

# Analisi della produzione e del consumo di energia in Canada

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

13 dicembre 2016



### **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

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
1.1	History and culture of Canada . . . . .	2
1.1.1	Foundation . . . . .	2
1.1.2	The Flag of Canada . . . . .	2
1.2	Canadian Natives . . . . .	3
1.2.1	Modern Canada . . . . .	3
1.3	Natural resources . . . . .	3
1.3.1	Crude Oil . . . . .	4
1.3.2	Natural Gas . . . . .	4
1.3.3	Coal . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Produzione Energetica</b>	<b>5</b>
2.1	Energia Eolica . . . . .	5
2.2	Energia Idroelettrica . . . . .	6
2.3	Energia Marina . . . . .	6
2.4	Energia Solare Fotovoltaica . . . . .	6
2.5	Energia Solare Termica . . . . .	7
2.6	Energia Geotermica . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Consumo Energetico</b>	<b>8</b>
3.1	Consumo Elettrico . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Politiche Ecologiche</b>	<b>9</b>
4.1	Emissioni . . . . .	9
4.1.1	Produzione Elettrica . . . . .	9
4.1.2	Emissioni da economie domestiche (abitazioni) . . . . .	11
4.2	L'energia dell'atomo . . . . .	11
4.2.1	Morti . . . . .	11

<b>5 Conclusioni</b>	<b>13</b>
5.1 Dichiarazione d'autenticità . . . . .	13

DRAFT

# 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 [5]. Located in the northern hemisphere of the American continent, 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 “Kanada”[1]. During the following centuries both French and British colonies were established which led to numerous conflicts the two between empires and the natives. The government of Canada was created with the proclamation of the Constitution Act in 1867, but the present the nationals were enestablished only in 1999 because after since its first foundation the dominion had expanded multiple times.

#### 1.1.2 The Flag of Canada

The current flag of Canada was created in 1964, when the government had an all-party parliamentary committee that prepare multiple designs. Before then 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

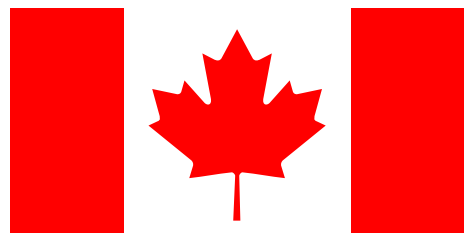


Figure 1.1: Current flag of Canada

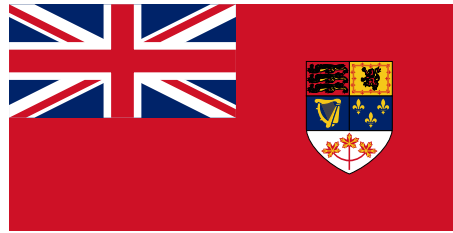


Figure 1.2: Canada Red Ensign used before the introduction of the modern design

and the current flag was adopted the 15 December 1964, just in time for the centennial celebration of the confederation 3 years later.

## 1.2 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 or Premières Nations (in French). There were 6 major tribes and each one of them lived in a particular area of the continent, but they all shared a similar culture and environment. First Nations lived off mostly from hunting with an advanced social system around it that defined territories for each tribe. There was also a system of social orders

### 1.2.1 Modern Canada

Today Canada is a powerful country with its own currency, the Canadian Dollar (CAD), As 2016 one Canadian Dollar equals 0.76 Swiss Francs. Canada's GDP (as Q2 2015) is more than twice ours (Switzerland)[9] with a market price at 1'996'804 millions of Canadian dollars [4]. Its major economic trade partners are USA, UK and Germany.

## 1.3 Natural resources

Canada's huge land area makes it one of the 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 [13]. But Canada is also a leader in renewable energy production with a 18.9% of total energy supply coming just from renewables [11]. Even if most of the energy produced can be considered eco-friendly Canada still relies heavily on non-renewable energy sources as we will see in the next paragraphs.

### 1.3.1 Crude Oil

Oil has become increasingly valuable 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 [3], GHGs (Greenhouse Gases) emissions caused by oil extraction industries have increased by 63.5 millions of tonnes in the last 20 years.

### 1.3.2 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 [3].

### 1.3.3 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  $CO_2$  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

Il Canada è un paese ricco di risorse con largo accesso a petrolio, gas naturali e carbone ma si impegna anche a ricercare e sviluppare metodi di produzione sostenibili, anche grazie all'accesso al mare e montagne permettendo un variegato impiego di tecnologie per la produzione di elettricità. Difatti si impegna a investire ben 220 milioni di dollari in energia pulita ogni anno. Canada, inoltre è uno dei più grandi paesi produttore di uranio al mondo e sono i primi ad aver costruito un reattore nucleare funzionante al mondo. 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 [14]. Infatti tra questi paesi si sono scambiati, solo nel 2015, 167 miliardi di dollari canadesi in prodotti energetici [2].

### 2.1 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 una forma di energia causata dal 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. Poichè il vento è molto forte e costante, lo spazio è abbondante permettendo 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. Nel 2012 i 170 impianti eolici installati rappresentavano il 5% della produzione energetica nazionale [12].

## 2.2 Energia Idroelettrica

Gli impianti idroelettrici sfruttano l'energia potenziale gravitazionale accumulando dell'acqua creando laghi artificiali, che vengono periodicamente svuotati facendo scorrere massive 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 paria a 75,7 GW di elettricità.

## 2.3 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 mareomotice, 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. Per questa ragione la produzione con energia marina in Canada è dello 0.003%.

## 2.4 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, che quando colpiti da una luce, fotoni, genera un campo elettrico in corrente continua, che poi, con 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. Nel 2014 la produzione elettrica solare fotovoltaica ha raggiunto un picco in capacità installata di 1.84 GW [13]. 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. ,

## 2.5 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 l'aria, 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.

## 2.6 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[15]. 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'embargo agli USA e all'Olanda, molti paesi compreso il Canada avviarno delle ricerche per sfruttare la nuova risorsa. Purtroppo però le ricerche per lo sviluppo furono abbandonate presto perchè il prezzo del petrolio si ristabilizzò[8]. In Canada l'energia geotermica è gestita dalla *CanGEA*, una associazione governativa che unisce tutte le imprese nel settore geotermico. Secondo *CanGEA* il potenziale energetico geotermico in Canada è di oltre 5'000 MW utilizzando la tecnologia odierna,

## Capitolo 3

# Consumo Energetico

### 3.1 Consumo Elettrico

DRAFT

## Capitolo 4

# Politiche Ecologiche

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 CO<sub>2</sub> 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 631'682'021 MWh di energia elettrica [6]. 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 ignorabile considerando l'ordine di grandezza delle emissioni dei combustibili fossili, si ottiene che il Canada emette ogni anno 25.42E+12 tonnellate di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Il valore è stato calcolato utilizzando i dati sulle

quantità di combustibili utilizzati dalle centrali, ai coefficienti di emissione di CO<sub>2</sub> e ai coefficienti di potere calorico[10].

**Coefficiente di emissione di CO<sub>2</sub> ( $k_{CO_2}$ ):** Come descrive il nome questo coefficiente indicato come  $k_{CO_2}$  indica quanto CO<sub>2</sub> 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 ( $\Delta_c$ ):** 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).

Energy Source	Mass [t]	k <sub>CO<sub>2</sub></sub> [kg/kg]	m <sub>CO<sub>2</sub></sub> [kg]
Natural gas	9.78E+09	2.40E+03	23.47E+15
Imported heavy fuel oil	360.83E+06	2.84E+03	1.03E+15
Canadian heavy fuel oil	288.31E+06	2.84E+03	819.67E+12
Canadian subbituminous coal	24.32E+06	2.77E+03	67.33E+12
Lignite	8.85E+06	2.04E+03	18.02E+12
Imported bituminous coal	2.44E+06	2.77E+03	6.75E+12
Petroleum coke	577.52E+03	3.31E+03	1.91E+12
Canadian bituminous coal	459.41E+03	2.77E+03	1.27E+12
Diesel	136.21E+06	3.20E+00	435.86E+09
Methane	131.15E+06	2.80E+00	367.22E+09
Light fuel oil	41.08E+06	2.60E+00	106.80E+09
Wood	2.68E+06	1.63E+00	4.36E+09
Imported subbituminous coal	154.53E+03	2.30E+00	355.41E+06
Propane	98.60E+00	2.77E+03	272.90E+06
<b>Total</b>	<b>10.78E+09</b>		<b>25.42E+15</b>

Tabella 4.1: Combustibili utilizzati dalle centrali elettriche per produrre elettricità nel 2015 [7].

Conoscendo i coefficienti calorici e i coefficienti di emissioni di CO<sub>2</sub> di ogni materiale possiamo calcolare la massa di anidride carbonica che viene emessa ogni anno con la seguente formula.

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

$$[kg] = [kg] \cdot \left[ \frac{kg}{MJ} \right] \cdot \left[ \frac{MJ}{kg} \right]$$

In questa tabella il coefficiente di emissioni di CO<sub>2</sub> è già stato convertito in kilogrammi su kilogrammi (moltiplicato per Δ<sub>c</sub>) e sono ordinati in ordine decrescente rispetto alla massa, che però risulta valere anche nella massa di CO<sub>2</sub> poichè come scritto nel capitolo della produzione il Canada è un paese ancora molto dipendente dai combustibili fossili. Infine conoscendo la produzione annua di elettricità possiamo calcolare quanto costa in termini ecologici (emissioni di CO<sub>2</sub>) ogni kWh elettrico prodotto in Canada.

$$\frac{25.42 \cdot 10^{12} t}{631.68 \cdot 10^9 kWh} = 40.24 \frac{kg \text{ di } CO_2}{kWh}$$

#### 4.1.2 Emissioni da economie domestiche (abitazioni)

Come secondo argomento possiamo analizzare le abitazioni poichè sono dove la maggior parte della popolazione inquina in maniera diretta consumando. In particolare si vuole analizzare l'inquinamento causato dai sistemi di riscaldamento. Come per il settore elettrico in in Canada la maggior parte della popolazione ha un impianto di riscaldamento alimentato a combustibili fossili o gas naturale.

## 4.2 L'energia dell'atomo

Attualmente l'energia nucleare rappresenta una fetta imporante della produzione di energia malgrado il trend anti-atomico emerso dagli incidenti nucleari nel 1986 e nel 2011. Nella nostra società il nucleare è considerato una fonte di energia pericolosa e non rinnovabile. Trovo però che queste paure arrivano da ragionamenti poco fondati di primo istinto. Per comprendere meglio i pericoli reali dell'energia atomica è necessario analizzare analiticamente la situazione attuale di questo mezzo di produzione. Perciò sarà necessario quantificare in delle unità comparabili i vantaggi e gli svantaggi del nucleare.

### 4.2.1 Morti

Analizziamo dunque la prima ragione per cui ci si allontana dal nucleare, il pericolo. La psicologia umana sembra sia fatta in maniera tale da dare più importanza ad eventi singoli e catastrofici rispetto a pericoli passivi su un grande arco di tempo. Consideriamo quindi come prima unità di comparazione il *pericolo diretto* ovvero le morti per anno medie sul posto di lavoro. Per ogni sorgente energetica prendiamo il numero di morti registrare sul posto di lavoro diviso da quanti anni si

lavora la risorsa.

$$\textit{pericolo diretto} = \frac{\textit{morti registrati}}{\textit{anno attuale} - \textit{inizio lavorazione}}$$

Questa misura però non prende in considerazione il danno passivo causato da emissioni dalla combustione o radiazioni, unità che tendono ad essere difficili da registrare.

DRAFT



## Capitolo 5

### Conclusioni

#### 5.1 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.

## Bibliografia

- [1] Government of Canada. *Canada's History*. 2012. URL: <http://www.cic.gc.ca/english/resources/publications/discover/section-06.asp>.
- [2] Natural Resources Canada. *Minister Carr Hosts North American Energy Ministers Meeting*. 12.2.2016. URL: <https://goo.gl/htBHw1>.
- [3] Statistics Canada. *Greenhouse Gas Emissions*. 2016. URL: <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=FBF8455E-1>.
- [4] 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/l01/cst01/gblec02a-eng.htm>.
- [5] Statistics Canada. *Land and freshwater area, by province and territory*. 2005. URL: <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l01/cst01/phys01-eng.htm>.
- [6] 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>.
- [7] 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>.
- [11] Natural Resources Canada (NRCAN). *About Renewable Energy*. 2016. URL: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/renewable-electricity/7295>.
- [12] *Canada A Global Leader in Renewable Energy, Enhancing Collaboration on Renewable Energy Technologies*. Natural Resources Canada (NRCAN), 2013. URL: [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/www/pdf/publications/emmc/renewable\\_energy\\_e.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/www/pdf/publications/emmc/renewable_energy_e.pdf).

- [13] Natural Resources Canada (NRCan). *Energy Fact Book*. Natural Resources Canada (NR-Can), 2015. URL: [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/EnergyFactBook2015-Eng\\_Web.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/EnergyFactBook2015-Eng_Web.pdf).
- [14] Natural Resources Canada (NRCan). *North American Cooperation on Energy Information (NACEI)*. 2016. URL: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/international/nacei/18051>.

## Fonti Esterne

- [8] Jimmy Carter. *Energy Crisis (1970s)*. 2010. URL: <http://www.history.com/topics/energy-crisis>.
- [9] Swiss Confederation. *National Economy*. URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/themen/04/02/01.html>.
- [10] Dr. Ing. Luca Galbiati. *Potere calorifico dei combustibili*. URL: <http://www.manualihoepli.it/media/doc/pr243.pdf>.
- [15] Wikipedia. *Piero Ginori Conti*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Piero\\_Ginori\\_Conti](https://en.wikipedia.org/wiki/Piero_Ginori_Conti).