

İçindekiler Tablosu

1. Sektöre Küresel Bakış	2
2. Almanya'nın Hidrojen Sektörü Dış Ticareti.....	3
2.1 Almanya'nın En Fazla İhracat Gerçekleştirdiği İlk 20 Ülke ve Türkiye	3
2.2 Almanya'nın En Fazla İthalat Gerçekleştirdiği İlk 20 Ülke ve Türkiye.....	6
2.3 Ülkemiz Açısından Potansiyel Ürünlere İlişkin Değerlendirme.....	8
2.4 Rakip Ülke Firmalarının Firmalarımıza Kıyasla Varsa Avantajlı Yönleri.....	9
2.5 Türk Firmalarının Rakiplerine Göre Avantajlı Yönleri.....	10
3. Almanya Pazarına Genel Bakış.....	10
3.1 Sektörde Pazar Büyüklüğü.....	10
3.2. Önemli Oyuncular.....	11
3.3. Yerel Üretim ve İhracatçı Ülkelerin Pazar Payı.....	12
3.4. Tüketici Segmentleri ve Tercihleri.....	12
4. Sektörde Pazar Giriş.....	14
4.1 Hedef Eyaletler ve Sanayi Kümelenmeleri.....	14
4.2 Sektörde Firma Bulma.....	15
4.2.1 İlgili Oda/Birlik/Dernek/STK'lar.....	15
4.2.2 Sektörde Öne Çıkan Fuarlar.....	16
4.2.3 Açık Kaynak Firma Veritabanları.....	17
4.3 Serbest Ticaret Anlaşmaları / Tercihli Ticaret.....	17
4.4 Zorunlu Belgeler.....	18
4.5 Teknik Standartlar.....	18
4.6 Etiketleme.....	19
4.7 Ambalajlama.....	19
4.8 Lojistik (Nakliye Süresi, Taşıma Modları, Güzergahlar).....	20
4.9 Dağıtım Kanalları (Acente, Distribütör, Doğrudan Satış, E-ticaret).....	21
4.10 Satış Sonrası Hizmetler.....	22
4.11 Reklama ve Pazarlama Kanalları.....	22
4.12 İş Yapma Kolaylığı ve İş Kültürü.....	23
4.13 Ödeme Şekilleri (Mevcut Durum / Tavsiye Edilen).....	23
4.14 Tarife Dışı Engeller.....	24
5. Fırsatlar ve Tehditler.....	25
6. Sonuç ve Değerlendirme.....	27
7. Kaynaklar.....	28

Almanya Hidrojen Sektörü Raporu

1. Küresel Bakış

Dünya genelinde hidrojen sektörü, büyük ölçüde fosil yakıtlardan üretilen ve rafinaj ile kimya sanayinde tüketilen “gri” hidrojen ağırlıklıdır. 2023 itibarıyla küresel hidrojen talebi yaklaşık 97 milyon ton düzeyine ulaşmıştır; bu, 2022’ye göre yalnızca %2,5’lik bir artışa denk gelmektedir. Hidrojen tüketiminin %99’undan fazlası petrol rafinerileri ve gübre/kimya üretimi gibi geleneksel sektörlerde gerçekleşmekte ve hemen tamamı fosil yakıtlardan yöntemlerle üretilmektedir. Düşük karbon emisyonlu hidrojen (yenilenebilir elektrikle veya karbon yakalama ile üretilen “yeşil/mavi” hidrojen) miktarı halen ihmal edilebilir düzeydedir (2023’te dünya toplamının <1 milyon ton).

Bununla birlikte, pek çok ülkenin ulusal hidrojen stratejileri açıklaması ve 1000’i aşkın proje duyurulmasıyla küresel hidrojen ekonomisi hızla gündeme gelmiştir. Halihazırda 60 ülke ulusal hidrojen stratejisi benimsemiştir ve 2030’a kadar devreye girmesi planlanan elektrolizör kapasitesi dünya çapında hızla artmaktadır. Ancak, mevcut eğilimler talep yaratma ve yatırım hızının hedeflerin gerisinde olduğunu göstermektedir.

Hidrojenin uluslararası ticareti halihazırda sınırlıdır. Küresel hidrojen ticareti, küçük ölçekli ve komşu ülkeler arası taşımacılarla sınırlı olup esas olarak amonyak ve metanol gibi hidrojen bazlı ürünler üzerinden gerçekleşmektedir. 2023 yılında dünya genelinde hidrojen ihracatı yaklaşık 215 milyon ABD doları olarak gerçekleşmiştir; bu değer bir önceki yıl olan 2022’deki 346 milyon \$ seviyesinden düşüşe işaret etmektedir. Gelecek projeksiyonlarda ise, 2050’ye kadar uluslararası hidrojen ve türev yakıt ticaretinin yıllık 70 milyon ton hidrojen eşdeğerini aşabileceği öngörülmektedir (IEA Net Sıfır Senaryosu). Bu durum, 2050’de beklenen düşük karbonlu hidrojen talebinin yaklaşık %20’sinin uluslararası ticaretle karşılanabileceğini göstermektedir. Ancak bugünkü tabloya bakıldığında, duyurulan yeni büyük üretim projelerinin çoğunun yerel pazara dönük olduğu, ihracata yönelik projelerin 2030’da 16 milyon ton/yıl hidrojen eşdeğerine ulaşabileceği hesaplanmaktadır. Ayrıca hidrojenin uluslararası taşınmasında amonyak öne çıkan taşıyıcıdır; planlanan ticaret hacimlerinin %85’i amonyak formundaki sevkiyat projeleri olup, mevcut kimyasal taşımacılık altyapısına dayanmayı tercih etmektedir. İlerleyen yıllarda Avustralya, Orta Doğu ve ABD gibi düşük maliyetli üretim bölgeleri önemli ihracatçı konumuna gelebilecek; Avrupa (özellikle Almanya gibi ithalatçı ülkeler) ise en büyük pazar olarak hedeflenmektedir.

2023 yılında Kanada, tek başına dünya hidrojen ihracatının %31’ini (yaklaşık 67,7 milyon \$) gerçekleştirmiştir. Onu Belçika (%23) ve Hollanda (%18) izlemektedir. Almanya, 12,2 milyon \$ ile %5,6 pay alarak en büyük beşinci hidrojen ihracatçısı konumundadır. İthalat tarafında ise Hollanda yaklaşık 83 milyon \$ ile dünya hidrojen ithalatının %35’ini tek başına çekmiş, ABD %28 pay ile ikinci sırada yer almıştır. Fransa (10,3 milyon \$) ve Almanya (9,1 milyon \$) en büyük diğer ithalatçılardır. Bu veriler, Avrupa’daki komşu ülkeler arasında hidrojen ticaretinin (ör. Belçika–Hollanda, Almanya–Hollanda arası) belirgin olduğunu göstermektedir. Nitekim 2023’teki en büyük tekil ticaret akışı, Belçika’dan Hollanda’ya 47 milyon \$ tutarında hidrojen ihracatı olup, bu tek başına dünya ihracatının %21’ine eşittir. Benzer şekilde Hollanda, komşularına hidrojen dağıtım merkezi konumundadır – Hollanda’nın Fransa’ya 13,6 milyon \$, Almanya’ya 6,7 milyon \$ ihracatı kaydedilmiştir. Kanada–ABD arası ticaret de kayda değerdir (Kanada’nın ABD’ye ihracatı ~67 milyon \$, dünya ihracatının %31’i). Bu tablo, halihazırda hidrojen ticaretinin birkaç bölgesel komşuluk etrafında yoğunlaştığını, geniş çaplı bir küresel emtia niteliği kazanmadığını ortaya koymaktadır.

2. Almanya'nın Hidrojen Dış Ticareti

Almanya, hidrojen (HS280410) ticaretinde hem ihracatçı hem ithalatçı konumdadır ancak ticaret hacimleri sanayiinin toplam hidrojen tüketimine kıyasla küçüktür. 2023 yılında Almanya'nın hidrojen ihracatı 12,24 milyon \$, hidrojen ithalatı ise 9,12 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir . Yani Almanya bu dönemde hafif net ihracatçı konumundadır. İhrac edilen ve ithal edilen hidrojen miktarları nispeten sınırlı olup, Almanya'nın yaklaşık 55 TWh (1,6 milyon ton) seviyesindeki toplam hidrojen talebinin çok küçük bir bölümünü temsil etmektedir (55 TWh'lik talebin büyük kısmı ülke içinde üretilen gri hidrojenle karşılanmaktadır). Hidrojen ticareti daha çok Almanya'nın komşu ülkeleriyle arasında gerçekleşmektedir; bu ticaret, boru hatlarıyla veya tankerlerle kısa mesafe taşımalar şeklindedir.

2.1 Almanya'nın En Fazla İhracat Gerçekleştirdiği İlk 20 Ülke ve Türkiye

Almanya'nın hidrojen ihracatında (HS280410) en önemli pazarları yakın coğrafyadaki Avrupa ülkeleridir. 2023 yılında Almanya'nın en fazla hidrojen ihraç ettiği ülkeler sırasıyla Hollanda (3,30 milyon \$), Fransa (2,65 milyon \$) ve Avusturya (2,25 milyon \$) olmuştur. Bu üç ülke, Almanya'nın toplam hidrojen ihracatının %68'ini absorbe etmiştir. Diğer önemli ihracat pazarları arasında Danimarka (1,40 milyon \$) ve Norveç (1,18 milyon \$) de yer almaktadır. Almanya'nın hidrojen ihracat listesinde ilk 10 içinde ayrıca Belçika, İsviçre, İsveç, Polonya ve Çekya bulunmaktadır (ancak bunlara yapılan ihracat 1 milyon \$'ın altındadır). Türkiye, 2023 yılında Almanya'dan yalnızca 1,53 bin \$ tutarında (yaklaşık 1.569 m³) hidrojen ithal etmiştir. Bu tutar son derece düşük olup Almanya'nın hidrojen ihracatında Türkiye'nin payının yok denecek kadar az olduğunu göstermektedir. Türkiye, Almanya'nın ihracat listesinde değer bazında 25. sırada yer almıştır.

Buna karşılık, hidrojen türevi kimyasalların ticaretinde Almanya çok daha büyük hacimlere sahip olduğu; özellikle amonyak ve metanol gibi ürünlerde ithalat ve ihracat rakamları dikkat çekici olduğu görülmektedir. Buna göre, Almanya, azotlu gübre ve kimya sektörünün ihtiyacı için büyük miktarda amonyak ithal etmekte, aynı zamanda yerli üretimin bir kısmını ihraç etmektedir. 2023 yılında Almanya 253 milyon ABD Doları değerinde anhidre amonyak (HS281410) ithal etmiş, 264 milyon ABD Doları değerinde ise amonyak ihraç etmiştir. İthalatın ağırlığı denizasıırı üreticilerden (ABD, Trinidad gibi) ve Avrupa içi tedarikten gelirken, ihracatta hedef pazarlar Polonya, Fransa gibi komşu AB ülkeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Metanol (HS290511) ise hem kimya sanayi girdisi hem enerji taşıyıcı olarak stratejik bir ürün olup; Almanya 2023'te 567.7 milyon ABD Doları tutarında metanol ithal etmiş, buna karşılık 91.5 milyon ABD Doları metanol ihracatı yapmıştır. Bu veriler, Almanya'nın metanolde net ithalatçı konumunda olduğunu (yaklaşık 476 milyon ABD Doları dış ticaret açığı) gösteriyor. Metanol ithalatında ana tedarikçiler ise Hollanda (Rotterdam üzerinden gelen küresel metanol) ve Belçika olurken, Almanya'nın metanol ihracatının çoğunlukla bölge ülkelerine yönelik olduğu anlaşılmaktadır.

Aşağıda Almanya'nın sadece Hidrojen gazı değil hidrojen türevleri olan amonyak ve amonyak çözeltisi ile metanol verilerini de kapsayan ihracat ve ithalat verilerini bulabilirsiniz.

**Ülkenin Altılı Tarife Bazında Hidrojen Sektöründe (HS 280410, 281410, 281420, 290511)
En Fazla İhracat Yaptığı İlk 20 Ülke (milyon dolar)**

İthalatçılar	2020	2021	2022	2023	2024
Dünya	194	302	559	375	374
İsveç	3	4	131	97	95
Çek Cumhuriyeti	22	65	141	59	85
Fransa	22	50	38	46	45
Polonya	10	31	33	29	33
Hollanda	42	42	35	21	17
Belçika	17	16	24	19	17
Avusturya	20	23	24	14	16
Norveç	11	4	5	12	16
Danimarka	6	11	28	12	9
İsviçre	3	5	8	8	7
Finlandiya	10	26	60	21	5
İtalya	8	3	4	8	4
Çin	3	3	4	3	4
Macaristan	1	2	5	6	2
İngiltere	1	1	1	1	2
Hindistan	1	1	1	1	2
İspanya	0	1	1	1	1
Türkiye	1	1	1	1	1
Güney Kore	1	1	1	1	1
Endonezya	1	1	1	1	1

Aşağıdaki tabloda ise, Hidrojen ekonomisinin gelişmesiyle bağlantılı ekipman ticareti de Almanya'nın dış ticaretinde önemli bir kalem haline gelmektedir. Alman sanayisi, elektrolizörler, yakıt hücreleri, kompresörler, depolama tankları, vanalar ve katalizörler gibi hidrojene ilişkin teknolojilerde hem üretici hem kullanıcı konumundadır.

Gümrük istatistiklerinde bu ürünler çeşitli HS kodları altında izlenebilir:

- Elektrolizörler ve ilgili aksamalar HS 854330 kodunda (elektroliz amaçlı elektrikli makineler) yer almaktadır. 2022 yılında Almanya bu kategoride 136.9 milyon \$ değerinde ürün ihraç etmiştir – ki bu rakam, Alman firmalarının (örn. Siemens Energy, Thyssenkrupp Nucera, Sunfire) elektrolizör teknolojisindeki rekabetçi gücünü yansıtır. 2023 verilerinin de benzer veya daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Almanya'dan Çin, ABD, Vietnam gibi ülkelere elektroliz ekipmanı ihracı kayda geçmiştir . HS 750300 altın nikel ara ürünleri de elektrolizör üretiminde, katalizörlerde ve bazı hidrojen altyapısı ekipmanlarında kritik rol oynamaktadır. Yine HS 840510 kodunda üretim veya laboratuvarlarda kullanılan gaz jeneratörleri; su elektrolizörleri yeşil hidrojen üretiminde kritik bir role sahip olup; bu ürünlerde çok büyük iç talep olacağı beklenmektedir.
- Basıncı gaz kompresörleri (HS 841480) ve sıvılaştırma tesisleri (HS 841960) gibi hidrojenin taşınması için kritik makinelerde Almanya'nın önde gelen mühendislik firmaları (Linde, NEA Group vb.) dünya piyasalarında güçlüdür.
- Depolama ve taşımaya yönelik ekipmanlar da önemli bir ticaret kalemidir: basıncı çelik tüpler, kriyojenik tanklar ve ilgili vanalar (HS 731100, 730900, 848180) Almanya'nın hem ithal ettiği hem ihraç

ettiği ürünlerdir. Özellikle yüksek basınçlı silindirlerde Almanya yerli üretime sahip olmakla birlikte, kompozit malzemeli ileri depolama tüpleri gibi özel ürünleri ithal etmektedir.

- Katalizörler (HS 381512) konusunda ise Almanya otomotiv ve kimya geçmişi sayesinde bir üretim üssü olsa da, platin gibi kritik hammaddeleri ithal etmek zorundadır. Yakıt hücreleri ve elektrolizörler için gerekli platin/iridyum katalizörleri Güney Afrika ve diğer tedarikçilerden temin edilerek Almanya'da nihai ürüne dönüştürülmektedir.

- Sıvı Transferine yönelik pompa sistemleri (HS 841381) talebinin, elektrolizörlerin, 2030'a kadar LH2 terminallerin ve LOCH altyapısının yaygınlaşacak olması nedeniyle, artacağı öngörülmektedir.

- Gaz filtreleri ve arıtıcılarda (HS 842139), Almanya hem güçlü bir üretici hem de ileri teknoloji sistemleri için seçici ithalatçı konumundadır. Özel saflık dereceleri gerektiren kriyojenik gaz ayırıcılar ile yüksek teknoloji membran sistemleri konusunda ithalatçı konumundadır.

- Isı değiştiriciler (HS 841950), ultra düşük sıcaklık için kriyojenik ısı değiştiriciler ile hidrojen sıvılaştırması ve yeniden gazlaştırılmasında kullanılan yüksek teknoloji kriyojenik sistemleri konusunda Almanya'nın ithalat ihtiyacı bulunmaktadır.

-Almanya 2030 yılına kadar büyük ölçekli elektroliz tesisleri ve hidrojen altyapısı kurmayı hedeflediğinden elektrik kontrol ve otomasyon ekipmanları (HS 853710) talebinin artacağı öngörülmektedir. Yine bu kapsamda yüksek güçlü C/DC dönüştürücülere (HS850440) yoğun talep ortaya çıkacağı ifade edilmektedir.

- Son olarak ölçüm ve kontrol cihazları (HS 902610 – basınç ve akış ölçerler gibi) ticaretinde Almanya gelişmiş enstrümantasyon firmaları sayesinde net ihracatçı konumdadır.

Ülkenin Altılı Tarife Bazında Hidrojen Sektörü Üretim Ekipmanlarında (HS 381512, 750300, 730490, 730900, 731100, 840510, 841381, 841480, 841950, 841960, 842139, 848180, 850440, 853710, 854330) En Fazla İhracat Yaptığı İlk 20 Ülke (milyon dolar)

İthalatçılar	2020	2021	2022	2023	2024
Dünya	36.326	41.499	38.560	43.534	41.264
Çin	6.182	6.787	5.844	6.333	6.492
ABD	3.734	4.285	4.233	5.093	5.183
Fransa	2.039	2.459	2.532	2.866	2.498
İtalya	1.662	2.249	2.082	2.314	2.082
Hollanda	1.288	1.544	1.626	1.972	1.712
Polonya	1.524	1.702	1.395	1.784	1.665
İngiltere	1.443	1.600	1.474	1.693	1.616
Avusturya	1.408	1.731	1.700	1.964	1.587
İspanya	1.103	1.354	1.403	1.536	1.266
Çek Cumhuriyeti	1.495	1.738	1.419	1.265	1.237
İsviçre	1.068	1.185	1.158	1.346	1.194
Belçika	947	1.106	1.009	1.067	960
İsveç	746	911	791	902	884
Macaristan	803	912	848	963	873
Türkiye	598	814	750	898	855
Güney Kore	581	654	752	889	803
Hindistan	440	541	608	804	753
Meksika	431	502	466	600	549
Danimarka	368	435	418	469	470
Brezilya	325	439	385	500	464

2.2 Almanya'nın En Fazla İthalat Gerçekleştirdiği İlk 20 Ülke ve Türkiye

Almanya'nın hidrojen (HS280410) ithalatında da benzer şekilde komşu AB ülkeleri başı çekmektedir. 2023 yılında Almanya'nın en fazla hidrojen ithal ettiği ülkeler Hollanda (6,72 milyon \$) ve Fransa (3,04 milyon \$) olmuştur . Bu iki ülke, Almanya'nın ithalatının %95'inden fazlasını karşılamıştır. Hollanda, Almanya'ya yakın sanayi merkezlerinde ürettiği veya Belçika'dan tedarik ettiği hidrojeni boru hattı veya tankerlerle sevk ederek bir hub görevi görmektedir. Belçika, Almanya'nın üçüncü büyük tedarikçisi olup 2023'te 0,57 milyon \$ ihracat yapmıştır. Diğer tedarikçiler arasında küçük miktarlarla Avusturya (0,25 milyon \$), İsviçre (0,14 milyon \$) ve Çekya (0,13 milyon \$) sayılabilir. Almanya'nın hidrojen ithalatında Türkiye'nin yeri bulunmamaktadır; zira Türkiye 2023'te Almanya'ya kayda değer bir hidrojen satışı yapmamıştır (Türkiye'nin toplam hidrojen ihracatı da aynı yıl sadece 50,8 bin \$ olup bunun büyük kısmı Orta Doğu ülkelerine yöneliktir) . Özetle, Almanya'nın hidrojen dış ticaret ortakları coğrafi yakınlığa bağlı bir dağılım göstermekte, ithalat ve ihracat büyük ölçüde Benelüks ülkeleri ve Fransa ile gerçekleşmektedir.

**Ülkenin Altılı Tarife Bazında Hidrojen Sektöründe (HS 280410, 281410, 281420, 290511)
En Fazla İthalat Yaptığı İlk 20 Ülke (bin dolar)**

İhracatçılar	2020	2021	2022	2023	2024
Dünya	469.594	830.151	1.242.635	836.548	834.192
Hollanda	186.960	303.969	598.486	351.004	395.481
Ekvatorial Gine	16.966	33.375	31.260	116.240	117.477
Belçika	49.576	136.048	222.531	130.661	108.940
Trinidad&Tobago	20.843	33.995	51.482	55.464	60.060
Polonya	39.509	52.381	82.125	30.279	44.695
ABD	16.602	67.422	66.453	43.573	32.587
Norveç	41.323	64.676	62.260	48.931	24.289
Fransa	16.431	13.775	38.677	17.816	22.854
Çek Cumhuriyeti	2.736	5.540	20.929	18.530	11.519
Litvanya	1.485	539	-	1.228	4.037
İsviçre	1.273	3.384	3.434	3.213	3.956
Avusturya	1.518	2.497	5.859	3.439	2.607
İtalya	649	362	450	174	1.454
Tayvan	60	2.995	4.358	3.326	802
Çin	919	723	3.113	897	688
Slovakya	57	253	1.216	669	611
Umman	278	2.505	1.618		393
İsrail	251	328	179	232	321
Luksemburg	0	5.036	3.144	269	313
Hindistan	113	100	76	108	267

Ülkenin Altılı Tarife Bazında Hidrojen Sektörü Üretim Ekipmanlarında (HS 381512, 750300, 730490, 730900, 731100, 840510, 841381, 841480, 841950, 841960, 842139, 848180, 850440, 853710, 854330) En Fazla İthalat Yaptığı ilk 20 Ülke (milyon dolar)

İhracatçılar	2020	2021	2022	2023	2024
Dünya	23.129	27.989	27.467	31.469	29.175
Çin	3.051	4.256	5.466	6.186	4.675
Macaristan	1.781	2.140	2.191	2.727	2.869
Çek Cumhuriyeti	1.732	2.070	1.631	2.237	2.162
ABD	1.293	1.431	1.669	1.961	2.056
Romanya	1.604	1.683	1.760	2.099	1.976
Polonya	1.562	2.006	1.605	1.886	1.799
İtalya	1.057	1.259	1.312	1.504	1.474
Fransa	634	782	730	963	1.001
Slovakya	365	461	591	821	980
İsviçre	817	865	881	933	878
Avusturya	660	809	876	1.037	870
Hollanda	827	982	873	898	831
Tayland	203	256	340	571	786
İngiltere	794	960	817	894	783
Portekiz	658	731	703	710	704
İspanya	330	383	363	406	494
Japonya	530	647	567	575	470
Meksika	264	277	245	317	311
Danimarka	321	336	336	326	291
Belçika	210	219	220	336	290

2.3 Ülkemiz Açısından Potansiyel Ürünlere İlişkin Değerlendirme

Almanya'nın hidrojen pazarında Türk firmaları için gelecek vadede fırsatlar bulunmaktadır. Her ne kadar bugün Türkiye-Almanya arasında hidrojen ticareti yok denecek seviyede olsa da orta vadede Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeline dayalı "yeşil hidrojen" üretilip Almanya'ya ihraç etmesi önemli bir fırsat alanıdır. Almanya, 2030 itibarıyla hidrojen talebinin en az %50'sini ithalatla karşılamak zorunda kalacağını öngörmektedir (95-130 TWh'lık talebin 45-90 TWh kadarı ithal edilmek durumunda kalabilir). Bu bağlamda Almanya, Ortadoğu, Kuzey Afrika ve Güney Avrupa gibi bölgelerden sürdürülebilir hidrojen ve türevlerini ithal etme stratejileri geliştirmektedir.

Türkiye, coğrafi yakınlığı, mevcut doğalgaz boru hatları altyapısı ve yüksek güneş/rüzgâr enerjisi potansiyeliyle Almanya ve Avrupa için ideal bir yeşil hidrojen tedarikçisi ve transit ülkesi olabilir. Özellikle yeşil hidrojenin amonyak, metanol veya sentetik yakıtlar formunda üretilip deniz yoluyla Alman pazarına gönderilmesi veya ileride mevcut doğal gaz boru hatlarının (TANAP/TAP gibi) hidrojen taşıyacak şekilde uyarlanması senaryolarında Türkiye önemli rol oynayabilir. Bu kapsamda, amonyak

gibi hidrojen taşıyıcı kimyasalların üretimi de Türk kimya sanayi için fırsattır; Almanya'nın ithal etmeyi planladığı hidrojen türevleri listesinde amonyak, metanol, sentetik metan gibi ürünler bulunmaktadır. Türkiye'de üretilen yeşil amonyak, Almanya'da nihai kullanım öncesi tekrar hidrojene dönüştürülerek değerlendirilebilir.

Bunun yanı sıra, hidrojen teknolojileri ekipmanları ve bileşenlerinde de fırsatlar mevcuttur. Almanya önümüzdeki yıllarda çok sayıda elektrolizör, yakıt pili, depolama tankı ve dağıtım ekipmanı yatırımı yapacaktır. Türk makine ve metalurji sektörleri, basınçlı hidrojen tankları, kompresörler, boru sistemleri, vana ve contalar gibi ekipman üretiminde rekabetçi olabilir. Örneğin halihazırda Türk sanayisi yüksek basınç tüpler, vana ve pompa üretiminde belirli bir kapasiteye sahiptir; bu ürünlerin Alman standartlarına uygun üretilerek ihraç edilmesi mümkündür.

GTİP	GTİP Tanım	Almanya (İthalat)			Türkiye (İhracat)			Almanya (İhracat)			Türkiye (İthalat)		
		2023	2024	%	2023	2024	%	2023	2024	%	2023	2024	%
381512	Kullanılmış katalizörler (platin, paladyum, rodyum vb. içerenler)	3.244.551	2.408.259	-26%	0	0			2.690.339		41.653	32.037	-23%
730900	Depolar, tanklar, bidpnsar, kutular ve benzeri kaplar(demir veya çelikten, 300 litreden büyük olanlar, basınçlı kaplar hariç)	266,8	203,725	-24%	7,200	4,158	-42,3%	360,063	316,267	-12%	869	2,404	-100%
730490	Diğer borular, içi boş profiller ve boru aksamı (demir veya çelikten)	24,135	17,853	-26%	385	243	-36,9%	56,403	25,997	-54%	740	148	-80%
731100	Demir veya çelikten kaplar (sıkıştırılmış veya sıvılaştırılmış gaz için)	275,082	203,787	-26%	45,935	19,877	-56,7%	264,134	312,794	18%	2,159	3,087	43%
750300	Nikel tozları ve pulları	135,445	144,519	7%	849	859	1,2%	109,685	75,380	-31%	0	549	
840510	Gemi ve teknelerde kullanılmak üzere yardımcı buhar kazanları	41,964	9,374	-78%	389	334	-14,1%	51,791	32,001	-38%	3,832	78	1935%
841381	Pompa sistemleri (sıvılar için diğer pompalar, kendi ölçme cihazı bulunanlar hariç)	379,353	354,244	-7%	4,027	5,477	36,0%	306,299	263,412	-14%	1,681	1,045	-38%
841480	Hava pompaları, vakum pompaları, kompresörler vb.	1.717.713	1.900.431	11%	5,666	7,818	38,0%	3.432.215	3.761.959	10%	78,518	68,645	-13%
841960	Sıvıların ve gazların soğutulması, damıtılması veya arıtılması için kullanılan makine ve cihazlar	21,562	16,68	-23%	69	0	-100,0%	21,718	17,834	-18%	172	7	-96%
841950	Isı pompaları (klima veya soğutma cihazı dışında kalanlar)	1.249.159	1.196.563	-4%	19,723	19,167	-2,8%	1.386.243	1.334.339	-4%	33,314	35,28	6%
842139	Gazların filtre edilmesine veya arıtılmasına mahsus cihazlar	1.750.870	1.523.648	-13%	23,509	25,483	8,4%	3.848.208	3.709.028	-4%	70,762	74,271	5%
848180	Vanalar (musluklar, valfler ve benzeri cihazlar)	3.743.099	3.793.753	1%	21,269	20,580	-3,2%	7.716.202	7.733.912	0%	175,088	158,16	-10%
850440	Statik konvertörler (ör. redresörler, invertörler)	10.277.443	8.761.830	-15%	6,805	16,907	148,4%	10.618.354	8.858.227	-17%	217,981	179,757	-18%
853710	1000 voltun altındaki elektrik kontrol panoları, dağıtım tabloları	11.392.448	10.967.405	-4%	16,11	22,149	37,5%	14.989.638	14.546.227	-3%	300,200	324,726	8%
854330	Endüksiyonlu veya dielektrik kayıplı endüstriyel ısıtma cihazları	97,473	31,024	-68%	53	71	34,0%	183,805	115,359	-37%	9,465	1,571	-83%
902610	Debimetreler (akış ölçerler)	591,018	554,02	-6%	984	3,197	-99,7%	1.385.007	1.367.699	-1%	25,272	23,446	-7%

Kaynak: ITC Database

2.4 Rakip Ülke Firmalarının Firmalarımıza Kıyasla Varsa Avantajlı Yönleri

Hidrojen tedariki konusunda Türkiye'nin rakibi konumunda olabilecek ülkeler arasında Kuzey Afrika (özellikle Fas, Cezayir, Mısır), Orta Doğu (BAE, Suudi Arabistan) ve diğer bazı Akdeniz ülkeleri (İspanya gibi) sayılabilir. Bu ülkelerin firmaları, sahip oldukları düşük üretim maliyeti avantajıyla öne çıkmaktadır; örneğin çöl bölgelerinde güneş enerjisinden çok ucuza elektrik üretilip hidrojen elde etmek mümkündür. Ayrıca bazı rakip ülkeler, Almanya ile devlet düzeyinde hidrojen işbirliği anlaşmaları

imzalamış ve pilot projelere başlamıştır (ör. Suudi Arabistan-NEOM projesi kapsamında Almanya'ya yeşil amonyak tedariki girişimi).

2.5 Türk Firmalarının Rakiplerine Göre Avantajlı Yönleri

Türk firmalarının coğrafi yakınlık ve lojistik avantajı bulunmaktadır. Türkiye, Almanya'ya daha kısa transit süresiyle ürün ulaştırabilir (Akdeniz-Hamburg denizyolu veya karayoluyla Balkanlar üzerinden). Özellikle Gümrük Birliği sayesinde gümrük vergisi muafiyeti de Türk ürünlerini avantajlı kılmaktadır (bkz. Pazara Giriş bölümü). Türk firmaları ayrıca AB teknik mevzuatına uyumlu üretim konusunda tecrübelidir; bu, Almanya pazarına girişte bir avantajdır. Diğer yandan rakip ülkelerin bir kısmı (örn. Fas) AB ile tercihli ticaret anlaşmalarına sahip olup, onların da düşük tarife avantajı olabilmektedir.

Teknoloji alanında bakıldığında, Alman firmaları (rakip olarak değerlendirilebilirse) hidrojen ekipmanlarında ileri know-how'a sahiptir. Örneğin elektrolizör ve yakıt pili teknolojisinde Siemens Energy, Thyssenkrupp gibi Alman şirketleri küresel liderler arasındadır. Bu durum, Türk firmalarının teknoloji yarışında geri kalma riski doğurabilir. Ancak Türkiye'nin de bazı niş alanlarda (örneğin katalizör kaplamaları, membran teknolojileri gibi) Ar-Ge yapan girişimleri mevcuttur.

Özetle, Türk firmalarının Almanya hidrojen pazarında başarı şansı yakalaması için rekabetçi maliyet, AB standartlarına uyum, coğrafi konum ve hızlı tedarik gibi güçlü yönlerini iyi kullanmaları; aynı zamanda teknoloji ortaklıkları kurarak bilgi eksikliği dezavantajını gidermeleri önerilir. Almanya hükümeti, hidrojen ithalat stratejisinde olabildiğince tedarikçi çeşitliliğine gitmeyi hedeflediğini açıklamıştır. Bu da Türk firmaları için, uygun şartlar sağlandığında, pazarda pay alabilme fırsatı olduğunu göstermektedir.

3. Almanya Pazarına Genel Bakış

3.1 Sektörde Pazar Büyüklüğü

Almanya hidrojen pazarı halihazırda Avrupa'nın en büyüklerinden biri olup, ağırlıklı olarak endüstriyel talebe dayanmaktadır. Mevcut hidrojen tüketimi yıllık ~55 TWh (yaklaşık 1,6 milyon ton) düzeyindedir. Bu tüketimin neredeyse tamamı fosil kaynaklı hidrojen (gri hidrojen) olarak, ülke içindeki tesislerde doğalgaz reformasyonu ile üretilmektedir.

Hidrojen, Almanya'da enerji taşıyıcısından ziyade girdi maddesi olarak kullanılmakta; bugünkü kullanımın büyük kısmı rafinerilerde petrol ürünleri üretimi ve kimya sanayinde (özellikle amonyak ve metanol üretimi) gerçekleşmektedir. Örneğin Almanya'da üretilen gri hidrojenin önemli bir kısmı, petrokimya tesislerinde hidrojenasyon süreçlerinde tüketilmektedir. Bu mevcut tabloya rağmen, Alman hükümeti hidrojen talebinin hızla artacağını öngörerek ciddi kamu yatırımları planlamıştır. 2020'de açıklanan Ulusal Hidrojen Stratejisi için 9 milyar € bütçe ayrılmış olup bunun 2 milyar €'su uluslararası ortaklıklar yoluyla hidrojen tedarik projelerine, 7 milyar €'su ise yurt içi hidrojen ekonomisinin geliştirilmesine tahsis edilmiştir. 2023 yılında strateji güncellenerek 2030 için öngörülen hidrojen talebi 95-130 TWh aralığına revize edilmiş, bu kapsamda elektrolizör kapasitesi hedefi 5 GW'dan 10 GW'a çıkarılmıştır. 10 GW'lık yerli elektroliz kapasitesinin yılda ~25 TWh yeşil hidrojen üretebileceği hesaplanmaktadır.

Kamu yatırımları arasında, IPCEI (Önemli Ortak Avrupa Projeleri) kapsamında hidrojen projelerine ayrılan hibeler (Avrupa Komisyonu 2023'te Almanya'nın 4,6 milyar € tutarındaki devlet yardımı paketini onaylamıştır) ve H2Global adlı ithalat teşvik mekanizması (2022'de 900 milyon €,

2024'te ilave 3,5 milyar € kaynak ayrıldı) öne çıkmaktadır. Ayrıca hidrojen üretim tesisleri, altyapı ve AR-GE için Almanya Kalkınma Bankası (KfW) kredi programları devreye alınmıştır. Bu büyük kamu destekleriyle Almanya, 2030'a kadar hidrojen pazarını olgunlaştırmayı hedeflemektedir.

Almanya'da mevcut hidrojen üretim kapasitesi büyük ölçüde fosil bazlı tesislerden oluşmaktadır. Ülkede ~30 adet doğal gazdan SMR (steam methane reformer) ile hidrojen üreten tesis bulunduğu tahmin edilmektedir (toplam ~1,7-2 milyon ton/yıl kapasite). Yeşil hidrojen tarafında ise 2023 itibarıyla Almanya'da kurulu elektrolizör kapasitesi ~100 MW düzeyindedir; bu, düşük bir seviyedir ancak devredeki projelerle 2025'e kadar 500 MW'ı, 2030'a doğru 5-10 GW aralığını bulması beklenmektedir. Örneğin Shell'in Rheinland Rafinerisi'nde 10 MW'lık PEM elektrolizör devrededir; bunun 100 MW'a çıkarılması planlanmaktadır. Siemens Energy ve Air Liquide ortaklığında Bavyera'da 8 MW'lık bir tesis 2023'te açılmıştır. Kuzey Denizi kıyısındaki Wilhelmshaven projesi gibi mega ölçekli üretim sahaları da planlama aşamasındadır (300 MW üstü). Hidrojen depolama kapasitesi olarak, Almanya halihazırda bazı tuz ocağı yeraltı depolarında pilot depolamalar yapmaktadır (yaklaşık 6-7 tesis, toplam ~30 GWh civarı potansiyel). 2030'a kadar 10 TWh, 2050'de ise 200+ TWh yeraltı hidrojen depolama kapasitesine ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Dağıtım altyapısında, halihazırda yaklaşık 1000 km uzunluğunda hidrojen taşımaya uygun boru hattı (çoğu endüstriyel yerel ağlar) mevcuttur. 2030'a dek bu ağın 5.100 km'ye çıkarılması (büyük kısmı mevcut doğal gaz hatlarının dönüştürülmesiyle) kararlaştırılmıştır. Özetle, Almanya hidrojen üretim, depolama ve taşıma kapasitesini kamu destekli projelerle hızla büyütmektedir.

3.2. Sektörde Önemli Oyuncular

Almanya hidrojen ekosistemi birçok küresel ölçekli şirket ile yenilikçi girişimlere ev sahipliği yapmaktadır. Üretici (yerli) firmalar arasında en dikkat çeken, dünya endüstriyel gaz devlerinden Linde'dir. Linde, tarihsel olarak Almanya merkezli olup (halen operasyon merkezlerinden biri Münih'tedir) hidrojen üretimi, sıvılaştırma ve dağıtımında dünya lideridir. Benzer şekilde Air Liquide (Fransız firması olmasına karşın Almanya'da büyük varlığa sahip) önemli bir hidrojen üreticisi ve tedarikçisidir.

Kimya sektöründe BASF gibi şirketler kendi hidrojen ihtiyaçlarının büyük kısmını üreten entegre tesislere sahiptir. Thyssenkrupp Nucera, klor-alkali ve elektroliz teknolojilerinde uzmanlaşmış, Almanya'nın en büyük elektrolizör ekipmanı üreticilerinden biridir (2023'te halka arz edilmiştir). Siemens Energy, Bavyera'da elektrolizör üretim hattı kurmuş olup yakında yüksek kapasiteli PEM elektrolizörler üretecektir. Sunfire ve Enapter gibi Alman startup şirketleri sırasıyla katı oksit elektrolizör ve anion exchange membran elektrolizör teknolojilerinde öncüdür. H-TEC Systems (MAN Energy Solutions'ın iştiraki) Alpler bölgesinde elektrolizör geliştirirken, Bosch ve VW gibi otomotiv devleri yakıt hücresi ve hidrojen yakıtlı araç teknolojilerine yatırım yapmaktadır. Bu üretici ekosistem, Almanya'yı hidrojen teknolojilerinde merkez ülkelerden biri yapma potansiyeline sahiptir.

İthalatçı ve ihracatçı firmalar cephesinde, mevcut durumda hidrojen ticaretiyle uğraşan şirketler genellikle endüstriyel gaz dağıtım firmalarıdır. Örneğin Air Liquide Almanya ve Linde Gas Almanya, komşu ülkelere (Belçika, Hollanda, Fransa) tüplü veya tankerle hidrojen ithal edip müşterilerine dağıtabilmektedir. Hidrojeni yüksek saflıkta özel amaçlarla kullanan (örneğin yarı iletken üretimi) şirketler de küçük miktarda ithalat yapabilir. İhracat tarafında, Messer Group (Alman gaz şirketi) ve Linde gibi firmalar Almanya'da ürettikleri hidrojenin fazlasını yakın ülkelere satmaktadır. 2023 verilerine göre Almanya'dan Hollanda'ya yapılan 3,3 milyon \$'lık hidrojen ihracatı muhtemelen bu şirketler üzerinden gerçekleşmiştir .

Ayrıca, diğer ülkelerden Almanya'ya hidrojen ihraç etmeyi planlayan uluslararası konsorsiyumlar da pazarda yer almaya hazırlanmaktadır. Örneğin Avustralya merkezli bir girişim, 2024 sonrası Almanya'ya yeşil hidrojen türevlerini (amonyak) taşımak üzere anlaşmalar yapmıştır. Orta Doğu'da NEOM projesi (Suudi Arabistan) ve Kuzey Afrika'da projeler, Almanya'yı hedef pazarlardan biri olarak tanımlamıştır. Bu projelerin arkasında ACWA Power, Masdar, Fortescue gibi yabancı şirketler bulunmaktadır. İthalatçı cephesinde Alman enerji şirketleri de aktif: RWE, Uniper, EnBW gibi devler, yeşil hidrojen tedarik anlaşmaları ve terminalleri için yatırımlara girmektedir. Örneğin RWE, Abu Dabi ile amonyak tedarikinde işbirliği yapmış; Uniper, Wilhelmshaven'da ithal amonyaklı hidrojene dönüştürecek bir kırma tesisi planlamıştır.

Özetle, Almanya hidrojen pazarında üretici olarak endüstriyel gaz firmaları ve teknoloji şirketleri; tüketici olarak rafineri, kimya, çelik ve ulaşım şirketleri; ticaret araçları olarak enerji ve gaz dağıtım şirketleri temel aktörlerdir. Bu aktörler arasında güçlü bir ağ ve devlet desteğiyle, Almanya hidrojen değeri zincirini hızla oluşturmaktadır.

3.3. Yerel Üretim ve İhracatçı Ülkelerin Pazar Payı

Almanya'da tüketilen hidrojenin şu an %95'ten fazlası yerli üretim ile karşılanmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi yıllık ~55 TWh talep, büyük ölçüde Almanya içindeki reformer tesislerinden sağlanmaktadır. İthal hidrojen ise toplam tüketimin çok küçük bir kısmıdır (2023'te ~9 TWh'e denk gelen 9 milyon \$'lık ithalat, 55 TWh toplam talebin yaklaşık %1,5'i kadardır). Bu ithalat payı, Almanya'nın enerji ithalatı kalemleriyle kıyaslandığında yok denecek seviyededir; örneğin ülke yıllık ~3.000 TWh enerji ithal etmektedir (petrol, gaz, kömür dahil) ve hidrojen bunun içinde şimdilik ihmal edilebilirdir. Almanya'da yerli hidrojen üretiminin pazar payı bu nedenle çok yüksektir. Ancak yerli üretim tamamen fosil gaza dayalı olduğundan, yeşil hidrojen açısından bakıldığında Almanya ihtiyacının neredeyse tamamını gelecekte ithalatla karşılamak durumundadır. Nitekim güncellenen strateji, 2030'da ihtiyaç duyulacak 95-130 TWh hidrojenin en fazla 40-45 TWh kadarının (25 TWh yeşil yerli + bir miktar mavi) iç kaynaklardan geleceğini, geri kalan %50-70'lik bölümün ithal edilmesi gerekeceğini ortaya koymuştur. Bu da ithalatçı ülkelerin (ihracatçıların) pazar payının orta vadede hızla yükseleceği anlamına gelir. Örneğin 2030'da Almanya'da tüketilecek hidrojenin yarıya yakınının Orta Doğu, Kuzey Afrika, Avustralya, Kanada gibi dış kaynaklardan gelmesi beklenmektedir. Kısa vadede ise Almanya'nın kullandığı hidrojenin kaynağı neredeyse tamamen yerli (ancak üretimde kullanılan doğal gazın Rusya, Norveç vb. ithal olduğu unutulmamalıdır).

3.4. Tüketici Segmentleri ve Tercihleri

Almanya'da hidrojen tüketicileri birkaç ana segmente ayrılabilir:

- **Kamu Sektörü:** Doğrudan hidrojen alıcısı olmasa da kamu sektörü özellikle ulaşım da hidrojen kullanımını teşvik eden bir müşteri konumundadır. Eyalet yönetimleri ve belediyeler, yakıt hücreli otobüsler ve çöp kamyonları satın alarak filolarında hidrojen yakıt kullanımını başlatmıştır. Örneğin Köln, Hamburg, Berlin gibi şehirlerde belediye otobüs işletmeleri hidrojenli otobüs projeleri yürütmektedir. Kamu, ayrıca AR-GE kurumları ve pilot projeler aracılığıyla hidrojen talebi oluşturur (örneğin kamuya ait tren şirketi Deutsche Bahn, alt kolu ile hidrojenli tren testleri yapmaktadır). Kamu alımları genellikle "yeşil hidrojen" şartı aramakta, bu da yenilenebilir kaynaklı hidrojen tercih edildiğini gösterir.
- **Sanayi (Endüstri) Sektörü:** Bugün Almanya hidrojen tüketiminin belkemiği sanayi işletmeleridir. Özellikle petrol rafinerileri en büyük tüketici segmentidir – ham petrolün hidrokraking ve

desülfürizasyon işlemleri için tonlarca hidrojen gerekir. Ayrıca kimya sektörü (özellikle gübre üreticileri, amonyak fabrikaları, metanol sentez tesisleri) yoğun hidrojen kullanır. Bu sanayi şirketlerinin tercihi bugüne dek ekonomik olduğu için fosil kaynaklı hidrojen (doğalgazdan üretilen) olmuştur. Ancak iklim politikaları nedeniyle bu şirketler de yeşil hidrojen kullanma hedefleri açıklamaktadır. Örneğin Almanya'nın büyük kimya konsorsiyumu (VCI üyeleri), 2050'ye kadar süreçlerinde kullandıkları hidrojenin tamamen karbonsuz kaynaklı olmasını hedeflemektedir. Çelik endüstrisi de kritik bir potansiyel tüketici segmentidir; ülkedeki dev çelik üreticileri (Thyssenkrupp Steel, ArcelorMittal Almanya vb.) kok kömürüne alternatif olarak hidrojen bazlı çelik üretimi (DRI yöntemi) planlamaktadır. Özellikle Duisburg'daki tesislerde 2025'ten itibaren yeşil hidrojen denemeleri başlayacaktır. Çelik sektörü, dönüşüm gerçekleşirse yılda onlarca TWh'lik hidrojen talebiyle en büyük tekel segmentlerden biri haline gelebilir.

- **Ulaşım Sektörü:** Ulaşımda hidrojen kullanımı Almanya'da henüz başlangıç aşamasındadır ancak kamyon, otobüs, tren ve hatta binek otomobil segmentlerinde pilot uygulamalar vardır. Yakıt hücreli otomobiller (Toyota Mirai, Hyundai Nexo gibi modeller) Almanya'da sınırlı sayıda satılmış olup hidrojen yakıt istasyonları ağı geliştirilmiştir. 2025 itibarıyla Almanya genelinde 100'den fazla hidrojen dolum istasyonu mevcuttur (H2 Mobility konsorsiyumu tarafından işletiliyor). Bu altyapı sayesinde binek araç ve hafif ticari araçlarda hidrojen kullanımı kısıtlı da olsa mümkündür; tüketici tercihlerinde özellikle çevreci imaja önem veren filolar (örneğin taksi şirketleri) hidrojenli araçlara yönelmektedir. Ağır vasıta segmentinde ise Daimler Truck ve Volvo ortak girişimi, 2027'den itibaren seri üretim yakıt hücreli kamyonları piyasaya sürmeyi hedeflemektedir. Bu gerçekleştiğinde, lojistik sektöründe hidrojen talebi doğacaktır. Demiryolu taşımacılığında da dizel hatlar yerine hidrojen yakıt hücreli trenler kullanılmaya başlanmıştır (Ayrım: Alstom firması Almanya'da birkaç bölgede yakıt hücreli tren setlerini hizmete aldı). Ulaşım alanında tüketiciler genellikle devlet destekleri ile bu teknolojileri seçmektedir; örneğin hidrojenli otobüslerin yüksek maliyeti, devlet hibeleriyle karşılanmakta, yakıt için de vergi muafiyetleri sağlanmaktadır.
- **Enerji Sektörü (Elektrik ve Isı):** Hidrojenin enerji depolama ve elektrik üretiminde kullanımı henüz Almanya'da cüzi düzeydedir. Ancak planlamalara göre gaz yakıtlı elektrik santrallerinde hidrojen karışımı (co-firing) ve uzun vadede %100 hidrojenli türbinler devreye girecektir. Özellikle 2030 sonrasında elektrik şebekesinin dengelemesinde hidrojen önemli rol oynayacak; bu amaçla bazı enerji şirketleri pilot yakma türbini denemelerine başlamıştır. Örneğin Siemens Energy, 2023'te bir proje kapsamında doğal gaz santralinde %20 hidrojen karışımla deneme yapmıştır. Isınma sektöründe ise hidrojenin doğalgaz şebekesine %5-10 oranında karıştırılması (blend) gündemdedir. Son tüketici açısından farkedilmese de, dağıtım şebekesi şirketleri (Stadtwerke'ler) bazı pilot mahallelerde hidrojen karışımıyla gaz vermeyi test etmektedir. Son kullanıcı tercihi olarak, bireysel seviyede hidrojen talebi yoktur; hidrojen genelde ara yakıt şeklinde kullanıldığı için, son kullanıcılara dolaylı yansır (örneğin hidrojenle üretilmiş yeşil çelikten yapılmış araba satın almak gibi).
- **Diğer Sektörler:** Almanya'da tarım sektöründe (seralar için ısı/elektrik) veya havacılık-denizcilik yakıtı olarak hidrojen türevleri (e-yakıtlar) kullanım alanı bulabilir. Bunlar halen Ar-Ge ve deneme aşamasındadır.

Genel olarak tüketiciler, hidrojenin karbonsuz (yeşil veya düşük karbon) olmasına önem veren bir yönelim içindedir. Özellikle sanayi şirketleri, ürünlerinin karbon ayak izini azaltma baskısı altındadır ve "yeşil çelik", "yeşil kimyasal" gibi kavramlar müşteri talebi haline gelmektedir. Bu nedenle hidrojen kullanıcıları, enerji dönüşümü politikaları doğrultusunda sertifikalı yeşil hidrojen tedarikine sıcak bakmaktadır. Almanya'da hidrojen için menşe ve sürdürülebilirlik sertifikasyonu sistemi (Guarantee of Origin) oluşturulmaktadır; tüketiciler yakında tükettikleri hidrojenin yenilenebilirden geldiğini

belgeleyebilecek. Dolayısıyla pazar tercihleri kalite (yüksek saflık, süreklilik) yanında giderek karbon içeriği düşük hidrojen lehine değişmektedir.

4. Sektörde Pazara Giriş

4.1 Hedef Eyaletler ve Sanayi Kümelenmeleri

Almanya’da hidrojen pazarına giriş yapmayı hedefleyen firmalar için belirli coğrafi bölgeler daha stratejik fırsatlar sunmaktadır. Hidrojen üretimi, tüketimi ve planlanan yatırımlar belirli “kümelenme” bölgelerinde yoğunlaşmıştır:

- Kuzey Almanya (Aşağı Saksonya, Schleswig-Holstein, Hamburg): Bu bölge, güçlü rüzgâr enerjisi kapasitesi ve büyük liman altyapısıyla yeşil hidrojen üretim ve ithalat merkezi olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Aşağı Saksonya eyaletinde Wilhelmshaven limanı, yeşil amonyak/hidrojen ithalat terminali ve büyük ölçekli elektroliz tesisi projelerine ev sahipliği yapacaktır. Schleswig-Holstein’da bol rüzgâr elektriğiyle hidrojen üretilip dağıtmak üzere Hamburg ve çevresi bir hidrojen koridoru planlamaktadır. Hamburg Limanı’nda da H2 import terminali ve hidrojenle çalışan liman ekipmanları projeleri vardır. Kuzey bölgesi, H2’nin giriş kapısı ve denizasırlı bağlantı noktası olarak tanımlanmıştır. Burada Wind-to-Hydrogen projeleri (ör. AquaVentus projesi – Helgoland açıklarında rüzgârla H2 üretimi) geliyor. Dolayısıyla Kuzey Almanya, hidrojen değeri zincirinin başlangıç noktası olarak hedeflenebilir.

Almanya 2030 hidrojen iletim çekirdek ağı planı: Hidrojenin üretim/ithalat noktalarından sanayi merkezlerine taşınması için belirlenen “H2-Netz 2030” planında, Kuzey Denizi kıyıları (Wilhelmshaven, Stade, Hamburg) birer giriş noktasıdır. Planda yeşil ile gösterilen hatlar mevcut doğalgaz borularının hidrojen taşımak üzere dönüştürüleceği hatları, kesik çizgili hatlar ise yeni inşa edilecek hidrojen borularını temsil etmektedir. Bu çekirdek ağı, kuzeyde üretilen veya ithal edilen hidrojenin batıdaki Ruhr bölgesi, doğudaki Saksonya-Anhalt ve güneyde Bavyera gibi tüketim bölgelerine ulaştırılmasını amaçlamaktadır.

- Batı Almanya (Kuzey Ren-Vestfalya / Ruhr Havzası): Almanya’nın en büyük sanayi yoğunlaşması olan Ruhr bölgesi (Duisburg, Essen, Köln, Düsseldorf üçgeni), hidrojen tüketiminin merkezidir. Burada çelik fabrikaları (Thyssenkrupp Steel Europe – Duisburg), kimya tesisleri (Evonik, Bayer, Covestro tesisleri) ve rafineriler (Shell Rheinland Rafinerisi, BP Gelsenkirchen vb.) bulunmaktadır. Bu bölge, H2 tüketim vadisi olarak tanımlanabilir. Kuzey Ren-Vestfalya eyaleti, H2Giga ve Hydrogen Valleys inisiyatifleriyle birçok projeyi çekmektedir. Örneğin Duisburg’da planlanan hidrojene dayalı doğrudan indirgemeli demir tesisi Avrupa’da öncüdür. Ayrıca Ruhr bölgesinde Mevcut hidrojen boru altyapısı vardır: Air Liquide ve Air Products şirketlerinin Ruhr’da yaklaşık 240 km’lik bir hidrojen boru hattı ağı mevcuttur. Bu altyapı, bölgedeki rafineri ve kimya tesislerini birbirine bağlamaktadır. Batı bölgesi aynı zamanda ara bağlantı noktasıdır; Belçika/Hollanda üzerinden gelen hidrojenin Almanya içlerine girişi bu bölgeden olur. Dolayısıyla pazara girecek bir tedarikçi için Ruhr bölgesi firmaları potansiyel büyük alıcı konumundadır.
- Doğu Almanya (Saksonya-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern): Bu bölgeler, eski Doğu Almanya sanayi altyapısına sahip olup yeni hidrojen projeleriyle bir dönüşüm yaşamaktadır. Özellikle Saksonya-Anhalt’daki Kimya Üçgeni (Chemiedreieck) bölgesi – Halle, Bitterfeld, Leuna çevresi – hidrojen üretimi ve kullanımına odaklanmıştır. Leuna kimya kompleksinde TotalEnergies’e ait rafineri ve bir amonyak fabrikası bulunur; buraya 2024

itibarıyla 30 MW'lık elektrolizör kurulmaktadır (Fraunhofer tesisi). Doğu Almanya'nın rüzgâr potansiyeli de yüksek olup Mecklenburg eyaletinde rüzgârdan hidrojen üretim girişimleri vardır. Brandenburg'da (Berlin çevresi) Alman Demiryolları'nın (DB) hidrojenli tren testleri ve enerji şirketi VNG'nin yeşil hidrojen projeleri dikkat çekmektedir. Ayrıca federal hükümetin "Hydrogen Hub East Germany" şeklinde programları mevcuttur. Dolayısıyla Doğu bölgeleri hem üretim potansiyeli hem de Polonya'ya yakınlıkla ihracat köprüsü olma yönüyle ilgi çekebilir.

- Güney Almanya (Bavyera, Baden-Württemberg): Güney eyaletleri yenilenebilir enerji potansiyeli sınırlı olsa da yüksek teknoloji ve otomotiv sanayinin merkezi olmaları nedeniyle hidrojen kullanımı ve AR-GE'sinde önemlidir. Bavyera'da BMW ve Bosch gibi firmalar yakıt pili AR-GE'si yapmakta, Münih bölgesinde hidrojen inovasyon kümelenmesi (HySpirit vb.) bulunmaktadır. Baden-Württemberg'de Stuttgart merkezli otomotiv sektörü (Daimler Truck yakıt hücresi birimi) ve Karlsruhe çevresinde enerji araştırma enstitüleri vardır. Ayrıca güneyde, İsviçre-Avusturya sınırına yakın, kimya şirketi Voestalpine (Avusturya) ve Audi'nin e-yakıt pilot tesisi gibi girişimler bulunur. Güney Almanya, hidrojen tüketiminin gelecek segmentlerinde (örneğin uzun mesafe kamyonlarda) söz sahibi olacak bir bölgedir. Ancak hidrojeni muhtemelen kuzeyden veya dışarıdan temin edecektir. Bu nedenle federal hidrojen boru planında güney hattı öngörülmüştür (Örn: Bavyera'ya Thüringen üzerinden hidrojen boru hattı incek şekilde planlama yapılmıştır).

Özetle, pazara girişte Kuzeyde üretim/ithalat – Güney/Batı'da tüketim denkleminde dikkat etmek gerekir. Türkiye'den bir firmanın hidrojen veya türevlerini satması durumunda muhtemelen giriş noktası Kuzey limanları (Hamburg veya Wilhelmshaven) olacaktır. Almanya içinde iş birliği yapmak açısından ise Ruhr ve kimya bölgelerindeki büyük sanayi işletmeleri hedef müşteri segmentini oluşturur.

4.2 Sektörde Firma Bulma

4.2.1 İlgili Oda/Birlik/Dernek/STK'lar

Almanya'da hidrojen sektöründe faaliyet gösteren ve pazara girişte faydalanılabilecek birçok meslek örgütü ve platform vardır:

- DWV (Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband – Alman Hidrojen ve Yakıt Pili Birliği): Hidrojen ekonomisini teşvik eden, üyeleri arasında şirketler, araştırma kurumları ve şahısların bulunduğu bir dernektir. DWV, Almanya'da hidrojen ile ilgili standardizasyon, kamuoyu farkındalığı ve lobi faaliyetleri yürütür. Yeni pazara giren bir firma, DWV'ye üye olarak sektördeki ağını genişletebilir. DWV'nin düzenli konferansları, yayınları ve çalışma grupları vardır.
- NOW GmbH (Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie): Federal hükümet tarafından kurulmuş, hidrojen ve yakıt pili teknolojilerini destekleyen bir organizasyondur. NOW, kamu fonlarını (ör. NIP – Ulusal İnovasyon Programı) yönetir, projeleri koordine eder. Ayrıca bilgilendirme platformları oluşturur (ör. h2atlas.de). Pazara girecek firmalar için NOW, Almanya'daki teşvik programları ve pilot projeler hakkında bilgi alabilecekleri kritik bir kaynaktır.
- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft): Almanya Enerji ve Su Endüstrisi Birliği olup elektrik, gaz, su şirketlerini temsil eder. Hidrojen, BDEW'nin gündeminde önemli bir yer tutar; özellikle doğal gaz şebekesine hidrojen enjeksiyonu, hidrojen piyasası düzenlemeleri

gibi konularda üyelerini bilgilendirir ve hükümetle temas halindedir. Hidrojen alanında faaliyet gösteren enerji şirketleri genelde BDEW üyesidir.

- DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches): Alman Gaz ve Su Birliği, teknik standartlar belirleyen yarı-resmi bir kuruluştur. Hidrojenin gaz altyapısında kullanımıyla ilgili teknik kılavuzlar (kodlar) DVGW tarafından hazırlanmaktadır. Örneğin %10 hidrojen karışımı denemeleri DVGW gözetiminde yapılır. Türkiye’den teknoloji ekipmanı satacak bir firma, DVGW standartlarına uygunluk arayacak müşterilerle karşılaşabilir; dolayısıyla bu STK’nın yayımlarını takip etmekte fayda vardır.
- Hydrogen Europe / Hydrogen Europe Germany: AB çapında hidrojen sektör birlikleridir. Hydrogen Europe Germany (eski adı Hydrogen Alliance of Germany olabilir) Alman şirketlerinin de yer aldığı bir lobi platformudur. Avrupa Birliği’ndeki gelişmeler için burası izlenebilir.
- Özel Sektör Kümeleri ve Platformlar: Belirli bölgelerde kurulmuş hidrojen kümelenmeleri bulunmaktadır. Örneğin H2 Region Emsland (Aşağı Saksonya’da yerel yönetim ve firmaların bir araya geldiği hidrojen bölgesi) veya HYPOS (Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany) gibi platformlar yerel iş birliğini sağlar. Ayrıca H2Mobility Deutschland GmbH adında, Almanya genelinde hidrojen yakıt istasyonları kurmak için büyük şirketlerin (Linde, Total, Daimler vb.) kurduğu ortak girişim vardır; bu şirket dağıtım ağı konusunda otoritedir.
- Ticaret ve Sanayi Odaları (IHK’lar) ve Alman-Türk Ticaret Odası: Almanya’nın her bölgesinde bulunan IHK’lar (Industrie- und Handelskammer) yatırımcılara ve ihracatçılara destek sağlayabilir. Özellikle Almanya’da ofis kurmak isteyen Türk firmaları için IHK’lar danışmanlık ve networking sunar. Berlin, Münih gibi büyük kentlerde Türk-Alman Ticaret ve Sanayi Odası’nın etkinlikleri de takip edilebilir. Bu odalar vasıtasıyla hidrojenle ilgili düzenlenen seminer ve eğitimlere katılım mümkün olabilir.

4.2.2 Sektörde Öne Çıkan Fuarlar

Almanya, sanayi fuarlarıyla ünlü bir ülkedir ve hidrojen konusunda da birçok uluslararası etkinliğe ev sahipliği yapmaktadır:

- Hannover Messe: Dünyanın en büyük sanayi ve teknoloji fuarı olan Hannover Fuarı, her yıl Nisan ayında düzenlenir. Son yıllarda fuar kapsamında Hydrogen + Fuel Cells Europe adında özel bir bölüm/hall oluşturulmuştur. Yüzlerce hidrojen ve yakıt pili şirketi burada stant açmakta; ayrıca konferanslar düzenlenmektedir. Hannover Messe, Türk firmalarının da katılım sağladığı önemli bir vitrin olup Almanya hidrojen piyasasındaki güncel trendleri görmek ve potansiyel müşterilerle temas kurmak için bir numaralı etkinliktir.
- f-cell (Stuttgart): Her yıl Stuttgart’ta gerçekleşen, hidrojen ve yakıt pillerine odaklı bir ihtisas fuarı ve konferanstır. Özellikle mobilite ve yakıt pili teknolojilerindeki yenilikler tanıtılır. Orta ölçekli firmalar ve araştırmacılar yoğun katılım sağlar. Türk firmaları da zaman zaman f-cell etkinliğinde yer almaktadır.
- Hydrogen Technology Expo Europe (Hamburg): Ekim ayında Hamburg’da düzenlenen uluslararası bir fuardır. Hidrojen üretim, depolama, taşımacılık teknolojileri üzerine odaklanır.
- E-world energy & water (Essen): Enerji sektörünün buluşma noktası olan bu fuar/gösteri genelde şubat ayında yapılır. Doğalgaz, elektrik şirketleri katılır. Son senelerde hidrojen altyapısı ve enerji dönüşümü temaları bu fuarda öne çıkmıştır.

- Intersolar Europe (Münih) & The Smarter E Europe: Yenilenebilir enerji fuarlarında da hidrojen konusu alt tema olarak işlenir. Özellikle PV solar ile hidrojen üretimi (power-to-x) konularına bu etkinliklerde rastlanır.
- ILA Berlin Airshow: İki yılda bir Berlin’de yapılan havacılık fuarında hidrojenin havacılık yakıtı olarak kullanımına dair özel bölümler olmuştur. Havacılıkta hidrojenle ilgili iseniz burada görünür olmak önemli olabilir.

Bu fuarların yanı sıra, Hannover Messe’nin yan etkinliği olarak “Hydrogen Summit”, Berlin Energy Transition Dialogue gibi konferanslar, European Hydrogen Conference (Brüksel) gibi bölgesel etkinlikler de takip edilebilir. Fuarlarda yer almak veya ziyaret etmek, pazara girişte hem rakipleri tanımak hem müşteri bulmak için kritik rol oynar.

4.2.3 Açık Kaynak Firma Veritabanları

Almanya’da potansiyel ortak, müşteri veya distribütör ararken kullanılabilecek birçok açık kaynak mevcuttur. Almanya Ticaret Ofisi’nin (Germany Trade & Invest) sektör raporları ve veri tabanları yatırımcılara açıktır. Özellikle GTAI websitesinde hidrojen konusunda Almanya’daki yatırım projelerini listeleyen raporlar yayınlanır.

Uluslararası ticari veritabanları olarak, Kompass, Wer Liefert Was (WLW) ve Europages gibi platformlar üzerinden Almanya’da hidrojen üreten, gaz ticareti yapan veya ekipman sağlayan firmalar aranabilir. Örneğin “Wasserstoff Hersteller Deutschland” gibi anahtar kelimelerle WLW’de arama yapıldığında hidrojen jeneratörü veya gaz tedarikçisi firmalar listelenmektedir.

Trade Map (ITC) gibi kaynaklar, belli bir ürünün ithalatçısı konumundaki başlıca firmaları dolaylı da olsa gösterebilir (bazı ücretli modüllerinde).

Alman şirket rehberleri (Gelbe Seiten – Sarı Sayfalar dijital versiyonu veya Creditreform’un firma veritabanı) da değerlendirilebilir.

Bunların dışında DWV ve Hydrogen Europe gibi birliklerin üye listeleri de açıkça mevcuttur; buradan sektördeki oyuncuların isim ve iletişim bilgilerine ulaşılabilir. Tenders Electronic Daily (TED) portalında yayınlanan kamu ihaleleri veritabanı da dolaylı bir firma bulma aracıdır; zira hidrojen altyapısı ihalelerinde teklif veren şirketler görülebilir.

4.3 Serbest Ticaret Anlaşmaları / Tercihli Ticaret

Almanya’nın kendine ait STA’sı olmayıp Avrupa Birliği üyesi olarak AB’nin ortak ticaret politikası geçerlidir. Türkiye, AB ile Gümrük Birliği (1996) ilişkisine sahip olduğu için Almanya ile Türkiye arasında sanayi ürünlerinde gümrük vergileri kaldırılmıştır. Hidrojen de sanayi ürünü (Kimyasal madde) kategorisinde değerlendirildiğinden, Türkiye menşeli hidrojen ve türevleri Almanya’ya gümrüksüz ithal edilebilir. Gümrük Birliği kapsamında tarife engeli olmaması, Türk tedarikçileri diğer ülkelere kıyasla avantajlı kılmaktadır. Ancak Gümrük Birliği, malın menşeinden ziyade serbest dolaşımını esas aldığından, Türkiye’den Almanya’ya yapılan ihracatta [A.TR](#) Dolaşım Belgesi ibrazı gerekmektedir (aşağıda belgeler bölümüne bakınız). AB’nin diğer ülkelerle imzaladığı STA’lar (örn. AB-Kore STA, AB-Kanada CETA, AB-UK TCA vb.) Almanya’nın hidrojen tedarikini dolaylı etkileyebilir. Örneğin Kanada ile AB arasındaki anlaşma kapsamında Kanada menşeli hidrojen AB’ye preferanslı girebilir. Ancak hâlihazırda hidrojen ithalatında AB MFN gümrük vergisi de oldukça düşüktür (çoğu durumda %0 veya %düşük); dolayısıyla ticarette belirleyici engel tarifeler değildir.

Türkiye açısından, Gümrük Birliği haricinde AB’nin karbon sınır mekanizması (CBAM) gelecekte önem kazanacaktır. CBAM listesine 2026’dan sonra düşük karbonlu hidrojen ve amonyak da

eklenecektir; bu da fosil içerikli hidrojen ürünlerinin AB'ye girişinde ek mali yük getirebilir. Dolayısıyla Türkiye'deki üreticilerin Almanya'ya ihracatta yeşil hidrojen sertifikasına sahip olmaları kritik olacaktır.

4.4 Zorunlu Belgeler

Almanya'ya yapılacak hidrojen ihracatında, genel olarak AB'nin ithalat süreçlerinde talep ettiği standart evraklar sunulmalıdır. Ticari faturalar, detaylı çeki listesi (packing list) ve taşıma belgesi (CMR karayolu taşıması için, konşimento denizyolu için) temel belgelerdir. Eşyanın cinsi hidrojen olduğu için, tehlikeli madde sınıfına girmektedir – bu bağlamda sevkiyatlarda Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (Safety Data Sheet) mutlaka sağlanmalıdır. Hidrojen gazının UN sınıflandırması (UN No: 1049, Sınıf 2.1 yanıcı gaz) gereği taşımada bu belgenin bulunması zorunludur. Almanya gümrüğünde spesifik bir ithalat lisansı gerekmemektedir; hidrojen, AB'de serbest dolaşımı kısıtlı olmayan bir üründür. Ancak özel izinler, eğer hidrojen kriyojenik sıvı halinde veya büyük hacimli tankerlerde geliyorsa, ulaşım otoriteleri nezdinde gerekebilir (özellikle demiryolu veya gemiyle sıvı hidrojen taşınırsa liman otoriteleri izin ister).

4.5 Teknik Standartlar

Hidrojen sektöründe teknik standartlar ve normlar hayati öneme sahiptir. Almanya, Avrupa Birliği standardizasyonunun bir parçasıdır; dolayısıyla EN ve ISO standartları geçerlidir. Hidrojen yakıt ve ekipmanlarına ilişkin önemli bazı standartlar şunlardır:

- Hidrojen Yakıt Kalitesi: Yakıt hücresi araçlarında kullanılacak hidrojen için ISO 14687 standardı belirlenmiştir (safılık %99.999, safsızlık limitleri vb.). Almanya'da hidrojen ikmal istasyonları bu standarda uygun yakıt sunmak zorundadır. Dolayısıyla ihracatçı, eğer otomotiv yakıtı amaçlı hidrojen satacaksa bu kaliteyi sağlamalıdır. Endüstriyel kullanımda ise gaza göre değişen safılık dereceleri vardır (ör. gıda sanayi için E941 standardı – gıda sınıfı hidrojen).
- Basıncılı Ekipmanlar: Hidrojen gazı yüksek basınçla depolandığından, Basıncılı Ekipmanlar Direktifi (PED 2014/68/EU) ve ilgili harmonize standartlar devreye girer. Hidrojen silindirleri, tüpleri için EN 1964, EN 1800 serisi standartlar ve TPED (Taşınabilir Basıncılı Ekipmanlar Direktifi) geçerlidir. Çelik veya kompozit tüplerin Avrupa onaylı (π işaretli) olması gereklidir. İhracatçı firma, eğer paketleme olarak tüp sağlıyorsa bu tüplerin CE ve π sertifikalı olduğunu garanti etmelidir.
- Hidrojen Boru Hatları ve Malzemeleri: DVGW'nin H2 uyumlu boru hatları için yayınladığı kodlar vardır (DVGW G 260 – gaz kalitesi, G 265 – çelik borularda hidrojen uyumu gibi). Ayrıca ISO/TR 15916 (hidrojen güvenlik kuralları) ve ISO 19880 serisi (hidrojen istasyonları için gereklilikler) gibi standartlar kılavuz niteliğindedir. Almanya'da hidrojen projelerinde bu standardizasyon referans alınır.
- Yakıt Pilleri ve Elektrolizörler: Bu ekipmanlar için IEC/ISO standartları (IEC 62282 yakıt pilleri için, IEC 60874 elektrolizörler için vb.) mevcuttur. Türkiye'den bu cihazları ihraç etmeyi düşünen firmalar, CE işaretlemesi ve ilgili standarda uygunluk sağlamalıdır. Yakıt pillerinde özellikle elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve elektrik güvenliği standartları devrededir.
- İtfaiye ve Güvenlik Standartları: Hidrojenin depolanması ve kullanımıyla ilgili tesis güvenliği için Almanya'da teknik yönergeler (TRBS, TRGS gibi) ile Avrupa normları (ATEX – patlayıcı ortam

direktifi) uygulanır. Hidrojen içeren ortamlarda kullanılan elektrik ekipmanları ATEX sertifikalı olmalıdır.

Özetle, Almanya'ya ürün veya hidrojen gazı satarken AB teknik mevzuatına tam uyum şarttır. Standartlara uygunluk genelde alıcı tarafından sözleşmede koşul olarak belirtilir ve denetlenir. Bu nedenle ihracatçı, ürününün/donanımının ilgili standart testlerinden geçtiğini belgeleyen uygunluk sertifikalarını (CE beyanı, test raporları) hazır etmelidir.

4.6 Etiketleme

Hidrojen, tehlikeli madde sınıfında olduğu için Avrupa'da CLP (Classification, Labelling and Packaging) Tüzüğü'ne göre etiketlenmelidir. Sıvı hidrojen gazı tüpleri üzerinde kırmızı yanıcı gaz ikonu (GHS02) ve yüksek basınç gaz ikonu (GHS04) bulunmalıdır. Etiket içeriğinde "UN1049 HYDROGEN, COMPRESSED" veya sıvı ise "UN1966 HYDROGEN, REFRIGERATED LIQUID" tanımlaması yer alır. Ayrıca hidrojen gazı insan tarafından solunmadığından zehirlilik vs. işareti gerekmez ama boğucu olabilir; bu nedenle "Dikkat: Boğucu gaz, havadaki oksijeni azaltır" gibi uyarılar konur. Almanya'da etiketler Almanca dilinde olmalıdır (en azından tehlike ifadeleri). İhracatçı, ürünle birlikte gelen tüplerin üzerindeki etiketlerin ADR ve CLP'ye uyumunu sağlamalıdır. Ticari ambalaj üzerinde ayrıca net ağırlık, saflık derecesi, üretici firma bilgileri gibi detaylar bulunur.

Hidrojen eğer türev ürün olarak (amonyak, kimyasal vb.) geliyorsa, o ürünün ayrı etiketleme kuralları geçerli olur; örneğin amonyak için zehirli gaz işareti gerekir. Lojistik sırasında, taşıma araçlarında Turuncu Tehlike Plakaları kullanılmalı (hidrojen için tehlike numarası 23, UN numarası 1049) ve bu aracın ADR sertifikası olmalıdır.

4.7 Ambalajlama

Hidrojen gazı tipik olarak yüksek basınçlı çelik veya kompozit tüplerde taşınır. Almanya'ya ihracatta, eğer Türk firması gazı kendi tüplerinde gönderiyorsa, bu tüplerin TPED onaylı olmasına dikkat edilmelidir (yani AB'de kullanılan tipte). Aksi takdirde Almanya alıcısı muhtemelen kendi tüplerini kiralamayı tercih edecektir. Alternatif olarak hidrojen, demiryolu veya karayolunda tube-trailer denen çoklu tüp demetleriyle sevk edilebilir. Bu büyük taşıma kapları da ADR/RID standartlarına uygun olmalıdır. Sıvı hidrojen ise kriyojenik termos (Dewar) tanklarla taşınır; bunların da EN 13530 standardını karşılaması gerekir. Ambalajlama bakımından hidrojenin nem almaması ve kirlenmemesi kritik olduğundan, tüplerin iç yüzeyi temizliği standardı (ISO 23273 gibi) gözetilir.

Ambalaj üstüne ayrıca yükleme yönü (OK işareti vs.), doluluk basıncı, valf koruması gibi fiziki güvenlik önlemleri de alınmalıdır. Bazı Alman müşteriler, hidrojen gazını paket hizmet olarak tedarik etmek ister; yani tüplerin dolumu, nakliyesi, boş tüpün geri alınması gibi hizmetleri ister. Bu durumda Türk tarafı Almanya'da bir gaz hizmeti partneri ile çalışabilir veya tüplerini orada doldurabilir. Örneğin Linde'nin veya Messer'in dolum tesislerinde anlaşmalı dolum yapılabilir. Bu, ambalajlama ve geri lojistik sorununu çözebilir.

4.8 Lojistik (Nakliye Süresi, Taşıma Modları, Güzergahlar)

Hidrojenin fiziksel taşınması, düşük yoğunluğu ve teknik zorlukları nedeniyle meşakkatli ve maliyetlidir. Türkiye'den Almanya'ya hidrojen nakliyesi için birkaç olası yol bulunmaktadır:

- Karayolu ile Tube-Trailer: Türkiye'den çıkış yaparak Bulgaristan-Avrupa güzergahından karayolu ile hidrojen tüpleri veya tankerleri taşınabilir. İstanbul'dan Almanya'nın güneyine (Bavyera) karayolu seyahati yaklaşık 2000+ km olup 3-4 gün sürer. Bu mod, küçük hacimler için uygundur (bir treyler ~300 kg hidrojen taşıyabilir). Maliyetler kilometre ve ADR sürücü ihtiyacı nedeniyle yüksektir. Ayrıca sınır geçişlerinde ADR araçlarına özgü prosedürler (ör. belirli sınır kapılarında geçiş) olabilir. Karayolu rotası genelde Türkiye-Bulgaristan-Sırbistan-Macaristan-Avusturya-Almanya şeklindedir. AB ile Türkiye arasındaki karne ve geçiş belgesi kotaları ADR taşımalarda da geçerli olduğundan, lojistik planlaması dikkat ister.
- Denizyolu ile Tanker/Konteyner: Sıvı hidrojen veya hidrojen türevleri (amonyak, metanol) daha büyük hacimlerde denizyoluyla taşınabilir. Örneğin Türkiye'nin bir limanından (ör. İskenderun veya İzmir), Almanya'nın Kuzey Denizi limanlarına (Hamburg, Wilhelmshaven) gemiyle sevkiyat yapılabilir. Şu anda sıvı hidrojen taşımaya uygun çok az sayıda özel tanker gemisi var (Japonya'nın Suiso Frontier gemisi bir prototiptir). Ancak amonyak gibi taşıyıcılar için mevcut kimyasal tanker filoları kullanılabilir. Türkiye'den Almanya'ya deniz yolculuğu (Cebelitarık üzerinden Kuzey Denizi'ne) yaklaşık 2-3 hafta sürebilir. Bu rota, ancak çok büyük ölçekli ihracat için anlam kazanır. Amonyak için örnek rota: Ceyhan'dan tankerle çıkıp Rotterdam veya Wilhelmshaven'a varış. Oradan Almanya içi boru veya vagon ile dağıtım.
- Demiryolu: Demiryolu ile tanker vagonlarda hidrojen taşınması mümkün olmakla birlikte, Almanya-Türkiye arasında demiryolu taşımacılığı altyapısı henüz bu tür hassas ürünler için pratik seviyede değil. Bununla beraber, Bakü-Tiflis-Kars demiryolu veya Marmaray kullanılarak bir kesintisiz hat mevcut. LNG vb. ürünler için Romanya üzerinden trenlerle taşımalar denenmiştir. Hidrojen için de gelecekte vagonla taşıma seçeneği olabilir. Bu modun avantajı daha fazla yükü sürekli çekebilmesidir ancak her ülkede izin süreçleri var.
- Boru Hattı (Orta-uzun vade): Şu an Türkiye ile Almanya arasında hidrojen taşıyacak entegre bir boru hattı yoktur. Fakat AB'nin Avrupa Hidrojen Omurgası (European Hydrogen Backbone) vizyonunda, 2030'ların sonunda Güneydoğu Avrupa'dan (muhtemelen Türkiye üzerinden) hidrojeni Orta Avrupa'ya bağlayan boru hatları öngörülmektedir. Özellikle Türkiye, TANAP/TAP doğal gaz boru hattını Avrupa'ya bağlamıştır; gelecekte bu hatların hidrojen karışımı taşınması veya ayrılmış hidrojen hatlarına dönüştürülmesi teknik olarak mümkün olabilir. Eğer böyle bir altyapı gerçekleşirse, Türkiye'den Almanya'ya lojistik en verimli şekle (boru ile sürekli akış) kavuşur. Şimdilik bu bir vizyon olup, 2030 öncesi beklenmemektedir.

Türkiye'den Almanya'ya hidrojen lojistiğinde en büyük engel, hidrojenin taşıma hacmine göre düşük enerji yoğunluğudur. Bu yüzden, pratikte Türkiye'nin hidrojenini Almanya'ya taşımak yerine hidrojen türevlerini taşımak daha mantıklı olabilir. Örneğin yeşil hidrojenden üretilmiş amonyak sıvı olarak gemiyle kolayca taşınabilir ve Almanya'da tekrar hidrojene dönüştürülebilir. Bu yöntem, direk

hidrojen taşımaktan daha ekonomiktir (IEA raporlarına göre 3000 km mesafede boru hattı yoksa, en uygun yöntem amonyak şeklinde taşımaktır).

Nakliye süreleri açısından, hızlı teslimat istenen durumlarda (ör. laboratuvarlar için küçük hidrojen tüpleri) havayolu kargo bile kullanılabilir ama bu çok nadir ve pahalı bir yöntemdir. Genel olarak Almanya müşterileri, sürekli tedarik garantisi isteyecektir; bu da bir stoklama veya tedarik zinciri planlaması gerektirir. İhracatçı firma, Almanya içinde bir depo veya ikmal noktası oluşturup oradan son müşterilere dağıtım yaparak lojistiği optimize etmeyi düşünebilir.

4.9 Dağıtım Kanalları (Acente, Distribütör, Doğrudan Satış, E-ticaret)

Hidrojen sektörü B2B (firmadan firmaya) mahiyette olduğu için dağıtım kanalları klasik tüketim mallarından farklıdır. Olası dağıtım yolları:

- Doğrudan Son Kullanıcıya Satış: Eğer ihracatçı firma büyük bir sanayi müşterisine hidrojen tedarik ediyorsa (ör. bir rafineri ile anlaşırsa), muhtemelen doğrudan uzun vadeli tedarik sözleşmesi yapar ve ürünü doğrudan teslim eder. Bu durumda aracı gerekmez. Almanya'da hidrojen kullanan büyük şirketler (BASF, Shell vb.) güvenilir tedarik için doğrudan üreticilerle çalışmayı tercih eder.
- Endüstriyel Gaz Distribütörleri/Acenteleri: En yaygın kanal, yerleşik gaz tedarikçileridir. Linde, Air Liquide, Messer gibi firmalar Almanya genelinde gaz dağıtım altyapısına sahiptir (tüp dolum tesisleri, tanker filoları, depolar). Türk bir üretici, Almanya'daki bu firmalara toptan hidrojen satabilir veya ortaklık yapabilir. Bu şirketler, hidrojeni alıp kendi müşteri ağlarına dağıtır. Bu yaklaşım, pazara giriş için mantıklı bir yol olabilir çünkü halihazırda müşteri portföyüne sahip bir dağıtıcı ile çalışılmış olur. Ancak aracı kâr marjı ekleneceği için fiyat rekabetine dikkat etmek gerekir.
- Temsilcilik/Acentelik: Türkiye'deki firmanın Almanya'da kendi satış temsilciliğini kurması da mümkündür. Bu temsilcilik, potansiyel müşterilerle ilişkileri yürütür, teknik destek sağlar ve siparişleri koordine eder. Örneğin bir mühendis veya satış uzmanından oluşan küçük bir ofis, hidrojen ekipmanı satan bir Türk şirketine hizmet edebilir. Ticari kültür gereği Alman müşteriler, ülkelerinde muhatap bulmaktan memnuniyet duyarlar.
- E-ticaret: Hidrojen gibi özel bir ürünün doğrudan e-ticaret platformlarından satışı yaygın değildir. Ancak ekipman tarafında (küçük ölçekli elektroliz cihazları, yakıt pili jeneratörleri vs.) B2B e-ticaret portalları (Alibaba, Europages vb.) kısmen kullanılabilir. Örneğin Alman KOBİ'leri, laboratuvar tipi bir hidrojen jeneratörünü online platformdan sipariş edebilir. Fakat genel itibarıyla sektörde ilişkiler fuarlar ve doğrudan temaslara gelişir; e-ticaret marjinal kalır.
- İş Birliği Ortaklıkları: Bazı durumlarda Türk firması, Alman firması ile ortak girişim (JV) kurarak pazara girer ve dağıtımı bu ortak şirket üzerinden yapar. Örneğin, Türkiye'de yeşil hidrojen üreten bir girişim, Almanya'da bir enerji şirketiyle JV kurup hidrojen ticaretini bu ortak şirket vasıtasıyla gerçekleştirebilir. Böylece Alman ortağın mevcut altyapısı ve müşteri ilişkileri değerlendirilmiş olur.
- Perakende Satışlar: Hidrojenin perakende satışı şu an için sadece yakıt dolum istasyonlarında söz konusudur. Almanya'da bir son tüketici hidrojen satın alacaksa, arabasına yakıt alır gibi istasyona gider. Bu istasyonlar H2Mobility ağı tarafından işletilir ve genellikle Linde gibi tedarikçilerden hidrojen alır. Bu zincire dışarıdan hidrojen tedarik etmek isteyen bir firma, H2Mobility ile anlaşarak istasyonlara ikmal yapabilir. Ancak bu piyasaya girmek zordur zira yerleşik tedarikçiler hâkimdir.

Özetle, yeni bir ihracatçı için en gerçekçi dağıtım kanalı, mevcut gaz şirketleriyle partnerlik veya nihai sanayi kullanıcılarıyla doğrudan anlaşmalardır. Ayrıca Alman entegratör firmalar (ör. elektrolizör üretim proje kuran şirketler) de hidrojen alıcısı olabilir; onlarla bağlantı kurmak da bir kanaldır.

4.10 Satış Sonrası Hizmetler

Eğer satılan ürün fiziksel hidrojen gazı ise, satış sonrası hizmet kavramı daha çok tedarik sürekliliği ve boş tüplerin geri alınması, ekipman bakımı gibi unsurları içerir. Örneğin bir müşteri düzenli olarak hidrojen alıyorsa, zamanında teslimatın yapılması, acil ihtiyaçta ek sevkiyat sağlanması, tüp veya tankların kontrolü gibi hizmetler beklenir. İhracatçı firmanın Almanya’da bir lojistik destek anlaşması yapması faydalı olacaktır.

Bunun dışında hidrojenle ilgili cihaz/ekipman satışı varsa (mesela elektrolizör satıldı), satış sonrası servis çok kritiktir. Almanya müşterisi, satın aldığı makinenin bakım, yedek parça ve onarım hizmetlerini talep eder. Bu nedenle Türk ekipman üreticisi, Almanya’da ya kendi servis ekibini kurmalı ya da bir yerel servis ortağı ile çalışmalıdır. Aksi takdirde arıza durumunda hızlı müdahale yapılamaması müşteri memnuniyetsizliğine yol açar.

Yakıt hücresi sistemleri veya basınçlı tanklar gibi riskli ekipmanlarda Alman kullanıcılar yetkili sertifikalı teknisyenlerin müdahalesini şart koşabilir. Dolayısıyla satış öncesinde bu hizmetlerin planlanıp müşteriye taahhüt edilmesi gerekir.

4.11 Reklam ve Pazarlama Kanalları

Hidrojen sektörü, oldukça teknik bir alan olduğu için pazarlama faaliyetleri de daha çok sektörel mecralarda yapılır. Dijital pazarlama tarafında, sektöre özel yayınlar ve portallar öne çıkar: Örneğin H2 View, FuelCellsWorks, Gasworld gibi online dergiler Almanya’da da okunur; buralara reklam vermek belli kitleye ulaşmayı sağlar. Basılı sektörel dergiler (BWK, Energie & Management vb.) de kullanılabilir. Fuarlara katılım, en etkili tanıtım kanallarından biridir; fuar standı ile ürün sergilemek ve broşür dağıtmak Almanya’da geleneksel ama başarılı bir yöntemdir. Bunun yanında, webinarlar ve çalıştaylar düzenlemek de potansiyel müşterilere ulaşma yolu olabilir (örn. bir Türk firmasının yeşil hidrojen hakkında online seminer yapıp Alman firmalarını davet etmesi).

Almanya’da iş kültürü, abartılı reklama mesafeli yaklaşır; daha çok referanslar ve teknik başarı hikayeleri önemlidir. Bu yüzden, pazarlama içeriğinde teknik veriler, gerçekleştirilen pilot projeler, ölçülebilir avantajlar vurgulanmalıdır. Örneğin “%99,999 saflıkta hidrojen sunuyoruz” ya da “CO2 emisyonunu yılda X ton azaltmanıza yardım ediyoruz” gibi mesajlar etkileyici olacaktır. Sosyal medya kanallarında ise LinkedIn özellikle B2B sektörde etkilidir; firmanın uzmanlarının Almanya odaklı paylaşımlar yapması, gruplaşmalara (ör. “Hydrogen Industry – Germany” gibi LinkedIn grupları) katılması tavsiye edilir.

Almanya’da reklam yaparken dil konusu da önemli: Teknik kitle büyük oranda İngilizce bilse de, pazarlama materyallerini Almanca hazırlamak güven verir. Bir Alman müşteriye kendi dilinde hitap eden broşür veya web sitesi sunmak, firmanın ciddiyetini gösterir. Bu nedenle Türk firmaları Almanca diline yatırım yapmalıdır (çeviriler, web sitesi lokalizasyonu vb.).

4.12 İş Yapma Kolaylığı ve İş Kültürü

Almanya, Dünya Bankası ölçütlerine göre yüksek bir “iş yapma kolaylığı” endeksine sahip, bürokrasisi sistematik bir ülkedir. Şirket kurulumu, yasal süreçler nispeten şeffaftır ancak Türkiye’ye kıyasla bazı yönlerden daha uzun zaman alabilir (örn. izin süreçleri). Özellikle hidrojen gibi güvenlik boyutu olan konularda Almanya’da mevzuata uygunluk titizlikle denetlenir, bu bazen gecikmelere yol açabilir. Örneğin yeni bir hidrojen tesisi kurmak için çevre izni almak 1-2 yıl sürebilir. Türk firmaları için Almanya’da iş yaparken en büyük kolaylık, hukukun öngörülebilir ve sözleşmelerin güvenilir olmasıdır; bir anlaşma yapıldığında karşı tarafın taahhüdüne sadık kalma oranı yüksektir.

İş kültürü açısından, dakiklik, planlılık ve doğrudan iletişim Alman iş dünyasının karakteristikleridir. Toplantılar zamanında başlar, gündem önceden belirlenir ve takip edilir. Gereksiz abartılı ifadeler veya boş vaatler hoş karşılanmaz; bunun yerine realist ve veri temelli yaklaşımlar beğenilir. Örneğin bir Alman müşteriye teslimat süresi 4 gün denmişse, 4 günde teslim edilmesi beklenir; gecikme olarsa önceden haber verilmesi gerekir. Karar alma süreçleri daha yavaş ve katılımcı olabilir (özellikle büyük şirketlerde çok katmanlı onay mekanizmaları vardır). Bu nedenle, Türk satıcıların sabırlı olması, takipçi olması önemlidir. Yazılı iletişim (e-posta, teklif dokümanı) Alman müşteriler için referanstır; sözlü konuşmadan ziyade yazıya dökülmüş bilgiler geçerlidir.

Bu konuda daha ayrıntılı bilgi için, yine Bakanlığımız tarafından hazırlanan Almanya Ülke Raporu’na bakılabilir.

4.13 Ödeme Şekilleri (Mevcut Durum / Tavsiye Edilen)

Uluslararası ticarete genel uygulamalar Almanya için de geçerlidir. Alman şirketleri genellikle güçlü finansal yapıya sahip olduklarından ödemelerinde güvenilirdir, ancak yeni bir tedarikçi ile çalışırken temkinli davranabilirler. Mevcut durumda Almanya’ya ihracat yapan Türk firmaları arasında açık hesap (mal mukabili) ve vesaik mukabili ödeme yöntemleri yaygındır. Eğer karşılıklı güven oluşmuşsa Alman alıcılar 30-60 gün vadeli açık hesapla çalışabilir, zamanında ödeme yaparlar. Ancak ilk defa iş yapılacaksa akreditif (letter of credit), peşin ödeme veya banka teminatlı ödeme yöntemleri tavsiye edilir. Özellikle yüksek tutarlı ekipman satışlarında akreditif kullanımı yaygındır; zira bu hem satıcıyı hem alıcıyı korur. Hidrojen gazı gibi sürekli akış gerektiren işlerde aylık faturalandırma ve 30 gün ödeme gibi sistemler kurulabilir.

Almanya’da yerleşik firmalar SEPA banka havalesi ile Euro cinsinden ödeme yapmayı tercih eder. Türk ihracatçısı için de euro ödeme almak idealdir (kur riski olmaması açısından). Kredi kartı veya online ödeme sistemleri endüstriyel ürünlerde pek kullanılmaz. Çek ve poliçe ise Alman ticaretinde nadirdir; banka havalesi en güvenli yoldur.

Eğer alıcı devlet kurumları ise (örneğin bir belediyeye araç satışı), ödeme prosedürleri kamu satın alma kurallarına tabidir; genelde sözleşme yapıp iş teslimi sonrası 30 gün içinde havale ile ödeme yapılır, teminat mektubu istenebilir.

Türk firmaları açısından, Alman müşterilere mal gönderirken alacağın sigortalanması (Euler Hermes, Coface gibi) düşünülmelidir. Almanya'nın risk puanı düşük olduğu için makul primlerle alacak sigortası yapılabilir; bu da ticareti güvenceye alır.

4.14 Tarife Dışı Engeller

Almanya'ya ihracatta karşılaşılabilecek tarife dışı engeller daha çok düzenleyici ve teknik engellerdir. Örneğin, hidrojenin bir enerji ürünü olarak bazı piyasa düzenlemelerine tâbi olması (izinler, sertifikalar) gerekebilir. Hidrojen yakıtı satmak isterseniz, istasyon açmak için zorunlu güvenlik denetimleri, inşaat ruhsatları gibi engeller vardır. Çevresel regülasyonlar, tarife dışı engel kategorisinde sayılabilir: Almanya çevreye zararlı üretim süreçlerine müsamaha göstermez, dolayısıyla üretim metodu sertifikasyonu talep edebilir (örneğin hidrojen yeşil mi? yeşil değilse belki kullanımda kısıt gelebilir).

Ayrıca standart dışı ölçü birimleri veya etiketlemeler de tarife dışı engel teşkil edebilir. AB'nin basınç, ağırlık ölçü birimleri vs. Türkiye'de zaten uyumlu olmakla beraber hassas davranmak yerinde olmaktadır. Özellikle hidrojen bir "tehlikeli madde" olduğundan Almanya'ya nakliyesinde ADR/RID lisansları zorunludur.

Gümrük prosedürleri Almanya'da genelde hızlı olsa da, eğer evraklarda eksiklik/yanlışlık olursa mal gümrükte takılabilir. Bu yüzden tüm dökümanların tam ve doğru olması kritik, yoksa bu da fiili bir tarife dışı engel gibi süreci uzatır.

Bazı Alman müşteriler, uluslararası geçerliliği olmayan belirli sertifikalar isteyebilir (örneğin TÜV onayı). Bu ticari bir engel sayılabilir. Örneğin, hidrojen ekipmanını satarken CE işaretiniz olsa dahi Alman firma ek olarak yerel bir TÜV test raporu talep edebilir. Bu da süreci uzatır ve maliyet ekler.

Son olarak, fiyat rekabeti Alman piyasasında bir nevi tarife dışı engeldir; zira ülke elektrik maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle hidrojen üretimini yerli yapmaktansa ithal etmeyi planlıyor. Yani siz Türkiye'den hidrojen sunarken mutlaka daha ucuza sunmalısınız ki tercih edilesiniz. Bu ekonomik bir engel gibi düşünülebilir. Almanya, diğer AB ülkeleriyle ortak bir hidrojen piyasası mevzuatı oluşturmaktadır (gelecekte belki karbon içeriğine göre ithal hidrojene sertifika zorunluluğu vb. gelebilir). Bu gelişmeler yakından izlenmelidir.

Özetle, Almanya'ya hidrojen ve ilgili ürünler satarken tarife engeli olmasa da yüksek standart barajı, yoğun rekabet ve bürokratik yükler tarife dışı engeller şeklinde ortaya çıkabilir.

5. Fırsatlar ve Tehditler

Almanya, 2020'de başlattığı ulusal hidrojen stratejisini 2023'te güncelleyerek hidrojen ekonomisine geçişi hızlandırma kararı almıştır. Stratejinin temel hedefi, iklim nötr 2045 vizyonu doğrultusunda enerji yoğun sektörlerde hidrojen kullanımını yaygınlaştırmaktır. Bu kapsamda 2030'a kadar 10 GW yeşil hidrojen üretim kapasitesi kurmak, sanayide hidrojen talebini teşvik etmek ve gerekli altyapıyı (boru hatları, terminaller, depolar) inşa etmek öncelikli hedeflerdir. Federal Hükümet, hidrojen pazarının gelişimi için çeşitli teşvik mekanizmalarını devreye sokmuştur:

- **Doğrudan Mali Destekler:** 2021-2023 arasında dört dalgada toplam 262 hidrojen projesine (IPCEI Hydrogen çerçevesinde) €4,4 milyar hibe onaylanmıştır. Bu projeler elektrolizör fabrikaları, hidrojen tüketim tesisleri ve altyapı yatırımlarını kapsamaktadır. Ayrıca 2022'de Ulusal Hidrojen Fonu kurulmuş, 2024 bütçesinde hidrojen için ilave €1,5 milyar ödenek ayrılmıştır.
- **H2Global ve Avrupa Hidrojen Bankası:** Almanya, yurtdışından yeşil hidrojen türevleri ithalatını desteklemek amacıyla H2Global adlı yenilikçi bir ihale mekanizması başlatmıştır. Bu mekanizmada Alman hükümeti, yeşil hidrojen/amonyak ihracatçılarına uzun vadeli alım garantisi verirken, yerli alıcılara sübvansiyonlu fiyat sunar; aradaki fark kamu fonundan karşılanır. İlk aşamada 900 milyon € ile başlayan bu program, 2024'te 3,5 milyar € daha fon alarak genişletilmiştir. Ayrıca AB düzeyinde kurulan Avrupa Hidrojen Bankası ile entegre edilerek, çifte ihale modelinde (double auction) çalışmaktadır. Bu sayede Almanya, uzak coğrafyalardan bile uygun fiyatlı yeşil amonyak, metanol ithal etmeyi hedeflemektedir. Türk firmaları da ileride H2Global ihalelerine girerek bu teşvikten yararlanabilir.
- **Vergi Teşvikleri:** Almanya, hidrojen kullanımını özendirmek için bazı vergi muafiyetleri uygulamaktadır. Örneğin hidrojen yakıtlı araçlar için motorlu taşıtlar vergisi muafiyeti veya hidrojenli otobüs alımlarında KDV iadesi gibi adımlar atılmıştır. 2022'de çıkarılan bir düzenleme ile yeşil hidrojen üretiminde kullanılan elektrik, EEG yenilenebilir enerji ek maliyetinden muaf tutulmuştur (böylece elektroliz elektriği ucuzlatılmıştır). Ayrıca hidrojen depolama tesisleri bazı şebeke ücretlerinden muaf kılınmıştır.
- **Piyasa Yapıcı Önlemler:** Alman devleti, hidrojen talebini canlandırmak için kota ve zorunluluklar getirmeyi planlamaktadır. Örneğin çelik üreticilerine 2030'a kadar belirli oranda karbonsuz üretim şartı, rafinerilerde petrol ürünlerinde %10 e-yakıt/hidrojen kullanımı zorunluluğu gibi. Bu tür düzenlemeler fiilen hidrojen talebi yaratacak ve piyasayı canlandıracaktır. Ayrıca kamu ihalelerinde hidrojenli araç/hizmet şartı konulması (örneğin belediyelerin otobüs alımlarında belli oranda hidrojenli otobüs olma zorunluluğu) gibi politikalar da tartışılmaktadır.
- **Ar-Ge ve Eğitim Destekleri:** Hidrojen alanında araştırma projelerine önemli kaynak aktarılıyor (örneğin Hydrogen Republic of Germany Ar-Ge inisiyatifi). Üniversitelerde hidrojen teknolojileri kürsüleri açıldı ve Fachhochschule gibi uygulamalı bilim üniversitelerinde hidrojen müfredatları geliştiriliyor. Uzman insan kaynağı yetiştirmek için burs programları var.

- Uluslararası İşbirlikleri: Almanya, birçok ülkeyle (Avustralya, Kanada, Japonya, Namibya, Suudi Arabistan, Norveç vs.) hidrojen konusunda işbirliği anlaşmaları (Energy Partnership) imzaladı. Bu anlaşmalar çerçevesinde pilot projeler, bilgi transferi ve potansiyel ticaret yolları araştırılıyor. Türkiye ile de 2022’de bir Enerji İşbirliği Mutabakat Zaptı imzalanmış olup, hidrojen başlığı bu kapsamda değerlendiriliyor (AB-Türkiye Yeşil Mutabakat diyalogunun parçası olarak).

Bu teşvik mekanizmaları, Alman hidrojen stratejisinin başarısı için kritik. Sonuç olarak, Almanya hem içeride üretim kapasitesi oluşturmaya hem de dışarıdan uygun koşullu ithalat sağlamaya yönelik çift yönlü bir strateji izliyor. Bu ortam, pazara girmek isteyen şirketler için güçlü bir kamu desteği altyapısı anlamına geliyor.

Türk Firmaları için Fırsatlar:

Almanya’nın hidrojen hamlesi, Türk şirketlerine çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Bunların başında, tedarikçi olma fırsatı gelir. Yukarıda detaylandırıldığı gibi, Almanya talebinin önemli bir kısmını ithalatla karşılamak zorunda kalacak ve coğrafi yakın tedarikçilere yönelecektir. Türkiye, mevcut enerji bağları (TANAP vb.), lojistik yakınlık ve Gümrük Birliği avantajıyla Almanya’ya hidrojen/amonyak tedarikinde avantajlı ülkelerden biri olabilir. Bu kapsamda Türk enerji şirketleri Almanya’ya uzun vadeli hidrojen ihracat kontratları kovalayabilir. Örneğin, bir Türk firması Almanya’nın H2Global ihalesine girip amonyak tedariki için 10 yıllık anlaşma kazanırsa büyük bir pazara erişim sağlamış olur.

Bir diğer fırsat alanı, yatırım ve ortaklıklardır. Alman şirketleri, kendi ihtiyaçları için yurtdışında üretim projelerine sermaye koymaya başladı. Örneğin Thyssenkrupp, Avustralya’da yeşil hidrojen projesine ortak oldu; RWE, Kuzey Denizi’nde su altı hidrojen depolama AR-GE’si yapıyor. Türk firmaları da Alman yatırımını Türkiye’ye çekebilir. Özellikle güneş ve rüzgâr zengini bölgelerimizde yeşil hidrojen tesisleri kurmak için Alman enerji şirketleriyle ortak projeler geliştirilebilir. Bu sayede teknoloji transferi de gerçekleşir. Türkiye’de üretilen hidrojen, Alman ortağın garantörlüğünde Alman pazarına satılabilir.

Makine ve ekipman ihracatı da önemli bir fırsattır. Almanya’da büyüyecek hidrojen ekonomisi, binlerce adet elektrolizör modülü, kompresör, depo tankı, yakıt pili vb. donanıma ihtiyaç duyacak. Türkiye, makine imalatında belirli kabiliyete sahip. Özellikle basınçlı kaplar (tank, silindir) alanında Aselsan, Tüpraş gibi şirketlerin Ar-Ge çalışmaları var; bunlar ürüne dönerse Almanya’ya satılabilir. Elektrik ekipmanı (dönüştürücüler, elektrolizör parçaları, pompa, valf gibi) tedarikinde de Türk sanayisi yedek parça zincirine girebilir.

Hizmet ihracatı bir diğer boyut: Alman hidrojen projelerinde mühendislik, inşaat, lojistik hizmetleri gerekecek. Tecrübeli Türk müteahhitleri (özellikle endüstriyel tesis kurulumunda tecrübeli olanlar) bu ihalelere girebilir. Örneğin Almanya’da kurulacak bir hidrojen üretim tesisinin EPC (mühendislik-tedarik-inşaat) ihalesinde teklif sunabilirler. Yine, Türkiye’nin gemi inşa sektörü, sıvı hidrojen veya amonyak taşıyacak gemilerin yapımında rol alabilir (örneğin bir Türk tersanesi, Alman armatör için amonyak tankerleri inşa edebilir).

Türk Firmaları için Riskler ve Tehditler:

Her fırsat alanında bazı riskler de mevcuttur. Öncelikle, rekabet riski çok yüksektir; Almanya pazarında sadece Türk firmalar değil, küresel devler yarışacaktır. Özellikle hidrojeni ucuza mal etme konusunda Körfez ülkeleri (Suudi Arabistan, Katar) devasa projeler ilan etti; Avustralya ve Şili gibi ülkeler Asya ve Avrupa pazarlarına göz dikti. Bu coğrafyalarda güneş kaynaklı hidrojenin maliyeti belki Türkiye’den daha düşük olabilecek. Dolayısıyla fiyat rekabetinde geri kalma riski vardır.

Bir diğer risk, altyapı ve lojistik kısıtlarıdır. Yukarıda lojistik bahsinde değinildiği üzere, Türkiye-Almanya arasında halihazırda hidrojen taşıyacak altyapı yok. Eğer 2030’a kadar somut bir taşıma

koridoru kurulmazsa, Türk ihracatçısı ürününü müşteriye ulaştıramama problemiyle yüzleşebilir. Rakip olarak düşünülen Kuzey Afrika'nın Avrupa'ya (özellikle İspanya üzerinden) boru hattı bağlantı planları var; Orta Doğu, Doğu Akdeniz'e denizaltı kablo ve boru hattı yapmayı planlıyor. Türkiye'nin eğer AB ile politik sorunları sürerse, Avrupa hidrojen entegrasyonunda Türkiye'yi devre dışı bırakacak rotalara yönelebilir (örneğin Yunanistan-Bulgaristan üzerinden hidrojen taşımak gibi).

Düzenleyici riskler de bir başka boyut: AB 2023'te yenilenebilir hidrojenin ne sayılacağına dair Delegated Act yayınladı. Buna göre yeşil hidrojen kabulü için ek ilkelere uymak gerekiyor (additionality, temporality, regionality prensipleri). Türk üreticiler bu kuralları karşılamazsa ürünleri "yeşil" olarak tanınmayabilir ve Alman müşteriler teşvikten yararlanamaz. Ayrıca AB'nin CBAM mekanizması ileride hidrojen türevlerine karbon bedeli koyabilir (özellikle gri veya mavi hidrojen için). Bu durumda Türk üretici fosil girdiye dayalı ise dezavantajlı konuma düşer. Bunu bertaraf etmek için AB mevzuatının yakından izlenmesi gerekiyor.

Pazar belirsizliği: Her ne kadar hidrojen geleceğin yakıtı diye görülse de, talebin gerçekleşmesi bazı dış faktörlere bağlı. Örneğin karbon fiyatlarının yükselmesi halinde hidrojen rekabetçi olur; ama aksi halde sanayi eski usul devam edebilir. Ancak Almanya'da yayınlanan strateji dokümanları talebin artacağına dair güçlü bir irade gösteriyor. Yine de temkinli olmak gerekir, pazar araştırmaları sürekli güncellenmelidir.

Yerel rekabet riski: Almanya'da belki bugüne kıyasla daha fazla yerli üretim de devreye girebilir. Nükleer enerjinin devrede kalma ihtimali, bol yenilenebilir kurulumu gibi senaryolarda Almanya ithalat ihtiyacını azaltabilir. Bu da dış tedarikçiler için planlanan pastayı küçültebilir. Ancak resmi projeksiyonlar 2045'te bile talebin büyük kısmının ithal olacağını göstermektedir.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Almanya hidrojen sektörü, küresel enerji dönüşümünün kilit aktörlerinden biri olarak hızla gelişmektedir. Bugün hâkim olan fosil kaynaklı hidrojen tüketimi, önümüzdeki on yıllık süreçte yerini giderek yenilenebilir (yeşil) hidrojene ve türev yakıtlarına bırakacaktır. Almanya hükümetinin kararlı politikaları ve milyarlarca Euroluk teşvikleri, ülke içinde güçlü bir hidrojen ekonomisi yaratmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, Almanya'nın planları sadece kendi sınırları içinde üretim yapmaya değil, aynı zamanda uluslararası iş birliklerine dayalı bir tedarik zinciri kurmaya dayanmaktadır. 2030'lara gelindiğinde Almanya, yeşil çelikten temiz ulaşım, kimyadan enerji depolamaya kadar bir dizi sektörde hidrojen kullanımını sıradanlaştırmayı amaçlamaktadır.

Almanya'nın hızla gelişen hidrojen sektörü, Türk firmaları için hem ticari hem de teknolojik anlamda önemli fırsatlar sunmaktadır. Almanya, fosil kaynaklı hidrojen tüketiminden yenilenebilir (yeşil) hidrojene geçiş sürecindedir ve bu dönüşüm sürecinde güvenilir tedarikçiler, teknoloji ortakları ve proje paydaşlarına ihtiyaç duymaktadır. Türk firmaları, mühendislik kabiliyetleri, rekabetçi maliyet yapıları ve artan yeşil enerji yatırımları sayesinde bu yeni pazarda güçlü bir konum elde edebilir.

Özellikle yeşil hidrojen üretimi, depolanması, taşınması ve yakıt hücresi teknolojileri gibi alanlarda faaliyet gösteren veya bu alanlara yönelmek isteyen Türk firmaları, Almanya ile kurulacak stratejik iş birliklerinden doğrudan fayda sağlayabilir. Bu iş birlikleri, sadece ihracat değil, aynı zamanda Ar-Ge projeleri, teknoloji transferi ve ortak yatırım fırsatları açısından da değerlidir.

Ayrıca, Almanya'nın AB politikaları doğrultusunda yeşil hidrojen için oluşturduğu teşvik mekanizmaları ve fon programları, Türk firmaları için Avrupa pazarına girişte önemli bir destek sağlayabilir. Almanya merkezli fuarlar, kümelenme yapıları ve teknoloji merkezleri, Türk şirketlerinin Almanya'daki sektörel ağlara entegre olmasını kolaylaştırmaktadır.

Sonuç olarak, Türk firmaları Almanya'nın hidrojen dönüşüm sürecinde yalnızca tedarikçi değil, aynı zamanda çözüm ortağı ve teknoloji geliştiricisi olarak konumlanabilir. Türkiye'nin mühendislik yetkinliği, coğrafi yakınlığı ve genç uzman insan kaynağı, Türk şirketlerine bu stratejik dönüşümde sürdürülebilir bir rekabet avantajı kazandırabilir.

Yararlanılan Kaynaklar

- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) – Global Hydrogen Review 2024 raporu ve verileri (küresel hidrojen üretim/tüketim, ticaret trendleri).
- TrendEconomy / ITC Trademap – 2023 yılı dünya hidrojen ihracat/ithalat istatistikleri (HS 280410).
- World Bank WITS / Comtrade – Almanya'nın hidrojen ticaretine ilişkin 2023 verileri (ülke bazlı ihracat/ithalat partnerleri, miktar ve değerler).
- Clean Energy Wire (CLEW) – Almanya'nın hidrojen stratejisi ve ithalat planlarına dair haberler:
 - “German govt adopts import strategy for green hydrogen” (24 Temmuz 2024) – Almanya'nın hidrojen ithalat stratejisi, 2030 talep projeksiyonu ve ithalat ihtiyacı .
 - “Germany to provide 3.5 billion euros for green hydrogen import auction scheme” (21 Şubat 2024) – H2Global mekanizması ve Almanya'nın ayırdığı bütçeler .
- European Hydrogen Observatory (Clean Hydrogen Partnership) – “Germany updates national strategy” haber makalesi (27 Temmuz 2023) – Almanya güncellenen hidrojen stratejisi, 2030 hedefleri (95-130 TWh talep, 10 GW elektrolizör) ve mevcut 55 TWh'lik tüketim bilgisi .
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) – Alman Ekonomi ve İklim Bakanlığı yayınları:
 - Nationale Wasserstoffstrategie 2020 & 2023 güncelleme dökümanları (Habeck açıklamaları ve hedefler).
 - BMWK Press Release – Hydrogen Import Strategy (2024)
- TrendEconomy – Germany trade – Almanya hidrojen ihracat dağılımı (ülkelere göre) ve ithalat dağılımı.
- Dünya Bankası / World Integrated Trade Solution (WITS) – Dünya ve Almanya hidrojen ticareti kıyaslamaları (Kanada, Belçika, Hollanda gibi ülkelerin payları).
- Reuters Haber Ajansı – “Germany could import up to 100 TWh of green hydrogen via ...” (2023) – Almanya'nın mevcut hidrojen tüketimi (~55-60 TWh) ve fosil kaynaklı olduğu bilgisi.
- Bruegel / CATF (Analiz Raporları) – Almanya hidrojen piyasası büyüklüğü ve 2030 hedeflerinin mevcut duruma oranı (55 TWh'nin iki katına çıkması vs.).
- Ken Research – Germany Renewable Hydrogen Market (Piyasa raporu özeti, 2022) – Önemli oyuncular listesi (Siemens Energy, Linde, Thyssenkrupp, Air Liquide, Nel, Plug Power, Ballard, ITM vb.).
- FNB Gas e.V. (Alman Şebeke Operatörleri Birliği) – “Hydrogen Network 2030” dokümanı ve haritası (2030 için planlanan hidrojen boru hattı altyapısı, 5100 km ağ ve yatırım tutarı).

- DVGW & DWV – Teknik standartlar ve sektör bilgileri (hidrojen kalitesi, gaz karışım oranları vb. – çeşitli teknik bültenler).
- H2Mobility Deutschland – Almanya hidrojen dolum istasyonları ağı bilgileri (istatistikler, istasyon sayıları).
- T.C. Ticaret Bakanlığı – “Almanya Ülke Raporları” ve Yeşil Mutabakat Eylem Planı (Türkiye’nin ihracatına yönelik yol haritaları, STA ve CBAM değerlendirmeleri).