

作者：  
Global X Team

日期：2020 年 7 月 14 日  
主題：主題式



## GLOBAL X ETF 研究

# 氫介紹

實現淨零排放是 21 世紀最迫切的全球共同目標之一。而有關計劃的關鍵就是氫。

地球的氣候正在惡化。去年秋季，我們發布了一份 [報告](#)，講述氣溫持續上升以及為什麼這對全世界數十億人口構成生存威脅，包括海岸線被淹沒、更多自然災害、致命熱浪和經濟崩壞。從那時起，2020 年與 2016 年打成平手，成為有紀錄以來最熱的兩年，而 2021 年的氣溫更已再創致命新高。<sup>1,2</sup> 俄勒岡州波特蘭市連續三天錄得歷史最高氣溫，達華氏 40°，比 6 月歷史平均氣溫更高，導致 116 人死亡。<sup>3,4</sup> 在世界各地如西伯利亞、莫斯科以及整個中歐和東歐，類似的熱浪亦正在肆虐。<sup>5</sup> 然而，這些變化的根源問題還是沒有改善。

大約 75% 的暖化來自大氣中的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)，而自工業革命開始以來，因為人類的緣故，二氧化碳的濃度增加了 47%。<sup>6,7</sup> 全球認為將暖化限制在高於工業革命前水平攝氏 1.5° 以內可以限制氣候風險，如果我們能在 2030 年之前將排放量從 2010 年的水平減少 45%，那麼這個途徑是可以實現的。<sup>8</sup> 關鍵是過渡到可再生能源生產以及將仍然依賴化石燃料的經濟領域電氣化。但有些行業無法實現電氣化，許多工業過程會釋放與能源無關的排放物。氫可以為這些漏洞提供解決方案。

下文將探討在努力實現淨零排放和限制氣候變化方面氫可發揮的重要作用。

### 關鍵要點

- 氫可以幫助交通、建築和工業等難以電氣化的行業脫碳
- 更可負擔以及更豐富的可再生能源正在降低製氫成本
- 氫燃料電池可以產生零碳電力，為汽車和建築供暖等提供能源
- 氫可以為可變可再生能源的儲存提供解決方案

### 奠定基礎：可再生能源只能走這麼遠

雖然向潔淨能源轉型正在順利進行，但單是這樣並不足夠。在 2020 年，可再生能源佔全球發電量 29%，比 2019 年增加 2%，比 2010 年增加近 10%。<sup>9</sup> 然而，電力最終用途僅佔最終能源消耗總量的一小部分，2019 年僅為 17%，運輸、建築和工業過程佔其餘部分。<sup>10</sup> 因此，儘管可再生能源在電力行業中所佔比例持續增長，但脫碳需要所有行業均向潔淨能源過渡。

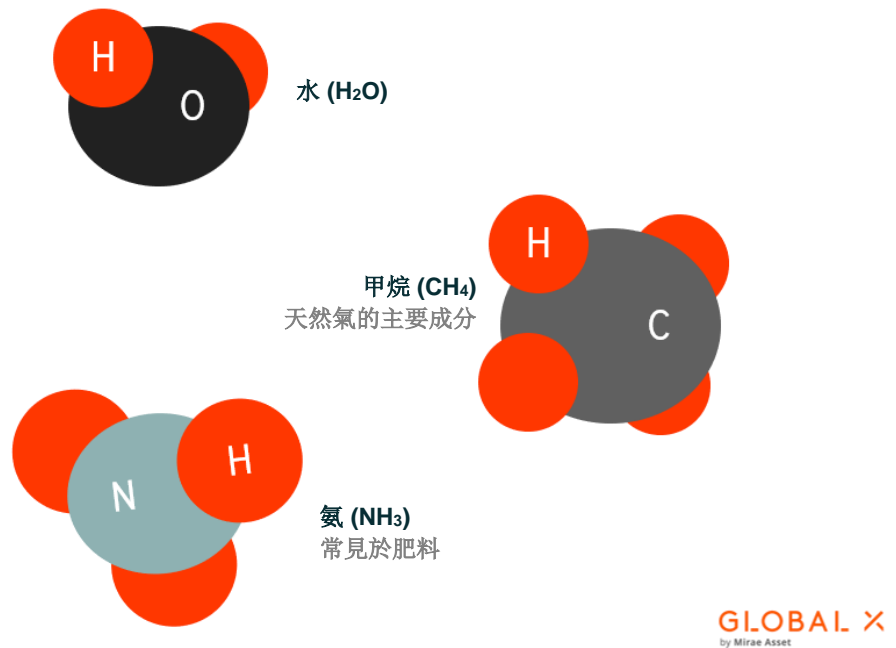


建築、交通和工業仍然高度依賴高排放的化石燃料。2020 年，可再生能源僅佔主要能源消耗的 12.6%。<sup>11</sup> 將這些行業直接電氣化可以有效將能源消耗組合轉向可再生能源，但電氣化並不總是可行或可能的。剩餘的能源消耗份額必須來自其他零排放來源。這就是氫的重要之處。

### 為什麼是氫？

氫是宇宙中最豐富和最輕的元素。在標準條件下，氫是一種具有巨大潛力可作為能量載體的氣體 ( $H_2$ )，其能量含量是汽油的三倍。<sup>12</sup> 在地球上，它僅能與水 ( $H_2O$ ) 和甲烷 ( $CH_4$ ) 等分子中的其他元素自然結合，必須被分解為  $H_2$  才可被單獨使用，這稱為製氫。

**氫是宇宙中最豐富的元素，但僅以分子形式在地球上自然存在，並與其他元素結合**



儘管具有能源潛力，但如今氫主要用作精煉石油、處理金屬和生產肥料的原料。這些氫幾乎所有都是利用蒸汽甲烷轉化或氯化（灰氫）等化石燃料密集方法生產的。<sup>13</sup> 根據國際能源署 (IEA)，製氫使用了全球 6% 的天然氣和全球 2% 的煤，每年產生超過 8.3 億噸的二氧化碳排放。<sup>14</sup> 然而，製氫不一定會大量排放，它作為能源載體的潛力實際上可以促進脫碳。事實上，到 2050 年，低碳到零碳生產可使氫市場價值高達 11 萬億美元，在將暖化限制在攝氏 1.5° 以下的情況下，氫的年需求量將從目前的 70 兆噸 (Mt) 增加到 613 兆噸。<sup>15</sup>

當前的生產方法可以利用碳捕獲和儲存 (CCS) 來減少排放，未來可能減少 85-95%。<sup>16</sup> 以這種方式製造的氫被稱為「藍氫」。更重要的是，另一種稱為電解的製氫方法有可能在沒任何排放的情況下製氫。水電解是利用電流將水分解成氫和氧的過程。在實踐中，電解在稱為電解槽的設備中進行，該設備使用來自外部能源的電力來生產或電解氫。<sup>17</sup>

如果這種電力來自風能或太陽能光伏 (PV) 等潔淨能源，製氫是一個零排放過程，由此產生的氫被稱為「綠氫」。

## 氫的三種顏色 (H<sub>2</sub>)

顏色	過程	來源	碳強度
灰氫	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸汽甲烷轉化 (SMR)</li> <li>氣化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>甲烷</li> <li>煤</li> </ul>	高
藍氫	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用碳捕獲與儲存 (CCS) 的 SMR</li> <li>CCS 氣化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>甲烷</li> <li>煤</li> </ul>	低
綠氫	<ul style="list-style-type: none"> <li>電解 (在電解槽內)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可再生電力</li> </ul>	零碳

資料來源：國際再生能源署 (2020 年), Global X ETF, 2021 年 7 月

雖然所有顏色的 H<sub>2</sub> 都具有能源潛力，可以在燃料電池中轉化為電能而不會直接排放，但低碳生產方法是未來氫經濟的關鍵。低碳氫有潛力為上述不能電氣化的行業帶來潔淨能源，並以無數其他方式減少排放。然而，只有過渡至更環保的綠氫後，方可實現。

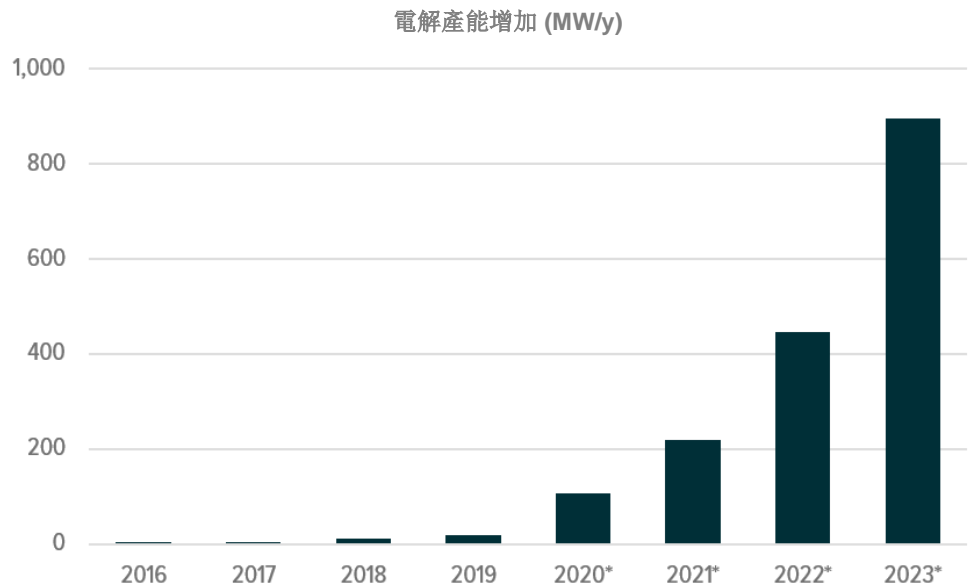
### 實現氫經濟

現時，電解只能產生小部分氫，其中綠氫只有很少。<sup>18</sup> 為什麼？因為綠氫生產是昂貴的。截至 2021 年 3 月，綠氫的生產成本在 3-6.5 美元/公斤之間，而灰氫則為 1.80 美元/公斤，藍氫為 2.40 美元/公斤。<sup>19</sup> 然而，這些數字並未反映該行業過去十年取得的進展：2010 年，綠氫生產成本為 10-15 美元/公斤，比現在約高 2.6 倍。<sup>20</sup>

可再生能源的成本和可用性以及電解槽的成本歷來是使綠氫生產負擔不起的主要因素。但這些障礙現在正在消失。可再生能源比以往任何時候都更便宜以及更容易獲得。過去十年，風能的總發電量增加了近 4 倍，太陽能光伏增加了 17.5 倍，電力的平準化成本大降了 80%。<sup>21,22</sup> 這個趨勢似乎仍在繼續，氫能委員會在 2 月份報告，2021 年可再生能源成本持續下跌，幅度「比之前的預期還要低 15%。」<sup>23</sup> 電解槽成本的下降亦推動更低成本的生產。電解的資本成本從 2010 年到 2020 年下降了 60%，在 2021 年，氫能委員會報告稱其對 2030 年電解槽成本的新預測，較在 2020 年的預測低 30-50%。<sup>24,25</sup>



## 持續下降的電解槽成本正在推動未來幾年顯著增加電解產能的計劃



註：數據由國際能源署於 2020 年 6 月發布；MW/y = 每年兆瓦；\*計劃產能  
資料來源：國際能源署 (2020 年)。氫，國際能源署，巴黎。

GLOBAL X  
by Mirae Asset

以上發展可能會在未來 7 至 13 年內在數個地區使綠氫與灰氫的成本平價，特別是如果碳排放被徵收稅款，導致製氫模式轉變。<sup>26</sup> 雖然這是一種樂觀的看法，但並非不切實際。近年，氫引起了廣泛的關注和投資。截至 2021 年初，超過 75 個國家宣布實現淨零排放的意圖，30 個國家概述了氫實施的具體計劃，世界各國政府承諾在氫價值鏈上投資 700 億美元。<sup>27</sup> 私營機構中有數百個總值高達 3000 億美元的氫相關項目正在進行中或處於規劃階段。<sup>28</sup> 然而，發展成熟的氫經濟還需要大量額外投資；根據能源轉型委員會，從現在到 2050 年，總計需要高達 15 萬億美元。

我們預計綠氫生產的成本將持續下降，為綠氫的可行使用奠定基礎。<sup>29</sup>

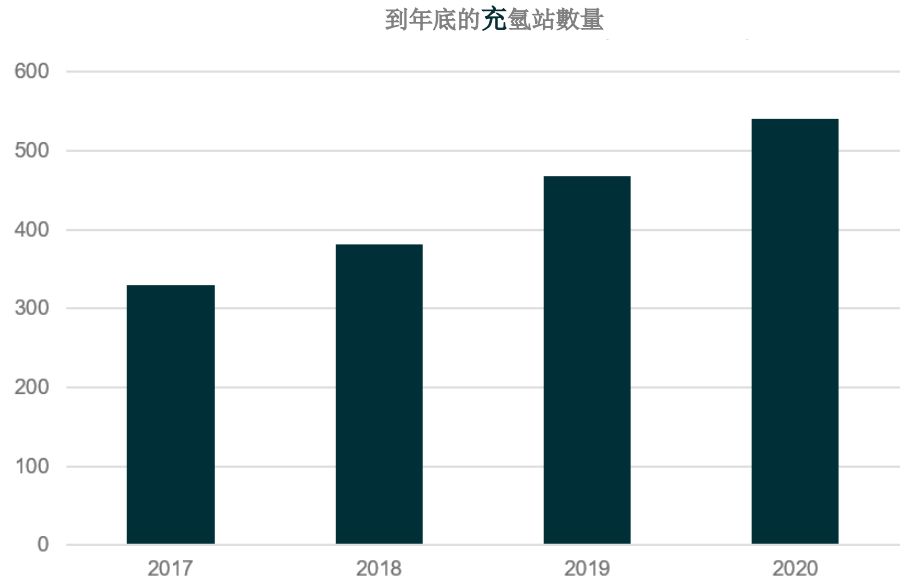
### 利用氫為燃料電池和脫碳工作提供動力

間接電氣化是指在工業過程中投入電力，而不是直接以電力代替化石燃料。<sup>30</sup> 在潔淨能源的環境下，間接電氣化發生在電解製氫時。燃料電池可以利用這種間接電力，通過誘導氫和氧之間的電化學（氧化還原）反應產生電流，所產生的副產物僅為熱量和水。假設氫和化石燃料相比變得具有成本競爭力，氫燃料電池有望為運輸和建築行業實現淨零排放。

燃料電池電動汽車 (FCEV) 依靠零排放電動發動機進行推進，類似純電動汽車 (BEV)。有別於 BEV，FCEV 發動機由燃料電池驅動，該燃料電池利用氫，以 H<sub>2</sub> 的形式儲存於車上的儲存箱中，並利用空氣中的氧作為燃料，以產生源源不絕的電力。與內燃機 (ICE) 汽車相比，BEV 和 FCEV 有許多相同的優勢，包括維修更少、零排放和駕駛較安靜。但它們各自的優勢也有很多。FCEV 以氫間接儲存電力，BEV 則需要利用重型鋰離子電池儲存電力。因此，FCEV 的重量輕很多，可以走更長的行程，在所有溫度的環境下都可以運作，並且加氫所需的時間很短。<sup>31</sup> 在缺點方面，FCEV 的能源效率低於 BEV，因為 FCEV 在通過電解製氫時，能量會間接以熱量的形式流失，在通過燃料電池發電時，能量會直接以熱量的形式流失。

FCEV 的發展仍處於早期階段，可供潛在消費者選擇的 FCEV 數量有限。為 FCEV 加氫是另一個挑戰，因為全球只有不到 550 個加氫站。<sup>32</sup> 令人鼓舞的是加氫站的數目正在增加，近 170 個新的加氫站正在建設或規劃階段（美國除外）。<sup>33</sup> 我們預料隨著綠氫產量的增加以及 FCEV 的採納成為全球脫碳計劃的重要部分，加氫站的增長將進一步加快。注意，傳統電動汽車仍然是通用電氣化的重要組成部分，目前並沒有以 FCEV 取代傳統電動汽車的計劃。如前所述，每種汽車都有自己的長處和短處。我們相信 BEV 是替代 ICE 乘用車的最佳選擇，因為乘用車不需要很長的行程，並且在兩次充電之間持續使用可以補償電池消耗。另一方面，FCEV 是替代 ICE 貨車、跨國巴士和其他中重型長途車輛的更佳選擇。FCEV 比 BEV 能用於更長的路程，而且重量輕很多，這些特徵對於運輸重型貨物，以及基於重量受限和收費的車輛來說非常重要。

**儘管充氫站稀少，但充氫站數量的增加代表未來對 FCEV 需求的增長**



資料來源：Jülich Forschungszentrum, 2021 年。

氫還具有幫助建築物脫碳的潛力，這些建築物大部分使用天然氣或石油供熱和供電。建築行業的電氣化落後於其他行業，主要是因為具成本競爭力的天然氣替代品有限。然而，根據氫能委員會，用於熱電聯產技術 (FC CHP) 的氫燃料電池最早可於 2030 年成為可行的低碳替代品。<sup>34</sup> FC CHP 與 FCEV 中燃料電池的發電方式相同，但 FC CHP 也利用燃料電池的副產品——熱量來將水加熱和為空間供暖。考慮到建築物佔全球能源需求的 33% 和全球排放量的 25%，我們預料 FC CHP 和其他以氫為本的能源選項將在該領域的脫碳工作中發揮重要作用。<sup>35</sup>

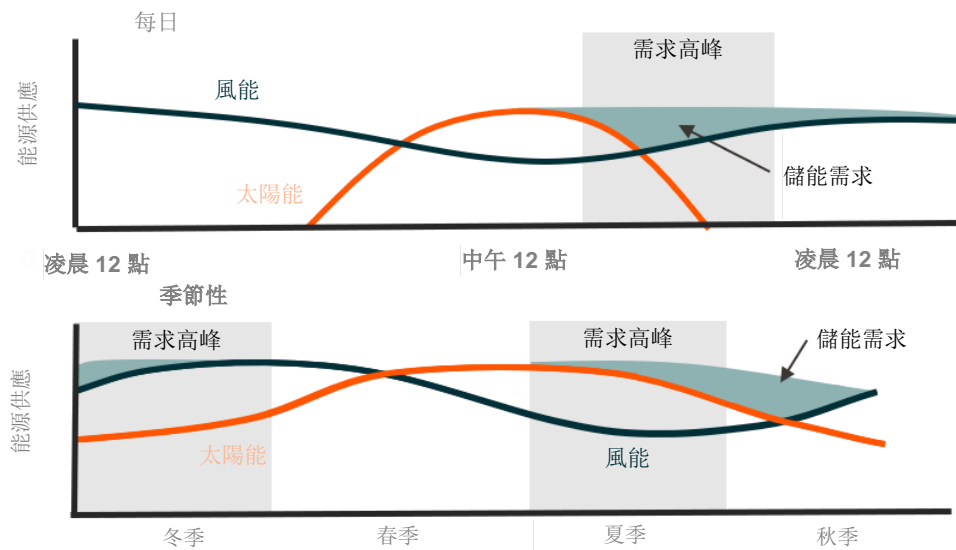


## 利用綠氫實現可變可再生能源

如前所述，更容易獲得和更負擔得起的可再生能源生產是綠氫發展的關鍵因素，但這種動態是雙向的。儲能是風能和太陽能光伏等可變可再生能源 (VRE) 得以被廣泛集成的基礎，而環境因素則直接影響 VRE 發電。VRE 能源可以產生比需求更多或更少的電力，取決於是否有風、有陽光。<sup>36</sup> 集成多種類型的 VRE 可以填補日常和季節性發電缺口，但有效儲存可再生能源可提供更大的靈活性，並容許有創意地利用剩餘電力。

### 長期儲能可以實現可變可再生能源的集成。有別於電池儲存，氫可以滿足這些需求

#### 風能和太陽能的發電模式



註：圖表僅為說明，並不反映確切或接近的數字。  
資料來源：美國國會研究處，Global X ETF，2021 年 7 月。

GLOBAL X  
by Mirae Asset

綠氫具有特別有利的儲存特性，因為它可以儲存能量，以配合發電的季節性波動，這與逐漸失去電量直至電池耗盡的電網規模鋰離子電池不同。<sup>37</sup> 雖然在電解過程之中，能量會以熱量的形式流失，但只要能夠正確儲能，H<sub>2</sub> 仍能保持其能源潛力。這個獨有的特徵帶來的好處不僅是能夠按需求提供能源，更可以幫助穩定電價，從而提高成本回收率，並進一步增加產能。<sup>38</sup> 同時，隨著可再生能源生產商投資電解槽以增加 H<sub>2</sub> 的存量，以上協同效應可進一步推動綠氫的規模經濟。

## 對氫進行投資

氫是宇宙中最豐富的元素，氫化合物是我們每天（即使不是每小時）生活的一部分。然而，直至最近，氫才進入政策制定、項目開發和投資的最前沿。我們相信氫代表新一代潔淨技術，提供電力行業以外的脫碳途徑。雖然氫的發展仍處於早期階段，我們相信對氫和其他潔淨技術進行投資將可受惠於正在重塑我們世界可持續創新的利好因素。



## 氫的子主題

- 製氫：可用作工業和/或商業用途能源的氫（包括綠氫）生產、運輸、儲存和配送。
- 氫燃料電池：開發和/或製造燃料電池（及其組件），將化學能轉化為電能和熱能，由氫燃料和/或轉化富氫氣體提供動力。
- 氫技術：氫電解槽、儲存箱和管道、商業和住宅基礎設施、發電機、發動機和氫燃料電池驅動車輛以及加氫站的生產/建造
- 氫集成：在住宅、商業和工業層面採納和利用氫燃料源的工程和諮詢服務。

---

投資涉及風險，包括可能損失本金。氫公司往往面對激烈的競爭、較短的產品生命週期以及潛在的產品迅速被淘汰。這些公司可能會受到能源價格和可再生能源供需波動、稅收優惠、補貼以及其他政府法規和政策的重大影響。投資小型公司波動性通常較高。



- <sup>1</sup> NASA, "2020 Tied for Warmest Year on Record, NASA Analysis Shows," Jan 14, 2021.
- <sup>2</sup> Financial Times, "Record June heat in North America and Europe linked to climate change," July 9, 2021.
- <sup>3</sup> USA Today, "The heat wave in the West 'virtually impossible' without climate change," July 7, 2021.
- <sup>4</sup> KATU ABC 2 Oregon, "Oregon's heat wave death toll hits 116 on Wednesday," July 7, 2021.
- <sup>5</sup> NADA, "A Scorcher in Siberia and Europe," July 2021.
- <sup>6</sup> Bloomberg, "Annual Greenhouse Gas Emissions," Accessed July 12, 2021.
- <sup>7</sup> NASA, "The Causes of Climate Change," Accessed July 12, 2021.
- <sup>8</sup> IRENA, "World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway," March 2021.
- <sup>9</sup> IEA, "Global Energy Review 2021," April 2021.
- <sup>10</sup> REN21, "Renewables 2021: Global Status Report,"
- <sup>11</sup> BP, "Statistical Review of World Energy 2021," July 2021.
- <sup>12</sup> Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, "Hydrogen explained," Accessed July 10, 2021.
- <sup>13</sup> IRENA, "Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs," 2021.
- <sup>14</sup> IEA, "The Future of Hydrogen," June 2019.
- <sup>15</sup> CNBC, "Hydrogen is at a 'tipping point' with \$11 trillion market set to explode, says Bank of America," September 27, 2020.
- <sup>16</sup> IRENA, "Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs," 2021.
- <sup>17</sup> Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, "Hydrogen Production: Electrolysis," Accessed July 10, 2021.
- <sup>18</sup> IEA, "The Future of Hydrogen," June 2019.
- <sup>19</sup> S&P Global, "Experts explain why green hydrogen costs have fallen and will keep falling," March 2021.
- <sup>20</sup> IRENA, "Green Hydrogen Policy," November 2020.
- <sup>21</sup> IRENA, "Installed Capacity Trends," Accessed Jun 22, 2021.
- <sup>22</sup> Energy Transitions Commission, "Making Mission Possible: Delivering a Net-Zero Economy," Sep 2020.
- <sup>23</sup> Hydrogen Council, "Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness," February 2021.
- <sup>24</sup> IRENA, "Green Hydrogen Policy," November 2020.
- <sup>25</sup> Hydrogen Council, "Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness," February 2021.
- <sup>26</sup> Ibid.
- <sup>27</sup> Ibid.
- <sup>28</sup> Ibid.
- <sup>29</sup> Reuters, "\$15 trillion global hydrogen investment needed to 2050-research," April 26, 2021.
- <sup>30</sup> Vattenfall, "Electricity as an enabler," Accessed July 12, 2021.
- <sup>31</sup> BMW, "Hydrogen fuel cell cars: everything you need to know," September 22, 2020.
- <sup>32</sup> Jülich Forschungszentrum, "Deployment Status of Fuel Cells in Road Transport: 2021 Update," 2021.
- <sup>33</sup> Hydrogen Tools, "International Hydrogen Fueling Stations," March 31, 2021.
- <sup>34</sup> Hydrogen Council, "Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective," January 2020.
- <sup>35</sup> IEA, "Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector," May 2021.
- <sup>36</sup> IRENA, "Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050," 2020.
- <sup>37</sup> IRENA, "Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs," 2021.
- <sup>38</sup> IRENA, "Green Hydrogen Policy," November 2020.
- <sup>39</sup> Solactive Global Hydrogen Index Methodology. If there are fewer than 25 pure-play companies, the index will include companies that have primary business operations in Hydrogen Activities but do not currently generate revenues or generate revenues of less than 50

