

Analisi della produzione e del consumo di energia in Canada

Naoki Pross, Alan Scheidegger
Scuola Arti e Mestieri Bellinzona 3B

19 febbraio 2017

Abstract

Il Progetto Didattico Interdisciplinare (PDI) del terzo anno alla Scuola Arti e Mestieri di Bellinzona, quest'anno propone la tematica dell'energia. La ricerca presenta una panoramica del consumo e della produzione energetica del Canada e un'analisi dello stato corrente dei sistemi di produzione delle varie forme di energie. Inoltre si analizzerà i livelli di inquinamento causati dalle varie attività per poter individuare i fattori principali di una nazione che causano il surriscaldamento globale.

Indice

1	Introduction	3
1.1	History and culture of Canada	3
1.1.1	Foundation	3
1.1.2	The Flag of Canada	3
1.1.3	Canadian Natives	4
1.1.4	Colonization	4
1.1.5	Industrialization	5
1.1.6	Modern Canada	5
1.1.7	Languages, economy and social system	6
1.2	Natural resources	6
1.2.1	Crude Oil	7
1.2.2	Natural Gas	7
1.2.3	Coal	7
2	Produzione Energetica	8
2.1	Energia Rinnovabili	8
2.1.1	Energia Marina	8
2.1.2	Energia Solare Fotovoltaica	9
2.1.3	Energia Solare Termica	10
2.1.4	Energia Geotermica	10
2.1.5	Energia Eolica	10
2.1.6	Energia Idroelettrica	11
2.2	Energia Non Rinnovabile	12
2.2.1	Combustibili Fossili	12
2.2.2	Nucleare	12
2.3	Considerazione sui dati	12
3	Consumo Energetico	13
3.1	Consumo Residenziale	14

3.2	Consumo commerciale e istituzionale	14
3.3	Consumo industriale	15
3.4	Consumo dai trasporti e dall'agricoltura	15
3.5	Considerazione e comparazione dei dati	15
3.5.1	Stima della produzione del 2012	16
4	Politiche Ambientali	17
4.1	Emissioni	17
4.1.1	Produzione Elettrica	17
4.1.2	Emissioni da economie domestiche (abitazioni)	19
5	Conclusioni	21
5.1	Documenti Allegati	21
5.2	Commento personale	22
5.2.1	Naoki Pross	22
5.2.2	Alan Scheidegger	23
5.3	Dichiarazione d'autenticità	23

Chapter 1

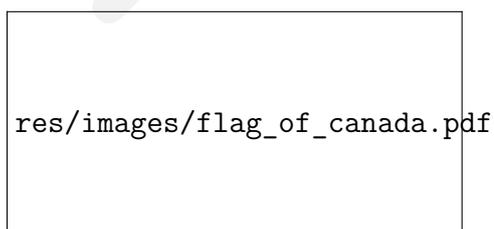
Introduction

1.1 History and culture of Canada

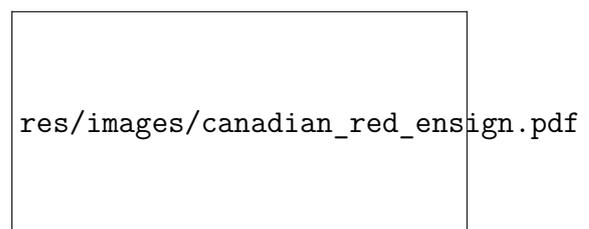
1.1.1 Foundation

Canada is one of the largest countries on the planet, in fact, it is the fourth largest country by land area with approximately 9 million square kilometers [6]. Located in the northern hemisphere of the American continent, it was first discovered by Europeans in 1497 with the expedition of John Cabot. The name “Canada” seems to have appeared first in the 16th century when Jacques Cartier, during his 3 voyages to the new world, heard a groups of natives speaking the Iroquoian language referring to a village as “Kanata”[2]. During the following centuries both French and British colonies were established which led to numerous conflicts between the two empires and the natives. The government of Canada was created with the proclamation of the Constitution Act in 1867, but the present national borders were established only in 1999 because since its first foundation the dominion had expanded multiple times.

1.1.2 The Flag of Canada



(a) Current flag of Canada



(b) Canadian Red Ensign

Figure 1.1: Canadian Flags

The current flag of Canada was created in 1964, when the government had an all-party parliamentary committee that prepare multiple designs. Previously Canada didn't have its own official flag but instead used either the English Union Jack or the Canadian Red Ensign, a red flag with a smaller Union Jack on the top left and an ensign on the right side. The simplest design was chosen by the parliament and the current flag was adopted on the 15 December 1964, just in time for the centennial celebration of the confederation 3 years later.

1.1.3 Canadian Natives

Before the arrival of the Europeans the northern American continent was populated by various groups of indigenous peoples which today are referred as First Nations (Premières Nations in French) or sometime incorrectly a 'Indians'. There were 6 major tribes and each one of them lived in a particular area of the continent.

Each tribe had developed a particular culture based on the environment where they lived. For example on the west coast the Pacific Coast First Nation gave thank to the sea because they lived mostly off fishing, whereas the Iroquian First Nation, on the south, organized many ceremonies during spring as they gathered most of their food from agriculture. But there were some things that all populations had in common: a deep cult of respect for resources offered by nature; everything from hunting to farming had a ritual to honor the harmony between them, the world and the Creator. Another cultural aspect that common all First Nations was a complex social organization system built around hunting developed over thousands of years. Every tribe lived and hunted in a well defined territory in order not to interfere with other clans and communal hunts took place every summer.



res/photos/first_nations.jpg

Figure 1.2: A group of First Nations People from the area known as Qu'Appelle Lakes

1.1.4 Colonization

The colonization of the 'new world' began shortly after its discovery, Europeans started to build settlements in the new continent to explore the new land and get its resources. The beginning of the economic growth of Canada started with the birth of the 'New France'. In the early 17th century King Henry IV of France ordered to a group of colonists to build the first French settlement on the continent, so the village of 'Port Royal' was created. Shortly after in 1608 a new

settlement called Quebec Fortress was also built. With these new colonies the French dominion had planned to colonize the continent, but the harsh environment prevented any expansion.



Figure 1.3: Map of European settlements in 1702. Territories under the French dominion are in blue while territories under the British Empire are in red.

As a result, they started to trade with locals, so many goods were traded with the First Nations in exchange of fur and food to protect the settlers from the cold winters. Later on the trade grew on a bigger scale and many resources were exported to France, which helped the development of the existing and new settlements. At the same time British colonies were also built. Because of the strong power of the British Colonial Empire British settlements grew faster than the other French colonies which caused a shift in power. As the 18th century began Great Britain was the leading power in the trading market. As a consequence of this in many treaties that came next France lost most of its territories while the British expanded theirs.

1.1.5 Industrialization

In 1867 with the establishment of the North American Act the first Canadian confederation was born. The newly founded Canadian Confederation moved the original economy to a radically different institutional environment. Previously under the control of the United Kingdom the development of the economy was focused on exporting cities near the Atlantic Ocean such as Nova Scotia and New Brunswick. But after the federal formation the center of the development was moved into Quebec and Ontario in the mainland. In the following 50 years the Canadian economy shifted more toward agriculture and livestock production and the industry evolved in a strong economy thanks to the introduction of a new railway system. In the 20th century Canada enjoyed a great era of prosperity and industrial development during the post-war period. The economical alliance with the United States contributed a lot to the development of a modernised Canada.

1.1.6 Modern Canada

Today Canada has become a powerful country with a stable social and economic system and it is a great contributor to various international projects. Post war they enjoyed prosperity and material

progress, the world trading restrictive policies were gone and they found oil in Alberta in 1947, which started Canada's modern energy industry. In the following years the life quality of Canadians was raising, they drew closer to the USA and other trading partners enjoying the benefits of trading with one of strongest economies among industrialized nations post war. Today those benefits gave to the Canadians one of the highest standards of living. When Canada's prosperity grew the ability to support the citizen grew as well. Such as employment insurance, old age security and pension plans, or even public fundings for education. The Canadian society today is known to be open and flexible to other cultures, that's why the Canadian population is composed of many ethnic groups.

1.1.7 Languages, economy and social system

In Canada the official languages are English and French since the original colonial powers that brought them there, were France and the United Kingdom. As official currency Canada uses the Canadian Dollar (CAD), since 2016 one Canadian Dollar equals 0.76 Swiss Francs. Canada's GDP (as Q2 2015) is more than twice the swiss one [15] with a market price of 1'996'804 millions of Canadian dollars [5] which roughly equals to 1.54 millions of million of Swiss francs. Canada is more open than his neighbour USA, it has policies of protection and prevention, like health insurances and pension plans for who gets older and can't work these are mandatory, much like they are in Switzerland. A very hot topic right now is immigration and people fleeing from war. In Canada they aim to help the war refugees to start a new life. Canada was the first country in the world to adopt multiculturalism as an official policy. With no pressure to assimilate and give up their culture, immigrants freely choose their new citizenship because they want to be Canadians. As Canadians, they share the basic values of democracy with all other Canadians who came before them. Although Canada has two official languages (English and French), more than 200 languages were reported in the 2011 as a home language or mother tongue. 17.5 percent reported speaking at least two languages at home.

1.2 Natural resources

Canada's huge land area makes it one of richest countries from a natural resources standpoint. Indeed Canada has the third largest reserve of crude oil in the world and it is the second production of Uranium [10]. But Canada is also a leader in renewable energy production with a 18.9% of total energy supply coming just from renewables [9]. Even if most of the energy produced can be considered eco-friendly Canada still relies heavily on non-renewable energy source as we will see in the next paragraphs.

1.2.1 Crude Oil

Oil has increasingly become a valuable resource, since the discovery of oil sands extraction technology. The desire for oil independence from the USA and many other NATO states has given a lot of funds for the development of this technology. But for the environment this is not a good, according to a study conducted in 2014 [4], GHGs (Greenhouse Gases) emissions caused by oil extraction industries have increased by 63.5 millions of tonnes in the last 20 years.

1.2.2 Natural Gas

Natural gas is the biggest energy source in Canada, mostly produced in Alberta is also a major cause of Nitrogen and VOCs (Volatile Organic Compounds) pollution. Even though its extractions and refinement technologies are getting better, the level of pollution has not gone down since 2010. In 2014 56.6 mega tonnes of GHGs were released on the atmosphere. Combined with the oil extraction this economic sector accounts for 26% of total nation emissions [4].

1.2.3 Coal

Despite it makes up half of the world's energy source (mostly in China) and there's an abundance of it, coal represents a minor element in the national energy production, and almost half of the final product gets exported to Japan, China and South Korea. Currently scientists are discouraging its usage because of its high level of pollution and CO₂ emissions. Nonetheless the research in the field of coal refinement, to produce what is called "Clean Coal", is still being supported by the government in order to use the enormous quantity lying beneath the Canadian surface.

Capitolo 2

Produzione Energetica

In questo capitolo saranno presenti delle note a margine per poter visualizzare la quantità di energia prodotta.

In questo capitolo si vuole introdurre la produzione energetica del Canada, di come questo paese sia ricco di risorse quali petrolio, gas naturali e carbone ma anche dotata di una geografia interessante e sfruttabile per lo sviluppo e l'impiego di vari modi di produrre energia rinnovabile. Difatti si impegna a investire ben 220 milioni di dollari in energia pulita ogni anno. Canada, inoltre è uno dei più grandi paesi estrattori di uranio al mondo e sono i primi ad aver costruito un prototipo di reattore nucleare funzionante. La produzione di elettricità in Canada è più che abbondante questo li rende grossi esportatori di energia all'estero, soprattutto con i loro vicini Statunitensi e Messicani [11]. Infatti tra questi paesi si sono scambiati, solo nel 2015, 167 miliardi di dollari canadesi in prodotti energetici [3].

2.1 Energia Rinnovabili

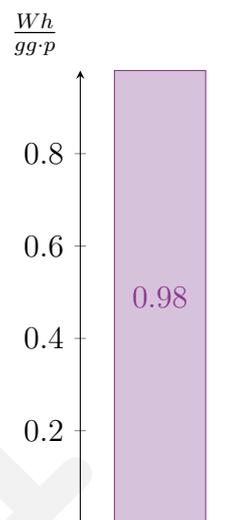
2.1.1 Energia Marina

Il generatore di elettricità tramite onde sfrutta l'energia delle maree. Grazie alla luna le acque del mare vengono alzate e abbassate, muovendo una turbina che genera energia elettrica. Questo metodo è molto speciale poiché paragonato agli altri metodi di produzione di energia, rinnovabili e non, sono tutti collegati col sole, ad esempio la turbina eolica genera elettricità dal vento, che a sua volta viene formato da dislivelli di temperatura causati dal sole. L'energia maremotrice, invece, è l'unica fonte che dipende dalla luna. Le onde, invece, sono semplicemente acqua spostata dal vento, dal calore del sole o da un dislivello, come fiumi o le onde che si infrangono sulla costa. Tutta questa energia può essere sfruttata da delle turbine. I problemi di queste tecnologie è il loro elevato costo di produzione e mantenimento. Siccome immerse in acqua salata, le turbine e la loro infrastruttura sono soggette a

corrosione, la difficoltà di collocazione, siccome per poter avere un profitto bisogna avere un punto in cui le maree siano almeno tre metri di ampiezza. Infatti esiste solo un impianto che sfrutta le onde ed è l'Annapolis Royal, Nova Scotia operativa dal 1984 costruita sul fiume Annapolis. Il totale degli impianti installati nel paese nel 2015 hanno apportato 12 milioni di kWh sottoforma di energia elettrica [7].

$$\frac{12.82 \cdot 10^6 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 0.98 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

Ci sarebbero luoghi migliori, quali la spiaggia di Fundy che se sfruttata porterebbe potenzialmente 50000 MW di energia o anche la spiaggia Cobequid dove le onde arrivano fino a 14.5 metri. [1] Tutti impianti ancora irrealizzabili al momento. Per queste ragioni la produzione con energia marina in Canada è dello 0.003%.

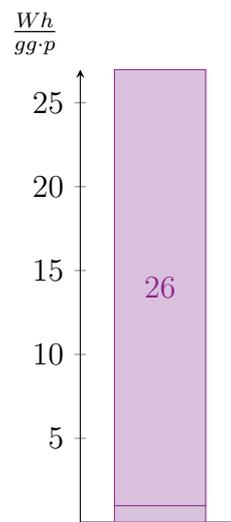


2.1.2 Energia Solare Fotovoltaica

Il generatore elettrico a luce solare, o anche pannello fotovoltaico, genera energia elettrica convertendo la luce solare in elettricità. Il pannello è composto da celle che a loro volta sono costituite da due strati diversamente drogati, uno positivamente e uno negativamente. Dove i due materiali si incontrano si crea una zona neutra in equilibrio; Quando la cella viene colpita da dei fotoni, questi ultimi sbilanciano l'equilibrio di potenziale causando il rilascio di alcuni elettroni, dunque generando una corrente continua. Successivamente attraverso un inverter si trasforma in corrente alternata, per poter essere utilizzata come sostituto al comprare elettricità. Il vantaggio di questa tecnologia è la sua capacità di sfruttare il sole, energia abbondante ovunque, e di essere pure una soluzione domestica per produrre energia elettrica. Il problema è l'elevato costo iniziale e la scarsa efficienza dell'impianto, sia a causa dell'intermittenza del bel tempo, sia per l'inefficienza stessa del metodo di produzione elettrica. Purtroppo in Canada l'utilizzo di questo mezzo di produzione energetica è ancora basso. Nel 2014 la produzione elettrica solare fotovoltaica ha raggiunto un picco in capacità installata di 1.84 GW [10]. Attualmente la produzione annua di energia solare fotovoltaica ammonta a circa 340 GWh [7]. Come per le altre fonti di energia calcoliamo il valore pro capite.

$$\frac{344.17 \cdot 10^6 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 26 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

Secondo l'agenzia governativa amministrativa *NRCan* la produzione energetica solare ha un attuale tasso di crescita del 13.8%, un numero che non tende ad aumentare.



All'istogramma dell'energia predente abbiamo aggiunto l'energia solare fotovoltaica. Per comprendere meglio quanto ogni energia rappresenta, i dati delle energie discusse precedentemente saranno sempre presenti sotto il nuovo blocco che viene aggiunto.

2.1.3 Energia Solare Termica

I pannelli solari termici non vengono utilizzati per produrre elettricità ma per riscaldare e raffreddare principalmente strutture come case. Come tutte le tecnologie ci sono varie maniere per costruire questi collettori di calore solare, ma il metodo più comune è quello del pannello che raccoglie il calore e lo redistribuisce riscaldando dell'aria o dell'acqua, abbattendo così il costo e l'utilizzo di moltissima elettricità che verrebbe sprecata per tali utilizzi. I materiali utilizzati per questi pannelli sono facilmente riciclabili e non tossici. Per soddisfare il fabbisogno di una casa basta uno o due di questi pannelli, ma a dipendenza di dove ci si trova, per esempio al nord, servono pannelli più grandi oltre a scaldare acqua o aria, la tecnologia solare termica può anche essere utilizzata per raffreddare strutture trasformando aria o acqua calda in fredda per poi climatizzare a dovere. Nel 2015 è stato stimato che da 544'000 m² di collettori solari in Canada sono stati generati 627'000 GJ di energia [9]. Questo quantitativo è sufficiente a soddisfare il fabbisogno annuale di energia usata per il riscaldamento dell'Europa che è di 258 mtoe [12] [13] cioè 1.08e4 GJ

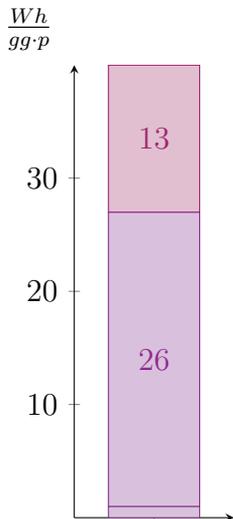
$$\frac{627 \text{ T J}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = \frac{174.17 \cdot 10^6 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ p}} = 13 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

2.1.4 Energia Geotermica

La tecnologia per la produzione di energia geotermica è nata all'inizio del ventesimo secolo in Italia grazie a Piero Ginori Conti di Firenze[18]. Questa tecnologia, come la maggior parte dei sistemi di produzione di energia rinnovabili, sfrutta il vapore per alimentare una dinamo che a sua volta produce corrente elettrica. I primi impianti infatti sfruttavano geysers naturali per la produzione di vapore. Dal momento della sua scoperta l'energia geotermica rimase poco popolare durante la prima metà del novecento, fino all'arrivo della crisi del petrolio e dell'energia tra gli anni '70 e '80. Con la rapida salita dei prezzi del petrolio causata dall'embarago agli USA e all'Olanda, molti paesi compreso il Canada avviarono delle ricerche per sfruttare la nuova risorsa. Purtroppo però le ricerche per lo sviluppo furono abbandonate presto perchè il prezzo del petrolio si ristabilizzò[14].

2.1.5 Energia Eolica

Il settore eolico è quel ramo della produzione di energia rinnovabile che, con gigantesche turbine, produce elettricità direttamente dal vento. Il vento è un fenomeno



L'energia geotermica rappresenta una parte troppo piccola della produzione energetica totale, dunque non è rappresentabile nel grafico

fisico causato grazie al sole, siccome l'aria calda, che ha una densità minore, tende a salire. L'aria fredda la rimpiazza e si forma un ciclo dove le due correnti d'aria calda e fredda, l'irregolarità e la rotazione della terra formano il vento. Tutti questi fattori rendono dei luoghi migliori di altri quando si vuole collocare delle turbine. Uno dei luoghi dove è più ideale piazzare queste turbine è lontano dalla costa, nel mare. Poiché il vento è molto forte e costante, lo spazio abbondante permette la costruzione di multiple turbine che permettono la generazione di vaste quantità di elettricità. Per questo la morfologia del Canada si presta molto bene. Infatti il Canada dispone di circa 200'000 km di coste e la maggior parte di esse si trova fuori da centri urbanizzati, evitando quindi che la costruzione di impianti su vasta scala disturbi la popolazione locale. Ma se paragonato al resto del mondo la capacità di produzione energetica Canadese è minore di molti paesi come Spagna o Germania. Secondo l'entità di statistica *CANSIM* nel 2015 la produzione elettrica fornita da questi impianti è stata di a 17.11 milioni di MWh [7]. Quindi possiamo calcolare la produzione per giorno pro capite nella maniera seguente:

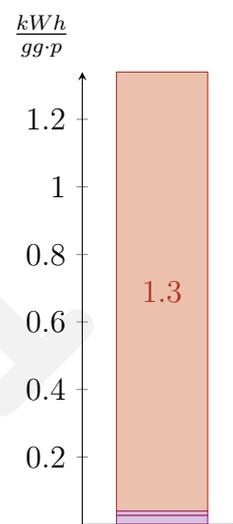
$$\frac{17.11 \cdot 10^6 \text{ MWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 1.308 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

In un contesto di produzione esclusivamente rinnovabile la produzione energetica di impianti eolici si piazza terzo dietro a idroelettrico e biomasse.

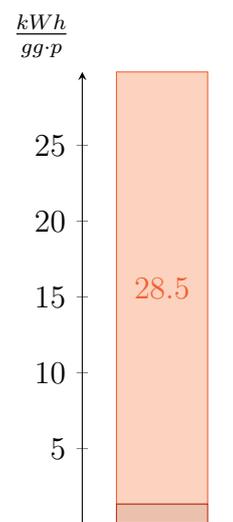
2.1.6 Energia Idroelettrica

Gli impianti idroelettrici sfruttano l'energia potenziale gravitazionale, accumulando dell'acqua e creando laghi artificiali che vengono periodicamente svuotati facendo scorrere grandi quantità di acqua attraverso delle turbine. Questo mezzo di produzione di energia elettrica sfrutta il ciclo dell'acqua, perciò non è destinato ad esaurirsi in alcun futuro prossimo. Come per l'energia eolica, la morfologia e la posizione geografica del Canada si presentano eccellenti per questi impianti. La grande quantità di fiumi portano il Canada al secondo posto in un contesto internazionale con una capacità di produzione massima pari a 75,7 MW di elettricità. In un contesto annuo, nel 2015 la produzione di elettricità da sorgenti idroelettriche è stata di 373.84 miliardi di kWh [7]. Dunque la produzione per giorno pro capite:

$$\frac{373.84 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 28.517 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$



È importante notare che è cambiata la scala da Wh a kWh.



2.2 Energia Non Rinnovabile

2.2.1 Combustibili Fossili

Purtroppo il database socioeconomico del Canada (CANSIM) non suddivide in sottocategorie la produzione di energia elettrica da carburanti combustibili. Dunque nel 2015 è indicato che la produzione di energia da queste sorgenti è stata di 139.46 milioni di MWh [7]. Da cui possiamo derivare il consumo per persona al giorno che corrisponde a $10.658 \frac{kWh}{gg \cdot p}$.

$$\frac{139.46 \cdot 10^6 \text{ MWh}}{356 \text{ gg} \cdot 35.65 \cdot 10^6 \text{ persone}} = \frac{139.46 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{356 \text{ gg} \cdot 35.65 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 10.658 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

2.2.2 Nucleare

Il nucleare non è utilizzato in Canada come in altri paesi, anche se c'è una massiccia produzione di uranio, perché l'80% è esportato all'estero e il 20% è utilizzato in casa, ci sono 19 centrali nucleari attive in Canada e esse producono fino a 100 milioni di MWh di elettricità annua. Il nucleare rappresenta il 13.3% dell'elettricità prodotta ed è anche la seconda risorsa produttrice dietro al idroelettrico (e i combustibili fossili). Il prodotto elettrico dalle turbine alimentate da impianti nucleari nel 2015 è stato di 95.68 miliardi di kWh [7].

$$\frac{95.68 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 7.313 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

2.3 Considerazione sui dati

Dall'analisi appena conclusa appare che la produzione di energia Canadese sia per la maggior parte da fonti di energia rinnovabile. Ma ciò non è corretto, è importante ricordare che i dati appena calcolati sono riferiti alla produzione di elettricità. Dunque sono esclusi fattori importanti come energia utilizzata dal traffico o dai sistemi di riscaldamento delle abitazioni. Nelle considerazioni del prossimo capitolo, in cui si osserva il consumo energetico totale sarà mostrata la differenza energetica che viene coperta da combustibili fossili.

Capitolo 3

Consumo Energetico

La produzione canadese di beni energetici, come petrolio, carbone e prodotti derivati dal petrolio sono aumentati. Di conseguenza anche il consumo canadese è aumentato, nel 2010, del 2.2% portando il consumo a 7622 petajoule. Sempre nel 2010 l'energia maggiormente utilizzata è stata i prodotti rifiniti a base di petrolio 41% seguito dal molto utilizzato gas naturale 31% e poi da elettricità 24%. Un utilizzo elevato di prodotti rifiniti a base di petrolio è dovuto dal consumo del settore dei trasporti, settore che ha consumato, sempre nel 2010, il 34% dell'energia totale consumata in Canada seguito vicino dal settore agricolo con il 20%. Il seguente grafico mostra la domanda di energia canadese nel 2012. Esso è separato in due gruppi: Uso primario e secondario di energia.

res/images/energy_consumption_by_class_2015.png

Se non contrariamente indicato tutti i dati in questo capitolo sono presi dal documento Energy Facts Book [10] da pagina 81 in avanti.

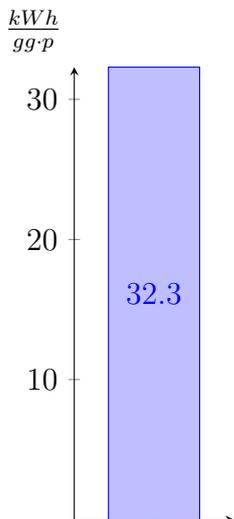
Figura 3.1: Rappresentazione in un grafico a torta del consumo dell'energia, immagine da Energy Facts Book 2015 pag. 83 [10]

L'uso primario di energia conta tutta la domanda di energia totale, esso include l'energia secondaria dunque e include la perdita di energia dovuta a conversioni e al trasporto di energia e il valore energetico di sostanze che non vengono utilizzate come sorgenti, come per esempio il petrolio nell'industria petrolchimica. Nel 2012 il totale ammontare di energia consumata era di 12'394.3 PJ.

L'uso secondario di energia conta l'energia utilizzata dai consumatori effettivi nei vari settori dell'economia. Inoltre include l'energia richiesta per far andare i veicoli e macchinari, nel settore del trasporto, agricolo e industriale l'energia usata per scaldare o raffreddare edifici nel settore residenziale, commerciale e istituzionale. Nel 2012 il totale ammontare di energia consumata era di 8'734.5 PJ.

3.1 Consumo Residenziale

Il consumo residenziale è legato al consumo energetico usato per scaldare o raffreddare edifici e acqua di abitazione domestiche, escludendo fabbriche e simili. Il settore residenziale, con una superficie totale di 133 milioni di m² di spazio vivibile, occupa il 17% dell'energia utilizzata in Canada cioè 1'194 PJ divisi tra elettricità e gas naturale. In media in una casa canadese ci sono 2.6 persone, 21 apparecchi elettrodomestici, il 48% dello spazio occupato è raffreddato. Tutti questi dati sono riferiti al 2012.



$$\frac{1485.46 \text{ PJ}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = \frac{412.66 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 32.33 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

3.2 Consumo commerciale e istituzionale

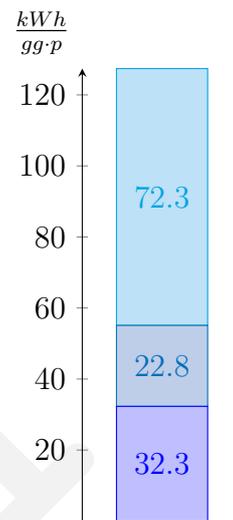
Il consumo commerciale e istituzionale comprende tutto il consumo legato a edifici non residenziali; come scuole, teatri, uffici, ecc. ma anche i servizi come luci stradali o generatori ausiliari. Questo settore conta più di 13 milioni di dipendenti, con una superficie totale di 741 milioni di m² e occupa il 12% dell'energia utilizzata in Canada, cioè 1'069 PJ per la maggior parte divisi tra elettricità e gas naturale.

$$\frac{1048.56 \text{ PJ}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = \frac{219.29 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 22.82 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$

3.3 Consumo industriale

Il consumo industriale comprende il consumo effettuato dal settore industriale che è tutto ciò che produce beni includendo agricoltura, costruzioni, scienze forestali ecc. Il settore è migliorato dal 1990 al 2012 in efficienza del 10%, risparmiando 3.3 miliardi di dollari. Nel 2012 il settore industriale ha speso 42.4 miliardi di dollari per energia di cui 714 PJ erano di elettricità. Complessivamente il settore industriale consuma circa 3.3 TJ di elettricità ogni anno.

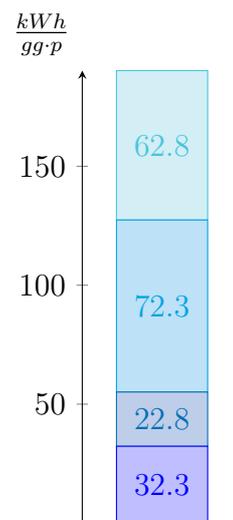
$$\frac{3320.43 \text{ PJ}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = \frac{992.42 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{365 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 72.28 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$



3.4 Consumo dai trasporti e dall'agricoltura

Come intuibile una grande parte dell'energia viene utilizzata per lo spostamento. In Canada il settore dei trasporti utilizza il 30% dell'energia secondaria consumata. Al contrario invece il consumo per l'agricoltura è minimo poichè la posizione geografica del paese non è favorevole alla coltivazione. La dipendenza dagli Stati Uniti e altri paesi per l'alimentazione può essere una causa parziale dell'enorme consumo dei trasporti descritto precedentemente. Nel 2012 i due settori di trasporto e agricolo hanno consumato rispettivamente 2.621 TJ e 262.1 PJ.

$$\frac{2.621 \text{ TJ} + 262.1 \text{ PJ}}{356 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = \frac{717.65 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{356 \text{ gg} \cdot 35.85 \cdot 10^6 \text{ persone}} = 62.77 \frac{\text{kWh}}{\text{gg} \cdot \text{persona}}$$



3.5 Considerazione e comparazione dei dati

In conclusione possiamo comparare i dati ottenuti, è importante notare però che i dati sono da due anni differenti¹ quindi si deve considerare un margine di errore. Come è evidentemente notabile il consumo energetico Canadese è decisamente superiore alla produzione fornita dalle fonti rinnovabili, di conseguenza tutta la differenza deve originare da combustibili fossili come gas naturale o petrolio.

¹Non è stato possibile trovare una combinazione di consumo e produzione dello stesso anno per il 2012 o per il 2015.

3.5.1 Stima della produzione del 2012

La comparazione di dati di anni differenti presenta un'impresione difficile da trascurare ma fortunatamente dal documento di riferimento per il consumo [10] possiamo estrarre il consumo elettrico del 2012. Considerando che la produzione energetica del 2012 era pari al consumo possiamo avere una stima migliore.

$$E_{2012} - W_{2012} = J_{2012}$$

$$190.20 - 38.8 = 151.4 \frac{kWh}{gg \cdot p}$$

Utilizzando la formula sopra, in cui E indica l'energia totale, W l'energia elettrica e J l'energia immagazzinata in materiale combustibile, possiamo ottenere una figura rappresentativa dello stato delle sorgenti rinnovabili (tutte le energie sono per persona al giorno).

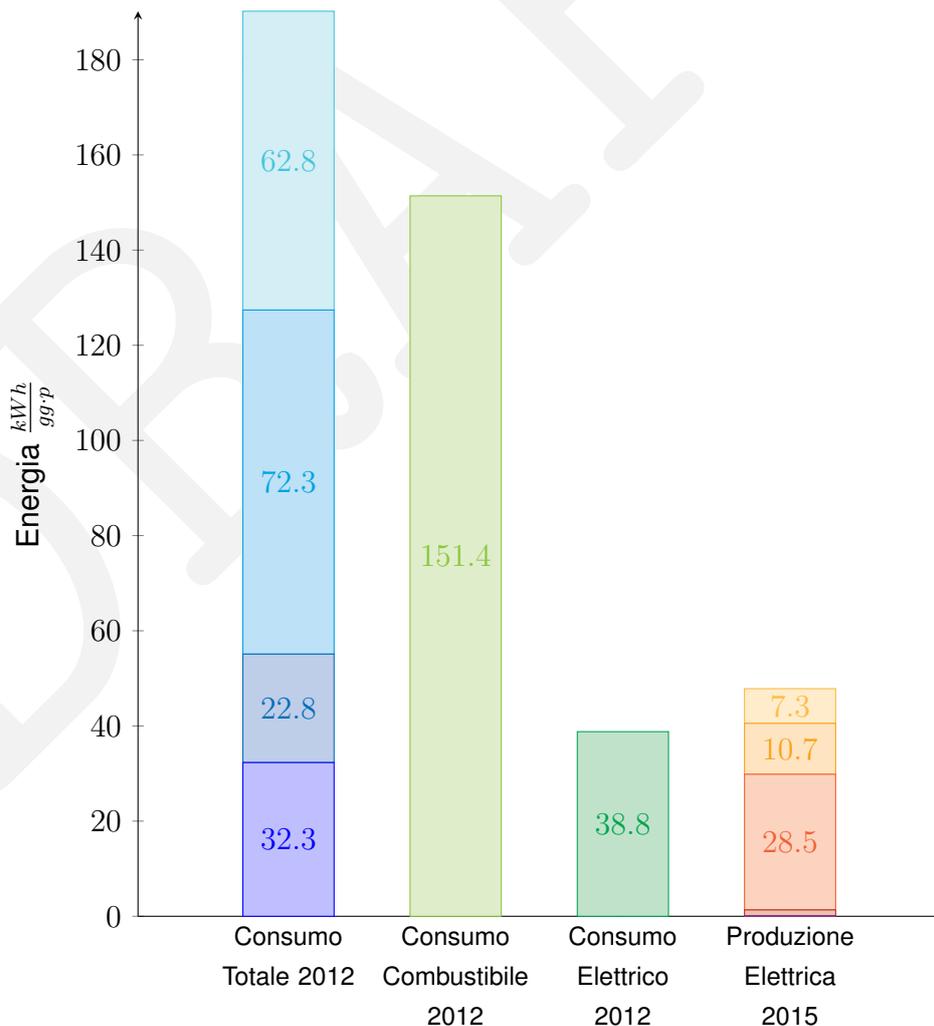


Figura 3.2: Comparazione dei dati di consumo e produzione.

Capitolo 4

Politiche Ambientali

Il Canada da un punto di vista diplomatico sembra sia una nazione che si impegna per poter arrivare ad essere completamente ecosostenibile, infatti è parte del trattato di Kyoto e ha contribuito attivamente prima e durante il summit della terra a Rio nel 1992. Purtroppo però lo stile di vita Canadese è ancora estremamente non-ecosostenibile e l'influenza culturale dagli USA non incentiva il cambiamento. Inoltre la vasta quantità di risorse naturali come petrolio e gas non evidenziano la necessità di migliorare i metodi di produzione energetica correnti. Poichè attualmente le industrie Canadesi sono tra le più grandi esportatrici di gas naturale e carbone verso gli stati uniti e il sud-est asiatico. Nonostante ciò il governo Canadese continua ad incentivare la trasformazione verso una Green Economy.

4.1 Emissioni

Come visto in precedenza la maggior parte dell'energia prodotta in Canada arriva da fonti non rinnovabili. Ma che impatto hanno effettivamente? Per quantificare questa grandezza andremo a calcolare quanto CO₂ viene emesso per ogni kWh prodotto.

4.1.1 Produzione Elettrica

Partiamo quindi dalla produzione elettrica; secondo Statistics Canada CANSIM nel 2015 in Canada sono stati prodotti $632 \cdot 10^6$ MWh di energia elettrica [7]. Dallo stesso istituto possiamo ricavare i dati sul consumo delle centrali di produzione elettrica. Considerando che le fonti di energia rinnovabile e il nucleare non abbiamo emissioni, cosa non vera ma trascurabile considerando l'ordine di grandezza delle emissioni dei combustibili fossili, si ottiene che il Canada emette ogni anno 126 milioni di tonnellate di CO₂ nell'atmosfera. Il valore è stato calcolato utilizzando i dati sulle quantità di combustibili utilizzati dalle centrali, ai coefficienti di emissione di CO₂ e ai coefficienti di potere calorico[16].

Fuel	$k_{CO_2} \frac{kg}{kg}$
Subbituminous Coal	2.77
Natural Gas	2.40
Lignite	2.04
Bituminous Coal	2.77
Wood	1.63
Heavy Fuel Oil	2.84
Petroleum Coke	3.31
Diesel	3.20
Methane	2.80
Light Fuel Oil	2.60
Propane	2.77

Tabella 4.1: Coefficienti di emissione dei combustibili utilizzati in Canada.

Fuel	Mass in $10^3 t$	CO ₂ in $10^3 t$
Subbituminous Coal	24'479.39	677'565.11
Natural Gas	9'783.89	234'748.99
Lignite	8'846.53	180'224.84
Bituminous Coal	2'897.52	80'200.43
Wood	2'680.91	43'564.81
Heavy Fuel Oil	649.14	18'455.35
Petroleum Coke	577.52	19'113.61
Diesel	136.21	4'358.60
Methane	131.15	3'672.18
Light Fuel Oil	41.08	1'068.05
Propane	0.0001	0.0027
Total	50'223.33	1'262'971.97

Tabella 4.2: Combustibili utilizzati dalle centrali elettriche per produrre elettricità nel 2015 [8] (dati in migliaia di tonnellate).

Coefficiente di emissione di CO₂ (k_{CO_2}): Come descrive il nome questo coefficiente indicato come k_{CO_2} indica quanto CO₂ viene emesso durante la combustione di un determinato materiale. Nelle tabelle può essere indicato in $\frac{kg}{kg}$ (senza unità) o in $\frac{kg}{kWh}$, nel primo caso non è necessario alcun passaggio intermedio mentre per il secondo è necessario conoscere il potere calorico del materiale.

Potere Calorico (Δ_c): Il potere calorico o potere calorifico indica la quantità di energia che viene emessa da un materiale durante la sua combustione. Il potere calorico viene normalmente indicato in $\frac{MJ}{kg}$ ma si può anche trovare in $\frac{kcal}{kg}$ (obsoleto) o in $\frac{btu}{lb}$ (sistema imperiale).

Conoscendo i coefficienti calorici e i coefficienti di emissioni di CO₂ di ogni materiale possiamo calcolare la massa di anidride carbonica che viene emessa ogni anno con la seguente formula.

$$m_{CO_2} = m \cdot \Delta_c \cdot k_{CO_2}$$

$$[m_{CO_2}] = kg = kg \cdot \frac{kg}{MJ} \cdot \frac{MJ}{kg}$$

Infine conoscendo la produzione annua di elettricità (indicata all'inizio della sottosezione) possiamo calcolare quanto costa in termini ecologici (emissioni di CO₂) ogni kWh elettrico prodotto in Canada.

$$\frac{126.3 \cdot 10^9 kg}{631.7 \cdot 10^9 kWh} = 0.2 \frac{kg di CO_2}{kWh}$$

Fuel	Heat of Combustion	$\frac{MJ}{kg}$
Petroleum Coke		34.2
Diesel		43.3
Heavy Fuel Oil		41.0
Methane		50.0
Bituminous Coal		31.3
Subbituminous Coal		31.3
Propane		27.2
Light Fuel Oil		43.6
Natural Gas		47.7
Lignite		22.0
Wood		15.0

Tabella 4.3: Potere calorico delle sorgenti di energia utilizzate in Canada. [16]

Avendo un unico dato come punto di analisi è difficile comprendere quanto questa misura sia effettivamente dannosa in un contesto globale. Dunque per dare una rappresentazione concreta a questa misura andremo a calcolare quanti alberi sono necessari per contrastare le emissioni di CO₂ causati dal consumo di elettrodomestici tipicamente presenti in una casa.

4.1.2 Emissioni da economie domestiche (abitazioni)

I dati del consumo domestico indicati nella tabella seguente sono presi da una statistica di Toronto Hydro [17] che stima quanta energia viene consumata al mese da ogni elettrodomestico. Inoltre da una ricerca dalla NC State University sappiamo che un albero in media è in grado di assorbire 48 pounds di CO₂ nel corso di un anno, che equivale a circa 21.8 kg. Dunque in maniera molto semplice possiamo calcolare quanti alberi sarebbero necessari per contrastare le emissioni da ogni elettrodomestico.

$$n = \frac{P \cdot t \cdot k_{CO_2}}{m_{alberi} \cdot 10^3} \quad [n] = [-] = \frac{W \cdot h \cdot \frac{kg}{kWh}}{kg \cdot 10^3}$$

Considerando che i dati della tabella seguente sono per mese, è impressionante quante emissioni sono causate dal consumo di elettrodomestici che potremmo ritenere essenziali per la nostra vita moderna.

Appliance	Consumption in <i>W</i> (avg.)	Usage Time in <i>h</i> (avg.)	Energy Usage in <i>kWh</i>	CO ₂	Trees Needed
Air Cleaner	40.00	400.00	16.00	3.20	5.81
Clothes Dryer	5000.00	20.00	100.00	19.99	36.31
Clothes Washer	500.00	10.00	5.00	1.00	1.82
Computer	200.00	100.00	20.00	4.00	7.26
Dishwasher	1300.00	10.00	13.00	2.60	4.72
Food Freezer	350.00	60.00	21.00	4.20	7.63
Microwave oven	1000.00	5.00	5.00	1.00	1.82
Stove (Oven)	5000.00	100.00	500.00	99.94	181.56
Fridge	500.00	150.00	75.00	14.99	27.23
Television	100.00	200.00	20.00	4.00	7.26
Water Bed Heater	500.00	150.00	75.00	14.99	27.23
Water Heater	3500.00	118.00	413.00	82.55	149.97
Total	17990.00	1323.00	1263.00	252.45	458.62

Tabella 4.4: Consumo di alcuni elettrodomesti normalmente presenti in casa e il rispettivo numero di alberi necessari per contrastare il consumo elettrico per mese.

Capitolo 5

Conclusioni

Come si può chiaramente vedere dall'istogramma a pagina 16 il Canada ha un consumo di energie fossili quasi quadruplo di quello che potrebbero fornire tutte le altre sorgenti di energia combinate. Ciò non può che significare che sarà necessario riformare il consumo energetico della popolazione. Come è anche possibile osservare il secondo consumo maggiore arriva dal trasporto e dall'agricoltura, molto probabilmente con un semplice cambio di attitudine da parte della maggior parte della popolazione è possibile ridurre questa parte in maniera sostanziale. Inoltre dall'analisi abbiamo potuto visualizzare l'effetto che ha ogni nostro bene alimentato elettricamente. Il Canada rimane comunque un paese progressista intento a finanziare sviluppare nuove tecnologie di produzione di energie rinnovabili. La maggior parte di energia elettrica deriva dall'idroelettrico e il combustibile rimane il gas naturale, che è il combustibile fossile meno inquinante. Sono grandi esportatori, specialmente con i loro vicini, esportando praticamente tutto il carbone che scavano e la maggior parte dell'uranio. La loro politica è molto diversa da quella standard in America, sono molto aperti a ogni individuo che vuole diventare connazionale è benvenuto, indipendentemente dalla sua etnicità o religione. Offrono diverse assicurazioni sociali, pensioni, disoccupazione e cassa malati gratuita. È un paese ufficialmente bilingue, Inglese e Francese, ma le lingue parlate sono più di 120. In conclusione il Canada è un paese ricco, progressista, tollerante e multiculturale capace di dare priorità a progetti e ideali che guardano verso il futuro e al benessere dei posteri, invece che concentrarsi egoisticamente al presente.

5.1 Documenti Allegati

In allegato alla ricerca sono presenti le tabelle di calcolo che sono state utilizzate. Lista dei documenti allegati:

- **Electricity generation by producer class**

Questo documento è utilizzato come riferimento per la maggior parte del capitolo sulla pro-

duzione elettrica. I dati sono stati presi dal database CANSIM e nel documento è indicato il numero della tabella di riferimento.

- **Energy consumption by sector in 2012**

In questo documento i dati sul consumo sono presi interamente dal documento Energy Facts Book [10] ed è utilizzato unicamente per il capitolo dell'analisi del consumo.

- **Non-Electrical energy consumption by sector in 2012**

Utilizzando i dati dei due documenti precedenti, in questo documento è stata calcolata la differenza energetica, sottraendo il consumo elettrico al consumo totale.

- **CO₂ Emissions by source in 2015**

Questo documento presenta i calcoli per arrivare ad ottenere il risultato sulla quantità di CO₂ prodotto per kWh nel capitolo sulle politiche ambientali. I dati sul consumo di materiale del paese sono presi dal database CANSIM, mentre le costanti per i calcoli di conversione energetica (come il potere calorico) arrivano da fonti esterne.

- **CO₂ Emissions by household appliances**

Come seguito al risultato dell'analisi delle emissioni di CO₂, questo documento rende un'idea concreta del consumo calcolando quanti alberi sono necessari per contrastare le emissioni di svariati elettrodomestici normalmente presenti in casa.

5.2 Commento personale

5.2.1 Naoki Pross

Personalmente ho trovato il PDI un progetto interessante in molti aspetti, con il primo l'analisi di dati. La necessità di tenere in ordine ed analizzare la grande quantità di materiale mi ha portato ad apprendere come utilizzare molti strumenti che saranno sicuramente utili per il lavoro di diploma del 4° anno e per altre ricerche o progetti in futuro. Trovo però anche che il tema del PDI di quest'anno sia stato relativamente povero da un punto di vista matematico e fisico. Tutti i calcoli necessari per questa ricerca sono stati molto semplici e mi sarebbe piaciuto apprendere conoscenze più avanzate in campi come l'analisi statistica o la fisica stessa. Mentre da un aspetto culturale imparare la storia e la cultura di una nazione è stato molto affascinante, al punto che ogni tanto era più piacevole informarsi dei vari aspetti culturali invece che discutere dei calcoli per l'argomento centrale della ricerca.

5.2.2 Alan Scheidegger

La ricerca è stata molto interessante, ricercare dei dati utili ma comunque validati è stata una sfida, resa difficile anche dal fatto che certe volte i dati non coincidevano o le date in cui erano stati effettuati erano diverse. Inoltre la ricerca mi ha insegnato la storia e la cultura del Canada e di come in molti aspetti sia, come mi immaginavo, piuttosto comparabile ad una Svizzera solamente più grande; però, grazie ai dati, di come in sostanza usino tantissimo combustibile fossile. Mi ha fatto capire che stile di vita ci sia in Canada e di come sia etnicamente diversificato, la geografia complessa, multiculturale, dipendente dal petrolio ma comunque progressista verso l'energia rinnovabile. In conclusione, secondo me, il Canada è un Paese esempio per molti altri, specialmente i suoi vicini.

5.3 Dichiarazione d'autenticità

Il sottoscritto dichiara di aver sviluppato e redatto personalmente e in maniera autonoma le parti di testo contrassegnate con il proprio nome. Il sottoscritto dichiara inoltre di essere informato che in caso di rilevamento di plagio o di azioni illecite gravi, la direzione della scuola può proporre alla DFP la ripetizione del PDI.

Elenco delle figure

1.1	Canadian Flags	3
1.2	A group of First Nations People from the area known as Qu'Appelle Lakes	4
1.3	Map of European settlements in 1702. Territories under the French dominion are in blue while territories under the British Empire are in red.	5
3.1	Rappresentazione in un grafico a torta del consumo dell'energia, immagine da Energy Facts Book 2015 pag. 83 [10]	13
3.2	Comparazione dei dati di consumo e produzione.	16

Elenco delle tabelle

4.1	Coefficienti di emissione dei combustibili utilizzati in Canada.	18
4.2	Combustibili utilizzati dalle centrali elettriche per produrre elettricità nel 2015 [8] (dati in migliaia di tonnellate).	18
4.3	Potere calorico delle sorgenti di energia utilizzate in Canada. [16]	19
4.4	Consumo di alcuni elettrodomesti normalmente presenti un casa e il rispettivo numero di alberi necessari per contrastare il consumo elettrico per mese.	20

Bibliografia

- [1] R. H. Clark Sarah-Taissir Bencharif. *Tidal Energy*. 20 Ago. 2013. URL: <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/tidal-energy/>.
- [2] Government of Canada. *Canada's History*. 2012. URL: <http://www.cic.gc.ca/english/resources/publications/discover/section-06.asp>.
- [3] Natural Resources Canada. *Minister Carr Hosts North American Energy Ministers Meeting*. 2 Dic. 2016. URL: <https://goo.gl/htBHw1>.
- [4] Statistics Canada. *Greenhouse Gas Emissions*. 2016. URL: <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=FBF8455E-1>.
- [5] Statistics Canada. *Imports, exports and trade balance of goods on a balance-of-payments basis, by country or country grouping*. 2005. URL: <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/101/cst01/gblec02a-eng.htm>.
- [6] Statistics Canada. *Land and freshwater area, by province and territory*. 2005. URL: <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/101/cst01/phys01-eng.htm>.
- [7] Statistics Canada CANSIM. *Electric power generation, by class of electricity producer*. URL: <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&retrLang=eng&id=1270007&pattern=electric+power+generation&tabMode=dataTable&srchLan=-1&p1=1&p2=9>.
- [8] Statistics Canada CANSIM. *Fuel consumed for electric power generation, by electric utility thermal plants*. URL: <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=eng&retrLang=eng&id=1270004&pattern=electric+power+fuel&tabMode=dataTable&srchLan=-1&p1=1&p2=9>.
- [9] Natural Resources Canada (NRCan). *About Renewable Energy*. 2016. URL: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/renewable-electricity/7295>.
- [10] Natural Resources Canada (NRCan). *Energy Fact Book*. Natural Resources Canada (NRCan), 2015. URL: https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/EnergyFactBook2015-Eng_Web.pdf.
- [11] Natural Resources Canada (NRCan). *North American Cooperation on Energy Information (NACEI)*. 2016. URL: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/international/nacei/18051>.

Fonti Esterne

- [12] European Environment Agency. *Energy efficiency and energy consumption in the household sector*. URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-energy-consumption-5/assessment>.
- [13] European Environment Agency. *Household energy consumption by end-use in the EU-27*. URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/households-energy-consumption-by-end-uses-4>.
- [14] Jimmy Carter. *Energy Crisis (1970s)*. 2010. URL: <http://www.history.com/topics/energy-crisis>.
- [15] Swiss Confederation. *National Economy*. URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/themen/04/02/01.html>.
- [16] Dr. Ing. Luca Galbiati. *Potere calorifico dei combustibili*. URL: <http://www.manualihoepi.it/media/doc/pr243.pdf>.
- [17] Toronto Hydro. *Appliance Usage Chart*. URL: <http://www.torontohydro.com/sites/electricsystem/residential/yourbilloverview/Pages/ApplianceChart.aspx>.
- [18] Wikipedia. *Piero Ginori Conti*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Piero_Ginori_Conti.

Immagini

- [19] George Gordon First Nation. URL: <http://www.georgegordonfirstnation.com/treaty4.htm>.
- [20] Wikimedia User. *QueenAnnesWarBefore.svg*. 2010. URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:QueenAnnesWarBefore.svg>.