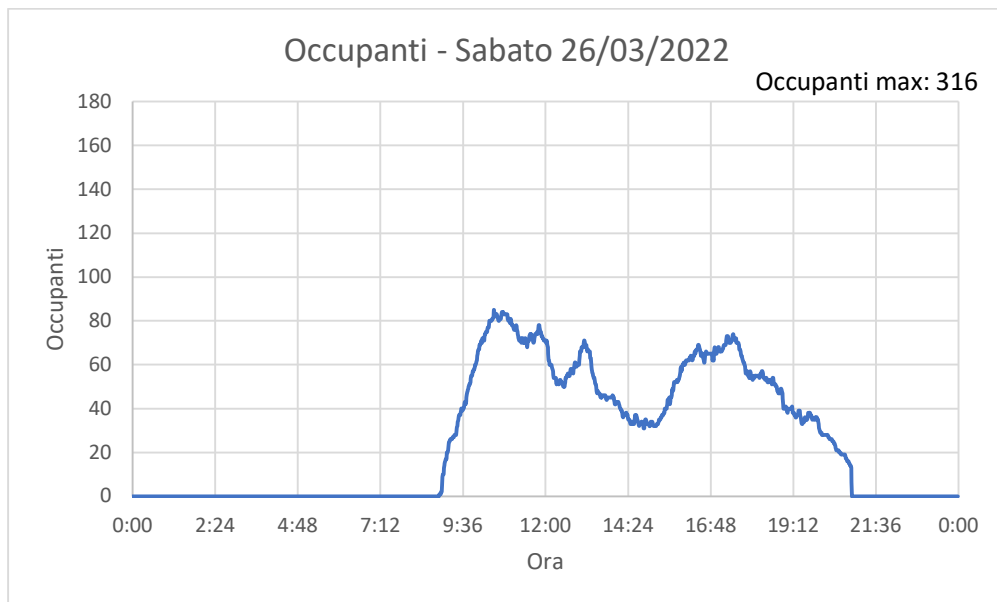


Figura 24 - Curva di occupazione sabato 26/03/2022

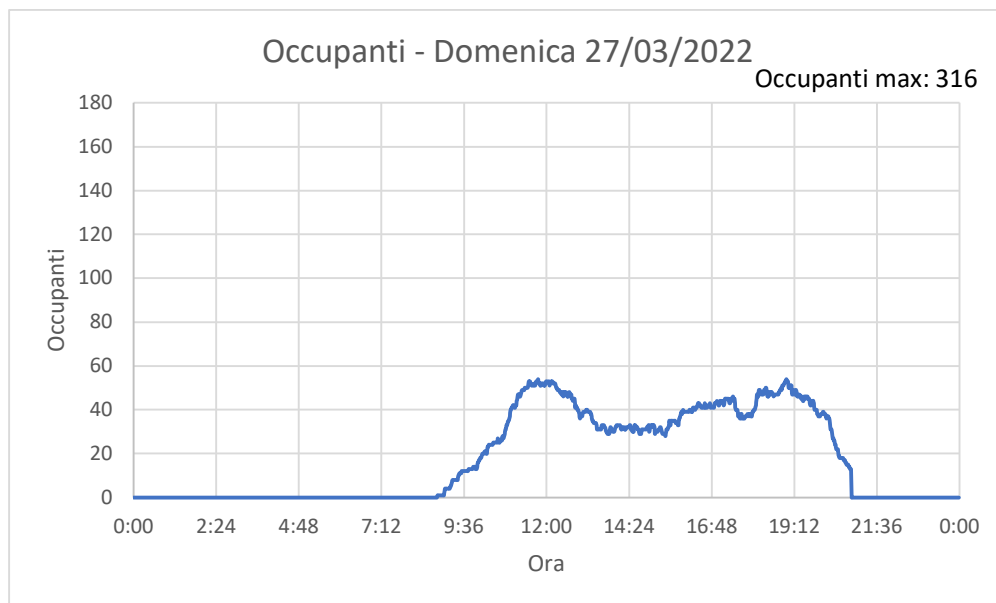


Figura 25 - Curva di occupazione domenica 27/03/2022

Le precedenti curve si possono costruire monitorando gli accessi alla struttura, registrando gli ingressi ai tornelli ed esaminando, minuto per minuto, il numero di persone che entrano ed escono. L'occupazione massima della palestra è pari a 316 persone; questo valore si ottiene seguendo le indicazioni fornite dalla norma UNI 10339 [55], ipotizzando degli indici di affollamento pari a 0.20 persone/m² per i locali principali e di 0.12 persone/m² per i locali staff. Il primo valore è indicato dalla normativa per i campi gioco delle palestre, mentre i locali riservati al personale sono paragonati a degli uffici *open space*, in mancanza di indicazioni più specifiche.

3.2 Azioni gestionali proposte

Dopo aver analizzato le curve di carico e di occupazione del centro fitness Gold's Gym, si possono regolare gli impianti per risparmiare energia, garantendo comunque il comfort termoigrometrico in ambiente. Di seguito, si riportano varie azioni proposte con i conseguenti risparmi teorici ottenibili. Inoltre, sono mostrate anche le misurazioni reali delle variazioni di consumo energetico, in modo da validare con dati sperimentali i calcoli teorici effettuati. Le azioni proposte di seguito possono essere realizzate su tutti i centri del gruppo; pertanto, vengono analizzate sia la struttura Gold's Gym di Milano, sia altre palestre appartenenti al gruppo RSG per differenziare le casistiche e avere un orizzonte più ampio che permetta di considerare le diverse caratteristiche dei centri fitness. A questo

proposito, si intendono realizzare regolazioni sulla portata immessa e trattata dalle UTA, interventi sugli accumuli di acqua calda sanitaria, l'adeguamento dei set-point di temperatura interna e la regolazione del flusso luminoso emesso dagli apparecchi di illuminazione in alcuni ambienti occupati saltuariamente.

In analogia con quanto fatto in precedenza, si sottolinea che la fase di progettazione e realizzazione degli interventi corrisponde alla fase del *do* della UNI CEI EN ISO 50001; invece, la fase successiva, in cui vengono validati i risultati attraverso l'analisi dei dati di monitoraggio e dal confronto con la *baseline*, corrisponde alla fase del *check* [5]. Entrambe le fasi vengono attuate nel presente capitolo.

3.2.1 Intervento 1: regolazione dei ventilatori delle Unità di Trattamento Aria

Dallo studio delle curve di occupazione si può notare come questa sia sempre inferiore all'occupazione massima che si potrebbe raggiungere in palestra. Seguendo quanto prescritto dalla norma UNI 10339 [55], ai campi da gioco delle palestre corrisponde un valore di portata per persona di $16.5 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s \cdot persona}$, invece per i locali staff si utilizza il valore di $11 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s \cdot persona}$, considerandoli, come detto in precedenza, come uffici *open space*. Conoscendo le superfici dei vari locali si determinano le persone presenti e di conseguenza la portata d'aria di rinnovo da immettere istantaneamente in ambiente. Svolgendo i calcoli, si ottiene una portata totale di 13785 m³/h, compatibile con la taglia scelta per il recuperatore di 15000 m³/h; quindi, si fa corrispondere la portata di 15000 m³/h all'occupazione massima del locale di 316 persone.

Studiando i dati relativi agli accessi per diversi giorni, si nota che l'occupazione massima che si raggiunge è pari a circa il 55% della massima capienza della palestra secondo quanto prescritto dalla UNI 10339 [55]. Secondo la norma, la portata di ventilazione necessaria a garantire una corretta *Indoor Air Quality* (IAQ) è proporzionale al numero di persone presenti in ambiente; quindi, se il numero di occupanti è inferiore al massimo previsto per il dimensionamento dell'UTA, è possibile ridurre proporzionalmente la portata immessa in ambiente.

Tenendo conto delle considerazioni precedentemente effettuate, si può intervenire sull'Unità di Trattamento Aria per ridurre la portata immessa e quella estratta dagli ambienti. Questa azione comporta due benefici energetici: la riduzione della potenza elettrica assorbita dai ventilatori di mandata e di ripresa dell'aria e il risparmio di energia

termica o frigorifera necessaria a compensare il gradiente di temperatura fra l'aria in ambiente e quella immessa dall'UTA. Quest'ultima riduzione si traduce in un risparmio di energia elettrica, perché il condizionamento dell'aria nella palestra viene realizzato grazie al sistema ad espansione diretta VRF.



Figura 26 – Unità di Trattamento Aria installata nel centro fitness Gold's Gym di Milano



Figura 27 – Ventilatori dell'UTA installata nella palestra di Gold's Gym di Milano

Seguendo quindi la curva di occupazione, si può regolare la portata cercando di garantire comunque in ogni istante una buona qualità dell'aria. Per fare ciò, fissando a 316 il numero massimo di persone ammissibili nella struttura e facendo corrispondere questo valore a quello della portata nominale dell'UTA, si determinano delle soglie di occupanti superate le quali si fa variare la portata. Si discretizza la portata dal 100% (15000 m³/h) fino al 30% (4500 m³/h), passando per intervalli distanti il 10% del valore nominale l'uno dall'altro. Il limite del 30% della portata si impone considerando cautelativamente un ricambio minimo orario di 0.4 vol/h; inoltre, 4500 m³/h è il limite inferiore del range di regolazione dell'UTA installata nella palestra. Si discretizzano i valori di portata per rendere più agevole la regolazione della macchina da remoto con il sistema di controllo e considerando i tempi di assestamento della macchina tra uno stato di funzionamento e l'altro.

I seguenti grafici mostrano i risultati ottenuti facendo variare la portata immessa ed estratta istantaneamente come precedentemente descritto per un tipico giorno ferial e uno festivo, sovrapponendo la curva di regolazione della portata con quella di occupazione.

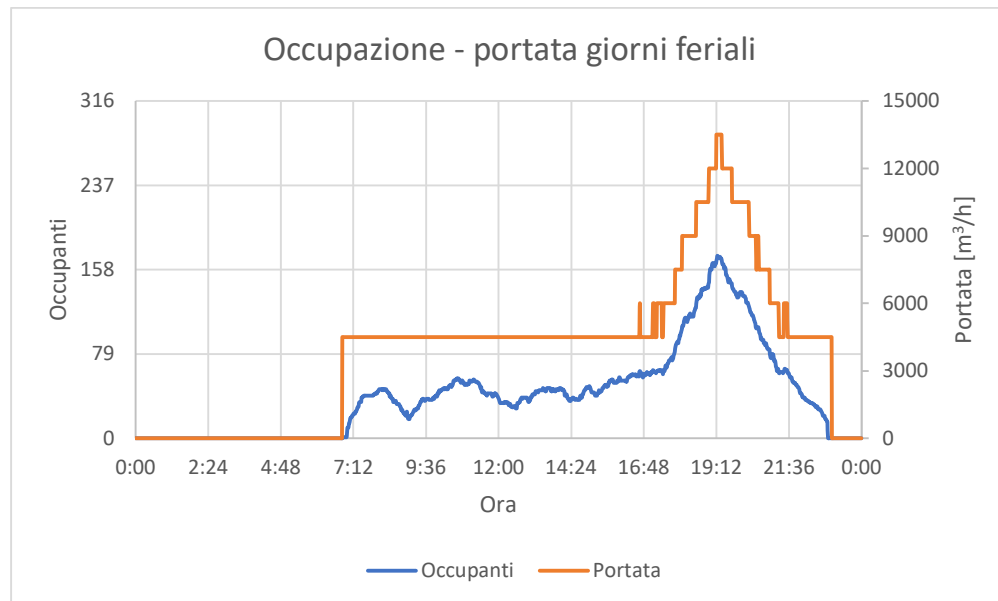


Figura 28 - Curva di regolazione della portata per i giorni feriali (teorica)



Figura 29 - Curva di regolazione della portata per i giorni festivi (teorica)

Per la costruzione dei precedenti grafici si considerano delle soglie che vanno dal 90 al 30% dell'occupazione nominale di 316, ad intervalli del 10%; inoltre, per garantire un buon ricambio dell'aria e un'adeguata IAQ, si applica un ulteriore coefficiente di sicurezza di 0.35 per diminuire la soglia di occupanti oltre la quale si immette una portata maggiore. Infatti, si osserva che anche se si fissa il coefficiente di sicurezza a 0.35, teoricamente non è mai necessario immettere la portata nominale, ma si arriva al massimo al valore di 13500 m³/h. Le soglie di occupazione e le rispettive portate di ventilazione sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 15 - Soglie di occupanti e portata di ventilazione

Soglia occupanti [-]	Percentuale occupanti/totale [%]	Q [m ³ /h]	Q/Q _{nom} [%]
316	100	15000	100
185	59	13500	90
164	52	12000	80
144	46	10500	70
123	39	9000	60
103	33	7500	50
82	26	6000	40
62	20	4500	30

Ad esempio, se gli occupanti sono compresi tra 164 e 185 si ha una portata ridotta al 90% rispetto a quella nominale, mentre il limite superiore dell'intervallo è pari al 59% dell'occupazione massima; in questo modo, il coefficiente di sicurezza di 0.35 dovrebbe compensare la diversa occupazione dei locali e assicurare un'adeguata ventilazione in tutti gli ambienti.

La seguente tabella mostra come si riducono gli assorbimenti elettrici dei ventilatori di mandata e ripresa dell'Unità di Trattamento Aria; i risultati sono ottenuti mediante simulazioni eseguite per l'UTA con recuperatore di calore rotativo attualmente installata nella Gold's Gym di Milano. Q indica la portata, Q_{nom} corrisponde alla portata nominale, Q/Q_{nom} è la percentuale di portata rispetto alla portata nominale, $P_{mandata-invernale}$ indica la potenza elettrica assorbita dai ventilatori di mandata nel periodo invernale, $P_{mandata-estiva}$ è analoga alla precedente per il periodo estivo, $P_{ripresa-invernale}$ è la potenza elettrica necessaria al ventilatore di ripresa per il periodo invernale e infine $P_{ripresa-estiva}$ è uguale alla precedente per il periodo estivo.

Tabella 16 - Potenza elettrica assorbita dai ventilatori dell'Unità di Trattamento Aria

Q [m ³ /h]	Q/Q_{nom} [%]	$P_{el,mandata-invernale}$ [kW]	$P_{el,mandata-estiva}$ [kW]	$P_{el,ripresa-invernale}$ [kW]	$P_{el,ripresa-estiva}$ [kW]
15000	100	5.50	5.68	4.47	4.49
13500	90	3.98	4.10	3.37	3.39
12000	80	3.15	3.23	2.68	2.69
10500	70	2.45	2.51	2.11	2.12
9000	60	1.89	1.93	1.64	1.65
7500	50	1.44	1.46	1.26	1.26
6000	40	1.08	1.09	0.96	0.96
4500	30	0.80	0.81	0.71	0.71

Secondo quanto si evince dai risultati delle simulazioni, la potenza elettrica assorbita dai ventilatori si riduce più che linearmente al diminuire della portata rispetto al valore nominale.

Per prima cosa occorre determinare il consumo annuo di energia elettrica per la ventilazione nello scenario ante operam, ovvero con delle portate di immissione e di estrazione pari a 15000 m³/h. Come già accennato in precedenza, esistono due contributi all'energia spesa per la ventilazione, ovvero il consumo dei ventilatori e l'energia necessaria a portare l'aria in uscita dall'UTA alla temperatura ambiente. Il primo contributo può essere

valutato utilizzando i dati derivanti dalle simulazioni per la potenza assorbita dai ventilatori, pesando le ore di funzionamento alle varie portate in base alle curve di occupazione. Il consumo dei ventilatori di mandata e ripresa si determina moltiplicando la potenza elettrica assorbita alla portata nominale per il numero totale di ore di funzionamento. Queste ultime sono 5388 annualmente (in riferimento al 2022), considerando un funzionamento continuativo di 16 ore nei giorni feriali e di 12 nei giorni festivi, secondo gli orari di apertura e chiusura della struttura. Dato che si ha una differenza di potenza assorbita dai ventilatori nella stagione invernale e in quella estiva a causa della differente densità dell'aria, si calcola il consumo per entrambe le stagioni e poi si pesano opportunamente i due valori per determinare il consumo totale. Poiché il consumo invernale è più basso, si impone cautelativamente un coefficiente di 0.7 per il consumo invernale e uno di 0.3 per quello estivo, come se per il 70% del tempo si avesse il consumo invernale e per il 30% quello estivo; in questo modo, l'energia consumata nello stato attuale risulta più bassa e si ha un risparmio teorico minore. Svolgendo i calcoli, deriva un consumo annuo dovuto ai ventilatori di 54042 kWh_e.

Per quanto riguarda il consumo dovuto al riscaldamento o al raffreddamento dell'aria dalla temperatura di immissione a valle del recuperatore rotativo dell'UTA si può effettuare una stima utilizzando la seguente formula:

$$E_{el,v} = (1 - \varepsilon_{recuperatore}) \cdot 0.024 \cdot \rho \cdot c_p \cdot Q \cdot GG \cdot \frac{1}{COP \cdot 3600} \quad (1)$$

dove:

- $E_{el,v}$ indica l'energia elettrica spesa in un anno per il riscaldamento della portata d'aria di ventilazione, espressa in kWh_e;
- $\varepsilon_{recuperatore}$ è l'efficienza di recupero sensibile, desunta dalla scheda tecnica della macchina e pari a 0.78;
- 0.024 è il fattore di conversione per passare da $W \cdot giorno$ a kWh;
- ρ è la densità dell'aria, pari a $1.2 \frac{kg}{m^3}$;
- c_p è il calore specifico dell'aria, pari a $1004 \frac{J}{kg/K}$;
- Q è la portata nominale dell'UTA, ovvero $15000 \frac{m^3}{h}$;
- GG sono i gradi giorno di Milano, calcolati considerando una temperatura di set-point interna di 20°C;

- *COP* è il *Coefficient of Performance* del sistema VRF, assunto pari a 3;
- 3600 è il fattore di conversione tra ore e secondi.

Il prodotto $\frac{\rho \cdot c_p \cdot Q}{3600}$ corrisponde al coefficiente di perdita per ventilazione H_v , espresso in W/K; moltiplicando questo valore per i gradi giorno, tenendo conto dell'efficienza del recuperatore che permette di ridurre il gradiente termico tra l'ambiente e l'esterno, del *COP* del sistema VRF e trasformando opportunamente il valore in kWh, si ottiene l'energia spesa per la ventilazione in una stagione di riscaldamento. I gradi giorno utilizzati nella formula sono quelli standard per Milano, ovvero 2405, desunti dall'allegato nazionale alla 12831 [50]. Per il calcolo estivo i gradi giorno sono sostituiti con i gradi giorno estivi, calcolati considerando una temperatura di set-point interna di 25°C e assunti pari a 51; inoltre, nel caso estivo il *COP* è sostituito dall'*EER (Energy Efficiency Ratio)*, anch'esso assunto pari a 3. Svolgendo i calcoli, si ottiene un valore di 21699 kWh_e che devono essere spesi per compensare la perdita di ventilazione. Sommando quest'ultimo valore all'energia spesa annualmente per i motori dei ventilatori, si ottiene un consumo totale dell'UTA pari a 75741 kWh_e.

Se si applicasse la regolazione precedentemente descritta, si potrebbe calcolare il consumo di energia elettrica allo stesso modo del consumo ante operam. L'energia utilizzata dai ventilatori si può determinare utilizzando la potenza assorbita dai ventilatori di mandata e ripresa in base alla portata regolata istantaneamente per tutti i giorni dell'anno. Si esegue il calcolo considerando la settimana tipo dal 21 al 27 marzo 2022, con le soglie di occupazione precedentemente determinate. Si ottiene un valore annuale di 9297 kWh_e; la perdita per ventilazione si determina alla stessa maniera di quanto fatto per il consumo ante operam, considerando un valore di portata medio pesato sulle ore giornaliere di funzionamento e su tutti i giorni dell'anno e pari a 5224 m³/h; per compensare le perdite di ventilazione sono necessari 7557 kWh_e all'anno. Pertanto, il consumo totale post operam si riduce a 16854 kWh_e, con un risparmio teorico di 58887 kWh_e all'anno. Il risparmio percentuale rispetto al consumo di ventilazione è del 77.7%.

I risultati precedentemente esposti derivano da calcoli teorici basati su delle simulazioni; il comportamento reale dell'Unità di Trattamento Aria sicuramente differisce da quanto si evince dalle simulazioni; pertanto, occorre verificare in opera i risparmi conseguibili a seguito della regolazione. Per fare ciò si agisce sul BACS installato nella Gold's Gym di

Milano, regolando da remoto la portata elaborata dall'UTA e osservando sui sinottici le variazioni di potenza assorbita dai ventilatori e di portata effettivamente elaborata.

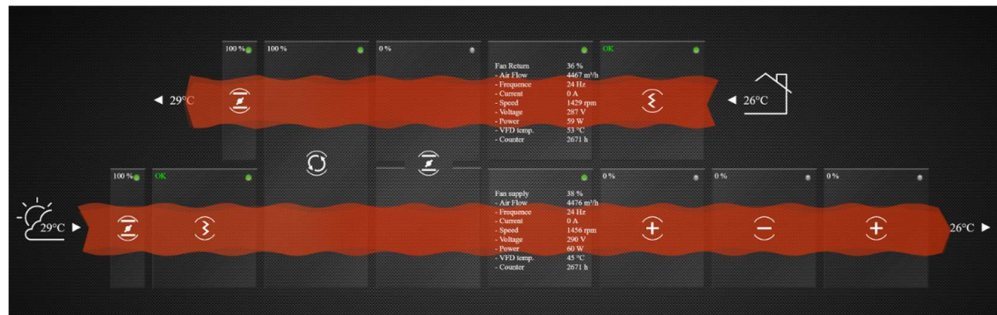


Figura 30 - Schema di regolazione dell'UTA da remoto – Portate

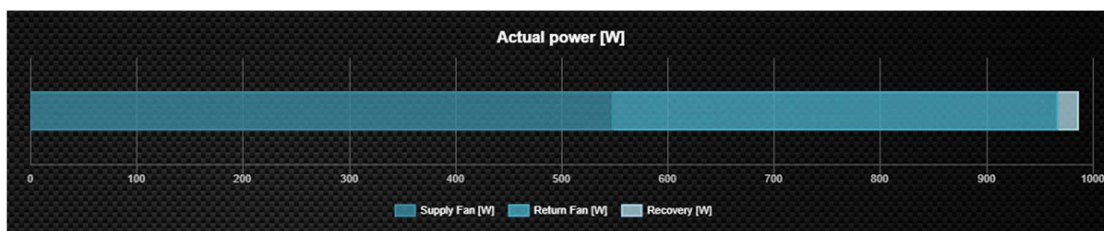


Figura 31 - Schema di regolazione dell'UTA da remoto – Potenze dei ventilatori

Nel grafico sottostante è mostrato l'andamento della potenza elettrica totale assorbita dai due ventilatori di mandata e ritorno al variare della portata elaborata.

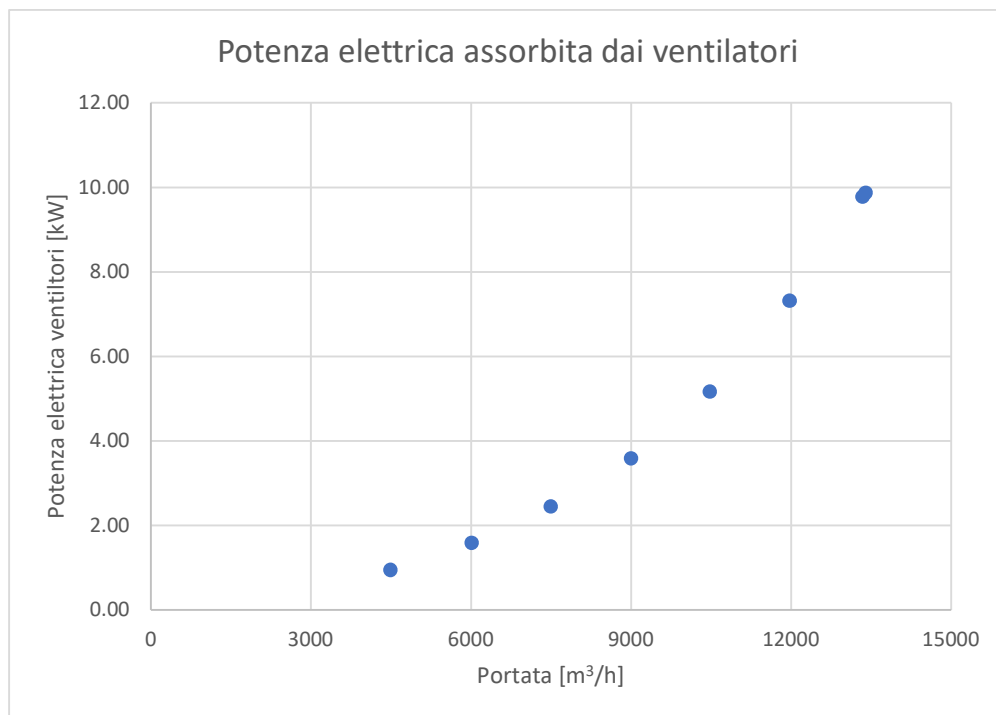


Figura 32 - Potenza elettrica assorbita dai ventilatori in funzione della portata

Osservando il precedente grafico si può notare l'andamento monotono crescente della potenza con la portata. Dai dati misurati si ritrova un andamento con legge di potenza; questo effetto si ha perché le cadute di pressione nell'UTA e nelle condotte sono proporzionali al quadrato della velocità e quindi anche al quadrato della portata. Di conseguenza, poiché la potenza elettrica è proporzionale al prodotto tra pressione e portata, si ha un andamento quadratico. La seguente tabella riporta i dati misurati per l'assorbimento elettrico dei ventilatori e utilizzati per costruire il grafico precedente.

Tabella 17 - Potenze reali assorbite dai ventilatori di mandata e ripresa

$Q_{teorica}$ [m³/h]	$Q_{misurata}$ [m³/h]	$P_{el,mandata-misurata}$ [kW]	$P_{el,ripresa-misurata}$ [kW]	$\Delta P_{misurata-teorica}$ [kW]
15000	13399	5.39	4.48	-0.30
13500	13340	5.27	4.51	2.29
12000	11975	3.89	3.43	1.40
10500	10478	2.81	2.36	0.54
9000	9004	1.95	1.64	0.01
7500	7494	1.32	1.13	-0.27
6000	6013	0.87	0.72	-0.46
4500	4491	0.53	0.42	-0.57

Nella precedente tabella $Q_{teorica}$ indica la portata di set-point che teoricamente la macchina dovrebbe elaborare, $Q_{misurata}$ è la portata reale ottenuta dalla media delle misure tra le portate di mandata e di ripresa, $P_{mandata-misurata}$ è la potenza elettrica assorbita dai ventilatori di mandata misurata, $P_{ripresa-misurata}$ è la potenza elettrica assorbita dai ventilatori di ritorno misurata e $\Delta P_{misurata-teorica}$ è lo scostamento tra la somma della potenza assorbita dai ventilatori di mandata e ripresa a seguito della misurazione e la somma delle potenze dei due ventilatori ottenuta dalle simulazioni.

Le prove vengono effettuate nel periodo estivo, pertanto non si considera il comportamento invernale; come evidenziato dai risultati delle simulazioni precedentemente mostrati, non vi è una grande differenza tra il comportamento invernale e quello estivo, avendo delle discrepanze al massimo di 0.15 kW. Si ritiene opportuno fare riferimento ai soli dati estivi per tutto l'anno.

Come si può constatare osservando la precedente tabella, regolando l'Unità di Trattamento Aria si riescono a raggiungere basse portate, fino al 30% della portata nominale. I test vengono eseguiti mantenendo i set-point di regolazione della portata per alcune ore, aspettando che essa si stabilizzi attorno ad un determinato valore. Gli assorbimenti elettrici dei ventilatori presentano degli scostamenti rispetto a quanto si evince dalle simulazioni effettuate. Anche se un set-point viene mantenuto per alcune ore, la portata non raggiunge esattamente il valore prefissato, ma si evidenzia uno scostamento tra il valore misurato e quello imposto; comunque, questo scostamento è minimo ed è normale che il sistema PID che regola la macchina non riesca a far assestare il valore di portata esattamente al set-point, presentando un *offset*. I risultati riportati nella tabella antecedente derivano dalle medie effettuate su 10 misurazioni differenti. Gli scostamenti sugli assorbimenti elettrici dei ventilatori si possono parzialmente spiegare con il fatto che la portata differisce rispetto al valore di set-point. Ai valori intermedi di portata, la potenza elettrica dei ventilatori si avvicina maggiormente a quella simulata. Invece, il valore di portata nominale è minore di circa 1600 m³/h rispetto a quello teorico di 15000 m³/h; ciò si può spiegare considerando lo sporcamento dei filtri. Le potenze elettriche assorbite dai ventilatori sono superiori rispetto a quelle simulate per portate superiori al 50% del valore nominale, a parte il caso della portata nominale dove si ha uno scostamento negativo dovuto alla portata decisamente inferiore rispetto al set-point. Invece per basse portate, a seguito delle

misurazioni, si riscontra una riduzione maggiore rispetto a quanto si evince dalle simulazioni effettuate nell'analisi preliminare.

Alla luce di quanto evidenziato, occorre ricalcolare i risparmi conseguibili con i dati derivanti dalle misurazioni e vedere come essi cambiano rispetto a quelli calcolati con i risultati delle simulazioni. I consumi elettrici annui dovuti alla ventilazione si possono determinare con la stessa modalità seguita in precedenza, utilizzando gli assorbimenti elettrici e le portate misurate. Il consumo dei ventilatori prima della regolazione, considerando la portata di $13399 \text{ m}^3/\text{h}$ come nominale, anziché i $15000 \text{ m}^3/\text{h}$ teorici, risulta essere di 53180 kWh_e all'anno, mentre la somma dell'energia elettrica spesa per compensare le perdite di ventilazione è di 19383 kWh_e ; ne consegue un consumo totale nominale di 72563 kWh_e . Analogamente a quanto fatto in precedenza, è possibile calcolare il consumo annuale a seguito della regolazione e il risparmio ottenibile, considerando le reali potenze assorbite dai motori dei ventilatori e le portate effettive. Applicando le formule già esplicitate, si ottiene un consumo post operam dovuto ai ventilatori pari a 6870 kWh_e , mentre l'energia elettrica necessaria a compensare la perdita di ventilazione è di 7547 kWh_e ; pertanto, si ha un consumo totale di 14416 kWh_e , con un risparmio di 58146 kWh_e all'anno. Il risparmio percentuale rispetto alla quota di ventilazione è dell'80.1%. Il risparmio conseguibile calcolato utilizzando i dati misurati è leggermente inferiore rispetto a quello determinato basandosi sui dati derivanti dalle simulazioni, con una differenza di 741 kWh_e .

Si possono ricostruire le curve di regolazione che riportano la portata da immettere istantaneamente e la corrispondente curva di occupazione, utilizzando le portate reali che l'UTA è in grado di fornire.

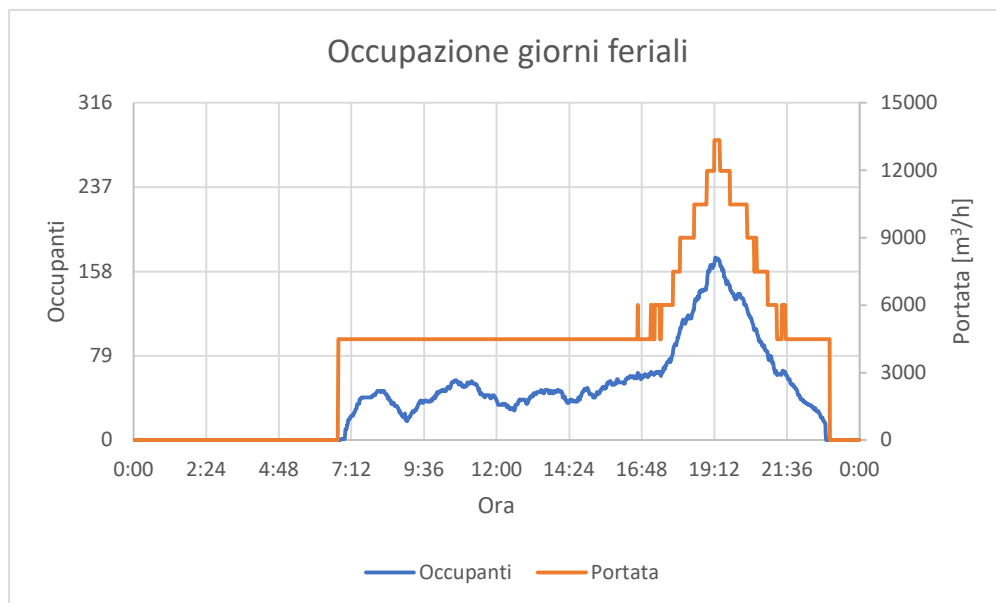


Figura 33 - Curva di regolazione della portata per i giorni feriali (costruita sui dati misurati)



Figura 34 - Curva di regolazione della portata per i giorni festivi (costruita sui dati misurati)

Osservando i precedenti grafici si può notare che nei giorni festivi la portata non presenta importanti variazioni giornaliere, con un valore massimo di $7494 \text{ m}^3/\text{h}$; invece, per i giorni feriali si hanno variazioni più grandi della portata, pur mantenendola per molte ore del giorno costante intorno al valore di $4491 \text{ m}^3/\text{h}$.

Sarebbe necessario eseguire ulteriori valutazioni sulla qualità dell'aria, misurando la quantità di anidride carbonica presente in ambiente al variare dell'occupazione e della portata immessa. Al momento, si sono impostate delle *schedules* sul software per la regolazione dell'Unità di Trattamento Aria, seguendo le curve riportate in precedenza e distinguendo tra i giorni feriali e quelli festivi. In futuro, si prevede di realizzare un sistema automatico per la regolazione della portata d'aria in funzione dell'occupazione, utilizzando una sonda di anidride carbonica posta sul condotto di ripresa dell'aria dall'ambiente, oppure realizzando un sistema elettronico che leghi la regolazione della macchina al numero di accessi alla palestra registrato ai tornelli di ingresso. Entrambe le strade sono praticabili e relativamente poco costose, se confrontate con il risparmio che possono garantire; anche solo impostando una regolazione oraria come fatto si dovrebbe garantire sempre un'adeguata qualità dell'aria, considerando i coefficienti di sicurezza imposti.

Tuttavia, la misura della concentrazione di anidride carbonica potrebbe essere influenzata dall'elevato volume dei locali climatizzati in rapporto alla superficie in pianta; inoltre, la presenza di due estrattori posti nelle sale di allenamento sicuramente riduce la quantità di anidride carbonica presente in ambiente, essendo posti sopra le sorgenti di inquinante. Pertanto, i valori di CO₂ misurati e le relative variazioni istantanee potrebbero non rispecchiare l'esatto numero di persone che si trovano in ambiente e l'effettiva presenza di anidride carbonica ad altezza uomo. Sia nel caso della sonda di CO₂, sia in quello di regolazione in base agli effettivi accessi si ha un passaggio da una ventilazione basata su un approccio prescrittivo, secondo la UNI 10339, ad uno prestazionale basato sulla concentrazione di inquinante in ambiente, con i notevoli risparmi energetici che ciò comporta [55].

Il risparmio reale di 58146 kWh_e all'anno può essere rapportato al consumo annuale della palestra per determinare la riduzione percentuale. Poiché Gold's Gym è stata inaugurata da poco non si ha una *baseline* annuale, ma si può fare una stima utilizzando la potenza media giornaliera calcolata sul periodo da dicembre 2021 a marzo 2022, pari a circa 48 kW; considerando questa potenza elettrica giornaliera costante, moltiplicando per 24 ore e per 365 giorni all'anno si ottiene un consumo stimato di circa 420000 kWh_e all'anno e quindi un risparmio percentuale del 13.8%.

Oltre ai risparmi energetici conseguibili, occorre considerare la minore usura della macchina se questa viene fatta lavorare ad una portata inferiore. Infatti, i ventilatori si

usurano maggiormente all'aumentare della velocità di rotazione, con una conseguente riduzione della vita utile della macchina; questi componenti infatti sono i più critici dal punto di vista manutentivo, essendo dinamici. Inoltre, si avrà anche una riduzione dello sporcamento dei filtri con un aumento della loro vita utile, abbassando anche i costi della manutenzione ordinaria.

3.2.2 Intervento 2: regolazione degli accumuli di acqua calda sanitaria

Come mostrato nel precedente capitolo, l'acqua calda sanitaria mediamente incide per il 9% sui consumi totali di energia nelle strutture analizzate. Nel centro fitness Gold's Gym di Milano sono installati tre accumuli per l'acqua calda sanitaria da 2000 litri ciascuno; attualmente la temperatura media degli accumuli è mantenuta a 65°C. L'acqua calda viene principalmente utilizzata per le docce; infatti, l'unico altro uso di acqua calda è quello per i lavandini, ma si può ritenere che questo consumo sia decisamente minore rispetto al precedente. In questa struttura sono presenti dei temporizzatori per le docce, oltre a dei limitatori di portata che riducono il flusso a 6 litri al minuto. Pertanto, a priori si può ipotizzare che il consumo di acqua sia basso rispetto all'elevato volume stoccato negli accumuli. La tabella sottostante elenca i consumi medi giornalieri di acqua di alcune palestre del gruppo RSG.

Tabella 18 - Consumo medio giornaliero di acqua

Palestra	Consumo medio giornaliero di acqua [m³/giorno]
Bologna Mazzini	10.4
Milano Fulvio Testi	8.6
Napoli	11.5
Mestre Carpenedo	9.5

I consumi di acqua riportati nella precedente tabella derivano da medie effettuate sul totale annuale consumato dalle palestre dal 2019 al 2021. Pertanto, si può ritenere che questi dati siano rappresentativi per l'effettivo uso di acqua nelle strutture. Non si dispone delle bollette del centro fitness Gold's Gym di Milano; perciò, occorre stimare il consumo con opportune ipotesi e basandosi sulle bollette che si hanno a disposizione per le altre palestre. Questo può essere fatto ragionando sul numero di accessi giornalieri che sono noti per Gold's Gym, mentre per gli altri centri fitness si conosce solamente il numero indicativo di iscritti. Inoltre, per determinare quanta acqua calda sanitaria viene prodotta

giornalmente rispetto al totale, è necessario adottare delle ipotesi sul consumo di acqua e sul numero di docce effettuate dagli iscritti, così come sulla quantità d'acqua utilizzata nei servizi igienici. Facendo una proporzione tra il numero di iscritti di Gold's Gym e delle altre strutture si possono stimare gli accessi giornalieri nelle altre palestre, conoscendo quelli di Gold's Gym; sulla base di questa stima, si può trovare il consumo giornaliero di acqua per Gold's Gym. Contemporaneamente, facendo delle ipotesi sul numero di docce effettuate al giorno e sul consumo per doccia si può trovare l'acqua calda sanitaria utilizzata; infatti, per semplicità non si considera il consumo di acqua calda utilizzata nei lavabi, ritenendo questa quantità trascurabile rispetto a quanta ne viene usata per le docce. Si ipotizza un numero di docce effettuate al giorno pari a 240, ovvero circa il 40% degli accessi giornalieri; questo dato deriva da interviste effettuate ai gestori delle strutture, che considerano questo valore ragionevole rispetto alle abitudini medie degli abbonati. Considerando la presenza dei temporizzatori e dei limitatori di portata a 6 litri al minuto, si ha un consumo d'acqua per doccia molto basso; si prevede una durata media di 3 minuti per doccia, con un risultante consumo per doccia di 18 litri. Moltiplicando quest'ultimo valore per il numero di docce effettuate al giorno si ottiene il valore di 4.32 m^3 al giorno; a questo va sommato quello per i servizi igienici, per determinare un valore totale da confrontare con quello derivante dalle bollette delle altre palestre. Si considerano 7 litri per lo scarico dei sanitari e moltiplicando questo valore per il 35% degli accessi giornalieri si ottengono 1.5 m^3 al giorno. Si tiene presente che il 35% delle persone utilizzi i servizi, ritenendo questo valore ragionevole. Il totale dell'acqua consumata in un giorno si ottiene dalla somma di 1.5 m^3 (sanitari) e di 4.32 m^3 (docce). Trascurando l'acqua per i lavabi, si prevede un consumo giornaliero totale di 5.8 m^3 al giorno.

A seguito di un sopralluogo effettuato nella palestra, mediante la lettura del contatore si possono validare i consumi di acqua stimati precedentemente. La lettura del contatore riporta un consumo totale di 1523 m^3 ; dividendo questo valore per il numero di giorni da cui è entrata in funzione la struttura, ovvero 300 circa, si ottiene il valore di consumo giornaliero di 5.1 m^3 al giorno. Considerando che nei primi mesi dopo l'apertura l'affluenza era leggermente inferiore rispetto a quella attuale, si può ritenere ragionevole il consumo totale di acqua di 5.8 m^3 al giorno ipotizzato in precedenza.



Figura 35 - Contatore dell'acqua della palestra Gold's Gym di Milano

La seguente tabella mostra il consumo totale giornaliero di acqua per persona, in base alla stima effettuata sugli accessi. Si può notare che il consumo giornaliero per persona stimato per Gold's Gym è paragonabile a quello delle altre strutture.

Tabella 19 - Confronto tra i consumi giornalieri di acqua

Palestra	Consumo medio giornaliero di acqua [m³/giorno]	Accessi stimati	Consumo giornaliero di acqua per persona [l/(giorno persona)]
Bologna Mazzini	10.4	1260	8.3
Milano Fulvio Testi	8.6	1050	8.2
Napoli	11.5	1080	10.6
Mestre Carpenedo	9.5	840	11.3
Milano Gold's Gym	5.8	600	9.7

Una volta stimati i consumi giornalieri di ACS, bisogna analizzare la configurazione impiantistica nello stato di fatto per trovare delle opportunità di gestione energetica. Lo schema funzionale sottostante riporta i componenti principali dell’impianto di produzione di acqua calda sanitaria.

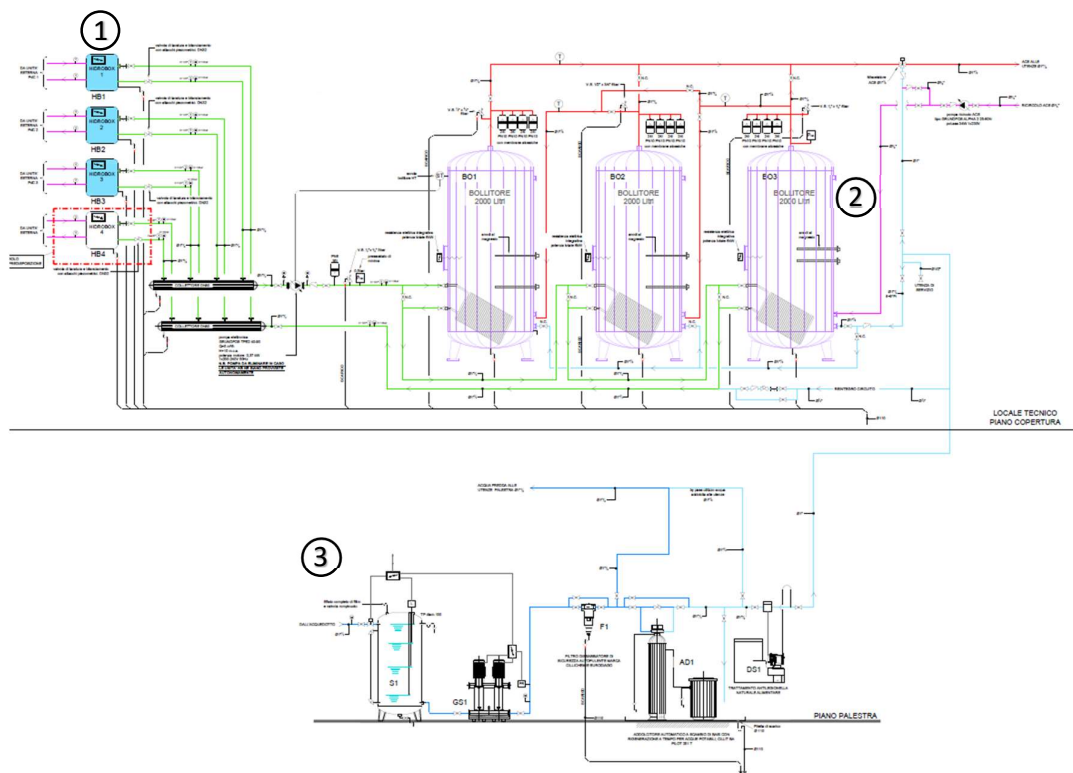


Figura 36 – Schema funzionale ACS Gold’s Gym Milano

Tabella 20 - Legenda figura 31

Numero componente	Descrizione
1	3 moduli ad espansione diretta per la produzione di ACS più predisposizione per un quarto
2	3 bollitori ACS da 2000 litri ciascuno
3	Addolcitore, sistema di dosaggio antilegionella, filtro, serbatoio volano e gruppo di spinta

Nella legenda sono indicati i componenti principali dell’impianto di produzione e accumulo di acqua calda sanitaria. Come si osserva nel precedente schema funzionale, nell’edificio sono presenti tre bollitori da 2000 litri ciascuno collegati in serie che producono acqua calda sanitaria da mandare alle utenze; inoltre, è presente una rete di ricircolo dell’acqua calda.

L'ACS viene prodotta mediante tre scambiatori di calore ad alta temperatura, ognuno dei quali è collegato con un'unità ad espansione diretta. Gli scambiatori di calore per la produzione di ACS e i bollitori sono posti in un locale tecnico in copertura, mentre nel piano palestra sono installate le apparecchiature per il trattamento dell'acqua prelevata dall'acquedotto.



Figura 37 - Bollitore per la produzione di acqua calda sanitaria

Analizzato il funzionamento impiantistico, si può pensare di ridurre l'elevata temperatura dell'acqua all'interno degli accumuli da 65°C a 50°C. Inoltre, occorre prevedere dei trattamenti di shock termico per eliminare la legionella eventualmente presente nell'impianto idrico, portando periodicamente la temperatura dell'acqua a 70-80°C per brevi periodi. In tal modo, è teoricamente possibile diminuire l'elevata temperatura dell'acqua mantenuta negli accumuli. Il valore di 50°C è sufficiente a garantire che l'acqua giunga alle utenze ad una temperatura adeguata, considerando che a valle della valvola a tre vie miscelatrice si ha acqua da mandare alle utenze a 42°C; questo valore di temperatura

si ottiene dalla miscelazione tra l'acqua calda proveniente dagli accumuli e quella fredda prelevata dall'acquedotto. Inoltre, dato l'elevato volume di acqua stoccato rispetto al fabbisogno giornaliero, si prevede di eliminare uno dei tre accumuli passando da una capacità totale di 6000 litri ad una di 4000 litri.

Per calcolare il fabbisogno attuale di energia per la produzione di acqua calda sanitaria si utilizza il software Edilclima EC700, presentato nelle seguenti figure.

Tabella 21 - Modellazione del consumo di acqua calda sanitaria della palestra Gold's Gym di Milano tramite il software Edilclima EC700 (1)

Impianto Centralizzato - Riscaldamento e acqua calda sanitaria

Dati per zona | Altri dati

Dati relativi a: Palestra McFit

Fabbisogno giornaliero di acqua sanitaria

Cat. DPR 412: E.6 (2)

Temperatura di erogazione: 40.0 °C

Fabbisogno giornaliero per posto: 50.0 l/g posto

Numero di posti: 80

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Fattori di occupazione f _{occ}	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fabbis. giornali ACS V _w	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Temp. di alimentazione T _b	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3

☐ **Recupero di calore dai reflui di scarico delle docce**

Numero docce (totali): 0 | Numero vasche: 0 | Coeff. correttivo trasdotti: 0.85

Numero docce (con recuperatore): 0 | Efficienza scambiatore: 0.30 | Rendimento recuperatore: 0.00 %

☐ **Fattore correttivo per contabilizzazione**

Fattore correttivo: 0.90

Erogazione

Rendimento di erogazione: 100.00 %

Distribuzione utenza

☐ Metodo semplificato | Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76, rete corrente parzialmente in ambiente climatizzato

☐ Rendimento noto: 100.00 %

☒ **Metodo analitico**

Distribuzione primaria: [dropdown] | Temperatura media della rete: 48.0 °C

Numero di cicli di utilizzo giornalieri: 1 | Coefficiente di recupero: 0.80

☒ **Accumulo**

☐ Singolo | ☒ Centralizzato

Tabella 22 - Modellazione del consumo di acqua calda sanitaria della palestra Gold's Gym di Milano tramite il software Edilclima EC700 (2)

Dati per zona | Altri dati

Accumulo centralizzato

Dispersione termica K_{bol}: 3.550 W/K

Temp. media dell'accumulo: 65.0 °C

Installazione

Ambiente: Centrale termica

Fattore di recupero delle perdite: 0.70

Temperatura: 0.00 °C

Valori mensili: 12

Per calcolare le dispersioni termiche dell'accumulo, si utilizzano le formule proposte dalla UNI/TS 11300-2:2019 [56]:

$$Q_{l,w,s} = \frac{S_s}{d_s} \cdot (\theta_{avg,w,s} - \theta_a) \cdot t \cdot \frac{\lambda_s}{1000} \quad (2)$$

dove:

- $Q_{l,w,s}$ sono le perdite di energia termica del serbatoio di accumulo, espresse in kWh;
- S_s è la superficie esterna dell'accumulo, espressa in m²;
- d_s è lo spessore dell'isolante, espresso in m;
- $\theta_{avg,w,s}$ è la temperatura media dell'acqua all'interno dell'accumulo [°C];
- θ_a è la temperatura del locale in cui è installato il serbatoio [°C];
- t è l'intervallo di tempo considerato in ore;
- λ_s è la conducibilità dell'isolante, espressa in $\frac{W}{m^2 K}$.

In alternativa, combinando alcuni fattori si può ricavare la seguente equazione:

$$Q_{l,w,s} = K_{boll} \cdot (\theta_{avg,w,s} - \theta_a) \cdot \frac{t}{1000} \quad (3)$$

Il fattore di dispersione termica K_{boll} è espresso in W/K e indica la potenza termica dispersa dal serbatoio di accumulo per unità di differenza di temperatura tra l'acqua contenuta nel serbatoio e l'aria esterna. Analizzando la scheda tecnica degli accumuli installati nella palestra, si possono ricavare le loro caratteristiche; l'area superficiale esterna è di 10.44 m², lo strato isolante ha uno spessore di 10 cm e una conducibilità termica pari a 0.034 $\frac{W}{m^2 K}$. Ne risulta un valore del fattore di dispersione K_{boll} di 3.55 W/K. Le temperature medie θ_a della centrale termica in cui sono installati i bollitori sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 23 - Temperature medie mensili nella centrale termica della palestra Gold's Gym di Milano

Mese	θ_a [°C]
Gennaio	9
Febbraio	12.1
Marzo	15.6
Aprile	18.4
Maggio	24.4
Giugno	27.8
Luglio	29.5
Agosto	29.3
Settembre	24.8
Ottobre	19.1
Novembre	12.5
Dicembre	8.5

Imponendo le temperature del fluido interno pari a 65°C o a 50°C, trascurando le variazioni dovute ai cicli di shock termico, si possono calcolare le dispersioni attraverso l'involucro dei bollitori. Per ricavare l'energia elettrica utilizzata annualmente per compensare le perdite si deve dividere la dispersione termica sull'accumulo per il COP della pompa di calore utilizzata per la produzione di acqua calda, assunto pari a 3. Nella seguente tabella sono riportati i consumi annuali di energia elettrica per produrre l'acqua calda sanitaria e le variazioni che si otterrebbero se si modificasse la temperatura dell'acqua negli accumuli e se si eliminasse un bollitore dei tre attualmente installati.

Tabella 24 - Risparmi energetici conseguibili al variare della temperatura e del volume degli accumuli di acqua calda sanitaria

Scenario	Accumuli	Consumo energia elettrica annuo [kWh _e]	Risparmio energia elettrica [kWh _e]	Risparmio percentuale [%]	Risparmio economico [€]
Ante	3 serbatoi x 2000 l a 65°C	21610	-	-	-
Scenario 1	3 serbatoi x 2000 l a 50°C	21137	473	2.2	166 €
Scenario 2	2 serbatoi x 2000 l a 65°C	21136	474	2.2	166€
Scenario 3	2 serbatoi x 2000 l a 50°C	20818	791	3.7	277 €

La precedente tabella mostra come i risultati siano percentualmente poco impattanti sulla quota di energia elettrica spesa per la produzione di ACS. Ciò è dovuto al fatto che i bollitori sono isolati e praticamente non si hanno perdite sulla rete, poiché anche cambiando la temperatura dell'acqua all'interno degli accumuli, a valle della valvola a tre vie miscelatrice si ha la stessa temperatura sulla tubazione di mandata alle utenze. Pertanto, si trascurano le perdite di energia termica sulle tubazioni che collegano gli accumuli alla mandata prima della valvola a tre vie, avendo questi una lunghezza minore di 5 metri ed essendo coibentati. Il vantaggio di eliminare uno dei tre bollitori presenti in centrale termica è quello di avere uno spazio meno congestionato e rendere più agevole l'accesso e le opere di manutenzione.

3.2.3 Intervento 3: adeguamento dei set-point interni

Attualmente la temperatura di set-point interna viene mantenuta nelle palestre mediamente a 20°C in inverno e a 24-25°C nel periodo estivo. Prima dell'aumento dei prezzi dell'energia si manteneva in ambiente una temperatura di circa 22-23°C per tutto l'anno, indipendentemente dalla stagione. Secondo quanto suggerito dalla norma UNI TS 11300-1:2014 [57], la temperatura da mantenere in ambiente per la categoria E.6(2), ovvero palestre e assimilabili, dovrebbe essere di 18°C in inverno e 24°C in estate. Si può calcolare il consumo di energia annuale per riscaldare e raffreddare gli edifici con le attuali temperature ambiente, per poi vedere le variazioni che si ottengono modificando le temperature; per fare ciò si utilizza il software di modellazione energetica Edilclima EC700. Nella seguente figura è mostrata l'interfaccia di controllo dei set-point di temperatura del sistema VRF installato nel centro Gold's Gym di Milano, con le temperature che si mantengono attualmente in ambiente.

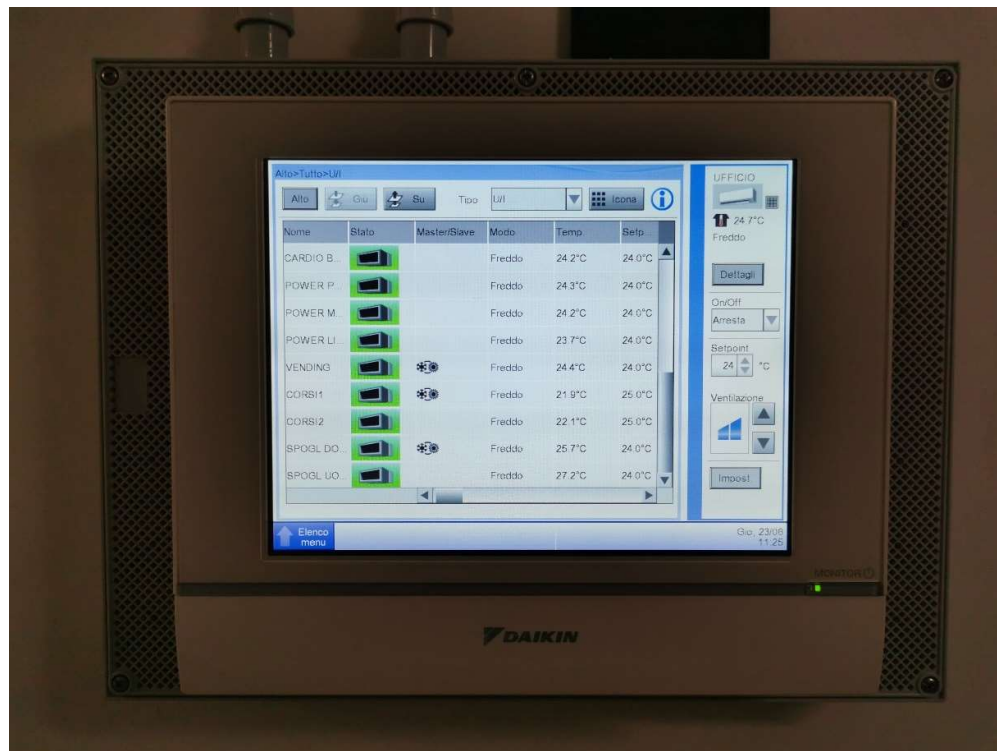


Figura 38 - Set-point della temperatura interna nella palestra Gold's Gym di Milano

Con il modello energetico si possono simulare diversi scenari, facendo variare le temperature interne e valutando i benefici ottenibili. Si esegue questo procedimento per due centri fitness di cui non si sono analizzati i consumi di *baseline* perché sono entrati in funzione da poco tempo, ovvero quello di Parma e di Torino Duchessa Jolanda. La struttura di Parma ha una superficie netta di 1640 m², utilizza sia energia elettrica per climatizzare gli ambienti e per alimentare l'Unità di Trattamento Aria, sia gas naturale per la produzione di acqua calda sanitaria; invece, la palestra di Torino Duchessa Jolanda ha una superficie di 1085 m² e utilizza solo energia elettrica per alimentare delle pompe di calore e un'UTA. La stratigrafia e le caratteristiche degli impianti dei due centri sono note e presentate brevemente di seguito.

La struttura di Parma è situata al piano terreno dell'edificio; la parte centrale confina con il cortile e presenta una copertura shed. I muri perimetrali sono costituiti da blocchi pieni in laterizio, mentre la struttura è in calcestruzzo armato; i solai sono realizzati in laterocemento o in calcestruzzo. L'isolamento della copertura shed è realizzato con pannelli di poliuretano da 10 cm; i serramenti presentano vetri doppi. Gli impianti termotecnici sono ad espansione diretta (VRF), mentre per la produzione dell'ACS si utilizza

una pompa di calore abbinata ad una caldaia a gas naturale. È presente un'UTA da 15000 m³/h con recuperatore entalpico rotativo.

Il centro fitness di Torino Duchessa Jolanda risale agli anni '80 ed è disposto su due piani, di cui uno interrato; il piano terra presenta dei tamponamenti in laterizio pieno o pareti a cassa vuota, mentre l'interrato è costituito da calcestruzzo. I tramezzi interni sono in laterizio, mentre i solai sono realizzati in laterocemento. Il piano interrato ha una copertura che è esposta parzialmente su un cortile interno, è costituita in calcestruzzo e presenta uno strato isolante di 5 cm in lana di roccia; i serramenti sono a taglio termico con vetri doppi. È installato un sistema VRF per climatizzare gli ambienti e produrre acqua calda sanitaria; la ventilazione è garantita da un'UTA da 13000 m³/h nominali che consente il recupero di calore sensibile e latente.

Occorre specificare che le due strutture analizzate, poiché sono entrate in funzione da poco tempo e hanno subito pertanto una riqualificazione degli impianti termotecnici e parzialmente anche dell'involucro edilizio, presentano dei consumi più bassi rispetto alla media dei centri fitness del gruppo. Quindi, teoricamente le riduzioni percentuali di consumo a seguito della modifica dei set-point di temperatura sono cautelativamente minori rispetto a quelle ottenibili per altre palestre. A titolo esemplificativo, nella figura sottostante è riportata una vista del modello energetico costruito per la palestra di Torino Duchessa Jolanda.

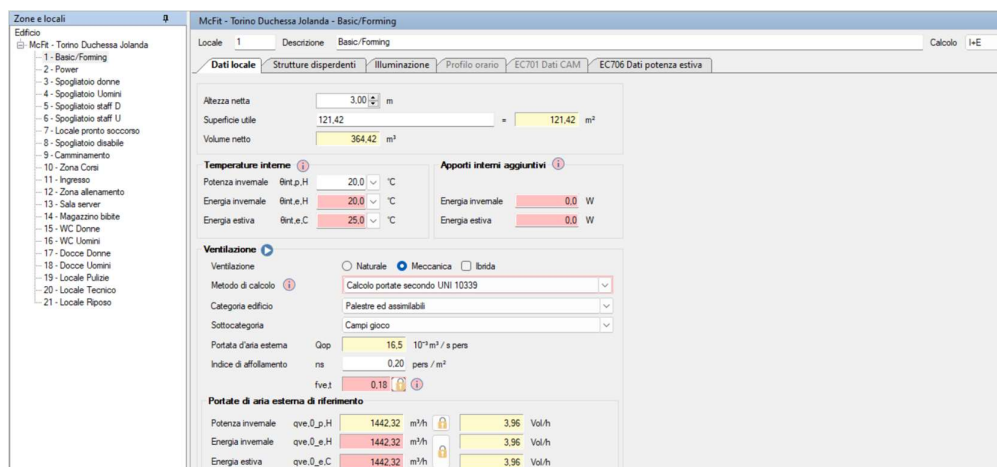


Figura 39 - Modello energetico per la modifica delle temperature di set-point della palestra di Torino Duchessa Jolanda

Nella seguente tabella sono mostrati i consumi di energia primaria delle due palestre sopracitate al variare delle temperature interne di set-point invernale ed estiva. Si preferisce utilizzare i valori espressi in energia primaria per poter confrontare tra loro palestre che utilizzano vettori energetici diversi. Sono anche riportate le variazioni percentuali rispetto al consumo teorico attuale, dato che ora si mantengono 20°C in inverno e 24°C in estate.

Tabella 25 - Variazioni del consumo annuo di energia primaria con differenti temperature di set-point interne

Palestra	T set-point zona allenamento [°C]		T set-point spogliatoi/servizi [°C]		Consumo energia primaria annuo [kWh _e]	Riduzione [%]
	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva		
Parma	20	24	20	25	658722	-
	20	25	20	25	645477	2.01
	19	25	20	25	628033	4.66
	19	26	20	26	612879	6.96
	18	24	20	25	623795	5.30
Torino Duchessa Jolanda	20	24	20	25	219935	-
	20	25	20	25	217694	1.02
	19	25	20	25	214230	2.59
	19	26	20	26	210635	4.23
	18	24	20	25	211467	3.85

Come mostrato nella precedente tabella, la temperatura negli spogliatoi e nei servizi viene mantenuta sempre a 20°C in inverno e a 25°C in estate; solo nel caso in cui si impongono 26°C in estate nelle zone di allenamento si considera la stessa temperatura per gli spogliatoi e i servizi. Si fa ciò per garantire comunque una temperatura adeguata in inverno negli spogliatoi. Lo scenario con 19°C in inverno e 26°C in estate è quello che consente di ottenere un risparmio maggiore. In questo caso la riduzione percentuale è rispettivamente del 6.96% per Parma e del 4.23% per Torino Duchessa Jolanda. La differenza tra le due palestre si può spiegare con il fatto che la superficie totale della struttura di Parma è maggiore rispetto a quella di Torino, mentre le superfici degli spogliatoi e dei servizi sono simili. Pertanto, l'incidenza delle zone mantenute alla stessa temperatura del set-point attuale è maggiore nella palestra di Torino, con un conseguente risparmio percentuale minore rispetto a quello che si ha per la struttura di Parma. La temperatura di 19°C in inverno nel centro fitness è accettabile e non dovrebbe creare discomfort, considerando

anche che la normativa propone di mantenere 18°C in questa stagione. Allo stesso modo, per il periodo estivo 26°C dovrebbero essere idonei allo svolgimento di attività sportiva, anche se la UNI/TS 11300 suggerisce un valore inferiore e pari a 24°C [57]. Si considera accettabile questo scenario e si può pensare di utilizzare questi set-point come standard per tutte le strutture del gruppo. Optando invece per una scelta più cautelativa, si potrebbero adottare i set-point di temperatura di 19°C nel periodo invernale e di 25°C nel periodo estivo.

3.2.4 Intervento 4: regolazione delle luci

L'illuminazione costituisce una quota importante del fabbisogno energetico dei centri fitness; pertanto, regolare l'illuminazione in ambiente evitando sprechi energetici è fondamentale per ridurre i consumi. Osservando la curva di occupazione mostrata in precedenza, si nota che prima di sera sono presenti poche persone in palestra. Inoltre, in molte ore del giorno alcuni locali non sono occupati, soprattutto le sale in cui si tengono i corsi che vengono sfruttate solo per poche ore. Ciò si riscontra dalle interviste fatte ai gestori dei centri fitness, oltre a quanto emerso dai sopralluoghi effettuati. Nelle sale adibite ai corsi si potrebbero installare dei sensori di presenza, con una spesa economica molto bassa, per utilizzare le luci solo quando servono e dimmerare quando non c'è occupazione, riducendo l'assorbimento elettrico. Si potrebbe comunque garantire un illuminamento minimo, pari ad esempio al 50% del valore nominale. Osservando i sinottici della palestra Gold's Gym di Milano e cambiando in tempo reale la potenza degli apparecchi a LED installati nella sala corsi, portandola al 50%, si ottengono i valori rappresentati nella tabella sottostante.

Tabella 26 - Potenza elettrica assorbita per illuminazione prima e dopo la regolazione nella struttura Gold's Gym di Milano

Quadro elettrico	Potenza illuminazione ante [kW]	Potenza illuminazione 50% [kW]
Quadro illuminazione 1	4.67	4.67
Quadro illuminazione 2	7.56	7.20
Totale	12.23	11.87

Come si può evincere dai dati, la potenza si riduce di 0.36 kW a seguito della regolazione. In base al calendario dei corsi della palestra, si constata che la sala corsi viene mediamente utilizzata 12 ore e mezza a settimana; quindi, si ottiene un valore annuale di 650 ore, a

fronte delle 5388 ore annue di apertura della palestra. La differenza tra questi due valori, ovvero 4738, è il numero di ore all'anno in cui si potrebbe ridurre la potenza assorbita dalle luci della sala corsi al 50%, ottenendo un risparmio complessivo di 1706 kWh_e all'anno che, con un prezzo dell'energia elettrica di 0.35 €/kWh_e, si traduce in 597 € all'anno.

Si sottolinea che non è nota a priori la potenza elettrica degli apparecchi installati nella sala corsi, ma solo quella complessiva dell'impianto di illuminazione dell'edificio; perciò, si procede con l'osservazione dei dati di monitoraggio per vedere come si riduce realmente l'assorbimento elettrico, regolando gli apparecchi. Inoltre, si ipotizza che le sorgenti luminose installate nella sala siano in grado di soddisfare l'illuminamento medio che occorre garantire in palestra, ovvero 300 lux secondo la UNI EN 12464:2021. Una riduzione della potenza delle luci del 50% sarebbe sufficiente a garantire l'illuminamento medio richiesto per i corridoi e le zone di transito di 100 lux medi [58].

3.3 Risparmi conseguibili nei diversi scenari e richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica

3.3.1 Risultati ottenibili per il gruppo RSG

Una volta calcolati i risparmi potenziali di energia per le diverse azioni proposte nel paragrafo 3.2 del presente capitolo, si possono estendere i risultati alle altre strutture del gruppo RSG; si fa ciò per avere dei risultati globali che potrebbero essere raggiunti se le diverse azioni venissero applicate in tutti i centri. Bisogna comunque considerare i tempi di realizzazione di tali interventi e la necessità di installare in ogni palestra un sistema di monitoraggio dei consumi, per validare i risultati teorici con delle misurazioni reali.

Le tabelle riportate di seguito mostrano i risultati che ipoteticamente si potrebbero ottenere estendendo gli interventi proposti a tutte le strutture del gruppo.

Tabella 27 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 1 (regolazione della portata immessa dalle UTA)

Risparmio annuale di energia elettrica [kWh_e]	2190646
Risparmio annuale di energia primaria [tep]	410
Risparmio economico annuale [€]	766'726 €
Risparmio percentuale annuale [%]	19.2

I risparmi estesi a tutto il gruppo ottenibili con l'implementazione dell'intervento 1, ovvero la regolazione della portata immessa ed estratta dalle Unità di Trattamento Aria, si

ottengono pesando i valori calcolati per il centro fitness Gold's Gym di Milano rispetto alla superficie in pianta e al numero di iscritti delle altre strutture. Infatti, in mancanza di informazioni specifiche riguardo tutte le palestre della catena, si ritiene che la superficie sia indicativa della taglia della macchina installata e il numero di iscritti sia rappresentativo dell'effettiva occupazione. Inoltre, si considera un coefficiente di sicurezza che riduce i risparmi calcolati del 10%, per rendere i risultati ottenuti più cautelativi.

Tabella 28 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 2 (regolazione della temperatura degli accumuli di ACS)

Risparmio annuale di energia elettrica [kWh_e]	9557
Risparmio annuale di gas naturale [Sm³]	3120
Risparmio annuale di energia primaria [tep]	5
Risparmio economico annuale [€]	7'401 €
Risparmio percentuale annuale [%]	0.2

I risparmi ottenibili tramite l'intervento 2, ovvero la regolazione della temperatura media degli accumuli dell'ACS, si determinano analogamente a quanto fatto per l'intervento 1; però, a differenza del primo caso, per l'intervento 2 si considera come variabile influenzante solo il numero di iscritti e non la superficie della palestra. Ciò si deve al fatto che l'uso di acqua calda nelle docce è proporzionale al numero di occupanti, che a sua volta dipende dal numero di iscritti, mentre non c'è una correlazione diretta con le dimensioni della palestra; dunque, per la proporzione si utilizza solo il valore del numero di iscritti. Per l'intervento 2 si considerano solo i risparmi generati dall'abbassamento della temperatura media degli accumuli e non quelli derivanti dall'eliminazione di un bollitore, tranne che per il caso di Gold's Gym; infatti, non è noto il volume totale di acqua stoccata per tutte le palestre del gruppo. Per l'estensione dei risultati agli altri centri e per il calcolo del risparmio economico per le strutture che utilizzano sia energia elettrica, sia gas naturale, si assume che l'acqua calda sanitaria venga prodotta con generatori di calore a gas, avendo quindi un risparmio di questa fonte energetica. Anche in questo caso si applica un coefficiente di sicurezza del 10%.

Tabella 29 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 3 (regolazione della temperatura interna di set-point)

Risparmio annuale di energia elettrica [kWh_e]	246689
Risparmio annuale di gas naturale [Sm³]	12467
Risparmio annuale di energia primaria [tep]	57
Risparmio economico annuale [€]	102'548 €
Risparmio percentuale annuale [%]	2.7

Per determinare i risultati derivanti dall'intervento 3, ovvero la regolazione delle temperature di set-point interne, si considera lo scenario in cui si mantengono 19°C e 25°C nella zona allenamento e 20°C e 25°C negli spogliatoi, rispettivamente nella stagione invernale e in quella estiva. Per prima cosa si calcola la media dei risparmi percentuali di energia primaria dei due centri analizzati, ovvero le strutture di Parma e di Torino Duchessa Jolanda, pari al 3.63%. Moltiplicando questo valore per il consumo di energia primaria ante operam di tutti i centri, si ottiene il risparmio di energia primaria dell'intero gruppo. Per le strutture che utilizzano sia energia elettrica, sia gas naturale si ripartisce il risparmio di energia primaria per il 70% in energia elettrica e per il restante 30% in gas naturale.

La tabella sottostante mostra i risultati di regolazione dell'impianto di illuminazione estesi a tutto il gruppo RSG. In questo caso, per determinare i risparmi conseguibili per tutta la catena, si pesa il risparmio calcolato per Gold's Gym rispetto alla superficie in pianta per tutte le strutture. Infatti, si considera che in ogni palestra è presente almeno una sala occupata saltuariamente per i corsi.

Tabella 30 - Risparmi di energia potenziali per il gruppo RSG per l'intervento 4 (regolazione dell'impianto di illuminazione)

Risparmio annuale di energia elettrica [kWh_e]	43316
Risparmio annuale di energia primaria [tep]	8
Risparmio economico annuale [€]	15'161 €
Risparmio percentuale annuale [%]	0.4

La seguente tabella mostra i risparmi di energia elettrica e gas naturale ottenibili dal gruppo se tutti e quattro gli interventi proposti venissero implementati su tutte le palestre. I valori si calcolano sommando i risultati ottenuti per i singoli interventi; per valutare il risparmio economico si considerano i prezzi unitari di energia elettrica e gas naturale già usati in precedenza, ovvero 0.35 €/kWh_e e 1.30 €/Sm³ rispettivamente.

Tabella 31 - Risparmi totali per gli interventi di gestione energetica

Risparmio annuale di energia elettrica [kWh_e]	2490208
Risparmio annuale di gas naturale [Sm³]	15587
Risparmio annuale di energia primaria [tep]	480
Risparmio percentuale di energia primaria [%]	22.5
Risparmio economico annuale [€]	891'836 €

3.3.2 Richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica

Oltre ai risparmi conseguiti, nel caso in cui le azioni venissero applicate a tutto il gruppo si potrebbero richiedere i Titoli di Efficienza Energetica al GSE, ottenendo un ulteriore beneficio economico. Il tipo di progetto previsto rientrerebbe nelle misure comportamentali dei progetti a consuntivo. Dati i risparmi significativi per l'intero gruppo e potendo ripetere gli interventi su tutti gli edifici, si supererebbe agevolmente la soglia dei 10 tep di risparmio annuale generato per la richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica con un progetto a consuntivo. Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenibili per tutto il gruppo se si ottenessero anche i TEE.

Tabella 32 - Risparmi totali per gli interventi di gestione energetica con la richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica

Risparmio annuale di energia primaria [tep]	480
Risparmio percentuale di energia primaria [%]	22.5
Risparmio economico annuale [€]	891'836 €
Incentivi economici TEE [€]	124'681 €
Risparmio economico annuale con TEE [€]	1'016'517 €

3.4 Interventi di efficientamento per un centro fitness

Ora si intende realizzare un modello energetico per un centro fitness che presenta delle scarse performance, per poi proporre degli interventi di riqualificazione energetica volti a diminuire il consumo di energia primaria, le emissioni climalteranti e i costi in bolletta. Si opta per la struttura di Torino Mirafiori; inizialmente, si effettua un sopralluogo nella struttura e si analizza lo stato di fatto, per poi costruire dettagliatamente il modello energetico tramite il software Edilclima EC700.

3.4.1 Analisi dello stato di fatto

L'edificio che ospita la palestra è situato in Corso Orbassano a Torino, nella zona di Mirafiori Nord, è indipendente su tutti e quattro i lati ed è costituito da due piani fuori terra. La

superficie in pianta netta è di circa 1557 m². Si tratta di un edificio prefabbricato costituito da blocchi di calcestruzzo; i muri perimetrali presentano uno spessore complessivo di 38 cm, con una trasmittanza media ipotizzata pari a circa 0.93 W/(m² K). I serramenti presentano vetri doppi e telaio in alluminio a taglio termico, con una trasmittanza di circa 2.9 W/(m² K), variabile a seconda delle dimensioni relative del vetro e del telaio del singolo serramento. La copertura è piana e si può ipotizzare che sia costituita da calcestruzzo, probabilmente con sovrapposti dei pannelli isolanti da 4 cm, in base a quanto riscontrato dai rilievi effettuati. Lo strato esterno della copertura è composto da una guaina bituminosa.

Tabella 33 - Scheda riepilogativa dell'edificio in cui è situato il centro fitness di Torino Mirafiori Nord

SCHEDA EDIFICIO	
	
Volumetria lorda riscaldata [m ³]	8088.36
Numero piani fuori terra	2
Piani interrati	Seminterrato: ☐ SI ☒ NO Interrato/i: ☐ SI ☒ NO
Tipologia copertura	☒ Piana ☐ a Falda

	Solaio accessibile: ☒ SI ☐ NO Solaio coibentato: ☒ SI ☐ NO
Composizione murature delimitanti lo spazio riscaldato	☐ Muratura portante ☐ Tamponamento ☒ Mista
Tipologia serramenti	☐ Legno ☐ Ferro ☒ Alluminio ☐ PVC ☐ Altro
Tipologia vetri	☐ Lastra semplice ☐ Vetrocamera vetro semplice ☒ Vetrocamera basso emissivo
Tipologia di generatore	☐ Caldaia trad. ☐ Metano ☐ Gasolio ☐ GPL ☒ Caldaia cond. ☒ Metano ☐ GPL ☐ Pompa di calore ☒ Altro: Roof Top
Tipologia terminali riscaldamento	☒ Radiatori ☐ Fan Coils ☐ Aerotermi ☐ UTA + canalizzato ☒ Altro: Roof Top (tutta aria)
Tipologia eventuali terminali climatizzazione estiva	☐ Fan Coils ☒ Split System ☐ UTA + canalizzato ☒ Altro: Roof Top (tutta aria)
Tipologia di illuminazione	☐ A fluorescenza/ioduri ☒ A led ☐ Mista
Presenza impianto fotovoltaico	☐ SI – Potenza: kWp ☒ No

Esternamente al fabbricato, in un'area cortilizia di pertinenza, sono installati due impianti a tutt'aria Roof Top che si occupano di climatizzare gli ambienti e di garantire un'adeguata ventilazione. Le caratteristiche delle due macchine sono riportate nella tabella sottostante.

Tabella 34 - Specifiche tecniche Roof Top 1 installato nella palestra di Torino Mirafiori Nord

ROOF TOP 1		
Grandezza	Valore	Unità di misura
Portata d'aria di mandata	22000	m ³ /h
Portata d'aria esterna	8000	m ³ /h
Potenza frigorifera totale	136	kW
Potenza termica totale	89.5	kW
Potenza massima assorbita dall'unità	69.5	kW
Potenza massima assorbita dai compressori	45.5	kW
Potenza termica batteria calda ad acqua	162	kW
Potenza massima ventilatori di mandata	9.2	kW
Potenza massima ventilatori di ripresa	7.0	kW

Tabella 35 - Specifiche tecniche Roof Top 2 installato nella palestra di Torino Mirafiori Nord

ROOF TOP 2		
Grandezza	Valore	Unità di misura
Portata d'aria di mandata	15000	m ³ /h
Portata d'aria esterna	5000	m ³ /h
Potenza frigorifera totale	98	kW
Potenza termica totale	66.7	kW
Potenza massima assorbita dall'unità	48.4	kW
Potenza massima assorbita dai compressori	33.1	kW
Potenza termica batteria calda ad acqua	154	kW
Potenza massima ventilatori di mandata	7.0	kW
Potenza massima ventilatori di ripresa	5.2	kW

La figura sottostante mostra uno dei due Roof Top installati.



Figura 40 - Roof Top a servizio del centro fitness di Torino Mirafiori Nord

La distribuzione dell'aria negli ambienti viene effettuata mediante condotte rettangolari in lamiera, coibentate solo nei tratti posti nell'ambiente esterno e dotate di bocchette o diffusori. Nelle condotte a servizio degli spogliatoi sono installate due batterie di post-riscaldamento dell'aria per garantire possibilità di regolazione della temperatura dell'aria immessa.

Per assicurare un'adeguata ventilazione negli spogliatoi e nei servizi sono installate due Unità di Trattamento Aria provviste di recuperatore entalpico rotativo, senza batterie di scambio termico. Le portate di ventilazione immesse in ogni locale sono desunte dalla UNI 10339 [55]. Al piano terra del fabbricato è presente una centrale termica in cui è installato un generatore di calore a condensazione con potenza al focolare di 249.40 kW. Questa viene utilizzata per produrre acqua calda sanitaria, alimentare due batterie calde integrative dei Roof Top e riscaldare l'acqua che alimenta i radiatori installati negli spogliatoi e nel locale di primo soccorso. Una parte del fabbisogno di acqua calda sanitaria è soddisfatto da 12 collettori solari termici piani vetrati installati in copertura. In un locale tecnico, adiacente la centrale termica, è presente un bollitore dell'acqua calda sanitaria alimentato tramite i collettori solari; invece, in centrale termica è installato un bollitore

rapido alimentato dal generatore a condensazione che integra la quota di acqua calda prodotta con il solare termico. Il fabbisogno giornaliero di acqua calda sanitaria non è noto, ma in base alle bollette delle altre strutture analizzate in precedenza si può stimare a 6 m³ al giorno, utilizzati quasi esclusivamente per le docce.

Si segnala che il generatore di calore a gas naturale risale a prima dell'apertura del centro fitness avvenuta nel 2015; in quell'anno, a seguito delle opere di riqualificazione e adeguamento dell'edificio in vista dell'apertura della palestra, il generatore ha subito manutenzione ordinaria.



Figura 41 - Generatore di calore a gas naturale installato nella palestra di Torino Mirafiori Nord



Figura 42 - Bollitore solare installato nel centro fitness di Torino Mirafiori Nord

Inoltre, sono installate delle unità monosplit in pompa di calore indipendenti nella sala spinning e nel locale server.

La circolazione dell'acqua viene realizzata mediante delle pompe gemellari per ogni circuito.



Figura 43 - Pompe gemellari installate nella centrale termica della struttura di Torino Mirafiori Nord

La regolazione della temperatura di mandata dell'acqua avviene mediante compensazione climatica, grazie ad una sonda di temperatura posta esternamente all'edificio. L'illuminazione è interamente a LED e la potenza complessivamente installata è di 6.15 kW. Si evidenzia che le tubazioni presenti nella centrale termica non sono adeguatamente isolate e ciò comporta dispersioni termiche elevate. Occorre prevedere una coibentazione sufficiente a soddisfare gli standard imposti dalla normativa vigente.

A seguito dei dati raccolti dal sopralluogo, si può costruire il modello energetico dello stato di fatto realizzando una diagnosi energetica, per poi implementare delle modifiche in base alle evidenze ottenute.

Le figure sottostanti mostrano il modello del sistema edificio-impianto.

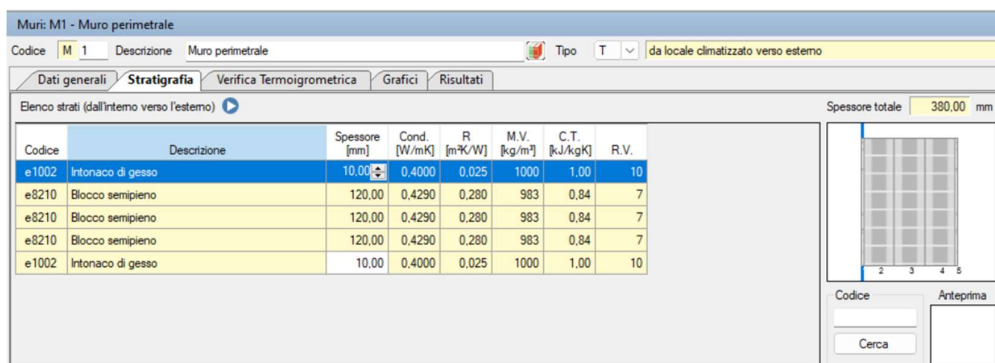


Figura 44 - Modellazione della stratigrafia dei muri perimetrali della palestra di Torino Mirafiori Nord

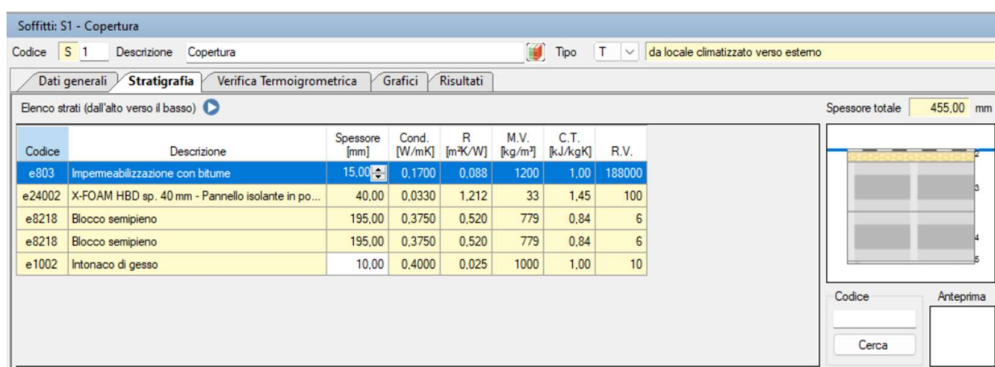


Figura 45 - Modellazione della stratigrafia della copertura della palestra di Torino Mirafiori Nord

Nelle seguenti tabelle sono evidenziati i consumi annui calcolati con il modello energetico.

Tabella 36 - Consumo annuo di gas naturale nello scenario ante operam secondo il modello energetico per il centro di Torino Mirafiori Nord

Consumo annuo di gas naturale				
Riscaldamento	2395	Sm³	14.5	%
Acqua calda sanitaria	14069	Sm³	85.5	%
Globale	16464	Sm³	100.0	%

Tabella 37 - Consumo annuo di energia elettrica nello scenario ante operam secondo il modello energetico per il centro di Torino Mirafiori Nord

Consumo annuo di energia elettrica				
Riscaldamento	108652	kWh _e	31.4	%
Acqua calda sanitaria	6147	kWh _e	1.8	%
Raffrescamento	135121	kWh _e	39.1	%
Ventilazione	64240	kWh _e	18.6	%
Illuminazione	31333	kWh _e	9.1	%
Globale	345494	kWh _e	100.0	%

Tabella 38 - Consumi di energia primaria nello scenario ante operam secondo il modello energetico per il centro di Torino Mirafiori Nord

Consumo annuo di energia primaria				
Riscaldamento	381060	kWh _c	34.6	%
Acqua calda sanitaria	162053	kWh _c	14.7	%
Raffrescamento	326993	kWh _c	29.7	%
Ventilazione	155462	kWh _c	14.1	%
Illuminazione	75827	kWh _c	6.9	%
Globale	1101394	kWh _c	100.0	%

Dai risultati riportati nelle precedenti tabelle si evince che i consumi annuali calcolati mediante il modello energetico si avvicinano a quelli reali desunti dalle bollette energetiche. Infatti, i consumi energetici degli anni con cui si costruisce la baseline si possono standardizzare in base ai gradi giorno, ottenendo un valore pari a circa 340000 kWh_e di energia elettrica consumata e circa 18000 Sm³ di gas naturale. Confrontando questi valori con quelli ottenuti dal modello si può concludere che quest'ultimo rispecchi i consumi reali del sistema edificio-impianto.

Secondo la modellazione energetica effettuata, la palestra in oggetto risulta essere in classe energetica C, con un fabbisogno annuale di 649.57 kWh/(m² anno).



Figura 46 - Classe energetica stato di fatto per la palestra di Torino Mirafiori Nord

3.4.2 Stato a progetto

Per migliorare lo stato attuale, si propongono i seguenti interventi di retrofit energetico:

- installazione di un impianto fotovoltaico da 19.95 kW_p;
- sostituzione del generatore di calore a gas naturale con uno più efficiente;
- coibentazione a cappotto.

Impianto fotovoltaico

Innanzitutto, si calcola la producibilità dell'impianto fotovoltaico di prevista installazione, tramite il software Edilclima EC713. Si prevede di installare un impianto con una potenza nominale inferiore a 20 kW_p perché oltre questa soglia per legge occorre adempiere agli obblighi previsti per le Officine Elettriche; ciò comporta la comunicazione dell'installazione dell'impianto fotovoltaico all'Agenzia delle Dogane, il pagamento di accise sull'energia autoconsumata, la compilazione annuale di un registro di producibilità, il pagamento della licenza e la comunicazione dei consumi energetici annuali [59]. Data l'elevata superficie della copertura e la buona esposizione a sud, si potrebbe pensare di aumentare la potenza dell'impianto fotovoltaico; però, a causa degli adempimenti burocratici che bisognerebbe soddisfare, si preferisce proporre alla committenza un impianto con potenza di picco inferiore a 20 kW. Nella seguente tabella è riportata la producibilità mensile ottenibile con l'impianto fotovoltaico.

Tabella 39 - Producibilità mensile dell'impianto fotovoltaico

Mese	Producibilità mensile [kWh _e]
Gennaio	959
Febbraio	1300
Marzo	1926
Aprile	2267
Maggio	2659
Giugno	2862
Luglio	3181
Agosto	2887
Settembre	2248
Ottobre	1615
Novembre	915
Dicembre	844
Totale	23662

Dati gli elevati consumi elettrici della struttura, l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico verrebbe interamente autoconsumata, massimizzando pertanto il risparmio economico. Complessivamente, il consumo annuo di energia elettrica si ridurrebbe del 6.8%, passando da 345494 a 321832 kWh_e.

Sostituzione del generatore di calore

La sostituzione del generatore di calore esistente con uno più efficiente potrebbe garantire notevoli risparmi energetici. Si ipotizza un rendimento stagionale di generazione tramite il nuovo generatore a gas naturale del 75%, considerando anche le perdite sull'accumulo e la distribuzione, rispetto ad un rendimento di generazione ante operam del 57%. Si considera di sostituire il generatore con uno con la stessa taglia del precedente, ovvero 250 kW. Realizzando quest'intervento si avrebbe un risparmio del 20.4% sul consumo annuo di gas naturale, passando da 16464 a 13105 Sm³.

Realizzazione dell'isolamento a cappotto

Dato l'alto valore della trasmittanza termica media dei muri perimetrali, si propone di isolare l'involucro opaco con il cappotto esterno. Si intende realizzare il cappotto con pannelli di poliuretano che presentano una densità di 40 kg/m³, una conducibilità termica pari a 0.028 W/(m K) e uno spessore di 10 cm. Nello scenario analizzato, si ipotizza di isolare tutte le pareti esterne verticali, raggiungendo un valore di trasmittanza termica di 0.21 W/(m² K); questo risultato è inferiore al limite massimo di 0.26 W/(m² K) previsto per le strutture opache verticali affacciate verso l'esterno delle nuove costruzioni introdotto con

il DM Requisiti Minimi del 26 giugno 2015 [60]. La realizzazione di un cappotto, come precedentemente descritto, potrebbe portare ad una diminuzione del consumo annuale di gas del 3.3% (- 544 Sm³) e una riduzione del consumo di energia elettrica del 2.6% (- 8929 kWh_e). La diminuzione del consumo di energia elettrica è contenuta perché, a fronte di una riduzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento, si ha un aumento del consumo per raffrescamento.

Tabella 40 - Consumi di energia elettrica con e senza cappotto per la struttura di Torino Mirafiori Nord

Servizio	Consumo energia elettrica stato di fatto [kWh _e]	Consumo energia elettrica con cappotto [kWh _e]	Δ [%]
Riscaldamento	108652	93619	-13,8
Acqua calda sanitaria	6147	6147	0,0
Raffrescamento	135121	141225	4,5
Ventilazione	64240	64240	0,0
Illuminazione	31333	31333	0,0
Globale	345494	336565	-2,6

Infatti, dati gli elevati carichi endogeni e le condizioni meteorologiche tipiche della città di Torino, il cappotto permette alle pareti dell'edificio di disperdere meno calore nelle ore notturne, quando si ha l'inversione del gradiente di temperatura tra interno ed esterno. Oltretutto, i muri perimetrali del fabbricato sono molto massivi e presentano quindi elevata inerzia termica, aumentando lo sfasamento tra il picco del carico termico dovuto alle forzanti esterne e il momento in cui l'involucro opaco disperde la maggior quantità di potenza termica. A causa della coibentazione, questo meccanismo avviene in misura minore e si ha un leggero aumento del fabbisogno energetico per il raffrescamento.

3.4.3 Studio di fattibilità tecnico-economica

Per valutare la fattibilità economica degli investimenti per realizzare gli interventi si utilizzano il tempo di ritorno semplice dell'investimento (*simple payback time*, SPB) e il valore attualizzato netto (VAN); questi indicatori si calcolano con le seguenti formule:

$$SPB = \frac{I}{Risparmi\ annuali\ netti} \quad (4)$$

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} \quad (5)$$

dove I è l'investimento iniziale, B_t sono i flussi di cassa nel t -esimo anno, i è il tasso di sconto percentuale, t è l'intervallo temporale e n è il numero di anni considerati [61].

Si evidenzia che i risparmi annuali netti corrispondono ai minori costi dell'energia meno i costi annuali di manutenzione. Si ipotizza un costo dell'energia elettrica di 0.30 €/kWh_e e un costo del gas naturale di 1 €/Sm³. Per tutti gli scenari proposti di seguito si considera un tasso di inflazione del 2% annuo, mentre i costi di manutenzione e gli incentivi o le detrazioni fiscali ottenibili variano in ogni caso specifico.

Scenario 1: impianto fotovoltaico

Con i risparmi generati dall'installazione dell'impianto fotovoltaico si raggiungerebbe la classe energetica B, con un consumo annuale di energia primaria di 614.60 kWh/(m² anno). Per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico si prevede un costo unitario di 1'500 €/kW_p, ottenendo quindi un importo complessivo dell'opera di 29'925 €. Ipotizzando un costo della manutenzione pari all'1% del totale, si ottiene un tempo di ritorno semplice dell'investimento di 4.2 anni, con un risparmio annuo di 7'098.59 €. Per la realizzazione di un impianto fotovoltaico è possibile richiedere la detrazione fiscale del 50% della spesa sostenuta, in rate annuali per 5 anni. In questo modo, oltre al risparmio economico per la minor spesa energetica, si avrebbe un ulteriore risparmio di 1'496.25 € all'anno, ottenendo un *simple payback time* di 3.5 anni anziché 4.2. Il VAN calcolato a 20 anni risulta essere positivo a pari a 127'427.38 €, come mostrato nel seguente grafico.

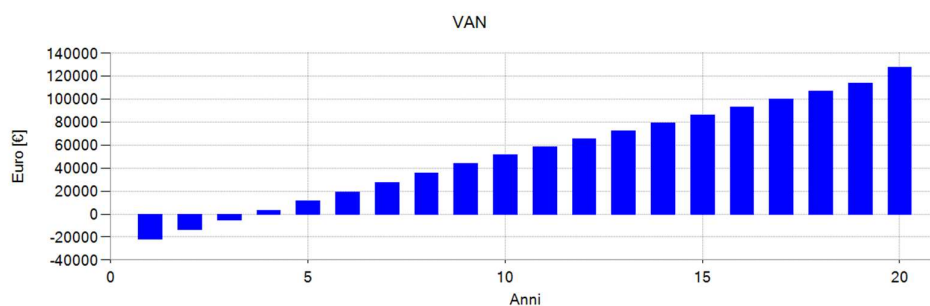


Figura 47 - VAN per installazione di un impianto fotovoltaico nella palestra di Torino Mirafiori Nord

Scenario 2: sostituzione del generatore di calore

La sostituzione del generatore di calore con uno più efficiente avente le caratteristiche tecniche descritte in precedenza permetterebbe di raggiungere la classe energetica B

secondo il calcolo regolamentare, con un consumo annuo di energia primaria non rinnovabile di 616.10 kWh/(m² anno). I risparmi annui generati in questo caso sarebbero di 5'034.46 €, a fronte di un costo stimato del generatore di calore di 18'000 €. Pertanto, si ottiene un tempo di ritorno semplice dell'investimento di 3.6 anni. La sostituzione del generatore di calore non gode di detrazioni come avviene per il fotovoltaico, ma è incentivata per mezzo del Conto Termico. Accedendo a questo incentivo, in base alla potenza del generatore di calore e al costo specifico ipotizzato, si potrebbe ottenere una somma complessiva del 55% dell'investimento iniziale, restituito in 5 rate annuali; pertanto, si potrebbero ottenere 9'900 €, in 5 rate annuali da 1'980 € ciascuna. In questo modo, il *simple payback time* si ridurrebbe a 2.6 anni, considerando un costo di manutenzione dell'1% all'anno. Il Valore Attuale Netto dell'operazione al termine della vita utile del generatore, ipotizzata pari a 15 anni, è di 64'587.88 €.

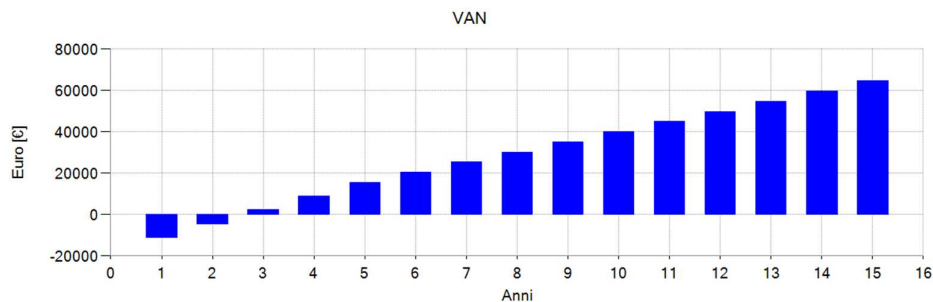


Figura 48- VAN per installazione di un nuovo generatore di calore nella palestra di Torino Mirafiori Nord

Scenario 3: realizzazione dell'isolamento a cappotto

La realizzazione dell'isolamento a cappotto permetterebbe all'edificio di raggiungere la classe energetica B, con un consumo annuale di energia primaria di 632.85 kWh/(m² anno). Il costo unitario per la realizzazione del cappotto si ipotizza pari a 120 €/m²; moltiplicando questo valore per la superficie opaca verticale dell'edificio si ottiene il costo totale dell'opera di 123'049.20 €. Il risparmio economico derivante dai minori consumi energetici sarebbe di 3'222.40 €/anno, con un tempo di ritorno semplice dell'investimento di 38.2 anni. Come per il generatore di calore, anche il cappotto può beneficiare del Conto Termico, il quale dà diritto ad un incentivo del 50% sul totale calcolato con il costo unitario massimo di 100 €/m²; si ricava un importo complessivo di 51'270.50 €, in 5 rate annuali da 10'254.10

€. Considerando l'incentivo fiscale derivante dal Conto Termico, si ottiene un *simple payback time* di 22.2 anni, superiore alla vita utile stimata in 20 anni. Il VAN a 20, quindi, risulta essere negativo e pari a -5'805.98 €.

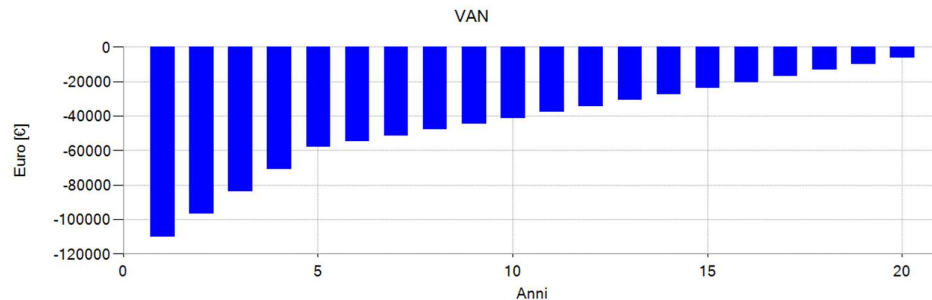


Figura 49 - VAN per realizzazione del cappotto esterno nella palestra di Torino Mirafiori Nord

Scenario 4: fotovoltaico e sostituzione del generatore di calore

In questo scenario si combinano gli interventi degli scenari 1 e 2, ovvero l'installazione di un impianto fotovoltaico da 19.95 kW_p e la sostituzione del generatore di calore da 250 kW; dalle analisi precedenti, questi due scenari risultano essere quelli con tempi di ritorno minori. Sommando i costi prima ipotizzati per realizzare le due opere, si ottiene un costo di investimento iniziale di 47'925.00 €. Con i risparmi generati dal miglioramento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto, si ricava un risparmio economico annuo di 12'133.06 €, con un tempo di ritorno semplice di 3.9 anni senza incentivi e detrazioni. Considerando anche questi ultimi, il tempo di ritorno dell'investimento si riduce a 3.1 anni. Il VAN a 20 anni risulta essere pari a 226'051.35 €.

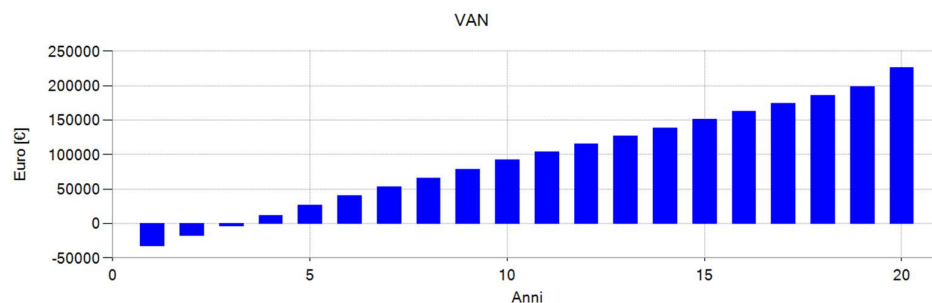


Figura 50 - VAN per installazione di un impianto fotovoltaico e di un nuovo generatore di calore nella palestra di Torino Mirafiori Nord

Nella figura sottostante sono mostrati i flussi di cassa annuali per lo scenario 4, con le spese annue per manutenzione e i ricavi attualizzati.

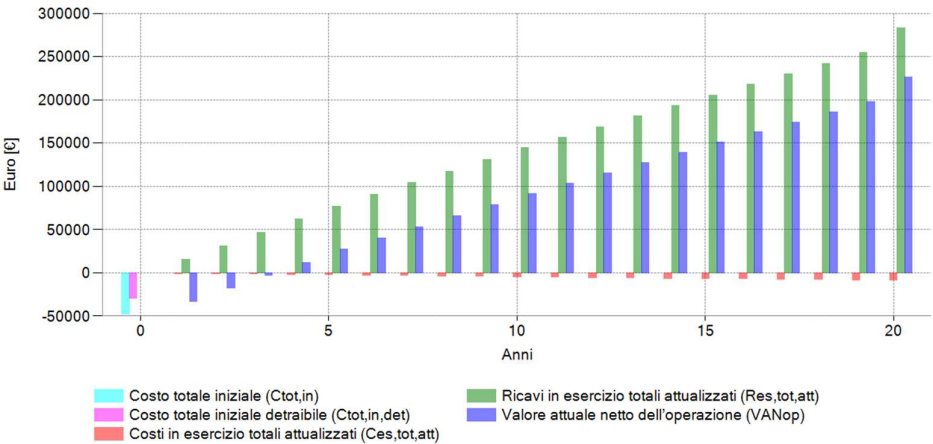
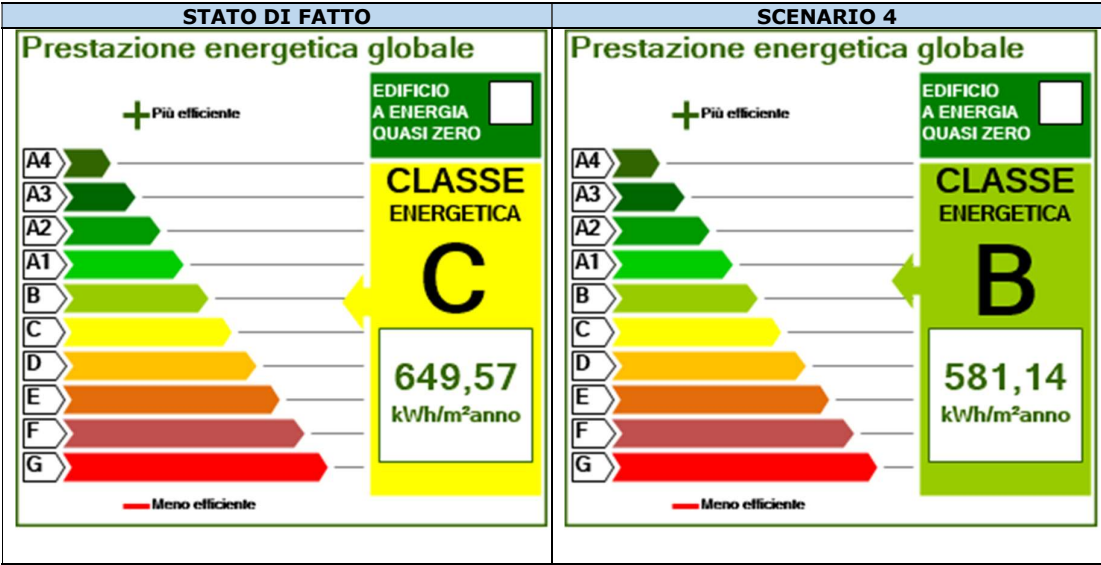


Figura 51 - Flussi di cassa per lo scenario 4 per la palestra di Torino Mirafiori Nord

Nella tabella sottostante sono confrontate le due classi energetiche nello scenario ante operam e nello scenario 4; la classe energetica raggiungibile è sempre la B, come avviene con gli interventi singoli.

Tabella 41 Confronto tra lo scenario ante operam e lo scenario 4 per la palestra di Torino Mirafiori Nord



Scenario 5: fotovoltaico, sostituzione del generatore di calore e isolamento a cappotto

Ora si ipotizza di realizzare tutti gli interventi precedentemente proposti, ovvero l'impianto fotovoltaico, la sostituzione del generatore di calore e il cappotto. Sommando i costi di investimento delle singole opere si totalizza la somma di 170'974.21 €. I risparmi economici dovuti ad un minor consumo di energia sono pari a 15'362.71 €. La detrazione fiscale sul fotovoltaico resta del 50%; anche gli incentivi del Conto Termico per il generatore di calore restano invariati, mentre per il cappotto aumentano al 55% della spesa totale, poiché sono presenti altri interventi. Per il cappotto si ottiene dal Conto Termico una somma pari a 56'397.55 €. Il tempo di ritorno semplice dell'investimento senza incentivi e detrazioni è di 11.1 anni; invece, considerando anche gli incentivi e le detrazioni si ottiene un tempo di ritorno di circa 7 anni. Il VAN a 20 anni è pari a 224'347.00 €, come mostrato nel seguente grafico.

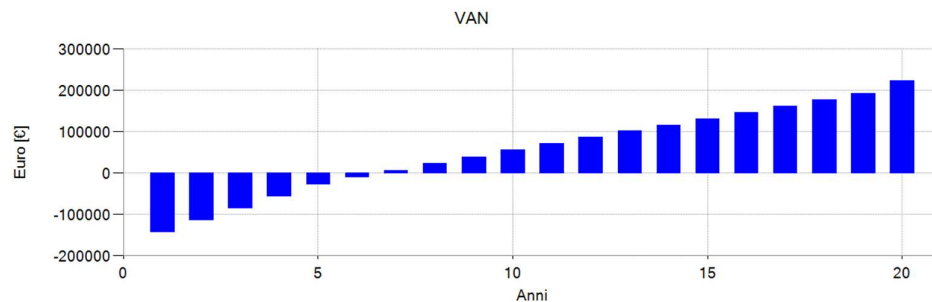


Figura 52 - VAN per installazione di un impianto fotovoltaico, di un nuovo generatore di calore e per la realizzazione del cappotto esterno nella palestra di Torino Mirafiori Nord

I flussi di cassa rappresentati nella seguente figura mostrano i ricavi annuali attualizzati e l'investimento iniziale; considerando l'elevato valore del VAN dopo 20 anni e il tempo di ritorno relativamente basso, lo scenario 5 può essere preso in considerazione dalla committenza.

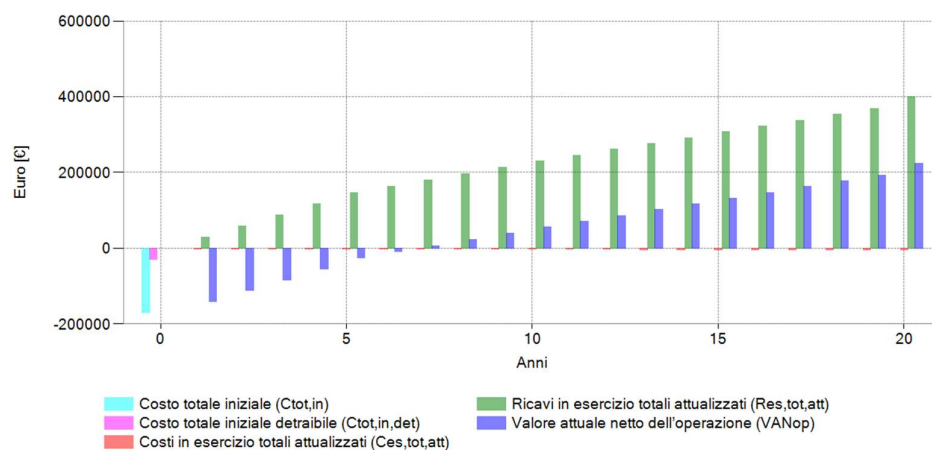
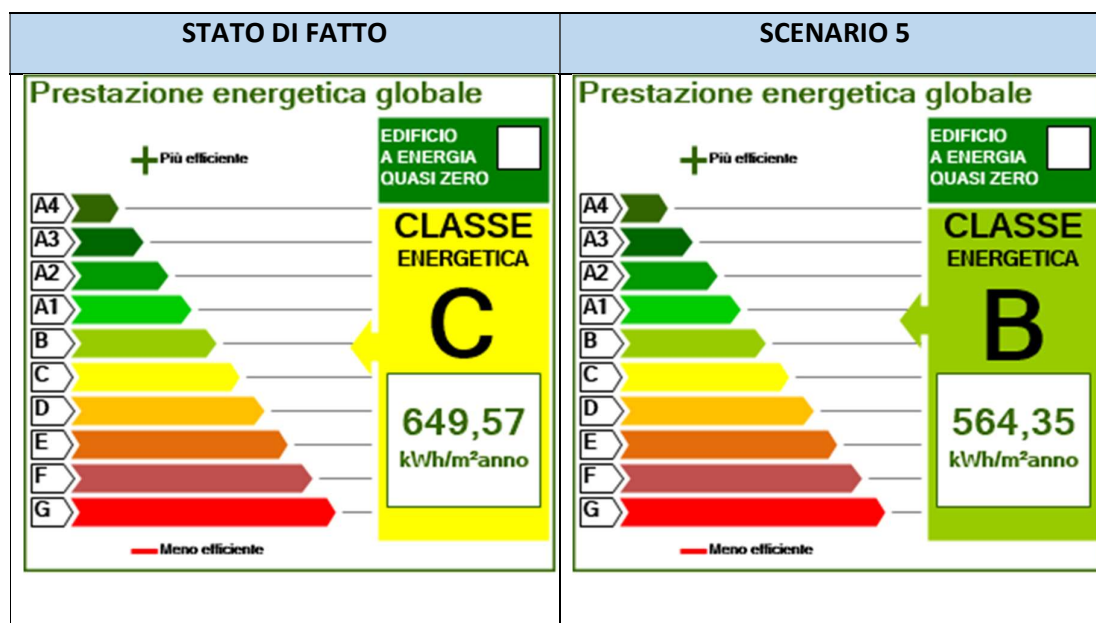


Figura 53 - Flussi di cassa per lo scenario 5 per la palestra di Torino Mirafiori Nord

Realizzando tutte e tre le opere analizzate in precedenza, l'edificio potrebbe raggiungere la classe energetica B con un consumo annuale di energia primaria non rinnovabile di 564.35 kWh/(m² anno).

Tabella 42 – Confronto tra lo scenario ante operam e lo scenario 5 per la palestra di Torino Mirafiori Nord



Confrontando lo scenario 4 e lo scenario 5, si nota che il VAN a 20 anni risulta essere leggermente maggiore per lo scenario 4; tuttavia, il costo di investimento è decisamente minore nel caso in cui si installasse l'impianto fotovoltaico e si sostituisse il generatore di

calore, senza fare il cappotto. La differenza di investimento tra i due scenari è notevole essendo pari al costo di installazione del cappotto, che ammonta a 123'049.20 €. Il beneficio energetico che si avrebbe realizzando tutti e tre gli interventi è leggermente superiore rispetto a quello che si otterrebbe per lo scenario 4, ma la classe energetica raggiungibile sarebbe sempre la B.

Conclusioni

Il presente lavoro si è posto l'obiettivo di analizzare i consumi energetici di una catena di centri fitness in Italia. Questo è stato possibile mediante una revisione della letteratura e l'analisi del caso studio dell'RSG Group, proprietario del gruppo McFit, Gold's Gym e John Reed.

Innanzitutto, si è effettuata una revisione della normativa vigente e dei piani nazionali ed europei in tema energetico. Analizzare gli ambiziosi obiettivi europei e italiani è servito per dare delle motivazioni al lavoro svolto successivamente: infatti, solo agendo sulla riduzione dei consumi finali di energia è possibile pervenire alla neutralità climatica entro la metà di questo secolo e raggiungere l'autosufficienza energetica [3] [4]. Perciò, è stato rilevante esaminare le caratteristiche degli attori dell'efficienza e della gestione energetica, quali gli *Energy Manager*, gli EGE e le ESCo, che quotidianamente si occupano delle tematiche sopracitate [15] [18]. Dopodiché, sono stati analizzati gli incentivi che è possibile ottenere attuando interventi di efficientamento energetico, con l'obiettivo di studiarne il meccanismo per poi applicarli al caso studio. Una parte significativa della revisione della normativa è stata quella dell'analisi della UNI CEI EN ISO 50001, per seguire le linee guida da essa proposte e rendere così sistematica la successiva trattazione [5].

Passando al caso studio, tramite la costruzione di modelli energetici per alcune palestre significative e l'analisi dei consumi energetici reali derivanti dalle bollette, si è potuta determinare la *baseline* per tutte le strutture; in questa fase si sono osservati i consumi energetici di tutto il gruppo e la relativa spesa annuale per l'energia. Mediante l'analisi delle forniture energetiche di alcune palestre si è constatato che esse sono adeguate rispetto all'offerta di mercato, anche a fronte dei considerevoli aumenti dei prezzi dell'energia che inevitabilmente hanno impattato sulla spesa energetica. Successivamente, sulla base di alcuni EnPI rappresentativi dei consumi specifici dei centri fitness, costruiti appositamente per standardizzare le varie strutture e poterle così confrontare fra loro, si è eseguita una classificazione; determinando le palestre più meritevoli e quelle che presentano performance più scarse, si sono ottenute preziose indicazioni da fornire al committente per comprendere su quali strutture convenga intervenire. Inoltre, sulla base della classificazione precedentemente effettuata, si è potuto determinare il miglior sistema edificio-impianto.

A seguito dei risultati emersi, sono state esaminate nello specifico alcune strutture con lo scopo di trovare delle possibilità di gestione energetica. In un primo momento, sono stati osservati i dati derivanti dal sistema di monitoraggio della palestra Gold's Gym di Milano, al fine di determinare come venga utilizzata l'energia nell'edificio e quale sia la reale ripartizione dei consumi in base agli usi finali. Successivamente, avendo a disposizione gli accessi delle persone in palestra, si è costruita la curva di occupazione giornaliera, passaggio che ha permesso di capire come venga realmente utilizzato l'edificio. Questo è stato il primo passo per comprendere che esistono delle opportunità per ottimizzare la gestione degli impianti meccanici ed elettrici. Infatti, sulla base della curva di occupazione è stata regolata la portata di ventilazione immessa ed estratta dall'ambiente tramite l'Unità di Trattamento Aria, in modo da garantire in ogni istante la portata prescritta dalla normativa tecnica e avere in ambiente un'adeguata *Indoor Air Quality*. Così facendo è stato ridotto il consumo di energia elettrica per la ventilazione in modo significativo, con una percentuale pari a circa l'80%. Il passaggio da un approccio prescrittivo ad uno prestazionale permette di raggiungere questi importanti risultati, pur garantendo il rispetto della normativa e del comfort per gli occupanti. Al momento, nella palestra è impostata una *schedule* costruita appositamente sulla curva di occupazione; in futuro, si prevede di legare la regolazione della macchina alla quantità di anidride carbonica presente in ambiente, indice della presenza di occupanti, oppure agli accessi delle persone in palestra, in modo da assicurare istantaneamente una corretta ventilazione sulla base del numero di persone effettivamente presenti. Un altro intervento gestionale proposto ha riguardato lo stoccaggio di acqua calda sanitaria, voce rilevante della spesa energetica dei centri fitness. Riducendo la temperatura media degli accumuli si può ottenere un risparmio minore di quello conseguibile tramite l'intervento sulla regolazione delle UTA; tuttavia, quest'azione sugli accumuli di ACS può essere facilmente applicata e permette di ridurre i consumi energetici. Ciò non crea discomfort agli occupanti, poiché la temperatura di mandata alle utenze è la medesima; occorre però prevedere periodicamente dei cicli di shock termico per abbattere la proliferazione della legionella ed evitare le problematiche ad essa associate. Questi accorgimenti dovrebbero già essere adottati, ma sarebbe opportuno incrementarne la frequenza. Con l'adeguamento dei set-point di temperatura si è conseguito un risparmio abbastanza notevole, considerando la semplicità dell'intervento e il costo nullo, oltre al fatto che ciò non dovrebbe causare discomfort per gli occupanti;

tuttavia, andrebbero effettuate delle prove per capire se le azioni implementate causano una percentuale troppo alta di occupanti insoddisfatti dalle condizioni termoigrometriche della palestra. Inoltre, si sono considerati set-point medi come standard attuale per tutti i centri fitness, ma, tramite interviste al personale e sopralluoghi effettuati, si è riscontrato che in alcuni casi certi locali sono mantenuti a temperatura basse in estate e alte in inverno rispetto alle condizioni medie delle altre strutture. Per estendere l'intervento sulle luci a tutte le palestre si ipotizza che esse siano dimmerabili; dal momento che i centri sono stati aperti da pochi anni, l'impianto di illuminazione dovrebbe già prevedere questa funzione nella maggior parte dei casi e quindi si ipotizza che si possa regolare il flusso luminoso emesso dalle sorgenti.

Applicando i risultati all'intero gruppo, sono state valutate le potenzialità delle azioni proposte; agendo su un'azienda proprietaria di numerosi centri e che quindi presenta dei consumi elevati, è possibile ottenere significativi risparmi in termini energetici ed economici. Inoltre, se venisse effettuata anche la richiesta dei Titoli di Efficienza Energetica, con i prezzi attuali dell'energia, si potrebbe raggiungere un risparmio economico stimato di circa un milione di euro, cioè più di un quarto della spesa totale per l'energia. Un risparmio previsto per tutto il gruppo del 22.5% e un'emissione evitata di anidride carbonica di 996 tonnellate all'anno costituiscono dei risultati importanti sia per il bilancio aziendale, sia per l'ambiente.

Si vuole sottolineare che le azioni proposte non richiedono elevati investimenti, costituiti soprattutto dai sistemi BACS che occorre installare nelle palestre per monitorare i dati di consumo; inoltre, un sistema di monitoraggio è necessario per quantificare i benefici generati da interventi di riqualificazione o dall'adozione di azioni gestionali volte all'uso razionale dell'energia. Il controllo da remoto o automatizzato è opportuno per gestire contemporaneamente l'elevato numero di centri presenti in Italia. Una volta realizzate le opere precedentemente descritte, occorre validare le previsioni di risparmio calcolate in questo studio, per comprendere se effettivamente conducono ai risultati sperati; in seguito, si dovranno sviluppare nuove azioni per un uso razionale dell'energia negli edifici. Questa è l'ultima fase del ciclo PDCA della UNI CEI EN ISO 50001, ovvero quella dell'*act* [5]. L'ultima parte dello studio ha riguardato l'analisi del centro fitness di Torino Mirafiori Nord, il quale presenta delle scarse prestazioni energetiche se comparate con quelle delle altre strutture. Dopo aver effettuato un sopralluogo per determinare lo stato di fatto, si è

costruito il modello effettuando una diagnosi energetica; sulla base dei risultati conseguiti sono stati proposti degli interventi di retrofit energetico, prediligendo quelli che presentano dei tempi di ritorno dell'investimento compatibili con le politiche aziendali. In particolare, per il caso del centro fitness di Torino Mirafiori Nord si intende proporre lo scenario che prevede l'installazione dell'impianto fotovoltaico e la sostituzione del generatore di calore: infatti, questo caso è quello che possiede un VAN più alto e un tempo di ritorno semplice dell'investimento molto basso. Realizzando questi interventi l'azienda potrebbe ridurre immediatamente i consumi energetici e beneficiare di un notevole risparmio economico, considerando anche il costo di investimento contenuto. Alcune delle opere proposte per il centro fitness di Torino Mirafiori Nord possono essere considerate come riferimento per le altre strutture del gruppo; ne è un esempio l'installazione di impianti fotovoltaici sulle coperture degli edifici.

Le tematiche affrontate nel presente studio potrebbero essere ulteriormente sviluppate, poiché le opportunità di gestione energetica e di interventi di efficientamento sono molteplici. Data la notevole estensione del gruppo RSG e gli elevati consumi energetici, intervenire ulteriormente su tutte le strutture potrebbe portare a significative riduzioni dell'energia primaria utilizzata. Al contempo, l'azienda potrebbe beneficiare di un notevole risparmio economico per essere competitiva sul mercato e sviluppare ulteriormente il proprio *brand*.

Bibliografia

- [1] EKOenergy, «Il cambiamento climatico: le cause e le conseguenze,» 2022. [Online]. Available: <https://www.ekoenergy.org/it/extras/climate-change>.
- [2] IEA - International Energy Agency, «Emissions by sector,» 2022. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/greenhouse-gas-emissions-from-energy-overview/emissions-by-sector>.
- [3] Commissione Europea, «Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Il Green Deal europeo,» Bruxelles, 2019.
- [4] Governo Italiano, «Piano nazionale di ripresa e resilienza,» 2021.
- [5] CTI e CEI, «UNI CEI EN ISO 50001:2018. Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso,» UNI, 2018.
- [6] D. d. Vincenzo, «La transizione energetica nell'attuale contesto globale,» *Rivista Geografica Italiana*, 2022.
- [7] Il Parlamento europeo e il Consiglio dell'Unione Europea, «REGOLAMENTO (UE) 2021/1119 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 30 giugno 2021 che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il regolamento (CE) n. 401/2009 e il regolamento (UE) 2018/1999,» 2021.
- [8] Commissione europea, «COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI. Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva,» 2020.
- [9] Ministro per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale, «Next Generation Italia, approvato il piano del Governo,» 2022. [Online]. Available: <https://innovazione.gov.it/notizie/articoli/next-generation-italia-approvato-il-piano-del-governo/>.

- [10] Presidente della Repubblica Italiana, *LEGGE 9 gennaio 1991, n. 10. Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, 1991.
- [11] FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, «L'energy manager ai sensi della legge 10/91,» 2022. [Online]. Available: <https://em.fire-italia.org/lenergy-manager-ai-sensi-della-legge-1091/>.
- [12] Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea, *DIRETTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE*, 2012.
- [13] FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, «L'energy manager,» 2022. [Online]. Available: <https://em.fire-italia.org/chi-l-responsabile/>.
- [14] FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, «Ambiti di intervento dell'energy manager,» 2022. [Online]. Available: <https://em.fire-italia.org/ruolo-e-incarico-dellenergy-manager/>.
- [15] CTI, *UNI CEI 11339:2009. Gestione dell'energia - Esperti in gestione dell'energia - Requisiti generali per la qualificazione*, UNI, 2009.
- [16] FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, «L'energy manager e l'esperto in gestione dell'energia,» 2022. [Online]. Available: <https://em.fire-italia.org/lenergy-manager-e-lesperto-in-gestione-dellenergia/>.
- [17] FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, «Chi è l'esperto in gestione dell'energia (EGE),» 2022. [Online]. Available: <https://em.fire-italia.org/chi-esperto-in-gestione-dellenergia/>.
- [18] CTI, *UNI CEI 11352:2014. Gestione dell'energia - Società che forniscono servizi energetici (ESCO) - Requisiti generali, liste di controllo per la verifica dei requisiti dell'organizzazione e dei contenuti dell'offerta di servizio*, UNI, 2014.
- [19] G. Valentini, «Il ricorso al finanziamento tramite terzi,» Enea.
- [20] Siram Veolia, «Siram Veolia,» 2022. [Online]. Available: <https://www.siram.veolia.it/soluzioni/epc-energy-performance-contract>.

- [21] Compliance Legale, «Contratto EPC: cos'è? Definizione e caratteristiche,» 2022. [Online]. Available: <https://www.compliancelegale.it/2021/02/13/contratto-epc-cose-definizione-e-caratteristiche/#h-first-in>.
- [22] Erre Energie, «Contratti EPC,» 2022. [Online]. Available: <http://www.erre-energie.it/home/contratti-epc/>.
- [23] Presidente della Repubblica Italiana, *Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115. Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*, Gazzetta ufficiale n. 154 del 3 luglio 2008, 2008.
- [24] M. Cavallo, «Il finanziamento tramite terzi per investire nell'efficienza e nel risparmio energetico,» Bologna.
- [25] S. Supino, O. Malandrino e D. Sica, «Il contributo dei Certificati Bianchi al miglioramento dell'efficienza energetica in Italia,» *Esperienze d'impresa*, 2012.
- [26] Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato di concerto con il Ministero dell'Ambiente, «Decreto 24 aprile 2001. Efficienza e risparmio energetico negli usi finali,» Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Roma, 2001.
- [27] Il Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare della Repubblica Italiana, «Decreto Interministeriale 11 gennaio 2017 - Nuove regole per i Certificati Bianchi,» Gazzetta Ufficiale, Roma, 2017.
- [28] Il Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare della Repubblica Italiana, «Decreto Correttivo dei Certificati Bianchi 10 maggio 2018,» Gazzetta Ufficiale, Roma, 2018.
- [29] GSE, «Rapporto annuale Certificati Bianchi 2021,» 2021.
- [30] GSE, «Certificati Bianchi. Guida Operativa».
- [31] GME - Gestore dei Mercati Energetici, «titoli di efficienza energetica - sessioni,» 2022. [Online]. Available: <https://www.mercatoelettrico.org/It/Esiti/TEE/TEE.aspx>.
- [32] RiESCo, «Quanto valgono i Certificati Bianchi?,» 2022. [Online]. Available: <https://www.ri-esco.it/certificati-bianchi->

```
valore/#::~text=Il%20valore%20dei%20Certificati%20Bianchi,Perch%C3%A9%20questo%20prezzo%3F.
```

- [33] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, «Testo Unico delle disposizioni della regolazione della qualità e delle tariffe dei servizi di distribuzione e misura del gas per il periodo di regolazione 2014-2019,» 2014.
- [34] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, «Testo Integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas per l'erogazione dei servizi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Periodo di regolazione 2012-2015,» 2012.
- [35] Sustainability in buildings and civil engineering works, «ISO 15392:2019. Sustainability in buildings and civil engineering works — General principles,» ISO, 2019.
- [36] G. Dall'O', E. Bruni, A. Galante e A. Panza, «Sostenibilità e protocolli di certificazione. Sistemi per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici».
- [37] ICMQ S.p.A., «Dalla certificazione energetica ai protocolli di sostenibilità,» ingenio.
- [38] P. Gabriele, E. Giaccone e S. Mancò, Gestione dei sistemi energetici, Torino: Epics, 2017.
- [39] RSG Group, «Messaggio di Rainer Schaller».
- [40] McFit, «Trova il tuo centro fitness,» [Online]. Available: <https://www.mcf.it/it/palestre/palestre/>.
- [41] Gold's Gym, «Gold's Gym Milano. Discover the legacy,» 2022. [Online]. Available: <https://goldsgym.it/>.
- [42] John Reed Fitness, «Cerca club John Reed,» 2022. [Online]. Available: <https://johnreed.fitness/it/clubfinder?cfq=mestre>.
- [43] RSG Group, «Vision,» 2022. [Online]. Available: <https://rsggroup.com/en/right-half/visionary/vision/>.
- [44] RSG Group, «Our mission,» 2022. [Online]. Available: <https://rsggroup.com/en/left-half/group/mission/#>.
- [45] fitness trend, «Il debutto di Gold's Gym in Italia,» 2022. [Online]. Available: <https://www.fitnesstrend.com/il-debutto-di-golds-gym-italia>.

- [46] RSG Group, «Expansion,» 2022. [Online]. Available: <https://rsggroup.com/linke-haelfte/partnerschaft/expansion/#tabs>.
- [47] M. Filippi, S. P. Corgnati, M. Perino e V. Fabi, «Sviluppo di una metodologia e strumenti per la definizione della valutazione sui consumi energetici dei comportamenti dell'utenza,» 2013.
- [48] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, «Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tep connesso al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica,» 2008.
- [49] Snam, «Convertitore,» 2022. [Online]. Available: <https://www.snam.it/it/stoccaggio/strumenti/convertitore.html>.
- [50] CEN, «Allegato nazionale A (normativo) - Valori e parametri nazionali per il calcolo del carico termico di progetto,» 2008.
- [51] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente. Elaborazione su dati Eurostat, «Relazione annuale 2021,» 2021.
- [52] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, «L'aggiornamento delle condizioni di tutela I trimestre 2022 nel dettaglio,» 2021.
- [53] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, «Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore domestico tipo in maggior tutela,» 2022. [Online]. Available: <https://www.arera.it/it/dati/EEP35.htm>.
- [54] ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, «Andamento del prezzo del gas naturale per un consumatore domestico tipo in regime di tutela,» 2022. [Online]. Available: <https://www.arera.it/it/dati/GP27new.htm>.
- [55] CTI, «UNI 10339,» 1995.
- [56] UNI/CTI, «UNI/TS 11300-2,» 2019.
- [57] UNI/CTI, «UNI TS 11300-1,» 2014.
- [58] UNI/CT, «UNI EN 12464:2021. Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni,» 2021.
- [59] Fotovoltaico sul web, «L'officina elettrica: cos'è e chi è obbligato a pagarla,» 2022. [Online]. Available: <http://www.fotovoltaicosulweb.it/guida/l-officina-elettrica.html>.

- [60] Ministero dello Sviluppo Economico, «DM Requisiti Minimi 26/06/2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici,» 2015.
- [61] IONOS, «Valore attuale netto: definire il net present value di un investimento,» 2022. [Online]. Available: [https://www.ionos.it/startupguide/gestione/valore-attuale-netto/#:~:text=Il%20valore%20attuale%20netto%20\(VAN,investimento%20\(t%20%3D%200\)..](https://www.ionos.it/startupguide/gestione/valore-attuale-netto/#:~:text=Il%20valore%20attuale%20netto%20(VAN,investimento%20(t%20%3D%200)..)