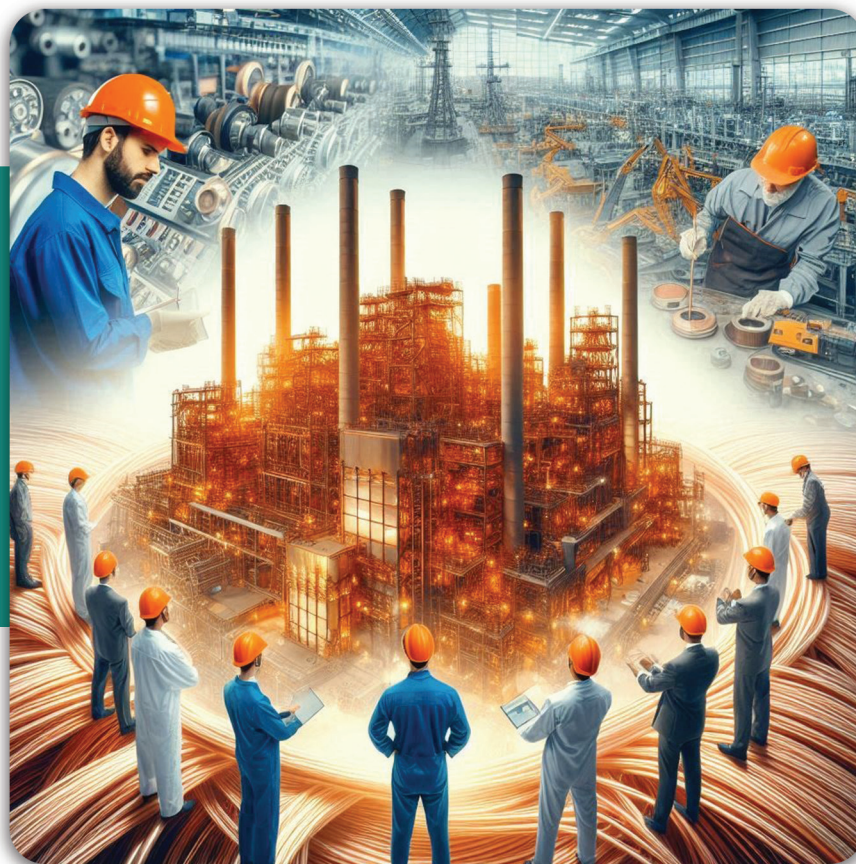




# وضعیت مطلوب زنجیره ارزش صنعت مس در ایران



زینب عباسعلی





سیاست‌نامه

# وضعیت مطلوب زنجیره ارزش صنعت مس در ایران

---

زینب عباسعلی



پژوهشکده  
مطالعات فناوری

## شناسنامه گزارش

وضعیت مطلوب زنجیره ارزش صنعت مس در ایران

نویسنده: زینب عباسعلی

مجری: علیرضا شجاع‌مرادی

مدیر پروژه: میثم نریمانی

کارفرما: وزارت صنعت، معدن و تجارت

همکاران پروژه: علیرضا شجاع‌مرادی، زینب عباسعلی و ابولفضل شهسواری

گرافیک و صفحه‌آرایی: علی قربی

گروه پژوهشی: اقتصاد دانش بنیان

انتشار: بهمن ماه ۱۴۰۳

اهداف پروژه:

(۱) بررسی وضعیت مطلوب زنجیره ارزش مس در ایران

گام‌های اصلی پروژه:

(۱) پیش‌بینی تقاضای مس در آینده

(۲) بررسی وضعیت کشورهای منتخب در توسعه زنجیره مس

(۳) بررسی وضعیت زنجیره مس در ایران

تلفن: ۰۲۱۶۶۵۰۰۰۶۵ | پست الکترونیکی: info@tsi.ir | وبسایت: https://tsi.ir

نشانی: تهران، خیابان شهید دکتر حبیب‌الله، تقاطع خیابان سروش (یکم)، پلاک ۹۶،

پژوهشکده مطالعات فناوری

«انتشار آثار در چارچوب سیاست آزاداندیشی علمی است و بر موضع رسمی پژوهشکده

مطالعات فناوری دلالت ندارد.»

«حق چاپ و نشر برای پژوهشکده محفوظ است»

# فهرست

خلاصه مدیریتی.....	۵
فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱. معرفی زنجیره ارزش صنعت مس.....	۱
۱-۱-۱. خواص و کاربرد مس.....	۲
۲-۱-۱. اهمیت مس.....	۷
۳-۱-۱. فرآیندهای تولید مس.....	۸
۴-۱-۱. نسبت مواد مورد نیاز در فرآوری مس.....	۱۱
۵-۱-۱. وضعیت زنجیره مس در جهان.....	۱۲
فصل دوم: رویکرد کشورهای منتخب.....	۱۹
در توسعه زنجیره صنعت مس.....	۱۹
۱-۲. وضعیت زنجیره صنعت مس در شیلی.....	۱۹
۲-۲. وضعیت زنجیره صنعت مس در چین.....	۲۱
۳-۲. وضعیت زنجیره صنعت مس در ژاپن.....	۲۲
۴-۲. وضعیت زنجیره صنعت مس در لهستان.....	۲۴
فصل سوم: وضعیت زنجیره صنعت مس در ایران.....	۲۷
۱-۳. مقدمه.....	۲۷
۲-۳. ذخایر معدنی مس در ایران و معرفی معادن مهم.....	۲۷

۳-۳. وضعیت تولید، مصرف و تجارت محصولات مختلف زنجیره صنعت مس ایران.....	۳۰
۳-۴. ظرفیت موجود حلقه‌های مختلف صنعت مس و نرخ بهره‌برداری از این ظرفیت‌ها	۳۱
۳-۵. حجم و ارزش فروش محصولات شرکت ملی مس.....	۳۲
۳-۴. مقایسه سودآوری صادرات کنسانتره و کاتد در زنجیره مس ایران.....	۳۴
فصل چهارم: جمع‌بندی و پیشنهاد سیاستی.....	۳۷
۴-۱. مقدمه.....	۳۷
۴-۲. تامین نیاز داخل.....	۳۷
۴-۳. میزان سودآوری هر محصول در زنجیره.....	۳۸
منابع.....	۳۹
نویسندگان.....	۴۰

## خلاصه مدیریتی

بنا به وجود ذخایر گسترده معدنی در ایران، می‌توان بخش معادن و صنایع معدنی را یکی از پیشران‌های رشد اقتصادی در آینده دانست. در صنایع معدنی توجه به موضوع زنجیره ارزش بسیار مهم و حیاتی است. توسعه هم‌زمان بخش معدن و صنایع پایین دست در صنایع معدنی و نیز شناسایی مزیت‌ها و خلاءهای کل زنجیره و جلوگیری از هدر رفت سرمایه، نیازمند نگاهی راهبردی و یکپارچه به کل زنجیره ارزش است.

فلز مس از جمله فلزات گران بها است، که پس از آهن و آلومینیوم به عنوان سومین فلز پرکاربرد و پرتقاضا در جهان شناخته می‌شود. ایران با ۵۴ میلیون تن ذخایر مس، ۶/۱ درصد از ذخایر مس دنیا را در اختیار دارد و در جایگاه پنجم دنیا ایستاده است اما تنها ۱/۶ درصد از تولید معدنی مس دنیا را دارد. هم‌چنین مقدار تولید سالانه مس پالایش شده (کاتد) در ایران برابر با ۳۰۳ هزار تن است که برابر با ۱/۲ درصد از تولید کاتد در جهان است. این بیانگر عقب ماندن ایران در توسعه صنعت مس است. یکی از راهبردهای حائز اهمیت برای سیاست‌های توسعه صنعتی مس، انتخاب حلقه مناسب برای کسب بیشترین ارزش افزوده اقتصادی متناسب نیازهای کشور و اقتضائات جهانی است. راهبرد انتخاب در زنجیره ارزش مس به این معنی است که کدام حلقه از زنجیره منجر به خلق ارزش بیشتری می‌شود. این زنجیره در صنعت مس به ۳ بخش معدن، میان دست و پایین دست تقسیم می‌شود. در بخش معدن منابع معدنی به کنستانتیره (محصولات خام) تبدیل

می شود، در بخش میان دست کنستانتره به کاتد مس (محصول نیمه خام) تبدیل شده و در پایین دست به محصولات نهایی تبدیل می شود.

برای بررسی پاسخ این سؤال ابتدا راهبرد توسعه کشورهای مختلف که در انتخاب حلقه های زنجیره با ارزش افزوده بررسی شده است. بر این اساس کشورهای توسعه یافته نظیر لهستان که دارای منابع معدنی هستند، عمده کنستانتره تولیدی را کاتد تبدیل کرده و صادرات می کنند. کشورهای توسعه یافته نظیر چین و ژاپن که منابع معدنی ندارند و واردکننده محصولات زنجیره مس هستند، سعی بر واردات کنستانتره و تکمیل زنجیره ارزش آن در کشور خود دارند.

در کشور ۳۵۰ هزار تن کنستانتره مس تولید می شود که عمده آن به کاتد تبدیل می شود. سودآوری کنستانتره و کاتد بر اساس صورت های مالی شرکت ملی مس بررسی شده که بر این اساس مشخص گردید طی سال های گذشته در اغلب موارد تبدیل کنسانتره به کاتد و صادرات کاتد سودآوری بیشتری نسبت به صادرات کنسانتره داشته است. بنابراین برای زنجیره صنعت مس کشور پیشنهاد می شود از ظرفیت های موجود برای تولید کاتد استفاده حداکثری شود و در صورت امکان ظرفیت کاتدسازی را افزایش دهد. در صورت افزایش تولید کاتد، درآمد قابل توجه حاصل از آن را می توان برای توسعه و افزایش بهره وری حلقه های دیگر زنجیره استفاده کرد.





## فصل اول:

### مقدمه

#### ۱-۱. معرفی زنجیره ارزش صنعت مس

فلز مس جزء اولین عناصری است که توسط بشر شناخته شده و در ساخت ظروف و ابزار کشاورزی و جنگ مورد استفاده قرار گرفته است. این عنصر با علامت اختصاری Cu و رنگ تقریباً قرمز مایل به نارنجی و عدد اتمی ۲۹ شناخته می‌شود.

مس به طور طبیعی در پوسته زمین به اشکال مختلف وجود دارد. می‌توان آن را در رسوبات سولفیدی (به عنوان مثال کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت و کولیت)، در رسوبات کربناتی (به عنوان مثال آزوریت و مالاکیت)، در رسوبات سیلیکاتی (به عنوان مثال کریزوکوال و دیوپتاز) و به صورت مس خالص یافت. در شکل (۱) تصویر و ترکیب شیمیایی چند نوع از مهم‌ترین کانی‌های فلز مس آمده است. مس به میزان ۰/۰۳٪ در پوسته زمین وجود دارد و یکی از معدود عناصری است که به صورت آزاد نیز در طبیعت یافت می‌شود. هرچند استخراج‌های متوالی مس در طی قرن‌ها و عصرهای گذشته ذخایر مس خالص را تقریباً به صفر رسانده است. مس به طور طبیعی در بدن انسان، حیوانات و گیاهان نیز وجود دارد.

		
کالکوسیت (Chalcocite) فرمول شیمیایی: $Cu_2S$	بورنیت (Bornite) فرمول شیمیایی: $Cu_5FeS_4$	کالکوپیریت (Chalcopyrite) فرمول شیمیایی: $CuFeS_2$
		
مالاکیت (Malachite) فرمول شیمیایی: $Cu_2(OH)_2(CO)_3$	آزوریت (Azurite) فرمول شیمیایی: $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	کوولیت (Covellite) فرمول شیمیایی: $CuS$

شکل ۱. تصویر و ترکیب شیمیایی چند نوع از مهم ترین کانی های فلز مس.

### ۱-۱-۱. خواص و کاربرد مس

مس یک عنصر فلزی چکش خوار و انعطاف پذیر است که رسانای عالی گرما و الکتریسیته و هم چنین مقاوم در برابر خوردگی و دارای ویژگی ضد میکروبی است. مس یکی از قابل بازیافت ترین فلزات است. مس





بازیافتی (مس ثانویه) با مس اولیه (مس استخراج شده از سنگ معدن) پس از پردازش مجدد، تفاوتی ندارد. بازیافت مس، منجر به صرفه جویی در انرژی می شود و بشر را از داشتن منبع پایداری از این فلز برای نسل های آینده مطمئن می کند. مس برخلاف اکثر فلزات، کاربردهای زیادی به صورت تقریباً خالص دارد. توانایی مس برای بازیافت بدون از دست دادن خواص خود به کاهش ضایعات جهانی کمک می کند. علاوه بر این مس قابلیت بالای آلیاژ شدن دارد و در ترکیب با دیگر عناصر حدود ۴۰۰ آلیاژ تشکیل می دهد. این آلیاژها به دو دسته کلی کار شده و ریختگی تقسیم می شوند و در حوزه های مانند ساختمان، کالاهای مصرفی، صنایع الکتریکی، صنایع و حمل و نقل استفاده می شوند. در جدول (۱) ویژگی ها و کاربردهای متناسب با هر ویژگی مس به طور خلاصه آمده است.

جدول ۱. ویژگی ها و کاربردهای متناسب با ویژگی های مس

ویژگی	کاربرد
جلا و رنگ ویژه	معماری، مجسمه سازی، جواهرات، ساعت، کارد و چنگال
باکتری کشی	تجهیزات دریایی، صنعت کشاورزی و آبی پروری
مقاومت در برابر رسوب زیستی	مهندسی عمومی، صنایع هیدرولیک و دریایی، فلزکاری، هوافضا، تولید برق، کشتی سازی، سکوهای نفت و گاز دریایی
مقاومت در برابر خوردگی	لوله ها و اتصالات، پوشش سقف، مهندسی عمومی و دریایی، کشتی سازی. مهندسی شیمی، فرآیندهای صنعتی از جمله اسپینگ و تقطیر، لوله کشی خانگی، معماری، نمک زدایی، منسوجات، کاغذسازی
سهولت ساخت	تمام موارد فوق به علاوه چاپ
رسانایی الکتریکی	تولید، انتقال و توزیع برق، ارتباطات، جوشکاری مقاومتی، الکترونیک
سازگاری با محیط زیست	ضروری برای سلامت انسان، حیوانات و محصولات زراعی

ویژگی	کاربرد
قارچ‌کشی	کشاورزی، نگهداری مواد غذایی و چوب
استحکام مکانیکی/ شکل‌پذیری	مهندسی عمومی، مهندسی دریایی، دفاعی، هوافضا
غیرمغناطیسی	ابزار دقیق، تجهیزات بررسی زمین‌شناسی، حفاری دریایی
غیرجرقه‌زن	معدن و سایر ابزارهای ایمنی، توزیع اکسیژن
قابلیت ارتجاعی	فنر و اتصال‌های برقی، سنجا قفلی،، بسته‌بندی الکترونیکی
رسانایی گرمایی	مبدل‌های حرارتی و تجهیزات تهویه مطبوع/ تبرید، رادیاتورهای خودرو، موتورهای احتراق داخلی، معدن

همانطور که گفته شد، مس و آلیاژهای آن به دلیل مقاومت در برابر خوردگی در بسیاری از صنایع ساختمانی، هواپیمایی، صنایع دریایی از جمله مخازن ضد زنگ، لوله‌کشی در آب شور دریا، قطعات و ملخ هواپیما، خطوط آب و بخار در ساختمان‌ها، ناودان‌ها، آب‌روها، روکش بدنه کشتی‌ها، دکل‌های نفت و شیرین‌کننده‌های آب شور کاربرد دارد. مس به طور گسترده در تولید قطعات و ماشین‌آلات صنعتی، لوازم خانگی، تجهیزات تهویه هوا و ماشین‌آلات کشاورزی به مصرف می‌رسد. هم‌چنین مس در صنایع حمل و نقل از قبیل رادیاتور، لنت و لوله ترمز، یاتاقان، کاربراتور، خطوط روغن، لکوموتیو دیزلی، قطار برقی و دستگاه‌های مخصوص سوئیچ کردن و فرستادن علائم استفاده می‌شود. مس و آلیاژهای مسی در تجهیزات صنعتی که در ارتباط با محلول‌های اسیدی غیر اکسید کننده مانند اسیداستیک، هیدروکلریک و فسفریک و هم‌چنین نمک‌های خنثی به مقدار زیاد به کار می‌رود.

فلز مس در صنایع نظامی در تهیه فشنگ تفنگ‌های کوچک، خشاب، خازن و فیوزها و هم‌چنین تجهیزات و ماشین‌آلات ارتباطی، اجزاء الکتریکی و قطعات پردازش‌گرها کاربرد دارد. به علاوه در سلاح‌های تاکتیکی و استراتژیک مانند زیردریایی اتمی، موشک، هواپیمای نظامی، کنترل الکتریکی در هواپیما و کابل موشک استفاده می‌شود. در تولید ساعت، میکروسکوپ، پروژکتور و بسیاری دیگر از این نوع کالاها نیز مس به





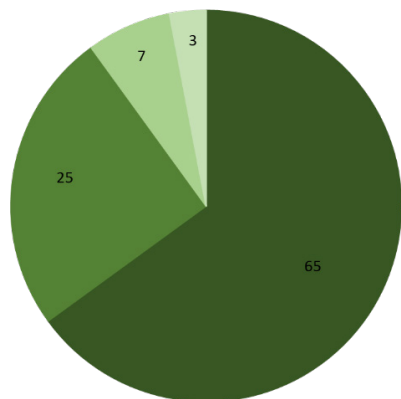
کار می‌رود. مس در تولید وسایل ایمنی موارد استفاده گوناگونی دارد از جمله در وسایل مربوط به اطفاء حریق و دیگر وسایل آتش نشانی. کاربرد مس در صنعت کاغذسازی نیز قابل توجه است. در این مورد به کارگیری مس در تولید دستمال‌های کاغذی امری مهم است، زیرا که وجود مس خاصیت آنتی‌بیوتیکی ایجاد کرده و به نوعی گندزدایی می‌کند. مس در صنعت حمل و نقل نیز کاربرد مهمی دارد و در تمام وسایل نقلیه، اعم از راه‌آهن، هواپیما، کامیون، خودروی سواری، اتوبوس و وسایل مربوط به حمل و نقل فضایی نیز، مورد استفاده است.

مس هم‌چنین در صنایع شیمیایی از جمله مواد رنگی معدنی مورد استفاده در کشاورزی جهت حفاظت از جنگل‌ها به کار می‌رود. به کارگیری از مس در بخش دام‌داری نیز رایج است. در این بخش از این فلز به عنوان ضد انگل چهارپایان استفاده می‌شود. هم‌چنین کمبود مس شیردهی چهارپایان را کاهش می‌دهد و در میزان آب بافت‌های سلولی نیز نقش دارد. از آن جایی که کمبود این فلز موجب کم‌خونی می‌گردد، در پزشکی نیز کاربرد دارد. بیشترین مصرف‌کننده محصولات مسی ساخته شده در ده سال گذشته چه از نظر حجم مصرف چه از نظر درصد وزنی، صنایع ساختمان‌سازی بوده است.

رشد مصرف مس در صنایع مهندسی شامل انواع محصولات نظیر تولید پیچ و مهره، بست‌های ابزار ماشین‌ها، یکنواخت بوده است و مصرف در پاره‌ای از موارد به دلیل کاهش در ابعاد تجهیزات محدود گردیده است. در سال‌های اخیر بیشترین رشد مصرف در صنایع تهویه و لوله‌های خنک‌کننده یخچال‌ها، سردخانه‌ها و فریزرها اتفاق افتاده است که میزان این رشد، به ویژه در بازارهای کشورهای آسیایی بیشتر از سایر کشورها بوده است.

مس در سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق از انرژی خورشیدی، آبی، حرارتی و باد در سراسر جهان استفاده می‌شود. مس به عنوان یکی از بهترین هادی‌های الکتریسیته، به طور گسترده در تولید وسایل نقلیه الکتریکی، توربین‌های بادی و صفحه‌های خورشیدی استفاده می‌شود.

به عنوان جمع‌بندی، بیشترین میزان مصرف مس، در صنایع برق و الکترونیک (حدود ۶۵٪) صورت می‌گیرد. کاربرد این فلز در وسایل انتقال برق از قبیل سیم و کابل، ترانسفورماتور، سوئیچ‌ها، قطعات و اتصالات دوشاخه و غیره است. با توجه به خصوصیات فلز مس که یکی از بهترین و ارزان‌ترین فلزهای رسانای جریان الکتریسیته و همین‌طور یکی از ایمن‌ترین فلزات برای استفاده در سیم‌ها و ابزارآلات انتقال برق می‌باشند، که از آن در ساخت کابل‌های برق فشار ضعیف، متوسط و قوی، به عنوان بخش اصلی موتورها و مبدل‌ها، آهنرباهای الکتریکی، لامپ‌های خلاء، لامپ‌های اشعه کاتدی و مگنترون‌ها در مایکروویو استفاده می‌شود. حدود ۲۵ درصد مس مصرفی در صنعت ساخت و ساز انجام می‌گیرد. صنعت حمل و نقل نیز حدود ۷ درصد مصرف مس را به خود اختصاص داده است. فلز مس در صنایع کشاورزی و صنعت پزشکی نیز به کار می‌رود. کاربرد دیگر مس در بسیاری از فناوری‌های نوظهور و پاک، مانند سلول‌های خورشیدی و وسایل نقلیه الکتریکی است. در شکل (۲) نمودار میزان مصرف مس در صنایع مختلف آمده است.



شکل ۲. میزان مصرف مس در صنایع مختلف.



## ۱-۲. اهمیت مس

فلز مس از جمله فلزهای گران بها است، که پس از آهن و آلومینیوم به عنوان سومین فلز پرکاربرد و پرتقاضا در جهان شناخته می‌شود. با توجه به ویژگی‌ها و کاربرد مس که در بخش قبل به طور مفصل شرح داده شد، می‌توان گفت که مس عنصری سودمند و مفید از لحاظ تجاری محسوب می‌شود. مس، فلزی صنعتی با بیشترین حجم مالی و مذاکراتی در بازارهای بین‌المللی کالا است. با توجه به کاربرد فراوان این فلز در صنایع مختلف، صنعت مس از جمله صنایع مهم و اصلی در پیش‌برد و توسعه کشورها است.

فلز مس، پس از فولاد، رتبه دوم بین فلزات اصلی، از نظر ایجاد ارزش افزوده در جهان را داراست و در حال حاضر، ذخایر معدنی مس جهان، در حال کم شدن و کاهش عیار هستند. این موضوع اهمیت مس را برای کشورهای دارای ذخایر معدنی نظیر ایران، بیشتر می‌کند.

کاربرد و ارزش مس روزبه‌روز در حال افزایش است که مهم‌ترین دلیل آن می‌تواند گسترش حوزه‌هایی مانند خودروهای الکتریکی، خانه‌های هوشمند و تامین انرژی پاک باشد که مصرف مس در آن‌ها بالا است. بین قیمت مس و شاخص‌های مربوط به فعالیت‌های اقتصادی جهانی رابطه وجود دارد. تولیدکننده‌ها، مصرف‌کننده‌ها و بازیگرهای بازار مالی، حرکت‌های قیمتی مس را نشانگر شاخص پیشروی اقتصاد جهانی می‌دانند که برای شناسایی روندهای کلان اقتصادی مهم است.

صنعت مس سهم عمده‌ای در اقتصاد جهانی دارد و مس چیزی بیش از یک فلز استخراج شده است که باعث ایجاد شغل و ارتقای سطح زندگی می‌شود. به طوری که یک تن مس می‌تواند در ۴۰ خودرو مورد استفاده قرار گرفته، ۱۰۰ هزار تلفن همراه را تغذیه، ۴۰۰ رایانه را راه‌اندازی و برق مورد نیاز ۳۰ خانه را تأمین کند. در بازار کامودیتی به مس به دلیل کاربردهای گوناگون، لقب دکتر مس می‌دهند. از این فلز در فعالیت‌های مختلف اقتصادی به عنوان فشارسنج اقتصادی استفاده می‌شود. در صورت افزایش قیمت آن شاخص مهمی



برای افزایش فعالیت اقتصادی و به دنبال آن رونق در سطح جهان است و در صورت کاهش نیز هشدارهایی مبنی بر مناسب نبودن اوضاع اقتصادی می‌دهد. بنابراین تغییر در تعادل بازار مس، پیامدهای جهانی دارد. ایران در کمربند جهانی مس قرار دارد و از ۵۴ میلیون تن ذخیره معدنی مس بهره‌مند است. طبق مطالعات اولویت‌بندی ۴۴ ماده مهم/ بحرانی کشور براساس شاخص‌های جامع شناسایی مواد معدنی بحرانی، مواد معدنی ارزش‌آفرین و مواد معدنی توأم با فرصت‌های ویژه، فلز مس رتبه نخست را در میان سایر مواد معدنی کشور به خود اختصاص داده است. صنعت مس کشور می‌تواند یکی از مزیت‌های رقابتی معدن و صنایع معدنی ایران در بازار جهانی تلقی شود.

### ۱-۳-۱. فرآیندهای تولید مس

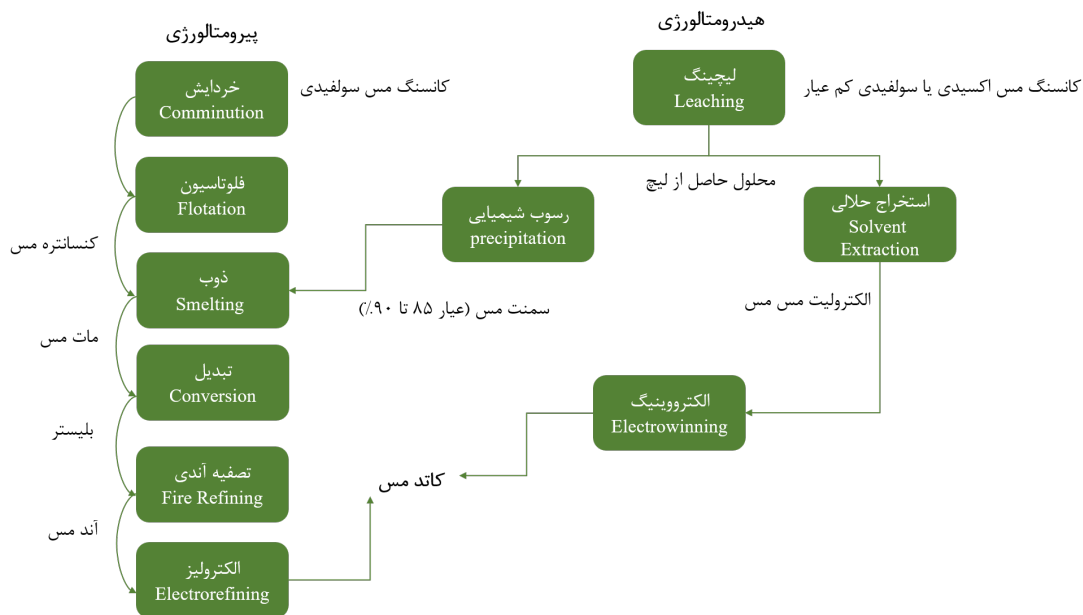
همانطور که قبلاً بیان شد، مس به سه صورت سنگ‌های اکسیدی، سنگ‌های سولفیدی و مس طبیعی در طبیعت یافت می‌شود. معادن مس به صورت عمومی مخلوطی از چند نوع کانی هستند و با توجه به شرایط هر معدن و مشخصات کانسنگ فرآیند مناسب برای آن مشخص می‌گردد. گام اول در تولید مس، استخراج است که به دو روش استخراج روباز و استخراج زیرزمینی انجام می‌شود.

به طور کلی دو روش اصلی برای استحصال مس از سنگ استخراج شده وجود دارد، که شامل روش پیرومتالورژی (خشک) و روش هیدرومتالورژی (تر) است. در روش پیرومتالورژی از کانی‌های سولفیدی استفاده می‌شود. بیش از ۸۰ درصد تولید معدنی مس از کانی‌های سولفیدی مس-آهن-گوگرد (مانند کالکوپریت) صورت می‌گیرد. این نوع از کانی‌ها به راحتی در محلول‌های آبی حل نمی‌شوند و بنابراین، این نوع از کانی‌های مس به صورت پیرومتالورژی استخراج می‌شوند. در فرآیند پیرومتالورژی کانسنگ پس از طی مراحل عملیات استخراج، وارد سنگ شکن شده و به ابعادی در حدود ۱۲ میلی‌متر تبدیل می‌شود. سپس وارد آسیا شده و با مواد شیمیایی مخلوط شده و به صورت دوغاب درمی‌آید. دوغاب



حاصله وارد قسمت فلوتاسیون شده و کنسانتره مس به دست می‌آید. در این مرحله کنسانتره بین ۲۰ تا ۳۰ درصد مس دارد. کنسانتره مس وارد قسمت صافی شده و به شکل خمیره درمی‌آید و سپس وارد کوره‌های خشک‌کن شده و سپس وارد کوره ذوب می‌شود. حاصل این کوره ترکیبی از مس و سایر مواد ناخالصی‌ها مانند گوگرد، آهن، طلا و برخی ناخالصی‌های دیگر است و به طور تقریبی دارای ۴۵ درصد مس است، که به آن مات مس می‌گویند. مات مس را در کوره‌های مبدل ریخته و با عبور هوا و اکسیژن از آن، ناخالصی‌ها و به خصوص آهن و گوگرد را اکسید می‌کنند و به سرباره انتقال می‌دهند. این مس نیز ناخالص است و به دلیل وجود عناصر مختلف و مواد غیر فلزی و تخلخل بیش از اندازه آن را مس تاول‌دار (جوش‌دار) و یا مس خام می‌نامند. مس خام در این مرحله حدود ۹۹٪ مس دارد توسط پاتیل‌هایی وارد کوره‌های آند شده و در این کوره‌ها با تزریق گاز پروپان ناخالصی‌های موجود دوباره سوخته و خارج می‌شود، درجه خلوص آن تا حدود ۹۹/۷ درصد می‌رسد. مذاب مس خام به صورت صفحاتی بزرگ ریخته و از آنها به عنوان آند در الکترولیز مس استفاده می‌شود. کاتد را که از صفحات مس بسیار خالص تشکیل شده، به همراه آند (مس خام) در محلول الکترولیت که حاوی اسید سولفوریک و سولفات مس است وارد می‌کنند.

معمولاً کاتد به دست آمده در مرحله اول الکترولیز حدود ۹۹/۹ درصد مس دارد، در صورت لزوم با الکترولیز مجدد می‌توان به مس کاتدی با خلوص ۹۹/۹۹ درصد دست یافت. عناصر و فلزهای دیگر (از جمله فلزهای گران‌بها مثل طلا و نقره) در محلول الکترولیت حل نمی‌شوند و در کف کوره الکترولیز به صورت لجن رسوب می‌کنند. کاتد مسی به طور مستقیم در بازار قابل فروش است و یا آن را به صورت محصولاتی مانند تختال، ورقه و مفتول درآورده و می‌فروشند. در شکل (۳) مراحل روش پیرومتالورژی آمده است.



شکل ۳. مراحل فرآیند تولید مس به روش پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی.

در روش هیدرومتالورژی از کانی اکسیدی، سولفیدی کم عیار و یا کنسانتره سولفیدی تشویه شده برای استخراج مس استفاده می‌شود، و از یک حلال مناسب برای حل کردن کانی مورد نظر استفاده می‌شود. در این فرآیند، ابتدا سنگ معدن توسط دستگاه‌های سنگ شکن و آسیاب تا اندازه معین بر اساس نوع روش انحلال دانه بندی شده و با توجه به خواص سنگ و عیار مس آن به یکی از روش‌های حوضچه‌ای، انباشته‌ای یا توده‌ای یا همزنی عملیات انحلال انجام می‌شود. مس موجود در سنگ معدن وارد محلول شده و به واحد استخراج حلالی<sup>۱</sup> انتقال می‌یابد.

1. Solvent extraction



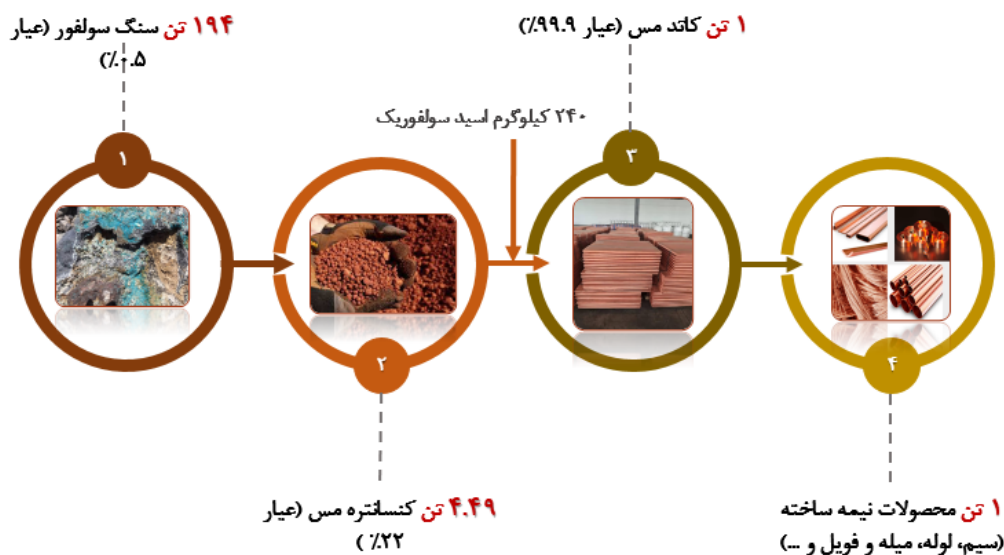
در این واحد محلول حاوی مس تغلیظ شده و ناخالصی‌های آن به کمک یک محلول آلی گرفته می‌شود. محلول پرعیار مس که عمدتاً حاوی ۴۵ - ۳۵ گرم بر لیتر مس است، به روش الکترووینینگ<sup>۱</sup> تحت فرآیند تصفیه قرار می‌گیرد. به مجموع مراحل استخراج حلالی و الکترووینینگ به اختصار SX-EW گفته می‌شود. هم‌چنین برای محلول‌های کم‌عیار مس که ناخالصی‌های آن بسیار پایین است می‌توان بدون استفاده از سیستم استخراج حلالی در سلول‌های الکتروشیمیایی، مس پودری تهیه کرد و یا اینکه با استفاده از حوضچه‌های سم‌تاسیون می‌توان به کمک قراضه آهن، مس سم‌مانته تولید نمود. در شکل (۳) مراحل روش هیدرومتالورژی آمده است. کانی‌های سولفیدی مس - گوگرد (مانند کالکوسیت)، به هر دو روش پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی و کانی‌های اکسیدی آن (مانند کوپریت و مالاکیت) تنها به صورت هیدرومتالورژی استحصال می‌شوند. محصول نهایی کارخانه‌های فرآوری که غالباً مس کاتدی است، به عنوان مواد خام به تولیدکننده‌ها برای تولید محصول نهایی فروخته می‌شود. محصولات نهایی شامل سیم‌های الکتریکی، ورق، تسمه، میلگرد، شمش، لوله، مس ریختگی، مس فورج، مس اکستروود و پودر مس است. در روش هیدرومتالورژی انرژی کمتری نسبت به روش پیرومتالورژی مصرف می‌شود. با توجه به افزایش بهای انرژی و کاهش منابع آن در جهان، روش هیدرومتالورژی مناسب‌تر است. هم‌چنین فلز استخراج شده در روش هیدرومتالورژی خالص‌تر بوده و در بسیاری از موارد نیاز به تصفیه بعدی ندارد.

### ۱-۴-۱. نسبت مواد مورد نیاز در فرآوری مس

در مراحل فرآوری مس، محصولات مختلفی تولید می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به سنگ معدنی مس، کنسانتره مس، کاتد مس و محصولات نیمه ساخته اشاره کرد. نکته مهم این است که در زنجیره مس با حرکت از سنگ معدن به سمت کنسانتره، کاتد، محصولات نیمه ساخته و محصولات با کاربرد نهایی مس می‌توان به ارزش افزوده بیشتری دست یافت.

1. Electrowinning

در حالت کلی می‌توان گفت در فرآوری مس برای تولید ۱ تن کاتد مس ۴/۴۹ تن کنسانتره مس و ۲۴۰ کیلوگرم اسید سولفوریک لازم است و برای تولید هر ۱ تن کنسانتره مس نیز، ۴۳/۲ تن سنگ سولفور مورد نیاز است. در شکل (۳) طرح‌واره نسبت مواد مورد نیاز در تولید مس آمده است.

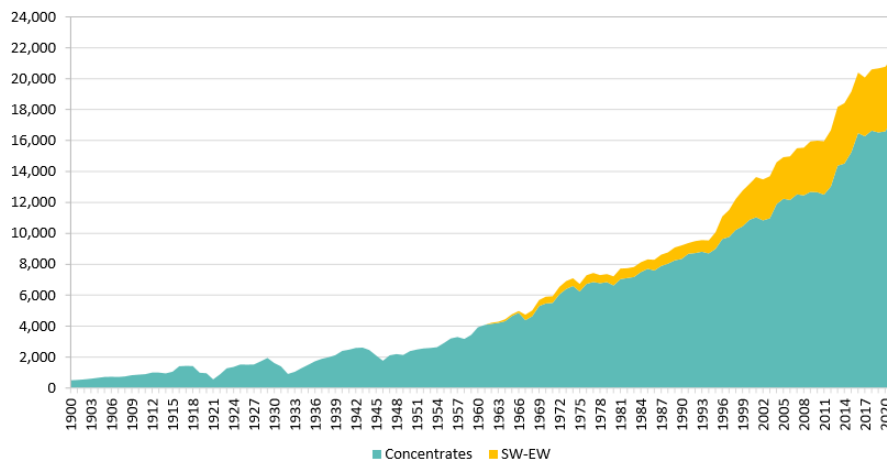


شکل ۴. نسبت مواد مورد نیاز در فرآوری مس

### ۱-۱-۵. وضعیت زنجیره مس در جهان

میزان ذخایر مس جهان در سال ۲۰۲۲ برابر با ۸۹۰ میلیون تن برآورد شده که بیشترین ذخایر مس متعلق به کشور شیلی با ۲۰۰ میلیون تن و استرالیا با ۹۱ میلیون تن است. ایران با ۵۴ میلیون تن رتبه پنجم جهان از جهت میزان ذخایر مس را دارد.

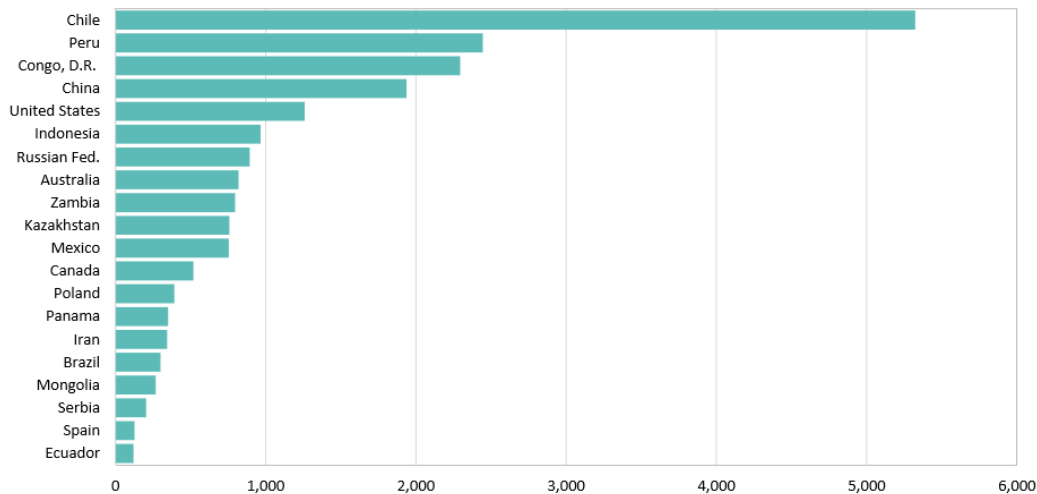
سال ۲۰۲۲ مقدار کل مس محتوی<sup>۱</sup> معدنی تولید شده (مجموع دو روش پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی) ۲۲ میلیون تن بوده که کشور شیلی با تولید ۵/۳ میلیون تنی بزرگ‌ترین تولید کننده مس محتوی معدنی در جهان بوده است. مقدار تولید مس محتوی معدنی در جهان طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۲ و میزان تولید بزرگترین کشورهای تولیدکننده مس محتوی به ترتیب در شکل (۵) و (۶) آمده است.



شکل ۵. میزان تولید جهانی مس معدنی از ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۲.

از سال ۱۹۰۰، زمانی که تولید جهانی کمتر از ۵۰۰ هزار تن مس بود، تولید جهانی مس با ۳/۱۵ درصد رشد در سال به ۲۲ میلیون تن در سال ۲۰۲۲ رسیده است. تولید SX-EW که تا قبل از دهه ۱۹۶۰ تقریباً وجود نداشت، در سال ۲۰۲۲ به ۴/۳ میلیون تن رسید.

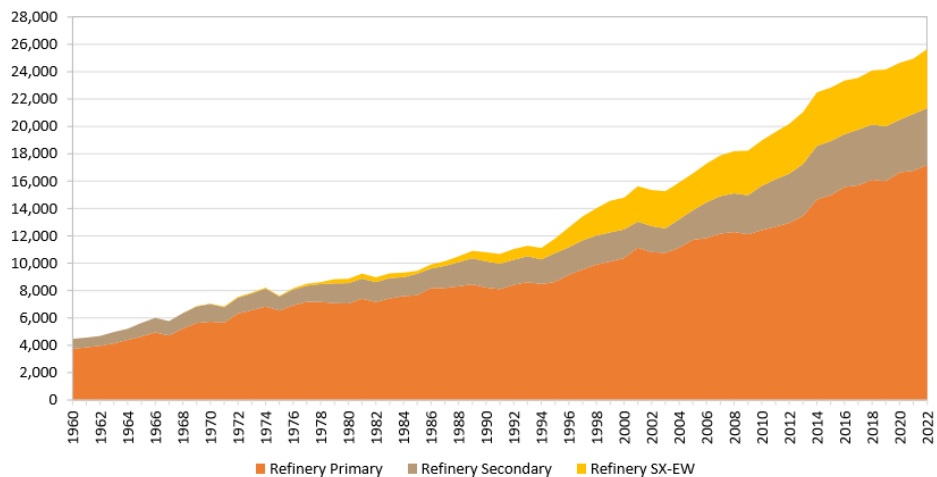
۱. مس محتوی همان مسی است که در کنسانتره یا ماده معدنی وجود دارد، نه مسی که در پالایشگاه به دست می‌آید و همانطور که از اسمش پیداست، محتوی مسی است که از خاک یا کنسانتره حاصل می‌شود. به تعبیری مس محتوی یک مفهوم تولیدی است برای اینکه بدانیم چقدر عنصر مس از خاک استخراج کرده‌ایم.



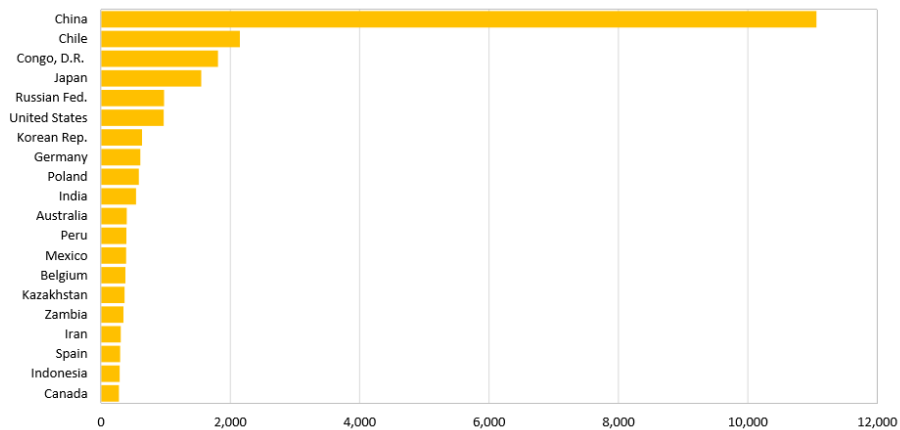
شکل ۶. میزان تولید مس محتوی بیست کشور برتر تولید کننده مس

سال ۲۰۲۲ کل تولید جهانی کاتد ۲۵/۷ میلیون تن بود. سهم تولید کاتد از طریق لیچینگ با ظهور فناوری SX-EW در اواخر دهه ۱۹۶۰، از کمتر از ۱ درصد به ۱۶ درصد تولید کاتد جهانی در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است. در حال حاضر آسیا با سهم ۵۹٪ بزرگ‌ترین تولیدکننده مس تصفیه شده جهان است. در سال ۲۰۲۲، چین ۴۳ درصد از تولید مس پالایش شده جهان را به خود اختصاص داد و پس از آن شیلی (۸ درصد)، جمهوری دمکراتیک کنگو (۷ درصد) و ژاپن (۶ درصد) جزء کشورهای برتر تولید کننده کاتد مس هستند. در شکل (۷) و (۸) مقدار تولید کاتد مس طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۲۲ و مقدار تولید ۲۰ کشور برتر تولید کننده کاتد مس به ترتیب نشان داده شده است.



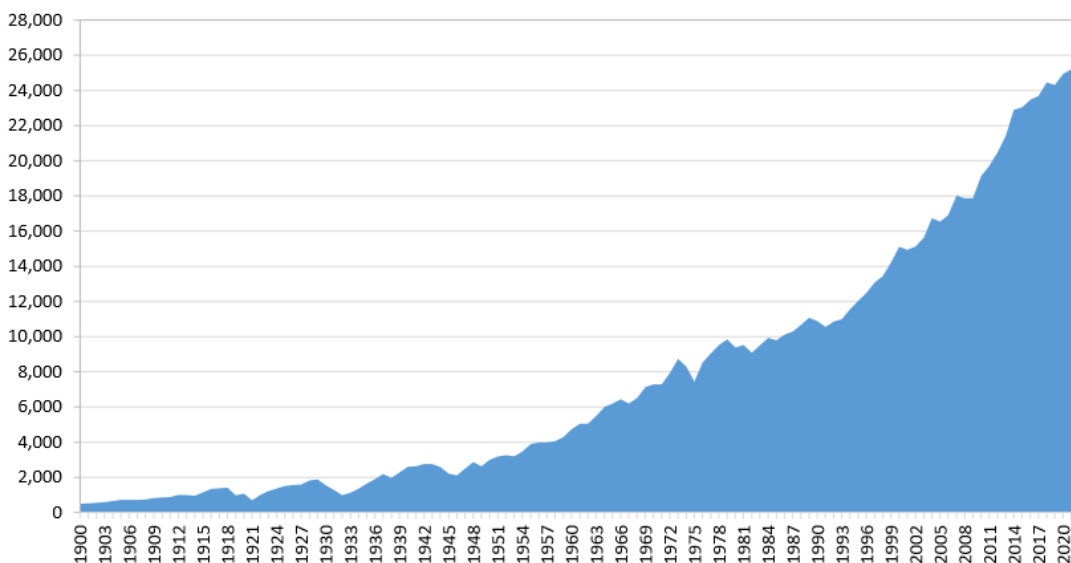


شکل ۷. مقدار تولید جهانی کاتد طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۲.



شکل ۸. مقدار تولید کاتد ۲۰ کشور برتر تولید کننده کاتد مس در جهان.

مصرف مس تصفیه شده از کمتر از ۵۰۰ هزار تن در سال ۱۹۰۰ به ۲۶/۱ میلیون تن در سال ۲۰۲۲ افزایش یافته است. میزان مصرف مس در این دوره با نرخ رشد ترکیبی ۳/۳ درصد در سال افزایش یافته است. محرک اصلی استفاده جهانی از مس تصفیه شده آسیا بوده است، جایی که تقاضا در چهار دهه گذشته به دلیل رشد چشمگیر مصرف مس در چین، هشت برابر شده است. شکل (۹) میزان مصرف مس تصفیه شده طی دوره ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۲ را نشان می دهد.

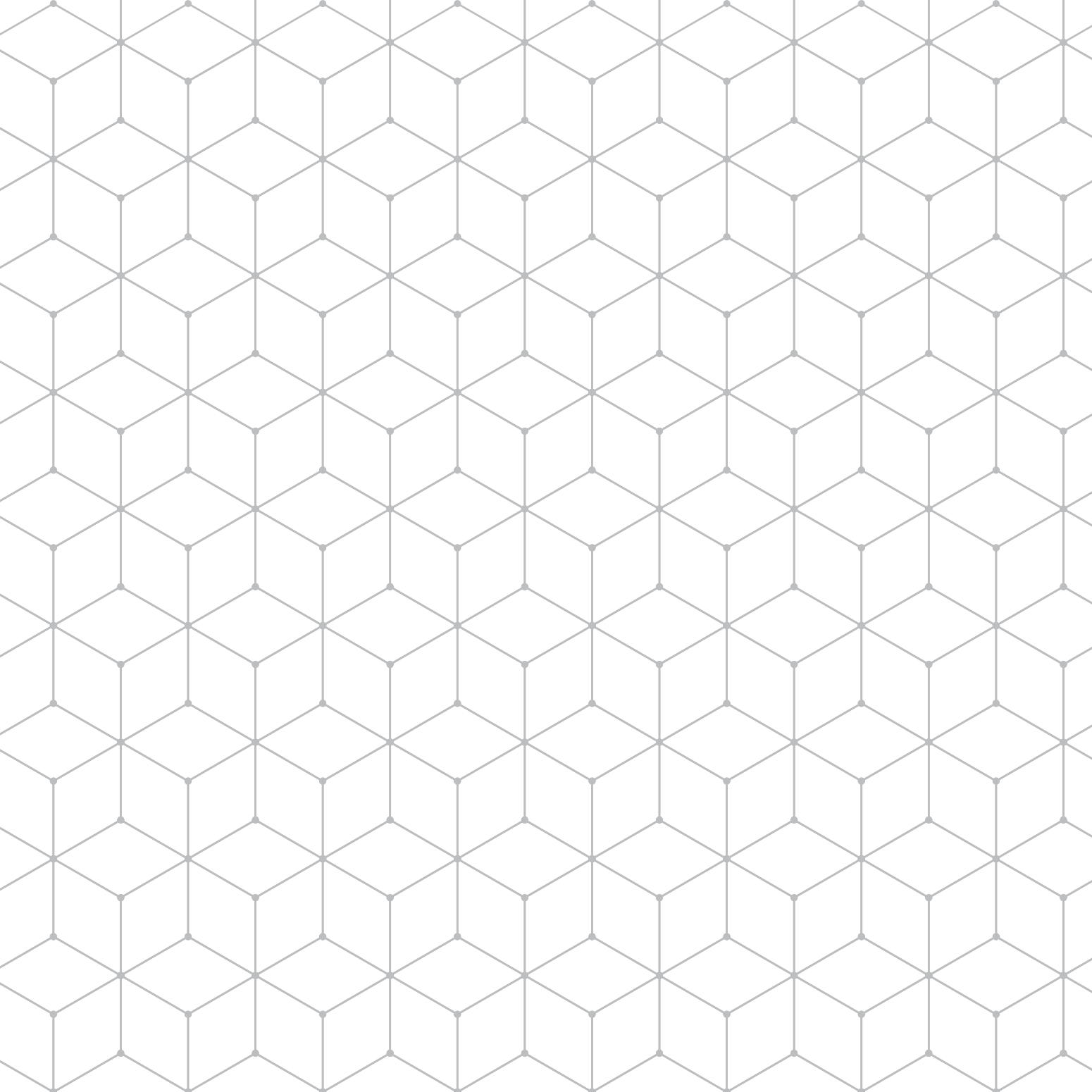


شکل ۹. میزان مصرف مس تصفیه شده طی دوره ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۲.

مس عمدتاً به صورت کاتد، بیلت، اسلب و مفتول به کارخانه ها ارسال می شود. سازندگان از طریق اکستروژن، کشش، نورد، آهنگری، ذوب، الکترولیز یا اتمیزه کردن، سیم، میله، لوله، ورق، صفحه، نوار، پودر و اشکال دیگر را تولید می کنند. که محصولات نیمه ساخته نامیده می شوند.

تولید کننده‌های این محصولات نیمه ساخته را اولین مصرف‌کننده‌های مس می‌نامند. محصولات نیمه ساخته و آلیاژ مس را می‌توان توسط صنایع پایین دستی برای مصرف در محصولات نهایی مانند خودرو، لوازم خانگی، الکترونیک و طیف وسیعی از محصولات دیگر وابسته به مس، تغییر داد تا نیازهای جامعه برآورده شود.







## فصل دوم: رویکرد کشورهای منتخب در توسعه زنجیره صنعت مس

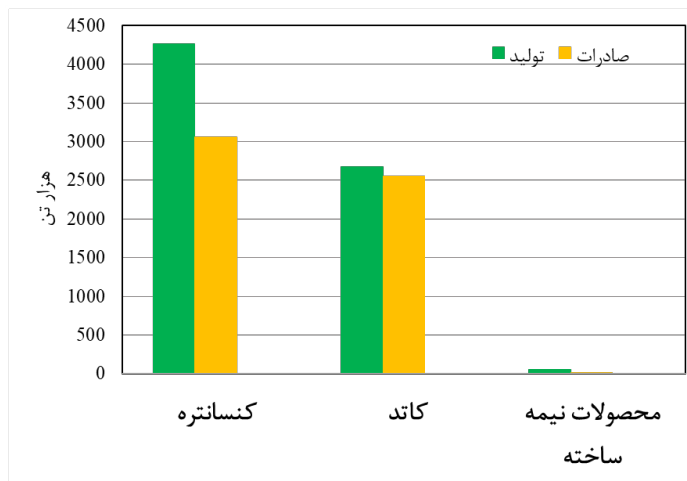
در این فصل، وضعیت زنجیره صنعت مس در کشورهای مطرح و تاثیرگذار در این صنعت به منظور الگوبرداری از عملکرد و سیاست‌گذاری این کشورها، بررسی خواهد شد. شیلی، چین، ژاپن و لهستان کشورهای منتخب برای بررسی در این گزارش هستند.

### ۱-۲. وضعیت زنجیره صنعت مس در شیلی

شیلی بیش از ۲۲ درصد ذخایر معدنی مس جهان را دارا است و بیشترین میزان مس محتوی معدنی جهان در شیلی تولید می‌شود. میزان نرخ بهره‌برداری از ذخایر معدنی که با در نظر گرفتن نسبت میزان تولید به ذخایر معدنی برآورد می‌شود، در شیلی ۲/۸ است که بیشتر از متوسط جهانی (۲/۴ درصد) است. مصرف مس در شیلی بسیار محدود است، به طوریکه سرانه مصرف کاتد مس در این کشور ۲/۲ کیلوگرم است و در سال ۲۰۲۰ فقط ۵۲ هزار تن محصولات مسی در شیلی مصرف شده است.



با توجه به مصرف محدود مس و هم چنین وضعیت نامطلوب صنایع پایین دست مس در شیلی، بیش از ۵/۶ میلیون تن از ۵/۷ میلیون تن محتوی مس تولیدی در سال ۲۰۲۰ توسط این کشور صادر شده است. که ۳ میلیون تن به صورت کنسانتره، ۲/۳ میلیون تن کاتد و ۳۰۰ هزار تن به صورت بلیستر و آند بوده است. در شکل (۱۰) میزان تولید و خالص صادرات کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته در سال ۲۰۲۰ در کشور شیلی را نشان می دهد. با توجه به نمودار کشور شیلی از ۴/۲ میلیون تن محتوی مس کنسانتره تولیدی ۳ میلیون تن آن صادر کرده و ۱/۲ میلیون تن آن در واحدهای ذوب و پالایش برای تولید کاتد پیرومتالورژی مصرف شده است و تقریباً بخش عمده ای از ۲/۳ میلیون تن کاتد تولیدی (مجموع فرآیند هیدرو و پیرومتالورژی) را صادر می کند و کمتر از ۵۰ هزار تن از آن را در بخش تولید محصولات نیمه ساخته استفاده می کند. لازم به ذکر است که با توجه به مصرف کم محصولات نیمه ساخته، بخشی از محصولات نیمه ساخته تولید شده را نیز صادر می کند.



شکل ۱۰. میزان تولید و خالص صادرات کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته شیلی در سال ۲۰۲۰.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان تولید محتوی مس شیلی در یک دهه اخیر با رشد سالانه ۰/۶ درصدی از ۵/۴ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ به ۵/۷ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ رسیده است. در این مدت مصرف کنسانتره در واحدهای ذوب و پالایش از ۱/۶ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ به ۱/۲ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ رسیده است. به عبارت دیگر میزان تولید کاتد در این کشور روند نزولی داشته است. کشور چین با سهم ۶۱ درصدی بزرگ‌ترین مقصد صادراتی کنسانتره شیلی شناخته می‌شود. از سال ۲۰۰۹ با توجه به افزایش تمایل چین به واردات کنسانتره و کاهش واردات کاتد، روند سهم کنسانتره در صادرات شیلی صعودی شده و سهم کاتد در صادرات این کشور کاهش یافته است. این امر نقش مهم تقاضای بازار چین در بازار محصولات مسی را نشان می‌دهد.

## ۲-۲. وضعیت زنجیره صنعت مس در چین

چین بزرگ‌ترین مصرف‌کننده مس در دنیا است و بیش از نیمی از کل کاتد تولیدی جهان در چین مصرف می‌شود. سرانه مصرف کاتد مس در چین ۸/۶ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال ۲۰۲۰ بوده است. با توجه به مصرف بالای مس در این کشور، بیشترین واردات کنسانتره و کاتد جهان توسط چین انجام می‌شود. علاوه بر این با توجه به وجود ذخایر ۲۷ میلیون تنی مس در چین، این کشور با تولید ۱/۶ میلیون تن محتوی مس کنسانتره رتبه چهارم در بین کشورهای برتر تولیدکننده معدنی مس را در اختیار دارد. نرخ بهره‌برداری معدنی این کشور بسیار بالاتر از متوسط جهانی و برابر با ۶/۱ درصد است. شکل (۱۱) خالص صادرات و تولید کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته مس کشور چین را در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. طبق نمودار چین علاوه بر تولید ۱/۶ میلیون تن مس محتوی کنسانتره، ۵/۶ میلیون تن نیز واردات مس محتوی کنسانتره دارد. در بخش کاتد نیز ۹/۴ میلیون تولید داخلی دارد و ۴/۱ میلیون تن از کاتد مصرفی خود را از طریق واردات تامین می‌کند که منجر به تولید نزدیک ۱۴ میلیون تن محصولات نیمه ساخته مسی می‌شود.



شکل ۱۱. میزان تولید و خالص صادرات کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته چین در سال ۲۰۲۰.

پیش بینی می شود در سال ۲۰۳۰ بیش از ۱۶ میلیون تن محصولات نیمه ساخته مس در چین تولید خواهد شد و کسری نسبتاً کم فعلی در عرضه محصولات نیمه ساخته به سمت مازاد عرضه تا سال ۲۰۳۰ حرکت خواهد کرد و همچنین روند تولید کنسانتره و کاتد مس نیز در آینده صعودی خواهد بود. علی رغم احداث و توسعه ی گسترده واحدهای ذوب و پالایش در چند سال اخیر پیش بینی می شود در دهه آینده کمبود عرضه کاتد در چین تغییر قابل توجهی نداشته باشد اما کسری عرضه کنسانتره مس در این کشور، به بیش از ۶ میلیون تن مس محتوی کنسانتره افزایش خواهد یافت.

## ۲-۳. وضعیت زنجیره صنعت مس در ژاپن

ژاپن از جمله کشورهای نادری است که با وجود عدم بهره مندی از ذخایر مس، تولیدکننده و صادرکننده بزرگ محصول بالادستی مس یعنی کاتد مسی در جهان به حساب می آید. سهم صادرات ژاپن در جهان در سال ۲۰۲۱،



۷ درصد گزارش شده است. رشد و توسعه صنعت ذوب و پالایش مس در این کشور طی ۱۰ سال گذشته، مرهون اقتصاد قدرتمند ژاپن و سطح عالی در مناسبات تجاری جهت خرید کنسانتره کافی بوده است. ژاپن عملکرد درخشانی در واحدهای ذوب و پالایش و تولید محصولات نیمه ساخته مسی دارد. به طوری که در صنعت مس این کشور بیش از ۱۸ میلیارد دلار هزینه شده که عمده آن در بخش ذوب و پالایش بوده است. مصرف مس در ژاپن بالا بوده به طوری که سرانه مصرف مس در ژاپن ۱۰/۲ کیلوگرم است و در سال ۲۰۲۰، ۱/۳ میلیون تن محصولات مسی در این کشور تولید و مصرف شده است. پیش بینی می شود میزان تولید محصولات نیمه ساخته مسی در این کشور در سال های آتی افزایش یابد و در سال ۲۰۳۰ به ۱/۸ میلیون تن برسد. شکل (۱۲) خالص صادرات و تولید کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته مس کشور ژاپن را در سال ۲۰۲۰ نشان می دهد. واردات کنسانتره ژاپن در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱/۵ میلیون تن بوده و ۸۵۰ هزار تن کاتد پیرومتالورژی صادر کرده است.



شکل ۱۲. میزان تولید و خالص صادرات کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته ژاپن در سال ۲۰۲۰.

## ۲-۴. وضعیت زنجیره صنعت مس در لهستان

کشور لهستان به دلیل دارا بودن ۳۱ میلیون تن ذخیره معدنی مس و هم چنین فعالیت در حلقه بالا دستی و نیز پایین دستی مس، از کشورهای دارای اهمیت در حوزه صنعت مس جهان است. بخش عمده ظرفیت تولید زنجیره مس در این کشور در بخش ذوب و پالایش است، البته ظرفیت سایر بخش ها نیز در مقایسه با ذوب و پالایش رقم نسبتاً قابل توجهی است. نرخ بهره برداری از معادن مس در لهستان ۱/۲ است و سرانه مصرف مس ۷ کیلوگرم می باشد.

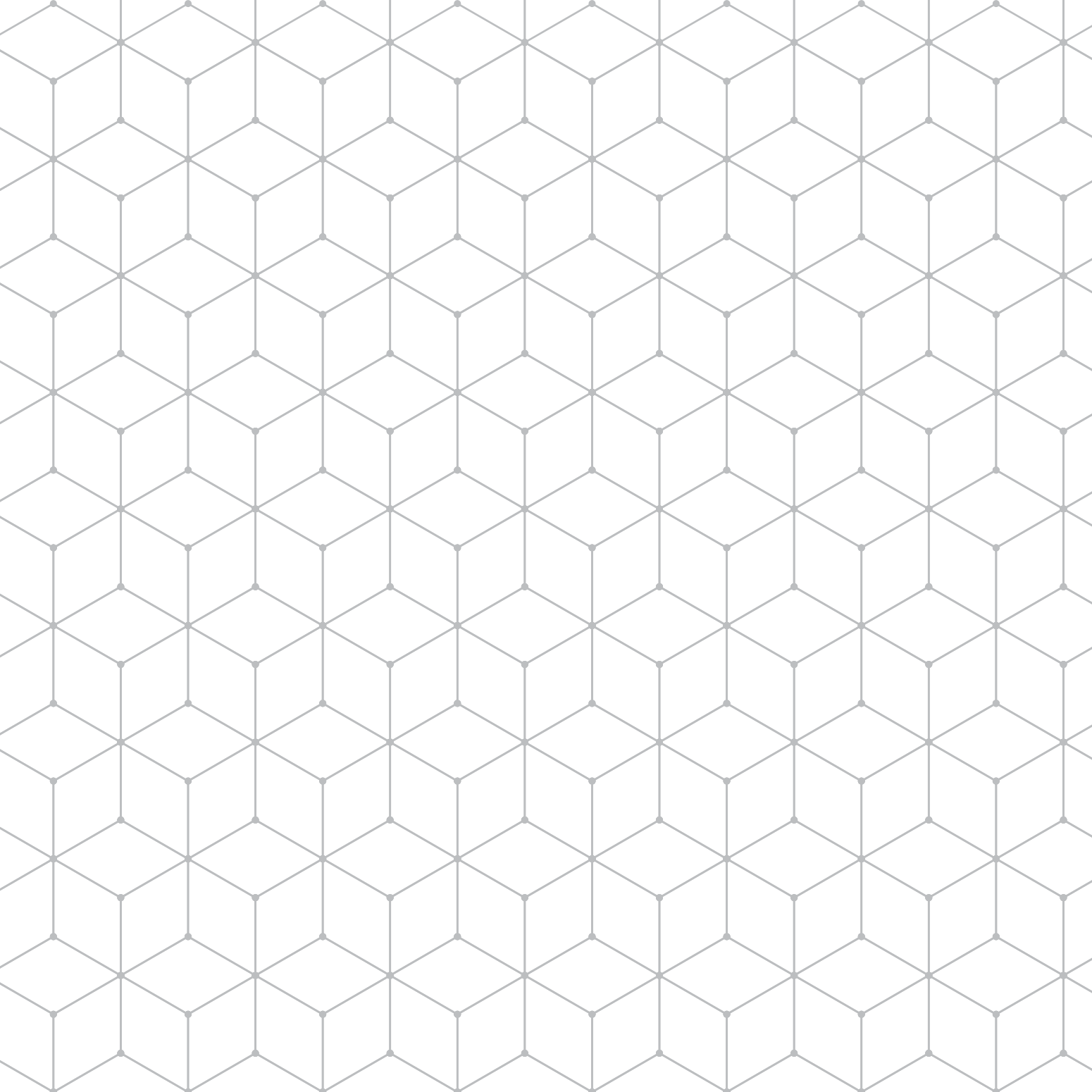


شکل ۱۳. میزان تولید و خالص صادرات کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته لهستان در سال ۲۰۲۰.

کشور لهستان طی سال ۲۰۲۰، علاوه بر تولید ۳۹۳ هزار تن محتوی مس کنسانتره، ۳۶ هزار تن واردات کنسانتره داشته است. در بخش ذوب و پالایش نیز ۵۶۵ هزار تن تولید داشته است که ۲۷۰ هزار تن از آن بصورت کاتد صادر شده است. مصرف محصولات نیمه ساخته در لهستان نسبتاً بالا بوده و در سال ۲۰۲۰، ۲۱۰

هزار تن محصولات نیمه ساخته در این کشور مصرف شده است و بالغ بر ۶۰ هزار تن محصولات نیمه ساخته را به کشورهای دیگر صادر کرده است. شکل (۱۳) خالص صادرات و تولید کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته مس لهستان را در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود کمبود عرضه کنسانتره مس در لهستان در سال‌های آتی جبران شود و نیز مازاد عرضه کنسانتره خواهد داشت. هم‌چنین روند تولید محصولات نیمه ساخته در لهستان در آینده صعودی خواهد بود.







## فصل سوم: وضعیت زنجیره صنعت مس در ایران

### ۱-۳. مقدمه

ایران با دارا بودن بیش از ۷۰ نوع ماده معدنی، ۳۷ میلیارد تن ذخایر قطعی و ۵۷ میلیارد تن ذخایر بالقوه، جزء کشورهای برتر دنیا به لحاظ ذخایر معدنی است و حدود ۷ درصد از ذخایر معدنی جهان را در اختیار دارد. کشور ایران با توجه به داشتن امتیازاتی مانند دسترسی به آب‌های آزاد و وجود منابع انرژی ارزان قیمت برای فعالیت‌های معدن‌کاری و صنایع معدنی، می‌تواند فعالیت‌های معدنی خود را توسعه و جایگاه بخش معدن و صنایع معدنی را ارتقا دهد. در این بخش به بررسی معادن و صنایع معدنی مس در ایران پرداخته خواهد شد.

### ۲-۳. ذخایر معدنی مس در ایران و معرفی معادن مهم

مجموع ذخایر مس در ایران برابر با ۵۴ میلیون تن مس محتوی ارزیابی می‌شود که ۶ درصد از کل ذخایر مس در جهان را شامل می‌شود. کشورمان رتبه پنجم بزرگ‌ترین کشورهای دارنده ذخایر مس را دارا می‌باشد. سرچشمه، سونگون، قلعه‌زری و میدوک، بزرگ‌ترین معادن مس در ایران هستند.

مس سرچشمه یکی از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان و بزرگ‌ترین تولیدکننده مس در ایران است. این معدن یکی از بزرگ‌ترین معادن روباز مس دنیا و برگ‌ترین معدن روباز خاورمیانه محسوب می‌شود. ذخیره زمین‌شناسی این معدن بالغ بر یک میلیارد و دویست میلیون تن سنگ سولفیدی با عیار متوسط ۷/۰ درصد برآورد شده است. معدن مس سرچشمه از دیدگاه زمین‌شناسی بر روی کمر بند جهانی مس قرار دارد. خط تولید این حوزه شامل معدن و کارخانه‌های تغلیظ، مولیبدن، ذوب، پالایشگاه، ریخته‌گری‌ها و لیچینگ است.

مس میدوک در فاصله ۱۳۲ کیلومتری معدن مس سرچشمه، در استان کرمان واقع شده است. خط تولید این حوزه شامل معدن و کارخانه‌های تغلیظ و لیچینگ است. میزان ذخیره زمین‌شناسی کانسار مس میدوک ۱۷۰ میلیون تن با عیار ۸۳/۰ درصد محاسبه گردیده که از این مقدار به میزان ۱۴۴ میلیون تن آن با عیار ۸۵/۰ درصد قابل استخراج است. کارخانه ذوب مس خاتون‌آباد نیز در ۸۰ کیلومتری مس میدوک قرار دارد. خط تولید این حوزه شامل کارخانه‌های ذوب، پالایشگاه و فرومولیبدن است.

مس سونگون در استان آذربایجان شرقی در ۳۰ کیلومتری ورزقان در یک ناحیه کوهستانی واقع شده است. خط تولید این حوزه شامل معدن و کارخانه‌های تغلیظ و مولیبدن است. کانی‌سازی اصلی این معدن شامل کانی‌های مس و مولیبدن است و دومین تولیدکننده مس ایران است.

ذخیره احتمالی این معدن بیش از چهار میلیارد تن و ذخیره قابل استخراج آن حدود ۷۹۶ میلیون تن برآورد شده است که در مجموع کل ذخایر قطعی، احتمالی و ممکن در محدوده کانسار سونگون ورزقان حدود ۱/۷ میلیارد تن سنگ مس با عیار ۶۱/۰ درصد است. در این معدن غیر از فلز با ارزش مس، مولیبدن، طلا، نقره و دیگر عناصر با اهمیت به صورت فلزات همراه وجود دارند. شرکت‌های عمده درگیر صنایع مس کشور عبارتند از:

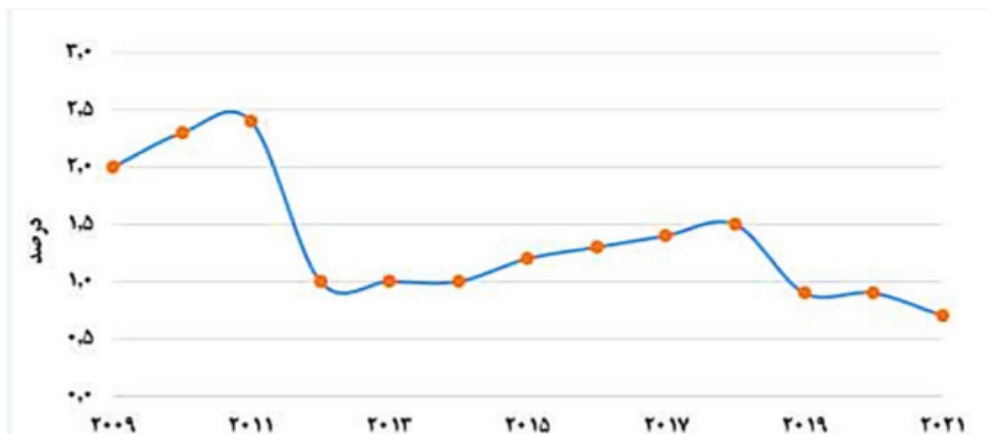




- شرکت ملی صنایع مس ایران
- شرکت صنایع مس شهید باهنر
- شرکت مس خاتون‌آباد
- شرکت بابک مس ایرانیان
- شرکت دنیای مس
- شرکت مهراصل
- شرکت صنایع مس قائم
- شرکت‌های کابل‌سازی که تعداد آنها نسبتاً زیاد است.

در میان شرکت‌های فعال در صنعت مس، شرکت ملی صنایع مس ایران، شرکت صنایع مس شهید باهنر و شرکت صنایع مس افق کرمان در بورس پذیرش شده‌اند. شرکت ملی صنایع مس ایران، دارای بیشترین ارزش بازار در بین شرکت‌های بورسی صنعت مس است.

علی‌رغم وضعیت خوب کشور در حوزه ذخایر معدنی مس، و دارا بودن ۶/۱ درصد ذخایر جهان، توسعه تولید مس در کشور، شرایط چندان مساعدی ندارد و نرخ بهره‌برداری از ذخایر مس در کشور کمتر از یک سوم میانگین جهانی است و تولید معدنی کشور تنها حدود ۱/۶ درصد از تولید معدنی در جهان است. مطابق با شکل (۱۴)، ایران در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ بیشترین و کمترین نرخ بهره‌برداری برابر ۲/۴ و ۰/۸ را داشته؛ اما از سال ۲۰۱۱ روند کاهشی بوده است. میزان ذخایر کشف شده و میزان تولید معدنی ایران در طول این سال‌ها روند رو به رشدی را شاهد بوده است، اما میزان رشد آن‌ها به یک نسبت نبوده است؛ لذا منجر به کاهش نرخ بهره‌برداری شده است.



شکل ۱۴. نرخ بهره‌برداری از معادن مس ایران طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۱

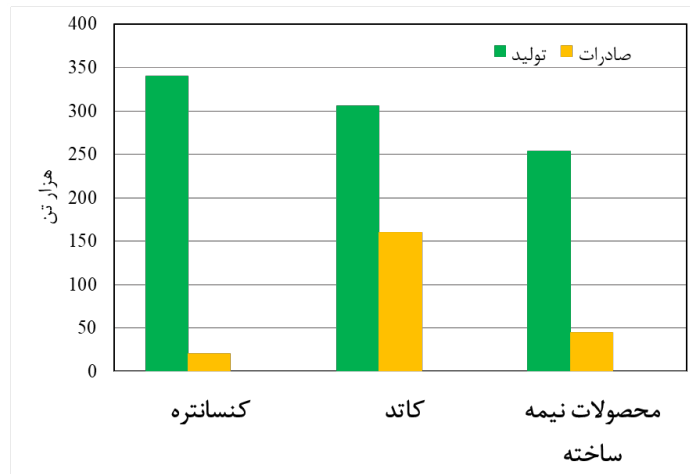
### ۳-۳. وضعیت تولید، مصرف و تجارت محصولات مختلف زنجیره صنعت مس ایران

ایران با تولید سالانه ۳۴۰ هزار تن مس محتوی کنسانتره رتبه پانزدهم دنیا را دارد که حدود ۱/۶ درصد تولید جهان و ۷/۵ درصد تولید آسیا است. هم‌چنین مقدار تولید سالانه مس پالایش شده (کاتد) در ایران برابر با ۳۰۳ هزار تن است که برابر ۱/۲ درصد تولید کاتد جهان و ۲/۱ درصد تولید در آسیا است. سرانه مصرف مس در ایران ۲/۳ کیلوگرم و پایین‌تر از متوسط جهانی است. مقدار مصرف سالانه مس کاتد در ایران نیز برابر ۱۷۰ هزار تن بود که به ترتیب ۰/۷ و ۰/۹ درصد مصرف مس در جهان و آسیا متعلق به کشورمان است. صادرات سالانه کاتد مس ایران نیز ۱۶۰ هزار تن است.

درحوزه محصولات پایین‌دستی نیز ایران با تولید ۲۵۴ هزار تن محصولات نیمه ساخته در جایگاه بیست و سوم جهان قرار دارد که ۴۵ هزار تن از محصولات نیمه ساخته را صادر می‌کند. شکل (۱۵) خالص صادرات و تولید کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته مس ایران را در سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد.



میزان واردات کنسانتره صفر است و با توجه به سیاست‌های اتخاذ شده در کشور میزان صادرات این محصول علی‌رغم افزایش تولید طی سال‌های گذشته، افت قابل توجهی را شاهد بوده و صادرات مس بیشتر به صورت کاتد در سال‌های گذشته انجام گرفته است. صادرات محصولات نیمه ساخته در سال‌های پس از ۱۳۹۷ به دلیل افزایش اختلاف نرخ ارز آزاد و دولتی افزایش یافته، ولی مقدار آن به دلیل مزیت رقابتی ضعیف بخش پایین دست صنعت در بازارهای صادراتی، چشمگیر نیست.

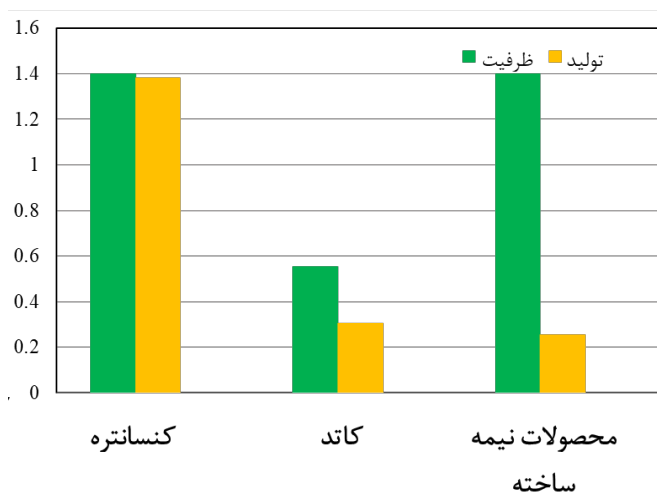


شکل ۱۵. میزان تولید و خالص صادرات کنسانتره، کاتد و محصولات نیمه ساخته ایران در سال ۱۴۰۰.

### ۳-۴. ظرفیت موجود حلقه‌های مختلف صنعت مس و نرخ بهره‌برداری از این ظرفیت‌ها

بررسی میزان ظرفیت‌های ایجاد شده در بخش‌های مختلف زنجیره صنعت مس و نرخ بهره‌برداری از این ظرفیت‌ها، برای ارزیابی میزان کارایی و پویایی حلقه‌های مختلف صنعت مس ضروری است. در شکل (۱۶) میزان تولید و ظرفیت حلقه‌های مختلف صنعت مس را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار نشان داده

شده است تقریباً کل ظرفیت ۱ میلیون ۴۰۰ هزار تنی تولید کنسانتره مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حلقه ذوب و پالایش و تولید کاتد از ۵۵۰ هزار تن ظرفیت موجود تنها ۳۰۳ هزار تن استفاده می‌شود و نرخ بهره‌برداری در این حلقه حدوداً ۵۵ درصد است و امکان افزایش تولید در این بخش فراهم است. در بخش محصولات نیمه ساخته ظرفیت بسیار بالایی ایجاد شده که تنها ۱۸ درصد از این ظرفیت ۱ میلیون ۴۰۰ هزار تنی بهره‌برداری می‌شود. در این حلقه نیز پتانسیل افزایش نرخ بهره‌برداری را دارد.

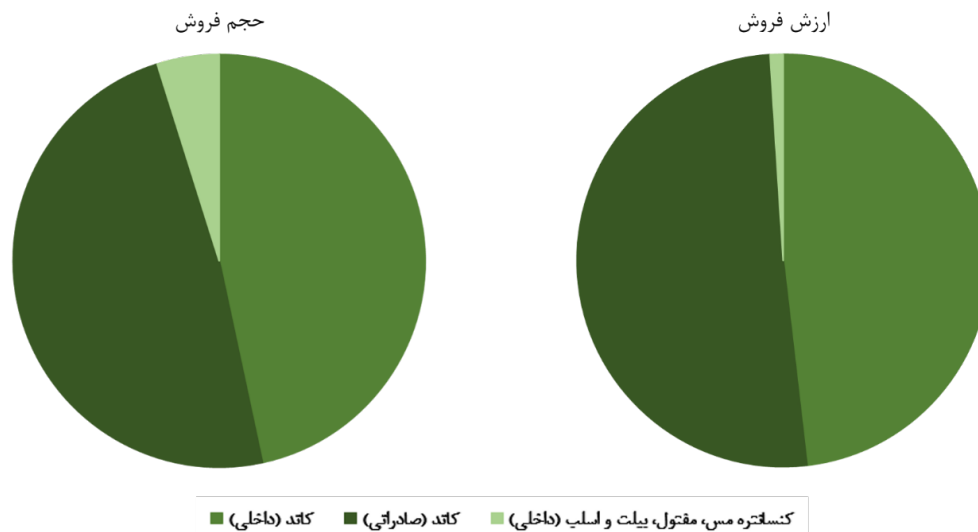


شکل ۱۶. میزان ظرفیت و تولید حلقه‌های مختلف صنعت مس ایران.

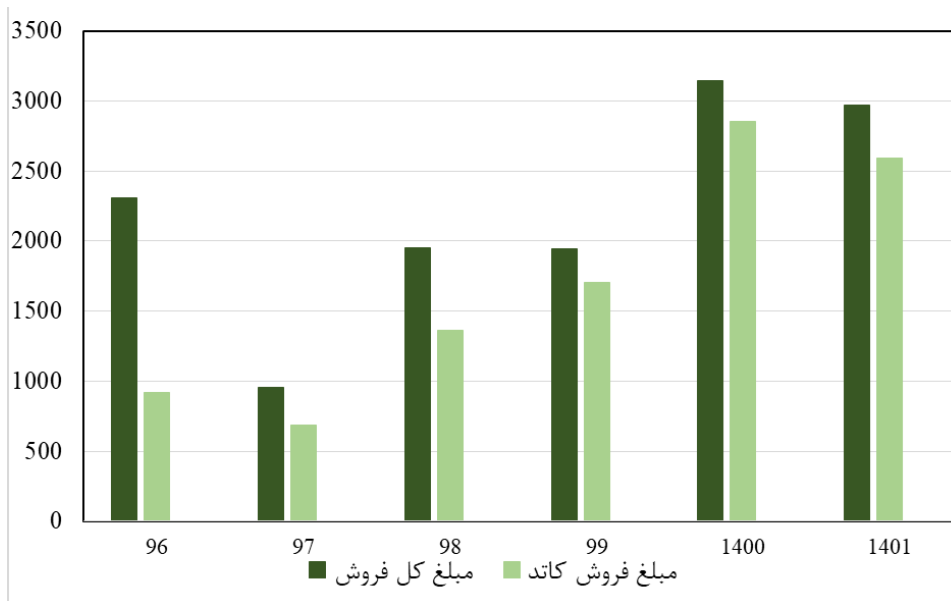
### ۳-۵. حجم و ارزش فروش محصولات شرکت ملی مس

محصولات شرکت ملی مس را می‌توان به دو دسته محصولات اصلی و محصولات جانبی تقسیم بندی کرد. محصولات اصلی شامل کاتد، کنسانتره و مفتول، بیلت و اسلب و محصولات جانبی شامل کنسانتره مولیبدن، اکسید مولیبدن، کنسانتره طلا و نقره و اسید سولفوریک است. این محصولات به صورت داخلی و صادراتی

به فروش می‌رسند و محصولات اصلی از لحاظ حجم و ارزش، نقش ویژه در سبد فروش شرکت ملی مس دارند. در شکل (۱۷) حجم و ارزش فروش کنسانتره مس، کاتد مس و مفتول، بیلت و اسلب در سال ۱۴۰۰ نشان داده شده است. در بخش محصولات اصلی نیز تجارت کنسانتره مس و مفتول و بیلت و اسلب شرکت ملی مس بسیار ناچیز است. در مقابل مبلغ حاصل از فروش کاتد مس، ۹۰ درصد از کل درآمد حاصل از فروش محصولات شرکت ملی را شامل می‌شود. در نمودار (۱۸) مبلغ فروش کل و مبلغ فروش کاتد شرکت ملی مس طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۷. حجم و ارزش فروش کنسانتره مس، کاتد مس و مفتول، بیلت و اسلب در سال ۱۴۰۰.



شکل ۱۸. مبلغ فروش کل و مبلغ فروش کاتد شرکت ملی مس (میلیون دلار)

### ۳-۴. مقایسه سودآوری صادرات کنسانتره و کاتد در زنجیره مس ایران

با توجه به اینکه نرخ فروش محصولات شامل بهای تمام شده نیز می شود بنابراین در این بخش از معیار سود ناخالص، که از کسر کردن بهای تمام شده از نرخ فروش به دست می آید، برای مقایسه سودآوری فروش کنسانتره و کاتد استفاده خواهد شد. برای مقایسه دقیق میزان سودآوری صادرات کنسانتره و کاتد مس در هر سال، لازم است سود ناخالص کاتد مس با سود ناخالص حاصل از فروش مقدار کنسانتره مصرف شده برای تولید یک تن کاتد، مقایسه شود. برای این کار باید در هر سال سود ناخالص کنسانتره در نرخ تبدیل (میزان کنسانتره لازم برای تولید یک تن کاتد) ضرب شود. برای محاسبه نرخ تبدیل از رابطه (۱) استفاده شد:



$$(1) \quad * \text{مقدار کنسانتره مصرف شده} = \frac{\text{نرخ تبدیل}}{\text{مقدار کاتد تولید شده}}$$

به منظور مشخص کردن اینکه در هر سال چه میزان کنسانتره برای تولید کاتد مصرف شده است، از مجموع میزان کنسانتره تولیدی هر سال و موجودی انبار در ابتدای دوره، مجموع میزان فروش داخلی و صادراتی و موجودی انبار در آخر دوره را کم کردیم به عبارت دیگر:

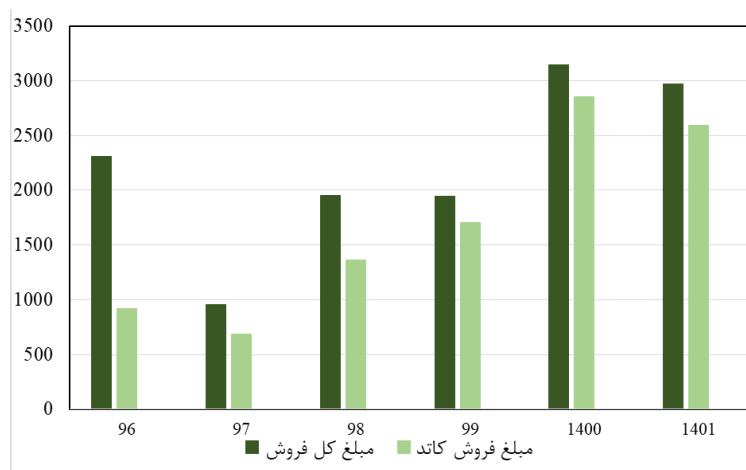
$$(2) \quad = \text{مقدار کنسانتره مصرف شده برای تولید کاتد} \\ (\text{موجودی پایان دوره انبار} + \text{مجموع فروش داخلی و صادراتی}) - (\text{موجودی انبار شروع دوره} + \text{مقدار تولید دوره})$$

در جدول (۲) مقادیر نرخ فروش و بهای تمام شده و سود ناخالص کاتد و کنسانتره و کنسانتره مصرف شده برای تولید یک تن کاتد در سال ۱۴۰۰ آمده است. با توجه به اینکه در این سال مقدار ۱،۲۰۰ هزار تن کنسانتره برای تولید ۲۸۵ هزار تن کاتد استفاده شده است بنابراین نرخ تبدیل کنسانتره به کاتد در سال ۱۴۰۰، ۴/۲۳ بوده است. برای کلیه مقادیر موجود در رابطه (۱) و (۲) از صورت‌های مالی حسابرسی شده شرکت ملی مس استفاده شده است.

جدول ۲. نرخ فروش و بهای تمام شده و سود ناخالص کاتد و کنسانتره و کنسانتره مصرف شده برای تولید یک تن کاتد (دلار بر تن)

محصول	نرخ فروش	بهای تمام شده	سود ناخالص
کاتد	۹,۱۲۴	۳,۲۰۸	۵,۹۱۵
کنسانتره	۱,۸۱۰	۵۵۳	۱,۲۵۷
کنسانتره مصرف شده برای تولید یک تن کاتد	۷,۶۵۶	۲,۳۴۳	۵,۳۱۷

در شکل (۱۹) سود ناخالص حاصل از فروش صادراتی کنسانتره، کاتد و میزان کنسانتره مصرفی برای تولید یک تن کاتد از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ نشان داده شده است. با توجه به اینکه در سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ شرکت ملی مس، کنسانتره مس صادر نکرده است برای سود ناخالص در این دو سال از مقادیر فروش داخلی استفاده شده است. طبق نمودار در اغلب سال‌ها صادرات کاتد سوددهی بیشتری نسبت به کنسانتره داشته است.



شکل ۱۸. سود ناخالص حاصل از فروش صادراتی کنسانتره، کاتد و میزان کنسانتره مصرفی برای تولید یک تن کاتد.





## فصل چهارم: جمع‌بندی و پیشنهاد سیاستی

### ۴-۱. مقدمه

ارتقا جایگاه ایران در زنجیره ارزش جهانی و افزایش ارزش افزوده این صنعت با توسعه زنجیره ارزش مس در کشور امکان‌پذیر خواهد بود. در بحث زنجیره ارزش مس مشخص کردن این که باید در کجای زنجیره ایستاد تا نفع بیشتری برای کشور داشته باشد، کلیدی‌ترین مسئله است. از این رو در این پژوهش سودآوری تولید کنسانتره و تولید کاتد مس در زنجیره مس کشور بررسی شد تا مشخص شود که برنامه صنعت مس کشور در آینده در بخش‌های مختلف باید به چه صورت باشد که علاوه بر رفع نیاز داخلی، بیشترین سوددهی حاصل از فروش صادراتی را نیز نصیب کشور کند.

### ۴-۲. تامین نیاز داخل

همانطور که پیش‌تر نیز اشاره شد میزان مصرف مس در صنایع مصرف‌کننده و سرانه مصرف مس در کشور عزیزمان ایران چندان بالا نیست و در حال حاضر میزان تولید در حلقه‌های مختلف زنجیره تولید مس، مازاد بر نیاز داخلی است به طوری که تنها کمتر از نصف کاتد تولیدی در داخل مصرف می‌شود. علاوه بر این در



محصولات نیمه ساخته نیز حدود ۴۵ هزار تن تولید مازاد بر مصرف داخلی داریم که این میزان به بازارهای بین‌المللی صادر می‌گردد. افزایش تولید صنعت مس همزمان با توسعه صنایع مصرف‌کننده مس در کشور و سوق دادن صادرات از کاتد مس به سمت محصولات با ارزش افزوده بیشتر، برای ارتقا جایگاه ایران در زنجیره ارزش جهانی مس ضروری است.

### ۳-۴. میزان سودآوری هر محصول در زنجیره

مس ماده‌ای ارزش آفرین و همراه با فرصت‌های ویژه تولیدی است. با توجه به اینکه ایران دارای ۵۴ میلیون (۶٪) از ذخایر مس جهان است، صنایع مس ایران می‌تواند نقش بارزی در بازار جهانی داشته باشد. علی‌رغم جایگاه ویژه ایران از حیث ذخایر معدنی، در زمینه تولید معدنی، کنسانتره و محصولات نیمه ساخته مس، دچار عقب‌ماندگی است و در مقیاس جهانی رتبه‌های پایین‌تری دارد. با توجه به روند افزایشی قیمت کاتد مس و تعرفه‌های ذوب و پالایش پیش‌بینی می‌شود در سال‌های آتی واحدهای ذوب و پالایش سودآوری بیشتری داشته باشند. به عبارت دیگر کاتدسازی در مقایسه با کنسانتره مس سود و ارزآوری بیشتری را نصیب کشور خواهد کرد. مطابق نمودار ۱۹ از سال ۱۴۰۰ اختلاف سود ناخالص حاصل از فروش کاتد و فروش کنسانتره معادل مصرف شده برای تولید یک تن کاتد، شروع به افزایش کرده است و انتظار می‌رود در سال‌های آینده این اختلاف بیشتر شود. در نتیجه برای سال‌های آتی صنعت مس ایران باید توسعه و افزایش بهره‌وری واحدهای ذوب و پالایش را در دستور کار قرار دهد تا با تبدیل کل کنسانتره تولیدی به کاتد و صادرات کاتد سود بیشتری را نصیب کشور کند. در صورت افزایش تولید کاتد، درآمد حاصل از آن را می‌توان برای توسعه و افزایش بهره‌وری حلقه‌های دیگر زنجیره استفاده کرد. البته شایان ذکر است که توسعه زنجیره صنعت مس کشور باید تا پایین دست و محصولات نهایی با ارزش افزوده بیشتر ادامه یابد و در این صورت است که صنعت مس کشور به جایگاه واقعی خود خواهد رسید.

## منابع

۱. سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، «مطالعات تدوین طرح جامع مس کشور»، تیرماه ۱۴۰۱.
۲. شرکت ملی صنایع مس ایران، [./https://www.nicico.com](https://www.nicico.com).
۳. سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران [./https://irica.ir](https://irica.ir).
۴. کدال، سامانه جامع اطلاع‌رسانی ناشران، [./https://codal.ir](https://codal.ir).
5. [www.USGS.com](http://www.USGS.com)
6. International Copper Study Group, “The World Copper Factbook 2023” [www.icsg.org](http://www.icsg.org).



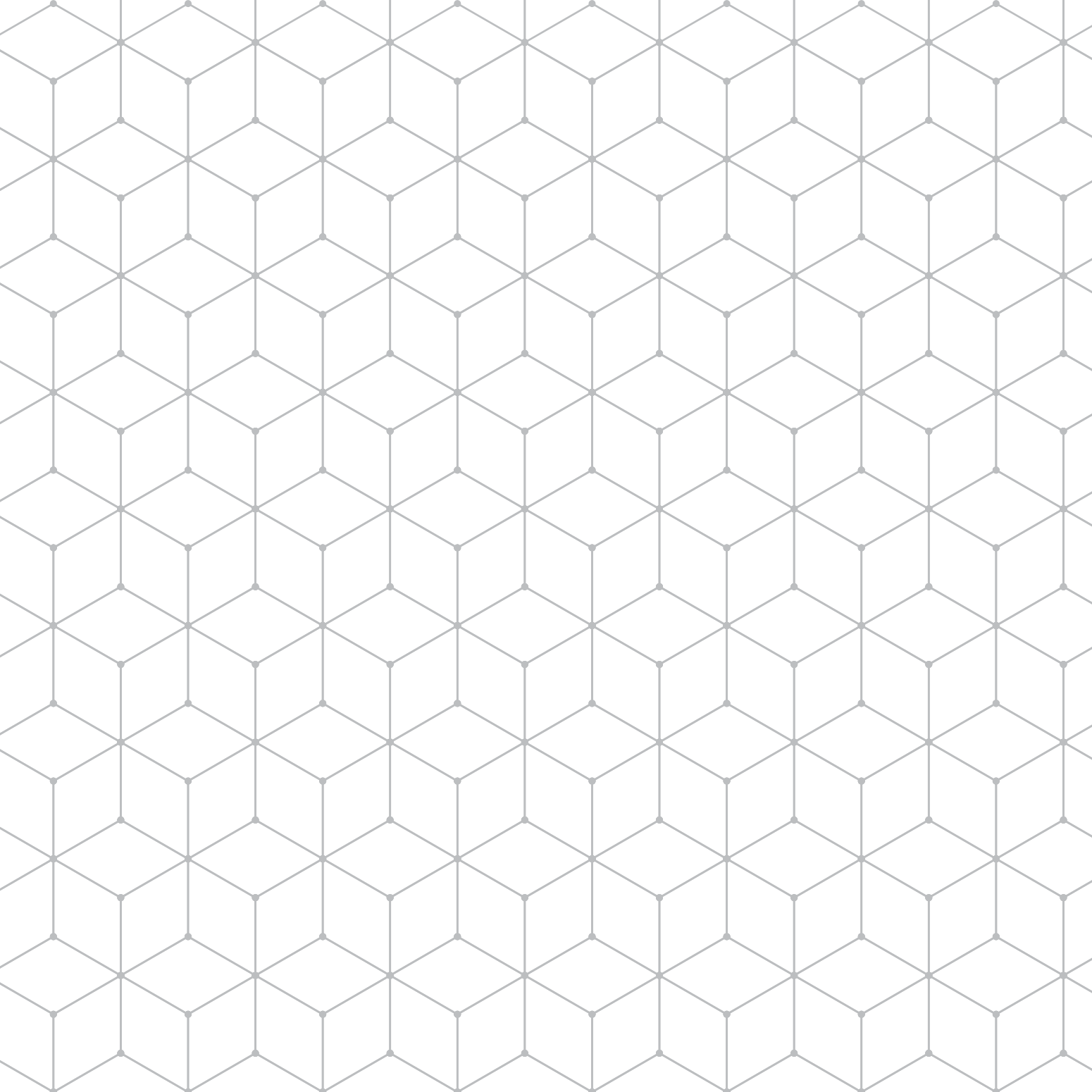
## نویسندگان

### ◆ زینب عباسعلی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالوژی، پژوهشگر، پژوهشکده مطالعات فناوری.

(ze.abasali@gmail.com).







## سیاست نامه

انجام پژوهش های اصیل، چندرشته ای و کاربرست محور برای کمک به شناخت، تحلیل و پاسخ مؤثر و فعالانه به مسائل و فرصت های پیشرفت جمهوری اسلامی ایران در حوزه فناوری و نوآوری، مأموریت پژوهشکده مطالعات فناوری است. انتقال یافته های پژوهش به فضای تصمیم سازی، تصمیم گیری و اجرا، لازمه ی پژوهش های کاربرست محور است. «سیاست نامه» بستری برای ترجمان دانش و پلی میان پژوهش و سیاست گذاری است که پس از بیان مسئله و بررسی ریشه ها و پیامدهای آن، با بهره گیری از تجربیات داخلی و بین المللی و با مطالعه نظام مند موضوع و کنشگران مسئله، مجموعه ای از سیاست ها و راه حل ها را پیشنهاد می دهد.

