



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته  
اسفند ۱۳۸۸



عنوان:

فرآیند تولید فولاد و کک در دنیا

نویسنده:

محمد حسن جولا زاده

(مشاور عالی)

سید حمید رضا شکیبی

(مدیر اجرایی)



### مقدمه:

زغال در تولید ۲۵٪ انرژی اولیه، ۷۰٪ تولید فولاد و ۴۰٪ تولید برق جهان بکار گرفته می شود، میزان مصرف انواع انرژی اولیه در سال ۲۰۰۸، ۱۶۰۸۰ میلیون TCE بوده است که TCE ۴۷۳۰ (۲۹٪) آن را زغال تشکیل می دهد. بیشترین سهم انرژی را با ۵۵۸۹ میلیون TCE نفت تشکیل می دهد. در سال ۲۰۰۸ در سطح جهان بالغ بر ۵۸۵۰ میلیون تن زغال تولید شده است که ۸۰۰ میلیون تن آن زغال کک شو بوده است. در حالیکه میزان تولید زغال کک شوی جهان در سالهای ۱۹۸۰، ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ به ترتیب ۵۰۰، ۵۷۰، ۴۸۰ میلیون تن بوده است. زغالهای کک شو در باطریهای کک سازی جهت تولید کک بکار گرفته می شود. کک متالورژیکی تولید شده بیشتر در کوره بلندها جهت تولید چدن مذاب که مواد اصلی ورودی فولاد سازی های جهان است، بعنوان احیا و ذوب کننده بکار گرفته می شود. میزان مصرف کک بازاری هر تن چدن مذاب بطور متوسط ۵۰۰ کیلو گرم است. در واقع کک بعنوان مواد استراتژیکی صنایع فولاد به حساب می آید. میزان مصرف کک در کوره بلند به کیفیت زغال، رژیم فرآیند کک سازی، تجهیزات و شاخص فناوری کوره بلند بستگی دارد.

### تولید زغال در جهان و ایران:

در سال ۲۰۰۸ میزان تولید زغال سنگ جهان ۵۸۵۰ میلیون تن بوده است. کشور چین با ۲۷۲۰ میلیون تن زغال سنگ در رده اول جهان با ۲۷۲۰ میلیون تن زغال سنگ در رده اول جهان ایستاده است. ناحیه آمریکای شمالی و کشورهای آسیای بدون چین به ترتیب با ۱۱۰۶ و ۶۹۷ میلیون تن در رده های بعدی قرار دارند. شرکت های زغال هند، پیبری و شنها به ترتیب با تولید ۴۰۳، ۲۲۴ و ۱۸۶ میلیون تن زغال سنگ، رده های اول تا سوم جهان را از آن خود کرده اند. بیشترین رزروهای زغال جهان با ۲۳۷، ۱۶۷، ۱۲۵ میلیارد تن در نواحی آمریکای شمالی، چین و کشورهای مشترک المنافع قرار دارند. در واقع کل رزرو جهان بالغ بر ۷۱۱ میلیارد تن برآورد شده است. تجارت زغال جهان از راههای دریائی و زمینی بیش از ۹۳۰ میلیون تن بوده است که ۸۳۹ میلیون تن آن از طریق دریا صورت پذیرفته است. رشد تجارت زغال نسبت به سال ۲۰۰۷ در حدود ۲۳ میلیون تن افزایش از خود نشان داده است از ۸۳۹ میلیون تن تجارت زغال جهان ۲۰۷ میلیون تن آن زغال کک شو و بقیه (۶۰۲ میلیون تن) زغال حرارتی بوده است. بیشترین تجارت زغال از طریق راههای زمینی در بین کشورهای قزاقستان، روسیه، آمریکا و کانادا به ترتیب با ۲۴ و ۲۰/۶ میلیون تن انجام شده است. شرکت بی.اچ.بی استرالیا با ۵۵ میلیون تن تولید ذغال کک شو در رده اول جهان ایستاده است. بطور کلی ۴۳٪ زغال تولیدی جهان به نقاط دیگر جهان صادر می شود و کشورهای ژاپن، کره جنوبی و تایوان به ترتیب با ۱۸۷، ۹۶، ۶۵ میلیون تن در رأس وارد کنندگان زغال صف آرایی کرده اند. اندونزی، استرالیا و کلمبیا به ترتیب با ۱۸۷، ۱۲۲، ۹۹ میلیون تن در رأس صادر کنندگان زغال دنیا قرار دارند. کشورهای استرالیا، آمریکا و کانادا به ترتیب با ۱۳۵، ۳۵ و ۲۵ میلیون تن صادرات در رأس صادر کنندگان زغال کک شوی جهان ایستاده اند. در سال ۸۷ میزان تولید زغال ایران بالغ بر ۱/۷ میلیون تن بوده است. در چین ۲۰۰۰ واحد ذغال شویی با ظرفیت ۸۰۰ میلیون تن در سال وجود دارد. در حالی که در آمریکا ۲۶۵ واحد ذغال شویی با ظرفیت ۹۸۶ میلیون تن در سال در حال بهره برداری است. در شرایط کنونی میزان مصرف زغال در کک سازی ایران ۱/۶ میلیون تن است که جهت ایجاد مخلوط زغال مرغوب جهت کک سازی نزدیک به ۴۰٪ زغال مورد نیاز از استرالیا تأمین می شود. در شکل ۱ و ۲ به ترتیب روند تولید زغال جهان و ایران از نظر می گذرد.

### فرآیندهای تولید فولاد و سهم آنها در تولید فولاد جهان و ایران:

امروزه در جهان فولاد به سه روش تولید می شود که عبارتند از کنورتراکسیونی، کوره قوس الکتریکی و زمینس مارتین. در سال ۲۰۰۸ در جهان بالغ بر ۱۳۳۰ میلیون تن فولاد خام تولید شده است که سهم هر کدام از فرآیندها به ترتیب ۶۷، ۳۱ و ۲ درصد به ثبت رسیده است. فرآیند های کنورتراکسیونی و زمینس مارتین بر پایه کک به عبارت دیگر زغال است. در ایران در سال



## اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

۲۰۰۸ نزدیک به ۱۰ میلیون تن فولاد خام تولید شده است که سهم کوره های قوس الکتریکی و کنتورتر اکسیژنی به ترتیب ۸۰ و ۲۰ درصد برآورد شده است. بزرگترین تولیدکنندگان فولاد جهان چین، ژاپن و آمریکا هستند. میزان تولید این کشورها در سال ۲۰۰۸ به ترتیب ۵۰۲، ۱۱۸،۷ و ۹۱،۲ میلیون تن بوده است. سهم کنتورترهای اکسیژنی در تولید فولاد خام این کشورها به ترتیب ۹۰/۱، ۷۵/۲ و ۴۱/۹ درصد بوده است. در جدول ۱ میزان تولید فولاد خام کشورهای مختلف جهان مشاهده می گردد. ضمناً روند تولید فولاد خام جهان نیز در شکل ۳ به نمایش گذاشته شده است.

### فرآیندهای کک سازی و روند تولید کک در جهان و ایران:

کک اولین بار در سال ۱۷۰۹ توسط آبراهام داری با گرم کردن زغال سنگ در اتاقک های کاملاً آهنبندی شده بدون حضور هوا ابداع شده و به جای زغال سنگ در کوره بلند ها جهت تولید چدن مورد استفاده قرار گرفت. کک امروزه با دو روش با بازیافت مواد شیمیائی و بازیافت حرارت تولید می شود. میزان تولید کک جهان در سال ۲۰۰۸ بالغ بر ۵۲۹ میلیون تن بوده است که بیش از ۶۰٪ آن معادل ۲۲۷ میلیون تن در کشور چین تولید شده است. در شکل ۴ روند تولید کک در جهان و چین دیده می شود. ضمناً در جدول ۲ نیز میزان تولید کک در کشورهای مختلف جهان به نمایش درآمده است. در فرآیند بازیافت مواد شیمیائی به ازای هر تن زغال خشک ۷۵۰-۷۸۰ کیلو گرم کک، ۳۰-۴۰ کیلو گرم قطران، ۸-۱۰ کیلو گرم بنزول، ۳-۵ کیلو گرم آمونیاک و ۳۵۰-۳۰۰ متر مکعب گاز کک با ارزش حرارتی در حدود ۴۴۰۰ کیلو کالری بر متر مکعب حاصل می شود. در فرآیند بازیافت حرارت نیز بازیافت هر تن زغال خشک ۷۵۰-۷۸۰ کیلو گرم کک و بازیافت هر ۱۰۰ هزار تن کک تولیدی در سال ۸-۱۰ مگاوات برق تولید می شود. هم اکنون در آمریکا، چین و هند فرآیند بازیافت حرارت رونق یافته و با سرعت زیاد رشد می کند. واحد های ایندیانا، هاورهیل ۲۰۱، ویتوریا نمونه های بارز این کک سازی ها است. در چین نیز بیش از ۴۰ میلیون تن کک با روش بازیافت حرارت بدست می آید در ایران در حال حاضر ۳ باطری کک سازی در حال بهره برداری است که ظرفیت اسمی آنها ۱/۵ میلیون تن کک در سال است (باطری ۱ و ۲ ذوب آهن اصفهان و زرنند، باطری شماره ۳ ذوب آهن اصفهان نیز با ظرفیت ۹۰۰ هزار تن در سال در حال نصب است. کک طیس با توجه به مزایای اقتصادی، زیست محیطی و بهره برداری ساده و راحت فرآیند کک سازی بدون بازیافت را با ظرفیت ۴۵۰ هزار تن در سال انتخاب کرده و در حال نهائی کردن قرارداد است.

### مشخصات کک متالورژیکی و نقش آن در کوره بلند

جهت بهره برداری روان، بدون اختلالات و حادثه کک مصرفی باید دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و مکانیکی مشخصی را داشته باشد. در جدول ۳ این مشخصات ملاحظه می گردد. کک در کوره بلند چهار وظیفه اصلی را بر عهده دارد که عبارتند از:

- احیای سنگ آهن
- ذوب آهن
- حفظ و نگهداری ستون بار کوره
- تأمین انرژی لازم برای فولاد سازی

مشخصات مکانیکی CSR و CRI کک خیلی مهم است برای همین منظور در سالهای اخیر یکی از خواسته های مشتری اندازه گیری این خصوصیات است.

افزایش میزان گوگرد به میزان ۰/۱٪ از حد معمول منجر به افزایش مصرف کک با اندازه ۱/۸٪ افزایش مصرف آهنک به میزان ۲-۱/۲٪ و کاهش بهره برداری تولید کوره بمیزان ۲٪ می گردد تأثیر کک یک درصد افزایش خاکستر نیز به ترتیب مصرف کک و آهنک را به ترتیب ۲-۲/۵ و ۱/۸-۱/۷ درصد افزایش و بهره وری کوره را ۲/۷-۲/۵٪ کاهش می دهد جهت پائین آوردن خاکستر کک، فعال کردن زغال شوئی ها و مدرتیزه کردن آنها الزامی است. ضمناً گوگرد زغال نیز بستگی به انتخاب ترکیب مخلوط زغال دارد.





## اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

جهت کاهش مصرف کک در طول ۲۵ سال گذشته توزیع سوختهای کمکی بخصوص تزریق پودر زغال در کوره بلندها رایج شده است. ضریب جایگزینی پودر زغال به جای کک در سال ۱۳۸۸ است امروزه در کوره بلندهای کشور زاین که جمعاً ۸۶/۲ میلیون تن چدن تولید می کند بازی هر تن چدن مذاب ۱۲۵ کیلو گرم پودر زغال تزریق می شود و میزان مصرف کک به ۲۷۰ کیلو گرم بازی هر تن چدن کاهش پیدا کرده است. در شکل ۵ روند تزریق پودر زغال و مصرف کک در کوره بلند های کشور زاین مشاهده می شود. در کشور آلمان نیز میزان تزریق پودر زغال و مصرف کک بازی هر تن چدن مذاب به ترتیب ۱۰۶، ۲۶۶ کیلو گرم بازی هر تن چدن است. ضمناً تزریق مازوت نیز ۱۹ کیلو گرم می باشد.

تجارت کک در جهان و طرح های جدید کک سازی در جهان و ایران میزان تجارت کک جهان در حدود ۳۰ میلیون تن است که نصف آن را کشور چین انجام می دهد. روند صادرات و تغییر قیمت کک صادراتی کشور چین در شکل ۶ نمایش داده شده است. در سال گذشته میزان صادرات کک کشور چین ۱۲/۱۳ میلیون تن بوده است. کشور لهستان بعد از چین بیشترین کک را به میزان ۶/۵ میلیون تن صادر می کند، بزرگترین وارد کننده کک جهان یا ۴/۹ میلیون تن، کشور آلمان است. قیمت صادرات کک بر اساس عرضه و تقاضا متغیر بوده است. در شکل ۷ میزان صادرات کک کشور چین به کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۰۸ ملاحظه می گردد. در شرایط کنونی ظرفیت تولید کک سازی، جهان ۱۹۸/۶ میلیون تن افزایش یافته است که ۲۴/۴ میلیون تن خارج از کشور چین می باشد.

### نتیجه گیری و تدابیر:

با توجه به اینکه ۷۰٪ فولاد خام جهان از زغال بعد از تبدیل آن به کک بعنوان احیاء و ذوب کننده استفاده می شود و هر روز زغالهای کک شوی جهان کمتر و محدود می شود. جهت تداوم و تولید پایدار چدن و فولاد لازم است کیفیت بلند زغال در کک سازی بهینه شده مثل (با استفاده از زغال شویی ها) و در کوره بلند ها جایگزین سوختهای کمکی به جای کک صورت پذیرد که بهترین نمونه آن کشور زاین می باشد. از طرف دیگر فرآیند جدید کک سازی بدون بازیافت یا بازیافت حرارتی این فرصت را به ما می دهد که در بلند زغال از زغالهای غیر کک شوی بیشتر مخصوصاً زغال آنتراسیت استفاده نمائیم. در کشور چین هم اکنون در بلند زغال ۴۵٪ زغال آنتراسیت استفاده می شود و بیش از ۱۵٪ کک در چین با روش بازیافت حرارت بدست می آید. این فرآیند ضمن اینکه با شرایط زیست محیطی سازگار است، با توجه به طولانی بودن فرآیند کک سازی مشخصات CSR و CRI آنها نسبت به فرآیند مرسوم بهتر است.

### مراجع:

- 1-Eurocoal Market Report 1/2009
- 2-Verein Der Kohlenimporteure Aamaal Report 2009,Facts and Trends 2008/2009
- 3-Energierohstoffe 2009,Kohle
- 4-World Energy Outlook 2007, Int.Energy Agency, China and India Insight.
- 5-M.Hoek, W.Zitter and others, A supply-driven forecast for future global coal production, 2008

۶-محمد حسن جولزاده، مزایای فرآیند تولید کک به روش بازیافت حرارتی، ماهنامه فولاد ش ۱۷۶ می ۱۰-۱۳

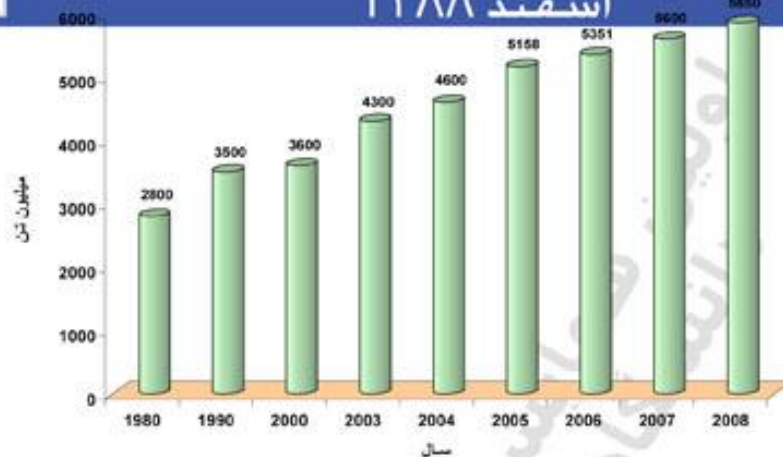


# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

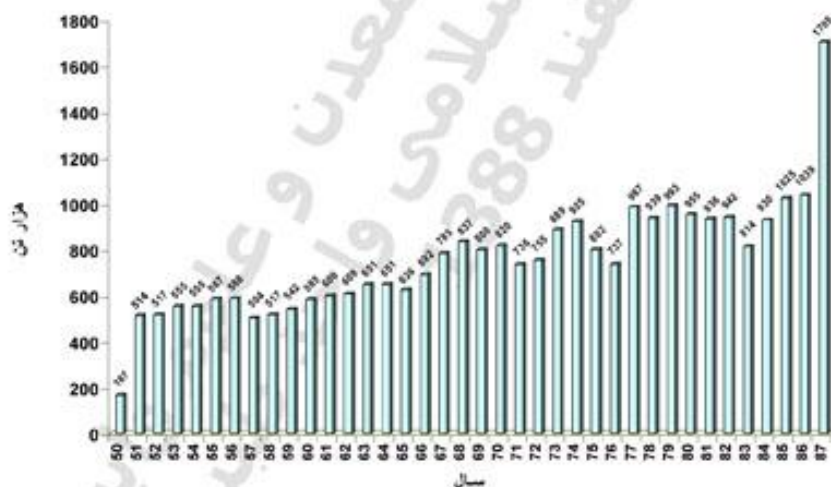


دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

## اسفند ۱۳۸۸



شکل ۱- برآورد تولید ذغال جهان در سال های اخیر



شکل ۲- برآورد تولید ذغال در ایران

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش  
تلفن: ۰۳۵۳-۴۲۳۶۱۲۹-۳۲، دورنگار: ۰۳۵۳-۴۲۳۶۱۲۳  
وب سایت همایش: [www.hamayesh-tabas.ir](http://www.hamayesh-tabas.ir)



# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

جدول ۱- میزان تولید فولاد خام کشورهای مختلف جهان و رده بندی آن ها در سال ۲۰۰۸

## اسفند ۱۳۸۸



ردیف	کشور	تولید	ردیف	کشور	تولید
1	چین	502	25	مالتی	6.8
2	ژاپن	118.7	26	چک	6.4
3	آمریکا	91.5	27	مصر	6.2
4	روسیه	88.5	28	آرژانتین	5.5
5	هند	55.1	29	تایلند	5.5
6	کره جنوبی	53.5	30	سوئد	5.2
7	آلمان	45.8	31	رومانی	5.1
8	اکراین	37.1	32	عربستان	4.7
9	برزیل	33.7	33	اسلواکی	4.5
10	ایتالیا	30.5	34	فنلاند	4.4
11	ترکیه	26.4	35	فرانسه	4.3
12	تایوان	20.2	36	ونزوئلا	4.2
13	اسپانیا	19	37	اندونزی	4
14	فرانسه	17.9	38	لوکزامبورگ	2.6
15	مکزیک	17.8	39	روسیه سفید	2.6
16	کانادا	15.1	40	یونان	2.5
17	انگلستان	13.5	41	نپال	2.1
18	بلژیک	10.9	42	ویتنام	2
19	ایران	10	43	عربستان	1.7
20	لهستان	9.7	44	شیلی	1.6
21	آفریقای جنوبی	8.6	46	قطر	1.4
22	اتریش	7.6		دیگر کشورها	19.1
23	استرالیا	7.6		کل جهان	1329.7
24	هند	6.9			

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش  
 تلفن: ۰۳۵۲-۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۲) درونگاز: ۴۲۳۶۱۲۳ (۰۳۵۲)  
 وب سایت همایش: [www.hamayesh-tabas.ir](http://www.hamayesh-tabas.ir)

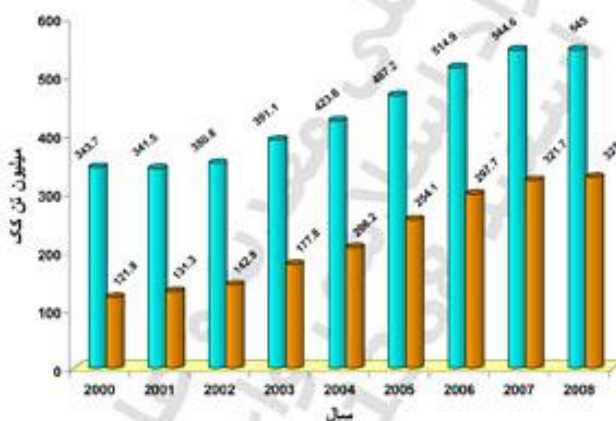


# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸



شکل ۳- روند تولید فولاد خام جهان



شکل ۴- روند تولید کک در جهان و چین در سال های اخیر



# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

جدول ۲- میزان تولید کک در کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۰۸ (میلیون تن)

## اسفند ۱۳۸۸



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

کشور	میلیون تن	کشور	میلیون تن
چین	۳۲۷۰۰۰	فرانسه	۲۰۰۲۰
ژاپن	۳۸۲۰۰	بلژیک	۱۹۸۳
روسیه	۳۰۳۵۹	مکزیک	۱۹۶۷
هند	۲۱۰۴۰	اسلواکی	۱۷۴۵
اوکراین	۱۸۴۹۳	کلمبیا	۱۵۱۵
آمریکا	۱۲۲۲۱	مصر	۱۴۰۰
کره جنوبی	۱۰۶۱۴	اتریش	۱۳۶۰
لهستان	۹۸۳۲	سوئد	۱۱۷۶
برزیل	۹۳۲۹	رومانی	۱۰۰۱۷
آلمان	۸۲۶۰	مجارستان	۰۹۹۰
ایتالیا	۶۲۵۵	آرژانتین	۰۹۰۰
فرانسه	۶۲۲۲	ایران	۰۸۷۰
انگلستان	۶۱۶۶	فنلاند	۰۸۶۰
ژاپن	۶۰۱۰	بوسنی	۰۸۱۶
ترکیه	۳۶۰۰	شیلی	۰۴۸۳
جمهوری چک	۳۲۰۶	الجزایر	۰۴۲۳
استرالیا	۳۱۶۱	بلغارستان	۰۳۰۰
آفریقای جنوبی	۲۶۲۵	پاکستان	۰۳۰۰
کانادا	۲۸۲۴	ویتنام	۰۴۰۰
اسپانیا	۲۴۰۰	زیمبابوه	۰۱۵۰
هند	۲۱۶۶		
جمع کل	۵۴۵۰۲۶	میلیون تن	



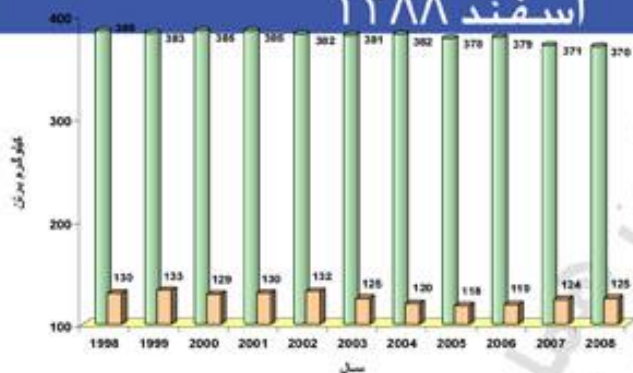


# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

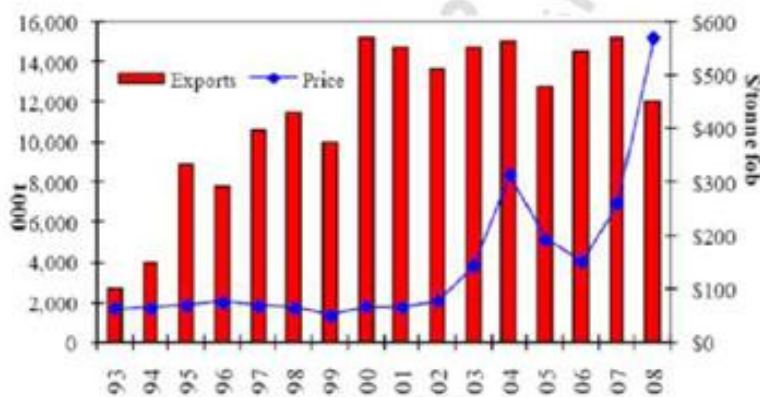


دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

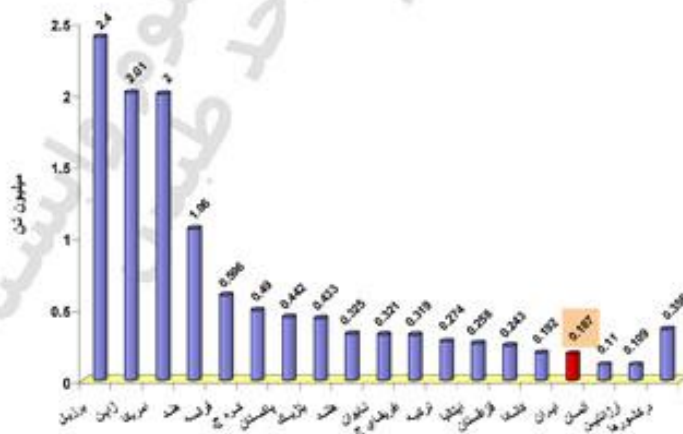
## اسفند ۱۳۸۸



شکل - ۵: روند تزریق بودجه زغال و مصرف کک در کوره بلند های کشور زاین



شکل - ۶: روند صادرات و تغییر قیمت کک صادراتی کشور



چین

شکل ۷: میزان صادرات کک چینی به کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۰۸  
استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش  
تلفن: ۰۳۵۳-۴۲۳۶۱۲۹-۳۲ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۲۳ (۰۳۵۳)  
وب سایت همایش: [www.hamayesh-tabas.ir](http://www.hamayesh-tabas.ir)