

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ژورنال کلاب

مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست

گردآورنده: سید محمد فعال رستگار

استاد راهنما: خانم دکتر توکلی ثانی

تاریخ ارائه: 1403/03/07

عنوان

Risk assessment of Benzene, Toluene, Ethyl benzene, and Xylene (BTEX) in the atmospheric air around the world: A review

ارزیابی خطر بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (BTEX) در هوای جوی در سراسر جهان: یک مقاله مروری

هدف اصلی

ترکیب و خلاصه کردن دانش قابل دسترس در مورد ارزیابی ریسک BTEX برای به دست آوردن یک دید کلی از این موضوع

نوع مطالعه

مقاله مروری

Title	Subject Category	Publisher/Holder	IF	IF Quartile	CiteScore	CiteScore Quartile	H-Index	Indexed in	Details
Toxicology in Vitro ISSN/ISBN: 0887-2333, 1879-3177	General Medicine Toxicology	Elsevier	3.200	Q2	6.80	Q2	120	ISI, Scopus, PubMed, Embase	

Title: Toxicology in Vitro

Publication Type: Journal

ISSN/ISBN: 0887-2333, 1879-3177

Indexed in: ISI, Scopus, PubMed, Embase

Publisher/Holder: Elsevier (from 1987-8-1 vol 1)



Journal Metrics:	IF:	3.2		IF (5 year):	3.3	JCI:	0.91
	Eigen Factor:	0.0058		Immediacy:	0.5	Cited Halflife:	7.7
	CiteScore:	6.8		SNIP:	0.785	SJR:	0.666

ISI Rankings:	Subject	Rank 	Quartile 	Percentile 
	Toxicology (SCIE)	26/94	Q2	N/A

Scopus Rankings:	Subject	Rank 	Quartile 	Percentile 
	Toxicology	33/124	Q2	73%

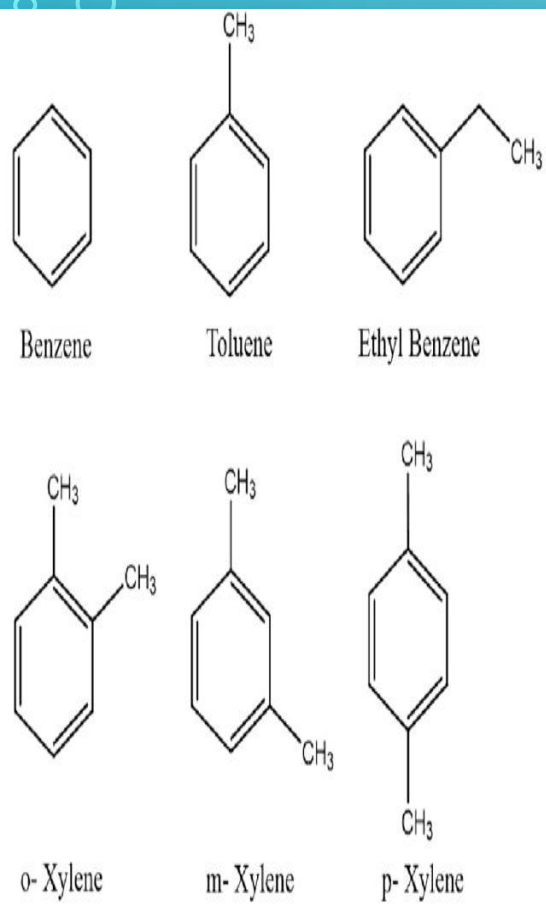
مقدمه

از آغاز صنعتی شدن، وجود آلاینده‌های هوا - به دلیل فعالیت‌های طبیعی و انسانی - در بیوسفر به‌عنوان یک نگرانی اساسی در نظر گرفته شده است.

این آلاینده‌ها از طریق باد، باران و برف به اتمسفر و سطح زمین منتقل می‌شوند و منجر به اثرات نامطلوب غیرقابل برگشت هم بر محیط زیست و هم بر انسان می‌شود.

آلاینده‌های هوا شامل ذرات معلق، گازها، ذرات بسیار ریز و فلزات سنگین هستند که برخی از رایج‌ترین ترکیبات عبارتند از CO_2 ، SO_2 ، CO ، NO ، NO_2 ، O_3 و ترکیبات آلی فرار.

یکی از گروه‌های بدنام VOC های سمی - معروف به "BTEX" - از چهار عضو تشکیل شده است: بنزن، تولوئن، اتیل-بنزن، و ایزومرهای مختلف زایلن.



مقدمه

BTEX علاوه بر اثرات مضر خود بر گرمایش جهانی و تشکیل ازن تروپوسفر، آسیب های سرطان زا و غیر سرطان زا را بر انسان تحمیل می کند.

فراوان ترین منابع BTEX به شرح زیر است: بنزین، آگروز وسایل نقلیه، فعالیت های انسانی و منابع زیست زایی که ساکنان مناطق شهری و همچنین کارگران این صنایع را به خطر می اندازند.

روش های مختلف پتروشیمی و حوادثی که در استخراج گاز و نفت رخ می دهند - مانند انفجار خطوط لوله، نشت نفت و ذخایر نفت خام به انتشار BTEX در هوا، خاک و آب کمک می کنند. علاوه بر این، حلال ها و مواد شیمیایی - به عنوان مثال، نفتا - که در صنایع پتروشیمی استفاده می شوند، حاوی طیف وسیعی از VOC های مختلف مانند BTEX هستند که به راحتی در هوا تبخیر می شوند و باعث آلودگی می شوند.

مقدمه

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده این آلاینده ها را با توجه به میزان آسیبی که بر زندگی انسان وارد می کند به ۳ گروه طبقه بندی کرده است.

بنزن، به عنوان یک عضو گروه ۱، یک ماده شیمیایی سرطان زا برای انسان است. اتیل بنزن، به عنوان عضوی از گروه B2، یک ماده شیمیایی سرطان زای حیوانی است و تولوئن و همچنین زایلن، به عنوان اعضای گروه ۳، اثرات منفی غیر سرطان زا از خود نشان می دهند.

اعضای BTEX مولکول های کوچکی هستند که ویژگی های چربی دوست را نشان می دهند که به نفوذ آنها به بدن انسان کمک می کند، قرار گرفتن در معرض این آلاینده های هوا از طریق سه مسیر اصلی اتفاق می افتد:

۱. استنشاق ۲. بلعیدن ۳. نفوذ پوستی

استنشاق به عنوان مسیر اصلی در نظر گرفته می شود.

اهداف

هدف اصلی

ترکیب و خلاصه کردن
دانش قابل دسترس در مورد
ارزیابی ریسک BTEX برای
به دست آوردن یک دید
کلی از این موضوع

اهداف فرعی

افزایش درک کلی از
این موضوع

ارائه بینش‌های
مختلف در رابطه با
موضوع

روش کار

پایگاه داده های مورد استفاده:

SCIENCE DIRECT

WEB OF SCIENCE

SCOPUS

GOOGLE SCHOLAR

طراحی مطالعه (Setting):

نوع مطالعه: مقاله مروری

روش جمع آوری کلیه مطالب و اطلاعات
مربوطه: جستجو با کلیدواژه های «آلودگی
هوا»، «BTEX و سمیت»، «ارزیابی خطر
سرطان» و «مدیریت ریسک» است.

روش کار

مقایسه غلظت BTEX در مناطق مختلف

Comparison of BTEX concentration in different regions.

Benzene	Ethyl Benzene	Toluene	Xylenes	References
142.2	10.48	122.3	10.53	Delhi, outdoor, (Wollin et al., 2020)
2.63	15.28	15.78	3.46 (p-Xylene)	Leon, outdoor, (Cerón Bretón et al., 2020)
5.42	3.97	11.23	8.32 (p-Xylene)	Carmen, outdoor (Cerón et al., 2013)
4.52	1.44	12.36	2.04	Paris, outdoor, (Monod et al., 2001)
16.7	6.8	40.5	17	Algeria, outdoor, (Kerchich and Kerbachi, 2012)
2.73	3.86	16.56	13.85	Sakaka, outdoor, (El-Hashemy and Ali, 2018)
3.54	2.34	161.37	12.21	South Korea, outdoor, (Kashyap et al., 2019)
8.98	2.69	24.79	14.63	Delhi, outdoor, (Kashyap et al., 2019)
27.2	12.0	29.3	32.7	Hebei, outdoor, (Liu et al., 2015)
9.2	4.4	14.5	11.1	Beijing, outdoor in table (Liu et al., 2015)
7.7	17	43	23	Jordan, indoor, (Als bou and Omari, 2020)
34.4	28.0	58.9	88.3	Hebei, indoor, (Liu et al., 2015)
723	373	545	710	Kuwait, gas station, (Al-Harbi et al., 2020)
30.30	7.04	12.09	20.20	Shiraz, bus terminal, (Dehghani et al., 2018)
1.78	0.51	5.19	1.13	Ahvaz, outdoor, (Rad et al., 2014)
32.40	62.38	16.10	13.82	Ardabil, indoor, (Baghani et al., 2018)
2.29	0.8	5.52	4.47	Maragheh, outdoor, (Behnami et al., 2023)
75.1	54.8	34.1	19.5	Tehran, indoor, (Dehghani et al., 2019)
224.88	489.27	475.64	865.96	Tehran, bus terminal, (Golkhorshidi et al., 2019)
466.09	493.05	873.13	910.57	Tehran, CNG station, (Baghani et al., 2019)
3.19	1.54	6.08	2.34	Asaloyeh, outdoor, (Tarassoli et al., 2019)
238	69	130	118	Tehran, outdoor, (Asadi and Mirmohammadi, 2017)

نتایج و بحث

❖ اعضای BTEX از طریق مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم خطری را بر سلامت انسان تحمیل می کنند. نفوذ آنها از طریق استنشاق مسیر مستقیمی است که منجر به مشکلات جدی سرطان زا و غیر سرطان زا می شود و سهم آنها در تشکیل ازن و NO_2 غیرمستقیم تلقی می شود. به عبارت دیگر، واکنش های فتوشیمیایی مختلف در هوا با استفاده از تبدیل BTEX به شکل پراکسی خود (RO_2) کمک می کند.

مسیرهای قرار گرفتن در معرض BTEX

استنشاق

❖ رادیکال های هیدروکسیل ($\text{OH}^\bullet$) که NO_2 را از طریق یک واکنش فتوشیمیایی با NO تشکیل می دهند. در مرحله بعد، مولکول NO_2 با BTEX در هوا واکنش می دهد که منجر به تشکیل ازن تروپوسفر (O_3) می شود. استنشاق غلظت بالای ازن منجر به مشکلات تنفسی، سوزش چشم، عفونت های بدن و اثرات نامطلوب بر محصولات کشاورزی و همچنین اکوسیستم می شود.

نتایج و بحث

❖ مصرف آلاینده های BTEX از طریق آب و هوا خطرات قابل توجهی برای سلامتی انسان به همراه دارد. از آغاز قرن بیست و یکم، با پیشرفت فناوری و روش های حفاری، "رونق گاز شیل" - یکی از اکتشافات غیر متعارف گاز طبیعی (UNG) با استفاده از شکاف هیدرولیکی (HF) افزایش یافته است. با توجه به توسعه UNG، غلظت آلاینده های هیدروکربنی، چه در هوا یا آب، افزایش یافته است.

❖ علاوه بر آب های زیرزمینی، آب های سطحی (یعنی دریاها و اقیانوس ها) و اکوسیستم آن نیز توسط این آلاینده ها در معرض خطر هستند که سلامت انسان را نیز تهدید می کنند.

مسیرهای قرار گرفتن در معرض BTEX

گوارشی

نتایج و بحث

❖ جذب پوستی BTEX یک فرآیند جنبشی است و به آبریزی، اندازه مولکولی و توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی این مواد شیمیایی بستگی دارد.

❖ بر این اساس، مسیر پوستی، به ویژه برای پلیس ها و آتش نشانانی که در معرض مواد شیمیایی و آلاینده های خطرناک هستند، بسیار نگران کننده است.

❖ در یک تحقیق، مشخص شد که شار جذب بنزن (JSS) در طول مواجهه پوستی در محدوده ۹۹-۱۸۵۵ میکروگرم بر سانتی متر مربع در ساعت در معاینات آزمایشگاهی است.

مسیرهای قرار گرفتن در معرض BTEX

پوستی

سمیت BTEX

❖ سمیت BTEX استنشاق مسیر اصلی ورود اعضای BTEX به بدن انسان است. علاوه بر این، دودهای ترافیکی و نفت منابع اصلی این مواد شیمیایی سمی و خطرناک هستند. بنابراین، کارکنان کارخانه‌های پتروشیمی و محیط‌های کاری آلاینده بیشتر در معرض این VOC های سمی هستند.

❖ با توجه به گزارشات، قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض این مواد شیمیایی منجر به عوارض زیادی مانند تحریک، آسیب به سیستم عصبی و تنفسی، سردرد و سرگیجه می شود. در عین حال، قرار گرفتن در معرض مزمن باعث ایجاد ناراحتی های کلیوی، خونی و کبدی در بزرگسالان می شود.

❖ مشکلات عصبی رشدی و آموزشی در کودکان ناشی از مواجهه مزمن دوران بارداری و دوران کودکی با این گروه از VOC ها است.

نتایج و بحث

شایع ترین مشاغل با قرار گرفتن در معرض BTEX

most prevalent occupations with exposure to BTEX

Occupation	Benzene ($N_{\text{jobs}} = 496$) %	Toluene ($N_{\text{jobs}} = 659$) %	Xylene ($N_{\text{jobs}} = 371$) %
Motor vehicle mechanic and repair	13.9	9.7	17.3
Food and beverage service workers	0	10.5	0
Logging and timber-related occupations	9.3	0.5	0
Carpentry, cabinet and wood furniture making	7.9	9.3	9.7
Shoemaking and repair	4.6	3.6	6.2
Printing Press	2.8	2.7	3.2
Painting, paperhangers and decorating	4.0	5.6	8.1
Firefighters	2.4	1.8	1.6
Service station attendants	1.0	0.75	1.3

سمیت BTEX

نتایج و بحث

اثرات نامطلوب مواجهه طولانی مدت با VOC های سمی

adverse effects of long-term exposure to toxic VOCs

Respiratory symptoms	Mental health effects	Latent Health conditions	Positive Biomarkers
Wheezing and breathlessness	Psychological stress	Skin cancer	Structural chromosomal alteration
Nocturnal breath shortness	Depression	Lung Cancer	Elevated levels of vascular endothelial growth factors
Chronic cough	Post-traumatic stress disorder	Reproductive toxic effects	Elevated levels of basic fibroblast growth factor
Lower respiratory tract symptoms	Elevated anxiety disorder	Developmental toxic effects	Elevated 8-isoprostane levels in exhaled breath

سمیت BTEX

نتایج و بحث

❖ با توجه به اهمیت موارد گزارش شده آسیب دیده در اثر مواجهه مزمن با این مواد سمی و خطرناک، لازم است تا خطرات BTEX ارزیابی شود. برای این منظور، چندین فرمول و پارامتر برای کمک به اندازه‌گیری محدودیت‌های استاندارد تعریف شد.

❖ CR و HQ به ترتیب اشکال مخفف خطر سرطان و ضریب خطر هستند.

❖ CR نشان می‌دهد که یک ماده شیمیایی دارای اثرات سرطان‌زا است و HQ به اثرات نامطلوب غیرسرطان‌زا اشاره دارد.

❖ طبق EPA ایالات متحده، در مورد BTEX، سطح استاندارد HQ و خطر ابتلا به سرطان در طول عمر (LTCR) باید به ترتیب زیر یک و کمتر از ۱۰-۶ باشد.

ارزیابی ریسک

نتایج و بحث

ارزیابی ریسک

معادلات ریاضی مورد استفاده برای این اصطلاحات

$$EC = (CA \times ET \times EF \times ED) / AT$$

CA غلظت شیمیایی مورد نظر (میکروگرم بر مترمکعب) است.

ET زمان قرار گرفتن در معرض (H/D) است.

EF فرکانس نوردهی (D/Y) است،

ED مدت زمان قرار گرفتن در معرض (Y) است،

AT میانگین طول عمر ماده شیمیایی (H) است.

نتایج و بحث

ارزیابی ریسک

معادلات ریاضی مورد استفاده برای این اصطلاحات

$$HQ = EC/RFC$$

RFC غلظت مرجع مزمون برای ماده شیمیایی مورد نظر است (میکروگرم بر مترمکعب).

$$CR = IUR \times EC$$

IUR خطر واحد استنشاق ماده شیمیایی است (میکروگرم بر مترمکعب).

ارزیابی ریسک قرار گرفتن در معرض BTEX و سطوح آن را در مناطق مختلف و متمایز

مطالعه‌ای در تایلند بر روی کارگران ایستگاه‌های نفت در سه منطقه مختلف، یعنی مناطق شهری، حومه‌ای و روستایی متمرکز شد تا احتمال ابتلا به سرطان را تخمین بزند. میانگین BTEX LTCR در تمام این سه منطقه در محدوده $1.4 \times 10^{-5} - 8.0 \times 10^{-5}$

بود که به طور قابل توجهی خطرناک است، و خطرناک ترین منطقه حومه شهر بود که در آن کارخانه ها و صنایع قرار دارند.

در ژاپن طی چهار فصل، سه پمپ بنزین مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. غلظت قرار گرفتن در معرض بنزن و تولوئن و همچنین نسبت بنزن به تولوئن در بهار بسیار بیشتر از زمستان بود. این نتایج به دلیل تفاوت دما و محتوای بنزین بود. خطر سرطان مادام العمر اندازه گیری شده برای کارگران سوخت گیری 2.2×10^{-5}

بود که نشان دهنده احتمال خطر ابتلا به سرطان بود.

در یک بررسی در چین، هوای داخل خانه، هوای محیط و آب آشامیدنی مورد مطالعه قرار گرفت. سطح بنزن و اتیل بنزن حاصل بالاتر از ۵ میکروگرم بر متر مکعب بود و LTCR این مواد شیمیایی بین سطح قابل قبول و قابل تحمل یعنی 1×10^{-6} و 1×10^{-4}

بود، بنابراین ساکنان در معرض خطر بالقوه سرطان قرار داشتند. با این حال، نسبت HQ کمتر از واحد بود و سمیت غیرسرطان‌زایی پایینی را نشان داد.

ارزیابی ریسک قرار گرفتن در معرض BTEX و سطوح آن را در مناطق مختلف و متمایز

یک تحقیق در شهر آراد رومانی نشان داد که میانگین LTCR بنزن در این شهر در زمستان حدود

$$3 \times 10^{-5}$$

است که نشان دهنده خطر احتمالی سرطان در صورت قرار گرفتن طولانی مدت است. علاوه بر این، غلظت BTEX در طول زمستان بیشتر از تابستان بود.

در یک مطالعه در پنج بخش مختلف یک کارخانه فولاد، غلظت بنزن در بخش های پالایش بنزوئیل، بیوشیمی و انرژی بالاتر از حد استاندارد بود. LTCR برای بنزن و اتیل بنزن به ترتیب

$$2.9 \times 10^{-5} \text{ و } 2.5 \times 10^{-6}$$

بود. علاوه بر این، نسبت HQ تولوئن و بنزن برای کارکنان با سابقه کاری نزدیک به سی سال بالاتر از ۱ بود.

بر اساس یک مطالعه در ایالات متحده، اثرات نامطلوب BTEX در پمپ بنزین‌هایی که در فاصله بسیار کمی از یکدیگر قرار داشتند، مشابه یک خوشه، مضرت‌تر بود. با توجه به نتایج، ارزیابی LTCR بنزن در خوشه ای از پمپ بنزین ها

$$9.86 \times 10^{-6}$$

است، اما در یک پمپ به

$$2.45 \times 10^{-6}$$

کاهش می یابد.

ارزیابی ریسک قرار گرفتن در معرض BTEX و سطوح آن را در مناطق مختلف و متمایز

در یک بررسی در دلتای نیجر، طی یک دوره ۳ ساله، نشان داده شد که LTCR بنزن برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۰.۶۵ و ۰.۳۰ بود که بسیار بالاتر از حد پیشنهاد شده توسط EPA و WHO ایالات متحده است. علاوه بر این، نسبت HQ BTEX نیز بالاتر از واحد بود.

بخاری های غیر برقی - به ویژه نفت سفید، گاز بدون فلوت و بخاری های چوبی - یکی از منابع خانگی انتشار BTEX هستند که در برخی موارد کیفیت هوای داخل ساختمان نسبت به فضای باز پایین تر است.

در یک مطالعه در اردن، نشان داده شد که LTCR بنزن و اتیل بنزن در خانه هایی که از بخاری های نفتی استفاده می کنند، به ترتیب 8.4×10^{-6} و 10^{-5} بود.

میانگین خطر سرطان در طول زندگی طبقه بندی شده بر اساس مناطق

The average lifetime cancer risk classified by zones

Concentration value used	Urban ($n = 48$)	Suburban ($n = 60$)	Rural ($n = 42$)
Individual	1.8×10^{-5} – 5.1×10^{-5}	1.9×10^{-5} – 8.0×10^{-5}	1.4×10^{-5} – 4.7×10^{-5}
50th Percentile	1.4×10^{-5} – 4.9×10^{-5}	2.2×10^{-5} – 7.9×10^{-5}	1.3×10^{-5} – 4.7×10^{-5}
95th Percentile	2.9×10^{-5} – 1.0×10^{-4}	3.1×10^{-5} – 1.1×10^{-4}	2.9×10^{-5} – 1.0×10^{-4}

نتایج و بحث

❖ بنزن در میان ۲۰ ماده شیمیایی تولید شده در ایالات متحده است و اثرات نامطلوب آن بسیار نگران کننده است.

❖ افرادی که در سطوح بیشتری قرار دارند آسیب پذیر هستند. با این حال، قرار گرفتن مکرر در معرض غلظت کم - کمتر از ۰.۱ PPM از این ماده شیمیایی برای مدت طولانی، عواقب مخرب جبران ناپذیری نیز ایجاد می کند.

❖ بنزن در بدخیمی های خونی مانند لوسمی حاد میلوزن، اختلالات خونساز و برخی از انواع سرطان های خونی، سندرم های میلودیسپلاستیک و بدخیمی لنفوئیدی، سیتوپنی و کم خونی، سرطان ریه، پروستات و سرطان کولورکتال نقش دارد.

سرطان زایی، جهش زایی و تراژوژنیت
BTX

بنزن

بنزن

متابولیت های بنزن منجر به تغییر کروموزومی، یعنی جابه جایی های کروموزومی و وارونگی در سلول های خون محیطی می شود، که در ارتباط با عملکردهای ترمیم DNA، باعث بی ثباتی ژنومی و تولید تومور می شود.

طبق تحقیقاتی که با استفاده از C_{14} و خواص رادیواکتیو آن انجام شد، کارشناسان دریافتند که اکسید بنزن و P-BQ پیوندهای کووالانسی با رشته های DNA در کبد و مغز استخوان در مطالعه IN-VIVO تشکیل می دهند که همراه با سایر عوامل ممکن است منجر به سمیت خونی شود.

اگرچه بنزن و متابولیت های آن به عنوان مواد شیمیایی ضعیف جهش زا یا غیر جهش زا در شرایط آزمایشگاهی در نظر گرفته می شوند، اما می توانند اثرات جهش زا را در داخل بدن ایجاد کنند.

نتایج و بحث

❖ به عنوان یکی از اعضای گروه B2، اتیل بنزن، یکی از مواد شیمیایی ایجاد کننده سرطان در حیوانات است.

❖ تولوئن به عنوان یک حلال آلی فرار و محلول در چربی به طور گسترده در صنایع مختلف استفاده می شود. قرار گرفتن در معرض مزمن شغلی با این ماده شیمیایی دارای طیف گسترده‌ای از اثرات منفی است - از ریزش مو و مشکلات تنفسی گرفته تا آسیب رساندن به سیستم عصبی.

❖ تولوئن با تومورزایی در بدن انسان ارتباط دارد.

❖ زایلن، یکی دیگر از اعضای فرار BTEX، به راحتی از طریق استنشاق جذب می شود و به دلیل خاصیت چربی دوست، به بافت ها و سلول های بدن نفوذ می کند. با این حال، این ماده شیمیایی در گروه ۳ طبقه بندی می شود که غیر سرطان زا محسوب می شود.

سرطان زایی، جهش زایی و تراژوژنیت
BTEX

اتیل بنزن، تولوئن و
زایلن

نتایج و بحث

❖ مدیریت ریسک با توجه به افزایش نرخ صنعتی شدن و توسعه زندگی شهری که منجر به افزایش انتشار آلاینده ها می شود، ساکنان زمین به ناچار نمی توانند از قرار گرفتن در معرض BTEX جلوگیری کنند. بنابراین، ارائه راه حل های نجات دهنده برای مدیریت خطرات حیاتی است.

❖ در این راستا اقدامات متعددی در حال انجام است: برقی سازی حمل و نقل با استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، استفاده از دستگاه های پیشرفته بازرسی آلاینده ها، بازطراحی مناطق شهری به منظور کاهش نیاز حمل و نقل توسط خودرو، و افزایش سیستم حمل و نقل ریلی برای مردم و حمل و نقل در داخل شهر.

❖ با رشد گیاهان، می توان میزان آلاینده های هوا و اثرات نامطلوب آنها را کاهش داد و کنترل کرد.

مدیریت ریسک

نتایج و بحث

❖ گیاهان به عنوان یکی از عوامل اصلی موثر در کاهش میزان سموم هوا محسوب می شوند.

❖ همچنین گیاهان زینتی که در شرایط نور کم رشد می کنند، می توانند با جذب BTEX به ویژه بنزن، به دلیل اندازه کوچکتر، به تصفیه هوا کمک کنند و در نتیجه سطح BTEX را کاهش دهند.

❖ علاوه بر هوا، آلودگی آب نیز نگران کننده است.

❖ پاکسازی آب در دو شرایط هوازی و بی هوازی انجام می شود. با این حال تجزیه زیستی هوازی در مورد BTEX موثرتر است. به لطف جوامع میکروبی موجود در رسوبات آبخوان، با وارد کردن جریان هوای کم سرعت به این رسوبات آبخوان، تجزیه زیستی هوازی انجام می شود.

مدیریت ریسک

نتیجه گیری

از آنجایی که BTEX آلاینده های بدن نام هوا هستند که زندگی انسان ها و همچنین محیط زیست آنها را به خطر می اندازند، این مواد شیمیایی باید بسیار جدی تر مورد توجه قرار گیرند.

با توجه به این واقعیت که تعامل دو یا چند عامل با یکدیگر ممکن است منجر به اتفاق جدی تری شود که به آن "اثر هم افزایی" می گویند، هنگامی که BTEX آزاد می شود، ممکن است با آلاینده های دیگری که از قبل در گازهای بیوسفر وجود دارد مواجه شوند

استراتژی ها یا اقداماتی که می توان برای کاهش خطرات مرتبط با قرار گرفتن در معرض BTEX انجام داد:

استفاده از مواد جایگزین یا تغییرات در فرآیندهای صنعتی، تغییرات فیزیکی در محل های کار (مانند بهبود سیستم های تهویه یا استفاده از تجهیزات حفاظت فردی)، کنترل های اداری شامل تغییرات در رویه ها و مقررات محل کار، و نظارت منظم بر سطح BTEX در محیط.

با تشکر از حسن توجه شما

