

تجزیه و تحلیل داده ها:

در این بخش سعی شده است با توجه به مطالب فصول گذشته و داده های حاصل از نمونه گیری و مشاهدات صحرائی و مقایسه این نتایج با کارخانه های بزرگ سیمان کشور، کاربرد آهکها، مارن ها و رس های این استان در صنعت سیمان کشور و استعداد یا عدم استعداد منابع این استان جهت احداث کارخانه سیمان را مشخص نمائیم و در نهایت با ارائه نقشه نقاط امید بخش، راه را برای اکتشافات دقیق تر بعدی در این استان هموار سازیم. در ابتدا لازم است مختصری به تولید سیمان و صنایع سیمان کشور پرداخته شود:

۱- کارخانه سیمان ری:

این کارخانه حاشیه جنوب شرقی تهران و در دامنه شمال شرقی کوه بی بی شهربانو قرار گرفته است ظرفیت رسمی آن ۶۰۰ تن کلینکر در روز می باشد. مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شود عبارتند از سنگ آهک های کرتاسه به نسبت ۷۵ تا ۸۵ درصد و خاک رس دشت که به نسبت ۱۵ تا ۲۵ درصد مصرف می شوند این مواد اولیه تا محل کارخانه ۱ تا ۳ کیلومتری فاصله دارند.

ترکیب شیمیائی مواد اولیه مورد مصرف در این کارخانه بصورت زیر است:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	L.O.I
آهک	1.84	1.96	1.71	51.76	-	2.06	40.34
رس	51.6	13.05	7.56	12	-	4	

کلینکر تولید شده در این کارخانه دارای ترکیب شیمیائی زیر است:

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
20.18	3.67	5.91	65.96	2.27	1.7

جهت تهیه سیمان در این کارخانه ۳ تا ۵ درصد گچ به پودر کلینکر اضافه می شود.

۲- کارخانه سیمان تهران :

این کارخانه نیز در حاشیه جنوب شرق تهران و در دامنه جنوب شرقی کوه بی بی شهربانو واقع است ظرفیت رسمی آن ۷۳۰۰ تن کلینکر در روز است.

مواد اولیه مورد مصرف در این کارخانه سنگ آهک و خاک رس می باشد. سنگ آهک های آن مربوط به آهکهای تریاس در کوه بی بی شهربانو و آهکهای کرتاسه در کوه های مسگر آباد است. باتوجه به ترکیب شیمیائی سنگ آهک مقداری رس (از صفر تا ده درصد) جهت تهیه مخلوط مواد خام با سنگ آهک مخلوط می شود. فواصل معادن مختلف سنگ آهک که تأمین کننده سنگ آهک مورد نیاز کارخانه می باشند نسبت به محل کارخانه بین ۲ تا ۱۰ کیلومتر است. خاک رس از فاصله ۲ کیلومتری کارخانه تأمین می شود. دو نوع کلینکر در این کارخانه تولید می شود که دارای مشخصات شیمیائی زیر می باشند:

- جهت تهیه سیمان در این کارخانه برحسب نوع سیمان بین ۳ تا ۵ درصد گچ به پودر و

کلینکر اضافه می شود که گچ مورد نیاز از ۷۵ کیلومتری کارخانه تأمین می گردد.

۳- کارخانه سیمان شمال:

این کارخانه در کیلومتری ۳۶ جاده تهران آبعلی و جنب قریه باغکمیش واقع است و دارای سه کوره تهیه کلینکر می باشد و یکی از کوره ها به ظرفیت ۲۲۰۰ تن کلینکر خاکستری و دو کوره دیگر به ظرفیت ۶۰ تنی و ۲۰۰ تنی کلینکر سفید تولید می کنند.

مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شوند عبارتند از: سنگ آهکهای سفید و خاکستری مربوط به ژوراسیک، خاک رس، کائولن، سنگ آهن و سیلیس. برای تولید کلینکر سفید ۸۰ درصد سنگ آهک سفید و ۱۵ درصد کائولن و ۵ درصد سنگ سیلیس مصرف می شود. برای تهیه کلینکر خاکستری ۷۴ درصد سنگ آهک خاکستری و ۲۵ درصد خاک رس و ۱ درصد سنگ آهن مصرف می شود. ذخایر سنگ آهک مورد مصرف کارخانه در فاصله ۱/۵ کیلومتری محل کارخانه قرار دارند. سیلیس مورد مصرف این کارخانه از دو معدن سیلیس مبارک آباد، واقع در ۲۶ کیلومتری و سیلیس شارژ سیمان تهران، واقع در ۶۰ کیلومتری کارخانه تأمین می گردد. کائولن از معدن زاویه در ۷۰ کیلومتری کارخانه و سنگ آهن مورد نیاز، از سمنان در ۳۰۰ کیلومتری به کارخانه حمل می شود.

ذیلاً مشخصات شیمیائی مواد اولیه مصرف کارخانه سیمان شمال ارائه می گردد:

جدول مشخصات شیمیائی مواد اولیه مصرفی کارخانه سیمان شمال

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
22.38	4.87	3.11	63.66	3.17	0.29	0.75	0.14
22.86	3.57	5.35	62.20	3.31	0.30	0.50	0.12

کلینکرهای تولید شده در این کارخانه دارای مشخصات شیمیائی زیر می باشند:

جدول مشخصات شیمیائی کلینکرهای تولید شده در کارخانه سیمان شمال

SiO ₂	SO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	LOI	Total
26.48	-	3.79	0.45	68.68	0.37	99.77
22.06	-	6.12	3.32	65.52	0.30	97.32

جهت تهیه سیمان سفید در کارخانه سیمان شمال ۶ درصد سنگ گچ به پودر کلینکر سفید اضافه می گردد و جهت تهیه سیمان خاکستری ۴ درصد سنگ گچ به کلینکر معمولی اضافه می شود. سنگ گچ مورد نیاز از معدن گچ زیارت واقع در ۶۰ کیلومتری کارخانه تأمین می گردد.

۴- کارخانه سیمان مازندران (نکا):

این کارخانه در امتداد جاده نکا _ بهشهر و در کیلومتری ۲/۵ این جاده واقع است میزان ظرفیت رسمی کارخانه دو هزار تن کلینکر در روز می باشد.

مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شوند عبارتند از سنگ آهک های کرتاسه، خاک رس و سنگ آهن. نسبت درصد مواد اولیه در مخلوط مواد خام کارخانه عبارت است از ۷۰ درصد سنگ آهک ۲۹ تا ۳۰ درصد خاک رس و ۱ تا ۶ سنگ آهن. معدن سنگ آهک در ۵۰۰ متری کارخانه و ذخایر رس در ۱/۵ کیلومتری آن واقع است سنگ آهن مصرفی کارخانه از استان سمنان و خراسان تأمین می گردد.

مشخصات شیمیائی مواد اولیه مورد مصرف در این کارخانه بصورت زیر است:

مشخصات شیمیائی مواد مصرفی کارخانه سیمان نکا

	آهک	رس	سنگ آهن	گچ
SiO ₂	2-4/5	48-52	14-19	1-2
Al ₂ O ₃	0/2-0/6	9-14	3-9	1-1/5
Fe ₂ O ₃	0/2-0/4	4-6	72-78	1/15
CaO	51-53	10-12	0/4-1/5	30-32
MgO	0/1-0/2	0/2-2/5	0/1-0/4	0/2-0/4
K ₂ O	-----	1/5-2/5	-----	-----
Na ₂ O	-----	1-1/5	-----	-----
SO ₃	-----	0/1-0/5	-----	43-45
Cl	-----	-----	-----	-----
Loss	41/43	12-15	1/5-2/5	20-22

کلینکر تولید شده در این کارخانه دارای ترکیب شیمیائی زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I
21-23	5.8-3.1	2.8-3.1	65-66	1-1.5	0.4-0.6	0.6-0.8	0.4-0.6	0.2-0.3

جهت تهیه سیمان در این کارخانه ۳ تا ۵ درصد سنگ گچ به پودر کلینکر اضافه می شود.

سنگ گچ مورد نیاز را از معادن استان سمنان تأمین می گردد.

۵- کارخانه سیمان فارس:

این کارخانه در ۷ کیلومتری جنوب غربی شیراز در جاده شیراز به بوشهر واقع شده است و ظرفیت رسمی آن ۳۳۰۰ تن کلینکر در روز می باشد.

مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شوند سنگ آهک های سازند آسماری و خاک رس می باشد که در فاصله کمی نسبت به محل کارخانه (۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر) قرار دارند ترکیب

شیمیائی مواد اولیه مورد مصرف در این کارخانه بصورت زیر است:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+ K ₂ O	L.O.I
آهک	2.33	1.22	0.11	52.75	0.97	1	41.61
رس	34.2	8.70	4.08	23.10	4.48	1	24.38

مواد فوق به نسبت ۶۴ تا ۶۵ درصد سنگ آهک و ۳۵ تا ۳۶ درصد خاک رس مخلوط مواد خام را می سازند.

کلینکر تولید شده در این کارخانه دارای ترکیب شیمیائی زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+ K ₂ O
22	6	3.2	64	3.2	1

جهت تهیه سیمان در این کارخانه بین ۳ تا ۴ درصد گچ به پودر کلینکر اضافه می شود.

۶- کارخانه سیمان غرب:

این کارخانه در کیلومتر ۱۵ جاده باختران _ همدان واقع شده است. ظرفیت رسمی آن ۲۲۰۰ تن کلینکر در روز است مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شوند خاک مارنی دامنه

کوه بیستون (کرتاسه) و سنگ آهک می باشد که به نسبت ۹۵ درصد خاک مارنی و ۵ درصد سنگ آهک در مخلوط مواد خام شرکت دارند. ترکیب شیمیائی مخلوط مواد خام در این کارخانه بصورت زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.O.I
14.18	3.72	1.90	41.96	2.06	0.37	0.41	35.67

معدن سنگ آهک کارخانه در ۵ کیلومتری و معدن مارن خاکی در یک کیلومتری آن قرار دارند.

ترکیب شیمیائی کلینکر تولید شده بصورت زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
22.04	5.79	2.95	65.22	3.20	0.48	0.57

جهت تهیه سیمان در این کارخانه ۴ تا ۵ درصد سنگ گچ به پودر کلینکر اضافه می گردد.

۷- کارخانه سیمان کرمان:

این کارخانه در نزدیکی شهر کرمان واقع است و ظرفیت رسمی آن ۳۶۰۰ تن کلینکر در روز می باشد. مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شوند عبارتند از مارن به نسبت ۹۲ درصد، خاک رس به نسبت ۷ درصد و سنگ آهک به نسبت ۱ درصد که معادن آنها به فاصله ۱ تا ۲ کیلومتری کارخانه قرار دارند.

ترکیب شیمیائی مواد اولیه مورد مصرف در این کارخانه بصورت زیر است:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	L.O.I
آهک مارنی	12.96	2.80	1.76	46.11	0.11	0.06	35.90
مارن	44.50	11.98	5.62	17.60	3.33	0.25	16.65
سنگ آهن	16.60	2.60	39.20	15.12	2	0.99	19.20

ترکیب شیمیائی کلینکر تولید شده بصورت زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Free CaO	L.O.I
22.0	5.33	3.42	64.88	2.52	0.97	0.35	0.15	0.90	0.28

جهت تهیه سیمان در این کارخانه ۳ تا ۴ درصد سنگ گچ به پودر کلینکر اضافه می شود. سنگ گچ مورد نیاز از ۴۴ کیلومتری کارخانه تأمین می گردد.

۸- کارخانه سیمان صوفیان:

این کارخانه در کیلومتری ۳۳ جاده تبریز - مرند و در دامنه رشته کوه های چله خانه واقع شده است میزان ظرفیت رسمی کارخانه ۲۶۰۰ تن کلینکر در روز است.

مواد اولیه ای که در این کارخانه مصرف می شوند عبارتند از سنگ آهک کرتاسه به نسبت ۷۵ درصد و خاک رس به نسبت ۲۵ درصد و مقداری کم سنگ سیلیس، معدن سنگ آهک در یک کیلومتری و خاک رس در فاصله ۲ کیلومتری کارخانه قرار دارند.

ترکیبات شیمیائی مخلوط مواد خام در این کارخانه بصورت زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Cl	L.O.I
4-16	2-5	0.5-2	37-42	0.6-3	0.3-1	0.3-1	0.18	0.06	33-37

ترکیب شیمیائی کلینکر تولید شده در این کارخانه بصورت زیر است:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cl
20-24	5-6.5	2-4	60-67	1-5	0.5-1.5	0.5-1.5	0.01

جهت تهیه سیمان ۷ درصد سنگ گچ به پودر کلینکر اضافه می شود که از ۱۰ کیلومتری کارخانه تأمین می گردد.

با جمع آوری اطلاعات لازم از استانداردهای مورد نیاز صنایع مختلف معدنی از جمله کارخانه های سیمان مهم کشور و بدست آوردن حدود عناصر مفید و مزاحم و مقایسه این حدود با آنالیزهای حاصل از نمونه های گرفته شده از واحدهای مختلف آهکی، مارنی و رسی و شیلی موجود در سطح استان قم بر طبق جداول ۶-۱ تا ۶-۶ مشخص گردید که تقریباً همه آهکها و مارنهای موجود در این استان جهت استفاده در صنعت سیمان کشور دارای ترکیب و قابلیت مناسب بوده و در رنج استاندارد مواد اولیه مورد نیاز چندین کارخانه مهم سیمان کشور قرار می گیرد. جهت اثبات این مطلب لازم است تا مقایسه ای بین ترکیبات لازم و همچنین حدود عناصر مزاحم در صنعت سیمان داشته باشیم:

۱- CaO: تغییرات درصد این اکسید در ترکیب سنگ آهک مورد مصرف در صنعت سیمان بین ۴۴ تا ۵۲ درصد می باشد و این در حالی است که تغییرات این اکسید در مواد رسی مورد استفاده در صنعت سیمان محدودیتی ندارد. با مقایسه این اعداد با نمونه های برداشت شده از واحدهای رسی و همچنین آهکی استان قم به این نتیجه می رسیم که این واحدها در رنج استاندارد فوق قرار می گیرند. در مورد مارنهای استان قم، این ارقام کمی متضاد می باشند که البته از آنجا که مارن از لحاظ ترکیبی و همچنین محیط ته نشست در اختلاط رس و آهک می تواند با اضافه نمودن رس و یا آهک، بسته به ترکیب، به ترکیب ایده آل کارخانه دست یافت. در ترکیب کلینکر وجود بین ۶۳ تا ۶۷ درصد اکسید کلسیم ضروری است.

۲- SiO₂: در ترکیب کلینکر حضور ۲۱ تا ۲۴ درصد سیلیس ضروری است و بنابر این میزان این عنصر عمدتاً از مواد اولیه مانند آهک و همچنین رس تأمین می شود، بدین منظور برای میزان سیلیس موجود در آهک محدودیتی نخواهیم داشت و در رس نیز این میزان بین ۵۰ تا ۶۰ درصد لازم است، در غیر اینصورت کسری این اکسید از سنگ سیلیس تأمین خواهد شد. در مورد آهکهای نمونه برداری شده استان قم باید گفت که این نمونه ها بین ۰/۸۵ تا ۱۵ درصد سیلیس دارند که لازم است کسری آن از سنگ سیلیس تأمین گردد. در مورد رس های استان قم نیز که میزان سیلیس موجود در ترکیبشان بین ۳۸ تا ۴۶/۵ درصد می باشد و این در حالیست که این مقدار باید بین ۵۰ تا ۶۰ درصد باشد، نیاز به اضافه نمودن سنگ سیلیس جهت رسیدن به ترکیب ایده آل می باشد.

۳- Al₂O₃: در مورد اکسید آلومینیوم باید گفت که میزان مورد نیاز این اکسید در کلینکر ۴ تا ۷ درصد می باشد و بدین منظور در ترکیب مواد اولیه مانند آهک حضور این عنصر محدودیتی ندارد و این در حالیست که میزان اکسید آلومینیوم آهک های مورد نمونه برداری شده در سطح استان قم بین ۰/۳ تا ۳/۶۴ درصد می باشد همچنین میزان این

اکسید در بخش رسی باید بین ۱۵ تا ۲۰ درصد باشد و این در حالیست که میزان این اکسید در رس های مورد نمونه برداری شده ۸/۸۴ تا ۱۲ درصد می باشد که باید میزان کسری این اکسید به مخلوط مواد اولیه اضافه گردد.

۴- Fe_2O_3 : میزان استاندارد این اکسید در کلینکر ۲ تا ۵ درصد می باشد و این در حالیست که میزان این اکسید در ترکیب آهک مورد استفاده در صنعت سیمان، محدودیتی ندارد. میزان اکسید آهن موجود در آهک های مورد نمونه برداری قرار گرفته این استان بین ۰/۰۹ تا ۲/۲۷ می باشد. همچنین میزان این اکسید در رس مورد استفاده در صنعت سیمان، بین ۶ تا ۱۰ درصد می باشد و میزان این اکسید در رس های مورد نمونه برداری شده ۴/۶۳ تا ۷/۱۳ درصد می باشد که می توان کمبود این اکسید را با اضافه نمودن اکسید آهن به مخلوط اولیه تعدیل نمود.

۵- MgO : اکسید منیزیم از اکسیدهای مزاحم در صنعت سیمان به حساب می آید و حداکثر میزان آن در کلینکر ۵ تا ۶ درصد می باشد و بنابر این حضور این اکسید با مواد اولیه رابطه مستقیم داشته و می تواند بر قیمت تمام شده محصول و همچنین کیفیت محصول اثر مستقیم داشته باشد. حداکثر میزان مجاز این اکسید در سنگ آهک ۳/۵ تا ۳ درصد و در رس ۵ درصد می باشد. این در حالی است که خوشبختانه میزان این اکسید در سنگ آهک های منطقه بین ۰/۴۳ تا ۱/۴۹ درصد می باشد و همچنین این میزان اکسید در رس های موجود در مناطق نمونه برداری شده ۲/۰۹ تا ۴/۳۹ درصد می باشد که دقیقاً در رنج استاندارد این اکسید قرار می گیرد و از این نظر نقطه مثبت قابل توجهی می باشد.

۶- Na_2O+K_2O : اکسیدهای سدیم و پتاسیم نیز از اکسیدهای مزاحم در صنعت سیمان به حساب می آیند که حداکثر حد مجاز وجود این اکسیدها در کلینکر ۰/۶ تا ۱/۲ درصد بسته به نوع سیمان می باشد. حد مجاز این اکسیدها در رس حداکثر ۳ و در سنگ آهک حداکثر ۰/۶ درصد می باشد. در نمونه های گرفته شده از سطح استان قم در رس ها در برخی موارد این مجموع بالاتر از حد استاندارد قرار می گیرد که باید این مسئله مد نظر قرار گیرد. همچنین خوشبختانه در اکثر نمونه های اخذ شده از واحدهای آهکی، این مجموع در رنج استاندارد آهک قرار دارد که از این نظر نیز نقطه بسیار مثبتی محسوب می گردد.

۷- SO_3 : این اکسید نیز از اکسیدهای بسیار مزاحم در صنعت سیمان محسوب می گردد که میزان آن در کلینکر نباید بیش از ۱/۵ درصد باشد، همچنین حداکثر مقدار مجاز این اکسید در رس ۱ درصد و در سنگ آهک بسته به نوع سیمان بین ۰/۸ تا ۰/۶ می باشد. در نمونه های برداشت شده رس از سطح استان فقط یک نمونه با ۲/۸۸ درصد، بالاتر از رنج استاندارد قرار گرفت و خوشبختانه بقیه نمونه ها در رنج استاندارد قرار گرفتند. در مورد سنگ آهک های نمونه گیری شده از سطح استان میزان این اکسید در کلیه نمونه ها بسیار

نادر و در بسیاری از موارد در زیر حد آشکار سازی دستگاههای آزمایشگاهی قرار دارد که این آهک ها را جهت پتانسیل استفاده در صنعت سیمان بسیار مناسب می دارد.

۸- P_2O_5 : این اکسید نیز از اکسیدهای مزاحم در صنعت سیمان محسوب می گردد که میزان آن در کلینکر نباید بیش از ۰/۵ درصد باشد، همچنین حداکثر مقدار مجاز این اکسید در رس باید به میزانی باشد که خواص کلینکر را تغییر ندهد و در سنگ آهک بسته به نوع سیمان بین ۰/۶ تا ۰/۲۵ می باشد. در نمونه های برداشت شده رس از سطح استان میزان این اکسید از ۰/۰۸ تا ۰/۲۱ درصد متغییر می باشد. در مورد سنگ آهک های نمونه گیری شده از سطح استان میزان این اکسید در کلیه نمونه ها بسیار نادر و در چند مورد در زیر حد آشکار سازی دستگاههای آزمایشگاهی قرار دارد که این آهک ها را جهت پتانسیل استفاده در صنعت سیمان بسیار مناسب می سازد.

۹- MnO : میزان این اکسید در کلینکر نباید بیش از ۴ درصد باشد، همچنین حداکثر مقدار مجاز این اکسید در رس باید به میزانی باشد که خواص کلینکر را تغییر ندهد و در سنگ آهک حد اکثر ۰/۵ درصد می باشد. در نمونه های برداشت شده رس از سطح استان میزان این اکسید از ۰/۰۹ تا ۰/۱۲ درصد متغییر می باشد. در مورد سنگ آهک های نمونه گیری شده از سطح استان میزان این اکسید در کلیه نمونه ها بسیار نادر و در رنج ۰/۰۳ تا ۰/۲۸ درصد می باشد.

همانگونه که از مطالب فوق بر می آید ترکیب شیمیایی کلیه آهکهای مورد نمونه برداری قرار گرفته از سطح استان قم و همچنین اکثر نمونه های رس اخذ شده از سطح این استان در رنج استاندارد ترکیب مورد نیاز کارخانه های سیمان قرار می گیرند و همگی بالقوه پتانسیل کاربرد در صنعت سیمان را دارا هستند و بنابراین پیشنهاد بر ادامه عملیات اکتشافی در مقیاس های بزرگتر می باشد.