



Il Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano - anno di riferimento 2022

Edizione 2024

Luglio 2024

Area Gestione Infrastrutture e Servizi
Servizio Sostenibilità Ambientale

AGGIORNAMENTO DEL PIANO DI MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI DI CO₂ DEL POLITECNICO DI MILANO

Versione: 19 luglio 2024

Autori: Paola Baglione, Filippo Bovera, Francesco Cavazzana, Giulia Cavenago, Greta De Vecchi, Jacopo Famiglietti, Mario Grosso, Giulia Guidicini, Mario Motta, Alessandro Perego, Eleonora Perotto, Samuel Tolentino

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUZIONE E SCOPO..... | 9 |
| 2. ASPETTI METODOLOGICI NELLA DEFINIZIONE DEGLI IMPEGNI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI | 12 |
| 2.1 Strategia di mitigazione delle emissioni verso la decarbonizzazione..... | 13 |
| 2.2 Anno di riferimento/baseline | 15 |
| 2.3 Orizzonti temporali degli impegni | 16 |
| 2.4 Perimetro della stima..... | 16 |
| 2.4.1 I confini organizzativi | 16 |
| 2.4.2 Esclusioni dai confini organizzativi | 22 |
| 2.4.3 Confini di rendicontazione | 24 |
| 2.4.4 Esclusioni dai confini di rendicontazione | 26 |
| 2.5 Definizione degli impegni di riduzione..... | 27 |
| 2.5.1 Tipologia temporale di impegno: obiettivi annuali e traiettoria lineare degli obiettivi intermedi | 27 |
| 2.5.2 Tipologia di impegno: obiettivi assoluti e obiettivi di intensità emissiva..... | 29 |
| 2.6 Neutralità carbonica e obiettivo emissioni nette zero di CO ₂ | 31 |
| 3. ASPETTI METODOLOGICI NELLA STIMA DELLE EMISSIONI..... | 33 |
| 3.1 Inventario delle emissioni..... | 33 |
| 3.1.1 Per una lettura di dettaglio si rimanda ai Report di rendicontazione degli inventari che saranno pubblicati alla pagina dedicata sul sito web di Ateneo a fine anno 2024, ora in fase di realizzazione. Metodologia di quantificazione delle emissioni... | 33 |
| 3.1.2 Andamento delle emissioni di CO ₂ di Ateneo nel periodo 2015-2022 | 34 |
| 3.1.3 Andamento delle emissioni di CO ₂ e traiettoria degli obiettivi di riduzione nei periodi 2015-2025 e 2025-2030 | 38 |
| 3.2 Metodologia di stima delle emissioni per gli anni futuri..... | 40 |
| 3.3 Variazione delle emissioni negli anni futuri: contributi esogeno ed endogeno.... | 41 |
| 3.4 Proiezione dei fattori di emissione di CO ₂ relativi ai consumi di energia elettrica | 42 |
| 3.4.1 Fattori di emissione di CO ₂ relativi ai consumi di energia elettrica per il periodo 2015-2022 | 42 |
| 3.4.2 Stima dei fattori di emissione di CO ₂ relativi ai consumi di energia elettrica per il periodo 2023-2040 | 43 |
| 3.5 Proiezione dei fattori di emissione di CO ₂ relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus | 48 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.5.1 | Fattori di emissione di CO ₂ relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus per il periodo 2015-2022..... | 48 |
| 3.5.2 | Stima dei fattori di emissione di CO ₂ relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus per il periodo 2023-2030..... | 49 |
| 3.6 | Autoproduzione di energia elettrica | 53 |
| 3.6.1 | Il concetto di emissione evitata | 54 |
| 3.6.2 | I fattori di emissione di mercato e marginali..... | 54 |
| 4. | ATTUAZIONE AL 2022 DEL PIANO 2019 (PdM, 2019)..... | 56 |
| 5. | AZIONI PROPOSTE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEI TARGET DI DECARBONIZZAZIONE..... | 58 |
| 5.1 | Energia: azioni proposte | 58 |
| 5.1.1 | Ottimizzazione trigeneratore per la sede di Milano Città Studi (plesso Leonardo-Bonardi- Bassini)..... | 60 |
| 5.1.2 | Teleriscaldamento e teleraffrescamento Campus via La Masa..... | 63 |
| 5.1.3 | Corpi illuminanti | 66 |
| 5.1.4 | Produzione di energia fotovoltaica..... | 68 |
| 5.1.5 | Macchine frigorifere..... | 72 |
| 5.1.6 | Interventi su involucro e impianti degli edifici | 75 |
| 5.1.7 | Bandi per i dipartimenti..... | 84 |
| 5.1.8 | Regolazione e supervisione impianti..... | 86 |
| 5.1.9 | Power Purchase Agreement | 90 |
| 5.1.10 | Comunità energetiche rinnovabili e solidali..... | 91 |
| 5.1.11 | Aumento della superficie riscaldata e raffrescata | 92 |
| 5.1.12 | Conclusioni..... | 94 |
| 5.2 | Energia: valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni..... | 99 |
| 5.2.1 | Effetto esogeno..... | 99 |
| 5.2.2 | Riduzione consumi elettrici e di gas | 100 |
| 5.2.3 | Quadro riassuntivo riduzioni (Energia): endogeno ed esogeno | 103 |
| 5.3 | Mobilità: quadro generale..... | 106 |
| 5.3.1 | Mobilità: azioni proposte per la riduzione delle emissioni da accesso ai campus 107 | |
| 5.3.2 | Mobilità: valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni da accesso ai campus 127 | |
| 5.3.3 | Mobilità: missioni del personale | 132 |
| 5.3.4 | Mobilità: quadro di sintesi..... | 133 |
| 6. | QUADRO RIASSUNTIVO POTENZIALI RIDUZIONI AL 2025 E 2030 | 135 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | Target al 2025 | 135 |
| 6.2 | Target al 2030 | 135 |
| 6.3 | Investimenti per il raggiungimento dei target..... | 138 |
| 6.4 | Conclusioni..... | 139 |
| 6.5 | Sviluppi futuri..... | 140 |
| | Riferimenti Bibliografici..... | 141 |
| | APPENDICE A | 144 |
| | APPENDICE B | 146 |
| | APPENDICE C | 147 |
| | APPENDICE D | 151 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tabella 2-1 Ripartizione fra le Sedi dei metri quadri di Ateneo dal 2015 al 2022 | 17 |
| Tabella 2-2 - Ripartizione fra le Sedi della popolazione di Ateneo dal 2015 al 2022. | 21 |
| Tabella 2-3 Ripartizione fra le Sedi dei metri quadri di Ateneo esclusi dai confini organizzativi..... | 22 |
| Tabella 2-4 Funzioni addizionali, fuori dai confini organizzativi, popolazione censita nell'anno 2023..... | 23 |
| Tabella 2-5 Funzioni addizionali, entro i confini organizzativi, popolazione censita nell'anno 2023..... | 24 |
| Tabella 2-6 Settori e Attività considerate ed escluse ai fini della stima delle emissioni | 26 |
| Tabella 2-7 Obiettivi degli anni intermedi definiti assumendo una riduzione lineare “a scalare” dell’obiettivo che parte dal dato del 2015 e arriva al valore obiettivo al 2025 e al 2030..... | 28 |
| Tabella 3-1 Emissioni di CO ₂ (t/anno) del Politecnico di Milano per Scopo, anni 2015 e 2022 | 35 |
| Tabella 3-2 Emissioni di CO ₂ pro capite (kg/persona.anno) del Politecnico di Milano per Scopo, anni 2015 e 2022 | 35 |
| Tabella 3-3 Emissioni di CO ₂ (t/anno) del Politecnico di Milano per settore, anni 2015-2022 | 35 |
| Tabella 3-4 Emissioni di CO ₂ (t/anno) del Politecnico di Milano per settore e attività, anni 2015-2022..... | 36 |
| Tabella 3-5 Obiettivi annuali di riduzione delle emissioni stime pro capite dal 2023 al 2030 e valori rendicontati dal 2015 al 2022. | 39 |
| Tabella 3-6 ⁽¹⁾ Fattori di emissione di CO ₂ da consumi elettrici forniti da ISPRA (ISPRA, 2023a) nel 2023; ⁽²⁾ Fattori di emissione di CO ₂ da consumi elettrici utilizzati negli inventari di Ateneo. | 43 |
| Tabella 3-7 produzione di energia elettrica e saldo import/export stimati in Italia negli orizzonti temporali di interesse in accordo con lo scenario “Riferimento”. Fonte: (PNIEC, 2023)..... | 44 |
| Tabella 3-8 Fattori di emissione stimati da ISPRA nel 2022 per l’energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili. | 45 |
| Tabella 3-9 Stima delle perdite di rete e degli usi per pompaggi e servizi ausiliari legate alla produzione di energia elettrica negli anni di interesse | 46 |
| Tabella 3-10 stima dei fattori di emissione legati ai consumi di energia elettrica per gli anni 2025, 2030 e 2040 calcolati in accordo con l’equazione 3.3 e riduzioni percentuali rispetto al valore usato nell’inventario di Ateneo nel 2022. | 46 |
| Tabella 3-11 Fattori di emissione di CO ₂ per tipologia di veicolo 2022 (fonte: Inventario delle Emissioni di CO ₂ Ateneo). | 48 |
| Tabella 3-12 Variazione dei fattori di emissione (gCO ₂ /km) per alimentazione e cilindrata tra il 2022 e il 2025 | 50 |
| Tabella 3-13 fattori di emissione delle autovetture stimati per il 2025 e utilizzati nel presente piano di mitigazione di Ateneo. | 51 |
| Tabella 3-14 fattori di emissione delle autovetture usate per accesso ai campus stimati per il 2025, 2030 e il 2040..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Tabella 3-15 stima fattori di emissione per le motociclette: motocicletta generica e divisa per cilindrata. Si suppone che la riduzione includa anche l'incremento della quota di motociclette elettriche. | 52 |
| Tabella 3-16 stima fattori di emissione per auto, moto e bici elettriche | 53 |
| Tabella 3-17 stima dei fattori di emissione per treno, metropolitana e tram | 53 |
| Tabella 3-18 Fattori di emissione utilizzati nella logica di mercato e nella logica marginale per il calcolo delle emissioni di CO ₂ evitate. | 56 |
| Tabella 5-1. Descrizione schematica della valutazione per azione. | 59 |
| Tabella 5-2. Prospetto stima dei CAPEX nei due scenari. | 60 |
| Tabella 5-3. Stima delle riduzioni delle emissioni di CO ₂ dell'Ateneo dovute al funzionamento del trigeneratore di Milano Città Studi con approccio di mercato (plesso Leonardo-Bassini-Bonardi). | 61 |
| Tabella 5-4. Stima delle riduzioni delle emissioni di CO ₂ dell'Ateneo dovute al funzionamento del trigeneratore di Milano Città Studi con approccio marginale (plesso Leonardo-Bassini-Bonardi). | 62 |
| Tabella 5-5. Informazioni rete TLRF La Masa (scenario Base e Orientato al target). | 64 |
| Tabella 5-6. Stima delle riduzioni di CO ₂ apportate dalla rete di TLRF. | 64 |
| Tabella 5-7. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla soluzione TLRF. | 66 |
| Tabella 5-8. Confronto PdM 2019 vs. 2022 per corpi illuminanti. | 66 |
| Tabella 5-9. Stima delle riduzioni delle emissioni di CO ₂ dell'Ateneo dovute agli interventi sui corpi illuminanti. | 67 |
| Tabella 5-10. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla soluzione corpi illuminanti. | 68 |
| Tabella 5-11. Potenze di energia fotovoltaica installata e in funzione nell'Ateneo. | 69 |
| Tabella 5-12. Prospetto potenza fotovoltaica installata e confronto con PdM 2019. | 70 |
| Tabella 5-13. Stima delle riduzioni di CO ₂ (rispetto al 2015) sugli impianti fotovoltaici. . | 71 |
| Tabella 5-14- Stima delle riduzioni di CO ₂ (rispetto al 2015) sugli impianti fotovoltaici. . | 71 |
| Tabella 5-15. Stima del costo di decarbonizzazione grazie al fotovoltaico (Lotto 3). | 72 |
| Tabella 5-16. Confronto % di sostituzione gruppi frigo. | 74 |
| Tabella 5-17. Numero di macchine frigorifere e stima dei consumi elettrici nel 2015. | 74 |
| Tabella 5-18. Stima delle riduzioni consumi da interventi sulle macchine frigorifere. | 75 |
| Tabella 5-19. Riduzione delle emissioni grazie alla sostituzione delle macchine frigorifere. | 75 |
| Tabella 5-20. Variazione superficie di pavimento 2015 – 2022. | 76 |
| Tabella 5-21. Edifici oggetto di riqualificazione nel periodo 2015-2022. | 77 |
| Tabella 5-22. Valori di fabbisogno pre e post-intervento (2015-2022). | 79 |
| Tabella 5-23. Interventi su edifici (involucro e impianti). | 79 |
| Tabella 5-24. Valori di fabbisogno edifici individuati. | 80 |
| Tabella 5-25. % riduzioni dei consumi in seguito agli interventi su edifici e impianti. | 81 |
| Tabella 5-26. Stima delle riduzioni di CO ₂ ottenibili da interventi sugli edifici. | 82 |
| Tabella 5-27. Stima del costo di decarbonizzazione, investimenti previsti | 83 |
| Tabella 5-28. Stima delle riduzioni di CO ₂ ottenibili da bandi di dipartimenti. | 84 |
| Tabella 5-29. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla regolazione. | 86 |
| Tabella 5-30. Riduzione dei consumi per regolazione e supervisione. | 87 |
| Tabella 5-31. Riduzione percentuale dei consumi per PdM e scenario. | 87 |
| Tabella 5-32. Riduzione dei consumi elettrici notturni grazie agli interventi. | 88 |
| Tabella 5-33. Stima delle riduzioni di CO ₂ ottenibili da regolazione e supervisione | 89 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 5-34. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla regolazione..... | 90 |
| Tabella 5-35. Stima delle riduzioni di CO ₂ ottenibili da PPA. | 91 |
| Tabella 5-36. Variazione della superficie di pavimento di Ateneo..... | 93 |
| Tabella 5-37. Aumento delle emissioni di CO ₂ causate dall'aumento di superficie..... | 94 |
| Tabella 5-38. Prospetto riduzioni emissioni in tCO ₂ / anno per azione e scenario (approccio di mercato)..... | 95 |
| Tabella 5-39. Prospetto riduzione emissioni in tCO ₂ / anno per export di elettricità per azione e scenario (approccio di mercato). | 96 |
| Tabella 5-40. Prospetto riduzioni emissioni in tCO ₂ / anno per azione e scenario (approccio marginale)..... | 96 |
| Tabella 5-41. Prospetto riduzione emissioni in tCO ₂ / anno per export di elettricità per azione e scenario (approccio marginale). | 97 |
| Tabella 5-42. Prospetto investimenti per scenario. | 98 |
| Tabella 5-43. Emissioni per effetto esogeno. | 100 |
| Tabella 5-44. Riduzione dei consumi elettrici vs. 2015..... | 101 |
| Tabella 5-45. Export di elettricità negli anni..... | 101 |
| Tabella 5-46. Consumi di gas naturale a confronto. | 102 |
| Tabella 5-47. Riduzione dei consumi in energia primaria. | 103 |
| Tabella 5-48. Riduzione delle emissioni per anno e scenario di analisi, approccio di mercato. | 104 |
| Tabella 5-49. Riduzione delle emissioni per anno e scenario di analisi, approccio marginale. | 105 |
| Tabella 5-50. Benefici legati all'export di energia elettrica..... | 105 |
| Tabella 5-51. Descrizione schematica della valutazione per ogni azione di Mobilità..... | 108 |
| Tabella 5-52. Prospetto stima degli OPEX (O) e dei CAPEX (C) nei due scenari..... | 110 |
| Tabella 5-53. Stima della variazione annua di CO ₂ apportata dalla sovvenzione all'acquisto degli abbonamenti rispetto al 2022. | 113 |
| Tabella 5-54. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dalle sovvenzioni agli abbonamenti al trasporto pubblico..... | 114 |
| Tabella 5-55. Stima della variazione annua di CO ₂ apportata dalle azioni di sostegno alla mobilità attiva/leggera rispetto al 2022..... | 117 |
| Tabella 5-56. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dalle sovvenzioni agli abbonamenti al trasporto pubblico..... | 119 |
| Tabella 5-57. Stima della variazione annua di CO ₂ apportata dalle azioni concernenti la mobilità elettrica motorizzata rispetto al 2022..... | 121 |
| Tabella 5-58. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dal sostegno alla mobilità elettrica motorizzata..... | 121 |
| Tabella 5-59. Stima della variazione annua di CO ₂ apportata dalle azioni concernenti la frequenza di accesso ai campus rispetto al 2022..... | 123 |
| Tabella 5-60. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dagli interventi sulla frequenza di accessi ai campus..... | 123 |
| Tabella 5-61. Prospetto riduzioni emissioni in tCO ₂ rispetto al 2022 per azione e scenario (app. di mercato). Vengono qui riportate soltanto le azioni per le quali è stato possibile quantificare una riduzione di emissioni di CO ₂ derivante dall'implementazione delle stesse. | 125 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 5-62. Prospetto investimenti per scenario. Vengono qui riportate soltanto le azioni per le quali è stato possibile quantificare l’investimento necessario per l’implementazione. | 126 |
| Tabella 5-63. Riduzione delle emissioni per gli anni 2025 e 2030 e per i due scenari di analisi, approccio di mercato; dati di emissioni al 2015 e 2022 e stime per 2025 e 2030..... | 131 |
| Tabella 5-64 Prospetto riduzioni emissioni in tCO ₂ per mobilità sezione missioni del personale (app. di mercato). | 133 |
| Tabella 5-65 Emissioni e riduzione delle emissioni (pro capite e in %) per l’intero settore mobilità. I dati relativi agli anni 2015 e 2022 sono a consuntivo mentre quelli al 2025 e 2030 sono le stime effettuate nel presente piano..... | 134 |
| Tabella 6-1. Quadro riassuntivo delle emissioni e delle riduzioni delle emissioni (pro capite e in %) stimate a valle dell’implementazione delle azioni di mitigazione discusse nel presente piano per i settori energia e mobilità. I dati relativi agli anni 2015 e 2022 sono a consuntivo mentre quelli al 2025 e 2030 sono le stime effettuate nel presente piano..... | 136 |
| Tabella 6-2 Prospetto degli investimenti per le azioni di energia e mobilità per i due scenari Base e Orientato al target negli anni dal 2025 al 2030..... | 138 |
| | |
| Tabella C- 1 stima della composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2025. Il calcolo è avvenuto a partire dai dati presenti nell'autoritratto ACI (da questo link "consistenza parco veicoli", file "Circolante Copert 2022" e “Circolante Copert 2017”, foglio "AV per regione"). | 147 |
| Tabella C- 2 composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2022. I dati riportati si trovano nell'autoritratto ACI (da questo link "consistenza parco veicoli", file "Circolante Copert 2022", foglio "AV per regione"). | 148 |
| Tabella C- 3 fattori di emissione (gCO ₂ /km) medi divisi per categoria, alimentazione, segmento, classe euro e ciclo di guida “TOTALE”. Fonte: ISPRA, 2023b..... | 149 |
| Tabella C- 4 Fattori di emissione (gCO ₂ /km) per gli anni 2022 per alimentazione e cilindrata e stime degli stessi al 2025..... | 150 |
| | |
| Tabella D- 1 Elenco degli edifici considerati nel perimetro della stima del Piano di Mitigazione del Politecnico di Milano al 31/12/2022 | 151 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|-----|
| Figura 2-1 Esempio di traiettoria di emissioni di CO ₂ congruente con un trend di obiettivo lineare nel periodo 2015-2030. (Linee guida per la redazione dei piani di mitigazione delle emissioni di CO ₂ degli atenei – RUS-2020)..... | 29 |
| Figura 3-1 Emissioni di CO ₂ (t/anno) assolute del Politecnico di Milano per settore, anni 2015-2022..... | 37 |
| Figura 3-2 Emissioni di CO ₂ (kg/persona.anno) pro capite del Politecnico di Milano per settore, anni 2015-2022 | 37 |
| Figura 3-3 Obiettivi annuali di riduzione delle emissioni pro capite: traiettoria delle emissioni di CO ₂ storiche in relazione al trend obiettivo..... | 40 |
| Figura 3-4 Scenari nazionali (“PNIEC” e “Riferimento”) di produzione di energia elettrica in Italia per fonte (FER = fonti rinnovabili). Fonte: (PNIEC, 2023), fig. 91 pagina 393 ... | 44 |
| Figura 3-5 Andamento stimato per i fattori di emissione legati al consumo di energia elettrica tra il 2023 e il 2040. | 47 |
| Figura 3-6 Riassunto dei fattori di emissione legati al consumo di energia elettrica tra il 2015 e il 2022 (serie storica) e proiezione degli stessi tra il 2023 e il 2040. | 47 |
| Figura 5-1. Valutazione dell'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni (approccio marginale). | 99 |
| Figura 5-2. Riduzione delle emissioni (normalizzate) nel tempo per il settore energia, con (a) approccio di mercato e (b) approccio marginale. | 106 |
| Figura 5-3. Valutazione dell'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni..... | 127 |
| Figura 5-4 Riduzione delle emissioni (normalizzate) nel tempo relative agli accessi ai campus con approccio di mercato. | 132 |
| Figura 6-1 Riduzione delle emissioni (normalizzate) totali relative al comparto mobilità con approccio di mercato. | 137 |

SOMMARIO BREVE

Nel febbraio 2019 il Politecnico di Milano ha adottato il “Il Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano” (PdM, 2019), in cui è stato presentato il quadro metodologico per la definizione e successiva verifica degli impegni di riduzione delle emissioni di CO₂ dell’Ateneo, con una prima valutazione del potenziale derivante da dieci tipi di interventi nel settore dell’energia e dei trasporti. Contemporaneamente, l’Ateneo ha adottato formali impegni di contenimento delle emissioni di CO₂, come contributo del Politecnico di Milano allo sforzo globale di mitigazione dei cambiamenti climatici definiti come: riduzione delle emissioni di CO₂ dell’Ateneo del **25% nel 2025 e del 35% nel 2030**, rispetto **all’anno di riferimento 2015**.

Nel presente documento viene illustrato lo stato di avanzamento delle attività dell’Ateneo nella mitigazione delle emissioni di CO₂ descrivendo, lo stato di attuazione delle dieci azioni principali precedentemente delineate e il loro effetto sulla riduzione delle emissioni al 31/12/2022, l’aggiornamento delle stesse per gli orizzonti temporali previsti, considerando gli sviluppi delineati dal **Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025¹ (PSS, 2024)** del Politecnico di Milano.

Il Piano Strategico di Sostenibilità è strutturato in 6 priorità, declinate in 18 ambiti tematici, legate alle missioni istituzionali dell’università: Inclusione e pari opportunità, Ricerca sostenibile, Sostenibilità nella didattica, Diritto allo studio, Innovazione e responsabilità sociale, Ambiente. Con particolare riferimento alla sesta priorità, si riportano di seguito le finalità che si prefigge l’Ateneo: *Essere promotori di innovazione e sperimentazione nell’ambito della sostenibilità ambientale, impegnandosi nella transizione energetica e riduzione delle emissioni di gas serra, dei consumi energetici e valorizzando soluzioni di mobilità sostenibile ed economia circolare*

Il presente Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano, di seguito chiamato Piano, assume pertanto gli impegni di riduzione delle emissioni previsti dal Piano Strategico di Sostenibilità (PSS, 2024) che conferma gli obiettivi di riduzione **del 25% nel 2025**, rivede gli obiettivi di riduzione nel **2030 rialzandoli dal 35% al 50%**, e assume un nuovo obiettivo “**Net zero di CO₂**” da raggiungere **entro il 2040**.

L’anno di riferimento è confermato essere il 2015.

1. INTRODUZIONE E SCOPO

La comunità scientifica ritiene inequivocabile l’attuale surriscaldamento del pianeta e considera elevata la probabilità che nei prossimi decenni il pianeta dovrà fronteggiare cambiamenti climatici, originati dalle attività umane, pericolosi per le persone e gli ecosistemi che lo abitano. Per questo motivo, dopo l’approvazione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, in inglese United Nations Framework Convention on Climate Change, da cui l’acronimo UNFCCC (anno 1992), e del Protocollo di Kyoto (anno 1997), nel dicembre 2015 è stato approvato l’**Accordo di Parigi**,

¹ PianoStrategicoSostenibilità_AG24_FIN.pdf (polimi.it)

entrato in vigore l'anno successivo, ad oggi è stato ratificato da più di 195 Paesi² (la ratifica del Parlamento italiano è avvenuta con la Legge n. 204/2016, in vigore dall'11/11/2016).

Gli ambiziosi obiettivi dell'Accordo, limitare l'aumento delle temperature globali "ben al di sotto di +2°C" (rispetto al periodo pre-industriale), e fare sforzi per limitarlo a +1,5°C, richiedono azioni a tutti i livelli politico-amministrativi e da parte di una pluralità di soggetti. Per questo motivo, parallelamente all'Accordo, a livello nazionale, sono stati sottoscritti impegni da attori non-governativi, soggetti sub-nazionali (Regioni, Comuni), nonché da "portatori di interessi" quali aziende, investitori e organizzazioni della società civile, formalizzati sul portale "Global Climate Action Portal" (NAZCA- Non-State Actors Zone for Climate Action). Il portale è stato lanciato nel 2014 nel corso della COP 20, come parte della "Lima Paris Action Agenda". al fine di istituzionalizzare il ruolo ed il potenziale contributo di tali attori in seno al processo. La piattaforma, a luglio 2024, vede la registrazione di più di 39.000 realtà, fra cui 660 Università in Europa, America, Africa, Canada, Oceania, Asia (UNFCCC, 2018a3).

Questi impegni sono volti a sostenere quelli definiti a livello nazionale i "contributi determinati a livello nazionale volontari" (NDC - Nationally Determined Contribution) dichiarati nell'ambito dell'Accordo di Parigi al momento dell'adesione, aggiornati ciclicamente con revisioni al rialzo ogni 5 anni.

Il parlamento Europeo, per i propri Stati membri, dopo aver presentato nel 2015 un primo impegno di riduzione del 40% delle emissioni nel 2030 (rispetto al 1990), nel quadro del Green Deal (la tabella di marcia dell'UE verso la neutralità climatica), nel giugno 2021, ha approvato la legge UE sul clima⁴, rendendo giuridicamente vincolante, per gli stati membri, l'impegno politico del raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050. Rialzando gli impegni con l'obiettivo ambizioso di ridurre le emissioni di almeno il 55% entro il 2030. (rispetto ai livelli del 1990).

Nel febbraio 2024 la Commissione europea ha presentato la valutazione per un obiettivo climatico per l'UE al 2040, raccomandando di ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra del 90% entro il 2040, rispetto ai livelli del 1990, per garantire il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050⁵.

L'Accordo di Parigi si inquadra nella cornice più ampia definita dall'**Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile**⁶ (il programma d'azione adottato all'unanimità dai 193 Paesi membri delle Nazioni Unite nel settembre 2015), e si integra con i traguardi dell'Agenda, a partire dall'obiettivo 13 "Lotta contro il cambiamento climatico", sotto-obiettivo 13.2 che richiede

2 Accordo di Parigi - Stato di ratifica | Convenzione delle Nazioni Unite sui problemi della Convenzione delle Nazioni Unite (unfccc.int)

3 GCAP UNFCCC - Home Page

4 Legge UE sul clima: approvato l'accordo sulla neutralità climatica entro il 2050 | Attualità | Parlamento europeo (europa.eu)

5 Obiettivo climatico per il 2040 - Commissione europea (europa.eu)

6 <https://unric.org/it/agenda-2030/>

di "integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazioni nazionali".

In ambito locale, il Comune di Milano, a marzo 2024, insieme ad altre otto città italiane (Bologna, Bergamo, Firenze, Padova, Parma, Prato, Roma e Torino), ha consegnato il proprio piano di azione e di investimenti connessi al “**Climate City Contract**” (CCC, 2024) nell’ambito della “**Missione 100 Città Climaticamente Neutrali e Intelligenti entro il 2030**”, promossa dall’Unione Europea.

L’obiettivo della “Missione” è di accelerare la transizione verso la neutralità climatica promuovendo azioni di ricerca e innovazione su mobilità, efficienza energetica e pianificazione urbana, coinvolgendo le autorità locali, i cittadini, le imprese, gli investitori e le autorità regionali e nazionali per:

- realizzare 100 città intelligenti e a impatto climatico zero entro il 2030
- garantire che queste città fungano da centri di sperimentazione e innovazione per consentire a tutte le città europee di seguire l’esempio entro il 2050.

Il **Climate City Contract**” (CCC, 2024), stabilisce l’obiettivo ambizioso di raggiungere la neutralità climatica entro il 2030, contribuendo all’anticipazione del target del **Piano Aria e Clima - PAC**, approvato dal Comune di Milano nel 2021, fissato per il 2050.

Il Politecnico di Milano, insieme ad altri 24 stakeholders, tra cui altre 4 università (Università Bocconi, Università Cattolica del Sacro Cuore – Milano, Università degli Studi Milano-Statale, Università degli Studi di Milano-Bicocca), ha sottoscritto il “**Climate City Contract**”.

Sono numerose le Università italiane che hanno da tempo iniziato a lavorare sui temi della riduzione delle emissioni di CO₂, come rilevato dall’indagine realizzata nel 2022 dal Gruppo di Lavoro Cambiamenti climatici (coordinato dal Politecnico di Milano) della RUS - Rete delle Università per lo Sviluppo sostenibile, della cui costituzione il Politecnico di Milano è stato promotore, producendo una sintesi degli esiti della “Mappatura sugli inventari emissioni di gas serra e sui piani di riduzione”⁷ (RUS – GdL CC, 2022a).

Il Politecnico promuove la cultura dello sviluppo sostenibile in tutte le sue attività istituzionali, nella didattica e nella ricerca. A ottobre 2023 è stato rilasciato e presentato pubblicamente il primo **Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025** (PSS, 2023) del Politecnico di Milano, naturale prosieguo del Piano Strategico di Ateneo 2023-2025 (PSA-2023), presentato a maggio 2023.

Il Piano Strategico di Sostenibilità è costruito intorno a sei priorità, emerse nel confronto con i nostri principali stakeholder. Le elenchiamo a seguire: 1. essere un luogo sempre più

⁷ https://reterus.it/public/files/Documenti/Mappature/GdL_Cambiamenti_Climatici/023_03_24_Mappatura_RUS_GdL_CC_2022.pdf

accogliente e inclusivo, garantendo pari opportunità e valorizzando l'unicità delle persone; 2. estendere l'impegno della nostra ricerca scientifica sulle tematiche chiave della sostenibilità; 3. inserire la sostenibilità come elemento pervasivo nella nostra offerta formativa; 4. garantire equità di accesso e opportunità di studio; 5. supportare la crescita della società, mettendo a disposizione le competenze politecniche in una logica di responsabilità e reciprocità; 6. promuovere innovazione e sperimentazione nell'ambito della sostenibilità ambientale.

In questo contesto si colloca il presente documento, che costituisce un altro tassello dell'azione sul cambiamento climatico del Politecnico di Milano, da anni impegnato non solo in numerose azioni nel settore della ricerca e dello sviluppo tecnologico sui temi della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici, ma anche in attività mirate di sensibilizzazione e promozione della sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

Scopo del presente Piano è quello di fornire il quadro d'insieme delle misure di mitigazione che il Politecnico di Milano ha messo in atto e di quelle che prevede, o si suggerisce di implementare, per ridurre le proprie emissioni di CO₂ in ottemperanza alle **politiche di sviluppo sostenibile di Ateneo** e al fine di supportare gli **Organi di governo** per l'assunzione e formalizzazione degli impegni di riduzione dell'Ateneo a breve e a lungo termine.

Sono ampiamente discussi gli aspetti metodologici, la cui definizione è necessaria per l'impostazione degli obiettivi di riduzione e per la valutazione del potenziale di mitigazione delle singole misure nei settori dell'energia, dell'edilizia e dei trasporti in differenti scenari possibili; sono altresì delineati i principali vantaggi e la valutazione dell'entità dello sforzo economico necessario.

Si rimanda all'**Appendice A** per la lista delle persone e strutture di Ateneo coinvolte nel massivo lavoro di raccolta dati e di previsione di stime.

Si precisa che la progettazione e la realizzazione delle misure comportano ulteriori valutazioni accurate dei dettagli tecnici ed economici, iter burocratici complessi e richiedono una precisa definizione dei progetti, sulla base di dati di dettaglio, non oggetto di questo documento, che costituisce tuttavia la necessaria cornice strategica.

2. ASPETTI METODOLOGICI NELLA DEFINIZIONE DEGLI IMPEGNI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

La fase iniziale della strategia di mitigazione di Ateneo ha previsto la contabilizzazione delle proprie emissioni definendo i principali settori di interesse; il percorso è stato avviato nel 2015 e sono stati realizzati gli inventari per gli anni dal 2015 al 2022.

Nel febbraio 2019 il Politecnico di Milano ha realizzato il primo "Piano di Mitigazione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano" (PDM, 2019), adottato con Deliberazione del Senato accademico (Delibera n. 201902180110, 18/02/2019) e del Consiglio di Amministrazione (Delibera n. 201902260168, 26/02/2019). Il Piano ha identificato **dieci**

principali interventi nel settore dell'energia e dei trasporti, realizzando una prima valutazione dell'effetto di riduzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo e impostando il quadro metodologico per la definizione e successiva verifica degli impegni di riduzione delle emissioni.

Nel presente Piano è illustrato lo stato di attuazione del precedente (PDM, 2019) e il suo aggiornamento e sono illustrati gli aspetti metodologici adottati per la definizione degli impegni di riduzione delle emissioni di CO₂, specificando laddove questi hanno subito modifiche.

2.1 Strategia di mitigazione delle emissioni verso la decarbonizzazione

Le azioni delineate nel presente Piano rappresentano, per il Politecnico di Milano, un impegno ambizioso per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂. Tali azioni, contribuiscono allo sviluppo della strategia complessiva di Ateneo delineata nel **Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025 (PSS, 2024)**.

Al fine di tradurre le azioni di mitigazione in una strategia a medio e lungo termine, realistica e flessibile, che tenga conto degli aspetti logistici/gestionali e finanziari, il Politecnico è partito dalla definizione dello stato di avanzamento delle attività di mitigazione previste nel Piano precedente considerando gli impatti delle azioni realizzate al 31/12/2022. Tale stato considera i dati consuntivi e rappresenta lo **Scenario di riferimento 2022**⁸, punto di partenza per un confronto tra altri **due scenari futuri** ipotizzati di seguito descritti, lo **Scenario base (B)** e lo **Scenario orientato al target (T)**.

Partendo dallo **Scenario di riferimento 2022**, è stato valutato il quadro delle **attività finanziate (F)**, in esercizio o in fase di realizzazione (comprensivo dei finanziamenti approvati ad aprile 2024), e il loro impatto in termini di tonnellate di CO₂ risparmiata, in attuazione delle politiche correnti di Ateneo nel momento in cui viene redatto il presente Piano. Sulla base delle politiche adottate, sono state effettuate le prime stime che hanno permesso di definire il relativo quadro delle riduzioni delle emissioni di CO₂, che danno evidenza e tracciano il percorso per il raggiungimento degli impegni di contenimento delle emissioni negli anni obiettivo.

Successivamente sono state valutate combinazioni di azioni future, selezionate in base sia alle ipotesi di valutazione dell'efficacia dell'investimento, sia in termini di riduzione delle emissioni ipotizzando **due scenari**:

- **Lo Scenario Base (B)** considera una prima combinazione di azioni per le quali sono necessarie nuove politiche di sviluppo e nuovi finanziamenti che permettono un notevole miglioramento (in termini di tonnellate di CO₂ risparmiata) rispetto allo scenario di riferimento (2022); gli esiti dei principali interventi considerati permettono il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ al 2025 (-25%), ma risultano non sufficienti per il raggiungimento del target al 2030 (-50%).

⁸ Reference scenario. Scenario used as starting or reference point for a comparison between two or more scenarios. IPCC_AR6_WGIII_Annex-I.pdf

- **Lo Scenario orientato al target (T)** considera assunzioni più ambiziose, ipotizza ulteriori investimenti e una seconda combinazione di azioni aggiuntive per avvicinarsi al raggiungimento degli obiettivi strategici al 2030.

Tali scenari **non sono da intendersi incrementali ma alternativi**, poiché solo alcune azioni sono replicate in entrambi, e **le riduzioni finali complessive attese** in termini di tonnellate di CO₂ sono ottenute sommando nei due scenari le riduzioni di emissioni di CO₂ che derivano dalle azioni già finanziate (**F**). In seguito quindi i due scenari presentati sono illustrati come scenari (**F + B**) e (**F + T**).

Si noti che alcune azioni ipotizzate nei due scenari sono note, mentre altre dipendono da elementi e interlocutori esterni all'Ateneo per cui sono state avviate analisi preliminari come, ad esempio, l'**acquisto di energia elettrica rinnovabile** tramite Stipula di *PPA (Power Purchase Agreement)*.

Tenendo presente che lo **Scenario Base** non è sufficiente al raggiungimento del target al 2030, le ipotesi descritte nello **Scenario orientato al target** hanno lo scopo di attivare approfondimenti e abilitare a decisioni per gli anni a venire.

Gli scenari illustrati prendono in considerazione le emissioni di **Scopo 1, Scopo 2** (settore Energia) e **parte di Scopo 3** (settore mobilità). È importante evidenziare che le stime legate al settore mobilità, in particolare all'attività di accesso al campus, potranno subire variazioni dopo la chiusura della nuova edizione dell'indagine sulla mobilità 2024, in corso: dagli esiti potrebbero derivare altre considerazioni.

È altresì importante specificare che **il modello di stima** delle riduzioni utilizzato nel presente Piano ha adottato, ove possibile, un **approccio conservativo** (ad es. per la stima dei fattori di emissione di energia e mobilità negli anni futuri e per la stima di alcuni valori di consumo) e **non considera due variabili estremamente difficili da calcolare**. La prima variabile è relativa al tema dei **comportamenti** messi in atto dalla popolazione politecnica e da tutti coloro che frequentano l'Ateneo i cui effettivi positivi, è possibile qui anticipare, sono già stati registrati nel corso del monitoraggio del primo anno del Piano Strategico di Sostenibilità (PSS, 2024). Questo aspetto sarà approfondito con la chiusura dell'inventario delle emissioni di CO₂ dell'anno 2023. La seconda variabile non considerata è relativa agli **effetti climatici**, che possono avere un effetto positivo o negativo anno per anno, poiché il modello utilizzato nel presente Piano non applica la “destagionalizzazione” dei consumi energetici attraverso, ad esempio, l'utilizzo dei gradi-giorno. Questa variabile sarà considerata nell'analisi del dato puntuale, nel confronto tra i dati a consuntivo annuali, in termini di consumi energetici e di emissioni di CO₂, e i dati previsti dal Piano. Nel corso della redazione della nuova edizione del Piano di mitigazione sarà approfondita l'opportunità di introdurre una correzione del modello per tenere conto di queste due variabili.

Il presente Piano si coordina con il “**Piano Spostamenti Casa Università dell'Ateneo**” (PSCU, 2024) e si completerà con il “**Piano di adattamento ai cambiamenti climatici**” e il “**Piano Energia**”, entrambi in fase di redazione.

Il “**Piano Energia**”, a medio-lungo termine, sviluppato dalla Commissione Energia e la cui approvazione è prevista a fine 2024, sarà un altro fondamentale tassello che contribuirà al consolidamento dello scenario per raggiungere l'obiettivo di riduzione al 2030.

L'Ateneo si impegna ad implementare una strategia ambiziosa di riduzione delle emissioni di CO₂ con obiettivi molto consistenti ma, nel caso in cui gli interventi introdotti si rivelassero non sufficienti, si dovrà specificare quali **misure aggiuntive** saranno considerate per il raggiungimento degli obiettivi strategici e dell'obiettivo emissioni nette zero di CO₂ al 2040.

Ulteriori misure aggiuntive potranno essere implementate tramite una più consistente riduzione delle emissioni, l'aumento delle attività di rimozione di CO₂, oppure tramite azioni di compensazione: potrebbe essere valutato l'**acquisto di "crediti di carbonio certificati"** derivanti dalla riduzione delle emissioni o da rimozione di CO₂ realizzati in altri progetti, in analogia con quanto effettuato a livello internazionale; si veda in proposito il *paragrafo 2.6*. Questo aspetto sarà valutato nel corso del prossimo aggiornamento del Piano.

L'aggiornamento del Piano è previsto nel 2025, in coerenza con la pianificazione strategica dell'Ateneo 2023-2025.

La nuova edizione del Piano è prevista nel 2026, a valle della pubblicazione del nuovo Piano Strategico di Ateneo per il triennio 2026-2028 e del relativo Piano Strategico di Sostenibilità, nonché del monitoraggio del conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni assunti per il 2025.

Un piano di mitigazione non deve essere inteso come uno strumento fisso e rigido, ma come un supporto flessibile, periodicamente aggiornabile e migliorabile, alle azioni sul clima e l'energia di Ateneo, per favorire la loro integrazione con altri interventi strutturali e altre decisioni strategiche.

2.2 Anno di riferimento/baseline

Il dato di emissione di "baseline" costituisce il punto di partenza rispetto al quale vengono definiti gli obiettivi di mitigazione e di conseguenza misurata l'efficacia delle azioni previste per il loro raggiungimento.

Il presente Piano, in coerenza con l'inventario delle emissioni di CO₂ di Ateneo, assume **l'anno 2015** come baseline per confrontare le emissioni di CO₂ nel tempo, poiché è il primo anno in cui è disponibile un inventario completo di dati di emissione di **Scopo 1, 2 e parte di Scopo 3** per tutte le Sedi dell'Ateneo.

Inoltre, è allineato con l'anno di adozione dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo sostenibile post-2015, nonché *framework* di riferimento del Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025 (PSS, 2024).

Da notare che, poiché la verifica e l'aggiornamento della baseline del piano di mitigazione ha un ruolo di primaria importanza, nel corso della realizzazione dell'inventario delle emissioni, anno di rendicontazione 2022, si è reso necessario l'aggiornamento della baseline in relazione alla modificata metodologia della quantificazione dei fattori di emissione dei settori consumi elettrici, teleriscaldamento e trasporti, nonché la modifica di alcune fonti dei dati.

Tali modifiche fanno riferimento all'aggiornamento delle "Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra negli atenei italiani" (RUS - GdL CC, 2023a), redatte nel corso del 2022 e pubblicate nel 2023.

2.3 Orizzonti temporali degli impegni

Gli orizzonti temporali considerati per gli impegni di riduzione del Piano di Mitigazione sono gli **anni 2025 e 2030**, confermando quelli adottati con l'approvazione del Piano 2019 (PDM, 2019), facendo sempre riferimento al contesto internazionale ed europeo⁹ sopra descritto.

L'anno 2025 rappresenta un traguardo intermedio a breve termine, nonché termine del primo triennio del **Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025** (PSS, 2024) in cui sono definiti Obiettivi, Target e Azioni.

Il Piano introduce inoltre un impegno strategico a lungo termine di **neutralità carbonica** per l'anno **2040** (si veda il *paragrafo 2.6*), al fine di definire il percorso verso la decarbonizzazione del Politecnico di Milano, seppur per questo anno non sono quantificate specifiche azioni e formali impegni di riduzione, che saranno approfonditi nel corso del prossimo aggiornamento del Piano.

2.4 Perimetro della stima

L'approccio adottato per la definizione del perimetro della stima delle emissioni è coerente con quello considerato per l'inventario delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo redatto facendo riferimento alla norma UNI ISO 14064-1, alle "Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra negli atenei italiani" (RUS - GdL CC, 2023a) e alle "Linee guida per la redazione dei piani di mitigazione delle emissioni di CO₂ degli atenei"¹⁰ (RUS - GdL CC, 2020a) della RUS, al fine di essere coerenti e confrontabili con i piani redatti da altri Atenei.

Per completezza del presente Piano sono di seguito riportate le assunzioni metodologiche alla base della redazione dell'inventario, in particolare la definizione dei "confini" dell'inventario stesso, sia in termini **organizzativi** (Sedi, edifici, funzioni e unità organizzative e popolazione) sia di **rendicontazione** (gas serra considerati e sorgenti emissive). Si tratta della definizione di quali emissioni sono oggetto dell'inventario fra tutte quelle dirette di Scopo 1 e indirette Scopo 2 e Scopo 3 che un Ateneo può generare, nonché la descrizione delle esclusioni.

2.4.1 I confini organizzativi

L'Ateneo aggrega le proprie emissioni applicando **l'approccio basato sul controllo**.

L'Ateneo è responsabile del 100% delle emissioni di CO₂ derivanti dalle **attività** sulle quali ha il controllo diretto, negli edifici in suo possesso o in affitto, o comunque negli edifici per i quali ha in carico la liquidazione delle fatture di energia elettrica.

In generale il metodo del controllo implica la capacità e la possibilità di operare scelte politiche e decisionali, finanziarie e operative, in modo da incidere e ottenere benefici in termini di riduzione delle emissioni di CO₂.

⁹ La Legge europea sul clima (in linea con le strategie Fit for 55 e Green Deal) entrata in vigore nel luglio 2021, rende giuridicamente vincolante il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050 e sancisce l'impegno dell'Ue l'obiettivo intermedio di ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55 % entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990

¹⁰ Linee guida per la redazione dei piani di mitigazione delle emissioni di CO₂ degli atenei

Sono considerate le **funzioni principali** svolte all'interno dei confini organizzativi dell'Ateneo quali **didattica, ricerca, attività tecnico amministrativa, attività sportive**, mentre sono escluse le **funzioni definite aggiuntive** anche se svolte all'interno dei confini organizzativi (si veda il *paragrafo 2.4.2.2*)

Il criterio che ha portato a identificare e differenziare le **funzioni principali**, cuore delle attività di Ateneo, e le **funzioni aggiuntive**, tiene conto della possibilità di confrontabilità nel tempo, dell'accuratezza del dato, della capacità dell'Ateneo di raccogliere i dati delle strutture da considerare o di scorporare quelli relativi alle strutture che si intende escludere, nonché la capacità dell'Ateneo di influire sulle scelte che possono portare a maggiori o minori consumi ed emissioni.

Le emissioni dovute alle attività prodotte nell'ambito delle **funzioni principali** sono conteggiate nell'inventario delle emissioni totali dell'Ateneo e rientrano nelle categorie di emissioni di Scopo 1 e 2, (si veda il *paragrafo 2.4.3.2*).

2.4.1.1 Le Sedi e gli edifici

L'Ateneo aggrega le proprie emissioni a livello di Sede; le installazioni¹¹ sono riconducibili agli edifici.

Sono incluse le Sedi di Milano Città Studi, Milano Bovisa, i due edifici della Sede di Como e i quattro poli territoriali di Lecco, Mantova, Piacenza, Cremona che comprendono **130 edifici** di cui l'Ateneo ha titolo di proprietà (53%), locazione passiva (2%), concessione (39%), comodato (5%), usufrutto (1%), riportati in **Appendice D**. La Tabella 2-1 riporta i dati aggregati per Sede.

Sono considerate le Sedi e gli edifici al 31/12/2022; si osserva che l'attività didattica nel Polo di Como è cessata a fine 2020¹², ma sono ancora presenti alcune attività svolte prevalentemente dai dipartimenti di Fisica e Elettronica, Informazione e Bioingegneria, per cui si registrano consumi energetici.

La fonte dei dati è l'anagrafica immobiliare del sistema informativo di Ateneo "PoliMaps" (<https://maps.polimi.it/maps>), aggiornato dall'Area Gestione Infrastrutture e Servizi e gestito dall'Area Servizi ICT.

Tabella 2-1 Ripartizione fra le Sedi dei metri quadri di Ateneo dal 2015 al 2022

¹¹ La norma ISO 14064-1 definisce l'installazione come: "Singola installazione, insieme di installazioni o processi produttivi (fissi o mobili), che possono essere definiti all'interno di un singolo confine geografico, di un'unità organizzativa o di un processo produttivo".

¹² Delibera SA n. 201712180034 del 18.12.2017

| SEDI | SUPERFICIE (m2) | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| MILANO LEONARDO | 195.025 | 265.407 | 201.307 | 204.405 | 203.565 | 207.011 | 212.856 | 218.082 |
| MILANO BOVISA | 165.476 | 182.624 | 159.510 | 177.987 | 177.896 | 177.902 | 160.711 | 163.806 |
| LECCO | 15.830 | 21.366 | 15.840 | 15.840 | 23.601 | 28.091 | 28.100 | 28.110 |
| COMO | 6.014 | 7.690 | 6.024 | 6.312 | 5.172 | 5.172 | 5.172 | 3.855 |
| MANTOVA | 7.498 | 8.032 | 7.499 | 7.499 | 10.475 | 10.475 | 10.475 | 10.474 |
| PIACENZA | 7.345 | 7.589 | 7.345 | 7.345 | 7.902 | 8.014 | 8.006 | 8.193 |
| CREMONA | 7.025 | 7.243 | 7.025 | 8.865 | 8.856 | 8.856 | 8.856 | 8.855 |
| Totale | 404.213 | 499.951 | 404.550 | 428.254 | 437.465 | 445.519 | 434.175 | 441.375 |
| MILANO LEONARDO | 48% | 53% | 50% | 48% | 47% | 46% | 49% | 49% |
| MILANO BOVISA | 41% | 37% | 39% | 42% | 41% | 40% | 37% | 37% |
| LECCO | 3,9% | 4,3% | 3,9% | 3,7% | 5% | 6% | 6% | 6% |
| COMO | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| MANTOVA | 1,9% | 1,6% | 1,9% | 1,8% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| PIACENZA | 1,8% | 1,5% | 1,8% | 1,7% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| CREMONA | 1,7% | 1,4% | 1,7% | 2,1% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Totale | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

2.4.1.2 Le unità organizzative e la tipologia di popolazione considerata: funzioni principali

La popolazione considerata nel presente piano afferisce alle **unità organizzative** di Ateneo ospitate nelle Sedi negli edifici sopra descritti, inclusi nei confini organizzativi.

Unità Organizzative: Aree, Dipartimenti, Scuole

L'Ateneo sviluppa le proprie attività di ricerca e didattica attraverso **12 Dipartimenti e 4 Scuole**, a cui si aggiunge la **Scuola di Dottorato di ricerca** che definisce le linee di indirizzo e coordina i Corsi di Dottorato dell'Ateneo. Nello svolgimento delle proprie attività, il Politecnico si avvale di una struttura amministrativa coordinata dalla Direzione Generale di Ateneo, articolata in **9 aree dirigenziali**.¹³

Dipartimenti

- Architettura e Studi Urbani
- Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito
- Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica
- Design
- Elettronica, Informazione e Bioingegneria
- Energia
- Fisica
- Ingegneria Civile e Ambientale
- Ingegneria Gestionale
- Matematica
- Meccanica
- Scienze e Tecnologie Aerospaziali

Scuole

- Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni
- Design
- Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale
- Ingegneria Industriale e dell'Informazione

¹³ Piano Strategico di Sostenibilità 2023-25: Aggiornamento 2024 e Rapporto di Sostenibilità 2023

Aree dirigenziali:

- Campus life
- Ricerca, innovazione e rapporti con le imprese
- Didattica
- Public engagement e comunicazione
- Gestione infrastrutture e servizi
- ICT
- Tecnico-Edilizia
- Amministrazione e finanza
- Risorse umane e sviluppo organizzativo

La definizione della composizione della popolazione è fondamentale poiché è **l'indicatore specifico di Ateneo** a cui sono riferiti gli obiettivi di riduzione delle emissioni indicati nel Piano Strategico di Sostenibilità (PSS, 2024) e nel presente Piano e utilizzato per il calcolo dell'intensità emissiva: **emissioni pro capite espresse in kgCO₂/(persona.anno)**. Si veda il *paragrafo 2.5.2*.

Nelle sezioni seguenti è descritto il criterio adottato per la composizione dell'indicatore evidenziando le esclusioni che si sono rese necessarie in situazioni particolari che implicheranno una "alterazione" nella stima delle emissioni pro capite¹⁴, ma a favore di un criterio di quantificazione più stabile nel tempo, che permetterà di valutare l'evoluzione delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo.

Le categorie di popolazione interessate sono infatti quelle ritenute **più stabili nel tempo**, che garantiscono una accuratezza e confrontabilità negli anni e sono aggregate in due macro-categorie, "Studenti" e "Personale docente e tecnico amministrativo", analogamente a quanto considerato nell'inventario delle emissioni. Si veda la Tabella 2-2.

Nella macro-categoria "Personale docente e tecnico amministrativo" sono state aggregate le seguenti "carriere":

- ricercatori universitari;
- personale docente a contratto (non assegnisti);
- personale docente strutturato;
- personale tecnico amministrativo;
- assegnisti di ricerca (non dottorandi);
- dottorandi (inclusi assegnisti che hanno una borsa di dottorato)

Nella macro-categoria "Studenti" sono state aggregate le seguenti carriere:

- studenti con carriera attiva e iscritti: laurea triennale, magistrale, ciclo unico;
- studenti post-laurea: master, perfezionamento, specializzazione (sono inclusi solo gli studenti dei corsi master erogati dalle Unità organizzative del Politecnico, sono esclusi gli studenti iscritti ai corsi master erogati dai Consorzi per conto dell'Ateneo)

¹⁴ L'intensità emissiva potrebbe risultare più alta della realtà, avendo al denominatore un valore un poco più basso, perché si considerano le emissioni prodotte dalle attività svolte da alcune strutture ospitate nei confini organizzativi dell'Ateneo ma non si conteggiano le persone coinvolte.

Si precisa che il valore relativo al numero degli studenti, dottorandi e collaboratori considerato per la rendicontazione dell'inventario di un dato anno è riferito all'anno accademico che si conclude nell'anno di riferimento della rendicontazione delle emissioni.

Ad esempio, per il calcolo della popolazione dell'anno 2022 sono considerati gli studenti iscritti all'a.a. 2021-2022 e il Personale docente e tecnico amministrativo attivo al 31/12/2022.

Sono state escluse le seguenti carriere:

- i collaboratori (fino all'anno 2022 risultavano di non facile raccolta);
- gli studenti dei corsi singoli (non conteggiati dalla fonte dei dati nel totale studenti iscritti, fino al 2022);
- gli studenti in scambio internazionale incoming (le emissioni derivanti da questa categoria saranno eventualmente conteggiate dalle rispettive università¹⁵);
- i visiting Professor (poiché le emissioni derivanti da questa categoria saranno eventualmente conteggiate dalle rispettive università);
- gli studenti iscritti all'Alta Scuola Politecnica (gli studenti PoliMI, son già compresi nella popolazione studentesca, gli studenti PoliTo saranno eventualmente conteggiati da PoliTo).

Gli studenti in scambio internazionale outgoing non sono esplicitati nell'elenco della macrocategoria "Studenti" poiché sono già compresi nella popolazione studentesca. Tuttavia si evidenzia che gli studenti in scambio internazionale outgoing sono "mappati" annualmente per il calcolo delle emissioni derivanti dai viaggi effettuati da e per le università di destinazione, e la consistenza è riportata nel data base "CO2Polimi". Nel 2022 erano pari a n. 1404.

La fonte dei dati per la mappatura della popolazione fino al 2022 deriva dal Servizio di Staff Studi (SSTUDI) della Direzione Generale (DIRGEN) e Funzioni di Staff (STARUO) dell'Area Risorse Umane dell'Ateneo (ARUO). Dall'anno di rendicontazione 2023 è stata introdotta una nuova modalità di estrazione del dato direttamente dai sistemi informativi di Ateneo, in modo da garantire una maggiore accuratezza e confrontabilità dei dati.

¹⁵ Si noti che questa categoria è conteggiata nella popolazione a cui viene somministrato il questionario mobilità e rientra nel Piano Spostamenti Casa Università (PSCU 2024)

Tabella 2-2 - Ripartizione fra le Sedi della popolazione di Ateneo dal 2015 al 2022.

| SEDI | PERSONALE DOCENTE E TECNICO AMMINISTRATIVO | | | | | | | |
|-----------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| MILANO LEONARDO | 3.752 | 3.752 | 3.573 | 3.529 | 3.601 | 3.791 | 3.860 | 4.077 |
| MILANO BOVISA | 1.809 | 1.809 | 1.684 | 1.790 | 1.881 | 1.951 | 2.118 | 2.292 |
| LECCO | 27 | 27 | 31 | 28 | 26 | 28 | 28 | 29 |
| COMO | 27 | 27 | 15 | 9 | 7 | 1 | 4 | 4 |
| MANTOVA | 22 | 22 | 30 | 25 | 17 | 15 | 14 | 17 |
| PIACENZA | 23 | 23 | 27 | 21 | 17 | 15 | 17 | 15 |
| CREMONA | 15 | 15 | 15 | 12 | 12 | 11 | 12 | 13 |
| Totale | 5.675 | 5.675 | 5.375 | 5.414 | 5.561 | 5.812 | 6.053 | 6.447 |
| MILANO LEONARDO | 66% | 66% | 66% | 65% | 65% | 65% | 64% | 63% |
| MILANO BOVISA | 32% | 32% | 31% | 33% | 34% | 34% | 35% | 36% |
| LECCO | 0,5% | 0,5% | 0,6% | 0,5% | 0,5% | 0,5% | 0,5% | 0,4% |
| COMO | 0,5% | 0,5% | 0,3% | 0,2% | 0,1% | 0,0% | 0,1% | 0,1% |
| MANTOVA | 0,4% | 0,4% | 0,6% | 0,5% | 0,3% | 0,3% | 0,2% | 0,3% |
| PIACENZA | 0,4% | 0,4% | 0,5% | 0,4% | 0,3% | 0,3% | 0,3% | 0,2% |
| CREMONA | 0,3% | 0,3% | 0,3% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| Totale | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

| SEDI | STUDENTI | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| MILANO LEONARDO | 19.890 | 22.695 | 23.352 | 23.777 | 25.264 | 25.582 | 26.273 | 26.528 |
| MILANO BOVISA | 17.678 | 16.585 | 17.667 | 18.278 | 18.846 | 19.119 | 20.055 | 20.204 |
| LECCO | 1.712 | 1.678 | 1.626 | 1.631 | 1.632 | 1.619 | 1.718 | 1.633 |
| COMO | 1.209 | 962 | 771 | 714 | 265 | 138 | 59 | 37 |
| MANTOVA | 750 | 676 | 645 | 615 | 575 | 575 | 602 | 534 |
| PIACENZA | 1.016 | 974 | 986 | 1.059 | 997 | 976 | 1.045 | 1.057 |
| CREMONA | 370 | 365 | 350 | 341 | 367 | 444 | 646 | 766 |
| Totale | 42.625 | 43.935 | 45.397 | 46.415 | 47.946 | 48.453 | 50.398 | 50.759 |
| MILANO LEONARDO | 47% | 52% | 51% | 51% | 53% | 53% | 52% | 52% |
| MILANO BOVISA | 41% | 38% | 39% | 39% | 39% | 39% | 40% | 40% |
| LECCO | 4,0% | 3,8% | 3,6% | 3,5% | 3,4% | 3,3% | 3,4% | 3,2% |
| COMO | 2,8% | 2,2% | 1,7% | 1,5% | 0,6% | 0,3% | 0,1% | 0,1% |
| MANTOVA | 1,8% | 1,5% | 1,4% | 1,3% | 1,2% | 1,2% | 1,2% | 1,1% |
| PIACENZA | 2,4% | 2,2% | 2,2% | 2,3% | 2,1% | 2,0% | 2,1% | 2,1% |
| CREMONA | 0,9% | 0,8% | 0,8% | 0,7% | 0,8% | 0,9% | 1,3% | 1,5% |
| Totale | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

| SEDI | TOTALE PERSONE | | | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| MILANO LEONARDO | 23.642 | 26.447 | 26.925 | 27.306 | 28.865 | 29.373 | 30.133 | 30.605 |
| MILANO BOVISA | 19.487 | 18.394 | 19.351 | 20.068 | 20.727 | 21.070 | 22.173 | 22.496 |
| LECCO | 1.739 | 1.705 | 1.657 | 1.659 | 1.658 | 1.647 | 1.746 | 1.662 |
| COMO | 1.236 | 989 | 786 | 723 | 272 | 139 | 63 | 41 |
| MANTOVA | 772 | 698 | 675 | 640 | 592 | 590 | 616 | 551 |
| PIACENZA | 1.039 | 997 | 1.013 | 1.080 | 1.014 | 991 | 1.062 | 1.072 |
| CREMONA | 385 | 380 | 365 | 353 | 379 | 455 | 658 | 779 |
| Totale | 48.300 | 49.610 | 50.772 | 51.829 | 53.507 | 54.265 | 56.451 | 57.206 |
| MILANO LEONARDO | 49% | 53% | 53% | 53% | 54% | 54% | 53% | 53% |
| MILANO BOVISA | 40% | 37% | 38% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% |
| LECCO | 3,6% | 3,4% | 3,3% | 3,2% | 3,1% | 3,0% | 3,1% | 2,9% |
| COMO | 2,6% | 2,0% | 1,5% | 1,4% | 0,5% | 0,3% | 0,1% | 0,1% |
| MANTOVA | 1,6% | 1,4% | 1,3% | 1,2% | 1,1% | 1,1% | 1,1% | 1,0% |
| PIACENZA | 2,2% | 2,0% | 2,0% | 2,1% | 1,9% | 1,8% | 1,9% | 1,9% |
| CREMONA | 0,8% | 0,8% | 0,7% | 0,7% | 0,7% | 0,8% | 1,2% | 1,4% |
| Totale | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Nel corso del 2022 è stata approfondita la metodologia per la mappatura della popolazione in collaborazione con ASICT e SSA, e sono state individuate con maggior dettaglio le tipologie di categorie e carriere, i criteri di filtro, il periodo di estrazione dei dati e l'output di reportistica con la finalità principale di definire la composizione della popolazione da considerare per l'inventario delle emissioni di CO₂, il Piano di Mitigazione e il Piano Spostamenti Casa Università.

La fonte dei dati per la mappatura della popolazione riferita all'anno solare 2023 e anno accademico 2022-2023 è ASICT.

La modifica della fonte del dato e della metodologia di mappatura si è resa necessaria poiché il reperimento di questi dati presenta alcune criticità che possono inficiare la robustezza, completezza e soprattutto la confrontabilità nel tempo. Seppur corretti, è possibile riscontrare differenze fra i numeri derivanti da basi di dati diverse che variano secondo le finalità; ad esempio, possono essere conteggiate o escluse carriere di studenti e collaboratori in stato congelato, i dati possono cambiare “da un giorno all’altro” secondo il periodo dell’anno in cui viene fatta l’estrazione/la fotografia della consistenza della popolazione, specialmente se effettuata in periodi in cui sono previsti gli appelli di laurea. Poiché il dato varia nell’arco dell’anno, risulta dunque necessario definire e mantenere costante la data entro cui “scattare” la fotografia e replicarla nel tempo.

Negli anni futuri, si dovrà tenere conto del Piano di Sviluppo dell’Ateneo che prevede la realizzazione di nuovi spazi ed edifici per cui sarà necessario aggiornare i confini organizzativi. I nuovi spazi accoglieranno anche funzioni addizionali fruite da utenti esterni (es. partecipanti a convegni, attività sportive, seminari, eventi, ristorazione, personale di Start-up) che saranno stimati con maggiore precisione.

2.4.2 Esclusioni dai confini organizzativi

2.4.2.1 Edifici

In coerenza con l’inventario delle emissioni di CO₂, ad oggi non è stato possibile includere nei confini organizzativi gli edifici riportati in Tabella 2-3.

Tabella 2-3 Ripartizione fra le Sedi dei metri quadri di Ateneo esclusi dai confini organizzativi

| Nome Polo | Nome Sede | Nome Campus | Nome Edificio | m ² netti |
|-----------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Como | Como | Via Zezio | Residenza La Presentazione | 4.245 |
| Lecco | Lecco | Residenza Loos | Loos | 4.291 |
| Milano | Milano Città Studi | Viale Romagna | Casa dello Studente | 13.101 |
| | Milano Tortona | Tortona 37 | Centro di Ricerca Gianfranco Ferré | 549 |
| | Servizi | Off Campus | Cascina Nosedo | 228 |
| | | Off Campus | NOLO | 31 |
| | | Off Campus | San Siro | 147 |
| | | Residenza Einstein | Einstein | 7.762 |
| | | Residenza Marie Curie | Residenza Marie Curie | 8.663 |
| | | Residenza Newton | Newton | 9.575 |
| | | Residenza Pareto | Pareto | 8.664 |

| | | | | |
|---------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------|
| | | Appartamenti di proprietà dell'Ateneo | | n.d. |
| Totale complessivo | | | | 57.257 |

2.4.2.2 Le unità organizzative e la tipologia di popolazione considerata: funzioni aggiuntive

Sono escluse le **funzioni aggiuntive** e le relative strutture organizzative e categorie di popolazione afferenti svolte sia fuori e sia dentro i confini organizzativi riportate rispettivamente in Tabella 2-4 e Tabella 2-5.

Le emissioni dovute alle attività prodotte nell'ambito delle funzioni aggiuntive svolte **all'esterno dei confini organizzativi non sono conteggiate nell'inventario** delle emissioni totali dell'Ateneo.

Tabella 2-4 Funzioni aggiuntive, fuori dai confini organizzativi, popolazione censita nell'anno 2023.

| Funzioni aggiuntive fuori dai confini organizzativi | Popolazione |
|---|--------------------|
| Off Campus | n.d. |
| Residenze universitarie (studenti) | 1.988 |
| Centro Ricerca Gianfranco Ferrè | n.d. |
| Appartamenti di proprietà dell'Ateneo concessi in locazione ad uso residenziale | n.d. |
| Totale complessivo | 1.988 |

Si noti invece che le emissioni dovute alle attività prodotte nell'ambito delle **funzioni aggiuntive, svolte all'interno dei confini organizzativi, sono conteggiate nell'inventario** delle emissioni totali dell'Ateneo **generando una sovrastima delle emissioni pro capite** poiché risulta difficoltoso scorporare questi contributi dal totale delle emissioni, dato che determina il numeratore, e includere la popolazione di riferimento, dato che determina il denominatore.

In questi casi ricadono le situazioni in cui si hanno enti esterni ospitati presso le Sedi di Ateneo, (ad esempio Enti di ricerca, Consorzi...), oppure società di servizio in **outsourcing** (ad esempio Società di ristorazione, servizi di pulizie ecc.) per cui diventa difficoltoso mappare la popolazione di riferimento e soprattutto ricostruire la consistenza all'anno 2015, anno base di riferimento.

Da una prima stima realizzata nel 2024, da considerarsi non esaustiva, la popolazione **riferita alle funzioni aggiuntive svolte all'interno dei confini organizzativi risulta pari a 3.575, il 6%** di tutta la popolazione del Politecnico, attualmente non considerata ai fini del calcolo delle emissioni pro capite.

Tabella 2-5 Funzioni aggiuntive, entro i confini organizzativi, popolazione censita nell'anno 2023

| Funzioni aggiuntive entro i confini organizzativi | Popolazione |
|--|--------------------|
| Fondazione | 91 |
| Formazione post-laurea; ricerca; consulenza – (dipendenti, ricercatori, assegnisti, dirigenti di ricerca, collaboratori, stagisti) ¹⁶ | 317 |
| Formazione post-laurea; ricerca; consulenza - studenti ¹⁷ | 2.758 |
| Fornitori Servizi di pulizia ed ausiliario/portierato (dipendenti, collaboratori) | 291 |
| Ristorazione (dipendenti, collaboratori) | 90 |
| Servizi bancari (dipendenti, collaboratori) | 9 |
| Servizio asilo nido (dipendenti, collaboratori) | 11 |
| Sport struttura Giurati (dipendenti, collaboratori) | 8 |
| Altri Fornitori (es. servizio distributori automatici; servizi manutentivi, ecc.) | n.d. |
| Utenti esterni (convegni, sport, seminari, eventi, ecc.) | n.d. |
| Totale complessivo | 3.575 |

Le restanti casistiche di fornitori di servizi risultano trascurabili e di difficile mappatura rispetto all'Unità organizzativa servita, soprattutto per quanto riguarda le strutture dipartimentali e di ricerca, e al periodo di permanenza presso gli spazi dell'Ateneo.

2.4.3 Confini di rendicontazione

2.4.3.1 Gas serra

Sono state considerate le sole emissioni di biossido di carbonio (CO₂), in quanto largamente prevalenti sulle emissioni degli altri principali gas serra (CH₄, N₂O, F-gas).

Sulla base dei risultati dell'inventario 2014 e 2015 e di altre valutazioni condotte sulla presenza di apparecchiature di refrigerazione che potrebbero rilasciare inavvertitamente altri gas serra di tipo fluorurato, non vi sono elementi allo stato attuale per poter considerare apprezzabili tali contributi (si veda il *paragrafo 2.4.4.1*); non vi è poi alcuna evidenza che le attività di Ateneo possano rilasciare metano e protossido d'azoto, rispettivamente il secondo e terzo gas serra in ordine di importanza a livello globale. Trascurare gli altri gas serra non riduce quindi la precisione della stima complessiva delle emissioni climalteranti dell'Ateneo, che è legata in misura nettamente maggiore alla precisione nella stima delle emissioni di CO₂ in un settore critico quale quello dei trasporti (come discusso in seguito).

2.4.3.2 Fonti emissive. Settori e Attività considerate ai fini degli obiettivi di riduzione: scopo 1, scopo 2, scopo 3

Nel presente Piano si fa riferimento alla classificazione delle emissioni come da protocolli UNI EN ISO 14064-1:2012¹⁸, GHG Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard, (GHG,2015) e GRI - Global Reporting Initiative (GRI 305, 2021).

¹⁶ GSOM – POLIMI Graduate School of Management, inclusi gli Osservatori; poli.DESIGN; CIS-E; Poliedra; MADE - Competence Center Industria 4.0); Fondazione Politecnico; CNR IFN, CNR – IEIIT.

¹⁷ idem

¹⁸ La norma UNI EN ISO 14064-1:2012 è stata aggiornata nel 2019 e suddivide le emissioni in 6 categorie, dettagliando di fatto le emissioni di Scopo 3, altre emissioni indirette. Nei prossimi aggiornamenti dell'inventario sarà adottato il nuovo protocollo adottando le categorie.

Sono state incluse tutte le sorgenti delle emissioni dirette ed indirette (Scope 1 e Scope 2), ad esclusione delle perdite F-gas, emissioni di gas fluorurati (HFC) dagli apparecchi refrigeranti (Scopo 1). Sono considerate le sorgenti delle emissioni indirette (Scope 3) del settore Trasporti.

Scopo 1: Emissioni dirette - sono quelle prodotte fisicamente nelle Sedi (ad esempio, produzione di energia, flotte di veicoli di servizio, perdite di refrigerante). Queste fonti sono "di proprietà o controllate direttamente" dall'Ateneo.

Scopo 2: Emissioni indirette (da energia importata) – sono per lo più associate ai servizi acquistati necessari per il funzionamento delle Sedi. Sono emissioni indirette derivanti da attività che si svolgono entro i confini organizzativi dell'Ateneo, ma che si verificano presso fonti possedute o controllate da un'altra entità. Qui rientrano le emissioni dovute al consumo di energia elettrica acquistata dalla rete.

Scopo 3: Emissioni indirette - include le emissioni provenienti da fonti che non sono possedute o controllate dall'Ateneo, ma che sono centrali per le operazioni o le attività svolte (ad esempio il pendolarismo di dipendenti/studenti, i viaggi di lavoro, ecc.).

Oggetto del presente Piano di Mitigazione, e degli obiettivi di riduzione, sono le fonti emissive dirette di Scopo 1 e indirette Scopo 2 e 3 legate alle funzioni principali dell'Ateneo, suddivise in 4 settori e 16 attività, in coerenza con l'inventario delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo, sotto descritte e indicate in Tabella 2-6.

- consumi elettrici;
- consumi di gas (ad esclusione dei consumi per produzione di energia elettrica risultata in eccedenza e ceduta alla rete elettrica esterna);
- consumi di energia acquisita da reti esterne di teleriscaldamento e teleraffrescamento;
- trasporti (per l'accesso al campus, missioni del personale, mobilità all'estero, veicoli di servizio)

Tabella 2-6 Settori e Attività considerate ed escluse ai fini della stima delle emissioni

| Tipo emissione | ID Settore | Settore | ID Attività | Attività | Considerata |
|----------------|------------|-------------------|-------------|--|---------------|
| Scopo 2 | 1 | Consumi elettrici | 1 | Illuminazione | sì |
| Scopo 2 | 1 | Consumi elettrici | 2 | Climatizzazione invernale | sì |
| Scopo 2 | 1 | Consumi elettrici | 3 | Climatizzazione estiva | sì |
| Scopo 2 | 1 | Consumi elettrici | 4 | Laboratori pesanti e data center | sì |
| Scopo 2 | 1 | Consumi elettrici | 5 | Altri usi elettrici | sì |
| Scopo 1 | 2 | Consumi di gas | 6 | Climatizzazione invernale | sì |
| Scopo 1 | 2 | Consumi di gas | 7 | Climatizzazione estiva | sì |
| Scopo 1 | 2 | Consumi di gas | 8 | Laboratori pesanti e data center | sì |
| Scopo 1 | 2 | Consumi di gas | 9 | Produzione energia elettrica usi esterni | sì |
| Scopo 1 | 2 | Consumi di gas | 10 | Altri usi di gas | sì |
| Scopo 1 | 2 | Consumi di gas | 23 | Produzione energia elettrica usi interni | sì |
| Scopo 2 | 3 | Teleriscaldamento | 11 | Climatizzazione invernale | sì |
| Scopo 2 | 3 | Teleriscaldamento | 12 | Climatizzazione estiva | non esistente |
| Scopo 3 | 4 | Trasporti | 13 | Missioni personale interno | sì |
| Scopo 3 | 4 | Trasporti | 14 | Accesso ai Campus | sì |
| Scopo 3 | 4 | Trasporti | 15 | Studenti in mobilità (es. Erasmus) | sì |
| Scopo 1 | 4 | Trasporti | 16 | Veicoli di servizio del Politecnico | sì |
| Scopo 3 | 5 | Rifiuti | 17 | Trattamento e smaltimento rifiuti | no |
| Scopo 3 | 6 | Alimenti | 18 | Mense gestite da Politecnico | no |
| Scopo 3 | 6 | Alimenti | 19 | Cibi consumati nel Politecnico e nei dintorni | no |
| Scopo 3 | 7 | Altro | 20 | Superfici a verde - assorbimento CO2 | no |
| Scopo 3 | 7 | Altro | 21 | Beni consumati nel Politecnico (es. carta) | no |
| Scopo 3 | 7 | Altro | 22 | Servizi svolti da terzi all'interno del Politecnico (es. macchinari edili) | no |
| Scopo 1 | 7 | Altro | 24 | Emissioni di f-gas dagli apparecchi refrigeranti | no |

2.4.4 Esclusioni dai confini di rendicontazione

2.4.4.1 Fonti emissive. Settori e Attività non considerate ai fini degli obiettivi di riduzione: scopo 1, scopo 3

Attualmente non sono considerate nell'inventario le sorgenti emissive relative ai settori 5, 6 e 7, mostrati in Tabella 2-6 e le relative attività prevalentemente sorgenti di emissioni indirette di Scopo 3. Come descritto nelle Linee Guida RUS, tali tipologie di emissioni sono poco stimate dagli Atenei per via dell'alta incertezza e variabilità delle stime, della difficoltà di reperire dati affidabili e del ridotto contributo all'inventario totale delle emissioni.

Si veda ad esempio la stima condotta dal Politecnico di Milano nel 2015, nel corso della redazione dell'inventario delle emissioni per l'anno 2014 per l'attività di gestione e smaltimento dei rifiuti, Settore 5), Attività 17). Sulla base delle stime condotte relativamente ai Campus Milano Leonardo e Milano Bovisa, le emissioni di CO₂eq da questa fonte rappresentano circa lo 0,14% delle emissioni totali di CO₂ dei due Campus, un contributo del tutto trascurabile. Inoltre, la stima di queste emissioni si presenta a livello metodologico molto diversa da quella degli altri settori, rendendo necessario l'utilizzo di un approccio "Life Cycle Assessment" (LCA) per considerare i benefici legati allo sviluppo della raccolta differenziata. Infine, va considerato che le emissioni relative allo smaltimento dei rifiuti sono legate a scelte impiantistiche non dipendenti dal Politecnico, ma in capo al gestore dei rifiuti urbani (es. AMSA a Milano), a cui il Politecnico è in sostanza tenuto obbligatoriamente a consegnare i rifiuti urbani prodotti.

Il tema della stima delle emissioni relative ad alcuni settori e attività di Scopo 3, le emissioni derivanti da perdite F-gas, le emissioni di gas fluorurati (HFC) dagli apparecchi refrigeranti (Scopo 1), sarà valutata dal gruppo di lavoro del Politecnico di Milano nel corso della redazione dei prossimi inventari delle emissioni di Ateneo.

2.5 Definizione degli impegni di riduzione

2.5.1 Tipologia temporale di impegno: obiettivi annuali e traiettoria lineare degli obiettivi intermedi

2.5.1.1 Obiettivi annuali

Il Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025 ha previsto 4 obiettivi principali di mitigazione - Efficienza e risparmio energetico, Generazione e utilizzo di energia rinnovabile, Edilizia sostenibile, Mobilità sostenibile - declinati in target e azioni con cui il Politecnico di Milano si impegna a raggiungere gli impegni di riduzione delle emissioni, rispetto all'anno base di riferimento 2015, di seguito decritti.

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni definiti dall'Ateneo, anche in riferimento al contesto nazionale ed internazionale, hanno come **orizzonte temporale gli anni 2025, 2030 e il 2040**, a partire dall'anno base di riferimento (2015).

Sono di seguito riportate le entità degli impegni di riduzione complessive:

- - 25% nel 2025 (vs 2015)
- - 50% nel 2030 (vs 2015)
- “Net zero” di CO₂ entro il 2040

2.5.1.2 Obiettivi annuali intermedi

, Al fine di impostare un sistema di monitoraggio continuo per la valutazione del raggiungimento degli obiettivi di riduzione, ogni anno nel periodo di impegno (2015-2025 e 2025-2030) è considerato obiettivo intermedio. Gli obiettivi degli anni intermedi, riportati nella Tabella 2-7 in valore percentuale, possono essere stimati assumendo una riduzione lineare “a scalare” che parte dal dato delle emissioni di CO₂ rendicontate nel 2015, anno base di riferimento, e arriva al valore obiettivo al 2025 e al 2030.

La misura di raggiungimento degli obiettivi di riduzione per gli anni intermedi è rappresentata dalla differenza tra la traiettoria delle emissioni reali, calcolate dall'inventario delle emissioni di CO₂ fino a quell'anno, e le emissioni stimate dalla traiettoria lineare obiettivo a partire dall'anno di riferimento fino a quel determinato anno, come mostrato in Figura 2-1.¹⁹

¹⁹ Si veda: “Linee guida per la redazione dei piani di mitigazione delle emissioni di CO₂ degli atenei” (RUS GdL CC – 2020).

Tabella 2-7 Obiettivi degli anni intermedi definiti assumendo una riduzione lineare “a scalare” dell’obiettivo che parte dal dato del 2015 e arriva al valore obiettivo al 2025 e al 2030

| Anno | Riduzione rispetto alle emissioni del 2015 |
|-------------|--|
| 2016 | -2,5% |
| 2017 | -5,0% |
| 2018 | -7,5% |
| 2019 | -10,0% |
| 2020 | -12,5% |
| 2021 | -15,0% |
| 2022 | -17,5% |
| 2023 | -20,0% |
| 2024 | -22,5% |
| 2025 | -25,0% |
| 2026 | -30,0% |
| 2027 | -35,0% |
| 2028 | -40,0% |
| 2029 | -45,0% |
| 2030 | -50,0% |

Questo approccio:

- permette di assegnare obiettivi per tutti gli anni, evitando quindi di posticipare la verifica dei risultati alla data a cui è riferito l’obiettivo finale; un obiettivo solo sull’ultimo anno del periodo di impegno si presta alla critica che potrebbe non spingere ad assumere tempestivamente le azioni necessarie per rispettare il target finale;
- è di facile applicazione, perché permette di individuare obiettivi annuali in modo semplice e di aggiornare annualmente la valutazione della distanza dall’obiettivo.

Nella versione precedente del Piano, il monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi di riduzione era stato impostato come descritto sopra, ma gli obiettivi erano stati anche tradotti in termini di emissioni cumulate. Le emissioni cumulate si possono interpretare in questo modo: se prendiamo come intervallo temporale il periodo 2015-2017 (3 anni) sommando le emissioni pro capite “obiettivo” di anno in anno (es. -2,5% al 2016 e -5% al 2017 rispetto al 2015) si identificano le emissioni “obiettivo” di un utente del Politecnico per l’arco temporale di 3 anni, dal 2015 al 2017. Se la somma delle emissioni pro capite effettivamente rendicontate dal 2015 al 2017 risulta inferiore o uguale all’obiettivo cumulato, allora l’obiettivo, in termini di cumulate, è raggiunto. Questo metodo permette di guardare al raggiungimento dei target in termini appunto *cumulati* negli anni, in modo che se un anno è stato particolarmente emissivo e un anno particolarmente poco emissivo i due effetti si vadano a bilanciare. Tuttavia, seppur questo metodo sia utile nel monitoraggio delle emissioni degli Stati perché l’entità dell’aumento delle temperature globali è legata in modo

sostanzialmente lineare al totale delle emissioni cumulate di CO₂^{20,21}, si è ritenuto meno significativo usarlo per la valutazione del trend emissivo dell'Ateneo. Infatti da un lato i benefici del metodo che garantiscono un monitoraggio continuo vengono ottenuti comunque dal monitoraggio annuale che verrà fatto (guardando al raggiungimento dei target intermedi indicati in Tabella 2-7) e dall'altro le fonti principalmente responsabili delle emissioni di Ateneo (accesso ai campus e consumi di energia elettrica e gas naturale) non dovrebbero prevedere sbalzi anomali annuali, a meno di fattori esterni come è stato per gli anni 2020 e 2021 a causa degli effetti della pandemia da COVID-19. Sarà comunque oggetto dell'aggiornamento di tale piano per l'anno 2026 la discussione della validità di tale metodo anche con le altre università nel contesto della rete RUS – gruppo di lavoro cambiamenti climatici.

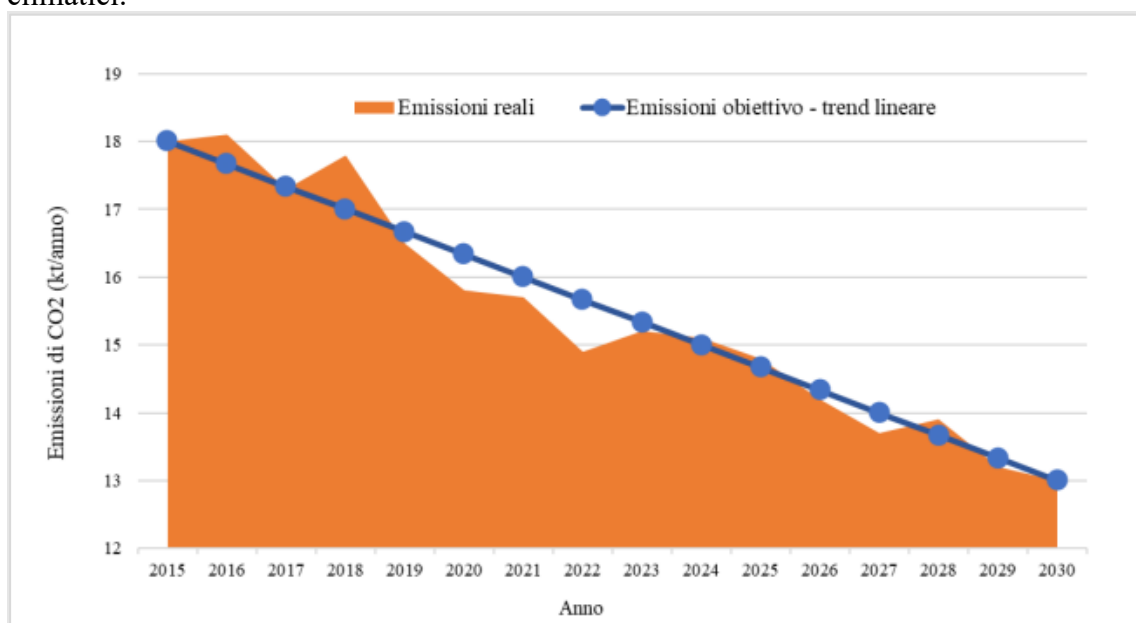


Figura 2-1 Esempio di traiettoria di emissioni di CO₂ congruente con un trend di obiettivo lineare nel periodo 2015-2030. (Linee guida per la redazione dei piani di mitigazione delle emissioni di CO₂ degli atenei – RUS-2020).

2.5.2 Tipologia di impegno: obiettivi assoluti e obiettivi di intensità emissiva

Nel presente Piano sono descritti sia gli **obiettivi assoluti** sia gli obiettivi **relativi di intensità** assunti dall'Ateneo per la valutazione del raggiungimento degli impegni di riduzione, con l'intento di fornire massima chiarezza e considerando che molti protocolli, programmi e iniziative di riferimento per la rendicontazione dei risultati di sostenibilità di un'organizzazione presentano i vantaggi e gli svantaggi dei due approcci, riferendosi, per quanto possibile, alle specificità del settore in cui opera il soggetto che rendiconta le proprie emissioni di gas serra (Science Based Targets iniziative (SBTi, 2015), GRI - Global Reporting Initiative (GRI 305 ,2021), The Greenhouse Gas Protocol²²(GHG, 2015).

20 UNFCCC - Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici

21 Sesto Rapporto dell'IPCC -

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf#page=28

22 ghg-protocol-revised.pdf (ghgprotocol.org) BOX 4. Comparing absolute and intensity targets, pg. 76

2.5.2.1 Obiettivi assoluti

Il valore assoluto delle emissioni di CO₂ sull'intero periodo, rispetto all'anno di riferimento, è un metodo semplice per definire un impegno di riduzione delle emissioni, espresso in tCO₂/anno (come la riduzione della CO₂ di una certa percentuale rispetto ai livelli del 2015 pari a **31.686 tCO₂/anno** (Scopo 1 – 2- 3)).

Questo metodo risulta semplice da misurare e comunicare, è solido in quanto comporta l'impegno a ridurre le emissioni nel tempo di una quantità specifica di CO₂ ma, ad esempio, non consente la confrontabilità con altre università e non valuta lo sviluppo dell'Ateneo in termini di popolazione politecnica e di utenza esterna, o di sviluppo edilizio.

2.5.2.2 Obiettivi di intensità emissiva

Consapevoli che la sfida dell'Ateneo è quella di continuare a ridurre le emissioni assolute di CO₂ mentre continua a crescere, in termini sia di popolazione, sia di spazi, è stato definito di assumere **obiettivi di riduzione relativi**, denominati **obiettivi di intensità emissiva**, per la valutazione del raggiungimento degli obiettivi di riduzione al 2025 e 2030, a partire dall'anno base di riferimento (2015). Ciò significa che le emissioni di CO₂ sono rendicontate rispetto a uno o più **indicatori specifici** di riferimento che per un Ateneo posso essere, , ad esempio, il numero di dipendenti, il numero di studenti, i metri quadri, ecc.

Considerando il Politecnico come attrattore di popolazione che vive e frequenta l'Ateneo, sottraendola ad esempio ad altri ambienti universitari e non , **l'indicatore specifico scelto è la Popolazione complessiva di Ateneo**, per cui gli **obiettivi di intensità emissiva** sono espressi in termini di **emissioni pro capite**, calcolate dividendo le emissioni di CO₂ assolute (il numeratore) per la somma delle due macro-categorie denominate “Studenti” e “Personale docente e tecnico amministrativo” (il denominatore) descritte nel paragrafo 2.4.1.3.

Gli obiettivi di riduzione al 2025 e 2030, a partire dall'anno base di riferimento (2015), indicati nel presente Piano e nel Piano Strategico di Sostenibilità, si riferiscono dunque alle emissioni pro capite annue, espressi in kgCO₂/(persona.anno).

La formula utilizzata per la **stima dell'intensità emissiva pro-capite** è la seguente:

$$EN_i = \frac{E_i}{POP_i} \quad (2.1)$$

dove:

- EN_i= emissione pro capite nell'anno “i”, da considerarsi ai fini del rispetto dell'obiettivo del Piano di Mitigazione;
- E_i = emissione assoluta nell'anno “i”, stimata dall'inventario emissioni;
- POP_i = popolazione dell'Ateneo nell'anno “i”.

L'entità degli obiettivi di intensità del Politecnico di Milano, partendo dalle emissioni pro-capite nell'anno base pari a **656 kgCO₂/(persona.anno) (31.686 tCO₂/anno)/(48.300 persone), risulta pari a:**

- **riduzione** delle emissioni di CO₂ del 25% entro il 2025 (rispetto al valore del 2015) pari a **-164 kgCO₂/(persona)**, per un valore obiettivo finale al 2025 di **492 kgCO₂/(persona.anno) (28.537tCO₂/anno)/(58.000 persone)**;
- riduzione delle emissioni di CO₂ del 50% entro il 2030 (rispetto ai livelli del 2015) pari a **-328 kgCO₂/(persona.anno)**, per un valore obiettivo finale al 2030 di **328 kgCO₂/(persona.anno) (19.024 tCO₂/anno)/(58.000 persone)**

Si noti che nel modello utilizzato nel presente piano, a partire dall'anno 2023, è stato assunto di mantenere costante il dato della popolazione politecnica pari a 58.000 persone tra studenti, personale docente e tecnico amministrativo.

Questo tipo di obiettivo, pur non rappresentando appieno l'effettivo contributo che viene fornito al problema del riscaldamento globale, permette di **descrivere meglio l'efficacia delle azioni di mitigazione** intraprese e di **valutare con maggiore precisione la tendenza delle emissioni** legate all'effetto delle stesse, **svincolandosi da altri fattori esterni** non legati alle politiche di mitigazione e inoltre fornisce una **metrica comune** di "settore" per **misurare la performance ambientale** tra diversi Atenei.²³

2.6 Neutralità carbonica e obiettivo emissioni nette zero di CO₂

La ricerca scientifica degli ultimi anni ha ancora meglio chiarito come per rispettare gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, limitare l'aumento delle temperature globali "ben al di sotto di +2°C" (rispetto al periodo pre-industriale), sia necessario raggiungere "emissioni nette zero" di gas serra circa a metà del XXI secolo. L'IPCC distingue tra *emissioni nette zero di CO₂* (o neutralità del carbonio e quindi riguardanti solo la CO₂) ed *emissioni nette zero di gas serra*, in cui la quantificazione delle emissioni include, oltre alla CO₂, altri gas climalteranti (ad es. metano CH₄, protossido di azoto N₂O, gas fluorurati - F-gas SF₆) quantificati in termini di emissioni di CO₂ equivalente, cioè stimate attraverso una metrica climatica per confrontare l'impatto dei diversi gas come il Global Warming Potential (GWP)²⁴ delle singole sostanze.

Come descritto nel capitolo 2.4.3 Confini di rendicontazione, paragrafo 2.4.3.1 Gas Serra, il Politecnico di Milano considera la sole emissioni di biossido di carbonio (CO₂), in quanto largamente prevalenti sulle emissioni degli altri gas serra; pertanto, il Politecnico ha assunto l'obiettivo di neutralità carbonica al 2040.

Assumere l'obiettivo "Emissioni nette zero di CO₂" al 2040 significa che eventuali emissioni di CO₂ residue che l'Ateneo non sarà in grado di ridurre dovranno essere compensate con una corrispondente entità di emissioni negative di CO₂, da conseguire con **metodi**

²³ Si veda: Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra negli atenei italiani (RUS – 2023); GRI - Global Reporting Initiative (GRI, 2021) 30523 in particolare l'informativa "305-4 Intensità delle emissioni di GHG". Il GRI 305: definisce i requisiti di rendicontazione in materia di emissioni. Il presente Standard può essere utilizzato da un'organizzazione di qualsiasi dimensione, tipo, settore o area geografica che desidera rendicontare i propri impatti connessi al suddetto tema.

²⁴ Il GWP è un coefficiente che esprime il potenziale riscaldante di un dato inquinante con riferimento all'unità di massa della CO₂.

tecnologici o metodi relativi alla gestione del suolo, cioè con l'utilizzo di tecnologie e processi che assicurino una rimozione di CO₂ dall'atmosfera e un sequestro permanente.

Le principali di queste tecnologie chiamate CDR (Carbon Dioxide Removal) sono afforestazione e riforestazione, sequestro del carbonio nel suolo, biochar, bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio, cattura diretta dall'aria di CO₂ e stoccaggio, alcalinizzazione degli oceani, dilavamento accelerato delle rocce.

Un altro modo per raggiungere emissioni nette zero può anche essere quello di **compensare** parte delle emissioni residue con “crediti” derivanti da riduzione delle emissioni o rimozioni di CO₂ fatte in altri progetti.

Il mercato dei crediti del carbonio previsto dall'art. 6, paragrafo 6.4, dell'Accordo di Parigi è stato ufficialmente approvato alla Cop 26 di Glasgow, ad eccezione di una componente cruciale: un sistema di verifica dei crediti di carbonio, non esiste uno standard globale che guidi questi processi. La Cop 28, 2023, ha rinviato tutte le decisioni alla Cop 29 di Baku, in Azerbaigian, sia per quanto riguarda la cooperazione bilaterale sui crediti di carbonio sia per quanto riguarda la costituzione di un meccanismo globale di scambio dei permessi di emissione.²⁵

Sono molte le iniziative di cooperazione e campagne globali che vedono un numero crescente di adesioni di attori, tra cui aziende, città, regioni, istituzioni educative e sanitarie, che stanno intraprendendo importanti azioni per dimezzare le emissioni globali entro il 2030 e per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, come Race to Zero²⁶, Race to Zero for Universities and Colleges, ed Europee,–NetZeroCities²⁷ (Accelerating cities' transition to net zero emissions by 2030).

La Rete delle Università per lo Sviluppo Sostenibile (RUS) ha formalmente aderito nel 2020 alla Global Climate Letter for Universities and Colleges.

Il Politecnico ha recentemente firmato (marzo 2024) il **Climate City Contract**²⁸ insieme ad altri 24 stakeholders, tra cui altre 4 università (Università Bocconi, Università Cattolica del Sacro Cuore – Milano, Università degli Studi Milano-Statale, Università degli Studi di Milano-Bicocca), e nell'ambito dell'aggiornamento del presente piano, recependo le linee strategiche del Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025 (PSS, 2024) ha avviato la strategia ambiziosa verso la decarbonizzazione introducendo l'obiettivo di “emissioni nette zero di CO₂” .

Un aspetto cruciale in merito a questo tema sarà l'attenzione costante alla qualità delle compensazioni adottate, al fine di evitare fenomeni quali il "greenwashing" e garantire la massima affidabilità, come il rispetto del principio di addizionalità. Per raggiungere questo obiettivo, il Politecnico ha partecipato attivamente fin da subito al sottogruppo proposto dalla rete RUS “Modalità di compensazione delle emissioni residuali negli Atenei”, contribuendo

²⁵ *Fondazione per lo sviluppo sostenibile, “LA COP 28 di Dubai (resoconti in diretta da COP 28 UAE live e dalle Nazioni Unite)”* comitatoscientifico.org/temi_CG/clima/index.htm

²⁶ <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero-campaign>

²⁷ [Le città europee puntano alle emissioni nette zero \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/it/press-room/content/20230815_IPR001)

²⁸ un accordo promosso dal Comune di Milano nell'ambito della “Missione 100 Città Climaticamente Neutrali e Intelligenti entro il 2030”²⁸, dell'Unione Europea, che mira ad accelerare la transizione verso la neutralità climatica promuovendo azioni di ricerca e innovazione su mobilità, efficienza energetica e pianificazione urbana. [Climate City Contract. Emissioni Zero entro il 2030 - Milano Cambia Aria - Comune di Milano](#)

a definire delle linee guida sulle compensazioni, impostate sul criterio di cui sopra. Nella individuazione e selezione delle misure di compensazione, si darà la preferenza a soluzioni locali, contribuendo così a rafforzare l'impatto positivo dell'Ateneo sulla comunità circostante.

3. ASPETTI METODOLOGICI NELLA STIMA DELLE EMISSIONI

La base di partenza per valutare preventivamente le potenziali riduzioni di emissioni di CO₂ da parte dell'Ateneo è il più recente inventario delle emissioni disponibile.

3.1 Inventario delle emissioni

Il Servizio Sostenibilità di Ateneo del Politecnico di Milano, a partire dal 2015, redige ogni anno l'inventario delle proprie emissioni di anidride carbonica, ovvero delle emissioni causate dalle attività direttamente o indirettamente legate all'Ateneo di Scopo 1 - 2 - 3, seguendo lo standard UNI EN ISO 14064-2012 e le "Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra degli Atenei italiani", RUS-GdL-CC (2023a).

L'inventario delle emissioni di CO₂ di Ateneo più recente considerato ai fini della redazione del presente Piano è riferito all'anno di rendicontazione 2022²⁹.

L'inventario dell'anno 2015 è stato assunto come riferimento per gli impegni di riduzione, costituendo la **baseline** rispetto alla quale verificare il trend delle emissioni.

Al fine di allinearsi alle linee guida RUS-GdL-CC (2023a), redatte dal GdL RUS – Cambiamenti Climatici, sottogruppo di lavoro tematico coordinato dal Politecnico di Milano dal 2017 al 2023, e al fine di mantenere la confrontabilità dei risultati dei diversi inventari, nel 2023 si è reso necessario effettuare la revisione degli inventari degli anni precedenti, incluso anche quello dell'anno di riferimento.

Sono state apportate modifiche per la maggior parte delle attività indagate nell'inventario, soprattutto per quanto riguarda le modalità di calcolo dei fattori di emissione, che ha portato **all'aggiornamento della baseline³⁰ dichiarata nel precedente Piano (PdM, 2019) da 36.843 tCO₂ a 31.686 t CO₂ (2022).**

3.1.1 Per una lettura di dettaglio si rimanda ai Report di rendicontazione degli inventari che saranno pubblicati alla pagina dedicata sul sito web di Ateneo a fine anno 2024, ora in fase di realizzazione. Metodologia di quantificazione delle emissioni

In generale, la metodologia utilizzata per stimare le emissioni di CO₂ delle diverse tipologie di attività (inventario delle emissioni di CO₂) prevede il prodotto fra un indicatore di attività (ad esempio i consumi di un combustibile o i km percorsi con un veicolo) e i corrispondenti fattori di emissione.

²⁹ L'inventario riferito all'anno 2023 è in fase di completamento in attesa della chiusura dell'indagine sulla mobilità 2024 in fase di somministrazione mentre è in corso la stesura di questo Piano.

³⁰ E' stata modificata la metodologia della quantificazione dei fattori di emissione dei settori consumi elettrici, teleriscaldamento e trasporti, nonché la modifica di alcune fonti dei dati. Tali modifiche fanno riferimento all'aggiornamento delle "Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra negli atenei italiani" (RUS GdL CC- 2023a), redatte nel corso del 2022 e pubblicate nel 2023.

Questo metodo si basa dunque su una relazione lineare fra l'attività della sorgente e l'emissione, secondo una relazione che a livello generale può essere ricondotta alla seguente formula:

$$E_i = A \times FE_i \quad (3.1)$$

dove:

- E_i è l'emissione dell'inquinante climalterante i (g/anno);
- A è l'indicatore dell'attività, ad es. quantità prodotta, consumo di combustibile (quantità/anno);
- FE_i è l'fattore di emissione dell'inquinante climalterante i (g/ton di prodotto).

La bontà di questa stima dipende dalla precisione dei “fattori di emissione”, tanto maggiore quanto più si scende nel dettaglio dei singoli processi produttivi, utilizzando specifici fattori di emissione caratteristici della tipologia impiantistica ³¹.

I fattori di emissione indicano l'emissione media associata ad una quantità unitaria dell'attività alla quale si riferisce: a titolo di esempio, il consumo di 1 kWh in Italia prelevato dalla rete ha causato mediamente nel 2022 l'emissione in aria di 0,286 kg di anidride carbonica.

Pertanto, se un sistema A compie due attività che causano emissioni di CO₂: il consumo di energia elettrica (1000 kWh/anno prelevati dalla rete elettrica) e l'uso di gasolio per automobile (percorrenza di 1000 km/anno), usando i fattori di emissione forniti da ISPRA (ISPRA, 2023a; ISPRA 2023b) per il 2022 pari rispettivamente a 0,286 kgCO₂/kWh e 0,155 kgCO₂/km, si ottiene una stima delle emissioni di CO₂ in atmosfera pari a:

$$1000 \text{ kWh} * 0,286 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} + 1000 \text{ km} * 0,155 \text{ kgCO}_2/\text{km} = 441 \text{ kgCO}_2$$

3.1.2 Andamento delle emissioni di CO₂ di Ateneo nel periodo 2015-2022

Il quadro delle emissioni di CO₂ nel periodo 2015-2022, come stimato dall'inventario delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo, è mostrato nelle seguenti tabelle che illustrano il quadro delle emissioni per tipologia di sorgente, Scopo 1-2-3 e per Settori e attività.

Il confronto fra anni per singole attività, e i relativi dettagli, è trattato nel Report dell'inventario delle emissioni CO₂.

Si noti che per le stime delle emissioni del 2022 riportate e unizzate nel presente Piano sono stati utilizzati i fattori di emissione del settore energia e trasporti pubblicati da ISPRA (ISPRA 2023a e ISPRA 2023b).

³¹ Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra degli atenei italiani

Tabella 3-1 Emissioni di CO₂ (t/anno) del Politecnico di Milano per Scopo, anni 2015 e 2022

| Scopo | 2015 | 2022 | Variazione emissioni assolute 2022-2015 | |
|-------------------------------------|---|---|---|------------|
| | Emissioni assolute (tCO ₂ /anno) | Emissioni assolute (tCO ₂ /anno) | | |
| Scopo 1 | 4.478 | 10.369 | +5.891 | +132% |
| Scopo 2 | 13.568 | 10.474 | -3.094 | -23% |
| Scopo 3 | 13.639 | 15.662 | +2.023 | +15% |
| Totale complessivo emissioni | 31.686 | 36.506 | 4.820 | 15% |

| | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| Scopo 1 | 14% | 28% |
| Scopo 2 | 43% | 29% |
| Scopo 3 | 43% | 43% |
| Totale complessivo emissioni | 100% | 100% |

Tabella 3-2 Emissioni di CO₂ pro capite (kg/persona.anno) del Politecnico di Milano per Scopo, anni 2015 e 2022

| Scopo | 2015 | 2022 | Variazione emissione pro capite 2022-2015 | |
|-------------------------------------|--|--|---|--------------|
| | Emissioni pro-capite (kgCO ₂ /persona.anno) | Emissioni pro-capite (kgCO ₂ /persona.anno) | | |
| Scopo 1 | 93 | 181 | +89 | +95% |
| Scopo 2 | 281 | 183 | -98 | -35% |
| Scopo 3 | 282 | 274 | -9 | -3% |
| Totale complessivo emissioni | 656 | 638 | -18 | -2,7% |

| | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| Scopo 1 | 14% | 28% |
| Scopo 2 | 43% | 29% |
| Scopo 3 | 43% | 43% |
| Totale complessivo emissioni | 100% | 100% |

Tabella 3-3 Emissioni di CO₂ (t/anno) del Politecnico di Milano per settore, anni 2015-2022

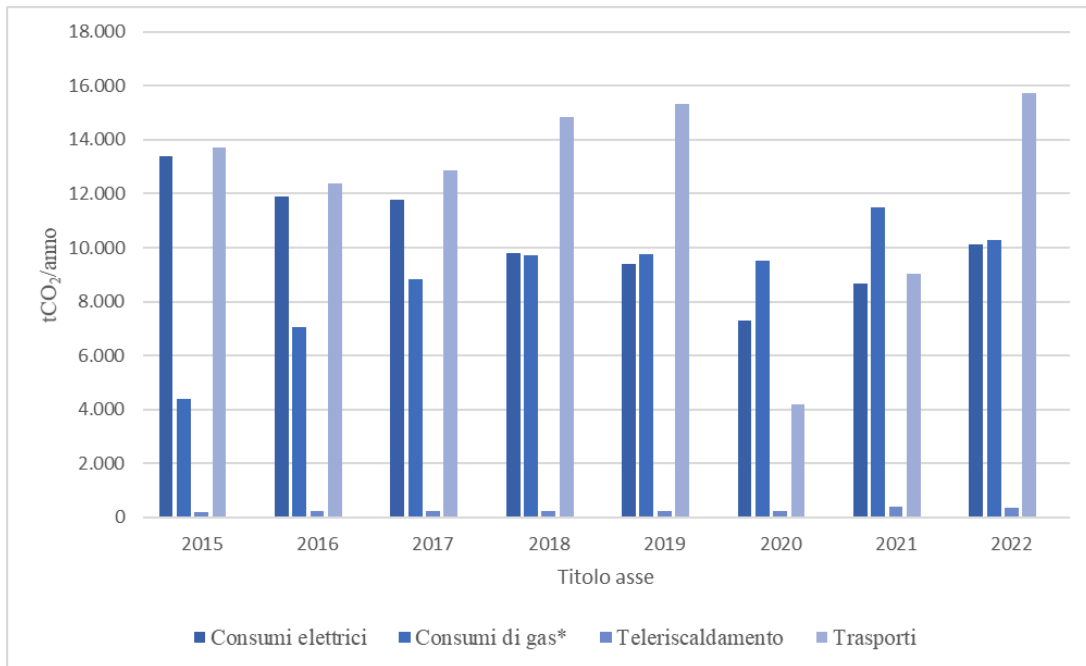
| Settore | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Variazione 2022-2015 | Variazione % 2015-2022 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|------------------------|
| Emissioni da consumi elettrici | 13.379 | 11.899 | 11.789 | 9.799 | 9.392 | 7.285 | 8.655 | 10.116 | -3.263 | -24% |
| Emissioni da consumi di gas* | 4.399 | 7.071 | 8.813 | 9.701 | 9.752 | 9.510 | 11.494 | 10.286 | +5.887 | +134% |
| Emissioni da Teleriscaldamento | 190 | 235 | 237 | 241 | 231 | 254 | 416 | 358 | +168 | +89% |
| Emissioni Trasporti | 13.719 | 12.388 | 12.861 | 14.855 | 15.336 | 4.187 | 9.048 | 15.746 | +2.027 | +15% |
| Emissioni di CO₂ Totale complessivo (t/anno) | 31.686 | 31.592 | 33.699 | 34.596 | 34.710 | 21.236 | 29.613 | 36.506 | +4.820 | +15% |
| Popolazione Politecnico | 48.300 | 49.610 | 50.772 | 51.829 | 53.507 | 54.265 | 56.451 | 57.206 | +8.906 | +18% |
| Emissioni di CO₂ (kg/persona.anno) pro-capite | 656 | 637 | 664 | 668 | 649 | 391 | 525 | 638 | -18 | -3% |

*solo consumi interni

Tabella 3-4 Emissioni di CO₂ (t/anno) del Politecnico di Milano per settore e attività, anni 2015-2022

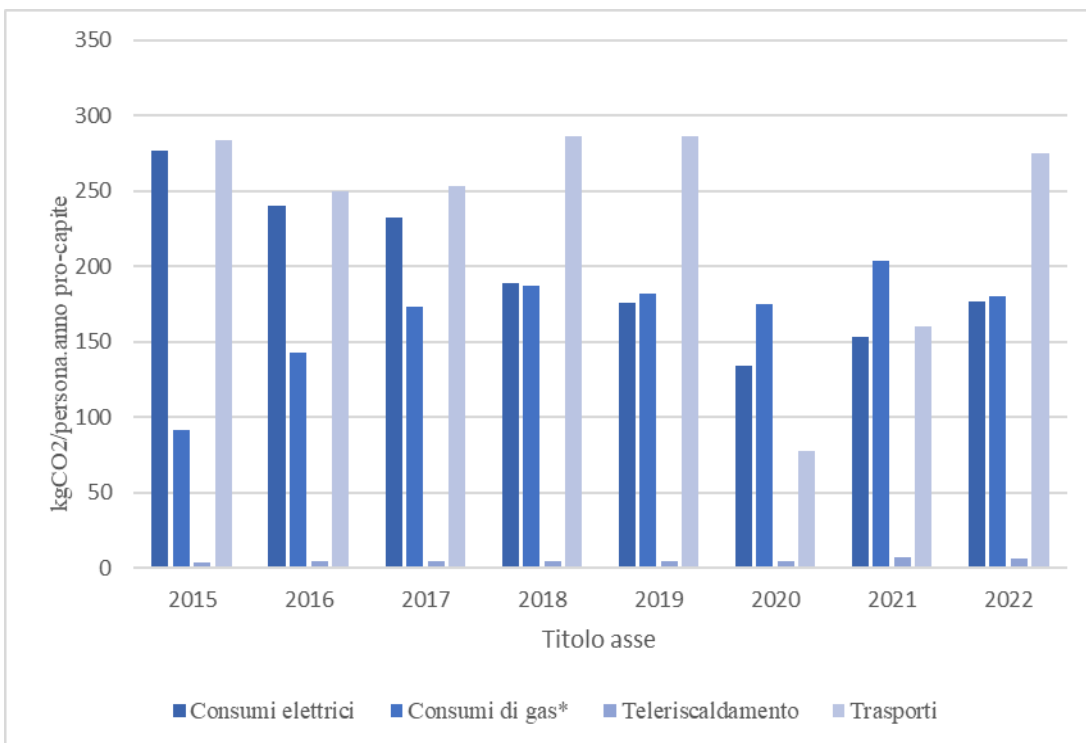
| Scopo | Settore | Attività | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Variazione 2015-2022 | Variazione % 2015- 2022 |
|---------|---|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|-------------------------------|
| Scopo 2 | Consumi elettrici | Illuminazione | 2.007 | 1.785 | 1.768 | 1.470 | 1.409 | 1.093 | 1.298 | 1.517 | -489 | -24% |
| Scopo 2 | | Climatizzazione invernale | 134 | 119 | 118 | 98 | 94 | 73 | 87 | 101 | -33 | -24% |
| Scopo 2 | | Climatizzazione estiva | 1.338 | 1.190 | 1.179 | 980 | 939 | 729 | 865 | 1.012 | -326 | -24% |
| Scopo 2 | | Laboratori pesanti e data center | 5.351 | 4.760 | 4.716 | 3.920 | 3.757 | 2.914 | 3.462 | 4.046 | -1.305 | -24% |
| Scopo 2 | | Altri usi elettrici | 4.549 | 4.046 | 4.008 | 3.332 | 3.193 | 2.477 | 2.943 | 3.439 | -1.109 | -24% |
| | <i>Consumi elettrici Totale</i> | | <i>13.379</i> | <i>11.899</i> | <i>11.789</i> | <i>9.799</i> | <i>9.392</i> | <i>7.285</i> | <i>8.655</i> | <i>10.116</i> | <i>-3.263</i> | <i>-24%</i> |
| Scopo 1 | Consumi di gas* | Climatizzazione invernale | 3.535 | 5.429 | 6.790 | 7.425 | 7.467 | 7.395 | 8.868 | 7.799 | -4.264 | +121% |
| Scopo 1 | | Climatizzazione estiva | 80 | 154 | 190 | 213 | 214 | 198 | 246 | 233 | +153 | +191% |
| Scopo 1 | | Laboratori pesanti e data center | 30 | 48 | 58 | 64 | 64 | 67 | 81 | 72 | +42 | +142% |
| Scopo 1 | | Altri usi di gas | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 3 | -3 | -51% |
| Scopo 1 | | Produzione e.e. usi interni | 748 | 1.433 | 1.770 | 1.991 | 2.001 | 1.846 | 2.295 | 2.179 | +1.431 | +191% |
| | <i>Consumi di gas Totale</i> | | <i>4.399</i> | <i>7.071</i> | <i>8.813</i> | <i>9.701</i> | <i>9.752</i> | <i>9.510</i> | <i>11.494</i> | <i>10.286</i> | <i>+5.887</i> | <i>+134%</i> |
| Scopo 2 | <i>Teleriscaldamento Totale</i> | | <i>190</i> | <i>235</i> | <i>237</i> | <i>241</i> | <i>231</i> | <i>254</i> | <i>416</i> | <i>358</i> | <i>+168</i> | <i>+89%</i> |
| Scopo 3 | Trasporti | Missioni personale interno | 1.529 | 1.704 | 2.014 | 2.002 | 2.078 | 386 | 442 | 1.534 | +5 | +0,3% |
| Scopo 3 | | Accesso al Campus | 11.671 | 10.141 | 10.213 | 12.224 | 12.541 | 3.280 | 8.086 | 13.625 | +1.954 | +17% |
| Scopo 3 | | Studenti in mobilità (es. Erasmus) | 439 | 471 | 551 | 546 | 633 | 438 | 437 | 504 | +65 | +15% |
| Scopo 1 | | Veicoli di servizio del Politecnico | 79 | 72 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | +4 | +5% |
| | <i>Trasporti Totale</i> | | <i>13.719</i> | <i>12.388</i> | <i>12.861</i> | <i>14.855</i> | <i>15.336</i> | <i>4.187</i> | <i>9.048</i> | <i>15.746</i> | <i>+2.027</i> | <i>+15%</i> |
| | Emissioni di CO₂ Totale complessivo (t/anno) | | 31.686 | 31.592 | 33.699 | 34.596 | 34.710 | 21.236 | 29.613 | 36.506 | +4.820 | +15% |
| | Popolazione Politecnico | | 48.300 | 49.610 | 50.772 | 51.829 | 53.507 | 54.265 | 56.451 | 57.206 | +8.906 | +18% |
| | Emissioni di CO₂ (kg/persona.anno) pro-capite | | 656 | 637 | 664 | 668 | 649 | 391 | 525 | 638 | -18 | -3% |

*solo usi interni



*solo usi interni

Figura 3-1 Emissioni di CO₂ (t/anno) assolute del Politecnico di Milano per settore, anni 2015-2022



*solo usi interni

Figura 3-2 Emissioni di CO₂ (kg/persona.anno) pro capite del Politecnico di Milano per settore, anni 2015-2022

3.1.3 Andamento delle emissioni di CO₂ e traiettoria degli obiettivi di riduzione nei periodi 2015-2025 e 2025-2030

Viste le assunzioni metodologiche descritte nel capitolo 2.5, in questo paragrafo è mostrato il confronto tra la traiettoria lineare degli obiettivi annuali di riduzione delle emissioni costruita facendo riferimento agli obiettivi nel 2025 e 2030 rispettivamente del -25% e -50%, (si veda il *paragrafo 2.5.1*), e la traiettoria lineare delle emissioni calcolate dall'inventario di Ateneo, dal 2015 (anno base di riferimento) al 2022 (anno dell'inventario più recente³² considerato ai fini della redazione del presente Piano).

In Tabella 3.5 è mostrato l'andamento delle emissioni pro capite, rispetto alla quale sono espressi gli obiettivi di intensità emissiva adottati dal presente Piano e dal Piano Strategico di Sostenibilità (PSS, 2024) come descritto al *paragrafo 2.5.2.2*.

Il confronto, mostrato anche in Figura 3.5, è fatto fra la traiettoria obiettivo di emissioni pro capite (colonna a), e le emissioni di CO₂ storiche, quantificate con gli inventari di Ateneo dal 2015 al 2022 (colonna c), rapportate alla popolazione dell'anno specifico.

A titolo di esempio, le emissioni di CO₂ del 2022, pro capite, calcolate rispetto al numero della popolazione del Politecnico nel 2022, sono state pari a 638 kgCO₂/persona.anno inferiori di circa il 2,7% (colonna d) rispetto a quelle del 2015 (colonna d), ma sono distanti dal valore obiettivo dell'anno intermedio: la traiettoria obiettivo avrebbe previsto al 2022 una riduzione del 17,5%, dunque per raggiungere il valore obiettivo (colonna e) il Politecnico avrebbe dovuto ridurre di un ulteriore 17,9% le emissioni pro capite di CO₂.

È importante sottolineare che il raggiungimento e il superamento dei target previsti per gli anni 2020 e 2021 è riconducibile agli effetti della pandemia da COVID-19, che ha comportato una minore frequentazione dei campus universitari, con effetti transitori che trascureremo nella dinamica di lungo periodo.

Si noti che per stimare la traiettoria di emissioni pro capite obiettivo, e gli impatti di riduzione delle emissioni delle azioni considerate nel modello utilizzato nel presente piano, a partire dall'anno 2023 è stato assunto di mantenere costante il dato della popolazione politecnica pari a **58.000 persone tra studenti, personale docente e tecnico amministrativo. Tale stima è abilitata dalla consapevolezza che il picco dell'aumento della popolazione soprattutto studentesca post-laurea è stato raggiunto nel 2024, a causa delle strategie delineate dal PNRR, ma che successivamente questi numeri si stabilizzeranno. In fase di monitoraggio annuale sarà aggiornato il dato di intensità emissiva, con i dati della popolazione al denominatore e delle emissioni totali di Ateneo al numeratore, aggiornati all'anno di rendicontazione.**

³² L'inventario riferito all'anno 2023 è in fase di completamento in attesa della chiusura dell'indagine sulla mobilità 2024 in fase di somministrazione mentre è in corso la stesura di questo Piano

Tabella 3-5 Obiettivi annuali di riduzione delle emissioni stime pro capite dal 2023 al 2030 e valori rendicontati dal 2015 al 2022.

| | a | b | c | d | e |
|-------------|---|--|---|---|--|
| Anno | Emissioni pro capite* traiettorie obiettivo (kgCO ₂ /persona.anno) | Traiettorie lineare obiettivi rispetto al 2015 (differenza %) | Emissioni pro capite inventario Politecnico (kgCO ₂ /persona.anno) | Traiettorie lineare emissioni pro capite: inventario Politecnico rispetto al 2015 (differenza %) | Differenza emissioni pro capite annue: inventario vs traiettorie obiettivo |
| 2015 | 656 | 0% | 656 | 0% | |
| 2016 | 640 | -2,5% | 637 | -2,9% | -0,4% |
| 2017 | 623 | -5,0% | 664 | +1,2% | +6,5% |
| 2018 | 607 | -7,5% | 668 | +1,8% | +10,0% |
| 2019 | 590 | -10,0% | 649 | -1,1% | +9,9% |
| 2020 | 574 | -12,5% | 391 | -40,3% | -31,8% |
| 2021 | 558 | -15,0% | 525 | -20,0% | -5,9% |
| 2022 | 541 | -17,5% | 638 | -2,7% | +17,9% |
| 2023 | 525 | -20,0% | | | |
| 2024 | 508 | -22,5% | | | |
| 2025 | 492 | -25% | | | |
| 2026 | 459 | -30,0% | | | |
| 2027 | 426 | -35,0% | | | |
| 2028 | 394 | -40,0% | | | |
| 2029 | 361 | -45,0% | | | |
| 2030 | 328 | -50% | | | |

* Il dato della popolazione politecnica è stato assunto rimanere costante dal 2023 in poi ed è pari a **58.000** persone tra studenti, personale docente e tecnico amministrativo.

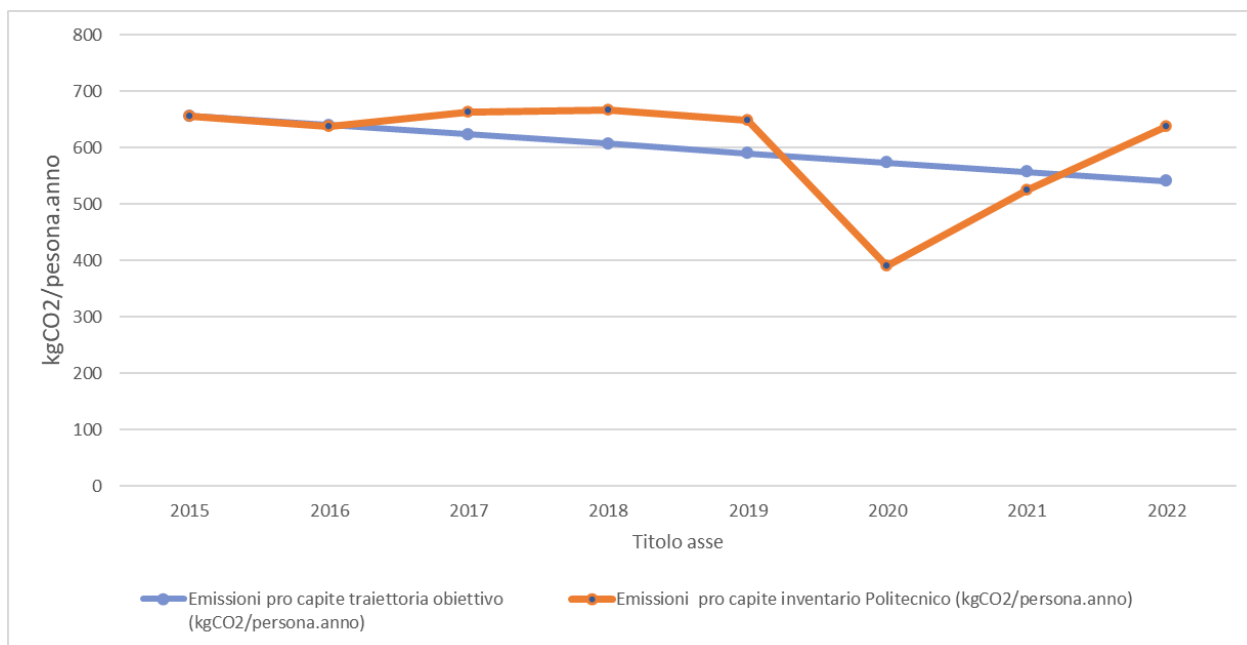


Figura 3-3 Obiettivi annuali di riduzione delle emissioni pro capite: traiettoria delle emissioni di CO₂ storiche in relazione al trend obiettivo

3.2 Metodologia di stima delle emissioni per gli anni futuri

Il potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ in relazione alle azioni di mitigazione illustrate nel presente Piano è stato stimato in modo specifico per singola misura/azione e restituisce le riduzioni direttamente dipendenti dagli interventi previsti dal Politecnico.

Per ogni singola azione è stimato il risparmio atteso nel tempo, ad esempio, sui consumi energetici, sulle riduzioni delle percorrenze effettuate con i veicoli motorizzati, o sulla generazione e utilizzo di energia rinnovabile; nello specifico, la stima di questi risparmi, in termini di riduzione delle emissioni di CO₂, è calcolata tramite l'utilizzo di opportuni fattori di emissione, che permettono di quantificare le emissioni di CO₂ evitate, si veda il *paragrafo 3.6.1*.

I dati dei fattori di emissione specifici sono generalmente disponibili dalla letteratura tecnico - scientifica del settore. Per ogni azione di mitigazione la scelta dei fattori di emissione e la metodologia da utilizzare per eventualmente adattare i dati da letteratura costituiscono un aspetto importante e presenta non poche difficoltà.

È qui riproposta la metodologia adottata per l'inventario delle emissioni di CO₂ e i fattori di emissione sono coerenti con quelli utilizzati in tale sede: per tutti i settori e le attività sono utilizzati i fattori di emissione dell'anno di riferimento rendicontato, o in ogni caso quelli più recenti a disposizione, non considerando l'intero ciclo di vita delle sorgenti emissive, e considerando le perdite di distribuzione di rete per l'energia elettrica.

Per stimare le riduzioni delle emissioni in tutto il periodo temporale considerato nel Piano è necessario introdurre **un'ipotesi sulla evoluzione dei valori dei fattori di emissione** negli anni obiettivo per ogni settore e azione di mitigazione, applicando la stessa metodologia

utilizza per la stima delle emissioni evitate, riferendosi alle strategie previsionali nazionali, europee e internazionali.

Nel capitolo 5 è riportata nel dettaglio la lista delle attività per le quali l'Ateneo sceglie o ha già scelto di prendere degli impegni di mitigazione.

Nelle sezioni 3.4 e 3.5 vengono invece chiarite le metodologie usate per la stima dei futuri fattori di emissione da usare per ogni attività presente nell'elenco.

Le previsioni che riguardano l'elenco delle attività e le quantità aggiornate di ognuna di esse sono state condotte in stretta collaborazione con i diversi attori coinvolti nelle varie aree di competenza dell'Ateneo e fuori dall'Ateneo. La lista dei collaboratori è riportata in **Appendice A**.

3.3 Variazione delle emissioni negli anni futuri: contributi esogeno ed endogeno

Come descritto nel paragrafo precedente, la variazione delle emissioni di CO₂ negli anni futuri dipenderà da tre fattori: la variazione delle attività inventariate, la variazione delle quantità consumate per ciascuna attività e la variazione dei fattori di emissione ad esse associati. Nel caso dei primi due fattori, la variazione complessiva delle emissioni di CO₂ che ne deriva si può definire di natura endogena, in quanto è controllata direttamente dal Politecnico tramite azioni che l'Ateneo decide di implementare ai fini di ridurre le proprie emissioni, come ad esempio la sostituzione delle lampade tradizionali con lampade a led, che porterà ad una riduzione dei consumi elettrici per l'illuminazione. Analogamente il Politecnico può implementare azioni legate a necessità strutturali in linea con le proprie strategie, come la costruzione di nuovi edifici, che potrebbero viceversa causare un aumento delle emissioni di anidride carbonica a causa dei consumi energetici.

Nel caso del terzo fattore invece, supponendo invariati gli altri due, la variazione complessiva delle emissioni di CO₂ che ne deriva è di natura esogena perché non dipende da azioni effettuate dal Politecnico, bensì dall'ipotesi di raggiungimento di target nazionali. Ad esempio, se la rete elettrica italiana vede un aumento della quota di energia rinnovabile del 20%, che sostituisce una quota fossile, il fattore di emissione medio legato al consumo di 1 kWh di energia elettrica prelevata da rete si riduce, causando una riduzione delle emissioni di anidride carbonica complessive ottenute a parità di consumo di energia elettrica. Questa variazione non dipenderebbe dalle azioni introdotte dal Politecnico.

Poiché generalmente tutti e tre i fattori indicati variano negli anni, è possibile affermare che la variazione delle emissioni di CO₂ di Ateneo che si registreranno negli anni dipenderà da un contributo endogeno, ovvero di responsabilità dell'Ateneo, e da un contributo esogeno, ovvero indipendente dalle scelte dell'Ateneo.

In Appendice B viene riportato un esempio numerico esemplificativo in merito a questa metodologia e alla distinzione tra contributi esogeni ed endogeni.

Nelle azioni indicate nel capitolo 5 verrà scorporato, ove possibile, il contributo endogeno da quello esogeno, al fine di poter valutare, a posteriori, quanto del raggiungimento dei target previsti sarà stato conseguito per ragioni di responsabilità diretta del Politecnico e quanto per ragioni da esso indipendenti. In generale si può parlare di contributo negativo (esogeno o endogeno) quando comporta un aumento delle emissioni, positivo quando ne comporta una riduzione.

3.4 Proiezione dei fattori di emissione di CO₂ relativi ai consumi di energia elettrica

Nel paragrafo 3.4.1 vengono riportati i fattori di emissione storici usati dal 2015 al 2022 per i consumi di energia elettrica di Ateneo, mentre nel paragrafo 3.4.2 viene riportata la proiezione di tali fattori nel periodo dal 2023 al 2040.

3.4.1 Fattori di emissione di CO₂ relativi ai consumi di energia elettrica per il periodo 2015-2022

Lo strumento nazionale di riferimento per i fattori di emissione di CO₂ per la produzione ed il consumo di energia elettrica è l’inventario nazionale fornito da ISPRA nel documento “report e serie storiche” (ISPRA, 2023a). La serie storica di tali fattori di emissione viene aggiornata periodicamente: l’ultima versione aggiornata risale al 22 maggio 2024³³. Tuttavia, per il presente piano di mitigazione, la versione di riferimento è quella fornita nel 2023³⁴, coincidente con quella utilizzata per la redazione degli inventari di Ateneo fino al 2022.

Si sottolinea che la variazione tra i fattori di emissione forniti da ISPRA nel 2023 (colonna (1) Tabella 3-6) e quelli aggiornati da ISPRA a maggio 2024 è contenuta entro il 2%.

Occorre inoltre sottolineare che, in accordo con gli inventari di Ateneo finora pubblicati e considerato che il Politecnico di Milano utilizza sia utenze in bassa tensione (BT) sia in media tensione (MT), con prevalenza di quest’ultime, i fattori di emissione forniti da ISPRA, riportati nella Tabella 3-6 colonna (1), sono stati modificati. Questo è stato fatto seguendo le Linee Guida RUS (GdL RUS CC 2023)³⁵, Tabella 3-6 per tener conto delle minori perdite di rete legate all’approvvigionamento di energia elettrica in media tensione. I fattori modificati, Tabella 3-6, sono stati utilizzati negli inventari di Ateneo.

Il valore delle perdite in BT e MT è stimato dall’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA 117-2022), per diverse aree geografiche, pari rispettivamente a: 0,10% nel nord Italia, 0,30% nel centro Italia e 0,90% nel sud Italia per la media tensione e 0,92% nel nord Italia, 1,77% nel centro Italia e 5,13% nel sud Italia per la bassa tensione.

A titolo esemplificativo il valore del fattore di emissione legato all’energia elettrica consumata per l’anno 2021 fornito da ISPRA nel 2023 è pari a 255,6 gCO₂/kWh, mentre

³³ File excel “FE_Energia_elettrica_2023-V2” scaricabile qui <https://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/>

³⁴ File excel “Fattori-emissione-produzione-e-consumo-elettricit _2022-Completo-V0” non pi  rintracciabile sul sito di ISPRA.

³⁵ Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra negli atenei italiani (RUS GdL CC 2023).

quello legato all'energia elettrica consumata considerando le perdite di rete fino alla media tensione usato nell'inventario di Ateneo del 2021 è pari a 253,2 gCO₂/kWh (Tabella 3-6).

Tabella 3-6 ⁽¹⁾ Fattori di emissione di CO₂ da consumi elettrici forniti da ISPRA (ISPRA, 2023a) nel 2023; ⁽²⁾ Fattori di emissione di CO₂ da consumi elettrici utilizzati negli inventari di Ateneo.

| Anno | ⁽¹⁾ Consumi elettrici (gCO ₂ /kWh) | ⁽²⁾ FE _{MT Nord} (gCO ₂ /kWh) |
|------|--|--|
| 2015 | 315,2 | 312,0 |
| 2016 | 314,2 | 311,1 |
| 2017 | 309,1 | 306,0 |
| 2018 | 282,1 | 279,2 |
| 2019 | 269,1 | 266,5 |
| 2020 | 255,0 | 252,6 |
| 2021 | 255,6 | 253,2 |
| 2022 | 293,3 | 290,6 |

3.4.2 Stima dei fattori di emissione di CO₂ relativi ai consumi di energia elettrica per il periodo 2023-2040

Per stimare l'andamento delle emissioni di CO₂ legate ai consumi di energia elettrica negli anni successivi al 2022, è necessario introdurre un'ipotesi sui fattori di emissione associati ai consumi elettrici.

Per quanto riguarda l'anno 2023, è stata utilizzata la stima del fattore di emissione di CO₂ legato alla produzione dell'energia elettrica fornita da ISPRA nel maggio 2024, pari a 239,9 gCO₂/kWh.

Per gli anni successivi al 2023, i fattori di emissione sono stati stimati considerando il futuro mix di produzione dell'energia elettrica in Italia. Per la stima di questo mix di produzione si è preso come riferimento il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC, 2023), che ha definito due scenari: "PNIEC" e "Riferimento". Entrambi prevedono il progressivo sviluppo delle energie rinnovabili e la conseguente riduzione dell'uso di combustibili fossili (Figura 3-4) in linea con gli impegni sottoscritti dall'Italia a livello europeo e internazionale. Tra i due scenari proposti, si è deciso di fare un'assunzione conservativa, considerando quello denominato "Riferimento", che descrive la prevista evoluzione del sistema energetico con le politiche e le misure correnti. Lo scenario "PNIEC" prevede infatti delle assunzioni di forte evoluzione tecnologica e comportamentale possibili soltanto con un mantenimento e forte potenziamento degli strumenti di promozione vigenti, fuori dal controllo dell'Ateneo. Inoltre, ipotizzando un'ulteriore decrescita dei fattori di emissione dell'energia elettrica negli anni, si rischia di sovrastimare la quota esogena di riduzione delle emissioni (come spiegato nel paragrafo 3.3), riducendo l'attenzione dovuta al ruolo attivo dell'Ateneo.

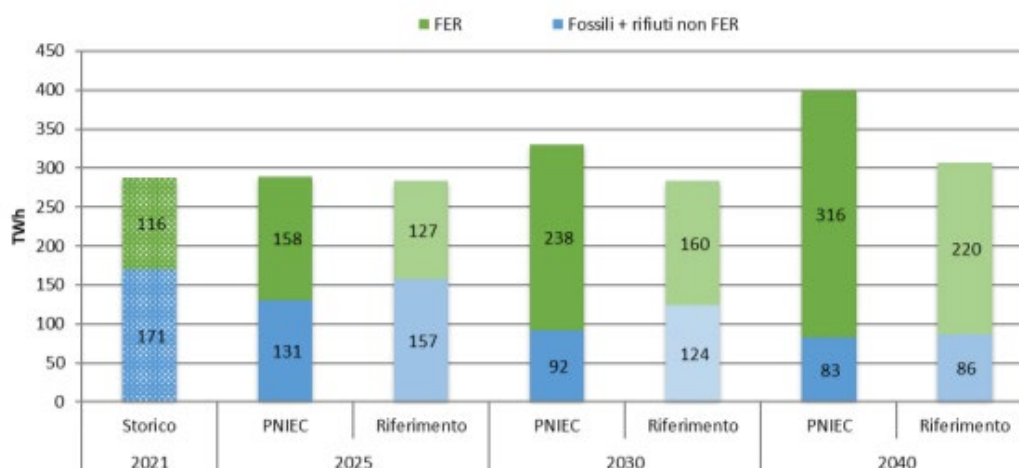


Figura 3-4 Scenari nazionali (“PNIEC” e “Riferimento”) di produzione di energia elettrica in Italia per fonte (FER = fonti rinnovabili). Fonte: (PNIEC, 2023), fig. 91 pagina 393

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e da fonti fossili prevista per gli anni 2025, 2030, 2040, in accordo con lo scenario “Riferimento”, è riportata nella Tabella 3-7.

Tabella 3-7 produzione di energia elettrica e saldo import/export stimati in Italia negli orizzonti temporali di interesse in accordo con lo scenario “Riferimento”. Fonte: (PNIEC, 2023).

| PRODUZIONE | 2025 | 2030 | 2040 | FONTE: PNIEC 2023 | NOTE |
|---|------|------|------|---|---|
| Stima quantità di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Italia (TWh) | 127 | 160 | 220 | pagina 393 fig. 91 | La prima riga rappresenta “ $PROD_{rinnovabile}$ ” e la seconda riga “ $PROD_{fossile}$ ”, termini dell’equazione 3.1 |
| Stima quantità di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili in Italia (TWh) | 157 | 124 | 86 | | |
| Stima saldo I/E di energia elettrica (MTep) | 3,7 | 3,7 | 2,3 | pagina 328 "consumo interno lordo" voce "energia elettrica" | conversione: 1 MTep = 11,63TWh La seconda riga rappresenta “ $SALDO_{IE}$ ” nell’equazione 3.2 |
| Stima saldo I/E di energia elettrica (TWh) | 43,0 | 43,0 | 26,7 | | |

Se considerassimo nulle le importazioni e le esportazioni di energia elettrica in Italia e se la produzione coincidesse con i consumi (quindi se non ci fossero perdite di rete o necessità di usare parte dell’energia prodotta per i servizi ausiliari come i pompaggi), potremmo stimare i fattori di emissione di anidride carbonica per gli anni futuri (“ $FE_{stimato_ideale}$ ” nell’equazione 3.1) facendo una media tra i fattori di emissione delle diverse fonti (rinnovabili e non) pesata per le quantità di energia elettrica prodotta da ciascuna fonte in accordo con le stime riportate in Tabella 3-7.

$$FE_{stimato_ideale} = \frac{PROD_{rinnovabile} \times FE_{rinnovabile} + PROD_{fossile} \times FE_{fossile}}{PROD_{rinnovabile} + PROD_{fossile}} \quad (3.2)$$

Il fattore di emissione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili è assunto pari a 0 gCO₂/kWh ("FE_{rinnovabile}" nell'equazione 3.1), mentre il fattore di emissione medio usato per l'energia prodotta da fonti non rinnovabili è 369,6 gCO₂/kWh ("FE_{fossile}" nell'equazione 3.1). Infatti, come riportato in Tabella 3-8, nonostante il fattore di emissione medio dell'energia prodotta da fonti non rinnovabili fornito da ISPRA nel suo aggiornamento più recente (ISPRA, 2023a) (436,6 gCO₂/kWh) tenga conto dei diversi combustibili fossili (principalmente gas naturale e carbone), si è deciso di assumere per l'intero periodo di stima (dal 2025 al 2040) il FE specifico dell'energia elettrica prodotta dal solo gas naturale, dato il previsto *phase out* del carbone e il prevalere di questa tecnologia sulle altre fonti fossili.

Tabella 3-8 Fattori di emissione stimati da ISPRA nel 2022 per l'energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili.

| FATTORI DI EMISSIONE | 2022 | FONTE |
|--|-------|---|
| FE medio energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili (gCO ₂ /kWh) – <i>non utilizzato</i> | 436,6 | foglio 17 del più recente aggiornamento di ISPRA (ISPRA, 2023a) |
| FE medio energia elettrica <u>prodotta da gas naturale</u> (sia tramite impianti in assetto cogenerativo che non cogenerativo) (gCO ₂ /kWh) – <i>usato per la stima al 2025, 2030, 2040</i> | 369,6 | ISPRA (ISPRA, 2023a) |

Nella realtà, le importazioni e le esportazioni di energia elettrica in Italia non sono nulle e l'energia prodotta non coincide con quella consumata.

Per tener conto del primo aspetto, l'equazione 3.1 è stata modificata ottenendo l'equazione 3.2, che vede l'aggiunta a numeratore del termine " $SALDO_{IE} \times FE_{IE}$ " e a denominatore del termine " $SALDO_{IE}$ ". La stima del saldo import/export previsto per gli orizzonti temporali di interesse è fornita nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC, 2023) e riportata nella Tabella 3-7.

Il fattore di emissione associato a questo saldo (FE_{IE}) è invece considerato pari a 0 gCO₂/kWh, il che significa che a tale saldo non sono associate emissioni.

Tale scelta implica che le emissioni dell'elettricità esportata vengono conteggiate come se fossero associate ad energia consumata in Italia e si conteggiano come nulle le emissioni legate all'elettricità importata. Si ritiene tale assunzione conservativa in quanto porta probabilmente ad una sovrastima delle emissioni associate ai consumi in Italia, dato che i paesi principali dai quali l'Italia importa energia elettrica producono energia elettrica a emissioni inferiori, es. Svizzera e Francia.

$$FE_{stimato} = \frac{PROD_{rinnovabile} \times FE_{rinnovabile} + PROD_{fossile} \times FE_{fossile} + SALDO_{IE} \times FE_{IE}}{PROD_{rinnovabile} + PROD_{fossile} + SALDO_{IE}} \quad (3.3)$$

Infine, per tener conto del secondo aspetto l'equazione 3.2 è stata ulteriormente modificata ottenendo l'equazione 3.3, che vede la sottrazione al denominatore del termine "*perdite*". Infatti, in accordo con la metodologia finora usata da ISPRA (ISPRA, 2023a), all'energia

consumata viene associata anche l'emissione dovuta alla produzione dell'energia che viene persa nella fase di distribuzione e dell'energia che viene usata per i pompaggi e i servizi ausiliari. Per la stima di tali perdite/usi negli orizzonti temporali di interesse si è guardato alla media delle perdite/usi conteggiate da ISPRA negli anni dal 2017 al 2023, come riportato in Tabella 3-9.

Tabella 3-9 Stima delle perdite di rete e degli usi per pompaggi e servizi ausiliari legate alla produzione di energia elettrica negli anni di interesse

| - | 2025 | 2030 | 2040 | FONTI | NOTE |
|---|------|------|------|--|--|
| Stima perdite e usi per pompaggi e servizi ausiliari accumulate (TWh) | 30,2 | 30,2 | 32,6 | Media perdite di rete e usi per pompaggi e servizi ausiliari da ISPRA sugli anni 2017-2023 (10,65% sulla produzione) | Viene usata la stessa metodologia usata da ISPRA per gli anni precedenti I valori di questa tabella rappresentano il termine "perdite" dell'equazione 3.3 |

Si conclude quindi che le stime dei fattori di emissione legati ai consumi di energia elettrica per i tre anni di interesse (2025, 2030 e 2040), riportate in Tabella 3-10, sono ottenute tramite l'equazione 3.3.

$$FE_{stimato} = \frac{PROD_{rinnovabile} \times FE_{rinnovabile} + PROD_{fossile} \times FE_{fossile} + SALDO_{IE} \times FE_{IE}}{PROD_{rinnovabile} + PROD_{fossile} + SALDO_{IE} - \text{perdite}} \quad (3.4)$$

Tabella 3-10 stima dei fattori di emissione legati ai consumi di energia elettrica per gli anni 2025, 2030 e 2040 calcolati in accordo con l'equazione 3.3 e riduzioni percentuali rispetto al valore usato nell'inventario di Ateneo nel 2022.

| - | 2025 | 2030 | 2040 |
|---|------|------|------|
| Fattori di emissione dell'energia elettrica stimati (gCO ₂ /kWh) | 196 | 154 | 106 |
| Riduzione del fattore di emissione stimato rispetto al 2022 (FE 2022) utilizzato nell'inventario di Ateneo 286,5 gCO ₂ /kWh) | -33% | -47% | -64% |

Per quanto riguarda gli anni intermedi, partendo dalla stima preliminare fornita da ISPRA per il 2023 (ISPRA, 2023a) e dalle nostre stime per il 2025, 2030 e 2040 riportate in Tabella 3-10, si è stimata una riduzione lineare nei tre periodi 2023-2025, 2025-2030 e 2030-2040, raffigurata in Figura 3-5 .

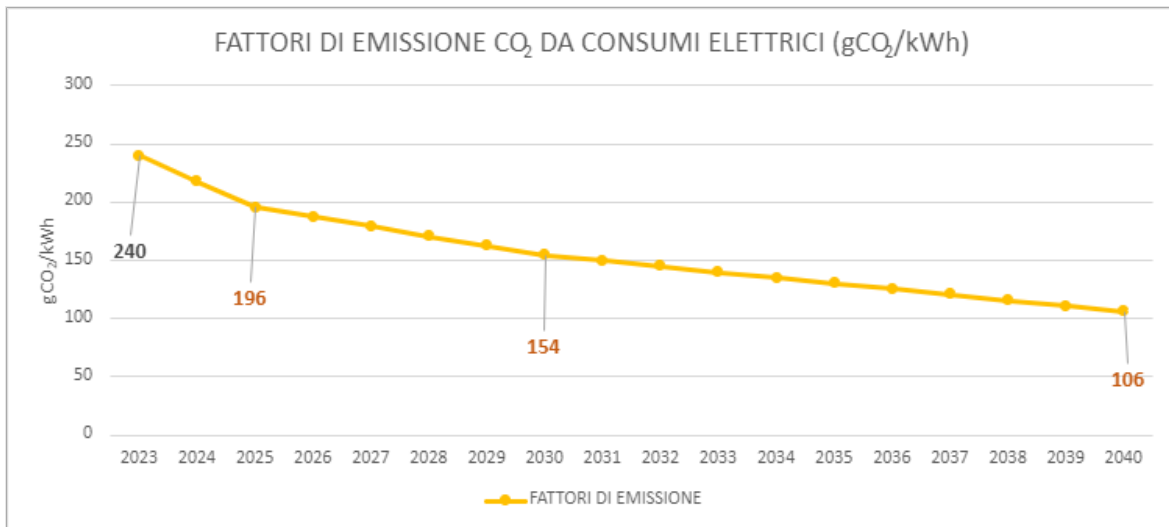


Figura 3-5 Andamento stimato per i fattori di emissione legati al consumo di energia elettrica tra il 2023 e il 2040.

L'equazione 3.3 è stata validata utilizzando l'espressione per ricalcolare i fattori di emissione utilizzati da ISPRA nell'inventario nazionale (ISPRA, 2023a). Applicando tale equazione si ottengono infatti i medesimi valori ottenuti da ISPRA come rapporto tra le emissioni di CO₂ totali legate alla produzione di energia elettrica e l'energia elettrica totale consumata. Le stime adottate nel presente piano sono state condivise con ISPRA.

Riassumendo, nel paragrafo 3.4.1 vengono riportati i fattori di emissione storici usati dal 2015 al 2022 per i consumi di energia elettrica di Ateneo (serie blu nella Figura 3-6), mentre nel paragrafo 3.4.2 viene riportata la proiezione di tali fattori nel periodo dal 2023 al 2040 (serie gialla nella Figura 3-6). Le previsioni fatte appaiono ragionevoli e in accordo con la serie storica, eccetto per il picco anomalo nel 2022 che è spiegato con la crisi energetica.

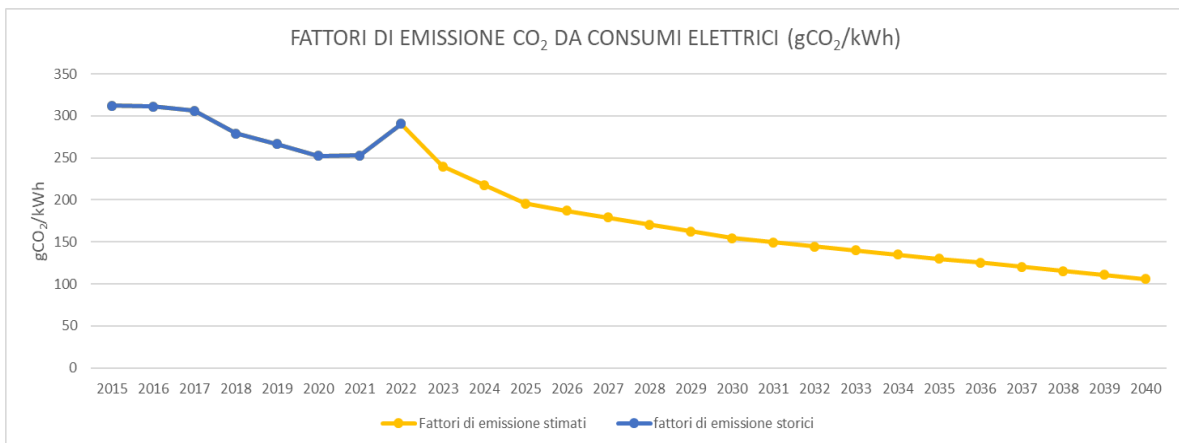


Figura 3-6 Riassunto dei fattori di emissione legati al consumo di energia elettrica tra il 2015 e il 2022 (serie storica) e proiezione degli stessi tra il 2023 e il 2040.

3.5 Proiezione dei fattori di emissione di CO₂ relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus

Nel paragrafo 3.5.1 vengono riportati i fattori di emissione relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus nel 2022, mentre nel paragrafo 3.5.2 viene riportata – ove è stato possibile stimarla - la proiezione di tali fattori negli anni 2025, 2030 e 2040.

3.5.1 Fattori di emissione di CO₂ relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus per il periodo 2015-2022

Come descritto nel paragrafo 5.10 del Piano Spostamenti Casa-Università (PSCU), la metodologia seguita per il calcolo delle emissioni di CO₂ legate all'attività di accesso ai campus consiste nella stima dei chilometri percorsi per tipologia di mezzo utilizzato dalla popolazione politecnica, secondo quanto dichiarato nella compilazione del Questionario mobilità, moltiplicati per i corrispondenti fattori di emissione ricavati da letteratura e banche dati. Lo specifico fattore di emissione unitario associato ad ogni mezzo di trasporto (secondo l'Inventario delle Emissioni di CO₂ di Ateneo) è riportato nella Tabella 3-11 per l'anno 2022, mentre si rimanda agli inventari di Ateneo per gli anni dal 2015 al 2021.

Tabella 3-11 Fattori di emissione di CO₂ per tipologia di veicolo 2022 (fonte: Inventario delle Emissioni di CO₂ Ateneo).

| Descrizione mezzo | Fattori di emissione 2022 | U.M. |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Auto Benzina ≤ 1400cc | 153,4 | gCO ₂ /km |
| Auto Benzina 1400 – 2000 cc | 199,2 | gCO ₂ /km |
| Auto Benzina > 2000 cc | 313,5 | gCO ₂ /km |
| Auto Diesel ≤1400cc | 181,2 | gCO ₂ /km |
| Auto Diesel 1400-2000cc | 155,4 | gCO ₂ /km |
| Auto Diesel >2000cc | 221,4 | gCO ₂ /km |
| Auto GPL o metano | 175,5 | gCO ₂ /km |
| Auto elettrica ibrida | 135,5 | gCO ₂ /km |
| Auto solo elettrica | 43,4 | gCO ₂ /km |
| Moto < 250 cc | 59,3 | gCO ₂ /km |
| Moto > 250 cc | 140,6 | gCO ₂ /km |
| Moto elettrica | 16,3 | gCO ₂ /km |
| Treno elettrico | 9,6 | gCO ₂ /pass/km |
| Treno alta velocità | 12,8 | gCO ₂ /pass/km |
| Metro | 9,6 | gCO ₂ /pass/km |
| Tram e Filobus | 12,2 | gCO ₂ /pass/km |
| Pullman extraurbano | 13,3 | gCO ₂ /pass/km |
| Bus urbano | 19,9 | gCO ₂ /pass/km |
| Battello | 111,3 | gCO ₂ /pass/km |
| Bici muscolare | 0 | - |
| Bici elettrica | 2,5 | gCO ₂ /km |

| | | |
|--------------------------|---|---|
| Monopattino tradizionale | 0 | - |
| Monopattino elettrico | 0 | - |
| Piedi | 0 | - |

Per ottenere le emissioni dovute agli spostamenti in automobile, i viaggi delle persone sono stati divisi per il coefficiente di riempimento delle autovetture medio ottenuto dal questionario, ovvero 1,09 per il personale e 1,15 per gli studenti per l'anno 2022.

Si sottolinea che per quanto riguarda i fattori di emissione di CO₂ legati alla combustione dei carburanti utilizzati dalle autovetture circolanti in Italia, l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) fornisce due strumenti:

- il primo è la banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia (ISPRA, 2023b), che fornisce direttamente i fattori di emissione (espressi per chilometro percorso e per GJ combusto) divisi per categoria, alimentazione, segmento, classe euro e ciclo di guida;
- il secondo è la serie storica aggiornata dal 1990 al 2021 dei dati sul trasporto stradale in Italia (ISPRA, 2023c), che fornisce la possibilità di ricavare i fattori di emissione (espressi per chilometro percorso) divisi per categoria, alimentazione, segmento, classe euro e ciclo di guida, partendo dai fogli del file Excel "veickm" e "CO₂_TOT" che contengono rispettivamente i chilometri percorsi e le emissioni di anidride carbonica dovute alla combustione.

In fase di redazione dell'inventario delle emissioni di Ateneo, dopo consultazione con ISPRA, si era ritenuto più attendibile utilizzare il secondo strumento (ISPRA, 2023c) per il calcolo dei fattori di emissione, scelta che è poi stata messa in discussione durante la stesura del presente documento ritenendo il primo strumento più aggiornato (ISPRA, 2023b).

3.5.2 Stima dei fattori di emissione di CO₂ relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus per il periodo 2023-2030

Nel paragrafo 3.5.1 sono stati riportati i fattori di emissione relativi ai veicoli utilizzati dalla comunità politecnica per l'accesso ai campus nel 2022, mentre nel presente paragrafo viene riportata – ove è stato possibile stimarla - la proiezione di tali fattori negli anni 2025, 2030 e 2040.

3.5.2.1 Autovetture endotermiche

Al fine di stimare le emissioni di anidride carbonica legate alle autovetture, mezzo responsabile della maggior parte delle emissioni rendicontate nell'inventario di Ateneo, si è deciso di stimare i fattori di emissione al 2025 per le autovetture usate per l'accesso ai campus partendo dalla **stima della composizione del parco auto circolante in Lombardia** (zona di interesse per l'Ateneo) **nel 2025** e dai **fattori di emissione specifici per carburante**,

segmento e classe euro forniti da ISPRA, estratti dalla banca dati (ovvero il primo strumento citato nel paragrafo 3.5.1)³⁶.

La stima del parco auto circolante al 2025 in Lombardia è stata fatta ipotizzando che tra il 2022 e il 2025 continuerà ad avvenire la stessa variazione annuale verificatasi ogni anno tra il 2017 e il 2022, ovvero il tasso di sostituzione dei veicoli si manterrà invariato. La stima del parco auto circolante al 2025 in Lombardia diviso per classe emissiva, cilindrata e tipologia di carburante è riportata in Appendice C Tabella C- 1, mentre in Tabella C- 2 è riportata la composizione del parco auto diviso per classe emissiva, cilindrata e tipologia di carburante circolante in Lombardia nel 2022. I fattori di emissione medi divisi per categoria, alimentazione, segmento, classe euro e ciclo di guida “TOTALE” (che dovrebbe rappresentare una situazione media dei vari cicli di guida) sono riportati in Tabella C- 3.

Combinando quindi i fattori di emissione specifici per carburante, cilindrata e classe euro della Tabella C- 3 con la composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2022 (Tabella C- 2) e la corrispondente stima nel 2025 (Tabella C- 1) si ottengono, aggregando le classi Euro, i fattori di emissione specifici per carburante e segmento (riportati nella Tabella C- 4) nei due anni considerati (2022 e stime per il 2025). Nella Tabella 3-12 è riportata quindi la stimata variazione percentuale dei fattori di emissione tra i due anni 2022 e 2025 – per ogni tipologia di carburante e cilindrata – dovuta alla variazione stimata del parco auto circolante in Lombardia tra il 2022 e il 2025.

Tabella 3-12 Variazione dei fattori di emissione (gCO₂/km) per alimentazione e cilindrata tra il 2022 e il 2025

| Tipologia di autovettura (carburante e cilindrata) | Stima della variazione dei fattori di emissione del parco veicolare tra il 2022 e 2025 |
|--|--|
| BENZINA <= 1400CC | -0,6% |
| BENZINA 1400-2000CC | -0,5% |
| BENZINA >2000CC | -0,1% |
| DIESEL <= 1400CC | +1,0% |
| DIESEL 1400-2000CC | -0,7% |
| DIESEL >2000CC | -1,2% |
| AUTO GPL* E METANO** | -2,0% |
| AUTO ELETTRICA IBRIDA A BENZINA*** | -0,3% |
| AUTOVETTURA GENERICA | -1,7% |

*corrisponde a benzina e gas liquido; **corrisponde a benzina e metano; ***non contiene le auto elettriche a gasolio perché in numero trascurabile rispetto a quelle a benzina. Per l’auto elettrica si rimanda al paragrafo 3.5.2.3

Il fattore di emissione per la generica autovettura usata nel 2022 e nel 2025 per l’accesso ai campus è ottenuto aggregando ulteriormente i dati per carburante e segmento, tenendo conto sia delle autovetture endotermiche che della quota di autovetture elettriche.

36 A titolo di esempio: se si stima che nel 2025 il parco auto circolante sarà costituito da 50% auto benzina <=1400CC classe euro 5 e 50% auto diesel <=1400 CC classe euro 6 e i più recenti FE forniti da ISPRA per queste tipologie di veicolo sono rispettivamente 180 gCO₂/km e 153gCO₂/km, il fattore di emissione medio al 2025 sarà $0,5 \cdot 180 + 0,5 \cdot 153 = 166,5 \text{ gCO}_2/\text{km}$.

Nel 2022 la quota di auto elettriche è stata pari allo 0,5% con fattore di emissione 43,6 CO₂/km, mentre nel 2025 la quota di auto elettriche è stimata pari allo 0,8% e il fattore di emissione si stima paria a 29,3 gCO₂/km (si veda il paragrafo 3.5.2.3).

Al fine di mantenere una coerenza tra il piano di mitigazione e l’inventario delle emissioni, si è deciso di stimare i fattori di emissione delle autovetture al 2025 partendo dai fattori di emissione al 2022 usati nell’inventario di Ateneo (riportati nella Tabella 3-11) e applicando, per le autovetture di ciascun carburante e cilindrata, la variazione percentuale ipotizzata tra il 2022 e il 2025 identificata in Tabella 3-12. **In Tabella 3-13 sono quindi riportati i fattori di emissione delle autovetture endotermiche stimati per il 2025 e utilizzati nel presente piano di mitigazione di Ateneo.**

Tabella 3-13 fattori di emissione delle autovetture stimati per il 2025 e utilizzati nel presente piano di mitigazione di Ateneo.

| Tipologia di autovettura (carburante e cilindrata) | Fattori di emissione al 2025 | Unità di misura |
|--|------------------------------|----------------------|
| BENZINA <= 1400CC | 152,5 | gCO ₂ /km |
| BENZINA 1400-2000CC | 198,2 | gCO ₂ /km |
| BENZINA >2000CC | 313,0 | gCO ₂ /km |
| DIESEL <= 1400CC | 183,1 | gCO ₂ /km |
| DIESEL 1400-2000CC | 154,4 | gCO ₂ /km |
| DIESEL >2000CC | 218,9 | gCO ₂ /km |
| AUTO GPL O METANO | 171,9 | gCO ₂ /km |
| AUTO ELETTRICA IBRIDA | 135,1 | gCO ₂ /km |
| GENERICA AUTOVETTURA* | 162,3 | gCO ₂ /km |

* il fattore di emissione per la generica autovettura relativo all’anno 2022 è pari a 165,1 gCO₂/km.

Per la stima dei fattori di emissione negli anni successivi al 2025, l’applicazione della variazione annuale stimata tra il 2017 e il 2022 risulta una strategia troppo incerta in quanto ci si aspetta un aumento considerevole della quota di veicoli elettrici. Per questo motivo, per la stima del fattore di emissione delle autovetture al 2030 e al 2040, si è deciso di adottare un’altra metodologia basata sullo scenario europeo PRIMES (PRIMES, 2020), suggerito da ISPRA. Tale strumento fornisce le stime dei fattori di emissione per l’autovettura generica circolante in Italia al 2025³⁷, al 2030 e al 2040. La riduzione prevista negli anni è ragionevolmente imputabile al progressivo miglioramento dell’efficienza dei motori della auto endotermiche (ad esempio un incremento delle auto di classi Euro 5 e 6 a discapito delle auto di classi Euro inferiori) e all’aumento della quota elettrica nel parco circolante.

Partendo quindi dal valore del fattore di emissione stimato al 2025 per la generica autovettura (162,3 gCO₂/km) con la metodologia sopra esposta, sono stati stimati i fattori di emissione per l’autovettura generica usata per accesso ai campus al 2030 e al 2040 applicando le variazioni annuali fornite da PRIMES: -3,8% gCO₂/km all’anno tra il 2025 e il 2030 e -3,3%

³⁷ le stime fornite da PRIMES non sono state usate per la stima dei fattori di emissione al 2025 perché sono fornite in forma aggregata e non al livello di dettaglio di carburante, cilindrata e classe Euro.

gCO₂/km all'anno tra il 2025 e il 2040. I fattori di emissione così stimati, riportati nella Tabella 3-14, sono 131,1 gCO₂/km al 2030 e 81,5 gCO₂/km al 2040.

Tabella 3-14 fattori di emissione delle autovetture usate per accesso ai campus stimati per il 2025, 2030 e il 2040.

| - | 2025 | 2030 | 2040 |
|---|-------|-------|------|
| Stima fattori di emissione dell'autovettura usata per accesso ai campus(gCO ₂ /km) | 162,3 | 131,1 | 81,5 |

In conclusione, si può affermare che il fattore di emissione per l'autovettura generica usata dall'utente medio del Politecnico per l'accesso al campus adottato per la rendicontazione delle emissioni di Ateneo del 2022 e pari a 165,1 gCO₂/km, si riduce dell'1,7% al 2025, del 20,6% al 2030 e del 50,6% al 2040.

Le stime adottate nel presente piano sono state condivise con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

3.5.2.2 Motociclette endotermiche

Per la stima dei fattori di emissione legati alle motociclette per gli orizzonti temporali di interesse, si è deciso di utilizzare la variazione annuale stimata da PRIMES (PRIMES, 2020) (-2,6% all'anno al 2025 rispetto al 2020; -3,0% all'anno al 2030 rispetto al 2020 e -2,8% all'anno al 2040 rispetto al 2020) e applicarla all'ultimo fattore di emissione stimato da ISPRA nel 2021 (usato come proxy per il 2022 e ottenuto tramite ISPRA (ISPRA, 2023b), i.e. 99,3gCO₂/km). In questo caso non è stata fatta una stima più di dettaglio per il 2025, dato che le emissioni di questo tipo di veicolo forniscono un contributo minore sul totale. Le stime ottenute sono riportate nella Tabella 3-15.

Tabella 3-15 stima fattori di emissione per le motociclette: motocicletta generica e divisa per cilindrata. Si suppone che la riduzione includa anche l'incremento della quota di motociclette elettriche.

| - | 2025 | 2030 | 2040 |
|---|-------|-------|------|
| Motocicletta generica (partendo da 99,3 gCO ₂ /km al 2021) | 88,9 | 72,6 | 46,1 |
| Motociclo < 250 cc (partendo da 59,3 gCO ₂ /km al 2021) | 53,0 | 43,4 | 27,5 |
| Motociclo > 250 cc (partendo da 140,6 gCO ₂ /km al 2021) | 125,8 | 102,9 | 65,3 |

3.5.2.3 Veicoli elettrici

Per quanto riguarda autovetture, motociclette e biciclette elettriche, da Mobitool (Mobitool, 2023) si è considerata la media dei consumi dei veicoli "auto", "moto" e "bici" elettrici in termini di kWh/km; usando i fattori di emissione dell'energia elettrica al 2025, 2030 e 2040 – stimati in accordo con la metodologia riportata nel paragrafo 3.4 (Tabella 3-10) sono stati calcolati i fattori di emissione riportati in Tabella 3-16.

Si tratta di un affinamento delle stime condotte fino ad ora, in quanto, nei precedenti inventari delle emissioni di Ateneo, i fattori di emissione di questi veicoli erano stati posti pari a 0 gCO₂/km.³⁸

Tabella 3-16 stima fattori di emissione per auto, moto e bici elettriche

| - | FE 2025 (gCO ₂ /km) | FE 2030 (gCO ₂ /km) | FE 2040 (gCO ₂ /km) |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| AUTO - 0,15 kWh/km | 29,3 | 23,2 | 15,9 |
| MOTO - 0,056 kWh/km | 11,0 | 8,7 | 6,0 |
| BICI - 0,008 kWh/km | 1,7 | 1,3 | 0,9 |

La variazione dei fattori di emissione dell'energia elettrica stimati nel paragrafo 3.5 genera delle variazioni anche per altri mezzi di trasporto elettrici utilizzati per l'accesso ai campus, quali metropolitana, treno e tram. I fattori di emissioni stimati per tali veicoli sono riportati in Tabella 3-17; sono calcolati a partire dai dati forniti da Mobitool (Mobitool, 2023), che stimano il consumo energetico per posto per chilometro, considerando un fattore occupazionale del singolo posto pari al 100%. Tali fattori occupazionali sono stati ipotizzati costanti nel tempo.

Tabella 3-17 stima dei fattori di emissione per treno, metropolitana e tram

| - | Consumo energetico (Wh/posto/km) | FE (gCO ₂ /km/pass.) | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 | 2040 |
| Treno regionale / metropolitana | 33 | 9,6 | 6,5 | 5,1 | 3,5 |
| Treno alta velocità | 44 | 12,8 | 8,6 | 6,8 | 4,7 |
| Tram o filobus | 42 | 12,2 | 8,2 | 6,5 | 4,4 |

3.5.2.4 Autobus

Per quanto riguarda infine gli autobus, dato il basso contributo finora registrato da parte di questi mezzi alle emissioni di Ateneo per l'accesso ai campus (<1,5% nel 2022), non sono state fatte per il momento stime di dettaglio che, ad esempio, tengano conto della forte e crescente elettrificazione dei bus urbani a Milano. Si è invece deciso di stimare i fattori di emissione al 2025, 2030 e 2040 guardando alla variazione annuale media registrata tra il 2015 e il 2022: -0,3%/anno per autobus extraurbano e -0,1%/anno per autobus urbano. Il calcolo è fatto considerando stabile il numero medio di passeggeri, posto pari a 50. Stimare l'evoluzione di questi fattori di emissione sarà oggetto di approfondimento futuro.

3.6 Autoproduzione di energia elettrica

Generalmente la maggior parte degli enti pubblici e privati acquista l'energia elettrica dalla rete nazionale. L'autoproduzione di energia elettrica invece è un sistema che consente di produrre autonomamente l'energia necessaria al proprio fabbisogno (o almeno una sua parte). In questo paragrafo viene illustrato in che modo questa autoproduzione, che evita la produzione di una stessa quantità di energia elettrica da un'altra fonte, si traduce in termini di emissioni di CO₂ evitate, distinguendo tra i due approcci metodologici che si possono adottare: marginale o di mercato.

³⁸ Nel recente aggiornamento del PSCU, i fattori di emissione per questi veicoli al 2022 sono stati assunti diversi da 0 e uguali ai valori riportati nella Tabella 3-11, tuttavia la bassa percentuale di tali mezzi sul totale non ha generato variazioni significative sulle emissioni totali legate all'accesso ai campus.

3.6.1 Il concetto di emissione evitata

Nella stima delle emissioni è necessario considerare anche il contributo dell'autoproduzione di energia elettrica da parte dell'Ateneo, attualmente svolta mediante due tecnologie di autoproduzione: il trigeneratore alimentato a gas naturale (nella sede di Leonardo, a Milano) e i pannelli fotovoltaici distribuiti sui diversi campus e in fase di forte ampliamento. La quota di energia prodotta in eccesso e non consumata da tali impianti viene immessa nella rete elettrica nazionale.

Le emissioni di CO₂ legate alla produzione di energia con impianti di proprietà dell'Ateneo sono rendicontate nel relativo inventario delle emissioni³⁹ usando i rispettivi fattori di emissione (ad esempio 0 gCO₂/kWh per i pannelli fotovoltaici).

D'altro canto, questa autoproduzione **evita** la produzione di una stessa quantità di energia elettrica *da un'altra fonte*: nello specifico, se non ci fosse l'autoproduzione, a parità di domanda di energia elettrica l'Ateneo dovrebbe acquistare da un'altra fonte un certo quantitativo di energia pari a quella autoconsumata e la rete dovrebbe produrre un certo quantitativo di energia in più pari a quella immessa dal Politecnico.

Se questa *altra fonte* è più impattante in termini di emissioni di CO₂ (ovvero a parità di energia prodotta causa più emissioni di CO₂), allora l'autoproduzione comporta un beneficio⁴⁰, altrimenti comporta un'emissione aggiuntiva. È bene sottolineare che tale eventuale beneficio/maggior onere non viene quantificato nell'inventario, in accordo con le normative vigenti (ISO 14064-1, GHG Protocol). Tuttavia, viene fornita come informazione complementare la quantità di emissione *evitata*.

3.6.2 I fattori di emissione di mercato e marginali

È quindi possibile quantificare le emissioni di CO₂ *evitate* grazie all'autoproduzione usata per gli autoconsumi e le emissioni di CO₂ *evitate* grazie all'autoproduzione esportata nella rete elettrica. Ma quali sono i fattori di emissione da considerare? Come detto nel precedente paragrafo, questo dipende dalla tecnologia che verrebbe usata per produrre questi quantitativi di energia in assenza dell'autoproduzione di Ateneo. Una possibile logica da seguire, denominata *di mercato*, presuppone che non potendo determinare a priori con certezza tale tecnologia, in via cautelativa è più corretto utilizzare come fattore di emissione quello medio del paese, ovvero, appunto, quello di mercato. In questo caso le emissioni di anidride carbonica *evitate* si ottengono moltiplicando la quantità di energia elettrica autoprodotta (usata per autoconsumi e immessa nella rete) per la differenza tra il fattore di emissione dell'energia elettrica medio della rete e il fattore di emissione legato alla tecnologia usata per l'autoproduzione. Volendo poi suddividere tale emissione *evitata* nelle due componenti riferite agli autoconsumi e all'esportato, basterà moltiplicare il totale per le rispettive percentuali o in alternativa adottare una logica di allocazione *ad hoc*. Per esempio, se nel 2022 un sistema A autoproduce 100 MWh_e/anno con una tecnologia B alla quale è

³⁹ Negli inventari finora redatti non sono state incluse le emissioni relative alla quota parte di gas naturale bruciato per ottenere energia elettrica esportata in rete. Questo approccio verrà presumibilmente modificato nel corso dei prossimi aggiornamenti degli inventari in accordo con le linee guida ISO 14064 nella definizione di emissioni di Scope 1.

⁴⁰ Per poter fare un confronto trasparente delle due tecnologie bisognerebbe, in ottica Life Cycle Assessment confrontare le emissioni di anidride carbonica di Scopo 1,2,3 di entrambe. Tuttavia, nell'approccio qui adottato si considerano solo le emissioni di Scope 1 e 2 attribuibili al Politecnico.

associato un fattore di emissione pari a 0 kgCO₂/kWh_e (es. i pannelli fotovoltaici) e il fattore di emissione medio del 2022 per la rete elettrica italiana è 0,286 kgCO₂/kWh_e, l'emissione *evitata* sarebbe pari a 28,6 tCO₂. Se poi il 70% della produzione è auto consumato, 20 tCO₂ sono le emissioni *evitate* legate agli autoconsumi e 8,6 tCO₂ sono le emissioni *evitate* legate alla quota esportata.

Si sottolinea che se la tecnologia usata per l'autoproduzione è, o diventa negli anni, ambientalmente meno competitiva rispetto al mercato, l'emissione evitata sarà negativa, ovvero, anziché essere realmente *evitata*, è un'emissione aggiuntiva: se si fosse prelevata energia dalla rete si avrebbe avuto un impatto minore in termini di emissioni di anidride carbonica. Se quindi, riprendendo l'esempio, il sistema A avesse prodotto 100 MWh_e/anno con una tecnologia C con fattore di emissione 0,300 kgCO₂/kWh_e, l'emissione *evitata* sarebbe stata -14 tCO₂, ovvero sarebbe stata in realtà un'emissione aggiuntiva.

Tuttavia, poiché le energie rinnovabili e i sistemi in tri- o co- generazione godono di priorità di dispacciamento⁴¹, si può affermare, adottando una logica qui denominata *marginale*, che una riduzione di domanda di energia elettrica dalla rete (grazie all'autoproduzione di Ateneo) eviti la generazione di energia da parte del parco termoelettrico italiano che utilizza combustibili fossili, in generale in impianti funzionanti in assetto non cogenerativo. La tecnologia definita come "sostituita" grazie all'autoproduzione (da impianto rinnovabile o in tri- o co- generazione) viene definita tecnologia marginale. Secondo la logica *marginale*, le emissioni di anidride carbonica *evitate* si ottengono moltiplicando la quantità di energia elettrica autoprodotta (usata per autoconsumi e immessa nella rete) per la differenza tra il fattore di emissione di tale tecnologia marginale e il fattore di emissione legato alla tecnologia usata per l'autoproduzione. Riprendendo quindi l'esempio sopra riportato, poiché nel 2022 il fattore di emissione della tecnologia marginale in Italia (identificata nel mix di produzione fossile da impianti non cogenerativi) era pari a 0,523 kg CO₂/kWh_e (ISPRA, 2023a), l'emissione evitata sarebbe pari a 52,3 tCO₂ nel caso di uso per l'autoproduzione della tecnologia B e pari a 22,3 tCO₂ nel caso di uso per l'autoproduzione della tecnologia C.

Per quanto riguarda la logica *di mercato*, i fattori di emissione dell'energia elettrica utilizzati in questo documento negli orizzonti temporali di riferimento sono quelli discussi nel paragrafo 3.5 e riportati nella Tabella 3-18.

Per quanto riguarda la logica *marginale*, nel presente piano di mitigazione tra il 2015 e il 2026 la tecnologia marginale è stata individuata nel mix di impianti fossili (principalmente carbone, gas naturale, olio combustibile) in assetto non cogenerativo: tra il 2015 e il 2022 i fattori di emissione adottati sono quelli forniti da ISPRA (ISPRA, 2023a) mentre tra il 2023 e il 2026 è stato usato come proxy il valore del 2022. Successivamente, in vista del *phase-out* del carbone⁴², dal 2027 al 2030 si stima che la tecnologia marginale sarà rappresentata in Italia dai soli impianti a gas naturale, considerando sia quelli cogenerativi che quelli non

41 La priorità di dispacciamento per le energie rinnovabili significa che, quando l'energia prodotta da fonti rinnovabili (come solare, eolica, idroelettrica, etc.) è disponibile e può essere integrata nella rete elettrica, essa viene utilizzata prima rispetto all'energia prodotta da fonti non rinnovabili (come il carbone, il gas naturale, etc.). Questo significa che, quando ci sono condizioni favorevoli per l'energia rinnovabile, essa viene preferenzialmente utilizzata per soddisfare la domanda di elettricità.

42 La data di phase-out completo del carbone è prevista tra il 2025 e il 2027, pertanto in via cautelativa si è scelto di tenere il mix fossile fino all'anno 2026. Tuttavia, le valutazioni del presente piano di mitigazione saranno aggiornate in funzione dell'andamento reale della dismissione delle diverse tecnologie.

cogenerativi a causa dello stimato aumento della domanda di energia elettrica: il fattore di emissione utilizzato è quello riportato da ISPRA (ISPRA, 2023a) per l'anno più recente (2022) (Tabella 3-18).

Tabella 3-18 Fattori di emissione utilizzati nella logica di mercato e nella logica marginale per il calcolo delle emissioni di CO₂ evitate.

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| FE di mercato gCO ₂ /kWh _e | 312 | 311 | 306 | 279 | 266 | 253 | 253 | 286 | 236 | 216 | 196 | 187 | 179 |
| Fonte: paragrafo 3.5 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 |
| | 171 | 163 | 154 | 150 | 145 | 140 | 135 | 130 | 125 | 120 | 116 | 111 | 106 |
| FE marginali gCO ₂ /kWh _e | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| Fonte: (ISPRA, 2023a) - foglio 17 | 622 | 582 | 546 | 547 | 494 | 472 | 470 | 523 | 523 | | 370 | | |
| | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 |
| | 370 | | | | | | | | | | | | |

4. ATTUAZIONE AL 2022 DEL PIANO 2019 (PdM, 2019)

Come descritto nel Capitolo 2.1, la prima fase dell'aggiornamento del presente Piano ha previsto la definizione dello stato di attuazione, all'anno 2022, degli interventi indicati nel piano precedente (PDM, 2019); tale stato rappresenta lo scenario di riferimento per l'aggiornamento delle stime di riduzione agli anni obiettivo 2025 e 2030, si veda il paragrafo 2.5.1.

Nel presente capitolo si riportano alcune considerazioni generali comparative e la descrizione di alcune fondamentali modifiche metodologiche apportate in sede di aggiornamento del Piano.

Nel precedente piano di mitigazione (PDM, 2019) era stato stimato che nel 2020 le emissioni assolute si sarebbero ridotte del 18%, rispetto al 2015. L'8% si stimava sarebbe derivato dalle azioni di mitigazione relative al **settore mobilità** (comprensivo del 4% derivante dal contributo esogeno dalla riduzione del FE medio delle autovetture) e il 92% dalle azioni di mitigazione relative al **settore energia** (comprensivo del 19% derivante dal contributo esogeno dalla riduzione del FE medio energia elettrica da rete, 21% trigeneratore Città studi, 35% trigeneratore Bovisa, 9% illuminazione a LED; 2% fotovoltaico; 1% macchine frigorifere; 3% riqualificazione energetica edifici; 2% regolazione impianti).

Come mostrato dal quadro delle emissioni di CO₂ nel periodo 2015-2022, stimato dall'inventario delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo (si veda Tabelle 3.3 e 3.4), gli anni 2020 e 2021, mostrano una diminuzione significativa delle emissioni a causa della pandemia da COVID-19, è dunque possibile consideri anni anomali e non significativi ai fini del monitoraggio delle emissioni di Ateneo.

Dall'anno 2022, si registra un "ritorno alla normalità", guardando alle emissioni rendicontate il settore mobilità, rispetto al 2015, registra un aumento delle emissioni assolute del 15,5%,

mentre il settore energia, rispetto al 2015, registra un aumento delle emissioni assolute del 14,8%.

Come descritto al paragrafo 2.5.2 , per la valutazione del raggiungimento degli obiettivi di riduzione, è stato definito di assumere obiettivi di riduzione di intensità emissiva, a partire dall'anno base di riferimento (2015), per cui si riporta di seguito il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ pro-capite rendicontate nell'anno 2022: il settore mobilità presenta una riduzione delle emissioni, rispetto al 2015 del 3,1%, mentre la riduzione delle emissioni del settore energia è stata del 2,4%.

Il confronto fra la traiettoria obiettivo e le emissioni di CO₂ dal 2015 al 2022, normalizzate sulla base della popolazione di Ateneo del 2015 (si veda il paragrafo 2.4.2.2) è mostrato nella Tabella 3-5. Le riduzioni fino ad oggi occorse sono pari nel 2022 a 638 kgCO₂/persona.anno, inferiori di circa il 2,7% a quelle del 2015.

La riduzione è stata quindi minore a quanto necessario per la traiettoria lineare delineata.

Nel capitolo 5, sono mostrate le analisi di dettaglio per ogni singola azione prevista nel precedente Piano 2019, in particolare si evidenzia che i target relativi al settore energia non sono stati raggiunti per due motivi principali.

Il primo è che è avvenuta una variazione della metodologia adottata per la quantificazione delle riduzioni, passando da un approccio marginale ad un approccio di mercato (come spiegato nel paragrafo 3.6.2), in linea con le normative vigenti. Tale variazione di approccio ha influito principalmente sulla riduzione quantificata per l'azione "Ottimizzazione Trigeneratore Città studi (paragrafo 5.1.1)".

Il secondo è che, al contrario delle altre azioni preventivate nel precedente Piano di mitigazione 2019, la costruzione di un impianto trigenerativo presso la sede di Bovisa (azione 2 della Tabella 19 del PDM, 2019 e paragrafo 5.1.2 del presente Piano), pur approvata dagli organi di Ateneo nel dicembre 2017, è stata sospesa per il mutato quadro internazionale che vede la necessità sempre maggiore di svincolarsi da fonti energetiche provenienti da paesi esteri a rischio geopolitico, nonché più in generale da fonti fossili. Si sottolinea comunque che le valutazioni tecnico-economiche previste per tale impianto si sono concentrate su una configurazione alternativa che prevede un maggiore utilizzo di fotovoltaico (si veda il paragrafo 5.1.4) e la realizzazione di una rete di teleriscaldamento e teleraffrescamento alimentata da pompe di calore, senza la presenza di una nuova centrale di trigenerazione a gas fossile (non realizzata).

Il capitolo 5 descrive e quantifica l'aggiornamento delle misure di mitigazione, integrandone nuove, rendicontando il potenziale di riduzione in termini di emissioni assolute e pro capite, fornendo un confronto, azione per azione, con il piano precedente (PDM, 2019).

5. AZIONI PROPOSTE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEI TARGET DI DECARBONIZZAZIONE

Nel seguente paragrafo vengono descritte le varie azioni proposte e gli associati benefici di riduzione delle emissioni di CO₂ per raggiungere i target di Ateneo. Le azioni sono state confrontate con quanto dichiarato nel precedente PdM (2019) e suddivise in 2 gruppi così ripartiti: (i) Energia (paragrafo 5.1 e paragrafo 5.2), (ii) Mobilità (paragrafo 5.3).

Per le varie azioni, inoltre, si presenta una stima dell'investimento necessario per la loro implementazione. L'investimento è stato valutato in termini di CAPEX (*CAPital EXpenditure*, spese in conto capitale) e variazione degli OPEX (*OPerational EXpenditure*, spesa operativa). Gli importi così ottenuti sono stati utilizzati per valutare l'indicatore di performance della soluzione (*Key Performance Indicator - KPI*) in € / tCO₂ evitata.

5.1 Energia: azioni proposte

Nel paragrafo Energia sono descritti i benefici attesi, ottenibili dalle 10 azioni individuate ed esposte nei successivi sottoparagrafi. Le emissioni evitate di seguito descritte sono relative al solo contributo endogeno, ovvero di responsabilità dell'Ateneo (si veda il paragrafo 3.4)⁴³. Come evidenziato nell'introduzione, il beneficio ottenuto dal contributo esogeno (riduzione del fattore di emissione dell'elettricità da rete nazionale e del gas naturale, indipendente dalle scelte di Ateneo, introdotto nel paragrafo 3.3) è esposto nel paragrafo 5.2.1.

Il paragrafo esclude al momento potenziali azioni che verranno valutate in futuro, in relazione a: sensibilizzazione degli utenti all'uso razionale dell'energia (cambiamento di comportamento), recupero energetico dai data center, etc. Inoltre, si precisa che i consumi termici ed elettrici degli edifici di Ateneo non sono stati normalizzati rispetto ai parametri meteorologici (variabili annuali); anche questo aspetto sarà di potenziale approfondimento in futuro. Analizzando, infatti, la riduzione dei consumi elettrici da rete nazionale, tra il 2022 e il 2023, è stata rilevata (valori a consuntivo) una riduzione (pari al - 8%) ben superiore a quanto descritto nel paragrafo 5.2.2. Tale risparmio energetico è stato possibile grazie all'impegno congiunto di tutti coloro che frequentano l'Ateneo. Gli sforzi includono il tempestivo spegnimento delle utenze non in uso, una gestione oculata degli impianti energetici e gli investimenti mirati in sistemi di automazione e controllo, che consentono lo spegnimento automatico di luci e apparecchiature, contribuendo così a ottimizzare l'uso dell'energia. Azioni, che come indicato, al momento non sono valutate nel documento.

I valori di riduzione e gli investimenti economici associati descritti per ogni azione del paragrafo Energia fanno riferimento a due scenari denominati: (i) Base (B) e (ii) Orientato al target (T), come introdotto nel paragrafo 2.1. Il primo scenario descrive gli investimenti il cui finanziamento è in previsione e mostra le riduzioni associate in termini di future emissioni di CO₂. Il secondo scenario descrive le ipotesi di investimento addizionale necessario per raggiungere i target prefissati nel Piano Strategico di Sostenibilità (per l'area Energia, coincidenti con i target dell'intero Politecnico), ovvero -25% (al 2025) e -50% (al 2030) rispetto al 2015 (normalizzando le emissioni rispetto alla popolazione politecnica: si

⁴³ A eccezione dei benefici valutati in relazione all'azione di ottimizzazione del trigeneratore per la sede di Milano Città Studi, la quale mostra anche i benefici legati al contributo esogeno.

veda il *paragrafo 2.4.1.2*). Nella descrizione delle varie azioni, inoltre, si riportano anche i benefici associati a investimenti già finanziati (F).

Si evidenzia inoltre che nella descrizione delle varie azioni viene riportato l'ambito dell'azione, come già descritto nel paragrafo 2.4.3.2 (i.e., "Scopo 1" se l'azione incide sui consumi di gas e/o "Scopo 2" se l'azione incide sui consumi elettrici), l'approccio utilizzato per quantificare il beneficio ("di mercato" o "di mercato e marginale", come descritti nel paragrafo 3.6.2), oltretutto la fonte dei dati utilizzati nelle valutazioni.

In Tabella 5-1 viene riassunto per ogni azione (a eccezione delle Comunità Energetiche Rinnovabili e Solidali - CERS, la cui valutazione è puramente qualitativa): (i) l'ambito, (ii) l'approccio utilizzato per quantificare il beneficio, (iii) se si prevedono target differenziati tra lo scenario "Base" e "Orientato al target":

- nel caso in cui i target sono i medesimi, viene indicato "Base = Orientato al target";
- nel caso in cui la previsione dei fondi da stanziare è legata solo al raggiungimento del target, viene indicato "Orientato al target (Base non presente)";
- nel caso in cui si prevedono quote di finanziamento differenziato, si riporta "Base ≠ Orientato al target".

Tabella 5-1. Descrizione schematica della valutazione per azione.

| Azione | Ambito | Beneficio | Scenario |
|--|---------------|---------------------|--|
| Trigeneratore Città Studi | Scopo 1 e 2 | Mercato e marginale | - (**) |
| TLRF La Masa (*) | Scopo 1 e 2 | Mercato | Base = Orientato al target |
| Corpi illuminanti | Scopo 2 | Mercato | Base = Orientato al target |
| Fotovoltaico | Scopo 2 | Mercato e marginale | Orientato al target (Base non presente) |
| Macchine frigorifere | Scopo 2 | Mercato | - (**) |
| Interventi su edifici e impianti | Scopo 1 e 2 | Mercato | Orientato al target (Base non presente) |
| Bandi per i dipartimenti | Scopo 1 e 2 | Mercato | Base = Orientato al target |
| Regolazione e supervisione (impianti termici) | Scopo 1 e 2 | Mercato | Orientato al target (Base non presente) |
| Regolazione e supervisione (rid. ill. notturna) | Scopo 1 e 2 | Mercato | Base ≠ Orientato al target |
| Power Purchase Agreement | Scopo 2 | Mercato | Base ≠ Orientato al target |

(*) Teleriscaldamento e teleraffrescamento (TLRF).

(**) Le azioni previste rientrano tutte in investimenti già finanziati.

Come introdotto nel paragrafo 3.4, sono da considerarsi nella stima delle emissioni di CO₂ negli anni di riferimento anche gli effetti *endogeni "negativi"*, ovvero l'aumento delle emissioni dovuto ad azioni che l'Ateneo deciderà di implementare per necessità strutturali in linea con le proprie decisioni. Il paragrafo 5.1 si conclude quindi con la stima dell'aumento di superficie riscaldata e raffrescata, in seguito ad un'analisi svolta grazie al supporto di Area Tecnico Edilizia (ATE), Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) e Commissione Energia. L'analisi è stata svolta mappando l'evoluzione della superficie di pavimento

climatizzata dal 2015 al 2022 ed inserendo nella stima le nuove costruzioni previste dall’Ateneo (i.e., Rototower ed EN:LAB – Campus La Masa, nuovi edifici previsti nella sede di Cremona, La Goccia – Campus Bovisa Nord, nuovi edifici Campus Bassini, La Domus del Professore – Campus Durando). L’analisi ha permesso di valutare l’aumento delle emissioni di CO₂ associate al nuovo valore di superficie di pavimento utile.

La Tabella 5-2 mostra gli importi economici (CAPEX) relativi ai due scenari individuati. L’orizzonte temporale degli investimenti (dal 2025 al 2030) viene descritto all’interno delle varie sezioni dedicate alle azioni, così come gli OPEX (risparmiati rispetto alla situazione attuale) e i valori di KPI calcolati come rapporto € (CAPEX + OPEX) / tCO₂eq. Si precisa che la tabella non riporta i valori relativi al Power Purchase Agreement (PPA) per le motivazioni fornite al paragrafo 5.1.9.

Tabella 5-2. Prospetto stima dei CAPEX nei due scenari.

| Azioni | Scenario “Base” | Scenario “Orientato al target” |
|---|------------------------|---------------------------------------|
| TLRF | 8,5 M€ | 8,5 M€ |
| Corpi illuminanti | 6,2 M€ | 6,2 M€ |
| Fotovoltaico | - | 10,0 M€ |
| Interventi su edifici e impianti | - | 29,7 M€ |
| Bandi per i dipartimenti | 5,0 M€ | 5,0 M€ |
| Regolazione e supervisione (impianti termici) (*) | - | 1,8 M€ |
| Totale | 19,7 M€ | 61,2 M€ |

(*) La valutazione esclude gli interventi legati alla riduzione dei consumi elettrici notturni, in quanto non sono disponibili gli importi di spesa. Si può comunque affermare che i costi di investimento risultano essere molto minori rispetto alla voce “Regolazione e supervisione (impianti termici)”, in quanto si tratta di semplice strumentazione (i.e., orologi, interruttori, etc.).

5.1.1 Ottimizzazione trigeneratore per la sede di Milano Città Studi (plesso Leonardo-Bonardi- Bassini)

Il trigeneratore della sede di Milano Città Studi è entrato in esercizio nell’ottobre 2015, al servizio del plesso Leonardo-Bonardi-Bassini.

Come previsto dal Piano di Mitigazione (PdM) del 2019, è stata effettuata l’ottimizzazione del funzionamento della macchina, che ha portato a una maggiore produzione elettrica. Inoltre, è stato effettuato l’ampliamento della potenza termica erogata per soddisfare tutti gli edifici del Campus di via Golgi (a eccezione degli edifici 26 e 27), tramite una tubazione in sottopasso. Le vecchie macchine a servizio degli edifici (caldaie e chiller) non sono state dismesse ma utilizzate come soluzione di backup.

Le due sezioni che seguono mostrano i risultati ottenuti per i due approcci (di mercato e marginale) in relazione all’ottimizzazione implementata (già finanziata - F). I consumi, come la produzione di energia elettrica e termica della macchina, sono stati assunti costanti nel 2023-2030, pari a quanto misurato dalla Commissione Energia nel 2022.

Approccio di mercato – investimenti in essere (F)

La valutazione delle emissioni evitate grazie al trigeneratore utilizzando il metodo di stima indicato dalla norma ISO 14064-1 (di mercato) non risulta in un risparmio rispetto alle emissioni dell'anno 2015 di questa soluzione tecnologica. Nello specifico, il beneficio viene valutato confrontando il consumo di gas naturale, e quindi le emissioni a esso collegate, derivante da un lato dalla combustione del vettore energetico nel trigeneratore, dall'altro dalla produzione di energia termica ed elettrica con un sistema di produzione separato. Ovvero, da una caldaia per l'energia termica e dal parco di produzione, trasmissione e distribuzione dell'elettricità da rete nazionale per l'energia elettrica. Essendo il fattore di emissione specifico dell'elettricità sceso da 312 (del 2015) a 280 (media 2016-2022) gCO₂ / kWh_e, le emissioni evitate grazie all'autoconsumo (elettrico e termico) risultano minori delle emissioni dirette associate alla combustione di gas naturale durante la fase operativa della macchina. Nel 2016-2022, con questo approccio, le emissioni sono quindi aumentate, rispetto al 2015, di 1.320 tCO₂/anno (valore medio nel periodo di riferimento). Le emissioni preventivate per gli anni 2025 e 2030 sono pari a 2.828 e 3.389 tCO₂/anno. In Tabella 5-3 vengono mostrate le emissioni evitate suddividendo il contributo tra l'energia prodotta e autoconsumata e l'energia elettrica esportata in rete o alle Comunità Energetiche Rinnovabili e Solidali - CERS (in relazione agli anni 2025 e 2030, come meglio specificato nel paragrafo 5.1.10).

In Tabella⁴⁴ viene data evidenza dei risultati ottenuti. La lettera (F) indica gli investimenti in essere, già implementati/finanziati (F). Si precisa che in tabella il segno (+) corrisponde ad un'emissione (carico ambientale). Al contrario il segno (-) corrisponde ad un'emissione evitata (beneficio ambientale).

Tabella 5-3. Stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo dovute al funzionamento del trigeneratore di Milano Città Studi con approccio di mercato (plessso Leonardo-Bassini-Bonardi).

| Voce | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Consumi di gas (Sm ³) | + 625.546 | + 3.547.682 | + 3.547.682 | + 3.547.682 | +3.547.682 |
| t CO ₂ del trigeneratore (a) – Scopo 1 | + 1.207 | + 6.907 | + 6.907 | + 6.907 | + 6.907 |
| t CO ₂ da produzione energia termica (b) - Scopo 1 | - 560 | - 1.407 | - 1.407 | - 1.407 | - 1.407 |
| t CO ₂ da autoconsumo di elettricità (c) – Scopo 2 | - 595 | - 3.912 | - 2.896 | - 2.620 | - 2.059 |
| t CO ₂ da export di elettricità (d) – Scopo 2 | - 202 | - 419 | - 312 | - 282 | - 223 |
| t CO ₂ nette (a – b – c) (F) | + 52 | + 1.588 | + 2.604 | + 2.880 | + 3.441 |
| t CO ₂ rispetto al 2015 (F) | - | + 1.536 | + 2.552 | + 2.828 | + 3.389 |
| t CO ₂ per export di elettricità rispetto al 2015 (F) | - | - 217 | - 109 | - 80 | - 21 |

44 In tabella le emissioni evitate grazie all'export di elettricità vengono associate all'ambito – Scopo 2 e mostrate separatamente.

Approccio marginale – investimenti in essere (F)

La valutazione dell'efficacia dell'investimento, nonché la valutazione olistica del beneficio o carico ambientale apportato, è effettuabile anche applicando un approccio marginale, cioè, moltiplicando i valori di elettricità autoconsumata ed esportata per il fattore di emissione marginale (così come indicato nel paragrafo 3.6.2). Questo approccio permette di includere nell'analisi la priorità di dispacciamento delle energie rinnovabili e dei sistemi in cogenerazione, e conseguentemente i benefici di riduzione delle emissioni apportati dal trigeneratore (plesso Leonardo-Bonardi-Bassini) alla rete elettrica nazionale. Tale approccio, pertanto, evidenzia anche dal punto di vista ambientale (in relazione alle emissioni di CO₂), e non solo economico, le ragioni dell'investimento legato all'installazione della macchina.

In questo caso, la riduzione delle emissioni conseguibile grazie al trigeneratore (nel periodo 2016-2022) ammonterebbe a 640 tCO₂/anno rispetto al 2015. Le emissioni preventivate risulterebbero diminuite di 972 (per il 2025) e aumentate di 1.110 tCO₂/anno (per il 2030) rispettivamente rispetto al 2015. L'aumento delle emissioni al 2030 è dovuto alla riduzione del fattore di emissione marginale dell'elettricità (da 523 a 370 g CO₂ / kWh_e).

In Tabella 5-4 vengono mostrati i risultati relativi alle emissioni evitate dal trigeneratore con l'approccio marginale. Anche in questo caso si precisa che in tabella il segno (+) corrisponde ad un'emissione (carico ambientale). Al contrario il segno (-) corrisponde ad un'emissione evitata (beneficio ambientale).

Tabella 5-4. Stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo dovute al funzionamento del trigeneratore di Milano Città Studi con approccio marginale (plesso Leonardo-Bassini-Bonardi).

| Voce | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Consumi di gas (Sm ³) | + 625.546 | + 3.547.682 | + 3.547.682 | + 3.547.682 | + 3.547.682 |
| t CO ₂ del trigeneratore (a) – Scopo 1 | + 1.207 | + 6.907 | + 6.907 | + 6.907 | + 6.907 |
| t CO ₂ da produzione energia termica (b) - Scopo 1 | - 560 | - 1.407 | - 1.407 | - 1.407 | - 1.407 |
| t CO ₂ da produzione di elettricità (c) – Scopo 2 | - 1.186 | - 7.045 | - 7.019 | - 7.011 | - 4.929 |
| t CO ₂ da export di elettricità (d) – Scopo 2 | - 403 | - 755 | - 755 | - 755 | - 533 |
| t CO ₂ nette (a – b – c– d) (F) | - 539 | - 1.545 | - 1.519 | - 1.511 | + 571 |
| t CO ₂ rispetto al 2015 (F) | - | - 1.005 | - 979 | - 972 | + 1.110 |
| t CO ₂ per export di elettricità rispetto al 2015 (F) | - | - 352 | - 352 | - 352 | - 130 |

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati per le analisi derivano dai precedenti Inventari, dedotti dalla Commissione Energia utilizzando i dati di monitoraggio della macchina (trigeneratore) e le bollette di gas naturale in merito: (i) al consumo di gas annuale, (ii) all'energia termica consumata da Polimi per riscaldamento e dall'assorbitore (nonché l'energia frigorifera prodotta), (iii) all'energia elettrica prodotta consumata da Polimi ed esportata alla rete.

I valori relativi (i) al rendimento delle caldaie (utilizzato per calcolare il consumo di gas naturale da produzione termica) e (ii) al *Seasonal Energy Efficiency Ratio* (SEER) dei chiller (utilizzato per calcolare il consumo evitato di elettricità da produzione frigorifera), derivano da:

- Rendimento caldaie - dati di monitoraggio degli impianti presenti in Ateneo pari a 92,5 % (sul Potere Calorifico Inferiore - PCI, 9,6 kWh / Sm³) (PdM, 2019);
- SEER chiller:
 - dal 2015 al 2021 pari a 2,5 (dato di letteratura in linea con Regione Lombardia, 2020);
 - dal 2022 al 2030 come media ponderata tra il valore 2,5 (di letteratura) e 4,6 (monitoraggio dei nuovi impianti eseguito da Commissione Energia), in base alla % di gruppi frigo sostituiti (23% al 2022, 39% al 2024, 45% al 2025 e 75% al 2030), così come spiegato nel paragrafo 5.1.5. I valori ottenuti risultano essere i seguenti: 3,0 (2022), 3,3 (2024), 3,4 (2025) e 4,1 (2030).

5.1.2 Teleriscaldamento e teleraffrescamento Campus via La Masa

La costruzione di un impianto trigenerativo presso la sede di Bovisa (Campus via La Masa), pur approvata dagli organi di Ateneo nel dicembre 2017, è stata sospesa per il mutato quadro internazionale che vede la necessità sempre maggiore per il nostro Paese di svincolarsi da fonti energetiche provenienti da paesi esteri a rischio geopolitico.

Di conseguenza le riduzioni di emissioni di CO₂ attese (indicate nel precedente PdM, utilizzando l'approccio marginale, pari a 1.328 t/anno nel 2025 e 1.050 nel 2030)⁴⁵ non si sono realizzate e si ritiene poco probabile che si realizzeranno in futuro.

Le valutazioni tecnico-economiche previste per tale impianto si sono concentrate su una configurazione alternativa che prevede un maggiore utilizzo di fotovoltaico (si veda il paragrafo 5.1.4) e la realizzazione di una rete di teleriscaldamento e teleraffrescamento alimentata da pompe di calore, senza la presenza di una nuova centrale di trigenerazione a gas fossile.

Approccio di mercato – scenario Base (B) e Orientato al target (T)

Il Campus La Masa prevede di essere servito (in funzione dal 2027 circa) da una rete di teleriscaldamento e teleraffrescamento (TLRF) alimentata da pompe di calore/chiller con conseguente significativa riduzione delle emissioni di CO₂ legata ad una maggiore efficienza di generazione e distribuzione dell'energia all'interno degli edifici (i.e., riduzione della domanda di energia primaria non rinnovabile: maggiore riduzione dei consumi di gas naturale – Scopo 1 rispetto all'aumento della domanda di elettricità per il funzionamento della rete di TLRF servita da pompe di calore/chiller – Scopo 2). Oltre alla costruzione del sistema di TLRF si prevede, infatti, di rinnovare il sistema di distribuzione ed emissione dell'energia all'interno degli edifici.

⁴⁵ I precedenti Piani di Mitigazione (PdM) prevedevano solo l'approccio marginale per la stima delle emissioni evitate del trigeneratore.

Nello specifico verranno installate 9 Pompe di Calore (PdC) / Chiller (6 con sorgente esterna aria e 3 con sorgente esterna acqua). La potenza termica installata totale sarà pari a circa 9 MW_t (0,784 MW_t per le macchine ad aria e 1,4 MW_t per le macchine ad acqua), con una domanda elettrica per la produzione di calore totale pari a 1,76 GWh_e, più la domanda di elettricità del sistema di pompaggio (per il riscaldamento e raffrescamento) di 819 MWh_e. Le PdC appena descritte sono macchine reversibili con potenza frigorifera totale pari a 9 MW_f e domanda elettrica per produzione di freddo di 989 MWh_e.

In Tabella 5-5 viene dato dettaglio alle informazioni appena descritte, fornendo anche dati simulati in merito alla produzione di energia termica e frigorifera e al consumo di elettricità.

Tabella 5-5. Informazioni rete TLRF La Masa (scenario Base e Orientato al target).

| Voce | PdC/Chiller aria-acqua | PdC/Chiller acqua-acqua |
|---|---|--|
| Numero unità | 6 | 3 |
| Potenza installata (kW _e / unità) | 371 (elettrica) | 327 (elettrica) |
| Potenza installata (kW _{t o f} / unità) | 784 (termica) 941 (frigorifera) | 1.424 (termica) 1.122 (frigorifera) |
| <i>Consumi elettrici e produzione di energia aggregati per le macchine aria-acqua e acqua-acqua</i> | | |
| Consumi elettrici (MWh _e / anno) | 1.761 (per calore) 989 (per energia frigorifera) 819 (pompaggi) | |
| Calore in rete (MWh _t / anno) | 7.991 | |
| Energia frigorifera (MWh _f / anno) | 5.478 | |

Di seguito vengono mostrati i benefici in termini di riduzione delle emissioni di CO₂. Si specifica che il risparmio di energia legato alla riqualificazione del sistema di distribuzione all'interno degli edifici e il maggiore consumo legato alle perdite di distribuzione nella rete di TLRF non sono stati valutati. Inoltre, il beneficio è stato determinato in relazione solo all'anno 2030, in quanto si prevede che la rete entri in esercizio nel 2027. Di seguito (Tabella 5-6) i valori utilizzati per il calcolo delle emissioni evitate (endogene).

Tabella 5-6. Stima delle riduzioni di CO₂ apportate dalla rete di TLRF.

| Voce | Valore (2030) |
|---|-----------------------|
| Consumo di elettricità per produzione di calore (MWh _e / anno) – W ₁ | 1.761 |
| Consumo di elettricità per produzione di en. frigorifera (MWh _e / anno) – W ₂ | 989 |
| Consumo di elettricità per pompaggi (MWh _e / anno) – W ₃ | 819 |
| Produzione di energia termica da rete TLRF (MWh _t / anno) - Q _H | 7.991 |
| Rendimento caldaia (%) - η _c | 92,5 |
| Produzione di energia frigorifera da rete TLRF (MWh _f / anno) - Q _C | 5.478 |
| SEER macchine tradizionali - SEER | 2,5 |
| Fattore di emissione elettricità da rete (kgCO ₂ / kWh _e) - FE _w | 0,154 |
| Fattore di emissione del gas naturale (kgCO ₂ / GJ) - FE _{gas} | 56,33 |
| Emissioni endogene (tCO ₂ / anno) - RE _{TLRF} | -1.539 (B e T) |

Il valore di riduzione delle emissioni mostrato in tabella è stato calcolato utilizzando la seguente equazione (al netto delle trasformazioni da applicare ai valori riportati in tabella legate alle unità di misura):

$$RE_{TLRF} = (W_1 + W_2 + W_3) \times FE_W - \left(\frac{Q_H}{\eta_c} \times FE_{gas} + \frac{Q_c}{SEER} \times FE_W \right) \quad (5.1)$$

Importo stimato per l'investimento

Gli investimenti previsti per completare il rifacimento dei sistemi di distribuzione negli edifici (CAPEX) possono essere distribuiti tra il 2024 e il 2027 nel seguente modo: (i) 3,2 M€ (2024, già finanziati), (ii) 2,3 M€ (2025), (iii) 4,3 M€ (2026), e (iv) 1,9 M€ (2027), per un totale di 11,7 M€. Gli OPEX invece sono pari a 0,48 M€ / anno per 15 anni, ovvero 10,65 M€ (considerando l'intero orizzonte temporale), meno 3,5 M€ provenienti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). I 10,65 M€ sono legati alla costruzione della rete e all'installazione delle macchine (Pompe di Calore/Chiller) a servizio che Politecnico dovrà pagare al gestore (ente terzo) nell'orizzonte temporale.

In Tabella 5-10 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni:

- il primo indice della terza colonna della tabella è stato calcolato dividendo il CAPEX per le tonnellate evitate grazie alla soluzione nell'orizzonte temporale pari alla vita utile attesa (15 anni). Ovvero, 11,7 M€ / (- 1.539 tCO₂ x 15 anni);
- il secondo indice è stato calcolato utilizzando l'equazione (5.2).

$$VAN = C_i + \sum_{t=0}^N \frac{C_g - R_e}{(1+r)^t} + \frac{C_d}{(1+r)^N} \quad (5.2)$$

In cui:

- C_i , costo d'investimento (CAPEX), pari a 11,7 M€;
- C_g , OPEX, ovvero i costi che il Politecnico dovrà pagare al gestore della rete (ente terzo), considerati pari a 10,65 M€ (per 15 anni). A tali costi devono essere sottratti 3,5 M€ finanziati dal PNRR, ottenendo in totale 7,15 M€ (circa 480.000 € / anno). In più è stato aggiunto il costo di manutenzione dei secondari. Tale costo è stato assunto pari al 1% del costo d'investimento (117.000 €) (Kemna *et al.*, 2019);
- R_e sono i ricavi legati al mancato consumo energetico (circa 229.000 € /anno):
 - mancato consumo di gas, di - 7.991 MWh, considerando un PCI 9,6 kWh / Sm³ e un costo di 0,62 € / Sm³ (Snam e Terna, 2023);
 - aumento dei consumi elettrici, in totale + 1.378 MWh_e / anno legati a: (i) riduzione della domanda elettrica per il raffrescamento (-) e (ii) all'aumento dei consumi elettrici per la produzione di calore (+), assumendo un costo di 200 € / MWh_e (Snam e Terna, 2021; ARERA, 2024; QualEnergia, 2024);
- r è il tasso di sconto (assunto pari al 3%) (Sorrentino, 2024);
- C_d è il costo di dismissione (assunto pari a 1% del costo d'investimento, 117.000 €) (Kemna *et al.*, 2019);

- t sono gli anni, dall'anno 0 all'anno N, pari a 15 (vita utile attesa della tecnologia) (Kemna *et al.*, 2019).

Tabella 5-7. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla soluzione TLRF.

| Anno | CAPEX (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2030 | 11.700.000 | -507,00 | -698,00 |

Fonte dei dati utilizzati

I dati relativi alla rete di TLRF (i.e., numero macchine, tecnologia, potenze installate e dati di simulazione relativi ai consumi, importi, etc.) fanno riferimento ai dati presentati nella relazione di gestione del progetto “Teleriscaldamento e teleraffrescamento del Campus Politecnico Bovisa La Masa (Milano)” presentata per accedere al finanziamento PNRR, Missione 2, Componente 3, Investimento 3.1, Finanziato dall’Unione Europea - NextGenerationEU.

Il costo dell’elettricità è stato ricavato dal report di Snam e Terna “Scenario National Trend” (2021) in cui viene fornita la previsione dei prezzi del Prezzo Unico Nazionale (PUN) per il Nord Italia, a cui è stato aggiunto il valore monetario per ricavare il costo finale dell’elettricità (costo in bolletta) utilizzando i dati di ARERA (2024). Il valore ottenuto è stato arrotondato a 200 (€ / MWh_e) in modo cautelativo. Il costo del gas naturale è stato ricavato dal documento pubblicato da Snam e Terna “Documento di Descrizione degli Scenari 2022” (2023) a cui al prezzo negoziato al punto di scambio virtuale è stato aggiunto il 22% (QualEnergia, 2024).

5.1.3 Corpi illuminanti

Nel presente paragrafo viene descritta l’azione relativa alla sostituzione delle lampade tradizionali (neon) con lampade a LED, effettuando un confronto con quanto dichiarato nel PdM del 2019. Come evidenziato in Tabella 5-1, il beneficio è stato calcolato utilizzando l’approccio di mercato e adottando un target comune tra lo scenario “Base” e lo scenario “Orientato al target”.

Al 31.12.2022 risulta sostituito il 24% dei corpi illuminanti, ovvero 15.500 su un totale di 65.000 lampade. Tale valore ammontava al 15% nel 2015 (i.e., 9.750 su 65.000). La Tabella 5-8 mostra i target a confronto tra il PdM del 2019 e del 2022, evidenziando gli scenari Finanziato (F), Base (B) e Orientato al target (T).

Tabella 5-8. Confronto PdM 2019 vs. 2022 per corpi illuminanti.

| Anno | PdM 2019 | PdM 2022 |
|--------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 2024 (F) | - | Sostituzione 13.800 (24% + 21% = 45%) |
| 2025 (B + F) | Sostituzione 90% dei corpi | Sostituzione 7.000 (45% + 11% = 56%) |
| 2026 (B + F) | - | Sostituzione 7.000 (56% + 11% = 67%) |
| 2027 (B + F) | - | Sostituzione 7.000 (67% + 11% = 77%) |
| 2028 (B + F) | - | Sostituzione 7.000 (77% + 11% = 88%) |
| 2029 (B + F) | - | Sostituzione 7.000 (88% + 11% = 99%) |
| 2030 (B + F) | Sostituzione 100% dei corpi | Sostituzione 700 (99% + 1% = 100%) |

Approccio di mercato – scenario base e orientato al target

La stima del potenziale di riduzione si è basata sull'ipotesi di riduzione media del consumo di elettricità (Scopo 2) per ogni corpo illuminato, pari a circa il 75% rispetto ai consumi medi degli apparecchi installati nel 2015, in linea con quanto assunto nel PdM del 2019.

Come indicato in Tabella 5-8, a luglio 2022 è stato finanziato il progetto per l'installazione di LED in alcuni edifici del campus Leonardo, che prevede la sostituzione di 6.800 corpi illuminanti, più ulteriori 7.000 corpi nell'aprile 2024 grazie all'avanzo di bilancio, per un totale di 13.800 corpi illuminati. Nello scenario Base (B) e Orientato al target (T) si prevede di finanziare la sostituzione di 7.000 corpi illuminati all'anno (dal 2025 al 2030), in modo da raggiungere la completa sostituzione delle lampade. Il costo d'investimento preventivato (CAPEX) per sostituire le percentuali di corpi illuminanti risulta essere pari a 1,2 M€ / anno (per 7.000 corpi illuminati).

In Tabella 5-9 viene mostrata la stima delle riduzioni delle emissioni sui corpi illuminati descrivendo: (i) la domanda elettrica nel 2015 relativa all'illuminazione, (ii) la percentuale di riduzione dei consumi per lampada, (iii) la percentuale di sostituzione, e (iii) le emissioni evitate grazie alla soluzione. La riduzione dei consumi elettrici non viene mostrata in tabella ma risulta essere facilmente calcolabile: $6.799,5 \text{ MWh}_e \times 75\% \times \% \text{ di sostituzione}$. Inoltre, la tabella mostra la ripartizione del beneficio in: (i) intervento già implementato / finanziato (F), (ii) intervento da scenario (Base e Orientato al target – B e T), (iii) totale (F + B o F + T).

Tabella 5-9. Stima delle riduzioni delle emissioni di CO₂ dell'Ateneo dovute agli interventi sui corpi illuminanti.

| Voce | U.M. | Valore |
|--|-------------------------------------|---|
| <i>Dati e ipotesi di base</i> | | |
| Consumi elettrici nel 2015 | kWh _e / anno | 45.330.214 |
| % consumi da illuminazione | % | 15% |
| Consumi elettrici da illuminazione nel 2015 | kWh _e / anno | 6.799.523 |
| % riduzione consumo corpi a LED rispetto alla media degli installati | % | 75% |
| <i>Sostituzione dei corpi</i> | | |
| % corpi sostituiti al 2022 | % | 24% |
| % corpi sostituiti al 2024 | % | 45% |
| % corpi sostituiti al 2025 | % | 56% |
| % corpi sostituiti al 2030 | % | 100% |
| <i>Fattori di emissione (di mercato)</i> | | |
| Fattore di emissione per elettricità da rete (2022) | gCO ₂ / kWh _e | 291 |
| Fattore di emissione per elettricità da rete (2024) | gCO ₂ / kWh _e | 216 |
| Fattore di emissione per elettricità da rete (2025) | gCO ₂ / kWh _e | 196 |
| Fattore di emissione per elettricità da rete (2030) | gCO ₂ / kWh _e | 154 |
| <i>Emissioni evitate (endogene) rispetto al 2015</i> | | |
| Emissioni (2022) | tCO ₂ / anno | -351 (F) |
| Emissioni (2024) | tCO ₂ / anno | -495 (F) |
| Emissioni (2025) | tCO ₂ / anno | -448 (F) -107 (B e T) -556 (F + B = F + T) |
| Emissioni (2030) | tCO ₂ / anno | -354 (F) -433 (B e T) -787 (F + B = F + T) |

Importo stimato per l'investimento

Per attuare l'intervento si prevede di stanziare 1,2 M€ / anno dal 2025 al 2029, per un totale di 6,0 M€, a cui vanno aggiunti circa 200 k€ per sostituire le lampade rimanenti, in modo da raggiungere il 100% dei corpi al 2030. Gli importi sono stati calcolati considerando un costo specifico di acquisto e sostituzione pari a 175 € / lampada, sulla base dell'esperienza progressa.

In Tabella 5-10 vengono mostrati i due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni, così come spiegato nel paragrafo 5.1.2, considerando per l'equazione n. 5.2:

- C_g , costo di manutenzione assunto pari al 1% del costo d'investimento;
- R_e , ricavi legati al mancato consumo energetico. Considerando un costo dell'elettricità pari a 200 € / MWh_e sia per il 2025 che per il 2030;
- r , tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d , costo di dismissione (incluso nel costo d'investimento);
- t , orizzonte temporale, dall'anno 0 all'anno N, pari a 10 (vita utile attesa della tecnologia).

Tabella 5-10. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla soluzione corpi illuminanti.

| Anno | Investimento (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2025 | 1.200.000 | -1.118,00 | -255,00 |
| 2030 | 6.200.000 | -1.431,00 | -338,00 |

Si sottolinea che il modello utilizzato per il calcolo dell'investimento risulta essere cautelativo in quanto non considera il costo obbligato legato alla sostituzione dei corpi tradizionali arrivati a fine vita.

Fonte dei dati utilizzati

I dati relativi al numero di corpi illuminati tradizionali e a LED, così come gli importi di spesa, sono stati forniti dall'Area Tecnico Edilizia (ATE) e dalla Commissione Energia del Politecnico di Milano.

Il costo dell'elettricità è stato ricavato, come nel caso dell'azione precedente, dal report di Snam e Terna "Scenario National Trend".

5.1.4 Produzione di energia fotovoltaica

Il presente PdM prevede un significativo contributo alla decarbonizzazione delle emissioni di Ateneo grazie all'incremento sostanziale della potenza fotovoltaica installata prevista per gli anni futuri. I kWp, infatti, sono passati dai 29 kWp del 2015 ai 269 kWp del 2022. Nel 2023 è stata, inoltre, finanziata la messa in opera di 1,215 MWp (Lotto 1) e ulteriori 1,89 MWp nel 2024 (Lotto 2), per un totale parziale di 3,105 MWp. Arrivando a un totale (installato + finanziato) di $0,269 + 3,105 = 3,374$ MWp.

Nello scenario Orientato al target si prevede d'installare, a partire dal 2025 con effetti (benefici in relazione allo Scopo 2) al 2030, ulteriori moduli fotovoltaici (Lotto 3), pari a 1,55 MWp, raggiungendo un valore totale di 4,924 MWp.

Come indicato, al 31/12/2022, la potenza fotovoltaica risulta essere pari a 269 kWp, un valore pari a circa 9,3 volte la potenza installata nel 2015 (29 kWp). La Tabella 5-11 mostra un dettaglio a livello di edificio, descrivendo (i) potenza, (ii) superficie, e (ii) anno di entrata in esercizio.

Tabella 5-11. Potenze di energia fotovoltaica installata e in funzione nell'Ateneo.

| Sede | Edificio | Potenza installata (kWp) | m ² | Anno di entrata in esercizio |
|--|----------|--------------------------|----------------|------------------------------|
| Città Studi | Ed. 11 | 9,3 | 65,1 | < 2015 |
| | 16A | 30,24 | 211,68 | 2022 |
| | 16B | 28,8 | 201,6 | 2022 |
| | 20 | 22 | 154 | 2022 |
| | 43 | 56 | 392 | 2022 |
| Bovisa La Masa | B18A | 10,7 | 74,9 | 2022 |
| | BL25 | 60 | 420 | 2022 |
| | BL26 | 6,5 | 45,5 | 2022 |
| | BL27 | 25 | 175 | 2022 |
| Lecco | Ed. 9 | 20 | 140 | < 2015 |
| Totale potenza fotovoltaica al 31/12/2022 | | 269 | 1 880 | - |

Di seguito viene fornito il piano di sviluppo previsto per gli impianti fotovoltaici, fornendo una descrizione degli impianti previsti all'interno dei Lotti 1, 2 e 3, così come descritto nel Piano Strategico di Ateneo:

- Lotto 1 (1,215 MWp): (i) 930 kWp previsti nella sede Città Studi (Campus P.zza L. da Vinci) e ulteriore fotovoltaico previsto nella sede Bovisa, Campus La Masa, così ripartito, (ii) 75 kWp edificio BL 31 - EN:LAB (terminato nel 2023), (iii) 60 kWp Edificio B22 e (iv) 150 kWp Edificio B23;
- Lotto 2 (1,89 MWp): (i) 390 kWp previsti nella sede Città Studi (Campus P.zza L. da Vinci), (ii) 1.100 kWp sede Bovisa, Campus La Masa e (iii) 400 kWp sede Bovisa, Campus Durando.
- Lotto 3 (1,55 MWp): (i) 295 kWp previsti nella sede Città Studi, (ii) 833 kWp sede Bovisa, Campus La Masa, edifici B13, B14, B15 e B16, (iii) 415 kWp sede Bovisa, Campus Durando, edifici B2 e B8.

Il fotovoltaico installato in copertura delle nuove costruzioni che verranno ultimate prima del 2025 ed entro 2030 è il seguente:

- 2025:
 - 200 kWp, presso la sede di Cremona;
 - 19,2 kWp, presso la sede di Milano Bovisa, Campus La Masa, edificio Rototower.
- 2030:
 - 7,11 kWp, presso la sede di Milano Bovisa, Campus Durando, edificio La Domus del Professore;
 - 266 kWp, realizzazione nuovi edifici destinati al DCMIC e al DEIB;
 - 4.700 kWp, presso la sede di Milano Bovisa, Campus Nord (La Goccia).

Si precisa che il Campus Nord (La Goccia) è stato inserito nella valutazione nonostante non siano disponibili al momento stime riguardo alla popolazione (la popolazione descritta nel paragrafo 2.4.1.2 non comprende la popolazione del Campus Nord). Tale inserimento non cambia il risultato finale (in termini di emissioni assolute) del Piano di Mitigazione (PdM), in quanto il Campus è stato assunto come distretto a energia zero, ovvero la produzione annuale di energia elettrica dei 4,7 MWp di fotovoltaico (FTV) installato è sufficiente a coprire la domanda di energia (totalmente elettrica) dell'intero Campus, pertanto a emissioni nulle (secondo l'approccio di mercato). L'inserimento del Campus nella valutazione introduce altresì una diversa visualizzazione dei risultati, rispetto al mancato inserimento, perché: (i) introduce beneficio in termini di emissioni evitate visualizzato in questo paragrafo, grazie ai 4.7MWp di FTV, (ii) pari alle emissioni di CO₂ stimate nel paragrafo 5.1.11 per l'aumento della superficie riscaldata e raffrescata e dei consumi elettrici associati. La valutazione risulta non essere bilanciata se si confrontano i benefici legati alla produzione e autoconsumo di energia elettrica da FTV, nell'approccio marginale, rispetto ai carichi ambientali legati all'aumento di superficie (con i benefici maggiori dei carichi).

In Tabella 5-12 viene mostrato un prospetto riepilogativo relativo al fotovoltaico installato e previsto a seconda dei due scenari (Base e Orientato al target), fornendo una ripartizione temporale della potenza di picco installata suddivisa tra gli scenari: (i) Installato / Finanziato (F), (ii) Base (B) e (iii) Orientato al target (T).

Nelle sezioni successive vengono mostrati i risultati ottenuti, in termini di emissioni di CO₂ evitate (Scopo 2), in base ai due approcci "di mercato" e "marginale".

Tabella 5-12. Prospetto potenza fotovoltaica installata e confronto con PdM 2019.

| Voce | 2024 (MWp) | 2025 (MWp) | 2030 (MWp) | Scenario |
|---|--------------|--------------|---------------|----------|
| <i>Previsione potenza installata PdM 2019</i> | | | | |
| PdM 2019 | - | 1,000 | 2,000 | - |
| <i>Previsione potenza installata PdM 2022</i> | | | | |
| FTV installato | 0,269 | 0,269 | 0,269 | F |
| Lotto 1 | 1,215 | 1,215 | 1,215 | F |
| Lotto 2 | - | 1,890 | 1,890 | F |
| Lotto 3 | - | - | 1,550 | T |
| Nuovi edifici | - | 0,219 | 5,192 | F |
| Totale (F) | 1,484 | 3,593 | 8,566 | F |
| Totale (F + T) | 1,484 | 3,593 | 10,116 | F + T |

Approccio di mercato

La Tabella 5-13 mostra i risultati ottenuti con l'approccio "di mercato" nei due scenari "Base" e "Orientato al target", in relazione agli anni 2022, 2024, 2025 e 2030 rispetto al 2015. I risultati sono stati valutati assumendo un numero di ore equivalenti pari a 1.050 (ottenute da simulazioni) e 1.100 (nel 2030). Il numero di ore equivalenti di funzionamento degli impianti è stato aumentato per tener conto dei probabili sviluppi nell'efficienza dei pannelli⁴⁶. In

⁴⁶ Nel 2025 e 2030 le ore equivalenti sono state assunte pari a 1.100 per tutti i pannelli (nuovi e vecchi), trascurando la potenziale minore efficienza dei pannelli vecchi (installati precedentemente al 2025) ritenuta essere poco significativa nella stima di riduzione delle emissioni. Infatti, i pannelli più che raddoppiano in

tabella inoltre viene mostrato il beneficio in base all'energia autoconsumata (assunto pari all'80% del totale prodotto, in base ai giorni di apertura dell'Ateneo) ed all'energia esportata alla rete (20% del totale prodotto), dal 2025 in poi ceduta alle Comunità Energetiche Rinnovabili e Solidali (CERS).

Tabella 5-13. Stima delle riduzioni di CO₂ (rispetto al 2015) sugli impianti fotovoltaici.

| Voce | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
|---|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Potenza installata | MWp | 0,029 (F) 0 (T) | 0,269 (F) 0 (T) | 1,484 (F) 0 (T) | 3,593 (F) 0 (T) | 8,566 (F) 1,550 (T) |
| Ore equivalenti | h | 1.050 | 1.050 | 1.050 | 1.100 | 1.100 |
| Produzione | MWh _e | 30 (F) 0 (T) | 282 (F) 0 (T) | 1.558 (F) 0 (T) | 3.952 (F) 0 (T) | 9.423 (F) 1.705 (T) |
| Autoconsumo | MWh _e | 24 (F) 0 (T) | 226 (F) 0 (T) | 1.247 (F) 0 (T) | 3.162 (F) 0 (T) | 7.538 (F) 1.364 (T) |
| Export alla rete | MWh _e | 6 (F) 0 (T) | 56 (F) 0 (T) | 312 (F) 0 (T) | 790 (F) 0 (T) | 1.885 (F) 314 (T) |
| Fattore di emissione di elettricità da rete | gCO ₂ / kWh _e | - | 291 | 216 | 196 | 154 |
| Emissioni endogene (Autoconsumo) | tCO ₂ / anno | - | -59 (F) 0 (T) | -264 (F) 0 (T) | -613 (F) 0 (T) | -1.160 (F) -211 (T) |
| Emissioni endogene (Export) | tCO ₂ / anno | - | -15 (F) 0 (T) | -66 (F) 0 (T) | -153 (F) 0 (T) | -290 (F) -53 (T) |

Approccio marginale

Allo stesso modo della Tabella 5-13, la Tabella 5-14 mostra i risultati ottenuti con l'approccio "marginale" nei due scenari "Base" e "Orientato al target", in relazione agli anni 2022, 2024, 2025 e 2030 rispetto al 2015.

Tabella 5-14- Stima delle riduzioni di CO₂ (rispetto al 2015) sugli impianti fotovoltaici.

| Voce | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
|---|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Potenza installata | MWp | 0,029 (F) 0 (T) | 0,269 (F) 0 (T) | 1,484 (F) 0 (T) | 3,593 (F) 0 (T) | 8,566 (F) 1,550 (T) |
| Ore equivalenti | h | 1.050 | 1.050 | 1.050 | 1.100 | 1.100 |
| Produzione | MWh _e | 30 (F) 0 (T) | 282 (F) 0 (T) | 1.558 (F) 0 (T) | 3.952 (F) 0 (T) | 9.423 (F) 1.705 (T) |
| Autoconsumo | MWh _e | 24 (F) 0 (T) | 226 (F) 0 (T) | 1.247 (F) 0 (T) | 3.162 (F) 0 (T) | 7.538 (F) 1.364 (T) |
| Export alla rete | MWh _e | 6 (F) 0 (T) | 56 (F) 0 (T) | 312 (F) 0 (T) | 790 (F) 0 (T) | 1.885 (F) 314 (T) |
| Fattore di emissione di elettricità da rete | gCO ₂ / kWh _e | - | 579 | 370 | 370 | 370 |
| Emissioni endogene (Autoconsumo) | tCO ₂ / anno | - | -105 (F) 0 (F+T) | -639 (F) 0 (T) | -1.642 (F) 0 (T) | -2.777 (F) -504 (T) |
| Emissioni endogene (Export) | tCO ₂ / anno | - | -26 (F) 0 (T) | -160 (F) 0 (T) | -410 (F) 0 (T) | -694 (F) -126 (T) |

termini di potenza tra il 2024 e il 2025 e la differenza delle ore equivalenti risulta essere pari a 50 ore (1.100 – 1.050 = 50 ore).

Importo stimato per l'investimento

Per attuare l'intervento si prevede di stanziare (all'interno dello scenario Orientato al target) circa 10 M€ per il completamento del Lotto 3. Tale CAPEX risulta essere comprensivo delle opere civili necessarie per l'installazione degli impianti (e.g., rifacimento del manto della copertura, rinforzi strutturali, bonifiche materiali) che risulta nel caso del Lotto 3 particolarmente oneroso.

In Tabella 5-15 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni, così come spiegato nel paragrafo 5.1.2, considerando l'equazione n. 5.2:

- C_g , costo di manutenzione assunto pari al 1% del costo d'investimento;
- R_e , ricavi legati al mancato consumo energetico. Considerando un costo dell'elettricità pari a 200 € / MWh_e sia per il 2025 che per il 2030;
- r , tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d , costo di dismissione (incluso nel costo di investimento);
- assumendo un incentivo per l'elettricità condivisa con le Comunità Energetiche Rinnovabili e Solidali (CERS) di 100 € / MWh_e (come somma dell'incentivo in funzione della taglia dell'impianto, prezzo zonale e regionale), supponendo che sia la totalità dell'elettricità esportata, oltre a un prezzo per l'energia immessa in rete di 50 € / MWh_e.
- t , orizzonte temporale, dall'anno 0 all'anno N, pari a 25 (vita utile attesa della tecnologia, valore medio da letteratura).

Si sottolinea che in tabella il calcolo degli indici è stato effettuato considerando le emissioni evitate grazie alla totalità dell'energia elettrica prodotta dal Lotto 3 con potenza pari a 1,55 MWp.

Tabella 5-15. Stima del costo di decarbonizzazione grazie al fotovoltaico (Lotto 3).

| Approccio | Investimento (€) | Investimento (€) / tCO₂ | VAN (€) / tCO₂ |
|-------------------|-------------------------|---|----------------------------------|
| Di mercato (2030) | 10.000.000 | -1.519,00 | -689,00 |
| Marginale (2030) | 10.000.000 | -635,00 | -288,00 |

Fonte dei dati utilizzati

I dati relativi alla potenza fotovoltaica installata e prevista sono stati forniti dalla Commissione Energia, per quanto riguarda gli edifici costruiti. Al contrario, i kWp relativi alle nuove costruzioni sono stati indicati da ATE.

5.1.5 Macchine frigorifere

Come nel caso del trigeneratore per la sede di Milano Città Studi (paragrafo 5.1.1), questa azione è stata completamente ammessa a finanziamento; pertanto, in questo paragrafo verranno mostrati i benefici attesi nell'orizzonte temporale di analisi (2024, 2025 e 2030 vs. 2015) senza dare evidenza economica della spesa prevista (F), come indicato nelle precedenti sezioni.

La stima del potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂ tramite interventi sulle macchine frigorifere si è basata sull'ipotesi di sostituzione ogni anno del 5% delle macchine meno

efficienti esistenti al 2015, raggiungendo il 50-60% (nel 2025) e il 75-90% (nel 2030) di sostituzione degli apparecchi rispetto al 2015.

La potenza frigorifera totale installata nel 2015 è stata stimata pari a circa 30 MW_f.

Al 31/12/2022 sono state installate le seguenti macchine in sostituzione di altre vetuste:

Sede Città Studi (Milano)

- Edificio 2A, 1 macchina da 170 kW_f;
- Edificio 4, 1 macchina da 175 kW_f;
- Edificio 8, 1 macchina da 150 kW_f;
- Edificio 9, 2 macchine da 204 kW_f (i circa 110 kW_f aggiuntivi rispetto alla potenza nominale sostituita in previsione dell'aumento di domanda frigorifera nei prossimi anni);
- Edificio 29, 1 macchina da 73 kW_f (eseguito dalla proprietà);
- Edificio 32, 1 macchina da 79 kW_f, 1 macchina da 206 kW_f.

Oltre alle nuove macchine sopra elencate è opportuno sottolineare che in seguito all'installazione dell'assorbitore per la produzione di energia frigorifera (trigeneratore), i seguenti sistemi individuali sono attualmente utilizzati come sistema di back-up o sono stati dismessi:

Sede Città Studi (Milano)

- Edificio 19, 250 kW_f utilizzati come back-up;
- Edificio 20, 258 kW_f utilizzati come back-up;
- Edificio 21, 720 kW_f utilizzati come back-up;
- Edificio 22, 585 kW_f utilizzati come back-up;
- Edificio 23, 180 kW_f sostituiti con l'assorbitore presente nell'impianto di trigenerazione;
- Edificio 24, 340 kW_f utilizzati come back-up;
- Edificio 25, 300 kW_f utilizzati come back-up.

Sede Bovisa (Milano)

- Edificio B2, 2 macchine da 880 kW_f;
- Edificio B12, 1 macchina da 860 kW_f;
- Edificio B22, 1 macchina da 393 kW_f.

Il totale della potenza frigorifera sostituita (comprendendo il back-up) è stato pari a 6,7 MW_f, circa il 23% della potenza totale. In Tabella 5-16 viene fornito un confronto tra i target di sostituzione dei gruppi frigo in termini % rispetto alla potenza frigorifera del 2015 sostituita.

Tabella 5-16. Confronto % di sostituzione gruppi frigo.

| Anno | PdM 2019 | PdM 2022 |
|------|------------------|------------------|
| 2022 | Sostituzione 25% | Sostituzione 23% |
| 2025 | Sostituzione 50% | Sostituzione 45% |
| 2030 | Sostituzione 75% | Sostituzione 75% |

Approccio di mercato – investimenti in essere

Nel presente paragrafo viene descritto il modello di calcolo utilizzato per la stima dei benefici relativi alla sostituzione dei gruppi frigo. La valutazione esclude il beneficio ottenuto dall'installazione di macchine che adottano un gas refrigerante con ridotto Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP), in quanto la CO₂ è l'unico gas serra considerato nel Piano di Mitigazione (PdM) e nell'Inventario di Ateneo, come riportato nel precedente paragrafo 2.4.3.

I dati di base delle macchine termiche, per fasce di potenza, e i corrispondenti consumi elettrici sono mostrati nella seguente Tabella 5-17.

Tabella 5-17. Numero di macchine frigorifere e stima dei consumi elettrici nel 2015.

| Voce | ≤ 10 kW _f | 10 – 30 kW _f | 30 – 50 kW _f | 50 – 100 kW _f | 100 – 500 kW _f | > 500 kW _f | Totale |
|---|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|--------|
| N. macchine | 252 | 46 | 13 | 13 | 36 | 20 | 380 |
| Potenza installata (kW _f) | 1.380 | 890 | 533 | 862 | 9.091 | 16.878 | 29.634 |
| % macchine | 66% | 12% | 3% | 3% | 9% | 5% | 100% |
| % potenza | 5% | 3% | 2% | 3% | 31% | 57% | 100% |
| Ore equivalenti (h) | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 |
| Consumi frigoriferi (MWh _f / anno) | 1.242 | 801 | 480 | 776 | 8.182 | 15.190 | 26.671 |
| SEER macchine esistenti | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Consumi elettrici (MWh _e / anno) | 497 | 320 | 192 | 310 | 3.273 | 6.076 | 10.668 |

I consumi elettrici così stimati, pari a 10,7 GWh, considerando il numero di ore di funzionamento a pieno carico pari a 900 ore / anno, desunte da dati di monitoraggio di alcune macchine frigo in relazione all'anno 2022. Per la stima delle riduzioni delle emissioni sono stati considerati maggiori *Seasonal Energy Efficiency Ratio* (SEER), pari a 4,6, anch'essi ottenuti da dati di monitoraggio sulle macchine.

Le riduzioni dei consumi elettrici e delle corrispondenti emissioni di CO₂ sono mostrate nella seguente Tabella 5-18.

Tabella 5-18. Stima delle riduzioni consumi da interventi sulle macchine frigorifere.

| Taglia potenza macchine frigorifere | Consumi elettrici (kWh€/anno) | SEER nuove macchine | % riduzione consumi | Riduzione consumi massima (kWh€/anno) | Quota intervento % | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
| ≤ 10 kW | 496.800 | 4,6 | 46% | 226.800 | 0% | 60% | 71% | 90% |
| 10 - 30 kW | 320.400 | 4,6 | 46% | 146.270 | 0% | 34% | 78% | 90% |
| 30 - 50 kW | 191.880 | 4,6 | 46% | 87.597 | 0% | 56% | 80% | 80% |
| 50 - 100 kW | 310.320 | 4,6 | 46% | 141.668 | 18% | 29% | 64% | 80% |
| 100 - 500 kW | 3.272.760 | 4,6 | 46% | 1.494.086 | 29% | 41% | 42% | 75% |
| > 500 kW | 6.076.080 | 4,6 | 46% | 2.773.863 | 23% | 37% | 41% | 75% |
| Totale | 10.668.240 | - | 46% | 4.870.283 | 23% | 39% | 45% | 75% |

Tabella 5-19 viene mostrato il beneficio ottenuto fornendo una ripartizione temporale in base alla taglia di potenza delle macchine frigorifere rispetto ai target descritti precedentemente relativi a sostituzioni, già installate, già finanziate (F).

Tabella 5-19. Riduzione delle emissioni grazie alla sostituzione delle macchine frigorifere.

| Emissioni (tCO ₂ / anno) - endogene | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Taglia potenza macchine frigorifere | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
| ≤ 10 kW | - | -30 | -32 | -32 |
| 10 - 30 kW | - | -11 | -22 | -20 |
| 30 - 50 kW | - | -11 | -14 | -11 |
| 50 - 100 kW | -7 | -9 | -18 | -18 |
| 100 - 500 kW | -125 | -131 | -122 | -173 |
| > 500 kW | -187 | -224 | -222 | -321 |
| Totale (F) | -320 | -415 | -429 | -574 |

Fonte dei dati utilizzati

Come evidenziato all'interno della descrizione dell'azione:

- la mappatura delle macchine frigorifere deriva dai precedenti Piani di Mitigazione;
- i valori dei SEER derivano da dati di letteratura (macchine obsolete, come specificato nel paragrafo 5.1.1) e da dati di monitoraggio (nuove macchine);
- le ore di funzionamento a pieno carico derivano da dati di monitoraggio della Commissione Energia, così come i target e le macchine a oggi sostituite.

5.1.6 Interventi su involucro e impianti degli edifici

In questo paragrafo del documento vengono descritti gli interventi finanziati (F) e previsti nello scenario "Orientato al target" (T) rivolti alla riqualificazione energetica dell'involucro e alla sostituzione dei sistemi di generazione, distribuzione ed emissione all'interno degli edifici. Il paragrafo esclude la realizzazione della rete di teleriscaldamento e teleraffrescamento del Campus La Masa in quanto ampiamente descritta al paragrafo 5.1.2.

Al fine di valutare il beneficio atteso dagli interventi è stata effettuata una mappatura degli edifici dell'Ateneo, con lo scopo di ricavare come è variata la superficie di pavimento riscaldata e raffrescata nel tempo, grazie all'aiuto dell'Area Tecnico Edilizia (ATE), Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) e Commissione Energia. Successivamente sono stati utilizzati i dati di consumo energetico specifici monitorati da Commissione Energia all'interno del report "Bilancio Energetico di Ateneo (BEA) 2019". Infine, sulla base dell'edificio oggetto di riqualificazione futura e dell'intervento previsto (informazioni fornite da ATE), sono stati assunti dei valori di riduzione del fabbisogno per riscaldamento e raffrescamento, utilizzando le indicazioni contenute nel "Rapporto Annuale – Detrazioni Fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti" per la Lombardia (ENEA, 2022). Il beneficio in termini di emissioni di CO₂ è stato valutato considerando la riduzione dei consumi di gas naturale ed elettricità per riscaldamento e raffrescamento, più l'aumento dei consumi elettrici a seguito del *retrofitting* degli impianti (sostituzione di caldaia con Pompa di Calore)⁴⁷.

Mappatura della superficie di pavimento riscaldata e raffrescata

La superficie di pavimento utile per edificio dal 2015 al 2022 è stata ricostruita utilizzando PoliMaps. I dati raccolti relativi agli edifici (e ai vani interni), classificati in base al Polo, Sede, Campus e nome dell'edificio, sono stati successivamente verificati insieme ai responsabili dei pertinenti Uffici. La verifica ha permesso di valutare: (i) l'effettiva variazione di superficie (tra il 2015 e il 2022), (ii) la cessione, acquisto, costruzione ex-novo o demolizione durante il periodo analizzato, (iii) le eventuali variazioni in merito alla superficie di pavimento raffrescata, sempre tra il 2015 e il 2022.

La superficie di pavimento riscaldata (generalmente minore rispetto alla superficie utile) è stata infine calcolata considerando solo i seguenti vani afferenti agli edifici: aule, connettivo, deposito e magazzini, laboratori, locale tecnico, sale riunioni, spazi in uso a terzi, uffici, servizi igienici, archivi, spazio mostre, portineria (rimuovendo quindi dal valore totale i vani con destinazione d'uso diversa da quelle appena descritte). I valori ottenuti sono stati confrontati con quanto indicato all'interno degli Attestati di Prestazione Energetica (APE), in relazione all'anno di registrazione dell'APE, ottenendo una sovrastima della superficie pari al 5%. Il valore d'incertezza è stato ottenuto analizzando 12 APE su un totale di 142 edifici dell'Ateneo (pari a circa l'11% in termini di superficie), al netto delle residenze, escluse dall'Inventario delle emissioni. I valori di superficie di pavimento raffrescata (2022) infine sono stati calcolati, sulla base della superficie di pavimento riscaldata, utilizzando quanto determinato dalla Commissione Energia (rapporto per singolo edificio tra superficie di pavimento raffrescata e riscaldata). In Tabella 5-20 vengono mostrati i risultati ottenuti dall'analisi.

Tabella 5-20. Variazione superficie di pavimento 2015 – 2022.

| Anno | Sup. riscaldata (m ²) | Sup. raffrescata (m ²) |
|------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 2015 | 351.891 | 277.671 |
| 2022 | 352.900 | 304.895 |

⁴⁷ L'elettificazione del calore è stata valutata solo nei casi in cui l'edificio è servito da sistemi di generazione individuale (es. Milano - Città Studi, edificio 26, etc.). Non è stata valutata per gli edifici serviti dal trigeneratore (es. Milano - Città Studi, edifici 4 e 5, etc.).

Riduzione dei consumi per riscaldamento e raffrescamento

In questo paragrafo vengono descritti gli interventi (a) effettuati sugli edifici dell'Ateneo nell'orizzonte 2015 - 2022 e (b) previsti entro il 2030.

(a) Interventi effettuati prima del 31.12.2022

Nella Tabella 5-21 sono elencati gli edifici che hanno subito una riqualificazione energetica dal 2015 al 2022⁴⁸. Le informazioni sono state ottenute grazie a un confronto con l'Area Tecnico Edilizia (ATE). Oltre all'indicazione dell'edificio oggetto di riqualificazione, la tabella mostra una descrizione sintetica di come l'intervento è stato valutato nel modello di stima di riduzione dei consumi (colonna "Intervento considerato nell'analisi"). Inoltre, si riporta la superficie di pavimento riscaldata e raffrescata oggetto dell'intervento stesso.

Tabella 5-21. Edifici oggetto di riqualificazione nel periodo 2015-2022.

| Edificio | Intervento considerato nell'analisi | Superficie risc. intervento (m²) | Superficie raff. intervento (m²) |
|------------------------|--|--|--|
| Lecco, Ed. 12 | RI | 3.700 | 3.054 |
| M. Città Studi, Ed. 2 | SI | 1.035 | 1.035 |
| M. Città Studi, Ed. 4A | SI | 976 | 788 |
| M. Città Studi, Ed. 11 | SI | 2.094 | 2.094 |
| M. Città Studi, Ed. 12 | RI | 2.492 | 2.492 |
| M. Città Studi, Ed. 13 | RI + R.Imp | 5.194 | 5.194 |
| M. Città Studi, Ed. 14 | SI | 5.080 | 4.957 |
| M. Città Studi, Ed. 20 | RI | 7.486 | 7.486 |
| M. Bovisa, Ed. B7 | RI | 3.790 | 3.790 |
| M. Bovisa, Ed. BL 26 | RI | 9.548 | 9.548 |
| <i>Nomenclatura</i> | | | |
| RI | Riqualificazione involucro disperdente (opaco e trasparente) | | |
| SI | Sostituzione infissi | | |
| R.Imp | Rifacimento sistemi di distribuzione ed emissione del calore | | |

I valori di riduzione dei consumi sono stati infine così determinati. I valori di fabbisogno (energia a valle del sistema di generazione, Q_{gen}), sono stati calcolati a partire dal rapporto BEA 2019 redatto da Commissione Energia. Il rapporto BEA infatti riporta per ogni edificio di Ateneo la Q_{gen} per l'anno 2019. Dato che gli interventi mostrati in Tabella 5-21 sono stati implementati in alcuni casi prima e in altri dopo il 2019, la situazione ante o post-intervento è stata ricostruita moltiplicando i valori Q_{gen} con valori di riduzione *proxy* dedotti dal "Rapporto Annuale – Detrazioni Fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti" di ENEA per la Lombardia. ENEA indica una riduzione del fabbisogno di energia pari al 52% nel caso della riqualificazione dell'intero

⁴⁸ Nella tabella non viene indicato l'edificio 7 (Milano Città Studi) in quanto le informazioni disponibili, relative alla riqualificazione del piano rialzato, non hanno permesso di quantificare il beneficio in termini di riduzione dei consumi energetici.

involucro e del sistema di distribuzione ed emissione⁴⁹ (RI o RI + R.Imp, in Tabella 5-21) e pari al 20% nel caso della sostituzione degli infissi (SI). I valori Q_{gen} sono stati pertanto moltiplicati per:

- $(1,00 - 0,52) = 0,48$ nel caso di RI (o RI + R.Imp) e $(1,00 - 0,20) = 0,80$ nel caso di SI, al fine di ottenere il valore di fabbisogno post-intervento (per gli interventi avvenuti dopo il 2019);
- $(1 / 0,48)$ nel caso di RI (o RI + R.Imp) e $(1 / 0,80)$ nel caso di SI, al fine di ottenere il valore di fabbisogno pre-intervento (per gli interventi avvenuti prima del 2019);

In realtà l'intervento di sostituzione dei serramenti per gli edifici in esame (i.e., Ed. 2, 4A, 11 e 14) non è completo ma relativo solo a una porzione dei serramenti in essere. Non essendo disponibile il dato relativo alla superficie finestrata sostituita rispetto alla superficie finestrata totale, il valore di risparmio *proxy* pari al 20% non è stato utilizzato in questo paragrafo (Interventi effettuati prima del 31.12.2022). L'energia risparmiata è stata quindi ottenuta da un altro dato pubblicato nel rapporto di ENEA. Il documento, infatti, indica un costo per la Lombardia legato alla sostituzione dei serramenti di 10,20 [€/ (kWh_{ep, nren} / anno)], relativo al solo riscaldamento invernale. Utilizzando gli importi di spesa forniti da ATE: (i) € 143.618 (Ed. 2), (ii) € 297.000 (Ed. 4A), (iii) € 885.000 (Ed. 11) e (iv) € 715.000 (Ed. 14) sono stati quindi ricavati i kWh di gas naturale risparmiati grazie alla seguente equazione:

$$Rid. con. gas naturale (kWh) = \frac{CAPEX (\text{€}) \times 30 (\text{anni})}{1,05 \left(\frac{kWh_{PE,nren}}{kWh} \right) \times 10,20 \left(\frac{\text{€}}{kWh_{PE,nren}/\text{anno}} \right)} \quad (5.3)$$

Dove:

- il CAPEX è l'importo di spesa (€) indicato per ciascun edificio (€);
- 30 sono gli anni di vita utile attesa dei serramenti;
- 1,05 è il fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile del gas naturale (Regione Lombardia, 2020);
- 10,20 [€/ (kWh_{ep, nren} / anno)] è il costo per la Lombardia legato alla sostituzione dei serramenti secondo il Rapporto Annuale – Detrazioni Fiscali (ENEA, 2022).

Ottenuti i kWh di gas naturale risparmiati, i valori di Q_{gen} sono stati determinati assumendo un rendimento del generatore (caldaia) pari a 92,5% (PdM, 2019).

La Tabella 5-22 mostra i valori di fabbisogno pre e post-intervento. Si sottolinea che, nel caso dei fabbisogni per raffrescamento, il rapporto non fornisce dati specifici (kWh_f / m².anno) ma dati a livello di interno edificio (kWh_f / anno), i valori specifici sono stati quindi ottenuti dividendo i valori a livello di intero edificio per le superfici raffrescate indicate in Tabella 5-21.

⁴⁹ In modo cautelativo non è stato valutato il beneficio legato al rifacimento del sistema di distribuzione ed emissione.

Tabella 5-22. Valori di fabbisogno pre e post-intervento (2015-2022).

| Edificio | Fine lavori | Riscaldamento (CI) e ACS | | Raffrescamento (CE) | |
|--|-------------|---|--|---|--|
| | | Pre-intervento (kWh _f / m ² .a) | Post-intervento (kWh _f / m ² .a) | Pre-intervento (kWh _f / m ² .a) | Post-intervento (kWh _f / m ² .a) |
| Lecco, Ed. 12 | < 2019 | 73,1 (*) | 38,0 | 46,4 (*) | 24,1 |
| M. Città Studi, Ed. 2 | > 2019 | 80,3 | 68,4 | 106,4 | 90,7 |
| M. Città Studi, Ed. 4A | > 2019 | 94,5 | 75,6 | 46,4 (*) | 37,1 |
| M. Città Studi, Ed. 11 | > 2019 | 66,2 | 53,0 | 53,3 | 42,6 |
| M. Città Studi, Ed. 12 | < 2019 | 73,1 (*) | 38,0 | 86,7 | 41,6 |
| M. Città Studi, Ed. 13 | < 2019 | 73,1 (*) | 38,0 | 46,4 (*) | 24,1 |
| M. Città Studi, Ed. 14 | > 2019 | 73,1 (*) | 61,0 | 47,7 | 39,8 |
| M. Città Studi, Ed. 20 | < 2019 | 104,8 | 50,3 | 100,2 | 48,1 |
| M. Bovisa, Ed. B7 | > 2019 | 73,1 (*) | 38,0 | 46,4 (*) | 24,1 |
| M. Bovisa, Ed. BL 26 | > 2019 | 12,4 | 12,4 | 90,7 | 47,2 |
| Valore medio ponderato del campione (**) | - | 73,1 | - | 46,4 | - |

(*) Gli edifici 12, 13 e 14 non presentano valori di fabbisogno in quanto serviti da trigeneratore. L'edificio 4A e 14 non erano climatizzati nel 2019, lo sono stati successivamente (2022). L'edificio 12 (Lecco) e B7 (Milano Bovisa) non sono presenti nel rapporto BEA. In questi casi sono stati utilizzati, in modo cautelativo, i valori di fabbisogno medi ponderati del campione BEA 2019.

(**) Il campione si riferisce agli edifici analizzati nel rapporto BEA 2019, pari a 80 su 142 edifici.

(b) Interventi previsti dopo il 31.12.2022

In questo paragrafo del documento vengono descritti gli interventi previsti sugli edifici di Ateneo classificandoli in due dei tre scenari, i.e., Finanziato (F) e Orientato al target (T), in quanto non sono stati previsti interventi per lo scenario Base (B).

La Tabella 5-23 mostra gli interventi previsti descrivendo: (i) l'edificio e (ii) l'anno in cui viene preventivato il finanziamento. Nello specifico si stima che parte degli investimenti descritti nello scenario Orientato al target saranno completati successivamente al 2030. Pertanto, i benefici che verranno esposti nel successivo paragrafo potranno non verificarsi all'interno dei confini temporali del presente Piano di Mitigazione (effetti successivi al 2030) denominati da ora in avanti con "Oltre il 2030". In particolare, lo scenario adottato per la stima delle emissioni evitate prevede che il 50% degli investimenti indicati in tabella (nella colonna 2030) matureranno oltre tale data "Oltre il 2030".

Tabella 5-23. Interventi su edifici (involucro e impianti).

| Interventi e Scenario | 2024 | 2025 | 2030 |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Involucro e distribuzione ed emissione calore (F) | Edifici 4 e 5 (1/2) (M. Città Studi) | - | - |
| Infissi (F) | Edificio 6 (*) (M. Città Studi) | - | - |
| Involucro e impianti – generazione, distribuzione ed emissione (T) | - | Edificio 26 (M. Città Studi) | Stanziati 20 M€ dal 2026 al 2030 su edifici da definire. |
| Infissi (T) | - | Edifici 1, 2, 3 e 9 (M. Città Studi) | - |

(*) L'intervento di rifacimento dell'impianto di condizionamento rientra nell'azione "Macchine frigorifere".

La Tabella 5-24 mostra i valori di fabbisogno di energia (per riscaldamento - CI, per raffrescamento - CE e per Acqua Calda Sanitaria – ACS) derivati dal rapporto BEA 2019, come nel caso degli interventi pre-2022.

Tabella 5-24. Valori di fabbisogno edifici individuati.

| Edifici | CI e ACS (kWh _t / m ² .anno) | CE (kWh _f / m ² .anno) | Superficie riscaldata (m ²) | Superficie raffrescata (m ²) |
|--|--|--|---|--|
| Edificio 1 | 79,4 | 45,5 | 6.086 | 6.086 |
| Edificio 2 | 80,3 | 106,4 | 10.646 | 5.323 |
| Edificio 3 | 62,1 | 106,8 | 9.107 | 8.651 |
| Edificio 4 | 89,3 | 76,4 | 7.397 | 2.219 |
| Edificio 5 (*) | 77,8 | 83,5 | 4.708 | 1.412 |
| Edificio 6 | 86,0 | 16,9 | 9.363 | 7.491 |
| Edificio 9 | 69,6 | 29,4 | 6.706 | 6.706 |
| Edificio 26 | 156,6 | 24,3 | 5.730 | 5.730 |
| Valore medio ponderato del campione (**) | 73,1 | 46,4 | 285.981 | 253.275 |

(*) L'intervento riguarda solo la metà dell'edificio, pertanto, le superfici sono state divise per 2.

(**) Il campione si riferisce agli edifici analizzati nel rapporto BEA 2019, pari a 80 su 142 edifici.

I nuovi dati di fabbisogno ottenuti, sempre utilizzando le % di riduzione dedotte dal Rapporto Annuale - Detrazioni Fiscali (ENEA, 2022), sono mostrati in seguito:

- Edificio 1, 74,5 (kWh_t / m².anno) e 42,7 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 2, 70,6 (kWh_t / m².anno) e 93,5 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 3, 58,8 (kWh_t / m².anno) e 101,1 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 4, 42,9 (kWh_t / m².anno) e 36,7 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 5, 35,0 (kWh_t / m².anno) e 40,1 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 6, 68,8 (kWh_t / m².anno) e 13,5 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 9, 52,9 (kWh_t / m².anno) e 22,3 (kWh_f / m².anno);
- Edificio 26, 75,2 (kWh_t / m².anno) e 11,7 (kWh_f / m².anno).

Come nel caso del paragrafo “Interventi effettuati prima del 31.12.2022” l'intervento di sostituzione dei serramenti per gli edifici in esame non è completo ma relativo solo a una porzione dei serramenti in essere, pertanto i valori di fabbisogno sono stati determinati con l'equazione 5.3. Di seguito vengono indicati gli importi di spesa forniti da ATE per la sostituzione dei serramenti: (i) € 350.000 (Ed. 1), (ii) € 1.200.000 (Ed. 2), (iii) € 350.000 (Ed. 3) e (iv) € 1.100.000 (Ed. 9).

Beneficio in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato)

Ottenuti i valori di fabbisogno e le superfici raffrescate e climatizzate, è stato calcolato il valore di beneficio nel tempo, in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato) in relazione allo Scopo 1 (emissioni dirette da combustione di gas naturale) e Scopo 2 (consumi elettrici). Nella tabella che segue vengono mostrate le riduzioni % dei consumi rispetto al 2015:

- calcolando le % di riduzione dei consumi di gas naturale e consumo elettrico per raffrescamento: (i) ottenendo i valori di riduzione del fabbisogno come delta dei valori sopra indicati (pre post-intervento), (ii) assumendo un rendimento di trasformazione pari a 92,5% e un PCI di 9,6 (kWh / Sm³), (iii) assumendo un SEER dei chiller pari a 4,6 (sia per le vecchie che per le nuove macchine, per non conteggiare due volte il beneficio rispetto al paragrafo 5.1.5), (iv) dividendo i valori ottenuti per i consumi relativi al 2015, i.e., 63.300 GJ e 4.287.871 kWh_e per riscaldamento e raffrescamento;
- calcolando l'aumento della domanda di elettricità a causa del tasso di elettrificazione del calore (solo nel caso dell'edificio 26): (i) calcolando la % di fabbisogno termico da Pompa di Calore rispetto al totale.

Si precisa che in tabella i valori relativi allo scenario (T) sono da considerarsi addizionali ai valori indicati per lo scenario (F).

Tabella 5-25. % riduzioni dei consumi in seguito agli interventi su edifici e impianti.

| Anno | Voce | Scenario (F) | Scenario (B) | Scenario (T) |
|---------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| 22 vs. 15 | CGN (%) | -7,0% | 0,0% | 0,0% |
| | CEC (%) | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| | CER (%) | -6,4% | 0,0% | 0,0% |
| 24 vs. 15 | CGN (%) | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| | CEC (%) | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| | CER (%) | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 25 vs. 15 | CGN (%) | -11,4% | 0,0% | -7,2% |
| | CEC (%) | 0,0% | 0,0% | +1,7% |
| | CER (%) | -7,7% | 0,0% | -1,2% |
| 30 vs. 15 | CGN (%) | -11,4% | 0,0% | -14,1% |
| | CEC (%) | 0,0% | 0,0% | +3,3% |
| | CER (%) | -7,7% | 0,0% | -2,4% |
| Oltre il 30 vs. 15 | CGN (%) | -11,4% | 0,0% | -21,0% |
| | CEC (%) | 0,0% | 0,0% | +4,9% |
| | CER (%) | -7,7% | 0,0% | -3,5% |
| <i>Nomenclatura</i> | | | | |
| CGN | Consumi di gas naturale. | | | |
| CEC | Consumi elettrici dovuti all'elettrificazione del calore. | | | |
| CER | Consumi elettrici per il raffrescamento. | | | |

I valori di riduzione relativi all'anno 2030 e "Oltre il 2030", essendo investimenti da definire, sono stati valutati tramite interpolazione lineare dei benefici previsti descritti per l'anno 2025 (Tabella 5-23) e i relativi importi di spesa (al 2025 e al 2030), ovvero:

$$RC_{i,j} (\%) = RC_{i,25} (\%) + \left(RC_{i,25} (\%) \times \frac{\text{Finanziamento al 2030 (20 M€)} \times B_j}{\text{Finanziamento al 2025 (9,7 M€)}} \right) \quad (5.4)$$

Dove:

- $RC_{i,j}$ è la riduzione percentuale dei consumi i-esima tra CGN, CEC, CER relativa all'anno j-esimo (i.e., 2030, "Oltre il 2030") rispetto al 2015;

- $RC_{i,25}$ è la riduzione percentuale dei consumi i-esima tra CGN, CEC, CER relativa all'anno 2025 rispetto al 2015;
- B_j è un fattore di correzione dell'investimento relativo all'anno j-esimo, pari a 0,5 per il 2030 e pari a 1,0 per "Oltre il 2030". Lo scenario adottato, infatti, prevede che il 50% degli investimenti (10 M€) genereranno benefici "Oltre il 2030".

In Tabella 5-26 vengono mostrati i valori di riduzione dei consumi e l'aumento di domanda di elettricità per elettrificazione del calore (assumendo un SCOP delle macchine pari a 5,0), utilizzando le percentuali mostrate in Tabella 5-25 a partire dai valori di consumo del 2015, i.e., 63.300 GJ di gas e 4.287.871 kWh_e di elettricità per riscaldamento e raffrescamento.

Volendo confrontare i valori percentuali di riduzione appena descritti con il PdM 2019, si evince un maggiore impegno dell'Ateneo nella riqualificazione energetica degli edifici congiunta a un piano ben delineato degli interventi previsti:

- target al 2025:
 - PdM 2019, -10% consumi per riscaldamento e -5% consumi per raffrescamento;
 - PdM 2022 (F), -11,4% consumi per riscaldamento e -7,7% consumi per raffrescamento;
 - PdM 2022 (F + T), -18,7% consumi per riscaldamento e -8,9% consumi per raffrescamento;
- target al 2030:
 - PdM 2019, -15% consumi per riscaldamento e -7,5% consumi per raffrescamento;
 - PdM 2022 (F), -11,4% consumi per riscaldamento e -7,7% consumi per raffrescamento;
 - PdM 2022 (F + T), -25,5% consumi per riscaldamento e -10,0% consumi per raffrescamento. Arrivando a -32,4% consumi per riscaldamento e -11,2% consumi per raffrescamento "Oltre il 2030".

Tabella 5-26. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da interventi sugli edifici.

| Anno | Voce | Scenario (F) | Scenario (B) | Scenario (T) |
|------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 22 vs. 15 | CGN (GJ/a) | -4.422 | 0 | 0 |
| | CEC (kWh _e /a) | 0 | 0 | 0 |
| | CER (kWh _e /a) | -276.379 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ /a (endogene) | -329 | 0 | 0 |
| 24 vs. 15 | CGN (GJ/a) | -7.238 | 0 | 0 |
| | CEC (kWh _e /a) | 0 | 0 | 0 |
| | CER (kWh _e /a) | -329.003 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ /a (endogene) | -479 | 0 | 0 |
| 25 vs. 15 | CGN (GJ/a) | -7.238 | 0 | -5.628 |
| | CEC (kWh _e /a) | 0 | 0 | +54.446 |
| | CER (kWh _e /a) | -329.003 | 0 | -51.951 |
| | tCO ₂ /a (endogene) | -472 | 0 | -317 |
| 30 vs. 15 | CGN (GJ/a) | -7.238 | 0 | -10.989 |
| | CEC (kWh _e /a) | 0 | 0 | +106.299 |
| | CER (kWh _e /a) | -329.003 | 0 | -51.951 |
| | tCO ₂ /a (endogene) | -459 | 0 | -618 |
| Oltre il 30 vs. 15 (*) | CGN (GJ/a) | -7.238 | 0 | -16.349 |
| | CEC (kWh _e /a) | 0 | 0 | +158.153 |

| | | | | |
|---------------------|---|-------------|----------|-------------|
| | CER (kWh _e /a) | -329.003 | 0 | -150.096 |
| | tCO ₂ /a (endogene) | -459 | 0 | -920 |
| <i>Nomenclatura</i> | | | | |
| CGN | Consumi di gas naturale. | | | |
| CEC | Consumi elettrici dovuti all'elettrificazione del calore. | | | |
| CER | Consumi elettrici per il raffrescamento. | | | |

(*) I valori al "Oltre il 30" sono stati calcolati considerando un fattore di emissione dell'elettricità pari al valore utilizzato nel 2030. Approccio cautelativo in relazione all'aspetto esogeno.

Importo stimato per l'investimento

Per attuare l'intervento si prevede di stanziare (all'interno dello scenario Orientato al target) circa 29,7 M€ così ripartiti:

- Edificio 1, € 350.000,00;
- Edificio 2, € 400.000,00 (più € 800.000,00 già stanziati);
- Edificio 3, € 350.000,00;
- Edificio 9, € 1.100.000,00;
- Edificio 26; € 7.500.000,00;
- Edifici da definire, € 20.000.000,00.

In Tabella 5-27 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni, così come spiegato nel paragrafo 5.1.2, considerando per l'equazione n. 5.2:

- C_g , costo di manutenzione assunto pari al 1% del costo di investimento;
- R_e , ricavi legati al mancato consumo energetico. Considerando un costo dell'elettricità pari a 200 €/MWh_e e un costo del gas naturale pari a 0,70 €/Sm³, in relazione all'anno 2025;
- R , tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d , costo di dismissione (incluso nel costo di investimento);
- t , orizzonte temporale, dall'anno 0 all'anno N, pari a 28 (vita utile attesa, assunta come media tra i 30 anni dell'involucro e i 15 anni degli impianti, in base agli interventi individuati).

Tabella 5-27. Stima del costo di decarbonizzazione, investimenti previsti

| Anno | Investimento (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|---------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2025 | 9.700.000 | -1.094,00 | -857,00 |
| Oltre il 2030 | 29.700.000 | -1.153,00 | -994,00 |

I valori mostrati in Tabella 5-27 si riferiscono alla completa implementazione degli interventi individuati ed ottenimento dei benefici attesi, pertanto valutati per lo scenario "Oltre il 2030" (e non per il 2030).

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati nel presente paragrafo derivano, come già indicato nella descrizione dell'azione, da: (i) PoliMaps più interviste ai responsabili di ATE, AGIS e Commissione Energia, per la stima delle superfici degli edifici, (ii) Bilancio Energetico di Ateneo 2019 – Commissione Energia, per la stima dei carichi energetici, (iii) ATE, in relazione agli importi

di spesa degli interventi previsti e (iv) Rapporto Annuale – Detrazioni Fiscali (2022) di ENEA, in merito alla riduzione % dei fabbisogni di energia in funzione degli interventi.

5.1.7 Bandi per i dipartimenti

Nell’ambito della propria politica di riduzione delle emissioni di CO₂, il Politecnico intende promuovere il rinnovo di apparecchiature o sistemi dipartimentali al fine di ridurre la domanda di energia. La misura può coinvolgere:

- impianti di laboratorio;
- apparecchiature tecnico scientifiche;
- macchinari in dotazione per attività didattica o di ricerca;

con il duplice scopo di rinnovare il patrimonio tecnico/scientifico e diminuire i consumi di energia elettrica.

Il metodo prevede di destinare il valore economico determinato da un minor consumo al cofinanziamento, fino al limite del 100%, del valore per acquisti di dotazione di ultima generazione e nuova tecnologia in grado di assicurare minori emissioni di CO₂.

Il metodo sopra descritto trova concretezza operativa nella possibilità di partecipazione a un bando interno all’Ateneo. La domanda di partecipazione dovrà soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- risparmio energetico minimo pari al 30% del valore dell’investimento nell’orizzonte temporale di vita del sistema e per un periodo comunque non eccedente i 10 anni;
- valore co-finanziamento: minimo 10 k€ massimo 500 k€.

Nel presente paragrafo viene descritto il beneficio atteso in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ (Scopo 2) applicando l’approccio di mercato, in relazione ai tre scenari F, B e T, oltre agli investimenti previsti. L’azione risulta nuova, non precedentemente proposta, pertanto non si riporta un confronto con i target dichiarati nel PdM 2019 come negli altri casi.

Beneficio in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato)

La riduzione dei consumi di elettricità così come delle emissioni di CO₂ è stata valutata assumendo un investimento (in co-finanziamento) di 1 M€ all’anno per 5 anni (dal 2025 al 2029), per un totale di 5 M€ (scenario B e T) e un costo dell’elettricità di 200 € / MWh_e. I benefici attesi vengono mostrati nella tabella seguente, assumendo un ritardo conservativo di due anni nell’ottenimento dei benefici (implementazione delle azioni).

Tabella 5-28. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da bandi di dipartimenti.

| Anno | Voce | Scenario (F) | Scenario (B) | Scenario (T) |
|-----------|---|--------------|--------------|--------------|
| 22 vs. 15 | Co-finanziamento (M€) | 0 | 0 | 0 |
| | Prezzo elettricità (€ / MWh _e) | - | - | - |
| | Vita max. sistema (anni) | 10 | 10 | 10 |
| | Sostituzioni attuate (%) | 0% | 0% | 0% |
| | Riduzione consumi (MWh _e / anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ (endogene) | 0 | 0 | 0 |
| 24 vs. 15 | Co-finanziamento (M€) | 1 | 0 | 0 |
| | Prezzo elettricità (€ / MWh _e) | - | - | - |

| | | | | |
|------------------------|---|------------|-------------|-------------|
| | Vita max. sistema (anni) | 10 | 10 | 10 |
| | Sostituzioni attuate (%) | 0% | 0% | 0% |
| | Riduzione consumi (MWh _e / anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ (endogene) | 0 | 0 | 0 |
| 25 vs. 15 | Co-finanziamento (M€) | 1 | 1 | 1 |
| | Prezzo elettricità (€ / MWh _e) | 200 | 200 | 200 |
| | Vita max. sistema (anni) | 10 | 10 | 10 |
| | Sostituzioni attuate (%) | 0% | 0% | 0% |
| | Riduzione consumi (MWh _e / anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ (endogene) | 0 | 0 | 0 |
| 30 vs. 15 | Co-finanziamento (M€) | 1 | 5 | 5 |
| | Prezzo elettricità (€ / MWh _e) | 200 | 200 | 200 |
| | Vita max. sistema (anni) | 10 | 10 | 10 |
| | Sostituzioni attuate (%) | 50% | 50% | 50% |
| | Riduzione consumi (MWh _e / anno) | 250 | 1.250 | 1.250 |
| | tCO ₂ (endogene) | -39 | -193 | -193 |
| Oltre il 30 vs. 15 (*) | Co-finanziamento (M€) | 1 | 5 | 5 |
| | Prezzo elettricità (€ / MWh _e) | 200 | 200 | 200 |
| | Vita max. sistema (anni) | 10 | 10 | 10 |
| | Sostituzioni attuate (%) | 100% | 100% | 100% |
| | Riduzione consumi (MWh _e / anno) | 500 | 2.500 | 2.500 |
| | tCO ₂ (endogene) | -77 | -386 | -386 |

(*) I valori "Oltre il 30" sono stati calcolati considerando un fattore di emissione dell'elettricità pari al valore utilizzato nel 2030. Approccio cautelativo in relazione all'aspetto esogeno.

La riduzione dei consumi elettrici mostrata in tabella è ottenuta tramite la seguente equazione:

$$R \left(\frac{MWh_e}{anno} \right) = \frac{C (M€)}{P \left(\frac{€}{MWh_e} \right) \times V (anni)} \times S (\%) \quad (5.5)$$

Dove: (i) R è la riduzione dei consumi elettrici, (ii) C è il co-finanziamento, (iii) P è il prezzo dell'elettricità, (iv) V è la vita max. del sistema e (v) S sono le sostituzioni attuate.

Come si evince dalla tabella, si stima che alcuni benefici si verifichino oltre l'orizzonte temporale del PdM (Oltre il 2030).

Importo stimato per l'investimento

Per attuare l'intervento si prevede una spesa di 5 M€ (1 M€ all'anno dal 2025 al 2029), in relazione allo scenario (B e T).

In Tabella 5-34 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni, così come spiegato nel paragrafo 5.1.2, considerando per l'equazione n. 5.2:

- C_g, costo di manutenzione assunto pari al 0% del costo di investimento;
- R_e, ricavi legati al mancato consumo energetico. Considerando un costo dell'elettricità pari a 200 € / MWh_e;
- r, tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d, costo di dismissione (non incluso nell'analisi);

- t, orizzonte temporale, dall'anno 0 all'anno N, pari a 10 (vita utile attesa della tecnologia).

Tabella 5-29. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla regolazione.

| Anno | Investimento (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|---------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Oltre il 2030 | 5.000.000 | -1.295,00 | -190,00 |

I valori mostrati in Tabella 5-29 si riferiscono all'investimento dell'intera somma (6 M€) e alla sostituzione del 100% degli impianti individuati, pertanto valutati "Oltre il 2030".

Fonte dei dati utilizzati

Le informazioni utilizzate per valutare l'azione sono state tratte dal documento di Ateneo presentato con il nome di "Proposta progettuale per il rinnovo di apparecchiature tecnico scientifiche in ottica di risparmio energetico". Per la stima del costo dell'elettricità è opportuno fare riferimento a quanto specificato nelle precedenti azioni.

5.1.8 Regolazione e supervisione impianti

In questo paragrafo del documento vengono descritti gli interventi Finanziati (F), previsti nello scenario Base (B) e nello scenario Orientato al target (T), rivolti alla regolazione e supervisione impianti. In particolar modo vengono descritti due diversi interventi, entrambi utilizzando l'approccio di mercato e in relazione agli ambiti Scopo 1 e Scopo 2, ovvero: (i) interventi volti alla regolazione e supervisione degli impianti termici legati alla generazione e distribuzione del calore e del freddo e (ii) interventi volti alla riduzione dei consumi elettrici notturni.

Regolazione e supervisione degli impianti termici

Il Politecnico ha posto molta attenzione negli ultimi anni alla regolazione degli impianti di distribuzione del calore e del freddo, intervenendo sulla sensoristica e sull'impiantistica, ottenendo una riduzione significativa dei consumi di energia, garantendo comfort ma al contempo limitando gli sprechi. Sulla base di valutazioni effettuate dalla Commissione Energia, a oggi la sensoristica coinvolge il 50% degli impianti di distribuzione. La riduzione stimata per singolo intervento risulta essere pari al 15%, pertanto si ritiene possibile con questo tipo d'interventi una riduzione complessiva dei consumi (rispetto al 2015) pari a circa il 7,5% ($50\% \times 15\% = 7,5\%$), i cui benefici sono presentati all'interno dello scenario denominato Finanziato (F), come per le altre azioni del PdM. Nel 7,5% di riduzione dei consumi viene stimato anche il beneficio relativo all'intervento del Campus Milano Bovisa, che ha coinvolto i seguenti edifici: B1, B2, B4, B5, B6, B8, B9, B12, B14A, B15, B19, B20 e B22, con una superficie di pavimento riscaldata di 83.000 m², pari al 24% dell'intero Ateneo.

Nello scenario (F) vengono mostrati i benefici attesi dalla sensoristica che verrà implementata all'interno dell'edificio 14 - Campus Milano Città Studi (previsto per il 2024). Si precisa che la sensoristica sarà installata anche a servizio degli impianti degli edifici 4 e 5 - Campus Milano Città Studi, il cui beneficio è da considerarsi già contabilizzato nel paragrafo precedente "Interventi su superfici opache e trasparenti degli edifici e retrofitting degli impianti termici".

Al 2030 (scenario T), oltre all'installazione di sistema automatizzato Building Management System (BMS), Commissione Energia propone di installare l'opportuna sensoristica anche ai seguenti edifici (o parti di essi): (i) Sede di Milano - Città Studi, edifici 1, 3, 8, 19, 25, 27, 32.1, 32.2, 32.3 e 32.4 e (ii) Sede di Piacenza, padiglioni 2, 3, 4, 5, 6 e 8.

La Tabella 5-30 mostra la riduzione attesa grazie alla regolazione e supervisione degli impianti. I valori sono stati valutati sulla base dei valori di fabbisogno presentati nel BEA 2019, assumendo, come già indicato, un contributo pari al 15% in funzione della parte di edificio coinvolta dall'azione.

Tabella 5-30. Riduzione dei consumi per regolazione e supervisione.

| Sede, Campus, Edificio e anno | Riduzione gas (GJ / anno) | Riduzione elettricità (kWh _e / anno) |
|--------------------------------|---------------------------|---|
| M. Città Studi Ed. 1 (2024) | 282 | 39.782 |
| M. Città Studi Ed. 3 (2030) | 165 | 69.298 |
| M. Città Studi Ed. 8 (2030) | 96 | 0 (gruppo frigo già regolato) |
| M. Città Studi Ed. 19 (2030) | 202 | 13.642 |
| M. Città Studi Ed. 25 (2030) | 132 | 786 |
| M. Città Studi Ed. 27 (2030) | 13 | 0 (gruppo frigo già regolato) |
| M. Città Studi Ed. 32.1 (2030) | 93 | 0 (gruppo frigo già regolato) |
| M. Città Studi Ed. 32.2 (2030) | 50 | 2.395 |
| M. Città Studi Ed. 32.3 (2030) | 15 | 3.058 |
| M. Città Studi Ed. 32.4 (2030) | 2 | 0 (gruppo frigo già regolato) |
| P. Padiglione 2 (2030) | 46 | 1.435 |
| P. Padiglione 3 (2030) | 70 | 2.180 |
| P. Padiglione 4 (2030) | 28 | 812 |
| P. Padiglione 5 (2030) | 49 | 1.359 |
| P. Padiglione 6 (2030) | 24 | 674 |
| P. Padiglione 8 (2030) | 19 | 523 |

La Tabella 5-31 mostra la riduzione percentuale attesa grazie alla regolazione e supervisione degli impianti confrontando i target del presente PdM con quanto dichiarato nel PdM 2019. La riduzione totale attesa mostrata in Tabella 5-30, pari a 1.285 (GJ / anno) e 136 (MWh_e / anno), è stata rapportata ai consumi relativi al 2015 (63.300 GJ / anno e 4.288 MWh_e / anno) al fine di ottenere i valori percentuali relativi allo scenario (T), da ritenersi addizionali rispetto ai valori dello scenario (F).

Si precisa che tale contributo di riduzione (-15%) è stato assunto sulla base dell'esperienza pregressa, in quanto i dati di monitoraggio a disposizione non consentono di effettuare un confronto pre e post. Inoltre, il valore non considera potenziali riduzioni dei consumi legate al cambio di comportamento degli utenti, a tutti gli effetti un valore cautelativo.

Tabella 5-31. Riduzione percentuale dei consumi per PdM e scenario.

| PdM e Scenario | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| PdM 2019 | - | - | 5,0% | 10,0% |
| PdM 2022 (F) | 7,5% (risc.) | 8,3% (risc.) | 8,3% (risc.) | 8,3% (risc.) |
| | 7,5% (raff.) | 8,3% (raff.) | 8,3% (raff.) | 8,3% (raff.) |
| PdM 2022 (B) | 0% | 0% | 0% | 0% |
| PdM 2022 (T) | 0% | 0% | 0% | 2,0% (risc.) |
| | | | | 3,2% (raff.) |

Riduzione dei consumi elettrici notturni

L'azione è volta a ridurre i consumi elettrici notturni grazie all'applicazione di semplici strumenti di controllo degli impianti (i.e., orologi, interruttori, etc.). Alcuni esempi sono brevemente descritti nel seguente elenco puntato:

- razionalizzazione accensione mensile degli impianti (es. limiti nell'apertura degli edifici del mese di agosto);
- interventi sui Fan Coil (es. sensori per spegnimento ventole);
- razionalizzazioni consumi stampanti e computer, server farms e laboratori.

I dati di consumo elettrico notturno sono stati stimati dalla Commissione Energia in seguito al monitoraggio nell'anno 2022, 2023 e 2024 (fino a marzo) di alcuni edifici della sede di Milano, Campus Città Studi, in dettaglio: (i) P.zza Leonardo da Vinci, edifici 1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 6, 7, 8, 9, CTEL, (ii) Via Bassini, edifici 19, 20, 21, CT2 e (iii) via Bonardi, edifici 11, 12, 13, 14, 14A, 14B, 15, 16A, 16B e 16C. I dati di monitoraggio hanno fornito un consumo % medio annuo notturno rispetto al totale del 26% (2022), 25% (2023) e 24% (2024). Negli scenari di valutazione si assume quindi un consumo elettrico notturno pari al 25% comune per tutto l'Ateneo (in accordo con Commissione Energia) e un beneficio in termini di riduzione dei consumi del 20%, assumendo di attuare l'azione per tutto l'Ateneo entro il 2030 nello scenario (T). In Tabella 5-32 vengono mostrati i valori di riduzione dei consumi elettrici notturni al netto del beneficio ottenibile grazie alle azioni descritte nei precedenti paragrafi e il dettaglio della porzione di Ateneo soggetta a intervento negli anni. La tabella mostra i benefici anche "Oltre il 2030", dato che l'effetto di alcune azioni (descritte nei precedenti paragrafi) si protrae successivamente l'orizzonte temporale definito nel Piano di Mitigazione, pertanto anche l'effetto della riduzione dei consumi elettrici notturni risulta essere diverso.

Beneficio in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato)

Ottenuti i valori di riduzione dei consumi, è stato calcolato il valore di beneficio nel tempo in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato) in relazione allo Scopo 1 (riduzione delle emissioni dirette da combustione di gas naturale) e Scopo 2 (riduzione dei consumi elettrici). Nella Tabella 5-32 che segue vengono mostrate le riduzioni dei consumi rispetto al 2015, in base ai tre scenari F, B e T. Anche in questo caso viene fornito il valore di riduzione delle emissioni per il 2035.

Tabella 5-32. Riduzione dei consumi elettrici notturni grazie agli interventi.

| Anno | Voce | Scenario (F) | Scenario (B) | Scenario (T) |
|-----------|---|--------------|--------------|--------------|
| 22 vs. 15 | Riduzione elettricità (MWh_e/anno) | 0 | 0 | 0 |
| | Domanda elettrica 2022 (MWh _e /anno) | +34.816 | +34.816 | +34.816 |
| 24 vs. 15 | Beneficio azioni (MWh _e /anno) | - | -2.979 | -3.031 |
| | Domanda elettrica notturna (%) | 25% | 25% | 25% |
| | Riduzione elettrica notturna (%) | 20% | 20% | 20% |
| | Superficie coinvolta (%) | 0% | 0% | 0% |
| | Elettricità (MWh_e/anno) | 0 | 0 | 0 |
| 25 vs. 15 | Domanda elettrica 2022 (MWh _e /anno) | +34.816 | +34.816 | +34.816 |
| | Beneficio azioni (MWh _e /anno) | - | -5.714 | -5.766 |
| | Domanda elettrica notturna (%) | 25% | 25% | 25% |
| | Riduzione elettrica notturna (%) | 20% | 20% | 20% |
| | Superficie coinvolta (%) | 0 | 68% | 68% |
| | Elettricità (MWh_e/anno) | 0 | -989 | -988 |

| | | | | |
|--------------------|---|----------|-------------|---------------|
| 30 vs. 15 | Domanda elettrica 2022 (MWh _e /anno) | +34.816 | +34.816 | +34.816 |
| | Beneficio azioni (MWh _e /anno) | - | -12.497 | -13.963 |
| | Domanda elettrica notturna (%) | 25% | 25% | 25% |
| | Riduzione elettrica notturna (%) | 20% | 20% | 20% |
| | Superficie coinvolta (%) | 0% | 68% | 100% |
| | Elettricità (MWh_e/anno) | 0 | -759 | -1.043 |
| Oltre il 30 vs. 15 | Domanda elettrica 2022 (MWh _e /anno) | +34.816 | +34.816 | +34.816 |
| | Beneficio azioni (MWh _e /anno) | - | -12.499 | -14.013 |
| | Domanda elettrica notturna (%) | 25% | 20% | 20% |
| | Riduzione elettrica notturna (%) | 20% | 20% | 20% |
| | Superficie coinvolta (%) | 0% | 68% | 100% |
| | Elettricità (MWh_e/anno) | 0 | -759 | -1.040 |

Tabella 5-33. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da regolazione e supervisione

| Anno | Voce | Scenario (F) | Scenario (B) | Scenario (T) |
|--|--|--------------|--------------|--------------|
| 22 vs. 15 | RGIT (GJ/anno) | -4.748 | 0 | 0 |
| | REIT (kWh _e /anno) | -321.590 | 0 | 0 |
| | REN (kWh _e /anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO₂/anno (endogene) | -361 | 0 | 0 |
| 24 vs. 15 | RGIT (GJ/anno) | -5.277 | 0 | 0 |
| | REIT (kWh _e /anno) | -355.314 | 0 | 0 |
| | REN (kWh _e /anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO₂/anno (endogene) | -374 | 0 | 0 |
| 25 vs. 15 | RGIT (GJ/anno) | -5.277 | 0 | 0 |
| | REIT (kWh _e /anno) | -355.314 | 0 | 0 |
| | REN (kWh _e /anno) | 0 | -989.453 | -987.678 |
| | tCO₂/anno (endogene) | -367 | -193 | -193 |
| 30 vs. 15 | RGIT (GJ/anno) | -5.277 | 0 | -1.285 |
| | REIT (kWh _e /anno) | -355.314 | 0 | -135.943 |
| | REN (kWh _e /anno) | 0 | -758.827 | -1.042.664 |
| | tCO₂/anno (endogene) | -352 | -117 | -254 |
| Oltre il 30 vs. 15 (*) | RGIT (GJ/anno) | -5.277 | 0 | -1.285 |
| | REIT (kWh _e /anno) | -355.314 | 0 | -135.943 |
| | REN (kWh _e /anno) | 0 | -758.776 | -1.040.127 |
| | tCO₂/anno (endogene) | -352 | -117 | -254 |
| <i>Nomenclatura adottata per la descrizione degli interventi</i> | | | | |
| RGIT | Riduzione consumi di gas per regolazione impianti termici | | | |
| REIT | Riduzione consumi elettrici per regolazione impianti termici | | | |
| REN | Riduzione consumi elettrici per regolazione notturna | | | |

(*) I valori "Oltre il 30" sono stati calcolati considerando un fattore di emissione dell'elettricità pari al valore utilizzato nel 2030. Approccio cautelativo in relazione all'aspetto esogeno.

Importo stimato per l'investimento

Per attuare l'intervento (regolazione e supervisione impianti termici) si prevede una spesa di circa 1,8 M€ (per attuare la regolazione per 32.000 m² di superficie di pavimento riscaldata), in relazione agli interventi previsti nello scenario (T) al 2030. L'importo è stato determinato in base alla spesa sostenuta per la regolazione degli edifici del Campus Milano Bovisa indicati all'inizio del presente paragrafo.

Dalla valutazione effettuata si ricava una spesa specifica pari a $(4.697.734 \text{ €} / 83.065 \text{ m}^2) = 56,56 \text{ €} / \text{m}^2$ di superficie di pavimento riscaldata. La valutazione esclude gli interventi legati alla riduzione dei consumi elettrici notturni, in quanto non sono disponibili gli importi di

spesa. Si può comunque affermare che i costi di investimento risultano essere molto minori rispetto a quanto appena descritto, in quanto si tratta di semplice strumentazione (i.e., orologi, interruttori, etc.) con benefici in termini di riduzione delle emissioni simili. Pertanto, la riduzione dei consumi elettrici notturni presenta un rapporto spesa-tonnellate di CO₂ evitate minore rispetto alla regolazione e supervisione degli impianti termici (analizzata in questo paragrafo).

In Tabella 5-34 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni, così come spiegato nel paragrafo 5.1.2, considerando per l'equazione n. 5.2:

- C_g, costo di manutenzione assunto pari al 1% del costo di investimento;
- R_e, ricavi legati al mancato consumo energetico. Considerando un costo dell'elettricità pari a 200 € / MWh_e e 0,62 € / Sm³ per il gas naturale;
- r, tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d, costo di dismissione (incluso nel costo di investimento);
- t, orizzonte temporale, dall'anno 0 all'anno N, pari a 15 (vita utile attesa della tecnologia: impianti).

Tabella 5-34. Stima del costo di decarbonizzazione grazie alla regolazione.

| Anno | Investimento (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2030 | 1.811.200 | -1.293,00 | -869,00 |

Risulta importante sottolineare che anche in questo caso, così come indicato rispetto all'azione "Interventi su involucro e impianti degli edifici" l'azione produce dei benefici non quantificati negli indici di Tabella 5-34, ovvero, la riduzione dei costi di manutenzione degli impianti grazie alla regolazione, l'aumento de comfort all'interno degli ambienti, etc. Pertanto, anche in questo caso i valori mostrati in tabella potrebbero essere fuorvianti.

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati nel presente paragrafo derivano, come già indicato nella descrizione dell'azione, da: (i) PoliMaps più intervista ai responsabili di ATE, AGIS e Commissione Energia, per la stima delle superfici degli edifici, (ii) Bilancio Energetico di Ateneo (BEA) 2019 – Commissione Energia, per la stima dei carichi energetici, (iii) ATE, in relazione agli importi di spesa degli interventi previsti e (iv) Commissione Energia, in merito alla riduzione % dei fabbisogni di energia in funzione degli interventi e ai valori di consumi elettrico notturno (da dati di monitoraggio).

5.1.9 Power Purchase Agreement

L'acquisto di energia con garanzia di origine rinnovabile (GO) può avvenire associando tale opzione al contratto di fornitura di energia elettrica stipulato dall'Ateneo annualmente attraverso la piattaforma CONSIP, oppure può essere associato a un contratto per la fornitura di energia elettrica rinnovabile di lungo termine. Poiché il numero di GO acquistabili è limitato, e la loro disponibilità è sempre più scarsa, anche per la crescente domanda di una certificazione di origine da parte dei consumatori, i contratti di lungo termine (cd Power Purchase Agreement - PPA) sono l'unico strumento che è in grado di garantire una fornitura

stabile e certa di energia rinnovabile su un periodo di almeno 10 anni. I PPA sono inoltre spesso associati a investimenti in nuovi impianti, avendo quindi la caratteristica di finanziare capacità rinnovabile additiva rispetto a quella già disponibile nel sistema paese; un contratto di lunga durata garantisce un flusso di cassa certo e stabile per gli investitori da un lato, mentre dall'altro permette anche a chi acquista energia di fissare un prezzo che non è soggetto alla volatilità dei mercati elettrici.

Un PPA è uno strumento di carattere prevalentemente finanziario, che permette di stabilizzare il prezzo di fornitura dell'energia elettrica, promuovendo al contempo lo sviluppo di impianti rinnovabili e quindi il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità energetica. Poiché la finalità principale è la gestione del rischio di volatilità del prezzo della commodity energetica, non è significativo associare ad un simile strumento un costo e/o una convenienza economica specifici. Alla luce dell'opportunità di siglare un PPA basato su energia rinnovabile, in grado di stabilizzare il prezzo, promuovendo al contempo il reale sviluppo di impianti da Fonti di Energia Rinnovabile (FER), sono in corso opportuni approfondimenti volti a determinare i presupposti tecnici, economici e amministrativi necessari al fine di permettere lo sviluppo di un'ipotesi contrattuale che sia coerente con i parametri gestionali dell'Ateneo.

Beneficio in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato)

Di seguito (Tabella 5-35) vengono mostrati GWh_e / anno che Commissione Energia propone di acquistare al variare dello scenario (F, B e T) e dell'anno di analisi con associate emissioni di CO₂ evitate (Scopo 2).

Tabella 5-35. Stima delle riduzioni di CO₂ ottenibili da PPA.

| Anno | Voce | Scenario (F) | Scenario (B) | Scenario (T) |
|-----------|-----------------------------------|--------------|---------------|---------------|
| 22 vs. 15 | PPA (GWh _e / anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | 0 | 0 | 0 |
| 24 vs. 15 | PPA (GWh _e / anno) | 0 | 0 | 0 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | 0 | 0 | 0 |
| 25 vs. 15 | PPA (GWh _e / anno) | 0 | 10 | 10 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | 0 | -1.955 | -1.955 |
| 30 vs. 15 | PPA (GWh _e / anno) | 0 | 10 | 11 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | 0 | -1.544 | -1.699 |

In valore di elettricità da PPA mostrato in tabella in relazione allo scenario T (2030), pari a 11 GWh_e/a, corrisponde a circa al 40% della futura domanda elettrica da rete, come meglio specificato nel paragrafo 5.2.2.

Fonte dei dati utilizzati

La quota di PPA (pari a 10 GWh_e / anno) indicata per lo scenario "Base" è tratta dal Piano Strategico di Ateneo.

5.1.10 Comunità energetiche rinnovabili e solidali

Su proposta iniziale della Commissione Energia, l'Ateneo si è dapprima impegnato in un dialogo con il Comune di Milano circa la possibilità di costituire delle Comunità di Energia Rinnovabile Solidali (CERS) presso le sue tre principali sedi di Milano (ndr, si prevede

un'unica associazione estesa a tutto il territorio Milanese). Successivamente, è stato anche inserito un obiettivo specifico all'interno del Piano Strategico di Sostenibilità. Nel corso del 2022 è stato attivato un gruppo di lavoro tra Comune di Milano e Politecnico che, con l'aiuto anche di consulenti esterni, ha permesso di convergere su un'idea comune di CERS che avesse esplicite finalità di pubblica utilità, ponendosi obiettivi di carattere sia ambientale che sociale. Sono state definite le principali caratteristiche dell'iniziativa sotto il profilo giuridico, economico, amministrativo e tecnologico. Sono state elaborate delle bozze dei principali documenti costitutivi per la CERS, che saranno sottoposte ai rispettivi organi di approvazione durante il mese di giugno del 2024. Si prevede quindi, durante l'estate del 2024, di procedere con la costituzione della CERS di Milano. Attraverso una manifestazione pubblica d'interesse, Comune e Politecnico intendono sondare il reale interesse da parte di cittadini, enti privati e pubblici, per la partecipazione alle costituenti CERS. Sulla base delle risultanze di tali indagini, verrà stabilito il percorso migliore per lo sviluppo dell'associazione, percorso che dovrebbe completarsi tra il 2024 e il 2025. Il periodo temporale che verrà concesso all'associazione per raggiungere uno stato di funzionamento autonomo a regime è di 3 anni, in considerazione dei tempi necessari all'installazione degli impianti fotovoltaici che sono stati ipotizzati in fase di costituzione della CERS. Le CERS sono state introdotte nella legislazione italiana dal Dlgs. 199/2021, recependo la Direttiva Europea 2018/2001, e godranno di un incentivo pubblico riconosciuto sull'energia condivisa tra i membri della comunità. Inoltre, Regione Lombardia ha emanato e poi concluso la prima parte di un bando per la selezione di iniziative di installazione di impianti fotovoltaici in ambito CER a cui destinare delle risorse finanziarie specifiche. L'Ateneo ha collaborato con il Comune di Milano nella partecipazione a questo primo bando, ottenendo il passaggio alla fase successiva di tutte e tre le iniziative di CERS proposte. Mentre l'iter legislativo nazionale è stato completato nell'aprile del 2024, l'iniziativa regionale è tuttora in fase di sviluppo e definizione. L'Ateneo intende perciò valutare la forma che prenderà l'intervento regionale nella sua versione finale, e successivamente agire di conseguenza al fine di massimizzare sia lo sviluppo di impianti fotovoltaici che le ricadute in termini di esternalità ambientali, economiche e sociali che la creazione delle CERS può avere sulla comunità di Ateneo in senso allargato, comprendendo anche i quartieri in cui l'Ateneo è storicamente insediato, nonché quelle realtà nelle quali sta già conducendo azioni di carattere sociale (es. Off-Campus).

L'Ateneo ha inoltre definito un accordo per l'adesione alla CERS fondata da Comune di Lecco. Anche in questo caso, oltre a mettere a disposizione i propri consumi e la propria produzione di energia rinnovabile, l'Ateneo intende promuovere con l'iniziativa delle finalità legate alla sua terza missione (responsabilità sociale).

5.1.11 Aumento della superficie riscaldata e raffrescata

Nel presente paragrafo viene valutato il contributo in termini di aumento delle emissioni di CO₂ in base alla variazione della superficie di pavimento riscaldata e raffrescata dell'Ateneo nel periodo 2015 – 2030.

Come descritto nel paragrafo 5.1.6, con il supporto di ATE, AGIS e Commissione Energia, è stata mappata l'evoluzione della superficie di Ateneo dal 2015 al 2022. Al 2030 si prevede di disporre dei seguenti edifici di nuova costruzione:

- Sede di Milano Bovisa, Campus La Masa (entro il 2023), edificio EN:LAB (BL 31), con superficie di pavimento riscaldata e raffrescata pari a 2.573 m²;
- Sede di Cremona (entro il 2024), con superficie di pavimento riscaldata e raffrescata pari a 22.000 m². A cui vanno sottratti 7.172 m² relativi alle Palazzine A, B e C di via Sesto che verranno dismesse;
- Sede di Milano Bovisa, Campus La Masa (entro il 2025), edificio Rototower, con superficie di pavimento riscaldata e raffrescata pari a 2.575 m²;
- Sede di Milano Bovisa, Campus Durando, edificio La Domus del Professore (entro il 2030), con superficie di pavimento riscaldata e raffrescata pari a 527 m²;
- Sede di Milano Città Studi, Campus Bassini, realizzazione nuovi edifici destinati al DCMIC (Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta") e al DEIB (Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria), entro il 2026, con superficie di pavimento riscaldata e raffrescata pari a 12.600 e 12.400 m²;
- Sede di Milano Bovisa, Campus Nord (La Goccia) – entro il 2030, con superficie di pavimento riscaldata e raffrescata pari a 52.170 m², ottenuta a partire dalla superficie costruita, pari a 90.000 m², applicando dei fattori di conversione da Famiglietti *et al.*, (2023)⁵⁰.

La Tabella 5-36 mostra l'evoluzione della superficie di pavimento riscaldata e raffrescata dal 2015 al 2030. I valori di superficie di pavimento riscaldata derivano da (i) mappatura (2015-2022) e (ii) nuove costruzioni (2024-2030). La superficie di pavimento raffrescata, invece, deriva da (i) mappatura (2015-2022) e (ii) da assunzioni (2024-2030), ovvero che la superficie delle nuove costruzioni sia totalmente raffrescata e la superficie delle costruzioni in essere diventi totalmente raffrescata (con andamento lineare) al 2030.

Tabella 5-36. Variazione della superficie di pavimento di Ateneo.

| Anno | SP riscaldata - NC (m ²) | SP raffrescata – NC (m ²) | SP riscaldata - CE (m ²) | SP raffrescata – CE (m ²) |
|---------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 2015 | 0 | 0 | 351.891 | 277.671 |
| 2022 | 0 | 0 | 352.900 | 304.895 |
| 2024 | 22.000 | 24.573 | 348.300 | 313.641 |
| 2025 | 24.575 | 27.148 | 348.300 | 327.726 |
| 2030 | 89.872 | 92.245 | 348.300 | 345.727 |
| <i>Nomenclatura</i> | | | | |
| SP riscaldata - NC | Superficie di pavimento riscaldata – nuove costruzioni | | | |
| SP raffrescata - NC | Superficie di pavimento raffrescata – nuove costruzioni | | | |
| SP riscaldata - CE | Superficie di pavimento riscaldata – costruzioni esistenti | | | |
| SP raffrescata - CE | Superficie di pavimento raffrescata – costruzioni esistenti | | | |

La stima dei carichi di fabbisogno per riscaldamento, acqua calda sanitaria, raffrescamento e altri carichi elettrici è stata valutata: (i) sulla base di quanto descritto per il Campus Bovisa Nord per le nuove costruzioni e (ii) assumendo un carico pari a 46,4 kWh_f / m² di superficie di pavimento anno (dato medio da report BEA 2019) per le costruzioni raffrescate successivamente (dopo il 2015), assumendo un SEER delle macchine 4,6 (dato di monitoraggio di Commissione Energia). L'aumento di superficie riscaldata dal 2015 al 2022

⁵⁰ Ad oggi non ci sono informazioni puntuali circa il futuro utilizzo del Campus. Nel presente documento, pertanto, le emissioni generate durante la fase operativa degli edifici (in relazione ai 90.000 m²) sono state interamente contabilizzate ed allocate al Politecnico, così come i benefici relativi al fotovoltaico installato.

è stato valutato considerando un fabbisogno medio da BEA ($73,1 \text{ kWh}_t / \text{m}^2$) assumendo che la superficie sia servita da caldaia a gas naturale con efficienza di 92,5%. Allo stesso modo è stato sottratto il consumo di gas naturale ed energia elettrica per il raffrescamento (assumendo un SEER pari a 2,5) delle tre Palazzine della sede di Cremona dismesse (i.e., Palazzina A, B e C) utilizzando i dati di fabbisogno indicati nel rapporto BEA 2019.

Campus Bovisa Nord e stima dei carichi

Il progetto preliminare del Campus Bovisa Nord prevede di realizzare un Campus a emissioni nette di CO₂ pari a zero, in relazione agli usi energetici; pertanto, il fotovoltaico che verrà installato in sito (4.7 MWp) produrrà una quantità di energia elettrica pari o maggiore dell'intera domanda del Campus (climatizzazione, acqua calda sanitaria, ventilazione meccanica, illuminazione, ascensori, video terminali, etc.). Per i servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento, il Campus sarà servito da pompe di calore / chiller acqua-acqua. A tal proposito il nuovo progetto La Goccia prevede la realizzazione di 14 pozzi di presa e 14 pozzi di resa della sorgente geotermica, più 4 pompe di calore polivalenti (2 polivalenti per riscaldamento e raffrescamento e 2 per la produzione di acqua calda sanitaria) a livello di singolo edificio.

Sulla base di quanto descritto si prevede un carico elettrico specifico:

- per le nuove costruzioni di
 $4.700 \text{ (kWp)} \times 1.100 \text{ (h/anno)} / 52.170 \text{ (m}^2\text{)} = 99,1 \text{ (kWh}_e\text{/m}^2\text{.a nno)} ;$
- per le costruzioni raffrescate successivamente (dopo il 2015)
 $46,4 \text{ (kWh}_f\text{/m}^2\text{.anno)} / 4,6 = 10,1 \text{ (kWh}_e\text{/m}^2\text{.a nno)}.$

Carico in termini di emissioni di CO₂ (approccio di mercato)

In tabella sottostante vengono mostrati i consumi di elettricità dovuti all'aumento di superficie di pavimento e l'associato aumento delle emissioni di CO₂.

Tabella 5-37. Aumento delle emissioni di CO₂ causate dall'aumento di superficie.

| Anno | Voce | Valori |
|-----------|--|---------------|
| 22 vs. 15 | Elettricità nuove costruzioni (kWh _e /anno) | 0 |
| | Elettricità raffrescamento successivo (kWh _e /anno) | +274.604 |
| | Consumi di gas naturale (GJ/anno) | +287 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | +96 |
| 24 vs. 15 | Elettricità nuove costruzioni (kWh _e /anno) | +2.435.162 |
| | Elettricità raffrescamento successivo (kWh _e /anno) | +338.706 |
| | Consumi di gas naturale (GJ/anno) | -2.424 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | +462 |
| 25 vs. 15 | Elettricità nuove costruzioni (kWh _e /anno) | +2.690.342 |
| | Elettricità raffrescamento successivo (kWh _e /anno) | +480.777 |
| | Consumi di gas naturale (GJ/anno) | -2.424 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | +483 |
| 30 vs. 15 | Elettricità nuove costruzioni (kWh _e /anno) | +9.141.396 |
| | Elettricità raffrescamento successivo (kWh _e /anno) | +662.354 |
| | Consumi di gas naturale (GJ/anno) | -2.424 |
| | tCO ₂ /anno (endogene) | +1.377 |

5.1.12 Conclusioni

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati mostrati relativi alle azioni presentate per l'area Energia. In particolare, in Tabella 5-38 e Tabella 5-39 (approccio di mercato) e Tabella 5-40 e Tabella 5-41 (approccio marginale) vengono mostrati i benefici in termini di riduzione delle emissioni nel tempo per azione (rispetto al 2015), evidenziando, come nella descrizione delle singole azioni, lo scenario di riferimento (F, B o T), oltre all'aumento delle emissioni legato all'aumento della superficie di pavimento riscaldata e raffrescata. In questa Tabella si trovano tre riquadri: (F) contiene le riduzioni di CO₂ che si stima ottenere negli anni indicati grazie ad azioni la cui realizzazione è già avvenuta o è in corso ma è già stata finanziata; (B) contiene le riduzioni di CO₂ che si stima ottenere negli anni indicati grazie alle azioni per le quali è richiesto un finanziamento in accordo con lo scenario Base; (T) contiene le riduzioni di CO₂ che si stima ottenere negli anni indicati grazie alle azioni per le quali è richiesto un finanziamento in accordo con lo scenario Orientato al Target. Le riduzioni complessive per i due scenari (B e T) si ottengono sommando le riduzioni indicate negli appositi riquadri a quelle del riquadro (F).

Tabella 5-38. Prospetto riduzioni emissioni in tCO₂ / anno per azione e scenario (approccio di mercato).

| Azioni | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|---|-------------|-------------|---------------|---------------|----------------------|
| <i>Attività finanziate (F)</i> | | | | | |
| Trigeneratore | +1.536 | +2.552 | +2.828 | +3.389 | +3.389 |
| TLLRF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Corpi illuminanti | -351 | -495 | -448 | -354 | -354 |
| FTV | -59 | -264 | -613 | -1.160 | -1.160 |
| Gruppi frigo | -320 | -415 | -429 | -574 | -574 |
| Interventi involucro e impianti | -329 | -479 | -472 | -459 | -459 |
| Bandi dipartimenti | 0 | 0 | 0 | -39 | -77 |
| Regolazione e supervisione | -361 | -374 | -367 | -352 | -352 |
| PPA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aumento superficie | +96 | +462 | +483 | +1.377 | +1.377 |
| <i>Scenario Base (B)</i> | | | | | |
| Trigeneratore | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TLLRF | 0 | 0 | 0 | -1.539 | -1.539 |
| Corpi illuminanti | 0 | 0 | -107 | -433 | -433 |
| FTV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gruppi frigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Interventi involucro e impianti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bandi dipartimenti | 0 | 0 | 0 | -193 | -386 |
| Regolazione e supervisione | 0 | 0 | -193 | -117 | -117 |
| PPA | 0 | 0 | -1.955 | -1.544 | -1.544 |
| <i>Scenario Orientato al target (T)</i> | | | | | |
| Trigeneratore | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TLLRF | 0 | 0 | 0 | -1.539 | -1.539 |
| Corpi illuminanti | 0 | 0 | -107 | -433 | -433 |
| FTV | 0 | 0 | 0 | -211 | -211 |
| Gruppi frigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Interventi involucro e impianti | 0 | 0 | -317 | -618 | -920 |
| Bandi dipartimenti | 0 | 0 | 0 | -193 | -386 |
| Regolazione e supervisione | 0 | 0 | -193 | -254 | -254 |
| PPA | 0 | 0 | -1.955 | -1.699 | -1.699 |
| Totale (F + B) | +212 | +987 | -1.274 | -1.999 | -2.230 |
| Totale (F + T) | +212 | +987 | -1.590 | -3.119 | -3.652 |

Tabella 5-39. Prospetto riduzione emissioni in tCO₂ / anno per export di elettricità per azione e scenario (approccio di mercato).

| Azioni | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| <i>Attività finanziate (F)</i> | | | | | |
| Export di elettricità da trigeneratore | -217 | -109 | -80 | -21 | -21 |
| Export di elettricità da FTV | -15 | -66 | -153 | -290 | -290 |
| <i>Scenario Base (B)</i> | | | | | |
| Export di elettricità da FTV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scenario Orientato al target (T)</i> | | | | | |
| Export di elettricità da FTV | 0 | 0 | 0 | -53 | -53 |
| Totale (F + B) | -232 | -175 | -233 | -311 | -311 |
| Totale (F + T) | -232 | -175 | -233 | -363 | -363 |

Tabella 5-40. Prospetto riduzioni emissioni in tCO₂ / anno per azione e scenario (approccio marginale).

| Azioni | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| <i>Attività finanziate (F)</i> | | | | | |
| Trigeneratore | -1.005 | -979 | -972 | +1.110 | +1.110 |
| TLRF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Corpi illuminanti | -351 | -495 | -448 | -354 | -354 |
| FTV | -105 | -639 | -1.642 | -2.777 | -2.777 |
| Gruppi frigo | -320 | -415 | -429 | -574 | -574 |
| Interventi involucro e impianti | -329 | -479 | -472 | -459 | -459 |
| Bandi dipartimenti | 0 | 0 | 0 | -39 | -77 |
| Regolazione e supervisione | -361 | -374 | -367 | -352 | -352 |
| PPA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aumento superficie | +96 | +462 | +483 | +1.377 | +1.377 |
| <i>Scenario Base (B)</i> | | | | | |
| Trigeneratore | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TLRF | 0 | 0 | 0 | -1.539 | -1.539 |
| Corpi illuminanti | 0 | 0 | -107 | -433 | -433 |
| FTV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gruppi frigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Interventi involucro e impianti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bandi dipartimenti | 0 | 0 | 0 | -193 | -386 |
| Regolazione e supervisione | 0 | 0 | -193 | -117 | -117 |
| PPA | 0 | 0 | -1.955 | -1.544 | -1.544 |
| <i>Scenario Orientato al target (T)</i> | | | | | |
| Trigeneratore | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TLRF | 0 | 0 | 0 | -1.539 | -1.539 |
| Corpi illuminanti | 0 | 0 | -107 | -433 | -433 |
| FTV | 0 | 0 | 0 | -504 | -504 |
| Gruppi frigo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Interventi involucro e impianti | 0 | 0 | -317 | -618 | -920 |
| Bandi dipartimenti | 0 | 0 | 0 | -193 | -386 |
| Regolazione e supervisione | 0 | 0 | -193 | -254 | -254 |
| PPA | 0 | 0 | -1.955 | -1.699 | -1.699 |
| Totale (F + B) | -2.377 | -2.920 | -6.102 | -5.894 | -6.126 |
| Totale (F + T) | -2.377 | -2.920 | -6.418 | -7.308 | -7.841 |

Tabella 5-41. Prospetto riduzione emissioni in tCO₂ / anno per export di elettricità per azione e scenario (approccio marginale).

| Azioni | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| <i>Attività finanziate (F)</i> | | | | | |
| Export di elettricità da trigeneratore | -352 | -228 | -228 | -187 | -187 |
| Export di elettricità da FTV | -26 | -160 | -410 | -694 | -694 |
| <i>Scenario Base (B)</i> | | | | | |
| Export di elettricità da FTV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scenario Orientato al target (T)</i> | | | | | |
| Export di elettricità da FTV | 0 | 0 | 0 | -126 | -126 |
| Totale (F + B) | -378 | -388 | -638 | -507 | -507 |
| Totale (F + T) | -378 | -388 | -638 | -633 | -633 |

I totali mostrati in Tabella 5-38 e Tabella 5-40 differiscono dai totali per effetto endogeno mostrati nelle successive Tabelle (Tabella 5-48 e Tabella 5-49). Come indicato nel paragrafo 5.1.1, il contributo del trigeneratore, presentato in questo paragrafo, comprende anche una parte di effetto esogeno per autoconsumo di calore ed elettricità, nelle seguenti quantità:

- approccio di mercato, +47 (2022), +178 (2024), +217 (2025), +296 (2030), +296 tCO₂ / anno (Oltre il 2030);
- approccio marginale, +183 (2022), +183 (2024), +183 (2025), +476 (2030), +476 tCO₂ / anno (Oltre il 2030).

Si precisa che la valutazione del beneficio atteso dalle soluzioni proposte in relazione ai target del 2025 e del 2030 (-25% e -50% delle emissioni rispetto al 2015) viene presentato nel paragrafo 5.2.3 insieme alla valutazione del beneficio esogeno (riduzione del fattore di emissione dell'elettricità da rete) non valutato all'interno del paragrafo 5.1 se non per il trigeneratore.

In Tabella 5-42, vengono mostrati gli investimenti necessari (in questo caso su base annuale) per implementare le azioni proposte in relazione agli scenari Base (B) e Orientato al target (T), ottenendo un totale di investimento di 19,7 M€ (B) e 61,2 M€ (T). La Tabella non riporta l'investimento necessario per l'acquisto dei Certificati di Origine rinnovabile in quanto, come indicato, non si dispone di informazioni ufficiali in relazione al costo di acquisto dell'elettricità.

La tabella non riporta il finanziamento stanziato relativo all'anno 2024, definito ad aprile grazie agli avanzi di bilancio, di seguito descritto: (i) 3,2 M€ (TLRF), (ii) 1,2 M€ (Corpi illuminati) e 1,0 M€ (Bandi per i dipartimenti), per un totale di 5,4 M€. I benefici in termini di riduzione delle emissioni sono stati descritti nelle precedenti sezioni all'interno delle azioni relative alla voce (F) per quanto riguarda i "Corpi illuminanti e i "Bandi per i dipartimenti". Il TLRF invece è stato valutato interamente negli scenari (B) e (T) in quanto, come si evince dalla tabella, i 3,2 M€ stanziati non sono sufficienti a completare l'azione (si necessita di un CAPEX aggiuntivo pari a 8,5 M€ da prevedere tra il 2026 e il 2027).

Tabella 5-42. Prospetto investimenti per scenario.

| Azioni | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Scenario Base – valori in M€</i> | | | | | | |
| TLRF | 2,3 | 4,3 | 1,9 | - | - | - |
| Corpi illuminanti | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,2 |
| Fotovoltaico | - | - | - | - | - | - |
| Interventi involucro e impianti negli edifici | - | - | - | - | - | - |
| Bandi per i dipartimenti | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Regolazione e supervisione (impianti termici) | - | - | - | - | - | - |
| Totale | 4,5 | 6,5 | 4,1 | 2,2 | 2,2 | 0,2 |
| <i>Scenario Orientato al target – valori in M€</i> | | | | | | |
| TLRF | 2,3 | 4,3 | 1,9 | - | - | - |
| Corpi illuminanti | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,2 |
| Fotovoltaico | - | - | - | - | - | 10,0 (*) |
| Interventi involucro e impianti negli edifici | 9,7 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | - |
| Bandi per i dipartimenti | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Regolazione e supervisione (impianti termici) | - | - | - | - | - | 1,8 (*) |
| Totale | 14,2 | 11,5 | 9,1 | 7,2 | 7,2 | 12,0 |

(*) I valori sono stati inseriti rispetto all'anno in cui è stato valutato il beneficio. Al momento non si hanno informazioni relative a quando le azioni potrebbero essere potenzialmente finanziate.

La Figura 5-1 mostra i due indici che evidenziano l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni: (a) calcolato dividendo il CAPEX per le tonnellate di CO₂ evitate grazie alla soluzione nell'orizzonte temporale pari alla vita utile attesa e (b) calcolato dividendo il Valore Attuale Netto (VAN), utilizzando l'equazione 5.2 e le tonnellate di CO₂ evitate grazie alla soluzione nell'orizzonte temporale pari alla vita utile attesa. La figura riporta per il fotovoltaico (FTV) i KPI relativi all'approccio marginale, mentre per i corpi illuminati i KPI sono ottenuti come media dei valori relativi al 2025 e 2030. Il costo calcolato con media aritmetica delle azioni per evitare 1 tCO₂ è di € 533,00.

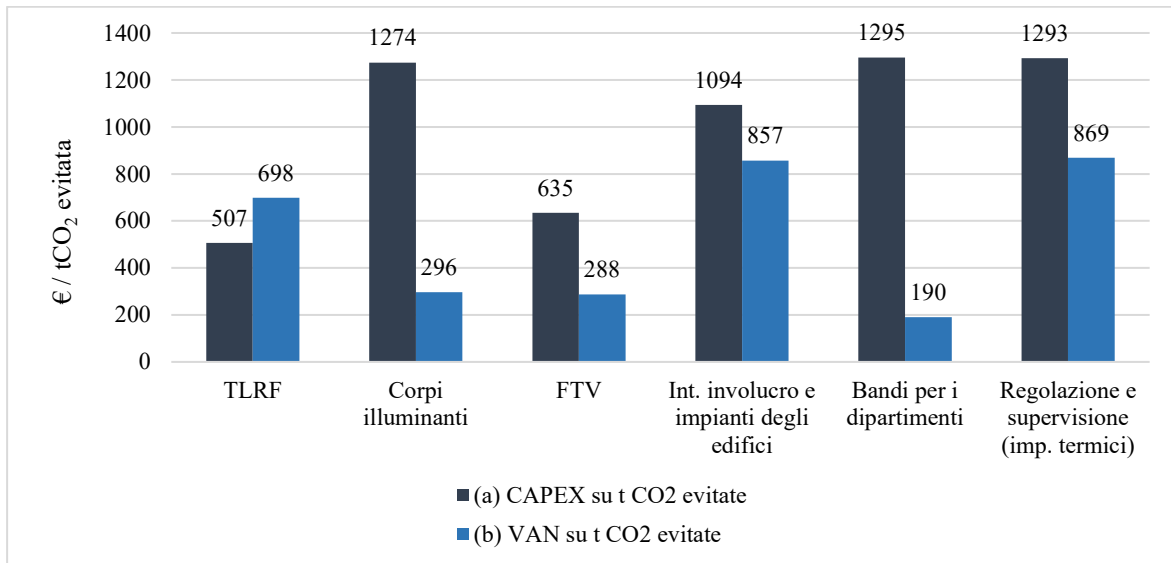


Figura 5-1. Valutazione dell'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni (approccio marginale).

Risulta importante precisare che nel caso di “Interventi involucro e impianti negli edifici” e “Regolazione e supervisione (impianti termici)”, le azioni producono dei benefici non quantificati negli indici. Ovvero, gli importi di spesa indicati non sono strettamente legati all'efficientamento energetico ma contribuiscono ad altri benefici (i.e., la riduzione dei costi di manutenzione degli impianti, l'aumento del comfort all'interno degli ambienti, etc.) non valutate nell'analisi effettuata. Pertanto, i valori mostrati in figura per questo tipo di azioni risultano essere sovrastimati.

5.2 Energia: valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni

In questo paragrafo del documento viene data evidenza ai benefici legati all'effetto esogeno, ovvero alla riduzione delle emissioni di CO₂ legate alla variazione del fattore di emissione dell'elettricità da rete nell'orizzonte temporale 2015 – 2030. Al fine di poter effettuare la valutazione dell'intero beneficio endogeno ed esogeno dell'intera area Energia, il paragrafo presenta un prospetto relativo alla riduzione dei consumi di elettricità e gas naturale grazie alle soluzioni proposte nel precedente paragrafo (5.1). Infine, il paragrafo riporta l'intero prospetto effettuando un confronto con i target di Ateneo (-30% dei consumi energetici associati a -25% di emissioni di CO₂ al 2025 e -50% di emissioni di CO₂ al 2030).

5.2.1 Effetto esogeno

Le stime delle riduzioni considerate nei paragrafi precedenti sono relative a misure direttamente dipendenti dalle azioni dell'Ateneo. In questo paragrafo è invece considerato l'effetto di altre azioni e misure, non dipendenti direttamente dall'Ateneo, ma che comunque hanno un'importante influenza sulle emissioni complessive (come già descritto nel paragrafo 3.3).

Per la stima delle corrispondenti riduzioni delle emissioni di CO₂ è necessario considerare i consumi elettrici e di gas naturale dell'Ateneo nel 2015, così come descritto nel paragrafo

precedente. In Tabella 5-43 viene mostrata la riduzione delle emissioni per effetto esogeno, così come descritto al paragrafo 3.3:

$$E_i = C_{15} \times (FE_i - FE_{15}) \quad (5.6)$$

Dove: E_i è l'emissione per effetto esogeno all'anno i -esimo, C_{15} è il consumo di elettricità o gas naturale all'anno 2015 e FE_i e FE_{15} sono i fattori di emissione dell'elettricità o del gas naturale all'anno i -esimo e all'anno 2015.

Tabella 5-43. Emissioni per effetto esogeno.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|----------------------|------------------------------------|---------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ele. da rete | MWh _e /anno | +42.879 | - | - | - | - | - |
| Gas naturale | GJ/anno | +78.776 | - | - | - | - | - |
| <i>Elettricità</i> | | | | | | | |
| Fattore di emissione | gCO ₂ /kWh _e | +312 | +291 | +216 | +196 | +154 | +154 |
| Var. vs. 2015 | gCO ₂ /kWh _e | - | -21 | -96 | -116 | -158 | -158 |
| Emissioni | tCO ₂ /a | - | -920 | -4.121 | -4.995 | -6.757 | -6.757 |
| <i>Gas naturale</i> | | | | | | | |
| Fattore di emissione | kgCO ₂ /GJ | +55.8 | +56.3 | +56.3 | +56.3 | +56.3 | +56.3 |
| Var. vs. 2015 | kgCO ₂ /GJ | - | +0.5 | +0.5 | +0.5 | +0.5 | +0.5 |
| Emissioni | tCO ₂ /anno | - | +39 | +39 | +39 | +39 | +39 |

5.2.2 Riduzione consumi elettrici e di gas

In Tabella 5-44 vengono indicati i valori di riduzione (-) e di aumento (+) dei consumi. Si sottolinea che: (i) il riferimento per l'energia elettrica sono i consumi da rete nazionale, pertanto l'energia elettrica autoconsumata prodotta da fotovoltaico è stata comunque valutata come una riduzione (-), (ii) la tabella, come altre, riporta i valori attesi "Oltre il 2030", valutando appunto il contributo delle azioni implementabili entro il 2030 ma il cui beneficio avverrà oltre tale anno ed (iii) è stato aggiunto un fattore correttivo di +6.223 (MWh_e/a), ottenuto come delta tra i valori di consumo misurati nel 2022 e nel 2015.

Il valore di correzione è in linea con l'aumento dei consumi legato all'aumento della popolazione politecnica dal 2015 (48.300 persone) al 2022 (57.206 persone). I valori di consumo riportati in tabella, infatti, non sono normalizzati sulla base alla popolazione. Tale normalizzazione, invece, riguarderà i valori di emissione presentati nelle successive sezioni del documento. Dividendo i consumi elettrici, appunto, per la popolazione otteniamo un valore pari a 0,61 MWh_e / persona.anno (2022), moltiplicando il valore ottenuto per la variazione di popolazione otteniamo, $0,61 \times (57.206 - 48.300) = + 5.420$ MWh_e/anno, a cui vanno aggiunti circa $(6.300 - 5.420) = +880$ MWh_e/anno che si assume siano legati all'errore di valutazione nel modello relativo al PdM (2,5% dei consumi totali) rispetto al dato monitorato a consuntivo (Inventario delle emissioni del 2022).

Tabella 5-44. Riduzione dei consumi elettrici vs. 2015.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|--|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <i>Scenario (F)</i> | | | | | | | |
| Consumi da trigeneratore | MWh/anno | - | -11.557 | -11.507 | -11.493 | -11.428 | -11.428 |
| TLRF | MWh/anno | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Illuminazione | MWh/anno | - | -1.209 | -2.294 | -2.294 | -2.294 | -2.294 |
| Consumi da rete nazionale per produzione FTV | MWh/anno | - | -202 | -1.222 | -3.137 | -7.514 | -7.514 |
| Gruppi frigo | MWh/anno | - | -1.101 | -1.923 | -2.194 | -3.720 | -3.720 |
| Involucro e impianti | MWh/anno | - | -276 | -329 | -329 | -329 | -329 |
| Bandi per i dipartimenti | MWh/anno | - | 0 | 0 | 0 | -250 | -500 |
| Regolazione e supervisione | MWh/anno | - | -322 | -355 | -355 | -355 | -355 |
| Aumento superficie | MWh/anno | - | +275 | +2.774 | +3.171 | +9.804 | +9.804 |
| <i>Scenario (B)</i> | | | | | | | |
| TLRF | MWh/anno | - | - | 0 | 0 | +1.378 | +1.378 |
| Illuminazione | MWh/anno | - | - | 0 | -549 | -2.806 | -2.806 |
| Bandi per i dipartimenti | MWh/anno | - | - | 0 | 0 | -1.250 | -2.500 |
| Regolazione e supervisione | MWh/anno | - | - | 0 | -989 | -759 | -759 |
| <i>Scenario (T)</i> | | | | | | | |
| TLRF | MWh/anno | - | - | 0 | 0 | +1.378 | +1.378 |
| Illuminazione | MWh/anno | - | - | 0 | -549 | -2.806 | -2.806 |
| Consumi da rete per produzione FTV | MWh/anno | - | - | 0 | 0 | -1.364 | -1.364 |
| Involucro e impianti | MWh/anno | - | - | 0 | +2 | +5 | +7 |
| Bandi per i dipartimenti | MWh/anno | - | - | 0 | 0 | -1.250 | -2.500 |
| Regolazione e supervisione | MWh/anno | - | - | 0 | -988 | -1.179 | -1.176 |
| Totale parziale (F + B) | MWh/anno | - | +28.486 | +28.022 | +24.709 | +23.355 | +21.855 |
| Totale parziale (F + T) | MWh/anno | - | +28.486 | +28.022 | +24.713 | +21.576 | +20.081 |
| Correzione consumi | MWh/anno | - | +6.330 | +6.330 | +6.330 | +6.330 | +6.330 |
| Consumi da rete nazionale (F + B) | MWh/anno | +42.879 | +34.816 | +34.352 | +31.039 | +29.686 | +28.186 |
| Consumi da rete nazionale (F + T) | MWh/anno | +42.879 | +34.816 | +34.352 | +31.043 | +27.907 | +26.412 |
| Riduzione % (F + B) | % | 0% | -19% | -20% | -28% | -31% | -34% |
| Riduzione % (F + T) | % | 0% | -19% | -20% | -28% | -35% | -38% |

In Tabella 5-45 viene mostrata l'energia elettrica prodotta ed esportata alla rete nazionale o alle Comunità di Energia Rinnovabile Solidali (CERS). Tale beneficio non è stato considerato all'interno della stima delle riduzioni presentato in Tabella 5-44 ma fornito come informazione addizionale.

Tabella 5-45. Export di elettricità negli anni.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|-------------------------------------|-------|------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| Ele. esportata da trigeneratore (F) | MWh/a | +648 | +1.443 | +1.443 | +1.443 | +1.443 | +1.443 |
| Ele. esportata da FTV (F) | MWh/a | +6 | +56 | +312 | +790 | +1.885 | +1.885 |
| Ele. esportata da FTV (T) | MWh/a | 0 | 0 | 0 | 0 | +341 | +341 |

La Tabella 5-46 presenta i consumi di gas naturale nell'orizzonte temporale. Come si evince le azioni proposte riducono notevolmente i consumi di gas rispetto al 2022 senza però riuscire a raggiungere il -30% come indicato negli obiettivi di Ateneo e rimanendo comunque superiori al valore del 2015. I maggiori consumi sono dovuti a un maggiore utilizzo del trigeneratore, infatti, come indicato nel paragrafo 5.1.1, il consumo di gas per la trigenerazione aumenta di circa 100.000 GJ / anno. Anche in questo caso: (i) è stato aggiunto un fattore correttivo ottenuto come delta dei consumi di gas naturale tra il 2015 e 2022 (valori da Inventario delle emissioni di Ateneo) e (ii) i valori di consumo non sono stati normalizzati sulla base della popolazione politecnica.

Tabella 5-46. Consumi di gas naturale a confronto.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|----------------------------|---------|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| <i>Scenario (F)</i> | | | | | | | |
| Trigeneratore | GJ/anno | - | +100.989 | +100.989 | +100.989 | 100.989 | +100.989 |
| Consumi per riscaldamento | GJ/anno | - | -14.939 | -14.939 | -14.939 | -14.939 | -14.939 |
| TLRF | GJ/anno | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Involucro e impianti | GJ/anno | - | -4.422 | -7.238 | -7.238 | -7.238 | -7.238 |
| Regolazione e supervisione | GJ/anno | - | -4.748 | -5.277 | -5.277 | -5.277 | -5.277 |
| Aumento superficie | GJ/anno | - | +287 | -2.424 | -2.424 | -2.424 | -2.424 |
| <i>Scenario (B)</i> | | | | | | | |
| TLRF | GJ/anno | - | 0 | 0 | 0 | -31.101 | -31.101 |
| Regolazione e supervisione | GJ/anno | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scenario (T)</i> | | | | | | | |
| TLRF | GJ/anno | - | 0 | 0 | 0 | -31.101 | -31.101 |
| Involucro e impianti | GJ/anno | - | 0 | 0 | -5.628 | -10.989 | -16.349 |
| Regolazione e supervisione | GJ/anno | - | 0 | 0 | 0 | -1.285 | -1.285 |
| Totale parziale (F + B) | GJ/anno | - | +155.944 | +149.888 | +149.888 | +118.787 | +118.787 |
| Totale parziale (F + T) | GJ/anno | - | +155.944 | +149.888 | +144.260 | +106.513 | +101.153 |
| Correzione | GJ/anno | - | +26.648 | +26.648 | +26.648 | +26.648 | +26.648 |
| Consumi di gas (F + B) | GJ/anno | +78.776 | +182.593 | +176.537 | +176.537 | +145.436 | +145.436 |
| Consumi di gas (F + T) | GJ/anno | +78.776 | +182.593 | +176.537 | +170.908 | +133.162 | +127.801 |
| Riduzione (F + B) | % | 0% | +132% | +124% | +124% | +85% | +85% |
| Riduzione (F + T) | % | 0% | +132% | +124% | +117% | +69% | +62% |

Dividendo i consumi di gas naturale per la popolazione otteniamo un valore pari a 3,19 GJ/persona.anno (2022), moltiplicando il valore ottenuto per la variazione di popolazione otteniamo, $3,19 \times (57.206 - 48.300) = + 28.427$ GJ / anno, a cui devono essere aggiunti $(26.648 - 28.427) = -1.779$ GJ / anno che si assume siano legati anche in questo caso

all'errore di valutazione nel modello relativo al PdM (0,9% dei consumi totali) rispetto al dato monitorato a consuntivo (Inventario delle emissioni del 2022).

Al fine di verificare il raggiungimento del target al 2030, i consumi elettrici e di gas naturale sono stati trasformati in energia primaria (non rinnovabile). L'energia primaria non rinnovabile permette di valutare la domanda elettrica escludendo la copertura da fonti rinnovabili (i.e., produzione di energia elettrica da fotovoltaico, acquisto di Certificati di Origine da PPA, quota contenuta nell'elettricità erogata da rete nazionale).

In Tabella 5-47 viene mostrata la riduzione dei consumi in energia primaria. Il calcolo è stato effettuato trasformando i valori indicati nelle Tabella 5-44 e Tabella 5-46, utilizzando dei fattori di conversione pari a 1,97 e 1,05 (kWh_{ep, nren} / kWh) per elettricità da rete e gas naturale. La quota di energia prodotta da fotovoltaico e autoconsumata (indicata in Tabella 5-44) è stata valutata con contributo nullo, in quanto il fattore di conversione risulta essere pari a 0,00 (kWh_{ep, nren} / kWh), così come il valore in energia primaria dei 10 e 11 GWh_e da PPA è stato sottratto dai totali, dato che il fattore di conversione dell'energia elettrica da rinnovabili è considerato pari a 0,00 (Regione Lombardia, 2020).

Tabella 5-47. Riduzione dei consumi in energia primaria.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|---|----------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <i>Energia primaria globale (non rinnovabile): non normalizzati rispetto alla popolazione</i> | | | | | | | |
| Consumi (F + B) | MWh _{ep} /a | +107.448 | +121.844 | +119.164 | +92.937 | +81.199 | +78.244 |
| Consumi (F + T) | MWh _{ep} /a | +107.448 | +121.844 | +119.164 | +91.303 | +72.145 | +67.636 |
| Riduzione (F + B) | % | 0% | +13% | +11% | -14% | -24% | -27% |
| Riduzione (F + T) | % | 0% | +13% | +11% | -15% | -33% | -37% |
| <i>Energia primaria globale (non rinnovabile): normalizzata rispetto alla popolazione</i> | | | | | | | |
| Riduzione (F + B) | % | 0% | -4% | -8% | -28% | -37% | -39% |
| Riduzione (F + T) | % | 0% | -4% | -8% | -29% | -44% | -48% |

5.2.3 Quadro riassuntivo riduzioni (Energia): endogeno ed esogeno

In questo paragrafo del documento vengono mostrati i risultati in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ negli anni rispetto all'anno base 2015, aggregando quanto già mostrato nelle precedenti sezioni, in relazione: (i) al contributo delle azioni (effetto endogeno), (ii) all'effetto esogeno di gas ed elettricità, (iii) al contributo del teleriscaldamento (TLR), considerato costante dal 2022 in poi (non valutato all'interno del PdM ma utilizzando il dato da Inventario delle emissioni) e (iv) al fattore correttivo per consumi di elettricità e gas naturale così come descritto nel paragrafo 5.2.2.

In Tabella 5-48 vengono mostrati i risultati ottenuti per i due scenari di analisi: Finanziato più Base (F + B) e Finanziato più Orientato al Target (F + T) secondo l'approccio di mercato. La tabella riporta inoltre i valori percentuali di riduzione delle emissioni attese rispetto al 2015 utilizzando le emissioni totali non normalizzate e normalizzate rispetto alla popolazione politecnica attesa (i.e. 48.300 persone nel 2015, 57.206 nel 2022 e 58.000 per gli anni a seguire).

In tabella il raggiungimento dei target (i) -25% di emissioni al 2025 e (ii) -50% di emissioni al 2030 avviene solo nello scenario (F + T) in cui si raggiunge il - 35% (2025), -50% (2030) e -54% (Oltre il 2030). Al contrario, nello scenario (F + B) il target viene raggiunto solo nel 2025 (-33%), mentre al 2030 e Oltre il 2030 i valori non rispettano la soglia (-46% e -47% rispettivamente). Si sottolinea che per lo scenario F+B con approccio di mercato, la riduzione è ottenuta per effetti endogeni in misura pari al 13% nel 2025 e al 26% nel 2030 e per effetti esogeni in misura pari all'87% nel 2025 e al 74% nel 2030. Per lo scenario F+T invece con approccio di mercato invece, la riduzione è ottenuta per effetti endogeni in misura pari al 27% nel 2025 e al 34% nel 2030 e per effetti esogeni in misura pari all'73% nel 2025 e al 66% nel 2030.

Tabella 5-48. Riduzione delle emissioni per anno e scenario di analisi, approccio di mercato.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <i>Scenario F + B</i> | | | | | | | |
| Eff. endogeno | tCO ₂ /anno | - | +165 | +798 | -1.502 | -2.305 | -2.537 |
| Eff. esogeno | tCO ₂ /anno | - | -881 | -4.082 | -4.956 | -6.719 | -6.719 |
| TLR | tCO ₂ /anno | - | +168 | +168 | +168 | +168 | +168 |
| Correzione | tCO ₂ /anno | - | +3.340 | +2.868 | +2.739 | +2.479 | +2.479 |
| Totale | tCO ₂ /anno | +17.967 | +20.760 | +17.719 | +14.416 | +11.590 | +11.359 |
| Variazione | % | 0% | 16% | -1% | -20% | -35% | -37% |
| Totale normalizzato | tCO ₂ /persona. anno | +372 | +363 | +306 | +249 | +200 | +196 |
| Variazione normalizzata | % | 0% | -2% | -18% | -33% | -46% | -47% |
| <i>Scenario F + T</i> | | | | | | | |
| Eff. endogeno | tCO ₂ /anno | - | +165 | +798 | -1.818 | -3.426 | -3.958 |
| Eff. esogeno | tCO ₂ /anno | - | -881 | -4.082 | -4.956 | -6.719 | -6.719 |
| TLR | tCO ₂ /anno | - | +168 | +168 | +168 | +168 | +168 |
| Correzione | tCO ₂ /anno | - | +3.340 | +2.868 | +2.739 | +2.479 | +2.479 |
| Totale | tCO ₂ /anno | +17.967 | +20.760 | +17.719 | +14.100 | +10.470 | +9.937 |
| Variazione | % | 0% | 16% | -1% | -22% | -42% | -45% |
| Totale normalizzato | tCO ₂ /persona. anno | +372 | +363 | +306 | +243 | +181 | +171 |
| Variazione normalizzata | % | 0% | -2% | -18% | -35% | -51% | -54% |

In Tabella 5-49 viene mostrata la riduzione delle emissioni per lo scenario marginale, in questo caso i target (al 2025 e al 2030) sono ampiamente raggiunti per entrambi gli scenari (F + B e F + T).

Tabella 5-49. Riduzione delle emissioni per anno e scenario di analisi, approccio marginale.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|-------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Scenario F + B</i> | | | | | | | |
| Eff. endogeno | tCO ₂ /anno | - | -2.571 | -3.113 | -6.296 | -6.381 | -6.613 |
| Eff. esogeno | tCO ₂ /anno | - | -881 | -4.082 | -4.956 | -6.719 | -6.719 |
| TLR | tCO ₂ /anno | - | +168 | +168 | +168 | +168 | +168 |
| Correzione | tCO ₂ /anno | - | +3.340 | +2.868 | +2.739 | +2.479 | +2.479 |
| Totale | tCO ₂ /anno | +17.967 | +18.024 | +13.808 | +9.622 | +7.514 | +7.283 |
| Variazione | % | 0% | 0% | -23% | -46% | -58% | -59% |
| Totale normalizzato | tCO ₂ /persona. anno | +372 | +315 | +238 | +166 | +130 | +126 |
| Variazione normalizzata | % | 0% | -15% | -36% | -55% | -65% | -66% |
| <i>Scenario F + T</i> | | | | | | | |
| Eff. endogeno | tCO ₂ /anno | - | -2.571 | -3.113 | -6.612 | -7.795 | -8.328 |
| Eff. esogeno | tCO ₂ /anno | - | -881 | -4.082 | -4.956 | -6.719 | -6.719 |
| TLR | tCO ₂ /anno | - | +168 | +168 | +168 | +168 | +168 |
| Correzione | tCO ₂ /anno | - | +3.340 | +2.868 | +2.739 | +2.479 | +2.479 |
| Totale | tCO ₂ /anno | +17.967 | +18.024 | +13.808 | +9.305 | +6.402 | +5.568 |
| Variazione | % | 0% | 0% | -23% | -48% | -66% | -69% |
| Totale normalizzato | tCO ₂ /persona. anno | +372 | +315 | +238 | +160 | +105 | +96 |
| Variazione normalizzata | % | 0% | -15% | -36% | -57% | -72% | -74% |

In Tabella 5-50 vengono mostrati i benefici in termini di riduzione delle emissioni da export di elettricità prodotta da trigeneratore e da fotovoltaico, non considerate precedentemente (in linea con la metodologia adottata). I valori fanno riferimento ai due approcci (di mercato e marginale) e agli scenari di interesse, ovvero (F) e (T).

Tabella 5-50. Benefici legati all'export di energia elettrica.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2024 | 2025 | 2030 | Oltre il 2030 |
|-------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|---------------|
| <i>Approccio di mercato</i> | | | | | | | |
| Ele. esportata da trigeneratore (F) | tCO ₂ /a | -202 | -419 | -236 | -282 | -223 | -223 |
| Ele. esportata da FTV (F) | tCO ₂ /a | 0 | -16 | -74 | -155 | -291 | -291 |
| Ele. esportata da FTV (T) | tCO ₂ /a | 0 | 0 | 0 | 0 | -53 | -53 |
| <i>Approccio marginale</i> | | | | | | | |
| Ele. esportata da trigeneratore (F) | tCO ₂ /a | -403 | -755 | -523 | -755 | -533 | -533 |
| Ele. esportata da FTV (F) | tCO ₂ /a | 0 | -30 | -163 | -414 | -697 | -697 |
| Ele. esportata da FTV (T) | tCO ₂ /a | 0 | 0 | 0 | 0 | -126 | -126 |

In Figura 5-2 vengono presentati graficamente i benefici ottenuti dalle soluzioni proposte, fornendo l'andamento delle emissioni normalizzate rispetto alla popolazione nel tempo per l'area Energia.

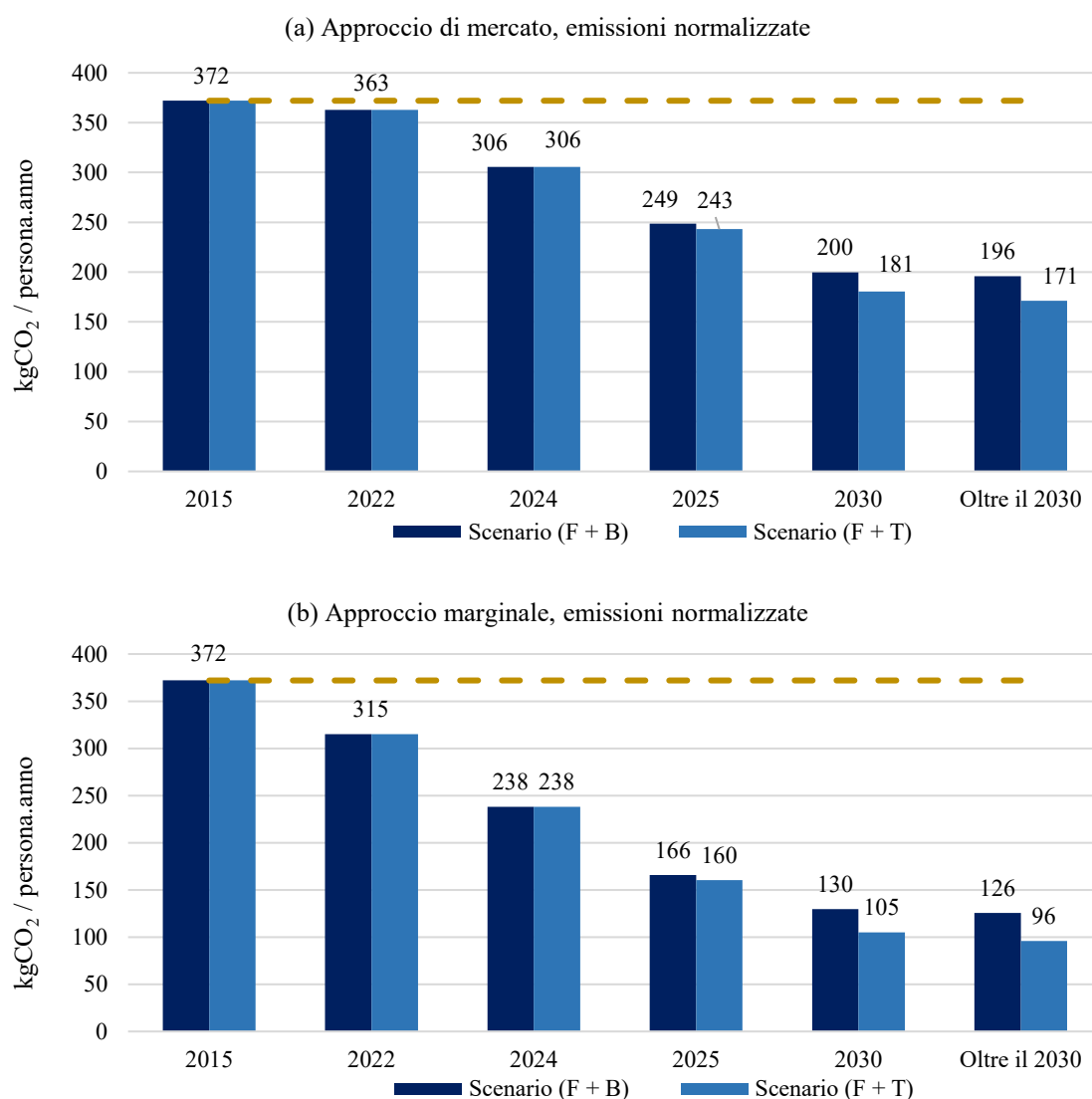


Figura 5-2. Riduzione delle emissioni (normalizzate) nel tempo per il settore energia, con (a) approccio di mercato e (b) approccio marginale.

5.3 Mobilità: quadro generale

Nel 2022 il settore mobilità, che ha contribuito per il 43% alle emissioni totali di CO₂ di Ateneo, ha visto come contributo principale le emissioni per l'accesso ai campus (86%), seguite da quelle associate alle missioni del personale (10%), da quelle degli studenti in mobilità (3%) e infine da quelle dei veicoli di servizio del Politecnico (1%). Nel presente piano di mitigazione, così come in quello precedente, si è deciso di non effettuare ipotesi sulle riduzioni di emissioni relative agli studenti in mobilità e ai veicoli di servizio del Politecnico, ipotizzandole quindi invariate negli anni, nel primo caso per l'elevata incertezza nella possibile stima di riduzione e nel secondo per il ridotto contributo alle emissioni totali di Ateneo.

Per quanto riguarda invece le missioni del personale è importante specificare che, rispetto al precedente Piano di Mitigazione (PDM, 2019), si è deciso di differenziare le stime di

riduzione delle emissioni legate all'accesso ai campus da quelle legate alle missioni del personale, che prima invece erano raggruppate insieme. La ragione principale della suddivisione risiede nel fatto che le policy che l'Ateneo può adottare per agire su questi due contributi all'impronta carbonica sono di diversa natura.

Nelle sezioni da 5.3.1 e 5.3.2 viene discusso il potenziale di riduzione delle emissioni per l'accesso ai campus. Ai fini di chiarire la coerenza che potrebbe non essere percepita tra gli sforzi eseguiti in fase di redazione del presente piano tra il settore energia e il settore mobilità, è importante sottolineare che mentre per il settore Energia (sezioni 5.1 e 5.2) questo documento, secondo alla sua precedente versione, rappresenta il primo sforzo dell'Ateneo in termini di mitigazione ai cambiamenti climatici, per il settore Mobilità⁵¹, il piano di mitigazione è conseguenza di quanto discusso e redatto nel Piano Spostamenti Casa - Università (PSCU). Nel PSCU sono state ampiamente discusse e descritte le azioni la cui implementazione aumenterebbe la predisposizione della comunità politecnica alla mobilità sostenibile e i conseguenti numerosi benefici tra i quali la riduzione delle emissioni di CO₂. In tale documento (capitolo 7) viene riportato il dettaglio delle assunzioni e simulazioni eseguite dall'ente responsabile della sua redazione (META) per stimare gli effetti di tali azioni sul cambiamento dei comportamenti degli utenti e quindi sulle riduzioni di emissioni di CO₂ per l'accesso ai campus. Nelle tabelle del paragrafo 5.3.1 (es. Tabella 5-53) sono quindi riportate tali riduzioni senza che, al contrario di quanto esplicitato per il settore energia (es. Tabella 5-9) siano evidenti e replicabili i calcoli effettuati. Si rimanda quindi al capitolo del PSCU per i dettagli.

Nel paragrafo 5.3.3 viene discusso il potenziale di riduzione delle emissioni associate alle missioni del personale, stima per la quale il livello di dettaglio raggiunto è stato inferiore anche a causa del minor contributo di questa voce sulle emissioni totali di Ateneo (4,3% sul totale nel 2022). Infine nel paragrafo 5.3.4 viene fornito un quadro di sintesi per l'intero settore mobilità.

5.3.1 Mobilità: azioni proposte per la riduzione delle emissioni da accesso ai campus

In questo paragrafo, come anticipato, si descrivono i benefici attesi, ottenibili dalle 24 azioni individuate e discusse nel Piano Spostamenti Casa - Università (PSCU) ed esposte nei successivi sottoparagrafi. Le emissioni evitate di seguito descritte, sono relative al solo contributo endogeno, ovvero di responsabilità dell'Ateneo (si veda il *paragrafo 3.3*). Come evidenziato nell'introduzione, il beneficio ottenuto dal contributo esogeno dato dalla riduzione del fattore di emissione relativi ai mezzi di trasporto utilizzati, indipendente dalle scelte di Ateneo (introdotto nel paragrafo 3.5) è esposto nel paragrafo 5.3.2.2 mentre il beneficio, ugualmente esogeno, dato dal progressivo esaurirsi degli effetti della pandemia sulle abitudini di mobilità è illustrato nel paragrafo 5.3.2.3.

I valori di riduzione e gli associati investimenti economici descritti per ogni azione del paragrafo Mobilità, parimenti a quanto fatto per il paragrafo Energia (5.1 e 5.2) fanno riferimento a due scenari denominati: (i) Base (B) e (ii) Orientato al target (T). Il primo scenario descrive gli investimenti il cui finanziamento è in previsione e mostra la stima, ove

⁵¹ Voce "accesso ai campus"

possibile, delle riduzioni associate in termini di future emissioni di anidride carbonica. Il secondo scenario descrive le ipotesi di investimento addizionale necessario per avvicinarsi ai target prefissati nel Piano Strategico di Ateneo che ricordiamo essere espressi in termini di intensità emissiva pro capite (si veda il *paragrafo 2.5.2*). Tali target sono:

- per l'area Mobilità: -15% delle emissioni per accesso ai campus al 2025 rispetto al 2015, +10% di utenti che accedono al campus in bicicletta al 2025 rispetto al 2022, -15% della quota modale «mezzi privati motorizzati» per gli studenti e -20% della quota modale «mezzi privati motorizzati» per il personale al 2025 rispetto al 2022;
- per le emissioni complessive di Ateneo: -25% entro il 2025 rispetto al 2015, -50% entro il 2030 rispetto al 2015.

Nella descrizione delle varie azioni, si riportano anche alcune azioni (con i relativi benefici, qualitativi o quantitativi, e costi associati) che sono già state finanziate ma che sono in corso di realizzazione nel momento di stesura del presente piano (F).

L'ambito delle azioni ricade sempre nello Scopo 3 (si veda il *paragrafo 2.4.3.2*), poiché è qui che le normative vigenti collocano le azioni legate agli spostamenti casa università e l'approccio utilizzato per quantificare il beneficio è sempre quello di mercato (si veda il *paragrafo 3.6.2*). Per ogni azione viene indicata la fonte dei dati utilizzati nelle valutazioni.

In Tabella 5-51 vengono riassunti per ogni azione: (i) l'area di appartenenza (area I “trasporto pubblico”, area II “mobilità ciclistica”, area III “sharing mobility”, area IV “mobilità elettrica motorizzata”, area V “frequenza di accesso ai campus”, area VI “cultura della mobilità sostenibile”); (ii) se si prevedono target differenziati tra lo scenario “Base” e “Orientato al target” (i.e., nel caso in cui i target sono i medesimi nei due scenari viene indicato “Base = Orientato al target”, nel caso in cui la previsione dei fondi da stanziare è legata solo al raggiungimento del target viene indicato “Orientato al target (Base non presente)” e nel caso in cui si prevedono quote di finanziamento differenziato nei due scenari si riporta “Base ≠ Orientato al target”); (iii) se è stato possibile effettuare una stima quantitativa delle riduzioni di emissioni che l'azione comporterà nel tempo (se è indicato “no” significa che qualitativamente si prevede un effetto di riduzione ma non è stato possibile stimarne l'entità).

Tabella 5-51. Descrizione schematica della valutazione per ogni azione di Mobilità

| Azione | Area | Scenario | Valutazione quantitativa |
|--|------|----------------------------|--------------------------|
| 1. Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico | I | Base = Orientato al target | No |
| 2. Rafforzamento delle misure di incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico | I | target (Base non presente) | Si |
| 3. Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico | I | target (Base non presente) | Si |
| 4. Pedonalizzazione spazi interni con creazione aree car free e riqualificazione aree sosta bici | II | Base = Orientato al target | No |

| | | | |
|--|-----|-------------------------------|-------|
| 5.Incremento offerta sosta biciclette semplice/park up e realizzazione velostazioni con introduzione di Bike Repair Station | II | - (**) | Si |
| 6.Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti | II | Base = Orientato al target | No |
| 7.Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio | II | Base = Orientato al target | No |
| 8.Realizzazione di docce e spogliatoi in ogni polo/campus/dipartimento | II | Base = Orientato al target | No |
| 9.Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi | II | target (Base non presente) | Si |
| 10.Pubblicizzazione e diffusione dei percorsi ciclabili migliori per raggiungere le sedi del Politecnico | II | target (Base non presente) | No |
| 11.Convenzioni con servizi di assicurazione nell'ambito della mobilità sostenibile | II | target (Base non presente) | No |
| 12.Stanziamiento di fondi Polimi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini | II | target (Base non presente) | Si |
| 13.Mobility as a Service | III | target (Base non presente) | No |
| 14.Servizi di mobilità a chiamata | III | target (Base non presente) | No |
| 15.Organizzazione del car pooling | III | target (Base non presente) | No(*) |
| 16.Installazione punti di ricarica per auto elettriche | IV | Base = Orientato al target | Si |
| 17.Convenzioni e agevolazioni riguardanti le auto elettriche e ibride | IV | Base = Orientato al target | No |
| 18.Prezzo agevolato di ricarica | IV | target (Base non presente) | Si |
| 19.Smart working | V | Base = Orientato al target | Si |
| 20.Revisione regole di accesso ai campus | V | target (Base non presente) | No |
| 21.Sensibilizzazione e promozione di alternative di mobilità sostenibile | VI | Base = Orientato al target | No |
| 22.Comunicazione, sensibilizzazione, ingaggio e partecipazione | VI | target (Base non presente) | No |
| 23.Convenzioni con servizi di formazione sui temi della mobilità sostenibile e della guida sicura/ecologica | VI | Base = Orientato al target | No |
| 24. Monitoraggio share modale e redazione PSCU | VI | Base = Orientato al target | No |

(*) La valutazione quantitativa potrà essere implementata a partire dai dati del questionario sulla mobilità 2024 incrociando alcune informazioni con l'anagrafica di Ateneo.

(**) Le azioni previste (in corso di realizzazione o da realizzare) rientrano tutte in investimenti già finanziati.

La Tabella 5-52 riassume gli importi economici (CAPEX e OPEX) relativi ai due scenari individuati, per le azioni indicate nella Tabella 5-51. Solo per alcune azioni è stato possibile quantificare l'investimento necessario per l'implementazione: tali azioni sono riportate in grassetto; per le altre azioni, per le quali non è possibile a oggi quantificare il costo necessario per la loro realizzazione è stata indicata la dicitura "n.d.". Differentemente dal comparto Energia (si veda il *paragrafo 5.1*), le azioni concernenti la gestione della mobilità presentano OPEX generalmente positivi (costi periodici), dunque appare utile anticiparli qui, attualizzati considerando un orizzonte temporale di 6 anni (traguardando quindi l'anno 2030) e un saggio di sconto pari al 3%. Gli OPEX indicati in Tabella 5-52 sono quindi la somma su 6 anni attualizzata.

Ciascuna azione è brevemente illustrata nei paragrafi successivi, unitamente ai rispettivi valori di KPI calcolati come rapporto € (CAPEX + OPEX) / tCO₂eq, per tutte le azioni delle quali è stato possibile stimare analiticamente i potenziali effetti in termine di variazione di emissioni di CO₂.

Occorre sottolineare che per tutte le azioni che riguardano la mobilità, non è stato possibile valutare le riduzioni rispetto all'anno di riferimento del presente Piano, anno 2015, si veda il paragrafo 2.2. Pertanto tutte le riduzioni di anidride carbonica indicate nelle tabelle di questo paragrafo si riferiscono all'anno 2022 (e.g. il *rafforzamento delle misure di incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico* si stima che porterà a una riduzione delle emissioni al 2025 pari a -72t rispetto al 2022). Nel paragrafo 5.4.3 viene spiegato in che modo queste riduzioni rispetto all'anno 2022 sono interpretate guardando all'anno di riferimento del presente Piano, ovvero il 2015.

La descrizione esaustiva delle azioni e la stima degli effetti diversi dalla riduzione delle emissioni di CO₂ sono illustrate nei capitoli 6 e 7 del PSCU. Per coerenza con la Tabella 5-2 del settore Energia, non vengono qui riportate le azioni già finanziate (F).

Tabella 5-52. Prospetto stima degli OPEX (O) e dei CAPEX (C) nei due scenari.

| Azione | Area | Scenario "Base" | Scenario "Orientato al target" |
|---|------|---------------------|--------------------------------|
| 1. Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico | I | 1,8M€ (O) | 1,8 M€ (O) |
| 2.Rafforzamento delle misure di incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico | I | - | 2,2 M€ (O) |
| 3.Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico | I | - | 2,4 M€ (O) |
| 4.Pedonalizzazione spazi interni con creazione aree car free e riqualificazione aree sosta bici | II | (n.d.) ¹ | (n.d.) ¹ |

| | | | |
|--|-----|--------------------------------|---------------------------------|
| 6. Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti | II | 0,2M€ (0,02M€ C+ 0,18 M€ O) | 0,2M€ (0,02 M€ C+ 0,18 M€ O) |
| 7. Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio | II | 0,02 M€ (C) | 0,02 M€ (C) |
| 8. Realizzazione di docce e spogliatoi in ogni polo/campus/dipartimento | II | (n.d.) ¹ | (n.d.) ¹ |
| 9. Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi | II | - | 1,7 M€ (O) |
| 10. Pubblicizzazione e diffusione dei percorsi ciclabili migliori per raggiungere le sedi del Politecnico | II | - | (n.d.) |
| 11. Convenzioni con servizi di assicurazione nell'ambito della mobilità sostenibile | II | - | (n.d.) |
| 12. Stanziamento di fondi Polimi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini | II | - | 0,1 M€ (C) |
| 13. Mobility as a Service | III | - | (n.d.) |
| 14. Servizio di Mobilità a chiamata | III | - | (n.d.) |
| 15. Organizzazione del car pooling | III | - | (n.d.) |
| 16. Installazione punti di ricarica per auto elettriche | IV | 0,2 M€ (C) | 0,2 M€ (C) |
| 17. Convenzioni e agevolazioni riguardanti le auto elettriche e ibride | IV | (n.d.) | (n.d.) |
| 18. Prezzo agevolato di ricarica | IV | - | (n.d.) |
| 19. Smart working | V | (n.d.) | (n.d.) |
| 20. Revisione regole di accesso ai campus | V | - | 0,03 M€ (C) |
| 21. Sensibilizzazione e promozione di alternative di mobilità sostenibile | VI | (n.d.) ² | (n.d.) ² |
| 22. Comunicazione, sensibilizzazione, ingaggio e partecipazione | VI | - | (n.d.) ² |
| 23. Convenzioni con servizi di formazione sui temi della mobilità sostenibile e della guida sicura/ecologica | VI | (n.d.) | (n.d.) |
| 24. Monitoraggio share modale e redazione PSCU | VI | 0,16 M€ (O) | 0,16 M€ (O) |
| Totale (CAPEX + OPEX per 6 anni) | | 2,38 M€ | 8,82³ M€ |

(n.d.) Costo non ancora definito ad oggi; (n.d.)¹ il costo è in corso di stima da parte dell'area di competenza (Area Tecnico Edilizia – ATE) oppure è già stimato ma al momento non è stata recepita l'informazione sulla quota del costo associata a questa azione; (n.d.)² il costo è in corso di stima da parte dell'area di competenza (Area Public Engagement e Comunicazione – APEC) oppure è già stimato ma al momento non è stata recepita l'informazione sulla quota del costo associata a questa azione.

³ il valore espresso in € è pari a 8.823.499 €

Nel seguito, si farà riferimento all'approccio di mercato per quantificare il beneficio (come descritto al paragrafo 3.6.2).

5.3.1.1 Trasporto pubblico (area I)

Il Politecnico di Milano, fra le iniziative già consolidate di Welfare, mette a disposizione dei propri dipendenti, tramite convenzioni sottoscritte a titolo gratuito con ATM e Trenord, abbonamenti annuali per il trasporto pubblico a tariffa ridotta. L'iniziativa interessa il Personale Docente (Professori Ordinari, Professori Associati, Ricercatori), il Personale Tecnico-Amministrativo con rapporto di lavoro a tempo determinato e indeterminato, Assegnisti e Dottorandi. In aggiunta, l'Ateneo riconosce al Personale Docente strutturato e al Personale Tecnico Amministrativo il Contributo Mobilità, ovvero un ulteriore sconto del 35% sul costo delle tariffe in convenzione fino ad un massimo di 258,23 € (ai sensi della normativa vigente). Maggiori informazioni possono essere reperite nel paragrafo 6.2.1 del PSCU.

Al fine di rafforzare le misure di sostegno all'utilizzo del trasporto pubblico, sono ipotizzate due azioni tra loro complementari:

- Rafforzamento delle misure di incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico (azione 2 Tabella 5-51).

Prevede di potenziare la misura già in essere allargando la platea dei destinatari anche a quanti fra i lavoratori oggi non possono usufruire dello sconto in carico al Politecnico (come assegnisti e dottorandi) e incrementando la quota di contribuzione fino al 60% del prezzo dell'abbonamento (con un tetto di contributo pari a 330 €).

- Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico (azione 3 Tabella 5-51).

Prevede un bando per erogare a talune categorie di utenti Polimi (studenti, docenti e personale tecnico-amministrativo, in primis) in possesso di determinati requisiti (ad es. assenza di possesso di un abbonamento TP, utilizzo del veicolo privato almeno 3 giorni alla settimana in determinati periodi dell'anno e residenza in zone tariffarie STIBM esterne a Milano), un contributo per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico destinati. L'ipotesi è di un contributo pari all'85% del costo dell'abbonamento annuo.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al capitolo 6 del PSCU (2024).

Approccio di mercato – investimenti in essere (F)

In linea con quanto iniziato nel precedente piano di mitigazione, gli effetti della misura corrente di sovvenzione dell'acquisto degli abbonamenti al trasporto pubblico possono tradursi in un maggior utilizzo di questi al posto dei mezzi privati. Non è possibile tuttavia quantificare, con le informazioni disponibili, quanto la presenza dell'incentivo abbia di fatto indotto all'utilizzo del mezzo pubblico chi, in assenza di esso, avrebbe invece utilizzato un mezzo privato motorizzato per recarsi in università. Si sottolinea che a oggi il finanziamento per questa misura è pari a 300.000 €/anno anche se ad esempio nel 2023 il costo di questa misura è stato pari a circa 210.000€ (paragrafo 6.8 del PSCU).

Approccio di mercato – scenario Base e scenario Orientato al target (T)

Poiché come indicato sopra non è possibile quantificare, con le informazioni disponibili, quanto la presenza delle convenzioni attuali per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico abbia di fatto indotto all'utilizzo del mezzo pubblico chi, in assenza di esso, avrebbe invece utilizzato un mezzo privato motorizzato per recarsi in università, nella Tabella 5-53 non è indicata nessuna riduzione di emissioni di CO₂ associata alle convenzioni in essere. Si sottolinea però come il mancato mantenimento di questa misura potrebbe invece portare ad un aumento delle emissioni in quanto potrebbe indurre persone che utilizzavano il mezzo pubblico grazie alle convenzioni a usare il mezzo privato.

Nello scenario Orientato al target, la stima degli effetti delle 2 azioni indicate nella Tabella 5-51 è stata condotta sulla base dei risultati del questionario mobilità 2022, considerando le abitudini attuali di spostamento verso l'università e la propensione dichiarata a cambiare mezzo di trasporto da quello privato a quello pubblico a fronte della possibilità di rafforzare le misure di sconto sull'abbonamento.

Il risparmio di emissioni di CO₂ è dato da quanti cambiano modo di trasporto (in particolare dall'auto al trasporto pubblico), secondo la metodologia illustrata nel PSCU al paragrafo 7.1.2, mentre i costi della misura sono stimati considerando tutti gli utenti che ne possono usufruire (nel caso della misura "universale", quindi, anche tutti gli utenti attuali del trasporto pubblico). Nella Tabella 5-53 e seguenti, dove è indicato (T) significa che quella riduzione di emissioni di CO₂ è prevista solo nel caso dello scenario orientato al target, mentre dove indicato (B e T) significa che quella riduzione di emissioni di CO₂ è prevista per entrambi gli scenari.

Tabella 5-53. Stima della variazione annua di CO₂ apportata dalla sovvenzione all'acquisto degli abbonamenti rispetto al 2022.

| Scenario | Misura | Valore 2025 (tCO ₂) | Valore 2030 (tCO ₂) |
|---------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Base | 1.Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico | n.d. | n.d. |
| Orientato al target | 2.Rafforzamento delle misure di incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico (a) | -72 (T) | -58 (T) |
| | 3.Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico (b) | -715 (T) | -577 (T) |

Importo stimato per l'investimento

La quota di contribuzione a carico del Politecnico per la sovvenzione degli abbonamenti al trasporto pubblico ammontava nel 2023 a circa 210.000 €, in forte crescita negli anni 2022 e 2023 rispetto al periodo pre-pandemia, quando nel 2019 ammontava a circa 120.000 €.

Nello scenario Base non si prevede di introdurre azioni aggiuntive relativamente all'area I – Trasporto pubblico, ma soltanto di continuare a finanziare la misura già in essere, che se confermata per i prossimi 6 anni (dal 2025 al 2030) prevede una richiesta di finanziamento pari a 1,8M€ (300.000€/anno).

Nello scenario Orientato al target, gli investimenti previsti per rafforzare i sussidi all'acquisto degli abbonamenti sono quantificabili approssimativamente in un importo aggiuntivo di circa 370.000 €/anno⁵² per il rafforzamento della misura (indicata in Tabella 5-54 come (a)) e in un importo aggiuntivo di 400.000 €/anno per il progetto-azione (b). Tali investimenti, quantificati sulla base delle assunzioni riportate nel PSCU, paragrafo 6.8, sono classificabili come OPEX: in assenza di un costo di investimento iniziale che apporti benefici nel tempo, infatti, vi è una cifra che deve essere stanziata annualmente per poter avere i benefici che ne derivano.

In Tabella 5-54 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia degli investimenti in termini di riduzione delle emissioni per lo scenario Orientato al target:

- il primo indice (sesta colonna della tabella) è stato calcolato dividendo la somma di CAPEX+OPEX non attualizzati per le tonnellate evitate grazie alla soluzione nell'orizzonte temporale pari all'orizzonte di analisi (6 anni, considerando l'avvio nell'a.a. 2024/2025 per traguardare l'anno 2030);
- il secondo indice è stato calcolato utilizzando l'equazione 5.2 (già introdotta nel paragrafo 5.1.2).

$$VAN = C_i + \sum_{t=0}^N \frac{C_g - R_e}{(1+r)^t} + \frac{C_d}{(1+r)^N} \quad (5.2)$$

In cui:

- C_i , costo d'investimento (CAPEX), pari a zero in questo caso;
- C_g , OPEX, ovvero i costi che Politecnico dovrà sostenere, considerati pari a 0,67 M€ e 0,40 M€ rispettivamente per anno
- R_e sono i ricavi annuali, pari a zero in questo caso;
- r è il tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d è il costo di dismissione, pari a zero in questo caso;
- t sono gli anni, dall'anno 0 all'anno N, pari a 6.

Tabella 5-54. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dalle sovvenzioni agli abbonamenti al trasporto pubblico

| Anno | Misura | tCO ₂ | CAPEX+OPEX (€) | VAN (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|--------|------------------|----------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2030 | (a) | -347 | 2.220.000 | 2.004.200 | -6.400 | -5.778 ⁵³ |
| 2030 | (b) | -3.465 | 2.380.000 | 2.151.000 | -687 | -621 |

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati per le analisi derivano:

- dal questionario sulla mobilità casa-università dei lavoratori e degli studenti del Politecnico di Milano edizione 2022;
- dal capitolo 6 del Piano Spostamenti Casa-Università.

⁵² Che sommati ai 300.000€/anno finora stanziati per la sovvenzione degli abbonamenti al trasporto pubblico si traducono in una spesa complessiva per la sovvenzione degli abbonamenti al trasporto pubblico pari a 670.000€/anno

⁵³ Questo indice è calcolato associando le riduzioni calcolate alla sola aggiunta di spesa per le sovvenzioni al trasporto pubblico.

5.3.1.2 Mobilità ciclistica (area II)

Il Politecnico di Milano, fra le iniziative già implementate di sostegno alla pedonalità e alla ciclabilità annovera diverse azioni già realizzate o in corso di svolgimento, in linea con il precedente Piano di Mitigazione:

- La riqualificazione degli spazi interni dei campus, tra cui le aree di via Bonardi e i “Giardini di Leonardo” nel campus Città Studi e la depavimentazione di parte del campus Bovisa Durando (in corso);
- La realizzazione di alcune velostazioni, presso il campus Città Studi e presso i campus Bovisa Durando e La Masa.
- Una serie di convenzioni rivolte alla mobilità ciclistica (bike sharing, monopattini sharing, etc).

Al fine di rafforzare le misure di sostegno all'utilizzo della bicicletta per gli spostamenti verso i campus, sono proposte le seguenti azioni:

- Ulteriore pedonalizzazione spazi interni con creazione aree car free e riqualificazione aree sosta bici (azione 4 Tabella 5-51)

Consiste nell'individuazione di nuove aree da destinare all'esclusivo utilizzo della mobilità leggera/attiva, ove recuperare spazio dall'eliminazione della sosta veicolare e procedere con interventi di riqualificazione complessiva, anche nell'ottica della resilienza ai cambiamenti climatici. Sono ipotizzati i seguenti ambiti: pedonalizzazione via La Masa, completamento pedonalizzazione campus Leonardo, pedonalizzazione campus Bassini - via Pascal.

- Incremento offerta sosta biciclette semplice/park up e realizzazione velostazioni con introduzione di Bike Repair Station (azione 5 Tabella 5-51)

Per ampliare l'offerta di sosta per biciclette, sono state sviluppate delle proposte di intervento che comporteranno un incremento totale di circa 800 posti bici. Questo porterà il numero totale di posti bici di Ateneo da 1100 a 1900 circa. Gli interventi interesseranno i seguenti Campus milanesi: Bovisa Candiani – Durando, Bovisa La Masa, Città Studi Bonardi, Città Studi Bassini, Città studi Golgi.

- Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti (azione 6 Tabella 5-51)

Consiste nel realizzare un combinato di azioni infrastrutturali e di servizi per aumentare la sicurezza contro i furti, in particolare di biciclette, nelle aree di pertinenza del Politecnico. Nello specifico, è stata stimata la richiesta di 20.000 € per l'installazione di telecamere per le velostazioni e di 30.000€/anno per l'addetto alla sorveglianza.

- Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio (azione 7 Tabella 5-51)

Le biciclette potrebbero essere acquistate centralmente dal Politecnico, eventualmente essere marcate PoliMI, e poi affidate alle varie Aree/Dipartimenti (con costi a loro carico). Si richiedono-circa 20.000 € per l'acquisto dei mezzi (bici

elettriche). Si potrebbe altresì valutare la possibilità di rendere disponibili alcune biciclette anche per gli spostamenti degli studenti.

- Realizzazione di docce e spogliatoi in ogni polo/campus/dipartimento (azione 8 Tabella 5-51)

L'azione prevede la realizzazione di docce in ogni campus, accessibili sia a personale che a studenti. Inoltre include il censimento delle docce già presenti negli edifici e la successiva mappatura, attualmente in corso.

- Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi (azione 9 Tabella 5-51), che prevede la richiesta di una spesa pari a 280.000 €/anno.

Consiste nell'implementare un sistema di rimborso chilometrico destinato ai lavoratori che vengono in bicicletta, considerando delle soglie minime e massime di chilometraggio e di incentivo da definire.

- Pubblicizzazione e diffusione dei percorsi ciclabili migliori per raggiungere le sedi del Politecnico (azione 10 Tabella 5-51)

Si propone di sviluppare un'applicazione mobile intuitiva che fornisca agli utenti del Politecnico di Milano, un insieme di percorsi sicuri e ottimizzati per raggiungere le sedi dell'università, sia a piedi che in bicicletta, partendo da varie posizioni nella città metropolitana. Inoltre, quando possibile considerando durate confrontabili, i percorsi consigliati saranno selezionati in modo da privilegiare quelli che favoriscono il benessere dell'utente, dando priorità a quelli che attraversano parchi e aree verdi rispetto a quelli che attraversano zone industriali e molto trafficate.

- Convenzioni con servizi di assicurazione nell'ambito della mobilità sostenibile (azione 11 Tabella 5-51)

Si ipotizza di valutare la stipula di convenzioni ad-hoc per il personale e gli studenti del Politecnico per l'utilizzo della bicicletta e/o mezzi di micromobilità.

- Stanziamento di fondi Polimi, quantificato in 140.000 €, per l'acquisto agevolato di bici e monopattini (azione 12 Tabella 5-51)

L'azione prevede di finanziare almeno parzialmente l'acquisto di monopattini e biciclette di qualità per i percorsi urbani, tradizionali e a pedalata assistita.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al capitolo 6 del PSCU (2024)

Approccio di mercato – investimenti in essere (F)

In linea con quanto iniziato nel precedente piano di mitigazione, gli effetti delle misure correnti di sostegno alla pedonalità e alla ciclabilità possono tradursi in un maggior utilizzo della mobilità attiva/leggera rispetto ai mezzi privati. Non è possibile tuttavia quantificare, con le informazioni disponibili, quanto le singole azioni abbiano di fatto indotto a rinunciare all'uso dei mezzi privati motorizzati.

Si sottolinea che sono già stati stanziati i seguenti finanziamenti: (1) 2.000 € per il completamento rilievo aree di sosta dell'Ateneo (2) 85.800 € per la realizzazione della velostazione La Masa con BRS (3) 50.000 per la realizzazione della velostazione presso

l'edificio chimica – Bassini e (4) 600.000€ per la realizzazione di nuovi stalli bici presso gli edifici in Durando, La Masa, Bassini, Bonardi e Golgi. Si sottolinea che gli effetti di questa spesa (che riguardano appunto l'azione numero 5 e che è già stata finanziata), sono quantificati, in termini di riduzione delle emissioni di CO₂, nel pacchetto di azioni 4,5,6,8 indicate nella Tabella 5-55). Infatti, si stima che la presenza delle velostazioni e in generale l'incremento dell'offerta di sosta biciclette, verrebbe maggiormente sfruttata se ci fossero infrastrutture e servizi di sorveglianza (azione 6), docce spogliatoi nei campus (azione 8) e una riqualificazione delle aree sosta bici (azione 4). Per maggiori dettagli si veda il *paragrafo* 6.3.2 del PSCU.

Approccio di mercato –scenario Base (B) e scenario Orientato al Target (T)

Come spiegato sopra, tutte le azioni indicate in questo paragrafo concorrono a perseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni. Tuttavia, in assenza di indagini ed interviste ad-hoc è impossibile stabilire quali siano gli effetti singoli di molte di queste azioni, dunque si considerano, in via prudenziale, solo gli effetti stimabili, considerando le altre azioni come concorrenti ed in alcuni casi abilitanti rispetto a tali effetti.

La stima degli effetti delle azioni è stata condotta sulla base dei risultati del questionario mobilità 2022, considerando le abitudini attuali di spostamento verso l'università e la propensione dichiarata a cambiare mezzo di trasporto da quello privato motorizzato alla bicicletta.

Tabella 5-55. Stima della variazione annua di CO₂ apportata dalle azioni di sostegno alla mobilità attiva/leggera rispetto al 2022.

| Scenario | Misura | Valore 2025 (tCO ₂) | Valore 2030 (tCO ₂) |
|---------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Base | 4.Pedonalizzazione spazi interni con creazione aree car free e riqualificazione aree sosta bici | (concorrente) | (concorrente) |
| | 5.Incremento offerta sosta biciclette semplice/park up e realizzazione velostazioni con introduzione di Bike Repair Station – azione già finanziata ma che insieme alle altre qui indicate come “concorrenti” permette di quantificare la riduzione indicata in questa riga | -121 (B e T) | -98 (B e T) |
| | 8.Realizzazione di docce e spogliatoi in ogni polo/campus/dipartimento (a) | (concorrente) | (concorrente) |
| | 6.Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti | (concorrente) | (concorrente) |
| | 7.Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio | (n.d.) | (n.d.) |
| Orientato al target | 9.Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi (c) | -15 (T) | -12 (T) |
| | 10.Pubblicizzazione e diffusione dei percorsi ciclabili migliori per raggiungere le sedi del Politecnico | (concorrente) | (concorrente) |
| | 11.Convenzioni con servizi di assicurazione nell'ambito della mobilità sostenibile | (concorrente) | (concorrente) |
| | 12.Stanziamiento di fondi Polimi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini (b) | -9 (T) | -7 (T) |

Importo stimato per l'investimento

Gli importi relativi alla pedonalizzazione e riqualificazione degli spazi (azione 4 Tabella 5-51), largamente maggioritari, non sono qui riportati in quanto facenti capo agli interventi del comparto edilizia, così come quelli della realizzazione di docce e spogliatoi (azione 8 Tabella 5-51). Infatti, come riportato nella nota in Tabella 5-52, il costo è in corso di stima da parte dell'area di competenza (Area Tecnico Edilizia – ATE) oppure è già stimato ma al momento non è stata recepita l'informazione sulla quota del costo associata a questa azione.

Per lo scenario Base, i costi di investimento sono pari a 200.000 € per l'azione 6 (20.000€ CAPEX per le telecamere presso le velostazioni e 30.000€/anno (OPEX) per 6 anni per l'addetto alla sorveglianza) e 20.000 € (CAPEX) per l'acquisto di bici e monopattini per gli spostamenti di servizio. Per lo scenario base, non vengono calcolati gli indici che evidenziano l'efficacia degli investimenti in termini di riduzione delle emissioni perché, come descritto sopra, l'investimento per l'azione 5 (*Incremento offerta sosta biciclette semplice/park up e realizzazione velostazioni con introduzione di Bike Repair Station*) è già avvenuto.

Nello scenario orientato al target occorre sostenere i costi di investimento relativi agli incentivi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini (b), quantificato in 140.000 €, e il costo annuo relativo alle premialità per il *bike to work* (c), stimato in 280.000 €/anno, classificabile come OPEX (in assenza di un costo di investimento iniziale che apporti benefici nel tempo, infatti, vi è una cifra che deve essere stanziata annualmente per poter avere i benefici che ne derivano).

In Tabella 5-56 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia degli investimenti in termini di riduzione delle emissioni:

- il primo indice (sesta colonna della tabella) è stato calcolato dividendo la somma di CAPEX+OPEX non attualizzati per le tonnellate evitate grazie alla soluzione nell'orizzonte temporale pari all'orizzonte di analisi (6 anni, considerando l'avvio nell'a.a. 2024/2025 per riguardare l'anno 2030);
- il secondo indice è stato calcolato utilizzando l'equazione 5.2.

$$VAN = C_i + \sum_{t=0}^N \frac{C_g - R_e}{(1+r)^t} + \frac{C_d}{(1+r)^N} \quad (5.2)$$

In cui:

- C_i , costo d'investimento (CAPEX), pari a zero in questo caso;
- C_g , OPEX, ovvero i costi che Politecnico dovrà sostenere, considerati pari a 0,67 M€ e 0,40 M€ rispettivamente per anno
- R_e sono i ricavi annuali, pari a zero in questo caso;
- r è il tasso di sconto (assunto pari al 3%);
- C_d è il costo di dismissione, pari a zero in questo caso;
- t sono gli anni, dall'anno 0 all'anno N , pari a 6.

Tabella 5-56. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dalle sovvenzioni agli abbonamenti al trasporto pubblico

| Anno | Misura | tCO ₂ | CAPEX+OPEX (€) | VAN (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|--------|------------------|----------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2030 | (b) | -74* | 140.000 | 140.000 | -1.919 | -1.919 |
| 2030 | (c) | -71 | 1.670.000 | 1.510.000 | -19.147 | -17.287 |

*Su 10 anni

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati per le analisi derivano:

- dal questionario sulla mobilità casa-università dei lavoratori e degli studenti del Politecnico di Milano edizione 2022;
- dal capitolo 6 del Piano Spostamenti Casa-Università PSCU 2024

5.3.1.3 Sharing mobility (area III)

La mobilità condivisa rappresenta un elemento importante per la riduzione degli impatti del sistema di mobilità nel suo complesso. Fra i progetti individuati ai fini della riduzione delle emissioni di CO₂ si trovano:

- Mobility as a Service (azione 13 Tabella 5-51)

Una piattaforma MaaS suggerisce soluzioni di viaggio ottimizzate (nei tempi e nei costi), combinando più modi di trasporto in base alle esigenze di spostamento dell'utente, e consente di prenotare e acquistare i servizi offerti da differenti operatori con un unico account ed in una singola transazione.

Il Politecnico ha recentemente avviato un'indagine per valutare il potenziale sviluppo del MaaS per gli studenti e i dipendenti, al fine di migliorare l'offerta di trasporto ad uso collettivo e condiviso (bus, metro, bike-sharing, car-sharing, ...) da/verso le sedi universitarie e ridurre gli spostamenti in auto.

- Servizi di mobilità a chiamata (azione 14 Tabella 5-51)

Al fine di migliorare la connettività tra i diversi campus del Politecnico di Milano, rispondendo anche ad alcune esigenze degli studenti e dei dipendenti relative, in particolare, agli spostamenti negli orari serali e notturni, è stata avviata un'analisi di prefattibilità, in collaborazione con IVECO, per la sperimentazione di servizi di trasporto collettivo a chiamata (Demand-Responsive Transit Systems, DRTS) pensata per migliorare l'accessibilità e migliorare i collegamenti tra le sedi del Politecnico, in particolare quelle più periferiche (ad es. Bovisa) che spesso si trovano lontane dai quartieri più vivaci della città.

- Organizzazione del car pooling (azione 15 Tabella 5-51)

Il car pooling consiste nel mettere in contatto individui interessati a condividere i tragitti in auto, offrendo un'opportunità per ottimizzare l'utilizzo dei veicoli e ridurre l'impatto ambientale e sociale legato alla mobilità individuale.

Si sta ad oggi valutando di reintrodurre il programma di carpooling presso l'Ateneo attraverso la piattaforma BePooler, facilitando la condivisione dei tragitti "casa-lavoro-casa" per dipendenti e studenti.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al capitolo 6 del PSCU (2024)

Non sono al momento effettuate previsioni di spesa per le azioni riguardanti la sharing mobility, la cui stima degli effetti richiede informazioni aggiuntive rispetto a quelle presenti nel questionario casa-università 2022. Ci si attende dalle misure un contributo positivo alla riduzione delle emissioni, tuttavia in questa fase non è ancora possibile quantificarlo.

5.3.1.4 Mobilità elettrica motorizzata (area IV)

Tra le politiche per la decarbonizzazione della mobilità spicca la spinta al ricorso alla propulsione elettrica. Il Politecnico di Milano si impegna a favorire la transizione verso l'utilizzo di veicoli elettrici prevedendo formazione, disponibilità di attrezzature e incentivi in tal senso. Fra le azioni previste dal Piano di Mitigazione si trovano:

- Convenzioni e agevolazioni riguardanti le auto elettriche e ibride (azione 17 Tabella 5-51)

In occasione del Festival dello Sviluppo Sostenibile, Ecoverso, in collaborazione con il Politecnico di Milano, ha tenuto due corsi di guida ibrida ed elettrica. L'iniziativa era riservata esclusivamente alla popolazione politecnica (studenti, personale docente e tecnico amministrativo, dottorandi, ecc.) con carriera attiva. Entrambi i corsi si componevano di una parte di lezione teorica e una lezione di guida pratica.

- Installazione punti di ricarica per auto elettriche (azione 16 Tabella 5-51)

Tra le azioni strategiche previste per gli anni 2024 -2025 è previsto l'aumento dei punti di ricarica delle auto elettriche, con la realizzazione di stalli dedicati presso ciascun campus.

Il piano prevede l'installazione di punti di ricarica a bassa potenza per soste lunghe, senza stallo dedicato, quindi lasciando le strisce bianche per il parcheggio. Inoltre, si prevede di installare almeno un punto di ricarica ad alta potenza (>150 kW) per campus. I costi di installazione delle colonnine di ricarica sono stimati in 200.000 € circa a seconda del mix tipologico e delle soluzioni che saranno effettivamente adottate.

- Prezzo agevolato di ricarica (azione 18 Tabella 5-51)

Per ricaricare le auto elettriche alle colonnine di ricarica del Politecnico di Milano esiste un sistema di tariffe differenziato che offre un vantaggio economico agli utenti dell'Ateneo. Il costo della ricarica è di 0,3 €/kWh per gli utenti registrati alla piattaforma con dominio mail @polimi.it, mentre è di 0,35 €/kWh per chi è registrato con altri domini.

Inoltre, per scoraggiare l'occupazione prolungata delle colonnine da parte di veicoli già ricaricati e favorire l'accessibilità per tutti gli utenti, è stata introdotta una tariffa di sosta. Questa tariffa entra in vigore quando la ricarica è terminata, cioè quando la vettura è ancora connessa alla colonnina ma quest'ultima non eroga più potenza. Al termine della ricarica, viene inviata una notifica via mail all'utente, informandolo della necessità di liberare la colonnina. Dopo 60 minuti dall'invio della notifica scatta una tariffa di sosta pari a 0,03 €/minuto, equivalente a 1,8 €/h.

Si valuterà una campagna informativa al riguardo e/o la modulazione di ulteriori promozioni.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al capitolo 6 del PSCU (2024)

Approccio di mercato – scenario Base (B) e orientato al Target (T)

Tutte le azioni citate in questo paragrafo concorrono a perseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni. Non potendo quantificare l'effetto delle convenzioni attive con l'associazione Ecoverso, per la stima degli effetti si considerano le due azioni di incremento dei punti di ricarica per le auto elettriche e di incremento dell'agevolazione sul prezzo di ricarica.

La stima degli effetti delle azioni è stata condotta sulla base dei risultati del questionario mobilità 2022, considerando le abitudini attuali di spostamento verso l'università e la propensione dichiarata ad usufruire dell'auto elettrica.

Tabella 5-57. Stima della variazione annua di CO₂ apportata dalle azioni concernenti la mobilità elettrica motorizzata rispetto al 2022.

| Scenario | Misura | Valore 2025 (tCO ₂) | Valore 2030 (tCO ₂) |
|---------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Base | 16.Installazione punti di ricarica per auto elettriche (a) | -212 (B e T) | -152 (B e T) |
| Orientato al target | 18.Prezzo agevolato di ricarica (b) | -101 (T) | -55 (T) |

È utile osservare che l'impatto delle misure orientate al sostegno della mobilità elettrica individuale, seppure contribuiscano in maniera effettiva a ridurre le emissioni di CO₂ in atmosfera (grazie al combinato con la decarbonizzazione della produzione di energia elettrica) nonché le emissioni di inquinanti della combustione, presenta anche degli effetti negativi legati al consumo di spazio e alla congestione stradale, tanto maggiori quanto siano coinvolti nelle azioni anche utenti che oggi non utilizzano il mezzo privato motorizzato.

Importo stimato per l'investimento

I costi per lo scenario base riguardano i costi di installazione delle colonnine di ricarica, stimati in 200.000 € circa a seconda del mix tipologico e delle soluzioni che saranno effettivamente adottate (CAPEX). Si considera una vita utile degli apparati di 10 anni e dunque tale arco temporale di cumulo della riduzione annua delle emissioni.

Nello scenario orientato al target, troviamo invece l'eventuale sussidio erogato come agevolazione sul prezzo di ricarica (OPEX), che tuttavia non è ancora stato fissato (e non sono state prodotte stime sui consumi futuri).

In Tabella 5-56 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia degli investimenti in termini di riduzione delle emissioni (per il significato degli indici si rimanda alle definizioni nei precedenti paragrafi).

Tabella 5-58. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dal sostegno alla mobilità elettrica motorizzata

| Anno | Misura | tCO ₂ | CAPEX+OPEX (€) | VAN (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|--------|------------------|----------------|---------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2030 | (a) | -1.522* | 200.000 | 200.000 | -131 | -131 |
| 2030 | (b) | -331 | (n.d.) | (n.d.) | (n.d.) | (n.d.) |

*Su 10 anni

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati per le analisi derivano:

- dal questionario sulla mobilità casa-università dei lavoratori e degli studenti del Politecnico di Milano edizione 2022;
- dal capitolo 6 del Piano Spostamenti Casa-Università

5.3.1.5 Frequenza di accesso ai campus (area V)

La riduzione degli impatti della mobilità può passare anche attraverso la riduzione della mobilità stessa, per estensione o per frequenza.

Il tema dell'estensione dei tragitti, che nel caso dell'accesso ai campus universitari si traduce nella disponibilità di alloggi ad un canone appetibile nelle vicinanze degli stessi (soprattutto per gli studenti), non trova ancora riscontro nel presente Piano, trattandosi di un intervento complesso, che interseca più livelli della dimensione universitaria e urbana e di possibili molteplici relazioni con la mobilità (non si traduce automaticamente in un accorciamento degli spostamenti complessivi).

La frequenza di accesso all'università, la revisione del sistema degli accessi e il monitoraggio degli stessi sono gli ambiti in cui si sono sviluppate le presenti proposte.

- Smart working (azione 19 Tabella 5-51)

Con il nuovo CCNL, entrato in vigore il 1° giugno 2024, si sono osservate modifiche nell'attuazione degli accordi di lavoro agile fino ad oggi. Tuttavia, resta valida la prevalenza del lavoro in presenza, che con il prossimo CCNL potrebbe diminuire, passando al 50% di lavoro da remoto per il PTA, da contare però al netto delle ferie, quindi indicativamente su 220/230 giorni all'anno.

- Revisione regole di accesso ai campus (azione 20 Tabella 5-51)

A partire dal 1° settembre 2024 entrerà in vigore il Regolamento disciplinante le modalità di utilizzo e la concessione temporanea degli spazi del politecnico di Milano. Tra le varie disposizioni, vengono riviste le regole di accesso ai campus, con l'intenzione di limitare sempre più l'accesso con i mezzi motorizzati privati.

Attualmente, l'accesso agli spazi dell'Ateneo tramite veicoli è consentito solo durante gli orari di apertura al pubblico, con divieto di sosta in orari notturni e festivi, salvo specifica autorizzazione. Possono accedere esclusivamente il personale docente, dirigente e tecnico-amministrativo in servizio presso il Politecnico di Milano, così come i fornitori per esigenze di servizio. La sosta di veicoli è permessa soltanto negli stalli designati. Con il nuovo regolamento, allo scopo di disincentivare ulteriormente l'uso dell'auto, il Politecnico rileverà e sanzionerà le infrazioni di tali disposizioni.

Anche per quanto riguarda l'utilizzo delle biciclette e mezzi per la micromobilità (monopattini, monocicli, segway, ecc.), sono previste alcune restrizioni. Per quest'azione è richiesto un investimento (CAPEX) pari a 30.000 € per il controllo ai varchi.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al capitolo 6 del PSCU.

Approccio di mercato – scenario Base (B)

Tutte le azioni citate in questo paragrafo concorrono a perseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni, tuttavia non sono a disposizione informazioni su quale possa essere il contributo dato dalla revisione delle regole di accesso e dal monitoraggio delle presenze. In

questo paragrafo si riferisce dunque agli effetti stimati dell'aumento della quota di smart working per il PTA. La stima degli effetti delle azioni è stata condotta sulla base dei risultati del questionario mobilità 2022, considerando le abitudini attuali di spostamento verso l'università e le relative frequenze dichiarate.

Tabella 5-59. Stima della variazione annua di CO₂ apportata dalle azioni concernenti la frequenza di accesso ai campus rispetto al 2022.

| Scenario | Misura | Valore 2025 (tCO ₂) | Valore 2030 (tCO ₂) |
|----------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Base | 19.Smart working (a) | -121 (B e T) | -98 (B e T) |

Importo stimato per l'investimento

Non sono previsti costi associati all'incremento delle giornate di smart working.

In Tabella 5-60 vengono mostrati due indici che evidenziano l'efficacia degli investimenti in termini di riduzione delle emissioni (per il significato degli indici si rimanda alle definizioni nei precedenti paragrafi).

Tabella 5-60. Stima del costo di decarbonizzazione derivante dagli interventi sulla frequenza di accessi ai campus

| Anno | Misura | tCO ₂ | CAPEX+OPEX (€) | VAN (€) | Investimento (€) / tCO ₂ | VAN (€) / tCO ₂ |
|------|--------|------------------|----------------|---------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2030 | (a) | -589 | 0 | - | 0 | - |

Fonte dei dati utilizzati

I dati utilizzati per le analisi derivano:

- dal questionario sulla mobilità casa-università dei lavoratori e degli studenti del Politecnico di Milano edizione 2022;
- dal capitolo 6 del Piano Spostamenti Casa-Università

5.3.1.6 Cultura della mobilità sostenibile (area VI)

La cultura della mobilità sostenibile è uno degli ambiti di azione più importanti: senza la consapevolezza che un'altra mobilità è non solo possibile, ma anche auspicabile, difficilmente si possono operare cambiamenti sostanziali nelle abitudini di mobilità delle persone.

D'altro canto, il tema culturale deve essere accompagnato da azioni concrete e tangibili che "mettano a terra" interventi di carattere infrastrutturale ed organizzativo per rendere realizzabile il potenziale interesse verso la mobilità sostenibile: non è sufficiente "raccontare" le alternative, occorre anche renderle fruibili.

Per questo motivo il contributo delle azioni concernenti la mobilità sostenibile non è considerato direttamente in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ ma è considerato concorrente al raggiungimento del risultato delle altre azioni.

Fra le azioni previste in questo Piano si trovano le seguenti:

- Sensibilizzazione e promozione di alternative di mobilità sostenibile (azione 21 Tabella 5-51)

Si propone di sensibilizzare e promuovere alternative di mobilità sostenibile attraverso la realizzazione di proposte formative, incluse corsi brevi, pillole informative e la condivisione di esperienze reali.

Per agevolare coloro che sono nuovi o inesperti riguardo ai temi della mobilità sostenibile, si prevede di realizzare una serie di video mirati ai "principianti". Questi video forniranno informazioni chiare e pratiche su argomenti come i percorsi sicuri per raggiungere i campus universitari, l'utilizzo delle rastrelliere per le biciclette, il concetto e il funzionamento del bike sharing, le pratiche del car pooling e l'accessibilità alle sedi dell'Ateneo, specialmente per i nuovi studenti provenienti da altre città.

- Convenzioni con servizi di formazione sui temi della mobilità sostenibile e della guida sicura/ecologica (azione 23 Tabella 5-51)

In passato sono stati organizzati momenti di formazione gratuita (in aula e in campo) sui temi della sicurezza stradale, con anche specifici focus sulla mobilità ciclistica, nonché sui temi della mobilità elettrica e ibrida, alcuni dei quali realizzati nell'ambito di convenzioni volte a offrire incentivi per l'acquisto di queste tipologie di veicoli. Si propone di valutare l'ampliamento delle collaborazioni, anche attraverso la stipula di specifici accordi/convenzioni, per incrementare la varietà dell'offerta formativa.

- Comunicazione, sensibilizzazione, ingaggio e partecipazione (azione 22 Tabella 5-51)

Campagna digitale per la promozione della mobilità sostenibile: l'obiettivo del progetto è promuovere la mobilità attiva e ciclabile attraverso la creazione di poster dinamici basati sulla visualizzazione di dati e statistiche legate agli spostamenti condivisi dai partecipanti al progetto.

Content strategy per la promozione della mobilità leggera: il progetto si propone di definire il sistema di media e touch point utili per veicolare i contenuti ai pubblici di riferimento, dare un volto alla mobilità ciclistica del Politecnico, rendere più concreta, vicina e possibile la mobilità ciclistica, ingaggiare personale e studentesse/i a partecipare alle iniziative attraverso call to action (CTA), e disseminare e promuovere le iniziative. I destinatari beneficiari sono studentesse e studenti, personale docente e personale tecnico-amministrativo, ciclisti e non.

Incremento delle attività di comunicazione/sensibilizzazione/ingaggio a cura dei dipartimenti e servizi dell'Ateneo.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento al capitolo 6 del PSCU.

Approccio di mercato – investimenti in essere (F)

In linea con quanto finora portato avanti, ai fini di continuare l'analisi delle modalità di trasporto della popolazione di Ateneo da e per i campus attraverso la somministrazione del questionario sulla mobilità è indicata in Tabella 5-51 l'azione numero 24 *Monitoraggio share modale e redazione PSCU* che ha previsto negli anni passati un finanziamento da parte

dell'Ateneo. Tale investimento è stato fondamentale in quanto ha permesso la quantificazione di tutti i dati e le derivanti stime presenti nel PSCU e nel presente piano di mitigazione, pertanto viene suggerito nel presente piano di confermare l'investimento di 27.000€/anno anche per gli anni successivi, chiedendo quindi un totale di 0,16M€ per il periodo 2025-2030.

5.3.1.7 Conclusioni – mobilità: emissioni di CO₂ da accesso ai campus

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati relativi alle azioni presentate per l'area Mobilità – accesso ai campus. In particolare, in Tabella 5-61 vengono mostrati i benefici in termini di riduzione delle emissioni di CO₂ (rispetto al 2022) per ogni azione discussa. Per coerenza con quanto riportato nella Tabella 5-38, vengono lasciati tre riquadri: (F) che contiene le riduzioni di CO₂ che si stima ottenere al 2025 e al 2030 grazie ad azioni la cui realizzazione è già avvenuta o è in corso ma è già stata finanziata; (B) contiene le riduzioni di CO₂ che si stima ottenere al 2025 e al 2030 grazie alle azioni per le quali è richiesto un finanziamento in accordo con lo scenario Base; (T) contiene le riduzioni di CO₂ che si stima ottenere al 2025 e al 2030 grazie alle azioni per le quali è richiesto un finanziamento in accordo con lo scenario Orientato al Target. Le riduzioni complessive per i due scenari (B e T) si ottengono sommando le riduzioni indicate negli appositi riquadri a quelle del riquadro (F). Nel caso della mobilità non vengono quantificate riduzioni per lo scenario F.

Tabella 5-61. Prospetto riduzioni emissioni in tCO₂ rispetto al 2022 per azione e scenario (app. di mercato). Vengono qui riportate soltanto le azioni per le quali è stato possibile quantificare una riduzione di emissioni di CO₂ derivante dall'implementazione delle stesse.

| Azioni | 2025 | 2030 |
|--|---------------|---------------|
| <i>Attività finanziate o stanziare (F)</i> | | |
| - | - | - |
| <i>Scenario Base (B)</i> | | |
| 5.Incremento offerta sosta biciclette semplice/park up e realizzazione velostazioni con introduzione di Bike Repair Station (Area II) ¹ | -121 | -98 |
| 16. Installazione punti di ricarica per auto elettriche (a) (Area IV) | -212 | -152 |
| 19.Smart working (a) (Area V) | -121 | -98 |
| <i>Scenario Orientato al target (T)</i> | | |
| 2.Rafforzamento delle misure di incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico (a) (Area I) | -72 | -58 |
| 3.Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico (b) (Area I) | -715 | -577 |
| 5.Incremento offerta sosta biciclette semplice/park up e realizzazione velostazioni con introduzione di Bike Repair Station (Area II) ¹ | -121 | -98 |
| 9.Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi (c) (Area II) | -15 | -12 |
| 12.Stanziamento di fondi Polimi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini (b) (Area II) | -9 | -7 |
| 16. Installazione punti di ricarica per auto elettriche (a) (Area IV) | -212 | -152 |
| 18.Prezzo agevolato di ricarica (b) (Area IV) | -101 | -55 |
| 19.Smart working (a) (Area V) | -121 | -98 |
| Totale (F + B) | -454 | -348 |
| Totale (F + T) | -1.366 | -1.057 |

¹ L'azione è già stata finanziata ma si è stimato che gli effetti di riduzione si vedranno negli orizzonti temporali indicati grazie al concorrere di altre azioni (4,5,8 Tabella 5-51).

In Tabella 5-62, come in Tabella 5-52, vengono mostrati gli investimenti necessari (in questo caso su base annuale) per implementare le azioni proposte in relazione agli scenari Base (B) e Orientato al target (T), ottenendo un totale di investimento tra il 2025 e il 2030 di 2,4 M€ (B) e 8,8 M€ (T). La Tabella riporta alcune voci di investimento o di costo operativo non determinate in quanto non sono correntemente ancora disponibili gli elementi utili alla quantificazione.

Tabella 5-62. Prospetto investimenti per scenario. Vengono qui riportate soltanto le azioni per le quali è stato possibile quantificare l'investimento necessario per l'implementazione.

| Azioni | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>Scenario Base – valori in M€</i> | | | | | | |
| 1. Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 6. Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 7. Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio | 0,02 | - | - | - | - | - |
| 16. Installazione punti di ricarica per auto elettriche (Area IV) | 0,2 | - | - | - | - | - |
| 24. Monitoraggio share modale e redazione PSCU (Area VI) | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ |
| Totale | 0,60² | 0,36³ | 0,36³ | 0,36³ | 0,36³ | 0,36³ |
| <i>Scenario Orientato al target (*) – valori in M€</i> | | | | | | |
| 1. Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 2. Studio fattibilità introduzione di misure per incentivare il trasporto pubblico (Area I) | 0,4 ⁴ | 0,4 ⁴ | 0,4 ⁴ | 0,4 ⁴ | 0,4 ⁴ | 0,4 ⁴ |
| 3. Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico (Area I) | 0,4 ⁵ | 0,4 ⁵ | 0,4 ⁵ | 0,4 ⁵ | 0,4 ⁵ | 0,4 ⁵ |
| 6. Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 7. Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio | 0,02 | - | - | - | - | - |
| 9. Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi (Area II) | 0,3 ⁶ | 0,3 ⁶ | 0,3 ⁶ | 0,3 ⁶ | 0,3 ⁶ | 0,3 ⁶ |
| 12. Stanziamento di fondi Polimi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini (Area II) | 0,1 ⁷ | - | - | - | - | - |
| 16. Installazione punti di ricarica per auto elettriche (Area IV) | 0,2 | - | - | - | - | - |
| 20. Revisione regole di accesso ai campus (Area V) | 0,03 | - | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 24. Monitoraggio share modale e redazione PSCU (Area VI) | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ | 0,03 ¹ |
| <i>Totale</i> | <i>1,81⁸</i> | <i>1,40⁹</i> | <i>1,40⁹</i> | <i>1,40⁹</i> | <i>1,40⁹</i> | <i>1,40⁹</i> |

(*) I valori sono stati inseriti ipotizzando che l'investimento richiesto avvenga nel/a partire dal 2025.

¹ il valore espresso in € è pari a 27.000 €; ² il valore espresso in € è pari a 597.000 €; ³ il valore espresso in € è pari a 357.000 €; ⁴ il valore espresso in € è pari a 369.970 €; ⁵ il valore espresso in € è pari a 396.993 €; ⁶ il valore espresso in € è pari a 278.112 €; ⁷ il valore espresso in € è pari a 141.052 €; ⁸ il valore espresso in € è pari a 1.813.127 €; ⁹ il valore espresso in € è pari a 1.402.074 €.

La Figura 5-3 mostra l'indice che per le azioni riguardanti la mobilità evidenzia l'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni, calcolato dividendo il Valore Attuale Netto (VAN), utilizzando l'equazione 5.2 e le tonnellate di CO₂ evitate grazie alla soluzione nell'orizzonte temporale pari alla vita utile attesa o all'orizzonte temporale considerato.

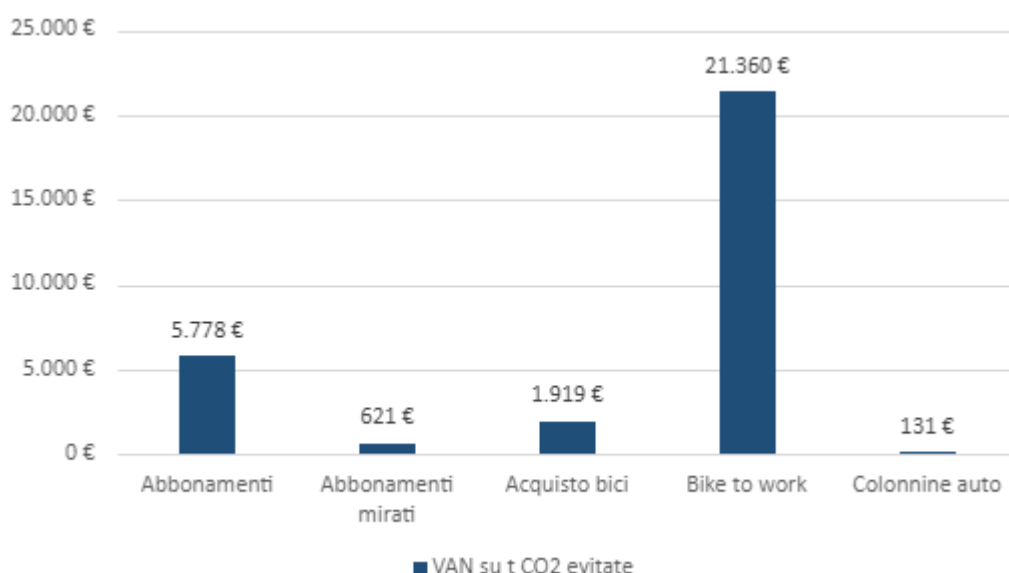


Figura 5-3. Valutazione dell'efficacia dell'investimento in termini di riduzione delle emissioni.

5.3.2 Mobilità: valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni da accesso ai campus

5.3.2.1 Effetti esogeni

Le stime delle riduzioni considerate nei paragrafi precedenti sono relative a misure direttamente dipendenti dalle azioni dell'Ateneo. In questo paragrafo è invece considerato l'effetto di altre azioni e misure, non dipendenti direttamente dall'Ateneo, ma che comunque hanno un'importante influenza sulle emissioni complessive (come già descritto nel paragrafo 3.4).

Nel caso della mobilità, vengono identificati due effetti di natura appunto esogena: la variazione dei fattori di emissione dei mezzi di trasporto usati per l'accesso ai campus (paragrafo 5.3.2.2) e il rientro alla normalità (paragrafo 5.3.2.3). Per coerenza con la parte

endogena (paragrafo 5.3.1) e per disponibilità di dati, anche questo effetto viene calcolato prendendo come anno di riferimento l'anno 2022.

5.3.2.2 Riduzione fattori di emissione dei mezzi di trasporto utilizzati per l'accesso ai campus

Come descritto nel paragrafo 3.6, si è ritenuto necessario nel presente piano di mitigazione introdurre un'ipotesi sulla variazione negli orizzonti temporali di riferimento (i.e. 2025 e 2030) dei fattori di emissione associati ai diversi veicoli utilizzati dalla comunità politecnica. I valori stimati sono riportati nelle tabelle del paragrafo 3.5.

Ipotizzando di mantenere le abitudini della popolazione politecnica e la sua numerosità invariate al 2025 e al 2030 rispetto al 2022 (i.e. 57.206 persone⁵⁴), considerando le sole variazioni dei fattori di emissione dei mezzi di trasporto, si otterrebbero le seguenti riduzioni in termini di emissioni di anidride carbonica:

- -1.097 tCO₂ al 2025 rispetto al 2022 (i.e. -19 kg CO₂ pro capite), pari al -8,1%;
- -3.648 tCO₂ al 2030 rispetto al 2022 (i.e. -63 kg CO₂ pro capite), pari al -27,1%.

Per coerenza con quanto fatto nel paragrafo 5.2.1, si può dire che questa riduzione è stata calcolata sommando per ogni utente che ha accesso al campus la riduzione calcolata in accordo con l'equazione 5.6:

$$E_{i,p,t} = C_{15} \times (FE_i - FE_{15}) \quad (5.6)$$

Dove: $E_{i,p}$ è la riduzione delle emissioni per effetto esogeno legato alle modalità di accesso al campus dell'utente p-esimo nell'anno i-esimo (modalità invariata rispetto all'anno 2022), C_{22} è la distanza percorsa dall'utente p-esimo con il mezzo scelto per l'accesso al campus nel 2022 e FE_i e FE_{15} sono i fattori di emissione legati al mezzo scelto dall'utente p-esimo nell'anno 2022.

5.3.2.3 Rientro alla normalità

Questa misura consiste nel ritorno ad abitudini precedenti la pandemia di chi per via di questa è passato temporaneamente ad un maggiore uso dell'auto (o di altro mezzo).

Non si tratta di una effettiva azione, quanto piuttosto di una conseguenza del mutamento delle condizioni esterne, dunque viene computata fra gli effetti esogeni.

Dalle analisi presentate al paragrafo 5.8.7.1 del PSCU emerge che quasi il 60% dei rispondenti al questionario sulla mobilità 2022 ha mantenuto la medesima frequenza di accesso in università, mentre una quota che complessivamente ammonta a 1/3 la ha ridotta di 1 o 2 giorni la settimana. Si attesta a meno del 10% chi l'ha ridotta di 3 o più giorni.

Con riferimento ai modi di trasporto utilizzati per recarsi in università, si segnala che il 23% del personale e il 17% degli studenti ha cambiato abitudini. La variazione più significativa riguarda l'abbandono del trasporto pubblico che rappresenta la quasi totalità delle variazioni,

⁵⁴ Per le simulazioni, coerentemente con quanto stabilito in sede di stesura del PSCU si è ipotizzata tale popolazione registrata al 2022 come costante negli anni successivi; tuttavia nel presente piano si è poi deciso di ipotizzare al 2025 fino al 2030 una popolazione di 58.000. Nel paragrafo 5.3.4 viene spiegato come è stata gestita questa variazione.

in buona parte a favore del mezzo motorizzato privato, anche se 1/3 del personale e oltre 1/3 degli studenti che hanno cambiato hanno preferito la mobilità attiva.

È interessante notare che fra quanti hanno segnalato di aver cambiato abitudini di spostamento, e specificatamente fra chi ha indicato di aver cambiato il proprio mix modale, la permanenza di tale cambiamento è immaginata differentemente fra chi si è spostato più verso la mobilità privata motorizzata e chi verso quella attiva. Oltre 2/3 del personale che dopo la pandemia utilizza più frequentemente la bicicletta non pensa tornerà ad utilizzare il trasporto pubblico, contro meno di 1/3 di chi ritiene di non rinunciare ad un maggior uso dell'auto. Percentuali simili, anche se meno marcate, si ritrovano anche fra gli studenti. La perdita di utenza del trasporto pubblico, dunque, appare essere un fenomeno destinato a durare, almeno sulle distanze ove questo è in competizione con la mobilità attiva, salvo riesca a recuperare parte degli utenti pregressi e attrarne di nuovi.

Nei tre anni intercorsi fra la somministrazione del questionario 2022 e l'anno target 2025 si ritiene che gli effetti nel cambiamento di abitudini indotto dalla pandemia si sarà completamente stabilizzato. La stima della variazione in termini di emissioni di CO₂ al 2025, a parità di condizioni (eccetto per quanto concerne i fattori di emissione dei mezzi, che saranno quelli stimati al 2025, in accordo con quanto riportato nel paragrafo precedente), è quantificato in -651 t CO₂, corrispondente al -5,3% rispetto al 2022.

5.3.2.4 Quadro riassuntivo riduzioni (Mobilità – accesso ai campus): endogeno ed esogeno

L'effetto totale atteso dalle azioni a rigore non è dato dalla semplice somma degli effetti di ciascuna, poiché queste possono essere concorrenti (lo stesso utente può essere interessato a più azioni).

Per stimare gli effetti complessivi, almeno per quanto riguarda le emissioni di CO₂, del comparto mobilità per l'anno 2025, viene dunque elaborato il metodo seguente:

- 1) si ricalcolano le emissioni di CO₂ del 2022 secondo i fattori di emissione dei mezzi aggiornati al 2025 (si veda il *paragrafo 3.5*).
- 2) A valle dell'applicazione dei nuovi fattori di emissione, si ricalcolano le emissioni di CO₂ del 2022 applicando anche l'effetto esogeno del "ritorno alla normalità".
- 3) A valle del punto precedente, si ricalcolano le emissioni di CO₂ del 2022 applicando anche gli effetti delle azioni endogene per entrambi gli scenari (Base e Orientato al target).

Per entrambi gli scenari (Base e Orientato al target) il contributo complessivo degli effetti esogeni (punti 1 e 2) ammonta **ad una variazione prevista per il 2025 del -13% delle emissioni da accesso ai campus rispetto al 2022**, pari a -1.748 tonnellate (Tabella 5-63).

In aggiunta, per quanto riguarda lo scenario Base il **contributo complessivo delle azioni endogene ammonta ad una variazione prevista per il 2025 del -3,4% delle emissioni da accesso ai campus rispetto al 2022**, pari a -454 tonnellate. Per quanto riguarda invece lo

scenario Orientato al target il **contributo complessivo delle azioni endogene ammonta ad una variazione prevista per il 2025 del -10,2% delle emissioni da accesso ai campus rispetto al 2022**, pari a -1.366 tonnellate (Tabella 5-63).

Ricapitolando, analogamente a quanto fatto per il settore energia (paragrafo 5.2.3), si sottolinea quindi che per lo scenario Base (F+B) con approccio di mercato, la riduzione per le sole emissioni della mobilità da accesso ai campus è ottenuta per effetti endogeni in misura pari al 21% nel 2025 e al 7% nel 2030 e per effetti esogeni in misura pari al 79% nel 2025 e al 93% nel 2030. Per lo scenario Orientato al target (F+T) con approccio di mercato invece, la riduzione è ottenuta per effetti endogeni in misura pari al 44% nel 2025 e al 20% nel 2030 e per effetti esogeni in misura pari all'56% nel 2025 e al 80% nel 2030. È da sottolineare che, come riportato nel PSCU (PSCU -2024), la previsione del cambio di comportamenti della popolazione politecnica (effetto endogeno) ha riguardato come orizzonte temporale il 2025. Non è stata quantificata una stima, in termini di riduzione delle emissioni, dell'ulteriore cambio di comportamenti in tema di mobilità previsto da parte degli utenti del Politecnico tra il 2025 e il 2030, pertanto al 2030 si è soltanto stimato l'effetto dell'ulteriore riduzione dei fattori di emissione dei veicoli usati per l'accesso ai campus (effetto esogeno) e il mantenimento dei comportamenti ipotizzati al 2025 (effetto endogeno), stimati sulla base della variazione dei comportamenti stessi tra il 2022 e il 2025 (paragrafo 5.3.1). Nei prossimi aggiornamenti e nuove edizioni del piano di mitigazione si tali previsioni saranno oggetto di approfondimento. In questo piano quindi, gli effetti delle azioni endogene al 2030 risultano meno incisive rispetto agli stessi effetti al 2025 proprio per la stimata riduzione dei fattori di emissione dei veicoli (e.g. se le emissioni dovute alla percorrenza di 100 km da parte di un'auto al 2030 sono inferiori rispetto alle stesse al 2025, evitarle al 2025 comporta una maggior riduzione emissiva che evitarle al 2030).

In linea con quanto redatto nel PSCU, le simulazioni effettuate per stimare le riduzioni di CO₂ da accesso ai campus, ottenibili dalla variazione dei comportamenti degli utenti e dagli effetti esogeni, hanno previsto che la popolazione rimanesse costante dal 2022 in poi (57.206 utenti). Tuttavia, si è poi deciso grazie alla successiva ricezioni di dati sulla popolazione del 2023 di stimare che dal 2025 in poi la popolazione si stabilizzasse passando dai 57.206 utenti del 2022 a 58.000. Ai fini quindi di poter aggregare i dati dei settori energia e mobilità, viene riportato in Tabella 5-63 il totale delle emissioni da accesso ai campus stimato con la popolazione maggiorata al 2025 e 2030 (nota ¹ in tabella).

Per entrambi gli scenari verrebbe raggiunto (e superato) il target previsto dal piano strategico ovvero, -15% delle emissioni per accesso ai campus al 2025 rispetto al 2015

Tabella 5-63. Riduzione delle emissioni per gli anni 2025 e 2030 e per i due scenari di analisi, approccio di mercato; dati di emissioni al 2015 e 2022 e stime per 2025 e 2030.

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2025 | 2030 |
|--|------------------------|--------|------------|-------------|-------------|
| <i>Scenario F + B</i> | | | | | |
| Eff. endogeno: riduzioni rispetto al 2022 | tCO ₂ /a | | | -454 | -348 |
| Eff. esogeno: riduzioni rispetto al 2022 | tCO ₂ /a | | | -1.748 | -4.299 |
| Totale (Mobilità - accesso ai campus) | tCO ₂ /a | 11.671 | 13.457 | 11.255 | 8.810 |
| <i>Totale (Mobilità - accesso ai campus) – con popolazione maggiorata al 2025 e 2030 (58.000 anziché 57.206)¹</i> | tCO ₂ /a | 11.671 | 13.457 | 11.411 | 8.932 |
| Emissioni di CO ₂ pro capite per accesso ai campus | kgCO ₂ /p.a | 242 | 235 | 197 | 154 |
| Variazione rispetto al 2022 | % | | | -16% | -35% |
| Riduzione pro capite rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | | -6 | -45 | -88 |
| Var. nor. Rispetto al 2015 | % | | -3% | -19% | -36% |
| <i>Scenario F + T</i> | | | | | |
| Eff. endogeno: riduzioni rispetto al 2022 | tCO ₂ /a | | | -1.366 | -1.057 |
| Eff. esogeno: riduzioni rispetto al 2022 | tCO ₂ /a | | | -1.748 | -4.299 |
| Totale (Mobilità - accesso ai campus) | tCO ₂ /a | 11.671 | 13.457 | 10.343 | 8.101 |
| <i>Totale (Mobilità - accesso ai campus) – con popolazione maggiorata al 2025 e 2030 (58.000 anziché 57.206)¹</i> | tCO ₂ /a | 11.671 | 13.457 | 10.487 | 8.213 |
| Variazione rispetto al 2022 | % | | 0% | -23% | -40% |
| Emissioni di CO ₂ pro capite per accesso ai campus | kgCO ₂ /p.a | 242 | 235 | 181 | 142 |
| Riduzione rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | | -6 | -61 | -100 |
| Var. nor. Rispetto al 2015 | % | | -3% | -25% | -41% |

¹ gli altri valori della tabella (il pro capite e le variazioni percentuali) rimangono invariate.

Quadro riassuntivo potenziali riduzioni al 2025 e 2030 rispetto al 2015

Occorre specificare che, contrariamente a quanto fatto per il paragrafo Energia, in accordo con il PSCU, le azioni proposte per variare le abitudini di accesso ai campus, prendono come situazione di riferimento quella registrata nell'anno 2022 grazie ai risultati del questionario sulla mobilità. Pertanto, le riduzioni in termini di emissioni di anidride carbonica identificate nelle sezioni 5.3.1. e 5.3.2 sono rispetto all'anno 2022. Poiché tuttavia i target di Ateneo sono riferiti al 2015, anno base, le riduzioni di emissioni di anidride carbonica attese per l'intera voce "mobilità", vengono ricalcolate rispetto all'anno 2015 (si veda voci "var. nor. Rispetto al 2015" nella Tabella 5-63).

A meno di assunzioni qualitative, non è quindi possibile all'attuale stadio di lavoro, scorporare la riduzione indicata rispetto al 2015 in "effetto esogeno" ed "effetto endogeno". Tuttavia si sottolinea la minor entità della variazione pro capite delle emissioni tra 2015 e 2022 (-3%) rispetto a quella attesa tra 2015 e 2025 (-19% per scenario Base e -25% per scenario Orientato al target).

In Figura 5-4 vengono presentati graficamente i benefici ottenuti dalle soluzioni proposte, fornendo l'andamento delle emissioni normalizzate rispetto alla popolazione nel tempo per l'area Mobilità.

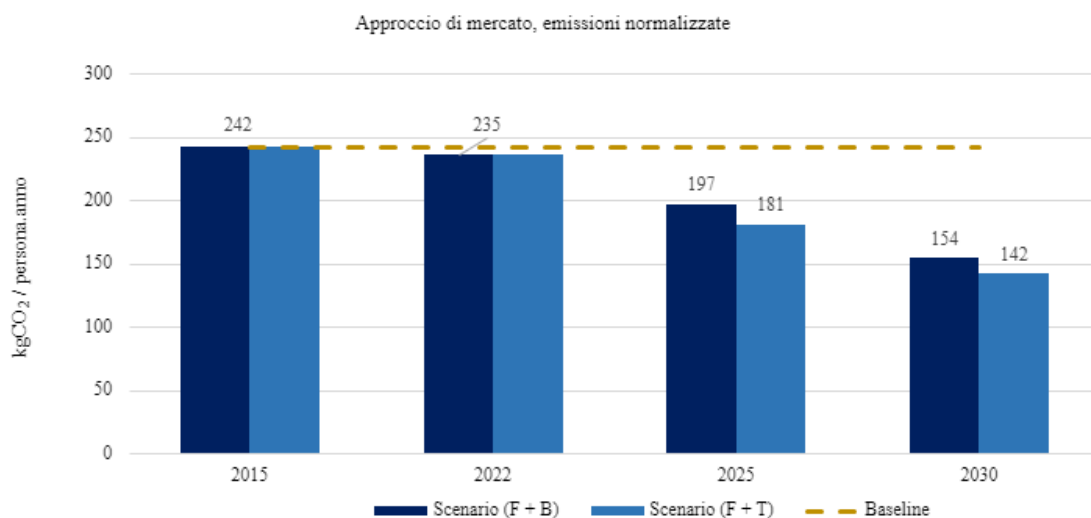


Figura 5-4 Riduzione delle emissioni (normalizzate) nel tempo relative agli accessi ai campus con approccio di mercato.

5.3.3 Mobilità: missioni del personale

Le missioni del personale vengono generalmente effettuate con tre tipologie di mezzi: autovettura, treno e aereo. Guardando alle emissioni di CO₂ connesse a tale attività, si può dire che tra il 2015 e il 2022 l'andamento è rimasto piuttosto costante: circa l'87% delle emissioni è dovuto all'uso di voli aerei, il 10% è dovuto all'uso di auto e il rimanente all'uso del treno.

All'interno delle policy di Ateneo, si verifica già una buona predisposizione da parte del personale tecnico amministrativo e docente ad evitare l'uso di voli aerei per distanze comodamente raggiungibili in treno (distanze inferiori a 900 km). Per stimare come questa voce del settore mobilità potrebbe variare, in termini di emissioni di anidride carbonica, nel 2025, si è tenuto conto dei due seguenti fattori:

- un'invarianza dei comportamenti degli utenti che compiono missioni (contributo *endogeno* nullo) in quanto gli sforzi dell'Ateneo saranno concentrati sul tentativo di riduzione delle emissioni legate all'accesso ai campus;
- la variazione esogena dovuta alla riduzione prevista per il fattore di emissione dell'autovettura e del treno (si veda il *paragrafo 3.5*). Le stime sono riportate nella Tabella 5-64.

Partendo quindi dai dati di Ateneo rendicontati negli inventari del 2015 e del 2022, considerando che gli utenti delle missioni sono stati 5.675 nel 2015 e 6.447 nel 2022 e assumendo il numero di utenti costante dal 2022 in poi si ottengono le stime di riduzione delle emissioni di CO₂ riportate nella Tabella 5-64.

Tabella 5-64 Prospetto riduzioni emissioni in tCO₂ per mobilità sezione missioni del personale (app. di mercato).

| | U.M. | 2015 | 2022 | 2025 | 2030 |
|---|------------------------|-------|--------|-------|-------|
| Totale (Mobilità - missioni personale) | tCO ₂ /a | 1.529 | 1.534 | 1520 | 1487 |
| Personale docente e tecnico amministrativo | | 5.675 | 6.447 | 6.447 | 6.447 |
| Totale (Mobilità - missioni personale) – pro capite | kgCO ₂ /p.a | 269 | 238 | 236 | 231 |
| Generica autovettura | kgCO ₂ /p.a | 27 | 23 | 22 | 18 |
| Treno regionale | kgCO ₂ /p.a | 1,9 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| Treno alta velocità | kgCO ₂ /p.a | 6,0 | 4,7 | 3,2 | 2,5 |
| Aereo per volo a corto raggio* | kgCO ₂ /p.a | 58 | 59 | 59 | 59 |
| Aereo per volo a medio raggio* | kgCO ₂ /p.a | 50 | 64 | 64 | 64 |
| Aereo per volo a lungo raggio* | kgCO ₂ /p.a | 127 | 86 | 86 | 86 |
| Eff. esogeno: riduzioni rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | | -32 | -34 | -39 |
| Var. nor. Rispetto al 2015 | % | | + 0,3% | -0,6% | -2,8% |

*Il fattore di emissione dell'aereo è stato ritenuto invariato, ma stimare l'evoluzione di questo fattore di emissione sarà oggetto di approfondimento futuro.

Come indicato anche per il paragrafo mobilità – accesso ai campus (paragrafo 5.3.2.4), le stime relative alla variazione delle emissioni da missioni del personale, hanno previsto che la popolazione interessata (personale docente e tecnico amministrativo) rimanesse costante dal 2022 in poi (6.447 utenti come indicato in Tabella 5-64). Tuttavia, si è poi deciso grazie alla successiva ricezioni di dati sulla popolazione del 2023 di stimare che dal 2025 in poi la popolazione si stabilizzasse passando dai 57.206 utenti del 2022 a 58.000. In questo caso, si è deciso di non variare le stime fatte ipotizzando che l'aggiunta di utenti prevista per il 2025 riguardi utenti della tipologia “studenti” e che quindi non sono interessati dalla voce “missioni personale”. L'assunzione, oltre che ragionevole, non avrebbe comunque – anche se fatta in modo diverso – impatti significativi sui risultati numerici del presente piano.

5.3.4 Mobilità: quadro di sintesi

Come introdotto all'inizio del paragrafo 5.3.1, nella Tabella 5-65 si riassumono le riduzioni previste per l'intero settore mobilità che tengono conto delle seguenti tre voci: (1) accesso ai campus (sezioni 5.3.1 e 5.3.2); (2) missioni del personale (paragrafo 5.3.3) e (3) studenti in mobilità e veicoli di servizio del Politecnico (per le quali non sono state fatte ipotesi di riduzione negli anni).

Si chiarisce che il valore di inventario per le emissioni da accesso ai campus nel 2022 (i.e. 13.625 t CO₂ riportato nella Tabella 5-65) è leggermente diverso dal valore discusso nel PSCU e usato nel paragrafo 5.3.1 (i.e. 13.457 t CO₂ riportato nella Tabella 5-63) perché tal dato deriva dall'elaborazione delle risposte compilate del Questionario sulla mobilità della popolazione politecnica. La composizione della popolazione a cui viene somministrato il questionario e quella considerata ai fini dell'inventario delle emissioni è leggermente diversa. Ad esempio, i km percorsi con differenti mezzi dichiarati dagli studenti incoming non sono utilizzati per il calcolo delle emissioni di Ateneo poiché si presume che le emissioni

derivanti da questa categoria saranno eventualmente conteggiate dalle rispettive università⁵⁵, mentre tale dato ai fini delle attività di Moblity manager è rilevante.

Nella tabella, per entrambi gli scenari, vengono riportati le riduzioni sul pro capite (in kg CO₂ e in variazione percentuale) per gli anni 2022 (consuntivo) 2025 (stima) e 2030 (stima) rispetto all'anno 2015.

Tabella 5-65 Emissioni e riduzione delle emissioni (pro capite e in %) per l'intero settore mobilità. I dati relativi agli anni 2015 e 2022 sono a consuntivo mentre quelli al 2025 e 2030 sono le stime effettuate nel presente piano.

| Voce | U.M. | 2015 | 2022 | 2025 | 2030 |
|---|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Scenario Base (F+B) - approccio di mercato</i> | | | | | |
| (1) MOBILITÀ - accesso campus ¹ - da Tabella 5-63 | tCO ₂ /a | 11.671 | 13.625* | 11.411 | 8.932 |
| (2) MOBILITÀ - missioni personale - da Tabella 5-63 | tCO ₂ /a | 1.529 | 1.534 | 1.520 | 1.487 |
| (3) MOBILITÀ - altre voci - da inventario di Ateneo 2022 | tCO ₂ /a | 519 | 587 | 587 | 587 |
| Totale emissioni MOBILITÀ | tCO₂/a | 13.719 | 15.746 | 13.518 | 11.159 |
| Popolazione | n. persone | 48.300 | 57.206 | 58.000 | 58.000 |
| Totale - pro capite - mobilità | kgCO ₂ /p.a | 284 | 275 | 233 | 192 |
| Riduzione sul pro capite - mobilità rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | | -9 | -51 | -92 |
| Variazione normalizzata MOBILITÀ rispetto al 2015 | % | | -3% | -18% | -32% |
| <i>Scenario Base (F+T) - approccio di mercato</i> | | | | | |
| (1) MOBILITÀ - accesso campus ¹ - da Tabella 5-63 | tCO ₂ /a | 11.671 | 13.625* | 10.487 | 8.213 |
| (2) MOBILITÀ - missioni personale - da Tabella 5-63 | tCO ₂ /a | 1.529 | 1.534 | 1.520 | 1.487 |
| (3) MOBILITÀ - altre voci - da inventario di Ateneo 2022 | tCO ₂ /a | 519 | 587 | 587 | 587 |
| Totale emissioni MOBILITÀ | tCO₂/a | 13.719 | 15.746 | 12.594 | 10.287 |
| Popolazione | n. persone | 48.300 | 57.206 | 58.000 | 58.000 |
| Totale - pro capite - mobilità | kgCO ₂ /p.a | 284 | 275 | 217 | 177 |
| Riduzione sul pro capite - mobilità rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | | -9 | -67 | -107 |
| Variazione normalizzata MOBILITÀ' rispetto al 2015 | % | | -3% | -24% | -38% |

¹si assume una popolazione dal 2025 pari a 58.000

55 Si noti che questa categoria è conteggiata nella popolazione a cui viene somministrato il questionario mobilità e rientra nel Piano Spostamenti Casa Università (PSCU 2024)

6. QUADRO RIASSUNTIVO POTENZIALI RIDUZIONI AL 2025 E 2030

In questo paragrafo vengono riassunti i potenziali di riduzione delle emissioni di anidride carbonica di responsabilità del Politecnico, per gli orizzonti temporali 2025 e 2030. Si parla di *potenziali* di riduzioni perché negli anni successivi alla redazione di tale piano di mitigazione sarà cura dell'Ateneo monitorare l'effettiva implementazione delle azioni descritte nel capitolo 5 per ciò che riguarda i settori **energia** e **mobilità** e gli effetti che ne deriveranno.

Poiché, come descritto nel paragrafo 2.1 sono stati analizzati due scenari (Base e Orientato al target) e, per il solo settore energia, oltre all'approccio di mercato è stato considerato anche l'approccio marginale (paragrafo 3.6.2), nella Tabella 6-1 viene riportato il quadro riassuntivo per l'approccio di mercato in entrambi gli scenari, questo approccio è quello di riferimento per monitorare il raggiungimento dei target di Ateneo.

6.1 Target al 2025

Il target di Ateneo previsto per il 2025 (-25% di emissioni di CO₂ rispetto al 2015) verrebbe raggiunto sia adottando lo scenario Base (-26,6%, riducendo di 174 kgCO₂/persona.anno le emissioni pro capite) che adottando lo scenario Orientato al target (-29,8%, riducendo di 196 kgCO₂/persona.anno. le emissioni pro capite). Nello scenario Base la riduzione verrebbe raggiunta grazie alle azioni del settore energia per il 71% e grazie alle azioni del settore mobilità per il 29%. Nello scenario Orientato al target invece a riduzione verrebbe raggiunta grazie alle azioni del settore energia per il 66% e grazie alle azioni del settore mobilità per il 34%.

È importante sottolineare che, nello scenario Base la maggior parte di queste riduzioni (nello specifico il 78% del totale) sono dovute – per entrambi i settori - al contributo esogeno, effetto che non dipende dall'Ateneo, mentre l'effetto endogeno, di controllo dell'Ateneo, contribuisce per il rimanente 22% (16% dalle azioni energia e 6% dalle azioni mobilità). Nello scenario Orientato al target invece, le riduzioni che si stimano al 2025 vedono un aumento del contributo endogeno di 11 punti percentuali (18% dalle azioni energia e 15% dalle azioni mobilità).

6.2 Target al 2030

Il target di Ateneo previsto per il 2030 (-50% di emissioni di CO₂ rispetto al 2015) sembra non essere raggiunto con nessuno dei due scenari analizzati, seppur con lo scenario Orientato al target ci si distanzia di soli 5 punti percentuali (passando da una riduzione stimata del -40,2% nello scenario Base a una riduzione stimata del -44,7%). Nello scenario Base la riduzione di 264 kgCO₂/persona.anno verrebbe raggiunta grazie alle azioni del settore energia per il 71% e grazie alle azioni del settore mobilità per il 29%. Nello scenario Orientato al target invece la riduzione di 293 kgCO₂/persona.anno verrebbe raggiunta grazie alle azioni del settore energia per il 66% e grazie alle azioni del settore mobilità per il 34%. Anche per questo orizzonte temporale va sottolineato che sarebbe necessario adottare le soluzioni previste per lo scenario Orientato al target, sia per avvicinarsi all'ambizioso obiettivo per il 2030, sia per dare all'Ateneo un ruolo attivo in queste riduzioni (aumento della quota endogena dal 20% dello scenario Base al 27%).

Tabella 6-1. Quadro riassuntivo delle emissioni e delle riduzioni delle emissioni (pro capite e in %) stimate a valle dell'implementazione delle azioni di mitigazione discusse nel presente piano per i settori energia e mobilità. I dati relativi agli anni 2015 e 2022 sono a consuntivo mentre quelli al 2025 e 2030 sono le stime effettuate nel presente piano.

| Voce | U.M. | 2015 | 2022 | 2025 | 2030 |
|--|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Scenario Base - approccio di mercato</i> | | | | | |
| Totale emissioni di Ateneo - ENERGIA | tCO ₂ /a | 17.967 | 20.760 | 14.416 | 11.590 |
| Totale emissioni di Ateneo - MOBILITÀ | tCO ₂ /a | 13.719 | 15.746 | 13.518 | 11.159 |
| Totale | tCO₂/a | 31.686 | 36.506 | 27.934 | 22.749 |
| Popolazione | n. persone | 48.300 | 57.206 | 58.000 | 58.000 |
| Totale - pro capite - energia | kgCO ₂ /p.a | 372 | 363 | 249 | 200 |
| Totale - pro capite - mobilità | kgCO ₂ /p.a | 284 | 275 | 233 | 192 |
| Totale - pro capite | kgCO₂/p.a | 656 | 638 | 482 | 392 |
| Variazione pro capite ENERGIA rispetto al 2015 | % | | -2% | -33% | -46% |
| Variazione pro capite MOBILITÀ rispetto al 2015 | % | | -3% | -18% | -32% |
| Variazione pro capite TOTALE rispetto al 2015 | % | | -3% | -26,6% | -40,2% |
| Riduzione totale sul pro capite rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | | -18 | -174 | -264 |
| Contributo alla riduzione totale del settore energia | % | | | -18,8% | -26,2% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | | 71% | 65% |
| Contributo alla riduzione totale del settore mobilità | % | | | -7,8% | -14,0% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | | 29% | 35% |
| Contributo endogeno - energia | % | | | -4,4% | -6,7% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | | 16% | 17% |
| Contributo endogeno - mobilità | % | | | -1,6% | -1,0% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | | 6% | 3% |
| Contributo esogeno - energia | % | | | -14,4% | -19,5% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | | 54% | 49% |
| Contributo esogeno - mobilità | % | | | -6,2% | -12,9% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | | 23% | 32% |
| <i>Scenario Orientato al target - approccio di mercato</i> | | | | | |
| Totale emissioni di Ateneo - ENERGIA | tCO ₂ /a | 17.967 | 20.760 | 14.100 | 10.470 |
| Totale emissioni di Ateneo - MOBILITÀ | tCO ₂ /a | 13.719 | 15.746 | 12.594 | 10.287 |
| Totale | tCO₂/a | 31.686 | 36.506 | 26.693 | 20.757 |
| Popolazione | n. persone | 48.300 | 57.206 | 58.000 | 58.000 |
| Totale - pro capite - energia | kgCO ₂ /p.a | 372 | 363 | 243 | 181 |
| Totale - pro capite - mobilità | kgCO ₂ /p.a | 284 | 275 | 217 | 177 |
| Totale - pro capite | kgCO₂/p.a | 656 | 638 | 460 | 358 |
| Variazione pro capite ENERGIA rispetto al 2015 | % | | -2% | -35% | -51% |

| | | | | |
|---|------------------------|-----|--------|--------|
| Variazione pro capite MOBILITÀ rispetto al 2015 | % | -3% | -24% | -38% |
| Variazione pro capite TOTALE rispetto al 2015 | % | -3% | -29,8% | -45,4% |
| Riduzione totale sul pro capite rispetto al 2015 | kgCO ₂ /p.a | -18 | -196 | -298 |
| Contributo alla riduzione totale del settore energia | % | | -19,6% | -29,2% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | 66% | 64% |
| Contributo alla riduzione totale del settore mobilità | % | | -10,2% | -16,3% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | 34% | 36% |
| Contributo endogeno - energia | % | | -5,3% | -9,9% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | 18% | 22% |
| Contributo endogeno - mobilità | % | | -4,5% | -3,2% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | 15% | 7% |
| Contributo esogeno - energia | % | | -14,4% | -19,3% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | 48% | 43% |
| Contributo esogeno - mobilità | % | | -5,7% | -13,0% |
| <i>Valore su base 100</i> | | | 19% | 29% |

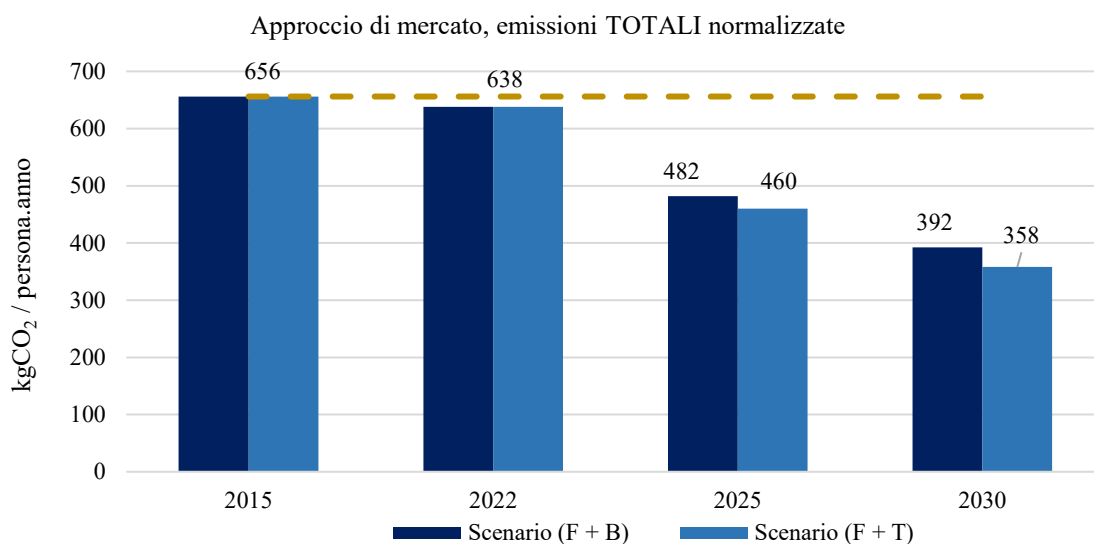


Figura 6-1 Riduzione delle emissioni (normalizzate) totali relative al comparto mobilità con approccio di mercato.

6.3 Investimenti per il raggiungimento dei target

In Tabella 6-2 vengono riassunti gli investimenti necessari per i settori energia e mobilità ai fini di raggiungere le riduzioni indicate in Tabella 6-1 per entrambi gli scenari proposti: Base e Orientato al target. Adottando lo scenario Orientato al target, ovvero quello che permetterebbe di raggiungere e superare il target previsto al 2025 dando più importanza alle azioni endogene (contributo di responsabilità del Politecnico) è necessario un investimento di 70 M€ (16 M€ al 2025, 12,9 M€ al 2026, 10,5M€ al 2027, 8,6 M€ sia al 2028 che al 2029 e 13,4M€ al 2030). Se si sceglie invece di adottare lo scenario Base è necessario un investimento di 22,1M€.

La valutazione dell'efficacia degli investimenti richiesti in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica viene riportata nella Figura 5-1 per quanto riguarda l'energia e nella Figura 5-3 per quanto riguarda la mobilità.

Tabella 6-2 Prospetto degli investimenti per le azioni di energia e mobilità per i due scenari Base e Orientato al target negli anni dal 2025 al 2030.

| Azioni | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Scenario Base – valori in M€</i> | | | | | | |
| Energia - TLRF | 2,3 | 4,3 | 1,9 | - | - | - |
| Energia - Corpi illuminanti | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,2 |
| Energia - Bandi per dipartimenti | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Energia - totale | 4,5 | 6,5 | 4,1 | 2,2 | 2,2 | 0,2 |
| Mobilità - Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico (azione 1 area I) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Mobilità - Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti (azione 6 area II) | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Mobilità - Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio (azione 7 area II) | 0,02 | - | - | - | - | - |
| Mobilità - Installazione punti di ricarica per auto elettriche (azione 16 Area IV) | 0,2 | - | - | - | - | - |
| Mobilità - Monitoraggio share modale e redazione PSCU (azione 24 Area VI) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Mobilità - totale | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Totale | 5,1¹ | 6,9² | 4,5³ | 2,6⁴ | 2,6⁴ | 0,6⁵ |
| <i>Scenario Orientato al target – valori in M€</i> | | | | | | |
| Energia - TLRF | 2,3 | 4,3 | 1,9 | - | - | - |
| Energia - Corpi illuminanti | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,2 |
| Energia - Fotovoltaico | - | - | - | - | - | 10,0 |
| Energia - Interventi inv. e impianti negli edifici | 9,7 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | - |
| Energia - Bandi per dipartimenti | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | - |
| Energia - Regolazione e supervisione (impianti termici) | - | - | - | - | - | 1,8 |
| Energia - totale | 14,2 | 11,5 | 9,1 | 7,2 | 7,2 | 12,0 |
| Mobilità - Convenzioni per l'acquisto di abbonamenti al trasporto pubblico (azione 1 Area I) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Mobilità - Studio fattibilità introduzione di misure per incentivare il trasporto pubblico (azione 2 Area I) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Mobilità - Progetto di ricerca-azione per incentivare la mobilità sostenibile, con un focus all'ambito del trasporto pubblico (azione 3 Area I) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

| | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Mobilità - Infrastrutture e servizi di sorveglianza e contrasto contro i furti (azione 6 Area II) | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Mobilità - Incremento bici/monopattini per spostamenti di servizio (azione 7 Area II) | 0,02 | - | - | - | - | - |
| Mobilità - Studio fattibilità introduzione premialità per bike to work presso le sedi milanesi (azione 9 Area II) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Mobilità - Stanziamento di fondi Polimi per l'acquisto agevolato di bici e monopattini (azione 13 Area II) | 0,1 | - | - | - | - | - |
| Mobilità - Installazione punti di ricarica per auto elettriche (azione 16 Area IV) | 0,2 | - | - | - | - | - |
| Mobilità - Revisione regole di accesso ai campus (azione 20 Area V) | 0,03 | - | - | - | - | - |
| Mobilità - Monitoraggio share modale e redazione PSCU (azione 24 Area VI) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Mobilità - totale | 1,81 | 1,38 | 1,38 | 1,38 | 1,38 | 1,38 |
| Totale | 16⁶ | 12,9⁷ | 10,5⁸ | 8,6⁹ | 8,6⁹ | 13,4¹⁰ |

¹il valore espresso in € è pari a 5.097.000 €; ² il valore espresso in € è pari a 6.857.000 €; ³ il valore espresso in € è pari a 4.457.000 €; ⁴ il valore espresso in € è pari a 2.557.000 €; ⁵ il valore espresso in € è pari a 557.000 €; ⁶ il valore espresso in € è pari a 16.013.127 €; ⁷ il valore espresso in € è pari a 12.902.074 €; ⁸ il valore espresso in € è pari a 10.502.074 €; ⁹ il valore espresso in € è pari a 8.602.074 €; ¹⁰ il valore espresso in € è pari a 13.402.074 €.

6.4 Conclusioni

Il presente piano di mitigazione propone delle azioni per i settori energia e mobilità (8 per lo scenario Base e 16 per lo scenario Orientato al target) da implementare al fine di ridurre le emissioni di CO₂ di Ateneo, in accordo con la strategia che l'Ateneo ha indicato nel Piano Strategico. I due scenari portano a una diversa riduzione di emissioni e presentano un diverso costo necessario per l'implementazione: lo scenario Orientato al target richiede un maggior investimento e garantisce una maggior riduzione di emissioni di CO₂ (vedi sezioni 6.1, 6.2, 6.3). È importante sottolineare tre aspetti fondamentali che si dovrebbero considerare nella scelta dello scenario, in aggiunta alla lettura delle stime e delle richieste economiche indicate.

- 1. Altri benefici:** bisogna sottolineare come molte delle azioni proposte negli scenari presentati in questo piano, soprattutto per quanto riguarda la mobilità e la riqualificazione energetica degli edifici, contribuiscono anche ad apportare ulteriori benefici non quantificati in termini di riduzione delle emissioni di CO₂. Tali azioni non vanno trascurate nella scelta dello scenario da adottare (Base o Orientato al target) perché i loro effetti possono incrementare il benessere individuale e collettivo, grazie al perseguimento di molteplici "prospettive di valore", tra le quali si segnalano: il miglioramento della qualità, vivibilità e accessibilità degli spazi sia interni che esterni ai campus, la promozione della mobilità attiva e il miglioramento della sicurezza degli spostamenti. Inoltre, non va trascurata l'influenza che alcune azioni potrebbero generare sulla consapevolezza della comunità politecnica, con un potenziale effetto indiretto sulla mitigazione al cambiamento climatico anche fuori dai confini di Ateneo.
- 2. Contributo attivo:** come descritto nel paragrafo 3.3, le riduzioni quantificate dall'implementazione delle azioni di mitigazione (dipendenti dal Politecnico, contributo endogeno) si sommano alle riduzioni di natura esogena (indipendenti dal Politecnico, come le riduzioni conseguenti dalla stimata variazione dei fattori di

emissione). L'**importanza del contributo endogeno è chiara**: sono le riduzioni endogene il vero indice dell'impegno dell'Ateneo, in quanto di sua intera responsabilità.

- 3. Variabilità del contributo esogeno:** come riassunto nella Tabella 6-1, la stimata variazione dei fattori di emissione, sia per il settore energia che per i veicoli usati per l'accesso ai campus, porta a stimare una significativa riduzione delle emissioni di CO₂ negli anni a fronte di un ipotetico comportamento immutato. Attribuire troppa importanza a questo contributo è però sconsigliato e poco spendibile per due principali motivi. Il primo è che significherebbe vanificare gli impegni attivi dell'Ateneo, scegliendo in realtà una strada del tipo *business as usual*, mascherando quindi riduzioni *a sforzo e costo zero* per impegni in cui si ha un ruolo attivo di contrasto al cambiamento climatico. Il secondo è che le riduzioni esogene dipendono dalle stime dei fattori di emissione, che sono soggette a molta variabilità: potrebbero essere sovrastimati, così come sottostimati, e quindi non è possibile per l'Ateneo averne un controllo diretto, ma soltanto un continuo monitoraggio passivo.

6.5 Sviluppi futuri

È previsto un aggiornamento del presente piano di mitigazione nel 2025 e nel 2026 verrà invece pubblicata una nuova edizione alla luce delle azioni implementate e delle riduzioni effettivamente monitorate con gli inventari.

Riferimenti Bibliografici

ARERA 117-2022. Revisione dei fattori percentuali convenzionali di perdita da applicare alle imprese distributrici per finalità perequative per il biennio 2022-2023 e ai prelievi in bassa tensione, di cui alla tabella 4 del testo integrato settlementen <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/docs/22/117-22.pdf>

ARERA (2024) Composizione percentuale del prezzo dell'energia elettrica - Maggiore tutela, Dati e statistiche. Disponibile a: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche?ambito=55&keyword=&setto=4&orderby=> (Accessed: 1 April 2024).

CCC (2024). Climate City Contract, https://www.comune.milano.it/web/milano-cambia-aria/-/milano-firma-il-climate-city-contact-neutralita-climatica-entro-il-2030?redirect=%2Fweb%2Fmilano-cambia-aria%2Fnews&com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_Njv3X7JOGODX_viewSingleAsset=true

ENEA (2022) 'Rapporto annuale 2022: Le detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti', Rapporti online ENEA, 1(1), pp. 1–219.

Famiglietti, J. et al. (2023) 'Net-Zero Climate Emissions Districts: Potentials and Constraints for Social Housing in Milan', *Energies*, 16(3), p. 1504. doi: 10.3390/en16031504.

GHG (2015). GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard < <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

GRI 305 Emissioni (2021). GRI Standard specifico della serie 300 (temi ambientali) <https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/resource-center/?g=28583824-2945-4be6-a365-3486ba836aad&id=8585>

ISPRA (2023a). *Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia*. <https://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/>

ISPRA (2023b). *La banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia*. <https://fettransp.isprambiente.it/#/>

ISPRA (2023b) *Serie storica aggiornata dal 1990 al 2021 dei dati sul trasporto stradale in Italia* <https://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/>

Kemna, R. et al. (2019) Space and combination heaters: Ecodesign and Energy Labelling. Delft, The Netherlands. Disponibile a: https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/Space_and_combination_heaters/boilers_task_5_final_report_july_2019.pdf.

Mobitool (2023) <https://www.mobitool.ch/>

PdM (2019). "Proposta di Piano di Mitigazione e di obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ del Politecnico di Milano". Versione n.4/2019 (11/02/2019) <

<https://www.polimi.it/il-politecnico/chi-siamo/documenti-strategici/piano-di-mitigazione-delle-emissioni-co2>>

PNIEC (2023). Piano nazionale integrato per l'energia e il clima; MASE https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf

PRIMES (2020). Models used for the EU Reference Scenario 2020 https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/eu-reference-scenario-2020_en

PSA (2023). Piano Strategico 2023/2025 (ed. 2023) https://www.polimi.it/fileadmin/user_upload/Il-Politecnico/documenti-strategici/piano-strategico/PS-2023-Long.pdf

PSCU (2024). Piano Spostamenti Casa-Università, Politecnico Di Milano (ed. 2024) < <https://www.polimi.it/il-politecnico/chi-siamo/documenti-strategici/piano-spostamenti-casa-lavoro-universita>>

PSS (2023). Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025 (ed. 2023) < https://www.polimi.it/fileadmin/user_upload/Il-Politecnico/documenti-strategici/piano-strategico-sostenibilita/2023_25_Piano_strategico_sostenibilita.pdf>

PSS (2024). Piano Strategico di Sostenibilità 2023-2025 (ed. 2024). Aggiornamento 2024 e Rapporto di sostenibilità 2023 < https://www.polimi.it/fileadmin/user_upload/Il-Politecnico/documenti-strategici/piano-strategico-sostenibilita/PianoStrategicoSostenibilit%C3%A0_AGG24_FIN.pdf> QualEnergia (2024) Infodata energia, QualEnergia sito web. Disponibile a: <https://www.qualenergia.it/pro/documenti/quota-rinnovabili-4-9-21-31-pun-5-9-21-e-mwh-11309-petrolio-wti-b-6929-co2-3-9-21-e-ton-6133/#petrolio-gas> (Accessed: 2 May 2024).

Regione Lombardia (2020) Allegato H Decreto n. 18546/19. Procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici.

RUS - GdL CC (2020a). “Linee Guida per la Redazione dei Piani di Mitigazione delle Emissioni di CO₂ degli Atenei” (ed. 2020) < https://reterus.it/public/files/GdL/Cambiamenti_climatici/020_linee_guida_per_la_redazione_dei_piani_di_mitigazione.pdf>

RUS- GdL CC (2022a). “Mappatura sugli inventari emissioni di gas serra e sui piani di riduzione | II Edizione 2022 <https://reterus.it/mappature-e-indagini-gdl-cambiamenti-climatici/1443-4135/mappatura-sugli-inventari-emissioni-di-gas-serra-e-sui-piani-di-riduzione-ii-edizione-2022>

RUS - GdL CC (2023a). “Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra negli atenei italiani” (ed. 2023) < https://reterus.it/public/files/GdL/Cambiamenti_climatici/023_Linee_guida_inventari.pdf>

SBTi (2015). Science based target. Sectoral Decarbonization Approach (SDA) Version 1
| MAY 2015 <https://sciencebasedtargets.org/resources/legacy/2015/05/Sectoral-Decarbonization-Approach-Report.pdf>

Snam e Terna (2021) Scenario National Trend. Roma. Disponibile a:
https://download.terna.it/terna/National Trends Italia 2021_8d8c8fe48cb033f.pdf.

Snam e Terna (2023) Documento di descrizione degli scenari 2022. Roma. Disponibile
a:
https://download.terna.it/terna/Documento_Descrizione_Scenari_2022_8da74044f6ee28d.pdf.

Sorrentino, R. (2024) Dove va l'inflazione? Un esercizio di previsione, Il Sole 24 ore.
Disponibile a: https://riccardosorrentino.blog.ilsole24ore.com/2024/03/24/dove-va-linflazione-un-esercizio-di-previsione/?refresh_ce=1 (Accessed: 1 April 2024).

UNFCCC (2018a). The Global Climate Action portal NAZCA – Non-State Action Zone
for climate Action < <https://climateaction.unfccc.int/>>

APPENDICE A

In questa appendice viene riportata la lista dei diversi attori coinvolti in diverse aree di competenza di Ateneo e fuori dall'Ateneo che hanno collaborato per le previsioni che riguardano l'elenco delle attività e le quantità aggiornate di ognuna di esse.

- Paola Baglione - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) – Servizio Sostenibilità Ambientale
- Polo Beria - Dipartimento Architettura e Studi Urbani (DAStU) - Laboratorio di Politica dei Trasporti TRASPOL
- Luigi Bissolotti - Area Servizi ICT (ASICT) - Data management and analysis – Capo Servizio
- Filippo Bovera - Dipartimento di Energia (DENG) - Energy Manager d'Ateneo
- Maurizio Bravin - Area Servizi ICT (ASICT) - Data management and analysis
- Paola Butelli - Area Servizi ICT (ASICT) - Digital Transition Strategy and Integration Framework
- Francesco Cavazzana - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) – Dirigente
- Giulia Cavenago - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)
- Greta De Vecchi - Area affari generali e supporto strategico () - Sostenibilita' - Task force
- Jacopo Famiglietti - Dipartimento di Energia (DENG)
- Loredano Finessi – Area Tecnico Edilizia (ATE)
- Marica Fumagalli - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) - Servizio Gestione del Patrimonio Edilizio Campus Leonardo
- Mario Grosso - Delegato Rettore Rapporti con le reti delle università sostenibili
- Giulia Guidicini - Area affari generali e supporto strategico (AGSS) - Sostenibilità - Task force
- Gennaro Leanza - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) - Servizio Gestione del Patrimonio Edilizio Campus Leonardo – Capo Servizio
- Fulvio Morganti - Area Servizi ICT (ASICT) - Data Management and Analysis
- Mario Motta – Delegato Rettore Transizione energetica
- Gianluca Noto - Area Tecnico Edilizia (ATE) – Dirigente
- Alessandro Perego – Vicerettore allo Sviluppo sostenibile e impatto
- Eleonora Perotto - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) – Servizio Sostenibilità Ambientale – Capo Servizio e Mobility Manager
- Lorenzo Redolfi - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) - Servizio Gestione del Patrimonio Edilizio Campus Leonardo
- Paolo Rizzo - Area Servizi ICT (ASICT) - Enterprise Sw Services
- Giacomo Rossello - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) - Servizio Gestione del Patrimonio Edilizio Campus Bovisa

- Michele Rubini - Area Servizi ICT (ASICT) - Enterprise Sw Services – Capo Servizio
- Rosalinda Saporito - Area Gestione Infrastrutture e Servizi (AGIS) - Servizio Gare e Acquisti Servizi e Forniture – Capo Servizio
- Samuel Tolentino - META S.r.l. – Mobilità Economia Territorio Ambiente
- Paolo Visentini - Area Servizi ICT (ASICT) - Data management and analysis

APPENDICE B

Segue esempio numerico con dati fittizi per la chiarificazione della distinzione tra contributo esogeno ed endogeno nella variazione delle emissioni tra due anni di riferimento.

Nel 2022 la domanda di elettricità da parte dell'organizzazione A è di 10 kWh/anno e il fattore di emissione ad essa legato è pari a 10 gCO₂/kWh. Nel 2025 A ipotizza di ridurre la domanda del 50% portandola a 5 kWh/anno, nel frattempo la decarbonizzazione della rete porta il fattore di emissione a ridursi del 40% passando a 6 gCO₂/kWh. Le emissioni di CO₂ che A ha rendicontato nel 2022 sono 10 kWh/anno * 10 gCO₂/kWh = 100 g CO₂, mentre quelle previste per il 2025 saranno 5 kWh/anno * 6 gCO₂/kWh = 30 g CO₂. La variazione prevista sarà una riduzione di 70 g CO₂.

Per calcolare la riduzione dovuta alla variazione del fattore di emissione, ovvero il contributo che chiamiamo *esogeno* bisogna ipotizzare che nel 2025 la domanda sarà quella del 2022 e guardare la variazione del solo fattore di emissione: 10 kWh/anno * (10 gCO₂/kWh - 6 gCO₂/kWh) = 40 g CO₂.

Per calcolare invece la riduzione dovuta alla variazione della domanda, ovvero il contributo *endogeno*, bisogna guardare la variazione della domanda mantenendo però il fattore di emissione che effettivamente si avrà nel 2025: (10 kWh/anno - 5 kWh/anno) * 6 gCO₂/kWh = 30 g CO₂

La somma dei due contributi rappresenta la riduzione totale: 40 g CO₂ + 30 g CO₂ = 70 g CO₂.

APPENDICE C

In Tabella C- 1 è riportata la stima della composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2025 mentre in Tabella C- 2 è riportata la composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2022. In Tabella C- 3 sono riportati i fattori di emissione specifici per carburante, segmento e classe euro forniti da ISPRA (ISPRA, 2023b).

Tabella C- 1 stima della composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2025. Il calcolo è avvenuto a partire dai dati presenti nell'autoritratto ACI (da questo link "consistenza parco veicoli", file "Circolante Copert 2022" e "Circolante Copert 2017", foglio "AV per regione").

| ALIMENTAZIONE | FASCIA | CLASSE EURO | | | | | | | Per alimentazione |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| BENZINA | Fino a 1400 | 6,0% | 0,7% | 1,9% | 3,8% | 15,2% | 12,5% | 39,7% | 43,9% |
| | 1401 - 2000 | 2,5% | 0,8% | 1,3% | 0,8% | 3,1% | 1,9% | 7,1% | 9,7% |
| | Oltre 2000 | 0,6% | 0,1% | 0,3% | 0,2% | 0,5% | 0,1% | 0,7% | 1,4% |
| BENZINA Totale | | 9,1% | 1,7% | 3,5% | 4,8% | 18,8% | 14,5% | 47,5% | 55,0% |
| BENZINA E GAS LIQUIDO | Fino a 1400 | 1,4% | 0,1% | 0,3% | 0,6% | 19,5% | 14,5% | 39,1% | 4,7% |
| | 1401 - 2000 | 2,2% | 0,6% | 1,0% | 0,7% | 5,7% | 3,9% | 8,5% | 1,4% |
| | Oltre 2000 | 0,3% | 0,1% | 0,2% | 0,3% | 0,8% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| BENZINA E GAS LIQUIDO Totale | | 3,9% | 0,9% | 1,6% | 1,5% | 26,0% | 18,4% | 47,7% | 6,2% |
| BENZINA E METANO | Fino a 1400 | 1,5% | 0,2% | 0,5% | 0,8% | 29,7% | 29,4% | 34,0% | 0,7% |
| | 1401 - 2000 | 1,6% | 0,5% | 0,7% | 0,7% | 1,4% | 0,0% | 0,1% | 0,0% |
| | Oltre 2000 | 0,2% | 0,1% | 0,1% | 0,1% | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| BENZINA E METANO Totale | | 3,2% | 0,8% | 1,3% | 1,6% | 31,7% | 27,4% | 34,1% | 0,8% |
| ELETTRICITA | Non contemplato | | | | | | | | 0,8% |
| ELETTRICITA Totale | | | | | | | | | 0,8% |
| DIESEL | Fino a 1400 | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 0,4% | 2,9% | 3,9% | 3,1% | 3,2% |
| | 1401 - 2000 | 1,5% | 0,4% | 0,9% | 2,0% | 8,0% | 18,8% | 45,3% | 23,2% |
| | Oltre 2000 | 1,1% | 0,3% | 0,9% | 1,2% | 1,8% | 2,4% | 4,7% | 3,8% |
| DIESEL Totale | | 3,0% | 0,7% | 1,9% | 3,6% | 12,8% | 25,0% | 53,1% | 30,2% |
| IBRIDO BENZINA | Fino a 1400 | | | | | 0,0% | 0,3% | 40,6% | 2,9% |
| | 1401 - 2000 | | | | | 0,1% | 2,1% | 49,4% | 3,7% |
| | Oltre 2000 | | | | | 0,1% | 0,1% | 7,2% | 0,5% |
| IBRIDO BENZINA Totale | | | | | 0,3% | 2,5% | 97,2% | 7,1% | |
| | | 6,2% | 1,2% | 2,6% | 3,9% | 16,0% | 17,1% | 52,3% | 100,0% |

Tabella C- 2 composizione del parco auto circolante in Lombardia nel 2022. I dati riportati si trovano nell'autoritratto ACI (da questo link "consistenza parco veicoli", file "Circolante Copert 2022", foglio "AV per regione").

| ALIMENTAZIONE | FASCIA | CLASSE EURO | | | | | | | Per alimentazione |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| BENZINA | Fino a 1400 | 6,3% | 1,1% | 4,1% | 6,1% | 18,6% | 13,5% | 29,8% | 43,3% |
| | 1401 - 2000 | 2,6% | 1,0% | 2,0% | 1,3% | 4,1% | 2,1% | 5,1% | 9,9% |
| | Oltre 2000 | 0,6% | 0,2% | 0,3% | 0,2% | 0,5% | 0,2% | 0,5% | 1,4% |
| BENZINA Totale | | 9,5% | 2,2% | 6,4% | 7,7% | 23,2% | 15,7% | 35,4% | 54,5% |
| BENZINA E GAS LIQUIDO | Fino a 1400 | 1,6% | 0,2% | 0,6% | 0,9% | 24,9% | 16,1% | 30,5% | 4,4% |
| | 1401 - 2000 | 2,4% | 0,7% | 1,4% | 1,0% | 7,3% | 4,3% | 6,2% | 1,4% |
| | Oltre 2000 | 0,3% | 0,1% | 0,3% | 0,3% | 0,9% | 0,1% | 0,1% | 0,1% |
| BENZINA E GAS LIQUIDO Totale | | 4,2% | 1,0% | 2,3% | 2,1% | 33,2% | 20,5% | 36,7% | 5,9% |
| BENZINA E METANO | Fino a 1400 | 1,3% | 0,2% | 0,8% | 1,0% | 28,8% | 29,7% | 25,5% | 0,8% |
| | 1401 - 2000 | 1,4% | 0,5% | 1,1% | 1,5% | 6,7% | 0,1% | 0,4% | 0,1% |
| | Oltre 2000 | 0,2% | 0,0% | 0,1% | 0,1% | 0,6% | 0,1% | 0,0% | 0,0% |
| BENZINA E METANO Totale | | 2,9% | 0,8% | 2,0% | 2,5% | 36,1% | 29,9% | 25,8% | 0,9% |
| ELETTRICITA | Non contemplato | | | | | | | | 0,5% |
| ELETTRICITA Totale | | | | | | | | | 0,5% |
| DIESEL | Fino a 1400 | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 1,1% | 4,6% | 4,1% | 2,3% | 4,1% |
| | 1401 - 2000 | 1,4% | 0,4% | 1,6% | 5,7% | 12,5% | 20,0% | 32,3% | 24,7% |
| | Oltre 2000 | 1,1% | 0,3% | 1,1% | 2,1% | 2,8% | 2,8% | 3,6% | 4,6% |
| DIESEL Totale | | 2,7% | 0,7% | 2,7% | 8,9% | 19,9% | 26,9% | 38,2% | 33,4% |
| IBRIDO BENZINA | Fino a 1400 | | | | | 0,1% | 0,5% | 38,1% | 1,9% |
| | 1401 - 2000 | | | | | 0,3% | 3,7% | 49,4% | 2,6% |
| | Oltre 2000 | | | | | 0,2% | 0,2% | 7,5% | 0,4% |
| IBRIDO BENZINA Totale | | | | | 0,6% | 4,4% | 95,0% | 4,8% | |
| | | 6,4% | 1,5% | 4,5% | 7,3% | 21,6% | 19,2% | 39,0% | 100,0% |

Tabella C- 3 fattori di emissione (gCO₂/km) medi divisi per categoria, alimentazione, segmento, classe euro e ciclo di guida “TOTALE”. Fonte: ISPRA, 2023b

| ALIMENTAZIONE | FASCIA | CLASSE EURO | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| BENZINA | Fino a 1400 | 182 | 159 | 161 | 169 | 152 | 149 | 151 |
| | 1401 - 2000 | 227 | 199 | 199 | 205 | 202 | 195 | 193 |
| | Oltre 2000 | 268 | 251 | 265 | 239 | 354 | 343 | 309 |
| BENZINA Totale | | 200 | 183 | 177 | 177 | 165 | 157 | 160 |
| BENZINA E GAS LIQUIDO | Fino a 1400 | 169 | 165 | 170 | 170 | 177 | 170 | 130 |
| | 1401 - 2000 | 169 | 165 | 170 | 170 | 177 | 170 | 164 |
| | Oltre 2000 | 169 | 165 | 170 | 172 | 183 | 183 | 166 |
| BENZINA E GAS LIQUIDO Totale | | 169 | 165 | 170 | 170 | 177 | 171 | 136 |
| BENZINA E METANO | Fino a 1400 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 123 | 118 |
| | 1401 - 2000 | 162 | 162 | 162 | 162 | 162 | 123 | 118 |
| | Oltre 2000 | 163 | 163 | 163 | 163 | 163 | 123 | 118 |
| BENZINA E METANO Totale | | 146 | 152 | 148 | 148 | 134 | 123 | 118 |
| ELETTRICITÀ | Non contemplato | | | | | | | |
| ELETTRICITÀ Totale | | | | | | | | |
| DIESEL | Fino a 1400 | 175 | 159 | 169 | 163 | 181 | 178 | 192 |
| | 1401 - 2000 | 171 | 158 | 167 | 161 | 160 | 155 | 153 |
| | Oltre 2000 | 171 | 215 | 218 | 221 | 245 | 230 | 218 |
| DIESEL Totale | | 171 | 184 | 188 | 175 | 176 | 166 | 161 |
| IBRIDO BENZINA | Fino a 1400 | | | | | 134 | 134 | 126 |
| | 1401 - 2000 | | | | | 138 | 138 | 135 |
| | Oltre 2000 | | | | | 146 | 146 | 152 |
| IBRIDO BENZINA Totale | | | | | 140 | 138 | 133 | |
| | | 182 | 159 | 161 | 169 | 152 | 149 | 151 |

In Tabella C- 4 sono riportati i fattori di emissione (gCO₂/km) per gli anni 2022 per alimentazione e cilindrata (aggregando le classi euro) e le stime degli stessi al 2025 (rispettivamente nella seconda e quarta colonna). Aggregando ulteriormente per carburante e segmento tramite la composizione del parco riportata per gli anni 2022 e 2025 (terza e quinta colonna) si ottiene il fattore di emissione di una generica autovettura usata nel 2022 e nel 2025, che tiene conto sia delle auto endotermiche che della quota di auto elettriche⁵⁶. Nel 2022 la quota di auto elettriche è stata pari allo 0,5% con fattore di emissione 43,6 CO₂/km, mentre nel 2025 la quota di auto elettriche è stimata pari allo 0,8% e il fattore di emissione si stima paria a 29,3 gCO₂/km (si veda il paragrafo 3.5.2.3).

Nella stessa tabella vengono riportate quindi le variazioni percentuali dei fattori di emissione tra i due anni 2022 e 2025.

⁵⁶ Si ricorda, come riportato nella Tabella C- 4 che per il 2025 si tratta di stime.

Tabella C- 4 Fattori di emissione (gCO₂/km) per gli anni 2022 per alimentazione e cilindrata e stime degli stessi al 2025.

| Tipologia di autovettura (carburante e cilindrata) | Fattori di emissione al 2022 | Composizione % del parco auto al 2022 | Stima dei fattori di emissione al 2025 | Stima della composizione % del parco auto al 2025 | Unità di misura | Variazione dei fattori di emissione del parco veicolare tra 2022 e 2025 |
|--|------------------------------|---------------------------------------|--|---|----------------------|---|
| BENZINA <= 1400CC | 155,3 | 43,3% | 154,4 | 43,9% | gCO ₂ /km | -0,6% |
| BENZINA 1400-2000CC | 202,3 | 9,9% | 201,3 | 9,7% | gCO ₂ /km | -0,5% |
| BENZINA >2000CC | 295,2 | 1,4% | 294,8 | 1,4% | gCO ₂ /km | -0,1% |
| DIESEL <= 1400CC | 180,1 | 4,1% | 182,0 | 3,2% | gCO ₂ /km | 1,0% |
| DIESEL 1400-2000CC | 155,9 | 24,7% | 154,8 | 23,2% | gCO ₂ /km | -0,7% |
| DIESEL >2000CC | 222,5 | 4,6% | 219,9 | 3,8% | gCO ₂ /km | -1,2% |
| AUTO GPL* E METANO** | 155,6 | 6,8% | 152,4 | 6,9% | gCO ₂ /km | -2,0% |
| AUTO ELETTRICA IBRIDA A BENZINA*** | 132,9 | 4,8% | 132,6 | 7,1% | gCO ₂ /km | -0,3% |
| AUTOVETTURA GENERICA | 164,5 | | 161,6 | | | -1,7% |

*corrisponde a benzina e gas liquido; **corrisponde a benzina e metano; ***non contiene le auto elettriche a gasolio perché in numero trascurabile rispetto a quelle a benzina. Per l'auto elettrica si rimanda al paragrafo 3.5.2.3

APPENDICE D

Le Sedi e gli edifici considerati nel perimetro della stima del Piano di Mitigazione del Politecnico di Milano al 31/12/2022 (vedi Tabella D- 1).

L'Ateneo aggrega le proprie emissioni a livello di Sede, le installazioni⁵⁷ sono riconducibili agli edifici.

Tabella D- 1 Elenco degli edifici considerati nel perimetro della stima del Piano di Mitigazione del Politecnico di Milano al 31/12/2022

| Nome Polo | Nome Sede | Nome Campus | Nome Edificio | m ² netti |
|-----------|---------------|---------------------------|---------------|----------------------|
| Como | Como | Via Anzani | Edificio 4 | 2.571 |
| Como | Como | Via Castelnuovo | Edificio 1 | 1.284 |
| Cremona | Cremona | Via Sesto | Edificio C | 106 |
| Cremona | Cremona | Via Sesto | Palazzina A | 2.085 |
| Cremona | Cremona | Via Sesto | Palazzina B | 6.314 |
| Cremona | Spino D'Adda | Strada per Rivolta D'Adda | Edificio 1 | 247 |
| Cremona | Spino D'Adda | Strada per Rivolta D'Adda | Edificio 2 | 85 |
| Cremona | Spino D'Adda | Strada per Rivolta D'Adda | Edificio 3 | 17 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | BEEpilot | 25 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio 10 | 5.618 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio 11 | 10 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio 12 | 4.498 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio 5 | 501 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio 8 | 4.443 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio 9 | 8.619 |
| Lecco | Lecco | Via Ghislanzoni | Edificio CNR | 4.396 |
| Mantova | Mantova | Via Scarsellini 15 | Edificio 1 | 9.826 |
| Mantova | Mantova | Via Scarsellini 2 | Edificio B | 648 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B1 | 13.429 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B2 | 18.873 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B3 | 2.890 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B4 | 1.486 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B5 | 1.085 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B5A | 1.591 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B6 | 7.806 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B7 | 5.028 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B8 | 10.167 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B9 | 1.756 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Edificio B9A | 1.070 |
| Milano | Milano Bovisa | Via Durando | Infopoint | 85 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B11 | 312 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B12 | 14.459 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B13 | 2.959 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B14 | 3.648 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B14A | 1.179 |

⁵⁷ La norma ISO 14064-1 definisce l'installazione come: "Singola installazione, insieme di installazioni o processi produttivi (fissi o mobili), che possono essere definiti all'interno di un singolo confine geografico, di un'unità organizzativa o di un processo produttivo".

| | | | | |
|--------|--------------------|-----------------------------|----------------|--------|
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B15 | 1.627 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B16 | 2.994 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B16A | 829 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B18A | 4.758 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B18B | 615 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B18C | 203 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B19 | 5.158 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B20 | 1.673 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B21 | 34 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B22 | 4.366 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B23 | 7.866 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B24 | 1.482 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B29 | 114 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B30 | 2.788 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio B37 | 87 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio BL25 | 5.087 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio BL25A | 2.914 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio BL26 | 14.735 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio BL27 | 10.877 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio BL28 | 6.324 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT1 | 282 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT2 | 161 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT3 | 217 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT4 | 667 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT5 | 53 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT6 | 27 |
| Milano | Milano Bovisa | Via La Masa | Edificio CT7 | 45 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 26 | Edificio 29 | 1.918 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 1 | 6.692 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 10 | 75 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 2 | 12.766 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 2A | 2.000 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 3 | 10.116 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 3A | 1.487 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 4 | 9.332 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 4A | 2.718 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 5 | 10.258 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 6 | 10.419 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 7 | 5.639 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 8 | 5.567 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 9 | 6.424 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio 9A | 105 |
| Milano | Milano Città Studi | Piazza Leonardo da Vinci 32 | Edificio CT1 | 105 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 19 | 3.336 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 20 | 8.143 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 21 | 9.610 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 36 | 2.079 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 36A | 37 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 37 | 163 |

| | | | | |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 42 | 1.505 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio 43 | 1.089 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Edificio CT2 | 1.991 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bassini | Isola ecologica | 501 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 11 | 14.407 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 11B | 777 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 12 | 3.653 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 13 | 5.352 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 14 | 14.866 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 14A | 1.642 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 14B | 576 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 15 | 4.712 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 16A | 2.676 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 16B | 2.319 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 16C | 1.182 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Bonardi | Edificio 18 | 182 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Colombo 40 | Edificio 32.1 | 2.292 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Colombo 40 | Edificio 32.2 | 1.075 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Colombo 40 | Edificio 32.3 | 607 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Colombo 40 | Edificio 32.4 | 188 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Colombo 40 | Edificio 32.5 | 169 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Colombo 81 | Edificio 30 | 2.074 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Golgi 20 | Edificio 26 | 9.139 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Golgi 20 | Edificio 27 | 290 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Golgi 40 | Edificio 22 | 8.247 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Golgi 40 | Edificio 23 | 625 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Golgi 40 | Edificio 24 | 1.918 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Golgi 40 | Edificio 25 | 3.985 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Mancinelli | Edificio 28 | 15.255 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Pascoli 70 | Edificio 38 | 993 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Pascoli 70 | Edificio 39 | 611 |
| Milano | Milano Città Studi | Via Pascoli 70 | Edificio 40 | 317 |
| Milano | Sesto Ulteriano | Via Calabria | Edificio 1 | 3.880 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 11 | 249 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 12 | 463 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 13 | 261 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 14 | 114 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 15 | 21 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 2 | 453 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 3 | 667 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 4 | 284 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 5 | 465 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 6 | 231 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 8 | 179 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 113 | Padiglione 9 | 206 |
| Piacenza | Piacenza | Via Scalabrini 76 | Edificio 1 | 4.602 |
| Totale complessivo | - | - | - | 441.375 |