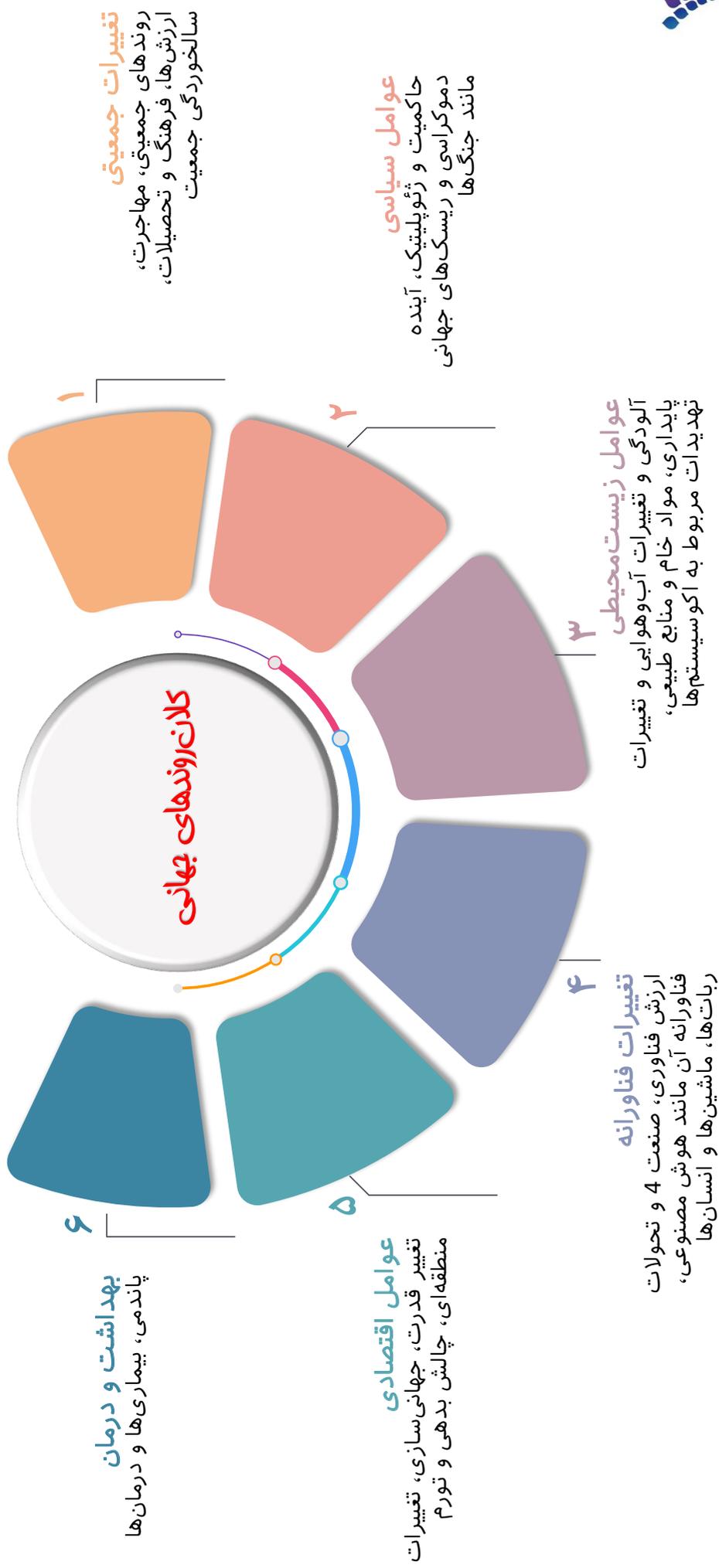
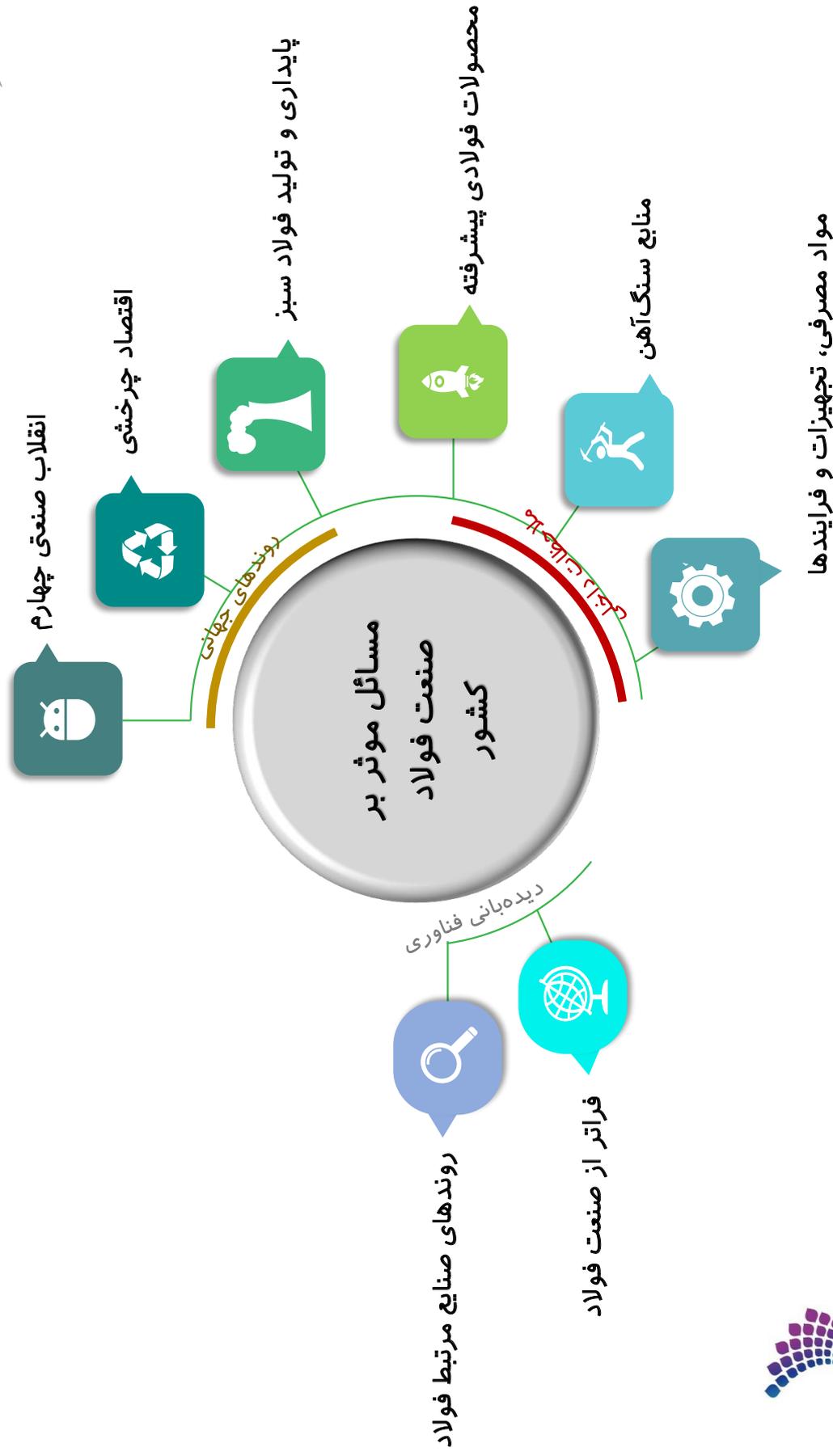


شرکت پشتیبانی و توسعه  
فناوری و نوآوری  
فولاد مبارکه  
Mobarakeh Steel Technology & Innovation  
Development Co.

# کلان روندهای نو ظهور موثر بر صنعت فولاد

زیست بوم نوآوری فولاد مبارکه  
بهمن ۱۴۰۱





## 4 مواد مصرفی، تجهیزات و فرایندها

- مواد مصرفی متالورژیکی
- مواد مصرفی شیمیایی
- تجهیزات نوین
- فرایندهای نوین

## 5 انقلاب صنعتی چهارم

- رباتیک
- هوش مصنوعی و یادگیری ماشین
- پهپادها
- واقعیت مجازی و واقعیت افزوده
- پرینت سه بعدی
- بلاکچین
- اینترنت اشیا

## 6 محصولات فولادی پیشرفته

- محصولات با ارزش افزوده بالا

## 7 روندهای صنایع مرتبط

- فناوری فلزات اسامی کم‌عیار
- تولید برق از منابع تجدیدپذیر
- خطوط انتقال گاز

## 8 فراتر از صنعت فولاد

- عناصر نادر خاکی / لیتیم
- خودروهای برقی
- مواد جایگزین فولاد

## 3 پایداری و تولید فولاد سبز

- تولید فولاد سبز

## 2 منابع سنگ آهن

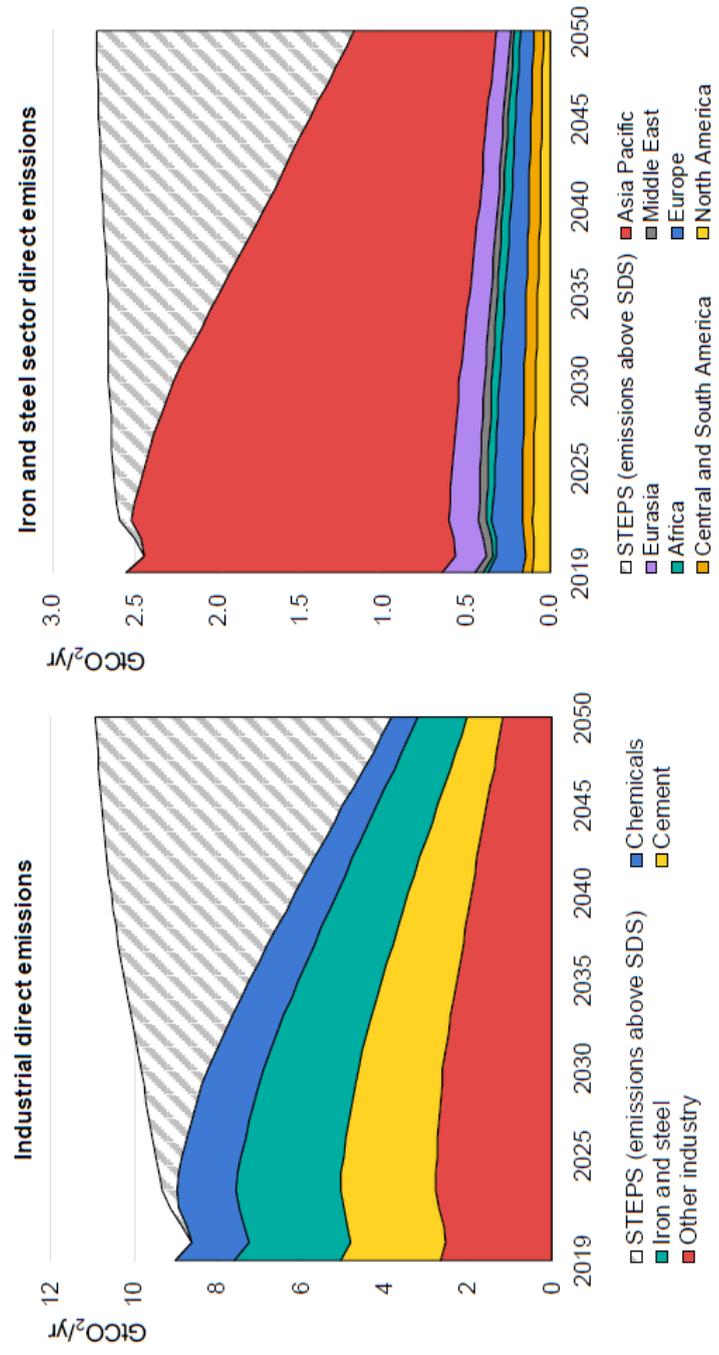
- منابع کم‌عیار هماتیته
- منابع کم‌عیار غیرهماتیته

## 1 اقتصاد چرخشی

- سرباره
- آب
- پساب
- انرژی
- ضایعات آهنی
- ضایعات جامد غیرآهنی
- گازهای خروجی







IEA 2020. All rights reserved.

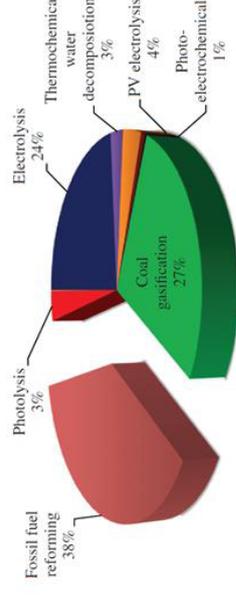
تصمیم اتحادیه اروپا مبنی بر دریافت مالیات کربن اجناس وارداتی در صنایع آهن و فولاد، آلومینیوم، سیمان، کود کشاورزی و صنایع شیمیایی از سال ۲۰۲۶ (Carbon Border Adjustment Mechanism)



۱- احیا با گاز هیدروژن در صورت حذف گاز منواکسید کربن از گازهای احیایی و استفاده از هیدروژن خالص، تنها محصول جانبی واکنش احیا آهن، بخار آب خواهد بود و گاز آلاینده دی‌اکسید کربن از فرایند حذف می‌شود.

### پروژه‌های مهم انجام شده:

- احداث واحد H-Iron در دهه ۶۰ در آمریکا
  - ۱۸ هزار تن در سال
  - بستر سیال
- احداث واحد Circored در سال ۱۹۹۹ در ترینیداد و توباگو (Lurgi)
  - ۵۰۰ هزار تن در سال
  - بستر سیال
- HyBRIT در سوئد (SSAB-Lkab-Vattenfall)
  - در دست انجام
  - کوره شافت
- Hamburg H2 در آلمان (ArcelorMittal)
  - در دست انجام
  - کوره شافت
- H2 Green Steel در سوئد
  - در دست انجام
  - کوره شافت
- HyREX در کره جنوبی (POSCO)
  - در دست انجام
  - بستر سیال
- H2Stahl در آلمان (Thyssenkrupp)
  - در دست انجام
  - کوره شافت
- HyFor در اتریش (Primetals)
  - در دست انجام
  - بستر سیال



### روش‌های اصلی تولید هیدروژن

### چالش‌های اصلی

- ۱- تولید اقتصادی هیدروژن
- ۲- ذخیره‌سازی و حمل و نقل هیدروژن
- ۳- شناسایی و رفع مشکلات احیا با هیدروژن خالص

## روش‌های دستیابی

## فولاد سبز

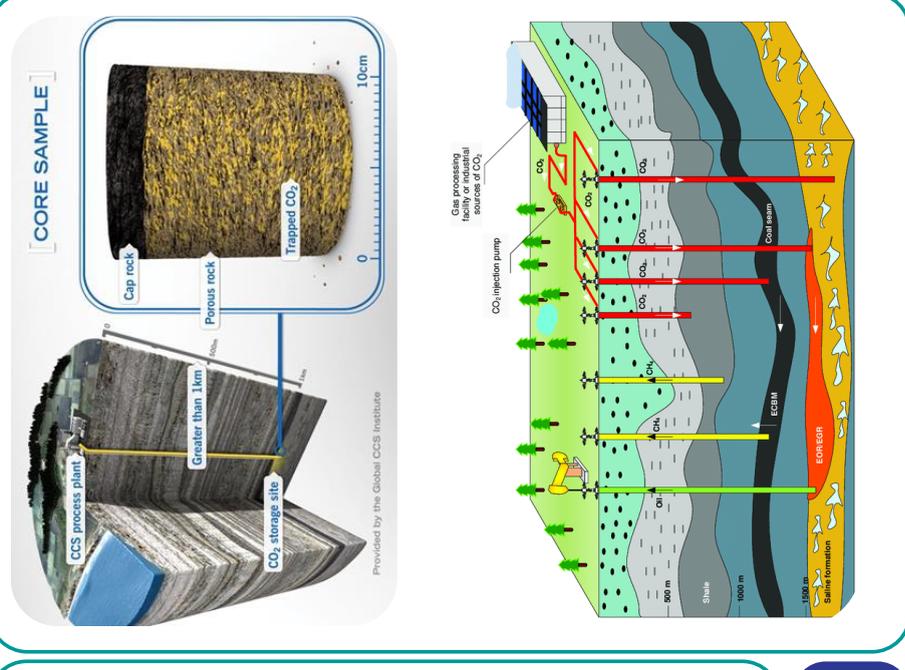
### ۲- CCUS (Carbon Capture Utilization and Storage)

دی‌اکسید کربن تولید شده در فرایندهای قدیمی آهن‌سازی، جداسازی شده و برای مقاصد دیگر استفاده قرار گرفته یا در چاه‌های زیرزمینی محبوس می‌شود.

بیش از ۱۵۰ پروژه CCUS در جهان اجرا شده که نتیجه آن احداث ۲۹ عملیاتی در مقیاس کامل در صنایعی از قبیل فرآوری گاز، صنایع شیمیایی، تولید هیدروژن و آهن و فولاد بوده است.

#### پروژه‌های مهم در صنعت آهن و فولاد:

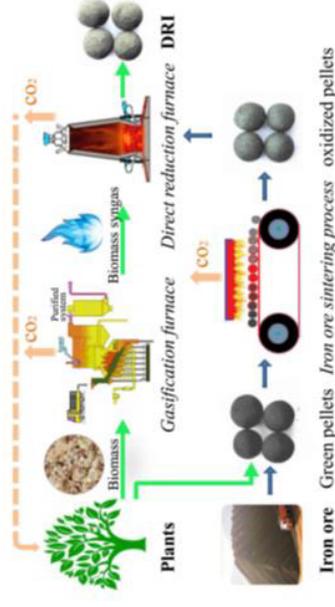
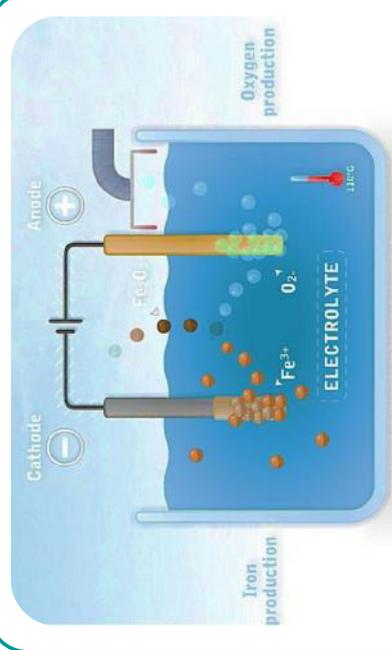
- Abu Dhabi CCS (Emirates Steel)
  - مقیاس صنعتی در امارات
  - ۸۰۰ هزار تن در سال امارات
- Kimitsu Iron Works (Nippon Steel)
  - پیلوت در ژاپن
  - ۳۰ تن در روز
- Fukuyama Iron Works (JFE)
  - پیلوت در ژاپن
  - ۳ تن در روز
- STEPWISE Pilot (SEWGS)
  - پیلوت در سوئد
  - ۱۴ تن در روز
- DMXTM (ArcelorMittal)
  - پیلوت در حال احداث در فرانسه
  - ۰/۵ تن در ساعت



۳- احیا به روش الکترولیز-مقیاس آزمایشگاهی  
در این روش آهن موجود در سنگ آهن به طور مستقیم به روش الکترولیز جدا می‌شود.  
پروژه‌های مهم:

- Uicolysis
- Molten oxide electrolysis (MOE) توسعه روش
- شرکت Boston Metals با حمایت دانشگاه MIT
- جداسازی آهن در فاز مذاب
- Siderwin/Ulcowin
- شرکت ArcelorMittal
- جداسازی آهن در فاز جامد

۴- استفاده از زیست‌توده (Biomass)-مقیاس تحقیقاتی  
به دلیل بالاتر بودن نسبت هیدروژن به کربن در Syngas تولیدی از پیرولیز زیست‌توده، CO<sub>2</sub> کمتری در این روش تولید می‌شود. به دلیل انجام واکنش فتوسنتز در هنگام تولید زیست‌توده، مقدار قابل توجهی CO<sub>2</sub> مصرفی می‌شود که با ایجاد توازن بین CO<sub>2</sub> مصرفی جهت تولید زیست‌توده و CO<sub>2</sub> تشکیل شده هنگام استفاده از زیست‌توده به عنوان عامل احیا می‌توان به تولید فولاد سبز دست یافت.





## مواد مصرفی صنعت فولاد

### مواد مصرفی شیمیایی

بنتونیت، سنگ آهک، آب، مونواکسید کربن، هیدروژن، آب، گاز طبیعی، الکتروگرافیتی، اکسیژن، گرافیت، آهک، دولومیت، پوکسیت، کلسیم آلومینات، آب، نیتروژن، اکسیژن، آرگون، فرووانادیم، پودر قالب

روغن‌های هیدرولیک

روانکارها، گریس‌ها

منعقدکننده‌ها

### مواد مصرفی متالورژیکی

سنگ آهن، گندله

قراضه، آهن اسفنجی، فروآلیاژ، فرومنگنز، فروسیلیسیم، آلومینیوم، گندله اکسید شده

نورد گرم

نیکل، فلغ، روی

واحدهای جنبی



افزایش ظرفیت تولید فولاد خام تا 55 میلیون تن در افق سال 1404



رویکرد اقتصاد چرخشی

- استفاده از منابع تجدیدپذیر به جای منابع بکر
- تولید مواد دوستدار محیط زیست
- کاهش ضایعات فرایندی در زنجیره تامین مواد
- تولید مواد با بهره‌وری بالاتر
- بهینه‌سازی مصرف مواد



کلان‌روندهای نوظهور موثر بر صنعت فولاد

۱۱



## ۲

# فراآوری ضایعات و محصولات جانبی

## فراوری ضایعات و محصولات جانبی

موضوعهای اصلی:

- فراوری سرباره
  - استحصال وانادیم، تیتانیم، آهن
  - کاربرد سرباره در صنایع دیگر
- تصفیه آب و پساب
  - استحصال مواد با ارزش افزوده
  - حذف فلزات سنگین از پساب
  - حذف سیانید از پساب
  - کاهش لجن‌های فرایندی تخلیه شده به محیط زیست
  - بهبود بهره‌وری تصفیه‌خانه‌ها
- بازیافت ضایعات جامد آهن
  - پوسته‌های اکسیدی
  - غبار
  - نرمه گندله
  - نرمه اسفنجی
  - لجن‌ها
- بازیافت ضایعات جامد غیر آهنی
- بازیابی گازهای فرایندی

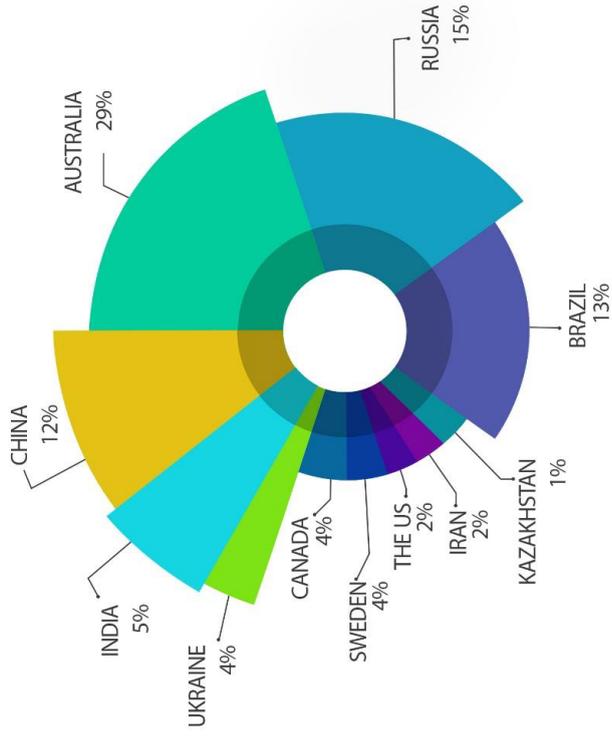


## منابع اولیه معدنی

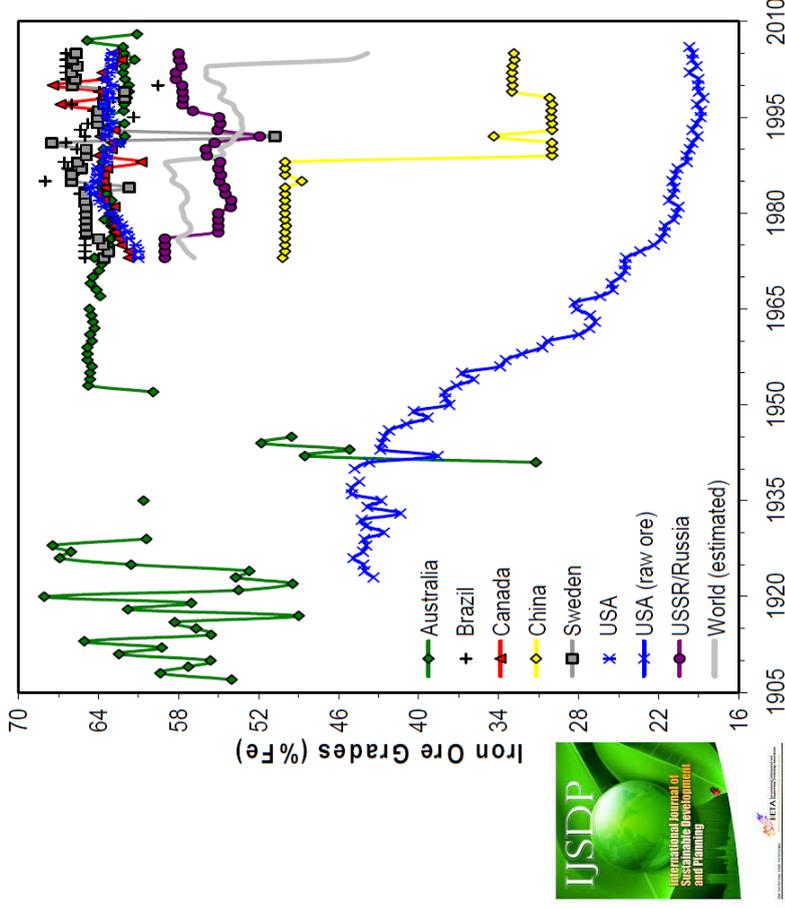
۴



ایران دهمین کشور جهان از نظر ذخایر سنگ آهن است

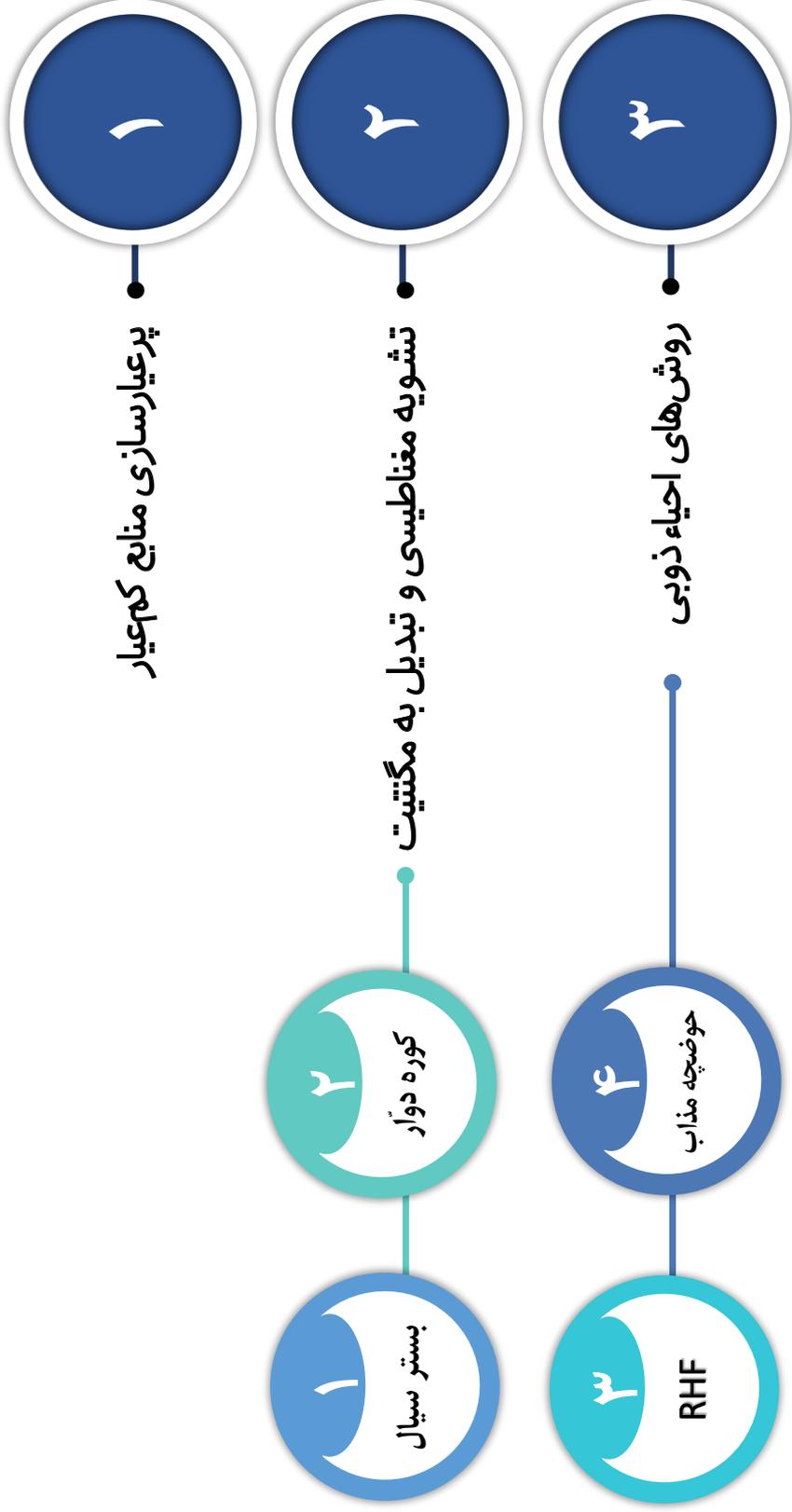


SOURCE: USGS, HUATAI SECURITIES RESEARCH INSTITUTE



International Journal of Sustainable Development and Planning







## معموره‌های اصلی:

- کاهش مصرف آب
- استفاده هرچه بیشتر از شبکه‌های آبی در تجهیزات خنک‌کاری و عدم استفاده از چرخه‌های یک بار مصرف
- بکارگیری شبکه‌های بروز در بازیافت و تصفیه آب خروجی از واحدها و استفاده به عنوان ورودی سایر واحدها
- جایگزینی فناوری‌های خشک به جای فناوری‌های تر مانند فرایند خنک‌سازی کک بدون آب، گرانونه‌سازی خشک سرباره و استفاده از غبارگیرهای خشک
- کاهش اتلاف آب
- بازچرخانی آب
- کاهش برداشت آب خام
- تولید آب با استفاده از منابع تجدیدپذیر



# انقلاب صنعتی چهارم

۶

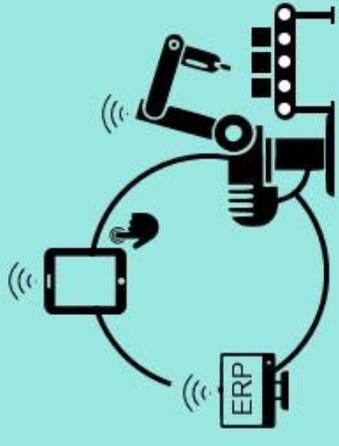




**TODAY**

## INDUSTRY 4.0

Cyber Physical Systems,  
internet of things, networks



**1969**

## INDUSTRY 3.0

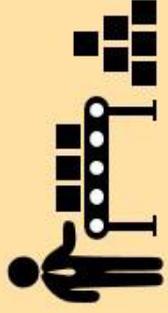
Automation, computers  
and electronics



**1870**

## INDUSTRY 2.0

Mass production,  
assembly line, electrical  
energy

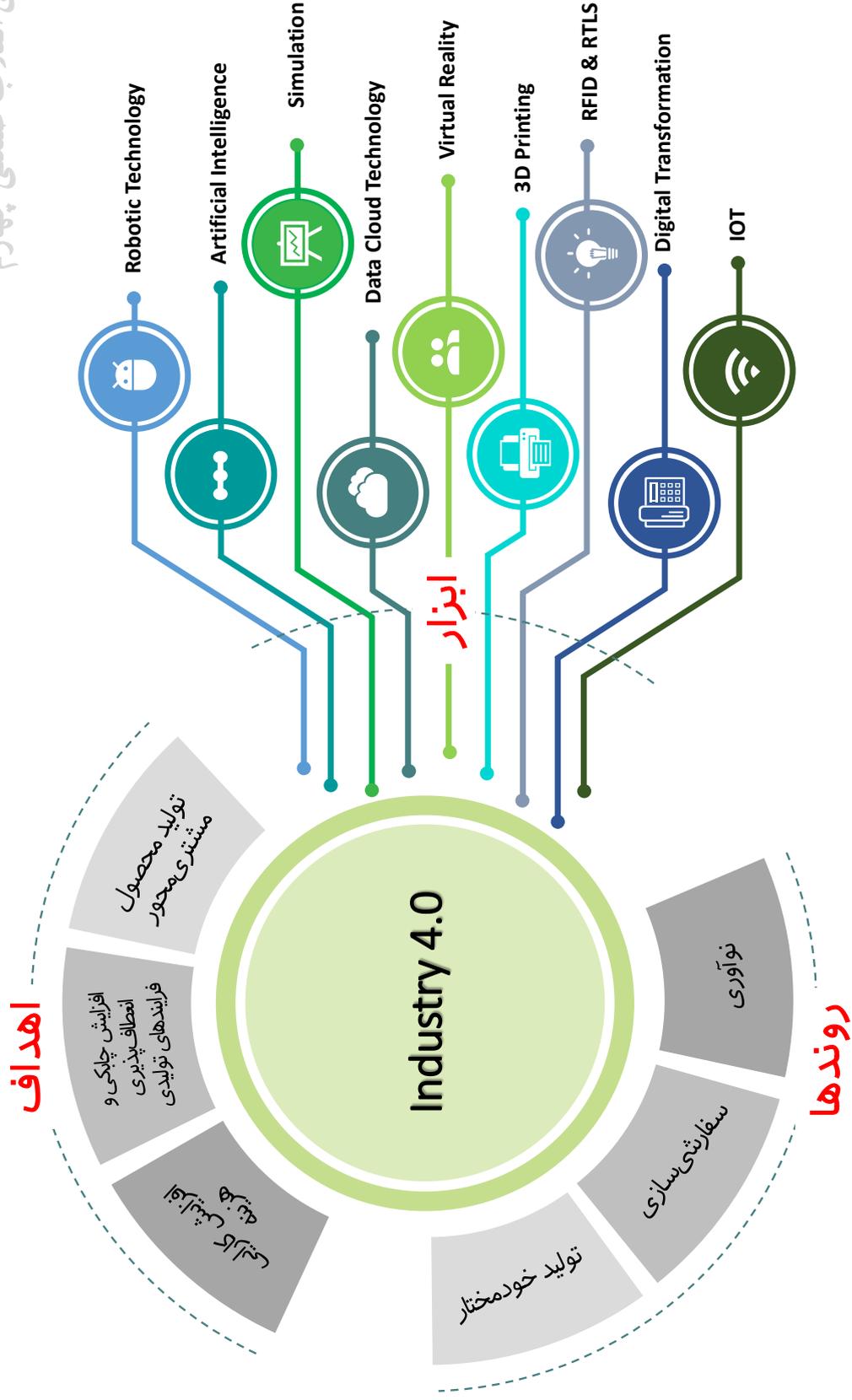


**1784**

## INDUSTRY 1.0

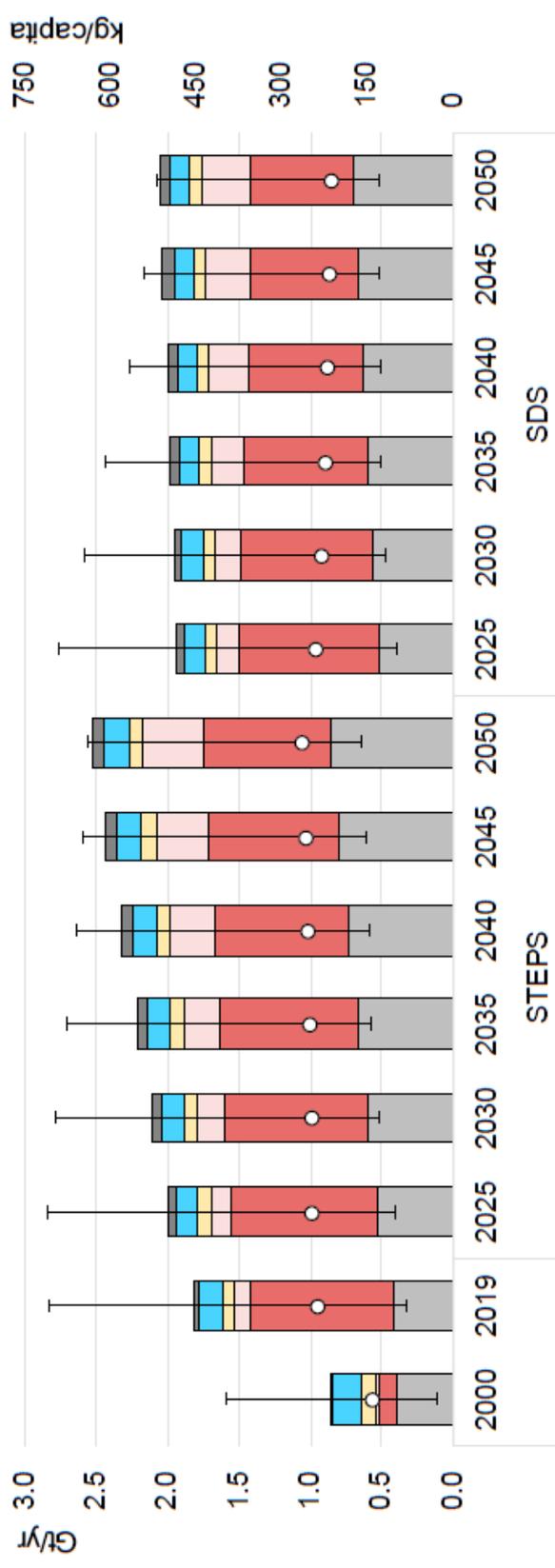
Mechanization, steam  
power, weaving loom







## پیش بینی میزان تولید فولاد تا سال ۲۰۵۰



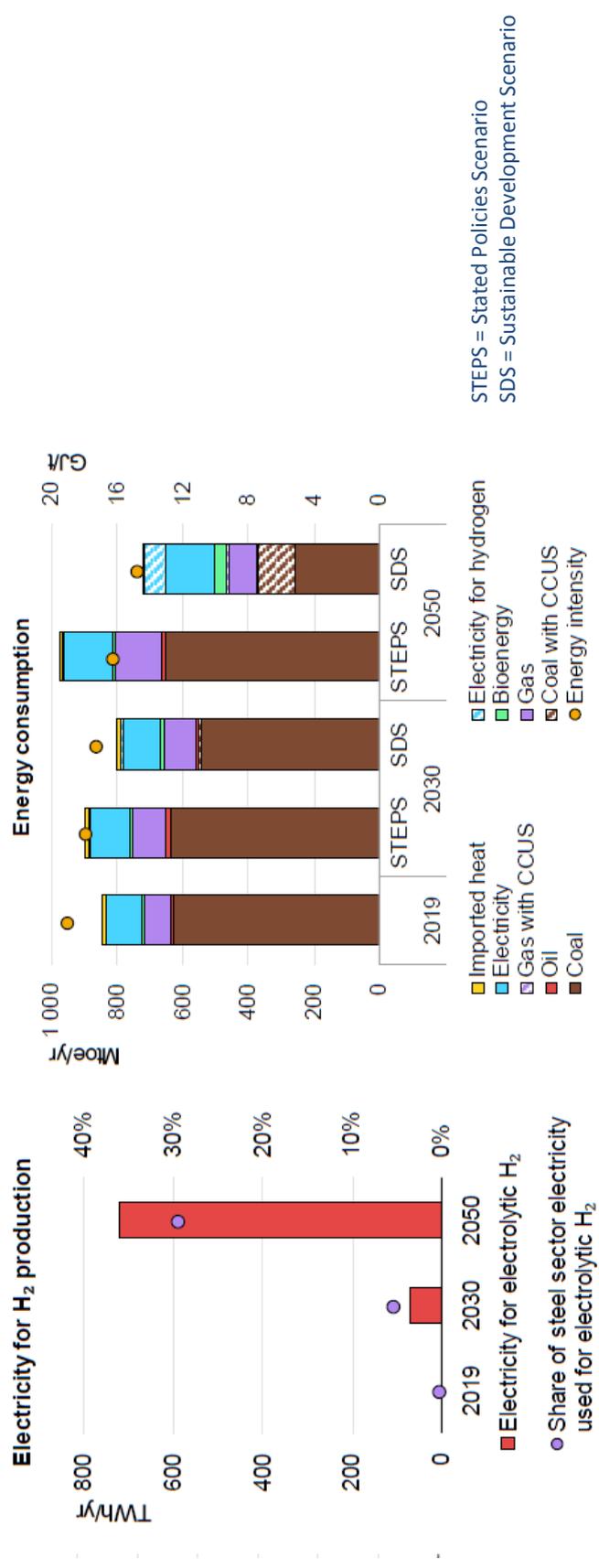
■ Rest of the world ■ China ■ India ■ United States ■ European Union ■ Middle East ○ Production per capita  
 STEPS = Stated Policies Scenario  
 SDS = Sustainable Development Scenario  
 IEA 2020. All rights reserved.

- پیش بینی می شود تولید فولاد از ۱۹۰۰ میلیون تن فعلی تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۲۵۰۰ میلیون تن برسد.
- پیش بینی ها حاکی از کاهش سهم چین از بازار فولاد دنیا از حدود ۵۰٪ فعلی به ۳۵٪ در سال ۲۰۵۰ و رشد سه برابری صنعت فولاد هند در این مدت است.

کلان‌روندهای نوظهور موثر بر صنعت فولاد



## پیش بینی مصرف انرژی در صنعت آهن و فولاد تا سال ۲۰۵۰



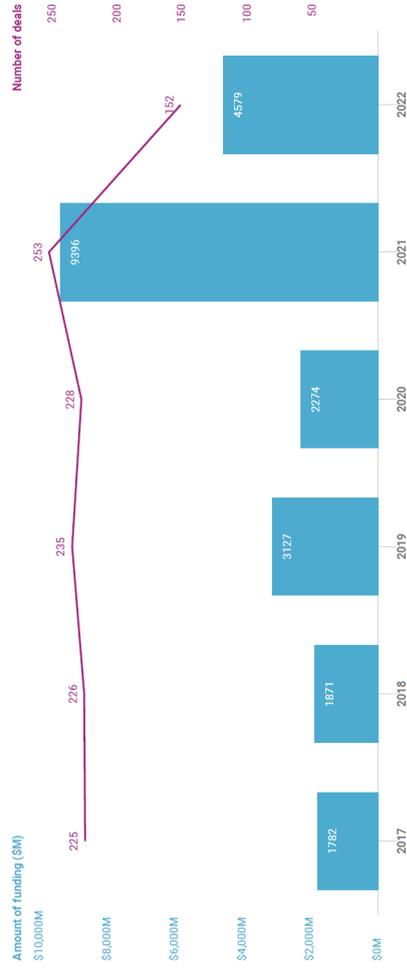
IEA 2020. All rights reserved.

- در هر دو سناریو میزان انرژی مصرفی به ازای تولید هر تن فولاد تا سال ۲۰۵۰ باید کاهش پیدا کند (لزوم بهینه سازی مصرف انرژی در فرایندهای فعلی یا ارائه فرایندهای جایگزین با مصرف انرژی پایین تر)
- در سناریو توسعه پایدار مصرف انرژی الکتریکی به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می کند
- ۳۰٪ برق مصرفی صرف تولید هیدروژن به روش الکترولیز خواهد شد که مهم ترین چالش انرژی صنعت فولاد در آینده است
- استفاده از **Big Green Hydrogen** در تولید فولاد به پایداری اهمیت پرزنگی خواهد داشت

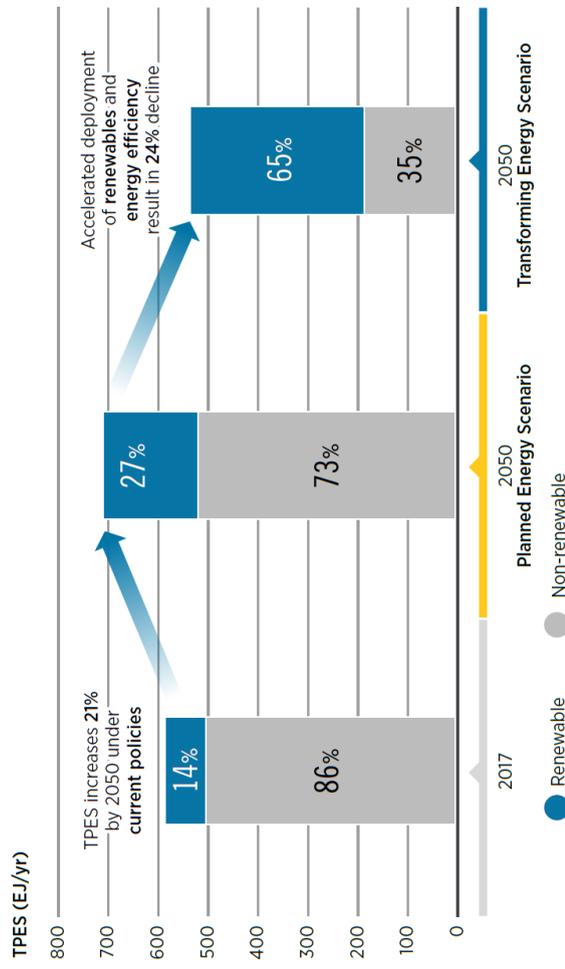
## انطباق نیاز صنعت فولاد به استفاده از انرژی های تجدیدپذیر با کلان روندهای جهانی انرژی

### Equity Funding Activity - Renewable Energy - Comp...

From Jan 01, 2017 - May 31, 2022 as of May 31, 2022



Created with: CBINSIGHTS Source: CB Insights



### Planned Energy Scenario

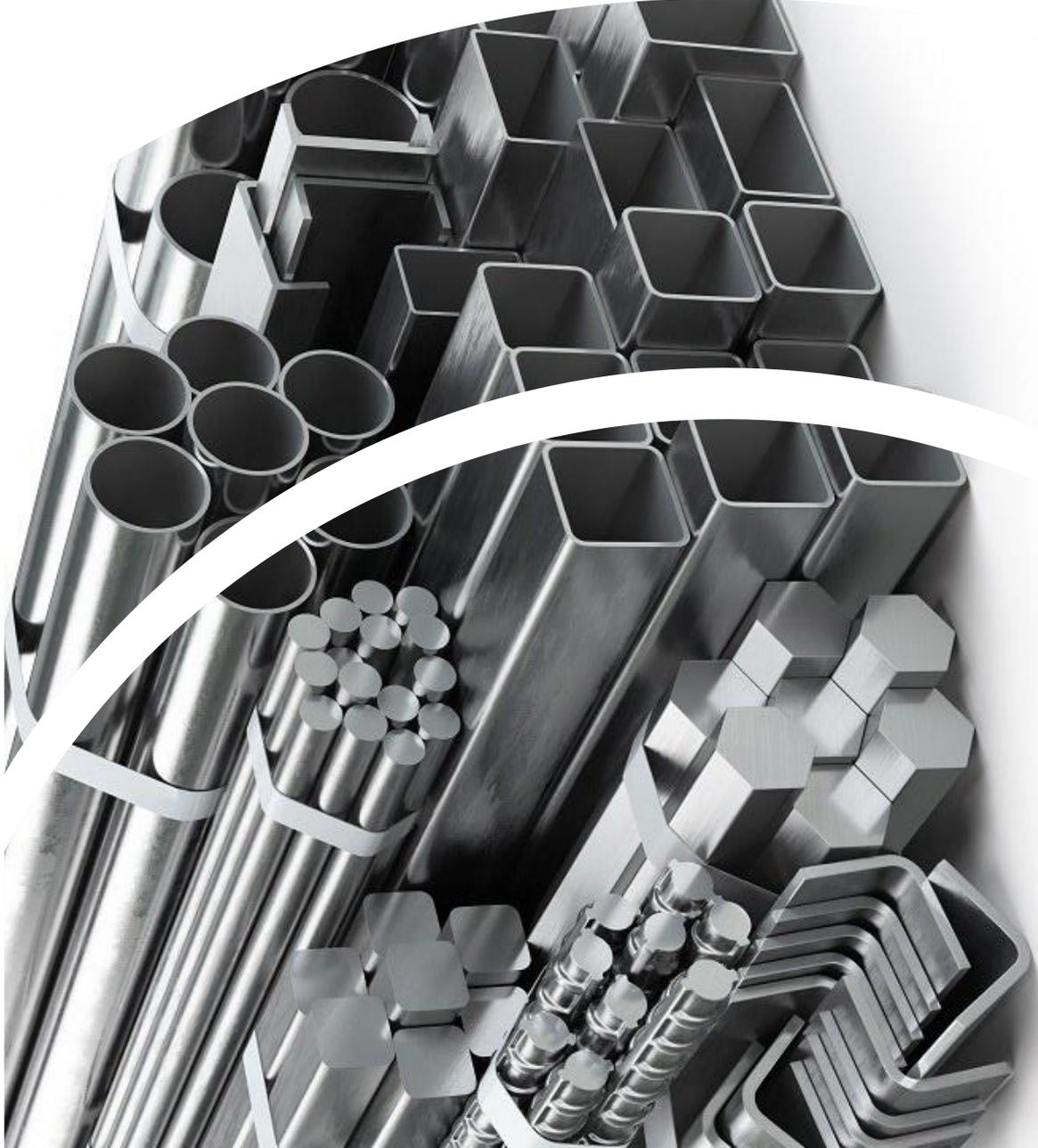
سناریو واقع بینانه منطبق بر سیاست های فعلی کشورها و اهداف معاهده پاریس

### Transforming Energy Scenario

سناریو خوشبینانه با هدف کاهش روند افزایشی دمای جهانی به ۲ درجه سانتیگراد در قرن ۲۱



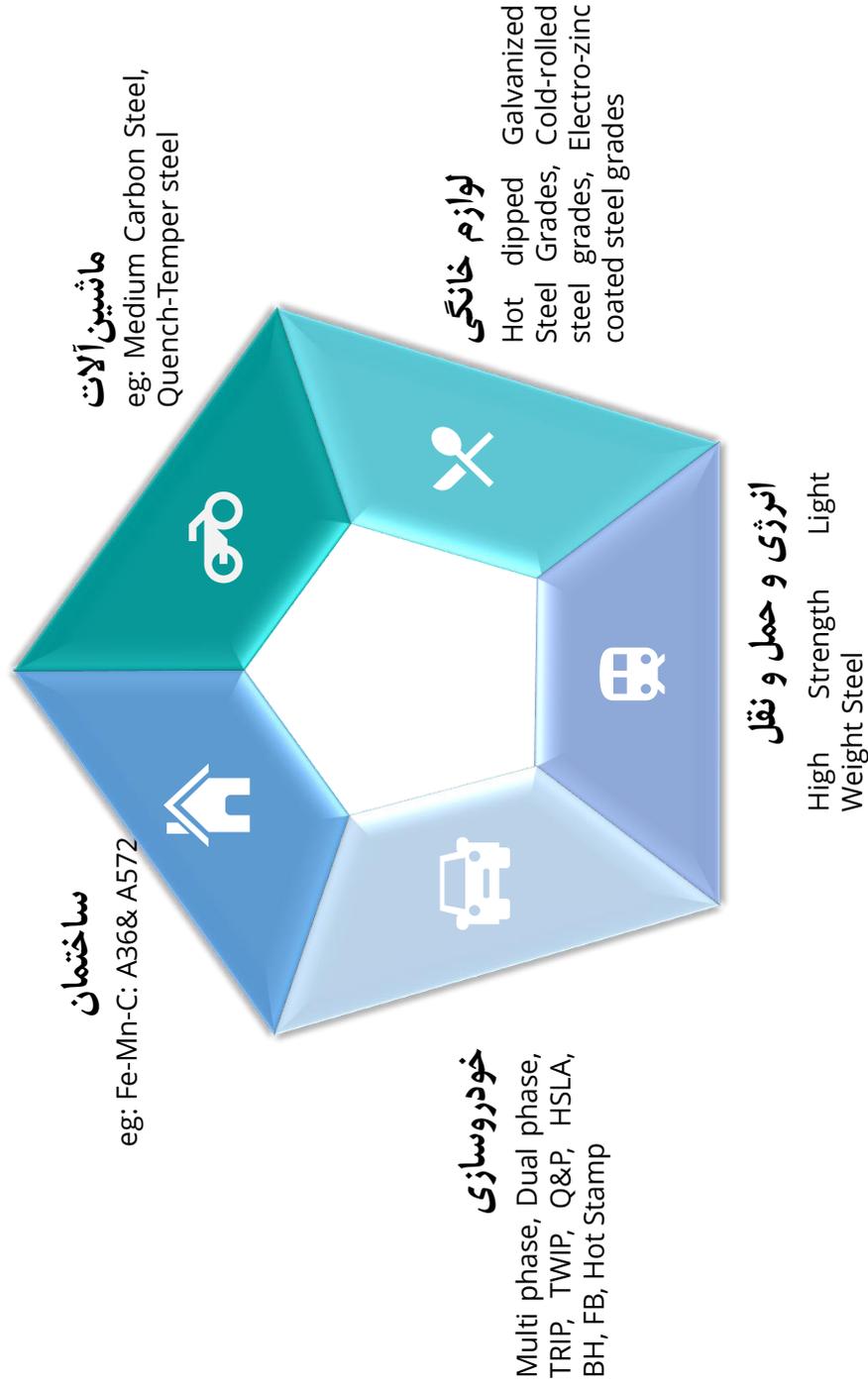




## محصولات فولادی پیشرفته

# کلازندهای نو ظهور موثر در صنعت فولاد

مصنوعات فولادی پیشرفته



# از توجه شما سپاسگزارم

