

작성자:  
Global X Team

날짜: 2021년 7월 14일  
주제: 테마



## Global X ETFs 리서치

# Introducing the Global X Hydrogen ETF (HYDR)

2021년 7월 14일 Global X Hydrogen ETF (HYDR)이 Nasdaq에 상장했습니다. HYDR은 글로벌 수소 산업의 발전에 수혜를 받는 기업에 투자합니다.

탄소제로 달성은 21세기 전 세계가 공유하는 가장 긴급한 목표 중 하나입니다. 수소는 목표 달성을 위한 핵심입니다.

지구는 심각한 기후변화를 겪고 있습니다. 지난 가을에 당사는 기온이 어떻게 오르고 있는지, 그리고 이것이 전 세계 수십억 명의 사람들에게 존재에 관한 위협이 되는 이유를 다루는 보고서를 발간하였습니다. 이러한 위협에는 해안선 침하, 더 많은 자연 재해, 치명적인 열파 및 경제 붕괴가 포함됩니다. 2020년은 기록상 최고로 더운 해라는 점에서 2016년과 같으며, 2021년은 이미 새로운 최고 기온에 달하고 있으며 생명에 치명적일 정도로 더워졌습니다.<sup>1,2</sup> 오리건 주의 포틀랜드는 3일 연속 최고 기온을 기록하여, 기온이 과거 6월 평균보다 화씨 40도 이상 더워 116명이 사망하였습니다.<sup>3,4</sup> 세계적으로 시베리아의 모스크바, 중부 및 동부 유럽에서 비슷한 열파가 인류를 덮치고 있는 상황입니다.<sup>5</sup> 하지만 이러한 변화의 근본 원인은 항상 같습니다.

더위의 약 75%는 대기 중의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 때문이며, 산업혁명이 시작된 이래 CO<sub>2</sub> 농도가 47% 증가한 것에 대한 책임은 인류에게 있습니다.<sup>6,7</sup> 온난화를 산업화 이전 대비 1.5°C 높은 수준으로 제한하면 기후 위기를 제한할 수 있다는 것은 세계적으로 인정받고 있는 가설이며, 이는 배기가스를 2030년까지 2010년 수준으로부터 45% 줄이는 경우 달성 가능합니다.<sup>8</sup> 재생 에너지로의 전환과 화석 연료에 아직도 의존하고 있는 경제를 전기화하는 것은 이 논의의 핵심입니다. 그러나 일부 섹터는 전기화가 불가능하고, 많은 산업 공정에서는 에너지와 상관없는 배기가스가 배출됩니다. 수소는 이러한 격차에 해결책을 제공합니다.

아래에서 수소가 순 제로 배출과 기후 변화를 제한하는 데 있어서 담당할 수 있는 중대한 역할에 대해 알아볼 것입니다.

### 주요 요약:

- 수소는 운송, 건물 및 산업과 같이 전기화하기가 어려운 섹터에서 탈탄소화에 도움이 될 수 있습니다.
- 더 저렴하고 풍부한 재생 에너지가 수소의 생산 원가를 낮추고 있습니다.
- 수소 연료 전지는 자동차에 동력을 공급하고 건물을 난방하는 제로 탄소 전기를 생산할 수 있습니다.
- 수소는 다양한 재생 에너지원에 대한 저장 해결책 역할을 할 수 있습니다.

### 여건 마련: 재생 전력의 효과는 제한적이다

클린 전력으로의 전환은 잘 진행되고 있지만 이것만으로는 충분하지 않습니다. 글로벌 전기 생산 중에서 재생 전력의 비율은 2020년 29%에 달하여 2019년 대비 2%, 2010년 대비 거의 10% 증가하였습니다.<sup>9</sup> 하지만, 전기의 최종 사용은 총 에너지 소비 중 작은 부분에 불과하여 2019년에 17%이며, 나머지는 운송, 건물 및 산업 공정이 차지하였습니다.<sup>10</sup>

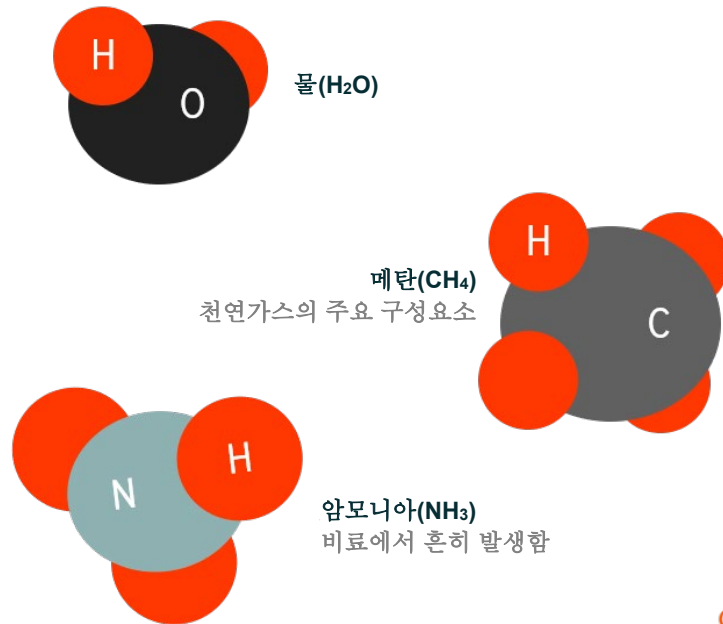


건물, 운송 및 산업은 여전히 배출가스가 많이 발생하는 화석 연료에 의존하고 있습니다. 2020년 재생 에너지 비율은 주요 에너지 소비에서 겨우 12.6%에 불과합니다.<sup>11</sup> 이러한 섹터에서 직접 전기화를 달성하면 에너지 소비 비율을 재생 가능한 원천으로 상당히 이전시킬 수 있지만 전기화가 항상 경쟁력이 있거나 가능한 것은 아닙니다. 에너지 소비의 나머지 부분은 다른 제로 배출 원천에서 찾아야 합니다. 이 때문에 수소가 중요합니다.

## 왜 수소인가?

수소는 우주에 가장 풍부하고 가벼운 원소입니다. 표준 조건에서 수소는 에너지 운반체로서 막대한 잠재력이 있으며 휘발유보다 무게당 세 배 많은 에너지를 함유하고 있는 가스(H<sub>2</sub>)입니다.<sup>12</sup> 지구상에서 수소는 물(H<sub>2</sub>O) 및 메탄(CH<sub>4</sub>)과 같은 분자에서 다른 원소와 결합하여 자연적으로만 발생하며 자체로서 사용하기 위해서는 H<sub>2</sub>로 분리되어야 하는데, 이를 수소 생산이라 부릅니다.

수소는 우주에서 가장 풍부한 원소이지만 지구상에서는 분자 형태로 다른 원소와 결합해야만 자연적으로 발생



에너지로서의 잠재력에도 불구하고 수소는 오늘날 주로 석유 정제, 금속 처리 및 비료 생산의 투입물로 사용됩니다. 이러한 수소의 거의 대부분이 수증기 메탄 개질 또는 가스화라는 화석 연료 집약적 방법을 통해 생산됩니다.<sup>13</sup> 국제원자력기구(IEA)에 따르면 수소 생산은 글로벌 천연가스의 6%, 글로벌 석탄의 2%를 사용하고, 매년 8억 3천만 톤 이상의 CO<sub>2</sub>를 배출합니다.<sup>14</sup> 하지만 수소 생산이 반드시 배출 집약적이지 않으며, 에너지 운반체로서의 가능성은 실제로 탈탄소화에 기여할 수 있습니다. 사실 제로 내지 낮은 탄소 배출로 인해 2050년까지 수소 시장이 11조 달러에 이르고, 1.5°C 온난화 시나리오 하에서 H<sub>2</sub>에 대한 연간 수요가 현재의 70 메가톤에서 613 메가톤으로 증가할 수 있습니다.<sup>15</sup>

현재의 생산 방법은 배기가스를 줄이기 위한 탄소 포집 및 저장(CCS)을 이용하여 향후 85~95%까지 줄이는 것이 가능합니다.<sup>16</sup> 이런 방법으로 생산된 수소는 “블루 수소”라 부릅니다. 그렇지만 더 중요한 점은 전기분해라고 불리는 다른 수소 생산 방식은 배기가스를 전혀 배출하지 않고 수소를 생산할 수 있다는 것입니다. 물 전기분해는 전류를 이용하여 물을 H<sub>2</sub>와 산소로 분리하는 과정입니다. 실제로 전기분해는 외부 에너지원으로터의 전력을 사용하여 수소(전해 수소)를 생산하는 전해조라 불리는 기기에서 이루어집니다.<sup>17</sup>



이 전력이 풍력 또는 태양광 발전(PV)과 같은 클린 에너지로부터 올 때, 수소 생산 공정은 배기가스를 전혀 배출하지 않으며 그렇게 생산된 수소를 “그린 수소”라고 부릅니다.

### 수소(H<sub>2</sub>)의 세 가지 색조

색깔	공정	원천	탄소 집약도
그레이 수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>수증기 메탄 개질(SMR)</li> <li>가스화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메탄</li> <li>석탄</li> </ul>	높음
블루 수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄소 포집 및 저장(CCS)에 의한 SMR</li> <li>CCS에 의한 가스화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메탄</li> <li>석탄</li> </ul>	낮음
그린 수소	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기분해(전해조 내에서)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생 전기</li> </ul>	탄소 제로

출처: IRENA(2020년), Global X ETFs, 2021년 7월

모든 색조의 H<sub>2</sub>가 직접적인 배기가스 배출 없이 연료 전지에서 전기로 전환될 수 있는 에너지 잠재력을 가지고 있지만 탄소 배출이 적은 생산 방식이 미래 수소 경제의 관건을 쥐고 있습니다. 탄소 배출이 적은 수소는 위에서 언급한 전기화가 불가능한 섹터에서도 클린 에너지를 사용할 수 있도록 하며, 무수한 다른 방법을 통해 배기가스를 줄일 수 있습니다. 하지만 이는 그린 수소로의 상당한 전환이 잘 진행될 때에만 실현될 수 있습니다.

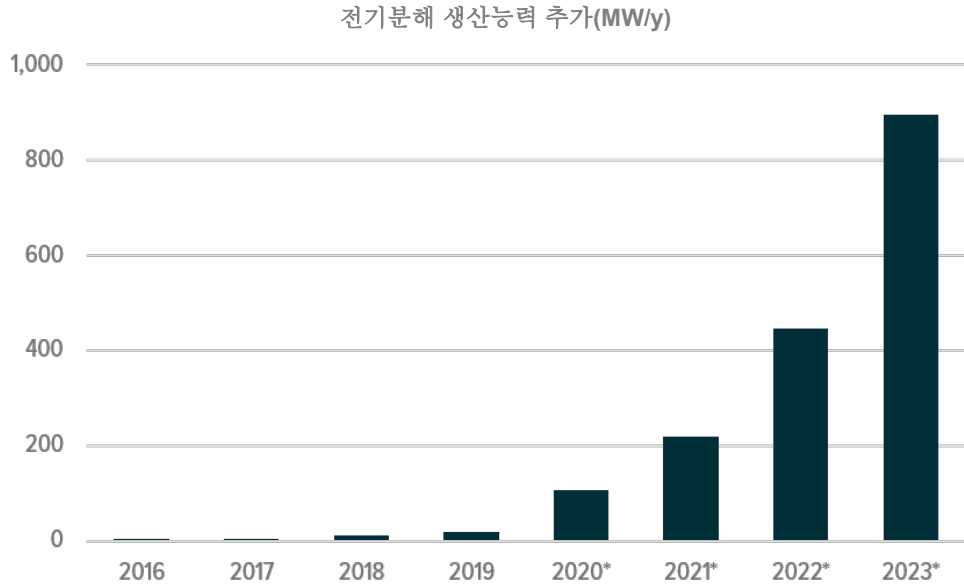
### 수소 경제의 실현

전기분해는 오늘날 수소 생산의 작은 부분만을 차지하며, 그 중 많은 부분은 그린이지 않습니다.<sup>18</sup> 왜 그럴까요? 그린 수소 생산이 비싸기 때문입니다. 2021년 3월 기준 그린 수소의 생산 비용은 kg당 3~6.5달러로 그레이 수소의 kg당 1.80달러 및 블루 수소 kg당 2.40달러와 비교됩니다.<sup>19</sup> 하지만 이러한 수치는 업계가 지난 10년 동안 얼마나 많은 진전을 이루었는지를 보여주지 않습니다. 2010년 그린 수소의 생산 비용은 kg당 10~15달러로서 오늘날 비용의 대략 2.6배였습니다.<sup>20</sup>

재생 에너지의 비용 및 이용 가능성과 전해조의 비용은 과거 그린 수소를 저렴하게 생산할 수 없게끔 하는 주된 이유였습니다. 그러나 이러한 방해 요소가 이제 사라지고 있는 중입니다. 재생 전력이 예전보다 더 저렴해져 더 많이 이용할 수 있게 되었습니다. 지난 10년 동안 총 생산 능력이 풍력의 경우 거의 4배, 태양광 발전의 경우 17.5배 증가한 반면에 전기의 균등화한 비용은 80% 정도 낮아졌습니다.<sup>21, 22</sup> 수소위원회가 2021년 2월 재생 에너지 비용의 지속적인 절감이 “전에 예상했던 것보다 15% 정도 낮다”는 발표를 보면 이러한 추세가 계속되고 있는 것으로 보입니다.<sup>23</sup> 마찬가지로 낮아지는 전해조 비용도 더 저렴한 생산을 촉진하고 있는 중입니다. 전기분해의 자본 비용이 2010년에서 2020년 사이에 60% 줄었고, 2021년 수소위원회는 전해조의 2030년 비용에 대한 새로운 예측은 2020년에 그들이 예측했던 것보다 30~50% 낮다고 보고했습니다.<sup>24, 25</sup>



낮아지는 전해조 비용으로 인해 수년 내에 전기분해 생산능력을 상당히 늘려 줄 계획 추진 중



참고: 2020년 6월에 IEA가 발표한 데이터, MW/y = 연간 메가와트, \* 계획된 생산능력  
출처: IEA(2020년), 수소, IEA, 파리.

이러한 상황 전개는 특히 탄소 배출에 과세하는 경우 그린 수소의 생산 비용이 향후 7~13년 안에 여러 지역에서 그레이 수소 생산 비용과 동등해지는 패러다임 변화를 가져올 수 있습니다.<sup>26</sup> 이는 낙관적인 견해이긴 하지만 비현실적인 것은 아닙니다. 최근 수년 동안 수소에 상당한 관심과 투자가 몰렸습니다. 2021년 초 기준으로 75개 이상의 국가가 순 제로 배출을 달성하겠다는 의지를 발표했고, 30개 국가가 수소 실행에 대한 구체적인 계획의 윤곽을 밝혔으며, 전 세계의 정부가 수소 가치 체인에 700억 달러를 투자하겠다고 약속하였습니다.<sup>27</sup> 민간 부문을 보자면, 수백 건의 3천억 달러에 달하는 수소 관련 프로젝트가 진행 중이거나 계획 단계에 있습니다.<sup>28</sup> 하지만 에너지 전환 위원회에 따르면 본격적인 수소 경제에 도달하려면 지금부터 2050년 사이에 총 15조 달러의 상당한 추가 투자가 필요합니다.

당사는 그린 수소 생산 비용이 계속 낮아져 그린 수소의 사용이 가능한 단계를 마련하리라 예상합니다.<sup>29</sup>

연료 전지 및 탈탄소화 노력에 힘을 보태는 수소 사용

간접 전기화란 전기를 화석 연료에 대한 즉각적인 대체물이 아니라 산업 공정에 대한 투입 요소로 사용하는 것을 말합니다.<sup>30</sup> 클린 에너지 맥락에서 전기분해를 통해 수소를 생산할 때 간접 전기화가 일어납니다. 연료 전지는 이러한 간접 전기화를 이용하여 부산물로서 열과 물만을 생산하는 H<sub>2</sub>와 산소 사이의 전기화학(산화 환원) 반응을 유도함으로써 전류를 생산할 수 있습니다. 수소가 화석 연료에 비해 경쟁력을 갖추게 된다는 가정 하에, 수소 연료 전지는 운송 및 건물 분야에서 순 제로 배출을 달성하는 데 상당한 기여를 하게 됩니다.

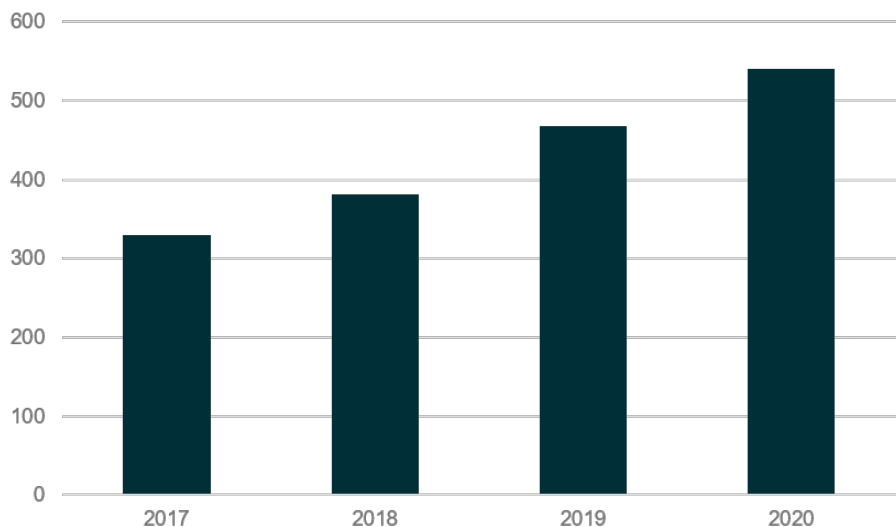


연료 전지 전기차는 배터리 전기차와 마찬가지로 구동력을 얻기 위해 제로 배출 전기 모터에 의존합니다. 배터리 전기차와 달리, 연료 전지 전기차는 전기를 안정적으로 생산하기 위한 연료로서 차내 저장 탱크에 H<sub>2</sub>로 저장되어 있는 수소와 공기 중의 산소를 사용하는 연료 전지에 의해 구동됩니다. 연료 전지 전기차는 적은 유지관리, 제로 배출 및 조용한 주행을 포함하여 배터리 전기차와 같이 내연기관에 비해 많은 장점이 있습니다. 그러나 연료 전지 전기차 역시 많은 자신만의 이점이 있습니다. 연료 전지 전기차는 전기를 수소로서 간접적으로 저장하므로 배터리 전기차가 전기를 저장하기 위하여 사용하는 무거운 리튬 배터리가 필요 없습니다. 그 결과, 연료 전지 전기차는 상당히 더 가볍고, 더 먼 운행거리를 제공할 수 있으며, 모든 기후에서 작동이 가능하고, 연료를 주입하는 데 시간이 아주 적게 걸립니다.<sup>31</sup> 불리한 점은 연료 전지 전기차는 배터리 전기차보다 에너지 효율성이 뒤지며, 간접적으로는 전기분해 방식의 수소 생산에서 열 형태의 에너지 손실이 발생하고 직접적으로는 연료 전지가 전기를 생산할 때 열 형태의 에너지 손실이 발생한다는 점입니다.

연료 전지 전기차는 아직 초기 단계이고, 잠재적 고객이 이용할 수 있는 연료 전지 전기차의 수가 제한적입니다. 연료 전지 전기차에 연료를 주입하는 데에 추가적인 어려움이 있습니다. 전 세계에 있는 수소 충전소가 550개가 안 되기 때문입니다.<sup>32</sup> 다행스러운 점은 충전소가 늘어나고 있는 중이며, 거의 170개의 신규 충전소가 건설 중이거나 계획 단계입니다(미국 제외)<sup>33</sup> 그런 수소 생산이 폭증하고 연료 전지 전기차 채택이 글로벌 탈탄소화 계획의 명백한 구성요소가 되게 되면, 이러한 확장이 더욱 가속화되리라 예상합니다. 전통적인 전기차가 아직도 일반적인 전기화의 필수적인 부분이고 전통적인 전기차를 연료 전지 전기차로 대체할 계획도 없다는 점을 주목하는 것이 중요합니다. 언급한 바와 같이, 각각의 연료 전지 전기차와 배터리 전기차는 고유의 강점과 약점을 가지고 있습니다. 배터리 전기차가 내연기관 승용차를 대체할 최선의 옵션이라 생각합니다. 배터리 전기차는 운행 범위가 크지 않고, 충전 사이의 지속적인 사용이 배터리 방전을 보상할 수 있기 때문입니다. 반면에 연료 전지 전기차는 내연기관 트럭, 전국을 운행하는 버스, 그리고 기타 중형에서 대형에 이르는 장거리 운행 차량을 대체할 더 나은 옵션입니다. 연료 전지 전기차는 배터리 전기차에 비해 상당히 긴 운행거리를 제공하고 훨씬 가볍습니다. 가벼운 중량은 이미 무거운 화물을 운송 중이고 종종 중량을 기준으로 한 제한사항과 요금의 적용을 받는 차량에는 중요한 특징입니다.

**수소 충전소가 드물기는 하지만 충전소 수 증가가 연료 전지 전기차에 대한 향후 수요를 나타낼 수 있음**

연말 기준 수소 충전소(충전소 수)



출처: Jülich Forschungszentrum, 2021 년.



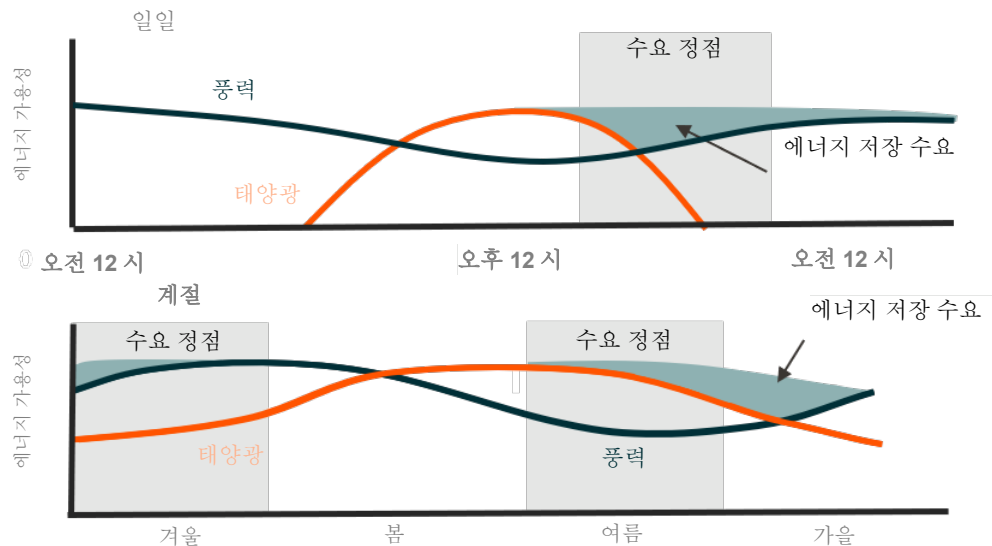
수소는 대부분 난방과 동력을 위해 천연가스 또는 원유를 사용하는 건물의 탈탄소화에 도움을 줄 수 있습니다. 건물 섹터의 전기화는 다른 부문에 비해 뒤지는데, 여기에 대한 주 원인은 비용 면에서 천연 가스를 대체할 경쟁력이 있는 대안이 제한적이기 때문입니다. 하지만 수소위원회에 따르면 난방과 동력 결합 기술용 수소 연료 전지(FC CHP)는 2030년에 이르면 실현 가능한 저탄소 대안으로서 역할을 할 수 있습니다.<sup>34</sup> FC CHP는 연료 전지 전기차의 연료 전지가 하는 것과 같은 방법으로 동력용 전기를 생산하지만 연료 전지로부터의 부산물인 열을 물을 데우고 공간을 난방하는 데 사용합니다. 건물이 글로벌 에너지 수요의 33%를, 글로벌 배출가스의 25%를 차지한다는 점을 고려할 때, FC CHP 및 다른 수소 기반 에너지 옵션이 이러한 분야의 탈탄소화 노력에서 주요 역할을 수행하리라 예상합니다.<sup>35</sup>

## 그린 수소를 통한 가변적인 재생 에너지 활성화

더 많이 이용 가능하고 저렴한 재생 에너지 생산이 그린 수소를 활성화하는 데 있어 관건이지만 논의한 바와 같이 이 동력에는 두 갈래 길이 있습니다. 에너지 저장은 환경 요인이 전기 생산에 직접적으로 영향을 미치는 풍력 및 태양광 발전과 같은 가변적인 재생 에너지원의 광범위한 통합에 필수적입니다. 가변적인 재생 에너지원은 바람이 부는지 또는 해가 있는지 여부에 따라 전기를 수요보다 더 많이 또는 더 적게 생산할 수 있습니다.<sup>36</sup> 여러 유형의 가변적인 재생 에너지를 통합하면 일별 및 계절별 생산 격차를 메울 수 있지만 재생 에너지를 효율적으로 저장하면 유연성이 더 커지며 잉여 전기 사용이 가능해집니다.

장기 에너지 저장을 통해 가변적인 재생 에너지 통합이 가능해진다. 배터리 저장과 달리 수소는 이러한 필요성을 충족할 수 있다

풍력 및 태양광 에너지원의 생산 패턴



참고: 그래프는 예시이므로 정확한 수치 또는 근사치를 반영하지 않습니다.  
출처: Congressional Research Service, Global X ETFs, 2021년 7월.

그린 수소는 생산에 있어 계절별 변동성을 수용하기 위해 에너지를 저장할 수 있으므로 특히 저장 측면에서 이점이 있습니다. 이 점은 점차 충전이 줄어들면서 방전에 이르는 그리드 형태의 리튬이온 배터리와 다릅니다.<sup>37</sup> 에너지가 전기분해 중에 열 형태로 소실되지만 H<sub>2</sub>는 올바르게 저장하는 한 에너지 잠재력을 유지합니다. 이러한 독특한 특징은 수요 에너지를 공급하는 이상의 이점을 제공합니다. 즉, 전기 가격을 안정화하는 데 도움을 주어 비용 회수를 개선하고 생산능력을 추가로 늘릴 수 있습니다.<sup>38</sup> 동시에 재생 에너지 생산업체는 H<sub>2</sub> 저장 능력을 늘리기 위해 전해조에 투자할 수 있기 때문에 이러한 시너지는 그린 수소에 대한 규모의 경제를 더욱 촉진할 수 있습니다.



## 수소에 대한 투자

수소는 우주에서 가장 풍부한 원소이며, 수소 기반 화학 물질은 일상 생활의 일부입니다. 하지만 수소가 정책 입안, 프로젝트 개발 및 투자의 전면에 나타난 것은 최근의 일입니다. 수소는 단순한 전력 섹터를 넘어 탈탄소화로의 길을 열어주는 차세대 클린테크라 생각합니다. 수소가 여전히 초기 단계에 머무르고 있지만, 수소 및 기타 클린테크에 대한 투자는 세계를 재형성하고 있는 지속 가능한 혁신에서의 순풍의 도움을 받으리라 생각합니다.

### 수소 하위 테마

- 수소 생산: 산업용 및/또는 상업용 에너지원으로 사용될 수 있는 수소(그린 수소 포함)의 생산, 운송, 저장 및 유통.
- 수소 연료 전지: 수소 연료 및/또는 수소가 풍부한 개질 가스로부터 전력을 공급받아 화학 에너지를 전기 및 열로 전환하는 연료 전지(및 그 부품)의 개발 및/또는 제조.
- 수소 혁신 기술: 수소 전해조, 탱크 및 파이프라인, 상업용 및 주거용 인프라, 발전기, 엔진, 수소 연료 전지에 의하여 구동되는 차량 및 수소 충전소의 생산.
- 수소 통합: 주거, 상업 및 산업 차원에서 수소 기반 연료 원천의 채택 및 활용에 대한 엔지니어링 및 컨설팅 서비스.

---

투자에는 원금 손실 가능성을 포함한 리스크가 수반됩니다. 수소 회사는 일반적으로 치열한 경쟁, 짧은 제품 수명 주기, 그리고 급속한 제품 노후화 가능성에 직면합니다. 이러한 회사들은 에너지 가격과 재생 에너지의 공급 및 수요의 변동성, 세금 인센티브, 보조금 및 기타 정부 규제 및 정책의 영향을 상당히 받을 수 있습니다. 일반적으로 작은 회사에 대한 투자는 변동성이 더 큽니다.



- <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

