

مکنزی از مسیر پاکسازی چهار ماده موثر برای تولید صنعتی پرده برداشت

# آینده مواد اولیه سبز

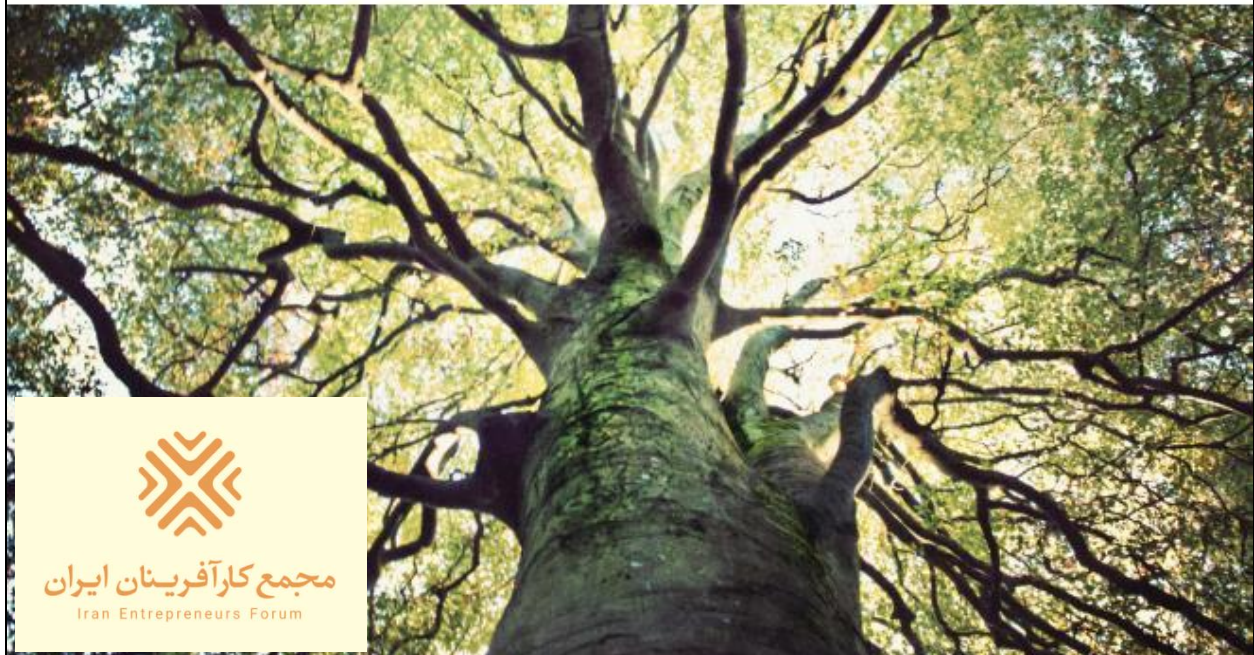
McKinsey  
& Company

Metals & Mining Practice

## Capturing the green-premium value from sustainable materials

Materials are the next net-zero frontier. To seize the opportunity, green-materials producers and buyers must act now.

*by Marcelo Azevedo, Anna Moore, Caroline Van den Heuvel, and Michel Van Hoey*



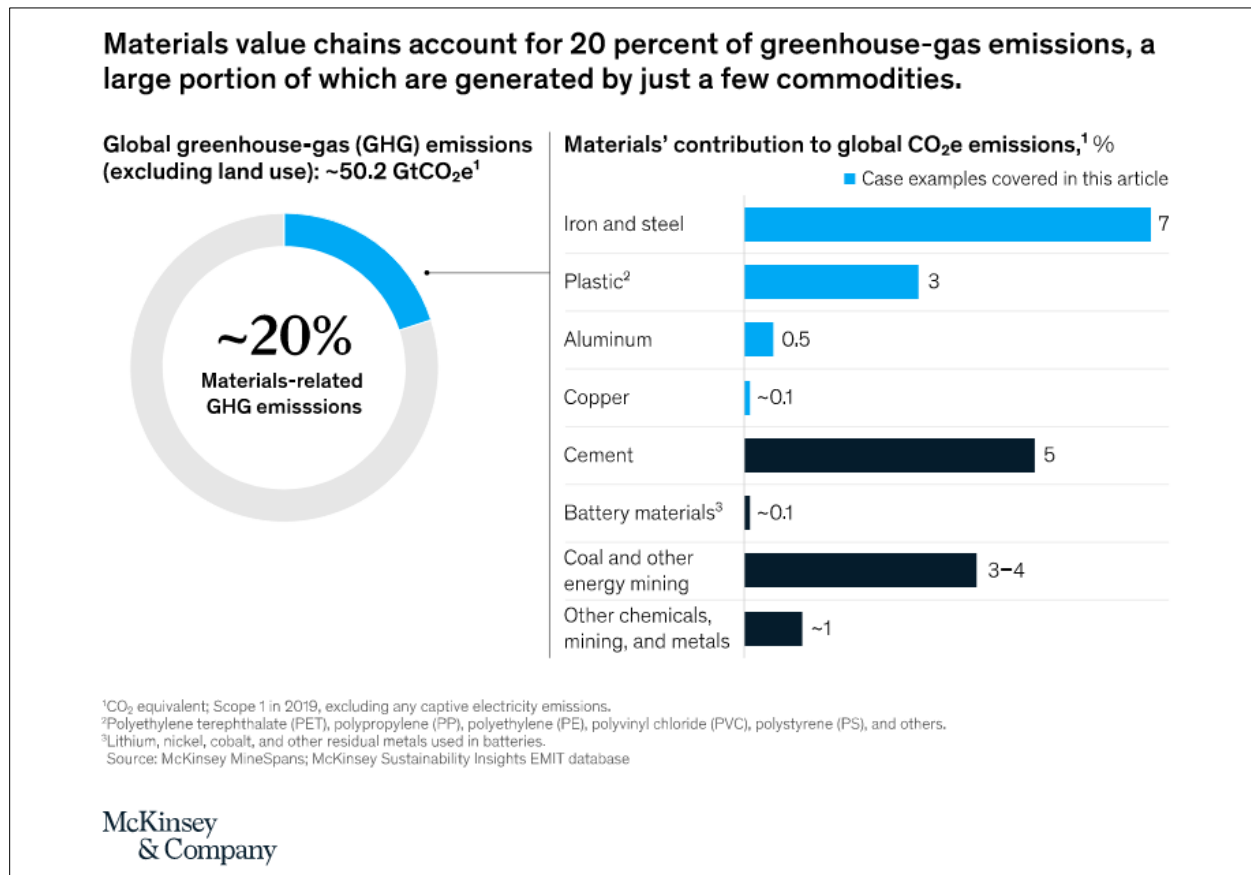
مجمع کارآفرینان ایران  
Iran Entrepreneurs Forum

در شرایطی که جهان بر سر لزوم کاهش انتشار آلاینده‌ها اجماع قابل قبولی دارد، شرایط نظم جهانی اجازه وقوع این اجماع و گذار اقتصاد به عصر سبز و بدون کربن را نمی‌دهد. نشست اخیر داووس و اجلاس پیشین آب و هوایی ثابت کرد که جهان نسبت به اهمیت همکاری پس از اجماع بر سر اهداف آب و هوایی متفق‌القول پذیرفته است باید مسیر کنونی را تغییر دهد اما همکاری برای این تغییر مسیر فعلا میسر نشده است. روندی که اثر مخربی بر فعالیت معدنکاران بزرگ جهان و تولیدکنندگان مواد خام و فلزات اساسی گذاشته است. گزارش اکتبر ۲۰۲۲ موسسه مکنزی نشان می‌دهد تولیدکنندگان فعال در زنجیره ارزش مواد اعم از مواد ساختمانی، فلزات، مواد خام موردنیاز برای صنعت و مایحتاج تولید و بسته‌بندی همگی بایستی روندی جدید را برای تحقق کربن صفر در موعد ۲۰۵۰ در پیش گیرند. این گزارش تاکید دارد برای استفاده از این فرصت، تولیدکنندگان و خریداران مواد سبز باید هم اکنون وارد عمل شوند وگرنه فرصت از دست خواهد رفت. این فرصت نیز صرفا حفظ محیط زیست و تداوم حیات بر کره زمین را شامل نمی‌شود بلکه بازار را نیز از دسترس بازیگرانی که به تولید به شیوه کنونی اصرار دارند، خارج می‌کند.

آلاینده‌های منتشره از زنجیره‌های ارزش مواد از جمله فلزات و معدن، مصالح ساختمانی، پلاستیک و مواد موردنیاز برای بسته‌بندی حدود ۲۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) جهانی را تشکیل می‌دهند. برخی از این زنجیره‌های ارزش نیز اغلب ضایع‌کننده انرژی هستند. برای نمونه ۹۸درصد مصالح ساختمانی به کاربردهایی می‌پیوندند که پایان عمر این مواد را رقم می‌زند. مثال عینی این موضوع پلاستیک است که تنها ۱۷درصد از تولید سالانه آن بازیافت می‌شود. از این ناحیه رهبران بخش صنعت تحت فشارند زیرا برای تحقق اهداف اقلیمی جهان نیاز است تا سال ۲۰۵۰ انتشار گازهای گلخانه‌ای خالص به صفر برسد - که به این معنی است که بازیگران فعال در تولید مواد خام ظرف ۳۰ سال عملکرد خود در بخش تولید محصول و مصرف انرژی را تغییر دهند. این روند در حالی نیاز است ظرف همین مدت محقق شود که خود این فرآیند بیش از یک قرن طول کشیده تا تکامل یابد. انجام این کار مستلزم افزایش ۶۰ درصدی هزینه‌های سالانه در سرمایه‌گذاری فیزیکی صنایع مختلف است که به معنی رشد سرمایه‌گذاری بنگاه‌های فعال در این زنجیره در سرتاسر جهان از ۵.۷ تریلیون دلار به ۹.۲ تریلیون دلار در سال است.

چنان که گفته شد بازار در حال تحول است و متقاضیان کالاهای سبز هر روز بیشتر می‌شوند. بنابراین چالش انتقال به عصر اقتصاد سبز، فقط یک چالش طرف عرضه نیست بلکه تقاضا برای محصولات کم کربن یا "سبز" در حال افزایش است زیرا مشتریان نهایی، تولیدکنندگان و دولت‌ها برای افزایش پایداری و ورود به عصر اقتصاد چرخه‌ای - دایره‌ای تلاش کرده و اقدامات بسیاری را در دستور کار قرار داده‌اند. فرآوری مواد اولیه عمده سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای را برای بسیاری از محصولات صنعتی تشکیل می‌دهد که همین موضوع منجر به افزایش توجه به کربن‌زدایی کالاهای در جریان ساخت شده است. به نوبه خود، بسته به انعطاف پذیری طرف عرضه و هزینه این تغییر، بیمه‌های سبز محدود به زمان برای برخی کالاها در حال ظهور هستند که فضای تولید و مصرف را تغییر می‌دهند.

در گزارش حاضر تعادل عرضه و تقاضای را به شکل بالقوه برای چهار کالای مهم در زنجیره ارزش مواد موردنیاز در جریان ساخت محصولات صنعتی نشان داده شده است. این مواد به ترتیب شامل فولاد، آلومینیوم، مس و پلاستیک هستند و تحول ساختار تولید آنها اثر عمیقی بر روند انتشار آلاینده دارد. تاکید نویسندگان این گزارش این است که درک شرکت‌های تولیدکننده مواد از مکان‌هایی که بیمه سبز در آن وجود دارد در کنار آگاهی از ظهور این نوع از بیمه در کوتاه‌مدت یا میان‌مدت در سایر نقاط جهان، می‌تواند راهنمایی برای بازیگران فعال در این عرصه برای بهره‌گیری از مزایای اقتصادی این انتقال بزرگ باشد. اگرچه در این گزارش در درجه اول بر شدت CO<sub>2</sub> در آن چهار ماده تمرکز شده، اما با توجه به تأثیر تحول تولید این مواد بر اهداف کاهش انتشار، ابعاد دیگری از اقتصاد سبز به طور فزاینده‌ای برای تولیدکنندگان و خریداران مهم خواهد شد که شامل سطح مصرف آب و تأثیر بر جوامع محلی و تنوع زیستی است.



نگاهی به این نمودار نشان می‌دهد که بخش فولاد و آهن در کانون پروژه کربن‌زدایی قرار دارد و پس از این بخش سیمان و زغال سنگ در رده‌های بعدی قرار دارند. با این حال از مسیرهای مختلف فشار بر صنایع تولیدکننده این کالاها و مواد برای عدم تغییر وارد خواهد شد. حق بیمه سبز برای چندین کالا در حال ظهور است می‌تواند این وضعیت را تغییر دهد گرچه عواملی مانند فشار ناشی از تورم و بحران هزینه زندگی، به طور فزاینده‌ای تعادل بین

عرضه و تقاضا را شکل داده و بر روندهای آتی مصرف این مواد اثر خواهد گذاشت. به عنوان مثال، در دهه گذشته، پلاستیک های بازیافتی با کیفیت بالا بسته به محصول، به طور متوسط تا ۶۰ درصد نسبت به پلاستیک های معمول برتری داشتند. در مورد فولاد کم کربن، حق بیمه ها می تواند تا سال ۲۰۳۰ کمک قابل توجهی باشد. با این حال، این یک داستان برای همه صنایع یکسان نیست. حق بیمه سبز به تعادل عرضه و تقاضا بستگی دارد، زیرا به عرضه کمتری از مواد سبز نسبت به تقاضا نیاز دارد. به طور کلی، پنجره فرصت برای کسب منافع در طول انتقال به عصر اقتصاد سبز به سرعت در حال بسته شدن است. شرکت های فعلی عرضه مواد سبز را افزایش داده اند، تغییراتی از سوی تولیدکنندگان خلاق و جدید در بازار ظهور می کند و مشتریان آینده نگر شروع به بستن قراردادهای بلندمدت تامین سبز می کنند. همه اینها یعنی اینکه این صنایع بایستی سریع تر خود را برای فرصت های جدید آماده کنند و به تغییر تن دهند. این تغییر و تحول نیز در سه رویه کلی قابل تفسیر و تحلیل است.

### مثلث سبز؛ یک تعادل جدید

سه کهن الگو یا رویه تزلزل ناپذیر برای تعادل عرضه و تقاضا در سطحی جدید در بازار فلزات و مواد و مایحتاج مورد نیاز برای تولید صنعتی وجود دارد. بر مبنای تحلیل مکنزی، کالاهای مذکور در مسیر پیش روی خود به سمت کربن زدایی، از ناحیه چشم انداز بازار، سطح عرضه و تقاضا یا تحولات قیمتی، و نیز انواع حق بیمه سبز تحت تاثیر هستند و روندی متفاوت را احتمالاً تجربه خواهند کرد. علاوه بر این موارد، ابهام در نحوه استفاده بازیکنان از عبارات کم کربن یا «سبز» در مورد آستانه رد پای کربن برای محصولات مربوطه موضوعی است که توانایی اخذ آن مطابق استانداردهای جهانی بر روند موفقیت در عصر انتقال اثرگذار خواهد گذاشت. به فراخور این روندها نیز تا سال ۲۰۲۵ و ۲۰۳۰ تغییرات در مصرف این محصولات در اروپا و جهان رخ خواهد داد که بر عرضه این محصولات اثر چشمگیری خواهد داشت. الگوی پیشنهادی مکنزی در این زمینه به خوبی گویای وضعیتی است که صنایع تولیدکننده مواد و محصولات فلزی، پلاستیکی و ... با آن روبرو هستند.

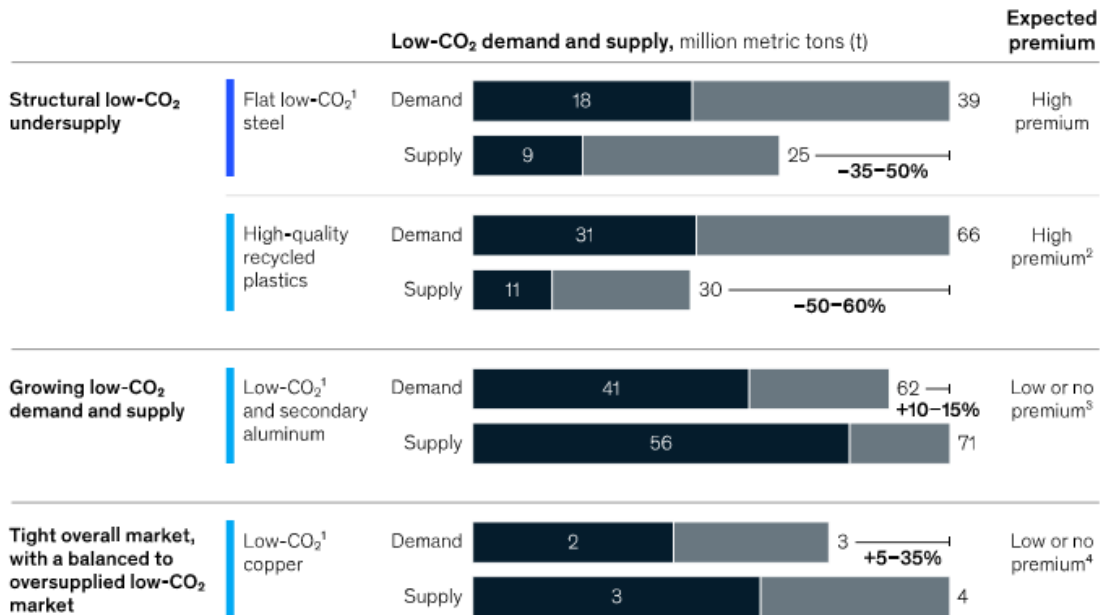
از آنجا که جهان با کمبود ساختاری مواد کم کربن روبروست، فرصت بزرگی پیش روی بازیگرانی است که قادرند نوع تولید و جنس محصولات خود را برای نیازهای جدید صنایع علاقمند به اقتصاد سبز تغییر دهند. فعلاً البته نتایج گزارش مکنزی نشان می دهد کالاهایی مانند فولاد و پلاستیک با کمبود عرضه در بخش تولیدات کم کربن مواجه هستند، که حل آن از طریق به روز کردن ظرفیت سبز اضافی دشوار است و منجر به ورود صنایع به مبحث بیمه سبز می شود.

در بخش فولاد وضعیت خاص تر است. انتظار می رود بازار اروپا برای فولاد تخت کم کربن تا سال ۲۰۳۰ به دلیل تقاضای رو به رشد سریع و زمان طولانی برای به روز کردن تولیدات سبز، با مشکل روبرو شود چرا که همه تحلیل ها حاکی از کمبود عرضه بوده که این کمبود عرضه به قوت خود تا ۲۰۳۰ باقی می ماند. روندی که منجر به افزایش قابل توجه قیمت و سپس تولید این محصولات در حد فاصل سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ می شود.

## Demand and supply of sustainable materials by 2025 and 2030 can be forecasted across three archetypes.

Forecasted demand vs supply within the next decade

■ Europe ■ Global ■ 2025 ■ 2030



<sup>1</sup>Less than 4 tCO<sub>2</sub> per t of aluminum; less than 1.5 tCO<sub>2</sub> per t of copper; and less than 0.6 tCO<sub>2</sub> per t of steel.

<sup>2</sup>Depends on the types of plastics; for example, approximately 60 percent for recycled high-density polythene (rHDPE) and around 10 percent for high-intrinsic-viscosity (IV) recycled polyethylene terephthalate (rPET).

<sup>3</sup>High premiums for ultralow-CO<sub>2</sub> aluminum.

<sup>4</sup>Potentially high premiums for ultralow-CO<sub>2</sub> copper.

Source: McKinsey analysis

McKinsey  
& Company

برای ارتقای فناوری تولید به انواع سیکلی - دایره‌ای و تحقق اهداف کاهش انتشار کربن، برخی از مصرف‌کنندگان فولاد اهداف بلندپروازانه‌ای را برای کربن‌زدایی زنجیره ارزش از ابتدا تا انتها تعیین کرده‌اند. اهدافی که اثر عمیقی روی درآمد و فروش این برندها خواهد گذاشت. به عنوان مثال، تا سال ۲۰۳۰ صنعت خودرو به کل متحول خواهد شد که یکی از مسیرهای این تحول در بخش فولاد و آلومینیوم مورد استفاده در این صنعت است. در واقع این صنایع و تامین‌کنندگان وابسته به آنها (OEMهای خودروسازی) متعهد شده‌اند تولیداتی را با نزدیک به ۱۰۰ درصد کربن‌زدایی تا سال ۲۰۳۰ تحویل دهند. از آن سو در بخش ساختمان هم روندهای کلی رو به تغییر است. در واقع تا ۵۰ درصد کربن‌زدایی برای فعالان ساختمانی اعلام شده که رعایت آن تعهدآور و الزامی است. این اهداف به شکلی معین شده‌اند که حتی در محتوای بازیافتی این صنعت نیز تغییراتی اساسی شکل گیرد ضمن اینکه تامین‌کنندگان این بخش مهم از اقتصاد اروپا (OEMهای صنعت ساختمان و زیرساخت) ۴۰ تا ۸۰ درصد کربن منتشر شده در خلال تولید مواد موردنیاز را تا سال ۲۰۳۰ از چرخه حذف خواهند کرد. بر این اساس، انتظار می‌رود تقاضا برای فولاد کم کربن از حدود ۸۴ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ به نزدیک به ۲۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ افزایش یابد که عمدتاً ناشی از تقاضای خودرو و ساختمان در اروپا و چین است. هربنگاهی که بتواند سریعتر

خود را بر بال این تقاضا سوار کند، برنده این بازی بزرگ است. فعلا و تا این لحظه این تقاضا از سوی معدودی از بنگاه‌های تولیدکننده مواد خام و نیمه خام پاسخ داده شده که عمده آنها در خود کشورهای صنعتی مستقر هستند. برای نمونه در پاسخ به این وضعیت، تولیدکنندگان اروپایی فولاد اعلام کرده‌اند که قصد دارند کارخانه‌های فولادی با انتشار کربن اندک را افتتاح کنند و سرمایه‌گذاری‌های فعلی را با انواع سبز جایگزین کنند که بیشتر آنها در بخش ورق فولاد و تولید می‌کنند. همانطور که گفته شد، سرعت انتقال نه تنها به پذیرش کوره‌های قوس الکتریکی (EAFs) و تعهدات مشتریان بستگی دارد، بلکه به قیمت و در دسترس بودن گاز طبیعی، تولید هیدروژن سبز در مقیاس وسیع و اقتصادی، و نیز تجهیزات لازم برای این کار از سوی ارائه دهندگان فناوری وابسته است. بماند که مواد خام با کیفیت کافی بالا از دیگر عواملی است که بر این روند اثرگذار است.

با در نظر گرفتن این موضوعات، انتظار می‌رود عرضه فولاد در هر دو تخت و مقاطع طویل در اروپا افزایش یابد. در انواع فولاد تخت یا مسطح، روندهای نوظهور نشان می‌دهد که بازار فولاد کم کربن (با سطح کربن کمتر از ۰.۶ تن در هر تن) تا سال ۲۰۳۰ با کمبود عرضه جدی مواجه خواهد داشت. به طور خاص، انتظار می‌رود کل عرضه حدود ۲۵ میلیون تن باشد، در حالی که شکافی جدی در این بخش وجود خواهد داشت. از آنجا که تخمین‌های کلی حاکی از وجود تقاضا برای ۳۹ میلیون تن فولاد تخت کم کربن است، کمبود عرضه از دو سو حائز اهمیت است: اول اینکه کمتر از ۵ درصد فولاد تولید شده در اروپا در حال حاضر سبز است و ثانیاً، کارخانه‌های فولادسازی به هزینه‌های سرمایه‌ای قابل توجهی نیاز دارند تا از فناوری کوره بلند اکسیژن پایه فشرده کربن (BF-BOF) به انواع سازگارتر BF-BOF با محیط زیست تغییر جهت دهند تا با استفاده از این روش و در ترکیب با روند جذب، استفاده و ذخیره کربن (CCUS) فن‌آوری‌های ذوب به‌روز به فرآیند تولید وارد شود. در سطوح میانی بازار فولاد سبز اروپا، کیفیت سناریوی انتقال و وضعیت بازار اثر بارزی بر تحقق اهداف کربن‌زدایی دارد. در فولاد طویل، انتظار می‌رود عرضه فولاد با کربن کم تولید شده از ضایعات برای پاسخگویی به تقاضا کافی باشد.

اگر اروپا را به عنوان یک مثال برای نحوه گذار به اقتصاد سبز در نظر بگیریم، جایی که فولاد مسطح در طول تاریخ با استفاده از BF-BOF تولید می‌شده است، فرآیندها باید به شکلی تغییر کند که اولاً انتقال فناوری که فرآیند گرانی است، محقق شده تا برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای صنعت فولاد آماده شود. دوم اینکه گفته می‌شود، اگر اروپا در این فرآیند موفق گردد فشار برای کربن‌زدایی در مناطقی که فولاد از گذشته با روش EAF تولید شده است (مانند آمریکای شمالی) به‌طور قابل توجهی آسان خواهد شد و مسیر برای توسعه تولید انواع فولاد سبز به شکلی که نیاز صنایعی نظیر خودرو و ساختمان برطرف گردد، باز خواهد شد. این رویه در مورد صنایعی نظیر پلاستیک و لاستیک، آلومینیوم و مس نیز مشابه است.

## پلاستیک و لاستیک

نرخ بازیافت پلاستیک در حال حاضر پایین است به طوری که از کل پلاستیک تولید شده و عرضه شده به بازار مصرف، تقریباً ۱۷ درصد یا ۳۰ میلیون تن پلاستیک وارد یک اقتصاد دایره‌ای می‌شود و تنها ۲۰ میلیون تن آن بازیافت می‌شود. اما انتظار می‌رود این میزان در سال ۲۰۳۰ به بیش از ۱۰۰ میلیون تن افزایش یابد. با این

حال، بین پلاستیک‌های بازیافتی با کیفیت بالا (پلاستیک های بازیافت شده با درجه بالا و شبیه محصول دست اول) و پلاستیک‌های بازیافتی با کیفیت پایین (پلاستیک‌های بازیافت شده با درجه های با کیفیت پایین تر) متفاوت است. این مواد که در صنایع بسته بندی، لوازم الکترونیکی مصرفی و خودرو کاربرد بالایی دارند، لازم است تا افق ۲۰۳۰ از مسیر بازیافت قابل توجه پلاستیک به میزان ۳۵ تا ۴۵ میلیون تن تامین شود.

## آلومینیوم

از بین این ۴ محصول آلومینیوم از همه وضعیت بدتری دارد. انتظار می‌رود که بازار آلومینیوم سبز کم کربن و ثانویه تا سال ۲۰۳۰ متعادل بماند. گفته می‌شود، آلومینیوم با کربن بسیار کم نیاز به تغییرات فناوری شدیدی دارد و بنابراین انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ کمبود عرضه جدی‌تر شود که تغییر این رویه نیازمند سرمایه‌گذاری گسترده است. درست مانند فولاد، آلومینیوم نیز با فشار فزاینده‌ای از سوی تامین‌کننده‌ها (OEM) جهت هماهنگی با اهداف آب و هوایی مواجه است. انتظار می‌رود عرضه آلومینیوم سبز، که شامل کربن کم (کمتر از چهار تن کربن در هر تن) و آلومینیوم ثانویه است، از ۴۴ میلیون تن در سال ۲۰۲۱ به ۷۱ میلیون تن تا ۲۰۳۰ افزایش یابد. روندی که احتمالاً ناشی از روی آوردن کارخانه‌های ذوب به انرژی‌های تجدیدپذیر است.

## مس

این فلز وضعیتی بهتر از آلومینیوم دارد. حتی انتظار می‌رود که بازار مس با کربن اندک تا سال ۲۰۳۰ متعادل یا با مازاد عرضه روبرو شود، زیرا عرضه این محصول در پیوندی عمیق با تجارت بدون کربن گره خورده و کربن‌زدایی شبکه تولیدکنندگان مس را افزایش داده است. در واقع امروزه، بخش مس به دلیل افزایش مقررات در کشورها و وجود خریداران با انگیزه بالا، از جمله در بین توزیع‌کنندگان برق و الکترونیک، انگیزه‌ای جدی برای کربن‌زدایی دارد. دلایل دیگر عبارت است از حرکت در مسیر اهداف کاهش انتشار که در قالب پروژه‌هایی نظیر همکاری گروه اشنایدر الکترونیک با ریوتینتو برای تامین مس سبز و آلومینیوم محقق شده است.

## نتیجه‌گیری

گذار انرژی و مواد اولیه به شکلی جامع در حال تغییر شکل صنعت و فشار به جعبه ابزار استراتژیک تولیدکنندگان کالا است. هفت اقدام می‌تواند به آنها در تسلط بر انتقال کمک کند. پیشگام شدن در ورود به گذار، تعریف استانداردهای جدید، مدیریت قیمت در زنجیره ارزش، مشارکت فعال در تامین نهاده‌های تولید، حسابداری کربن در زنجیره تامین، و جامع‌نگری در مدیریت این چالش از مهمترین اقدامات در راستای تحقق اهداف جهانی در حوزه کربن‌زدایی از بخش صنعت است ضمن اینکه در کنار این موارد لازم است صنایع، دولت‌ها را برای همسو کردن منافع عمومی درگیر کنند.