



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

Corso di Laurea Magistrale in Lingue, Economie e  
Istituzioni dell'Asia e dell'Africa Mediterranea  
(ordinamento ex D.M. 270/2004)

Tesi di Laurea

# **L'influenza dell'industria automobilistica giapponese sulla creazione del piano strategico nazionale verso una società all'idrogeno**

**Relatore**

Prof. Andrea Revelant

**Correlatore**

Ch. Prof. Patrick Heinrich

**Laureando**

Damiano Tresoldi  
Matricola 989967

**Anno Accademico**

2022 / 2023

# INDICE

INDICE .....	1
INDICE DELLE FIGURE .....	4
INDICE DELLE TABELLE .....	4
LISTA ABBREVIAZIONI E ACRONIMI .....	5
要旨 .....	7
INTRODUZIONE.....	10
Stato dell'arte.....	11
CAPITOLO 1.....	14
1.1. Che cos'è l'idrogeno .....	16
1.1.1. I diversi colori dell'idrogeno.....	17
Le diverse tecnologie .....	17
Idrogeno Grigio .....	18
Idrogeno Blu .....	19
Idrogeno Verde.....	20
Idrogeno Turchese.....	22
Idrogeno Rosa.....	22
Altri colori dell'idrogeno.....	22
Costi dell'idrogeno .....	23
1.1.2. Giappone e idrogeno.....	24
Fukushima Hydrogen Energy Research Field.....	24
H2One.....	25
Ene-farm.....	27
Mobilità ad idrogeno .....	28
1.1.3 Relazioni internazionali giapponesi per l'idrogeno .....	30
Collaborazione tra Giappone e Australia.....	31

<b>Collaborazione tra Giappone ed Emirati Arabi Uniti</b> .....	33
<b>1.2. Situazione energetica in Giappone</b> .....	34
<b>1.2.1. Nucleare</b> .....	36
<b>Politica energetica nucleare dal secondo dopoguerra al 2011</b> .....	36
<b>Il naufragio del cambio di rotta</b> .....	37
<b>Ritorno al nucleare</b> .....	38
<b>1.2.2. Rinnovabili</b> .....	39
<b>Energia solare</b> .....	41
<b>Energia eolica</b> .....	41
<b>Energia idroelettrica, geotermica e da biomasse</b> .....	42
<b>1.3. Conclusioni</b> .....	44
<b>CAPITOLO 2</b> .....	47
<b>2.1. Obiettivi strategia per l'idrogeno giapponese</b> .....	49
<b>2.1.1. Informazioni di base</b> .....	49
<b>2.1.2. Prima fase: Realizzazione di impianti di produzione di idrogeno a basso costo</b> .....	50
<b>2.1.3. Seconda fase: utilizzo dell'idrogeno</b> .....	52
<b>Utilizzo dell'idrogeno nella produzione di energia elettrica</b> .....	52
<b>Utilizzo dell'idrogeno nella mobilità</b> .....	53
<b>Altri potenziali utilizzi dell'idrogeno e iniziative del governo giapponese</b> .....	53
<b>2.1.4. Terza fase: passaggio ad idrogeno rinnovabile</b> .....	54
<b>2.1.5. Attualizzazione</b> .....	55
<b>2.2. Obiettivi strategia per l'idrogeno europea</b> .....	58
<b>2.2.1. Informazioni di base</b> .....	58
<b>2.2.2. Aumento della capacità di idrogeno e schemi di supporto</b> .....	59
<b>2.3. Le due strategie a paragone</b> .....	61
<b>2.3.1. Confronto Strategia</b> .....	61
<b>2.4. Conclusioni</b> .....	64

<b>CAPITOLO 3</b> .....	67
<b>3.1. Miglior metodo di introduzione dell'idrogeno</b> .....	68
<b>3.1.1. Analisi del potenziale dell'idrogeno nei diversi settori dei trasporti in Giappone</b> .....	68
<b>3.1.2. Le sfide del trasporto pubblico in Giappone: Il costoso caso degli autobus ad idrogeno</b> .....	70
<b>3.1.3. Selezione di applicazioni a bassa priorità</b> .....	71
<b>3.2. Case automobilistiche giapponesi in ritardo sull'elettrico</b> .....	72
<b>3.3. Il ruolo di Toyota</b> .....	75
<b>3.3.1. La resistenza di Toyota alla transizione verso i BEV continua</b> .....	75
<b>3.3.2. Le azioni e le influenze dirette di Toyota nelle politiche climatiche</b> .....	78
<b>3.3.3. Il tira e molla di Toyota</b> .....	82
Attività della JAMA .....	82
Attività dell'Hydrogen Council.....	84
<b>3.4. Conclusioni</b> .....	85
<b>CONCLUSIONE</b> .....	88
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	91

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Domanda globale per l'idrogeno puro, 1975-2018.....	19
Figura 2 - Rappresentazione grafica del processo di elettrolisi dell'acqua .....	21
Figura 3 - Fukushima Hydrogen Energy Research Field (FH2R) .....	25
Figura 4 - Dimostrazione funzionamento Ene-farm .....	27
Figura 5 - Totale unità di Ene-farm vendute a livello nazionale e nella città di Osaka .....	28
Figura 6 - Rappresentazione grafica del funzionamento di una cella a combustibile.....	29
Figura 7 - Rappresentazione del funzionamento di un'FCEV .....	30
Figura 8 - Trasportatore di idrogeno liquefatto "Suiso Frontier" ancorato a Kobe .....	33
Figura 9 - Fornitura energetica primaria giapponese .....	35
Figura 10 - Cambiamenti nella capacità installata di energie rinnovabili .....	40
Figura 11 - Previsione per la Strategia di base per l'idrogeno giapponese .....	51
Figura 12 - Cambiamenti spesa pubblica giapponese sull'idrogeno per tipo di utilizzo .....	56
Figura 13 - Dimostrazione meccanismo CCfD .....	60
Figura 14 - Scala prioritizzazione uso idrogeno verde.....	63
Figura 15 - Previsione produzione di PHEV per paese (1.000 auto).....	72

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Riassunto colori dell'idrogeno con costi annessi.....	23
Tabella 2 - Impianti H2One operativi in Giappone .....	26
Tabella 3 - Prezzi FIT per fonte energetica aggiornati al 2022 con previsione al 2023 .....	43
Tabella 4 - Panoramica Investimenti in idrogeno effettuati fino al 2020 dal Giappone .....	50
Tabella 5 - Tabella di marcia Strategia di base per l'idrogeno UE .....	59
Tabella 6 - Paragone settore dei trasporti per potenziale uso dell'idrogeno in Giappone.....	69
Tabella 7 - Classifica delle aziende automobilistiche per impegno nella completa decarbonizzazione .....	77
Tabella 8 - Compagnie partecipanti alla dichiarazione congiunta sull'introduzione degli FCEV del 2011	80

## **LISTA ABBREVIAZIONI E ACRONIMI**

ACEA	European Automobile Manufacturers Association
AWE	Alkaline water electrolysis
AZEC	Asia Zero Emission Community
B2C	Business to Consumer
BEV	Battery Electric Vehicle
CCfD	Carbon Contracts for Difference
CCS	Carbon Capture and Storage
CCUS	Carbon Capture Use and Storage
DPJ	Democratic Party of Japan
ETS	Emission Trading System
FC	Fuel Cell (celle a combustibile)
FCCJ	Fuel Cell Commercialization Conference of Japan
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FH2R	Fukushima Hydrogen Energy Research Field
FIT	Feed-in Tariff
GNL	Gas Naturale Liquefatto
HESC	Hydrogen Energy Supply Chain
HEV	Hybrid Electric Vehicle
ICE	Internal Combustion Engine
JAERD	Japan-Australia Energy and Resources Dialogue
JAMA	Japan Automobile Manufacturers Association
JPEA	Japan Photovoltaic Energy Association
JSA	Japan Standard Association

LDP	Liberal Democratic Party
METI	Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria
MOC	Memorandum di Cooperazione
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization
NIES	National Institute for Environmental Studies
NRA	Nuclear Regulation Authority
P2G	Power to gas
PEM	Polymer Electrolyte Membrane
PHEV	Plug-in Hybride Electric Vehicle
RES	Renewable Energy Sources
SOEC	Solid Oxide Electrolyzer Cell
SMR	Stream Methane Reforming
UAE	Emirati Arabi Uniti
UE	Unione Europea
WGS	Water-Gas Shift
ZEV	Zero Emissions Vehicles

## 要旨

日本は石油とメタンの埋蔵量が少ないにもかかわらず、化石燃料の依存度が最も高い先進国の一つである。しかし近頃、カーボンニュートラルを達成するために、『水素基本戦略』という政策を策定し、水素自動車に注力する意向も、この分野で世界のリーダーになる意図も表明した。では、なぜ日本には「水素社会」になるために、水素自動車は第一歩になったのだろうか。この論文では日本の自動車業界が水素自動車を宣伝するためにロビー活動を行ったと私が考える理由を説明したいと思う。以下では、「日本のエネルギー状況」、「日本と他国の水素の第一歩の比較」、「日本の自動車業界のロビー活動の可能性」という3つの重要な点について述べる。

まずは日本のエネルギー状況について述べる。以上に述べたように日本は化石燃料に依存しており、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーによる電力生産技術を国内に導入しても、地理的条件が不利であり、その結果として高額な維持費がかかるため、非常に複雑だった。それに、2011年の福島原子力発電所事故により、原子力発電は政治的にも困難になった。実際、大惨事後の工場閉鎖により化石燃料への依存度が急激に高まり、2014年には一次エネルギー供給の94%に達した。しかし、その後、再生可能エネルギーの強化により減少した(METI, 2022)。

各国が掲げるカーボンニュートラルの達成に向けて再生可能エネルギーの増産を目指すうちに、水素の重要性が高まっている。持続可能でクリーンなエネルギーのグリーン水素は、水と電気が利用できる世界中のどこでも簡単な電気分解によって生成可能である。したがって、エネルギー独立の可能性を考慮すると、日本の狙いは理解できなくはない。

次には日本と他国の水素戦略第一歩の比較について述べる。近年、いくつかの国が供給がなくても需要を設定するという問題に対処するために、今まで化学石油産業のみに限定されている市場の創出を可能にする方法についての国家戦略計画を策定している。日本経済新聞(2020)は、特に日本がすでに2017年に『水素基本戦略』を宣言し、「水素社会」になるだけでなく、この分野で世界のリーダーになるという意志を表明したと説明した。欧州連合も独自の水素戦略を策定しており、それを日本と比較すると、戦略計画の第一歩に大きな違いがあることがわかる(European Commission, 2020)。日本を除くほぼすべての国は、ロードマップの初期段階で一般消費者向けの水素市場を創設することは、費用が高すぎるため不可能と考えている。一方で、他の技術では脱炭素化が困難な船舶、電車、トラックなどの重量物輸送産業を含む大規模産業にとっては、別のエネルギー源への移行がより適切であると考えている(Farrell, 2002)。しかし、現在の市場で人気の電気自動車と比較すると、あまりにも高価で非実用的であると考えられているにもかかわらず、日本は水素を燃料として使用する自動車である燃料電池電気自動車の製品を国民にアピールすることで、水素需要の広範な普及を目指し続けている。



最後には日本の自動車業界のロビー活動の可能性について述べる。実際、車両群の転換はCO<sub>2</sub>排出量を削減するための重点の1つであり、現時点で排出量ゼロの車両は水素自動車と電気自動車の二種類だけである。自動車市場は激変しており、トヨタをはじめとする大手メーカーは非常に不利な状況に陥っている。実際、彼らは電気自動車の単独販売をビジネスの基盤とするテスラのような新規参入企業に遅れを取っている（Schulz, 2019）。したがって、トヨタ最高経営責任者である豊田章男が自動車車両の完全電動化に否定的な姿勢を表明している。日本政府に水素自動車への優遇措置を押し付けることで将来の市場を切り拓こうとしている可能性がある。トヨタは1970年代から開発された燃料電池（水素を使う発電に不可欠な技術）のノウハウの利用を通し、日本市場を制覇することで存在感を維持しようとしている可能性もある。その後、大規模生産によりコストを削減し、海外に進出することができるだろう。

以上述べたように、日本はエネルギー資源に乏しい国であり、この問題を克服することができるように水素市場を創設しようとしている。そうすることで、流れに逆らい、国の自動車産業を存続させようとする水素自動車に賭けることになった。したがって、大手国民車メーカーが政府に対し、有利な戦略を立てるよう圧力をかけたのは予想ができると考えている。



## INTRODUZIONE

Il Giappone, sebbene povero di giacimenti petroliferi e riserve di metano, è uno dei paesi sviluppati con la maggior dipendenza da combustibili fossili. Questi occupano infatti l'89% del mix energetico primario nazionale esasperando quindi la dipendenza da paesi esteri nell'approvvigionamento. Negli anni è inoltre stata molto complicata l'installazione nel paese di tecnologie di produzione elettrica da energie rinnovabili, come il fotovoltaico e l'eolico, a causa della conformazione del territorio sfavorevole e dei conseguenti alti costi di mantenimento. A causa del disastro della centrale nucleare di Fukushima del 2011 è anche diventata politicamente difficile la produzione di elettricità tramite l'utilizzo di centrali nucleari. La chiusura degli impianti a seguito della catastrofe ha infatti causato un improvviso aumento della dipendenza da combustibili fossili, che ha raggiunto nel 2014 il 94% della fornitura energetica primaria, per poi diminuire con il rafforzamento delle energie rinnovabili.

È proprio con lo scopo di aumentare la produzione di energia rinnovabile per il raggiungimento della "carbon neutrality", tra gli obiettivi posti dai vari paesi, che in questo ultimo decennio l'idrogeno ha acquistato maggiore importanza. Essendo questo infatti un combustibile e un vettore energetico potenzialmente sostenibile e pulito in alcune delle sue forme (idrogeno verde ed idrogeno blu) ed essendo producibile tramite la semplice elettrolisi in qualsiasi parte del mondo nella quale ci sia disponibilità di acqua ed elettricità, non è difficile capire, considerando la possibilità di indipendenza energetica che offre, come un paese energeticamente povero e con emissioni di CO<sub>2</sub> così importanti come il Giappone sia pronto ad affidarsi, sebbene questa strada possa risultare difficile e piena di potenziali complicazioni.

Diversi paesi negli ultimi anni hanno stilato piani strategici nazionali sul come rendere possibile la creazione di un mercato, al momento limitato alla sola industria chimico-petrolifera, in modo da rispondere al problema della presenza di una domanda senza un'offerta e viceversa. Il Giappone in particolare ha espresso la volontà, nel 2017 con la proclamazione della "Suiso kihon senryaku" ovvero della "Strategia di base per l'idrogeno", non solo di diventare una "società all'idrogeno", ma anche di diventare leader mondiale nel settore. Anche l'Unione Europea ha stilato la propria strategia per l'idrogeno e paragonandola con quella giapponese possiamo notare una differenza sostanziale nel primo gradino del piano strategico. La quasi totalità dei paesi, ad eccezione del Giappone, non ritiene possibile, perché troppo costoso, la creazione nelle prime fasi della roadmap di un mercato dell'idrogeno rivolto ai normali consumatori. Ritengono invece più opportuno e sostenibile il passaggio ad una diversa fonte energetica per le grandi industrie, tra le quali quelle dei trasporti pesanti, come navi, treni e camion, altrimenti difficilmente de-carbonizzabili con altre tecnologie. Il Giappone però continua a puntare ad una capillarizzazione della domanda dell'idrogeno rivolgendosi ai cittadini con prodotti come i veicoli elettrici a celle a combustibile (FCEV), ovvero automobili che usano l'idrogeno come carburante. Tuttavia, questi sono stati ritenuti troppo costosi e poco pratici se paragonati ai veicoli elettrici a batteria (BEV), al momento i favoriti nel mercato dei trasporti per la transizione ecologica.

La conversione del parco auto è infatti una delle prerogative per l'abbassamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> dei paesi e queste due tipologie di veicolo sono al momento le uniche a disposizione che abbiano emissioni di anidride carbonica pari allo zero. Il mercato dell'automobile sta subendo un repentino cambiamento e le grandi case produttrici, come Toyota, si trovano in una situazione molto svantaggiosa. Sono infatti in ritardo rispetto ai nuovi player, come Tesla, che basano il proprio business sulla sola vendita di BEV. È dunque possibile che Toyota, il quale CEO Toyoda Akio si è espresso negativamente sulla completa elettrificazione del parco auto, stia cercando di ritagliarsi una fetta del futuro mercato spingendo il governo giapponese all'incentivazione preferenziale degli FCEV. Utilizzando il suo know-how in materia di celle a combustibile (FC) sviluppato sin dagli anni '70, tecnologia indispensabile per la produzione di elettricità tramite idrogeno, Toyota potrebbe rimanere rilevante nell'industria automobilistica conquistando il mercato giapponese, per poi espandersi all'estero con costi ridotti grazie alla produzione di scala.

## **Stato dell'arte**

Nel primo capitolo di questo elaborato utilizzeremo fonti primarie provenienti dall'International Energy Agency (IEA) per la definizione dell'idrogeno come fonte energetica versatile che può consentire alle rinnovabili di fornire un contributo ancora maggiore nella transizione energetica. Inoltre, viene utilizzato l'outlook della IEA sul Giappone per analizzare la sua situazione energetica e il ruolo dell'idrogeno nel futuro mix energetico del paese.

Nel secondo capitolo andremo ad analizzare le politiche di introduzione dell'idrogeno giapponesi ed europee basandoci sullo studio condotto da Farrell et. al (2002). Questo definisce i veicoli pesanti come miglior modo di introduzione dell'idrogeno nell'industria dei trasporti e i veicoli leggeri come non adatti a questo scopo. Identifica inoltre i porti come prima zona strategia per il rifornimento di idrogeno che potrebbe essere usato da navi e camion.

Le fonti primarie che avranno un ruolo principale nella analisi comparativa effettuata nel secondo capitolo sono:

- la “Strategia di base per l'idrogeno giapponese”, METI (2017), che definisce i vari passaggi per arrivare alla costituzione di una economia all'idrogeno in Giappone e si concentra inizialmente sull'aumento della produzione di veicoli leggeri alimentati ad idrogeno e di unità per la produzione elettrica domestica ad idrogeno (Ene-farm); e
- la strategia per l'idrogeno europea, Commissione Europea (2020) che definisce i passaggi per introdurre l'idrogeno nel mix energetico europeo e si concentra inizialmente nel suo utilizzo in settori industriali difficilmente de-carbonizzabili come la raffinazione, la produzione d'acciaio e i trasporti pesanti, creando delle zone di influenza dell'idrogeno nei siti dove sono collocate queste grandi industrie.

Lo stato dell'arte per quanto riguarda le influenze delle case automobilistiche giapponesi nella diffusione di politiche favorevoli ai veicoli a celle a combustibile si fermano agli studi condotti da Wesseling (2015). Questi hanno esplorato le risposte dell'industria alle regolamentazioni che proponevano l'imposizione di tecnologie green, concentrandosi in particolare sul caso del mandato ZEV della California nel periodo di tempo dal 1990 al 2013.

All'interno di questo studio viene evidenziata l'attività di lobbismo di Toyota e viene evidenziato come questa abbia esercitato pressioni difensive contro il mandato ZEV tra il 1990 e il 1999. Lo studio sottolinea come Toyota abbia attuato una strategia difensiva di influenza politica contro un mandato ZEV perché non percepiva gli ZEV come redditizi, spingendo in questo periodo per l'efficientamento dei veicoli ICE e HEV. Afferma inoltre che nel periodo tra il 2000 e il 2006 dopo aver aumentato la propria ricerca e sviluppo nella tecnologia FCEV Toyota ha mantenuto una strategia di influenza politica difensiva, particolarmente orientata all'opposizione di mandati ZEV cercando di modellarlo esercitando pressioni a favore delle tecnologie da essa sviluppate (FCEV, HEV, ICE con migliore efficienza). Questo elaborato si ripropone di proseguire le ricerche in merito.

A questi studi verranno affiancati quelli di Schulz (2019) che afferma come la trasformazione dei processi di produzione, delle tecnologie, nonché delle partnership e dei servizi richiesti all'industria per il passaggio alla produzione di veicoli elettrici a batteria (BEV) vedrebbe le case automobilistiche giapponesi, in particolare Toyota, in ritardo rispetto alle aziende che hanno basato da subito il proprio brand sulla produzione di questi ultimi, perché fossilizzate su tecnologie ibride più portate per la ritenzione del valore degli asset aziendali.

Per dimostrare quindi l'influenza sul governo giapponese sulla stesura della Strategia di base per l'idrogeno e portando prove quindi a favore di possibili attività di lobbismo da parte di Toyota verrà posta attenzione sulle sue dichiarazioni ufficiali alla stampa e su quelle della Japan automobile manufacturers association (JAMA), la quale presidenza è in mano a Toyoda Akio. Attraverso queste attività sarebbero infatti state fatte pressioni a favore dei veicoli a celle a combustibile e ibridi, per rallentare il progresso dei veicoli elettrici a batteria in funzione di un potenziale ingresso di Toyota in questo mercato prima della cristallizzazione di un design dominante.

Essendo carenti le ricerche specifiche svolte finora in merito a questo argomento e a questo genere di attività, la presente intende contribuire al progresso degli studi in merito.



# CAPITOLO 1

Con l'aumento della dimensione e dell'importanza delle politiche riguardanti il cambiamento climatico i vari paesi stanno prendendo serie decisioni atte a risolvere questo problema, chi più in linea con le grandi potenze, Stati Uniti<sup>1</sup>, Cina<sup>2</sup> ed Unione Europea,<sup>3</sup> e chi meno. Il consenso generale tra queste al momento per quanto riguarda la produzione di energia pulita è diretto verso la diffusione delle energie rinnovabili e lo sviluppo di batterie in grado di accumulare l'elettricità creata per un tempo prolungato. Il Giappone però a differenza degli altri paesi, che sebbene stiano considerando e sviluppando la tecnologia non puntano completamente su questa, ha scelto di affidarsi anche all'idrogeno, l'elemento chimico più leggero della tavola periodica e più abbondante dell'universo, come fonte di accumulo e di trasporto energetico. L'idrogeno è un elemento con grande densità energetica che se isolato e bruciato correttamente è in grado di non produrre materiali di scarto dannosi all'ambiente, perché le emissioni sono composte dalla sola acqua.

L'idrogeno è un combustibile già conosciuto ed utilizzato in alcuni settori come quello aerospaziale, come carburante, e dell'agricoltura, dove viene combinato per creare l'ammoniaca usata nei fertilizzanti per terreni agricoli. Ma perché quindi se è un elemento così conosciuto e già utilizzato in diversi settori non è ancora stato impiegato su larga scala come vettore energetico?

L'idrogeno utilizzato al momento è per la maggior parte quello ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio ed è quindi impossibile considerarlo ecologico. Inoltre, per quanto presente abbondantemente in natura non lo è mai in modo indipendente, ovvero si lega molto facilmente ad altre molecole formandone di più complesse e il processo di separazione è molto dispendioso in termini energetici, rendendolo una soluzione per ora troppo costosa se comparato agli altri combustibili. Il composto chimico più abbondante in natura dove troviamo l'idrogeno è l'acqua (H<sub>2</sub>O). La separazione dell'idrogeno dall'ossigeno nell'acqua avviene tramite un processo molto semplice, quello dell'elettrolisi, dove tramite l'applicazione di elettricità all'acqua avviene la scomposizione in ossigeno e idrogeno gassoso. Per quanto questo possa essere semplice però si tratta di un processo poco efficiente. La quantità di elettricità necessaria a dividere l'ossigeno dall'idrogeno è infatti molto elevata, rendendo il costo del prodotto finale elevato a sua volta. Per queste motivazioni i vari stati si stanno concentrando principalmente su altre tecnologie, sebbene continuano a mantenere un occhio di riguardo per l'idrogeno come parte del loro futuro mix energetico.

Non si può dire la stessa cosa tuttavia per il Giappone, che nel tentativo di riaccendere la scintilla della crescita economica, stagnante ormai da tre decenni, è alla ricerca di nuove opportunità e sembrerebbe averne trovata una nell'idrogeno. L'intenzione del governo del Sol Levante è infatti quella di diventare un pioniere nello sviluppo del mercato dell'idrogeno e di evolversi in una "società all'idrogeno", in cui quest'ultimo verrà prodotto tramite

---

<sup>1</sup> U.S. Department of energy, 2023

<sup>2</sup> IEA, 2023

<sup>3</sup> Commissione Europea, 2022

energia pulita per poi essere utilizzato in tutti i settori, a partire da quello automobilistico. Per rendere possibile questo grande progetto il governo giapponese ha stilato nel 2017 un documento contenente una serie di passaggi e di obiettivi per arrivare entro il 2050 alla formazione di un solido mercato dell'idrogeno chiamato "Suiso kihon senryaku", "Strategia di base per l'idrogeno". La strategia mira principalmente a raggiungere la parità di costo con combustibili concorrenti, come la benzina nel settore dei trasporti e il gas naturale liquefatto (GNL) nella produzione di energia, e include l'intera catena di approvvigionamento, dalla produzione all'applicazione nei mercati a valle.<sup>4</sup> A tal fine, il governo giapponese ha iniziato a investire in ricerca e sviluppo e a fornire sostegno per la produzione di idrogeno a basso costo e a basse emissioni.

Altri obiettivi sono l'espansione dell'infrastruttura per l'importazione e l'esportazione della materia a livello nazionale e internazionale e l'aumento dell'uso dell'idrogeno in vari settori come i trasporti e la produzione di energia per aumentare la domanda, altrimenti inesistente. La cooperazione internazionale nella creazione della domanda sarà un punto fondamentale. Molti paesi tra i quali lo stesso Giappone, infatti, sono desiderosi di indipendenza energetica dalla Russia e dal Medio Oriente, rendendo quindi molto importante costruire relazioni in merito. Nel 2018 21 paesi, tra cui l'Italia, hanno firmato la "Tōkyō Sengen", "Dichiarazione di Tōkyō" dove prendevano l'impegno verso una nuova cooperazione sulla decarbonizzazione dell'energia basata sullo scambio di informazioni, sullo sviluppo di tecnologie e sulla costruzione di una catena di approvvigionamento per l'idrogeno.<sup>5</sup>

In questo capitolo ci concentreremo sull'idrogeno, le sue varie forme e le opportunità che riserva per paesi come il Giappone, e faremo il punto generale sulla situazione energetica del paese concentrandoci sulle fonti energetiche a basse emissioni di anidride carbonica.

---

<sup>4</sup> METI, 2017

<sup>5</sup> METI, 2018



## 1.1. Che cos'è l'idrogeno

Prima di concentrarci sulle varie politiche che lo riguardano è doveroso fare una introduzione complessiva sull'idrogeno e il mondo che lo circonda.

Quindi di cosa stiamo parlando se diciamo idrogeno?

L'Idrogeno ( $H_2$ ) è un gas incolore e inodore quattordici volte più leggero dell'aria. È il primo elemento della tavola periodica e il più abbondante nell'universo, sebbene in combinazione con altri elementi come l'ossigeno e il carbonio a formare rispettivamente composti chimici a noi molto più familiari come l'acqua ( $H_2O$ ) e tutti gli idrocarburi, come il metano ( $CH_4$ ) e il carbone ( $C_6H_4O_3$ ).<sup>6</sup> L'idrogeno è inoltre un vettore energetico, ovvero un composto che rende possibile il trasporto e la conservazione di energia prodotto da una forma di energia precedente.<sup>7</sup> Questo ha trovato fiducia globalmente perché senza creare emissioni di anidride carbonica ( $CO_2$ ) durante la combustione è in grado di immagazzinare e fornire una vasta quantità di energia per unità di massa. Infatti, un kilogrammo di idrogeno produce l'equivalente energetico di 2,8 kg di benzina,<sup>8</sup> inoltre con la stessa quantità si possono percorrere circa 130 km con un'automobile a celle a combustibile (FCEV) o trasformare il ferro grezzo in ben 9 kg di acciaio.<sup>9</sup> Le sue applicazioni non sono nuove nel settore petrolchimico e alimentare dove viene già ampiamente impiegato e in alcuni stati, tra i quali il Giappone, si sta iniziando a diffondere lentamente anche nel riscaldamento di edifici e nei trasporti, dei quali parleremo ampiamente in questo lavoro. Questo è direttamente utile a fronteggiare la sfida del cambiamento climatico che ci affligge e che continuerà ad affliggerci nei prossimi anni.

Dal momento che come detto precedentemente però l'idrogeno in natura non è presente in forma libera, è necessario produrlo attraverso una gamma di processi chimici e fisici del quale parleremo più in dettaglio all'interno di questo capitolo. La maggior parte dell'idrogeno è prodotto attualmente tramite una procedura di conversione termochimica a partire da combustibili fossili e viene chiamato "idrogeno grigio" perché questo processo comporta emissioni di  $CO_2$ . Il passo successivo è l'aggiunta di sistemi di cattura e stoccaggio (CCS) o di cattura, stoccaggio e utilizzo (CCUS) delle emissioni che porta all'ottenimento del cosiddetto "idrogeno decarbonizzato" o "idrogeno blu".<sup>10</sup>

Il tipo di idrogeno verso il quale una Società all'idrogeno dovrebbe tendere è però quello verde, prodotto con elettricità derivante da fonti rinnovabili tramite il processo di elettrolisi dell'acqua, ovvero il processo di scomposizione dell'acqua in idrogeno e ossigeno tramite l'utilizzo di energia elettrica che non comporta emissioni di anidride carbonica.<sup>11</sup>

---

<sup>6</sup> Ball, Wietschel, 2009, p. 34

<sup>7</sup> Orecchini, Naso, 2011

<sup>8</sup> ENEL, 2023

<sup>9</sup> SNAM, 2019

<sup>10</sup> Ball, Wietschel, 2009, p. 280

<sup>11</sup> Ball, Wietschel, 2009, p. 290

### 1.1.1. I diversi colori dell'idrogeno

#### Le diverse tecnologie

L'idrogeno può essere prodotto da diverse fonti di energia primaria e a seconda del processo di produzione e del tipo di energia utilizzata, i suoi costi e le relative emissioni cambiano notevolmente. Questo è il motivo per cui le varie tecnologie di generazione dell'idrogeno sono spesso classificate in base a diversi colori. In questa analisi considereremo tutti i metodi di produzione dell'idrogeno che si basano sull'input di combustibili fossili senza CCUS come idrogeno grigio, come avviene nella maggior parte della letteratura scientifica pertinente,<sup>12</sup> ma allo stesso modo terremo anche in considerazione le varie differenziazioni in base al caso. Mentre la letteratura scientifica definisce idrogeno grigio tutta la produzione da combustibili fossili, alcune fonti menzionano esplicitamente l'idrogeno marrone per la gassificazione del carbone o della lignite, anche detta carbone marrone, e l'idrogeno nero per l'utilizzo del carbone nero.<sup>13</sup> Poiché questa metodologia di classificazione non è largamente usata però, continueremo con l'utilizzo della classificazione più comune di idrogeno grigio.

Alcune delle tecnologie di produzione sono tecnologie ben sviluppate e mature, ma ci sono anche alcuni metodi (ad esempio, fotochimici e biologici), che sono tuttora in fase di ricerca. I metodi di produzione convenzionali utilizzano gas naturale o carbone come materia prima che vengono poi convertiti mediante reforming con vapore o gassificazione in idrogeno emettendo CO<sub>2</sub>, a meno che non venga catturata e immagazzinata (CCS) o usata (CCUS).

Un'altra tecnologia matura ma non ampiamente sviluppata è chiamata pirolisi del metano, ovvero il cracking termico del metano con l'esclusione dei componenti ossidanti della reazione come l'ossigeno, il vapore acqueo o l'anidride carbonica.<sup>14</sup> Anche le biomasse possono essere utilizzate come materia prima per la pirolisi e sebbene questo metodo sia neutro in termini di CO<sub>2</sub> presenta il grande svantaggio di un variabile contenuto di idrogeno a causa delle impurità presenti nelle materie prime.<sup>15</sup>

Quando si parla di idrogeno rinnovabile o verde il metodo a cui si fa riferimento principalmente è l'elettrolisi, con l'utilizzo di elettricità rinnovabile come input. Un'altra opzione per produrre idrogeno da fonti di energia rinnovabili (RES) è il reforming con vapore da biomasse, opzione molto promettente ma che richiede miglioramenti per produrre un volume più grande e competitivo.<sup>16</sup>

La produzione di idrogeno rosa, ovvero da elettricità nucleare, non è molto promossa nelle strategie delle nazioni Europee sull'idrogeno, Francia a parte, ma potrebbe diventare un'alternativa pratica in altre regioni del mondo, come la Cina e la Russia.

---

<sup>12</sup> Ji, Wang, 2021

<sup>13</sup> Bridges, Merzian, 2019

<sup>14</sup> Schneider, et al., 2020

<sup>15</sup> Nikolaidis, Poullikkas, 2016

<sup>16</sup> Lepage, et al., 2020

L'elettrolisi con elettricità proveniente dalla rete elettrica è chiamata idrogeno giallo, ma l'idrogeno derivante non può essere classificato come verde, poiché l'elettricità è in gran parte prodotta con centrali elettriche a combustibili fossili (ad eccezione di Norvegia e Islanda).<sup>17</sup>

I sopracitati forniscono una panoramica completa delle tecnologie di produzione di idrogeno più utilizzate e studiate ad oggi. I colori principali di idrogeno sono grigio, verde, blu, turchese e rosa, che saranno discussi in modo più dettagliato in questo capitolo.

## **Idrogeno Grigio**

Attualmente, la tipologia di idrogeno maggiormente prodotto è l'idrogeno grigio. Con questo colore viene rappresentato l'idrogeno prodotto dal reforming con vapore del gas naturale o dalla gassificazione del carbone senza CCUS ed il suo utilizzo finora è stato rivolto per il 51% alla produzione di ammoniaca, il 31% nella raffinazione del petrolio, il 10% nella produzione di metanolo e il rimanente 8% per altri usi, tra i quali la produzione di energia. La sua domanda per queste applicazioni è aumentata notevolmente negli ultimi 70 anni (vedi Figura 1).<sup>18</sup> In generale, circa il 6% del gas naturale e il 2% del carbone estratti annualmente a livello mondiale vengono utilizzati per la produzione di 70 Mt di idrogeno grigio. Il principale svantaggio di questa tipologia di idrogeno è associato alle significative emissioni di CO<sub>2</sub> generate durante la sua produzione, che si stima siano circa 830 Mt di CO<sub>2</sub> all'anno.<sup>19</sup> Tuttavia, il reforming del gas naturale (SMR) senza CCUS è un processo consolidato, che si traduce in bassi costi dell'idrogeno.

In questo processo il gas naturale subisce un pretrattamento e l'acqua viene riscaldata. Il metano viene quindi scisso nel reformer tramite il vapore, in syngas, o gas di sintesi. Questo viene poi convertito dalla reazione di spostamento del gas d'acqua (WGS) in CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. La CO<sub>2</sub> viene infine separata e l'H<sub>2</sub> viene purificato.<sup>20</sup>

Un altro importante processo di produzione dell'idrogeno grigio è la gassificazione del carbone, chiamato in alcune pubblicazioni idrogeno marrone. È un metodo di produzione molto utilizzato poiché il carbone è la fonte di energia fossile con le maggiori riserve mondiali. La Cina soprattutto ne produce una grande quantità a causa degli alti prezzi del gas naturale e delle grandi riserve già presenti. Sebbene esistano vari tipi di gassificazione e vari tipi di carbone in questo capitolo ci concentreremo sul processo principale.

In generale, il carbone secco e polverizzato viene inserito nel gassificatore, dove reagisce ad alte temperature con ossigeno e vapore acqueo diventando syngas. Questo processo può essere separato in due fasi. Nella prima fase, l'aria viene immessa nel gassificatore e ossida una parte del carbone in CO<sub>2</sub> mentre immagazzina il calore nello strato di combustibile. Nella seconda fase, viene interrotto l'afflusso d'aria e viene inserito vapore acqueo che,

---

<sup>17</sup> Dodgshun, 2020

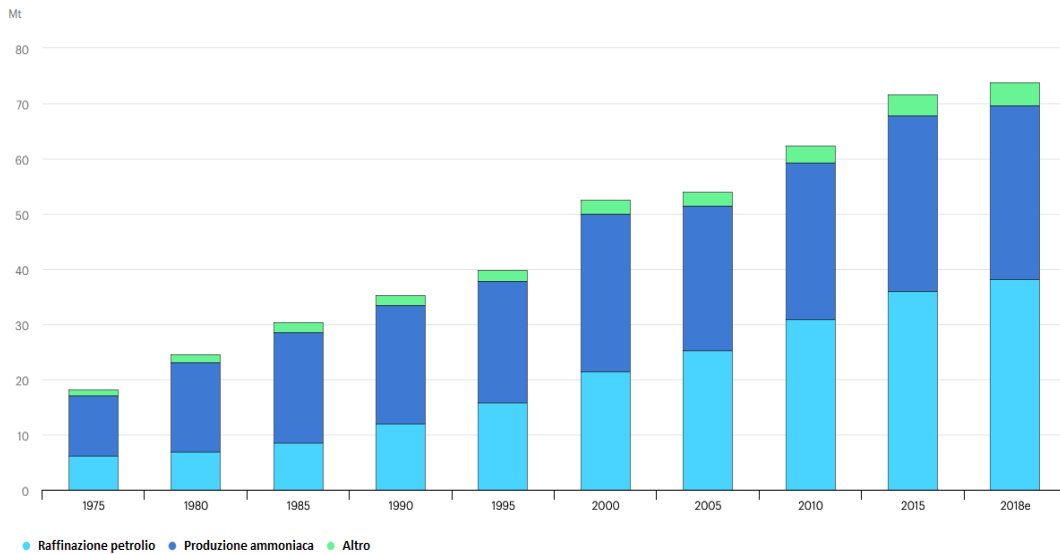
<sup>18</sup> Yukesh, et al., 2020

<sup>19</sup> Newborough, Cooley, 2021

<sup>20</sup> Ji, Wang, 2021

insieme a parte del carbone, reagisce con la CO<sub>2</sub> e l'H<sub>2</sub>. Una volta che il calore si è esaurito ed è sceso ad un certo livello, un po' d'aria viene nuovamente immessa nel gassificatore. Queste sono le due reazioni principali che si alternano e sono utilizzate nella maggior parte dei metodi di gassificazione.<sup>21</sup> Sia l'SMR che la gassificazione del carbone sono tecnologie completamente mature con un'efficienza del processo dal 60% all'85% per l'SMR e del 74-85% per la gassificazione del carbone.<sup>22</sup>

**Figura 1 - Domanda globale per l'idrogeno puro, 1975-2018<sup>23</sup>**



## Idrogeno Blu

L'idrogeno blu viene prodotto dal reforming con vapore del metano, come per l'idrogeno grigio, con l'aggiunta della tecnologia di cattura del carbonio e utilizzando il gas naturale o le biomasse come fonte primaria. Un impianto di produzione di idrogeno per essere considerato *blu* deve essere equipaggiato con un dispositivo di CCS o CCUS, ma la quantità di emissioni minime che devono essere catturate per definirsi tale non è ancora stato definito in modo uniforme.<sup>24</sup> Attualmente, se applicato al processo di SMR, il tasso di cattura delle emissioni può arrivare al massimo fino al 90% non riuscendo ad arrivare quindi ad un completo arresto delle emissioni.<sup>25</sup>

Attualmente, l'idrogeno blu è considerato una tecnologia di ponte prima della transizione completa all'idrogeno verde, ma nonostante la riduzione delle emissioni, la tecnologia è ancora lontana dall'essere neutrale dal punto di

<sup>21</sup> Ji, Wang, 2021

<sup>22</sup> Dawood, et al., 2019

<sup>23</sup> IEA, 2021

<sup>24</sup> Newborough, Cooley, 2021

<sup>25</sup> Stendardo, Luisetto, 2019

vista climatico.<sup>26</sup> L'impatto ambientale è stato calcolato da diversi autori e dipende largamente da quali parti del processo di produzione dell'idrogeno sono incluse. Infatti, anche se le operazioni di CCS sono alimentate da elettricità rinnovabile, sono state rilevate sostanziali emissioni di metano a causa di perdite a monte della produzione e del trasporto di gas naturale ed è stato riscontrato che le perdite di metano nella produzione di gas naturale e petrolio, aventi effetti 25 volte superiori a quelli della CO<sub>2</sub>, sono ampiamente sottovalutate anche dalle agenzie di protezione ambientale.<sup>27</sup> Tenendo conto anche di queste ultime, l'idrogeno blu riesce solo a dimezzare le emissioni rispetto all'idrogeno grigio.<sup>28</sup> Il problema della crescita sostanziale del metano atmosferico non deve essere sottovalutato in quanto negli ultimi anni è stata segnalata una sostanziale accelerazione.<sup>29</sup>

Un altro problema che si pone è trovare luoghi di stoccaggio adeguati al carbonio catturato che non può essere utilizzato. In alcuni casi in cui il carbonio viene immagazzinato sottoterra sono necessari considerevoli capitali e per questo motivo i costi totali dell'idrogeno blu potrebbero essere significativamente più elevati rispetto a quello grigio. Inoltre, non è ancora stato regolamentato chi si assume la responsabilità della CO<sub>2</sub> e del costo di stoccaggio<sup>30</sup> ed è importante sottolineare come l'efficienza complessiva del processo di SMR (60-85%) diminuisce del 5-14% quando viene integrata l'unità di cattura del carbonio.<sup>31</sup>

## **Idrogeno Verde**

L'idrogeno verde è l'idrogeno prodotto dall'acqua mediante il processo di elettrolisi utilizzando in tutti i processi esclusivamente energia derivata da fonti di energia rinnovabile. Questo tipo di idrogeno è di particolare interesse nella transizione verso un sistema energetico e di trasporto più sostenibile per la mancanza caratteristica di emissioni di gas serra. Altre terminologie per identificare l'idrogeno verde sono "idrogeno pulito", "idrogeno rinnovabile" o "idrogeno a basse emissioni di carbonio".

Il processo di elettrolisi schematico generale può essere visto in Figura 2. L'elettrolisi dell'acqua consiste nel processo di scomposizione della stessa tramite l'applicazione di corrente elettrica che al contatto con il liquido lo scompone in particelle di ossigeno e particelle di idrogeno.<sup>32</sup> Un vantaggio complessivo dell'idrogeno prodotto con l'elettrolisi, invece dell'utilizzo di altre tecnologie, è l'elevata purezza che arriva a più del 99,95%,<sup>33</sup> ma solo lo 0,1% della produzione globale avviene tramite questo processo.<sup>34</sup> Tuttavia, sebbene ad oggi risulti un prodotto

---

<sup>26</sup> Dawood, et al., 2019

<sup>27</sup> Alvarez, et al., 2018

<sup>28</sup> Burgess, 2021

<sup>29</sup> Nisbet, et al., 2019

<sup>30</sup> Newborough, Cooley, 2021

<sup>31</sup> Scita, 2020

<sup>32</sup> Ball, Wietschel, 2009

<sup>33</sup> Newborough, Cooley, 2021

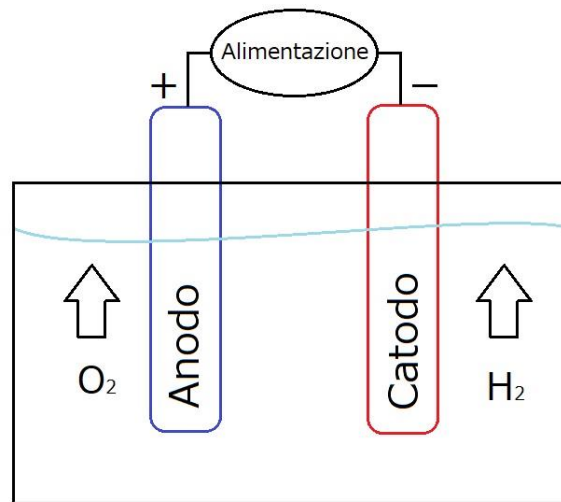
<sup>34</sup> IEA, 2019

di nicchia, potrebbe rivelarsi una svolta per la transizione energetica grazie alla progressiva riduzione del costo dell'energia solare-eolica e degli elettrolizzatori.

Attualmente, ci sono tre principali tecnologie di elettrolisi, l'elettrolisi dell'acqua alcalina (AWE), l'elettrolisi con membrana polimerica elettrolita (PEM) e quella tramite elettrolizzatori a ossido solido (SOEC).

L'elettrolisi dell'acqua alcalina è la tecnologia più matura, in utilizzo già dal 1920, con una quota di mercato di circa il 70%. Questa tecnologia trae vantaggio dai bassi costi e dalla lunga vita operativa. Uno svantaggio è che questo processo deve essere eseguito in modo continuato per evitare danni all'attrezzatura. L'energia rinnovabile, la quale produzione è variabile in base alle condizioni atmosferiche o ad altre variabili, non può essere quindi l'unica fonte di energia ad alimentarlo.<sup>35</sup>

**Figura 2 - Rappresentazione grafica del processo di elettrolisi dell'acqua**



La tecnologia della membrana polimerica elettrolita è in funzione dal 1960 ed è la più adatta per le aree urbane grazie alle dimensioni ridotte del sistema. Inoltre, è più efficiente e può rispondere più rapidamente, il che la rende adatta a catturare gli eccessi di elettricità delle rinnovabili. Tra i problemi di questa tecnologia troviamo un costo del sistema elevato, bassa durabilità e difficoltà in ambienti acidi.<sup>36</sup>

Gli elettrolizzatori a ossido solido (SOEC) sono una tecnologia, che è stata recentemente resa disponibile sul mercato, associata a grandi aspettative grazie ai bassi costi e all'elevata efficienza. Questa è già stata dimostrata su sistemi da 150 kW di capacità<sup>37</sup> eseguendo l'elettrolisi con vapore ad altissime temperature, nell'intervallo da 700 a 1000 C°, che aiuta a utilizzare meno elettricità.<sup>38</sup> Alcuni inconvenienti della tecnologia sono l'instabilità e la

<sup>35</sup> Anouti, et al., 2020

<sup>36</sup> Holm, et al., 2021

<sup>37</sup> Zhao, et al., 2020

<sup>38</sup> Motazed, et al., 2021

delaminazione degli elettrodi oltre ai problemi di sicurezza comportati dallo svolgimento di operazioni ad altissime temperature.<sup>39</sup>

## **Idrogeno Turchese**

Contrariamente ai metodi di produzione convenzionali citati, il sottoprodotto dell'idrogeno turchese derivante dal processo di pirolisi del metano è il carbonio solido, che può essere sotto forma di carbonio filamentoso o nanotubi di carbonio.<sup>40</sup> Questi possono essere utilizzati a loro volta per ulteriori processi di produzione e risultano più facili da immagazzinare, avendo quindi una minore impronta ambientale. Il carbone solido può essere venduto, a seconda del tipo, a 150-400 €/tonn per il coke, 500-1000 €/tonn per il nero di carbonio, 1500-1800 €/tonn per il carbone attivo e fino a 1 milione €/tonn per i filamenti di carbonio.<sup>41</sup>

La pirolisi termica del metano è una tecnica nota da decenni e può essere suddivisa in base al processo utilizzato in tre categorie, vale a dire decomposizione termica, decomposizione plasmatica e decomposizione catalitica. Tuttavia, solo negli ultimi anni ha sollevato l'interesse per la produzione di idrogeno, principalmente tramite il processo più sviluppato della decomposizione termica,<sup>42</sup> ma non è ancora stata commercializzata per questo scopo.

## **Idrogeno Rosa**

La produzione di idrogeno rosa avviene semplicemente alimentando il processo di elettrolisi dell'acqua con l'utilizzo di elettricità prodotta tramite il nucleare. L'aggiunta di un impianto di produzione di idrogeno in affiancamento ad una centrale nucleare potrebbe aiutare a ridurre le limitazioni degli impianti nella risposta alle fluttuazioni della domanda energetica e fornire la possibilità di stoccaggio dell'energia nelle stagioni in cui è necessario.<sup>43</sup> L'idrogeno prodotto da elettricità derivante da reattori nucleari è talvolta chiamato anche idrogeno giallo. Tuttavia, in questo lavoro utilizzeremo la descrizione più comune dell'idrogeno giallo per l'elettrolisi con l'elettricità della rete.

## **Altri colori dell'idrogeno**

Oltre ai colori dell'idrogeno sopra citati, che rappresentano quelli che hanno attirato il maggior interesse, ci sono varie altre sottocategorie come l'idrogeno marrone, nero e giallo oltre ad altre tecnologie, come la produzione

---

<sup>39</sup> Ozturk, Dincer, 2021

<sup>40</sup> Amin, et al., 2010

<sup>41</sup> Pérez, et al., 2020

<sup>42</sup> Schneider, et al., 2020

<sup>43</sup> Scamman, Newborough, 2016

tramite l'utilizzo di biomasse, che essendo già comprese in un altro colore o ad oggi estremamente marginali non andremo a descrivere approfonditamente.

Un riepilogo di tutti i metodi di produzione dell'idrogeno discussi è fornito nella Tabella 1.

**Tabella 1 - Riassunto colori dell'idrogeno con costi annessi**

Colore	Metodo di produzione	Costo di produzione 2020
Idrogeno Grigio	Idrogeno prodotto dai combustibili fossili con emissioni di CO <sub>2</sub> nel processo	1,5 €/kg
Idrogeno Blu	Idrogeno prodotto da combustibili fossili in combinazione con CCS o CCUS, emissioni minori	2 €/kg
Idrogeno Verde	Idrogeno prodotto dall'elettrolisi con elettricità generata dalle rinnovabili	2,5-5,5 €/kg
Idrogeno Turchese	Idrogeno prodotto tramite la pirolisi dei combustibili fossili, produce carbonio solido	x
Idrogeno Rosa	Idrogeno prodotto tramite elettrolisi con elettricità generata dal nucleare	x

### Costi dell'idrogeno

Per quanto riguarda i costi dell'idrogeno, terremo in considerazione quelli dei metodi di produzione al momento regolarmente in uso, ovvero idrogeno grigio, blu e verde. Quello che si può notare è che ad oggi se paragonati alle altre forme convenzionali di produzione di energia, combustibili fossili, rinnovabili e nucleare, nessuno dei processi di produzione dell'idrogeno attualmente in utilizzo risulta competitivo. Inoltre, mettendo in paragone i diversi tipi di idrogeno si può affermare che in termini di costi quello grigio, derivante quindi da combustibili fossili, è il più competitivo. I costi di quest'ultimo aggiornati al 2020 stimati dalla International Energy Agency e riportati dalla Commissione Europea, tralasciando i costi della CO<sub>2</sub> generata, si attestano nell'Unione Europea a circa 1,5 €/kg. Per l'idrogeno blu, ovvero con l'aggiunta della tecnologia di CCS, i costi sono di circa 2 €/kg. Mentre per l'idrogeno verde variano dai 2,5 ai 5,5 €/kg dipendentemente dal luogo e il processo di produzione.

Secondo queste stime per fare in modo che l'idrogeno blu possa essere competitivo in confronto a quello grigio servirebbe un prezzo del carbonio, definito come "Tassa sui prodotti energetici che emettono biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) nell'atmosfera...",<sup>44</sup> compresi tra 55 e i 90 €/tonn di CO<sub>2</sub>.<sup>45</sup>

<sup>44</sup> TRECCANI, 2012

<sup>45</sup> Bermudez, Evangelopoulou, 2023



I costi dell'idrogeno verde sono però in discesa grazie alle economie di scala delle varie componenti necessarie ed essendo inoltre indipendenti dall'andamento dei prezzi dei combustibili fossili, come il gas naturale, potrebbero raggiungere presto la parità di costo nelle regioni dove l'energia rinnovabile ha costi più bassi. I prezzi degli elettrolizzatori, infatti, negli ultimi dieci anni sono diminuiti già del 60% e si prevede un dimezzamento entro il 2030.<sup>46</sup>

### **1.1.2. Giappone e idrogeno**

Come affermato in precedenza il Giappone sta puntando molto su questa nuova possibilità e ha affermato più volte di voler diventare la prima Società all'idrogeno. Con la sua “Strategia di base per l'idrogeno” promossa nel 2017, il Giappone rimane il paese più avanzato in termini di grandezza e numero di progetti pertinenti, dimostrando la sua leadership con lo sviluppo di veicoli a celle a combustibile a idrogeno, di progetti nazionali ed internazionali. Conseguentemente alla presentazione della strategia, infatti, il governo giapponese si è lanciato nella costruzione di una massiccia infrastruttura per l'importazione e la distribuzione dell'idrogeno.

Dalla firma dell'Accordo di Parigi del 2015 il Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria giapponese (METI), considerandolo una delle chiavi per la decarbonizzazione dell'economia nazionale, ha investito sempre di più in questa tecnologia con l'obiettivo di affermarsi come fulcro in un contesto internazionale, sviluppando il più efficiente sistema di gestione dell'energia dell'idrogeno.<sup>47</sup>

In Giappone, la fase di utilizzo dell'idrogeno è iniziata prima della fase di produzione e stoccaggio. Esempi iconici sono le celle a combustibile Ene-Farm ad uso residenziale, la Toyota Mirai (il primo veicolo a celle a combustibile al mondo) e l'introduzione degli autobus a celle a combustibile sulle linee dell'area metropolitana di Tōkyō e non solo.

In questa sezione faremo una presentazione dei progetti di produzione dell'idrogeno attualmente operativi sul suolo nipponico oltre a presentare alcune delle tecnologie che si basano sul suo utilizzo e sulle quali il governo giapponese sta puntando nell'intento di costruire le basi di questo mercato, ovvero una domanda ed un'offerta.

### **Fukushima Hydrogen Energy Research Field**

Nel marzo 2020 è stata completata la costruzione del Fukushima Hydrogen Energy Research Field (FH2R) gestito dal New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), il più grande impianto di produzione di idrogeno rinnovabile al mondo. Con la sua superficie di 220.000 m<sup>2</sup> ricoperta per l'80% da pannelli solari<sup>48</sup>

---

<sup>46</sup> ibid.

<sup>47</sup> Governo Giapponese, 2020

<sup>48</sup> ARAUMI, 2021

produce circa 1,5kt di idrogeno pulito all'anno.<sup>49</sup> Dotato di un grande impianto di produzione di idrogeno, tramite il processo di elettrolisi di acqua alcalina (AWE), raggiunge i 10MW di capacità produttiva ed è sufficiente per coprire la fornitura energetica mensile di circa 150 case o per rifornire 560 veicoli.<sup>50</sup>

Questo impianto utilizza la tecnologia del “Power-to-Gas” (P2G), ovvero immagazzina l'elettricità prodotta in eccesso rispetto alle esigenze della rete elettrica sotto forma idrogeno. Non tutta l'energia prodotta dai pannelli solari, quindi, viene convertita in idrogeno. L'FH2R utilizza infatti (1) informazioni provenienti da un sistema di previsione della domanda e dell'offerta di idrogeno per prevedere la domanda del mercato e (2) dati aggiuntivi da un sistema di controllo della rete elettrica, in modo da massimizzare l'uso di elettricità da fonti rinnovabili.

All'interno dell'FH2R è possibile eseguire test di verifica sull'intero processo, dalla produzione allo stoccaggio dell'idrogeno, il che lo rende un grande passo verso la realizzazione di una società all'idrogeno.<sup>51</sup>

**Figura 3 - Fukushima Hydrogen Energy Research Field (FH2R)<sup>52</sup>**



## H2One

Il sistema H2One è una tecnologia che integra tutti gli elementi necessari per realizzare un sistema di approvvigionamento energetico autonomo basato sull'idrogeno. Il sistema utilizza una serie di pannelli fotovoltaici per generare elettricità ed una batteria per conservarla. Un elettrolizzatore produce poi l'idrogeno, tramite il processo

---

<sup>49</sup> IEA, 2021

<sup>50</sup> Governo Giapponese, 2021

<sup>51</sup> NEDO, 2019

<sup>52</sup> HASHIMOTO, 2021

di elettrolisi dell'acqua, che viene poi accumulato in un serbatoio per lo stoccaggio e poi utilizzato secondo le necessità, alimentando le celle a combustibile che generano poi a loro volta elettricità.<sup>53</sup>

Ciò che rende il sistema così efficace è che l'idrogeno è adatto per lo stoccaggio a lungo termine, il che lo rende ideale per soddisfare il fabbisogno di elettricità tutto l'anno. Laddove potrebbe esserci infatti un surplus di energia, come con l'energia solare nei mesi estivi, il sistema H2One può convertirlo autonomamente in idrogeno che può essere utilizzato in un successivo momento di bisogno. Il sistema H2One rientra di conseguenza nella definizione di tecnologia Power-to-Gas (P2G) spiegata precedentemente. Le dimensioni degli impianti sono medio-piccole, producendo 1 m<sup>3</sup>/h di idrogeno.<sup>54</sup>

Il sistema viene prodotto dalla Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation (Toshiba ESS) che negli ultimi anni ha effettuato l'installazione di diverse unità, come riportato in Tabella 2.

L'unità che più ha riscontrato l'interesse dell'opinione pubblica è stata quella installata a Sendai, il capoluogo della prefettura di Miyagi, presso il Rakuten Seimei Park, uno stadio di baseball da 23.000 posti, entrato in funzione a marzo 2018. L'impianto di generazione di idrogeno è stato installato per fornire energia ininterrotta e off-grid nei casi di emergenza dal momento che lo stadio è tuttora designato come centro di evacuazione. In caso di interruzione dell'alimentazione, infatti, l'idrogeno immagazzinato avrà la funzione di alimentare e mantenere in funzione la stazione radio dell'impianto per le trasmissioni di emergenza. Nel normale funzionamento quotidiano invece genererà elettricità per alimentare il display elettronico dello stadio.<sup>55</sup>

**Tabella 2 - Impianti H2One operativi in Giappone**

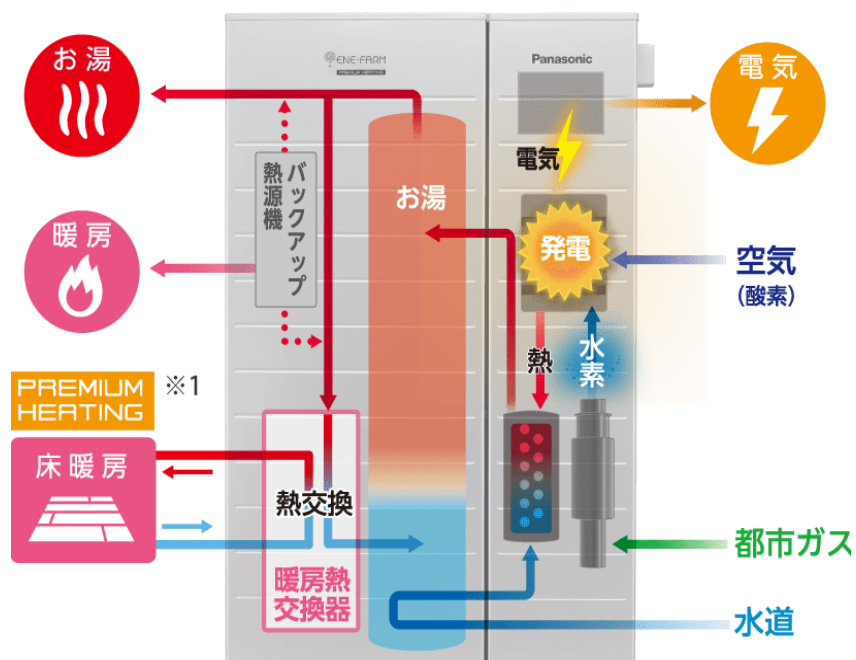
<b>Impianti H2One Operativi</b>	<b>Città</b>	<b>Anno installazione</b>
Environment Center	Toyama	2020
Hydrogen Application Center	Fuchu	2017
Asahi Breweries	Ibaraki	2017
Henn na Hotel	Nagasaki	2016
Cargo Center	Yokohama	2016
Multi Station	Tsuruga	2020
Toranomon Hills Business Tower	Tōkyō	2020
Rakuten Seimei Park Miyagi	Sendai	2018

<sup>53</sup> TANOUE, et al., 2020

<sup>54</sup> IEA, 2023

<sup>55</sup> Toshiba, 2018

Figura 4 - Dimostrazione funzionamento Ene-farm<sup>56</sup>



## Ene-farm

Il sistema Ene-farm, prima al mondo nella sua tipologia ed in produzione dal 2009, è una cella a combustibile domestica sviluppata da Panasonic che produce energia elettrica e acqua calda in casa.

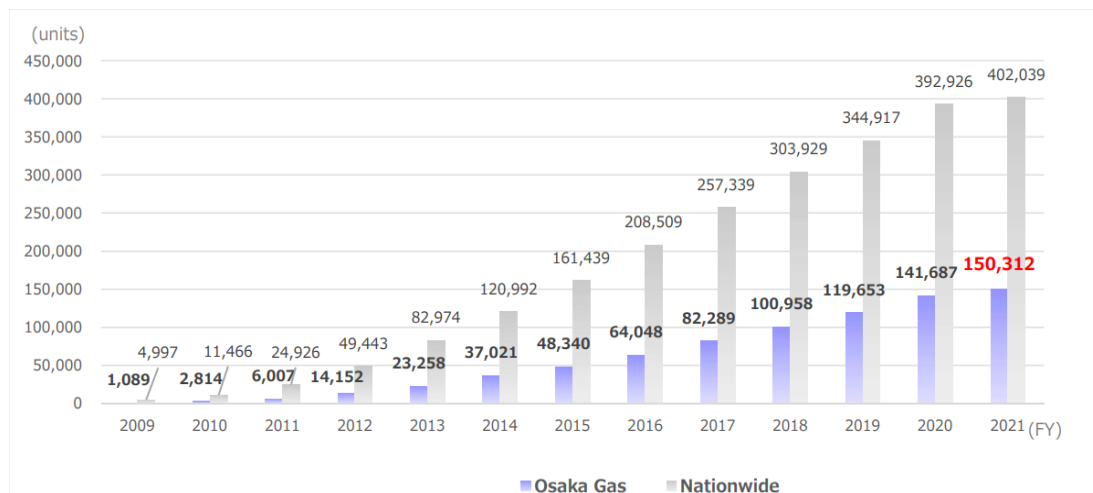
La produzione di energia elettrica avviene facendo reagire chimicamente l'idrogeno esla fornitura di gas della città o il gas GPL con l'ossigeno nell'aria. Il calore generato in questo processo viene utilizzato per far bollire l'acqua che a sua volta viene poi utilizzata per la fornitura di acqua calda sanitaria. L'energia elettrica prodotta viene invece utilizzata per l'illuminazione e altri usi contribuendo al risparmio energetico.<sup>57</sup> Il numero di unità in uso è aumentato di anno in anno superando nel 2022 le 402.000 unità in tutta la nazione e le 150.000 solo nella città di Osaka.<sup>58</sup>

<sup>56</sup> Panasonic, 2023

<sup>57</sup> Panasonic, 2016

<sup>58</sup> Osaka Gas Co., 2021

**Figura 5 - Totale unità di Ene-farm vendute a livello nazionale e nella città di Osaka<sup>59</sup>**



## Mobilità ad idrogeno

Dai mezzi pesanti fino alle automobili, l'idrogeno sarà sempre più al centro della mobilità del futuro a zero emissioni e il Giappone, con la commercializzazione da parte di Toyota dell'automobile a celle a combustibile "Toyota Mirai" ha avuto il ruolo di apripista. Ma che cos'è una cella a combustibile?

Le celle a combustibile possono essere utilizzate in diversi settori come abbiamo spiegato precedentemente e la mobilità è uno di questi. Questa tipologia è caratterizzata appunto dall'utilizzo di celle a combustibile per produrre elettricità che va a sua volta ad alimentare un motore elettrico, risultando quindi simile ad un normale veicolo elettrico ma con l'idrogeno come input iniziale.<sup>60</sup> Partendo dai trasporti leggeri troviamo la Toyota Mirai, che rientra nella categoria degli FCEV mentre parlando di trasporti pesante, invece, il governo giapponese si è affidato sempre alla Toyota Motor Corporation per la realizzazione di autobus a celle a combustibile, il Toyota SORA. Con la realizzazione di quest'ultimo l'obiettivo era quello di fornire una mobilità sostenibile ai turisti e agli atleti durante tutto il periodo delle Olimpiadi 2020,<sup>61</sup> tenutesi poi nel 2021 a causa della pandemia provocata dal COVID-19. Tuttavia, questo è potuto avvenire solo in parte per le restrizioni ai movimenti imposti dal governo durante tutto il periodo dell'evento atte a prevenire l'aumento dei contagi.<sup>62</sup>

<sup>59</sup> Ibid.

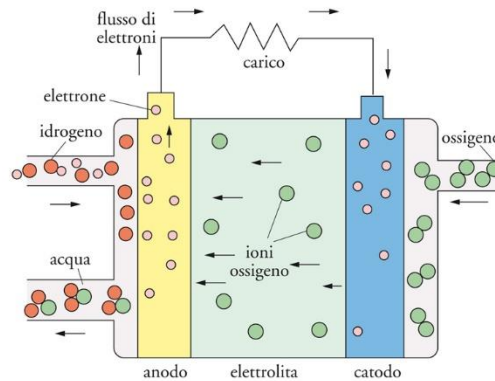
<sup>60</sup> Toyota, 2016

<sup>61</sup> Governo Giapponese, 2020

<sup>62</sup> MURAKAMI, Park, Slodkowski, 2021

Per quanto riguarda la mobilità su rotaia, con l'obiettivo di ridurre le emissioni di anidride carbonica a zero entro il 2050, il gruppo East Japan Railway Co. Ltd. (JR East) sta tuttora testando un nuovo treno dotato di un sistema avanzato di batterie e celle a combustibile. Il primo treno sperimentale denominato “HYBARI”, ovvero Hydrogen-Hybrid Advanced Rail Vehicle for Innovation, è un treno a due carrozze che può raggiungere fino a 100 km/h e che dovrebbe entrare in operazione a livello commerciale nel 2030.<sup>63</sup>

**Figura 6 - Rappresentazione grafica del funzionamento di una cella a combustibile<sup>64</sup>**



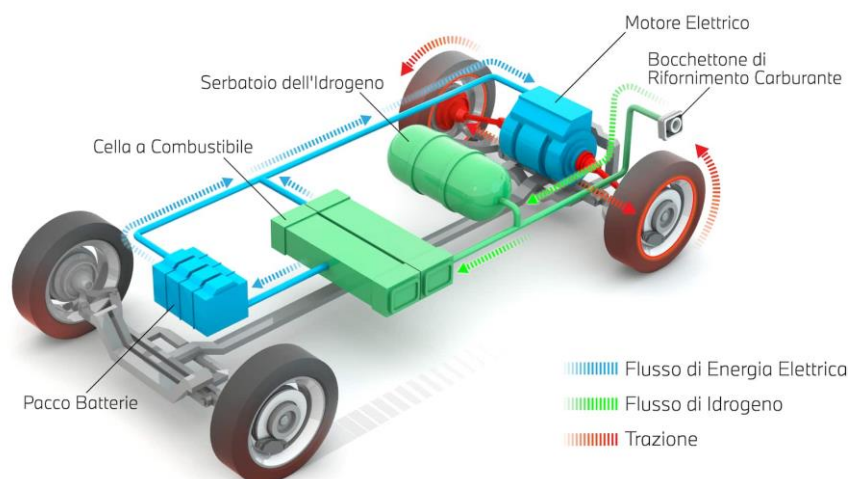
“Una cella a combustibile è un dispositivo elettrochimico in grado di convertire direttamente l’energia chimica in energia elettrica tramite un processo a temperatura costante in cui l’idrogeno viene combinato con l’ossigeno per formare acqua... Il principio di funzionamento di una cella a combustibile è così descrivibile: il combustibile, idrogeno, viene fornito all’elettrodo negativo dove si ossida a ione H<sup>+</sup> (protone) con cessione di elettroni. Gli elettroni fluiscono nel circuito esterno e producono lavoro elettrico, per poi giungere al catodo dove riducono l’ossigeno a ione OH<sup>-</sup> (ossidrile). Il circuito è chiuso dal trasporto di ioni da un elettrodo all’altro attraverso l’elettrolita.”<sup>65</sup>

<sup>63</sup> East Japan Railway Co., 2020

<sup>64</sup> Amilcare, 2020

<sup>65</sup> Navarra, Scrosati, 2008

**Figura 7 - Rappresentazione del funzionamento di un'FCEV<sup>66</sup>**



### 1.1.3 Relazioni internazionali giapponesi per l'idrogeno

Immaginare come sarà un'economia decarbonizzata è molto difficile, ma quello che possiamo immaginare facilmente è che nel lungo periodo, la sostituzione dei combustibili fossili con fonti di energia rinnovabile probabilmente sconvolgerà non solo l'industria energetica, ma anche le dinamiche geopolitiche. Se l'economia dell'idrogeno riuscirà a radicarsi probabilmente contribuirà, insieme ad altre fonti di energia verde, a creare un nuovo scenario geopolitico, creando una nuova mappa di importatori ed esportatori, ridisegnando alleanze e rivalità tra paesi e promuovendo nuovi attori internazionali.

Consapevole della necessità di una cooperazione internazionale in tal senso, il Giappone ha lavorato nel coinvolgere le parti interessate del settore sin dal 2018 con l'organizzazione del "Hydrogen Energy Ministerial Meeting 2018" da parte del METI e del NEDO. A questo evento hanno partecipato 21 paesi tra i quali gli Stati Uniti d'America, vari paesi dell'Unione Europea, tra cui Italia, Germania, Francia, oltre ad Australia, Russia, Nuova Zelanda e Regno Unito.<sup>67</sup> Durante la sessione è stata discussa e condivisa l'importanza di una cooperazione per risolvere le questioni relative alla realizzazione di una società internazionale dell'idrogeno. È stata quindi firmata la Dichiarazione di Tōkyō, "Tōkyō sengen",<sup>68</sup> secondo la quale i paesi si impegnano a promuovere la cooperazione per la ricerca e lo sviluppo della tecnologia relativa all'idrogeno e il suo sviluppo nella società. I quattro punti nel quale questo documento è stato diviso recitano:

1. Necessità di collaborazione tecnologica, standardizzazione dei regolamenti e armonizzazione per accelerare la riduzione dei costi dell'idrogeno e del prezzo dei veicoli a celle a combustibile;

<sup>66</sup> Arnold, 2019

<sup>67</sup> NEDO, 2018

<sup>68</sup> NEDO, "Tokyo sengen", 2018

2. Condivisione delle informazioni sulla sicurezza e la catena di approvvigionamento dell'idrogeno e promozione internazionale della ricerca e sviluppo congiunti;
3. Importanza delle indagini e delle valutazioni sul potenziale dell'idrogeno, sugli effetti economici e di riduzione della CO<sub>2</sub> sia a monte che a valle dei vari processi nella sua produzione;
4. Importanza delle attività di educazione, comunicazione e sensibilizzazione per migliorare l'accettazione sociale, che porterà a maggiori investimenti nel settore dell'idrogeno.

Il Giappone ha stretto inoltre in diversi momenti Memorandum di Cooperazione (MOC) con vari paesi, tra i quali Australia, Arabia Saudita, Nuova Zelanda, Indonesia e non solo per partnership sullo sviluppo di progetti inerenti all'idrogeno. La conformazione del territorio giapponese rende, infatti, difficile e più costoso l'installazione di energie rinnovabili. Il Giappone è inoltre un paese povero di risorse fossili da convertire in idrogeno. Per questo motivo il governo ha intenzione di affidarsi per parte della produzione a paesi terzi, considerati affidabili partner commerciali, che posseggono i requisiti fondamentali allo sviluppo della tecnologia. Uno tra i vari progetti prevede la costruzione di una rete di approvvigionamento di idrogeno con Australia e Brunei poiché il Giappone mira a importare 300.000 tonnellate di carburante all'anno entro il 2030 circa.<sup>69</sup>

### **Collaborazione tra Giappone e Australia**

Il partenariato al momento di maggior rilievo risulta essere quello tra Giappone e Australia. Nel gennaio 2020 Australia e Giappone hanno firmato infatti il “Joint Statement on Cooperation on Hydrogen and Fuel Cells”, ovvero la “Dichiarazione Congiunta sulla Cooperazione per l'Idrogeno e le Celle a Combustibile”, promuovendo la cooperazione bilaterale sull'istituzione di regolamentazioni inerenti all'idrogeno e alle sue tecnologie e aprendo la strada al suo futuro commercio fra i due paesi. Nel giugno 2021 hanno inoltre deciso di cooperare per facilitare i loro obiettivi di neutralità climatica, secondo l'Accordo di Parigi, annunciando la “Japan-Australia partnership on decarbonisation through technology” ovvero il “Partenariato tra Giappone e Australia sulla Decarbonizzazione Attraverso la Tecnologia”<sup>70</sup> basato su iniziative precedenti come la “Hydrogen Energy Supply Chain” (HESC), il “Japan-Australia Energy and Resources Dialogue” (JAERD) e la “Dichiarazione congiunta Australia-Giappone di cooperazione sull'idrogeno e i combustibili Cellule”.

Nel gennaio 2022 è stato poi annunciato l'“Australia-Japan Clean Hydrogen Trade Partnership”, un programma di partenariato per il commercio di idrogeno pulito tra Australia e Giappone da 150 milioni di dollari.<sup>71</sup> Con questo il governo australiano ha investito finora oltre 1,3 miliardi di dollari nello sviluppo dell'industria nazionale dell'idrogeno, con l'utilizzo dell'idrogeno liquefatto creato dalla lignite e dalle biomasse presso il sito di Loy Yang della

---

<sup>69</sup> OGAWA, 2020

<sup>70</sup> IEA, 2022

<sup>71</sup> Taylor, 2022



AGL Energy nella Latrobe Valley in Victoria.<sup>72</sup> Le conseguenti emissioni di CO<sup>2</sup> nell'atmosfera causate dall'utilizzo di queste materie prime hanno però ricevuto diverse critiche dal momento che l'idrogeno derivato dalla lignite producendo il doppio delle emissioni di quelle del gas naturale. Come spiegato in precedenza infatti la tecnologia di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) è tecnicamente complessa e ancora costosa non garantendo al momento alti tassi di cattura del carbonio. Ciò significa che l'idrogeno liquefatto attraverso tali processi non può essere definito veramente "idrogeno pulito".

D'altro canto, la produzione di idrogeno tramite l'utilizzo dei processi meno costosi, e di conseguenza ad oggi meno puliti, verte sulla creazione e la crescita di una domanda iniziale altrimenti inesistente visti i suoi costi tutt'altro che competitivi.

Anche l'idrogeno verde ha però ricevuto molte attenzioni. Le società giapponesi hanno infatti cercato di collaborare con le aziende australiane anche per la commercializzazione di quest'ultimo. A gennaio del 2022 la società giapponese Sojitz Corporation ha annunciato una collaborazione con il produttore di energia australiano CS Energy a un progetto dimostrativo finanziato dal Ministero dell'Ambiente giapponese. Questo prevede il trasporto di idrogeno verde, prodotto da pannelli fotovoltaici situati nel Queensland, al paese insulare di Palau, a metà strada tra Giappone e Australia, allo scopo di fornire energia di riserva tramite piccole celle a combustibile. Palau vorrebbe infatti ottenere il 45% di produzione di energia rinnovabile entro il 2025.<sup>73</sup>

Allo stesso modo la società Osaka Gas ha annunciato ad aprile del 2022 che avrebbe fornito supporto tecnico e ingegneristico per un progetto da 10,75 miliardi di dollari australiani nel deserto australiano del Territorio del Nord inerente all'idrogeno verde. Il progetto si chiama "Desert Bloom Hydrogen" ed è sostenuto dal Sanguine Impact Investment Group, con sede a Singapore. Questo prevede l'utilizzo di una tecnologia unica per l'estrazione dell'acqua dall'aria, e l'utilizzo del fotovoltaico per alimentare il processo di elettrolisi dell'acqua e produrre quindi idrogeno verde. L'anno di entrata in operazione dell'impianto dovrebbe essere il 2023 e al suo completamento, con la sua portata di 10 GW, dovrebbe poter raggiungere una produzione di 400.000 tonnellate all'anno di idrogeno.<sup>74</sup>

Il trasporto marittimo sarà fondamentale per raggiungere gli obiettivi di import ed export di idrogeno liquefatto. La strategia di base giapponese sottolinea come il paese dovrà sviluppare le tecnologie di base per dimostrare una catena di approvvigionamento dell'idrogeno liquefatto ed aprire la strada alla sua commercializzazione. Per queste ragioni è stata sviluppata, nell'ambito del progetto HESC da 500 milioni di dollari australiani, la "Suiso Frontier", una nave da trasporto di idrogeno liquefatto. Quest'ultima ha completato il suo primo incarico partendo dal porto di Kobe il 24 dicembre 2021 in direzione porto di Hastings in Victoria, per poi tornare il 25 febbraio 2022, circa un mese dopo, al porto di partenza.<sup>75</sup>

---

<sup>72</sup> Macdonald-Smith, 2018

<sup>73</sup> OBAYASHI, 2022

<sup>74</sup> Osaka gas Co., 2022

<sup>75</sup> AKIMOTO, 2022

**Figura 8 - Trasportatore di idrogeno liquefatto “Suiso Frontier” ancorato a Kobe<sup>76</sup>**



### **Collaborazione tra Giappone ed Emirati Arabi Uniti**

Un altro partenariato molto importante è quello tra il Giappone e gli Emirati Arabi Uniti (UAE). A gennaio 2021 è stato firmato un MOC tra i due paesi dov'è stata concordata la cooperazione nel campo dell'uso dell'ammoniaca come combustibile e nel riciclaggio del carbonio.<sup>77</sup>

Inoltre, è in atto da luglio 2021 una collaborazione che prevede la produzione e l'esportazione di ammoniaca blu da parte della ADNOC, azienda petrolifera statale con sede centrale ad Abu Dhabi, al Giappone. ADNOC ha una lunga storia di partnership strategiche reciprocamente vantaggiose, che si sono rafforzate negli ultimi anni, con compagnie petrolifere e del gas giapponesi che coprono l'intera catena del valore del petrolio e del gas oltre a fornire circa il 25% del fabbisogno di greggio nipponico.

L'ammoniaca (NH<sub>3</sub>) blu è composta da azoto (N) e idrogeno blu. Questa può essere utilizzata come combustibile a basse emissioni di carbonio in un'ampia gamma di applicazioni industriali, inclusi i trasporti, la produzione di energia e le industrie, tra cui la produzione di acciaio, cemento e fertilizzanti, oltre ad essere una più facile forma di trasporto dell'idrogeno in quanto non necessita di essere liquefatta tramite processi di raffreddamento costosi ed energivori.

La Japan Standard Association (JSA) fornirà una piattaforma per ADNOC e i suoi partner per esplorare la fornitura alle società di servizi pubblici giapponesi con ammoniaca blu prodotta ad Abu Dhabi.

---

<sup>76</sup> Nikkei Japan, 2022

<sup>77</sup> METI, 2021

ADNOC sta già avviando un impianto di produzione di ammoniaca blu presso la zona chimico-industriale TA'ZIZ in Ruwais, che avrà una capacità di 1.000 kton all'anno, e ulteriori opportunità in ambito saranno esplorate nel nuovo accordo.<sup>78</sup>

## 1.2. Situazione energetica in Giappone

In questa sezione definiremo la situazione energetica degli ultimi decenni in Giappone, fornendo le basi per affrontare il tema del passaggio ad un vettore energetico più versatile, l'idrogeno, che in questi ultimi anni ha aumentato la sua presenza in progetti correlati alla produzione di energia pulita e sostenibile.

Secondo gli ultimi dati a disposizione, gas naturale liquefatto (GNL), carbone e petrolio rappresentano ad oggi ancora l'85% dell'energia primaria del Giappone. Con il suo forte contributo a soddisfare le esigenze del settore industriale e manifatturiero, il petrolio detiene la quota maggiore (36%) del mix, seguito da carbone (25%) e gas (24%). Il consumo di gas naturale ha registrato un notevole aumento dal 2011 soprattutto nel settore energetico dove nel 2020 ha rappresentato il 39% della produzione totale. Nello stesso anno l'idroelettrico su larga scala rappresenta circa l'8% della produzione energetica, le altre RES, in costante aumento, coprono circa il 12% e il nucleare il 4%. Dopo la chiusura dei reattori nucleari nel 2011, a causa del disastro di Fukushima, le importazioni di combustibili fossili, in particolare di GNL, sono aumentate e hanno raggiunto i valori massimi nel 2014 (Figura 10). Il consumo di combustibili fossili è poi diminuito a seguito di una riduzione generale del consumo di energia, della crescente produzione da RES e del graduale e parziale riavvio delle centrali nucleari condotto dal Partito Liberal Democratico (LDP) per aumentare l'indipendenza energetica.<sup>79</sup>

I dati del mix energetico del paese del Sol Levante ci fanno capire come la situazione energetica sia tutt'altro che stabile e sicura, poiché dipende per lo più da accordi di importazioni con paesi esteri. Ad esasperare la già difficile situazione energetica del paese si sono aggiunte le recenti tensioni create con la Russia a causa della guerra in Ucraina che vedono la possibilità di tagli alle forniture dell'impianto Sakhalin-2 ricoprente il 9% del totale della domanda di GNL giapponese.<sup>80</sup>

Approvato nell'ottobre del 2021, il "Sesto Piano Energetico Strategico" delinea le prospettive del governo sulla produzione energetica per il 2030 e il 2050.<sup>81</sup> Radicato nel framework "3E+S" (energy security, environment, economic efficiency, and safety, ovvero sicurezza energetica, ambiente, efficienza economica e sicurezza) il nuovo documento rimane fedele all'ambizione del METI di aumentare la produzione da RES e preservare l'energia nucleare, riducendo le emissioni del 46% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2013 e raggiungendo la carbon neutrality entro il 2050.

---

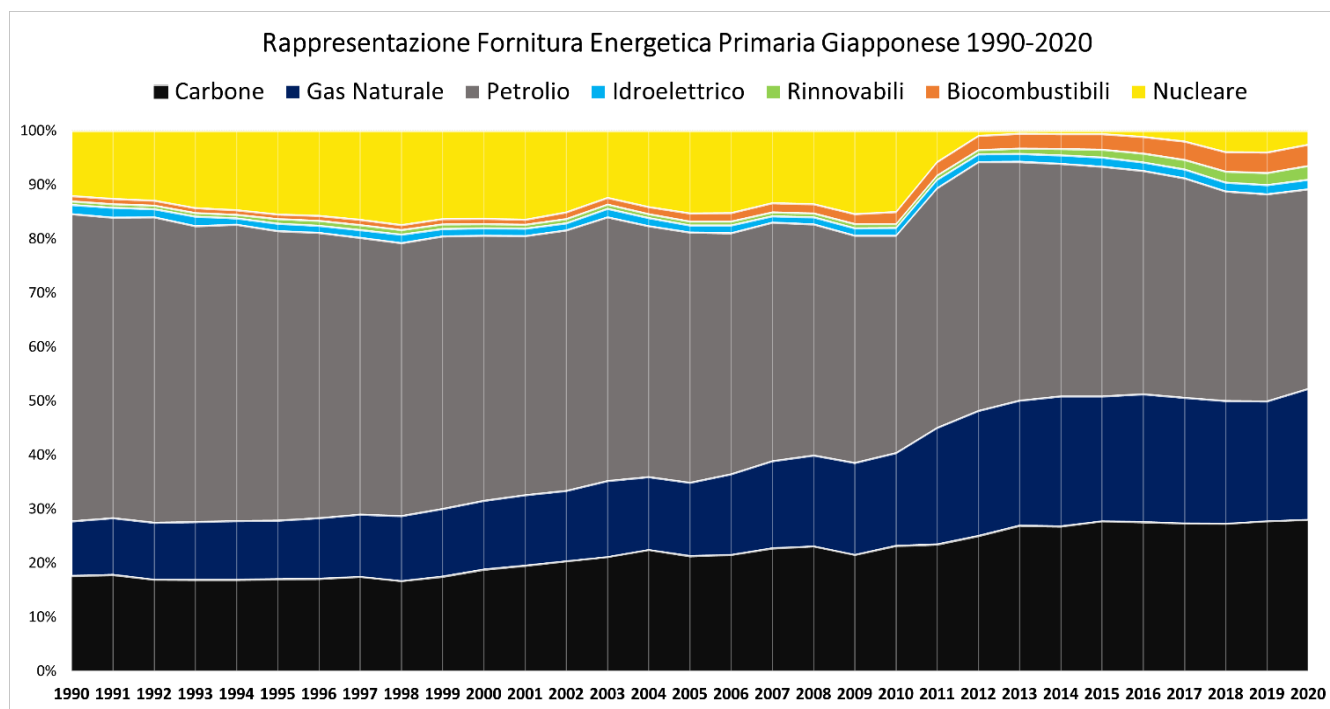
<sup>78</sup> ADNOC, 2021

<sup>79</sup> METI, 2022

<sup>80</sup> MURAKAMI, 2022

<sup>81</sup> METI, 2021

**Figura 9 - Fornitura energetica primaria giapponese<sup>82</sup>**



La quota di combustibili fossili dovrebbe essere ridotta al 41% del mix entro il 2030. Si prevede che le RES rappresenteranno il 36-38% della produzione entro il 2030 diventando entro il 2050 la principale fonte di elettricità commercialmente valida assieme a soluzioni di accumulo come l'idrogeno e le batterie per migliorare la stabilità energetica. La ricerca e lo sviluppo sull'idrogeno nel frattempo proseguiranno, in modo tale che possa essere utilizzato nella decarbonizzazione dei diversi settori entro il 2050. Si prevede inoltre che già dal 2030 entrerà a far parte del mix energetico assieme all'ammoniaca, un suo derivato, ricoprendo l'1% della produzione del paese. Specificare gli obiettivi dell'idrogeno nel mix energetico segnala l'impegno e la fiducia del governo nella realizzabilità a lungo termine della tecnologia, cosa essenziale visti i colossali investimenti necessari per implementare la visione della Società all'idrogeno.<sup>83</sup>

L'energia nucleare aumenterà al 20-22% della produzione di elettricità entro il 2030.<sup>84</sup> Ciò equivale a oltre 30 reattori nucleari. Il governo, che sembrerebbe desideroso di un ritorno del nucleare, continua a fornire rassicurazioni sui suoi elevati standard di sicurezza e sul contributo alla riduzione del prezzo dell'energia che avrebbe un rilancio di questa forma di energia.

<sup>82</sup> IEA, 2021

<sup>83</sup> METI, 2022

<sup>84</sup> METI, 2021

### **1.2.1. Nucleare**

In questo lavoro, tenendo in considerazione le diverse azioni dei governi che si sono succeduti in Giappone e il cambiamento dell'opinione pubblica, divideremo in tre principali momenti la storia del nucleare e di come questa risorsa ha influenzato la politica energetica del paese.

Il primo periodo parte dalla fine della Seconda guerra mondiale e arriva fino al 11 marzo 2011, ovvero al giorno del disastro nucleare di Fukushima Dai-ichi, nel quale il Paese del Sol Levante nella sua ricerca di una sempre più necessaria indipendenza energetica ha spinto per l'apertura di impianti di produzione elettrica nucleari in tutto il territorio. Prima del crollo di Fukushima, infatti, il governo stava raddoppiando gli sforzi per aumentare il numero di reattori, ma l'incidente ha drasticamente peggiorato il sentimento pubblico nei confronti della risorsa bloccando la spinta ancora in corso verso la loro costruzione e intensificando il dibattito politico per qualsiasi decisione importante sul futuro energetico del Giappone.

Il secondo periodo è quello che a partire dal 2011 arriva al 2014 e copre il lasso di tempo nel quale la produzione energetica nucleare giapponese fu quasi completamente interrotta venendo sostituita dai combustibili fossili, in particolare dal gas naturale liquefatto.

Infine, il terzo periodo va dal 2014 ad oggi e vede il graduale riavvio dei reattori nucleari e il cambio di opinione in merito da parte dei partiti politici nel tentativo di rientrare negli obiettivi di riduzione delle emissioni. Nel 2015 due dei 33 reattori operabili del paese sono stati riavviati arrivando poi a 10 nel 2021. È stato inoltre approvato il riavvio di altre 11 unità e altre 9 sono tuttora in fase di revisione per il riavvio.<sup>85</sup> Secondo le ultime stime aggiornate al 2020 l'energia nucleare è aumentata rispetto ai livelli post-Fukushima e rappresenta circa il 3,7% della produzione elettrica del Giappone, che per quanto significativamente inferiore alla quota di circa 24,5% pre-Fukushima, è un forte segnale di cambiamento.<sup>86</sup>

#### **Politica energetica nucleare dal secondo dopoguerra al 2011**

Nell'aprile 1952 con l'entrata in vigore del Trattato di San Francisco fu revocato il divieto di ricerca sull'energia nucleare imposto dagli USA al Giappone e nel 1966 entrò in funzione la Tokai Nuclear Power Station, la prima centrale nucleare commerciale giapponese.<sup>87</sup> Le crisi petrolifere e la veloce crescita economica degli anni '70 innescarono poi una crescente necessità di superamento della dipendenza dal petrolio e le attenzioni del paese si indirizzarono verso l'energia nucleare con la speranza che potesse fungere da sostituto. Fu questo contesto storico che favorì la proliferazione di centrali nucleari, incentivate da sovvenzioni da parte del governo giapponese, con un aumento della produzione di energia nucleare fino alla metà degli anni '90. In Giappone l'energia nucleare fu

---

<sup>85</sup> Japan Nuclear Safety Institute , 2021

<sup>86</sup> IEA, 2021

<sup>87</sup> MACHIDA, et al., 1977

pubblicizzata come una forma di energia rispettosa dell'ambiente, aprendo la strada alla sua promozione ed espansione come pilastro fondamentale delle misure del paese per combattere il cambiamento climatico. Si prevedeva che la produzione di energia nucleare avrebbe svolto un ruolo importante nella riduzione delle emissioni nazionali di CO<sub>2</sub> e che avrebbe consentito al Giappone di rispettare gli impegni di riduzione previsti dal Protocollo di Kyoto adottato nel 1997.<sup>88</sup>

Nel “Enerugi kihon keikaku”, ovvero “Piano Energetico di Base”, del 2010 l'energia nucleare veniva definita come una forma di energia “semi-prodotta” in casa con prestazioni eccezionali sia in termini di stabilità dell'approvvigionamento che di accessibilità economica. In questo piano l'energia nucleare viene vista in modo molto positivo definendola la fonte di energia elettrica chiave per il medio-lungo termine in grado di soddisfare i tre requisiti del framework 3E: sicurezza energetica, rispetto dell'ambiente ed efficienza economica (aggiornato nel 2014 al framework 3E+S, dove S sta per security). Inoltre, viene affermata la determinazione del governo nell'attiva promozione della generazione di energia da nucleare attraverso la costruzione di nuovi impianti. Il piano prevedeva che entro il 2020 sarebbero stati costruiti 9 impianti nuovi o aggiuntivi e 14 entro il 2030. Ciò significa un aumento al 53% entro il 2030 della quota dell'energia nucleare sulla produzione totale di energia.<sup>89</sup>

## **Il naufragio del cambio di rotta**

Al momento dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima nel 2011 era il Partito Democratico del Giappone (DPJ) a governare il paese. La vecchia politica energetica che enfatizzava il nucleare e ignorava le energie rinnovabili era ancora in vigore, ma il terribile incidente ne costrinse un suo totale ripensamento. Venne annunciato dal governo il completo ritiro del Piano Energetico di Base del 2010, che prevedeva l'aumento della dipendenza nazionale dall'energia nucleare al 53%, e nell'autunno dello stesso anno iniziarono le discussioni sulla revisione del mix energetico, con la conseguente graduale e temporanea chiusura della maggior parte degli impianti.<sup>90</sup>

Nel normale processo decisionale la scelta delle politiche energetiche è a discrezione del governo, ma il Gabinetto Noda in questa occasione utilizzò un approccio differente. Fu indetto infatti un sondaggio pubblico deliberativo dove l'opinione di circa 7000 cittadini selezionati casualmente venne utilizzata per deliberare su tre scenari possibili utilizzando come parametro la percentuale rappresentata dal nucleare sul mix energetico nel 2030. Il primo era la scelta dello scenario “Zero” che prevedeva il completo abbandono della risorsa. Il secondo scenario, “15%”, prevedeva la riduzione alla suddetta quota rispetto al livello precedente l'incidente e il terzo scenario, “20-25%”, che manteneva la quota di nucleare all'incirca allo stesso livello. A seguito del dibattito, la percentuale di partecipanti che sostenne la completa separazione dal nucleare salì dal 32,6% al 46,7%.<sup>91</sup> In risposta a ciò, il governo

---

<sup>88</sup> OKAMURA, 2019

<sup>89</sup> METI, 2010

<sup>90</sup> The Energy and Environment Council, 2012

<sup>91</sup> HAMADA, 2012

Noda propose il 14 settembre 2012 la “Strategia Innovativa per l'Energia e l'Ambiente”, che mirava a ridurre il più possibile la dipendenza dal nucleare, con l’ambizione di arrivare ad una cessazione completa delle centrali nucleari attorno al 2030. Tuttavia, l'approvazione fu accantonata di fronte alle opposizioni di diverse parti, tra le quali la Camera di Commercio e dell’Industria di Tōkyō e l’LDP, il partito di opposizione.<sup>92</sup> Il passaggio al governo Abe, il 26 dicembre 2012, comportò un ulteriore revisione della politica energetica giapponese, allontanandola dall’approccio “zero nucleare”.

## **Ritorno al nucleare**

Il “Quarto Piano Energetico Strategico”, approvato dal governo a guida LDP nell'aprile 2014, sebbene predichi la necessità del Giappone di ridurre al minimo la sua dipendenza dall'energia nucleare come punto di partenza per la ricostruzione della politica energetica, posiziona lo stesso come importante fonte di energia di base dal punto di vista delle 3E. Afferma inoltre l’intenzione di procedere al riavvio delle centrali nucleari, annullando quasi completamente quanto stabilito dal precedente governo del DPJ e abbandonando il coinvolgimento del opinione pubblica nel processo decisionale.<sup>93</sup>

Nel luglio 2015 è stata poi formulata la “Prospettiva dell'offerta e della domanda di energia a lungo termine” che ha definito gli obiettivi per il mix energetico nazionale entro il 2030. Vi si prevedeva che il nucleare avrebbe rappresentato il 20-22% del mix energetico e che assieme all’energia idroelettrica e agli impianti termici avrebbe costituito il 56% del carico di base.<sup>94</sup>

Sebbene il nucleare sembri aver mantenuto la fiducia del legislatore, non si può dire la stessa cosa anche per l’opinione pubblica, che si è opposto più volte alla riattivazione di diverse centrali causando enormi ritardi. A rendere più complicato il processo ci sono inoltre le ulteriori ispezioni previste condotte dalla Autorità di Regolazione del Nucleare (NRA) prima del riavvio dei reattori basate sulle nuove norme di sicurezza, che se non superate prevedono lo smantellamento della struttura.<sup>95</sup>

A ottobre 2021 il METI ha pubblicato il Sesto Piano Energetico Strategico che delinea la politica energetica nazionale prevista per il 2030 e per il 2050. In questo piano si possono notare come i due importanti obiettivi che lo caratterizzano, ovvero il raggiungimento della carbon neutrality entro il 2050 e l’assicurazione di energia stabile e a buon mercato, non contemplino più una riduzione di produzione energetica da nucleare.

In base a questo piano, sebbene vengano promosse l’introduzione delle energie rinnovabili come maggiore fonte energetica e l’implementazione dell’idrogeno e della CCUS, è stato deciso che il nucleare rimarrà una fonte di energia chiave che coprirà le necessità energetiche del paese non soddisfatte dalle RES. Il Sesto Piano Energetico

---

<sup>92</sup> Tōkyō Shōkō Kaigisho, 2012

<sup>93</sup> METI, 2014

<sup>94</sup> METI, 2015

<sup>95</sup> NRA, 2013

di Base afferma che, entro il 2030, dal 20 al 22% dell'elettricità del Giappone proverrà dall'energia nucleare. Inoltre, viene più volte ripetuto come la dipendenza del Giappone dall'energia nucleare debba essere ridotta il più possibile, ma presenta anche diverse riflessioni sulla necessità del nucleare di riconquistare la fiducia dell'opinione pubblica che sembrerebbero invece voler comunicare la volontà di ritornare ai livelli pre-Fukushima. Nel Piano viene infatti riportato:

Attualmente, se si osserva il contesto internazionale per quanto riguarda l'energia nucleare, opzione utile per la decarbonizzazione, è in corso da una parte un movimento per il suo graduale abbandono e dall'altra sono iniziati sforzi per migliorarne ulteriormente la sicurezza, l'economicità e la sua velocità di risposta.

È essenziale ripristinare la fiducia della società attraverso iniziative come la riduzione del rischio di incidenti, migliorandone ulteriormente la sicurezza e affrontando i problemi di back-end come lo smantellamento e il trattamento/smaltimento dei rifiuti. A tal fine continueremo a rafforzare le risorse umane, la tecnologia e le infrastrutture dell'industria. Punteremo a reattori con eccellente sicurezza, efficienza economica e velocità di risposta e allo sviluppo tecnologico per risolvere i problemi di back-end. È importante avere un atteggiamento serio e intraprendere iniziative serie per tornare al punto di partenza dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima Daiichi con un senso di responsabilità. Questa è la chiave per riguadagnare la fiducia della società verso l'energia nucleare nel nostro paese.

Da questo si può notare come il Giappone abbia intenzione di aderire di nuovo all'energia nucleare e come venga fortemente auspicato un ritorno al vecchio scenario (pre-Fukushima) con un conseguente aumento del nucleare nel mix energetico nazionale.

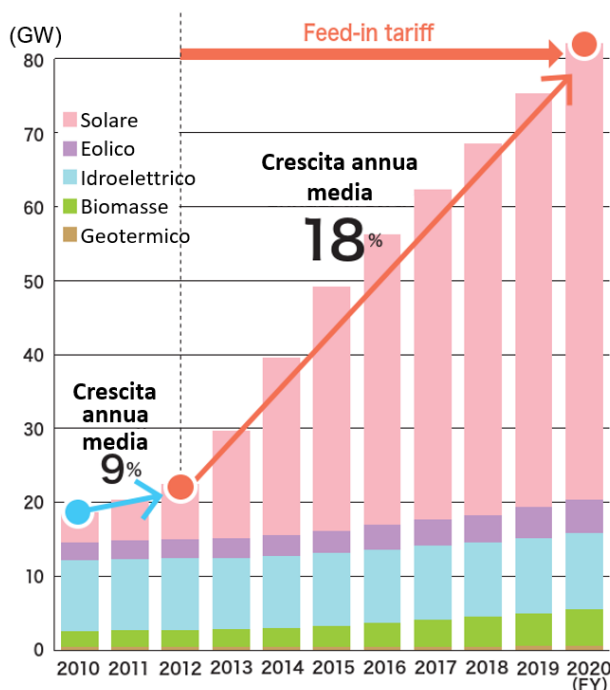
### **1.2.2. Rinnovabili**

Sin dagli anni '70 ci furono diverse iniziative dirette alla diversificazione del mix energetico tramite inserimento di energie ambientalmente neutre come il fotovoltaico. Diverse sono state le convenzioni e le politiche attuate, tra le quali il "Framework Convention on Climate Change" firmato nel '92, il "Protocollo di Kyoto" formulato nel '97 e il "Renewable Portfolio Standard" del 2002, ma non si può affermare che il governo avesse una posizione veramente favorevole nei confronti di questo tipo di energia. Con la necessità post-Fukushima di riempire il buco creato dalla chiusura delle centrali nucleari, però, ci fu un cambio di prospettiva che portò all'attuazione di quella che è poi diventata la più importante politica mai attuata dal governo giapponese in materia di rinnovabili. L' "Act on Special Measures Concerning Procurement of Renewable Electric Energy by Operators of Electric Utilities", anche detta Feed-in-tariff Act (FIT), venne proposta dal governo del DPJ e approvata nell'agosto del 2012. Entrata in vigore il 1° luglio 2012, questa legge obbliga le aziende elettriche ad acquistare energia elettrica generata da fonti di energia rinnovabile (solare fotovoltaico, eolico, idroelettrica, geotermica e biomasse)



sulla base di un contratto a tempo determinato con prezzo fisso atto ad aumentare, per quanto possibile, la prevedibilità del ritorno sull'investimento effettuato e renderlo di conseguenza più appetibile agli imprenditori.<sup>96</sup>

**Figura 10 - Cambiamenti nella capacità installata di energie rinnovabili<sup>97</sup>**



Grazie a questo sistema la quota di RES del paese è saltata dal 10,4% del 2011 al 19,8% nel 2020 permettendo di stabilire obiettivi sempre più ottimisti e importanti come quello di arrivare al 36-38% entro il 2030.<sup>98</sup>

Il sistema di tariffe prevede che i costi sostenuti dagli operatori per l'acquisto di energia elettrica da RES vengano trasferiti a tutti i clienti finali, quindi cittadini singoli e aziende, che nella bolletta della luce pagheranno un'aggiunta chiamata "Supplemento per energia rinnovabile", in genere proporzionale al consumo di energia elettrica effettuato.<sup>99</sup> Come mostrato in Tabella 3, è stato fissato un prezzo di acquisto di energia proporzionale al tipo e alla grandezza del progetto commerciale, prezzo che con gli anni è diminuito a causa dell'aumento della capacità installata nel territorio.<sup>100</sup> Quando il FIT è stato introdotto per la prima volta in Giappone, infatti, il prezzo di acquisto per la produzione di energia solare fotovoltaica, fissato ad un livello estremamente elevato equivalente a 42 yen/kWh indipendentemente dalla scala del progetto, è stato la chiave di svolta per la diffusione di questa

<sup>96</sup> METI, 2012

<sup>97</sup> METI, 2022

<sup>98</sup> Klein, 2023

<sup>99</sup> METI, 2011

<sup>100</sup> METI, 2022

tipologia di tecnologia suscitando tuttavia anche timori sull'aumento del valore totale del supplemento a carico dei cittadini.

## **Energia solare**

L'aumento dell'installazione di impianti di energia rinnovabile dal lancio del sistema FIT nel 2012 è stato particolarmente concentrato nel segmento della produzione fotovoltaica commerciale (figura 11). La maggior parte degli impianti di generazione di energia solare installati prima dell'introduzione del FIT erano unità di produzione solare residenziale con una potenza inferiore a 10 kW. Dall'avviamento del programma la crescita annua della capacità di generazione di energia fotovoltaica installata è raddoppiata salendo ad una media del 18%, rispetto al 9% degli anni precedenti al 2012, fino a raggiungere alla fine del 2020 una produzione di 78,64 TWh.<sup>101</sup> Le proiezioni del METI per l'anno fiscale 2030 vedono il fotovoltaico protagonista della generazione da RES occupando il 14-16% del totale della produzione energetica giapponese.<sup>102</sup>

I dati delle spedizioni di moduli fotovoltaici aggiornati al primo trimestre del 2022 forniti dalla Japan Photovoltaic Energy Association (JPEA) segnalano, inoltre, un cambiamento della tipologia di applicazione rispetto al periodo precedente l'introduzione del sistema di tariffe con più del 76% degli impianti richiesti adibito ad ambito non residenziale.<sup>103</sup>

## **Energia eolica**

Come si può comprendere da quanto riportato precedentemente, l'utilizzo dell'energia eolica in Giappone non ha visto uno sviluppo importante nemmeno dopo l'entrata in vigore delle Feed-in Tariffs. Il problema principale di questa tecnologia sul territorio del Paese del Sol Levante è l'interruzione del vento causata dalla presenza diffusa in tutto il territorio di montagne. L'eolico è inoltre poco ideale in luoghi abitati a causa del costante rumore generato dalla vibrazione delle pale in rotazione; ciò elimina di conseguenza la possibilità di installazione sulle densamente popolate pianure. Sebbene il Giappone abbia un'abbondanza di zona costiera nel quale teoricamente potrebbero essere installate unità eoliche offshore, un altro problema che sorge risulta essere il fondale marino scosceso che riduce la realizzabilità di questo tipo di progetti richiedendo quindi l'installazione di unità galleggianti, tecnologia al momento ancora in fase di sviluppo. Nell'ottobre del 2013 è stato annunciato il progetto "Fukushima Mirai", una turbina eolica galleggiante sperimentale posizionata a 20 Km dalla città di Naraha nella prefettura di Fukushima, con l'intenzione di commercializzare la produzione di energia eolica offshore. Tuttavia, nel 2021 il

---

<sup>101</sup> IEA, 2021

<sup>102</sup> METI, 2022

<sup>103</sup> JPEA, 2022

governo ha annunciato il suo ritiro dal progetto, da smantellare a causa del mancato profitto, azzerando quasi completamente i valori di produzione di energia eolica di questo tipo.<sup>104</sup>

Nel complesso, sebbene i dati di produzione di energia eolica siano raddoppiati nel decennio dal 2010 al 2020 passando da 4 TWh a 8,65 TWh (poco più di un decimo della produzione da energia solare) non rappresentano un vero e sostanziale miglioramento. Le proiezioni del METI per il 2030 infatti prevedono che l'eolico rappresenterà solo il 5% del totale della produzione elettrica del paese.<sup>105</sup>

## **Energia idroelettrica, geotermica e da biomasse**

In figura 11 si può notare come la produzione di energia idroelettrica sia la seconda fonte di energia rinnovabile più importante per il paese. Essendo stata raggiunta la capacità massima di generazione da grandi impianti idroelettrici però, il governo vuole incentivare tramite il sistema FIT lo sviluppo di piccoli e medi impianti. La quantità di generazione elettrica tramite questa fonte rimane pressoché invariata da almeno trent'anni e nel 2020 ha raggiunto una quantità di elettricità prodotta pari a 88,2 TWh.<sup>106</sup>

Anche la produzione di energia geotermica è rimasta più o meno invariata negli anni rimanendo più o meno stabile ad una generazione di 2-3 TWh. Infatti, sebbene il Giappone, grazie alla sua posizione geografica, sia un paese con una notevole attività vulcanica, la costruzione di nuovi impianti risulta essere molto complessa a causa degli alti costi iniziali, della regolamentazione rigida e anche delle proteste degli operatori del settore termale, timorosi dell'impatto che questi potrebbero avere sulla qualità delle *onsen*, terme tradizionali giapponesi.<sup>107</sup> Promettenti in questo settore sono gli impianti di piccole dimensioni che potrebbero arrivare a coesistere con le strutture turistiche senza impattare il paesaggio. Un impianto di questo genere da 6,5 MW è attualmente in costruzione in Hokkaido e altri progetti sono in fase di sviluppo.<sup>108</sup>

La generazione energetica da biomasse può avvenire tramite diversi processi di produzione di calore, tra i quali quello di combustione diretta, la pirolisi, ecc., con l'utilizzo di rifiuti biologici. Per quanto riguarda l'energia da biomasse il Giappone si posiziona in settima posizione globale con una capacità di produzione di 4,6 GW<sup>109</sup> e il governo sta puntando a raddoppiare la sua produzione entro il 2030 passando da 22 TWh a 47,1 TWh.<sup>110</sup>

Le proiezioni del METI per il 2030 prevedono che l'idroelettrico, il geotermico e le biomasse rappresenteranno rispettivamente l'11%, l'1% e il 5% del totale della produzione elettrica del paese assistendolo nell'obiettivo di riduzione delle emissioni.<sup>111</sup>

---

<sup>104</sup> Mainichi Japan, 2021

<sup>105</sup> METI, 2022

<sup>106</sup> IEA, 2021

<sup>107</sup> Stefánsson, 2021

<sup>108</sup> ORIX, 2019

<sup>109</sup> Fernández, 2022

<sup>110</sup> METI, 2022

<sup>111</sup> inib.

**Tabella 3 – Prezzi FIT per fonte energetica aggiornati al 2022 con previsione al 2023 <sup>112</sup>**

Fonte energetica	Tipologia		Scala	FY2021	FY2022	FY2023	Periodo
Solare	Domestico		Sotto 10 kW	19 yen	<b>17 yen</b>	16 yen	10 anni
	Attività commerciali		Da 10 a 50kW	12 yen	<b>11 yen</b>	10 yen	20 anni
			Da 50 kW in su	11 yen	<b>10 yen</b>	9.5 yen	
Eolico	Onshore		Sotto 50 kW	17 yen	<b>16 yen</b>	15 yen	20 anni
	Offshore	Fisso	Qualsiasi	32 yen	<b>29 yen</b>	x	
		Galleggiante	Qualsiasi	<b>36 yen</b>			
Geotermico	Nuovi impianti		Sotto 15 MW	<b>40 yen</b>		15 anni	
			Sopra 15 MW	<b>26 yen</b>			
	Impianti aggiornati		Sotto 15 MW	<b>30 yen</b>			
			Sopra 15 MW	<b>20 yen</b>			
	Vecchi impianti		Sotto 15 MW	<b>19 yen</b>			
			Sopra 15 MW	<b>12 yen</b>			
Idroelettrico	Nuovi piccoli-medi impianti		Sotto 200 kW	<b>34 yen</b>		20 anni	
			Da 200 kW a 1 MW	<b>29 yen</b>			
			Da 1 MW a 5 MW	<b>27 yen</b>			
			Da 5 MW a 30MW	<b>20 yen</b>	16 yen		
	Vecchi piccoli-medi impianti		Sotto 200 kW	<b>25 yen</b>			
			Da 200 kW a 1 MW	<b>21 yen</b>			
			Da 1 MW a 5 MW	<b>15 yen</b>			
			Da 5 MW a 30MW	<b>12 yen</b>	9 yen		

<sup>112</sup> METI, 2022

Biomasse	Da legno e simili	Sotto 10 MW	<b>24 yen</b>		20 anni
	Materiali inutilizzati	Sotto 2 MW	<b>40 yen</b>		
		Sopra 20 MW	<b>32 yen</b>		
	Scarti materiale da costruzione	Qualsiasi	<b>13 yen</b>		
	Prodotti di scarto generico	Qualsiasi	<b>17 yen</b>		
	Biogas da fermentazione del metano	Qualsiasi	<b>39 yen</b>	35 yen	

### 1.3. Conclusioni

In questo capitolo abbiamo dato una spiegazione complessiva sull'idrogeno inteso come vettore energetico. Abbiamo inoltre presentato i diversi progetti implementati e in fase di sviluppo in Giappone. Successivamente è stata fatta una generale spiegazione sulla situazione energetica del paese per aiutare a comprendere le ragioni e il contesto nel quale la risorsa dell'idrogeno verrà applicata.

Possiamo quindi concludere che, con le politiche riguardanti il cambiamento climatico, che continuano a diventare più restrittive per quanto riguarda il livello di emissioni permesse, il Giappone ha scelto di dare spazio anche all'idrogeno come fonte di energia rinnovabile inserendolo nelle previsioni del mix energetico per il 2030. L'intenzione del governo del Sol Levante è infatti quella di diventare un pioniere nello sviluppo del mercato dell'idrogeno e di diventare una cosiddetta Società all'idrogeno dove quest'ultimo verrà prodotto tramite energia pulita per poi essere utilizzato nei vari settori. La tipologia di idrogeno più prodotto al momento, tuttavia, è quello *grigio* con conseguenti elevate emissioni di gas serra. La tecnologia per la produzione di idrogeno verde è tuttora in via di sviluppo e diversi impianti sono già attivi nel suolo nipponico, ma il processo di elettrolisi utilizzato è molto dispendioso in termini energetici rendendolo se comparato agli altri combustibili una soluzione, per ora, troppo costosa. Per rendere possibile la creazione di un mercato per l'idrogeno il governo giapponese ha stilato nel 2017 la Strategia di base per l'idrogeno, che andremo ad analizzare più approfonditamente nel prossimo capitolo, che mira principalmente a raggiungere la parità di costo con i combustibili fossili concorrenti e all'espansione a livello globale dell'infrastruttura per l'importazione e l'esportazione della materia.

È stata infine discussa la situazione corrente della composizione del mix energetico nazionale ed è stato appurato che i combustibili fossili occupano ancora gran parte della produzione energetica giapponese. Approfondendo la storia sulla ricerca dell'indipendenza energetica del paese abbiamo riscontrato che, dopo un periodo di stasi dovuto

al grande disastro di Fukushima Daiichi, c'è stato un ritorno alla produzione energetica da nucleare affiancata anche da una forte politica di incentivazione della produzione da energie rinnovabili. Il sistema delle Feed-in Tariff giapponese si è dimostrato un degno alleato della decarbonizzazione del paese aiutando il governo giapponese a stilare piani più intraprendenti e ad aumentare la percentuale di produzione da RES nel mix energetico.



## CAPITOLO 2

In questo capitolo andremo a definire la strategia di base per l'idrogeno giapponese ed europea occupandoci principalmente dei metodi di produzione definiti e dei metodi di utilizzo delineati dalle due politiche, facendo luce sulle decisioni prese in merito al mercato di riferimento iniziale. La creazione di una domanda e di un'offerta per il mercato dell'idrogeno può avvenire in diversi modi e, sebbene anche il Giappone si sia eventualmente allineato alla visione europea, l'approccio iniziale è stato completamente diverso.

Come abbiamo già specificato nell'introduzione di questo elaborato, secondo studi indipendenti il miglior modo di introduzione dell'idrogeno nell'industria dei trasporti è tramite la sua applicazione nei veicoli pesanti, in particolare navi da carico per il trasporto marittimo di merci e camion. Questo sistema consentirebbe la collocazione di stazioni di rifornimento dell'idrogeno in punti chiave, quali sono i porti, creando una domanda per il carburante in questione e assicurando l'utilizzo delle stazioni di rifornimento. Consentirebbe inoltre il collegamento delle industrie pesanti situate nelle dirette vicinanze contribuendo alla decarbonizzazione di settori difficilmente decarbonizzabili tramite le convenzionali energie rinnovabili.<sup>113</sup>

Il Giappone, invece di optare per questa strategia più sicura e meno legata alla volatilità delle vendite *Business to Consumer* (B2C), si è inizialmente concentrato sulla creazione di una domanda interna a livello capillare. Cercando di vincere l'opinione pubblica e utilizzando le tecnologie già a disposizione, sviluppate dalle case automobilistiche nazionali (in particolare Toyota), il governo giapponese ha scelto di puntare sulla conversione ad idrogeno del parco auto nazionale e sulla sostituzione dei metodi di riscaldamento domestici.<sup>114</sup> La creazione di questa politica arriva in un periodo di sconvolgimento del mercato automobilistico causato dall'introduzione e dalla spinta nel mercato per i BEV e favorirebbe Toyota con il rafforzamento della sua posizione in un mercato attualmente occupato principalmente da quest'ultima. La differenza sostanziale tra l'approccio europeo, che si concentra su una creazione di domanda localizzata e collegata alle grandi aziende, e quello giapponese, atto a trovare l'interesse del singolo cittadino, sosterebbe di conseguenza la tesi che vede Toyota colpevole di attività di lobbismo al fine di rallentare la diffusione di veicoli elettrici a batteria in favore di veicoli a celle a combustibile.

Il Giappone vede l'idrogeno come un'opportunità per rimettere in moto la sua stagnante economia e per affermarsi come leader in un nuovo mercato, mantenendo la sua influenza a livello internazionale. L'approccio scelto aiuterebbe le case automobilistiche nazionali, in particolare Toyota, a rimanere a galla in un periodo storico di grandi cambiamenti ai quali le grandi aziende, proprio in quanto tali, non riescono ad adattarsi velocemente. Il cambiamento della produzione da veicoli a motore a combustione interna (ICE) a veicoli elettrici a batteria rende

---

<sup>113</sup> Farrell, et al., 2002

<sup>114</sup> METI, 2017



necessaria la revisione completa degli impianti di produzione e della supply chain. Toyota, che con i suoi 67 impianti in tutto il globo<sup>115</sup> è la più grande casa di produzione di automobili al mondo, si ritrova quindi impossibilitata alla trasformazione completa e ricerca, anche tramite l'appoggio del governo giapponese, il reindirizzamento delle attenzioni dei consumatori verso i veicoli ad idrogeno. Per questa tipologia di veicolo, infatti, Toyota è già ben preparata avendo iniziato già dagli anni '70 le attività di ricerca e sviluppo. Grazie a questo vantaggio tecnologico il governo del Sol Levante punta a diventare un pioniere nello sviluppo del mercato dell'idrogeno e di evolversi in una società all'idrogeno. Nel 2017 il Giappone per raggiungere questo obiettivo ha stilato la “Strategia di base per l'idrogeno”,<sup>116</sup> il documento che prenderemo in considerazione per il paragone con l'Unione Europea, contenente la previsione dei vari passaggi che permetteranno la formazione del mercato dell'idrogeno nazionale entro il 2050. Invece quello che esamineremo per quanto riguarda l'Unione Europea, con contenuti speculari a quelli del documento giapponese, è intitolato “Una strategia per l'idrogeno per un'Europa climaticamente neutra”.<sup>117</sup>

Dopo aver definito le due strategie di base andremo a identificare le varie similitudini in termini di obiettivi, approcci tecnologici, sviluppo della catena del valore dell'idrogeno, investimenti finanziari e aspetti normativi. Andremo poi a identificare i punti significativi in comune ed in disaccordo che distinguono le due strategie adottate dal Giappone e dall'Unione Europea, fornendo le basi per una comparazione significativa tra i due approcci e aprendo la strada per le ragionevoli speculazioni che verranno poi sostenute e approfondite nel prossimo capitolo.

---

<sup>115</sup> Toyota, 2023

<sup>116</sup> METI, 2017

<sup>117</sup> Commissione Europea, 2020

## 2.1. Obiettivi strategia per l'idrogeno giapponese<sup>118</sup>

### 2.1.1. Informazioni di base

La Strategia di base per l'idrogeno è stata formulata nel dicembre 2017 dal Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria, sotto la direzione dell'allora primo ministro Shinzo Abe. Arrivata dopo l'entrata in vigore degli Accordi di Parigi del 2016 la strategia è stata il risultato del dibattito tra esperti dell'industria, del mondo accademico e del governo ed è stata la prima al mondo in materia di idrogeno.

Questa strategia espone non solo una visione inclusiva di obiettivi che il settore pubblico e privato dovrebbero condividere per la realizzazione della società all'idrogeno in vista del 2050, ma anche un piano d'azione per raggiungerli. Il piano d'azione comprende l'introduzione di valori obiettivo per i sistemi energetici residenziali a celle a combustibile, i veicoli a celle a combustibile, le stazioni di idrogeno, ecc., che sono stati indicati in "Scenario for Basic Hydrogen Strategy" in Figura 11. Per quanto riguarda la visione a lungo termine, il Giappone mira a raggiungere la parità di costo con le energie convenzionali per poi concentrarsi sulla realizzazione di idrogeno a zero emissioni rendendolo una nuova opzione energetica.

Per consentire l'attuazione della strategia il governo giapponese ha messo a disposizione robusti finanziamenti per la ricerca e sviluppo. I finanziamenti governativi per l'idrogeno nell'anno fiscale 2020 riassunti in Tabella 4 comprendevano 247 milioni di dollari per veicoli a energia pulita, comprendenti gli FCEV; ulteriori 40 milioni di dollari specificamente per veicoli residenziali a celle a combustibile e per l'innovazione delle celle a combustibile. Inoltre, sono stati stanziati altri 52,5 milioni di dollari per ricerca e sviluppo sulle celle a combustibile, 30 milioni di dollari per R&D sulle infrastrutture di fornitura dell'idrogeno, 120 milioni di dollari per stazioni di rifornimento per FCEV, 141 milioni di dollari per lo sviluppo di una supply chain di idrogeno tramite l'utilizzo di nuove fonti all'estero e 15 milioni di dollari per sviluppo di tecnologie per la produzione, lo stoccaggio e l'utilizzo dell'idrogeno.<sup>119</sup>

Il mercato dell'idrogeno, come spiegato precedentemente, si trova ancora nella sua fase embrionale, e le varie strategie in merito contengono non solo i possibili metodi di utilizzo del vettore energetico ma anche gli obiettivi dello sviluppo della sua produzione nel tempo.

Nel documento ufficiale del METI la strategia per l'idrogeno giapponese stilata nel 2017 è stata divisa in tre fasi principali. La prima fase prevedeva un'importante espansione dell'uso dell'idrogeno tramite una diffusione su larga scala dell'utilizzo di celle a combustibile fisse e veicoli a celle a combustibile (FCEV). Per mezzo di questi il governo giapponese puntava alla conquista del mercato globale relativo a queste tecnologie, in cui è un leader

---

<sup>118</sup> Salvo ulteriori note indicata nel testo le informazioni contenute in questo capitolo sono tratte principalmente dalla seguente fonte: METI, 2017.

<sup>119</sup> NAKANO, 2021

mondiale. Nella seconda fase l'intenzione del Giappone prevedeva l'introduzione a tutti gli effetti della produzione di energia tramite le tecnologie ad idrogeno e l'istituzione di un sistema di approvvigionamento su larga scala. Inoltre, con l'ulteriore aumento della sua domanda, il Giappone avrebbe aumentato la portata delle attuali fonti di produzione di idrogeno e assecondato lo sviluppo di metodologie di creazione energetica secondarie in materia. Nella terza fase, entro il 2040 il governo giapponese si sarebbe concentrato nel ripulire completamente la supply chain dell'idrogeno dalle emissioni di CO<sub>2</sub>. Questa prevedeva, infatti, di affiancare alla produzione di idrogeno ad alte emissioni di carbonio la tecnologia del CCS e/o l'utilizzo diretto di idrogeno verde.

**Tabella 4 - Panoramica Investimenti in idrogeno effettuati fino al 2020 dal Giappone**

Scopo	Ammontare (mln \$)
veicoli a energia pulita	247
FCEV+ innovazione delle celle a combustibile	40
R&D celle a combustibile	52,5
R&D infrastrutture di fornitura dell'idrogeno	30
stazioni di rifornimento	120
Sviluppo supply chain	141
sviluppo tecnologie produzione, stoccaggio e utilizzo	15

### 2.1.2. Prima fase: Realizzazione di impianti di produzione di idrogeno a basso costo

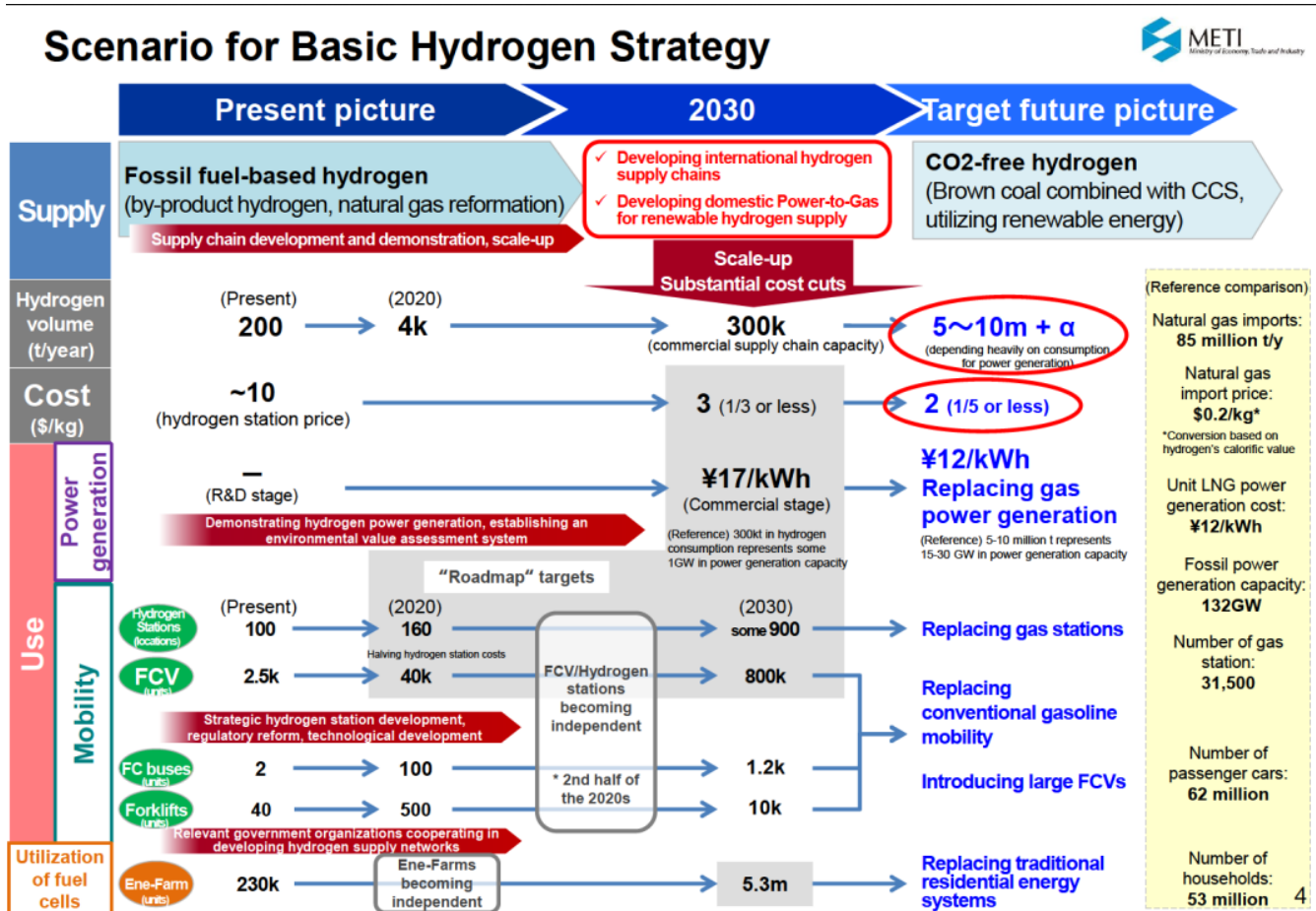
La prima fase della “Strategia di base per l'idrogeno” giapponese prevede l'utilizzo iniziale di fonti di energia inutilizzata, come la lignite, proveniente dall'estero. Questo nell'ottica di ridurre i costi di approvvigionamento e di fornitura dell'idrogeno, considerato indispensabile dal governo giapponese per realizzare una società all'idrogeno. È stata considerata inoltre la possibilità di combinare la produzione di energia dai combustibili fossili economici situati in paesi esteri, come l'Australia, con la tecnologia del CCS o di procurarsi enormi quantità di idrogeno da energia rinnovabile a basso costo oltre frontiera.

Parallelamente il paese del Sol levante si dedicherà alla creazione di catene di approvvigionamento internazionali entro il 2030 attraverso lo sviluppo di infrastrutture di stoccaggio e trasporto allo scopo di garantire l'approvvigionamento annuo di 300.000 tonnellate di idrogeno e assicurare che il suo costo raggiunga i 30 yen/Nm<sup>3</sup>.

Nel prossimo futuro, il Giappone cercherà di abbassare il costo dell'idrogeno a 20 yen/Nm<sup>3</sup> per consentire all'idrogeno di avere la stessa competitività in termini di costi delle fonti energetiche tradizionali, una volta incorporati gli adeguamenti dei costi ambientali. Le tempistiche annunciate prevedevano la dimostrazione della supply chain dell'idrogeno liquefatto entro la metà degli anni 2020 e la sua commercializzazione intorno al 2030.

Oltre alla liquefazione, che necessita di temperature molto basse (239,91 °C) per rimanere in questa forma, vengono tenuti in considerazione altri metodi di trasporto dell'idrogeno nella strategia. Nello specifico viene sottolineata l'intenzione di utilizzare gli idruri organici come il metilcicloesano (MCH), candidato promettente per il trasporto grazie ad una capacità di stoccaggio 500 volte più grande dell'idrogeno in forma gassosa e alla sua facile manipolazione in quanto liquido a temperatura ambiente.<sup>120</sup> La sua catena di approvvigionamento verrà commercializzata entro il 2025.

Figura 11 - Previsione per la Strategia di base per l'idrogeno giapponese<sup>121</sup>



<sup>120</sup> AKAMATSU, NAKAO, 2013

<sup>121</sup> IIDA, SAKATA, 2019

Un altro possibile composto utilizzabile per il trasporto di idrogeno è l'ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) il cui utilizzo non è limitato al solo trasporto di idrogeno ma potenzialmente alla diretta combustione per la produzione di energia. Infatti, le sue emissioni di  $\text{CO}_2$  in caso di combustione sono pari a zero, ma la sfida in questo caso sta nella riduzione delle emissioni di ossido di azoto ( $\text{NO}_x$ ) generate nel processo di combustione diretta ad alte temperature, gas considerato irritante per l'uomo e che può provocare malattie respiratorie e allergie dovute all'infiammazione delle vie aeree e dei polmoni.<sup>122</sup> Per questa alternativa viene prevista l'introduzione del suo uso entro la metà degli anni 2020.

Ultima soluzione valutata dal governo giapponese è la tecnologia di metanazione, ovvero il processo di creazione di metano tramite la combinazione di idrogeno e monossido di carbonio, che impieghi però idrogeno verde rendendo la tecnologia carbon neutral.

### **2.1.3. Seconda fase: utilizzo dell'idrogeno**

#### **Utilizzo dell'idrogeno nella produzione di energia elettrica**

Ci sono diversi mercati nel quale il governo giapponese si sta concentrando per lo sviluppo della domanda per l'idrogeno. In quanto fonte regolabile uno dei suoi impieghi consisterebbe nella produzione di energia elettrica tramite la sua combustione, similmente all'impiego del gas naturale. Verrebbe inoltre utilizzato come fonte di energia di riserva, prodotto con il sistema P2G qualora ci fosse un surplus nella produzione da fonti rinnovabili, e riutilizzato per la produzione di energia nei momenti di carenza.

L'obiettivo del Giappone è di commercializzare la produzione di energia da idrogeno, nonché le sue catene di approvvigionamento internazionali e di ridurre i costi di produzione di energia da idrogeno per unità a 17 yen/kWh verso il 2030. Per riuscire nell'intento la quantità della fornitura annuale del solo Giappone dovrebbe raggiungere circa le 300.000 tonnellate, equivalenti a 1 GW di capacità di produzione di energia. La quantità stimata necessaria per il raggiungimento della competitività in termini di costi con la produzione di energia da GNL ammonta ad un approvvigionamento nazionale annuale di 5-10 milioni di tonnellate, pari a 15-30 GW di capacità di generazione di energia.

Come esposto precedentemente il Giappone prevede anche l'utilizzo di metano creato tramite il processo di metanazione e di ammoniaca da utilizzare in combustione congiunta nelle centrali elettriche a carbone.

---

<sup>122</sup> Ministero della Salute, 2015

## **Utilizzo dell'idrogeno nella mobilità**

Per quanto riguarda la mobilità il documento in questione esprimeva la volontà nell'aumentare il numero di FCEV del parco auto nazionale a 40.000 unità entro il 2020, a 200.000 unità entro il 2025 e a 800.000 unità entro il 2030. Per accomodare la domanda di carburante, che si verrà a creare con l'aumentare del numero di FCEV, il Giappone mirava ad incrementare il numero di stazioni di idrogeno a 160 entro l'anno fiscale 2020 e a 320 entro il 2025 per procedere poi a partire da quell'anno con la resa indipendente dai sussidi statali delle stesse. Per riuscire nel piano il Giappone ha promosso la riforma normativa, lo sviluppo tecnologico e lo sviluppo di stazioni di idrogeno da parte del settore pubblico e privato.

Il governo giapponese puntava, inoltre, ad aumentare il numero di autobus e muletti alimentati a celle a combustibile rispettivamente a circa 100 e 500 entro l'anno fiscale 2020 e rispettivamente a circa 1200 e 10.000 entro l'anno fiscale 2030. Per quanto riguarda lo sviluppo e la commercializzazione dei camion e delle navi a celle a combustibile, sebbene ne sia stata espressa l'intenzione, non figurano né numeri né date e si parla di piccole navi piuttosto che di grandi navi da trasporto.

Tuttavia, gli obiettivi elencati precedentemente non sono stati raggiunti portando il governo ad una riformulazione della strategia. Il numero di veicoli in uso aggiornato al 2022 risulta infatti di 7110,<sup>123</sup> tutti venduti da Toyota. A causa del grande fallimento, il governo giapponese nel 2023 ha effettuato un aggiornamento sostanziale della strategia di base per l'idrogeno che abbiamo analizzato di seguito in questo elaborato. Le differenze per quanto riguarda i trasporti sono significative. È stata infatti calcolata la domanda di idrogeno annua richiesta dalle potenziali 800.000 unità di autovetture precedentemente ipotizzate, risultanti in 80.000 tonnellate annue, ed è stata posta quindi come nuovo obiettivo, comprendendo di conseguenza qualsiasi forma di veicolo a celle a combustibile.<sup>124</sup>

## **Altri potenziali utilizzi dell'idrogeno e iniziative del governo giapponese**

Tra i potenziali utilizzi dell'idrogeno nei processi industriali il Giappone vede l'idrogeno verde come unica alternativa per la decarbonizzazione delle aree energetiche in cui l'elettrificazione risulta difficile, come per la produzione di metallo nel quale le temperature richieste sono troppo elevate. Inoltre, l'idrogeno rinnovabile andrebbe anche a sostituire l'idrogeno per uso industriale proveniente da combustibili fossili contribuendo a ridurre le emissioni di carbonio.

Utilizzando le tecnologie delle celle a combustibile invece il Giappone punta anche alla diffusione della tecnologia Ene-Farm, spiegata in precedenza, con l'obiettivo di introdurre l'uso di idrogeno anche nel settore della generazione di calore residenziale dal 2030. Obiettivo della strategia era di abbassare il prezzo unitario delle celle a

---

<sup>123</sup> Arba, 2022

<sup>124</sup> METI, 2023

combustibile PEFC a 800.000 yen e a 1 milione di yen per cella SOFC, utilizzate in queste tecnologie, entro il 2020 per garantirne la successiva diffusione autonoma.

Per quanto riguarda lo sviluppo di nuove tecnologie il documento menziona brevemente altre frontiere da esplorare non entrando nello specifico. Sottolinea invece l'importanza di intraprendere importanti iniziative con l'intento di guidare la standardizzazione delle tecnologie correlate all'idrogeno al di fuori dei confini nazionali, promuovendo lo sviluppo tecnologico e la cooperazione con le organizzazioni pertinenti. In aggiunta, vediamo l'interesse nella promozione dell'idrogeno a livello cittadino atto a spiegare la sicurezza e l'importanza della risorsa. L'opinione pubblica è rimasta infatti restia all'acquisto di FCEV per il rischio che comporta l'utilizzo di bombole di idrogeno altamente pressurizzate all'interno di un veicolo in caso di incidente.<sup>125</sup> A tal fine il governo centrale si ripropone di fornire adeguate informazioni in collaborazione con i governi locali e le imprese. Per far ciò il governo giapponese intende utilizzare attivamente i consigli regionali e la "Conferenza dei governi locali per la cooperazione nella diffusione e promozione degli FCEV" per condividere e facilitare la condivisione di informazioni con i governi locali.

#### **2.1.4. Terza fase: passaggio ad idrogeno rinnovabile**

Una volta messe in pratica le prime due fasi della strategia, e ridotto quindi il prezzo dell'idrogeno e delle tecnologie annesse tramite l'utilizzo di energia a basso costo, il Giappone si concentrerà sull'espansione della produzione del gas tramite l'utilizzo delle energie rinnovabili. Lo scopo è di promuovere la cosiddetta rivitalizzazione regionale tramite l'installazione degli impianti nelle zone meno popolate del paese, attirando quindi forza lavoro tramite la creazione di nuovi impieghi. Per garantire il successo di questa iniziativa è necessario che la fornitura elettrica da energie rinnovabili, notoriamente altalenante, sia resa regolare e stabile. Per fare questo è stato previsto lo sviluppo di tecnologie che consentano l'immagazzinamento e il riutilizzo nei periodi di carenza dell'energia prodotta in eccesso nei momenti di picco.

L'ampliamento dell'uso dell'idrogeno verde è considerato dal governo giapponese il fattore decisivo per la diffusione delle energie rinnovabili nelle zone rurali del paese. Sebbene anche la tecnologia di accumulo a batterie si presti a questo uso, questa porta con sé dei limiti per quanto riguarda la quantità di energia immagazzinabile. Le batterie, infatti, sono una soluzione più costosa, limitata dal collo di bottiglia della produzione delle stesse. Ad essere stata favorita dal Giappone è invece la tecnologia power-to-gas che verrebbe utilizzata per l'accumulo di idrogeno. Questa forma di accumulo risulta meno complessa e facilmente scalabile portando ad un potenziale maggior accumulo di energia rinnovabile, permettendone il controllo delle fluttuazioni nel lungo periodo.

Il punto chiave per la diffusione di questa metodologia è il restringimento delle spese del sistema al fine di realizzare la più alta competitività di costo a livello mondiale. Il Giappone voleva raggiungere questo obiettivo entro

---

<sup>125</sup> Harding, 2017

il 2020 concentrandosi sullo sviluppo di tecnologie che consentissero la riduzione del costo unitario dei sistemi di elettrolisi dell'acqua a 50.000 yen/kW. La commercializzazione del sistema power-to-gas è stata prevista intorno al 2032, mentre per il raggiungimento della competitività di costo dell'idrogeno da energia rinnovabile a un livello pari a quello dell'idrogeno importato non è stata ancora data una scadenza.

L'utilizzo delle risorse inutilizzate delle zone rurali dovrebbe contribuire non solo ad espandere l'uso dell'idrogeno a basse emissioni di carbonio ma anche a migliorare i tassi di autosufficienza energetica regionale. Questo dovrebbe inoltre aiutare la creazione di nuove industrie locali e l'istituzione di sistemi energetici rinnovabili autonomi, indipendenti dalla rete elettrica centrale.

Le sfide rilevanti nelle quali il governo giapponese ha deciso di concentrarsi risultano quindi essere l'espansione della domanda regionale di idrogeno, l'ottimizzazione della domanda e dell'offerta di quest'ultima, la riduzione dei costi degli impianti di idrogeno, la riduzione dei costi di produzione di energia e di approvvigionamento delle materie prime. A tal fine, il supporto allo sviluppo di una catena di approvvigionamento di idrogeno verde da parte del Giappone prevede l'utilizzo delle risorse regionali inutilizzate e l'adozione dei risultati ottenuti tramite i progetti di dimostrazione attualmente in corso.

### **2.1.5. Attualizzazione**

In ritardo nella realizzazione degli obiettivi elencati nella propria Strategia di base per l'idrogeno il governo giapponese, dopo aver compreso l'importanza dei nuovi mercati emergenti correlati, principalmente negli Stati Uniti, in Europa e in Cina, e tenendo in considerazione le diverse dimostrazioni di creazione di domanda e offerta effettuati nel corso degli anni ha emanato il 6 giugno 2023 la nuova Strategia di base per l'idrogeno, un nuovo documento atto ad aggiornare e attualizzare gli obiettivi di quella precedente. Essendosi dimostrata fallimentare la diffusione degli autoveicoli a celle a combustibile e non avendo raggiunto gli obiettivi previsti il governo del Sol levante si è visto costretto ad un cambio di rotta nella tabella di marcia della strategia. Infatti, in Giappone, secondo gli ultimi dati a disposizione aggiornati al 2022, ci sono 7110 veicoli a celle a combustibile e un totale di 161 stazioni di rifornimento di idrogeno, numero molto distante dai 40.000 veicoli previsti dalla strategia precedente.<sup>126</sup>

Con la nuova strategia sono stati apportati significativi cambiamenti sia per quanto riguarda l'utilizzo che per quanto riguarda la produzione dell'idrogeno, arrivando di fatto ad assomigliare alla strategia europea. Il cambiamento del testo prevede infatti lo stanziamento sul territorio di una capacità di richiesta annua di idrogeno equivalente al numero di 800.000 autovetture, 80.000 tonnellate annue, comprendendo di conseguenza in questo numero qualsiasi tipo di veicolo a celle a combustibile.<sup>127</sup> Considerando che il nuovo testo fa riferimento principalmente

---

<sup>126</sup> Sönnichsen, 2023

<sup>127</sup> METI, 2023

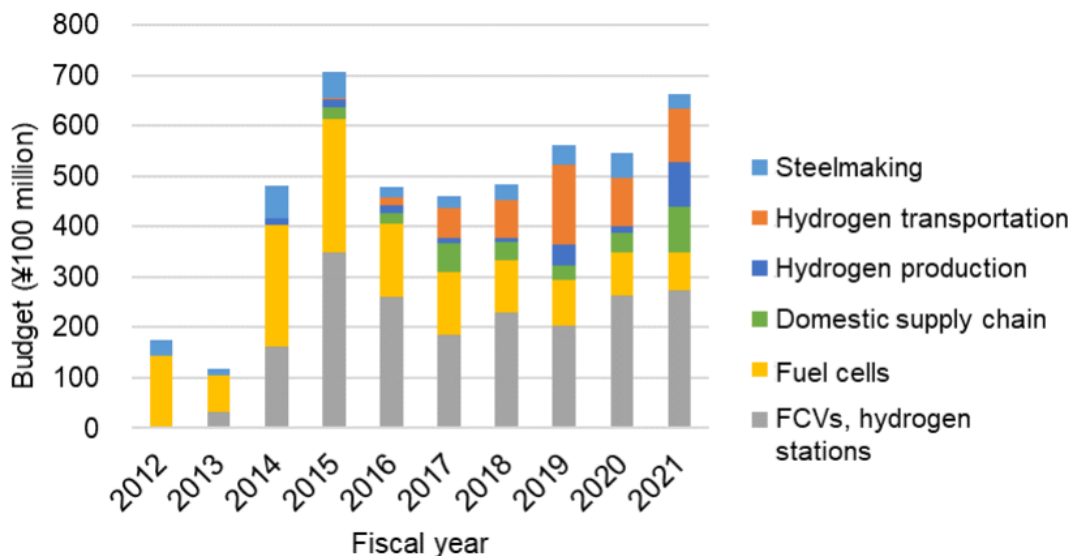


al settore del trasporto di merci, quindi veicoli commerciali di terra ed acqua, è giusto assumere che la maggior parte degli investimenti vedrà un significativo cambio di rotta.

Come più grande azienda produttrice di FCEV in Giappone Toyota ha particolarmente beneficiato degli investimenti statali previsti dalla strategia per l'idrogeno del 2017 e con il cambiamento di quest'ultima si potrebbe pensare che ad un'eliminazione dei vantaggi. Tuttavia, Toyota rimane leader nella produzione di celle a combustibile per il settore dei trasporti ed ha già formato partenariati con compagnie di produzione di veicoli pesanti, come con l'azienda giapponese Isuzu,<sup>128</sup> l'azienda olandese VDL<sup>129</sup> e ancora l'americana PACCAR,<sup>130</sup> estendendo l'uso pratico delle celle a combustibile Toyota in un'ampia gamma di settori, tra cui camion e autobus, nonché l'industria marittima e ferroviaria.<sup>131</sup>

Essendo uno dei nuovi obiettivi chiave la diffusione della propria tecnologia correlata alle celle a combustibile oltre i confini nazionali, per assicurarsi una fetta del nuovo mercato derivante, l'accesso di Toyota ai nuovi fondi stanziati verrà garantito. Esaminando i dati riportati dal Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria (METI) e dal Ministero dell'Ambiente (MOE) disponibili in figura 12 possiamo notare come la composizione dei fondi per applicazione riguardanti l'idrogeno stanziati dal governo giapponese nel corso degli anni abbia subito un cambiamento drastico.

**Figura 12 - Cambiamenti spesa pubblica giapponese sull'idrogeno per tipo di utilizzo<sup>132</sup>**



<sup>128</sup> TANKAI, 2023

<sup>129</sup> Biddle, 2023

<sup>130</sup> Toyota, 2023

<sup>131</sup> Toyota, Applications, 2023

<sup>132</sup> OHNO, et al., 2022

Osservando i cambiamenti della spesa pubblica inerente ai sussidi statali per l'idrogeno, risulta chiaro il focus della strategia del Sol levante. Il budget annuale previsto era di 40 – 70 miliardi di yen e il totale per 10 anni ammontava a circa 460 miliardi di JPY (anche il Ministero del territorio, delle infrastrutture, dei trasporti e del turismo e i governi locali hanno i propri budget per l'idrogeno). Il budget per FC, FCEV e stazioni di idrogeno per i cinque anni dall'anno fiscale 2012 al 2016 è stato particolarmente elevato coprendo circa la metà del budget ed il 70% del totale decennale. Nonostante la significativa dotazione di bilancio sopra riportata, possiamo notare come dal 2012 al 2021 i sussidi concessi non abbiano minimamente raggiunto la cifra indicata confermando la conclusione che vede il fallimento della diffusione degli FCEV. A subire un ritardo non è stata solo quest'ultima, ma anche l'espansione dell'Ene-Farm il quale obiettivo è fissato a 5.3 milioni di unità entro il 2030. Infatti, anche le sue vendite procedono a rilento. Dal 2017 ne sono state vendute solo dalle 40.000 alle 50.000 unità l'anno arrivando ad un volume di vendite totale alla fine dell'anno fiscale 2021 di 433.000 unità. Di questo passo entro il 2030 verranno vendute solo circa 900.000 unità, ovvero un quinto dell'obiettivo. Per queste ragioni la strategia sugli FC e sugli FCEV del governo è stata chiaramente un grande fallimento.<sup>133</sup>

Ci sono stati grandi cambiamenti anche per quanto riguarda la produzione dell'idrogeno. Si è tenuta infatti nell'aprile 2023 la riunione del G7 su clima, energia e ambiente ospitata dal Giappone a Sapporo.<sup>134</sup> Come risultato di quest'ultima è stata emanata una dichiarazione ministeriale che afferma definisce l'idrogeno e l'ammoniaca come contributori alla decarbonizzazione in vari campi e industrie, in particolare quella della generazione di energia termica a emissioni zero e quella dell'energia elettrica, e che sottolineava l'importanza di costruire una catena di approvvigionamento basata sull'intensità del carbonio. L'intensità del carbonio caratterizza l'idrogeno in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> piuttosto che in codici cromatici (grigio, blu, verde) e nella dichiarazione si afferma che i paesi riconoscono l'importanza di stabilire standard internazionali e schemi di certificazione per il commercio basato su quest'ultima.<sup>135</sup> Ne consegue che per adattarsi alla domanda di idrogeno globale che preferisce idrogeno a basse emissioni di CO<sub>2</sub> il Giappone abbia apportato sostanziali modifiche alla propria tabella di marcia, che prevedeva l'utilizzo iniziale di idrogeno marrone, grigio e blu per poi passare infine ad idrogeno verde, adattandosi alle altre grandi potenze.

---

<sup>133</sup> OHNO, et al., 2022

<sup>134</sup> METI, 2023

<sup>135</sup> METI, "Suiso kihon senryaku", 2023

## 2.2. Obiettivi strategia per l'idrogeno europea<sup>136</sup>

### 2.2.1. Informazioni di base

I paesi dell'Unione Europea non sono estranei alle diverse sfide rappresentate dal raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni e anche in questo caso l'idrogeno è entrato a far parte delle tecnologie favorite. Nel caso dell'UE oltre alle strategie di ogni singolo stato sono state fornite delle linee guida a livello comunitario. Secondo la Commissione europea, infatti, l'idrogeno sarebbe una priorità chiave per raggiungere il cosiddetto "Green Deal europeo"<sup>137</sup> e la transizione ad una produzione energetica *carbon neutral*. Per raggiungere questo obiettivo l'8 luglio 2020 l'UE ha pubblicato la sua "Strategia sull'idrogeno per un'Europa climaticamente neutra" nel quale la commissione ha definito la strada da percorrere per l'immissione dell'idrogeno nel mix energetico comunitario. Questo documento costituisce un primo passo verso la definizione del quadro normativo per un mercato europeo dell'idrogeno, visto come una tecnologia che consentirebbe di potenziare ulteriormente la produzione di elettricità da fonti rinnovabili. Anche secondo la Commissione, infatti, permetterebbe non solo lo stoccaggio ma anche il trasporto a livello internazionale di energia verde, giocando un ruolo indispensabile nell'obiettivo di decarbonizzare entro il 2050 gran parte del consumo energetico dell'UE.

L'idrogeno ha rappresentato nel 2022 meno del 2% del consumo energetico europeo ed è stato utilizzato principalmente per produrre prodotti chimici, come plastica e fertilizzanti. Il 95% di questo idrogeno è stato prodotto con combustibili fossili con conseguenti emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti a 70-100 milioni di tonnellate all'anno.<sup>138</sup> Tuttavia si prevede che entro il 2050 l'idrogeno verde potrebbe arrivare a rappresentare il 20% della fornitura energetica europea soddisfacendo dal 20% al 50% della domanda del settore dei trasporti e il 5-20% della domanda industriale.

La strategia sull'idrogeno dell'Unione Europea ha come principale obiettivo l'espansione della produzione di idrogeno verde e, sebbene l'attenzione principale sia rivolta a quest'ultimo, riconosce nella fase di transizione anche il ruolo dell'idrogeno blue (a basse emissioni di carbonio).

Il percorso tracciato dalla strategia europea sull'idrogeno è diviso in tre fasi principali. La prima fase, dal 2020 al 2024 ha come obiettivo la decarbonizzazione della produzione di idrogeno già presente, usato principalmente nel settore chimico, e la sua promozione in nuove applicazioni come il settore dei trasporti pesanti. Questa fase si basa sull'installazione all'interno dell'UE di almeno 6 GW di elettrolizzatori destinati alla produzione di idrogeno rinnovabile e sulla generazione di 1 milione di tonnellate di idrogeno, assicurandosi l'utilizzo anche solo parziale di energie pulite. Nella seconda fase l'idrogeno dovrà diventare parte integrante del sistema energetico comunitario entro il 2030, con l'obiettivo di installare almeno 40 GW di elettrolizzatori per la sua produzione. La generazione

---

<sup>136</sup> Salvo ulteriori note indicata nel testo le informazioni contenute in questo capitolo sono tratte principalmente dalla seguente fonte: Commissione Europea, 2020.

<sup>137</sup> Un pacchetto di iniziative a livello europeo mirate al raggiungimento della neutralità carbonica entro il 2050.

<sup>138</sup> Parlamento Europeo, 2023

di idrogeno nell'Unione Europea dovrà inoltre ammontare a 10 milioni di tonnellate, assicurandosi dell'addizionalità di energie rinnovabili nella sua produzione. L'UE punterà inoltre nell'espansione dell'uso dell'idrogeno nel settore della produzione di acciaio, dei camion, del trasporto ferroviario e del trasporto marittimo a breve raggio. In concordanza, la zona di produzione corrisponderà principalmente ai punti nevralgici di utilizzo o alle vicinanze delle fonti energetiche rinnovabili costituendo quindi degli ecosistemi locali. Nella terza fase, dal 2030 al 2050, le tecnologie dell'idrogeno verde dovrebbero raggiungere la maturità ed essere implementate su larga scala per raggiungere tutti i settori difficili da decarbonizzare, in cui altre alternative potrebbero non essere fattibili o avere costi più elevati.

**Tabella 5 – Tabella di marcia Strategia di base per l'idrogeno UE<sup>139</sup>**

Periodo	Fase 1 2020-2024	Fase 2 2024-2030	Fase 3 2030-2050
<b>Obiettivo</b>	Decarbonizzazione della produzione di idrogeno già presente e promozione in nuove applicazioni	Integrare l'idrogeno nel sistema energetico comunitario	Implementazione su larga scala delle tecnologie dell'idrogeno verde per decarbonizzare tutti i settori difficili
<b>Azioni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di almeno 6 GW di elettrolizzatori per la produzione di idrogeno rinnovabile</li> <li>• Generazione di 1 milione di tonnellate di idrogeno</li> <li>• Uso parziale di energie pulite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installazione di almeno 40 GW di elettrolizzatori</li> <li>• Generazione di 10 milioni di tonnellate di idrogeno</li> <li>• Maggiore utilizzo di energie rinnovabili nella produzione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementazione su larga scala delle tecnologie dell'idrogeno verde</li> <li>• Copertura di settori difficili da decarbonizzare</li> </ul>
<b>Settori target</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chimico</li> <li>• trasporti pesanti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P2G</li> <li>• siderurgia</li> <li>• autocarri</li> <li>• trasporto ferroviario</li> <li>• trasporto marittimo a breve raggio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trasporto aereo</li> <li>• trasporto marittimo a lungo raggio</li> <li>• edilizia industriale e commerciale</li> </ul>

### 2.2.2. Aumento della capacità di idrogeno e schemi di supporto

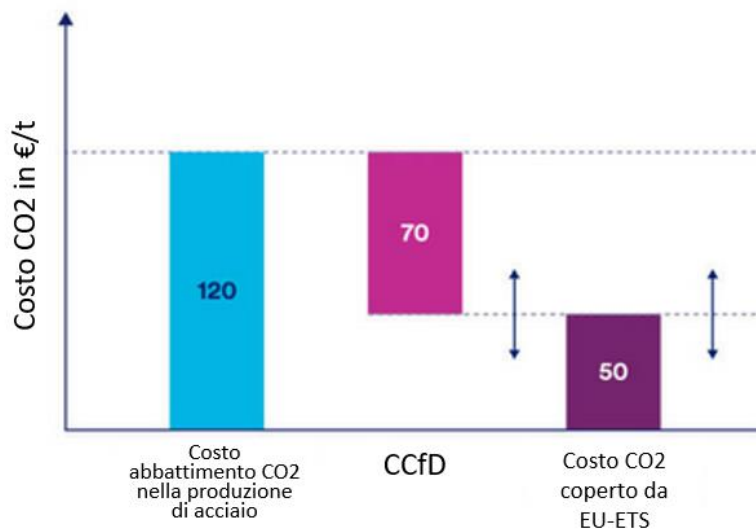
Lo sviluppo della capacità di produzione di idrogeno verde tramite la costruzione di elettrolizzatori risulta essere lo scopo principale della strategia sull'idrogeno europea. Il documento riporta infatti i vari obiettivi di installazione, comprendenti nella prima fase almeno 6 GW di elettrolizzatori per idrogeno rinnovabile e nella seconda fase 40 GW di produzione all'interno dell'UE, con l'aggiunta di ulteriori 40 GW di capacità importata da elettrolizzatori

<sup>139</sup> Commissione Europea, 2020

situati in paesi extraeuropei come l’Ucraina e il Marocco. Considerando che l’attuale produzione di idrogeno in Unione Europea si aggira attorno ad 1 GW, il forte e rapido incremento richiederà l’aiuto di considerevoli investimenti. Di conseguenza, per procurare il capitale necessario allo sviluppo della strategia, l’UE ha previsto la creazione di un’“Alleanza europea per l’idrogeno pulito”. L’obiettivo principale di questo ente sarà di identificare e costruire una riserva di progetti di investimento realizzabili riunendo le parti pubbliche e private interessate. Oltre alla promozione degli investimenti in materia di idrogeno anche l’Unione Europea prevede la messa a disposizione di numerosi strumenti finanziari, in particolare il Fondo per l’innovazione ETS europeo (Emissions Trading System),<sup>140</sup> che metterà insieme circa 10 miliardi di euro per sostenere le tecnologie a basse emissioni di carbonio tra il 2020 e il 2030.

La Strategia dell’UE per l’idrogeno sottolinea inoltre che per il raggiungimento della quota di idrogeno rinnovabile prestabilita, che lo porterà a diventare economicamente vantaggioso, saranno inizialmente necessari altri regimi di sostegno in aggiunta all’Alleanza europea per l’idrogeno pulito. A questo proposito è stata prevista una modifica degli ETS dell’UE atta ad incentivare la produzione di idrogeno rinnovabile e a basse emissioni di carbonio, tenendo conto del rischio di rilocalizzazione delle emissioni di carbonio all’esterno dei confini comunitari. Nel caso le differenze negli obiettivi climatici a livello mondiale non venissero appianate, la Commissione proporrà un meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere.

**Figura 13 – Dimostrazione meccanismo CCfD<sup>141</sup>**



<sup>140</sup> L’EU-ETS funziona secondo il principio “cap and trade” secondo il quale viene fissato un limite alla quantità totale di gas serra che possono essere emessi dalle imprese. Il tetto è espresso in quote di emissione, dove una quota dà il diritto di emettere una tonnellata di CO<sub>2</sub>eq (equivalente in anidride carbonica). Ogni anno le aziende devono restituire quote sufficienti per coprire pienamente le loro emissioni altrimenti incorrono in pesanti multe. All’interno del tetto, le aziende possono acquistare quote di emissioni nel mercato del carbonio dell’UE o possono anche se necessario scambiarsi le quote tra loro. Commissione Europea, 2023

<sup>141</sup> Petutschnig, 2022

Un altro regime di sostegno è rappresentato dai “contratti per differenza sul carbonio” (CCfD) che potrebbero rappresentare un altro prezioso meccanismo di supporto. Il documento strategico prevede, tramite questo sostegno, che sia la controparte pubblica di ogni stato a risarcire gli investitori della differenza tra il prezzo di esercizio dell’anidride carbonica e il prezzo effettivo nell’ETS. Vediamo un esempio in Figura 14 con il prezzo di abbattimento della CO<sub>2</sub> nel settore della produzione dell’acciaio.

Sebbene la strategia dell’UE sull’idrogeno abbia prioritizzato prevalentemente l’idrogeno verde viene considerata utile alla creazione iniziale di una sua produzione a basso costo anche la sua forma a basse emissioni di carbonio, l’idrogeno blu. Il rapporto prevede infatti un investimento cumulativo dal valore nel raggio dei 3-18 miliardi di euro per l’idrogeno prodotto da combustibili fossili con l’utilizzo della tecnologia di cattura del carbonio in aggiunta ai 180-470 miliardi di euro previsti per l’idrogeno rinnovabile prodotto principalmente da energia solare ed eolica.

Viene riportata di seguito la lista delle azioni principali da intraprendere, stilata dalla Commissione Europea e presente nel documento ufficiale della strategia per l’idrogeno, per la creazione di un mercato dedicato all’idrogeno.

## **2.3. Le due strategie a paragone**

### **2.3.1. Confronto Strategia**

Ricapitolando quanto detto in precedenza, le tempistiche della tabella di marcia per la realizzazione della produzione di idrogeno secondo la strategia del 2017 in Giappone prevedevano:

1. la dimostrazione dell’attuabilità delle tecnologie per lo stoccaggio e il trasporto dell’idrogeno dall’estero entro il 2022;
2. l’introduzione della produzione di idrogeno su vasta scala entro il 2030;
3. la realizzazione del pieno utilizzo domestico dell’idrogeno verde entro il 2050 circa.

L’obiettivo di questa politica era di ridurre il costo dell’idrogeno a 30 yen/Nm<sup>3</sup> entro il 2030 e a 20 yen/Nm<sup>3</sup> entro il 2050 e il Giappone riteneva che per realizzare idrogeno a prezzi accessibili fossero necessarie dal punto di vista della fornitura, materie prime poco costose e catene di approvvigionamento di idrogeno su larga scala.<sup>142</sup>

Mentre il Giappone ha progettato inizialmente l’utilizzo prioritario di idrogeno grigio con un passaggio graduale a forme più virtuose, l’Unione Europea ha previsto invece investimenti principalmente nella produzione di idrogeno verde. L’aumento della capacità di produzione di idrogeno verde è accompagnato da un aumento proporzionale nella diffusione delle energie rinnovabili, probabilmente nella forma di grandi impianti eolici e solari. Gli investimenti dell’UE da qui al 2030 prevedono lo stanziamento di 220-340 miliardi di euro per espandere e collegare direttamente dagli 80 GW ai 120 GW di capacità di produzione di energia solare ed eolica agli elettrolizzatori

---

<sup>142</sup> METI, 2017

per fornire l'elettricità necessaria.<sup>143</sup> Come risultato della prioritizzazione della produzione di idrogeno grigio e blu, che non hanno (o hanno gran poco) effetto sulla riduzione delle emissioni e si basa in gran parte sulla sua importazione, il Giappone si ritrova indietro rispetto ad Europa, Cina e altri paesi nella produzione interna di idrogeno verde, che svolge un ruolo fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione e sicurezza energetica.

Dal punto di vista della domanda il governo giapponese ha ritenuto necessaria inizialmente l'adozione su larga scala dell'utilizzo dell'idrogeno nei trasporti non commerciali, nella produzione di energia e nei processi industriali in cui l'elettrificazione risulta difficile. Possiamo notare però come il reparto dei trasporti abbia rappresentato la fetta più grande con la presenza di obiettivi molto ambiziosi per la diffusione degli FCEV. Se ne prevedeva infatti la produzione di 40.000 entro il 2020, per poi arrivare a 200.000 entro il 2025 e ad 800.000 entro il 2030. Inoltre, è stata prevista la produzione di 1.200 autobus a celle a combustibile entro il 2030 e parallelamente il supporto con 320 stazioni di rifornimento di idrogeno entro il 2025 e di 900 entro il 2030.<sup>144</sup> Il raggiungimento di questi obiettivi è stato attuato tramite investimenti del governo giapponese sotto forma di svariati sussidi tra i quali:

- acquisto di FCEV;
- installazione di stazioni di rifornimento di idrogeno;
- ricerca e sviluppo di tecnologie correlate alle celle a combustibile;
- infrastrutture per la fornitura di idrogeno;
- progetti internazionali di collaborazione nella ricerca per tecnologie innovative nel campo dell'energia pulita (ad esempio CCS);
- progetti pilota per lo sviluppo della filiera dell'idrogeno;
- sviluppo tecnologico per produrre, immagazzinare e utilizzare l'idrogeno.

Secondo il rapporto di Agora Energiewende “12 Insights on Hydrogen” (2021) mostrato in figura 15 e secondo la “Scala di Liebreich”<sup>145</sup> le aree prive di altri mezzi di decarbonizzazione dovrebbero avere la priorità per l'uso dell'idrogeno. L'idrogeno non dovrebbe essere quindi utilizzato in aree in cui le emissioni possono essere ridotte con mezzi più efficienti ed economici, come con l'uso diretto di energia rinnovabile o pompe di calore. Inoltre, non dovrebbero essere utilizzati per applicazioni a bassa priorità classificate nel documento come “bad ideas” (cattive idee). Le automobili, che hanno opzioni più efficienti come l'elettrificazione, e i sistemi di cogenerazione (cioè la combinazione di calore ed elettricità) nei singoli edifici, che possono utilizzare pompe di calore, rientrano negli utilizzi considerati come cattive idee. Tuttavia, la strategia giapponese sull'idrogeno pone come obiettivo

---





<sup>143</sup> Commissione Europea, 2020

<sup>144</sup> METI, 2017

<sup>145</sup> La scala dell'idrogeno di Liebreich è progettata per mostrare quanto sia probabile che un qualsiasi caso d'uso proposto finisca per essere entro un decennio un utilizzatore significativo di idrogeno, anche attraverso l'uso di uno dei suoi derivati. Liebreich, 2023

principale le cattive idee, e anche se la strategia è stata in qualche modo rivista queste continueranno a svolgere un ruolo centrale.

**Figura 14 - Scala prioritizzazione uso idrogeno verde<sup>146</sup>**

Green molecules needed?	Industry 	Transport 	Power sector 	Buildings 
<b>No-regret</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reaction agents (DRI steel)</li> <li>· Feedstock (ammonia, chemicals)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Long-haul aviation</li> <li>· Maritime shipping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Renewable energy back-up depending on wind and solar share and seasonal demand structure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Heating grids (residual heat load *)</li> </ul>
<b>Controversial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· High-temperature heat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Trucks and buses **</li> <li>· Short-haul aviation and shipping</li> <li>· Trains ***</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Absolute size of need given other flexibility and storage options</li> </ul>	
<b>Bad Idea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Low-temperature heat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cars</li> <li>· Light-duty vehicles</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Building-level heating</li> </ul>

\* After using renewable energy, ambient and waste heat as much as possible. Especially relevant for large existing district heating systems with high flow temperatures. Note that according to the UNFCCC Common Reporting Format, district heating is classified as being part of the power sector.

\*\* Series production currently more advanced on electric than on hydrogen for heavy duty vehicles and buses. Hydrogen heavy duty to be deployed at this point in time only in locations with synergies (ports, industry clusters).

\*\*\* Depending on distance, frequency and energy supply options

Per quanto riguarda i trasporti in Unione Europea si ritiene che l’approccio iniziale vincente possa essere quello di concentrarsi sul settore dei trasporti pesanti, nel quale le distanze percorse dai mezzi di trasporto sono lunghe e prevedibili, consentendo l’installazione degli impianti di produzione in punti strategici. Si prevede infatti che l’idrogeno abbia il potenziale per ridurre significativamente le emissioni di carbonio delle varie forme dei trasporti commerciali in Europa, e che l’utilizzo si concentrerà inizialmente nel settore dei trasporti su strada, nelle vie navigabili interne e nel trasporto marittimo a corto raggio per poi allargarsi sul lungo termine al trasporto marittimo a lunga distanza (tramite l’utilizzo di metanolo o ammoniaca come combustibile).

Allo stesso modo, la strategia dell’UE sull’idrogeno accenna brevemente alle soluzioni a lungo termine per il settore dell’aviazione, come la produzione di cherosene sintetico e altri combustibili sintetici che sono compatibili con la tecnologia aeronautica esistente. Tuttavia, ciò richiederebbe notevoli attività di ricerca e innovazione, nonché l’adattamento della progettazione degli aeromobili esistenti. È giusto precisare che sebbene anche il Giappone riconosca l’industria marittima come un futuro settore per la decarbonizzazione tramite l’idrogeno (sotto forma di

<sup>146</sup> Flis, Deutsch, 2022, pg. 12



ammoniaca), nella Strategia di base per l'idrogeno giapponese del 2017 non viene specificata nessuna azione in merito.

La Commissione Europea concorda inoltre con il Giappone sul riconoscere il ruolo che l'idrogeno può svolgere in alcune applicazioni di trasporto come gli autobus urbani locali o parti specifiche della rete ferroviaria di difficile elettrificazione. Viene inoltre sottolineato come i treni a celle a combustibile a idrogeno in quanto alternativa alle tratte ferroviarie esistenti, che sono difficili e non convenienti da elettrificare, siano già oggi competitivi in termini di costi con la sua controparte diesel.<sup>147</sup>

## 2.4. Conclusioni

In questo capitolo abbiamo riassunto il documento della strategia di base per l'idrogeno giapponese e l'equivalente europea. Concentrandoci sul metodo di produzione e utilizzo dell'idrogeno delineato dalle due politiche abbiamo fatto luce sulle decisioni prese in merito alla creazione di un mercato iniziale.

Analizzando i policy paper riportati abbiamo quindi notato come, sebbene il Giappone si sia eventualmente allineato nella metodologia all'Unione Europea, l'approccio delineato della strategia del 2017 risulta completamente diverso e fallace.

Tramite i dati raccolti da studi indipendenti abbiamo potuto capire come il Giappone abbia impegnato i propri fondi in progetti considerati cattive idee in un tentativo di creare un nuovo mercato che avrebbe favorito Toyota, la più grande casa automobilistica della nazione. Infatti, il governo giapponese ha deciso di ignorare gli studi che identificano come miglior modo di introduzione dell'idrogeno nell'industria dei trasporti la sua applicazione nel settore dei trasporti commerciali, al contrario dell'Unione Europea che conta invece di introdurre la sua applicazione in questi ultimi consentendo il collegamento delle industrie pesanti situate nelle vicinanze e contribuendo alla decarbonizzazione dei settori di difficile decarbonizzazione.

Le cosiddette cattive idee diventate l'obiettivo della strategia del Giappone consistono nell'incentivazione del settore automobilistico e nell'installazione di stazioni di rifornimento nel territorio nazionale. Optare per questa strategia significa affidarsi alla scelta del comune cittadino e comporta quindi una grande volatilità nelle vendite, soprattutto se opzioni simili o migliori sono già presenti nel mercato, rappresentate in questo caso dei BEV. L'idea alla base del governo giapponese era quella di puntare sulla conversione ad idrogeno del parco auto nazionale e sulla generazione di calore nelle unità abitative utilizzando le tecnologie già a disposizione, sviluppate in questo caso da Toyota, per creare nuovi prodotti che potessero trovare l'interesse dei consumatori. Raggiunto il grande mercato nazionale, la produzione di scala avrebbe aiutato con la riduzione dei costi e con la conseguente immissione nel mercato internazionale dei prodotti ad un prezzo competitivo. Questo avrebbe inoltre dato una spinta a Toyota, al momento in ritardo nel "nuovo" mercato dei BEV.

---

<sup>147</sup> Commissione Europea, 2020

L'approccio europeo si è concentrato sulla creazione di una domanda localizzata, collegata alle grandi aziende siderurgiche e petrolchimiche, mentre quello giapponese, sulla creazione di una domanda capillare. Il periodo nel quale questa decisione è stata presa risulta sospetto e a favore della tesi secondo la quale Toyota abbia svolto attività di lobbismo al fine di rallentare la diffusione di veicoli elettrici a batteria in favore di veicoli a celle a combustibile per evitare di perdere quote di mercato. Il fatto che nel 2023 il Giappone abbia emanato una nuova e aggiornata strategia di base per l'idrogeno, che a seguito dell'analisi effettuata risulta molto più in linea con gli obiettivi dall'Unione Europea e ammette quindi il fallimento della precedente, dimostra come al momento della prima stipulazione gli interessi non fossero rivolti puramente alla realizzazione di una società all'idrogeno, ma anche al supporto di Toyota.



## CAPITOLO 3

Nei capitoli precedenti ci siamo occupati di fornire le basi necessarie per la completa comprensione di quanto andremo a dimostrare in questo lavoro. La comprensione di cosa sia l'idrogeno e di cosa rappresenti per il Giappone, supplementata dalla conoscenza di quali azioni la macchina politica giapponese ha deciso di implementare per rendere reale la propria visione di un futuro *carbon neutral*, ci ha permesso infatti di intravedere le discrepanze tra il mondo accademico e il mondo politico-economico del paese.

Lo studio condotto da Farrell et al. (2002) fornisce una base solida per comprendere come l'idrogeno potrebbe integrarsi e competere con altre soluzioni nel panorama dei trasporti, contribuendo così a delineare il ruolo chiave che questa risorsa potrebbe avere nel futuro del settore. Da questo studio otteniamo una valutazione delle caratteristiche dell'idrogeno applicato al settore dei trasporti, delle infrastrutture necessarie e delle sfide che questa tecnologia si trova ad affrontare. Aiuta quindi a far emerge un quadro completo delle opportunità e delle limitazioni legate all'idrogeno e a definire i suoi migliori mercati di ingresso. Questo documento viene poi utilizzato come base per condurre un'analisi sulle decisioni prese dal governo giapponese in merito e sulle condizioni che hanno causato questa presa di posizione. Nel panorama sempre più cruciale delle tecnologie di trasporto sostenibili, infatti, le decisioni e le azioni dei principali attori del settore rivestono un ruolo di fondamentale importanza nel determinare la velocità del raggiungimento della neutralità climatica.

Dopo aver fornito le potenziali motivazioni dietro al ritardo delle case automobilistiche giapponesi nella transizione della propria produzione di veicoli ICE a veicoli BEV, andremo quindi ad identificare le azioni intraprese da Toyota per ostruire e rallentare il completo cambiamento del parco auto nazionale, che rappresenta di conseguenza un rallentamento al raggiungimento degli obiettivi delineati negli Accordi di Parigi. Per dimostrare l'interferenza da parte delle case automobilistiche giapponesi nel processo decisionale del paese andremo a definire le possibili attività di lobbismo condotte, ricercando un possibile nesso con la stesura della Strategia di base per l'idrogeno giapponese tra le dichiarazioni effettuate da queste e le varie attività condotte in concomitanza al governo.

In questo capitolo ci proponiamo di esaminare le pressioni effettuate da Toyota, presa ad esempio come rappresentante dell'industria automobilistica giapponese, sul governo giapponese svolte anche tramite i suoi principali gruppi di lobbismo. Verrà posta attenzione particolarmente sulle posizioni espresse tramite la Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA), che rappresenta gli interessi dei principali produttori automobilistici giapponesi, e tramite l'Hydrogen Council, un'organizzazione globale di cui Toyota è membro fondatore responsabile della continua promozione dell'idrogeno anche nel settore automobilistico. Attraverso queste Toyota avrebbe infatti avanzato argomenti a favore dei veicoli a celle a combustibile e ibridi, a discapito però dei veicoli elettrici a batteria, cercando di rallentare il progresso per un suo potenziale ingresso in questo mercato prima della cristallizzazione di un design dominante.

### **3.1. Miglior metodo di introduzione dell'idrogeno**

Gli studi condotti da Farrell vengono presi in considerazione in questo capitolo in quanto rilevanti, sebbene risalendo al 2003 potrebbero sembrare datati. Infatti, hanno previsto con correttezza le conseguenze dell'applicazione dell'idrogeno come carburante nei vari settori e analizzando il caso giapponese attraverso questo studio si possono comprendere le ragioni del suo iniziale fallimento. Secondo gli studi condotti da Farrell, nell'impegnare fondi pubblici e volontà politica per introdurre veicoli e infrastrutture alimentati a idrogeno per un'ampia gamma di modalità di trasporto, la miglior strategia sarebbe l'introduzione della tecnologia in settori di nicchia protetti e lasciare che l'innovazione e la concorrenza eliminino le tecnologie a prestazioni inferiori.<sup>148</sup> Il settore delle automobili, scelto inizialmente dal governo giapponese, non corrisponde ad una nicchia protetta, al contrario costituisce in sé e per sé la creazione di una nuova nicchia di mercato, con prezzi paragonabili al settore del lusso ma senza le caratteristiche necessarie per farne veramente parte, che in quanto tale è difficile da espandere.

#### **3.1.1. Analisi del potenziale dell'idrogeno nei diversi settori dei trasporti in Giappone**

Facendo un'analisi comparativa dei diversi settori e metodologie di trasporto, riportata in Tabella 6, possiamo notare come le automobili risultino un settore poco appropriato per l'introduzione dell'idrogeno nella mobilità; mentre i due settori che più si porgono a questo cambiamento sono il settore marittimo e quello del trasporto merci a lungo raggio. Infatti, il costo dell'utilizzo dell'idrogeno come carburante per i trasporti sarebbe inferiore per i veicoli più grandi rispetto a quelli più piccoli, poiché i veicoli più grandi (come i camion e le navi) tendono ad avere limitazioni volumetriche meno vincolanti. Allo stesso modo, nella maggior parte delle modalità di trasporto merci, il peso del carico utile supera di gran lunga il peso del veicolo e del suo carburante, mentre nelle modalità passeggeri è tipicamente vero il contrario. Di conseguenza, cambiamenti nel volume o nella massa del veicolo e del carburante avranno un impatto minore nel settore del trasporto merci rispetto a quello passeggero. Inoltre, anche le potenziali lacune nelle prestazioni del veicolo causate dall'idrogeno, come la ridotta accelerazione, potrebbero essere meno importanti per il settore del trasporto merci.

La riduzione al minimo dei costi del sistema di rifornimento è un altro dei punti a favore delle modalità qui sopra riportate. In generale, grandi siti di rifornimento equivalgono ad un'aumento dell'utilizzo del carburante, assicurando le entrate per questo settore. Quanto più intensamente vengono utilizzati questi siti, tanto maggiore è la ripartizione dei costi tra i diversi utenti e tanto minore è il costo marginale per ogni singolo utente. Inoltre, a causa dei grandi costi di esercizio iniziale di questo tipo di stazione di rifornimento, sarebbe preferibile avere un numero minore di siti per metodo di trasporto. I veicoli che operano all'interno di un'area geografica molto piccola o solo lungo percorsi ben definiti, da punto a punto, tendono ad aver bisogno di meno infrastrutture di rifornimento. Ci

---

<sup>148</sup> Farrell, et al., 2003

sono vantaggi immediati anche dal punto di vista ambientale. Infatti, i benefici derivanti dall'introduzione dell'idrogeno sono accentuati in settori a cui sono applicate poche o nessuna regolamentazione sull'inquinamento.

**Tabella 6 - Paragone settore dei trasporti per potenziale uso dell'idrogeno in Giappone**

Settore	Design e performance del veicolo	Operazioni	Infrastruttura	Produzione del veicolo
<b>Automobili</b>	Design molto piccolo e stretto. I consumatori sono molto sensibili alle prestazioni	Utilizzato su strade pubbliche. Rifornimento presso strutture pubbliche. Utilizzato normalmente fino a 2-3 ore al giorno	Circa 29.000 punti vendita al dettaglio di benzina in Giappone <sup>149</sup>	Produzione di massa. I nuovi progetti sono imprese grandi e rischiose che possono richiedere più di 5 anni
<b>Aeromobili</b>	Veicoli di grandi dimensioni, molto sensibili al peso e allo spazio interno commercializzabile	Mantenuto e rifornito di carburante in strutture speciali. Spesso in uso 12-18 ore al giorno	98 aeroporti commerciali in Giappone <sup>150</sup>	Produzione su larga scala nel corso di decenni. Nuovi progetti estremamente costosi e rischiosi.
<b>Camion a lungo raggio</b>	Veicoli relativamente grandi. Il carico utile supera notevolmente la tara	Utilizzato su strade pubbliche. Mantenuto in strutture speciali. Rifornito in strutture speciali o pubbliche. Spesso utilizzato 10-11 ore al giorno.	Circa 75.000 aree di rifornimento in Giappone <sup>151</sup>	Produzione su larga scala di unità standard. I camion per trasportare l'idrogeno compresso o liquefatto sono molto simili.
<b>Navi a lungo raggio</b>	Veicoli estremamente grandi che trasportano carichi molto pesanti	Rifornimento di carburante presso banchine commerciali. Operatività praticamente 24 ore su 24.	1020 porti in totale con strutture di rifornimento in Giappone <sup>152</sup>	Produzione personalizzata basata su design standardizzato. Presenza consolidata di navi cisterna per GNL riadattabili

Gli studi effettuati in merito sviluppano, tramite l'applicazione dei principi di economia del cambiamento tecnologico, la logica necessaria per identificare un approccio a basso costo e a basso rischio per l'introduzione dell'idrogeno nel settore dei trasporti. Le basi dell'economia del cambiamento tecnologico sono semplici: le nuove tecnologie in genere entrano in piccoli mercati di nicchia prima di allargarsi ad un uso diffuso. La chiave per

<sup>149</sup> Klein, 2023

<sup>150</sup> AOKI, 2012

<sup>151</sup> Michelin, 2023

<sup>152</sup> JCT Team, 2021

l'introduzione con successo di nuove tecnologie è l'identificazione di un mercato iniziale dove c'è un'elevato spazio di manovra nell'introduzione di una nuova tecnologia.<sup>153</sup> Quanto fatto dal governo giapponese, tuttavia, non segue questa logica, piuttosto che optare per la gestione strategica di una nicchia già esistente ha tentato l'immissione di una nuova tecnologia in fase embrionale in un mercato già stabilito e troppo competitivo.

### **3.1.2. Le sfide del trasporto pubblico in Giappone: Il costoso caso degli autobus ad idrogeno**

Da notare è la grande assenza in Tabella 6 dei trasporti pubblici, i quali presentano problemi nella creazione di mercati di nicchia. Nella commercializzazione dei beni privati, le aziende sono in grado di far pagare di più ai consumatori iniziali, disposti a pagare un premium per le qualità che un nuovo prodotto possiede. Nel corso del tempo il costo dei prodotti di successo diminuisce, grazie all'apprendimento e alle economie di scala, consentendo al mercato del nuovo prodotto (ovvero della nuova tecnologia) di espandersi. Tuttavia, le nuove tecnologie progettate per fornire beni pubblici non sono in grado di imporre un premium (per definizione), e quindi lo sviluppo di mercati di nicchia risulta ostacolato.<sup>154</sup>

A supporto della teoria abbiamo la pratica. Infatti, il governo giapponese nella sua strategia di base, come detto precedentemente, ha voluto implementare inizialmente gli autobus ad idrogeno, anche quest'ultimi prodotti da Toyota. Durante le Olimpiadi 2020 i 100 autobus a celle a combustibile attualmente a disposizione avrebbero dovuto essere utilizzati per il trasporto degli atleti partecipanti, ma hanno visto un impiego molto limitato sia durante che dopo la fine dell'evento.

Una ricerca sui costi sostenuti per l'utilizzo di questa tecnologia sottolinea come il leasing di 6 anni di un Toyota SORA si aggiri attorno ai 900.000 dollari, in contrasto il costo completo di un autobus a diesel con vita media di 15 anni corrisponde a circa 220.000 dollari. Il governo giapponese ha coperto l'80% della spesa per questi autobus tramite sovvenzioni, non riuscendo comunque a renderli competitivi in termini di costo dal momento che il prezzo dell'idrogeno è di 2,6 volte superiore a quello del diesel.<sup>155</sup>

Lo spreco di fondi pubblici derivanti dall'implementazione di una strategia di base per l'idrogeno basata sull'interesse principale di poche aziende, non solo ha comportato un danno all'immagine dell'idrogeno come carburante *green*, ma ha costituito anche un rallentamento nel raggiungimento della carbon neutrality del Giappone. Sebbene non si possa sempre affermare che tutte le attività di lobbismo siano negative, in quanto anche esse espressione del sistema democratico, in questo caso i vantaggi si sono rivelati esigui difendendo politiche conservative atte ad ostacolare il raggiungimento di obiettivi più importanti rispetto alla singola azienda o nazione.

---

<sup>153</sup> Farrell, Keith, Corbett, 2003

<sup>154</sup> Norberg-Bohm, Rossi, 1998

<sup>155</sup> Harding, 2021

### 3.1.3. Selezione di applicazioni a bassa priorità

Nonostante il progresso dell'elettrificazione a livello mondiale e nazionale, l'ossessione per gli FCEV del governo e di Toyota minaccia l'intera industria dell'automotive giapponese e il raggiungimento degli obiettivi di riduzione del carbonio. Il risultato del fallimento della politica di diffusione dei veicoli a celle a combustibile, attuata dal governo giapponese ed affiancata dalla grande casa automobilistica, ha comportato il ritardando dell'ingresso dei produttori locali nel mercato nazionale e mondiale dei veicoli elettrici, frenando la crescita di questo mercato. Ciò ha portato anche a un calo della competitività internazionale dei produttori di batterie per veicoli elettrici, dei produttori di apparecchiature per la ricarica dei veicoli, e di altre aziende correlate che si ritrovano ad affrontare i mercati globali. L'effetto negativo ricade anche all'interno del mercato dell'idrogeno stesso, visto l'utilizzo del 70% del budget decennale dedicato allo sviluppo di quest'ultimo nelle cosiddette cattive idee. Questo costituisce uno dei maggiori problemi della strategia sull'idrogeno del Giappone, nella quale la sua visione di una società futura in cui l'idrogeno viene utilizzato in ogni settore si scontra con i costi iniziali troppo alti di questa tecnologia. La promozione dell'uso dell'idrogeno nei settori a bassa priorità non risulta quindi auspicabile, ma piuttosto una scelta sconsigliata.

Nel descrivere il suo approccio di base per la diffusione, anche la strategia rivista del 2023 sull'idrogeno afferma chiaramente che l'idrogeno è un mezzo di decarbonizzazione dei settori difficili da abbattere, come per quello siderurgico, dove l'elettrificazione risulta difficile. Tuttavia, sebbene questo sembri segnare un cambiamento nelle intenzioni del governo, rispetto alla precedente linea di utilizzo dell'idrogeno in settori con altre opzioni già a disposizione, il rapporto continua a dare troppa rilevanza al settore automobilistico. Il documento afferma inoltre che "gli sforzi si concentreranno sul settore dei veicoli commerciali" e aggiunge che questi sforzi saranno perseguiti "oltre alle autovetture".<sup>156</sup> Non vi è quindi una chiara intenzione di correggere la linea di condotta sbagliata adottata finora.

I produttori giapponesi sono stati quindi leader mondiali nella commercializzazione di FCEV e celle a combustibile, grazie alle enormi quantità di denaro che sono state investite in ricerca e sviluppo e in sussidi per la sua adozione. Tuttavia, il settore di adozione per l'introduzione dell'idrogeno scelto non è stato il più consono, contrario infatti ai risultati degli studi effettuati che individuano come più efficace per far avanzare le tecnologie legate all'idrogeno le modalità dei trasporti pesanti. Le probabilità che il governo del Giappone non avesse completato studi in merito prima di stanziare miliardi di dollari in investimenti sono molto basse, mentre le inferenze da parte di gruppi di lobbismo registrate potrebbero invece aver giocato un ruolo molto importante.

---

<sup>156</sup> METI, 2023

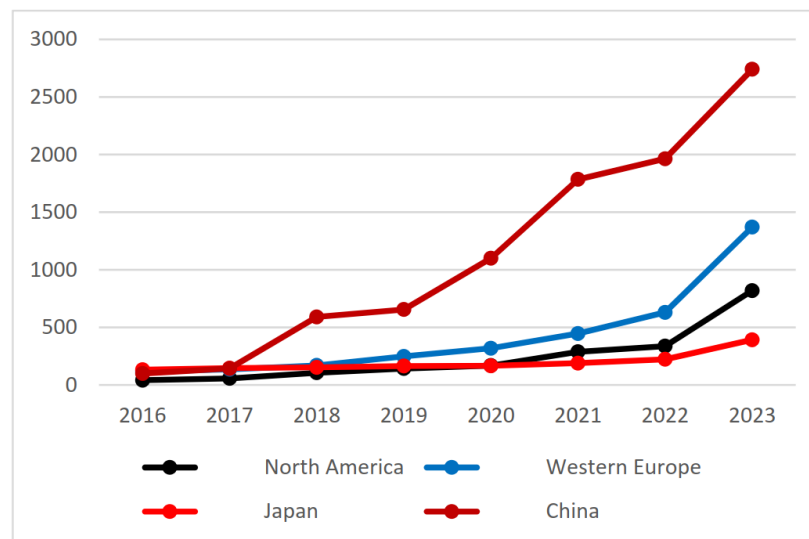


### 3.2. Case automobilistiche giapponesi in ritardo sull'elettrico

Il Giappone grazie alla sua ricca storia di innovazione è da tempo riconosciuto come un pioniere nel settore automobilistico, che guidato da giganti come Toyota, Honda e Nissan, si è tradizionalmente concentrato sui veicoli a motore a combustione interna (ICE). Gli investimenti attuati a supporto della distribuzione su scala globale dei veicoli hanno creato una solida supply chain globale, che ha consentito a questi grandi player di diventare i colossi conosciuti nel presente. Tuttavia, la grande frammentazione della produzione, divisa in tante piccole e medie imprese specializzate nella produzione di un solo pezzo dell'articolo finale, ha causato il loro ritardo nel relativamente nuovo settore degli EV. Nel caso di Toyota, la lentezza nel cambiamento potrebbe essere direttamente correlata al suo grande numero di personale che con arrivia fino a 70.056 dipendenti direttamente impiegati e fino a 375.235 dipendenti che lavorano per le sue filiali e affiliate a livello globale, essendo quindi indirettamente responsabile del reddito di molti più lavoratori giapponesi e stranieri.<sup>157</sup>

Non riuscendo ad andare oltre alcuni dei suoi primi successi, l'industria automobilistica giapponese e più in specifico Toyota, che è stata tra le prime a guidare l'elettrificazione delle auto sviluppando per prima veicoli elettrici ibridi, sta perdendo la propria egemonia mondiale. Infatti, se le auto ibride fossero incluse nella definizione di veicolo elettrico, l'azienda continuerebbe a possedere il 47% del mercato mondiale.<sup>158</sup> Tuttavia questo non è accaduto causando le diverse attività di lobbismo volte a influenzare le politiche "green" relative alla definizione delle tecnologie da considerarsi *carbon neutral*.

**Figura 15 – Previsione produzione di PHEV per paese (1.000 auto)<sup>159</sup>**



<sup>157</sup> Toyota, 2023

<sup>158</sup> Schulz, pg. 138, 2019

<sup>159</sup> Schulz, pg. 140, 2019

Un altro settore in cui le case automobilistiche giapponesi eccellono è l'automazione della produzione di hardware complesso. Anche questo però, a causa del passaggio in corso verso l'integrazione dei sistemi tramite lo sviluppo integrato di software è risultato in una delle più grandi sfide. La concentrazione sull'automazione e sull'integrazione dell'hardware ha infatti trascurato lo sviluppo delle piattaforme software per lungo tempo.

Di fronte alle significative sfide nello sviluppo degli EV l'industria automobilistica giapponese è rimasta cautamente concentrata sull'aumento dell'efficienza energetica dei veicoli già in produzione, comprendente tutte le fasi dalla produzione del carburante fino all'uso effettivo dell'energia e sullo sviluppo della tecnologia collegata agli FCEV. Un cambio di posizione è stato inizialmente fatto da Toyota che ha iniziato, solo con riluttanza, ad aggiungere le più costose (a causa della batteria più grande) opzioni plug-in (PHEV) tra le proprie alternative nel 2012,<sup>160</sup> ma anche in questo caso la sua posizione, di leader nella loro produzione è stata conseguentemente persa a favore delle case automobilistiche cinesi, statunitensi ed europee, come riportato in figura 15.

Per quanto lenta e contraria a questo cambiamento, affermare che l'industria automobilistica giapponese sia rimasta completamente immobile nel periodo di transizione all'elettrico sarebbe tuttavia errato. Si potrebbe piuttosto asserire che i colossi giapponesi stiano aspettando un periodo migliore per l'ingresso in questo mercato, dettato anche dal proprio avanzamento tecnologico e dalla formazione di una categoria dominante. Nella "Teoria del design dominante" di Suarez et al. viene infatti affermato che una volta consolidato un design dominante in un'industria emergente, risulta difficile ad altre imprese entrare e competere con successo, dal momento che questo design si cristallizza nel mercato come uno standard. Tra il periodo della condivisione di una categoria dominante, in questo caso gli EV, e lo stabilimento di un design dominante per questo gruppo si aprirebbe però una finestra di opportunità di ingresso. Entrare in questo intervallo di tempo permetterebbe alle nuove aziende di adattarsi e potenzialmente di contribuire allo sviluppo del design dominante, aumentando così le loro possibilità di successo a lungo termine.<sup>161</sup>

Le intenzioni di Toyota in merito sembrano rispecchiare questa teoria. Le compagnie che tutt'ora conducono il settore si stanno concentrando, per quanto riguarda la creazione di un design dominante, sull'efficientamento della tecnologia delle batterie "2170" agli ioni di litio, usate convenzionalmente in quest'industria. Tesla, per esempio, ha concentrato le proprie energie nella creazione di batterie proprietarie, chiamate "4680", che sebbene utilizzino la stessa tecnologia agli ioni di litio delle "2170" raggiungono una densità energetica del 10% superiore.<sup>162</sup> In Cina, invece, la casa automobilistica NIO ha proposto come design la possibilità per i BEV di avere un pacco batterie intercambiabile, per aggirare i lunghi tempi di attesa della ricarica.<sup>163</sup> Toyota d'altro canto sebbene risulti una ritardataria nel settore dei BEV sta lavorando anch'essa ad un suo design da diverso tempo, proseguendo nella ricerca e sviluppo delle batterie allo stato solido, che eliminerebbero ogni dubbio sul vincitore nella guerra tra

---

<sup>160</sup> Toyota, 2012

<sup>161</sup> Suarez, et al., 2015

<sup>162</sup> Mihalascu, 2023

<sup>163</sup> Zhang, Goh, 2023

veicoli ICE e BEV. Questa tecnologia presenta infatti quasi il doppio della densità energetica delle batterie agli ioni di litio usate, convenzionalmente nell'industria automobilistica, e rimuoverebbe completamente l'argomentazione del cosiddetto *range anxiety* portata dai detrattori dell'elettrico.<sup>164</sup>

Secondo la teoria sullo shock innovativo di Argyres, quando si tratta di innovare radicalmente un settore, come in questo caso, prima della comparsa di un design dominante appare un nuovo prodotto rivoluzionario che porta appunto uno shock all'innovazione. A ricoprire questo ruolo nel settore automobilistico è stata la Tesla Model S, introdotta sul mercato nel 2012. In questa situazione di mercato le aziende che non riescono a seguire l'esempio di questo prodotto tendono ad abbandonare il settore o a formare alleanze con altre aziende e acquisire start-up del settore.<sup>165</sup>

Il caso specifico di Toyota sembrerebbe seguire questa teoria. Nel tentativo di recuperare il suo ruolo di leader nel settore Toyota sta fortificando i propri legami con le aziende partner, oltre che con i suoi fornitori di primo livello (Aisin), per condividere i costi e coordinare meglio lo sviluppo dei veicoli elettrici.<sup>166</sup> Toyota ha inoltre annunciato la completa acquisizione del produttore di auto Daihatsu<sup>167</sup> e ha investito in Mazda per diventare il suo partner principale per lo sviluppo di veicoli elettrici.<sup>168</sup> Per l'intero sviluppo dell'hardware e dei semiconduttori ha invece stretto una partnership con DENSO<sup>169</sup> mentre lo sviluppo software è stato ricoperto tramite una joint venture con Softbank.<sup>170</sup> Per quanto riguarda invece la produzione del componente principale di un BEV, le batterie, Toyota ha unito le forze con Panasonic. La joint venture integrerà la produzione di batterie per auto di Panasonic con tutte le attività di ricerca e sviluppo sulle batterie allo stato solido svolte da Toyota.<sup>171</sup> Ma il consolidamento e l'integrazione non si fermano a questa mega fusione. Lo sviluppo di batterie a stato solido è diventato un'iniziativa guidata dal governo, tramite il NEDO, che ha messo in collaborazioni i produttori di automobili, batterie e materiali con università e istituti pubblici di ricerca con Panasonic e Toyota come partner principali.<sup>172</sup>

In sintesi, la lentezza iniziale del Giappone nella transizione ai veicoli elettrici è radicata nella sua attenzione storica alle tecnologie tradizionali e in un approccio cauto da parte delle case automobilistiche in una base industriale costruita attorno ai veicoli ICE. Questo contesto pone le basi per comprendere le sfide e le opportunità specifiche che le case automobilistiche giapponesi si trovano ad affrontare per entrare nel mercato dei veicoli elettrici.

---

<sup>164</sup> INAGAKI, 2023

<sup>165</sup> Argyres, Bigelow, Nickerson, 2013

<sup>166</sup> Leussink, 2023

<sup>167</sup> Toyota, 2016

<sup>168</sup> TAJITSU, Nussey, 2017

<sup>169</sup> Toyota, 2019

<sup>170</sup> Toyota, "Toyota and SoftBank Joint Venture, MONET, Starts Operations", 2019

<sup>171</sup> Panasonic, 2020

<sup>172</sup> NEDO, 2022

### 3.3. Il ruolo di Toyota

#### 3.3.1. La resistenza di Toyota alla transizione verso i BEV continua

Sebbene la possibilità che le case automobilistiche giapponesi coinvolte in attività di lobbismo contro la diffusione dei veicoli elettrici a batteria siano di più rispetto alla sola Toyota, in questo lavoro ci concentreremo principalmente su quest'ultima lasciando a futuri studi l'occasione di approfondire in merito.

Gli studi effettuati in merito alle attività svolte dalle diverse case automobilistiche in materia di decarbonizzazione della propria filiera, posizionano Toyota nel 2023 agli ultimi posti della classifica, dietro ai rivali nazionali Nissan e Honda, come mostrato in Tabella 7. Infatti, meno di 1 veicolo su 400 venduti da Toyota nel 2022 è stato uno ZEV (veicolo a zero emissioni) e la casa automobilistica non ha nemmeno migliorato il suo impegno verso l'eliminazione graduale dei veicoli a motore a combustione interna (ICE) rispetto al 2021. La percentuale di ZEV venduti da Toyota è tra le più basse in assoluto, pari allo 0,24% nel 2022, mostrando un aumento leggero ma insoddisfacente rispetto allo 0,18% dell'anno precedente. La quantità di ZEV prodotta è aumentata lentamente negli ultimi cinque anni, ma il tasso di crescita è preoccupantemente lento. Nel 2022 infatti Toyota ha venduto 23.251 unità di ZEV, un numero che rappresenta un leggero ma insignificante miglioramento rispetto alle 17.462 unità vendute nel 2021.<sup>173</sup> Essendo la più grande casa automobilistica mondiale, la transizione di Toyota verso i veicoli elettrici risulta troppo lenta per accelerare la fine dell'era dei combustibili fossili.

La sua lentezza, spiegata dai motivi precedentemente elencati, è stata affiancata ad attività di influenzamento delle politiche nazionali ed internazionali come andremo a dimostrare in questo capitolo.

Le dichiarazioni dei vertici di Toyota in merito ai BEV rendono la loro posizione molto chiara. Sebbene la storia di Toyota l'abbia portata ad un'indiscussa maestria tecnologica, la casa automobilistica è diventata la voce più forte del settore nell'opposizione alla transizione ai veicoli elettrici. A gennaio 2021, l'amministratore delegato Toyoda Akio ha chiarito la posizione dell'azienda con un'invettiva anti-veicoli elettrici, in cui ha denunciato la recente proposta del governo giapponese di eliminare gradualmente i veicoli a combustibili fossili a partire dal 2035. Ritene infatti che sarà difficile soddisfare le varie normative che richiedono di vietare i veicoli ICE entro questo periodo. Lo stesso Toyoda ha dichiarato durante un incontro annuale con i concessionari a Las Vegas che: "Proprio come le auto completamente autonome, che tutti dovremmo ormai già guidare, i veicoli elettrici impiegheranno più tempo di quanto i media vorrebbero farci credere per diventare mainstream". Inoltre, Toyoda ritiene che nei prossimi cinque-dieci anni si verificheranno enormi carenze di litio e nichel, utilizzati nelle batterie, con conseguenti problemi nella produzione e nella catena di approvvigionamento.<sup>174</sup>

---

<sup>173</sup> Kwok, et al., 2023

<sup>174</sup> Wayland, 2022

Affermazioni contro la diffusione dei BEV da parte degli esponenti di Toyota non sono le uniche azioni di ostacolo compiute dall'azienda. Questi stanno anche portando avanti una spinta politica dietro le quinte in tutto il mondo per rallentare la transizione ai veicoli elettrici.

Nel 2021 Christopher Reynolds, vicepresidente esecutivo di Toyota Motor North America, si è recato a Washington per incontri a porte chiuse con membri dello staff del Congresso, in cui ha sottolineato l'opposizione della sua azienda alle misure proposte dall'amministrazione Biden per promuovere i veicoli elettrici, sostenendo invece che i veicoli ibridi e ad idrogeno dovrebbero svolgere un ruolo più importante nella transizione.<sup>175</sup> L'attività di lobbying di Toyota fa parte di una strategia mondiale di opposizione a standard più severi sulle emissioni e ai mandati sui veicoli elettrici. Anche i dirigenti della filiale indiana della Toyota hanno infatti criticato pubblicamente l'obiettivo dell'India di raggiungere il 100% di veicoli elettrici entro il 2030.<sup>176</sup> La società ha inoltre citato in giudizio il governo messicano per le norme sull'efficienza del carburante,<sup>177</sup> mentre in Giappone, i suoi funzionari si sono opposti alle tasse sul carbonio.<sup>178</sup> Sempre in Giappone un'altra attività significativa svolta per ostacolare il cambiamento è stata compiuta dalla JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association), guidata dallo stesso Toyoda Akio, nel dicembre 2020. Dopo l'annuncio da parte del governo giapponese del divieto di vendita delle auto a benzina entro il 2030 la reazione dell'associazione rappresentante tutte le grandi case automobilistiche giapponesi, tra cui Toyota, Nissan Motor Co. e Honda Motor Co., è stata immediata. Le affermazioni del presidente di quest'ultima sono state le seguenti: “Ciò che il Giappone deve fare ora è espandere le sue opzioni tecnologiche. Penso che i regolamenti e le legislazioni dovrebbero seguire dopo” e ancora “una politica che vieti fin dall'inizio le auto a benzina o diesel limiterebbe tali opzioni e potrebbe causare la perdita per il Giappone dei suoi punti di forza”.<sup>179</sup> A seguito di queste affermazioni il governo ha ritrattato la sua dichiarazione e ora punta a un mix di veicoli a benzina, ibridi e veicoli elettrici a celle a combustibile entro il 2035. Gli ibridi a benzina (HEV) e gli ibridi plug-in (PHEV) sono in gran parte alimentati da combustibili fossili e quindi non sarebbero da considerare in ogni caso *carbon neutral*.

---

<sup>175</sup> TABUCHI, 2021









<sup>176</sup> Singh, Shah, 2023

<sup>177</sup> Teixeira, 2012

<sup>178</sup> TABUCHI, 2021

<sup>179</sup> YAMAMITSU, 2021

**Tabella 7 – Classifica delle aziende automobilistiche per impegno nella completa decarbonizzazione<sup>180</sup>**

 Companies	 Rank	 Total score (out of 100)	 ZEV proportion in 2022 (25% of total score)	 Phase-out of ICE vehicles	 Supply chain decarbonisation	 Resource reduction & efficiency	 Deduction
Mercedes-Benz	1	41.1	7.25%	25.6	18.0	3.0	-0.5
BMW	2	40.0	10.32%	25.0	18.0	2.5	-0.5
SAIC	3	35.3	30.93%	36.8	-1.0	0.0	-0.5
Ford	4	28.9	2.74%	18.9	10.0	0.5	-0.5
General Motors	5	27.6	1.90%	16.1	12.0	0.5	-1.0
Volkswagen	6	26.6	7.29%	19.1	6.0	2.0	-0.5
Stellantis	7	26.3	4.98%	15.8	11.0	0.5	-1.0
Renault	8	24.5	10.59%	16.0	7.0	2.0	-0.5
Hyundai-Kia	9	20.5	5.58%	17.5	3.0	0.5	-0.5
Honda	10	14.7	0.67%	13.7	1.0	0.5	-0.5
Nissan	11	13.9	2.98%	9.9	1.0	3.5	-0.5
Changan	12	12.5	11.52%	13.5	-1.0	0.0	-0.0
Toyota	13	11.9	0.24%	7.9	4.0	1.0	-1.0
Great Wall	14	10.8	9.02%	11.8	-1.0	0.0	-0.0
Suzuki	15	3.2	0.00%	1.7	1.0	0.5	-0.0

<sup>180</sup> Kwok, et al., 2023

### 3.3.2. Le azioni e le influenze dirette di Toyota nelle politiche climatiche

Sebbene i messaggi di Toyota sul cambiamento climatico fossero per lo più positivi nel periodo precedente e negli anni immediatamente successivi gli Accordi di Parigi del 2015, recentemente è risultato invece molto importante il suo impegno nello strategico boicottaggio delle politiche climatiche a livello globale. Infatti, il colosso giapponese si è opposto più volte e in più paesi a politiche atte all'eliminazione graduale dei veicoli con motore a combustione interna e all'introduzione di obiettivi audaci per la produzione di veicoli a zero emissioni, intesi in forma di BEV.

Le ragioni che hanno spinto il colosso giapponese ad attuare tali azioni sono da ritrovarsi nelle sue dichiarazioni degli anni precedenti. Già nel gennaio 2011, infatti, Toyota Motor Corporation, assieme ad altre 12 società comprese nel settore automobilistico e dei combustibili fossili (riportate in Tabella 8), annunciavano congiuntamente l'intenzione di introdurre i veicoli a celle a combustibile nel mercato interno e di sviluppare l'infrastruttura per la fornitura di idrogeno.<sup>181</sup> In questa dichiarazione congiunta, le case automobilistiche giapponesi affermavano le proprie mire sull'introduzione entro il 2015 degli FCEV nel mercato interno, incentrata sulle quattro aree metropolitane (Tōkyō, Chūkyō, Kansai e Fukuoka). Le aziende del settore dei combustibili fossili, per sostenere il mercato iniziale degli FCEV, si sarebbero a loro volta occupate dello sviluppo di infrastrutture di fornitura di idrogeno in circa cento località prima della commercializzazione dei veicoli, in conformità con il volume di vendita previsto. Inoltre, si sarebbero attivate anche nella promozione di questa tecnologia cercando di raggiungere l'accettazione sociale fino ad arrivare a richiedere l'intervento del governo nello sviluppo di una strategia di diffusione che includesse misure di sostegno.

Nel documento datato 14 ottobre 2015 rilasciato dalla casa automobilistica, nel quale la suddetta esponeva le azioni specifiche e gli obiettivi che aveva intenzione di perseguire verso il raggiungimento della neutralità carbonica entro il 2050,<sup>182</sup> risulta chiaro come la visione di Toyota si sovrapponga con la Strategia di base per l'idrogeno giapponese. All'interno di quest'ultimo vengono riportati come obiettivi i seguenti:

- Raggiungere una quantità di vendite globali annuali di oltre 30.000 FCEV intorno o dopo il 2020;
- Vendere almeno 1.000 FCEV al mese in Giappone (ben oltre 10.000 all'anno);
- Entro l'inizio del 2017 iniziare la vendita di autobus a celle a combustibile in piccole quantità, concentrandosi su Tōkyō (oltre 100 autobus a celle a combustibile in vista delle Olimpiadi estive e delle Paralimpiadi del 2020);
- Raggiungere le vendite di 1,5 milioni di ibridi all'anno e di 15 milioni di ibridi cumulativamente entro il 2020;

---

<sup>181</sup> Toyota, 2011

<sup>182</sup> Toyota Motor Corporation, pg 1, 2015

- Ridurre le emissioni medie di CO<sub>2</sub> dei nuovi veicoli di oltre il 22% entro il 2020 (rispetto alla media globale Toyota del 2010).

Le cifre e le tempistiche riportate, specificamente nella sezione riguardante gli FCEV, per la loro similitudine con i [numeri trovati nella strategia nazionale](#) per l'idrogeno non possono che identificare una diretta collaborazione nella sua stesura tra il governo giapponese e Toyota.

Sempre nello stesso documento troviamo inoltre le dichiarazioni di Toyota riguardanti la diversificazione delle fonti di produzione di energia per l'alimentazione dei suoi impianti produttivi, nelle quali viene affermato che il colosso promuoverà una società basata sull'idrogeno. Tra le dichiarazioni effettuate in merito troviamo le seguenti:

- Lanciare Toyota Mirai in Giappone e in seguito in Europa e Stati Uniti;
- Promuovere la diffusione degli FCEV tramite la messa a disposizione gratuita di 5.680 brevetti correlati e la collaborazione con altre case automobilistiche per sostenere lo sviluppo delle infrastrutture;
- **Promuovere una società basata sull'idrogeno** tramite gli FCEV puntando a raggiungere vendite globali annuali di oltre 30.000 veicoli intorno al 2020;
- Potenziare la produzione e migliorare la tecnologia di produzione per far fronte a questo drammatico aumento delle vendite e offrire una gamma più ampia;
- **Collaborare con i governi** e le imprese in tutto il mondo per promuovere la crescita delle infrastrutture per l'idrogeno;
- Inizio delle vendite di autobus a celle a combustibile in piccole quantità entro l'inizio del 2017, concentrandosi su Tōkyō;
- Collaborare con altre società di costruzione di infrastrutture relative all'idrogeno per utilizzarlo nell'alimentazione a basse emissioni del settore manifatturiero.<sup>183</sup>

La domanda che queste dichiarazioni dovrebbero far suscitare è: la visione di diventare una società all'idrogeno appartiene al veramente al governo, e per sua estensione ai cittadini giapponesi o solo alle case automobilistiche e alle compagnie petrolifere?

Nel 2014 Tesla, la più famosa casa automobilistica produttrice di BEV, ha messo a disposizione gratuita tutti i brevetti correlati alla produzione di BEV con lo scopo di velocizzare l'avanzamento della tecnologia correlata ai veicoli elettrici.<sup>184</sup> La corrispondente azione di Toyota in materia di FCEV dell'anno successivo aveva le stesse intenzioni, oltre alla necessità di controbilanciare la diffusione dei BEV con una diversa tecnologia proprietaria. Nello sforzo di superare una tecnologia che stava accumulando progressivamente il consenso dei consumatori,

---

<sup>183</sup> Toyota Motor Corporation, pg 3, 2015

<sup>184</sup> Musk, 2014



Toyota si è rivolta ai regolatori giapponesi con la speranza di rendere reale la sua visione e di mantenere l'egemonia nel mercato automobilistico, che Tesla sta tuttora lentamente conquistando.

**Tabella 8 – Compagnie partecipanti alla dichiarazione congiunta sull'introduzione degli FCEV del 2011<sup>185</sup>**

Nome compagnia	Settore
Toyota, Nissan, Honda	Automotive
JX Nippon Oil & Energy, Idemitsu Kosan, Cosmo Oil, Showa Shell Sekiyu	Petrolifero
Iwatani Sangyo, Taiyo Nippon Sanso	Fornitura Gas industriali
Osaka Gas, Tōkyō Gas, Saibu Gas, Toho Gas	Fornitura di gas

Già nel 2016 il National Institute for Environmental Studies (NIES), in rappresentanza del governo giapponese, ha pubblicato la sua visione e la tabella di marcia per lo sviluppo di una società all'idrogeno, basata completamente su ricerche condotte da Toyota e sulle dichiarazioni della Fuel Cell Commercialization Conference of Japan (FCCJ), un altro acronimo che nasconde la leadership di Toyota, dove gli FCEV venivano visti come elemento cruciale in questa trasformazione.<sup>186</sup>

Le diverse richieste da parte di Toyota ai regolatori si sarebbero quindi trasformate (1) nel 2014 nell'introduzione dell'idrogeno nel "Strategic Energy Plan",<sup>187</sup> che includeva un piano per la realizzazione di una società all'idrogeno, basato sulla dichiarazione congiunta del gennaio 2011; e (2) nella formulazione della Strategia di base per l'idrogeno giapponese del 2017. Queste dimostrerebbero non solo l'influenza delle case automobilistiche giapponesi, ma anche del settore petrolifero, profondamente legato ad esse.

Le strategie sarebbero quindi da rivedere nell'ottica di un'iniezione diretta di fondi pubblici nel tessuto produttivo di Toyota, atta ad aiutare il colosso nel mantenimento della sua posizione di rilievo nel settore automobilistico. Come abbiamo affermato in precedenza, anche con l'investimento di diversi miliardi di dollari, la diffusione dei veicoli a celle a combustibile non è stata un successo, comportando un ulteriore rallentamento per Toyota nell'ingresso del mercato degli ZEV. Le regolamentazioni in materia però non sono rallentate, al contrario stanno diventando sempre più stringenti; motivo per cui Toyota è diventata molto attiva nelle azioni di ostacolamento verso queste politiche climatiche di eliminazione graduale dei veicoli ICE.

Sebbene continui a sostenere l'obiettivo di riscaldamento globale di 1,5°C dichiarando di continuare a condividere la visione degli obiettivi di riduzione dei gas serra e di neutralità del carbonio, in una conferenza stampa del maggio 2022 l'ex presidente della Toyota, Akio Toyoda, ha criticato le normative giapponesi sul clima, affermando che non dovrebbero limitare le opzioni tecnologiche. Ha inoltre affermato che "Il nemico è il carbonio. Non è il motore

<sup>185</sup> Toyota, 2011

<sup>186</sup> National Institute for Environmental Studies, 2016

<sup>187</sup> METI, 2017

a combustione interna.” e che “La riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> coinvolge tutti i processi, compresi la produzione, il trasporto e l'uso dell'energia... Esiste più di un modo per scalare la montagna della *carbon neutrality*”.<sup>188</sup> Per influenzare il governo in merito Toyota ha utilizzato diversi metodi. Secondo il numero di Sentaku di dicembre 2021 uno di questi sarebbe stato la diffusione di libri critici verso i BEV ai media e al governo giapponese.<sup>189</sup> Secondo questo articolo, infatti, Toyota Motor avrebbe diffuso libri che criticavano direttamente il passaggio ai veicoli elettrici e si è occupata di influenzare esplicitamente l'opinione pubblica. Un libro in particolare prodotto da Wanibooks è stato acquistato in grandi volumi da Toyota. Il suo titolo, “EV (denki jidousha) suishin no wana [「datsutanso」 seisaku no uso” ovvero “La trappola della promozione dei veicoli elettrici: Bugie sulle politiche di decarbonizzazione”, non lascia liberi ad interpretazioni sul suo contenuto. Sempre secondo questo articolo i portavoce di Toyota promuoverebbero questo titolo ai giornalisti e ai funzionari statali, rimarcando la sua grande importanza. Sembrerebbe inoltre che Toyota durante l'ex amministrazione Suga volesse fermare l'accelerazione dei veicoli elettrici e che, con la dipartita dell'ex Ministro dell'Ambiente Koizumi Shinjiro e l'inaugurazione del gabinetto Kishida, il livello di promozione dei BEV si sia abbassato.

Anche questa è una delle forme di attività di lobbismo attuata da Toyota diretta ad appoggiare l'opposizione alle misure a sostegno dell'elettrificazione dei trasporti. Sebbene attuata conseguentemente alla stesura della Strategia di base per l'idrogeno giapponese, è indicativa della volontà del colosso di impattare in modo importante le politiche climatiche per riorientarle a suo favore.

Le pressioni di Toyota non sono limitate al solo governo giapponese. Tra i paesi in cui ha operato contrapponendosi a mandati ZEV ci sono anche gli Stati Uniti, il Canada, il Messico e il Regno Unito per elencarne alcuni. Proprio in quest'ultimo, riferisce il Times, nel 2022 Toyota ha esortato l'allora ministro dei trasporti Grant Shapps a indebolire le sue politiche verdi, che imponevano per ogni anno a partire dal 2024 una percentuale crescente di vendite di auto e furgoni a emissioni zero, intimando che se così non fosse stato avrebbe potuto cessare le sue attività manifatturiere nel paese in 30 anni.<sup>190</sup> Tuttavia, la reazione del colosso dopo la dichiarazione da parte del Primo Ministro Rishi Sunak del settembre 2023, che ha ritardato la data iniziale di eliminazione graduale dei veicoli con motore a combustione interna dal 2030 al 2035, è stata positiva.<sup>191</sup> Mentre le altre case automobilistiche, occupate ad investire miliardi in veicoli elettrici, hanno criticato la decisione della Gran Bretagna di ritardare il divieto sulla vendita di nuove auto a benzina e diesel, Toyota sembrerebbe invece aver accolto con favore questo indebolimento della politica. Questo, a detta di Toyota, in quanto darebbe all'industria e ai consumatori il tempo di adattarsi al cambiamento, come se di tempo le case automobilistiche non ne avessero avuto a sufficienza.

---

<sup>188</sup> TOYODA, 2022

<sup>189</sup> Sentaku, 2021

<sup>190</sup> Hellen, Pogrund, 2022

<sup>191</sup> Ravikumar, Carey, 2023

### 3.3.3. Il tira e molla di Toyota

Ci sono molte associazioni delle quali Toyota fa parte, e nelle quali ha una forte influenza, attraverso cui ha esercitato e continua ad esercitare pressioni, in modo non sempre trasparente, nel settore. Nel dicembre 2022, Toyota ha pubblicato la sua seconda revisione delle associazioni industriali con cui collabora,<sup>192</sup> nella quale non ha rilevato casi di discrepanze sostanziali con le sue politiche, posizioni e pratiche. In diverse di queste associazioni Toyota mantiene posizioni di alto livello tra cui:

- Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA) in cui Toyoda è presidente;
- Keidanren in cui Shigeru Hayakawa, vicepresidente del consiglio di amministrazione di Toyota, è vicepresidente del consiglio;
- European Automobile Manufacturers Association (ACEA) in cui Didier Lero, presidente del consiglio di amministrazione di Toyota Motor Europe, è membro del consiglio di amministrazione;
- Alliance for Automotive Innovation in cui Christopher Reynolds è membro del consiglio di amministrazione;
- Hydrogen Council dove Uchiyamada Takeshi, presidente del consiglio di amministrazione di Toyota, ricopre il ruolo di co-presidente.

Questo non vuole essere un elenco esaustivo di tutti i gruppi di lobbismo dei quali Toyota fa parte, ma solo portare degli esempi rilevanti in merito.

Quelle che andremo a tenere in considerazione in quanto significative alla dimostrazione di questo lavoro sono la JAMA e l'Hydrogen Council, organizzazioni tramite le quali Toyota ha effettuato attività di lobbismo contro la diffusione dei BEV e a favore invece di FCEV ed HEV. Terremo inoltre in considerazione le azioni svolte direttamente da Toyota in merito.

#### Attività della JAMA

La Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA), fondata nel 1967 e guidata dal presidente Toyoda Akio, è un'associazione industriale giapponese che rappresenta gli interessi dei 14 produttori automobilistici del paese attraverso varie iniziative.<sup>193</sup> Quest'associazione può essere considerata come un gruppo di lobbismo attivamente impegnato anche in una varietà di attività nel settore della politica climatica in Giappone e in Europa. Con i suoi i messaggi contrastanti sul clima e sulla decarbonizzazione in Giappone, JAMA ha esercitato infatti pressioni negative in diversi settori, tra i quali quello della regolamentazione sui motori a benzina e a diesel, come detto in precedenza.

---

<sup>192</sup> Toyota, 2022

<sup>193</sup> JAMA, 2023

Per provare le attività di ostruzionismo di questa associazione, ricollegabili a Toyota, vengono utilizzate le trascrizioni di incontri e di diverse conferenze stampa e le contribuzioni alle consultazioni della Commissione Europea come fonti primarie.

I messaggi della JAMA sul cambiamento climatico trovati all'interno delle trascrizioni presenti sul suo blog risultano contrastanti. In una conferenza stampa tenutasi nell'aprile 2021 il presidente sembrava sostenere ampiamente gli obiettivi di neutralità climatica, tuttavia, esprimeva la sua opinione su come non esistesse un percorso unico per raggiungere questo obiettivo, asserendo che il Giappone avesse bisogno di diverse opzioni tecnologiche per la riduzione dei gas serra,<sup>194</sup> sottintendendo che i veicoli ibridi e ad idrogeno dovessero giocare un ruolo più importante per la decarbonizzazione. In un'altra conferenza stampa del settembre 2021, il presidente Toyoda ha affermato che la neutralità carbonica comporta anche un problema a livello occupazionale per il Giappone. Ha affermato: "Stiamo cercando disperatamente di espandere le nostre opzioni perché abbiamo 5,5 milioni di posti di lavoro nell'industria automobilistica, quindi per estensione, per il lavoro e la vita del popolo giapponese."<sup>195</sup> Questo sottolinea quindi le preoccupazioni sugli svantaggi competitivi per il Giappone riguardo alle regolamentazioni sul clima, e sostiene un'azione meno ambiziosa atta a proteggere i posti di lavoro del paese. Tuttavia, questo viene fatto omettendo completamente le potenzialità che l'ingresso in un nuovo settore comporterebbe nella creazione di nuove posizioni lavorative, cosa che indebolirebbe la precedente giustificazione. Le dichiarazioni della JAMA sembrano inoltre sostenere l'adozione delle tecnologie riportate in precedenza, tra cui le celle a combustibile, attraverso la fornitura di sostegni governativi sotto forma di sussidi, sgravi fiscali, nonché di investimenti nelle infrastrutture necessarie; aiuti che potrebbero essere stati introdotti a seguito dell'emanazione della strategia di base per l'idrogeno giapponese.

Altre attività di lobbismo possono essere individuate agli inizi di giugno 2022 dove Amari Akira, membro del parlamento e del Partito Liberal Democratico (LDP), ha chiesto modifiche alla tabella di marcia annuale della politica economica del governo, affermando di averne parlato con Toyoda.<sup>196</sup> Sembra quindi che le pressioni esercitate sul governo giapponese affinché promuovesse gli ibridi rispetto ai veicoli elettrici a batteria siano state un successo. Sempre nel giugno 2022 si è tenuta una discussione con il Primo Ministro giapponese Kishida, dove Toyoda ha rimarcato di nuovo la sua posizione in merito alla necessità di continuare con la produzione di tutte le opzioni tecnologiche, FCEV ed HEV, ponendo al contempo sul mercato e sui consumatori l'onere di decidere la tecnologia più appropriata per raggiungere la neutralità delle emissioni di carbonio.<sup>197</sup> A novembre dello stesso anno, visti i risultati positivi del precedente incontro, che a detta di Toyoda è riuscito ad influenzare la decisione del governo giapponese di opporsi agli obiettivi per i veicoli a zero emissioni al vertice del G7,<sup>198</sup> si è tenuto un

---

<sup>194</sup> JAMA, 2021

<sup>195</sup> JAMA, "Jikōkai kisha kaiken wo jisshi(2021/9)", 2021

<sup>196</sup> YAMAZAKI, 2022

<sup>197</sup> JAMA, 2022

<sup>198</sup> JAMA, "Mobiritisangyō no shōrai ni tsuite Kishida sōrira to kondan", 2022

simile incontro presso l'ufficio del Primo Ministro. In questo incontro il presidente della JAMA si è espresso contro l'introduzione di regolamentazioni stringenti e a favore dello sviluppo delle nuove tecnologie ripetendo la necessità di affrontare un percorso esclusivamente giapponese verso la decarbonizzazione, alludendo quindi all'uso di FCEV ed HEV.

L'impegno negativo della JAMA relativamente alle normative sulle restrizioni della produzione di veicoli ICE è stato riscontrato non solo in Giappone ma anche in Europa in diverse occasioni. Questa si è infatti opposta all'immissione di standard per i veicoli leggeri, cercando di posticipare l'obbligatorietà delle zero emissioni all'interno dell'Unione Europea.<sup>199</sup> In aggiunta, nella sua risposta alla proposta della Commissione Europea sull'aggiornamento del sistema EU ETS, la JAMA si è mostrata contraria all'ambiziosa direttiva sulle energie rinnovabili, sottolineando le preoccupazioni sui costi e sostenendo al contempo l'inclusione del trasporto stradale nel sistema.<sup>200</sup>

Le diverse prove accumulate sostengono quindi la tesi secondo cui Toyota attraverso la Japanese Automaker Manufacturers Association sembrerebbe nel corso degli anni aver costantemente condotto attività di lobbismo per sostenere un ruolo a lungo termine nel settore dei trasporti per i veicoli ad idrogeno e contro quindi lo sviluppo dei veicoli elettrici a batteria.

### **Attività dell'Hydrogen Council**

L'Hydrogen Council è stato fondato nel 2017 da un gruppo di aziende leader nei settori dell'energia, dei trasporti e nei settori industriali. Tra i membri fondatori figurano importanti aziende globali, tra le quali Toyota, che hanno riconosciuto il potenziale dell'idrogeno nel contribuire a un futuro energetico sostenibile e si sono impegnate ad accelerare i propri investimenti nello sviluppo e nella commercializzazione dei settori dell'idrogeno e delle celle a combustibile.<sup>201</sup>

Sebbene gli studi in materia convengano che i BEV siano più efficienti del 65% rispetto ai FCEV,<sup>202</sup> questo gruppo di lobbismo, responsabile per la creazione dell'entusiasmo verso l'idrogeno, ha dimostrato il suo obiettivo di creare disinformazione sostenendo invece che:

*"...i BEV e gli FCEV sono notevolmente simili in termini di efficienza quando si parte dalla fonte energetica, sia essa il solare o l'eolico. Tuttavia, i BEV non sono un'opzione praticabile per tutte le regioni e tutte le applicazioni, e l'idrogeno può colmare questa lacuna."<sup>203</sup>*

---

<sup>199</sup> Commissione Europea, 2021

<sup>200</sup> Commissione Europea, "Feedback from: Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA)", 2021

<sup>201</sup> Hydrogen Council, 2023

<sup>202</sup> Haugen, et al., 2021

<sup>203</sup> Herbst. Guldner, 2022

Sebbene le azioni dell'Hydrogen Council sembrino sostenere la politica europea sul clima, quest'ultimo non sembra essersi impegnato oltre ai suoi interessi, limitandosi al sostegno verso le misure di fissazione del prezzo del carbonio e solo in relazione allo sviluppo dell'idrogeno.<sup>204</sup>

Le attività di questo gruppo di lobbismo sono principalmente di promozione dell'idrogeno e dell'ecosistema che lo circonda a livello globale. Particolarmente, nei recenti anni l'Hydrogen Council ha trovato il favore del Primo Ministro Kishida che con la sua comparsa durante l'Hydrogen Council Global CEO Meeting, tenutosi a giugno 2023, ha comunicato l'intenzione di promuovere l'iniziativa Asia Zero Emission Community (AZEC)<sup>205</sup> e di utilizzare le tecnologie relative all'idrogeno e all'ammoniaca per la decarbonizzazione del paese. È stata inoltre annunciata la pubblicazione della nuova Strategia di base per l'idrogeno orientata, a detta del Primo Ministro giapponese, all'aumento della certezza per le società private negli investimenti a lungo termine nel settore.<sup>206</sup>

Le diverse attività svolte dai gruppi potrebbero, se prese separatamente, non rendere un'immagine chiara. Tuttavia, le azioni di ostruzionismo delle politiche ZEV portate avanti dai vari gruppi correlati a Toyota, tra cui la JAMA, in aggiunta alle continue attività di promozione dell'idrogeno e dei settori affini ad esso condotte dalle associazioni correlate, come l'Hydrogen Council, rendono lampante il forte intento di spingere il mercato dell'automotive nella direzione degli FCEV, più affini anche al settore petrolifero.

Essendo questo lavoro solo un inizio nel campo della ricerca delle influenze nella creazione di una strategia per l'idrogeno giapponese, questo presenta delle limitazioni nella quantità di associazioni collegate a Toyota prese in considerazione nell'analisi. Le attività di lobbismo collegate al settore dell'idrogeno potrebbero non essere limitate solo ai gruppi qui riportati e si auspica quindi che futuri studi possano approfondire le tematiche qui trattate.

### 3.4. Conclusioni

In questo capitolo abbiamo portato all'attenzione gli studi condotti sul miglior metodo di introduzione dell'idrogeno nell'industria dei trasporti per comprendere le differenze tra quanto suggerito dal mondo accademico e quanto fatto dal mondo politico-economico giapponese.

Da questo studio abbiamo capito che il settore di impiego iniziale preferibile per la diffusione dell'idrogeno potrebbe essere quello dei trasporti pesanti, in particolare delle navi cargo e dei camion a lunga percorrenza. Abbiamo inoltre definito come il governo giapponese abbia deciso di puntare invece nella diffusione tramite i veicoli a celle a combustibile e il motivo di questa decisione, facendo emerge il quadro completo delle opportunità legate a questo mercato per le compagnie automobilistiche nazionali. Le decisioni e le azioni di Toyota, uno dei principali attori

---

<sup>204</sup> Hydrogen Council, 2021

<sup>205</sup> AZEC è un'organizzazione composta da paesi asiatici con l'intento condiviso di decarbonizzare sfruttando al massimo le risorse e l'esperienza del Giappone, che fornirà supporto finanziario, tecnologico e risorse umane e attraverso il coordinamento politico con i paesi partner. Il concetto AZEC mira a transizioni energetiche adattate alle circostanze di ciascun paese. (AZEC, 2023)

<sup>206</sup> Primo Ministro KISHIDA Fumio, 2023

del settore, sembrerebbero aver avuto un ruolo fondamentale nelle decisioni del governo sulla stesura della Strategia di base per l'idrogeno giapponese, impattando di conseguenza la velocità del raggiungimento della neutralità climatica del paese.

Le motivazioni dietro al ritardo di Toyota sono da ritrovare nella grande quantità di impianti di produzione che porterebbero il colosso ad un approccio cauto verso la transizione della propria produzione di veicoli a tecnologie ancora non esplorate e alla protezione invece del suo tessuto produttivo. Tra le azioni intraprese da Toyota per ostruire e rallentare la transizione a tecnologie più *green* troviamo le dichiarazioni del presidente Toyoda Akio, che nel corso degli anni si è sempre espresso a sfavore dell'utilizzo della singola tecnologia BEV per il cambiamento del parco auto, spingendo invece per la continuazione delle tecnologie che avvantaggiano la casa automobilistica giapponese. Nella ricerca delle attività di lobbismo condotte da Toyota abbiamo analizzato le trascrizioni degli incontri e di conferenze stampa dei suoi vertici, nonché le contribuzioni alle consultazioni della Commissione Europea della JAMA e messo in luce le posizioni contrastanti di questa associazione rispetto alla transizione verso tecnologie più sostenibili.

Le pressioni effettuate sul governo giapponese per promuovere i veicoli a celle a combustibile e quelli ibridi, a sfavore dei veicoli elettrici a batteria sono state analizzate ed è stato ipotizzato che Toyota stia cercando di rallentare il processo di transizione per permettere il suo ingresso nel mercato prima della cristallizzazione di un design dominante. Grazie a questa ricerca siamo quindi riusciti a trovare un possibile nesso tra gli obiettivi della casa automobilistica e le azioni del governo, portando prove a favore della tesi sulla grande influenza che queste hanno avuto nella stesura della Strategia di base per l'idrogeno giapponese.





## CONCLUSIONE

In conclusione, in questo elaborato abbiamo definito come il Giappone in quanto paese con scarse riserve di gas e petrolio, ma con alta dipendenza da esse, abbia deciso di ricercare la propria indipendenza energetica nell'idrogeno. È stata data una spiegazione complessiva sull'idrogeno inteso come vettore energetico e di tutte le sue forme. Abbiamo definito inoltre come il Giappone stia cercando di diventare il pioniere nello sviluppo del mercato dell'idrogeno, nel tentativo di diventare una cosiddetta Società all'idrogeno, sviluppando la tecnologia per la sua produzione per portare questa risorsa alla parità di costo con i combustibili fossili. L'idrogeno è una materia prima ancora troppo cara, infatti, a causa degli alti costi derivanti dal processo di elettrolisi dell'acqua, molto dispendioso in termini energetici.

Per rendere possibile la creazione di un mercato per l'idrogeno il governo giapponese ha stilato nel 2017 la prima Strategia di base per l'idrogeno, mirata all'espansione a livello globale dell'infrastruttura correlata. Dopo un'attenta osservazione ed un'analisi comparativa con l'equivalente europeo, concentrata sul metodo di produzione e utilizzo dell'idrogeno delineato dalle due politiche, siamo riusciti a chiarire le decisioni prese in merito alla creazione di un mercato iniziale in Giappone. Questa analisi, basata sugli studi indipendenti di Farrell et al. (2002) ci ha permesso di definire i progetti nel quale il governo giapponese ha riposto principalmente i propri investimenti come cattive idee, atte a favorire le case automobilistiche giapponesi, in particolare Toyota. Gli studi effettuati in materia, infatti, identificano come miglior modo per la diffusione dell'idrogeno il suo utilizzo nell'industria dei trasporti commerciali pesanti. La strategia del Giappone consisteva invece nell'incentivazione del settore automobilistico e si è rivelato, ad oggi, fallimentare. La riprova di questa affermazione sta nei risultati riportati in questa ricerca della strategia iniziale e nel fatto che nel 2023 il Giappone ha deciso di riformularla completamente, proponendone una più in linea con quella presentata dall'Unione Europea.

Questo lavoro si è impegnato anche nella dimostrazione di come al momento della prima stesura gli interessi non fossero rivolti puramente alla realizzazione di una società all'idrogeno, ma soprattutto al supporto di Toyota. Le attività di lobbismo condotte dal colosso, principale attore del settore automobilistico giapponese e mondiale, avrebbero infatti avuto una grande influenza nella decisione degli obiettivi presenti nella Strategia di base sull'idrogeno giapponese. Il presidente Toyoda Akio ha più volte nel corso degli anni intrapreso azioni di ostruzionismo atte al rallentamento della transizione ecologica del settore automobilistico. L'analisi delle dichiarazioni effettuate da Toyota e dalle sue organizzazioni satelliti, come la JAMA, dipingono un'opinione ampiamente negativa verso la tecnologia dei BEV atta al prolungamento della vita delle tecnologie FCEV e HEV in cui Toyota è leader di mercato. Abbiamo analizzato quindi le posizioni di queste associazioni, in contrasto rispetto alla transizione verso tecnologie più sostenibili e propense alla promozione di veicoli inefficienti come quelli a celle a

combustibile. L'ipotesi avanzata è che Toyota stia cercando di ritardare il procedimento di transizione per garantire la sua entrata nel mercato prima che si consolidi un design dominante.

In questa ricerca è stato quindi trovato un collegamento tra l'influenza dell'industria automobilistica giapponese e la creazione del piano strategico nazionale verso una società all'idrogeno. Questo studio rappresenta solo uno sguardo iniziale nel complesso paesaggio delle influenze di Toyota nel contesto della regolamentazione della produzione di veicoli a basse emissioni e suggerisce la necessità di ricerche future per esplorare ulteriori connessioni e fornire una visione più completa delle attività di lobbismo in questo settore.



## BIBLIOGRAFIA

- ADNOC, “ADNOC and Three Japanese Companies to Explore Hydrogen and Blue Ammonia Opportunities”, 8 luglio 2021, <https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2021/adnoc-and-three-japanese-companies-to-explore-hydrogen-and-blue-ammonia-opportunities>, 15/12/2023.
- Alvarez, Ramon; Zavala-Araiza, Daniel; Lyon, David R.; Allen, David, “Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain”, *Science*, 361, 6398, 21 giugno 2018, pp.186-188, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar7204>, 30/04/2022.
- AKAMATSU, Kazuki; NAKAO, Shin'ichi, “Hydrogen-Production Technologies Using Amorphous Silica Membranes”, *Handbook of Advanced Ceramics*, 2, 3 dicembre 2013, pp.331-341, Academic press, [https://www.researchgate.net/publication/288186127\\_Hydrogen-Production\\_Technologies\\_Using\\_Amorphous\\_Silica\\_Membranes](https://www.researchgate.net/publication/288186127_Hydrogen-Production_Technologies_Using_Amorphous_Silica_Membranes), 1/08/2023.
- AKIMOTO, Daisuke, “Japan-Australia: building a hydrogen supply chain”. *The interpreter*, 31 maggio 2022, <https://www.lowyinstitute.org/the-interpreter/japan-australia-building-hydrogen-supply-chain>, 29/12/2022.
- Amilcare, “Brennstoffzellen”, 13 gennaio 2020, <https://www.elettroamici.org/de/celle-a-combustibile/>, 15/03/2023.
- Amin, Ashraf; Croiset, Eric; Epling, William, “Review of methane catalytic cracking for hydrogen production”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 4, 9 novembre 2010, pp. 2904-2935, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319910022500?via%3Dihub>, 7/06/2023.
- Anouti, Yahya; Elborai, Shihab; Kombargi, Raed; Hage, Ramzi, “The dawn of green hydrogen, Maintaining the GCC’s edge in a decarbonized world”, 2020, <https://www.strategyand.pwc.com/m1/en/reports/2020/the-dawn-of-green-hydrogen/the-dawn-of-green-hydrogen.pdf>, 4/09/2023.
- AOKI, Mizuho, “Bubble era's aviation legacy: Too many airports, all ailing”, *Japan Times*, 7 febbraio 2012, <https://www.japantimes.co.jp/news/2012/02/07/reference/bubble-eras-aviation-legacy-too-many-airports-all-ailing/#.UVOVLBxQG00>, 15/12/2023.

- ARAUMI, Ken'ichi, "Suiso seizō shisetsu 1-nen saisei kanō enerugī no katsuyō saguru" (1 anno di impianto di produzione di idrogeno, esplorando l'uso di energia rinnovabile), *Asahi Shimbun*, 31 gennaio 2021, <https://www.asahi.com/articles/ASP1Z6QCNP1WUGTB00Y.html>, 15/12/2023.
- 荒海謙一、「水素製造施設1年 再生可能エネルギーの活用探る」、朝日新聞、2021年1月31日。
- Arba, Alexandru, "Number of fuel cell electric vehicles in use in Japan from 2015 to 2022", 16 novembre 2022, <https://www.statista.com/statistics/1252727/japan-fuel-cell-electric-vehicles-in-use/>, 31/10/2022.
- Argyres, Nicholas; Bigelow, Lyda; Nickerson Jack, "Dominant designs, innovation shocks, and the follower's dilemma", *Strategic Management Journal*, 36, 18 ottobre 2013, pp.216-236, Wiley, [https://www.researchgate.net/publication/333811233\\_DOMINANT\\_DESIGNS\\_INNOVATION\\_SHOCKS\\_AND\\_THE\\_FOLLOWER%27S\\_DILEMMA](https://www.researchgate.net/publication/333811233_DOMINANT_DESIGNS_INNOVATION_SHOCKS_AND_THE_FOLLOWER%27S_DILEMMA), 29/09/2022.
- Arnold, Nils, "Auto ad idrogeno: tutto quello che c'è da sapere", 5 dicembre 2019, <https://www.bmw.com/it/innovation/come-funzionano-le-auto-a-idrogeno.html>, 15/12/2023.
- AZEC, "About AZEC", 8 dicembre 2023, <https://asiazeroemission.com/>, 15/12/2023.
- Ball, Michael; Wietschel, Martin, "The Hydrogen Economy Opportunities and Challenges", Cambridge University Press, 2009.
- Bermudez, Jose; Evangelopoulou, Stavroula, "Hydrogen", 10 luglio 2023, <https://www.iea.org/reports/hydrogen>, 15/12/2023.
- Biddle, Andrew, "Hydrogen trucks: decarbonising Toyota logistics", *Toyota UK Magazine*, 10 maggio 2023, <https://mag.toyota.co.uk/hydrogen-trucks/>, 15/12/2023.
- Bridges, Tory; Merzian, Richie, "Hydrogen and Climate: Trojan Horse or Golden Goose?", marzo 2019, <http://australiainstitute.org.au/wp-content/uploads/2020/12/P695-National-Hydrogen-Strategy-Input-WEB.pdf>, 15/12/2023.
- Burgess, James, "Blue hydrogen 20% worse for GHG emissions than natural gas in heating: study", 12 agosto 2021, <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/natural-gas/081221-blue-hydrogen-20-worse-for-ghg-emissions-than-natural-gas-in-heating-study>, 8/08/2023.

- Commissione Europea, “What is the EU ETS?”, 13 dicembre 2023, [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en), 15/12/2023.
- Commissione Europea, “Comunicazione della commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni: Una strategia per l’idrogeno per un’Europa climaticamente neutra”, 8 luglio 2020, <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/5602f358-c136-11ea-b3a4-01aa75ed71a1>, 15/12/2023.
- Commissione Europea, “CO2 emissions for cars and vans – revision of performance standards”, 5 febbraio 2021, [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12655-Revision-of-the-CO2-emission-standards-for-cars-and-vans-/public-consultation\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12655-Revision-of-the-CO2-emission-standards-for-cars-and-vans-/public-consultation_en), 24/06/2022.
- Commissione Europea, “Feedback from: Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA)”, 8 novembre 2021, [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12660-Climate-change-updating-the-EU-emissions-trading-system-ETS-/F2750775\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12660-Climate-change-updating-the-EU-emissions-trading-system-ETS-/F2750775_en), 22/01/2023.
- Commissione Europea, “Hydrogen”, 14 settembre 2022, [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en), 28/07/2023.
- Dawood, Furat; Anda, Martin; Shafiullah, G.M., “Hydrogen production for energy: An overview”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45, 7, 10 dicembre 2019, pp.3847-3869. Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319919345926?via%3Dihub>, 15/12/2023.
- Dodgshun, Joe, “Hydrogen: Clearing Up the Colours”, 30 settembre 2020, <https://www.enapter.com/newsroom/hydrogen-clearing-up-the-colours>, 15/12/2023.
- East Japan Railway Co., “Suiso o enerugi-gen to shita haiburiddo sharyō (nenryō denchi) shiken sharyō no kaihatsu. Tetsudō gijutsu to jidōsha gijutsu o yūgō shite shiken sharyō o kaihatsu shimasu” (Sviluppo di un prototipo di veicolo ibrido (a celle a combustibile) che utilizza l’idrogeno come fonte di energia. Sviluppare prototipi combinando la tecnologia ferroviaria e quella automobilistica), 6 ottobre 2020, [https://www.jreast.co.jp/press/2020/20201006\\_4\\_ho.pdf](https://www.jreast.co.jp/press/2020/20201006_4_ho.pdf), 15/12/2023.
- 東日本旅客鉄道株式会社、「水素をエネルギー源としたハイブリッド車両（燃料電池）試験車両の開発 鉄道技術と自動車技術を融合して試験車両を開発します」、2020年10月6日。

- ENEL, “Hydrogen”, 12 dicembre 2023, <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/hydrogen>, 15/12/2023.
- Farrell, Alexander; Keith, David; Corbett, James, “A strategy for introducing hydrogen into transportation”, *Energy Policy*, 31, 13, 8 novembre 2002, pp.1357-1367. Elsevier.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421502001957>, 15/12/2023.
- Fernández, Lucía, “Leading bioenergy capacity worldwide in 2021, by country”, 14 aprile 2022,  
<https://www.statista.com/statistics/476416/global-capacity-of-bioenergy-in-selected-countries/>,  
15/12/2023.
- Flis, Gniewomir; Deutsch, Matthias, “12 Insights on Hydrogen”, 17 gennaio 2022, [https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021\\_11\\_H2\\_Insights/A-EW\\_245\\_H2\\_Insights\\_WEB.pdf](https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_11_H2_Insights/A-EW_245_H2_Insights_WEB.pdf),  
15/12/2023.
- Governo Giapponese, “Giant Leap Towards a Hydrogen Society”, 2020,  
<https://www.japan.go.jp/tomodachi/2020/earlysummer2020/hydrogen.html>, 15/12/2023.
- Governo Giapponese, “The World’s Largest Hydrogen-Production Facility on the Path to Zero Emissions”, 22 marzo 2021, [https://www.japan.go.jp/kizuna/2021/03/hydrogen-production\\_facility.html](https://www.japan.go.jp/kizuna/2021/03/hydrogen-production_facility.html), 15/12/2023.
- Harding, Rory, “Japan is betting future cars will use hydrogen fuel cells”, *Financial Times*, 24 ottobre 2017,  
<https://www.ft.com/content/98080634-a1d6-11e7-8d56-98a09be71849>, 15/12/2023.
- Harding, Rory, “High costs dog Tokyo’s hydrogen buses”, *Financial Times*, 23 luglio 2021,  
<https://www.ft.com/content/2b9dd655-6b64-416c-a83f-1fe1002da7d5>, 15/12/2023.
- HASHIMOTO, Noboru, “Japan's efforts to realize a hydrogen society”, gennaio 2021,  
<https://www.eai.enea.it/archivio/pianeta-idrogeno/japan-s-efforts-to-realize-hydrogen-society.html>,  
15/12/2023.
- Haugen, Molly; Paoli, Leonardo; Cullen, Jonathan; Cebon, David; Boies, Adam M., “A fork in the road: Which energy pathway offers the greatest energy efficiency and CO2 reduction potential for low-carbon vehicles?”, *Applied Energy*, 283, 1 febbraio 2021, p.116295. Elsevier.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920316810>, 15/12/2023.

- Hellen, Nicholas; Pogrud, Gabriel, “Toyota threatens to pull out of UK manufacturing over net-zero plans”, *The Times*, 3 aprile 2022, <https://www.thetimes.co.uk/article/toyota-threatens-to-pull-out-of-uk-manufacturing-over-net-zero-plans-djwwkzq86>, 15/12/2023.
- Herbst, Stephan; Guldner, Juergen, “The path to net zero: Deploying both battery and fuel cell electric vehicle”, 21 giugno 2022, <https://hydrogencouncil.com/en/the-path-to-net-zero-deploying-both-battery-and-fuel-cell-electric-vehicle/>, 15/12/2023.
- Holm, Thomas; Borsboom-Hanson, Tory; Herrera, Omar; Mérida, Walter, “Hydrogen costs from water electrolysis at high temperature and pressure”, *Energy Conversion and Management*, 237, 28 marzo 2021, p.114106, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019689042100282X?via%3Dihub>, 15/12/2023.
- Hydrogen Council, “Policy Toolbox for Low Carbon and Renewable Hydrogen”, 3 novembre 2021, [https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-Council\\_Policy-Toolbox.pdf](https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-Council_Policy-Toolbox.pdf), 15/12/2023.
- Hydrogen Council, “About the Council”, 26 novembre 2023, <https://hydrogencouncil.com/en/about-the-council/>, 15/12/2023.
- IEA, “The Future of Hydrogen”, giugno 2019, <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>, 15/12/2023.
- IEA, “Global demand for pure hydrogen, 1975-2018”, 18 novembre 2019, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-demand-for-pure-hydrogen-1975-2018>, 15/12/2023.
- IEA, “Japan”, 2021, <https://www.iea.org/countries/japan>, 15/12/2023.
- IEA, “Japan-Australia partnership on decarbonisation through technology”, 11 febbraio 2022, <https://www.iea.org/policies/14739-japan-australia-partnership-on-decarbonisation-through-technology>, 15/12/2023.
- IEA, “Hydrogen Industry Development Plan (2021-2035)”, 13 gennaio 2023, <https://www.iea.org/policies/16977-hydrogen-industry-development-plan-2021-2035>, 15/12/2023.
- IEA, “Hydrogen Production and Infrastructure Projects Database”, 31 ottobre 2023, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database>, 15/12/2023.



IIDA, Shigeki; SAKATA, Ko. (2019). “Hydrogen technologies and developments in Japan”. *Clean Energy*. 3. ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/The-scenario-for-the-Basic-Hydrogen-Strategy\\_fig2\\_332953252](https://www.researchgate.net/figure/The-scenario-for-the-Basic-Hydrogen-Strategy_fig2_332953252), 15/12/2023.

INAGAKI, Kana, “Toyota nears mass production of solid-state batteries”, *Financial Times*, 23 ottobre 2023, <https://www.ft.com/content/6224f235-568c-4e2f-8247-e7dacf0ef20c>, 15/12/2023.

HAMADA, Kentarō, “Seifu no `tōron-gata seronchōsa', genpatsu zero shiji ga 47%” (Il “sondaggio pubblico deliberativo” del governo, 47% a favore della cessazione del nucleare), *Reuters*, 22 agosto 2012, <https://www.reuters.com/article/tk0878212-nuclear-zero-47-per-cent-idJPTYE87L05920120822>, 15/12/2023.

浜田健太郎、「政府の「討論型世論調査」、原発ゼロ支持が47%」、ロイター、2012年8月22日。

JAMA, “Kaichō no toyoda akio ni yoru kisha kaiken o jisshi” (Conferenza stampa del presidente Akio Toyoda), 22 aprile 2021, <https://blog.jama.or.jp/?p=230>, 15/12/2023.

日本自動車工業会、「会長の豊田章男による記者会見を実施」、2021年4月22日。

JAMA, “Jikōkai kisha kaiken o jisshi (2021/ 9)” (Conferenza stampa della Japan Automobile Manufacturers Association (2021/9)), 9 settembre 2021, <https://blog.jama.or.jp/?p=463>, 15/12/2023.

日本自動車工業会、「自工会 記者会見を実施(2021/9)」、2021年9月9日。

JAMA, “Jidōsha sangyō o daihyō shite, Kishida sōri to kondan” (Incontro con il Primo Ministro Kishida in rappresentanza dell'industria automobilistica), 17 giugno 2022, <https://blog.jama.or.jp/?p=2213>, 15/12/2023.

日本自動車工業会、「自動車産業を代表して、岸田総理と懇談」、2022年6月17日。

JAMA, “Mobirity sangyō no shōrai ni tsuite Kishida sōri to kondan” (Incontro con il Primo Ministro Kishida sul futuro del settore della mobilità), 4 novembre 2022, <https://blog.jama.or.jp/?p=2898>, 15/12/2023.

日本自動車工業会、「モビリティ産業の将来について岸田総理らと懇談」、2022年11月4日。

JAMA, “About JAMA”, 26 novembre 2023, <http://www.jama.or.jp/english/about/>, 15/12/2023.

- Japan Nuclear Safety Institute, “Licensing status for the Japanese nuclear facilities”, 15 settembre 2021, <https://www.genanshin.jp/english/facility/map/index.html>, 15/12/2023.
- JCT Team, “Shipping Ports in Japan”, 25 settembre 2021, <https://blog.japanesecartrade.com/1057-shipping-ports-in-japan/#:~:text=Shipping%20Ports%20in%20Japan%3A%20There%20are%201020%20ports,municipalities%20%28395%20ports%29%20or%20prefecture%20administrations%20%28619%20ports%29.#:~:text=Shipping%20Ports%20in>, 15/12/2023.
- Ji, Mengdi; Wang, Jianlong, “Review and comparison of various hydrogen production methods based on costs and life cycle impact assessment indicators”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 78, 12 settembre 2021, pp.38612-38635, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319921036697?via%3Dihub>, 15/12/2023.
- JPEA, “PV shipment in Japan Fiscal 2022 1st Quarter”, aprile 2022, <https://www.jpea.gr.jp/en-profile/statistics/>, 15/12/2023.
- Klein, Catharina, “Share of renewable energy in electricity production in Japan from fiscal year 2011 to 2020”, 4 gennaio 2023, <https://www.statista.com/statistics/745908/japan-share-of-renewables-in-electricity-production/>, 15/12/2023.
- Klein, Catharina, “Number of gasoline filling stations in Japan from 2004 to 2020”, 16 maggio 2023, <https://www.statista.com/statistics/870206/japan-number-gas-stations/#:~:text=Research%20expert%20covering%20Japan%20Get,figures%20have%20been%20declining>, 15/12/2023.
- Kwok, Jeffrey; Choi, Hyewon Heather; Kong, Ada; Newport, Erin, “Automobile Environment Guide 2023 Edition: A comparative analysis of decarbonisation efforts by global automakers”, 9 ottobre 2023, [https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2023/10/9965e919-auto-environmental-guide-2023\\_greenpeaceea.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2023/10/9965e919-auto-environmental-guide-2023_greenpeaceea.pdf), 15/12/2023.
- Lepage, Thibaut; Kammoun, Maroua; Schmetz, Quentin; Richel, Aurore, “Biomass-to-hydrogen: A review of main routes production, processes evaluation and techno-economical assessment”, *Biomass and Bioenergy*, 144, 3 dicembre 2020, p.105920, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953420304530?via%3Dihub>, 15/12/2023.

- Leussink, Daniel, “Toyota to boost EV development and technology in China”, *Reuters*, 31 luglio 2023,  
<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/toyota-says-boost-ev-development-technology-china-2023-07-31/>, 15/12/2023.
- Liebreich, Michael, “Hydrogen Ladder Version 5.0”, 20 ottobre 2023,  
<https://www.linkedin.com/pulse/hydrogen-ladder-version-50-michael-liebreich%3FtrackingId=5XscGP9TQeeKw49W2eorzQ%253D%253D/?trackingId=5XscGP9TQeeKw49W2eorzQ%3D%3D>, 15/12/2023.
- Macdonald-Smith, Angela, “AGL Energy's Loy Yang A to host \$500m hydrogen pilot project”, *Financial Review*, 11 aprile 2018, <https://www.afr.com/companies/mining/agl-energys-loy-yang-a-to-host-500m-hydrogen-pilot-project-20180411-h0ym0k>, 15/12/2023.
- MACHIDA, Akira; CHIKAHATA, Kiyomitsu; NAKAMURA, Mamoru; NANBU, Taketoshi; KAWAKAMI, Hiroshi, “Data logger system of Tokai (I) Nuclear Power Station, the Japan Atomic Power Company”, 1977, <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=9418610>, 15/12/2023.
- Mainichi Japan, “Failure of world's 1st offshore floating wind farm in Fukushima disappoints 3.11 survivors”, *The Mainichi*, 6 marzo 2021, <https://mainichi.jp/english/articles/20210305/p2a/00m/0na/034000c>, 15/12/2023.
- METI, “Enerugi kohon keikaku” (Piano Energetico di Base), 1 giugno 2010,  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/100618honbun.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/100618honbun.pdf), 15/12/2023.  
経済産業省、「エネルギー基本計画」、2010年6月1日。
- METI, “Feed-in Tariff Scheme for Renewable Energy”, 2 settembre 2011,  
[https://www.meti.go.jp/english/policy/energy\\_environment/renewable/pdf/summary201109.pdf](https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/renewable/pdf/summary201109.pdf), 15/12/2023.
- METI, “Feed-in Tariff Scheme in Japan”, 17 luglio 2012,  
[https://www.meti.go.jp/english/policy/energy\\_environment/renewable/](https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/renewable/), 15/12/2023.
- METI, “Enerugi kohon keikaku” (Piano energetico di base), 11 aprile 2014,  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/pdf/140411.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf), 15/12/2023.  
経済産業省、「エネルギー基本計画」、2014年4月11日。

- METI, “Long-term Energy Supply and Demand Outlook”, 1 luglio 2015, <https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Long-term%20Energy%20Supply%20and%20Demand%20Outlook.pdf>, 15/12/2023.
- METI, “Suiso kihon senryaku” (Strategia di base per l’idrogeno), 26 dicembre 2017, [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei\\_energy/pdf/hydrogen\\_basic\\_strategy.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf), 15/12/2023.  
経済産業省、「水素基本戦略」、2017年12月26日。
- METI, “State Minister Ejima Signs MOC on Hydrogen with H.E. Suhail Mohamed Al Mazrouei, Minister of Energy and Infrastructure, UAE”, 9 aprile 2021, [https://www.meti.go.jp/english/press/2021/0409\\_001.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2021/0409_001.html), 15/12/2023.
- METI, “Enerugī kihon keikaku” (Piano energetico di base), 22 ottobre 2021, <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf>, 15/12/2023.  
経済産業省、「エネルギー基本計画」、2021年10月22日。
- METI, “Outline of Strategic Energy Plan”, 26 novembre 2021, [https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic\\_plan/pdf/6th\\_outline.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/6th_outline.pdf), 15/12/2023.
- METI, “JAPAN'S ENERGY: 10 questions for understanding the current energy situation”, febbraio 2022, <https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/brochures/>, 15/12/2023.
- METI, “Renewable Energy Purchase Prices, Surcharge Rate, and Other Details related to FIT and FIP Schemes from FY2022 Onward to Be Determined”, 25 marzo 2022, <https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220325006/20220325006.html>, 15/12/2023.
- METI, “Renewable Energy Purchase Prices, Surcharge Rate, and Other Details related to FIT and FIP Schemes from FY2022 Onward to Be Determined”, 25 marzo 2022, [https://www.meti.go.jp/english/press/2022/0325\\_004.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2022/0325_004.html), 15/12/2023.
- METI, “2020 nendo enerugī jukyū jisseki” (Risultati della domanda e dell’offerta di energia nel 2020), 15 aprile 2022, <https://www.meti.go.jp/press/2022/04/20220415003/20220415003-1.pdf>, 15/12/2023.  
経済産業省、「2020年度エネルギー需給実績」、2022年4月15日。
- METI, “G7 Sapporo kikō enerugī kankyō daijin kaigō o kaisai shimashita” (Si è tenuta la riunione dei ministri del G7 per il clima, l’energia e l’ambiente a Sapporo), 17 aprile 2023, <https://www.meti.go.jp/press/2023/04/20230417004/20230417004.html>, 15/12/2023.

経済産業省、「G7 札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合を開催しました」、2023年4月17日。

METI, “Suiso kihon senryaku” (Strategia di base per l’idrogeno), 6 giugno 2023, [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/suiso\\_seisaku/pdf/20230606\\_2.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_2.pdf), 15/12/2023.

経済産業省、「水素基本戦略」、2023年6月6日。

Michelin, “All professionals in Japan”, 16 novembre 2023, <https://www.truckfly.com/en/truck-stops-parkings-gas-stations/jp/>, 15/12/2023.

Mihalascu, Dan, “Le batterie 4680 di Tesla fanno progressi: +10% di densità energetica”, 21 luglio 2023, <https://insideevs.it/news/678027/tesla-batterie-4680-densita-energetica/>, 15/12/2023.

Ministero della Salute, “Ossido e biossido di azoto”, 2015, [https://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_opuscoliPoster\\_283\\_ulterioriallegati\\_ulterioreallegato\\_0\\_alleg.pdf](https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_283_ulterioriallegati_ulterioreallegato_0_alleg.pdf), 15/12/2023.

Motazed, Kavan; Salkuye, Yaser Khojasteh; Laurenzi, Ian; MacLean, Heather; Bergerson, Joule, “Economic and environmental competitiveness of high temperature electrolysis for hydrogen production”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 41, 28 marzo 2021, pp.21274-21288, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319921012222>, 15/12/2023.

MURAKAMI, Sakura, “Japan hopes to restart four more nuclear reactors by winter”, *Reuters*, 15 luglio 2022, <https://www.reuters.com/business/energy/japan-hopes-restart-4-more-nuclear-reactors-by-winter-2022-07-15/>, 15/12/2023.

MURAKAMI, Sakura; Park, Ju-min; Slodkowski, Antoni, “Olympics host city Tokyo bans spectators amid COVID-19 emergency”, *Reuters*, 8 luglio 2021, <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/japan-set-declare-state-emergency-tokyo-area-through-aug-22-minister-2021-07-08/>, 15/12/2023.

Musk, Elon, “All Our Patent Are Belong To You”, 12 giugno 2014, <https://www.tesla.com/blog/all-our-patent-are-belong-you>, 15/12/2023.

NAKANO, Jane, “Japan’s Hydrogen Industrial Strategy”, 21 ottobre 2021, <https://www.csis.org/analysis/japans-hydrogen-industrial-strategy>, 15/12/2023.

National Institute for Environmental Studies, “Nenryō denchi jidōsha (FCV)” (Veicolo a celle a combustibile (FCV)), 1 ottobre 2016, <https://t.ly/ftH6m>, 15/12/2023.

環境展望台、「燃料電池自動車 (FCV)」、2016年10月1日.

Navarra, Maria; Scrosati, Bruno, “Enciclopedia della Scienza e della Tecnica”, *TRECCANI*, 2008, [https://www.treccani.it/enciclopedia/celle-a-combustibile\\_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/celle-a-combustibile_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/), 15/12/2023.

NEDO, “Hydrogen Energy Ministerial Meeting 2018”, 23 ottobre 2018, <https://www.nedo.go.jp/content/100884654.pdf>, 15/12/2023.

NEDO, “Tōkyō sengen” (Dichiarazione di Tōkyō), 23 ottobre 2018, <https://www.nedo.go.jp/content/100920887.pdf>, 15/12/2023.

新エネルギー・産業技術総合開発機構、「東京宣言」、2018年10月23日.

NEDO, “Fukushima Hydrogen Energy Research Field (FH2R)”, 29 ottobre 2019, <https://www.nedo.go.jp/content/100899755.pdf>, 15/12/2023.

NEDO, “Development of Material Evaluation Techniques for Advanced and Innovative Batteries (Phase 2)”, 20 luglio 2022, [https://www.nedo.go.jp/english/activities/activities\\_ZZJP\\_100146.html](https://www.nedo.go.jp/english/activities/activities_ZZJP_100146.html), 15/12/2023.

Newborough, Marcus; Cooley, Graham, “Developments in the global hydrogen market: The spectrum of hydrogen colours”, *Fuel Cells Bulletin*, 2020, 11, 4 novembre 2021, pp.16-22. ITM Power Plc, Sheffield, Regno Unito. <https://www.magonlinelibrary.com/doi/epub/10.1016/S1464-2859%2820%2930546-0>, 15/12/2023.

Nikkei Japan, “Kawajū nado, nichigō-kan no suiso unpan jishō seikō kobeshi de shikiten” (Dimostrazione di successo del trasporto di idrogeno tra Giappone e Australia condotta da Kawasaki heavy industries, cerimonia nella città di Kobe), *Nikkei Shinbun*, 9 aprile 2022, <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC089H60Y2A400C2000000/>, 15/12/2023.

日本経済新聞、「川重など、日豪間の水素運搬実証成功 神戸市で式典」、日本経済新聞、2022年4月9日.

- Nikolaidis, Pavlos; Poullikkas, Andreas, “A comparative overview of hydrogen production processes”, 9 marzo 2016, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, pp.597-611, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116305366?via%3Dihub>, 15/12/2023.
- Nisbet, E. G.; Manning, M. R.; Dlogokencky, E. j.; Fisher, R. E., “Very Strong Atmospheric Methane Growth in the 4 Years 2014–2017: Implications for the Paris Agreement”, *Global Biogeochemical Cycles*, 33, 3, 5 febbraio 2019, pp.318-342, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018GB006009>, 15/12/2023.
- Norberg-Bohm, Vicki; Rossi, Mark, “The power of incrementalism: Environmental Regulation and Technological Change in Pulp and Paper Bleaching in the US”, *Technology Analysis & Strategic Management*, 10, 2, 1998, pg. 225-245, <https://doi.org/10.1080/09537329808524313>, 15/12/2023.
- Nuclear Regulation Authority, “Convention on Nuclear Safety National Report of Japan for 6th Review Meeting”, agosto 2013, <https://www.nra.go.jp/data/000067034.pdf>, 15/12/2023.
- OBAYASHI, Yuka, “Japan's Sojitz to provide green hydrogen made in Australia to Palau”, *Reuters*, 12 gennaio 2022, <https://www.reuters.com/business/energy/japans-sojitz-provide-green-hydrogen-made-australia-palau-2022-01-12/>, 15/12/2023.
- OGAWA, Kazuhiro, “Japan taps Australia and Brunei for hydrogen import goal”, *Nikkei Asia*, 15 ottobre 2020, <https://asia.nikkei.com/Business/Energy/Japan-taps-Australia-and-Brunei-for-hydrogen-import-goal#:~:text=TOKYO%20%2D%20Japan%20plans%20to,a%20year%20by%20around%202030>, 15/12/2023.
- OHNO, Teruyuki; NISHIDA, Yuko; ISHIHARA, Toshikazu; HIROSE, Akiko, “Suiso shakai' no gensō wo koete” (Oltre la fantasia di una “società dell'idrogeno”), Renewable Energy Institute, settembre 2022, [https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI\\_JapanHydrogenStrategy\\_202209.pdf](https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_JapanHydrogenStrategy_202209.pdf), 15/12/2023.
- 大野輝之、西田裕子、石原寿和、広瀬朗子、『日本の水素戦略の再検討、「水素社会」の幻想を超えて』、自然エネルギー財団、2022年9月。
- OKAMURA, Lila, “Energy Policy in Japan”, *The Ecological Modernization Capacity of Japan and Germany: Comparing Nuclear Energy, Renewables, Automobility and Rare Earth Policy*, 1, 11 agosto 2019,

pp.41-51, Springer VS Wiesbaden, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-27405-4>, 15/12/2023.

Orecchini, Fabio; Naso, Vincenzo, “Energy Vectors”, *Energy Systems in the Era of Energy Vectors: A Key to Define, Analyze and Design Energy Systems Beyond Fossil Fuels*, 1, 17 ottobre 2011, pp.97-177. Springer London. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-85729-244-5>, 15/12/2023.

ORIX, “ORIX to Begin Construction of 6.5 MW Geothermal Power Plant in Hokkaido”, 8 agosto 2019, [https://www.orix.co.jp/grp/en/newsrelease/190808\\_ORIXE.html](https://www.orix.co.jp/grp/en/newsrelease/190808_ORIXE.html), 15/12/2023.

Osaka Gas Co., Ltd., “Sold a Total of 150,000 Units of the Ene-Farm Fuel Cell System for Residential Use”, 10 settembre 2021, [https://www.osakagas.co.jp/en/whatsnew/\\_icsFiles/afieldfile/2021/09/16/210910.pdf](https://www.osakagas.co.jp/en/whatsnew/_icsFiles/afieldfile/2021/09/16/210910.pdf), 15/12/2023.

Osaka gas Co., Ltd., “Joint venture announce for Desert Bloom (Green) Hydrogen”, 12 aprile 2022, [https://www.osakagas.co.jp/en/whatsnew/\\_icsFiles/afieldfile/2022/04/12/220412\\_2.pdf](https://www.osakagas.co.jp/en/whatsnew/_icsFiles/afieldfile/2022/04/12/220412_2.pdf), 15/12/2023.

Ozturk, Merve; Dincer, Ibrahim, “A comprehensive review on power-to-gas with hydrogen options for cleaner applications”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 62, 11 luglio 2021, pp.31511-31522, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319921027075?via%3Dihub>, 15/12/2023.

Panasonic, “Toyota and Panasonic Decide to Establish Joint Venture Specializing in Automotive Prismatic Batteries”, 3 febbraio 2020, <https://news.panasonic.com/global/press/en200203-4>, 15/12/2023.

Panasonic, “Enefāmu to wa” (Cos'è Ene Farm?), 31 ottobre 2023, <https://panasonic.biz/appliance/FC/enefarm/index.html>, 15/12/2023.  
パナソニック、「エネファームとは」、2023年10月31日。

Parlamento Europeo, “Renewable hydrogen: what are the benefits for the EU?”, 12 luglio 2023, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20210512STO04004/renewable-hydrogen-what-are-the-benefits-for-the-eu>, 15/12/2023.

Pérez, Brandon; Jiménez, José; Bhardwaj, Rajat; Goetheer, Earl, “Methane pyrolysis in a molten gallium bubble column reactor for sustainable hydrogen production: Proof of concept & techno-economic assessment”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 7, 8 novembre 2020, pp.4917-4935, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319920342816?via%3Dihub>, 15/12/2023.



- Petutschnig, Jakob, “Perché i contratti per differenza di carbonio potrebbero essere la misura politica di cui l'Europa ha bisogno per decarbonizzare l'industria”, 25 agosto 2022, <https://www.catf.us/it/2022/08/why-carbon-contracts-difference-could-policy-measure-europe-needs-decarbonise-industry/>, 15/12/2023.
- Primo Ministro KISHIDA Fumio, “Video Message by Prime Minister KISHIDA Fumio at the Hydrogen Council Global CEO Meeting”, 2 giugno 2023, [https://japan.kantei.go.jp/101\\_kishida/statement/202306/02message.html](https://japan.kantei.go.jp/101_kishida/statement/202306/02message.html), 15/12/2023.
- Ravikumar, Sachin; Carey, Nick, “Auto industry slams Britain's petrol car ban delay and confusion”, *Reuters*, 20 settembre 2023, <https://www.reuters.com/world/uk/british-carmakers-slam-flip-flop-petrol-car-ban-seek-certainty-2023-09-20/>, 15/12/2023.
- Scamman, D.; Newborough, M., “Using surplus nuclear power for hydrogen mobility and power-to-gas in France”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 24, 22 aprile 2016, pp.10080-10089, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319915307576?via%3Dihub>, 15/12/2023.
- Schneider, Stefan; Bajohr, Siegfried; Graf, Frank; Kolb, Thomas, “State of the Art of Hydrogen Production via Pyrolysis of Natural Gas”, *ChemBioEng Reviews*, 7, 5, 12 agosto 2020, pp.150-158, Wiley, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cben.202000014>, 15/12/2023.
- Schulz, Martin, “The Future of the Japanese Automotive Industry”, *The Ecological Modernization Capacity of Japan and Germany*, 11 agosto 2019, pp.137–154, Springer VS Wiesbaden, [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-27405-4\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-27405-4_10), 15/12/2023.
- Scita, Rossana; Raimondi, Pier Paolo; Noussan, Michel, “Green Hydrogen: The Holy Grail of Decarbonisation? An Analysis of the Technical and Geopolitical Implications of the Future Hydrogen Economy”, 12 ottobre 2020, Future Energy Program, <https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/green-hydrogen-the-holy-grail-of-decarbonisation-an-analysis-of-the-technical-and-geopolitical-implications-of-the-future-hydrogen-economy/>, 15/12/2023.
- Singh, Sarita C.; Shah, Aditi, “Toyota lobbies India to cut hybrid-car taxes as much as 21% - letter”, *Reuter*, 23 ottobre 2023, <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/toyota-lobbies-india-cut-hybrid-car-taxes-much-21-letter-2023-10-23/>, 15/12/2023.

- SNAM, “HYDROGEN FOR THE ENERGY TRANSITION”, 8 ottobre 2019, [https://www.snam.it/en/hydrogen\\_challenge/hydrogen\\_energy\\_transition/](https://www.snam.it/en/hydrogen_challenge/hydrogen_energy_transition/), 15/12/2023.
- Sönnichsen, N., “Number of hydrogen fueling stations for road vehicles worldwide as of 2022, by country”, 25 agosto 2023, <https://www.statista.com/statistics/1026719/number-of-hydrogen-fuel-stations-by-country/>, 15/12/2023.
- Stefánsson, Stefán Lárus, “The Utilization of Geothermal Energy in Japan in Harmony with Nature”, 8 marzo 2021, Renewable Energy Institute, [https://www.renewable-ei.org/en/activities/column/REupdate/20210308\\_2.php](https://www.renewable-ei.org/en/activities/column/REupdate/20210308_2.php), 15/12/2023.
- Stendardo, Stefano; Luisetto, Igor, “Potenziale di mitigazione delle emissioni di CO2 attraverso la cattura, il riuso e la rimozione del carbonio dall’aria: applicazione di tecnologie a basse emissioni di CO2 a industrie energivore”, dicembre 2019, [https://www2.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali/report-rds\\_ptr2019\\_066.pdf](https://www2.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/efficienza-energetica-dei-prodotti-e-dei-processi-industriali/report-rds_ptr2019_066.pdf), 15/12/2023.
- Suarez, Fernando F.; Grodal, Stine; Gotsopoulos, Aleksios, “Perfect Timing? Dominant Category, Dominant Design, and the Window of Opportunity for Firm Entry”, *Strategic Management Journal*, 36, 3, 1 marzo 2015, pp.437-448, [https://www.researchgate.net/publication/259543032\\_Perfect\\_Timing\\_Dominant\\_Category\\_Dominant\\_Design\\_and\\_the\\_Window\\_of\\_Opportunity\\_for\\_Firm\\_Entry](https://www.researchgate.net/publication/259543032_Perfect_Timing_Dominant_Category_Dominant_Design_and_the_Window_of_Opportunity_for_Firm_Entry), 15/12/2023.
- TABUCHI, Hiroko, “Toyota Led on Clean Cars. Now Critics Say It Works to Delay Them”, *The New York Times*, 25 luglio 2021, <https://www.nytimes.com/2021/07/25/climate/toyota-electric-hydrogen.html>, 19/01/2024.
- TAJITSU, Naomi; Nussey, Sam, “Toyota takes stake in Mazda, links up for \$1.6 billion U.S. plant”, *Reuters*, 4 agosto 2017, <https://www.reuters.com/article/idUSKBN1AK09O/>, 15/12/2023.
- TANKAI, Miho, “Isuzu and Toyota to mass produce light hydrogen fuel cell truck”, *NIKKEI Asia*, 25 ottobre 2023, <https://asia.nikkei.com/Business/Automobiles/Isuzu-and-Toyota-to-mass-produce-light-hydrogen-fuel-cell-truck>, 15/12/2023.
- TANOUE, Tetsuharu; YATSUSHIRO, Misato; KUMAZAWA, Toshimitsu, “Suiso enerugīshisutemu no jōtai kanshi seigyō o jitsugen suru kurau-do-gata dejitarusābisu” (Servizio digitale basato su cloud per il monitoraggio e il controllo dei sistemi di produzione di energia a idrogeno), *Tōshiba rebyū* (recensione

Toshiba), 75, 3, maggio 2020,

[https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/energysolution/ess/technology/image/Vol.75No3\\_a09.pdf](https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/energysolution/ess/technology/image/Vol.75No3_a09.pdf), 15/12/2023.

田上哲治、八城美里、熊澤俊光、「水素エネルギーシステムの状態監視・制御を実現するクラウド型デジタルサービス」、東芝レビュー、75、3、2020年5月。

Taylor, Angus, “Australia Japan Clean Hydrogen Trade Partnership”, 7 gennaio 2022, Ministers for the Department of Industry, Science and Resources,

<https://www.minister.industry.gov.au/ministers/taylor/media-releases/australia-japan-clean-hydrogen-trade-partnership>, 15/12/2023.

Teixeira, Marcelo, “Mexico clashes with auto industry over fuel efficiency”, *Reuter*, 26 ottobre 2012,

<https://www.reuters.com/article/mexico-auto-idINL1E8LQ8AU20121026/>, 15/12/2023.

The Energy and Environment Council, “Innovative Strategy for Energy and the Environment”, 14 settembre 2012,

<https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Innovative%20Strategy%20for%20Energy%20and%20the%20Environment.pdf>, 15/12/2023.

Toshiba, “Toshiba's H2One™ to support Disaster Recovery in Sendai, Miyagi Prefecture”, 30 ottobre 2018,

<https://www.global.toshiba/ww/news/energy/2017/10/news-20171030-01.html>, 15/12/2023.

TOYODA, Akio, “Nihon no jidōsha sangyō-naradeha no tsuyo Sato wa Jikōkai kaiken” (La forza dell'industria automobilistica giapponese, conferenza della JAMA) , 19 maggio 2022,

[https://toyotatimes.jp/toyota\\_news/1002.html](https://toyotatimes.jp/toyota_news/1002.html), 15/12/2023.

豊田章男、「日本の自動車産業ならではの強さとは自工会会見」、2022年5月19日。

Toyota, “Nenryō denchi jidōsha no kokunai ichiba dōnyū to suiso kyōkyū infura seibi ni kansuru kyōdō seimei” (Dichiarazione congiunta sull'introduzione dei veicoli a celle a combustibile nel mercato interno e sullo sviluppo delle infrastrutture per la fornitura di idrogeno), 13 gennaio 2011,

<https://global.toyota.jp/detail/1957365>, 15/12/2023.

トヨタ、「燃料電池自動車の国内市場導入と水素供給インフラ整備に関する共同声明」、2011年1月13日。

Toyota, “Prius Plug-in Hybrid 2012 DPL: Plug-in hybrid powertrain based on HSD technology”, 21 agosto 2012, <https://newsroom.toyota.eu/2019-prius-plug-in-hybrid-2012-dpl-plug-in-hybrid-powertrain-based-on-hsd-technology/>, 15/12/2023.

Toyota, “Mirai to suiso no FAQ” (FAQ su MIRAI e idrogeno), 2016, <https://toyota.jp/mirai/station/faq/#:~:text=MIRAI%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6&text=%E9%85%B8%E7%B4%A0%E3%81%A8%E6%B0%B4%E7%B4%A0%E3%82%92%E3%80%8C%E7%87%83%E6%96%99,%E5%9B%9E%E3%81%97%E3%81%A6%E8%B5%B0%E3%82%8B%E3%82%AF%E3%83%AB%E3%83%9E%E3%81%A7>, 15/12/2023.

トヨタ、「MIRAIと水素のFAQ」、2016年。

Toyota, “Toyota and Daihatsu to Strengthen Small Car Operations through Unified Global Strategy”, 29 gennaio 2016, <https://global.toyota/en/detail/11038357>, 15/12/2023.

Toyota, “Toyota and SoftBank Joint Venture, MONET, Starts Operations”, 1 febbraio 2019, <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/26434644.html>, 15/12/2023.

Toyota, “DENSO and Toyota Agree to Establish a Joint Venture for Research and Advanced Development of Next-generation, In-vehicle Semiconductors”, 10 luglio 2019, <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/28818821.html>, 15/12/2023.

Toyota, “Toyota’s Views on Climate Public Policies 2022”, dicembre 2022, [https://global.toyota/pages/global\\_toyota/sustainability/esg/environmental/climate\\_public\\_policies\\_2022\\_en.pdf](https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/esg/environmental/climate_public_policies_2022_en.pdf), 15/12/2023.

Toyota, “Applications”, 2023, <https://www.toyota.co.jp/fuelcells/en/applications.html>, 15/12/2023.

Toyota, “Overview”, 31 marzo 2023, <https://global.toyota/en/company/profile/overview/>, 15/12/2023.

Toyota, “PACCAR and Toyota Expand Hydrogen Fuel Cell Truck Collaboration to Include Commercialization”, 2 maggio 2023, <https://pressroom.toyota.com/paccar-and-toyota-expand-hydrogen-fuel-cell-truck-collaboration-to-include-commercialization/>, 15/12/2023.

Toyota, “Toyota in the World”, 30 ottobre 2023, <https://www.toyotauk.com/about-toyota/toyota-in-the-world>, 15/12/2023.

- Toyota Motor Corporation, “Toyota Unveils Bold New Environmental Targets”, 14 ottobre 2015, <https://global.toyota/en/detail/9889509>, 15/12/2023.
- TRECCANI, “Definizione "Carbon Tax"”, *TRECCANI*, 2012, [https://www.treccani.it/enciclopedia/carbon-tax\\_\(Dizionario-di-Economia-e-Finanza\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/carbon-tax_(Dizionario-di-Economia-e-Finanza)/), 15/12/2023.
- U.S. Department of energy, “U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap”, giugno 2023, <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>,
- Wayland, Michael, “Toyota CEO Akio Toyoda talks about why he isn’t all-in on EVs - and what made him do a ‘happy dance’”, 2 ottobre 2022, <https://www.cnbc.com/2022/10/02/toyota-ceo-akio-toyoda-electric-vehicles-happy-dance.html>, 15/12/2023.
- Wesseling, Joeri, “Exploring car manufacturers’ responses to technology-forcing regulation: The case of California’s ZEV mandate”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 12 febbraio 2015, pp.87-105, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210422415000258>, 15/12/2023.
- YAMAMITSU, Eimi, “Japan's car lobby says it can lead the drive for carbon neutrality”, *Reuters*, 21 aprile 2021, <https://www.reuters.com/business/environment/japans-car-lobby-says-it-can-lead-drive-carbon-neutrality-2021-04-22/>, 15/12/2023.
- YAMAZAKI, Makiko, “Exclusive: After pressure from Toyota chief, Japan emphasized support for hybrids”, *Reuters*, 24 giugno 2022, <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/exclusive-japan-emphasised-hybrids-policy-document-after-lawmaker-cited-lobbying-2022-06-24/>, 15/12/2023.
- Yukesh Kannah, R.; Kavitha, S., “Techno-economic assessment of various hydrogen production methods – A review”, *Bioresource Technology*, 319, 22 settembre 2020, p.124175, Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852420314498?via%3Dihub>, 15/12/2023.
- Zhang, Yan; Goh, Brenda, “China's Nio opens trial for high-speed EV battery swapping stations”, *Reuters*, 28 marzo 2023, <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/chinas-nio-opens-trial-high-speed-ev-battery-swapping-stations-2023-03-28/>, 15/12/2023.
- Zhao, Guangling; Kraglund, Mikkel Rykær; Frandsen, Henrik Lund; Wulff, Anders Christian; Jensen, Søren Højgaard; Chen, Ming, Graves, Christopher R., “Life cycle assessment of H<sub>2</sub>O electrolysis technologies”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45, 43, 30 maggio 2020, pp.23765-23781,

Elsevier, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319920327087?via%3Dihub>,  
15/12/2023.

Tōkyō Shōkō Kaigisho, ““Kakushinteki enerugī kankyō senryaku” ni tsuite” (Informazioni sulla “Strategia innovativa per l’energia e l’ambiente”), 14 settembre 2012, <https://www.tokyo-cci.or.jp/page.jsp?id=21749>, 15/12/2023.

東京商工会議所、「「革新的エネルギー・環境戦略」について」、2012年9月14日.

Sentaku, “Toyota ga baramaku “EV hihan hon” media ya seikai ni rokotsuna kōsaku” (Toyota diffonde un “libro di critica ai veicoli elettrici”, manipolazione palese dei media e del mondo politico), 12 agosto 2021, <https://www.sentaku.co.jp/articles/view/21652>, 15/12/2023.

選択、「トヨタがばらまく「EV 批判本」メディアや政界に露骨な工作」、  
2021年8月12日.