علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره هفدهم، شماره چهار، زمستان ۹۴

# بررسی تاثیر میزان فاصله از منبع آلودگی بر غلظت فلزات سنگین در خاک اطراف کارخانه سیمان شهرستان نکا

**سمیه دریواسی**[۱]
**کیوان صائب**[۲]
**مریم ملاشاهی**[۳*]
Maryam.mollashahi@semnan.ac.ir

**تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۲۲** **تاریخ پذیرش:۹۳/۱۲/۶**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** آلودگی هوا از پیامدهای فعالیت بشر، به ویژه در قرن بیستم است که در این راستا کارخانجات سیمان از جمله آلاینده های مهم به شمار می آیند. مواد آلاینده ناشی از صنایع سیمان شامل انواع ترکیبات کربن دار، فلزات سنگین، اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای ازت و غیره می باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی غلظت فلزات سنگینی چون Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni در خاک و در فواصل متفاوت از حاشیه کارخانه سیمان و نیز بررسی میزان تاثیر کارخانه سیمان نکا بر افزایش ترسیب این عناصر و غلظت آن ها در خاک و مقایسه آن با استانداردهای جهانی می باشد.

**روش بررسی:** در این تحقیق جهت بررسی غلظت فلزات سنگین (Al، As، Cd، Co، Cr، Cu، Fe، Hg، Mn و Ni) موجود در گردوغبارهای منتشر شده از کارخانه سیمان نکا، از نمونه های خاک استفاده شده است. نمونه گیری در مهرماه سال ۱۳۹۱ انجام یافت. برای این کار ۴ نقطه نمونه برداری (فواصل ۱۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ متری از کارخانه و نیز نقطه شاهد) در نظر گرفته شد. در هر نقطه برای اطمینان از کافی بودن نمونه ها اقدام به برداشت ۴ نمونه خاک گردید. در مرحله بعد نمونه ها در فضای باز خشک و سپس با استفاده از روش هضم شیمیایی تجزیه و با استفاده از دستگاه ICP غلظت عناصر اندازه گیری شد.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که غلظت اکثر عناصر در ایستگاه شماره ۱ یعنی فاصله ۱۰ متری از کارخانه بیش ترین میزان را داشته است. هم چنین با فاصله گرفتن از حاشیه کارخانه از غلظت آن ها کاسته شده است.

**بحث و نتیجه گیری:** غلظت اکثر فلزات اندازه گیری شده بالاتر از استانداردهای جهانی بوده و این نمایانگر میزان آلایندگی این کارخانه می باشد. در بین عناصر مورد مطالعه عناصر Co, Cr, Cu, Cd, Mn, Ni, Zn بیش ترین تفاوت را با استانداردهای جهانی نشان دادند.

**واژه های کلیدی:** کارخانه سیمان، فلزات سنگین، آلودگی خاک، شهرستان نکا.

---

۱- کارشناس ارشد رشته محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن
۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن
۳- استادیارگروه جنگل داری در مناطق خشک، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران *(مسوول مکاتبات)

*J.Env. Sci. Tech., Vol 17, No.4, winter 2016*

# Effects of Distance from Pollutant Sources on Heavy Metal Concentrations around Neka cement Factory Soil

**Somayeh Darivasi**[1]

**Keivan Saeb**[2]

**Maryam Mollashahi**[3]*(*Corresponding Author*)

*Maryam.Mollashahi@Semnan.ac.ir*

**Abstract**

**Background and Objective:** Air pollution is one of anthropogenic aspect in 20th century especially cement factories have important role on air pollution. Pollutant material cement factories contain carbon bearing components, heavy metals, sulfur oxide, N oxide.

**Method:** This research aimed to investigate the heavy metal concentrations (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni) in soil samples of Neka cement dust deposition. The sampling was done on October of 2012. For this aim, 4 sample points were chosen with 100, 400, 800 intervals of cement factory. The protected area from the pollutant material was selected as control point. To ensure of samples sufficiency in each sample point, 4 soil samples were collected. .Then samples were dried and measured for heavy metals concentrations using digestive method with ICP.

**Findings:** Our results showed that there is a high level of heavy metal concentrations at 10 meters interval from factory and heavy metal concentrations decrease parallel to distance increase.

**Discussion and Conclusion:** Also in more cases, measuring of heavy metals concentration, is more than the world standard and this indicates the big polluting role of Neka cement factory. Between the studied elements, Co, Cr, Cu, Cd, Mn, Ni and Zn have most different rate compared with world standard.

**Key words:** Cement Factory, Heavy Metal, Soil Pollution, Neka Province

1- Master, Science of environment, Islamic Azad University of Tonekabon.
2- Associate Professor, Science of Eenvironment, Islamic Azad University of Tonekabon.
3- Assistance Professor, Faculty of Desert Study, Semnan University, Semnan, Iran .

**مقدمه**

با افزایش رشد صنعت، کارخانه های سیمان یکی از منابع عمده آلودگی بوده و خطرناک ترین آلاینده ها را تولید می‌نماید (۱). صنعت سیمان یکی از ۱۷ صنعت بسیار آلوده کننده می باشد که توسط مرکز کنترل آلودگی فهرست شده است (2). این صنعت با تولید آلودگی های فراوان نقش مهمی در بر هم زدن تـوازن و پایـداری جو، ایفا می‌کند(3). مطالعـات زیادی فعالیت های انسانی را به عنوان دلایل اصلی آلودگی فلزات سنگین و دیگر عناصر آلاینده در اکوسیستم مطرح کرده اند (5،4) که از طریق فعالیت های صنعتی، نظیر صنعت سیمان ساخت و ساز و سوزاندن سوخت های فسیلی زغال سنگ و غیره باعث فرستادن فلزات و عناصر آلاینده به جو می شوند و سپس ذرات حاوی این فلزات بر خاک مجاور مناطق ترسیب شده و موجب آلودگی خاک ها به این دسته از فلزات می شود. هم چنین این عناصر در اثر باد و گرد و غبار به هوا رفته و بر کیفیت هوا نیز تاثیر منفی می گذارند(۶،۷).

از جمله مطالعات انجام یافته در زمینه آلودگی های ناشی از صنعت سیمان می توان به مطالعه حضرتی وهمکارانش در سال ۱۳۸۸ اشاره نمود که به بررسی غلظت گردو غبار هوای محیط کار در کارخانه سیمان اردبیل پرداختند و عنوان کردند در بین عناصر منتشر شده، میزان غلظت عنصر سیلیس بیش از حد مجاز بوده است(۸).

خرم زاده و همکارانش در سال ۱۳۸۳ در همدان به ارزیابی کروم شش ظرفیتی (محلول و نا محلول) بر روی گردو غبارناشی از کارخانه سیمان پرداختند و پی بردند که میزان غلظت این عنصر بیش تر از حد مجاز بوده است (کروم عامل ایجاد سرطان ریه می باشد)(۹). Isikli و همکاران نیز بیان کردند که غلظت های بالای عنصر کروم می تواند موجب آلرژی ها تنفسی همانند آسم، مشکلات گوارشی و کبدی و نیز انواع بیماریهای پوستی شود (۱۰).

صادقی روش و خراسانی در سال ۱۳۸۷ مطالعاتی در زمینه آثار گردو غبار ناشی از کارخانه سیمان آبیک بر روی تراکم و تنوع پوشش گیاهی اطراف کارخانه پرداختند و عنوان کردند که با افزایش فاصله از حاشیه کارخانه و در نتیجه کاهش شدت آلودگی کارخانه سیمان، تراکم و تنوع پوشش گیاهی بیش تر شده است(۱۱).

علاوه بر این ها Yhdegoدر سال ۱۹۹۲در هند به بررسی تاثیرات صنعت سیمان بر روستاهای مجاور پرداختند و عنوان کردند که فلزات سنگین از جمله نیکل، کبالت، سرب، کادمیوم و کروم ناشی از کارخانه سیمان از آلاینده های خطر ناک هوا بوده که اثرات متفاوتی بر روی گیاهان سلامتی انسان وحیوان و اکوسیستم می گذارد(۱۲).

هم چنین Pilcher در سال ۱۹۹۹ به تاثیر آلودگی گرد و غبار سیمان در عربستان صعودی پرداخت و پی برد که یکی از دلایل مرگ و میر جوجه های از تخم درآمده لاک پشت های دریایی آلودگی ناشی از صنعت سیمان بوده است(۱۳).

نتایج مطالعه Isikli و همکاران در سال ۲۰۰۶ نیز نشان داد که غلظت عنصر کادمیوم در نمونه های خاک و برگی موجود در اطراف کارخانه سیمان در ترکیه بالاتر از حد آن در مناطق شاهد بوده است(۹).

Al. Khashman and Shawabkeh در سال ۲۰۰۶ در اردن نشان دادند که در نمونه های خاکی برداشت شده از اطراف کارخانه سیمان عناصری همچون سرب، روی و کادمیوم فراوان بوده است (۱۴).

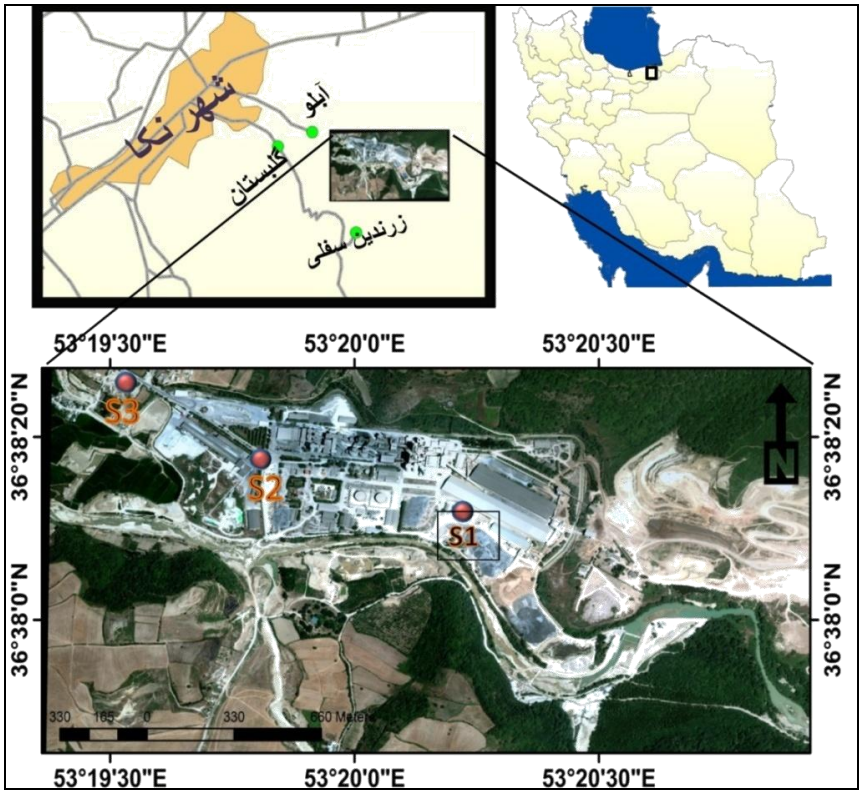
همچنینBaby و همکارانش سال ۲۰۰۸ در کشور هند تحقیقاتی بر روی گردو غبار صنعت سیمان پرداختند و عنوان کردند که ذرات سیمان شامل فلزات سنگین از جمله نیکل، کبالت، سرب کادمیوم و کروم می باشد که همگی از آلاینده های هوا محسوب شده وتاثیر های گوناگونی بر اکوسیستم اطراف خود به جا می گذارد(۱۵).

Mishra در سال ۱۹۹۱در کشور هند مطالعاتی بر روی تاثیر آلودگی گردو غبار کارخانه سیمان بر روی آب ها پرداختند و این طور عنوان کردند که در صورت تماس ذرات سیمان با آب، هیدروکسید شکل می گیرد که خاصیت بازی طبیعی آب را از بین می برد و موجب می شود که لایه نازکی از سیمان سطح

چشمه ها و دریاچه ها را بپوشاند. تحت تاثیر نمک اضافی Al, Mg, K, Na, Ca مانند هیدروکسیدها سولفات ها و سیلیکات ها سختی آب رخ داده که متعاقباً مسئول بیماری های تنفسی در روده و معده در منطقه را موجب می شود. در نتیجه حضور این آلاینده ها در هوا و خاک می تواند برای سلامت انسان بسیار خطرناک باشد و از آن جاکه وجود این عناصر برای گیاهان هم ضروری نمی باشند، بالاتر بودن غلظت آن ها از حد مجـاز حضـــور بسیاری از گیاهـان را بـه خطـر می اندازد. از این رو هدف از مطالعه حاضر بررسی غلظت فلزات سنگینی چون Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni در خاک و در فواصل متفاوت از حاشیه کارخانه سیمان و نیز بررسی میزان تاثیر کارخانه سیمان نکا بر افزایش ترسیب این عناصر و غلظت آن ها در خاک و مقایسه آن با استانداردهای جهانی می باشد.

**روش بررسی**

کارخانه سیمان نکا در ۲/۵ کیلومتری جنوب شهر نکا واقع در ۲۰ کیلومتری شهرستان ساری مرکز استان مازندران در زمینی به مساحت ۹۰ هکتار و در نزدیکی روستای آبلو قرار گرفته است. شهر نکا به وسعت ۸۷۰/۸۳ هکتار در ۵۳ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۴۵ متری از سطح دریاهای آزاد واقع شده است. برای انجام این کار تعداد ۴ ایستگاه انتخاب شد که ایستگاه اول داخل کارخانه و دو ایستگاه دیگر به فاصله ۴۰۰ متری و ۸۰۰ متری از محوطه اطراف کارخانه انتخاب گردید و ایستگاه چهارم ایستگاه شاهد (جهت اطمینان از فقدان هر نوع گردوغبار ناشی از کارخانه سیمان در نقطه ای بسیار دورتر از کارخانه انتخاب شد ) بوده که آلودگی صنعت سیمان در آن تاثیری نداشته باشد (۱۱).




**شکل۱- موقعیت کارخانه**

**شکل۲- نمایی از کارخانه سیمان نکا**

نمونه گیری در نقاط مشخص شده در طی ماه مهر انجام گرفت طولانی ترین دوره به مدت ۷۵ روز در فصل پاییز مشاهده شده است. گفته شده که بالاترین میزان تجمع عناصر وذرات معلق آلوده کننده هوا در فصل پاییز بوده است(۱۷، ۱۸، ۱۹). از این رو تمامی نمونه ها در مهر ماه جمع آوری گردید. پس از برداشت نمونه ها، آن ها را به سازمان زمین شناسی انتقال داده و در بخش آزمایشگاه مراحل هضم نمونه ها انجام گرفت و در نهایت غلظت فلزات (Al، As، Cd، Co، Cr، Cu، Fe، Hg، Mn و Ni) توسط دستگاه ICP اندازه گیری شد(جدول ۱).

**جدول ۱- عناصر مورد مطالعه و اثرات آن ها بر سلامت انسان**

| عنصر | علامت اختصاری | اثرات مهم آن |
|---|---|---|
| آلومینیوم | Al | افزایش آلومنیوم در بدن می تواند عوارضی همچون فراموشی، پارکینسون (اختلالات حرکتی)، کم خونی، نقص در کارایی ماهیچه های قلبی ودر صورت مسمومیت با این فلز اختلال در کار کلیه ها و غیره را موجب شود. |
| آرسنیک | As | این عنصر به شدت سمی بوده و جذب تنفسی این عنصر موجب بروز سرطان های تنفسی از قبیل نای و ریه می شود. |
| کادمیوم | Cd | وجود مقادیر بالای این عنصر می‌تواند علایمی چون تهوع، مشکلات تنفسی، کم خونی، بی هوشی، ناراحتی های کلیوی، ناراحتی های قلبی و تشنج را به همراه داشته باشد. |
| کبالت | Co | کبالت عنصری است که موارد مصرف متعددی در صنایع هوایی، تولید سرامیک و شیشه دارد. افزایش جذب این عنصر توسط بدن می تواند موجب عوارضی چون برونشیت، ناراحتی های پوستی و تاثیرات مخرب روی قلب و کبد داشته باشد. |
| کروم | Cr | عوارضی همچون نابودی تدریجی کلیه ها، کبد، معده و انواع سرطان ریه را موجب شود. |
| مس | Cu | افزایش مس در بدن می تواند موجب افزایش کلسترول خون، انواع سرطان ها، اسکیزوفرنی و افسردگی |

| | | |
|---|---|---|
| | | روانی و حتی در حالت مسمومیت موجب مرگ شود. |
| آهن | Fe | مسمومیت با این عنصر می تواند عوارض مهلکی همچون نارسایی های کبدی، انقباض ماهیچه های معده، سرگیجه و استفراغ و حتی اغما داشته باشد. |
| جیوه | Hg | در صورت تنفس $mg/m^3$ ۱/۵-۱ روزانه و در طی ۳ تا ۴ ماه خطر حملات قلبی، ایست قلبی و افزایش ناگهانی فشار خون به شدت افزایش می‌یابد |
| منگنز | Mn | افزایش بیش از حد منگنز در بدن می تواند موجب بیماری آلزایمر و پارکینسون شود. منگنز عمدتا از طریق دهان و تنفس بخارهای منگنز و نیز غبارهای حاوی ذرات معلق منگنز وارد بدن می شود. |
| نیکل | Ni | موجب ناراحتی های حاد تنفسی، سوزش های شدید در ناحیه نای، هم چنین انواع سرطان های حلق، بینی و ریه می شود. حتی تماس با این فلز موجب حساسیت های شدید پوستی، سوزش و خارش را در پی دارد. |

منبع : حاج علیلو و وثوق ، ۱۳۸۸

**روش هضم نمونه ها برای اندازه گیری غلظت عناصر**

جهت هضم نمونه ها از اسید کلریدریک و اسید نیتریک استفاده شد.. به این صورت که در ابتدا نیم گرم از نمونه را داخل لوله آزمایش ریخته و سپس ۵ سیسی اسید HCL و ۲ سی سی اسیدنیتریک به آن افزوده گردید و به مدت ۱.۵ تا ۲ ساعت داخل بنماری قرار داده شد. بعد از خنک شدن با آب مقطر به حجم ۲۰ سی سی رسانده و بعد محلول را با از فیلتر صاف و در مرحله بعد با استفاده از دستگاه ICP موجود در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور میزان غلظت فلزات سنگین آن اندازه گیری شد (۲۰).

**روش تجزیه و تحلیل داده ها**

در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov - Smirnov و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene's test مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس داده‌ها آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) برای مقایسه کلی پارامترها مورد استفاده قرار گرفت. برای مقایسات چندگانه میانگین‌ها از آزمون‌های Tukey - HSD استفاده گردید. برای به دست آوردن همبستگی بین غلظت فلزات سنگین از آزمون پیرسون استفاده شد برای انجام کلیه آزمون‌های آماری از نرم افزار SPSS۱۱/۵ استفاده گردید.

**یافته ها**

نتایج نشان دادند که غلظت فلزات در ایستگاه ۱ (فاصله ۱۰ متری)، یعنی در نزدیکی کارخانه بسیار بیشتر بوده و با فاصله گرفتن از کارخانه از غلظت عناصر کاسته شده است. جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود غلظت تمامی عناصر تفاوت معنی داری را در ایستگاه های مورد مطالعه (فواصل ۱۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ متری از کارخانه و نیز نقطه شاهد) نشان می دهد.

**جدول ۲ - نتایج آنالیز واریانس در بین نمونه های خاک**

| عنصر | مجموع مربعات بین گروه ها | درجه آزادی | میانگین مربعات در بین گروه ها | مجموع مربعات در داخل گروه ها | درجه آزادی | میانگین مربعات در داخل گروه ها | F | sig |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Al | ۲۷/۲۱ | ۳ | ۹/۰۷ | ۳/۴۹ | ۸ | ۰/۴۳۷ | ۲۰/۷۵ | ۰/۰۰ |
| As | ۲۷۴/۳۴ | ۳ | ۹۱/۴۴ | ۱/۹۱ | ۸ | ۰/۲۴۰ | ۳۸۱/۴۴ | ۰/۰۰ |
| Cd | ۰/۰۳۹ | ۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۱ | ۸ | ۰/۰۰۱ | ۹/۲۸ | ۰/۰۰۶ |
| Co | ۷۳/۴۱ | ۳ | ۲۴/۴۷ | ۲/۳۳ | ۸ | ۰/۲۹ | ۸۳/۸۹ | ۰/۰۰ |
| Cr | ۹۰۲۷/۱۱ | ۳ | ۳۰۰۹/۰۳ | ۲/۳۳ | ۸ | ۶/۷۴ | ۴۴۶/۲۴ | ۰/۰۰ |
| Cu | ۵۴۰۸۹/۷۶ | ۳ | ۱۸۰۲۹/۹۲ | ۸۸۹/۰۴ | ۸ | ۱۱۱/۱۳ | ۱۶۲/۲۴ | ۰/۰۰ |
| Fe | ۱/۸۴ | ۳ | ۰/۶۱۶ | ۰/۶۵ | ۸ | ۰/۰۸۱ | ۷/۵۷ | ۰/۰۱ |
| Hg | ۰/۰۰۳ | ۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰ | ۸ | ۰/۰۰ | ۲۶ | ۰/۰۰ |
| Mn | ۳۸۲۵۶۸/۹ | ۳ | ۱۲۷۵۲۲/۹۷ | ۶۵۱/۳۳ | ۸ | ۸۱/۴۱ | ۱۵۶۶/۳۰ | ۰/۰۰ |
| Ni | ۳۷۷۶/۴۳ | ۳ | ۱۲۸۵/۸۱ | ۲۱۱/۵۱ | ۸ | ۲۶/۴۳ | ۴۷/۶۱ | ۰/۰۰ |

جدول ۳میانگین غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه های خاک را در ایستگاه های۱(۱۰متر) ، ۲ (۴۰۰متر) ، ۳(۸۰۰متر)، و نقطه ۴ (ایستگاه شاهد) این تحقیق را نشان می دهد.

**جدول ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه های خاک را در ایستگاه های۱، ۲، ۳، و نقطه ۴ (ایستگاه شاهد)**

| ایستگاه | Al | As | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mn | Ni | Pb | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۲/۳۵ | ۱۳/۳۱ | ۰/۴۱ | ۱۶/۳۵ | ۱۵۳/۳۳ | ۲۳۰ | ۵/۱۶ | ۰/۰۵ | ۸۲۱ | ۸۲/۹۰ | ۳۲/۵۸ | ۱۱۳ |
| ۲ | ۱۲/۰۵ | ۸/۹۵ | ۰/۳۴ | ۱۴/۴۸ | ۱۳۱/۳۳ | ۹۵/۳۰ | ۴/۷۸ | ۰/۰۴ | ۷۵۱/۶۷ | ۴۷ | ۳۰/۳۳ | ۷۳/۳۸ |
| ۳ | ۱۱/۳۲ | ۷/۱۶ | ۰/۳۴ | ۱۰/۷۴ | ۹۲/۰۳ | ۸۳/۶۰ | ۴/۶۹ | ۰/۰۴ | ۶۶۸/۳۳ | ۴۵/۱۳ | ۳۰/۲۶ | ۶۷/۳۰ |
| شاهد | ۸/۵۴ | ۰/۰۵ | ۰/۲۵ | ۱۰/۵۶ | ۸۷/۶۲ | ۵۶/۳۶ | ۴/۰۷ | ۰/۰۱ | ۳۵۴ | ۳۶/۶۶ | ۳/۰۶ | ۶۶/۱۰ |

مطابق جدول ۳ غلظت فلزات در همه ایستگاه ها بیش تر از ایستگاه شاهد می باشد. هم چنین غلظت فلزات در حاشیه کارخانه (ایستگاه اول) بیش ترین میزان را نشان می دهد. یعنی با فاصله گرفتن از حاشیه کارخانه از غلظت این مواد کاسته شده است که این مطلب در مورد تمامی نقاط و عناصر به وضوح به چشم می خورد. نتایج به دست آمده حاکی از این موضوع می باشد که وجود کارخانه تا چه میزان در غلظت عناصر در اراضی حاشیه آن موثر می باشد.

جدول ۴ میانگین غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه های خاک این تحقیق را در مقایسه با غلظت های این عناصر در خاک بر اساس استاندارد جهانی USEPA[1] نشان می دهد.

1- United States Environmental Protection Agency

**جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه های خاک این تحقیق با استاندارد جهانی USEPA (۲۱)**

| فلزات سنگین | Cd | Co | Cr | Cu | Mn | Ni | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| استاندارد جهانی USEPA (ppm) | ۰/۰۶ | ۸ | ۱۰۰ | ۳۰ | ۶۰۰ | ۴۰ | ۵۰ |
| نتایج تحقیق حاضر (ppm) | ۰/۳۶ | ۱۳/۸۶ | ۱۲۵/۵۷ | ۱۳۶/۳۰ | ۷۴۷ | ۵۸/۳۴ | ۸۴/۵۶ |

همان طور که در جدول مشاهده می شود غلظت تمامی عناصر در نمونه های خاک کارخانه سیمان نکا در این تحقیق بالاتر از حد تعیین شده توسط استاندارد جهانی USEPA می باشد.

جدول ۵ میزان همبستگی بین غلظت عناصر را در نمونه های خاک را نشان می دهد.

**جدول۵- میزان همبستگی بین غلظت عناصر را در نمونه های خاک**

| | Al | As | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mn | Ni | Pb | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Al | 1 | | | | | | | | | | | |
| As | **۰/۹۱ | 1 | | | | | | | | | | |
| Cd | **۰/۷۶ | **۰/۸۷ | 1 | | | | | | | | | |
| Co | **۰/۶۸ | **۰/۸۴ | **۰/۷۳ | 1 | | | | | | | | |
| Cr | **۰/۷۴ | **۰/۸۷ | **۰/۷۶ | **۰/۹۸ | 1 | | | | | | | |
| Cu | **۰/۵۹ | **۰/۸۲ | **۰/۸۰ | **۰/۷۸ | **۰/۸۰ | 1 | | | | | | |
| Fe | **۰/۸۱ | **۰/۸۵ | **۰/۷۷ | **۰/۷۳ | **۰/۷۵ | **۰/۷۰ | 1 | | | | | |
| Hg | **۰/۹۱ | **۰/۹۴ | **۰/۷۶ | **۰/۷۹ | **۰/۸۱ | **۰/۷۱ | **۰/۸۸ | 1 | | | | |
| Mn | **۰/۹۴ | **۰/۹۸ | **۸۳0 | **۰/۷۸ | **۰/۸۱ | *۰/۶۹ | **۰/۸۳ | **۰/۹۵ | 1 | | | |
| Ni | **۰/۶۳ | **۰/۸۳ | **۰/۷۵ | **۰/۸۰ | **۰/۸۴ | **۰/۹۶ | *۰/۶۹ | **۰/۷۲ | **۰/۷۰ | 1 | | |
| Pb | **۰/۹۱ | **۰/۸۹ | **۰/۷۸ | *۰/۶۲ | *۰/۶۳ | ۰/۵۷ | **۰/۸۱ | **۰/۹۰ | **۰/۹۵ | ۰/۵۶ | 1 | |
| Zn | ۰/۵۵ | **۰/۷۸ | **۰/۷۲ | **۰/۸۴ | **۰/۸۶ | **۰/۹۷ | *۰/۶۷ | **۰/۷۰ | **۰/۶۴ | **۰/۹۶ | ۰/۴۸ | 1 |

ضریب همبستگی پیرسون می تواند برای نشان دادن میزان همبستگی بین غلظت عناصر مورد استفاده قرار گیرد(22). همان طور که در جدول دیده می شود، بالاترین همبستگی بین عناصر نیکل و روی، آلومینیوم و منگنز، سرب و منگنز، آرسنیک و منگنز و مس و نیکل دیده می شود. این همبستگی بالا بین عناصر نشان می دهد که در اکثر مواقع میتوان از غلظت مشاهده شده یک عنصر می توان حضور و میزان غلظت دیگر عناصر را نیز با دقت بالایی تخمین زد. وجود همبستگی بالا بین دو عنصر Cu و Cd ( $R^2$=۰/۸۰) می تواند ناشی از یکسان بودن سنگ بستر آن ها باشد(14). ملاشاهی نیز در سال ۱۳۹۲ در بررسی همبستگی بین فلزات موجود در خاک های شهر تهران نشان داد بین عناصر cu و Zn همبستگی ۰/۷۴ وجود دارد و آن را در سطح ۰/۹۹ معنی دار نشان داد. هم چنین میزان همبستگی بین عناصری چون Cr و Ni را ۰/۸۳ بیان کرد که در مطالعه حاضر نیز ۰/۸۴ مشاهده می شود(۲۳).

**بحث و نتیجه گیری**

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مجموع غلظت فلزات سنگین به دست آمده در حاشیه کارخانه سیمان نکا بسیار بالاتر از استاندارد های جهانی بوده و بالاتر بودن غلظت ها در فاصله ۱۰ متری از کارخانه نمایانگر تاثیر آلاینده های منتشر شده از این کارخانه در بالا رفتن غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه می باشد. از دیگر مطالعات در این زمینه می توان به تحقیق Al- Omran و El-Maghraby در سال ۲۰۱۱ در عربستان صعودی اشاره کرد. آن ها به بررسی میزان فلزات سنگین در اطراف یکی از کارخانه های سیمان و تاثیر آن بر خواص خاک پرداختند و میزان غلظت عناصر را به شرح ذیل عنوان کردند. در حواشی کارخانه غلظت کروم را ۹۸/۴، نیکل ۲۷ ،روی ۹۲ ، سرب ۲۰/۷ ppm محاسبه کردند (۲۳). غلظت نیکل در نمونه خاک پژوهش حاضر برابر ۵۸/۳۴ محاسبه شده است که بیش تر از تحقیق بالا می باشد. همان طور که مشاهده شد در مطالعه Al- Omranو El-Maghraby به جز غلظت روی (Zn) تمامی غلظت های به دست آمده کم تر از مطالعه حاضر است. آن ها نیز بیان کردند که با افزایش فاصله از کارخانه از غلظت فلزات کاسته می شود و هم چنین حداکثر حضور آلاینده ها را تا فاصله ۲ کیلومتری از کارخانه عنوان کردند(۲۳). آنها نیز آلودگی خاک به عنصر Crرا بسیار شدید، آلودگی نسبت به عناصری چون As, Cd, Ni, Pb را متوسط تا نسبتا شدید و آلودگی به Zn را متوسط اعلام کردند. یعنی نسبت به کلیه فلزات سنگین اندازه گیری شده عنصر کروم بالاترین سطح آلودگی را به خود اختصاص داده که همان طور که در جدول شماره ۵-۱ مشاهده می شود با نتایج تحقیق حاضر همخوانی کامل دارد. غلظت کروم در نمونه های خاک این تحقیق برابر ۱۲۵/۵۷ppm اندازه گیری شده است.

در مطالعه دیگری که توسط Isikli و همکاران در سال ۲۰۰۳ انجام یافته است، میزان کروم در نمونه خاک در نزدیک ترین نقطه به کارخانه برابر ۹۲/۵۴ ppm اندازه گیری شده است(۱۰). هم چنین میزان کروم در تحقیق Banat و همکاران در سال ۲۰۰۵ در نمونه های خاک برابر ۸۳/۹۳ ppm به دست آمده است(۵). اما بر طبق نظریه سازمان بهداشت جهانی (WHO) غلظت کروم در خاک بین ۶۰-۲ متغیر است که تنها میزان بسیار کمی از آن وارد چرخه گیاهی می شود. هنوز مشخص نشده که آیا این عنصر مورد نیاز گیاه می باشد. اما عنوان شده است که میزان این عنصر در گیاهانی که در مناطق غیر آلوده با این عنصر می رویند، تنها ۰/۱۹ppm می باشد (۲۴).

**جدول ۵ - مقایسه میانگین غلظت فلزات در دیگر نقاط دنیا Al-Khashman and Shawabkeh, 2006 (mg kg-1)**

| عنصر | London | Aberdeen | Hong Kong | نتایج تحقیق حاضر |
|---|---|---|---|---|
| Pb | ۲۹۴ | ۹۴/۴ | ۹۳/۴ | ۳۱/۰۶ |
| Zn | ۱۸۳ | ۵۸/۵ | ۱۶۸ | ۸۴/۵۶ |
| Cd | ۱ | ---- | ۲/۱۸ | ۰/۳۶ |
| Cu | ۷۳ | ۲۷ | ۲۴/۸ | ۱۳۶/۳ |
| Cr | -- | ۲۳/۹ | --- | ۱۲۵/۵۷ |

در سال ۲۰۱۱، Al-oud و همکاران به مطالعه میزان غلظت فلزات سنگین در چهار فاصله ۵۰، ۲۰۰، ۸۰۰ و ۳۲۰۰ متری از کارخانه سیمان پرداختند و نشان دادند که میزان فلزات سنگینی چون سرب، مس و روی با افزایش فاصله از کارخانه سیمان کاهش می یابد(۲۵). هم چنین بیش ترین میزان غلظت عناصر کروم آهن آلومینیوم و روی در نزدیک ترین ایستگاه از کارخانه مشاهده شده است که این موضوع با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر کاملا مطابقت دارد. جدول زیر میزان به دست آمده از عناصر مختلف را در تحقیق Al-oud و در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد.

**جدول ۶- مقایسه غلظت فلزات سنگین این تحقیق با نتایج Al-oud *et al.*, 2011**

| عناصر | Al-oudوهمکاران 2011(ppm) | میزان به دست آمده در این پژوهش در نمونه های خاک(ppm) |
|---|---|---|
| Cd | ۱/۱ | ۰/۳۶ |
| Cr | ۵/۹ | ۱۲۵/۵۷ |
| Cu | ۳/۸ | ۱۳۶/۳ |
| Pb | ۴/۲۷ | ۳۱/۰۶ |
| Zn | ۱۵/۲۲ | ۸۴/۵۶ |

از دیگر تحقیقات در زمینه بررسی میزان کروم موجود در گردو غبارهای کارخانه سیمان می توان به مطالعه خرم زاده و همکاران در سال ۱۳۸۳ اشاره کرد. آن ها حداکثر میزان کروم را در گردوغبارهای اطراف کارخانه سیمان ppm ۹۵ محاسبه و آن را بیش از حد استاندارد معرفی کردند(۹). همان طور که مشاهده می شود این میزان از میزان کروم به دست آمده در خاک اطراف کارخانه سیمان نکا پایین تر می باشد ( ppm ۱۲۵/۵۷). این نمایانگر شدت آلودگی به این عنصر در اطراف کارخانه سیمان نکا است. هم چنین گفته شد که نقش سرطان زا بودن این عنصر نسبت به سایر عناصر سنگین (آرسنیک، کادمیوم، نیکل و کبالت) بسیار بیش تر است. هم چنین صادقی روش و خراسانی در سال ۱۳۸۸ با مطالعه بر تاثیر گرد و غبارهای کارخانه سیمان آبیک روی پوشش گیاهی نتیجه گرفتند که از فاصله ۴۰۰ متری کارخانه به بعد میزان اکسید کلسیم (Cao) به شدت کاهش یافته و دلیل آن را وجود کمربند سبزی از گونه چنار (*Platanousorintalis*) در اطراف کارخانه عنوان کردند. هم چنین بیش ترین محدوده انتشار آلودگی این کارخانه را تا شعاع بین ۲۰۰ تا۴۰۰ متری از کارخانه مطرح کردند(۱۱).

در نهایت می توان این طور بیان کرد که صنعت سیمان نقش به سزایی در بالا بردن غلظت فلزات آلاینده ای چون، Al، As، Cd، Co، Cr، Cu، Fe، Hg، Mn و Ni در محیط اطراف دارد و شدت این آلودگی در حواشی کارخانجات بیش تر بوده و با فاصله گرفتن از حاشیه کارخانه از غلظت این دسته از آلاینده ها کاسته می شود.

**منابع**

1. Akeredolu, F.A., Ilaniyi, H.B., Adejumo, J.A., Obioh I.B., Asubiojo. O.I., and Oluwole, A.F., 1994. Determination of elemental composition of TSP from cement industries in Nigeria using EXDREF TECHNIQUES. Nuclear Instrument and Methods in physics research A 353: 542-545.

2. Iqbal, M.Z. and M Shafig. 2001. Periodical effect of cement dust pollution on the growth of some plant species. Turk J Bot. 25: 19-24.
3. Salt D. E., Smit, R. D., Raskin I. 1998. Phytoremediation, Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 49: 643−668.
4. Bin Chen, T., Ming Zheng, Y. Lei, M., Chun Huang, Z., Tao Wu, H., Chen, H., Ke Fan, K., Yu, K., Wu, X., ZhengTian, Q., 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere 60; 542-551.
5. Banat, K.M., Howari, F.M., Al-Hamad, A.A., 2005. Heavy metals in urban soils of central Jordan: should we worry about their environmental risks. Environmental Research 97, 258-273.
6. Chen, T.B., Wong, W.J.C., Zhou, H.Y., Wong, M.H., 1997. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hong Kong. Environmental Pollution 96; 61-68.
7. Chen, T.B., Ming Zheng, Y. Lei, M., Chun Huang, Z., Tao Wu, H., Chen, H., Ke Fan, K., Yu, K., Wu, X., ZhengTian, Q., 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere 60; 542-551.

۸. حضرتی، صادق، رضازاده آذری، منصور، صادقی، هادی، رحیم، سهیلا، بررسی غلظت گردو غبارهوای محیط کار در کارخانه سیمان اردبیل، ۱۳۸۸،

۹. خرم زاده، محمدرضا، خوانین، علی، مرتضوی، سید باقر، اصیلیان، حسن، سلیمانیان، اردلان، ارزشیابی کروم شش ظرفیتی (محلول و نامحلول در آب) عامل ایجاد سرطان ریه در گرد و غبارهوای محیط کار واحد بارگیرخانه یک کارخانه تولید سیمان پرتلند تیپ پوزولانی، چهارمین همایش سراسری بهداشت حرفه ای ایران. همدان، ۱۳۸۳، ص ۷۰۵-۷۱۰.

10. Isikli, B., Demir, T.A., Urer, S.M., Berber, A., Akar, T., Kalyoncu, C., 2003. Effects of chromium exposure from a cement factory, Environmental Research 91; 113–118.

۱۱. صادقی روش، محمد حسن، خراسانی، نعمت الله، بررسی آثار گردو غبار ناشی از صنایع سیمان بر تنوع و تراکم پوشش گیاهی (مطالعه موردی کارخانه سیمان آبیک)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳۸۸، دوره دهم، شماره یک.

12. Yhdego M., 1992. Epidemiology of industrial environmental health in Tanzania. Environ. Int. 18(4):381-387.
13. Pilcher, N.J., 1999. Cement Dust Pollution as a Cause of Sea Turtle Hatchling Mortality at Ras, Marine Pollution Bulletin. 38 (11), 966-969.
14. Al-Khashman, O.A, Shawabkeh, R.A., 2006. Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan, Environmental Pollution 140; 387-394.
15. Baby, S., N. A. Singh, P. Shrivastava, S. R. Nath, S. S. Kumar, D. Singh and K. Vivek 2008. "Impact of dust emission on plant vegetation of vicinity of cement plant." Environmental Engineering and Management Journal7 (1): 31-35.
16. Mishra, G. P., 1991. Impact of industrial pollution from a cement factory on water quality parameters at Kymore. Environment and Ecology 9(4): 876-880.

۱۷. حاج علیلو، ب.، وثوق، ب.، ۱۳۸۸. زمین شناسی پزشکی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ۲۵۵ ص

۱۸. صفوی، سید یحیی، علیجانی، بهلول، بررسی عوامل جغرافیایی درآلودگی هوای تهران، پژوهش های جغرافیایی، ۱۳۸۵، شماره ۵۸، ص ۹۹-۱۱۱.

۱۹. ملاشاهی، مریم، علیمحمدیان، حبیب، حسینی، سید محسن، فیضی، وحید، ریاحی بختیاری، علیرضا، پهنه بندی آلودگی هوای تهران به فلزات سنگین با استفاده ازبرگ های گونۀ توت، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۳۹۲، شمارۀهفتم، ص۶۹ -۸۴.

20. Halek F, Kavouci A, Montehaie H. 2004. Role of motor-vehicles and trend of air borne particulate in the Great Tehran area, Iran. *Int J Environ Health Re*s.14:307 – 313.

21. Alwadi, A.R., 1999. Manual of oceanographic observation and pollutant analysis method (MOOPAM), 261 PP.

۲۲. کلانتری، نصرالله، سجادی، زهرا، مکوندی، منوچهر، کشاورزی، محمدرضا، خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه، با تاکید بر آلودگی فلزات سنگین، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، ۱۳۹۰، شماره ۴، ص ۳۳۳-۳۴۲

23. Garcia, R., Millan, E., 1998. Assessment of Cd, Pb and Zn contamination in roadside soils and grasses from Gipuzkoa (Spain). Chemosphere 37 (8); 1615-1625.

۲۴. ملاشاهی، مریم، پهنه بندی آلودگی هوای تهران با مگنتومتری خاک و برگ گونه های کاج، زبان گنجشک و توت، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی،۱۳۹۲، ۱۸۳ ص.

25. Al-Omran, A.M., El-Maghraby, S.E., Nadeem, M.E.A., El-Eter A.M., and Al-Qahtani, S.M.I., 2011. Impact of Cement Dust on Some Soil Properties around the Cement Factory in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia 11 (6): 840-846.

26. World Health Organisation (WHO), 1998. Chromium Environmental Health Criteria No. 61. WHO, Geneva.

27. Al-Oud, S.S., Nadeem, M.E.A., Al-Shbel, B.H., 2011.Distribution of heavy metals in soil and plants around a cement factory in Riyadh city, central of Saudi Arabia, American-Eurasian J. Agric and Environ. Sci, 11 2; 183-191.