

UNIVERSITÀ DELLA VALLE D'AOSTA
UNIVERSITÉ DE LA VALLÉE D'AOSTE



DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E POLITICHE
CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA E MANAGEMENT

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

TESI DI LAUREA

Flussi turistici, consumi energetici ed emissioni: un'analisi econometrica del decoupling

DOCENTE 1° relatore: Professoressa Consuelo Rubina Nava

STUDENTE: 23 C06 073, Aimone Cantele

Sommario

<i>Introduzione.....</i>	<i>3</i>
<i>Capitolo 1. Lo stato dell'arte sul decoupling.....</i>	<i>5</i>
1.1 Concetto generale di decoupling	6
1.2 Analisi del fenomeno turistico e metodi di calcolo	8
1.3 Casi geografici oggetto di studio	16
<i>Capitolo 2. Metodologia e analisi dati</i>	<i>19</i>
2.1 Aspetti descrittivi dei dati in esame e osservazioni generali.....	19
2.2 Metodologia	23
2.3 Analisi dati e risultati.....	25
2.4 Modelli OLS e Panel Data	38
<i>Capitolo 3. Policy economiche e possibili interventi.....</i>	<i>54</i>
3.1 Concetto di decarbonizzazione e modello S4C	54
3.2 Misure proposte e interventi da mettere in atto su scala macro	55
3.3 Possibili interventi in relazione all'analisi dati regionale	57
3.4 Ruolo delle DMO.....	58
<i>Conclusione.....</i>	<i>64</i>
<i>Riferimenti bibliografici.....</i>	<i>66</i>
<i>Ringraziamenti.....</i>	<i>69</i>

Introduzione

Il turismo rappresenta uno dei settori più importanti dell'economia contemporanea, grazie al suo contributo alla crescita economica, alla creazione di occupazione e alla valorizzazione delle risorse territoriali. Tuttavia, lo sviluppo delle attività turistiche comporta un inevitabile aumento della domanda energetica e delle emissioni di gas serra, in particolare di anidride carbonica (CO₂), generando crescenti preoccupazioni riguardo alla sostenibilità ambientale. In particolare, trasporti, strutture ricettive, e servizi collegati richiedono elevate quantità di energia e rappresentano i sottosettori turistici più rilevanti in tal senso.

Comprendere e riuscire a quantificare il disaccoppiamento tra crescita economica e sostenibilità ambientale diventa dunque un importante aspetto da approfondire.

In quest'ottica, il *decoupling* descrive il processo attraverso il quale l'espansione delle attività economiche può avvenire senza un corrispondente aumento dell'impatto ambientale. L'analisi di queste dinamiche risulta particolarmente significativa nel caso regionale valdostano, considerata la forte vocazione turistica di una regione alpina in cui il turismo rappresenta uno dei principali pilastri dell'economia locale. Le bellezze naturali e paesaggistiche sono uniche e, data anche la ridotta dimensione del territorio, fanno sì che la regione sia caratterizzata da un'elevata concentrazione dei flussi turistici.

La presente tesi si propone di analizzare il rapporto tra attività turistica, consumi energetici ed emissioni di CO₂ nella Valle d'Aosta attraverso un approccio econometrico basato su dati regionali relativi al periodo 2021-2024. Tale arco temporale risulta interessante perché comprende la prima fase di ripresa successiva all'emergenza da *Covid-19* e l'iniziale implementazione delle politiche di decarbonizzazione e di efficienza energetica promosse a livello europeo.

L'obiettivo principale della ricerca è verificare l'esistenza di processi di *decoupling*, quantificarli a livello di calcolo di indici, interpretare i risultati ottenuti e individuare delle relazioni tra specifiche variabili tramite un modello creato ed eseguito con R-Studio.

Più nello specifico, il capitolo 1 si focalizza sulla descrizione di alcuni articoli scientifici riguardanti il concetto del disaccoppiamento, prima a livello complessivo, poi specificatamente nell'ambito del settore turistico. Proseguendo, il capitolo 2 rappresenta il nucleo centrale della presente trattazione poiché illustra la metodologia impiegata per il raggiungimento degli obiettivi della ricerca e presenta l'analisi empirica svolta, al fine di osservare ed esporre i risultati ottenuti.

In conclusione, il capitolo finale concerne le possibili strategie di intervento sociopolitiche sia a livello macro, sia in relazione all'analisi svolta nel contesto regionale valdostano, finalizzate a promuovere uno sviluppo turistico compatibile con gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di transizione energetica.

Attraverso l'applicazione di metodologie econometriche, lo studio intende dunque fornire evidenze empiriche utili alla comprensione delle dinamiche che caratterizzano il turismo regionale in un'ottica di sostenibilità.

Capitolo 1. Lo stato dell'arte sul decoupling

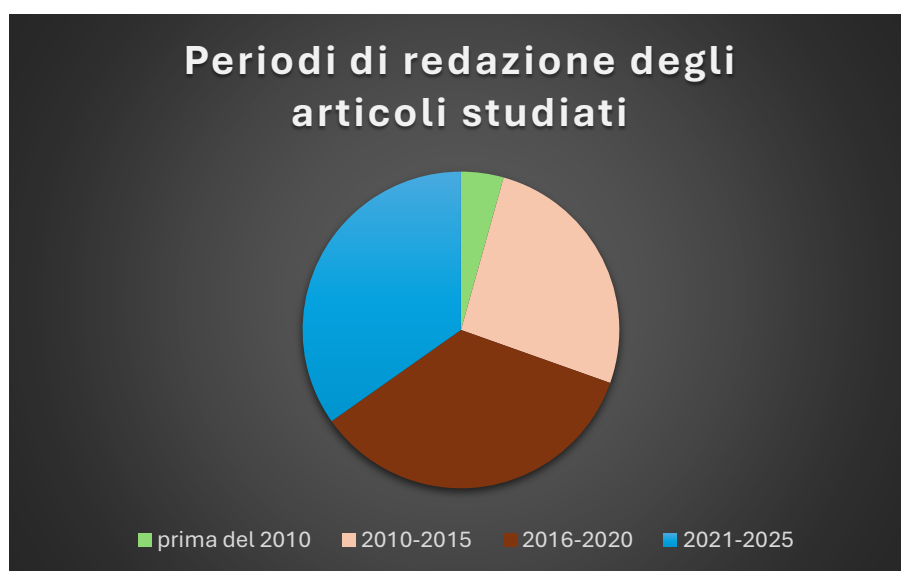
Per poter analizzare il concetto di *decoupling* è necessario definirlo e comprendere come la letteratura scientifica abbia studiato questo fenomeno. In questo capitolo si analizzano dunque differenti studi, partendo dalle caratteristiche principali e generali del disaccoppiamento, per poi entrare più specificatamente nelle tematiche attinenti al settore turistico e agli impatti ambientali.

L'individuazione degli articoli da approfondire si è basata principalmente sulla ricerca di pubblicazioni scientifiche contenenti le seguenti parole chiave: “*decoupling*”, “*economic growth*”, “*tourism*”, “*energy consumption*” e “*CO₂ emissions*”.

Inizialmente, si prende in considerazione un lavoro che consente di fornire una cornice di riferimento sul concetto generale di disaccoppiamento tra crescita economica e ambiente.

Si esaminano successivamente degli articoli scientifici specifici sul fenomeno turistico, focalizzandosi sui metodi di calcolo matematico degli indici di *decoupling*, per poi studiare dei casi concreti in relazione a determinati Paesi, come l'Australia e la Cina.

Infine, la *review* della letteratura si sofferma sul concetto di turismo sostenibile tramite due *paper* scientifici riguardanti le aree montane e le città costiere.



Periodi di redazione degli articoli scientifici studiati

1.1 Concetto generale di decoupling

Nell'ambito di una ricerca condotta dall'Università di Helsinki e pubblicata su *Environmental science & policy*, la review scientifica “*Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature*” di Vadén *et al.* (2020) descrive aspetti rilevanti del concetto di disaccoppiamento, soffermandosi sui temi di crescita economica, categorizzazione analitica dei diversi tipi di disaccoppiamento e utilizzo di nuovi indicatori maggiormente efficienti.

Il termine *decoupling* indica la scissione della correlazione tra l'aumento della produzione economica e il peggioramento della qualità ambientale (OECD ¹, 2002).

Con il generico danno ambientale ci si può riferire sia al consumo di risorse (consumi energetici) sia all'impatto ambientale (emissione di sostanze inquinanti).

I casi “canonici” prevalentemente esaminati prendono in considerazione il *PIL*² come fenomeno di crescita economica e le emissioni di CO₂ come rappresentazione del danno ambientale. L'utilizzo consolidato e diffuso del prodotto interno lordo come indicatore universale di crescita economica, tuttavia, è oggetto di divergenze, per ragioni sia teoriche che pratiche, specialmente nei casi in cui viene utilizzato come misura del benessere. Questa prospettiva alternativa suggerisce come una crescita economica che esprime benessere non vada espressa in termini di PIL, ma ricorrendo ad altri metodi (Victor, 2010). Tra gli indicatori a maggior uso si ha l'*ISEW*³ e il *GPI*⁴.

Alcune critiche alla considerazione del decoupling come metodo di risoluzione del modello economia-ambiente sono evidenziate in modelli economici non dipendenti dalla crescita economica, come l'economia dello stato stazionario e la decrescita.

L'economia dello stato stazionario indica un livello di economia ottima, oltre il quale l'impatto ambientale della crescita supera i suoi benefici; si parla infatti di crescita “antieconomica” (Daly, 2014).

Per quanto riguarda il concetto di decrescita, invece, l'obiettivo è di ridurre la crescita economica entro determinati limiti ecologicamente sostenibili, definendo il benessere umano in termini non legati al PIL (Kallis *et al.*, 2018). L'idea della decrescita, dunque, va a toccare un aspetto qualitativo nella definizione stessa del termine “economia”, oltre che a considerare il fattore quantitativo.

¹ Organisation for Economic Co-operation and Development

² Prodotto Interno Lordo

³ Index of Sustainable Economic Welfare

⁴ Genuine Progress Indicator

Inoltre, l'elaborato scientifico elaborato dal gruppo di ricerca dell'Università di Helsinki (Vadén *et al.*, 2020), effettua un'importante distinzione tra disaccoppiamento relativo o debole, ed assoluto o forte. Il primo indica una crescita economica più veloce rispetto alla crescita del danno ambientale o dell'utilizzo delle risorse. Il disaccoppiamento assoluto, invece, rappresenta un'economia che cresce mentre il consumo di risorse e/o l'impatto ambientale diminuiscono. Il disaccoppiamento debole può manifestarsi per lunghi periodi di tempo senza mai trasformarsi in un disaccoppiamento forte o assoluto.

Esistono casi in cui un *decoupling* assoluto è necessario per rimanere entro determinati limiti climatici imposti; nel caso delle emissioni di CO₂, per esempio, la crescita non deve solo arrestarsi, ma deve diventare negativa.

Il testo poi si sofferma sui tre elementi principali su cui si basa l'analisi del *decoupling*: il riferimento a scale geografiche; il fattore temporale; la tipologia stessa di economia presa in considerazione.

L'importanza della scala temporale è illustrata da un'indagine cinese sul disaccoppiamento tra le emissioni di CO₂ e PIL nella provincia di Jiangsu, in Cina (Zhang & Wang, 2013): all'interno del periodo 1995-2009, le emissioni di CO₂ nella provincia sono aumentate con un tasso di crescita medio annuo del +7,54%. Per quanto concerne il tasso di crescita medio del PIL all'interno della provincia si ha un valore pari al +12,60%; si tratta dunque di un disaccoppiamento relativo in quanto il tasso di crescita del PIL è maggiore del tasso di crescita delle emissioni di CO₂, che a sua volta è positivo. Negli anni 1996-1997 e 2000-2001 esiste un forte disaccoppiamento, mentre qualche anno dopo, negli anni 2003-2005 si presenta un ri-accoppiamento. Come dimostra l'esempio appena citato, si preferisce effettuare ricerche su periodi di tempo lunghi per cercare di trascurare gli aspetti variabili e focalizzarsi sul concetto più ampio a cui ci si vuole riferire.

Il terzo fattore, l'economia stessa, (Vadén *et al.*, 2020) indica come il disaccoppiamento possa essere studiato all'interno di un settore economico, in una molteplicità di settori, o in un'economia globale. Un tema dibattuto sulla questione settoriale è rappresentato dal fenomeno del rimbalzo o il cosiddetto *paradosso di Jevons*; ad esempio, una diminuzione del tasso di consumo energetico in un determinato settore è in grado di provocare, invece, un aumento del consumo di energia in altri settori. Il disaccoppiamento in un'economia globale risulta dunque molto più complesso rispetto al disaccoppiamento in un singolo settore, proprio a causa del fenomeno del rimbalzo.

Si evidenzia come i casi di *decoupling* relativi all'impatto ambientale siano assai più numerosi dei medesimi riguardanti il consumo di risorse; infatti, quest'ultimo tema è

approfondito tramite una molteplicità di indici relativi al consumo di fonti materiali, come il *DMC*⁵, il *TMR*⁶ o il *MF*⁷. Al contrario, riferendosi al disaccoppiamento concernente l'impatto ambientale, si prende come riferimento una misura specifica di emissione di una certa sostanza; un'economia può sostituire relativamente facilmente dei composti inquinanti, e quindi risultare disaccoppiata dall'impatto specifico in relazione a quell'elemento.

Una diminuzione dell'uso di risorse, invece, sia in termini di *DMC* o *TMR* o altri indicatori, richiede un cambiamento strutturale nell'economia.

Occorre dunque comprendere se l'impatto specifico del fattore esaminato nel disaccoppiamento abbia un reale risvolto positivo nella globalità dell'ambiente, oltre che nel mero dato quantitativo di emissione (Vadén *et al.*, 2020).

1.2 Analisi del fenomeno turistico e metodi di calcolo

Entrando nella tematica del turismo come fenomeno di crescita economica nel *decoupling*, l'articolo "*Decomposition and decoupling analysis of carbon emissions of the EU tourism sector*" di Driha *et al.* (2025) utilizza dei metodi matematici, l'*LMDI*⁸ (indice di divisione medio logaritmico) e il disaccoppiamento di Tapio, per analizzare le emissioni di anidride carbonica relative al settore turistico nell'Unione Europea nel periodo 2008-2022.

Il turismo in Europa, che oggi è l'area turistica più attrattiva al mondo, rappresenta un'importante fonte di ricchezza, contribuendo ad oltre il 10% del PIL. Il "Vecchio Continente", con una popolazione che è inferiore ad un decimo di quella mondiale, rappresenta circa il 35% delle emissioni globali di carbonio nel settore turistico, più di Nord America e Asia (Driha *et al.*, 2025).

Inoltre, sul legame tra consumo energetico e turismo viene evidenziato (Gossling & Lund-Durlacher, 2021) che, specialmente nell'Europa meridionale, le emissioni derivanti dal settore turistico siano radicalmente collegate a fattori strutturali come la progettazione urbana e i quadri normativi.

Nel settore turistico, il consumo energetico nelle destinazioni e le concernenti emissioni inquinanti dipendono principalmente da alcuni fattori, quali l'infrastruttura degli alloggi, in particolare gli impianti di riscaldamento, raffreddamento e acqua calda, nonché dai trasporti

⁵ *Domestic Material Consumption*

⁶ *Total Material Requirement*

⁷ *Material Footprint*

⁸ *Logarithmic Mean Divisia Index*

per raggiungere le destinazioni (andata e ritorno), che rappresentano una parte significativa del totale dei consumi energetici legati al turismo (Serrano-Bernardo *et al.*, 2012).

Tornando all'articolo di Driha *et al.* (2025), si è utilizzato il calcolo matematico LMDI per scomporre le emissioni di CO₂ relative al settore del turismo in un prodotto di 6 fattori che spiegano le variabili influenti le emissioni di anidride carbonica riconducibili al turismo.

$$Em_{CO_2, Tourism} = CS \cdot CI \cdot ART \cdot TSR \cdot TPI \cdot NHS \quad (1.1)$$

Il *paper* scientifico ora descrive brevemente ognuno di questi fattori:

CS (*Carbon Structure*) è il rapporto tra la variabile dipendente $Em_{CO_2, Tourism}$ e le emissioni totali di anidride carbonica.

CI (*Carbon Intensity*) indica il rapporto tra le emissioni di CO₂ totali e il prodotto interno lordo del Paese considerato.

ART (*Average Revenue per Tourist*) è il ricavo medio per turista calcolato come rapporto tra il valore aggiunto del settore turistico inteso come ricavo totale generato dal settore turistico nel contesto considerato e il numero totale di arrivi.

TSR (*Tourism Spread Ratio*) è il rapporto tra il PIL e il valore aggiunto dato dal turismo; dunque, più è basso più significa che il valore aggiunto turistico ha un impatto importante.

TPI (*Tourism Pression Index*) fornisce una misura della pressione “subita” dal settore turistico calcolata come rapporto tra il numero totale di arrivi e il numero di strutture alberghiere *NHS*, l'ultimo fattore di decomposizione.

Il prodotto di questi 6 indicatori fornisce un valore numerico che rispecchia le emissioni di CO₂ attribuibili al settore turistico.

L'articolo mette anche come alternativa di espressione del LMDI, riferendosi ad un periodo di analisi che va da 0 a t , la forma additiva di tale indicatore in cui i parametri precedenti rimangono i medesimi ma sono calcolati come variazione Δ e sono sommati tra loro.

$$\Delta Em_{CO_2, Tourism} = \Delta CS + \Delta CI + \Delta ART + \Delta TSR + \Delta TPI + \Delta NHS \quad (1.2)$$

Il singolo Δ *fattore* è il risultato del prodotto del fattore di ponderazione w con il logaritmo naturale del rapporto tra $fattore_t$ e $fattore_0$.

Esempio di calcolo per l'indicatore *Carbon Structure*: $\Delta CS = w \cdot \ln \left(\frac{CS_t}{CS_0} \right)$

$$con w \text{ (fattore di ponderazione)} = \frac{(Em_{CO_2, Tourism, t} - Em_{CO_2, Tourism, 0})}{\ln \left(\frac{Em_{CO_2, Tourism, t}}{Em_{CO_2, Tourism, 0}} \right)} \quad (1.3)$$

Il secondo metodo matematico utilizzato è il disaccoppiamento di Tapio.

Tale indicatore di decoupling è stato già utilizzato in altri articoli: Paramati *et al.* (2017) hanno utilizzato tale calcolo al fine di effettuare un confronto tra i paesi dell'UE orientale e occidentale, dimostrando che il potenziale di disaccoppiamento è notevolmente variabile in relazione alla struttura macroeconomica e alla governance ambientale del territorio oggetto di studio.

Questo approccio si basa sul calcolo dell'elasticità delle emissioni di carbonio rispetto al valore aggiunto turistico (Driha *et al.*, 2025).

$$\varepsilon = \frac{(\Delta Em_{CO_2, Tourism})}{(Em_{CO_2, Tourism, 0})} \cdot \frac{(VA_{Tourism, 0})}{(\Delta VA_{Tourism})} \quad (1.4)$$

Si possono ora combinare i due approcci, sostituendo il primo numeratore $\Delta Em_{CO_2, Tourism}$ con l'equazione (1.2) relativa al LMDI ed ottenere l'elasticità totale.

Tramite questa combinazione, poi, ci si può focalizzare su ognuno dei sei fattori presenti nella (1.2) ed osservare l'impatto specifico di essi sull'elasticità complessiva.

$$\varepsilon = \varepsilon_{CS} + \varepsilon_{CI} + \varepsilon_{ART} + \varepsilon_{TSR} + \varepsilon_{TPI} + \varepsilon_{NHS} \quad (1.5)$$

La tabella presente nella pagina 5 dell'articolo suggerisce come la situazione migliore di disaccoppiamento forte sia quando $\Delta CO_2 < 0$ e $\Delta VA_{Tourism} > 0$, quindi l'elasticità è negativa e le emissioni di anidride carbonica diminuiscono, mentre la crescita economica rappresentata dal valore aggiunto turistico aumenta. Un'elasticità negativa, tuttavia, può significare anche che le emissioni di CO₂ aumentano, mentre l'economia turistica decresce, si parla in questa situazione di disaccoppiamento negativo forte.

La situazione opposta, l'accoppiamento, si verifica invece quando i due parametri sono concordi e l'elasticità ha un valore compreso tra 0,8 e 1,2 (quindi tende a 1) perché significa che stanno crescendo, o diminuendo, in maniera simile.

Vi è successivamente un'analisi grafica ed interpretativa dei dati UE sulle tendenze delle connessioni tra emissioni di carbonio (sia totali che relative al settore turistico), numero di arrivi turistici, PIL, valore aggiunto del turismo e NHS.

Tendenzialmente, le emissioni di CO₂ (totali e relative al settore turistico) seguono un *trend* di decrescita, con il massimo nel 2008 e il minimo nel 2020 (dovuto in gran parte alla pandemia da *Covid-19*), ma anche nel 2022 il livello di emissioni è relativamente basso.

Considerando il numero di arrivi, si ha una costante crescita dal 2008 al 2022 (esclusi il 2020 e il 2021 a causa della pandemia), con il picco nel 2019 e una tendenza di forte risalita nel 2022 *post-Covid*.

In riguardo al prodotto interno lordo dell'Unione Europea, indicato come *GDP*⁹, si nota una crescita lenta ma costante dal 2008 al 2022, con una lieve contrazione negli anni pandemici 2020 e 2021; il valore aggiunto del turismo, invece, segue anch'esso una crescita costante fino al 2020 con picco nel 2019, ma nei periodi pandemici subisce un rilevante calo, essendo il settore turistico tra i più colpiti dalle misure restrittive da *Covid-19*.

Infine, il numero di strutture alberghiere turistiche relative al territorio UE è caratterizzato da un andamento di notevole crescita costante.

Lo studio, in seguito, esegue una ricerca metodologica in relazione ai 2 approcci matematici del LMDI e del disaccoppiamento di Tapio.

In riferimento all'approccio LMDI, un grafico mostra come ognuno dei 6 indicatori ha inciso sulle emissioni di CO₂ legate al settore turistico dell'Unione Europea tra il 2008 e il 2022; si nota come l'indicatore *Carbon Intensity* abbia causato una diminuzione delle emissioni in maggiore misura rispetto a tutti gli altri fattori (-6,50 Mt.) seguito dall'ART (-3,90 Mt.), mentre il numero di strutture alberghiere NHS e il grado di diffusione del turismo TSR sono legati agli aumenti più consistenti delle emissioni (rispettivamente +3,90 e +1,60 Mt.).

Il fatto che il ricavo medio per turista ART sia un fattore di decrescita delle emissioni (nel periodo 2008-2022), indica che le abitudini di consumo/spesa dei turisti hanno contribuito alla riduzione delle emissioni. Questa osservazione potrebbe confutare dunque l'ipotesi che una crescente spesa pro-capite implichi automaticamente una maggiore quantità di emissioni, suggerendo così il tema della decarbonizzazione dal lato della domanda del consumatore (turista).

Vi è poi una tabella suddivisa per tutti i Paesi membri dell'Unione Europea con le relative incidenze dei sei fattori costitutivi delle emissioni di CO₂. La Germania ha ottenuto la

⁹ *Gross Domestic Product*

maggior riduzione di emissioni, seguita da Francia, Spagna e Italia; quest'ultima è la Nazione in cui il numero di strutture alberghiere turistiche ha fatto aumentare di più le emissioni di CO₂ relative al turismo, ma è anche quella in cui il fattore dell'intensità del carbonio ha fatto diminuire maggiormente le emissioni, indicando una scarsa incidenza delle emissioni nell'aumento del PIL.

Dall'altra parte, Polonia, Belgio, Lituania e Malta sono i Paesi in cui si è avuto l'incremento delle emissioni di CO₂ correlate al turismo più rilevante.

Analizzando il disaccoppiamento di Tapio, l'articolo presenta la tabella dei Paesi membri dell'Unione Europea nel periodo 2008-2022, ognuno con il proprio indice di elasticità e il relativo stato di disaccoppiamento. L'Italia ha un'elasticità pari a 0,0600, dunque un valore positivo appena superiore allo 0 (e nettamente minore di 0,8) che viene definito come un *WND* (*weak negative decoupling* o disaccoppiamento negativo debole), cioè una situazione negativa in cui sia il valore aggiunto turistico sia la quantità di emissioni di CO₂ legate al turismo sono negative e il tasso di decrescita del valore aggiunto dal turismo è più alto del tasso di decrescita delle emissioni di CO₂.

La situazione ottimale *SD* (*strong decoupling* o forte disaccoppiamento) appartiene invece ad alcuni Paesi come Svezia, Francia, Portogallo, Olanda e Cipro, con elasticità negative rappresentate da un tasso di decrescita delle emissioni di anidride carbonica e un tasso di crescita del valore aggiunto economico da turismo.

Concludendo relativamente all'articolo (Driha *et al.*, 2025), i risultati confermano che i miglioramenti nell'intensità di carbonio e i cambiamenti nella struttura del carbonio sono stati i fattori più influenti nella diminuzione delle emissioni di CO₂ legate al settore turistico; queste ultime considerazioni evidenziano dunque l'importanza dell'efficienza energetica e della trasformazione economica.

Considerando un altro studio (Dogan & Aslan, 2017), si utilizza la seguente funzione (6) in cui le emissioni di CO₂ sono la variabile di risposta (dipendente), mentre il prodotto interno lordo Y , il consumo di energia EGY e il turismo $TOUR$ sono le variabili indipendenti:

$$CO_2 = (Y, EGY, TOUR) \quad (1.6)$$

Questa funzione può essere trasformata in un modello econometrico (1.7) includendo un termine costante (β_0) e un termine di errore (e_{it}):

$$(CO_2)_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 EGY_{it} + \beta_3 TOUR_{it} + e_{it} \quad (1.7)$$

dove β_k (con $k = 1, 2, 3$) sono rispettivamente i coefficienti su Y , EGY e $TOUR$.

Il termine a pedice “ i ” indica l’unità osservata (es. Paese), mentre “ t ” l’unità di tempo.

Un’indagine scientifica condotta dal gruppo di ricerca dell’Università di Siviglia (Pablo-Romero *et al.*, 2023) esamina il legame tra crescita del turismo e consumo energetico nei 15 Stati con il maggior numero di arrivi turistici internazionali del mondo, nel periodo 2000-2019, estendendo la curva EKC^{10} al settore turistico.

Tale metodologia è stata utilizzata anche dal *paper* scientifico di Ozturk *et al.* (2016), che ha riconosciuto il possibile effetto non lineare del turismo sulle emissioni considerando il valore della variabile turistica elevato al quadrato, (oltre alla variabile produzione o reddito), per testare l’ipotesi EKC.

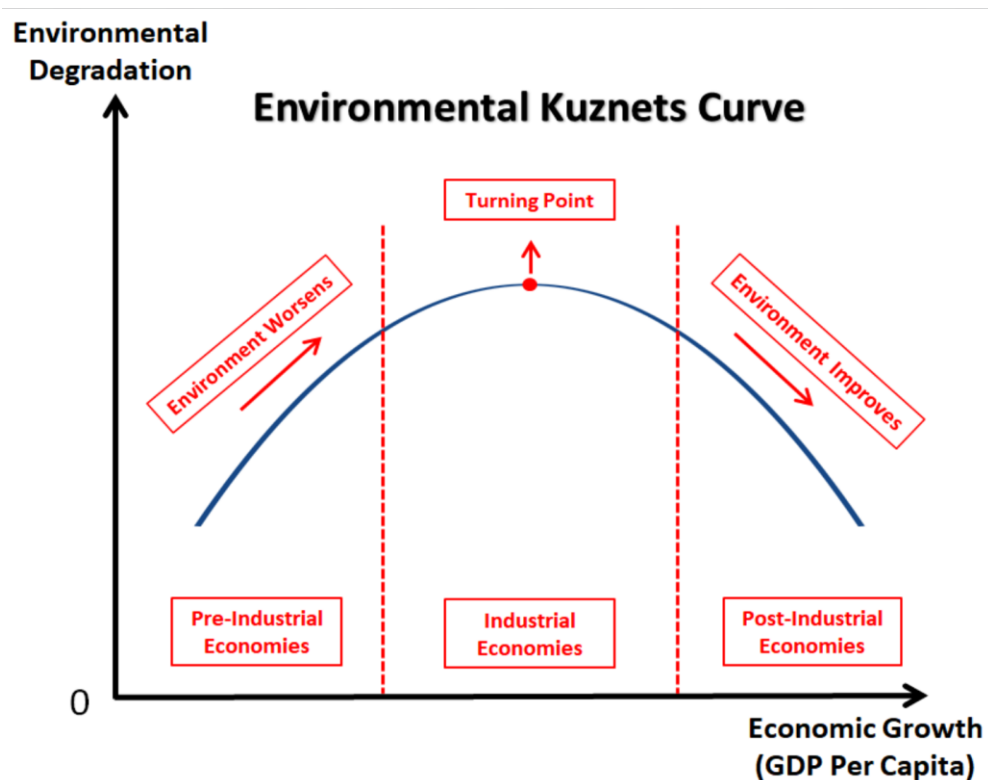


Figura 1.1 Curva ambientale di Kuznets

¹⁰ Environmental Kuznets Curve

Tornando al tema specifico turismo-consumo energetico (Pablo-Romero *et al.*, 2023), la seguente (8) esprime il consumo energetico pro capite in funzione dell'attività turistica pro capite T e della produzione economica pro capite Y .

$$E_{it} = f(T_{it}, Y_{it}) \quad (1.8)$$

Si riporta ora la funzione di regressione in forma estesa:

$$E_{it} = A_{it} + \beta_1 T_{it} + \beta_2 T_{it}^2 + \beta_3 Y_{it} + \beta_4 Y_{it}^2 + \beta_5 Y_{it}^3 + \beta_6 U_{it} + e_{it} \quad (1.9)$$

(con A che indica la somma degli effetti temporali-individuali e U il grado di urbanizzazione del Paese)

Vengono testate principalmente le seguenti ipotesi: esiste una relazione non lineare tra turismo e consumo energetico (si considerano i coefficienti β_1 e β_2); esiste una relazione non lineare tra PIL e consumo energetico (si considerano i coefficienti β_3 , β_4 , β_5); il numero di turisti non incide sul consumo energetico nello stesso modo in cui incidono i ricavi turistici. I risultati ottenuti dimostrano che, per quanto concerne l'intera economia, dunque senza una divisione settoriale, il consumo energetico tende ad aumentare progressivamente (o quantomeno linearmente) all'aumentare del numero di turisti. Tuttavia, questo rapporto positivo progressivo diventa proporzionale fino ad assumere una forma a U rovesciata in riferimento ai settori dei trasporti e dei servizi commerciali.

Inoltre, le analisi effettuate indicano che la dipendenza positiva tra turismo e consumo energetico sembra essere associata a un maggiore consumo derivante dall'aumento della popolazione della destinazione turistica, piuttosto che alla spesa effettuata dai turisti stessi. In riguardo a questo aspetto, l'articolo esprime dunque una riflessione secondo cui “sarebbe opportuno promuovere un turismo di qualità superiore, con una maggiore spesa da parte dei turisti, che, a parità di volume di afflusso turistico, avrebbe effetti positivi sul reddito nazionale, evitando l'aumento del consumo energetico e delle emissioni” (Pablo-Romero *et al.*, 2023, p.17).

Altri approcci di calcolo matematico vengono utilizzati nell'ambito del *decoupling* tra consumo energetico e turismo, come il metodo $PVAR^{11}$ in (Tiwari *et al.*, 2013). Questa tecnica combina l'approccio *Vector Autoregression* tradizionale, che valuta tutte le variabili

¹¹ *Panel-data Vector Autoregression*

del sistema come endogene, con l'approccio dei dati *panel*, ossia dati osservati per più unità in più periodi di tempo.

$$EU_t = k_1 - a_{12}CO_t - a_{13}TE_t + b_{11}EU_{t-1} + b_{12}CO_{t-1} + b_{13}TE_{t-1} + \varepsilon_t^{EU} \quad (1.10)$$

$$CO_t = k_2 - a_{21}EU_t - a_{23}TE_t + b_{21}EU_{t-1} + b_{22}CO_{t-1} + b_{23}TE_{t-1} + \varepsilon_t^{CO} \quad (1.11)$$

$$TE_t = k_3 - a_{31}EU_t - a_{32}CO_t + b_{31}EU_{t-1} + b_{32}CO_{t-1} + b_{33}TE_{t-1} + \varepsilon_t^{TE} \quad (1.12)$$

1 *EU* (consumo energetico); 2 *CO* (emissioni inquinanti di CO₂); 3 *TE* (spesa turistica)

Analizzando invece un caso specifico relativo ad un Paese, (Khanal *et al.*, 2021) conducono una ricerca sul legame tra turismo e consumo energetico in Australia.

Si è verificata l'esistenza di una connessione sia di lungo che di breve periodo tra le variabili utilizzando tre diverse tecniche di co-integrazione: il test del limite *ARDL*¹² (la più utilizzata), il test di co-integrazione di Johansen e il test di co-integrazione di Bayer-Hanck. I risultati del modello di co-integrazione di lungo periodo *ARDL* hanno mostrato come il turismo, il PIL e lo sviluppo finanziario abbiano influenzato positivamente il consumo di energia. Più nello specifico, ad un aumento dell'1% degli arrivi turistici è associato un incremento del consumo di energia dello 0,06%. Analogamente, la crescita economica e lo sviluppo finanziario hanno aumentato il consumo di energia rispettivamente dello 0,57% e dello 0,09%. In riferimento alla popolazione totale, i risultati hanno mostrato un effetto negativo di essa sul consumo di energia pro capite; un aumento dell'1% della popolazione totale è associato infatti ad una riduzione dell'1,06% del consumo di energia pro capite.

Nel breve periodo, invece, i risultati sono stati diversi rispetto alla situazione relativa al lungo periodo. Il modello di correzione dell'errore a breve termine con co-integrazione ha mostrato una relazione negativa tra tutte le variabili indipendenti ed il consumo energetico pro capite in Australia. Inoltre, l'*ECM*¹³ si è rivelato negativo e statisticamente significativo a un livello critico dell'1%, mostrando che circa l'1,38% dello squilibrio verrebbe corretto nell'anno in corso in seguito allo shock dell'anno precedente, dunque un valore che indica una velocità di aggiustamento piuttosto ridotta.

¹² *Autoregressive Distributed Lag*

¹³ *Error Correction Model*

1.3 Casi geografici oggetto di studio

A Taiwan, Tsai *et al.* (2014) hanno condotto un'analisi inerente alle emissioni di carbonio di quattro diverse tipologie di hotel, ossia hotel turistici internazionali, hotel generici, hotel turistici standard e strutture di alloggio in famiglia. Lo studio rivela che gli hotel internazionali presentano l'impronta di carbonio più elevata tra le quattro categorie e viene spiegato come sia necessario rimodulare il modello di business delle strutture ricettive ed attuare politiche di efficienza energetica su vasta scala.

I risultati dimostrano che adottando determinate misure, quali aumentare i soggiorni in hotel con basse emissioni di CO₂ (come le strutture ricettive private e gli hotel generici), ospitare un maggior numero di persone in camera e migliorare l'efficienza energetica, si possono diminuire significativamente le emissioni inquinanti di anidride carbonica degli hotel senza diminuire il numero totale di ospiti.

Sulla base del caso precedente di Taiwan, Sun (2016) ha proposto un modello di calcolo per la scomposizione dell'impronta di carbonio del turismo nazionale e della sua efficienza nel tempo, al fine di riconoscere le implicazioni tra i fenomeni di crescita economica, efficienza tecnologica ed esternalità ambientali. Dall'elaborazione scientifica è emerso che lo sviluppo tecnologico della produzione è ancora distante dall'obiettivo di far fronte alle emissioni inquinanti di carbonio derivanti dal turismo.

Entrando nel discorso delle possibili modalità di intervento e implicazioni politiche, l'indagine condotta dal *team* cinese composto da Deng *et al.* (2022) inizia con il calcolo degli indici di disaccoppiamento nelle 31 province del Paese, suddivise in macroaree, per poi valutare dei possibili meccanismi di azione che il Governo può intraprendere.

Nelle regioni centro-occidentali il decoupling risulta scarso e l'articolo esprime una necessità di incremento di aiuti finanziari statali per il miglioramento delle tecnologie nell'ottica di favorire la ricerca e lo sviluppo verde, agendo dunque sulla riduzione delle emissioni di carbonio relative al turismo.

Le regioni orientali, ossia le più sviluppate con valori più alti di disaccoppiamento, dovrebbero invece essere promotrici di una cooperazione interregionale, diffondendo tecnologie e risorse alle regioni centro-occidentali al fine di ridurre le disparità all'interno dello Stato.

La pubblicazione scientifica di Unger *et al.* (2016) si focalizza sul settore turistico in aree montane alpine. In riferimento all'Austria, il turismo, specialmente quello sciistico, contribuisce in modo rilevante all'economia nazionale; basti pensare che nel 2014 il valore aggiunto del settore turistico in Tirolo è stato di 4,5 miliardi di dollari, contribuendo in questo

modo al 18% del prodotto interno lordo tirolese. I dati appena esposti risaltano l'importanza economica del turismo nelle aree montane. Proprio per questo, il tema merita una particolare attenzione, anche perché, in merito all'aspetto della sostenibilità, il turismo alpino è stato identificato come uno dei settori più esposti ai cambiamenti climatici.

Gli studiosi austriaci approfondiscono lo sviluppo del *MATT*¹⁴ relativo al comune austriaco di Alpbach, che si basa sulla stima della distanza di andata e ritorno tra il luogo di origine di ciascun visitatore (considerando l'*hub* più vicino) e la destinazione. Un'analisi a mappa di calore ha permesso di ottenere 235 *hub*, offrendo in questo modo una visione estremamente dettagliata delle distanze effettivamente percorse. Sono stati calcolati i chilometri associabili ai turisti tramite il *PKT*¹⁵ totale, ottenuto sommando il *PKT overland*, ossia il chilometraggio percorso via terra, e il *PKT* aereo, hanno determinato le emissioni inquinanti di anidride carbonica e i consumi energetici, entrambe in *kWh/PKT*, per i vari mezzi di trasporto in base alle distanze. I risultati dimostrano che la maggior parte dell'energia e delle emissioni di carbonio sono attribuibili ai veicoli privati, che rappresentano circa il 75% dei mezzi utilizzati per raggiungere il comune. Nonostante il trasporto aereo costituisca una ridotta percentuale di tipologia di trasporto utilizzato nel luogo oggetto di indagine, esso rappresenta una discreta quota di consumo energetico e un'importante parte delle emissioni di carbonio. I viaggi in treno e autobus sommati rendono ad Alpbach quasi lo stesso numero di turisti del trasporto aereo, ma consumando molta meno energia e contribuendo in maniera estremamente minore alle emissioni di CO₂.

Si conclude la *review* della letteratura esaminando il contributo scientifico di Cavallaro *et al.* (2017) relativo alle aree costiere e introducendo possibili strategie da adottare per far fronte al problema dell'effetto congestione, ossia un eccessivo afflusso di turisti in un'area ristretta e i conseguenti problemi ambientali che ne derivano.

“Questo articolo si concentra sull'impatto della mobilità turistica di massa sul sistema di trasporto di una città costiera mediterranea prototipica. Consapevole del fatto che non tutte le città marittime del Mediterraneo sono uguali, questo studio individua le tre caratteristiche principali (struttura urbana, fragilità ambientale e patrimonio culturale) che influenzano positivamente o negativamente il turismo e il settore dei trasporti” (Cavallaro *et al.*, 2017, abstract). Tale settore rappresenta la maggior parte delle emissioni legate al turismo; al suo interno, il trasporto aereo rappresenta il 40%, mentre le automobili il 32% (UNWTO, 2008).

¹⁴ *Model of Alpine Tourism and Transportation*

¹⁵ *Person Kilometers Travelled*

In riferimento ai tre aspetti sopra citati, il *paper* considera una città costiera caratterizzata da una forma urbana a strade strette e piazze compatte, un patrimonio culturale di alto valore e un ambiente attraente ma fragile.

L'industria turistica viene inoltre suddivisa in tre categorie in rapporto ai consumatori di energia ed emettitori di gas serra sulla base di un altro articolo scientifico (Gössling, 2002) di inizio anni 2000: alloggio (che comprende riscaldamento, cottura, raffreddamento, illuminazione, pulizia, aria condizionata, ecc.), attrazioni e attività (con esse si considerano le attività ricreative) ed infine trasporti. Le città costiere (Cavallaro *et al.*, 2017), oltre ai normali spostamenti di una città standard, devono far fronte a tutto ciò che concerne il settore turistico marittimo.

Alcune strategie vengono proposte per la risoluzione del problema della congestione, si riportano di seguito le più importanti. Innanzitutto, un'efficiente comunicazione e informazione riguardo alle modalità di spostamento sostenibile tramite eventi informativi, siti *web*, *social network*, riviste e *workshop*. Inoltre, migliorare le politiche relative all'acquisto di biglietti e abbonamenti ai mezzi, come l'utilizzo di carte *all-inclusive* o di biglietti preferenziali per i turisti che soggiornano nell'area, può essere sicuramente un apporto importante.

Infine, una riflessione va fatta sulla valorizzazione della mobilità pedonale, soprattutto nelle zone costiere del mediterraneo. Esse presentano infatti caratteristiche favorevoli in tal senso, ossia morfologia del territorio, condizioni metereologiche e vicinanza al mare.

La *review* della letteratura fornisce dunque una panoramica degli studi scientifici effettuati in riguardo al concetto di *decoupling*; si parla prevalentemente di ricerche condotte in un periodo compreso tra il 2015 e il 2020, con le più recenti che si focalizzano sempre più sul fenomeno turistico nell'ambito del disaccoppiamento.

Ci sono tuttavia aspetti ancora poco approfonditi, soprattutto a causa del fatto che le ricerche sono condotte a livello di macroaree e non a livello regionale per esempio.

Capitolo 2. Metodologia e analisi dati

Il capitolo inizia con una descrizione della metodologia utilizzata per lo svolgimento dell'analisi econometrica, per poi spiegare le caratteristiche generali dello strumento di *database EDGAR*¹ impiegato come fonte di raccolta dei dati. Relativamente a tale banca dati, si presentano in seguito le variabili statistiche maggiormente rilevanti contenute nel *dataset* oggetto di studio su cui verterà poi l'analisi.

Successivamente, si effettuano delle osservazioni iniziali sui dati di maggior interesse, come il numero presenze e i valori delle emissioni, per poi proseguire con un confronto tra i comuni di maggior rilevanza turistica.

L'approfondimento dell'analisi econometrica avviene a partire dal sottocapitolo 2.4, in cui vengono calcolati specifici indicatori matematici che analizzano aspetti rilevanti del *decoupling*, in particolare il calcolo degli indici di disaccoppiamento di Tapio e la conseguente attribuzione dei risultati ottenuti a specifiche situazioni dal punto di vista del rapporto tra rilevanza turistica, espressa in numero di presenze, ed emissioni di CO₂.

L'analisi prosegue poi con l'utilizzo di modelli *OLS*² e *panel data* creati con la piattaforma R studio, riportando le tabelle derivanti dall'esecuzione di essi e interpretando i valori osservati.

2.1 Aspetti descrittivi dei dati in esame e osservazioni generali

Il *database* EDGAR fornisce, mensilmente, i dati relativi alle emissioni di sostanze inquinanti e ai flussi turistici nei 74 comuni valdostani nel periodo temporale 2020-2024.

Verranno esclusi dallo studio i dati riferibili all'anno 2020, i quali, considerata la loro elevata variabilità e poca rilevanza a causa della pandemia da *Covid-19*, rappresenterebbero un'oggetto di analisi non significativo statisticamente.

Il *dataset* delle emissioni per la ricerca atmosferica globale costituisce una banca dati che raccoglie e stima le emissioni di gas serra e di inquinanti atmosferici a livello internazionale.

È sviluppato dal *Joint Research Centre* della Commissione europea e altri *partner* scientifici.

Viene utilizzato per monitorare le emissioni globali di CO₂, ossidi di azoto ed altri composti rilevanti a livello di inquinamento atmosferico, confrontare tali emissioni tra i diversi stati e per analizzare possibili politiche ed interventi internazionali.

¹ *Emissions Database for Global Atmospheric Research*

² *Ordinary Least Squares*

Per quanto riguarda i dati emissivi, si distinguono tre diverse fonti di emissione: CO₂ (anidride carbonica, il principale indicatore delle emissioni da trasporti e consumo energetico), NO₂ (ossidi di azoto, significativamente legati al traffico veicolare e turistico) e CO (monossido di carbonio, che indica le emissioni da combustione incompleta, solitamente associato alla mobilità urbana).

In riguardo ai dati sui flussi turistici, essi includono informazioni quali le presenze turistiche, il numero di arrivi e di alloggi a livello comunale.

Lo studio ha preso in considerazione i dati relativi al *dataset* “*buildings*”, che includono le emissioni legate ai consumi energetici di edifici residenziali e commerciali valdostani.

Il *database* fornisce i valori di 12 mesi annuali per comune solamente in relazione agli anni 2021 e 2022, mentre per i periodi 2023 e 2024 si ha una suddivisione stagionale progressiva, avendo un mese per stagione per ogni comune, per un totale di quattro mesi annuali totali (l’andamento iterativo progressivo gennaio-aprile-luglio-ottobre, febbraio-maggio-agosto-novembre e marzo-giugno-settembre-dicembre fa sì che in questi due anni i medesimi comuni abbiano uguali mesi per essere confrontati). Considerando ciò, per una questione di uniformità e di omogeneità di dati, le osservazioni e le analisi verranno effettuate a partire dalla base quadrimestrale stagionale, in cui ogni comune sarà descritto da 4 mesi (1 per stagione). Solamente nella tabella 2.1 relativa agli indici di Tapio nell’intervallo temporale 2021-2022, i calcoli verranno effettuati con tutti i 12 mesi completi, per poi tornare ad utilizzare la base stagionale già a partire dalla tabella 2.2.

Si osserva di seguito, analizzando i quattro anni oggetto di studio, quali comuni valdostani, e in che periodo, presentano i valori più significativi di emissioni BKm (emissioni in termini di massa) di CO₂. Naturalmente il primato appartiene all’area di Aosta e dei comuni annessi, in particolare Saint-Cristophe e Roisan, con il primo che dal 2022 al 2024 supera in emissioni BKm addirittura il capoluogo regionale; in particolare nel mese di febbraio del 2022 il comune di Saint-Cristophe presenta un valore di 4294,37 tonnellate di CO₂, una cifra superiore a qualsiasi altro comune valdostano nel corso del periodo temporale analizzato.

Escludendo l’area intorno alla città di Aosta, si evidenziano i valori di Valpelline, Doues e Saint-Vincent, che presentano in tutto l’arco temporale quadriennale cifre emissive comprese tra le 1500 e le 2000 tonnellate emesse di anidride carbonica.

Successivamente, è interessante effettuare un confronto tra i quattro comuni più turistici della regione, ossia Ayas (che comprende la frazione di Champoluc, molto frequentata dai turisti), Cogne, Courmayeur e Valtournenche (di cui Cervinia fa parte).

Per quanto concerne invece il numero di arrivi, con il quale ci si riferisce al numero di clienti, italiani e stranieri, ospitati negli esercizi ricettivi nel periodo considerato (*ISTAT*³, 2010), i comuni di Ayas, Cogne e Courmayeur presentano sempre nel corso di tutti e 4 gli anni i loro valori massimi nei mesi estivi; Ayas e Courmayeur hanno raggiunto il picco rispettivamente a luglio 2022 e luglio 2024, Cogne nel settembre del 2023.

Un aspetto interessante riguarda Valtournenche, che detiene il suo valore massimo di arrivi nel marzo del 2024, e mostra nel corso del quadriennio oggetto di analisi i propri apici sempre in mesi non estivi (marzo e dicembre).

Inoltre, per sottolineare i numeri significativi del comune di Courmayeur in termini di variazione stagionale percentuale di arrivi, si analizzano i dati di un altro comune valdostano tra i più turistici, Gressoney-La-Trinité. Più nello specifico, si vuole evidenziare la variazione percentuale nei due comuni relativamente ai mesi di gennaio (mese turistico invernale più significativo) e aprile, prendendo in considerazione l'anno con la differenza più alta in entrambi i casi, ossia il 2024.

A Courmayeur, il numero di arrivi nel mese di gennaio è maggiore rispetto ad aprile del +297,58%, dunque una cifra di differenza percentuale estremamente elevata.

Nel comune di Gressoney-La-Trinité, invece, la variazione percentuale relativa tra i due mesi è importante, ma quasi cinque volte inferiore (+67,41%).

Ciò mette in luce quanto il comune di Courmayeur abbia una differenza turistica sostanziale in termini di numero di arrivi tra un mese considerato “non turistico” come aprile, e gennaio, il mese invernale più rilevante in termini di afflussi turistici.

Lo stesso procedimento di analisi con i medesimi comuni è stato svolto in termini di presenze, ossia il numero delle notti trascorse dai clienti, italiani e stranieri, negli esercizi ricettivi (*ISTAT*, 2010). Logicamente, l'andamento dei dati segue la direzione osservata nel numero di arrivi, in quanto a ogni arrivo corrisponde almeno una presenza. Ayas, Cogne e Courmayeur hanno tutti il loro picco di presenze nei mesi estivi, in particolare agosto, mentre Valtournenche, analogamente al numero di arrivi, presenta una situazione differente. I valori massimi (escluso il dicembre del 2021) sono sempre nel mese di marzo: nel marzo 2024 si ha una cifra che supera addirittura le 100.000 unità di presenze. In riferimento alle variazioni dei periodi gennaio-aprile, a Courmayeur si ha un numero di presenze nel mese di gennaio superiore del +431,74% rispetto al mese di aprile, mentre a Gressoney-La-Trinité tale percentuale è pari al +87,97%.

³ Istituto nazionale di statistica

Per quanto riguarda le emissioni BKv (emissioni riferite alla componente volatile), nel *dataset* “*buildings*”, ugualmente al *dataset* “*waste*”, i comuni con le cifre di emissioni più significative sono Bard (0,1056), Pont-Saint-Martin (0,1031), Jovençon (0,0990), Allein (0,0974) e Hône (0,0947).

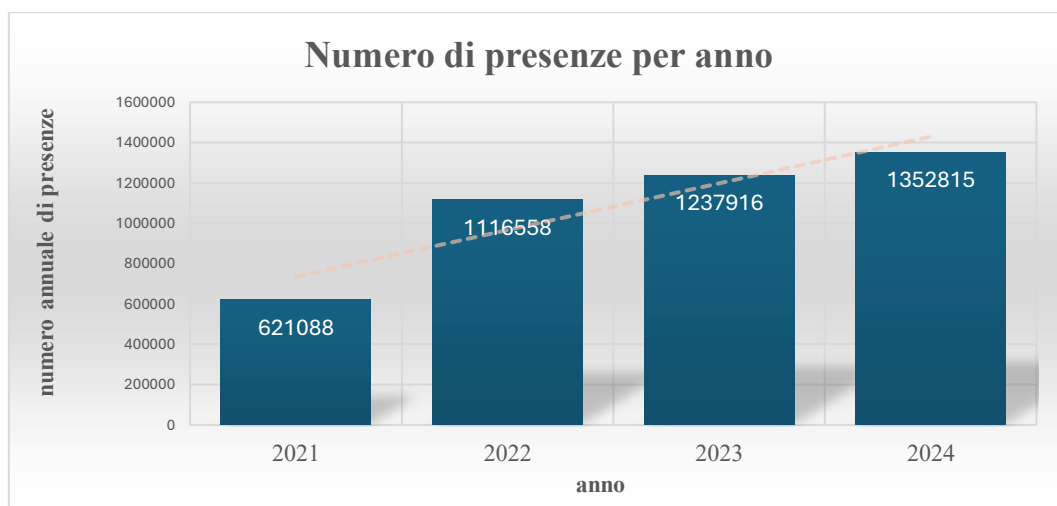


Grafico 2.1 Istogramma relativo alle presenze totali valdostane per anno calcolate su base stagionale quadrimestrale

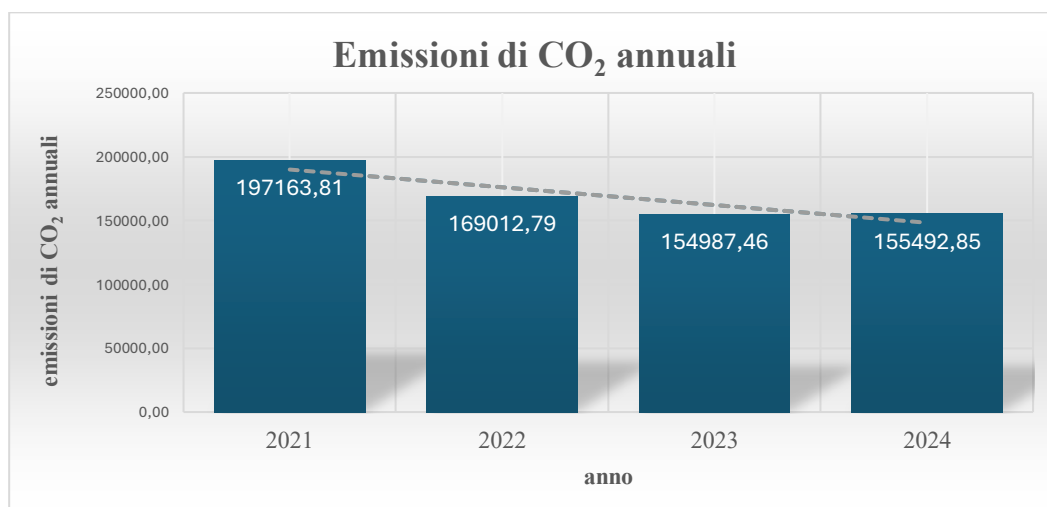


Grafico 2.2 Istogramma relativo alle emissioni totali regionali di CO₂ per anno su base stagionale quadrimestrale

Come riportato nei grafici 2.1 e 2.2, si ha un andamento di crescita costante delle presenze, in particolare tra il 2021-2022, mentre le emissioni decrescono fino al 2023, ma poi riaumentano l'ultimo anno, ossia il 2024.

2.2 Metodologia

L'analisi dati inizia nel sottocapitolo 2.4 con il calcolo di due indicatori specifici che mirano ad analizzare determinati aspetti relativi al fenomeno turistico.

L'intensità turistica (*Tourism intensity*), calcolata mensilmente per ogni comune, mette in relazione il numero totale di presenze con la popolazione residente, per comprendere quanto il fenomeno turistico impatti sui cittadini del comune.

$$Tourism\ intensity\ index = \frac{Totale_Presenze}{Residenti} \quad (2.1)$$

Il secondo indice (*Emissions per capita*) calcolato mensilmente per ogni comune, quantifica le emissioni inquinanti di CO₂ pro capite attribuibili alla singola presenza.

$$Emissions\ per\ capita = \frac{Emiss_BKm}{Totale_Presenze} \quad (2.2)$$

Nella tabella 2.1 relativa all'analisi dati, viene riportato l'indice di pressione turistica, calcolato prendendo in considerazione il mese con il maggior numero di presenze per ogni comune nel 2024, vale a dire l'anno con i numeri più rilevanti in termini di presenze.

$$Pression\ tourism\ index = \frac{Totale_Presenze}{Numero_letti} \quad (2.3)$$

La parte centrale dell'analisi dati concerne la quantificazione del *decoupling* tramite gli indici di disaccoppiamento di Tapio, calcolati come indicatori di elasticità.

$$Indice\ di\ disaccoppiamento\ di\ Tapio = \frac{\frac{\Delta Emiss_BKm_{CO_2}}{Emiss_BKm_{CO_2,0}}}{\frac{\Delta Totale_Presenze}{Totale_Presenze_0}} \quad (2.4)$$

con $\Delta fattore = fattore_t - fattore_0$

Ogni indice di disaccoppiamento è dato dal rapporto tra la variazione relativa delle emissioni inquinanti e la medesima del numero di presenze per ciascun comune, ed assume tendenzialmente un valore compreso tra -1 e 1, ma il dominio non ha limiti numerici.

Decoupling State	Specific Conditions	Description	ΔCO_2	ΔGDP	E
Decoupling	Weak Decoupling	Carbon emissions and GDP are growing but the pace of growth of CO_2 is lower than that of GDP.	>0	>0	$0 < \varepsilon < 0.8$
	Strong Decoupling	GDP is growing and carbon emissions are decreasing. A full decoupling is achieved.	<0	>0	$\varepsilon < 0$
	Recessive Decoupling	Carbon emissions and GDP are decreasing but the pace of decrease of CO_2 is higher than that of GDP.	<0	<0	$\varepsilon > 1.2$
Negative Decoupling	Expansive Negative Decoupling	Carbon emissions increase at a higher pace with respect to GDP.	>0	>0	$\varepsilon > 1.2$
	Weak Negative Decoupling	Carbon emissions and GDP are decreasing but the pace of decrease of GDP is higher than that of CO_2 .	<0	<0	$0 < \varepsilon < 0.8$
Coupling	Strong Negative Decoupling	Carbon emissions increase whilst GDP decreases	>0	<0	$\varepsilon < 0$
	Expansive Coupling	Carbon emissions and GDP are growing at a similar pace.	>0	>0	$0.8 < \varepsilon < 1.2$
	Recessive Coupling	Carbon emissions and GDP are declining at a similar pace.	<0	<0	$0.8 < \varepsilon < 1.2$

Figura 2.1 Interpretazione dei valori numerici degli indici di Tapio

Successivamente, utilizzando un modello di regressione lineare multipla, si procede nella direzione di individuare una relazione funzionale tra più variabili. Più nello specifico, si parla di variabile dipendente (endogena) in riferimento alla variabile che si vuole spiegare a partire da una o più variabili indipendenti (esogene), ognuna associata ad un coefficiente β . Nel lavoro svolto di analisi, la variabile endogena sarà rappresentata dalle emissioni Bkm e verrà spiegata da diversi fattori, aggiungendo progressivamente delle variabili in ogni modello.

La funzione base di regressione OLS da cui partire è la seguente, in cui ε , il termine di errore, si riferisce a tutto ciò che il modello non riesce a spiegare.

$$Emissioni_Bkm = \beta_0 + \beta_1 Totale_Arrivi + \beta_2 Residenti + \varepsilon \quad (2.5)$$

Alla funzione 2.5 si inseriranno progressivamente i fattori “unità territoriale”, “anno” e “mese” nel sottogruppo caratterizzato dall’analisi delle unità territoriali per studiare il loro effetto specifico sulle emissioni.

In un secondo sottogruppo, basandosi sulla medesima funzione di partenza, verrà inclusa la variabile comunale al posto della territoriale per studiare l’effetto dello specifico comune sulle emissioni, per poi proseguire con i fattori temporali annuali e mensili precedentemente citati.

Successivamente, introducendo il concetto dei *panel data*, si va nella direzione di stimare relazioni econometriche combinando più unità osservate in più periodi di tempo.

In particolare, il modello ad effetti fissi, assume che le caratteristiche non osservate dei comuni possano essere correlate con le variabili esplicative e le controlla tramite effetti specifici per ogni unità. Il modello ad effetti aleatori, invece, tratta le caratteristiche non osservabili dei comuni come componenti casuali e assume che non siano correlate con le variabili esplicative.

$$\ln(Emissioni_Bkm_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Totale_Arrivi_{it}) + \beta_2 \left(\frac{Numero_letti_{it}}{Residenti_{it}} \right) + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (2.6)$$

con α_i che rappresenta gli effetti fissi del comune nel modello a effetti fissi, mentre è una variabile casuale non osservata che rappresenta le differenze tra unità nel modello a effetti aleatori.

2.3 Analisi dati e risultati

Si andranno ora a calcolare differenti indicatori specifici sulla relazione tra turismo, emissioni inquinanti e consumi energetici nel quadriennio 2021-2024, per poi focalizzarsi sul calcolo e sui risultati ottenuti relativamente agli indici di disaccoppiamento di Tapio.

Tourism intensity

Più è alto il valore dell'indice, più si ha un impatto turistico forte in termini di presenze sulla popolazione residente.

Valori massimi mensili di differenti comuni nel periodo quadriennale di studio:

Valsavarenche 08/2024 (119,21) ; Gressoney-La-Trinité 07/2023 (93,55) ;

Rhêmes-Saint-Georges 08/2024 (63,57) ; La Thuile 07/2023 (50,97) ;

Rhêmes-Notre-Dame 12/2024 (41,62)

Emissions per capita

Tale indicatore quantifica le emissioni pro capite relative ad ogni singola presenza, si esprimono dunque i valori in t CO₂/persona.

Valori massimi mensili di differenti comuni nel periodo quadriennale di studio:

Roisan 01/2023 (631,35) ; Etroubles 01/2021 (484,79) ; La Magdeleine 02/2021 (415,95) ;

Saint-Oyen 03/2021 (274,50) ; Challand-Saint-Anselme 01/2021 (234,06)

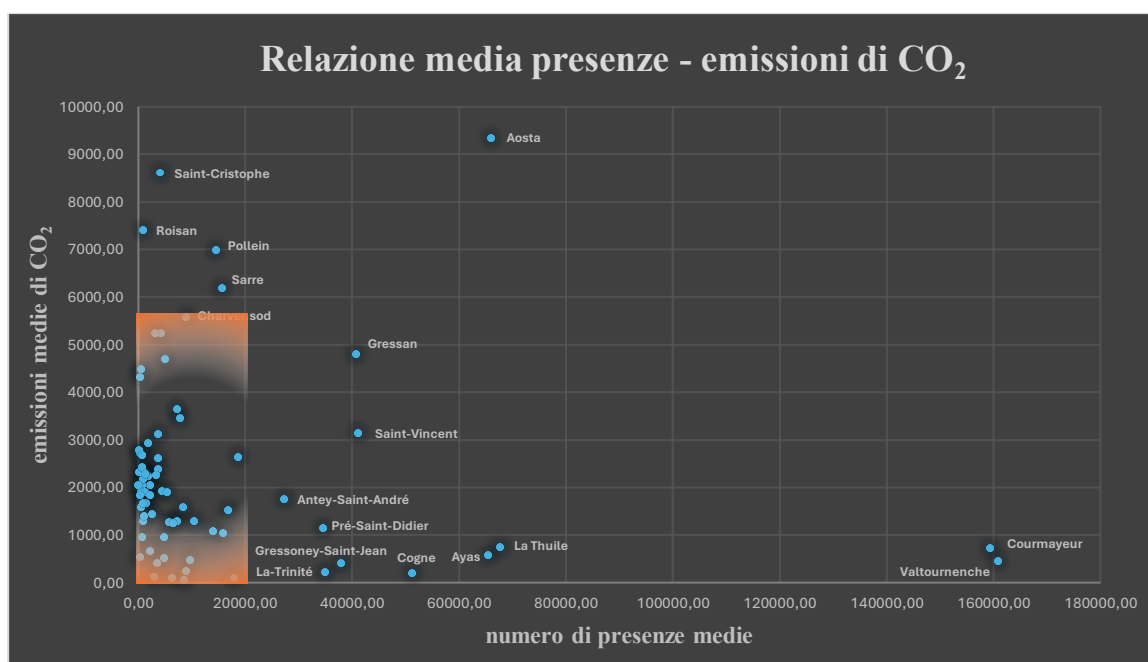


Grafico 2.3 Relazione tra presenze ed emissioni di CO₂ per ogni comune dal 2021 al 2024

Il grafico a dispersione sopra riportato mostra una relazione tra le presenze medie (asse delle ascisse) e le emissioni medie di CO₂ (asse delle ordinate) calcolate per ogni comune dal 2021 al 2024 (utilizzando i dati a base stagionale), ognuno rappresentato da un piccolo cerchio azzurro. Viene evidenziata in arancione sfumato l'area contenente la maggior parte dei comuni valdostani, che presentano numeri relativamente bassi sia di presenze che di emissioni inquinanti.

I comuni con le situazioni più rilevanti che si discostano dall'area arancione sono nominati accanto ai rispettivi punti; tra questi, Valtournenche e Courmayeur si distinguono positivamente per un altissimo numero di presenze associato ad una quantità ridotta di emissioni, mentre Saint-Cristophe e Roisan presentano elevati valori emissivi associati a basse cifre di presenze.

La parte del grafico corrispondente ad elevate cifre di emissioni e ridotti numeri di presenze è rappresentata principalmente dai comuni dell'area circostante Aosta, come Saint-Cristophe, Pollein, Sarre e Charvensod, che presentano necessariamente valori importanti a livello emissivo, essendo zone caratterizzate da numerosi centri di produzione e attività commerciali, associate a bassi numeri di presenze, in quanto aree non particolarmente rilevanti a livello turistico.

comune	indice di pressione turistica 2024	Tapio 2021-2022 (completo)	
Allein	2,88	-1,5679	SD
Antey-Saint-André	18,01	-0,2378	SD
Aosta	15,51	-0,1864	SD
Arnad	7,21	-0,9744	SD
Arvier	12,63	-0,1398	SD
Avisè	3,87	-0,1735	SD
Ayas	12,67	-0,2429	SD
Aymavilles	11,87	-0,2455	SD
Bard	8,97	-0,0662	SD
Bionaz	6,29	-1,2920	SD
Brissogne	8,14	-1,0708	SD
Brusson	2,48	-0,8440	SD
Challand-Saint-Anselme	9,07	-0,2134	SD
Challand-Saint-Victor	9,50	0,1319	WND
Chambave	12,58	-0,1366	SD
Chamois	13,09	-0,2275	SD
Champdepraz	9,71	1,3596	RD
Champorcher	3,33	-0,0648	SD
Charvensod	17,45	-0,1184	SD
Châtillon	17,57	-0,1305	SD
Cogne	4,48	-0,1939	SD
Courmayeur	15,94	-0,2821	SD
Donnas	6,08	-0,4793	SD
Doues	17,65	-0,6746	SD
Emarèse	2,63	-0,7065	SD
Etroubles	12,58	-0,3231	SD
Fénis	17,86	-0,0783	SD
Fontainemore	3,44	-0,0815	SD
Gaby	10,20	-0,2229	SD
Gignod	12,37	-0,1245	SD
Gressan	14,52	-0,0759	SD
Gressoney-La-Trinité	10,01	-0,1812	SD
Gressoney-Saint-Jean	12,41	-0,1330	SD
Hône	1,79	-0,0754	SD
Introd	15,34	-0,4529	SD
Issime	13,53	-0,2061	SD
Issogne	1,38	0,2344	WND
Jovençon	21,13	-0,2391	SD
La Magdeleine	10,04	-0,6144	SD
La Salle	3,62	-0,2445	SD
La Thuile	12,64	-0,0918	SD

Lillianes	8,93	-0,2730	SD
Montjovet	5,76	-0,1865	SD
Morgex	11,08	-0,4140	SD
Nus	10,30	-0,3796	SD
Ollomont	0,80	-0,2744	SND
Oyace	5,50	0,1921	WND
Perloz	14,65	-0,1702	SD
Pollein	15,82	-0,2083	SD
Pontboset	6,51	-0,8385	SD
Pontey	16,11	-0,1232	SD
Pont-Saint-Martin	6,36	-0,2789	SD
Pré-Saint-Didier	12,24	-0,3847	SD
Quart	10,12	-0,2167	SD
Rhêmes-Notre-Dame	5,86	1,9990	END
Rhêmes-Saint-Georges	24,67	-0,3949	SD
Roisan	36,06	-36,4215	SD
Saint-Christophe	16,46	-0,2595	SD
Saint-Denis	4,31	/	/
Saint-Marcel	8,00	-0,2548	SD
Saint-Nicolas	13,80	-0,1352	SD
Saint-Oyen	1,21	-0,2311	SD
Saint-Pierre	15,18	-0,3930	SD
Saint-Rhémy-En-Bosses	7,36	-0,2883	SD
Saint-Vincent	10,68	-0,1467	SD
Sarre	17,51	-0,1617	SD
Torgnon	12,77	-0,0998	SD
Valgrisenche	3,20	15,8056	END
Valpelline	5,22	-0,2314	SD
Valsavarenche	11,01	-0,3589	SD
Valtournenche	17,48	-0,0876	SD
Verrayes	11,17	-0,4446	SD
Verrès	12,69	-0,2295	SD
Villeneuve	9,16	-0,0905	SD

Tabella 2.1 Indici di decoupling di Tapio nel periodo completo 2021-2022 e della pressione turistica nel 2024

comune	Tapio 2021-2022 (stagionale)		Tapio 2022-2023 (stagionale)		Tapio 2023-2024 (stagionale)	
Allein	-0,348390821	SD	0,212232973	WND	0,002495944	WD
Antey-Saint-André	-0,425400119	SD	-0,935588304	SD	0,016876668	WD
Aosta	-0,206477434	SD	-0,425330287	SD	0,015688039	WD
Arnad	-0,598744411	SD	7,909554416	RD	-0,016521271	SND
Arvier	-0,571446529	SD	-0,802542329	SD	0,023147884	WD
Avise	-0,091956189	SD	-0,768615779	SD	0,004200087	WD
Ayas	-0,164707691	SD	-1,617023816	SD	-0,341931728	SND
Aymavilles	-1,295005171	SD	-0,871962949	SD	0,011205002	WD
Bard	-0,05423344	SD	-1,490394119	SD	0,017105771	WD
Bionaz	-0,666805531	SD	-0,296388432	SD	-0,038816486	SND
Brissogne	0,999644762	RC	0,326307526	WND	0,005703209	WD
Brusson	-0,881728285	SD	-0,506422443	SD	0,020831113	WD
Challand-Saint-Anselme	-0,165848309	SD	-0,230041578	SD	0,01782335	WD
Challand-Saint-Victor	0,139313255	WND	-1,392386012	SD	0,003797969	WD
Chambave	-0,191348899	SD	-0,39620783	SD	-0,136396448	SND
Chamois	-0,13871135	SD	1,876499292	RD	-0,022655722	SND
Champdepraz	0,837554295	RC	1,441200788	RD	0,006548612	WD
Champorcher	-0,085026319	SD	-0,105109996	SD	0,010238852	WD
Charvensod	-0,126508032	SD	-1,939512588	SD	0,011262497	WD
Châtillon	-0,096072333	SD	-7,666681105	SD	0,015655827	WD
Cogne	-0,20560202	SD	-14,99215691	SD	0,111611765	WD
Courmayeur	-0,186453001	SD	-1,631909245	SD	-0,187133153	SD
Donnas	-0,209798326	SD	0,767902583	WND	-0,02690132	SND
Doues	-4,551913627	SD	-0,436422558	SD	0,006186266	WD
Emarèse	-0,815359489	SD	0,204673037	WND	0,016503093	WD
Etroubles	-0,241036197	SD	-0,67942273	SD	-0,041681558	SND
Fénis	-0,09498438	SD	2,373364882	RD	0,004719041	WD
Fontainemore	-0,023656421	SD	0,290820895	WND	0,021206368	WD
Gaby	-0,140764496	SD	-0,530397295	SD	0,535899109	WD
Gignod	-0,151609274	SD	-0,432469404	SD	0,005777685	WD
Gressan	-0,087614761	SD	0,792264685	WND	0,011494001	WD
Gressoney-La-Trinité	-0,122711764	SD	-0,196992544	SD	-0,016502891	SND
Gressoney-Saint-Jean	-0,243257763	SD	-1,774809284	SD	0,02243135	WD
Hône	-0,074950816	SD	-0,192299682	SD	-0,011841803	SND
Introd	-0,477669487	SD	2,674606991	RD	0,023327895	WD
Issime	-0,289729948	SD	0,347064232	WND	0,005170579	WD
Issogne	0,163489762	WND	-0,39913842	SD	0,003151229	WD
Jovençon	-0,146475287	SD	0,463770736	WND	0,016551018	WD
La Magdeleine	1,154402179	RC	-0,207912296	SD	0,00645526	WD
La Salle	-0,220533401	SD	-0,608638867	SD	0,077189091	WD
La Thuile	-0,065855127	SD	-0,342582587	SD	0,157610637	WND
Lillianes	-0,581180154	SD	1,373071391	RD	0,004707621	WD
Montjovet	-0,225847487	SD	0,473728328	WND	0,012862765	WD

Morgex	-0,278166926	SD	-0,581085245	SD	0,011013693	WD
Nus	-1,008265877	SD	-0,238541535	SD	0,004434791	WD
Ollomont	0,131112631	WD	-0,351416265	SD	0,002658308	WD
Oyace	/	/	/	/	/	/
Perloz	26,02043575	RD	-0,125018229	SD	0,003423602	WD
Pollein	-0,200903822	SD	-0,173763226	SD	0,054746251	WD
Pontboset	-0,303605861	SD	-0,82920177	SD	-0,037433257	SND
Pontey	-0,200461777	SD	-0,64374109	SD	0,005126385	WD
Pont-Saint-Martin	-0,262879958	SD	-0,265940591	SD	-0,551398118	SND
Pré-Saint-Didier	-0,263586756	SD	-0,881792513	SD	0,087442402	WD
Quart	-0,327518932	SD	-0,463995727	SD	0,013140805	WD
Rhêmes-Notre-Dame	1,663464486	END	-1,227853875	SD	-0,041616968	SD
Rhêmes-Saint-Georges	2,101788406	RD	-1,497922908	SD	0,006406292	WD
Roisan	-0,397454751	SD	0,603098448	WND	0,001184751	WD
Saint-Christophe	-0,328969901	SD	-0,218938106	SD	0,00755765	WD
Saint-Denis	/	/	-0,010537303	SD	0,000152909	WD
Saint-Marcel	-0,033313045	SD	0,200664434	WND	0,002293225	WD
Saint-Nicolas	-0,245641835	SD	-0,735442891	SD	-0,010105769	SND
Saint-Oyen	-0,641944995	SD	-0,343482682	SD	-0,052748356	SND
Saint-Pierre	-0,252272223	SD	-0,319013296	SD	0,024092387	WD
Saint-Rhémy-En-Bosses	-0,382696545	SD	0,762466429	WND	0,09489372	WD
Saint-Vincent	-0,14048511	SD	-0,49818851	SD	0,960283889	EC
Sarre	-0,128830276	SD	-0,371648446	SD	0,007321929	WD
Torgnon	-0,153376363	SD	-0,351535684	SD	0,019780195	WD
Valgrisenche	1,762424398	END	-0,167656145	SD	-0,103384182	SD
Valpelline	-0,438457147	SD	7,232081512	RD	-0,005455562	SND
Valsavarenche	-0,67817186	SD	0,685256908	WND	0,007851805	WD
Valtournenche	-0,115380264	SD	-0,478224669	SD	0,020702529	WD
Verrayes	-0,442500917	SD	-0,700727787	SD	0,071615059	WD
Verrès	-0,907597047	SD	-0,376708807	SD	-0,059305553	SND
Villeneuve	-0,095083603	SD	-0,133863644	SD	-0,023633683	SND

Tabella 2.2 Indici di disaccoppiamento di Tapio nei periodi 2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024 su base quadrimestrale

comune	Tapio 2021-2024 (stagionale)	
Allein	-0,214627903	SD
Antey-Saint-André	-0,301952798	SD
Aosta	-0,139902403	SD
Arnad	-5,528861699	SD
Arvier	-0,37857436	SD
Avisè	-0,050284235	SD
Ayas	-0,208541904	SD
Aymavilles	-0,347846871	SD
Bard	-0,09419404	SD
Bionaz	-0,474493967	SD
Brissogne	-1,796880382	SD
Brusson	-0,367261059	SD
Challand-Saint-Anselme	-0,106210673	SD
Challand-Saint-Victor	0,326163094	WND
Chambave	-0,226336618	SD
Chamois	-0,265901509	SD
Champdepraz	-0,871312928	SD
Champorcher	-0,049164865	SD
Charvensod	-0,103291155	SD
Châtillon	-0,120137348	SD
Cogne	-0,337187747	SD
Courmayeur	-0,214314625	SD
Donnas	-0,546215581	SD
Doues	-0,206419134	SD
Emarèse	1,033567475	RC
Etroubles	-0,302025633	SD
Fénis	-0,06801858	SD
Fontainemore	-0,103490728	SD
Gaby	-0,151664202	SD
Gignod	-0,077586327	SD
Gressan	-0,103408661	SD
Gressoney-La-Trinité	-0,126176802	SD
Gressoney-Saint-Jean	-0,275727838	SD
Hône	-0,142759438	SD
Introd	-0,489697682	SD
Issime	-0,265261208	SD
Issogne	0,518575701	WND
Jovençon	-0,203049962	SD
La Magdeleine	-0,202459318	SD
La Salle	-0,264126499	SD
La Thuile	-0,072681194	SD
Lillianes	-0,222052203	SD
Montjovet	-0,339603163	SD

Morgex	-0,172944063	SD
Nus	-0,12219608	SD
Ollomont	0,019090721	WD
Oyace	/	/
Perloz	-0,081220981	SD
Pollein	-0,125203614	SD
Pontboset	-0,403284255	SD
Pontey	-0,103359216	SD
Pont-Saint-Martin	-0,209232165	SD
Pré-Saint-Didier	-0,261712449	SD
Quart	-0,179379802	SD
Rhêmes-Notre-Dame	0,674036134	WD
Rhêmes-Saint-Georges	-0,422349193	SD
Roisan	-0,060973381	SD
Saint-Christophe	-0,105678374	SD
Saint-Denis	/	/
Saint-Marcel	-0,022872372	SD
Saint-Nicolas	-1,888771677	SD
Saint-Oyen	-0,481767847	SD
Saint-Pierre	-0,165203878	SD
Saint-Rhémy-En-Bosses	-1,009590643	SD
Saint-Vincent	-0,168959957	SD
Sarre	-0,072320964	SD
Torgnon	-0,130612347	SD
Valgrisenche	0,113894967	WD
Valpelline	0,50015225	WND
Valsavarenche	-0,663191788	SD
Valtournenche	-0,111778815	SD
Verrayes	-0,385603259	SD
Verrès	-0,624457815	SD
Villeneuve	-0,136898143	SD

Tabella 2.3 Indici di decoupling di Tapio nel periodo 2021-2024 su base stagionale

Nella tabella sopra riportata relativa agli indici di disaccoppiamento di Tapio nel periodo completo 2021-2022, la maggior parte dei comuni regionali presenta un elevato valore negativo compreso tra 0 e -0,5 associato ad una diminuzione delle emissioni, quindi una situazione di forte disaccoppiamento o *strong decoupling*: ciò è un incoraggiante indicatore di sostenibilità, perché tali cifre rispecchiano una situazione di forte disaccoppiamento positivo tra emissioni inquinanti e numero di presenze. All'interno dell'insieme degli indici con segno negativo di *decoupling*, solamente il comune di Ollomont presenta un forte disaccoppiamento negativo, ossia un aumento delle emissioni correlato ad una diminuzione delle presenze. I comuni con i

valori di elasticità negativi più rilevanti associati ad un forte disaccoppiamento positivo forte sono Roisan (-36,4215), Allein (-1,5679) e Bionaz (-1,2920).

Esistono poi i casi in cui l'indice di disaccoppiamento di Tapio è di segno positivo. Si parla di disaccoppiamento debole o *weak decoupling* quando si ha un valore compreso tra 0 e 0,8; la variazione delle presenze è dunque maggiore della variazione delle emissioni (ci si riferisce al disaccoppiamento negativo debole o *weak negative decoupling* se tali variazioni sono negative). I comuni che presentano quest'ultimo tipo di scenario sono Issogne (0,2344), Oyace (0,1921) e Challand-Saint-Victor (0,1319).

L'accoppiamento (o *coupling*) avviene invece quando il valore è un numero positivo compreso tra 0,8 e 1,2, dunque si hanno delle variazioni concordi in cui i due fattori crescono (accoppiamento espansivo o *expansive coupling*), o diminuiscono (accoppiamento recessivo o *recessive coupling*) in maniera simile; nessun comune valdostano presenta questa tipologia di situazione nel periodo temporale completo 2021-2022.

I comuni che presentano valori positivi, ma maggiori di 1,2, sono Valgrisenche (15,8056), Rhêmes-Notre-Dame (1,9990) e Champdepraz (1,3596). Nei primi due aumentano le presenze e, allo stesso tempo, aumentano in maniera preponderante le emissioni: si parla di accoppiamento espansivo negativo o *expansive negative decoupling*. In particolare, il comune di Valgrisenche presenta un valore estremamente elevato pari a 15,8056: l'aumento delle emissioni è stato dunque più che sproporzionato rispetto alla variazione positiva, relativamente lieve, delle presenze. Champdepraz presenta un valore positivo maggiore di 1,2, ma è un esempio di *recessive decoupling*, perché le variazioni concordi delle emissioni inquinanti e delle presenze sono negative; più nello specifico, la diminuzione delle emissioni è stata maggiore rispetto alle presenze. L'analisi di tale valore implica dunque una situazione del comune di Champdepraz migliore e più sostenibile rispetto ai comuni precedentemente analizzati di Valgrisenche e Rhêmes-Notre-Dame.

Successivamente, si ha il confronto degli indici nel periodo 2021-2022, ma a livello stagionale, cioè utilizzando non più 12 mesi per comune, ma progressivamente 4 (1 per stagione). Si osserva come le situazioni migliori positive di *strong decoupling* siano relative ai comuni di Doues (-4,5519), Aymavilles (-1,2950) e Nus (-1,0083).

Gli scenari di *expansive negative decoupling*, invece, riguardano i comuni di Valgrisenche (1,7624) e Rhêmes-Notre-Dame (1,6635).

I comuni di La Magdeleine (1,1544), Brissogne (0,9996) e Champdepraz (0,8376) rientrano in un contesto di accoppiamento recessivo, avendo un valore positivo compreso tra 0,8 e 1,2.

A questo punto, avendo calcolato gli indici di disaccoppiamento di Tapio nel periodo 2021-2022 sia su base completa a 12 mesi, che con riferimento stagionale a 4 mesi, è interessante effettuare un confronto tra le due situazioni ed approfondire eventuali incongruenze statistiche.

Dei 74 comuni presenti, solamente 6 presentano una variazione dello stato di *decoupling*.

I comuni di Brissogne e La Magdeleine passano entrambi da uno scenario di forte disaccoppiamento positivo nel periodo completo annuale, in cui si ha una variazione positiva del numero di presenze e una contemporanea diminuzione delle emissioni, ad una condizione di accoppiamento recessivo nel periodo quadrimestrale, nel quale le emissioni e le presenze diminuiscono in maniera affine. I 2 comuni, dunque, assumono su base stagionale un valore positivo tendente all'1, indicando una situazione di *coupling*, in particolare recessivo considerata la diminuzione dei parametri. La differenza tra le 2 condizioni è spiegata dunque da una diminuzione delle presenze riferibile al calcolo su periodo quadrimestrale.

Proseguendo, il comune di Champdepraz presenta nel calcolo su base completa a 12 mesi uno stato di disaccoppiamento recessivo, in cui il tasso di diminuzione delle emissioni è maggiore dello stesso per il numero di presenze, mentre, su base stagionale, si trova nella medesima situazione dei precedenti 2 comuni, ossia l'accoppiamento recessivo. Si ha una costante diminuzione delle due variabili in entrambi gli scenari studiati, ma su base stagionale quadrimestrale non si hanno più le emissioni inquinanti che decrescono significativamente più del numero di presenze, piuttosto in maniera simile.

I comuni di Perloz e Rhêmes-Saint-Georges differenziano un forte disaccoppiamento positivo, relativamente al periodo annuale completo, da una condizione di disaccoppiamento recessivo riportata dal calcolo degli indici di Tapio su riferimento temporale quadrimestrale. In particolare, Perloz assume nella base quadrimestrale stagionale nel biennio 2021-2022 un indice di Tapio estremamente elevato pari a 26,0204; esiste infatti in tale specifica casistica un'incongruenza significativa nella rappresentazione dell'annualità completa da parte del periodo stagionale quadrimestrale (nello specifico caso di Perloz febbraio-maggio-agosto-novembre). In effetti, se si considera il periodo annuale si osserva un importante aumento da 465 a 748 presenze, mentre nel calcolo stagionale si assiste ad una diminuzione, seppur trascurabile a livello meramente numerico, ma non a livello di comparazione statistica, da 246 a 245. Il fattore principale di questo fenomeno è spiegato dal mese di agosto, nel quale, dal 2021 al 2022, il comune di Perloz assiste ad un importante e isolato calo del numero di presenze che influenzano negativamente il dato totale calcolato su base stagionale nel comune. Occorre sottolineare infine che nei periodi successivi (2022-2023, 2023-2024 e 2021-2024), il comune

di Perloz presenta cifre piuttosto simili tra loro di disaccoppiamento positivo. Per quanto riguarda il comune di Ollomont, la situazione descritta dagli indici in conformità al periodo completo di 12 mesi è di un forte disaccoppiamento negativo, ossia aumentano le emissioni e diminuiscono le presenze, mentre si tratta di un debole disaccoppiamento positivo, dove il tasso di crescita delle emissioni è minore dello stesso per le presenze, nel calcolo quadrimestrale. A differenza dei precedenti, dunque, lo scenario di Ollomont descritto dall'indice di *decoupling* ricavato stagionalmente è migliore, dal punto di vista del risultato ambientale ed economico in termini di presenze, dello stesso calcolato sul periodo completo.

Il medesimo studio su base stagionale è stato applicato relativamente al periodo 2022-2023, in cui non si presentano situazioni significative di *negative decoupling*, sia esso forte o espansivo, bensì numerosi casi di debole disaccoppiamento negativo, in particolar modo nei comuni di Gressan (0,7923), Donnas (0,7679) e Saint-Rhémy-En-Bosses (0,7625).

La stragrande maggioranza dei comuni riporta comunque una situazione di *strong decoupling*, in particolare Cogne (-14,9922) e Châtillon (-7,6667).

Nell'intervallo temporale 2023-2024, sempre su riferimento stagionale, c'è un cambiamento nella situazione tendenziale dei comuni valdostani; infatti, sono estremamente numerosi in proporzione rispetto agli altri periodi analizzati i casi di *strong negative decoupling*, ossia la situazione in cui aumentano le emissioni e diminuiscono le presenze. Tra questi, i valori più rilevanti appartengono ai comuni di Pont-Saint-Martin (-0,5514), Ayas (-0,3419) e Chambave (-0,1364).

Si osservano solamente 3 scenari di forte disaccoppiamento positivo nei comuni di Courmayeur (-0,1871), Valgrisenche (-0,1034) e Rhêmes-Notre-Dame (-0,0416).

Si può notare inoltre un caso di *expansive coupling* nel comune di Saint-Vincent (0,9603).

Per concludere con una panoramica più ampia possibile, si studiano gli indici di disaccoppiamento di Tapio direttamente tra il primo e l'ultimo anno di analisi, dunque tra i periodi 2021 e 2024 (sempre a carattere stagionale).

La prevalenza dei comuni evidenzia uno scenario positivo di *strong decoupling*, in evidenza Arnad (-5,5289), Saint-Nicolas (-1,8888) e Brissogne (-1,7969).

D'altra parte, situazioni di disaccoppiamento negativo (debole) sono riscontrabili invece a Issogne (0,5186), Valpelline (0,5002) e Challand-Saint-Victor (0,3262).

Valgrisenche, con un indice di disaccoppiamento di Tapio uguale a 0,1139, è in una condizione positiva di *weak decoupling*, cioè le presenze aumentano in maniera più significativa rispetto a quanto crescono le emissioni. Infine, Emarèse (1,0336) presenta una situazione di

accoppiamento recessivo, in cui si ha una diminuzione della stessa intensità sia delle emissioni di CO₂ che del numero di presenze.

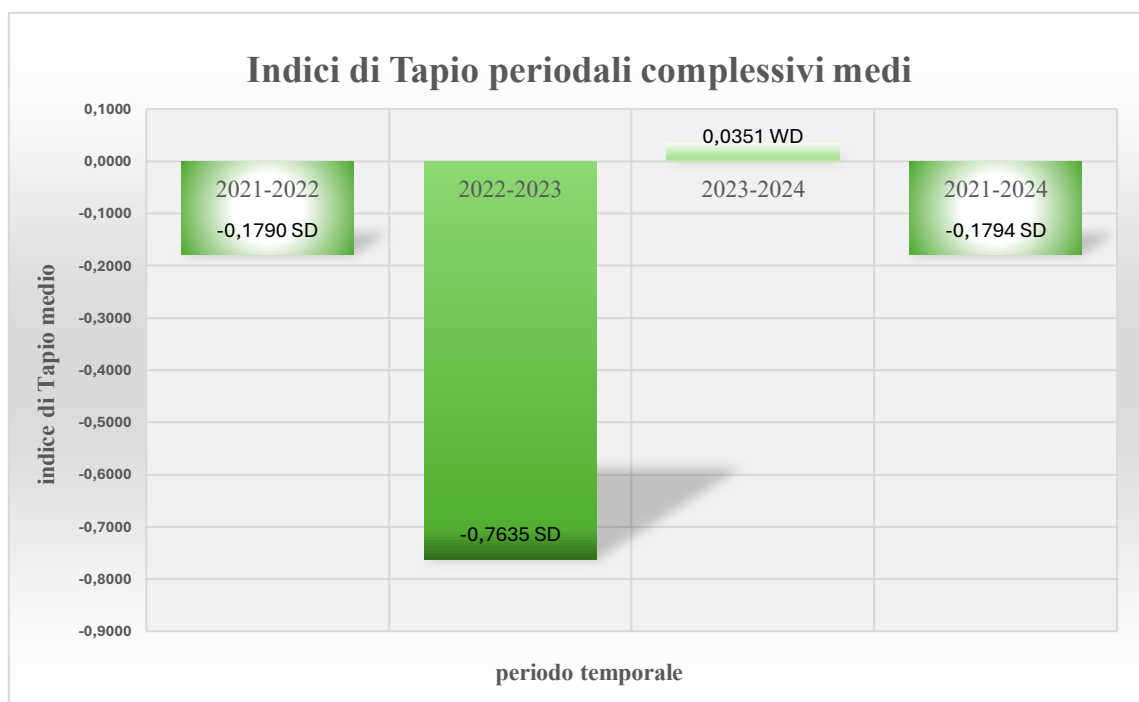


Grafico 2.4 Indici di disaccoppiamento di Tapio calcolati con i valori medi stagionali nei differenti periodi di studio

Si tratta di valori tendenzialmente negativi associati a situazioni di *strong decoupling* e di debole disaccoppiamento positivo nell'intervallo temporale 2023-2024; in particolare, il dato relativo al periodo 2022-2023 è spiegato in gran parte dall'effetto "rimbalzo" *post-Covid*.

Riguardo all'indice di pressione turistica sulle strutture alberghiere nell'anno con i numeri più alti relativi alle presenze, vale a dire il 2024, è osservabile come il rapporto tra il numero massimo di presenze registrato mensilmente (prevalentemente nei mesi di luglio e agosto) e la disponibilità di posti letto delle strutture ricettive, sia maggiore nei comuni di Roisan (36,06), Rhêmes-Saint-Georges (24,67), Jovençan (21,13), Antey-Saint-André (18,01) e Fénis (17,86). Ciò significa che in questi comuni si ha, considerando il valore massimo di presenze mensile nel 2024, un carico turistico significativo in termini di occupazione dei posti letto delle strutture ricettive.

Mentre per Rhêmes-Saint-Georges, Antey-Saint-André e Fénis, essendo comuni caratterizzati da un'importante attrattività turistica, la pressione sugli esercizi alberghieri è significativa in termini di alti numeri di presenze, le elevate cifre degli indicatori di Roisan e Jovençan sono spiegate da un numero estremamente ridotto di posti letto, più che da un'elevata cifra di presenze.

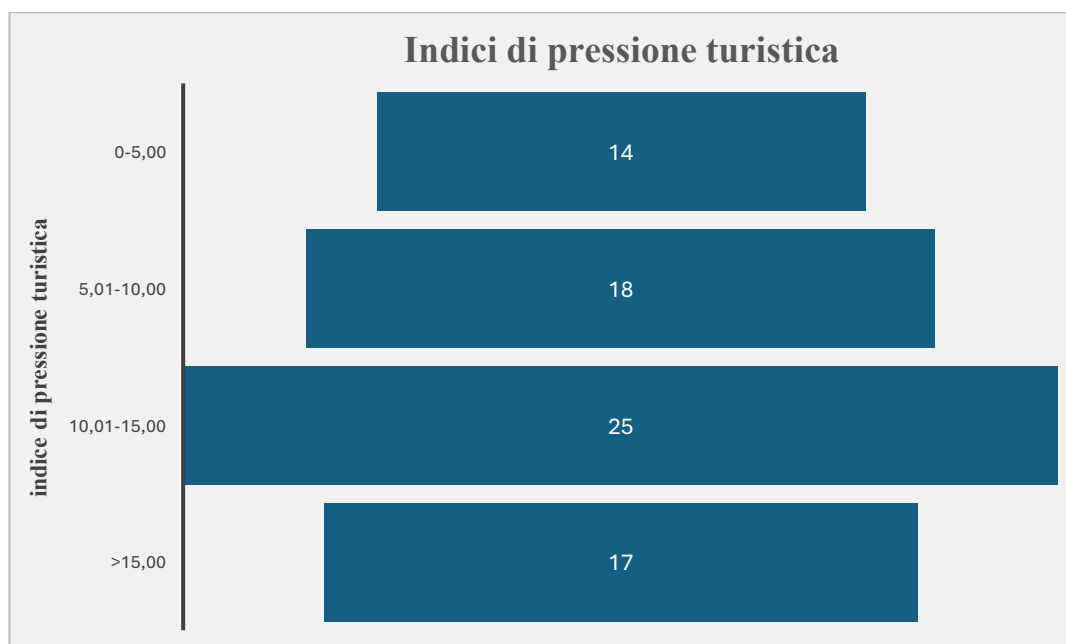


Grafico 2.5 Indici di pressione turistica comunali (2024) suddivisi in 4 intervalli di dati

Il grafico sopra riportato presenta 4 *range* nei quali sono stati divisi i 74 dati comunali relativi agli indici di pressione turistica nel 2024. Si osserva come l'intervallo dati con il maggior numero di comuni (25) sia definito da un valore compreso tra 10 e 15, si tratta dunque di cifre elevate. Questo significa che nei comuni facenti parte di tale insieme, ogni posto letto è stato occupato mediamente dalle 10 alle 15 presenze nel mese con il maggior numero di tale variabile del 2024. I valori simili di tutti e quattro i *range* presenti nel grafico suggeriscono comunque una certa omogeneità, in quanto nessun intervallo si discosta particolarmente dagli altri.

2.4 Modelli OLS e Panel Data

Risultati regressione OLS relativa all'unità territoriale

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
(Intercept)	496.251** *	- 2881.115***	77930.622*	82367.296**
	(23.525)	(632.680)	(35561.101)	(26795.140)
Totale_Arrivi	-0.032***	-0.024***	-0.022***	-0.014**
	(0.006)	(0.006)	(0.006)	(0.005)
Residenti	0.074***	0.162***	0.161***	0.155***
	(0.006)	(0.018)	(0.018)	(0.014)
Unità territoriale Evancon		3228.620***	3204.700***	3053.641***
		(615.263)	(614.249)	(464.200)
Unità territoriale Grand-Combin		3543.552***	3519.753***	3337.333***
		(625.675)	(624.640)	(472.732)
Unità territoriale Grand-Paradis		3079.484***	3055.439***	2911.192***
		(613.907)	(612.896)	(463.202)
Unità territoriale Mont-Cervin		3159.758***	3134.685***	2987.265***
		(608.829)	(607.836)	(459.679)
Unità territoriale Mont-Emilius		3654.178***	3631.379***	3489.608***
		(598.349)	(597.359)	(451.781)
Unità territoriale Mont-Rose		3164.331***	3141.181***	3003.298***
		(617.377)	(616.352)	(465.375)
Unità territoriale Valdigne-Mont-Blanc		2978.758***	2949.230***	2708.256***
		(610.389)	(609.431)	(461.851)
Unità territoriale Walser		2973.304***	2947.645***	2765.052***
		(630.531)	(629.500)	(476.957)
Anno			-39.945*	-42.310**
			(17.575)	(13.242)
Mese Aprile				677.016***
				(73.489)
Mese Dicembre				932.010***
				(73.582)
Mese Febbraio				970.672***
				(72.788)
Mese Gennaio				1295.179***
				(73.268)
Mese Giugno				-36.212

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
				(73.493)
Mese Luglio				59.138
				(74.045)
Mese Maggio				216.795**
				(72.866)
Mese Marzo				910.506***
				(73.486)
Mese Novembre				669.306***
				(72.890)
Mese Ottobre				265.154***
				(73.479)
Mese Settembre				56.905
				(73.487)
Num.Obs.	1168	1168	1168	1168
R ²	0.133	0.250	0.254	0.581
R ² Adj.	0.131	0.244	0.247	0.573
p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001				

Tabella di regressione 2.1

Risultati regressione OLS relativa all'unità comunale

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
(Intercept)	496.251***	-21819.983	69706.875+	70955.853**
	(23.525)	(15367.238)	(40066.887)	(26510.480)
Totale_Arrivi	-0.032***	-0.012+	-0.010	0.008
	(0.006)	(0.007)	(0.007)	(0.005)
Residenti	0.074***	0.725	0.449	0.608+
	(0.006)	(0.459)	(0.471)	(0.312)
Comune Allein		22750.194	13584.225	19133.553+
		(15271.922)	(15680.829)	(10391.261)
Comune Antey-Saint-André		21878.081	12803.620	18079.460+
		(15114.878)	(15519.843)	(10283.021)
Comune Arnad		21485.630	12603.360	17984.482+
		(14799.310)	(15195.558)	(10069.712)
Comune Arvier		21335.164	12343.206	17581.979+
		(14979.787)	(15380.998)	(10191.081)
Comune Avise		21997.721	12857.029	18272.853+
		(15229.767)	(15637.547)	(10361.808)
Comune Ayas		21027.007	12175.534	17440.756+

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(14728.678)	(15124.144)	(10021.868)
Comune Aymavilles		20622.244	11978.713	17024.552+
		(14402.054)	(14787.636)	(9797.979)
Comune Bard		22251.269	13058.057	18498.269+
		(15315.919)	(15726.084)	(10420.439)
Comune Bionaz		21690.740	12526.974	18063.941+
		(15266.060)	(15674.935)	(10387.296)
Comune Brissogne		22249.300	13288.025	18523.144+
		(14931.557)	(15331.311)	(10158.232)
Comune Brusson		21595.467	12607.593	17904.116+
		(14969.497)	(15370.633)	(10184.792)
Comune Challand-Saint-Anselme		21766.316	12747.830	18206.097+
		(15025.513)	(15427.861)	(10223.620)
Comune Challand-Saint-Victor		21939.412	12866.261	18165.906+
		(15117.572)	(15522.329)	(10284.794)
Comune Chambave		21720.880	12742.203	18064.145+
		(14960.299)	(15360.837)	(10178.464)
Comune Chamois		22105.691	12910.671	18471.718+
		(15319.228)	(15729.464)	(10423.457)
Comune Champdepraz		21722.508	12696.064	17966.861+
		(15039.534)	(15442.214)	(10231.703)
Comune Champorcher		21714.944	12595.430	17995.521+
		(15193.857)	(15600.712)	(10337.383)
Comune Charvensod		21507.179	12936.844	18120.019+
		(14277.084)	(14659.493)	(9714.436)
Comune Châtillon		19287.672	11285.797	15932.007+
		(13329.337)	(13686.405)	(9068.188)
Comune Cogne		20960.566	12098.458	17263.330+
		(14748.689)	(15144.560)	(10034.691)
Comune Courmayeur		20252.960	11744.149	16609.938+
		(14119.289)	(14500.652)	(9607.705)
Comune Donnas		20642.523	12085.371	17281.306+
		(14259.204)	(14640.900)	(9702.227)
Comune Doues		22188.683	13104.303	18408.138+
		(15135.788)	(15541.061)	(10297.194)
Comune Emarèse		22340.482	13178.297	18607.009+
		(15265.601)	(15674.340)	(10386.188)
Comune Etroubles		21879.623	12786.507	18275.655+

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(15147.189)	(15552.949)	(10306.433)
Comune Fénis		20779.904	12045.929	17140.985+
		(14551.849)	(14941.494)	(9899.905)
Comune Fontainemore		21833.846	12727.846	18122.525+
		(15171.860)	(15578.096)	(10322.411)
Comune Gaby		21638.874	12534.633	18040.206+
		(15167.671)	(15573.868)	(10320.347)
Comune Gignod		21900.607	13147.744	18254.824+
		(14583.478)	(14973.960)	(9921.422)
Comune Gressan		20597.182	12303.233	17188.081+
		(13813.453)	(14183.628)	(9398.251)
Comune Gressoney-La-Trinité		21686.215	12545.802	18006.041+
		(15214.703)	(15622.918)	(10352.491)
Comune Gressoney-Saint-Jean		21369.831	12363.068	17586.205+
		(14999.612)	(15401.632)	(10204.628)
Comune Hône		21461.878	12557.688	17836.899+
		(14836.495)	(15233.701)	(10094.228)
Comune Introd		21669.418	12624.424	18097.904+
		(15069.574)	(15473.108)	(10253.599)
Comune Issime		21782.561	12665.358	17990.168+
		(15190.769)	(15597.497)	(10334.597)
Comune Issogne		21437.101	12580.574	17833.660+
		(14757.517)	(15152.583)	(10040.489)
Comune Jovençon		22621.079	13593.770	19055.572+
		(15039.874)	(15442.626)	(10233.395)
Comune La Magdeleine		22162.797	12968.535	18337.349+
		(15318.806)	(15728.983)	(10421.713)
Comune La Salle		20637.432	11966.987	17083.240+
		(14442.270)	(14829.194)	(9826.063)
Comune La Thuile		21469.835	12462.863	17839.748+
		(14991.568)	(15393.855)	(10200.686)
Comune Lillianes		21980.959	12877.661	18192.305+
		(15167.224)	(15573.344)	(10318.583)
Comune Montjovet		21323.696	12587.651	17764.215+
		(14555.798)	(14945.519)	(9903.256)
Comune Morgex		20644.856	11993.358	17230.125+
		(14413.377)	(14799.374)	(9807.153)
Comune Nus		19985.278	11582.577	16483.131+

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(14000.365)	(14375.217)	(9524.691)
Comune Ollomont		21833.031	12654.414	18092.539+
		(15292.908)	(15702.382)	(10404.768)
Comune Oyace		22177.718	13012.263	18561.662+
		(15271.142)	(15680.024)	(10390.729)
Comune Perloz		21946.292	12848.545	18162.061+
		(15158.404)	(15564.263)	(10312.577)
Comune Pollein		22495.070	13685.567	18870.290+
		(14671.153)	(15064.367)	(9981.821)
Comune Pont-Saint-Martin		19894.708	11654.337	16544.140+
		(13731.483)	(14099.044)	(9342.398)
Comune Pontboset		22044.591	12868.021	18421.260+
		(15289.111)	(15698.505)	(10402.960)
Comune Pontey		21853.686	12849.630	18108.692+
		(15002.543)	(15404.215)	(10206.532)
Comune Pré-Saint-Didier		21432.576	12477.663	17829.018+
		(14905.898)	(15305.829)	(10142.388)
Comune Quart		20038.574	11942.082	16670.901+
		(13492.213)	(13853.341)	(9178.938)
Comune Rhêmes-Notre-Dame		21781.734	12579.588	18018.631+
		(15329.521)	(15740.124)	(10429.708)
Comune Rhêmes-Saint-Georges		21762.077	12584.391	17937.014+
		(15289.929)	(15699.405)	(10402.082)
Comune Roisan		22936.146	13992.664	19413.395+
		(14901.941)	(15300.900)	(10139.531)
Comune Saint-Christophe		21459.666	13193.644	18022.469+
		(13774.525)	(14143.221)	(9371.014)
Comune Saint-Denis		22245.841	13124.343	18530.033+
		(15198.039)	(15604.956)	(10340.218)
Comune Saint-Marcel		21526.765	12668.539	18040.357+
		(14760.238)	(15155.383)	(10043.118)
Comune Saint-Nicolas		22066.277	12930.723	18257.737+
		(15219.618)	(15627.218)	(10354.246)
Comune Saint-Oyen		22140.180	12970.694	18399.564+
		(15276.936)	(15686.025)	(10393.909)
Comune Saint-Pierre		20353.434	12019.860	17074.542+
		(13885.027)	(14256.799)	(9447.668)
Comune Saint-Vincent		19441.164	11438.571	16102.420+

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(13318.552)	(13676.019)	(9061.644)
Comune Sarre		19904.212	12003.063	16799.470+
		(13164.295)	(13516.784)	(8957.313)
Comune Torgnon		21693.004	12622.083	17903.756+
		(15110.554)	(15515.312)	(10280.059)
Comune Valgrisenche		21711.798	12540.745	17968.218+
		(15279.086)	(15688.259)	(10395.377)
Comune Valpelline		22301.673	13242.763	18722.041+
		(15092.269)	(15496.439)	(10269.045)
Comune Valsavarenche		21744.590	12564.016	17887.915+
		(15288.708)	(15698.498)	(10401.324)
Comune Valtournenche		20438.831	11814.845	16747.624+
		(14334.088)	(14719.884)	(9752.820)
Comune Verrayes		21493.390	12622.530	17996.502+
		(14780.225)	(15175.967)	(10056.728)
Comune Verrès		20526.485	12012.501	16987.899+
		(14187.509)	(14567.272)	(9651.995)
Comune Villeneuve		21471.520	12596.087	17855.036+
		(14787.953)	(15183.895)	(10061.208)
Anno			-40.694*	-44.213***
			(16.458)	(10.896)
Mese Aprile				412.419***
				(56.738)
Mese Dicembre				855.294***
				(58.099)
Mese Febbraio				990.775***
				(58.105)
Mese Gennaio				1010.971***
				(56.919)
Mese Giugno				-91.053
				(57.910)
Mese Luglio				-279.244***
				(59.358)
Mese Maggio				241.837***
				(58.214)
Mese Marzo				853.014***
				(57.908)
Mese Novembre				695.661***

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
				(58.247)
Num.Obs.	1168	1168	1168	1168
R ²	0.133	0.416	0.420	0.748
R ² Adj.	0.131	0.377	0.380	0.729
• $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$				

Tabella di regressione 2.2

Partendo dal modello 1 della tabella di regressione 2.1, che include solamente il numero di arrivi e di residenti, si può osservare come in tutti e 4 i modelli, all'aumentare degli arrivi corrisponda una diminuzione delle emissioni. Questo dato riassume l'andamento estremamente positivo della regione, che presenta una situazione tendenziale di *decoupling*.

Al contrario, un aumento del numero di residenti comunali, genera un aumento delle emissioni. Per quanto riguarda le unità territoriali, introdotte a partire dal modello 2 e stimate a ottimi livelli di significatività, i valori sono tutti in relazione all'unità territoriale "Aosta" e dal modello risulta che esse abbiano impatti emissivi decisamente maggiori rispetto all'area del capoluogo. Nei modelli 3 e 4 si considerano incrementalmente anche i fattori temporali relativi all'anno e al mese. In riferimento al primo parametro, esiste una relazione rilevante e incoraggiante con la quale all'aumentare del periodo annuale, le emissioni calano significativamente.

Per quanto concerne i mesi, introdotti nel modello 4, essi sono considerati in riferimento ad agosto e, naturalmente, i coefficienti dei mesi invernali sono associati ad un livello estremamente più elevato di emissioni inquinanti associati ai consumi energetici, considerando il fatto che si tratta di emissioni da edifici.

L'aggiunta dell'elemento mensile nell'ultimo modello genera un aumento importante del R² aggiustato, che passa da 0,247 nel modello 3 a 0,573 nel modello 4. Ciò rende quest'ultimo modello sufficientemente completo e tale da spiegare quasi il 60% della variabilità dei dati.

Sulla base di quanto precedentemente esposto nella tabella di regressione 2.1, la tabella di regressione 2.2 considera l'unità comunale, introdotta a partire dal modello 2, per poi integrare i fattori temporali nei modelli 3 e 4.

I differenti comuni presentano tutti valori che indicano una differenza positiva rispetto ai dati di Aosta in riferimento alle emissioni inquinanti.

I valori annuali ricalcano la tendenza osservata nella tabella di regressione 2.1, così come i fattori mensili, avendo valori negativi nei mesi invernali che spiegano un forte impatto dal punto di vista emissivo rispetto al riferimento di agosto.

L'R² aggiustato medio è moderatamente più alto rispetto alla tabella precedente, considerata la maggiore capillarità delle variabili comunali rispetto alle territoriali, fino ad arrivare a superare il 70% nell'ultimo dei 4 modelli.

Risultati regressione logaritmica OLS relativa all'unità territoriale

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
(Intercept)	2.137***	2.985***	-131.931+	31.622
	(0.227)	(0.517)	(69.163)	(41.993)
log (Totale_Arrivi + 1)	-0.344***	-0.305***	-0.316***	-0.157***
	(0.018)	(0.019)	(0.019)	(0.013)
log (Residenti)	0.766***	0.670***	0.680***	0.550***
	(0.037)	(0.042)	(0.042)	(0.026)
Unità territoriale Evancon		-0.440	-0.452	-0.366+
		(0.358)	(0.357)	(0.217)
Unità territoriale Grand-Combin		-0.153	-0.167	-0.105
		(0.373)	(0.373)	(0.229)
Unità territoriale Grand-Paradis		-0.976**	-0.975**	-1.080***
		(0.361)	(0.361)	(0.220)
Unità territoriale Mont-Cervin		-0.167	-0.169	-0.236
		(0.359)	(0.359)	(0.220)
Unità territoriale Mont-Emilius		0.025	0.014	0.071
		(0.348)	(0.348)	(0.213)
Unità territoriale Mont-Rose		-0.309	-0.319	-0.240
		(0.368)	(0.367)	(0.222)
Unità territoriale Valdigne-Mont-Blanc		-0.645+	-0.631+	-0.986***
		(0.364)	(0.364)	(0.225)
Unità territoriale Walser		-1.102**	-1.098**	-1.301***
		(0.389)	(0.388)	(0.240)
Anno			0.067+	-0.015
			(0.034)	(0.021)
Mese Aprile				2.029***
				(0.112)
Mese Dicembre				2.356***
				(0.110)
Mese Febbraio				2.382***
				(0.111)
Mese Gennaio				2.689***

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
				(0.111)
Mese Giugno				-0.243*
				(0.110)
Mese Luglio				-0.187+
				(0.109)
Mese Maggio				1.058***
				(0.112)
Mese Marzo				2.248***
				(0.111)
Mese Novembre				1.954***
				(0.113)
Mese Ottobre				1.199***
				(0.111)
Mese Settembre				0.545***
				(0.110)
Num.Obs.	1168	1168	1168	1168
R ²	0.325	0.375	0.377	0.777
R ² Adj.	0.324	0.370	0.371	0.773
p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001				

Tabella di regressione 2.3

Risultati regressione OLS logaritmica relativa all'unità comunale

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
(Intercept)	2.137***	36.115+	-162.663*	218.186***
	(0.227)	(19.142)	(77.473)	(10.825)
log (Totale_Arrivi + 1)	-0.344***	-0.347***	-0.370***	0.012**
	(0.018)	(0.022)	(0.024)	(0.004)
log (Residenti)	0.766***	-2.473	-0.350	-0.003
	(0.037)	(1.834)	(1.997)	(0.272)
Comune Allein		-15.757+	-5.141	-0.211
		(9.341)	(10.142)	(1.382)
Comune Antey-Saint-André		-12.534+	-3.856	-2.466*
		(7.558)	(8.219)	(1.119)
Comune Arnad		-10.878+	-3.962	-0.903
		(6.071)	(6.594)	(0.898)
Comune Arvier		-13.170+	-5.434	-3.769***
		(6.773)	(7.359)	(1.002)
Comune Avise		-15.211+	-5.328	-1.711

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(8.668)	(9.416)	(1.282)
Comune Ayas		-11.056+	-4.307	-2.302**
		(5.863)	(6.379)	(0.869)
Comune Aymavilles		-10.043*	-4.255	-2.752***
		(5.103)	(5.538)	(0.754)
Comune Bard		-16.748	-4.727	-1.540
		(10.464)	(11.381)	(1.550)
Comune Bionaz		-18.217*	-7.633	-4.037**
		(9.231)	(10.036)	(1.367)
Comune Brissogne		-11.293+	-3.855	-1.493
		(6.562)	(7.122)	(0.970)
Comune Brusson		-11.445+	-3.719	-1.815+
		(6.722)	(7.312)	(0.996)
Comune Challand-Saint-Anselme		-12.321+	-4.330	-1.052
		(7.001)	(7.607)	(1.036)
Comune Challand-Saint-Victor		-13.710+	-5.110	-2.261*
		(7.583)	(8.230)	(1.121)
Comune Chambave		-12.057+	-4.458	-1.434
		(6.685)	(7.258)	(0.989)
Comune Chamois		-17.959+	-5.849	-1.337
		(10.590)	(11.509)	(1.568)
Comune Champdepraz		-13.150+	-5.119	-2.468*
		(7.086)	(7.690)	(1.047)
Comune Champorcher		-15.087+	-5.660	-2.643*
		(8.242)	(8.957)	(1.220)
Comune Charvensod		-7.871	-2.304	-0.009
		(4.875)	(5.297)	(0.722)
Comune Châtillon		-6.704+	-2.450	-2.061***
		(3.730)	(4.052)	(0.552)
Comune Cogne		-11.983*	-5.159	-3.828***
		(5.919)	(6.441)	(0.877)
Comune Courmayeur		-8.783+	-3.420	-2.045**
		(4.644)	(5.055)	(0.689)
Comune Donnas		-9.445+	-3.963	-0.873
		(4.852)	(5.264)	(0.717)
Comune Doues		-13.100+	-4.309	-1.923+
		(7.717)	(8.381)	(1.142)
Comune Emarèse		-15.642+	-5.136	-1.183

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(9.220)	(10.015)	(1.364)
Comune Etroubles		-13.361+	-4.412	-1.260
		(7.809)	(8.490)	(1.156)
Comune Fénis		-10.543+	-4.384	-3.048***
		(5.409)	(5.874)	(0.800)
Comune Fontainemore		-14.423+	-5.270	-1.972+
		(8.025)	(8.718)	(1.187)
Comune Gaby		-14.936+	-5.799	-2.374*
		(7.987)	(8.680)	(1.182)
Comune Gignod		-9.004	-2.765	-1.355+
		(5.482)	(5.953)	(0.811)
Comune Gressan		-6.874	-2.043	-0.662
		(4.226)	(4.592)	(0.625)
Comune Gressoney-La-Trinité		-16.025+	-6.228	-3.245*
		(8.522)	(9.269)	(1.262)
Comune Gressoney-Saint-Jean		-12.936+	-5.046	-3.917***
		(6.870)	(7.472)	(1.018)
Comune Hône		-11.524+	-4.487	-1.563+
		(6.199)	(6.729)	(0.917)
Comune Introd		-13.033+	-4.745	-1.479
		(7.253)	(7.882)	(1.074)
Comune Issime		-15.076+	-5.723	-3.025*
		(8.214)	(8.921)	(1.215)
Comune Issogne		-11.466+	-4.756	-1.335
		(5.951)	(6.454)	(0.879)
Comune Jovençon		-11.190	-3.091	-0.061
		(7.077)	(7.692)	(1.048)
Comune La Magdeleine		-17.990+	-5.934	-2.468
		(10.567)	(11.480)	(1.564)
Comune La Salle		-9.785+	-3.857	-2.223**
		(5.174)	(5.625)	(0.766)
Comune La Thuile		-12.317+	-4.452	-1.998*
		(6.842)	(7.442)	(1.014)
Comune Lillianes		-13.946+	-4.849	-2.354*
		(7.984)	(8.672)	(1.181)
Comune Montjovet		-9.428+	-3.255	-1.074
		(5.417)	(5.884)	(0.801)
Comune Morgex		-9.741+	-3.897	-1.474+

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(5.120)	(5.562)	(0.758)
Comune Nus		-8.816*	-3.741	-2.786***
		(4.463)	(4.846)	(0.660)
Comune Ollomont		-18.221+	-7.061	-2.913*
		(9.790)	(10.635)	(1.448)
Comune Oyace		-17.098+	-6.540	-0.940
		(9.334)	(10.127)	(1.380)
Comune Perloz		-14.147+	-5.160	-2.386*
		(7.907)	(8.585)	(1.169)
Comune Pollein		-8.416	-1.872	-0.296
		(5.695)	(6.194)	(0.844)
Comune Pont-Saint-Martin		-7.794+	-3.104	-1.254*
		(4.135)	(4.488)	(0.611)
Comune Pontboset		-16.616+	-5.528	-1.374
		(9.696)	(10.538)	(1.435)
Comune Pontey		-12.348+	-4.533	-2.099*
		(6.888)	(7.476)	(1.018)
Comune Pré-Saint-Didier		-11.138+	-3.697	-1.608+
		(6.458)	(7.027)	(0.957)
Comune Quart		-6.768+	-2.368	-1.470*
		(3.886)	(4.216)	(0.574)
Comune Rhêmes-Notre-Dame		-21.204+	-8.499	-5.444***
		(11.040)	(12.010)	(1.636)
Comune Rhêmes-Saint-Georges		-18.230+	-7.106	-4.438**
		(9.723)	(10.568)	(1.439)
Comune Roisan		-11.049+	-3.769	0.322
		(6.446)	(6.992)	(0.953)
Comune Saint-Christophe		-6.685	-1.946	-0.862
		(4.185)	(4.541)	(0.619)
Comune Saint-Denis		-15.056+	-5.671	-1.135
		(8.300)	(9.005)	(1.227)
Comune Saint-Marcel		-11.280+	-4.554	-0.703
		(5.958)	(6.462)	(0.881)
Comune Saint-Nicolas		-14.121+	-4.337	-2.380+
		(8.536)	(9.280)	(1.264)
Comune Saint-Oyen		-15.613+	-4.802	-1.635
		(9.431)	(10.253)	(1.396)
Comune Saint-Pierre		-7.681+	-2.774	-0.482

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
		(4.314)	(4.684)	(0.638)
Comune Saint-Vincent		-6.300+	-2.032	-1.099*
		(3.720)	(4.045)	(0.551)
Comune Sarre		-6.074+	-2.005	0.100
		(3.591)	(3.897)	(0.531)
Comune Torgnon		-13.250+	-4.630	-2.955**
		(7.526)	(8.182)	(1.114)
Comune Valgrisenche		-18.369+	-7.498	-4.428**
		(9.476)	(10.304)	(1.403)
Comune Valpelline		-12.274+	-3.823	-0.417
		(7.400)	(8.041)	(1.095)
Comune Valsavarenche		-18.888+	-7.721	-5.457***
		(9.735)	(10.585)	(1.442)
Comune Valtournenche		-9.785*	-4.038	-3.011***
		(4.983)	(5.423)	(0.739)
Comune Verrayes		-10.718+	-3.871	-0.839
		(6.011)	(6.529)	(0.889)
Comune Verrès		-9.110+	-3.758	-2.179**
		(4.737)	(5.139)	(0.700)
Comune Villeneuve		-10.802+	-3.926	-1.436
		(6.035)	(6.555)	(0.893)
Anno			0.087**	-0.105***
			(0.033)	(0.005)
Mese Aprile				0.905***
				(0.020)
Mese Dicembre				1.773***
				(0.021)
Mese Febbraio				2.685***
				(0.022)
Mese Gennaio				1.513***
				(0.020)
Mese Giugno				-0.770***
				(0.021)
Mese Luglio				-1.684***
				(0.022)
Mese Maggio				1.427***
				(0.023)
Mese Marzo				1.861***

	Modello 1	Modello 2	Modello 3	Modello 4
				(0.021)
Mese Novembre				2.361***
				(0.023)
Num.Obs.	1168	1168	1168	1168
R ²	0.325	0.575	0.577	0.992
R ² Adj.	0.324	0.546	0.548	0.992
• $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$				

Tabella di regressione 2.4

La tabella di regressione OLS logaritmica 2.3 indica una diminuzione delle emissioni associata all'aumento del numero di arrivi, evidenziando una situazione ottimale di *decoupling*, con valori significativamente più rilevanti rispetto al modello OLS classico senza logaritmi, anche per quanto riguarda il discorso inverso nella relazione tra emissioni da consumi energetici e residenti. Con l'introduzione nel modello 2 della variabile in riferimento all'unità territoriale, si osserva una tendenza differente rispetto al modello senza logaritmi perché si hanno delle differenze negative, seppur molto lievi, rispetto all'unità del capoluogo valdostano, caratterizzate da ridotti livelli di significatività.

Anche per quanto riguarda l'anno, a partire dal modello 3, si hanno valori che non ricalcano il modello senza logaritmi perché si ha una stazionarietà tendente allo zero tra incremento dell'anno e variazione delle emissioni. Per quanto concerne il modello 4, caratterizzato dall'aggiunta del fattore mensile in riferimento ad agosto, viene ripresentato un *trend* simile alle tabelle OLS senza logaritmi perché, naturalmente, i mesi invernali riportano elevati valori differenziali positivi di emissioni legate ai consumi energetici.

Le medesime osservazioni sono attribuibili alla tabella di regressione 2.4 relativa alle unità comunali, che, rispetto al comune di Aosta, presentano valori differenziali negativi e discretamente significativi.

Il logaritmo linearizza le relazioni e si adatta meglio a delle strutture di dati eterogenee come quelle riscontrabili nel presente studio ed è per questo che nelle tabelle di regressione 2.3 e 2.4 si hanno valori maggiormente uniformi e contenuti, nonché coefficienti R² più rilevanti.

Risultati panel data 1

	Effetti fissi	Effetti aleatori
Totale_Arrivi	-0.014+	-0.013+
	(0.007)	(0.007)
(Intercept)		588.771***
		(58.914)
Num.Obs.	1184	1184
R ²	0.003	0.003
R ² Adj.	-0.063	0.002
p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001		

Tabella di regressione 2.5

Risultati panel data 2

	Effetti fissi	Effetti aleatori
Totale_Arrivi	-0.000080232***	-0.000066425***
	(0.000013518)	(0.000012552)
c(Numero_letti/Residenti)	0.019	-0.427***
	(0.223)	(0.045)
(Intercept)		6.003***
		(0.097)
Num.Obs.	1168	1168
R ²	0.031	0.101
R ² Adj.	-0.034	0.100
p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001		

Tabella di regressione 2.6

Risultati panel data 3

	Effetti fissi	Effetti aleatori
log (Totale_Arrivi + 1)	-0.342***	-0.275***
	(0.022)	(0.020)
c(Numero_letti/Residenti)	-0.082	-0.379***
	(0.205)	(0.045)
(Intercept)		7.322***
		(0.141)
Num.Obs.	1168	1168
R ²	0.183	0.195
R ² Adj.	0.127	0.194
p < 0.1, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001		

Tabella di regressione 2.7

I due modelli presenti nella tabella di regressione 2.5 comprendono il numero di arrivi come unica variabile indipendente per spiegare le emissioni e la sola presenza di questo fattore spiega i valori ridotti dei coefficienti di determinazione. In entrambi i casi le stime sono negative e indicano dunque una situazione di *decoupling*, in cui ad un aumento degli arrivi è associata una diminuzione del numero di emissioni inquinanti associate ai consumi energetici.

Nella tabella di regressione 2.6, l'aggiunta del rapporto tra numero di posti letto e residenti rende i modelli più precisi, seppur con bassi coefficienti di determinazione.

Se per quanto concerne la stima del numero di arrivi, si ha una tendenza molto simile tra i 2 modelli, così come nella tabella di regressione 2.5, in riferimento al secondo fattore si hanno valori discordi tra loro, 0,019 nel modello a effetti fissi e -0,427 nel *random effects model*.

Inoltre, quest'ultimo valore è significativo ad un livello tendente al 100%, mentre il primo non presenta un sufficiente livello di significatività.

In riferimento alla tabella di regressione 2.7, si utilizza il medesimo modello relativo alla tabella di regressione 2.6, ma con l'utilizzo del logaritmo anche in relazione al numero di arrivi; in tale maniera, si normalizzano le scale e si riduce l'asimmetria dei dati. Si può osservare infatti come i valori siano più simili tra loro, sia a livello di stime dei coefficienti, sia per quanto riguarda i coefficienti di determinazione, evidentemente più elevati.

Infine, il test di Hausman ha rivelato, relativamente alle singole tabelle di regressione 2.5, 2.6 e 2.7, il modello migliore tra effetti fissi e variabili. Per quanto riguarda la tabella 2.5, l'elevato *p-value* pari a 0,71 permette di stabilire il modello a effetti aleatori come migliore, mentre i valori tendenti allo zero dei due successivi test di Hausman nei modelli più complessi indicano come il modello a effetti fissi sia più "corretto".

L'analisi dei dati, la componente principale della tesi, si è basata su metodologie matematiche utili a rilevare e a quantificare i processi di *decoupling* che interessano il contesto regionale valdostano. Attraverso gli indici di disaccoppiamento di Tapio, si è calcolato il grado di *decoupling* nei singoli comuni in ogni periodo, attribuendo ad ogni valore una specifica situazione di relazione tra emissioni inquinanti e attività turistica. I risultati ottenuti evidenziano un buon livello di *decoupling*, indicando che, nel periodo analizzato, lo sviluppo economico della regione è stato progressivamente accompagnato da una riduzione dell'intensità degli impatti ambientali. In particolare, le stime dei modelli OLS e *panel data* hanno confermato la robustezza statistica delle relazioni osservate, fornendo ulteriori evidenze a supporto dell'ipotesi di ricerca.

Capitolo 3. Policy economiche e possibili interventi

Il capitolo inizia dal concetto di decarbonizzazione, descritto attraverso il modello delle 4 S della gestione del carbonio, per poi evidenziare alcuni possibili interventi a livello macro in base ai diversi sottosettori turistici.

In seguito, vengono analizzate le differenti situazioni di disaccoppiamento nel territorio valdostano nell'ottica di proporre possibili metodi di intervento.

L'ultima parte del capitolo sarà focalizzata sul ruolo delle organizzazioni per la gestione delle destinazioni turistiche nell'ambito della decarbonizzazione del settore turistico, analizzando numerosi fattori da ottimizzare ed entrando infine nel tema delle policy e delle possibili misure da mettere in atto.

3.1 Concetto di decarbonizzazione e modello S4C

Si introduce il concetto di decarbonizzazione partendo da un glossario *IPCC*¹, in cui viene definita come il processo attraverso il quale Paesi, individui o altre entità mirano a raggiungere un'esistenza a zero emissioni di carbonio fossile. In genere, si riferisce a una riduzione delle emissioni di carbonio associate all'elettricità, all'industria e ai trasporti.

La decarbonizzazione ha quattro dimensioni interdipendenti, descritte da Gossling *et al.* (2023) come le quattro S della gestione del carbonio: scala, ambito, stakeholder e strategia.



Figura 3.1 Modello S4C

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

Il primo aspetto, la scala, concerne il livello al quale le emissioni possono essere misurate o le strategie di mitigazione possono essere ideate e implementate, a livello globale, nazionale, di destinazione (subnazionale) o aziendale.

Proseguendo, la dimensione dell'ambito è la più complessa e stabilisce le emissioni da includere o escludere. È costituito a sua volta da quattro elementi: “i sottosettori da includere, come alloggio, trasporti, attività, cibo o shopping; i segmenti di visitatori da considerare rispetto al turismo interno, al turismo in entrata e al turismo in uscita (allocazione); l'estensione della catena di approvvigionamento valutata, ad esempio in termini di ambiti 1-3 a livello aziendale, o emissioni dirette e indirette a livello di destinazione; il tipo di emissioni incluse: CO₂, altri gas serra a lunga durata e il riscaldamento non dovuto alla CO₂ derivante dal trasporto aereo. In definitiva, la decisione di includere determinate componenti è guidata dai principi di allocazione e dalla disponibilità dei dati” (Gössling *et al.*, 2023, p.3).

La strategia è incentrata sui meccanismi di riduzione delle emissioni, attraverso i principi di evitare, ridurre, sostituire ed eliminare. Infine, la componente degli *stakeholder* (o portatori d'interesse) si riferisce al concetto di responsabilità, ovvero stabilire chi sia responsabile della riduzione delle emissioni. Non riconoscendo delle responsabilità univoche e chiare, diventa difficile pensare a dei progressi nell'ambito della decarbonizzazione. In quest'ottica, i responsabili a livello politico sono fondamentali, in quanto applicano quadri giuridici che stabiliscono norme comuni.

3.2 Misure proposte e interventi da mettere in atto su scala macro

La *review* di Gössling *et al.* (2023) prosegue con una tabella divisa per tre sottosettori rilevanti componenti il settore turistico e per ognuno mostra prospettive future, misure proposte e responsabilità.

Iniziando dalle prospettive del sottogruppo dell'aviazione, si parla di un costante aumento delle emissioni di anidride carbonica fino al 2050 con un tasso di crescita annuo composto tra il 2,3 e il 3,3%. Le principali misure proposte riguardano progressi nella tecnologia aeronautica, nuove tecnologie e miglioramenti operativi (per esempio carburanti alternativi sostenibili). Le responsabilità sono attribuibili ovviamente a governi, compagnie aeree e produttori aeronautici. Per quanto riguarda il settore delle crociere, invece, l'andamento prospettico è di una riduzione delle emissioni di CO₂ del 40% entro il 2030 (dal 2008 come anno di riferimento di partenza); sulle misure attuabili e sulle responsabilità vale il discorso relativo all'aviazione.

L'ultimo sottosettore è rappresentato dagli hotel, in cui si prevede una riduzione delle emissioni di circa il 33% entro il 2030. In tale categoria i principali interventi proposti concernono l'utilizzo di energie da fonti rinnovabili, l'elettrificazione, e miglioramenti dell'efficienza energetica per quanto riguarda gli alloggi.

L'articolo scientifico di Driha *et al.* (2025), oltre all'analisi matematica concernente i metodi dell'LMDI e del calcolo degli indici di disaccoppiamento di Tapio, presenta anche una sezione dedicata alle possibili misure da mettere in atto nell'ottica della decarbonizzazione.

La ricerca effettuata a livello europeo permette una suddivisione del continente europeo in diverse macroaree, ognuna caratterizzata da differenti situazioni di *decoupling*.

Relativamente agli scenari con i valori più incoraggianti di disaccoppiamento, come l'Europa settentrionale in siffatto articolo, si cerca di proseguire a investire nelle energie rinnovabili e nelle strutture turistiche efficienti dal punto di vista energetico, ad esempio tramite certificazioni verdi, e di puntare sul tema della destagionalizzazione. Quest'ultimo aspetto consiste nell'utilizzare strumenti digitali e innovativi, in particolare di *marketing*, per espandere il flusso turistico a tutte le stagioni, promuovendo anche destinazioni meno conosciute, in modo da diminuire la concentrazione turistica. Tutto ciò va messo in atto anche investendo nel settore dei trasporti, in particolare ottimizzando la mobilità ferroviaria elettrica, ancora poco presente in molti territori.

In riguardo ai territori con i numeri più alti in termini di arrivi ed emissioni inquinanti, che in relazione alle macroaree europee, sono naturalmente l'Europa meridionale e occidentale, bisognerebbe innanzitutto investire nel settore infrastrutturale, promuovendo una gestione energetica. Inoltre, sarebbe utile applicare le tasse di soggiorno o la tariffazione della congestione nei luoghi a maggior pressione turistica e combinare efficacemente il turismo con la mobilità urbana.

Nei luoghi che presentano condizioni di *weak* o *negative decoupling*, l'Europa Orientale a livello macro europeo, si evidenzia l'importanza di mettere in atto strategie nazionali di decarbonizzazione del settore turistico, utilizzando per esempio i fondi UE per l'edificazione di hotel a ridotto consumo energetico e di sistemi di trasporto a basse emissioni di CO₂; a tutto ciò è necessario affiancare anche un'adeguata formazione tecnica sulle competenze e sulle conoscenze degli operatori turistici sul tema.

Nonostante l'importanza dello sviluppo tecnologico per ridurre l'impatto ambientale, Sun (2022) afferma che solo se i miglioramenti in termini di efficienza saranno più rapidi e maggiori della crescita del settore turistico, questi saranno in grado di ridurre la spesa energetica.

3.3 Possibili interventi in relazione all'analisi dati regionale

L'analisi degli indici di Tapio è stata condotta per gli intervalli consecutivi 2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024; questa progressione temporale permette di osservare, oltre alle situazioni specifiche di ciascun comune, anche la stabilità o la variabilità degli scenari di evoluzione del disaccoppiamento nel tempo.

In quest'ottica, possiamo procedere a distinguere i comuni che presentano una forte stabilità nell'evoluzione dei loro indici di Tapio dai casi in cui invece si ha una certa variabilità.

Considereremo fortemente stabili i comuni che presentano la medesima situazione a livello di indice di Tapio in almeno 2 dei 3 intervalli temporali studiati.

Ben 46 comuni presentano almeno 2 situazioni uguali, tutte di *strong decoupling*; 44 di essi nei periodi 2021-2022 e 2022-2023, per poi cambiare scenario nell'intervallo 2023-2024, mentre solamente 2 partono da una situazione “negativa” per poi andare nella direzione di un forte disaccoppiamento positivo. L'unico comune che presenta in tutti e tre gli archi temporali la medesima situazione (*SD*) è Courmayeur, che rappresenta dunque il comune valdostano con la migliore evoluzione di scenario di disaccoppiamento, sia a causa dell'elevato numero di presenze, ma anche grazie a un efficace controllo e gestione territoriale di esse, in termini di servizi forniti e di tecnologie impiegate nelle strutture ricettive.

Per quanto riguarda le condizioni dei comuni sopra descritti, i dati sono confortanti e il fatto che nell'ultimo intervallo temporale si passi a uno scenario “peggiore” è una caratteristica comune alla stragrande maggioranza di essi, considerato il riaumento generale delle emissioni (grafico 2.2) e non indica specifiche problematiche. Inoltre, si può notare come tutte le casistiche in cui si hanno almeno due scenari uguali siano relative a forti disaccoppiamenti positivi e, a livello regionale, questo è un aspetto estremamente incoraggiante, perché si tratta della migliore condizione possibile.

Si consiglia quindi di proseguire in tale direzione, senza però sottovalutare l'ultimo aumento delle emissioni inquinanti e capendo se si tratta di un evento temporalmente limitato, o l'inizio di una tendenza.

Tra i 28 comuni considerati a evoluzione variabile, la tendenza è di un andamento negativo, con la maggioranza dei casi in cui si parte da una condizione di forte disaccoppiamento positivo e si va verso scenari di *coupling*, *weak decoupling* o *negative decoupling*; in particolare occorre mettere in evidenza i casi di Arnad, Chamois, Donnas e Valpelline, che evolvono negativamente fino a presentare una situazione di *strong negative decoupling*, ossia la situazione in cui aumentano le emissioni di CO₂ e diminuiscono le presenze, nel periodo 2023-2024.

In riferimento alla variabilità di tale insieme di comuni, i dati precedentemente descritti richiedono misure di natura correttiva e strutturale, finalizzate a invertire la tendenza osservata. In tali contesti, risulta prioritario agire su fattori quali investimenti nell'efficientamento energetico delle strutture ricettive, utilizzo di energie rinnovabili e destagionalizzazione.

Per quanto riguarda il primo elemento, occorre andare nella direzione di riqualificazione energetica di hotel, rifugi e seconde case tramite contributi regionali e garantire certificazioni ambientali per le strutture turistiche.

Nell'utilizzo delle energie rinnovabili, la Valle d'Aosta dispone già di una forte produzione idroelettrica, auspicando l'impiego di una quantità sempre più consistente di tale fonte di energia nelle strutture turistiche. Inoltre, misure come l'installazione di impianti fotovoltaici compatibili con il paesaggio alpino e l'utilizzo di pompe di calore e di sistemi di riscaldamento a basse emissioni potrebbero essere utili in tal senso.

Infine, un aspetto rilevante riguarda la destagionalizzazione, in modo da ampliare la proposta di offerte turistiche distribuite durante tutto l'anno, riducendo la dipendenza dal turismo invernale e dalle attività sciistiche, legate ad un alto consumo energetico.

3.4 Ruolo delle DMO

“È urgentemente necessaria una forte *leadership* da parte delle organizzazioni di gestione delle destinazioni (DMO²) per promuovere significative riduzioni delle emissioni a livello macro. Con un numero crescente di DMO che aderiscono all'iniziativa *Tourism Declares* e alla Dichiarazione di Glasgow, il raggiungimento delle emissioni nette zero diventa una responsabilità.” (Guix *et al.*, 2025, abstract)

In collegamento allo studio delle DMO svolto nell'ambito del corso di “Economia e gestione delle imprese turistiche” relativo al secondo anno, si introduce ora l'aspetto della responsabilizzazione del ruolo delle DMO, ossia organizzazioni di gestione delle destinazioni turistiche. Esse, infatti, pianificano e coordinano le attività strategiche del settore.

La necessità di comprendere l'importanza di tali entità viene alimentata anche dal fatto che le attuali iniziative di decarbonizzazione si concentrano principalmente sulle singole imprese turistiche, e non sugli enti di gestione, come potrebbero essere appunto le DMO.

Nell'ambito turistico, esistono 9 fattori di decarbonizzazione a livello macro (Guix *et al.*, 2025), che si possono categorizzare in fattori di domanda, fattori di offerta e attributi di gestione della

² Destination Management Organization

destinazione (interazione tra domanda e offerta). Ognuno di essi va analizzato in modo tale da prevedere nel futuro un'ideale ottimizzazione dello stesso.

I fattori di domanda turistica sono la crescita su scala (vale a dire il numero di turisti), l'entità della spesa (cioè la spesa media per turista) e i cambiamenti nelle strutture di consumo dei turisti (cambiamenti nei prodotti/servizi consumati). Questi 3 elementi assumono un'importanza rilevante perché la domanda turistica rappresenta il principale aspetto da controllare nell'ambito della decarbonizzazione, in quanto è la principale causa della crescita delle emissioni legate al settore turistico.

La quantità di domanda turistica può essere in termini di numero di arrivi o di presenze ed è naturalmente uno dei temi principali da cui deriva tutto il resto.

Per quanto riguarda la dimensione del fattore della spesa turistica, basti pensare che a Taiwan, un aumento del 43% della spesa in un decennio è stato accompagnato da un aumento del 33% delle emissioni dirette di carbonio del turismo (Sun, 2016).

I cambiamenti relativi alle strutture di consumo dei turisti concernono principalmente le variazioni delle abitudini adottate dai visitatori; per esempio, nel settore dei trasporti, tra il 2011 e il 2019, il chilometraggio totale dei passeggeri aerei è aumentato del 7,9% ogni anno, superando di più del doppio la crescita annuale del 3,9% della domanda turistica nel medesimo periodo. Oltre a tale settore, vengono incluse nel fattore tutte quelle tipologie di cambiamento nell'abitudine di consumo dei turisti, per esempio le preferenze per determinate attività o per luoghi di particolare interesse, o l'aumento del consumo di un determinato prodotto.

Si descrivono ora i fattori di offerta (Guix *et al.*, 2025), ossia la struttura energetica, l'intensità energetica e la catena di approvvigionamento.

Relativamente al primo fattore, il miglioramento concerne principalmente la sostituzione dei combustibili fossili con fonti energetiche rinnovabili; tale percorso rimane tuttavia ancora difficile da percorrere a causa di barriere sociopolitiche, con differenti situazioni in base al territorio considerato ovviamente.

L'ottimizzazione dell'intensità energetica è legata al progresso tecnologico, ove è necessario investire in maniera significativa. Partendo dal settore dei trasporti, all'installazione di sistemi termici, fino all'utilizzo di elettrodomestici a basso consumo energetico, sono numerose le strategie proposte dalle imprese turistiche per implementare il processo di decarbonizzazione. Entrando più nello specifico, all'interno del settore turistico esistono naturalmente diversi sottosettori, e i servizi di alloggio e ristorazione sono i più efficienti da questo punto di vista, mentre faticano i mezzi di trasporto, in particolare il campo aereo.

I principali ostacoli ai miglioramenti di efficienza nell'ambito turistico sono gli elevati costi di attuazione tecnologica rinnovabile, la mancanza di governance a livello politico, la scarsa relazione con la clientela e l'incertezza sugli investimenti.

L'ultimo fattore di offerta è la catena di approvvigionamento, che considera la quantità e la tipologia di input che vengono utilizzate dalle imprese turistiche. In quest'ottica, è importante analizzare la relazione tra emissioni dirette e indirette e approfondire dunque il tema delle importazioni dei prodotti. Per esempio, la Cina, esportatrice a livello mondiale, soprattutto in Europa, utilizza prodotti intermedi ad elevata intensità di carbonio e impatto ambientale, specialmente metalli. Interessante è anche il caso della Spagna, in cui la forte domanda interna relativa dei prodotti esteri ha generato una crescita delle emissioni dovuta al trasporto.

Il terzo e ultimo macro-gruppo analizza gli attributi specifici di gestione della destinazione e oltrepassa il concetto binario di domanda e offerta, cercando un'interazione dinamica tra essi.

In primo luogo, la posizione e la struttura spaziale delle destinazioni sono fondamentali nella scelta turistica, in particolare per quanto riguarda il settore dei trasporti, ma rimangono naturalmente caratteristiche non modificabili e su cui è difficile lavorare.

Proseguendo, si hanno gli investimenti di capitale nelle infrastrutture, utilizzati dalle destinazioni per modificare specifici sottosettori turistici a livello di infrastrutture e attrazioni, ottimizzando in questo modo anche campagne pubblicitarie e di immagine.

Tutto ciò ha influenza sul mercato turistico e sulle scelte di consumo del singolo visitatore durante il periodo di vacanza. Con il termine "infrastrutture", si fa riferimento anche al settore dei trasporti, dove aeroporti regionali e compagnie aeree low-cost stimolano da una parte un'elevata crescita di domanda turistica, e dall'altra un inevitabile aumento delle emissioni, come successo in Cina nell'ultimo decennio.

Concludendo con l'ultimo fattore di decarbonizzazione turistica, il *mix* di mercato, si analizzano i profili dei singoli segmenti di visitatori, ognuno con differenti caratteristiche in base a elementi come trasporto, durata del soggiorno, attività o tipologia di struttura ricettiva ricercata; è dunque il fattore più completo che, come suggerisce anche lo stesso nome, comprende differenti categorie di sottosettori turistici e attività. L'ottimizzazione di questo fattore va espressa quindi in termini di miglioramenti del *mix* di domanda per favorire mercati a basse emissioni di carbonio, senza ridurre i benefici in termini economici.

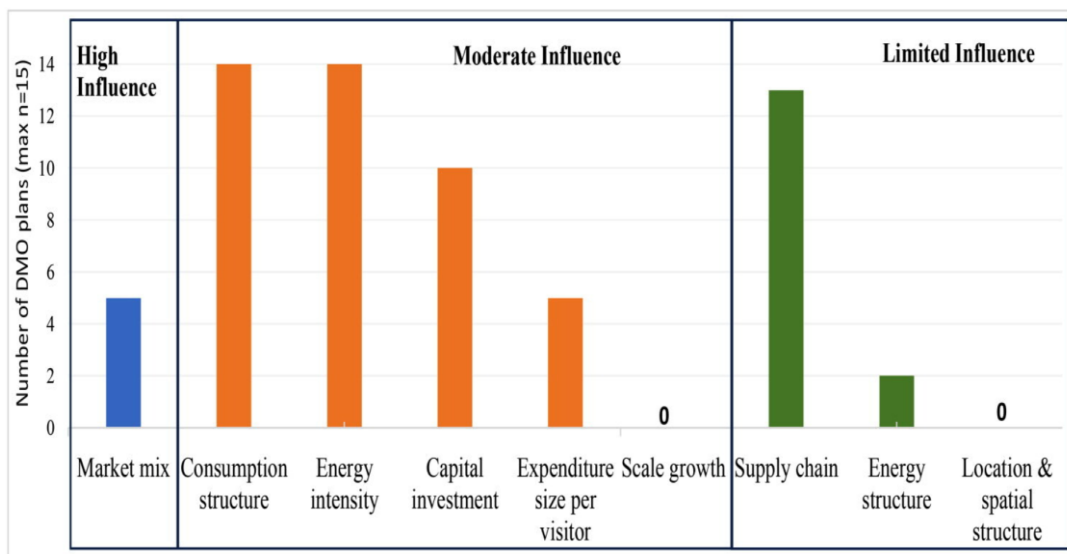


Figura 3.2 Numero di DMO con strategie per ciascun fattore di mitigazione nei loro piani d'azione per il clima

Osservando la figura 3.2, si può osservare quanto, ognuno dei 9 fattori, è compreso nelle strategie di intervento delle DMO. Inoltre, vengono presentati tre livelli di influenza che le organizzazioni turistiche esercitano su ogni fattore, da influenza limitata a moderata, fino a elevata.

Si nota come tre fattori, l'intensità energetica (fattore di offerta), la struttura di consumo (fattore di domanda) e la catena di approvvigionamento (fattore di offerta), siano i più considerati nei piani d'azione delle organizzazioni di gestione delle destinazioni. La presenza dell'intensità energetica e della catena di approvvigionamento, entrambi fattori di offerta, mostrano una forte propensione delle DMO a puntare sul progresso tecnico e operativo dal lato della *supply*. Dal lato della domanda, numerose organizzazioni includono nelle loro strategie i cambiamenti nella struttura di consumo, ossia le abitudini del visitatore.

Naturalmente, fattori come la posizione strutturale spaziale della destinazione in particolare, ma anche la crescita su scala, sono esclusi dai piani di intervento delle DMO in quanto presentano caratteristiche fisse non modificabili o difficilmente ottimizzabili.

Come precedentemente spiegato, si possono osservare delle differenti scale di intensità in base ai gradi di influenza che le DMO generano su ciascun fattore di decarbonizzazione, determinate dal fatto che esse devono gestire una grande quantità di risorse e processi nel percorso di decarbonizzazione. Si approfondiranno di seguito le differenti sfere di influenza, in base ai ruoli di controllo e di responsabilità che le DMO sono in grado di esercitare.

Decarbonization factors		Resources controlled by DMO	Processes controlled by DMO	Level of DMO influence
Demand	1. Scale growth (Visitor numbers)	High	Moderate	Moderate
	1. Expenditure size per visitor	Moderate	Low	Moderate
	1. Consumption structure	High	Low	Moderate
Supply	1. Energy intensity	High	Moderate	Moderate
	1. Energy structure	No	Low	Minimum
	1. Supply chain	Low	No	Minimum
Destination management attributes	1. Location & spatial structure	No	No	Minimum
	1. Capital investment	Low	Low	Moderate
	1. Market mix	High	High	High

Figura 3.3 Potenziale influenza delle DMO sui fattori di decarbonizzazione

Per quanto riguarda l'area di elevata influenza, le organizzazioni turistiche controllano direttamente sia le risorse che i processi e ne hanno la responsabilità di gestione. Il *mix* di mercato è l'unico elemento presente nella categoria di elevata influenza perché comprende una pluralità di specifici sottosettori turistici, che possono essere dinamicamente coordinati dalle organizzazioni; infatti, esse possono utilizzare a pieno le risorse a disposizione per realizzare campagne di comunicazione, di *branding*, di creazione di immagini e di *marketing* più in generale. Le DMO hanno inoltre i dati emissivi turistici suddivisi per ogni segmento di visitatori e possono dunque intervenire in maniera specifica sviluppando un *market mix* efficace. Proseguendo con l'area di influenza moderata, che presenta il maggior numero di fattori, 5, le organizzazioni di *management* delle destinazioni turistiche hanno un ruolo diretto in relazione alle risorse e non nell'attuazione dei processi, ma in che modo?

Per esempio, nell'ambito del fattore di offerta dell'intensità energetica, esse forniscono linee guida generali, informazioni e consulenze alle imprese turistiche per indirizzarle verso una riduzione dei consumi energetici; o ancora, possono svolgere ruoli importanti di partecipazione e collaborazione con altri enti nelle decisioni sui progetti di trasporto e negli investimenti di capitale destinato alle infrastrutture.

Infine, l'influenza delle DMO è tendente a zero per quanto riguarda la struttura energetica, la catena di approvvigionamento e la struttura spaziale e localizzazione. L'influenza su tali fattori, infatti, è da ricondurre principalmente al contesto e a enti non turistici.

Entrando più nel concreto, si analizzano ora le diverse strategie, relativamente ai singoli fattori, che si possono mettere in atto nell'ottica della decarbonizzazione.

Per quanto concerne i fattori di domanda, in particolare i cambiamenti nelle strutture di consumo dei turisti, le DMO mettono in atto campagne promozionali volte a sensibilizzare i visitatori sulle scelte di consumo, per esempio la scelta preferenziale di utilizzo del trasporto pubblico, il consumo di prodotti locali e la promozione di un cambiamento comportamentale a basse emissioni di carbonio. Inoltre, un numero considerevole di DMO pianifica di accelerare i miglioramenti nella dimensione della spesa turistica con un aumento della durata del soggiorno.

Dal lato della *supply*, tutte le DMO considerano almeno un fattore di offerta, in particolare il miglioramento dell'intensità energetica delle imprese e della catena di approvvigionamento.

In riferimento al primo fattore, le organizzazioni delle destinazioni turistiche formano i dipendenti dal punto di vista della consapevolezza delle emissioni di carbonio, reclutano esperti del settore, aiutano le aziende a calcolare le proprie impronte di carbonio, formano e sostengono le imprese turistiche sul tema del risparmio energetico, oltre che finanziarle direttamente nella direzione di ridurre l'intensità energetica.

Nell'ambito del fattore di struttura energetica, le DMO promuovono l'acquisto di energia verde e favoriscono la distribuzione di energia pulita. L'ottimizzazione della catena di approvvigionamento viene messa in pratica incoraggiando le imprese turistiche a adottare pratiche di economia circolare e a sviluppare eventi a basse emissioni.

L'ultimo gruppo di fattori, che comprende gli attributi di gestione della destinazione, viene analizzato soprattutto dal punto di vista dell'investimento di capitale, per esempio collaborando e stringendo *partnership* per lo sviluppo di trasporti efficienti dal punto di vista delle emissioni inquinanti, favorendo la ristrutturazione e la trasformazione delle infrastrutture turistiche.

Questo capitolo finale è risultato fondamentale nell'ottica di una combinazione tra interventi in relazione all'analisi dati effettuata a livello regionale e alcune possibili misure su scala macro, che ha permesso di offrire un'ampia panoramica sulla decarbonizzazione del settore turistico. Oltre alle politiche da mettere in atto, rimane necessario sviluppare una forte coscienza collettiva sul tema, sensibilizzando la popolazione e mostrando abitudini favorevoli in tal senso.

Conclusione

Il presente lavoro ha analizzato il fenomeno del *decoupling* tra attività turistica e impatti ambientali, con particolare riferimento alle emissioni e ai consumi energetici a livello regionale valdostano, con l'obiettivo di verificare l'esistenza di scenari di disaccoppiamento nel territorio e di quantificarli attraverso degli indicatori, fornendo inoltre differenti interpretazioni in base ai risultati ottenuti. A tal riferimento, la revisione della letteratura ha permesso di inquadrare il concetto di *decoupling* e di individuare i principali approcci teorici e metodologici utilizzati negli studi considerati. L'analisi quantitativa, invece, ha consentito di verificare empiricamente le relazioni tra le variabili considerate.

Innanzitutto, il calcolo degli indici di Tapio per ciascun comune e per diversi intervalli temporali ha permesso di misurare l'intensità e la tipologia del disaccoppiamento tra variabili economiche (flussi turistici) e variabili ambientali (emissioni e consumi energetici).

L'obiettivo della ricerca è stato raggiunto tramite i risultati ottenuti, che evidenziano una tendenza diffusa verso forme di *decoupling*, con alcune eterogeneità territoriali legate alle specificità dei singoli contesti locali.

In una seconda fase, l'evidenza descrittiva è stata ulteriormente approfondita attraverso un'analisi econometrica basata su modelli di regressione OLS e, successivamente, di *panel data*. Le stime hanno confermato, in linea generale, i risultati emersi dall'analisi degli indici di Tapio, evidenziando una relazione non proporzionale tra crescita dei flussi turistici e aumento delle emissioni. In particolare, i coefficienti stimati suggeriscono che l'incremento delle variabili legate al turismo non si traduce necessariamente in un aumento equivalente delle pressioni ambientali, rafforzando l'ipotesi di un processo di disaccoppiamento in atto nel territorio valdostano. Tali evidenze suggeriscono che, nonostante il turismo rappresenti uno dei principali motori dell'economia regionale, è stato possibile contenere l'impatto ambientale associato alla sua espansione.

Infine, l'ultima parte del lavoro ha discusso le principali misure di *policy* adottabili sia a livello regionale che macro. Gli interventi possibili individuati nello specifico contesto valdostano si concentrano principalmente su interventi di efficientamento energetico nelle strutture ricettive, gestione sostenibile dei flussi turistici e promozione della mobilità a basse emissioni e incentivazione di modelli di sviluppo turistico a basso impatto ambientale, puntando per esempio sulla destagionalizzazione.

Inoltre, si è approfondito il ruolo delle organizzazioni di gestione delle destinazioni in termini di possibili strategie da adottare nella direzione di una decarbonizzazione del settore turistico.

Alcuni limiti sono ritrovabili nelle differenti scale temporali in base agli anni, che hanno portato a svolgere l'intera analisi su base stagionale quadrimestrale e non con tutti e 12 i mesi, riducendo la precisione e la completezza dei dati oggetto di esame.

Inoltre, l'utilizzo delle emissioni di CO₂ comunali totali riferibili ai consumi energetici “*buildings*” non hanno permesso di quantificare i dati derivanti da trasporti o da altri settori, che sarebbero stati estremamente rilevanti e accurate in termini di risultati ottenuti.

Diverse prospettive per future linee di ricerca sono auspicabili in riferimento allo studio del *decoupling* tra attività turistica, consumi energetici ed emissioni inquinanti.

In primo luogo, sarebbe opportuno estendere l'analisi a un arco temporale più ampio, così da valutare la persistenza del fenomeno nel lungo periodo, cercando di comprendere se eventuali anomalie nei dati sono riconducibili a situazioni temporanee o a inizi di nuove evoluzioni. In aggiunta a ciò, per un campo di studio più esteso, sarebbe interessante il confronto tra più contesti geografici oggetto di analisi con caratteristiche simili, in modo da trovare eventuali analogie o discrepanze tra essi e cercare di approfondirne le cause.

Infine, un aspetto interessante in termini di studi futuri sul disaccoppiamento concerne la possibilità di utilizzo, oltre alle emissioni di CO₂, anche di altri indicatori quali l'impronta di carbonio, il consumo di suolo o l'utilizzo delle risorse idriche. Un approccio multidimensionale consentirebbe in questo modo di valutare in maniera più completa la sostenibilità del settore turistico e di supportare l'elaborazione di politiche pubbliche sempre più efficaci nel coniugare competitività economica e tutela ambientale.

Riferimenti bibliografici

- Cavallaro F., Irranca Galati O., Nocera S. (2017), Policy Strategies for the Mitigation of GHG Emissions caused by the Mass-Tourism Mobility in Coastal Areas, *Transportation Research Procedia*, vol. 27: pp. 317-324.
- Daly H. E. (2014), *From Uneconomic Growth to a Steady-State Economy*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing (series: Advances in Ecological Economics).
- Deng Z., Zhou M., Xu Q. (2022), How to decouple tourism growth from carbon emissions? A spatial correlation network analysis in China, *Sustainability*, vol. 14, n. 19, art. 11961.
- Dogan E., Aslan A. (2017), Exploring the relationship among CO₂ emissions, real GDP, energy consumption and tourism in the EU and candidate countries: Evidence from panel models robust to heterogeneity and cross-sectional dependence, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77: pp. 239-245.
- Driha O. M., Cascetta F., Nardini S., Bianco V. (2025), Decomposition and decoupling analysis of carbon emissions of the EU tourism sector, *Science of the Total Environment*, vol. 994, art. 180075.
- Gössling S. (2002), Global environmental consequences of tourism, *Global Environmental Change*, vol. 12, n. 4: pp. 283-302.
- Gössling S., Balas M., Mayer M., Sun Y.-Y. (2023), A review of tourism and climate change mitigation: The scales, scopes, stakeholders and strategies of carbon management, *Tourism Management*, vol. 95: art. 104681.
- Gössling S., Lund-Durlacher D. (2021), Tourist accommodation, climate change and mitigation: An assessment for Austria, *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, vol. 34, art. 100367.
- Guix M., Babakhani N., Sun Y.-Y. (2024), Doing all we can? Destination management organizations' net-zero pledges and their decarbonization plans, *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 33, n. 8: pp. 1730-1751.
- IPCC (2018), Annex I: Glossary, in Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H.-O., Roberts D., Skea J., Shukla P.R., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock R., Connors S., Matthews J.B.R., Chen Y., Zhou X., Gomis M.I., Lonnoy E., Maycock T., Tignor M., Waterfield T. (eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 541-562.

- Kallis G., Kostakis V., Lange S., Muraca B., Paulson S., Schmelzer M. (2018), Research on Degrowth, *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 43: pp. 291-316.
- Khanal A., Rahman M. M., Khanam R., Velayutham E. (2021), Are Tourism and Energy Consumption Linked? Evidence from Australia, *Sustainability*, vol. 13, n. 19, art. 10800.
- OECD (2002), *Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure and Economic Growth*, Paris, OECD.
- Öztürk I., Al-Mulali U., Saboori B. (2016), Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis: the role of tourism and ecological footprint, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, n. 2: pp. 1916-1928.
- Pablo-Romero M. P., Sánchez-Braza A., García-Soto M. A. (2023), The Impact of Tourism on Energy Consumption: A Sectoral Analysis for the Most Visited Countries in the World, *Economies*, vol. 11, n. 10, art. 263.
- Paramati S. R., Shahbaz M., Alam M. S. (2017), Does tourism degrade environmental quality? A comparative study of Eastern and Western European Union, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 50, pp. 1-13.
- Serrano-Bernardo F. A., Bruzzi L., Toscano E. H., Rosúa-Campos J. L. (2012), Pollutants and Greenhouse Gases Emissions Produced by Tourism Life Cycle: Possible Solutions to Reduce Emissions and to Introduce Adaptation Measures, in Haryanto B. (ed.), *Air Pollution – A Comprehensive Perspective*, London: InTechOpen, cap. 4, pp. 106-131.
- Sun Y. Y. (2016), Decomposition of tourism greenhouse gas emissions: Revealing the dynamics between tourism economic growth, technological efficiency, and carbon emissions, *Tourism Management*, vol. 55: pp. 326-336.
- Sun Y.-Y., Gössling S., Zhou W. (2022), Does tourism increase or decrease carbon emissions? A systematic review, *Annals of Tourism Research*, vol. 97: art. 103502.
- Tiwari A. K., Öztürk I., Aruna M. (2013), Tourism, Energy Consumption and Climate Change in OECD Countries, *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 3, n. 3: pp. 247-261.
- Tsai K. T., Lin T. P., Hwang R. L., Huang Y. J. (2014), Carbon dioxide emissions generated by energy consumption of hotels and homestay facilities in Taiwan, *Tourism Management*, vol. 42: pp. 13-21.
- Unger R., Abegg B., Mailer M., Stampfl P. (2016), Energy consumption and greenhouse gas emissions resulting from tourism travel in an alpine setting, *Mountain Research and Development*, vol. 36, n. 4: pp. 475-483.

- Vadén T., Lähde V., Majava A., Järvensivu P., Toivanen T., Hakala E., Eronen J.T. (2020), Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature, *Environmental Science and Policy*, vol. 112: pp. 236-244.
- Victor P. (2010), Questioning economic growth, *Nature*, vol. 468: pp. 370-371.
- Zhang M., Wang W. (2013), Decoupling indicators on the CO₂ emission–economic growth linkage: The Jiangsu Province case, *Ecological Indicators*, vol. 32: pp. 239-244.

Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine alla mia relatrice professoressa Consuelo R. Nava per il supporto che fornito durante la realizzazione del lavoro.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia, che mi ha sostenuto con pazienza e fiducia lungo tutto il mio percorso universitario. Grazie per aver sempre creduto in me, per avermi incoraggiato nei momenti di difficoltà e per aver condiviso con me ogni piccolo e grande successo.