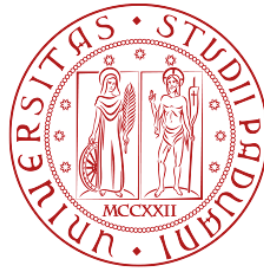


1222 • 2022
800
ANNI



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale - DII

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi energetica di edifici residenziali e potenziali azioni di
decarbonizzazione in Europa**

Relatore:

Prof. Michele De Carli

Studente:

Amedeo Pipicelli

Matr. 1211409

Anno Accademico 2021/2022

Alla mia famiglia...

Indice

<i>Sommario</i>	2
CAPITOLO 1: INTRODUZIONE.....	3
CAPITOLO 2: IL SETTORE EDILIZIO IN EUROPA	6
2.1 Gli edifici residenziali	8
2.2 Gli edifici non-residenziali	10
CAPITOLO 3: LE TENDENZE DEL MERCATO ENERGETICO	12
3.1 Gli attuali consumi energetici in ambito residenziale in Europa.....	13
3.2 Cooling: la situazione corrente e quella prevista	22
3.3 I consumi legati all'uso di automobili.....	28
3.4 Efficientamento energetico degli edifici.....	30
CAPITOLO 4: RISULTATI	34
CAPITOLO 5: POTENZIALI SCENARI ENERGETICI ED ECONOMICI.....	40
CAPITOLO 6: CONCLUSIONI	55
<i>Bibliografia</i>	57
<i>Ringraziamenti</i>	59

Sommario

Alla base di questo studio vi è la volontà di comprendere nella maniera più dettagliata possibile quelli che sono i trend dei consumi energetici in ambito residenziale in Europa, Paese per Paese, così da poter ipotizzare degli scenari futuri, nonché delle potenziali azioni da mettere in atto per ridurre non solo i consumi domestici ma anche i costi che le famiglie sostengono.

Nel primo capitolo introduttivo, viene fatta una panoramica generale sulle richieste energetiche dell'utenza domestica in Europa, osservando come circa il 78% sia legato ad esigenze di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, mentre il restante 22% va a coprire tutto ciò che concerne illuminazione, piccoli e grandi elettrodomestici, preparazione dei cibi (cooking) e raffrescamento.

Nel secondo capitolo, è stato fatto un focus sul settore edilizio europeo, andando ad analizzare lo stock attuale, sia residenziale che non residenziale.

Il terzo capitolo è quello dedicato alle tendenze del mercato energetico. In esso, sono stati valutati:

- i consumi ed i costi specifici dell'energia nazione per nazione, facendo riferimento per lo più a dati Eurostat;
- nel dettaglio, le richieste legate al cooling, poiché a tal riguardo non vi sono dati Eurostat completi; le esigenze di raffrescamento, inoltre, sono in continua ascesa negli ultimi anni a causa dell'aumento delle temperature e di una sempre maggiore domanda di comfort termico negli ambienti indoor;
- la penetrazione delle auto elettriche nel mercato, con i suoi vantaggi dal punto di vista energetico ma con costi d'investimento ancora abbastanza elevati;
- i costi sostenuti per l'efficientamento energetico degli edifici ed i vari tipi di interventi.

Nel quarto capitolo, sono esposti i risultati dell'analisi fatta, in cui vengono mostrati i consumi ed i costi specifici nel residenziale comprensivi di tutto (riscaldamento, ACS, cooking, illuminazione, elettrodomestici, altri usi finali, cooling corrente e cooling potenziale ed autovetture "tradizionali").

Infine, nel quinto capitolo, sono stati ipotizzati cinque potenziali scenari, nell'ottica di una maggior decarbonizzazione possibile dello stock edilizio. In questo caso, vengono mostrati i risultati finali ottenuti a seguito di "medium" e "deep" retrofit ed all'utilizzo di auto elettriche.

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

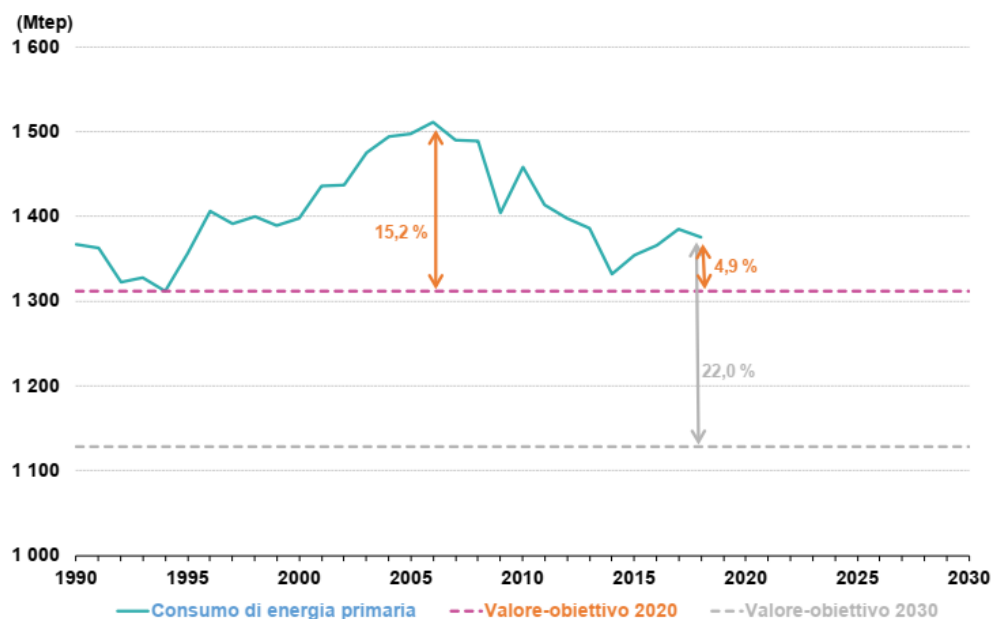
Il settore edilizio, rappresentato da edifici residenziali e non, è al centro della nostra attività sociale ed economica. La maggior parte della nostra vita, infatti, viene trascorsa in abitazioni, uffici, scuole, università, locali commerciali, nei quali si spendono anche la maggior parte delle nostre risorse economiche.

Gli edifici sono intrinsecamente legati alle società ed alle economie europee, oltre che alla loro evoluzione futura.

La sicurezza energetica ed il cambiamento climatico guidano verso un futuro in cui si rende necessario un forte miglioramento dell'efficienza energetica negli edifici, con particolare attenzione a quelli più datati.

Posti di fronte alla sfida di mitigare i cambiamenti climatici, i leader dell'Unione Europea (UE) si sono impegnati a ridurre il consumo energetico previsto degli Stati membri dell'UE del 20% entro il 2020 e del 32,5% entro il 2030 tuttavia, dai risultati della valutazione del 2018 dei progressi realizzati dagli Stati membri nel conseguimento degli obiettivi di efficienza energetica (**Figura 1.1**), risultava improbabile il raggiungimento dello scopo fissato dall'UE per il 2020.

Figura 1.1: distanza dei valori-obiettivo 2020 e 2030 per il consumo di energia primaria, UE-27



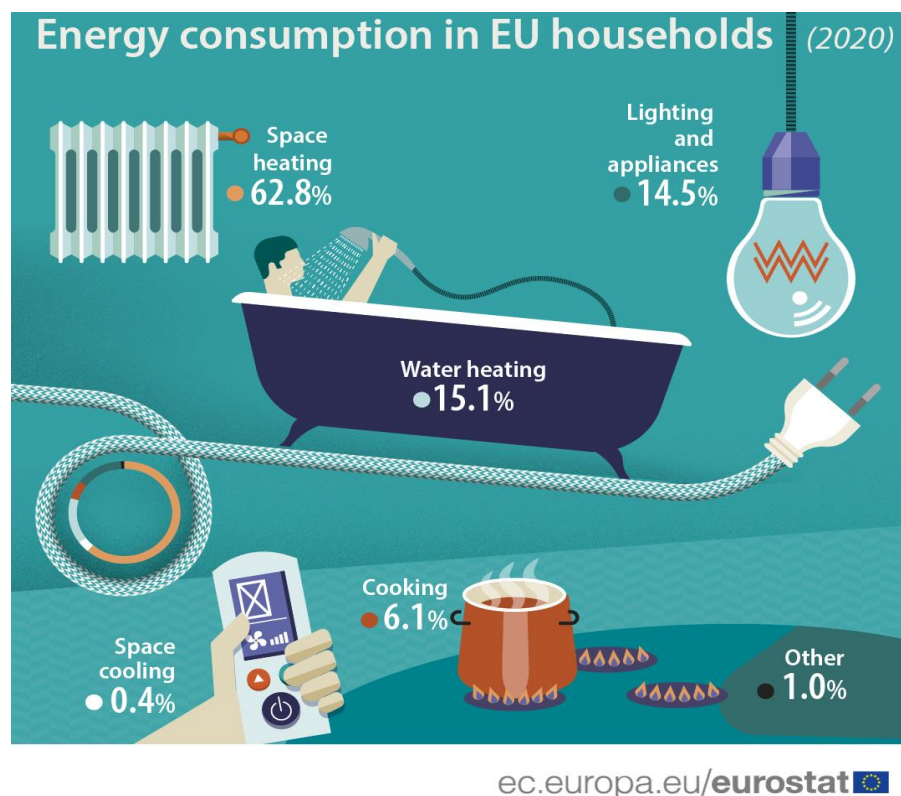
Fonte: Eurostat

Secondo il nuovo rapporto “Trends and Projections in Europe 2021” dell’European Environment Agency (EEA), l’Unione Europea ha raggiunto i suoi tre principali obiettivi climatici ed energetici entro il 2020. Il rapporto EEA stima, infatti, che l’UE abbia ridotto le emissioni di gas serra del 20% rispetto ai livelli del 1990, aumentato al 20% la quota di utilizzo

di energia rinnovabile e migliorato del 20% l'efficienza energetica. Secondo i dati preliminari dell'EEA, le emissioni di gas serra dell'Unione Europea sono diminuite del 10% dal 2019 al 2020. Il forte calo è stato fortemente correlato alla pandemia di Covid-19, ma l'entità di questo effetto è incerta rispetto al ruolo delle politiche climatiche. In confronto, dal 2018 al 2019, le emissioni erano già diminuite del 4%.

Il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici è uno strumento fondamentale per il raggiungimento di questi obiettivi. Lo stock edilizio europeo, infatti, rappresenta attualmente quasi il 40% del consumo totale di energia finale e quello edilizio è, dunque, il settore che consuma la quota più consistente di energia e che offre il maggior potenziale di risparmio energetico. Nel solo ambito residenziale, nell'Unione Europea, riscaldamento e acqua calda sanitaria rappresentano, da soli, circa il 78% del consumo totale di energia finale (**Figura 1.2**). Il risparmio energetico ottenibile dalla ristrutturazione edilizia è di norma legato al miglioramento dei sistemi di isolamento, riscaldamento, raffreddamento ed illuminazione.

Figura 1.2: consumo di energia finale nelle famiglie dell'UE



L'Unione Europea, con l'aggiunta di Svizzera, Norvegia e Regno Unito, abbraccia zone climatiche, paesaggi e culture differenti. Circa 528 milioni di abitanti sono distribuiti in 29 Paesi e risiedono in una vasta gamma di tipologie abitative, in un parco edilizio in continua espansione. Gli approcci nazionali al monitoraggio del patrimonio edilizio si sono evoluti separatamente; tuttavia, informazioni e dati migliori tra le varie nazioni sono necessari per

contribuire a sviluppare un percorso europeo comune e tabelle di marcia verso edifici più efficienti dal punto di vista energetico.

Di seguito si riportano i motivi di un incremento dell'efficienza energetica negli edifici:

- Sicurezza dell'approvvigionamento energetico;
- Minori emissioni di gas clima alteranti, il che significa un importante contributo alle strategie sui cambiamenti climatici;
- Riduzione dei costi energetici per i consumatori;
- Comfort migliorato;
- Contributo alla riabilitazione di alcune tipologie di edifici;
- Importante contributo all'obiettivo dello sviluppo sostenibile, che è un impegno formale dei Paesi europei;
- Migliorare l'efficienza energetica negli edifici è rilevante per le industrie dei servizi energetici degli edifici, importanti datori di lavoro in Europa.

CAPITOLO 2: IL SETTORE EDILIZIO IN EUROPA

Lo stock edilizio europeo è molto vasto in termini di tipologie costruttive, età, dimensioni ed utilizzo e può essere suddiviso in due macrosettori, residenziale e non-residenziale, a loro volta costituiti da diversi tipi di edifici.

Per i Paesi oggetto di questo studio¹ (EU27, Svizzera, Norvegia e Regno Unito), si stima che vi siano circa 25000 km² di superficie utile, in aumento di circa l'1% all'anno. Per avere un'idea in termini comparativi, la superficie lorda di tutti gli edifici dell'UE può essere concentrata in un'area equivalente a quella del Belgio (circa 30000 km²). Rispetto a Cina e Stati Uniti, l'Europa ha la più alta "densità edilizia" (superficie edificabile fratto superficie di terra) e l'area edificata può essere collegata ad una serie di fattori quali condizioni economiche, cultura e disponibilità di spazio, i quali spiegano anche le differenze significative tra Europa, Stati Uniti e Cina per quanto riguarda la superficie pro-capite (rispettivamente di circa 49, 81 e 26 m²).

La tendenza generale è quella di cercare ulteriori spazi da edificare, soprattutto in condizioni economiche favorevoli. Ciò comporta un aumento della domanda di energia in edilizia e, parallelamente, la necessità di migliorare l'efficienza energetica dello stock attuale, soprattutto di quello più datato. Migliorare l'efficienza energetica dei nostri edifici non solo riduce il consumo di energia e, di conseguenza, delle bollette energetiche, ma migliora anche l'estetica di un edificio, ne aumenta il suo valore e fornisce condizioni di comfort migliori agli occupanti.

In questo studio, per alcune valutazioni, oltre che singolarmente, i Paesi europei sono stati anche raggruppati tra loro in base a clima, tipologia di edificio e somiglianze di mercato in tre macroregioni:

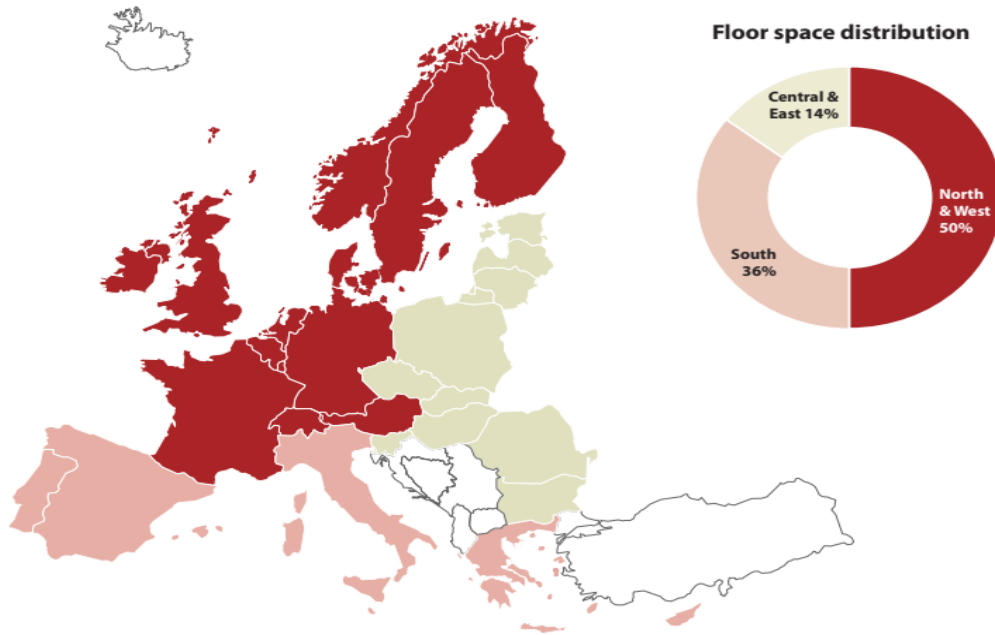
- Nord ed Ovest Europa;
- Sud Europa;
- Centro ed Est Europa.

Metà della superficie totale stimata si trova nella zona Nord ed Ovest, mentre i restanti 36% e 14% sono suddivisi, rispettivamente, tra Sud e Centro ed Est Europa.

Ciascuna zona è costituita dai Paesi mostrati in **Figura 2.1**.

¹ Non si è tenuto conto della Croazia, in quanto il suo ingresso nell'UE risale al 2018 mentre molti dei dati utilizzati sono antecedenti a quell'anno.

Figura 2.1: Paesi e macroregioni oggetto dello studio e distribuzione della superficie totale

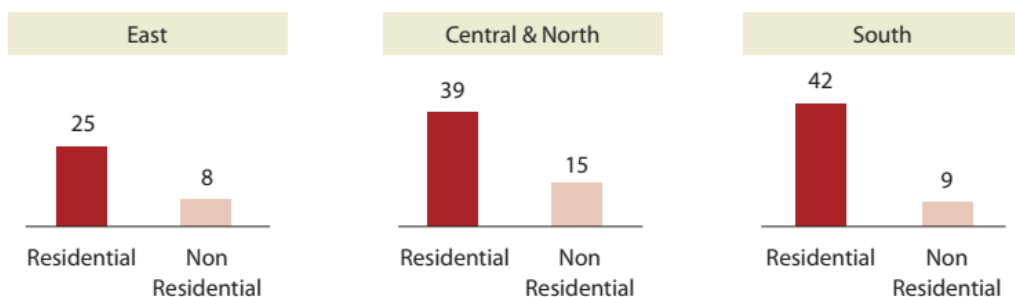


Fonte: https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

Sono stati analizzati gli standard di superficie calpestabile pro-capite per ogni Paese e da questa analisi appare come i Paesi della zona Nord ed Ovest abbiano superficie totale per persona maggiore rispetto alle altre due macroregioni.

Ad un esame più dettagliato, in ambito residenziale, nei Paesi dell'Europa centro-orientale si hanno a disposizione spazi pro-capite inferiori rispetto ai Paesi della fascia settentrionale e meridionale. Nel non-residenziale, invece, lo spazio per persona è quasi doppio al Nord rispetto alle altre regioni, il che potrebbe suggerire un collegamento tra superficie non-residenziale e ricchezza economica (**Figura 2.2**).

Figura 2.2: spazio calpestabile pro-capite nelle tre macroregioni in m²



Fonte: https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

2.1 Gli edifici residenziali

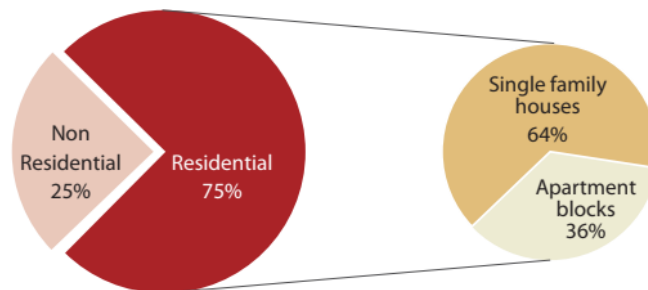
Figura 2.3: tipica casa indipendente (sinistra) e condominio (destra) in Europa



Fonte: https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

Il settore residenziale è il segmento più grande del parco immobiliare europeo, con una superficie occupata pari a circa il 75%. Al suo interno è possibile individuare due diverse tipologie costruttive: case indipendenti (ad esempio monofamiliari, bifamiliari e villette a schiera) e condomini. Un'ulteriore analisi indica, inoltre, che il 64% delle persone occupa case indipendenti ed il 36% vive in appartamenti (**Figura 2.4**).

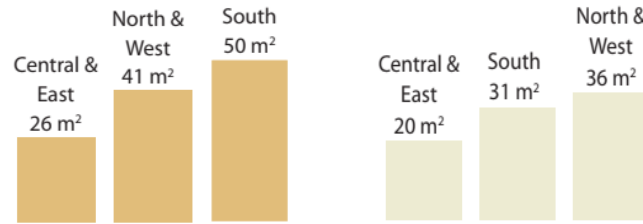
Figura 2.4: superficie edificata in ambito residenziale



Fonte: https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

In termini di superficie pro-capite, i Paesi del Centro ed Est Europa sono quelli con i valori più bassi sia per quanto riguarda le case indipendenti che per i condomini. I Paesi di Nord ed Ovest Europa hanno superfici pro-capite maggiori nei condomini rispetto alle altre regioni, mentre gli Stati della zona meridionale hanno le più alte superfici abitabili pro-capite in case indipendenti, il che può essere visto anche come un indicatore della frequenza di case vacanza in quei Paesi. È interessante notare, inoltre, che in tutte le macroregioni le superfici pro-capite negli appartamenti sono inferiori a quelli delle case indipendenti (**Figura 2.5**), tendenza che forse rafforza il legame tra superficie e condizioni di ricchezza.

Figura 2.5: superficie pro-capite per case indipendenti (sinistra) e per appartamenti (destra)



Fonte: https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

Gli edifici in Europa sono associati a diversi periodi storici, risalenti anche a prima del 1900. Nel settore residenziale, l'età di un edificio è fortemente legata al livello di consumo energetico dello stesso, in particolar modo nel caso in cui non sia stato eseguito nessun intervento di ristrutturazione per migliorare le prestazioni energetiche.

Un'indagine del Buildings Performance Institute Europe (BPIE)² ha classificato gli edifici in base agli anni di costruzione (periodi cronologici specifici) per ciascuna macroarea e per ciascun Paese, al fine di consentire un confronto tra profili di età del patrimonio edilizio residenziale. Le tre fasce individuate sono:

- Pre 1960;
- Dal 1961 al 1990;
- Dal 1991 al 2010.

In *Tabella 1* sono mostrati i valori di superficie abitabile residenziale per fascia di età. È evidente come in tutti i Paesi ci sia stato un grande boom edilizio nel periodo 1961-1990 e, con poche eccezioni, il patrimonio immobiliare è più che raddoppiato in quegli anni.

Tabella 1: superficie abitabile nel settore residenziale per età e macroregione

Residential	Pre 1960	1961-1990	1991-2010
	km ²	km ²	km ²
North & West	4603	4274	2082
Central & East	893	1224	434
South	2005	2655	759
Total by age	7500	8153	3274
Total	18927		

² https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

2.2 Gli edifici non-residenziali

Il settore non-residenziale (non oggetto di questo studio) è molto più complesso ed eterogeneo rispetto a quello residenziale, viste le diverse tipologie di edifici che lo costituiscono. Esso comprende, infatti, uffici, ospedali, hotel, ristoranti, supermercati, scuole, università e centri sportivi e, in alcuni casi, lo stesso edificio può essere adibito a molteplici funzioni. Inoltre, anche le differenze negli standard costruttivi tra i vari Paesi rendono più impegnativo il confronto tra varie categorie di edifici.

In *Tabella 2* sono mostrati i valori di superficie utile totale per le diverse tipologie di edifici nel settore non-residenziale.

Tabella 2: superficie utile per i diversi tipi di edifici nel settore non-residenziale

Non-residential	Floor space
	km ²
Wholesale & retail	1717
Offices	1410
Educational	1042
Hotels & restaurants	674
Hospitals	429
Sport facilities	245
Other	674
Total	6192

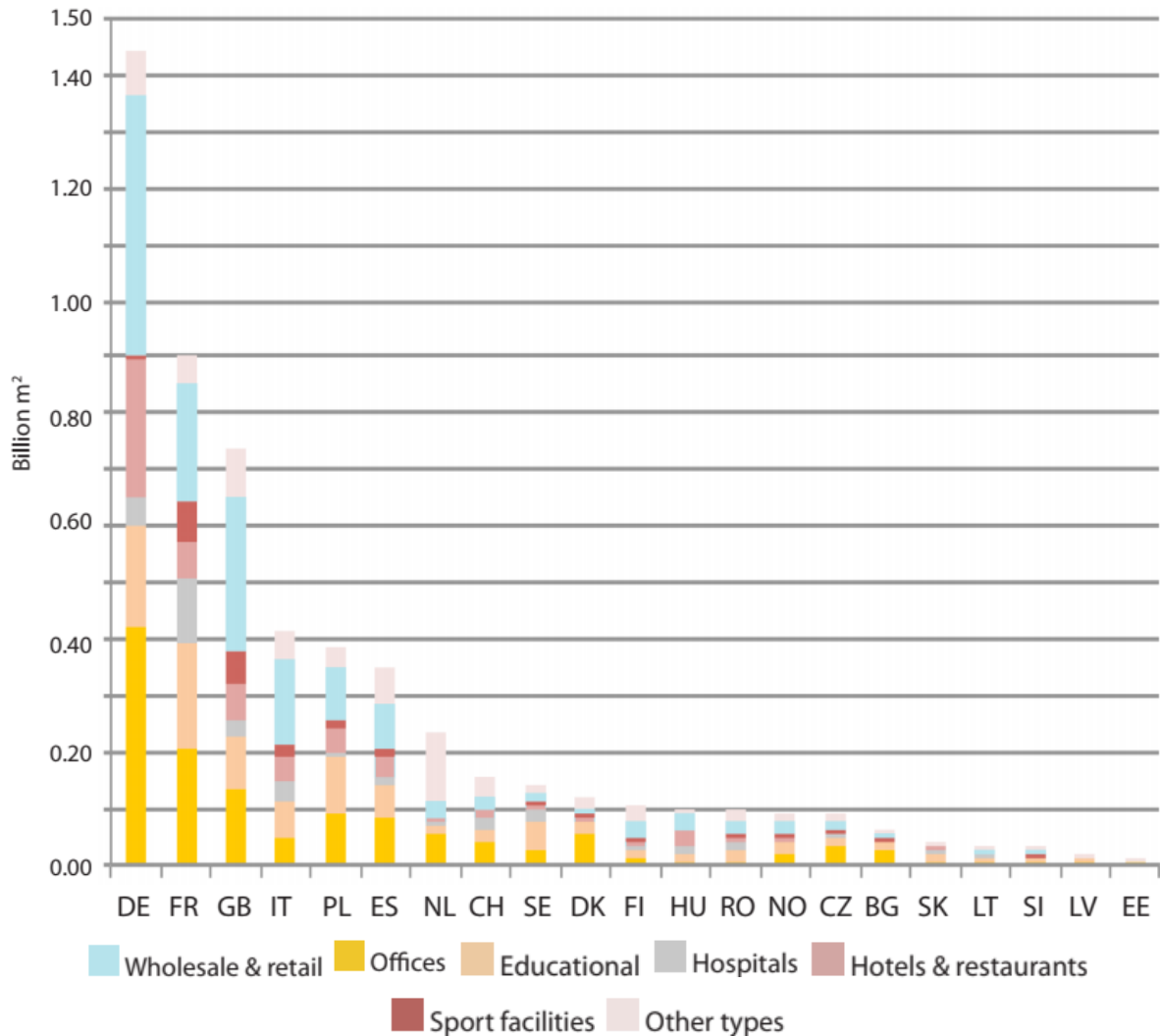
Gli edifici adibiti al commercio al dettaglio e all'ingrosso costituiscono la quota maggiore dello stock non-residenziale e sono anche quelli che richiedono maggiore attenzione. In particolare, essi sono in qualche modo diversi dagli altri in quanto le condizioni di riscaldamento e raffrescamento possono differire in maniera sostanziale dalle altre categorie, viste le ampie superfici di edifici per il commercio all'ingrosso spesso utilizzate per il solo stoccaggio di materiale. Inoltre, le differenze sono pronunciate anche per quel che concerne le dimensioni, le ore di utilizzo e lo stile di costruzione.

La seconda categoria di edifici maggiormente presente nel settore non-residenziale è rappresentata dagli uffici i quali, tuttavia, hanno condizioni di riscaldamento e raffrescamento molto simili a quelle delle costruzioni in ambito residenziale.

Un modello di utilizzo simile a quello degli uffici si ritrova negli edifici dedicati alla formazione scolastica ed universitaria, che coprono circa il 17% dell'intera superficie non-residenziale.

La divisione tra le categorie di edifici non-residenziali varia notevolmente da Paese a Paese, come si può osservare in **Figura 2.6**, tuttavia uffici ed edifici per il commercio all'ingrosso e al dettaglio costituiscono la componente più grande nella maggior parte delle nazioni.

Figura 2.6: ripartizione della superficie non-residenziale in diversi Paesi europei



Fonte: https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf

CAPITOLO 3: LE TENDENZE DEL MERCATO ENERGETICO

Allo stato attuale, le richieste energetiche in ambito residenziale in Europa vengono soddisfatte ricorrendo soprattutto a fonti fossili, quali gas, derivati del petrolio, carbone.

Eurostat individua sei vettori energetici che vanno a coprire il fabbisogno di una utenza domestica, ovvero:

- **Elettricità:** copre l'energia elettrica generata da tutti i tipi di impianti (ad esempio, impianti nucleari, termici, idroelettrici, eolici, fotovoltaici) da distribuire ai consumatori attraverso la rete o consumata in loco;
- **Calore derivato:** copre la produzione totale di calore negli impianti di riscaldamento e nelle centrali termoelettriche combinate. Comprende il calore utilizzato dagli ausiliari dell'impianto che utilizzano fluido caldo e le perdite negli scambi termici dell'impianto/rete;
- **Gas:** comprende principalmente il gas naturale utilizzato dalle famiglie, sia come GNG (gas naturale gassoso) che come GNL (gas naturale liquefatto). Può includere gas derivati o biogas quando questi vengono miscelati con gas naturale e la miscela viene consegnata agli utenti finali;
- **Combustibili fossili solidi:** comprendono carbone fossile e derivati, lignite e derivati, torba;
- **Derivati del petrolio:** (miscelati con biocarburanti) coprono principalmente i seguenti prodotti petroliferi: gas di petrolio liquefatto, benzina per motori, cheroseni, gasolio. Possono includere anche altri prodotti come petrolio greggio, coke di petrolio, cere di paraffina, bitume;
- **Rinnovabili e rifiuti:** coprono l'energia idroelettrica, l'energia eolica, l'energia solare, le maree, le onde, l'energia geotermica, le biomasse ed i rifiuti rinnovabili.

I consumi finali di energia in ambito residenziale, invece, stando sempre ad Eurostat, vengono definiti per i seguenti usi finali:

- **Riscaldamento:** fa riferimento all'uso dell'energia per fornire calore in uno spazio interno di un'abitazione;
- **Raffrescamento:** fa riferimento all'utilizzo di energia per il raffrescamento di un'abitazione;
- **ACS:** fa riferimento all'uso dell'energia per riscaldare l'acqua corrente, l'acqua per il bagno o per le pulizie domestiche, ma non per esigenze legate alla cottura di cibi;
- **Cooking:** fa riferimento all'uso dell'energia per preparare i pasti;
- **Illuminazione:** fa riferimento all'uso dell'elettricità per esigenze di illuminazione;

- Piccoli e grandi elettrodomestici: fa riferimento all'uso dell'elettricità per elettrodomestici;
- Altri usi finali: fa riferimento a qualsiasi altro uso dell'energia in ambito domestico, come luci esterne, barbecue esterni, riscaldamento di piscine, saune.

3.1 Gli attuali consumi energetici in ambito residenziale in Europa

Dai database Eurostat, sono stati visti quelli che sono i consumi domestici finali di ciascuna nazione dell'Unione Europea³, con l'aggiunta di Svizzera, Norvegia e Regno Unito.

Per avere una visione più omogenea possibile tra Stato e Stato, sono stati calcolati i valori specifici di energia per unità abitativa, per metro quadrato di abitazione e per persona semplicemente dividendo i consumi finali per il numero totale di abitazioni, per il totale dei metri quadrati abitativi e per la popolazione di ciascuna nazione.

Fatto ciò, sono stati ricavati i rispettivi valori di energia primaria richiesta utilizzando i fattori di conversione riportati in *Tabella 3*⁴, così da poter valutare i consumi specifici anche per l'energia primaria.

Tabella 3: fattori di conversione per l'energia primaria per i principali vettori energetici

Countries	Mains gas	LPG	Oil - general	Diesel or heating oil	Fuel oil	Coal - general	Biomass - general	Wood - general	Wood pellets	Grid Electricity	District heating - general
EU countries in average	1.00-1.26	1.00-1.20	1.00-1.23	1.00-1.14	1.00-1.20	1.00-1.46	0.01-1.10	0.01-1.20	0.01-1.26	1.5-3.45	0.15-1.50
CEN (non-renewable) defaults	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.2	0.2	0.2	2.3	1.3

In *Tabella 4*, quindi, vengono mostrati i consumi specifici di energia finale e di energia primaria nel settore residenziale in Europa.

³ Non si è tenuto conto della Croazia, in quanto il suo ingresso nell'UE risale al 2018 mentre molti dei dati utilizzati sono antecedenti a quell'anno.

⁴ <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/04/05-CCT1-Factsheet-PEF.pdf>

Tabella 4: consumi specifici di energia finale e di energia primaria

	Final Energy Consumption			Primary Energy Consumption		
	kWh/dwelling	kWh/m ²	kWh/px	kWh/dwelling	kWh/m ²	kWh/px
Austria	17592	207	8497	20065	237	9692
Belgio	18126	231	8166	22872	292	10304
Bulgaria	6698	144	3725	8932	192	4967
Cipro	9710	69	3382	13420	96	4674
Danimarca	20474	168	9122	23540	193	10488
Estonia	16895	297	8267	16821	295	8231
Finlandia	24064	330	11968	31025	426	15430
Francia	13552	172	6656	17937	227	8809
Germania	15990	194	7658	19649	239	9410
Grecia	7134	152	4384	9305	199	5717
Irlanda	16525	163	6798	22823	225	9388
Italia	11982	147	6319	13594	167	7169
Lettonia	16106	302	8460	14780	277	7764
Lituania	12665	201	6218	13661	217	6707
Lussemburgo	26382	273	9230	32535	337	11383
Malta	7083	63	2058	12822	114	3725
Norvegia	22834	247	9887	41469	449	17955
Paesi Bassi	15949	166	6397	20825	217	8353
Polonia	17595	239	5912	20569	280	6911
Portogallo	5826	85	3277	7189	105	4044
Regno Unito	16309	207	6504	21823	278	8702
Repubblica Ceca	20522	266	7906	22343	290	8608
Romania	10429	217	4597	9791	203	4316
Slovacchia	13057	191	4673	17784	260	6365
Slovenia	15157	196	5873	15870	206	6150
Spagna	7163	111	3755	11686	180	6126
Svezia	18391	203	8457	31142	343	14321
Svizzera	15709	158	7327	21835	220	10185
Ungheria	15520	232	7014	17156	257	7754

Osservando attentamente i dati sopra riportati, si può notare come per alcuni Paesi il consumo specifico di energia primaria risulti inferiore di quello di energia finale. Ciò è giustificato dal prevalente uso in quelle nazioni del vettore energetico “rinnovabili e rifiuti” (soprattutto biomasse), il cui fattore di conversione è minore di uno.

CAPITOLO 3: LE TENDENZE DEL MERCATO ENERGETICO

Per ciascun consumo energetico, ovviamente, un utente domestico si troverà anche a sostenere dei costi, più o meno elevati a seconda del tipo di energia che sta utilizzando e del Paese in cui vive (differente tassazione). Per questo studio, sono stati considerati dei prezzi specifici per ciascun vettore energetico per l'anno 2019 (ultimo anno pre-Covid) ed è stata calcolata la spesa media annua per una famiglia, seguendo lo stesso procedimento adottato per il consumo di energia. I costi specifici sono riportati in *Tabella 5*.

Tabella 5: costi specifici medi sostenuti nel 2019 per il consumo finale di energia

Specific Final Energy Costs							
	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]		[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	1582	19	764	Malta	771	7	224
Belgio	1807	23	814	Norvegia	3419	37	1480
Bulgaria	452	10	252	Paesi Bassi	1785	19	716
Cipro	1230	9	428	Polonia	1010	14	339
Danimarca	2240	18	998	Portogallo	685	10	386
Estonia	1118	20	547	Regno Unito	1428	18	570
Finlandia	2327	32	1158	Repubblica Ceca	1449	19	558
Francia	1377	18	676	Romania	562	12	248
Germania	1738	21	833	Slovacchia	961	14	344
Grecia	698	15	429	Slovenia	1201	16	465
Irlanda	1746	17	718	Spagna	970	15	509
Italia	1162	14	613	Svezia	2585	29	1189
Lettonia	1026	19	539	Svizzera	1761	18	822
Lituania	820	13	403	Ungheria	790	12	357
Lussemburgo	1822	19	637				

Dopo aver analizzato i consumi domestici totali ed i costi, sono stati ricavati gli stessi per i singoli usi finali, procedendo analogamente a quanto fatto sopra.

Nelle successive *Tabella 6*, *Tabella 7*, *Tabella 8*, *Tabella 9*, *Tabella 10* e *Tabella 11* si riportano, rispettivamente, i valori relativi a: riscaldamento di ambienti interni, produzione di ACS (acqua calda sanitaria), cooking, illuminazione di ambienti interni, elettrodomestici e altri usi.

In *Tabella 6*, si può osservare come le richieste energetiche legate al riscaldamento siano più alte nei Paesi “freddi” e più contenute nel sud Europa. In tutte le nazioni, tali esigenze legate al riscaldamento vengono soddisfatte ricorrendo all'energia elettrica, ai prodotti derivati del petrolio ed alle fonti rinnovabili. Oltre ai precedenti vettori energetici, poi, ciascuna nazione ha in aggiunta alcuni degli altri tre (ad esempio, in Italia, Francia o Germania abbiamo

prevalentemente il gas naturale, mentre nei Paesi baltici è prevalente l'uso del calore derivato, così come in Finlandia e Svezia).

Tabella 6: consumi e costi specifici per esigenze di riscaldamento di ambienti (space heating)

Space heating	Final Energy Consumption			Specific Final Energy Costs		
	[kWh/dwelling]	[kWh/m ²]	[kWh/px]	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	12138	143	5863	760	8.96	367
Belgio	13317	170	6000	825	10.54	372
Bulgaria	3539	76	1968	159	3.41	88
Cipro	3440	25	1198	289	2.06	101
Danimarca	12800	105	5703	872	7.14	388
Estonia	12281	216	6009	672	11.80	329
Finlandia	16089	221	8002	1335	18.32	664
Francia	8798	111	4321	649	8.22	319
Germania	10561	128	5058	672	8.17	322
Grecia	3889	83	2389	268	5.73	165
Irlanda	10001	99	4114	661	6.51	272
Italia	7974	98	4205	538	6.62	284
Lettonia	10614	199	5576	523	9.81	275
Lituania	8908	142	4374	465	7.39	228
Lussemburgo	20753	215	7261	1115	11.55	390
Malta	1442	13	419	113	1.00	33
Norvegia	15173	164	6569	2000	21.65	866
Paesi Bassi	10109	105	4055	902	9.41	362
Polonia	11496	156	3863	502	6.83	169
Portogallo	1644	24	925	94	1.38	53
Regno Unito	10354	132	4129	612	7.79	244
Repubblica Ceca	14048	182	5412	712	9.25	274
Romania	6562	136	2892	257	5.34	113
Slovacchia	8856	129	3170	517	7.55	185
Slovenia	9280	120	3596	481	6.23	186
Spagna	3087	48	1618	206	3.17	108
Svezia	10082	111	4636	1103	12.14	507
Svizzera⁵	11106	112	5180	n.d.	n.d.	n.d.
Ungheria	11133	167	5032	416	6.21	188

⁵ Disponibili i soli consumi finali per esigenze di riscaldamento, senza ripartizione per singoli vettori energetici.
Fonte: <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-ica-countries-switzerland-2018-review>

In *Tabella 7*, si può vedere come per la produzione di ACS la differenza tra nazioni “fredde” e nazioni “calde” sia meno marcata. Anche in questo caso, si ricorre in tutta Europa all’energia elettrica, tuttavia in Paesi come Italia, Spagna, Paesi Bassi, Germania la quota maggiore è appannaggio del gas naturale, che arriva a coprire anche il 90% del totale (nei Paesi Bassi).

Tabella 7: consumi e costi specifici per la produzione di acqua calda sanitaria (DHW)

DHW	Final Energy Consumption			Specific Final Energy Costs		
	[kWh/dwelling]	[kWh/m ²]	[kWh/px]	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	2611	31	1261	250	2.95	121
Belgio	2148	27	968	268	3.43	121
Bulgaria	1203	26	669	105	2.25	58
Cipro	2324	17	809	141	1.01	49
Danimarca	4361	36	1943	400	3.28	178
Estonia	1995	35	976	133	2.33	65
Finlandia	3627	50	1804	352	4.83	175
Francia	1537	19	755	193	2.45	95
Germania	2703	33	1294	253	3.08	121
Grecia	1085	23	666	95	2.03	58
Irlanda	3151	31	1296	284	2.80	117
Italia	1480	18	780	143	1.75	75
Lettonia	2954	55	1552	213	3.99	112
Lituania	1121	18	551	77	1.22	38
Lussemburgo	2005	21	702	106	1.10	37
Malta	1797	16	522	194	1.71	56
Norvegia	2935	32	1271	536	5.80	232
Paesi Bassi	2662	28	1068	253	2.64	102
Polonia	2886	39	970	173	2.35	58
Portogallo	1015	15	571	90	1.31	51
Regno Unito	2681	34	1069	162	2.05	64
Repubblica Ceca	3496	45	1347	305	3.95	117
Romania	1412	29	622	54	1.13	24
Slovacchia	1723	25	617	131	1.91	47
Slovenia	2544	33	986	207	2.69	80
Spagna	1220	19	639	121	1.86	63
Svezia	2589	29	1191	306	3.37	140
Svizzera⁶	2351	24	1097	n.d.	n.d.	n.d.
Ungheria	1992	30	900	146	2.19	66

⁶ Disponibili i soli consumi finali per la produzione di ACS, senza ripartizione per singoli vettori energetici.
Fonte: <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-ica-countries-switzerland-2018-review>

In *Tabella 8* si riportano i consumi legati alla preparazione dei pasti, nella maggior parte dei Paesi europei soddisfatti dal gas naturale (in Italia esso copre circa il 70%); segue l'energia elettrica, che copre oltre il 90% del fabbisogno in Germania e nei Paesi scandinavi. Interessante è la situazione in Portogallo, dove circa il 30% delle richieste è invece coperto dalle rinnovabili.

Tabella 8: consumi e costi specifici per la preparazione dei pasti (cooking)

Cooking	Final Energy Consumption			Specific Final Energy Costs		
	[kWh/dwelling]	[kWh/m ²]	[kWh/px]	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	467	6	226	89	1.05	43
Belgio	309	4	139	60	0.77	27
Bulgaria	571	12	318	51	1.09	28
Cipro	711	5	248	90	0.64	31
Danimarca	334	3	149	97	0.80	43
Estonia	820	14	401	69	1.20	34
Finlandia	235	3	117	39	0.53	19
Francia	750	9	368	96	1.21	47
Germania	1041	13	498	301	3.66	144
Grecia	445	10	274	61	1.31	38
Irlanda	383	4	157	77	0.76	32
Italia	786	10	415	80	0.99	42
Lettonia	1143	21	601	72	1.34	38
Lituania	813	13	399	50	0.79	24
Lussemburgo	676	7	236	71	0.74	25
Malta	1022	9	297	100	0.89	29
Norvegia	353	4	153	66	0.71	29
Paesi Bassi	336	4	135	44	0.46	18
Polonia	1455	20	489	99	1.34	33
Portogallo	2075	30	1167	267	3.89	150
Regno Unito	455	6	182	57	0.72	23
Repubblica Ceca	1282	17	494	143	1.85	55
Romania	1020	21	450	56	1.15	25
Slovacchia	703	10	252	50	0.73	18
Slovenia	649	8	252	74	0.96	29
Spagna	531	8	278	86	1.32	45
Svezia	284	3	130	58	0.64	27
Svizzera⁷	573	6	267	n.d.	n.d.	n.d.
Ungheria	759	11	343	45	0.67	20

⁷ Disponibili i soli consumi finali per la preparazione dei pasti, senza ripartizione per singoli vettori energetici.
Fonte: <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-ica-countries-switzerland-2018-review>

L'illuminazione degli ambienti interni (*Tabella 9*) viene soddisfatta chiaramente con la sola elettricità in ogni Paese. Si può osservare una richiesta specifica maggiore nella fascia settentrionale del continente, probabilmente a prova del fatto che le ore di luce durante l'anno sono minori rispetto alle altre nazioni.

Tabella 9: consumi e costi specifici per esigenze di illuminazione degli ambienti interni (lighting)

Lighting	Final Energy Consumption			Specific Final Energy Costs		
	[kWh/dwelling]	[kWh/m ²]	[kWh/px]	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	354	4	171	72	0.85	35
Belgio	380	5	171	108	1.38	49
Bulgaria	170	4	95	17	0.36	9
Cipro	576	4	201	127	0.91	44
Danimarca	1285	11	573	384	3.14	171
Estonia	1028	18	503	140	2.45	68
Finlandia	691	10	344	120	1.64	60
Francia	275	3	135	49	0.62	24
Germania	223	3	107	69	0.84	33
Grecia	479	6	171	44	0.95	27
Irlanda	1057	10	435	256	2.52	105
Italia	386	5	203	89	1.09	47
Lettonia	534	10	281	87	1.63	46
Lituania	726	12	356	91	1.45	45
Lussemburgo	522	5	183	94	0.97	33
Malta	409	4	119	53	0.47	15
Norvegia	1030	11	446	192	2.08	83
Paesi Bassi	499	5	200	103	1.08	41
Polonia	192	3	65	26	0.35	9
Portogallo	308	5	173	66	0.97	37
Regno Unito	412	5	164	87	1.11	35
Repubblica Ceca	154	2	60	27	0.35	10
Romania	201	4	88	27	0.57	12
Slovacchia	138	2	50	22	0.32	8
Slovenia	332	4	128	54	0.70	21
Spagna	462	7	242	111	1.71	58
Svezia	567	6	261	117	1.29	54
Svizzera⁸	492	5	230	n.d.	n.d.	n.d.
Ungheria	655	10	296	73	1.10	33

⁸ Disponibili i soli consumi finali per esigenze di illuminazione degli ambienti interni, senza ripartizione per singoli vettori energetici. *Fonte:* <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-ica-countries-switzerland-2018-review>

Così come per l'illuminazione, anche tutte le richieste energetiche legate a piccoli e grandi elettrodomestici⁹ (Tabella 10) sono soddisfatte dalla sola energia elettrica.

Tabella 10: consumi e costi specifici legati a piccoli e grandi elettrodomestici (appliances)

Appliances	Final Energy Consumption			Specific Final Energy Costs		
	[kWh/dwelling]	[kWh/m ²]	[kWh/px]	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	1465	17	708	298	3.51	144
Belgio	1894	24	853	538	6.86	242
Bulgaria	1186	26	660	118	2.54	66
Cipro	1544	11	538	340	2.43	118
Danimarca	1577	13	703	471	3.86	210
Estonia	770	14	377	105	1.83	51
Finlandia	2075	28	1032	360	4.94	179
Francia	2161	27	1061	384	4.87	189
Germania	1288	16	617	398	4.83	190
Grecia	1181	25	726	188	4.02	116
Irlanda	1780	18	732	431	4.25	177
Italia	1110	14	586	256	3.14	135
Lettonia	768	14	403	125	2.35	66
Lituania	1097	17	539	138	2.19	68
Lussemburgo	2349	24	822	422	4.37	148
Malta	1409	12	409	182	1.61	53
Norvegia	3137	34	1358	586	6.34	254
Paesi Bassi	2296	24	921	475	4.95	190
Polonia	1565	21	526	210	2.86	71
Portogallo	747	11	420	161	2.34	90
Regno Unito	2406	31	960	511	6.50	204
Repubblica Ceca	1200	16	462	210	2.72	81
Romania	1202	25	530	163	3.39	72
Slovacchia	1469	21	526	232	3.38	83
Slovenia	2271	29	880	371	4.81	144
Spagna	1789	28	938	430	6.64	225
Svezia	2972	33	1367	612	6.74	281
Svizzera¹⁰	1476	15	689	n.d.	n.d.	n.d.
Ungheria	959	14	433	107	1.61	49

⁹ Piccoli elettrodomestici: asciugacapelli, frullatori, rasoi elettrici, macchine per il caffè. Grandi elettrodomestici: congelatore, frigorifero, forno, lavatrice, lavastoviglie, condizionatore, scaldabagno.

¹⁰ Disponibili i soli consumi finali per piccoli e grandi elettrodomestici, senza ripartizione per singoli vettori energetici. Fonte: <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-switzerland-2018-review>

In *Tabella 11*, infine, sono riportati i consumi specifici legati ad altri usi finali diversi da quelli analizzati finora; si può osservare come in molte nazioni essi siano di fatto nulli. Tra tutti, però, va sottolineato il caso della Svezia, in cui la richiesta di energia per altri usi finali è significativa (circa l'8% del totale, probabilmente dovuto alla forte presenza di saune o piscine nel Paese).

Tabella 11: consumi e costi specifici legati ad altri usi finali diversi da quelli visti finora

Other end uses	Final Energy Consumption			Specific Final Energy Costs		
	[kWh/dwelling]	[kWh/m ²]	[kWh/px]	[€/dwelling]	[€/m ²]	[€/px]
Austria	554.11	6.53	267.64	112.71	1.33	54.44
Belgio	66.00	0.84	29.73	3.66	0.05	1.65
Bulgaria	-	-	-	-	-	-
Cipro	11.32	0.08	3.94	0.33	0.002	0.12
Danimarca	117.36	0.96	52.29	16.62	0.14	7.40
Estonia	-	-	-	-	-	-
Finlandia	868.03	11.91	431.71	38.19	0.52	18.99
Francia	-	-	-	-	-	-
Germania	143.98	1.75	68.95	36.73	0.45	17.59
Grecia	-	-	-	-	-	-
Irlanda	154.24	1.52	63.45	37.37	0.37	15.37
Italia	165.60	2.04	87.33	38.10	0.47	20.09
Lettonia	92.69	1.74	48.69	6.75	0.13	3.55
Lituania	-	-	-	-	-	-
Lussemburgo	-	-	-	-	-	-
Malta	133.65	1.18	38.83	17.24	0.15	5.01
Norvegia	184.91	2.00	80.06	34.52	0.37	14.95
Paesi Bassi	-	-	-	-	-	-
Polonia	-	-	-	-	-	-
Portogallo	-	-	-	-	-	-
Regno Unito	-	-	-	-	-	-
Repubblica Ceca	325.42	4.22	125.37	49.91	0.65	19.23
Romania	-	-	-	-	-	-
Slovacchia	2.87	0.04	1.03	0.08	0.001	0.03
Slovenia	-	-	-	-	-	-
Spagna	2.60	0.04	1.36	0.18	0.003	0.10
Svezia	1896	21	872	390	4.30	179
Svizzera	-	-	-	-	-	-
Ungheria	-	-	-	-	-	-

Nel complesso, in Europa, la quota di combustibili nel consumo finale di energia in ambito residenziale viene riportata in *Tabella 12*.

Tabella 12: quota di combustibili nel consumo finale di energia nel settore residenziale per tipo di uso finale, EU, 2020 (%)

	energy use	space heating	space cooling	water heating	cooking	lighting and electrical appliances	other end use
Solid fossil fuels, peat, peat briquettes	2.9	91.0	0.0	7.8	1.1		0.0
Natural gas	32.0	74.6	0.0	19.3	6.1		0.0
Oil and petroleum products	12.5	78.2	0.0	14.6	6.5		0.7
Renewables and biofuels	19.2	87.9	0.0	10.3	1.2		0.7
Electricity	25.1	13.1	1.5	12.0	12.5	57.9	3.0
Heat	8.3	77.0	0.0	23.0	0.0		0.0
Total	100.0	62.8	0.4	15.1	6.1	14.5	1.0

Source: Eurostat (online data code: nrg_d_hhq)

eurostat 

3.2 Cooling: la situazione corrente e quella prevista

La domanda di raffrescamento degli ambienti interni sta crescendo rapidamente negli ultimi anni a causa soprattutto dell'aumento delle temperature e di una sempre maggiore richiesta di comfort termico da parte degli occupanti di locali al chiuso.

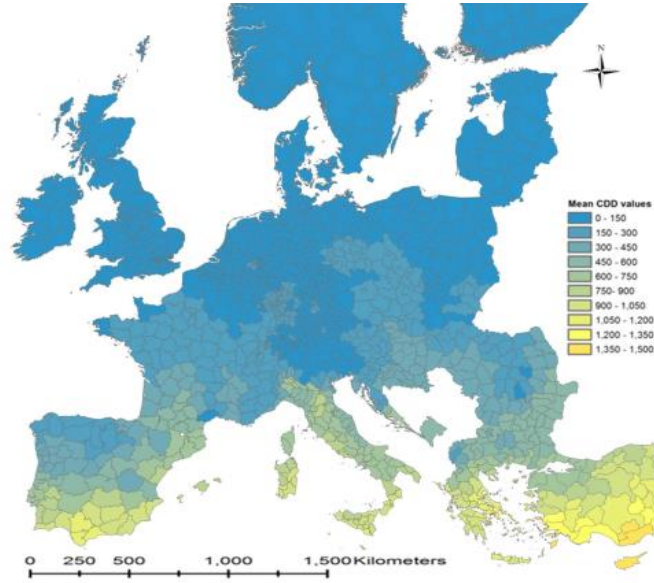
La domanda di raffrescamento negli Stati membri dell'UE, però, spesso non è ben consolidata o addirittura sconosciuta. Inoltre, a livello europeo, Eurostat non effettua il monitoraggio dell'energia utilizzata per il raffrescamento nei loro bilanci energetici. Ciò è dovuto al fatto che la maggior parte del raffrescamento ambientale è fornito da climatizzatori elettrici, mentre le statistiche europee non differenziano il modo in cui viene utilizzata l'elettricità, ad esempio per il raffrescamento, per l'illuminazione o per altri scopi.

Sono stati condotti diversi studi sull'attuale domanda di cooling e alcuni sulle richieste future. Le metodologie utilizzate per le loro analisi differiscono e la differenza nei risultati è spesso sostanziale, ovvero anche fino ad un fattore due nel settore residenziale in Europa.

Per questo studio, invece, si è fatto riferimento all'approccio adottato da M. Jakubcionis, J. Carlsson¹¹ per la stima della potenziale domanda di raffrescamento in ambito residenziale nell'UE, che utilizza gli Stati Uniti come proxy. Il metodo impiega un approccio georeferenziato per stabilire una relazione tra la domanda di raffrescamento ed il numero di gradi giorno di raffrescamento in 3141 contee degli USA. Questa relazione viene quindi utilizzata per fornire una stima della potenziale domanda di raffrescamento in 1335 regioni NUTS-3 (**Figura 3.1**) dell'UE utilizzando il loro numero di gradi giorno di raffrescamento come parametro di input.

¹¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151630653X>

Figura 3.1: distribuzione dei valori medi di gradi giorno nelle regioni NUTS-3 in Europa



Esistono solo dati limitati sul consumo di energia per esigenze di raffrescamento degli ambienti negli Stati membri dell'UE. A differenza del settore del riscaldamento, che è ben coperto ed analizzato, quello del cooling è stato per lo più trascurato, soprattutto nelle regioni a clima più freddo. La domanda attuale di raffrescamento domestico nell'UE è stata stimata in diversi studi (JRC, 2012; Odyssee-Mure, 2014; Werner, 2015; Kemna e Acedo, 2014).

In *Tabella 13* vengono riportati i risultati di alcuni di questi studi.

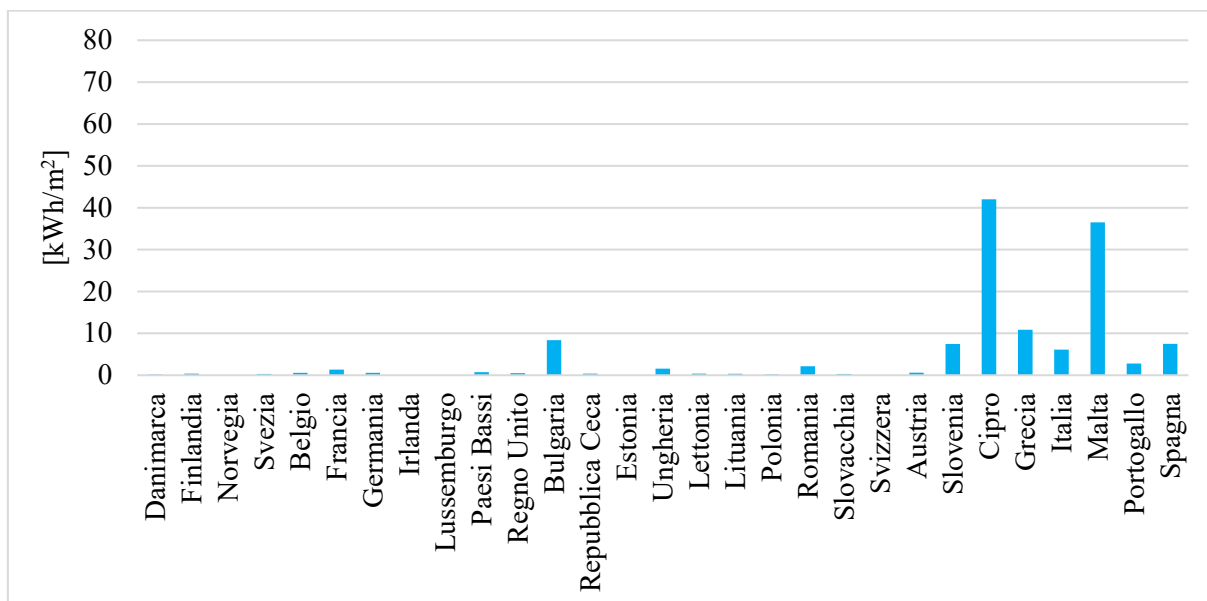
Tabella 13: stima della corrente richiesta di cooling in ambito residenziale in Europa

Country	Current residential cooling demand, TW h/a		
	(JRC, 2012)	(Werner, 2015)	Comprehensive assessments
Austria	0.03	0.23	N/A
Belgium	0.61	0.23	0.08
Bulgaria	1.25	1.51	N/A
Croatia	n.a.	1.08	0.78
Cyprus	0.17	2.34	1.68
Czech Republic	0.89	0.12	N/A
Denmark	0.00	0.05	N/A
Estonia	0.00	0.00	N/A
Finland	0.75	0.08	0.12
France	10.33	3.52	N/A
Germany	0.19	1.91	N/A
Greece	0.56	3.23	3.28
Hungary	0.00	0.46	N/A
Ireland	0.00	0.00	0
Italy	4.19	15.50	4.01
Latvia	0.00	0.02	N/A
Lithuania	0.00	0.03	N/A
Luxembourg	0.00	0.00	N/A
Malta	0.03	0.63	0.14
Netherlands	0.75	0.48	N/A
Poland	0.83	0.19	N/A
Portugal	0.42	1.12	N/A
Romania	0.33	0.90	N/A
Slovakia	0.14	0.04	N/A
Slovenia	0.00	0.47	N/A
Spain	2.08	11.92	2.23
Sweden	0.83	0.13	N/A
United Kingdom	0.00	1.05	0
EU-28	24.38	47.24	-

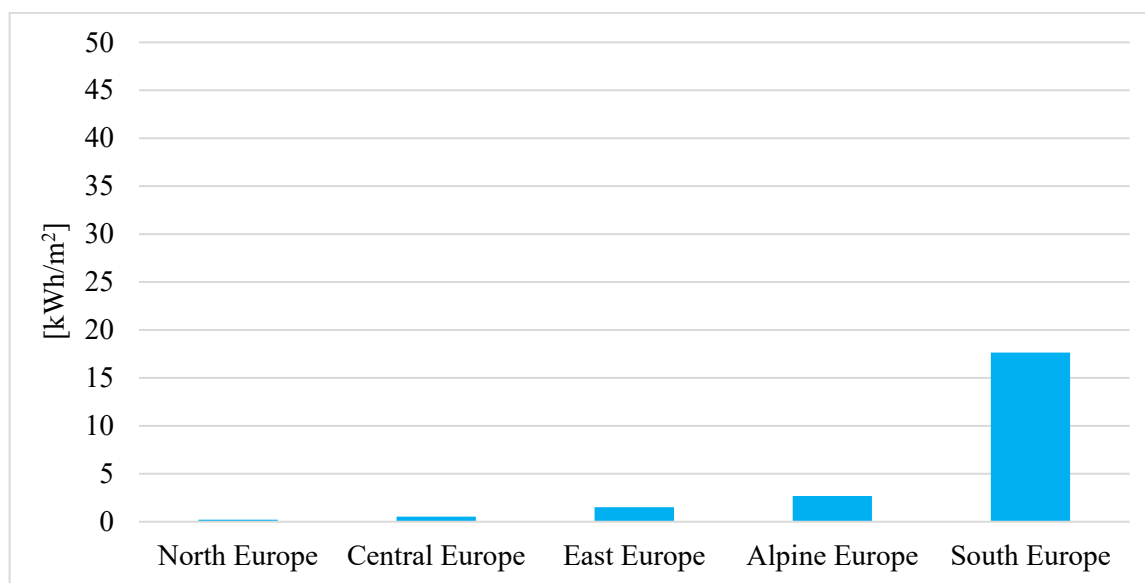
Utilizzando i valori forniti da Werner, 2015 e conoscendo la superficie residenziale calpestabile di ciascuna nazione, sono stati ricavati i consumi specifici per metro quadrato legati al raffrescamento. In *Tabella 14* ed in **Figura 3.2** si riportano i valori correnti del cooling.

Tabella 14: richieste correnti di cooling in Europa

	Residential Floor Space	Current Cooling Demand
	[km ²]	[kWh/m ²]
Austria	365	0.631
Belgio	408	0.564
Bulgaria	181	8.360
Cipro	56	42.019
Danimarca	318	0.157
Estonia	37	0.000
Finlandia	201	0.399
Francia	2648	1.329
Germania	3309	0.577
Grecia	297	10.859
Irlanda	199	0.000
Italia	2534	6.116
Lettonia	53	0.374
Lituania	86	0.348
Lussemburgo	21	0.000
Malta	17	36.506
Norvegia	217	0.000
Paesi Bassi	675	0.711
Polonia	950	0.200
Portogallo	399	2.806
Regno Unito	2137	0.491
Repubblica Ceca	313	0.383
Romania	417	2.159
Slovacchia	133	0.301
Slovenia	63	7.442
Spagna	1589	7.503
Svezia	430	0.302
Svizzera	395	0.000
Ungheria	292	1.577

Figura 3.2: domanda corrente di cooling, per nazione

Si può chiaramente osservare come le esigenze di raffrescamento siano concentrate soprattutto nel sud Europa. Per avere un quadro più generale della situazione legata al cooling in Europa, si riporta in **Figura 3.3** il diagramma dei consumi relativo a macroaree europee, individuate facendo riferimento alla classificazione dei climi di Koppen.

Figura 3.3: domanda corrente di cooling, per macroarea

Per il futuro, la stima della richiesta annua di raffrescamento in ambito residenziale in Europa si basa sul presupposto che, sotto le stesse condizioni climatiche, la potenziale domanda specifica di cooling e la penetrazione della climatizzazione sono simili sia per le abitazioni negli Stati Uniti che per quelle in Europa nella prospettiva più lunga.

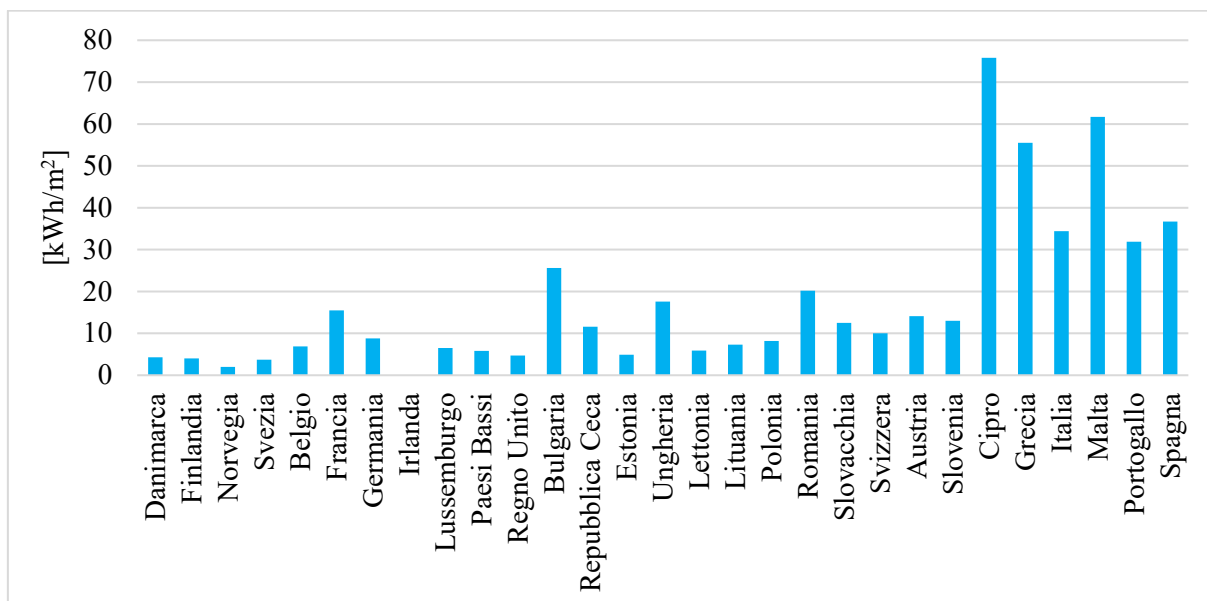
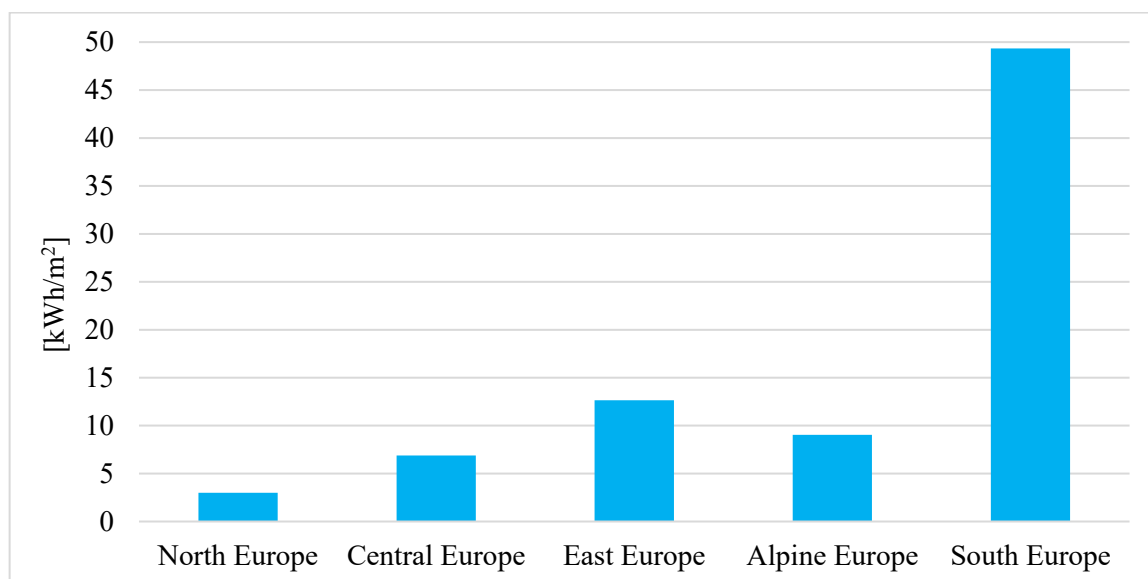
Secondo i dati presentati in *Tabella 15*, la potenziale penetrazione di sistemi di raffrescamento negli ambienti in Irlanda è uguale a zero, che è l'indicatore più basso di tutti i Paesi dell'UE ed è direttamente correlato con le condizioni climatiche dell'Irlanda (basso valore di CDD). Nel caso degli altri Paesi dell'UE, la potenziale penetrazione di cooling in ambito residenziale varia dal 12% della Svezia al 97% di Cipro e Malta.

Tabella 15: domanda specifica stimata e potenziale penetrazione di sistemi di raffrescamento

Country	NUTS-3 region with the highest CDD value	NUTS-3 region with the lowest CDD value	Mean CDD value	Potential penetration of space cooling, %	Specific cooling demand, kW h/m ² a
Austria	11	338	188	58.2	14.1
Belgium	83	130	94	40.4	6.9
Bulgaria	399	560	418	80.3	25.6
Croatia	195	691	299	74.0	22.1
Cyprus	1457	1457	1457	97.3	75.8
Czech Republic	56	288	134	54.8	11.6
Denmark	41	61	42	23.1	4.3
Estonia	53	73	68	28.7	4.9
Finland	14	61	14	16.3	4.0
France	69	680	95	59.7	15.5
Germany	30	266	53	46.1	8.8
Greece	542	1360	612	95.7	55.5
Hungary	214	395	236	69.4	17.6
Ireland	3	14	3	0	0
Italy	62	1059	107	82.5	34.4
Latvia	70	98	74	35.0	5.9
Lithuania	89	113	104	39.8	7.3
Luxembourg	98	98	98	39.0	6.5
Malta	1173	1181	1173	97.3	61.7
Netherlands	58	128	68	34.1	5.8
Poland	60	193	64	44.5	8.2
Portugal	313	1093	324	82.0	31.9
Romania	2	561	336	70.0	20.2
Slovakia	73	298	73	53.7	12.5
Slovenia	65	378	285	56.7	13.0
Spain	152	1328	223	84.7	36.7
Sweden	3	57	3	11.7	3.7
United Kingdom	2	106	2	16.9	4.7

Così come è stato fatto per la domanda corrente di cooling, anche quella potenziale viene rappresentata in un istogramma in aggiunta ai consumi finali di energia, che vengono invece supposti all'incirca costanti nel tempo.

È possibile osservare ciò in **Figura 3.4** ed in **Figura 3.5** e, confrontando queste con le precedenti **Figura 3.2** e **Figura 3.3** si può avere un'idea di come le esigenze di raffrescamento vadano ad aumentare nel corso degli anni.

Figura 3.4: quota potenziale di cooling, per nazione**Figura 3.5: quota potenziale di cooling, per macroarea**

Fino ad ora, solo uno studio ha stimato la futura domanda di raffreddamento degli ambienti di tutti gli Stati membri dell'UE (Werner, 2015). Si prevede che se tutte le famiglie usassero il raffrescamento degli ambienti (piena penetrazione), la domanda potenziale sarebbe pari a circa 450 TWh annui. Un ulteriore studio (Rescue, 2014), invece, ha stimato che la domanda di raffrescamento degli spazi residenziali può essere potenzialmente pari a 710 TWh all'anno. Lo studio preso come riferimento per questo lavoro di tesi (M. Jakubcionis, J. Carlsson "Estimation of European Union residential sector space cooling potential") mostra che, data la penetrazione del raffrescamento negli ambienti residenziali come calcolato per ciascuna regione NUTS-3 considerando la situazione degli Stati Uniti come proxy, la domanda media di

cooling residenziale potrebbe raggiungere 292 TWh annui, potendo variare da 211 a 404 TWh all'anno a seconda delle condizioni climatiche di un dato anno.

La differenza sostanziale tra i tre studi sta nel fatto che in questo si ipotizza che una piena penetrazione di raffrescamento degli ambienti non viene mai raggiunta, nemmeno nelle regioni con climi più caldi.

3.3 I consumi legati all'uso di automobili

Apparentemente scollegato dall'ambito residenziale, quello delle auto è in realtà un settore da prendere in considerazione quando si vanno ad analizzare consumi e costi di un utente domestico. Infatti, l'utilizzo dell'autovettura per le esigenze più svariate caratterizza la vita di tutti i giorni delle persone e, dunque, non è sbagliato sommare alle richieste energetiche di un'abitazione anche quelle legate all'uso delle automobili.

Allo stato attuale, in Europa, si registrano in media 522 autovetture ogni 1000 abitanti (il Lussemburgo ha il maggior numero di auto pro capite, circa 687 ogni 1000 abitanti, mentre il dato più basso si registra in Lettonia con 353 auto ogni 1000 abitanti).

La stragrande maggioranza delle auto in circolazione nei Paesi europei è alimentata da motori diesel o a benzina (oltre il 90%)¹², seguite da veicoli a metano, GPL o altre alimentazioni. Tuttavia, negli ultimi anni, è aumentata la vendita in Europa di auto elettriche, vuoi per ridurre i consumi energetici e vuoi per ridurre le emissioni di gas clima alteranti.

A tal proposito, sono stati analizzati i consumi medi annuali legati ad autovetture "tradizionali" così da poterli confrontare poi con quelli di un'auto elettrica.

Per fare questo, è stato considerato un chilometraggio medio annuo di 11300 km (laddove non disponibile per una nazione) e sono stati adottati i valori di LHV (Low Heating Value), densità e consumo medio di carburante riportati in *Tabella 16*.

Tabella 16: valori di LHV, densità e consumo medio di carburante

	LHV	Density	Average Consumption
	[MJ/kg]	[kg/l]	[km/l]
Benzina	43.6	0.680	13
Diesel	44.4	0.835	16

¹² <https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf>

In *Tabella 17* si riportano i consumi specifici per nazione.

Tabella 17: consumi annui di energia per auto “tradizionali” (2020)

	Number of “Traditional” Cars	Total Yearly Consumption	Specific Consumption for Car	Specific Consumption for Person
	[-]	[TWh]	[kWh/car]	[kWh/px]
Austria	4954348	35.80	7226	4133
Belgio	5588280	40.35	7220	3642
Bulgaria	2560389	18.49	7220	2926
Cipro	567173	4.08	7189	3642
Danimarca	2627784	18.92	7200	3354
Estonia	792515	5.72	7212	4402
Finlandia	2676988	19.27	7197	3573
Francia	37119185	311.11	8382	4705
Germania	46511635	437.96	9416	5409
Grecia	5129819	36.80	7174	3689
Irlanda	2122092	15.35	7234	3365
Italia	35468061	253.83	7157	4814
Lettonia	631911	4.58	7243	2555
Lituania	1217599	8.83	7248	3336
Lussemburgo	417677	3.02	7228	4965
Malta	304612	2.19	7201	4206
Norvegia	2182471	14.89	6824	3515
Paesi Bassi	8380262	60.17	7180	3702
Polonia	21346783	154.09	7219	4712
Portogallo	5135700	37.16	7235	3707
Regno Unito	35142297	271.00	7712	4124
Repubblica Ceca	6062445	43.69	7206	4186
Romania	7231080	52.18	7216	2673
Slovacchia	2341810	16.90	7218	3255
Slovenia	1231412	10.76	8735	5187
Spagna	24514760	177.30	7233	3892
Svezia	4400220	31.72	7210	3460
Svizzera	4529849	32.61	7200	3991
Ungheria	3801355	27.38	7202	2923

I dati riportati in tabella mostrano come un'auto ad alimentazione a benzina o diesel consumi in media circa 7400 kWh all'anno di energia, con valori più o meno simili per tutti i Paesi.

Come già detto in precedenza, negli ultimi anni è stato forte l'incremento delle vendite in Europa di auto elettriche, a fronte di una riduzione di quelle "tradizionali" (Tabella 18)¹³.

Tabella 18: nuove registrazioni di auto in Europa per tipo di combustibile (in unità)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Petrol	4,174,069	4,752,707	5,481,409	6,205,957	7,055,394	7,514,812	4,713,778
Diesel	5,359,263	5,762,740	5,890,470	5,551,109	4,655,747	4,106,951	2,778,817
Electrically-chargeable	55,356	119,323	118,542	168,901	240,347	387,325	1,045,082
→ Battery electric	30,820	49,231	53,215	84,070	131,954	247,371	538,023
→ Plug-in hybrids	24,536	70,092	65,327	84,831	108,393	139,954	507,059
Hybrid electric	139,280	174,695	226,940	359,093	503,618	742,084	1,182,792
Fuel cell	32	165	113	218	230	483	749
Natural gas (CNG)	97,214	78,511	57,609	49,553	65,023	68,129	55,028
Other (LPG + E85)	141,452	140,321	118,430	156,710	164,270	186,141	153,344

Source: ACEA

Analogamente a quanto fatto per le auto con motore endotermico, sono stati valutati i consumi annui di una vettura elettrica considerando un chilometraggio medio di 11300 km all'anno.

In media, per una BEV (Battery Electric Vehicle) viene assunto un consumo pari a 15 kWh ogni 100 chilometri; pertanto, in un anno, la richiesta energetica risulterà essere pari a circa 1700 kWh, vale a dire il 77% in meno rispetto a quella necessaria per un'auto con motore a combustione interna.

A questo evidente vantaggio, però, si oppone l'ancora elevato costo d'acquisto di un'autovettura 100% elettrica. Considerando, ad esempio, l'auto elettrica più venduta al mondo (Nissan Leaf), essa ha un costo medio in Europa di circa 30000 €, mentre automobili a benzina o diesel che rientrano nella stessa fascia di mercato hanno costi che si aggirano in media intorno ai 20000 €.

3.4 Efficientamento energetico degli edifici

Dopo aver analizzato i consumi energetici in ambito residenziale, è opportuno andare a vedere anche quelle che sono state o che possono essere eventuali azioni atte a ridurre gli stessi.

Per fare ciò, una misura chiave è il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici. Il settore edile è il più grande consumatore di energia in Europa e si stima che gli immobili odierni

¹³ https://www.acea.auto/files/ACEA_progress_report_2021.pdf

costituiranno almeno il 75% del parco edilizio del 2050. Tuttavia, la maggior parte dell'attuale parco edilizio è stata costruita senza prestazioni energetiche significative, il che fa sì che un rinnovamento energetico è fondamentale per passare a un parco edilizio a basse emissioni di carbonio. Ad oggi, però, il tasso di retrofit e la profondità dello stesso sono ancora troppo bassi (0.4 – 1.2% a seconda del Paese, secondo stime della Commissione Europea).

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del patrimonio edilizio ha molteplici vantaggi, come la riduzione dei costi delle bollette energetiche, il miglioramento della qualità dell'aria interna, un maggiore comfort termico per le famiglie; contribuisce, inoltre, anche ad aumentare la produttività e la competitività nelle imprese e ad una maggiore sicurezza energetica per i cittadini.

Uno studio della Commissione Europea¹⁴ si è posto l'obiettivo di fornire un'analisi completa del livello di efficientamento energetico messo in atto nei Paesi membri tra il 2012 ed il 2016. La determinazione dei tassi e delle profondità delle ristrutturazioni richiede una chiara comprensione del significato di “tasso” e di “profondità”. Per ridurre l'incertezza sulle definizioni, lo studio propone ed applica definizioni chiare per diverse profondità di ristrutturazione, in relazione al risparmio di energia primaria non rinnovabile conseguito in uno specifico anno solare. In particolare:

- “Below threshold” (PES¹⁵ < 3%);
- “Light” renovations (3% < PES < 30%);
- “Medium” renovations (30% < PES < 60%);
- “Deep” renovations (PES > 60%).

In fase di ristrutturazione, vengono distinti interventi “non-energy related” da interventi “energy related”.

Per questo studio, i seguenti lavori sono considerati come “**non-energy renovations**”:

- Ristrutturazione delle facciate senza isolamento;
- Rifacimento del tetto senza isolamento;
- Ampliamento dell'edificio senza applicazione di isolamento;
- Impianti elettrici;
- Tinteggiatura, intonacatura o tappezzeria di pareti interne;
- Pavimentazione interna;

¹⁴ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1.final_report.pdf

¹⁵ PES: Primary Energy Savings

- Ristrutturazione o installazione di bagni o toilette;
- Ristrutturazione o installazione della cucina;
- Molatura e verniciatura di porte e serramenti;
- Ristrutturazione o installazione di scale;
- Ristrutturazione o installazione di ascensori.

Sono considerate invece “**energy renovations**” le seguenti opere:

- Sostituzione delle finestre;
- Sostituzione delle porte d’ingresso dell’edificio;
- Installazione dell’isolamento termico sulla facciata;
- Installazione dell’isolamento termico del tetto;
- Installazione dell’isolamento termico sul pavimento;
- Installazione dell’isolamento termico all’interno di scantinati;
- Installazione dell’isolamento termico sul solaio del sottotetto;
- Sostituzione o prima installazione di un generatore di calore ambientale;
- Sostituzione o prima installazione di uno scaldabagno;
- Sostituzione o prima installazione di un radiatore;
- Sostituzione o prima installazione di un impianto di riscaldamento a pavimento;
- Sostituzione o prima installazione di un sistema di ventilazione meccanica;
- Sostituzione o prima installazione di un sistema di raffrescamento degli ambienti;
- Installazione di un impianto fotovoltaico;
- Sistema di oscuramento (automatico) delle finestre per evitare il surriscaldamento estivo;
- Nuovi impianti di illuminazione.

Le ristrutturazioni profonde in UE si verificano sporadicamente e, in generale, minore è la profondità di rinnovamento e maggiore è il tasso. Se questa tendenza persiste, il settore edile non riuscirà chiaramente ed in modo significativo a fornire risultati adeguati in termini di riduzione di energia primaria, oltre che di riduzione delle emissioni di gas serra.

Per avere un quadro della spesa legata al retrofit, si riportano in *Tabella 19* i costi specifici sostenuti in Europa (2021).

In questo lavoro di tesi si è scelto di considerare le sole “medium” e “deep” renovations, nell’ottica di avere una maggior decarbonizzazione possibile per il futuro.

Tabella 19: investimenti specifici in edifici residenziali (2021)

	Non-energy Related “Total”	Energy Related “Medium”	Energy Related “Deep”
	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]
Austria	195	254	284
Belgio	98	191	325
Bulgaria	52	95	87
Cipro	90	134	134
Danimarca	247	328	284
Estonia	82	133	57
Finlandia	283	411	387
Francia	111	207	333
Germania	135	310	333
Grecia	84	147	160
Irlanda	133	276	320
Italia	88	127	214
Lettonia	63	96	303
Lituania	106	159	68
Lussemburgo	177	264	429
Malta	86	202	168
Norvegia	293	409	369
Paesi Bassi	178	199	266
Polonia	73	89	127
Portogallo	64	56	111
Regno Unito	180	174	325
Repubblica Ceca	82	131	137
Romania	66	98	96
Slovacchia	91	132	91
Slovenia	88	138	131
Spagna	86	41	55
Svezia	300	424	400
Svizzera	124	210	273
Ungheria	101	134	148

CAPITOLO 4: RISULTATI

Dopo aver analizzato le singole richieste energetiche degli utenti domestici in Europa, è possibile mettere insieme il tutto in modo da avere il quadro generale di quelli che sono i consumi totali ed i costi ai quali fanno fronte le persone.

Per quel che concerne i consumi totali legati a heating, DHW, lighting, appliances, cooking e other end uses è stato supposto un trend all'incirca costante nel tempo. Lo stesso dicasi per le auto "tradizionali". L'unica aliquota per cui si osserva un incremento nel tempo è quella legata al raffrescamento degli ambienti interni, come già descritto nel paragrafo 3.2.

In **Figura 4.1** ed in **Figura 4.2** si riportano i diagrammi rappresentativi di quanto appena detto.

Figura 4.1: consumi specifici (domestici totali + cooling corrente + auto tradizionali), per persona

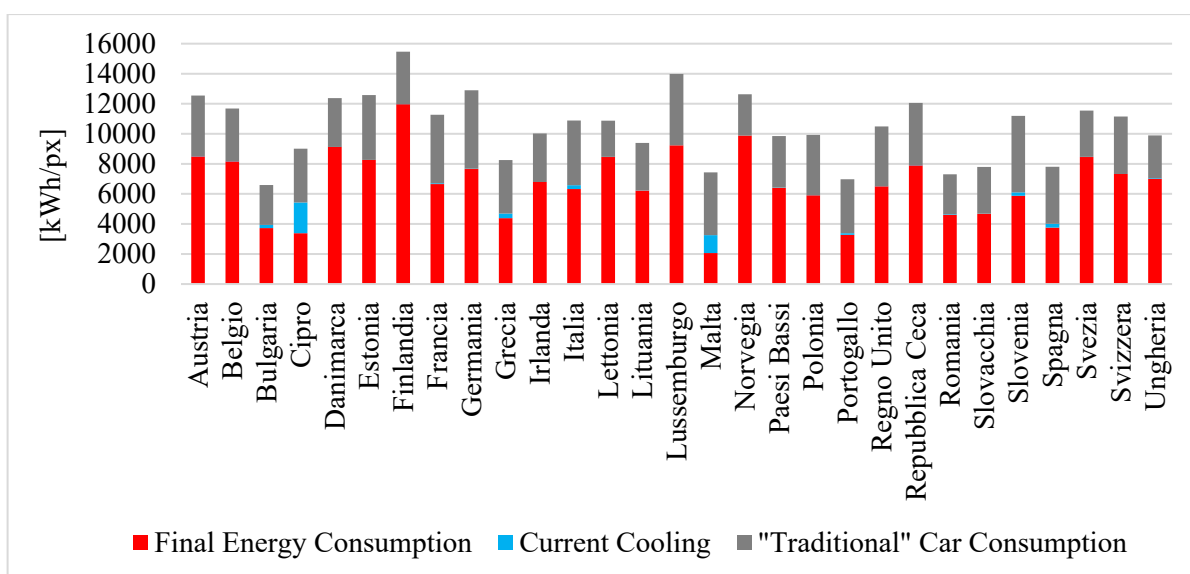
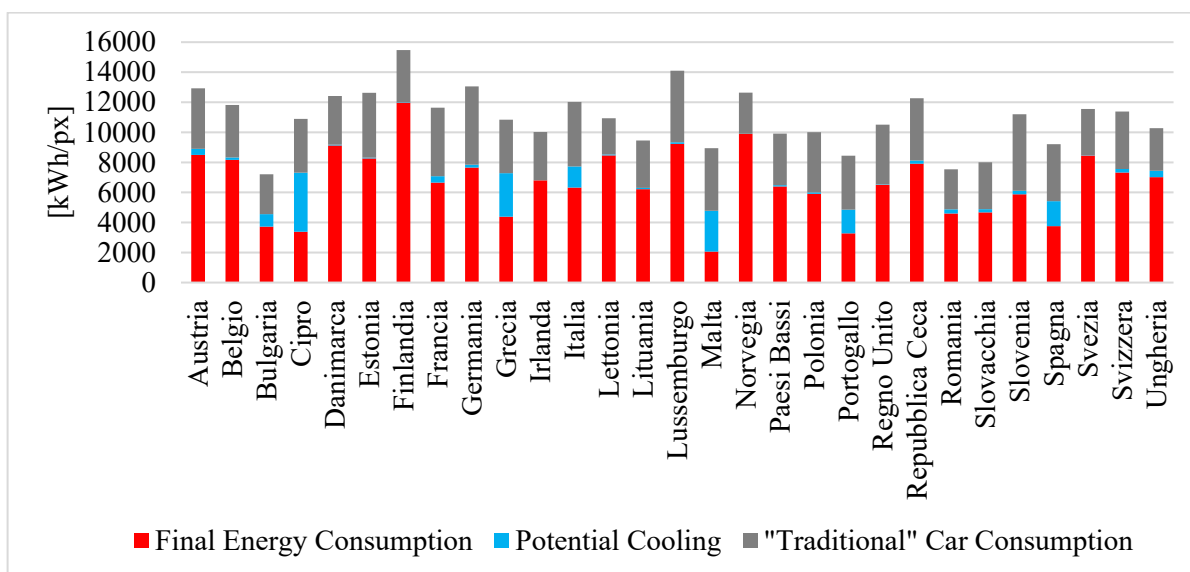


Figura 4.2: consumi specifici (domestici totali + cooling potenziale + auto tradizionali), per persona



Così come fatto nei paragrafi precedenti, si riporta anche in questo caso il grafico per macroarea, così da avere una visione più generale a livello europeo (**Figura 4.3** e **Figura 4.4**).

Figura 4.3: consumi specifici con quota cooling corrente, per persona, per macroarea

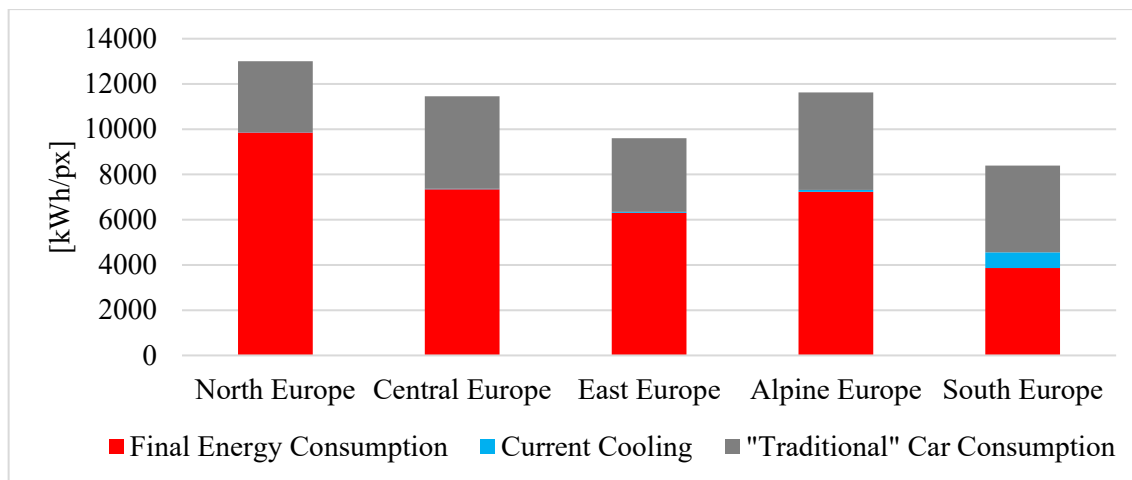
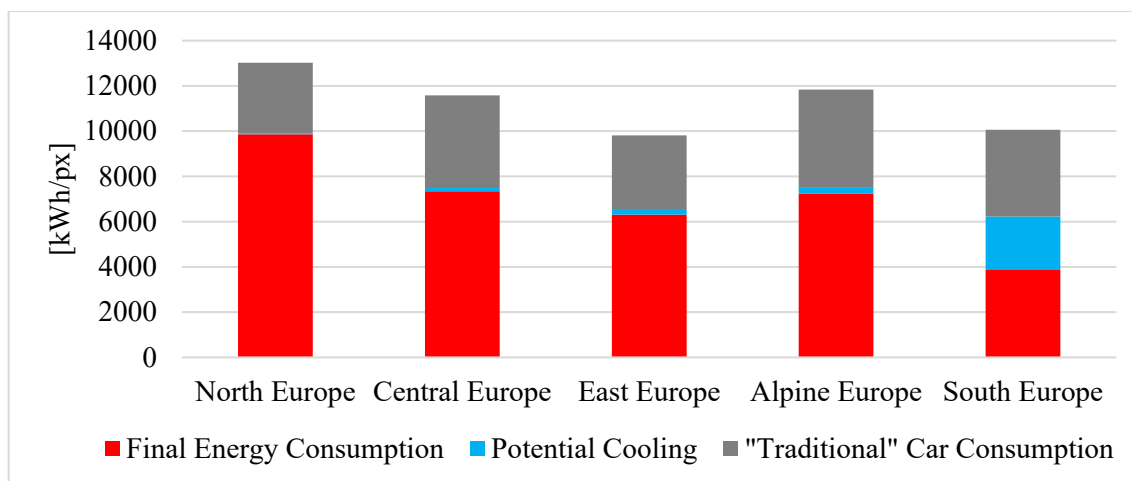


Figura 4.4: consumi specifici con quota cooling potenziale, per persona, per macroarea



Si può osservare come i consumi specifici per persona siano più alti nei Paesi del nord Europa, mentre si registrano quelli più bassi nelle nazioni della fascia meridionale quando si tiene conto della quota corrente legata al cooling.

Prevedendo, invece, una penetrazione dei sistemi di raffrescamento anche superiore al 90% nel sud Europa, per il futuro le richieste energetiche in questa zona potranno subire un significativo incremento (da circa 8000 kWh/px a circa 10000 kWh/px).

Oltre al discorso energetico, è stato affrontato anche quello economico, andando a valutare i costi specifici per persona nell'arco di un anno.

Riguardo i costi legati agli usi finali nel residenziale (escluso il cooling) si è già discusso nel paragrafo 3.1; in merito al raffrescamento, invece, sono stati considerati i prezzi specifici medi dell'energia elettrica (*Fonte: Eurostat*) per calcolare i costi per persona (*Tabella 20*).

Tabella 20: prezzi medi dell'elettricità (2019) e costi specifici per il cooling, per persona

	Electricity	Current	Potential	Final Costs	Final Costs
	Prices	Cooling	Cooling	“Current”	“Potential”
	[€/kWh]	[kWh/px]	[kWh/px]	[€/px]	[€/px]
Austria	0.2034	25.8	407.7	5.25	82.93
Belgio	0.2839	19.9	159.3	5.65	45.23
Bulgaria	0.0997	216.3	833.6	21.57	83.11
Cipro	0.2203	2050.5	3934.6	451.73	866.79
Danimarca	0.2984	8.6	56.5	2.57	16.86
Estonia	0.1357	0.0	45.3	0.00	6.15
Finlandia	0.1734	14.5	28.9	2.51	5.01
Francia	0.1778	51.5	425.2	9.16	75.60
Germania	0.3088	22.7	183.6	7.01	56.70
Grecia	0.1595	312.4	2899.8	49.83	462.52
Irlanda	0.2423	0.0	0.0	0.00	0.00
Italia	0.2301	262.5	1405.9	60.40	323.50
Lettonia	0.1629	10.5	73.4	1.71	11.96
Lituania	0.1255	10.7	82.3	1.34	10.33
Lussemburgo	0.1798	0.0	110.3	0.00	19.83
Malta	0.1290	1198.1	2719.5	154.55	350.82
Norvegia	0.1867	0.0	12.0	0.00	2.24
Paesi Bassi	0.2067	27.3	90.0	5.64	18.60
Polonia	0.1343	4.9	92.0	0.66	12.36
Portogallo	0.2150	108.3	1576.6	23.28	338.97
Regno Unito	0.2122	15.4	27.6	3.27	5.86
Repubblica Ceca	0.1748	11.4	222.7	1.99	38.93
Romania	0.1358	45.8	279.6	6.22	37.97
Slovacchia	0.1577	7.4	210.3	1.17	33.16
Slovenia	0.1634	222.6	236.8	36.37	38.69
Spagna	0.2403	254.9	1662.2	61.25	399.43
Svezia	0.2058	12.6	21.4	2.59	4.40
Svizzera	0.2000	0.0	231.0	0.00	46.20
Ungheria	0.1120	47.6	428.8	5.33	48.03

Infine, per quanto concerne i costi legati all'utilizzo delle automobili “tradizionali”, tenendo conto di quanto detto nel paragrafo 3.3 e considerando i prezzi medi del diesel e della benzina (Fonte: Eurostat, 2019), sono stati calcolati i costi per persona (Tabella 21).

Tabella 21: costi specifici per persona legati all'uso di automobili "tradizionali" (2019)

	Diesel Prices	Petrol Prices	Final Costs
	[€/l]	[€/l]	[€/px]
Austria	1.202	1.231	421
Belgio	1.423	1.378	610
Bulgaria	1.109	1.078	359
Cipro	1.231	1.179	814
Danimarca	1.383	1.592	800
Estonia	1.324	1.332	813
Finlandia	1.404	1.514	878
Francia	1.434	1.499	451
Germania	1.250	1.409	896
Grecia	1.377	1.578	1162
Irlanda	1.322	1.401	416
Italia	1.475	1.567	802
Lettonia	1.198	1.256	220
Lituania	1.138	1.194	238
Lussemburgo	1.094	1.198	587
Malta	1.251	1.381	902
Norvegia	1.605	1.702	368
Paesi Bassi	1.349	1.636	1072
Polonia	1.175	1.160	594
Portogallo	1.356	1.483	468
Regno Unito	1.498	1.419	719
Repubblica Ceca	1.231	1.238	780
Romania	1.195	1.152	415
Slovacchia	1.225	1.318	508
Slovenia	1.250	1.282	567
Spagna	1.209	1.289	462
Svezia	1.508	1.473	669
Svizzera	1.509	1.390	922
Ungheria	1.219	1.163	549

Così come fatto per i consumi, si riportano anche per i costi i grafici relativi a ciascuna nazione e per macroarea (**Figura 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7, Figura 4.8**).

Figura 4.5: costi specifici (domestici totali + cooling corrente + auto tradizionali), per persona

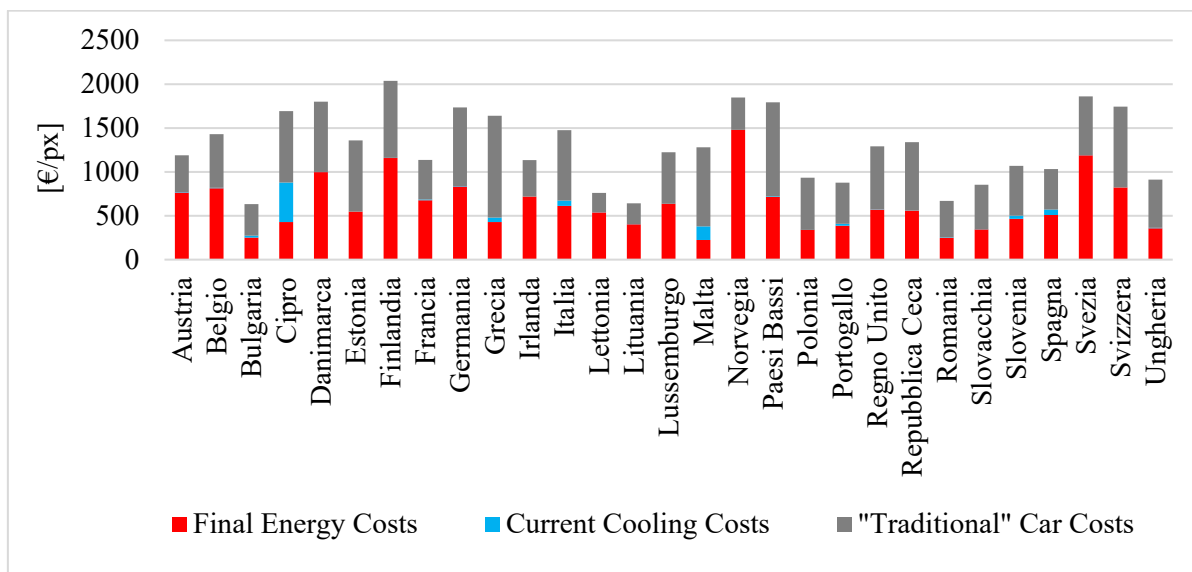


Figura 4.6: costi specifici (domestici totali + cooling potenziale + auto tradizionali), per persona

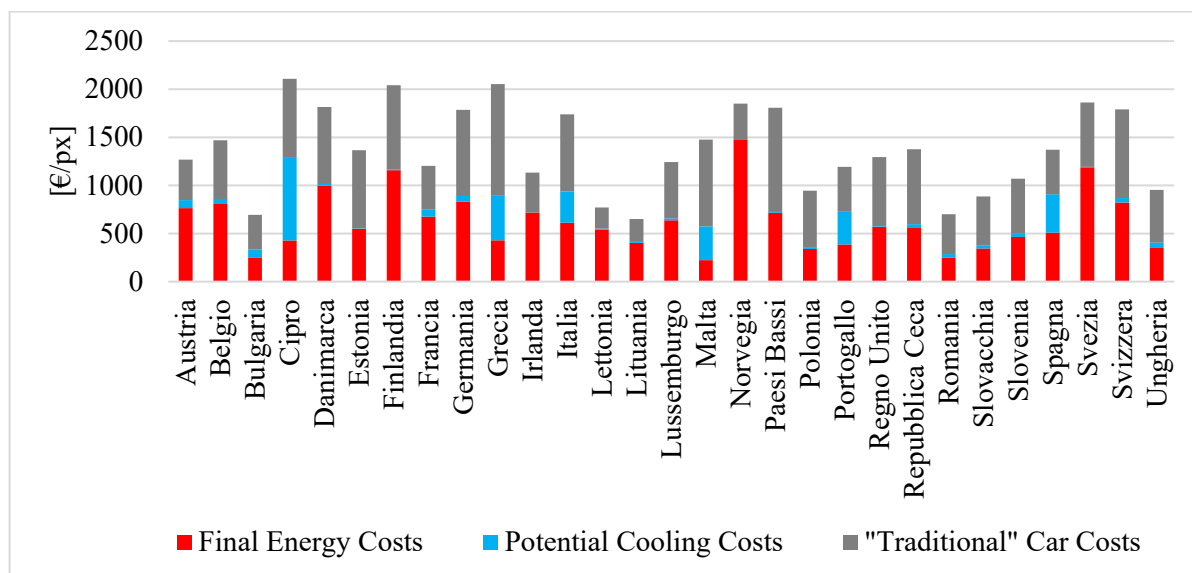


Figura 4.7: costi specifici con quota cooling corrente, per persona, per macroarea

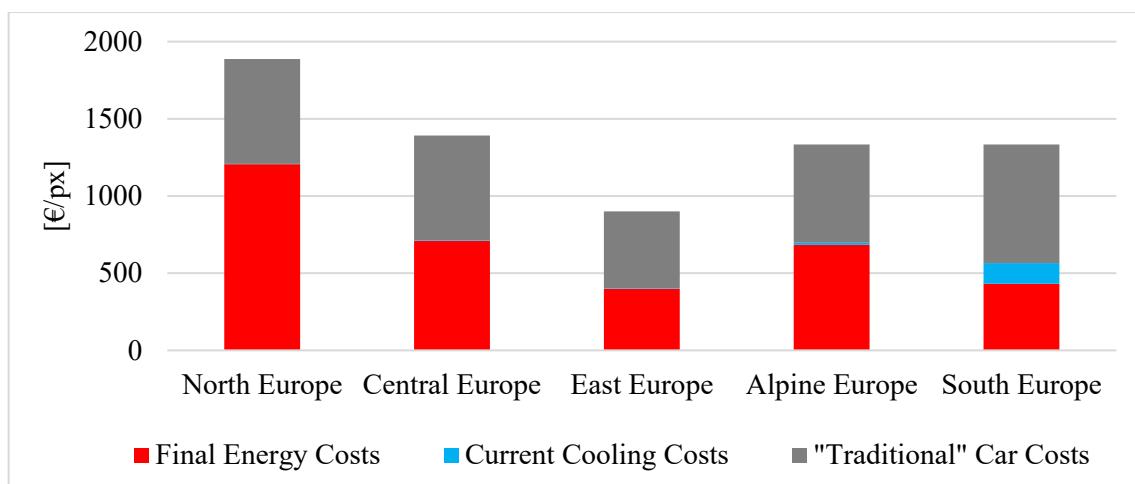
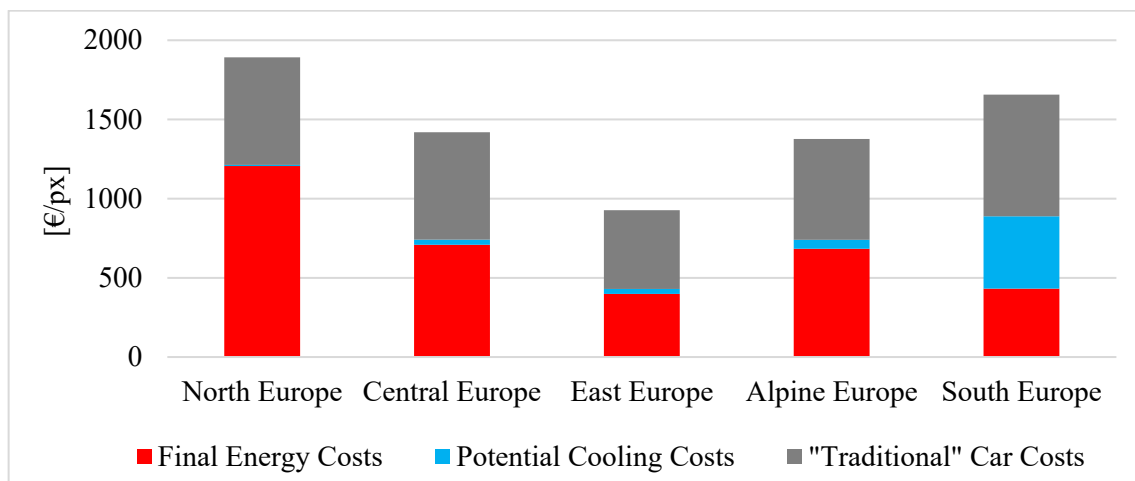


Figura 4.8: costi specifici con quota cooling potenziale, per persona, per macroarea

In conclusione, quello che si può osservare è un andamento piuttosto simile tra consumi e costi legati all'utilizzo di energia finale da parte dell'utente domestico medio in Europa.

Quello che si è ritenuto fare a questo punto, è stato osservare come variano i consumi di energia in ambito residenziale apportando opere di efficientamento energetico agli edifici e prevedendo un utilizzo di auto completamente elettriche in sostituzione di quelle alimentate con motori endotermici.

Tutto ciò è oggetto del Capitolo 5.

CAPITOLO 5: POTENZIALI SCENARI ENERGETICI ED ECONOMICI

Come introdotto alla fine del Capitolo 4, al termine di questo lavoro di tesi sono stati valutati, dal punto di vista energetico ed economico, diversi scenari potenzialmente da mettersi in atto per decarbonizzare il più possibile il settore residenziale in Europa.

Per fare ciò, si è tenuto conto non solo degli interventi da attuare direttamente sugli edifici ma anche di azioni indirettamente collegate all'ambito domestico, quale la sostituzione di auto "tradizionali" con veicoli elettrici.

In questo capitolo, è stato preso come riferimento lo studio della Commissione Europea già esposto nel paragrafo 3.4, in cui nel dettaglio sono riportati tutti i dati riguardanti le opere di efficientamento energetico poste in essere sul territorio europeo. In questa tesi, tuttavia, si è scelto di tenere conto dei soli "medium" e "deep" retrofit, ovvero di quelle azioni di ammodernamento degli edifici che danno i risultati migliori in termini di energia primaria salvata.

Gli scenari proposti prevedono:

- A) Nessuna opera di efficientamento energetico degli edifici ma il solo investimento nell'auto elettrica in sostituzione di quella "tradizionale";
- B) Solo "Medium" retrofit¹⁶ con utilizzo di auto "tradizionale";
- C) Medium retrofit con auto elettrica anziché diesel o benzina;
- D) Solo "Deep" retrofit¹⁷ con utilizzo di auto "tradizionale";
- E) Deep retrofit con auto elettrica anziché diesel o benzina.

Scenario A)

Nel primo scenario, non viene prevista alcuna azione di efficientamento energetico sugli edifici ma si ipotizza di voler ridurre i consumi sostituendo l'auto alimentata da un motore endotermico con una alimentata elettricamente.

I consumi domestici restano gli stessi visti in precedenza, mentre sono ora da valutare quelli legati alla BEV, così da poter fare un confronto con quelli che si hanno per un'auto "tradizionale". Si riportano i dati relativi a ciò in *Tabella 22*.

¹⁶ Si suppone incluso sistema di raffrescamento ed impianto fotovoltaico.

¹⁷ Si suppone incluso sistema di raffrescamento ed impianto fotovoltaico.

Tabella 22: consumi annuali per auto “tradizionali” e per auto elettriche

	Consumption for “Traditional” Car	Consumption for Person (“Traditional” Car)	Consumption for BEV	Consumption for Person (BEV)
	[kWh/car]	[kWh/px]	[kWh/BEV]	[kWh/px]
Austria	7226	4133	1697	970
Belgio	7220	3642	1695	855
Bulgaria	7220	2926	1695	687
Cipro	7189	3642	1695	859
Danimarca	7200	3354	1695	790
Estonia	7212	4402	1695	1035
Finlandia	7197	3573	1695	841
Francia	8382	4705	1968	1105
Germania	9416	5409	2115	1215
Grecia	7174	3689	1695	872
Irlanda	7234	3365	1695	788
Italia	7157	4814	1680	1130
Lettonia	7243	2555	1695	598
Lituania	7248	3336	1695	780
Lussemburgo	7228	4965	1695	1164
Malta	7201	4206	1695	990
Norvegia	6824	3515	1693	872
Paesi Bassi	7180	3702	1695	874
Polonia	7219	4712	1695	1107
Portogallo	7235	3707	1695	868
Regno Unito	7712	4124	1786	955
Repubblica Ceca	7206	4186	1695	984
Romania	7216	2673	1695	628
Slovacchia	7218	3255	1695	764
Slovenia	8735	5187	2034	1208
Spagna	7233	3892	1695	912
Svezia	7210	3460	1695	813
Svizzera	7200	3991	1695	940
Ungheria	7202	2923	1695	688

Nel complesso, dunque, i consumi energetici che si hanno ipotizzando lo *Scenario A)* sono riportati, per nazione e per macroarea, in **Figura 5.1**, **Figura 5.2**, **Figura 5.3** e **Figura 5.4**.

Figura 5.1: consumi specifici con cooling corrente per lo Scenario A), per persona, per nazione

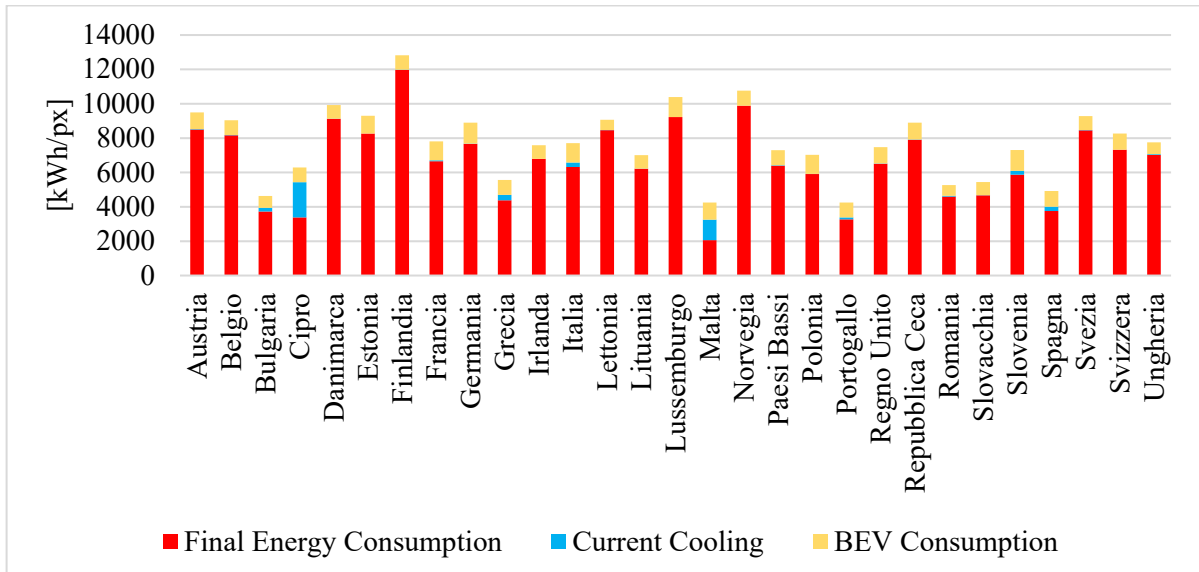


Figura 5.2: consumi specifici con cooling potenziale per lo Scenario A), per persona, per nazione

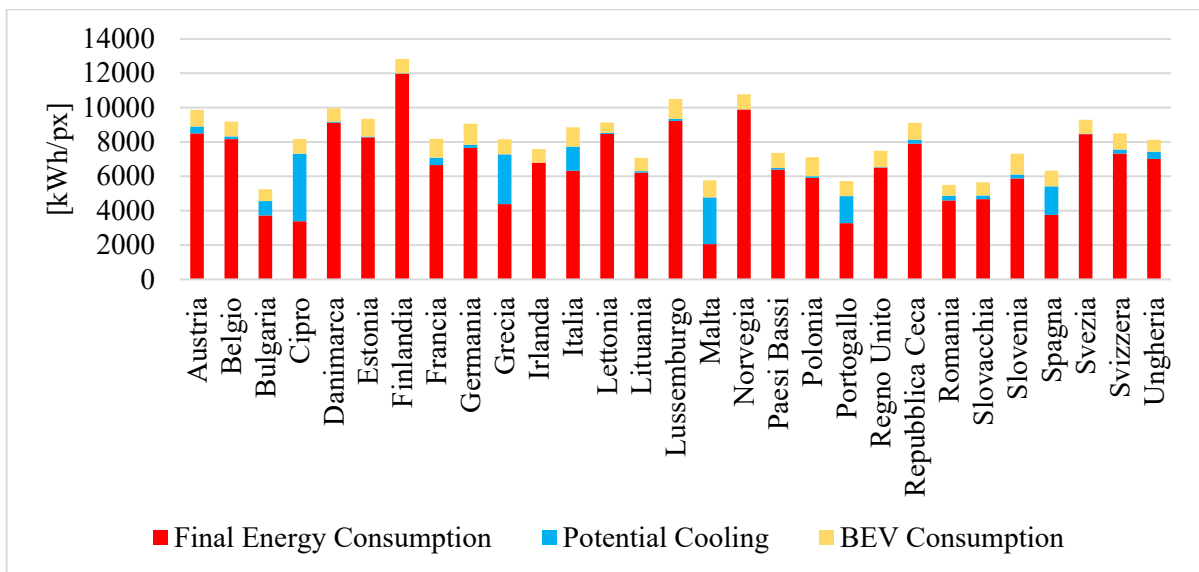


Figura 5.3: consumi specifici con cooling corrente per lo Scenario A), per macroarea

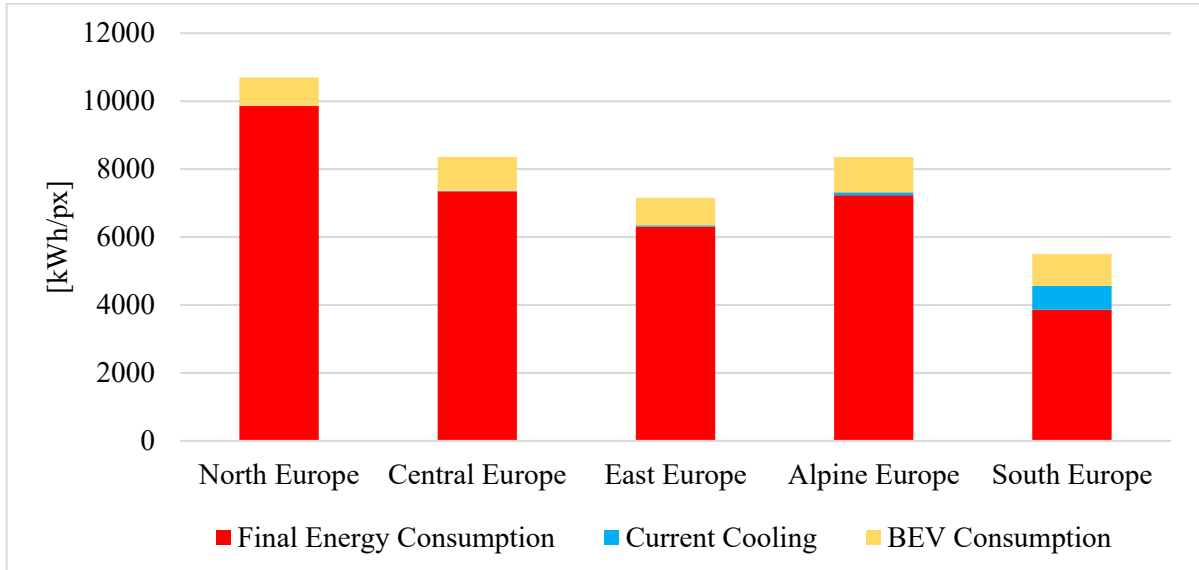
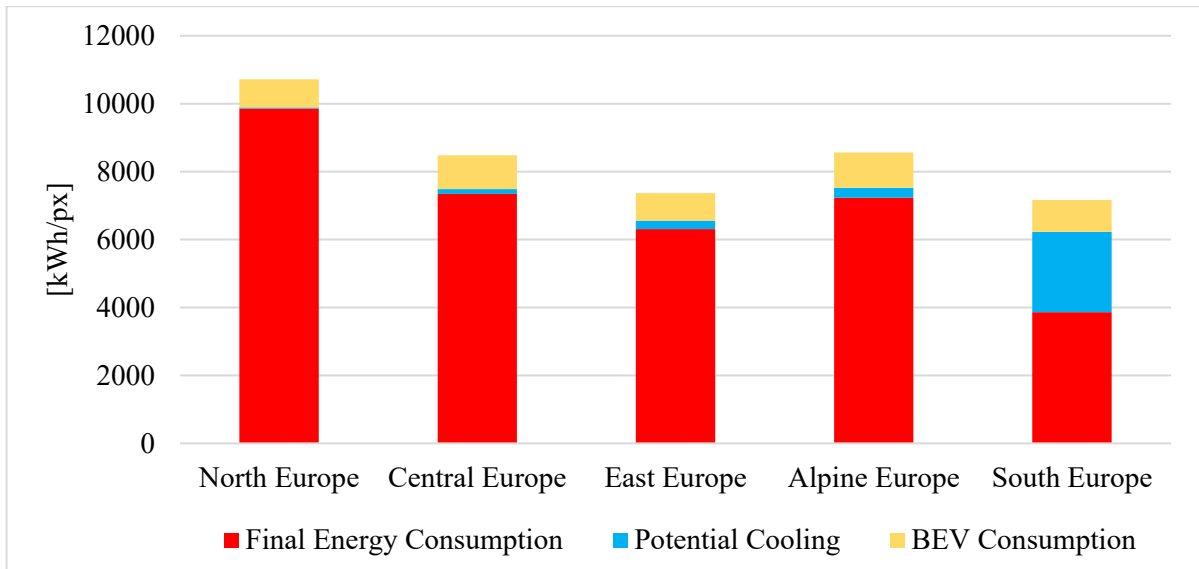


Figura 5.4: consumi specifici con cooling potenziale per lo Scenario A), per macroarea

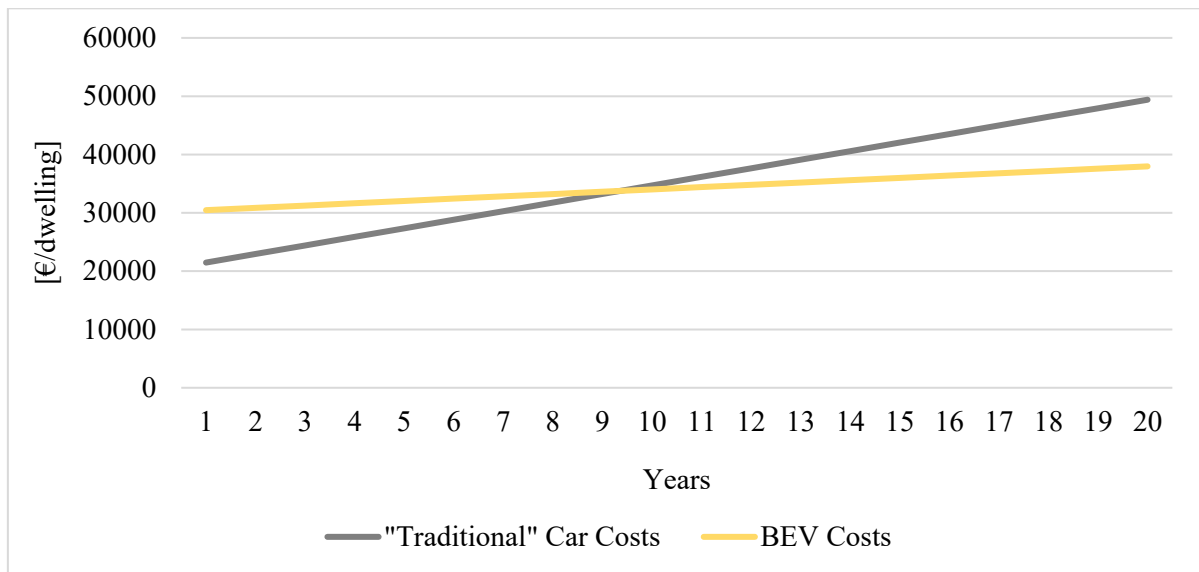


Osservando i diagrammi precedenti e confrontandoli con quelli del Capitolo 4, appare evidente il risparmio energetico legato all’uso di auto elettriche in sostituzione di quelle a diesel o benzina; a fronte di ciò, però, bisogna tener conto dell’alto investimento da fare per l’acquisto di un veicolo elettrico.

Per lo *Scenario A)*, quindi, l’unico vantaggio energetico è legato all’uso di BEV e, pertanto, è stata effettuata un’analisi di tipo economico (calcolando il SPBT, Simple Pay-Back Time) solo per queste ultime, così da valutare in quanto tempo una spesa di questo tipo può essere ripagata. Per ogni nazione, è stato considerato il costo d’acquisto per un’autovettura elettrica di fascia media (Nissan Leaf) ed un costo medio per l’acquisto di auto “tradizionali” della stessa fascia pari a 20000 €; inoltre, non si è tenuto conto di ulteriori costi legati a manutenzioni,

assicurazioni o tasse. Per ogni Paese, si è ritenuto calcolare i costi specifici annuali per unità abitativa, così da avere un'idea della spesa sostenuta dalla famiglia media. Alla fine, mediando i singoli valori ottenuti per dwelling, è stata ricavata la media europea (**Figura 5.5**).

Figura 5.5: SPBT legato all'acquisto di un'auto elettrica in Europa



Ciò che si può subito notare è che il SPBT è di circa 9-10 anni e, considerando la vita media di un'auto, allo stato attuale è ancora poco conveniente l'acquisto di una vettura elettrica.

Scenario B)

Nel secondo scenario proposto, è stato previsto un efficientamento “medio” degli edifici che include il raffrescamento ambientale ed un impianto fotovoltaico. Nel complesso, mediante il “medium” retrofit si perviene ad un risparmio di energia primaria compreso tra il 30% ed il 60%. A tale risparmio però, va abbinato l'investimento iniziale per l'ammodernamento. Inoltre, nella valutazione dei consumi di energia primaria prima dell'efficientamento, non si è tenuto conto di quelli legati alle rinnovabili, in quanto presupposti già correlati a precedenti interventi di ammodernamento.

Infine, si è ipotizzato per questo scenario di considerare il solo intervento sull'immobile e di lasciare un utilizzo di auto “tradizionale”.

In *Tabella 23* si riporta il consumo di energia primaria prima e dopo l'efficientamento medio e quello legato all'auto “tradizionale” (per quest'ultima è stato considerato un fattore di conversione tra energia finale e primaria pari ad 1).

Tabella 23: consumi di energia primaria legati a “medium” retrofit e ad auto “tradizionali”

	PEC ¹⁸ , without Renewables	PEC, after “Medium” Retrofit	PEC, “Traditional” Car
	[kWh/px]	[kWh/px]	[kWh/px]
Austria	9193	5323	4022
Belgio	10171	6021	3493
Bulgaria	4718	2812	2648
Cipro	4491	2492	3573
Danimarca	9995	5857	3240
Estonia	7538	4711	4314
Finlandia	14687	9180	3480
Francia	8511	5022	4555
Germania	9200	5363	5214
Grecia	5481	3042	3560
Irlanda	9355	5257	3224
Italia	6912	4092	4299
Lettonia	7036	4172	2399
Lituania	6305	3707	3159
Lussemburgo	11265	6365	4756
Malta	3666	1995	4172
Norvegia	17535	10346	2745
Paesi Bassi	8287	5047	3428
Polonia	6748	4238	4005
Portogallo	3800	2216	3592
Regno Unito	8633	4981	3975
Repubblica Ceca	8158	4862	4140
Romania	3957	2315	2657
Slovacchia	6347	3687	3118
Slovenia	5637	3433	5094
Spagna	5979	3528	3791
Svezia	14139	8342	3079
Svizzera	10022	5803	3824
Ungheria	7423	4484	2835

¹⁸ PEC: Primary Energy Consumption

Nel complesso, dunque, i consumi energetici che si hanno ipotizzando lo *Scenario B)* sono riportati, per nazione e per macroarea, in **Figura 5.6** e **Figura 5.7**.

Figura 5.6: consumi specifici per lo Scenario B), per persona, per nazione

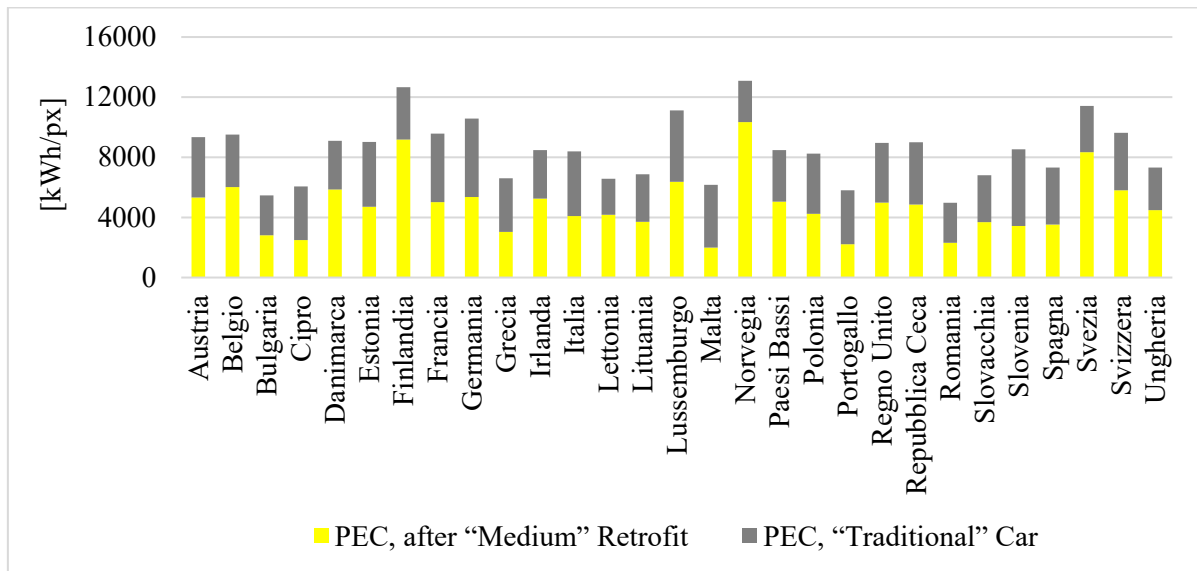
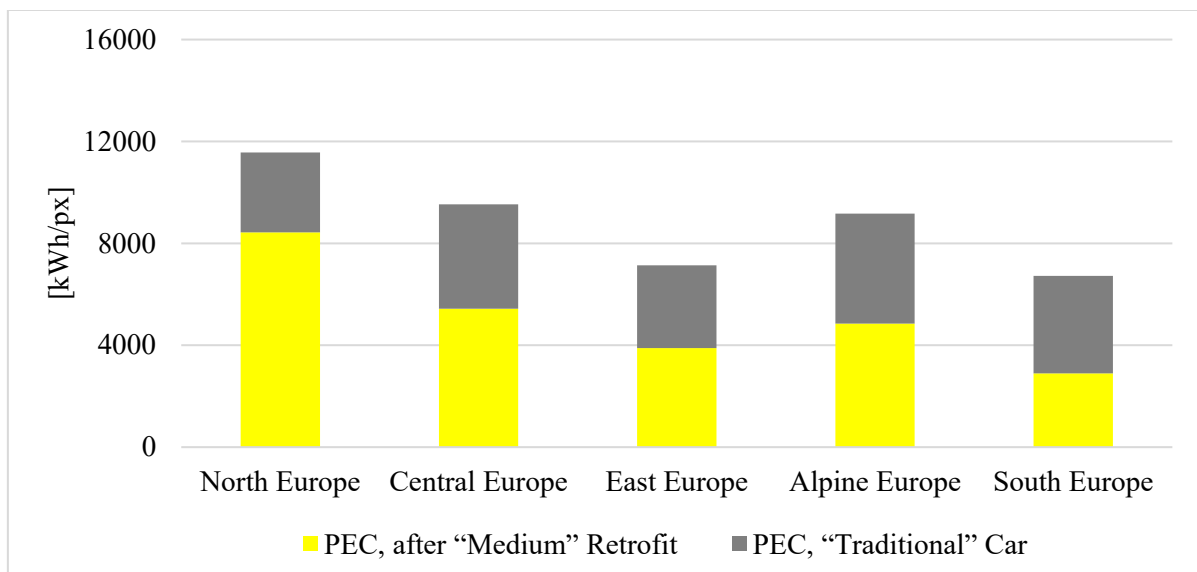
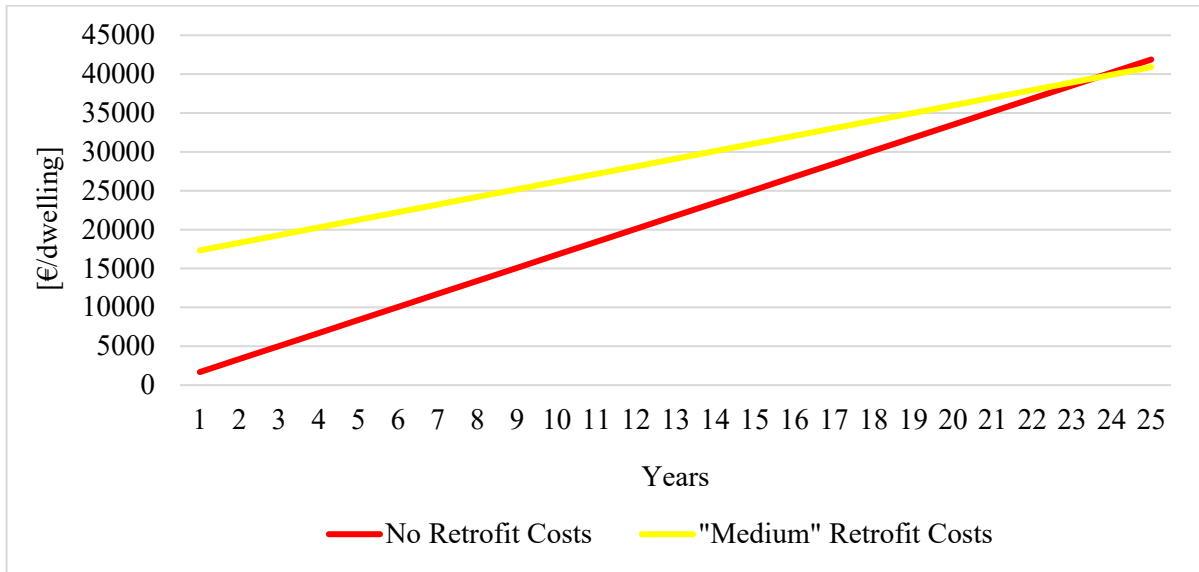


Figura 5.7: consumi specifici per lo Scenario B), per persona, per macroarea



Anche per questo scenario è stato valutato un SPBT. Sono stati utilizzati i dati riportati in *Tabella 19* (solo Energy Related) per calcolare l’investimento iniziale fatto per il “medium” retrofit ed una riduzione annua dei costi sostenuti dalle famiglie pari alla riduzione percentuale di energia consumata. I costi che riguardano l’auto “tradizionale”, invece, sono gli stessi già visti in precedenza.

In **Figura 5.8** si riporta la media europea.

Figura 5.8: SPBT per lo Scenario B)

A differenza dello scenario precedente, in questo caso il rientro economico dell'investimento fatto si ha in circa 24 anni, ovvero in più del doppio del tempo.

Scenario C)

Nel terzo scenario proposto, così come fatto in quello precedente, è stato previsto un efficientamento "medio" degli edifici che include il raffrescamento ambientale ed un impianto fotovoltaico. A differenza dello *Scenario B)*, però, in questo caso si è ipotizzato di considerare sia l'intervento sull'immobile che quello sulle vetture, con l'auto elettrica al posto di quella "tradizionale".

I consumi di energia primaria a seguito dell'efficientamento medio sono gli stessi visti nella precedente *Tabella 23* mentre quelli legati all'auto elettrica sono i medesimi di *Tabella 22*.

Si riportano in **Figura 5.9** e **Figura 5.10** i dati per nazione e per macroarea.

Figura 5.9: consumi specifici per lo Scenario C), per persona, per nazione

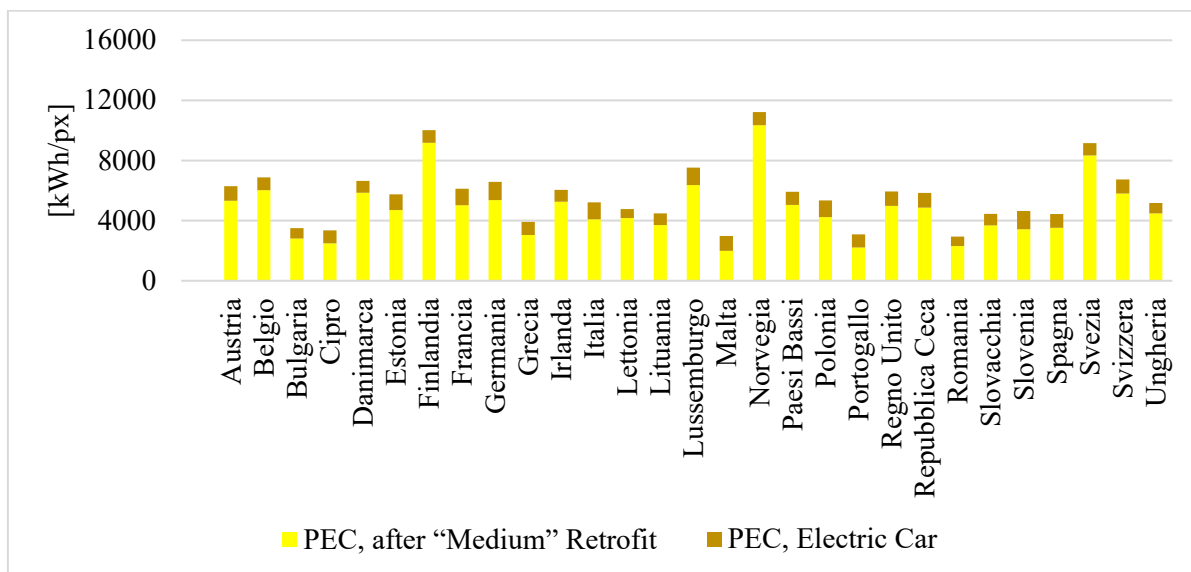
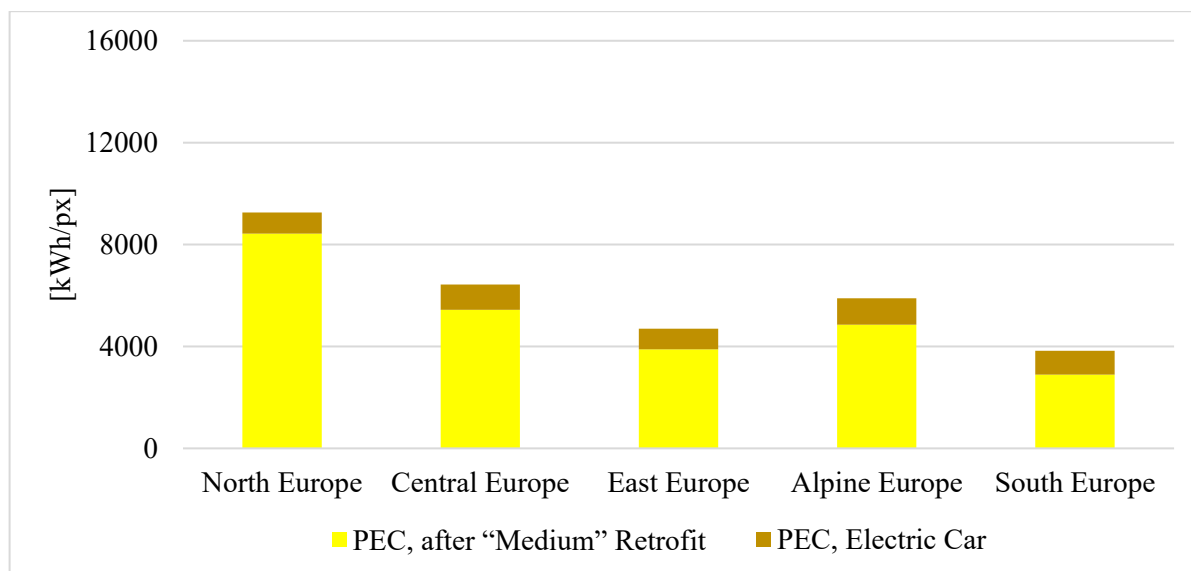
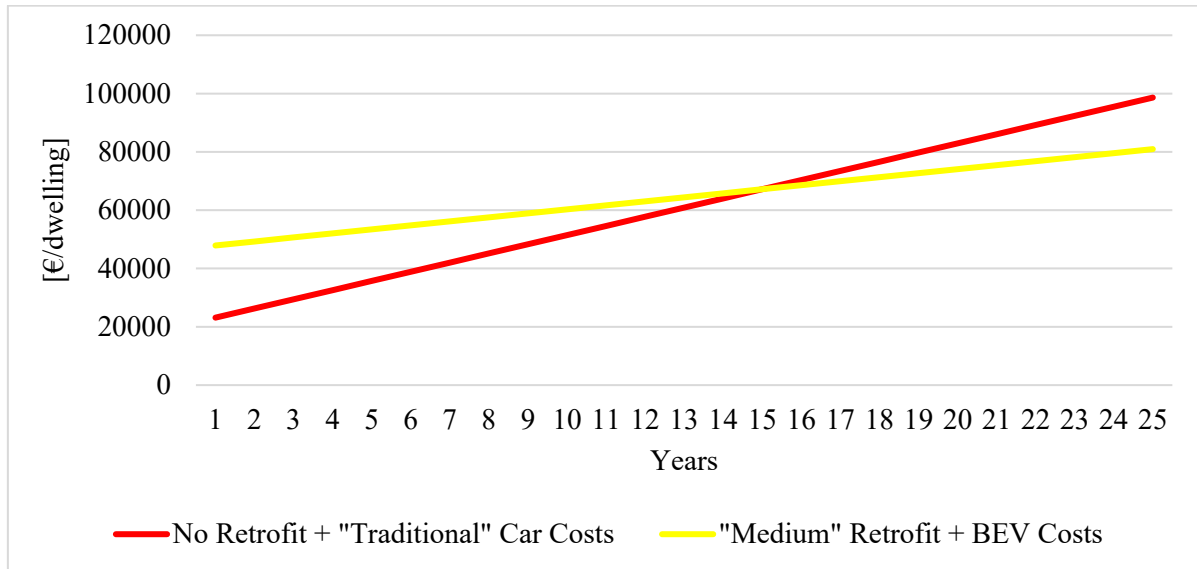


Figura 5.10: consumi specifici per lo Scenario C), per persona, per macroarea



Per calcolare il SPBT nello *Scenario C)* si è tenuto conto degli investimenti legati all'efficiamento medio ed all'acquisto dell'auto elettrica; a questi, sono stati sommati i costi annuali per unità abitativa visti nello scenario precedente e quelli riguardanti l'uso di BEV, che sono i medesimi dello *Scenario A)*.

In **Figura 5.11** viene riportata la media europea.

Figura 5.11: SPBT per lo Scenario C)

Si può osservare una riduzione del SPBT di circa 9 anni rispetto al caso precedente. Per questo scenario, infatti, si ha una sorta di media tra il tempo di ritorno dell'investimento visto per la sola auto elettrica e quello visto per il solo "medium" retrofit.

Scenario D)

Nel quarto scenario proposto, è stato previsto un efficientamento "profondo" degli edifici che, ovviamente, include anche in questo caso il raffrescamento ambientale ed un impianto fotovoltaico. Analogamente a quanto fatto nello *Scenario B)*, anche stavolta si è ipotizzato di considerare solo l'intervento sull'immobile, lasciando l'utilizzo della vettura "tradizionale".

In *Tabella 24* si riporta il consumo di energia primaria prima e dopo il "deep" retrofit e quello legato all'auto "tradizionale" (per quest'ultima è stato considerato un fattore di conversione tra energia finale e primaria pari ad 1).

Tabella 24: consumi di energia primaria legati a “deep” retrofit e ad auto “tradizionali”

	PEC, without Renewables	PEC, after “Deep” Retrofit	PEC, “Traditional” Car
	[kWh/px]	[kWh/px]	[kWh/px]
Austria	9193	3052	4022
Belgio	10171	3418	3493
Bulgaria	4718	1335	2648
Cipro	4491	1617	3573
Danimarca	9995	3308	3240
Estonia	7538	2269	4314
Finlandia	14687	4803	3480
Francia	8511	2868	4555
Germania	9200	3119	5214
Grecia	5481	1858	3560
Irlanda	9355	3377	3224
Italia	6912	2281	4299
Lettonia	7036	1921	2399
Lituania	6305	2226	3159
Lussemburgo	11265	2996	4756
Malta	3666	1331	4172
Norvegia	17535	5734	2745
Paesi Bassi	8287	2726	3428
Polonia	6748	2544	4005
Portogallo	3800	1380	3592
Regno Unito	8633	3091	3975
Repubblica Ceca	8158	2823	4140
Romania	3957	1420	2657
Slovacchia	6347	2215	3118
Slovenia	5637	2119	5094
Spagna	5979	2027	3791
Svezia	14139	4623	3079
Svizzera	10022	3327	3824
Ungheria	7423	2821	2835

Nel complesso, dunque, i consumi energetici che si hanno ipotizzando lo *Scenario D)* sono riportati, per nazione e per macroarea, in **Figura 5.12** e **Figura 5.13**.

Figura 5.12: consumi specifici per lo Scenario D), per persona, per nazione

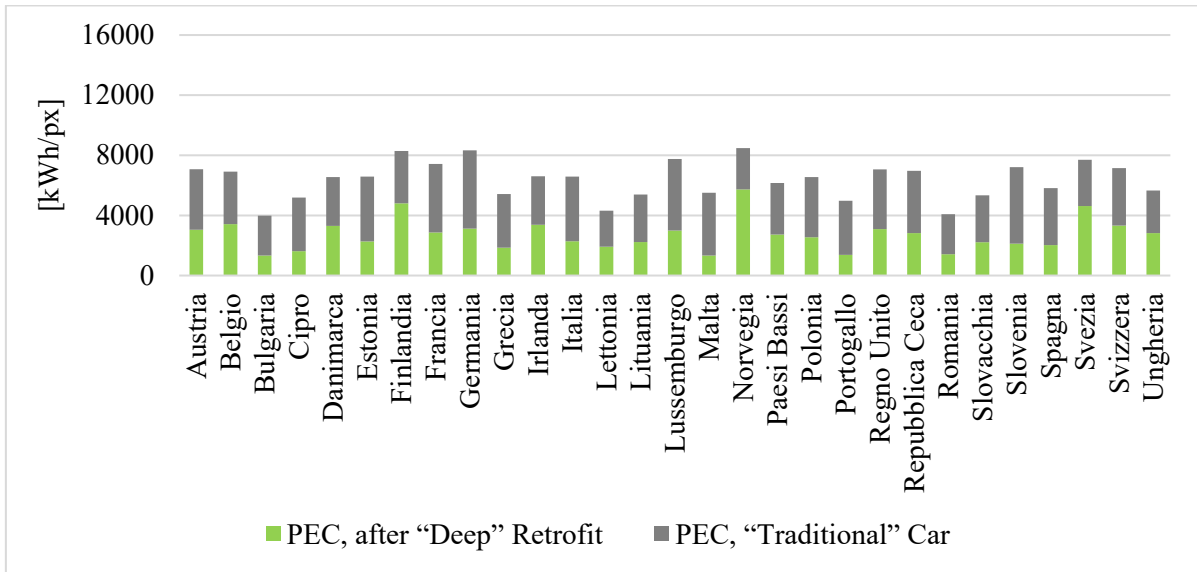
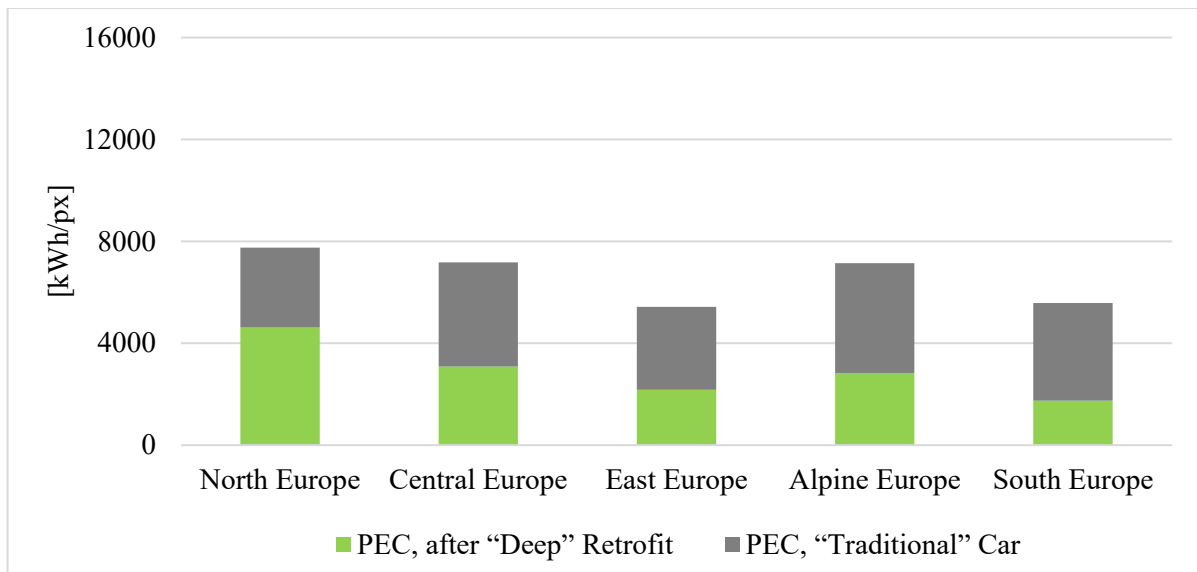
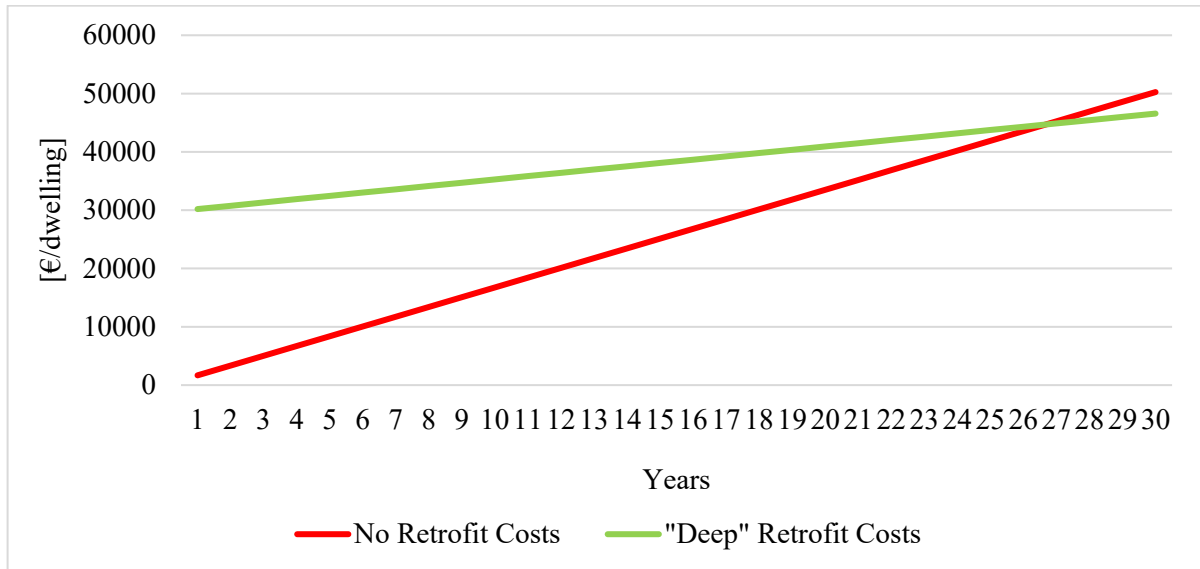


Figura 5.13: consumi specifici per lo Scenario D), per persona, per macroarea



Per la valutazione del SPBT con uno scenario di questo tipo, sono stati utilizzati i dati riportati in *Tabella 19* (sia Energy Related che Non-energy Related) per calcolare l’investimento iniziale fatto per il “deep” retrofit ed una riduzione annua dei costi sostenuti dalle famiglie pari alla riduzione percentuale di energia consumata. I costi che riguardano l’auto “tradizionale”, invece, non cambiano rispetto a quelli già visti in precedenza.

In **Figura 5.14** si riporta la media europea.

Figura 5.14: SPBT per lo Scenario D)

Questo scenario differisce dallo *Scenario B)* per il solo tipo di efficientamento che comporta, in questo caso, un investimento maggiore.

Il SPBT, infatti, è di circa 27 anni.

Scenario E)

Nel quinto ed ultimo scenario proposto, così come fatto in quello precedente, è stato previsto un efficientamento “profondo” degli edifici che include il raffrescamento ambientale ed un impianto fotovoltaico. A differenza dello *Scenario D)*, però, in questo caso si è ipotizzato di considerare sia l’intervento sull’immobile che quello sulle vetture, con l’auto elettrica al posto di quella “tradizionale”.

I consumi di energia primaria a seguito del “deep” retrofit sono gli stessi visti nella precedente *Tabella 24* mentre quelli legati all’auto elettrica sono i medesimi di *Tabella 22*.

Si riportano in **Figura 5.15** e **Figura 5.16** i dati per nazione e per macroarea.

Figura 5.15: consumi specifici per lo Scenario E), per persona, per nazione

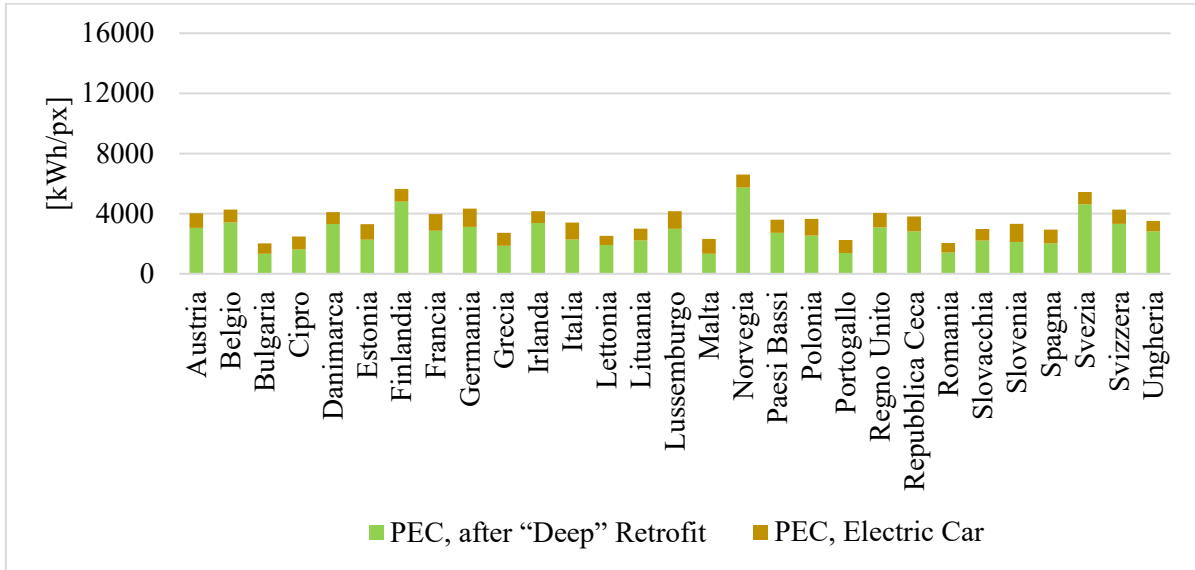
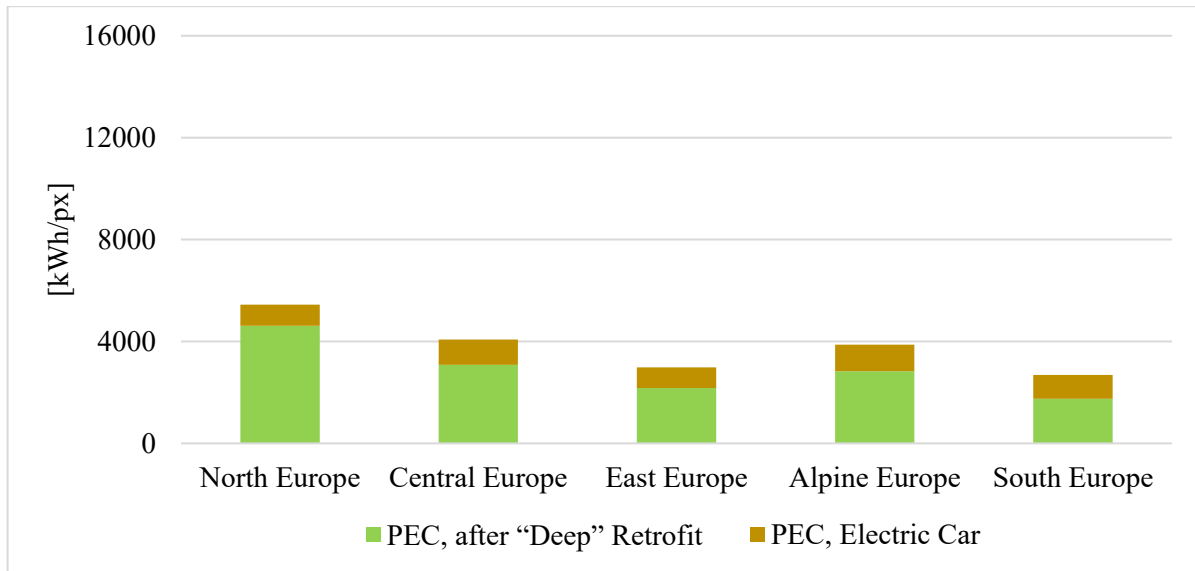


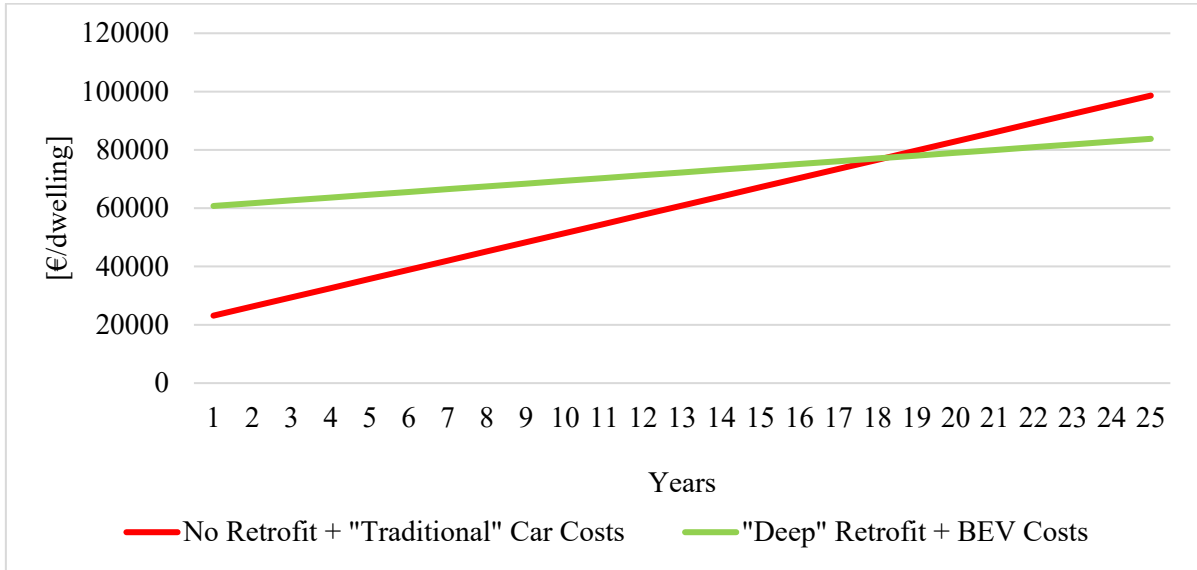
Figura 5.16: consumi specifici per lo Scenario E), per persona, per macroarea



Per calcolare il SPBT nello *Scenario E)* si è proceduto in maniera analoga a quanto fatto per lo *Scenario C)*, ma tenendo conto stavolta degli investimenti legati al “deep” retrofit anziché a quelli del “medium” retrofit. A questi ed a quelli relativi all’acquisto dell’auto elettrica sono stati quindi sommati i costi annuali per unità abitativa visti nello scenario precedente e quelli riguardanti l’uso di BEV, che sono gli stessi già visti in precedenza.

In **Figura 5.17** viene riportata la media europea.

Figura 5.17: SPBT per lo Scenario E)



Così come per lo *Scenario C)*, anche in questo caso il SPBT si abbassa rispetto al caso in cui all'efficientamento energetico dell'edificio non si affianca anche l'investimento nella BEV.

A conclusione del capitolo, dopo aver analizzato le varie potenziali azioni da mettere in atto, si riporta una tabella riassuntiva (*Tabella 25*) in cui vengono mostrati i risparmi di energia primaria rispetto alla situazione attuale ed il SPBT, per ogni scenario e per macroarea.

Tabella 25: energia primaria consumata e SPBT per ciascuno scenario proposto, per macroarea

	PEC [%]					SPBT [years]				
	North	Central	East	Alpine	South	North	Central	East	Alpine	South
<i>Scenario A)</i>	-13.0	-22.6	-23.6	-24.6	-25.3	8.5	10.6	17.1	15.3	8.2
<i>Scenario B)</i>	-34.7	-30.5	-31.0	-31.0	-41.2	34.5	26.4	17.3	22.3	10.8
<i>Scenario C)</i>	-47.7	-53.1	-54.6	-55.6	-66.5	21.7	18.1	15.9	19.3	11.5
<i>Scenario D)</i>	-56.2	-47.7	-47.6	-46.2	-51.2	34.5	27.4	19.2	25.0	14.0
<i>Scenario E)</i>	-69.3	-70.2	-71.2	-70.8	-76.5	24.0	24.1	18.1	22.3	12.2

CAPITOLO 6: CONCLUSIONI

Analizzando lo stock edilizio europeo, si è visto come il settore residenziale ne rappresenti circa il 75% e l'età degli edifici è spesso molto elevata, il che va ad influenzare fortemente il livello di consumo energetico dello stesso, in particolar modo nel caso in cui non sia stato eseguito nessun intervento di ristrutturazione per migliorarne le prestazioni. La domanda di energia finale è soddisfatta soprattutto da combustibili fossili e, vista l'attuale situazione climatica ed economica, sarebbe opportuno cercare delle soluzioni alternative che permettano di risparmiare il più possibile in termini di consumi, costi da sostenere ed emissioni di gas clima alteranti.

In questo lavoro di tesi, si è provato ad analizzare possibili scenari da mettere in atto, con lo scopo di decarbonizzare il più possibile il parco edilizio europeo.

Si è partiti dall'analisi dei consumi specifici in ambito domestico, per nazione e per macroarea, così da avere un quadro generale di quella che è la situazione attuale.

A questi dati, sono stati sommati quelli relativi all'utilizzo di autovetture alimentate da motori diesel o benzina; tale scelta, apparentemente scollegata dal settore residenziale, è giustificata dal fatto che in ciascun nucleo familiare vi è, in media, almeno un'automobile e che essa influisce sui consumi e sui costi così come influiscono il riscaldamento degli ambienti chiusi, la produzione di acqua calda sanitaria, l'illuminazione, ecc.

Il passo successivo, quindi, è stato quello di prevedere diverse opzioni per il futuro, in particolare ipotizzando investimenti in auto elettriche e in "medium" e "deep" retrofit.

Osservando i risultati a cui si perviene con i diversi scenari, è evidente il guadagno in termini di energia primaria risparmiata (ad esempio, investendo sia in un efficientamento profondo che nell'auto elettrica si può andare anche oltre il 70% di consumi in meno rispetto allo stato attuale).

Va detto, però, che tutto ciò prevede dei costi d'investimento non indifferenti; pertanto, si è resa necessaria un'analisi anche di tipo economico per valutare il periodo di tempo in cui si ha il rientro della spesa sostenuta. È stata fatta un'analisi per unità abitativa molto semplice, andando a vedere i soli costi legati ai consumi dopo l'efficientamento e quelli che si hanno utilizzando una BEV, senza tener conto di eventuali incentivi per le ristrutturazioni o per l'acquisto di auto elettriche.

Ciò che ne deriva è un SPBT diverso per i vari scenari e per le varie macroaree. In particolare, nell'ipotesi in cui si investa nella sola macchina elettrica, il ritorno dell'investimento varia tra gli 8 e i 17 anni; considerando la vita media di un'auto, ad oggi l'acquisto di un veicolo elettrico è ancora poco conveniente dal punto di vista economico, nonostante il grande risparmio a cui si perviene in termini di energia risparmiata rispetto all'uso di auto "tradizionali".

Nel caso degli altri scenari, invece, si osserva come il ritorno degli investimenti fatti sia più alto (per alcune macroaree anche di oltre 30 anni); tuttavia, è interessante notare come tale periodo di tempo si riduca nei casi in cui al "medium" o "deep" retrofit si combini anche l'acquisto di una BEV anziché di un'auto con motore endotermico.

In conclusione, dunque, si può dire che in ottica futura dovrebbero essere maggiori le spinte nei vari Paesi europei verso la riqualificazione energetica degli edifici, soprattutto di quelli più datati, attraverso incentivi, agevolazioni o altri benefit per l'utente domestico. Le iniziative che riguardano l'efficientamento energetico, però, spesso vengono messe in secondo piano da altre priorità più immediate, in parte perché il miglioramento dell'efficienza energetica è un impegno politico a lungo termine ed in parte perché gli Stati si trovano a dover affrontare crisi finanziarie, tensioni politiche e dibattiti sul bilancio a livello nazionale e livelli europei.

Uno sforzo c'è comunque già stato per migliorare le prestazioni degli edifici in Europa, ma resta ancora notevole il potenziale.

Bibliografia

- [1] “Trends and projections in Europe 2021”, EEA, 2021
<https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2021>
- [2] M. Economidou, “Europe’s buildings under the microscope”, BPIE, 2011
https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf
- [3] “Sectoral profile – Households Energy Consumption”, ODYSSEE-MURE
<https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/households/household-eu.pdf>
- [4] R. Hitchin, K. E. Thomsen, K. B. Wittchen, “Primary Energy Factors and Members States Energy Regulations”
<https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/04/05-CCTI-Factsheet-PEF.pdf>
- [5] “Key World Energy Statistics”, IEA, 2020
https://iea.blob.core.windows.net/assets/1b7781df-5c93-492a-acd6-01fc90388b0f/Key_World_Energy_Statistics_2020.pdf
- [6] M. Jakubcionis, J. Carlsson, “Estimation of European Union residential sector space cooling potential”, 2016
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151630653X>
- [7] “The future of cooling”, IEA, 2018
https://iea.blob.core.windows.net/assets/0bb45525-277f-4c9c-8d0c-9c0cb5e7d525/The_Future_Of_Cooling.pdf
- [8] “Making the transition to zero-emission mobility”, ACEA, 2021
https://www.acea.auto/files/ACEA_progress_report_2021.pdf
- [9] “Vehicles in use Europe 2022”, ACEA, 2022
<https://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf>
- [10] “Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU”, prepared for European Commission, 2019
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1.final_report.pdf
- [11] “EU28 fuel prices for 2015, 2030 and 2050”, HRE, 2017
https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2020/01/HRE4_D6.1-Future-fuel-price-review.pdf

Sitografia

<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

<https://www.iea.org/countries>

<https://www.bp.com/>

<https://www.globalpetrolprices.com/>

<https://www.fuel-prices.eu/archive/>

<https://www.rhinocarhire.com/World-Fuel-Prices/Europe>

<https://www.istat.it/>

<https://greenreport.it/category/news/energia/>

<https://www.ceicdata.com/en>

Ringraziamenti

Il percorso è stato abbastanza lungo, fatto di alti e bassi, ma alla fine l'importante era raggiungere la meta. Se sto scrivendo queste parole, a quanto pare ce l'ho fatta.

Da quella prima immatricolazione al corso di laurea in Ingegneria Energetica dell'Università degli Studi del Sannio sono passati tanti anni; ho seguito e riseguito corsi, sostenuto e risostenuto esami, conosciuto professori ed incontrato ragazzi, alcuni dei quali poi diventati amici.

Raggiunto il primo traguardo con la triennale, non avrei mai pensato di ritrovarmi qualche mese dopo al nord, nella città del Santo. Di nuovo immatricolato, ma stavolta al corso di laurea magistrale in Ingegneria Energetica dell'Università degli Studi di Padova.

Ancora oggi, a volte, mi chiedo: ma chi m'a fatt fa!?

Forse una risposta non ce l'ho, ma è una scelta che rifarei. La rifarei non solo per il lato puramente didattico ma anche e, soprattutto, per quello umano. Stare lontano da casa, trovarsi da solo ad affrontare le situazioni più svariate, incontrare persone in università e fuori, convivere con i coinquilini più "strani" non può che essere un'esperienza costruttiva e formativa.

Detto questo, è giunto il momento dei doverosi ringraziamenti.

In primis, desidero ringraziare il mio relatore, professor Michele De Carli, per la disponibilità e per la presenza costante in questi mesi, senza la quale il lavoro di tesi sarebbe stato più impegnativo da portare a termine.

Ringrazio, inoltre, indistintamente tutti i professori incontrati in questi anni di studio, sia quelli del 18 all'esame che quelli del 30, per ciò che mi hanno insegnato.

Il ringraziamento più scontato, quasi sottinteso, tanto che non ci sarebbe neanche bisogno di scriverlo, va alla mia famiglia. Ringrazio mio padre, mia madre e mia sorella perché il loro essere, la loro vicinanza nella lontananza, la loro bontà, la loro onestà sono il mio orgoglio.

Ringrazio gli amici veri, quelli che ci sono sempre stati e ci sono sempre, pur vedendosi o sentendosi raramente.

Grazie, poi, a quelli che amici lo sono diventati strada facendo, chi partendo dalle aule di Benevento chi da quelle di Padova. A questi ultimi, va un ringraziamento particolare per gli aiuti reciproci con lo studio ma, soprattutto, per avermi fatto trascorrere tre anni al nord in buona compagnia.

Inoltre, ringrazio tutte quelle persone incontrate in questi tre anni, fisicamente e su Zoom (eh già, grazie al Covid mi è toccato anche questo!), con cui mi sono trovato a bere uno spritz o un caffè, a lavorare in gruppo per sostenere un esame o semplicemente a scambiare due parole.

Infine, un ringraziamento speciale non può che andare a chi c'era quando mi sono iscritto all'università ma purtroppo non mi vedrà con la corona d'alloro e la pergamena.

In particolare, il mio ultimo pensiero è rivolto ad Angioletto e a zio Filippo: le loro perdite hanno segnato i miei primi tre mesi lontano da casa e dagli affetti più cari. Mi piace pensare che la distanza fortifica le persone ed i rapporti veri e che da qualche parte, in questi tre anni, mi siano stati vicino. Grazie.

A loro, oltre che alla mia famiglia, è dedicato questo lavoro...

Amedeo Pipicelli