



وزارت صنعت، معدن، تجارت

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

**عنوان:**

**گزارش وضعیت کائولن در ایران و جهان**

**مجری طرح:**

امید اردبیلی

**تهیه کننده:**

طاهره مجیدی، ملیحه سادات فاضلی

آمارهای منتشر شده حاکی از این است که تولیدات صنعتی جهانی در کشورهای در حال توسعه و نوظهور همچنان با سرعت بیشتری نسبت به کشورهای توسعه یافته صنعتی در حال افزایش است. این موضوع به همراه تقاضا برای فلزات و مواد معدنی در آینده‌ای کم‌کربن جهان، جایگاه رو به رشدی برای تقاضای مواد معدنی ترسیم می‌نماید که بر این اساس، آلومینیوم، مس، سرب، لیتیوم، منگنز، نیکل، نقره، فولاد، روی و عناصر نادر خاکی مانند ایندیوم، مولیبدن و نئودیمیم انواع مواد معدنی و فلزاتی هستند که با رشد انرژی‌های پاک، کاربرد بیشتری پیدا خواهند کرد. در این راستا، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور طی سال ۱۳۹۸، ۲۴ عنصر یا کانی استراتژیک و مهم را مورد مطالعه و بررسی قرار داده که گزارش حاضر به بررسی کائولن می‌پردازد.

**اردیبهشت ماه ۱۳۹۸**

## فهرست

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- زمین شناسی ..... ۱
  - ۱-۲- کانی های مهم ..... ۱
  - ۲-۲- ژنز ..... ۳
- ۳- تولید ..... ۴
- ۴- موارد استفاده ..... ۶
- ۵- تجارت ..... ۷
- ۶- وضعیت اقتصادی در ایران ..... ۸
  - ۱-۶- ارزش تولیدات کائولن ..... ۸
  - ۲-۶- ارزش افزوده کائولن ..... ۹
  - ۳-۶- اشتغال معادن کائولن ..... ۱۰
  - ۴-۶- بهره وری کائولن ..... ۱۰
- ۷- نقشه پراکندگی عنصر در ایران ..... ۱۱
- منابع ..... ۱۱

## ۱- مقدمه

واژه کائولن از زبان چینی گرفته شده است. این اصطلاح نام تپه ای در چین بوده است که از آن خاک کائولن استخراج می شده است. کانی های گروه کائولین عبارتند از: کائولینیت، دیکیت، ناکریت و هالوزیت. کائولینیت فراوانترین کانی این گروه است.

کائولن یا خاک چینی به رنگ سفید بیشترین کاربرد را در تولید چینی و سرامیک دارد. کائولن از مجموعه کانیهای رسی بوده و فرمول شیمیایی آن  $H_4Al_2Si_2O_9$  می باشد.

## ۲- زمین شناسی

### ۲-۱- کانی های مهم

#### کائولینیت *Kaolinit* :

کائولن با نام کانی شناسی کائولینیت با فرمول شیمیایی  $(OH)_8 (Si_4O_{10}) Al_4$  در سیستم تری کلینیک و سختی حدود ۲-۱/۵، دارای ۳۹/۵ در صد  $Al_2O_3$  بوده و وزن مخصوص ۲/۶ - ۱۲/۱ است. رنگ آن سفید مایل به زرد و گاهی هم کمی سبز یا آبی رنگ بوده و طعم خاک دارد و به صورت مرطوب، بوی شدید خاک می دهد. این کانی اغلب دارای پلاستیسیتته بوده و عملاً در آب، اسیدهای سرد و رقیق، اسید کلریدریک و اسید سولفوریک گرم و غلیظ و هیدروکسیدهای قلیایی نامحلول حل می شود.

اغلب ذخایر کائولینی در اثر هوازدگی و تجزیه سنگهای ولکانیکی حاوی سیلیکات آلومینیوم بوجود می آیند. سنگهای گرانیتی، گنایس ها، کوارتز، پورفیری ها و همچنین رسوبات حاوی فلدسپاتها، میکا و زئولیت جهت ایجاد کائولینیت مناسب می باشند که در اثر هوازدگی و تجزیه شیمیائی مواد قلیائی و مقداری از  $SO_2$  خارج شده و کوارتز و سایر کانی های همراه بصورت ترکیب باقی می مانند.

کائولن ممکن است نتیجه آلتراسیون هیدروترمال باشد. در این صورت، محلول هیدروترمال سردتر از ۳۰۰ درجه سانتی گراد در داخل سنگهای با فلدسپات بالا، سبب شستن یونهای  $Ca^{++}, K^+, Na^+$  و سایر کاتیون ها و رسوب آنها با  $H^+$  بیشتر می شود.

اغلب این گونه ذخایر در ارتباط با سیستم متئوریک هیدروترمال، که حرارت از سنگهای ولکانیکی مشتق می شود، می باشند. ذخایر بزرگی از کائولینیت در منطقه CORNWALL انگلستان در خارجی ترین قسمتهای سیستم هیدروترمالی، مرتبط با باتولیت های گرانیتی وجود دارند که به عمق چندین کیلومتر تشکیل شده اند.

کائولینیت در مقایسه با ناکریت - دیکیت از نظم کمتری برخوردار است و به همین دلیل اندازه بلور و ذرات اندازه بلور و ذرات هالوزیت در مقایسه با بقیه کوچکتر است .

کائولینیت در زون های هوازده و آلتراسیون سنگ های آذرین و دگرگونی به ویژه فلدسپارها تشکیل می شود .

#### رس توپی:

رس توپی یک نوع سنگ رسوبی است که حاوی کائولینیت و مقدار جزئی ایلیت، کلریت، کوارتز و مونتموریونیت است. ذرات کائولینیت در رس توپی در مقایسه با سایر منابع رس دار کوچکتر است. مقدار کائولینیت رس توپی ۲۰ تا ۹۵ درصد، کوارتز آن ۱۰ تا ۷۰ درصد و ایلیت و کلریت آن ۵ تا ۴۵ درصد است. مواد آلی، مونتموریونیت، ترکیبات آهن، اکسید تیتان و نمکهای محلول از جمله ناخالصیهای رس توپی هستند. رس توپی بیشتر همراه با لایه های زغال دار است و از آن جا که ذرات ریز کانی های رسی را به همراه دارد، خاصیت شکل پذیری آن بسیار خوب است. رنگ رس توپی قهوه ای مایل به سیاه است و مصارف آن عبارتند از: سرامیکهای بهداشتی، چینی های الکتریکی، انواع کاشی ها، ظروف غذاخوری، صنایع دستی و دیرگذاها.

#### هالوزیت:

هالوزیت نوعی کائولین است که به دو حالت آب دار و بدون آب یافت می شود و ترکیب نوع آب دار آن مشابه بقیه است و تنها دو مولکول اضافی آب دارد ( $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 4H_2O$ ).

تشخیص هالوزیت به کمک پراش اشعه ایکس امکان پذیر است. هالوزیت بیشتر در زونهای آلتراسیون و بندرت در زونهای هوازده ساپرولیت یافت می گردد. عمده مصارف آن در تهیه سیمان پورتلند و تهیه نسوزها و سرامیک است.

#### دیکیت:

دیکیت نوعی کائولین است که در سیستم مونوکلینیک متبلور می شود و عمدتاً در زون های آلتراسیون تشکیل می شود .

#### ناکریت :

ناکریت نوعی کائولین است که در سیستم مونوکلینیک متبلور می شود. نحوه قرار گیری ورقه های کائولینیت در ناکریت منظم است و بر همین اساس بلورهای آنها بزرگترند و به سمت هالوزیت کاملاً بی نظم است (ناکریت - دیکیت - کائولینیت - هالوزیت). ناکریت کمیاب بوده و در زون های آلتراسیون تشکیل می شود.

### خاک رس آتسخوار:

بیشتر خاک رس آتسخوار از کائولینیت تشکیل گردیده، کائولین در آن به خوبی متبلور می شد و نظم مطلوبی در شبکه آن وجود دارد. خاک رس آتسخوار، علاوه بر کائولین حاوی اکسید و هیدروکسیدهای آلومینیوم نیز هست. هر نوع خاکی که دمای بیش از ۱۵۰۰ درجه سانتی گراد را تحمل کند و میزان  $Al_2O_3$  موجود در آن قابل توجه باشد، به خاک رس آتسخوار معروف است. خاک رس آتسخوار به انواع شکل پذیر، نیمه شکل پذیر و بی شکل تقسیم می گردد. خاک رس آتسخوار، بیشتر در افقهای پایین لایه های زغال دار پیدا می شود. مصرف عمده این خاک در تهیه آجرهای آتسخوار است که به شاموت معروفند. دیگر مصارف آن در ساخت قطعات کوره ها، دیگهای گرمایی و کاشی های نسوز است.

## ۲-۲- ژنر

کائولینیت در زون های هوازده و آلتراسیون سنگ های آذرین و دگرگونی به ویژه فلدسپارها تشکیل می شود. ذخایر کائولن به انواع زیر تقسیم می شوند: ذخایر هوازده، ذخایر گرمایی، ذخایر حمل شده، ذخایر دیاژنزی.

### ذخایر هوازده:

سنگهای غنی از آلومینیوم نظیر شیلها، آركوزهای غنی از الكالی فلدسپات، آذرین فلدسپاتوئیددار (نفلین سینیت)، بازالت کالک آلکالن و آلکالن، گرانیتهای فوق آلومینیوم و ... در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب در سطح زمین تحت تأثیر هوازده شیمیایی واقع شده و تغییرات زیادی در ترکیب شیمیایی و کانی شناختی آنها ایجاد می شود. آب کافی و دمای مناسب موجب رویش گیاهان شده و در نتیجه PH آب کاهش می یابد. پایداری کانیهای متشکله سنگها متفاوت بوده و نوع تغییرات آنها نیز یکسان نیست.

عوامل مهم و مؤثر در تشکیل ذخایر کائولین هوازده عبارتند از:

آب و هوای گرم و مرطوب، کاهش PH آب، سنگ مادر غنی از آلومینیوم، بالا بودن خلل و فرج و درزه و شکستگی در سنگ، پایین بودن سطح آبهای زیرزمینی، زمان کافی، بالا بودن میزان آبی که در سنگ جریان داشته است و شست و شو و حمل کاتیونها.

در شرایط مناسب یاد شده اکثر کانیهای سنگ به استثنای کوارتز تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی واقع شده و به ترکیبات دیگر تغییر می کنند. در صورتی که تمامی KOH شسته شود، کائولینیت تشکیل خواهد شد (پایین بودن سطح آبهای زیر زمینی موجب شست و شوی کامل بیشتر کاتیونها می شود). اگر سطح آب زیرزمینی بالا باشد تمامی K, Na, Ca شسته نخواهد شد و در این حالت ایلیت و اسمکتیت تشکیل می شود.

### ذخایر گرمابی:

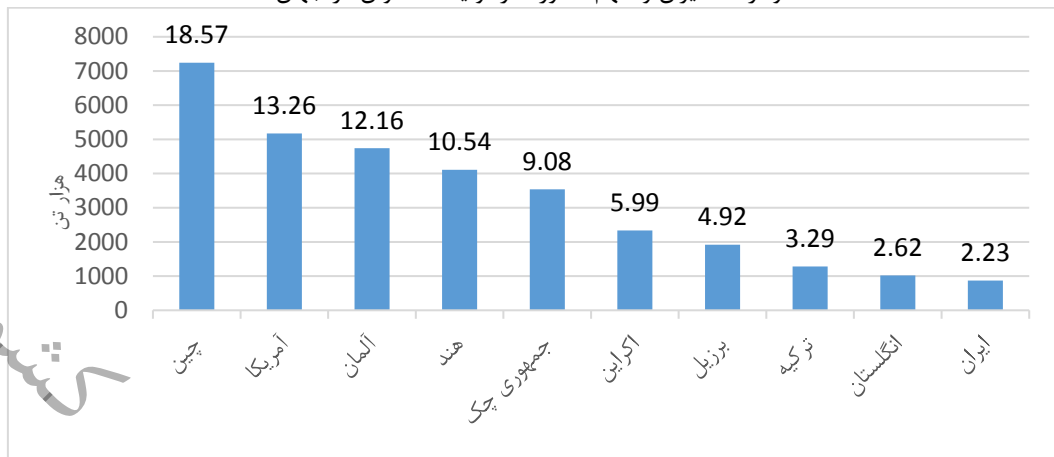
از تأثیر محلولهای گرمابی (که PH آنها اسیدی است) بر سنگهای حاوی کانیهای آلومین سیلیکات (نظیر فلدسپاتها، فلدسپاتوئیدها، میکاها و...) در شرایط مناسب کائولینیت تشکیل می شود. ذخایر کائولینیت گرمابی غالباً در زون های گسلی قرار دارند، مگر در کانسارهای پورفیری (نوع قلع-مولیبدن و تنگستن) که منطقه گسترده ای را شامل می شوند. کائولینیت بخشی از زونهای آلتراسیون کانسارهای گرمابی را تشکیل می دهد.

در اکتشاف کانسارهای گرمابی Au, Ag, Sb, As, Hg, F زون کائولینیت راهنمای مناسبی برای تعیین موقعیت این ذخایر محسوب می شود.

### ۳- تولید

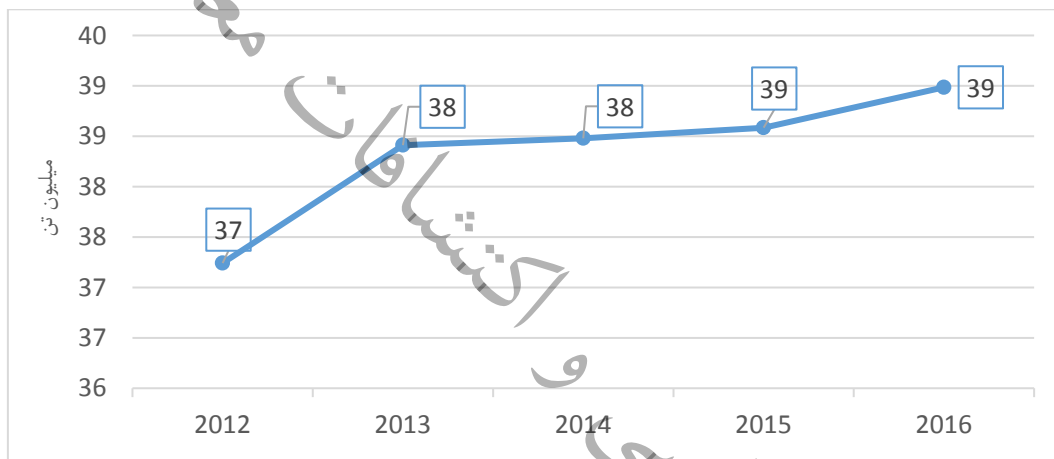
بر اساس آخرین آمار رسمی منتشر شده در سال ۲۰۱۶، حدود ۳۹ میلیون تن کائولن در جهان تولید شده است و بزرگترین تولیدکنندگان کائولن در جهان کشورهای چین و آمریکا بوده اند. کشور چین با تولید ۷/۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۶ رتبه اول تولیدکنندگان را در اختیار دارد و کشورهای آمریکا و آلمان به ترتیب با ۵/۱ و ۴/۷ میلیون تن تولید (معادل با ۱۳ و ۱۲ درصد) در جایگاه دوم و سوم قرار گرفته اند. کشور ایران در این سال با تولیدی معادل ۸۶۸ هزار تن، سهم ۲/۲ درصدی و رتبه دهم در تولید کائولن در جهان را به خود اختصاص داده است.

نمودار ۱- میزان و سهم کشورها از تولیدات کائولن در جهان



(WMD, ۲۰۱۸)

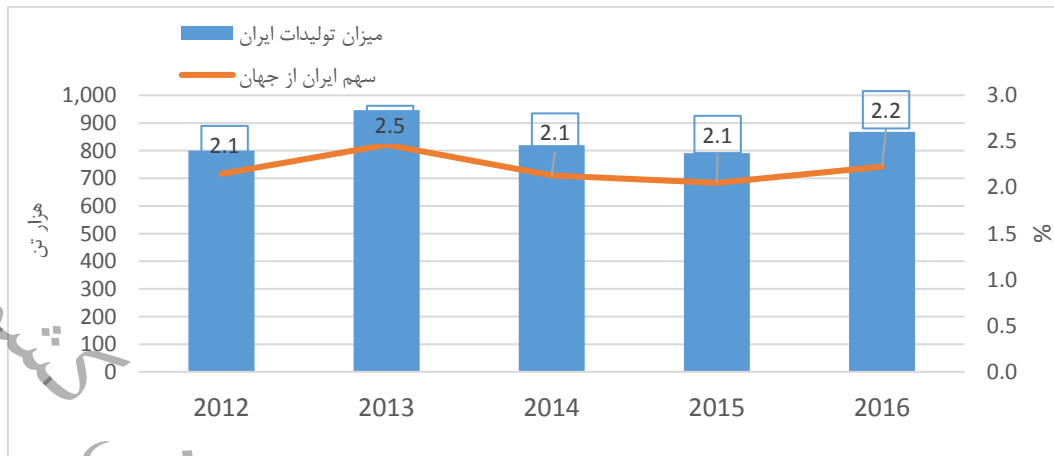
نمودار ۲- روند تولید کائولن در جهان



(WMD, ۲۰۱۸)

تولید کائولن در جهان در دوره مورد بررسی (۲۰۱۲-۲۰۱۶) از ۳۷ میلیون تن در ابتدای دوره به ۳۹ میلیون تن در انتهای آن رسیده است. روند تولید این ماده معدنی در جهان از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ سیر صعودی داشته است. اما سهم تولیدات ایران از جهان روند دیگری را نشان می دهد به طوری سهم ایران از تولیدات کائولن در جهان نیز متغیر بوده و در سال ۲۰۱۳ روند افزایشی داشته اما پس از آن روند نزولی داشته است و این مطابق با میزان تولیدات کشور است. سهم ایران از تولیدات جهانی کائولن در ابتدا و انتهای دوره به ترتیب ۲/۱ و ۲/۲ درصد بوده است و در سال ۲۰۱۳ به بیشترین مقدار خود معادل ۲/۵ درصد رسیده است.

نمودار ۳- روند تولید کائولن در ایران و سهم از تولیدات جهان



(WMD, ۲۰۱۸)

#### ۴- موارد استفاده

خواص ذیل در کائولن باعث شده است که این کانی مصارف بسیاری داشته باشد: ۱- از نظر شیمیایی در گستره وسیعی از تغییرات pH بدون تغییر باقی می ماند. ۲- داشتن رنگ سفید که آن را به صورت ماده رنگی قابل استفاده می سازد. ۳- دارا بودن خاصیت پوششی بسیار خوب. ۴- نرمی و غیر سایشی بودن آن و ۵- قابلیت اندک هدایت جریان الکتریسیته و گرما. ارزانی قیمت آن .

۱- رنگدانه

۲- سرامیک سازی

۳- داروسازی

۴- صنعت کاغذ

۵- با کاربری پرکننده

۶- پوشاننده ها

۷- به عنوان نسوز

۸- فایبر گلاس

۹- مواد آرایشی

۱۰- همچنین از کائولن در صنعت پلاستیک ، دارویی (مانند تهیه داروهای ضد اسهال) ، حشره کش ها، کودهای

شیمیایی، جذب کننده ها، مواد پاک کننده و مواد غذایی استفاده می شود .



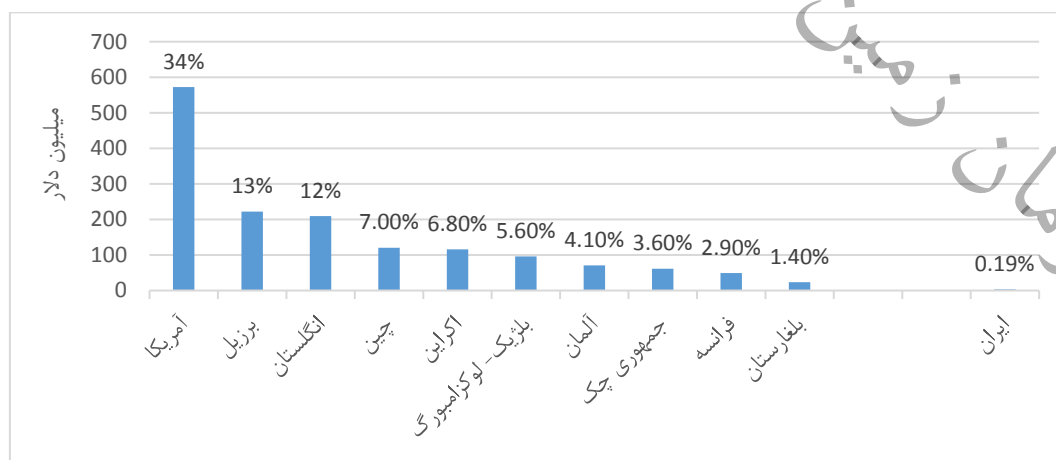
**بازیافت:**

بازیافت روزافزون کاغذ بیش از هر چیز در بازار خمیره کاغذ موثر است تا در بازار انواع کانی‌های پرکننده یا پوشاننده. بعلاوه بیشتر کاغذ بازیافت شده در چاپ روزنامه مصرف شده که هرچند کم به کاتولن نیازمند است. بعد از بازیافت کاغذ، هرکانی پرکننده آن یا رنگدانه پوششی به صورت یک مایع مخلوط جدا شده که در حال حاضر دفع می‌شود. بنابراین در حال حاضر چنین کاغذی وقتی بازیافت می‌شود برای کاربردهای مجدد به کاتولن تازه محتاج است. فایبرگلاس به مقدار کمی بازیافت می‌شود. سفال‌های شکسته در موارد محدودی مصرف می‌شوند و نسوزها برای چند مرتبه بازیافت می‌شوند که در استفاده مجدد، ساخت نسوزهای رسی در نظر نیست.

**۵- تجارت**

تولید کنندگان اصلی کاتولن تصفیه شده آمریکا، برزیل، انگلیس، چین و اکراین هستند، چند صادرکننده اصلی بازار انواع کاتولن با کیفیت بالا را که در رنگ‌سازی، کاغذ و پلاستیک بکار می‌رود را در اختیار خود حفظ کرده‌اند. در بررسی ارزش صادرات، کشور آمریکا با صادرات ۵۷۲ میلیون دلار کاتولن (معادل با ۳۴ درصد از مجموع صادرات کاتولن در جهان)، بزرگترین صادرکننده در جهان در سال ۲۰۱۶ بوده است و پس از آن کشورهای برزیل و انگلستان به ترتیب با ۲۲۲ و ۲۰۹ میلیون دلار، با اختلاف زیاد در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. براساس آمار گمرک جهانی، ارزش صادرات کاتولن ایران در سال ۲۰۱۶، در حدود ۳ میلیون دلار بوده و از این لحاظ در رتبه ۲۵ جهان قرار گرفته است.

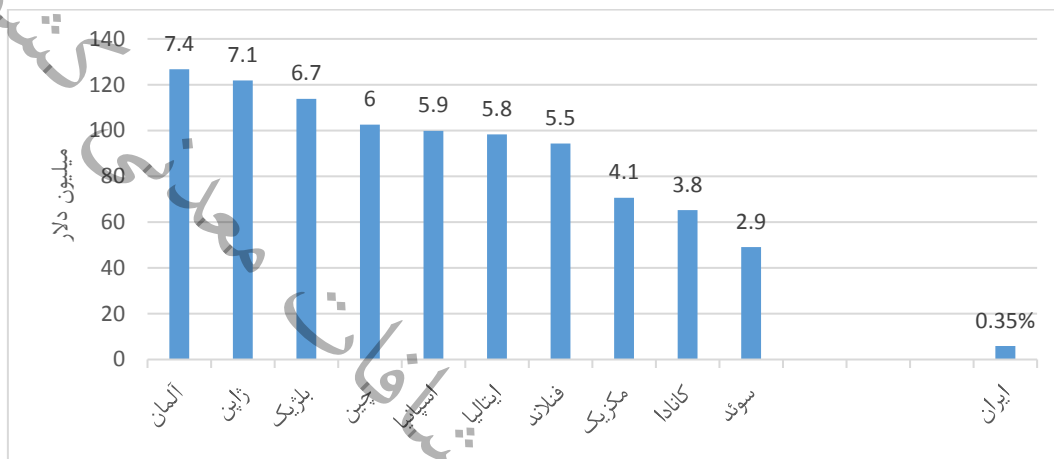
نمودار ۴- ارزش و سهم کشورها از صادرات کاتولن در جهان در سال ۲۰۱۶



(<https://atlas.media.mit.edu>)

در سال ۲۰۱۶ کشور آلمان با ارزش واردات ۱۲۶ میلیون دلار کائولن (معادل با ۷/۴ درصد از مجموع ارزش واردات کائولن در جهان)، بزرگترین واردکننده این ماده معدنی بوده و پس از آن ژاپن و بلژیک به ترتیب با ۱۲۱ و ۱۱۳ میلیون دلار، در رده های بعدی قرار داشته اند. واردات کائولن ایران در این سال در حدود ۵/۸ میلیون دلار بوده و سهم ۰/۳۵ درصدی از واردات جهان را به خود اختصاص داده و دارای رتبه ۴۴ بین کشورهای جهان می باشد.

نمودار ۵- ارزش و سهم کشورها از واردات کائولن در جهان در سال ۲۰۱۶



(<https://atlas.media.mit.edu>)

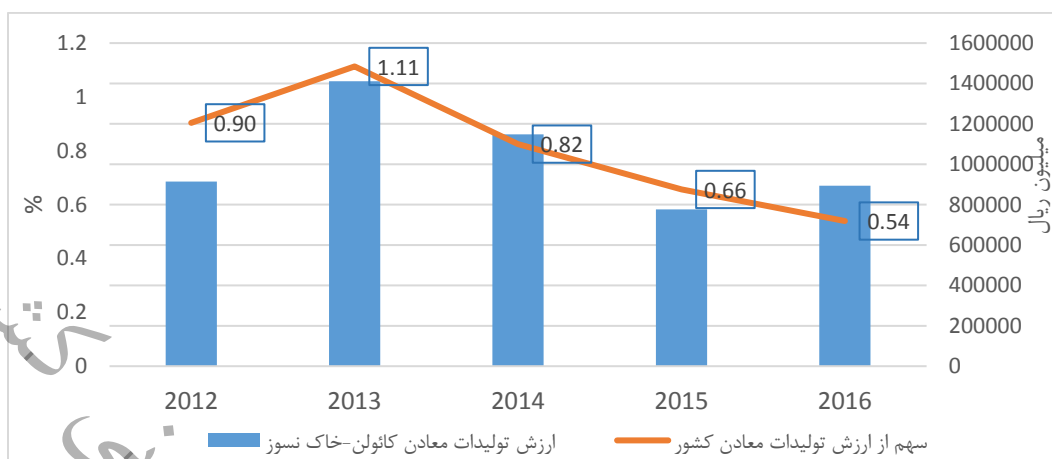
## ۶- وضعیت اقتصادی در ایران

در این بخش از اطلاعات ارائه شده در مرکز ملی آمار کشور استفاده شده است. در این مرکز اطلاعات آماری مربوط به کائولن- خاک نسوز، به صورت مجموع ارائه شده است بنابراین محاسبات و نمودارهای ذکر شده در این بخش به صورت مجموع ارائه خواهد شد.

### ۱-۶- ارزش تولیدات کائولن

روند ارزش تولیدات کائولن- خاک نسوز، در ایران در سالهای اخیر روند کاهشی داشته و از ۹۱۵ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۲ به ۸۹۴ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۶ تنزل یافته است. این کاهش ارزش تولیدات از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ با شیب نسبتاً تندی کاهش یافته است. سهم معادن کائولن- خاک نسوز، از مجموع ارزش تولیدات معدنی در کشور نیز روند کاهشی داشته است. این سهم از ۰/۹ درصد در سال ۲۰۱۲ به ۰/۵ درصد در سال ۲۰۱۶، با نرخ رشد ۱۴- درصد کاهش یافته است.

نمودار ۶- ارزش تولید و سهم کائولن- خاک نسوز از مجموع ارزش تولیدات معدنی در کشور در بازه زمانی ۵ ساله

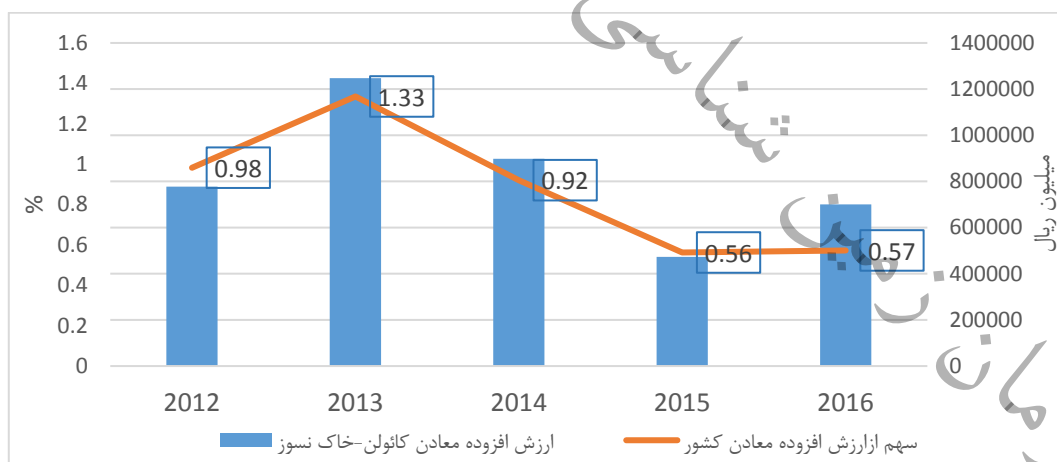


(مرکز آمار ایران، ۲۰۱۶)

## ۶-۲- ارزش افزوده کائولن

میزان ارزش افزوده معدن کائولن- خاک نسوز، از ۷۷۸ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۲ به ۷۰۰ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۶ کاهش یافته است (نرخ رشد ۳- درصد). سهم ارزش افزوده معدن کائولن- خاک نسوز از کل ارزش افزوده معدن کشور نیز روند کاهشی داشته و از ۱ درصد در سال ۲۰۱۲ به ۰/۶ درصد در سال ۲۰۱۶ تنزل یافته است.

نمودار ۷- ارزش افزوده معدن کائولن- خاک نسوز در ایران و سهم از ارزش افزوده معدن کل کشور در بازه زمانی ۵ ساله

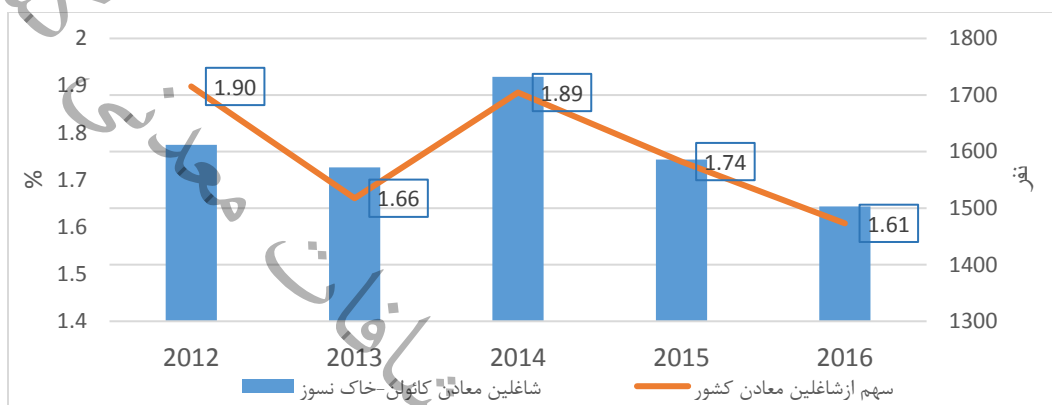


(مرکز آمار ایران، ۲۰۱۶)

### ۳-۶- اشتغال معادن کائولن

در دوره زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ میزان اشتغال معادن کائولن- خاک نسوز، در کشور نوسانات زیادی داشته و از ۱۶۱۲ نفر در سال ۲۰۱۲، به ۱۵۰۳ نفر در سال ۲۰۱۶ کاهش یافته است. سهم شاغلین معادن کائولن- خاک نسوز، در کشور نیز از ۱/۹ درصد در سال ۲۰۱۲ به ۱/۶ درصد در سال ۲۰۱۶ کاهش یافته است.

نمودار ۸- میزان و سهم اشتغال معادن کائولن- خاک نسوز در کشور در بازه زمانی ۵ ساله

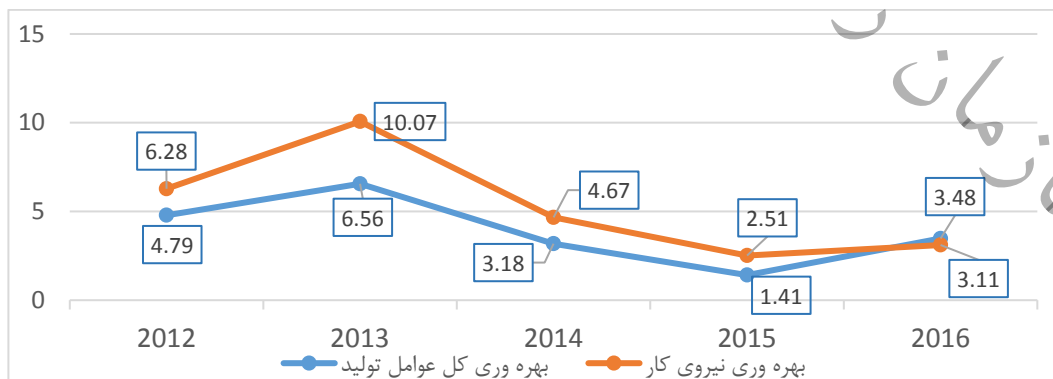


(مرکز آمار ایران، ۲۰۱۶)

### ۴-۶- بهره وری کائولن

متوسط بهره وری کل عوامل تولید (نسبت ارزش افزوده به کل هزینه ها) و متوسط بهره وری نیروی کار (نسبت ارزش افزوده به جبران خدمات) در معادن کائولن- خاک نسوز کشور در بازه زمانی ۵ ساله به ترتیب ۳/۹ و ۵/۳ محاسبه شده است. این درحالی است که این اعداد برای معادن کل کشور در این دوره به ترتیب ۵/۶ و ۸/۳ بوده است.

نمودار ۹- روند بهره وری کل عوامل تولید و نیروی کار در معادن کائولن- خاک نسوز کشور بازه زمانی ۵ ساله



(مرکز آمار ایران ۲۰۱۶)

## ۷- نقشه پراکندگی عنصر در ایران



### منابع

- عباسی، ل، گزارش مواد معدنی (کائولن)، پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور
- نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره برداری کشور، ۱۳۹۵-۱۳۹۱- مرکز آمار ایران
- Reichl, C., Schatz, M., Zsak, G., ۲۰۱۸, Mineral Production, WORLD MINING DATA, V., ۳۲
- The Observatory of Economic Complexity (<https://atlas.media.mit.edu>)