



City Health Journal
Şehir Sağlığı Dergisi



ŞEHİR SAĞLIĞI DERĐİSİ/ CITY HEALTH JOURNAL (CHJ)

Cilt/ Volume: 4

Sayı/Number: 1
Ekim/October 2023

Yayın Dili/ Publishing Language
Türkçe/İngilizce

E ISSN: 2718-0328

Yayın Türü/Type of Publication
Yaygın Süreli Yayın/Peer Reviewed
Academic Journal

Yayın Periyodu/Publishing Period
Dört ayda bir (Şubat, Haziran, Ekim aylarında) yayımlanır/Three times a year (February, June, October)

Dergi Atıf Adı/Journal Name
Şehir Sağlığı Dergisi (SSD)
City Health Journal (CHJ)

Derginin Sahibi/Owner
Alban Tanıtım Ltd. Şti.

Yazı İşleri Müdürü/ General Publication Director
S. Bahar Alban

Yönetim Yeri - Akademik İçerik Danışmanlığı ve Hazırlık/Management Location - Content Advisor
Alban Tanıtım Ltd. Şti.
Tunalı Hilmi Cad. Büklüm Sokak No: 45/3
Kavaklıdere/Ankara Tel: 0.312 430 13 15
e-mail: editor@albantanitim.com.tr
web: www.albantanitim.com.tr

Tasarım ve Uygulama/Graphic Design
Alban Tanıtım Ltd. Şti.

Tashih/Proofreading
S. Bahar Alban

EDİTÖRLER/EDITORS

Prof. Dr. E. Didem Evcı Kiraz, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

EDİTÖR YARDIMCISI/ASSOCIATE EDITOR

Öğr. Gör. Ayşen Özmen Kervan,
İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu / İzmir Kavram Vocational School

(PhD) Tarık Özdemir,
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi / Aydın Adnan Menderes University

YAYIN KURULU/INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. F. Nur Baran Aksakal,
Gazi Üniversitesi / Gazi University

Doç. Dr. Gül Sayan Atanur,
Bursa Teknik Üniversitesi / Bursa Technical University

Doç. Dr. Burçak Başbuğ Erkan,
Coventry Üniversitesi, Enerji, İnşaat ve Çevre Bölümü, İngiltere

Dr. Ayşe Çağlayan,
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı / Environment and Urban Ministry

Prof. Dr. Mariana Golumbeanu,
Ulusal Deniz Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü "Grigore Antipa" / BENA Başkan Yardımcısı, JEPE Yayın Kurulu Üyesi/Romanya / National Institute for Marine Research and Development "Grigore Antipa", Vice President of BENA / Romania

Doç. Dr. Kambod Amini Hosseini,
Risk Yönetimi Araştırma Merkezi, Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Enstitüsü, IIEES Tahran, İran / /Risk Management Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

Prof.Dr. Veysel Işık,
Ankara Üniversitesi / /Ankara University

Prof. Dr. E. Didem Evcı Kiraz,
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi / Aydın Adnan Menderes University

Prof. Dr. Işıl Maral,
İstanbul Medeniyet Üniversitesi / Istanbul Civilization University

Prof. Dr. Erkan Pehlivan,
İnönü Üniversitesi / İnönü University

Dr. Salih Kenan Şahin,
Eski Pendik Belediye Başkanı / Former Pendik Mayor

Prof. Dr. Handan Türkođlu,
İstanbul Teknik Üniversitesi / Istanbul Technical University

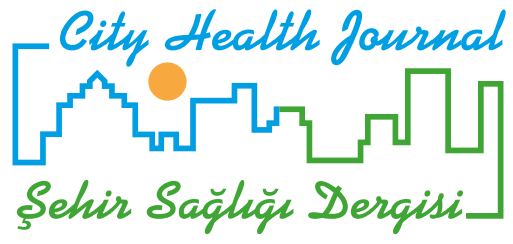
Doç. Dr. Belgin Yıldırım,
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi / Aydın Adnan Menderes University

*İsme göre alfabetik sırada/In alphabetical order by Name
Şehir Sağlığı Dergisi ulusal hakemli bir dergidir. Yayımlanan makalelerin sorumluluğu yazarına/ yazarlarına aittir.
The City Health Journal is a national refereed journal. Authors bear responsibility for the content of their published articles.

İÇİNDEKİLER

TABLE OF CONTENTS

<p><i>DERLEME / REVIEW</i></p> <p>Scenario – Based Approach to Determine Exhaust Pollutant Emissions From Heavy Duty Road Traffic Along a Segment of the Pan-European Corridor 10 <i>Nikola Manev & Dame Dimitrovski</i></p>	<p>01</p>
<p><i>DERLEME / REVIEW</i></p> <p>Combining Different Fossil Fuel Types Used in Cement Industry With Rdf as Alternative Fuel and Analyzing the Environmental and Economic Impact <i>Monika Uler Zefikj & Dame Dimitrovski & Risto Filkoski</i></p>	<p>12</p>
<p><i>DERLEME / REVIEW</i></p> <p>Hava Kirliliği ve Otizm Arasındaki Bağın İncelenmesi <i>The Relationship between Air Pollution and Autism</i> <i>Belgin Yıldırım & Emine Didem Evcı Kiraz & Tank Özdemir</i></p>	<p>18</p>
<p>Şehir Sağlığı Dergisi Yazım Ve Yayın Kuralları / <i>City Health Journal Rules for Writing and Publishing</i></p>	



Scenario – Based Approach to Determine Exhaust Pollutant Emissions From Heavy Duty Road Traffic Along a Segment of the Pan-European Corridor 10

Nikola Manev¹  Dame Dimitrovski² 

1 Military academy “General Mihailo Apostolski” - Skopje, University “Goce Delcev” – Shtip, Vasko Karangeleski bb, Skopje, Republic of North Macedonia

2 Faculty of Mechanical Engineering - Skopje, University “St. Cyril and Methodius”- Skopje, P.O. Box 464, MK-1001 Skopje, Republic of North Macedonia

Abstract

Heavy duty vehicles (HDV) play a significant role in the urban and extra-urban pollution derived from mobile sources. Due to their dynamic nature and complex pollution processes and mechanisms, quantifying such emissions is often lacking from national inventories. This paper aims to provide an insight into the extra-urban exhaust pollutant emission quantities that are a direct result from HDVs traversing the Pan-European Corridor 10. To achieve this, the paper uses publicly available and on-site testing data, and further it devises two scenarios that take account of the border passing and pay-toll waiting period for these types of vehicles. The motive behind writing this paper is that creating suitable and applicable scenarios may help in devising policies that will lead to decreasing the emission of pollutants from mobile sources, which will also decrease the overall pollutant concentration and improve the overall air quality.

Keywords: Pollution Sources, International Transport, Impact, Scenarios, Policies.

Özet

Ağır yük taşıtları (AYT), hareketli kaynaklardan kaynaklanan kentsel ve kentsel dışı kirlilikte önemli bir rol oynamaktadır. Dinamik yapıları ve karmaşık kirlilik süreçleri ve mekanizmaları nedeniyle, bu tür emisyonların nicelendirilmesi genellikle ulusal envanterlerde eksik kalmaktadır. Bu makale, Pan-Avrupa Koridor 10’u geçen AYT’lerin doğrudan bir sonucu olan kentsel dışı egzoz kirletici emisyon miktarlarına bir bakış sunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, makale kamuoyunda bulunan ve yerinde yapılan test verilerini kullanmaktadır ve ayrıca bu tür araçlar için sınır geçişi ve ücret bekleme süresini dikkate alan iki senaryo geliştirmektedir. Bu makaleyi yazma nedeni, uygun ve uygulanabilir senaryolar oluşturmanın, hareketli kaynaklardan gelen kirletici emisyonlarını azaltacak politikaların oluşturulmasına yardımcı olabileceğidir, bu da genel kirletici konsantrasyonunu azaltacak ve genel hava kalitesini iyileştirecektir.

Anahtar Kelimeler: Kirlilik Kaynakları, Uluslararası Taşımacılık, Etki, Senaryolar, Politikalar.

Bu makaleden şu şekilde alıntı yapınız / Cite this article as: Manev N, Dimitrovski D., Scenario – Based Approach to Determine Exhaust Pollutant Emissions From Heavy Duty Road Traffic Along a Segment of the Pan-European Corridor 10. Chj 2023; 4(1):1-11

1. INTRODUCTION

The degradation of air quality in urban regions to a significant degree is associated with mobile sources of emissions (Qu et al., 2021; Ventura et al., 2021). These emissions adversely affect human health and lead to respiratory, cardiovascular and neurodegenerative diseases (Casseo et al., 2014). However, there is also growing evidence of freshly emitted air pollutants in the vicinity of major highways, motorways, and freeways that include: particulate matter (PM), nitrogen oxides (NO_x), and carbon monoxide (CO) (Brugge et al., 2007).

Considerable attention has been paid in research toward diesel vehicles since they traditionally have the highest emission rates of these exhaust pollutants (Al-Thani et al., 2020;). At the same time, diesel engines dominate heavy-duty applications because of their greater fuel efficiency and torque output. This means that the presence of the abovementioned pollutants and their contribution to air pollution, overall negative impact to the environment and general quality of life have been exacerbated by the presence of heavy freight vehicles, otherwise known as heavy duty vehicles (HDVs) (Jin et al., 2021, Manev et al., 2021).

Although HDVs play a significant role in the urban and particularly extra-urban pollution from mobile sources due to their dynamic nature and complex pollution processes and mechanisms, quantifying such emissions has been somewhat complicated and this data is often lacking from national inventories. That is why, the aim of this paper is through the collection of on-site testing data and publicly available data on the number of vehicles to calculate the air pollution impact of heavy-duty road traffic along the road segment of the Pan-European Corridor 10, running through North Macedonia. EMEP/EEA's methodology is the primary means for the calculation of the exhaust pollutant emissions (EEA, 2019a; EEA, 2019b), however, this paper provides a scenario-based insight into the pollutant emissions quantities when taking into account idling periods due to border processing and pay-toll stoppage.

2. METHODOLOGY

2.1 EMEP/EEA models

This part will outline the different models that are put forward by the European Environment Agency which are suitable for calculating the HDV pollution across different scenarios, traffic characteristics and conditions.

The EMEP/EEA models related to the mobile sources of pollution consider different vehicles, different technologies, different categories across different EURO emission models. In essence, there are three different models put forward by the EEA, based on the level of the details they contain. In fact, these methods or approaches are: Tier 1, Tier 2 and, Tier 3. The following part of this paper will present these three distinctive approaches, with their specific characteristics and calculation variables.

Tier 1 Approach

The Tier 1 approach of the EMEP/EEA model relates to the fuel consumption and the specific vehicle category when deriving the emission of pollutants. More generally, the Tier 1 approach is based on the following equation:

$$E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right)$$

Where:

E_i = emission of pollutant I [g],

$FC_{j,m}$ = fuel consumption of vehicle category j using fuel m [kg],

$EF_{i,j,m}$ = fuel consumption-specific emission factor of pollutant i for vehicle category j and fuel m [g/kg].

The emission factors are derived from more complex approaches and methodologies which enables an easier calculation of the emission of different pollutants. In fact, these factors are given in the form of a mean value accompanied by the minimum and maximum values retrieved from the more complex approaches. The following tables 1 and 2 provide an overview of such emission factors for HDV.

Table 1. Tier 1 NOx and PM Emission Factors for HDVs

Fuel	NOx			PM		
	[g/kg fuel]			[g/kg fuel]		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
Diesel	33.37	28.34	38.29	0.94	0.61	1.57
CNG	13.00	5.50	30.00	0.02	0.01	0.04

Table 2. Tier 1 CO and NMVOC Emission Factors for HDVs

Fuel	NOx			PM		
	[g/kg fuel]			[g/kg fuel]		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
Diesel	7.58	5.73	10.57	1.92	1.33	3.77
CNG	5.70	2.20	15.00	0.26	0.10	0.67

The Tier 1 approach also considers other pollutants, providing the derived emission factors that relate not only with the fuel combustion, but also with the combustion of lubricant oil. Table 3 provides the emission coefficients for the lubricant oil combustion.

Table 3 – Tier 1 Lubricant Oil Emission Factors for HDVs

Fuel	CO ₂ from lubricant oil		
	[g/kg fuel]		
	Mean	Min	Max
Diesel	2.54	1.99	3.32
CNG	3.31	3.09	3.50

Aside of these emission factors, another important input in the Tier 1 approach stands to be the fuel consumption of vehicle categories and the related type of fuel. Table 4 provides the typical fuel consumption for HDVs.

Table 4 – Typical Fuel Consumption of HDVs (Tier 1)

Fuel Category	Typical fuel consumption [g/km]
Diesel	240
CNG (Buses)	500

Considering the characteristics of this approach, Tier 1 stands to be most useful when applied for the determination of conducting an aggregate analysis of pollution within a certain area where the fuel consumption/sales along with the number of vehicles from the analysed categories are known.

Tier 2 Approach

The Tier 2 approach expands on the Tier 1 method, as the vehicles' emission standards are considered. More specifically, for each vehicle category and type of fuel, the Tier 2 approach considers the EURO emission standard technology adopted, providing more specificities and calculation elements. The following equation represents the Tier 2 approach:

$$E_{i,k} = \sum_k (N_{j,k} \times M_{j,k} \times EF_{i,j,k})$$

Where:

$N_{j,k}$ = number of analysed vehicles of category j and technology k,

$M_{j,k}$ = average annual distance driver per vehicle of category j and technology k [km/veh],

$EF_{i,j,k}$ = technology-specific emission factor of pollutant i for vehicle category j and technology k [g/veh-km].

What stands to be the most important aspect of the Tier 2 approach is the fact that it extends the emission factors of the category of analysed vehicles according to their technology to include emission factors that are specific to the emission standard. Table 5 provides the emission factors for HDVs for different pollutants according to their emission standard.

Table 5 – Tier 2 CO, NMVOC, NOx and PM Emission Factors for HDVs

Type	Technology (EURO Standard)	CO	NMVOC	NOx	PM
Units		g/km	g/km	g/km	g/km
Diesel <= 7.5 t	Conventional	1.85	1.07	4.70	0.333
	Euro 1	0.657	0.193	3.37	0.129
	Euro 2	0.537	0.123	3.49	0.061
	Euro 3	0.584	0.115	2.63	0.0566
	Euro 4	0.047	0.005	1.64	0.0106
	Euro 5	0.047	0.005	0.933	0.0106
	Euro 6	0.047	0.005	0.180	0.0005
Diesel <= 7.5 - 16 t	Conventional	2.13	0.776	8.92	0.3344
	Euro 1	1.02	0.326	5.31	0.201
	Euro 2	0.902	0.207	5.50	0.104
	Euro 3	0.972	0.189	4.30	0.0881
	Euro 4	0.071	0.008	2.65	0.0161
	Euro 5	0.071	0.008	1.51	0.0161
	Euro 6	0.071	0.008	0.291	0.0008
Diesel <= 16 - 32 t	Conventional	1.93	0.486	10.7	0.418
	Euro 1	1.55	0.449	7.52	0.297
	Euro 2	1.38	0.29	7.91	0.155
	Euro 3	1.49	0.278	6.27	0.13
	Euro 4	0.105	0.010	3.83	0.0239
	Euro 5	0.105	0.010	2.18	0.0239
	Euro 6	0.105	0.10	0.422	0.0012
Diesel > 32 t	Conventional	2.25	0.534	12.8	0.491
	Euro 1	1.90	0.510	9.04	0.358
	Euro 2	1.69	0.326	9.36	0.194
	Euro 3	1.79	0.308	7.43	0.151
	Euro 4	0.121	0.012	4.61	0.0268
	Euro 5	0.121	0.012	2.63	0.0268
	Euro 6	0.121	0.012	0.507	0.0013

Moreover, the Tier 2 approach also considers the fuel consumption of the vehicles in question, providing typical fuel consumption for HDVs as seen in table 6.

Table 6 – Typical Fuel Consumption of HDVs (Tier 2, Euro 1 and later)

Weight Category	Typical fuel consumption [g/km]
<= 7.5 t	101
7.5 – 16 t	155
16 – 32 t	210
> 32 t	251

Tier 3 Approach

The Tier 3 method is the most complex approach for calculating the pollution emission from mobile sources. The approach includes a combination of technical data such as emission factors and activity data, including total kilometres travelled. The Tier 3 approach includes both hot (emissions during stabilized or hot engine operation) and cold (emissions during transient thermal engine operation, also known as cold start). Moreover, this approach includes the activity data and characteristics of the mobile sources in three distinctive scenarios: i) the urban, ii) the rural and iii) the highway driving profiles. This makes this approach suitable for analysing these distinct driving conditions. Figure 1 presents the application of the baseline methodology.

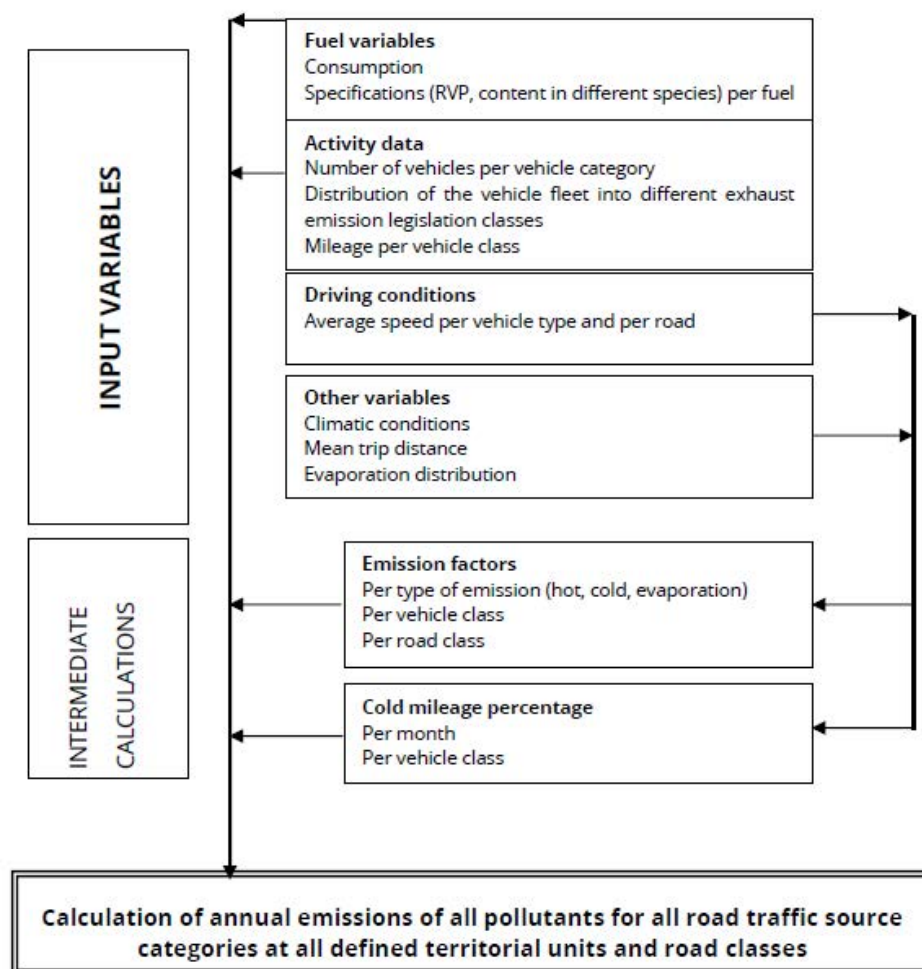


Figure 1 – Flow Chart of the Application of the Baseline Methodology

The application of the Tier 3 method for calculating the hot emissions includes the following equation:

$$E_{HOT;i,k,r} = N_k \times M_{k,r} \times e_{HOT;i,k,r}$$

Where:

$E_{HOT;i,k,r}$ = hot exhaust emissions of pollutant i [g] generated by vehicles with technology k that are driven on roads type r ,

N_k = number of vehicles [veh] of technology k

$M_{k,r}$ = mileage per vehicle [km/veh] driven on road type r by vehicles with technology k ,

$e_{HOT;i,k,r}$ = emission factor [g/km] for pollutant i , for technology k , driven on road type r .

Moreover, the driving modes in the three distinctive scenarios pose the challenge of determining the average speed that corresponds to each of these scenarios. More specifically, the driving modes that are velocity-dependent yield different results in terms of pollution, as the specified emission factors that are determined through different approaches are in fact velocity-dependent.

As the Tier 3 approach is the most detailed way of calculating emission pollution from mobile sources across different scenarios and for different vehicle categories and EURO emission standards, the EMEP/EEA guidebook provides the emission factor function for each of these different variables across different weight categories and different EURO emission standards.

2.2 Calculation models selection

The emission of pollutants from mobile sources includes not only the two general aspects covered by the EMEP/EEA's Tier 3 approach, but also other relevant determinants. More specifically, mobile sources emissions are also related with both the active driving cycle (that includes the hot and cold emissions) and from the idling cycle (where vehicles are stationary). Due to these complexities, the approach taken within this research addresses both the active emissions (hereinafter hot emissions) and the idling emissions. To calculate the active emissions, the EMEP/EEA model is considered. By following the decision tree presented in figure 2, the appropriate Tier approach is selected.

The calculation of the hot and the idling emissions from heavy duty vehicles is performed by combining the EMEP/EEA Tier 3 hot emissions methodology along with the idling emission factors suggested by CAFEE and adjusted according to the emissions' decrease realised through the implementation of higher EURO emission standards.

When it comes to the EMEP/EEA methodology selection, the approach considers all of the relevant input variables for the purpose of achieving the detailed calculation provided by the Tier 3 approach. Figure 3 outlines all input variables needed to successfully apply the Tier 3 approach.

As seen from the figure, the hot emissions from HDV according to EMEP/EEA's Tier 3 methodology are both vehicle and route specific. This means that aside of the vehicle characteristics such as the EURO emission standard, velocity, the curb weight and the load, the slope of the terrain and consequently the length of the analysed route also impacts the HDV's hot emissions. Having said this, it is important for the route to be analysed and different height segments to be determined, which will ease the calculation of hot emissions according to the height and length segments of the analysed route, creating a route profile that grasps the slope, the length, and the average velocity of the HDVs in that segment.

On the other hand, the idling emissions calculation approach is only time- and EURO emission standard specific, as it provides the idling emissions of HDVs per hour. In short, the only input variables of the idling emission calculation approach stand to be the time spent idling and the EURO emission standard of the HDVs, in order to obtain the emission factors.

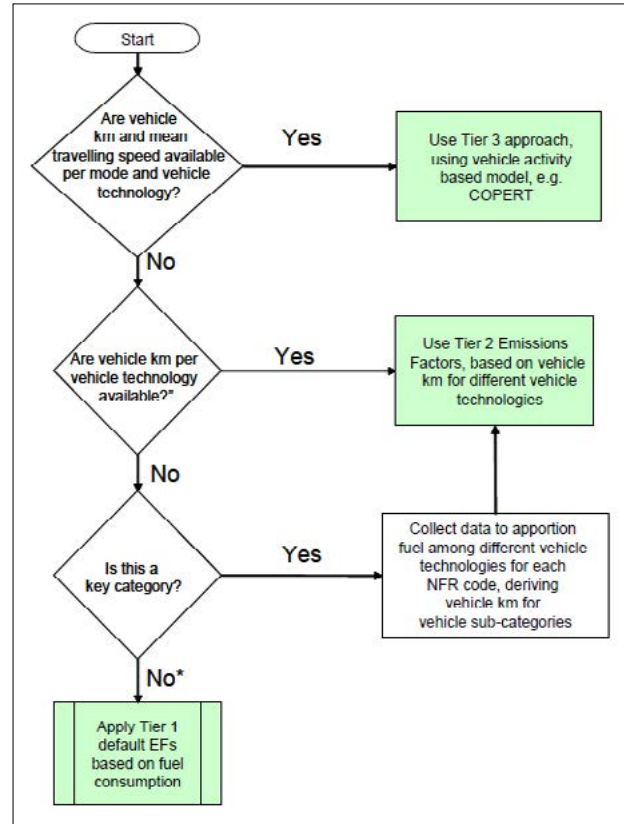


Figure 2 – EMEP/EEA Decision Tree for HDVs' Exhaust Emissions



Figure 3 – Input Variables of the EMEP/EEA's HDV Tier 3 Approach

2.2.1. EMEP/EEA Tier 3 Hot Emission Calculation Functions

The applicability of the Tier 3 emission calculation approach is further justified by the lower and upper velocity calculation limits with which high coefficients of determinations are guaranteed. In this case, the lower limit is 12 km/h while

the upper velocity limit is 86 km/h, making these functions highly applicable within this analysis. Moreover, the Tier 3 approach considers four pollutants which are mostly at the centre of analysis in environmental and transportation engineering. These four pollutants are carbon monoxide (CO), nitrous oxides (NO_x), hydrocarbons (HC) and particulate matter (PM).

The calculation functions for different weight HDV categories with different EURO emission standards were taken from EMEP/EEA's methodology and adjusted by considering a 50% HDV load and a 0% terrain slope. The emission functions are based on different models including the Hoerl, the two power fits, the reciprocal quadratic, the Harris as well as the reciprocal exponential model. All these functions are velocity dependent and contain constants provided in the methodology application manual.

2.2.2. Adjusted CAFEE Idling Emission Coefficients

The CAFEE idling emission coefficients provide the emission of the hereinbefore mentioned pollutants according to the EURO emission standard, but up to EURO 4. To satisfy the requirements of calculating the idling emissions for the later EURO emission standards, the following approach was followed. Namely, the idling emission coefficients for EURO 5 and EURO 6 emission standards were decreased by the same percentage as are the mean hot emission coefficients compared to EURO 4. By doing this, the carbon monoxide (CO) emissions remained the same, but decreases in the idling emission coefficients was achieved in the following pollutants:

- Nitrous oxides (NO_x): 53% reduction for EURO 5 and 89% reduction for EURO 6 as compared to EURO 4,
- Hydrocarbons (HC): no reduction for EURO 5 and 72% reduction for EURO 6 as compared to EURO 4 and,
- Particulate matter (PM): no reduction for EURO 5 and 50% reduction for EURO 6 as compared to EURO 4.

By taking this approach, the following emission coefficients were obtained as presented in table 7, expressed as grams per hour according to the different EURO emission standards for the same pollutants. The idling emission coefficients presented in the table above provide for an easy calculation of the idling emission of heavy-duty vehicles, as the needed inputs are only the number of vehicles per EURO emission standard and the waiting time in hours.

2.3. Route Specification

The HDV emission analysis is focused on a road segment of the Pan-European Corridor 10 (the E-75 highway).

Specifically, the road segment starts from "Bogorodica" border crossing on the border with Greece and ends north at the "Petrovec" pay toll. This segment has a total length of 136 kilometres and contains several pay tolls, which are important points in terms of the velocity segment characterization. To determine the altitude of the route as well as determine the velocity profile, the route was driven with a passenger car and the data was recorded by using a GPS-enabled recording device with an integrated speedometer. The results of this measurement approach and the obtained crude data is presented in the following figure.

Table 7 – Idling Emission Coefficients per EURO Emission Standard

Pollutant Emission [g/h]	EURO 4	EURO 5	EURO 6
CO	27	27	27
NO _x	60	28.2	6.6
HC	4	4	1.12
PM	1	1	0.5

The recorded data were afterwards cleaned, removing any outliers in both the velocity and altitude profiles due to route-specific elements such as tunnels, elements that negatively influence the measuring and the recording of the needed data. Moreover, the changes in the altitude within the identified segments will enable the determination of terrain slopes, as one of the main input variables in the HDVs' hot emission calculation. The results obtained across 80,000 measuring points from the crude data in figure 4 resulted in the following speed and altitude profiles, shown in figure 5. These profiles are related to the passenger vehicle with which the measurements were made, considering the speed limits on the different segments on the route.

2.3.1. Characteristic Segments

The determination of the characteristic segments with their corresponding terrain slope, velocity and length was done based upon the recorded GPS and velocity data presented in figure 3 and adjusted according to the country's upper velocity limitations for HDVs on highways. The identified characteristic segments for HDVs are presented in table 8 and figure 5 below, including their average velocity, slope and length. These results provide the needed route specific inputs for determining the hot emissions from HDVs according to the Tier 3 approach. As there are no positive/negative slope variations, the calculation of the hot and the idling emissions are independent from the direction.

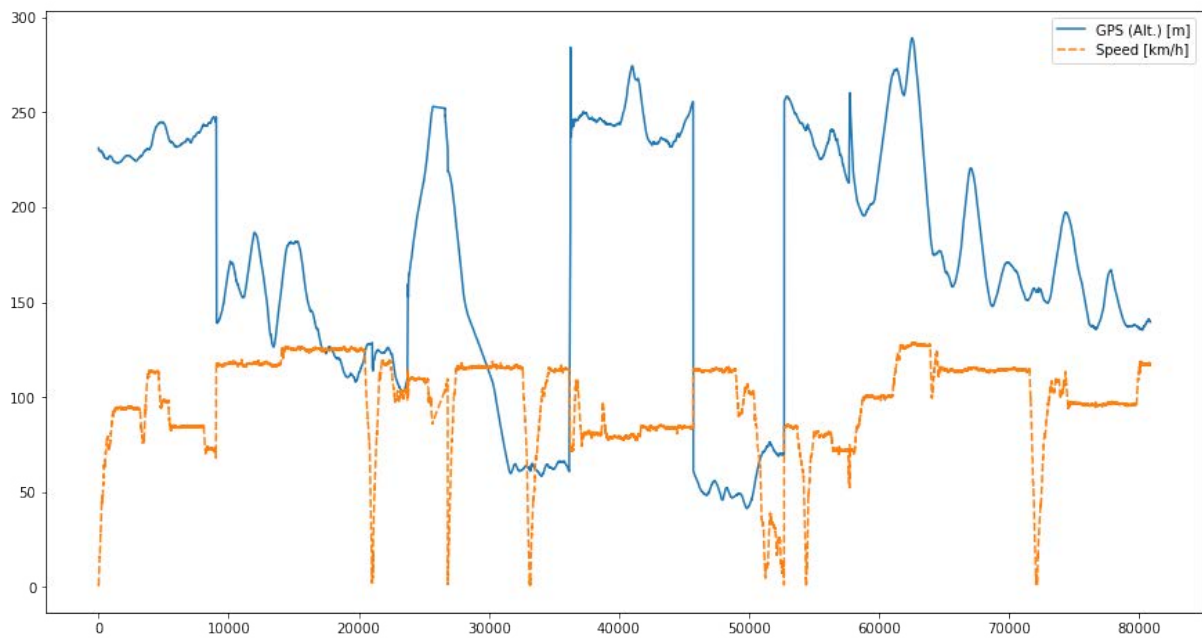


Figure 4 – Altitude and Velocity Profile of the Analysed Segment

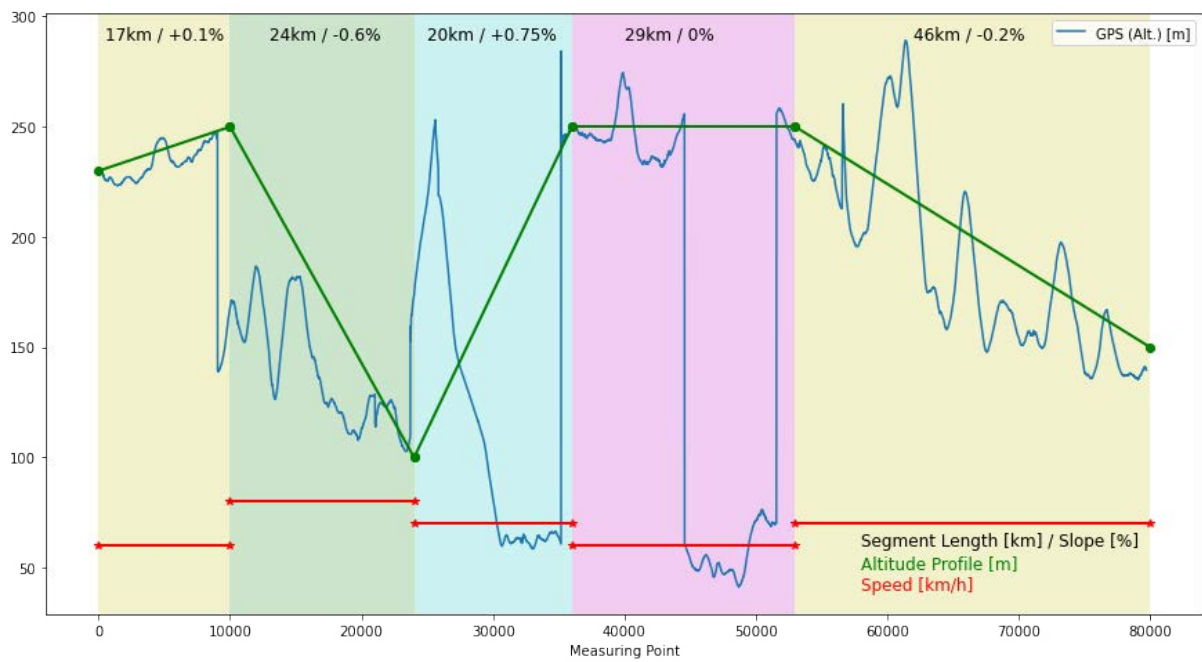


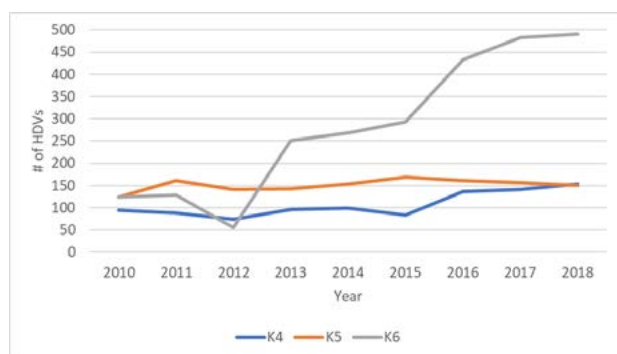
Figure 5 – Characteristic Segments for HDVs

Table 8 – Characteristic Segments Data

Segment	Average Velocity [km/h]	Length [km]	Slope [%]
1	60	17	0.1
2	80	24	-0.6
3	70	20	0.75
4	60	29	0
5	70	46	-0.2

2.4. HDV Characteristics

The required HDV characteristics as inputs in the Tier 3 approach relate to the number of such vehicles according to their EURO emission standard, curb weight and load. The load is defined to be 50%, while the main HDVs characteristics are derived from the Public enterprise for state roads data on the number of HDVs across various segments on the selected route. The selection of HDVs to be considered in this research was performed by comparing the number of HDVs in two segments (the Gevgelija - “Bogorodica” border crossing and the Petrovec - Veles segment) and selecting the smaller number. When this approach is applied on the data obtained from the Public enterprise for state roads by different segments, the following average daily traffic per vehicle category per year is obtained, as presented in figure 7. The vehicle category designations used by the Public enterprise for state roads corresponds to the Tier 3 categorization of HDVs according to the curb weight, resulting in K4 (14-20 tonnes), K5 (20-28 tonnes) and K6 (28-34 tonnes).

**Figure 7 – Average Daily Traffic per Vehicle Category**

After obtaining the number of HDVs according to their curb weight category, the EURO emission standard should be derived to fulfil all of the input data requirements for the Tier 3 approach. Due to the lack of such data,

the following assumption is made in terms of dividing the selected number of HDVs according to an emission standard:

- 20% of the HDVs satisfy the EURO 4 emission standard,
- 50% of the HDVs satisfy the EURO 5 emission standard and,
- 30% of the HDVs satisfy the EURO 6 emission standard.

In order to apply this assumption to a specific year, the data from the year 2018 is taken into account in order to avoid the implemented vehicle categorization changes adopted by the Public enterprise for state roads. When the EURO emission standards assumptions are applied to the 2018 data, the following results are obtained, as presented in table 9.

The analysis shows that in 2018, most of the HDVs that used the selected route belonged to the K6 category and satisfied the EURO 5 emission standard, followed by the same category with EURO 6 emission standard.

Table 9 – Average Daily Traffic per Vehicle Category and EURO Emission Standard

Vehicle category/ EURO emission standard	EURO 4	EURO 5	EURO 6
K4	31	77	46
K5	31	76	46
K6	99	246	148

2.5. Scenarios - Idling Periods

To grasp the importance of decreasing the idling times of HDVs and outline the difference between short and long idling times on the production of pollutants, the following two scenarios are developed taking into account the border processing or layover times at the “Bogorodica” border crossing and the waiting times at the five pay-tolls in the analysed segment.

- **Scenario 1:** 50 minutes waiting at the border crossing and 5 minutes waiting at each pay toll in the specified segment, resulting in 75 minutes idling periods and,
- **Scenario 2:** 20 minutes waiting at the border crossing and no waiting times at pay tolls in the specified segment, resulting in 20 minutes idling periods.

3. RESULTS

3.1. Hot Emissions

These emissions constitute the larger of the two parts of the total emissions from HDV on the analysed route. Aside of the specific results per the vehicle category and the EURO emission standard, an important aspect must be drawn in terms of the total pollution per the analysed pollutants. In order to provide these findings, table 10 below shows the total hot emissions of CO, NO_x, HC and PM from the HDVs on the selected route.

Table 10 – Total Hot Emissions from HDVs

Pollutant	Emission [kg/year]	Emission [ton/year]
CO	25682.34	25.68
NO _x	79231.75	79.23
HC	1239.44	1.24
PM	820.73	0.82

The results show that nitrous oxides (NO_x) are the largest emitted pollutants from HDVs on this route, when the driving (hot) emissions are considered, with more than 79 tonnes per year. These emissions are followed by the carbon monoxide emissions (CO), with more than 25 tonnes per year. The hydrocarbons (HC) and the particulate matter (PM) emissions, despite being vastly lower, are still present as pollutants on the route, with 1.24 and 0.82 tonnes per year respectively.

3.2. Idling Emissions

When it comes to the idling emissions, two different results were obtained depending on the selected scenario. For example, the difference between the two scenarios is 55 minutes, from which it becomes immediately evident that the longer idling times will have higher idling emissions. The results from Scenario 1 are provided in table 11 while the results from Scenario 2 are provided in table 12 below. The results show that the idling emissions are only a small part of the total emissions from HDVs on the selected route.

The idling emission results suggest that by decreasing the idling periods of HDVs on the selected route, the decrease of more than 6 tonnes of carbon monoxide (CO) emissions may be achieved, as well as the decrease of more than 7 tonnes of nitrous oxides (NO_x) emissions.

The decrease of the idling periods also leads to a decrease in the hydrocarbon (HC) and the particulate matter (PM) emissions.

Table 11 – Idling Emissions from Scenario 1 (75 minutes idling period)

Pollutant	Emission [kg/year]	Emission [ton/year]
CO	9263.70	9.26
NO _x	10119.17	10.12
HC	1120.11	1.12
PM	299.30	0.30

Table 12 – Idling Emissions from Scenario 2 (20 minutes idling period)

Pollutant	Emission [kg/year]	Emission [ton/year]
CO	2628.00	2.63
NO _x	2736.99	2.74
HC	305.24	0.31
PM	82.73	0.08

These results also point to the need of adopting different practices and systems for decreasing the idling periods of HDVs. Aside of the vehicle-specific technologies that control these idling emissions, certain modifications and innovations along the route may be adopted in order to decrease the idling periods and thus the idling emissions. Such innovations are suitable to be adopted in the border crossing and across the different pay tolls on the route.

3.3. Total Emissions

The total emissions from HDVs on the analysed route include both the hot and the idling emissions. Moreover, the calculation of the total emissions according to this methodology also addresses the route reversibility issue, and as there are no slope variations, the route with its segments should not be altered to grasp such variations.

In other words, the summation of the hot and idling emissions will provide the result of the emission of pollutants on the route from heavy duty vehicles according to the data from 2018. The results from the two analysed scenarios that are idling period dependent are presented in the following table 13 and table 14.

Table 13 – Total Yearly Emissions for Scenario 1

Pollutant	Emission (kg/year)	Emission (ton/year)
CO	34946.04	34.95
NOx	89350.92	89.35
HC	2359.56	2.36
PM	1120.03	1.12

Table 14 – Total Yearly Emissions for Scenario 2

Pollutant	Emission (kg/year)	Emission (ton/year)
CO	28310.34	28.31
NOx	81968.74	81.97
HC	1544.68	1.54
PM	903.46	0.90

4. CONCLUSION

Increasing awareness of the urban air pollution impacts from mobile sources has slowly, but surely been shifting to include extra-urban sources as well.

Due to the emphasis being primarily put on urban air pollution however, national inventories often lack the data that considers the impact of exhaust pollutants emissions in the vicinity of major highways. The aim of this paper was a thorough scenario-based analysis of the quantities of pollutant emissions resulting from diesel HDVs traversing a road segment of the Pan-European Corridor 10, crossing North Macedonia. Furthermore, on-site data measurements and publicly available data on the number of vehicles crossing multiple counting points along the E-75 highway provided by the Public enterprise for state roads added to the credibility of this study.

Devising the two scenarios (despite their simplicity) had a purpose of quantifying the impact of “waiting” or idling periods from trucks and considers border layover and processing times and pay-toll waiting times. The analysis of the results from both scenarios shows that the decrease of the idling period for 55 minutes on the selected route will result in a yearly decrease of HDVs’ carbon monoxide (CO) emissions for more than 6 tonnes, the nitrous oxides (NOx) emissions for more than 7 tonnes, the hydrocarbon (HC) emissions for more than 500 kilograms and the particulate matter (PM) emissions for more than 200 kilograms. As such, the decrease of the waiting times across the border crossing and the pay tolls for heavy

duty vehicles is justified by the vast decrease of the related pollution emissions.

A major point of discussion as well as a point for future work is to analyse the impact of the automated pass by “M-card” or “M-TAG” on reducing pay-toll waiting times especially for HDVs. This system was set up during 2019 and had a test period on the existing 5 pay-toll locations, while by the end of 2019, 2 more pay-toll locations were put in function. The automatization of the pay-tolls strongly relates to the second scenario, so future research should be aimed at proving or disproving if the automatization reduces waiting times, and how does this affect the exhaust emissions pollutant quantities along the Pan-European Corridor 10.

5. REFERENCES

- Al-Thani, H., Koç, M., Fountoukis, C., & Isaifan, R. J. (2020). Evaluation of particulate matter emissions from non-passenger diesel vehicles in Qatar. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 70 (2)
- Boulter, P. (2005). A review of emission factors and models for road vehicle non-exhaust particulate matter. *The Future of Transport*. 1-80
- Brugge, D., Durant, J. L., & Rioux, C. (2007). Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environmental Health*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/1476-069x-6-23>
- Cassee, F. R., Héroux, M., Gerlofs-Nijland, M. E., & Kelly, F. J. (2013). Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission. *Inhalation Toxicology*. 25 (14)
- European Environment Agency (2019a). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>
- European Environment Agency (2019b). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Update Oct. 2020. 1.A.3.b.i-iv Road transport: Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/view>
- Jin, L., Braun, C., Miller, J., & Buysse, C. (2021). Air quality and health impacts of heavy-duty vehicles in G20 economies. *The International Council on Clean Transportation*
- Manev, N., Dimitrovski, D., Nikolov, E., Petreski, D., Markov, Z., & Iliev, V. (2021). Evaluation of the air pollution impact of heavy goods, diesel driven vehicles, along the A1 highway in North Macedonia. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 11 (4). 873-880. <https://doi.org/10.31407/ijees11.4>
- Qu, L., Wang, W., Li, M., Xu, X., Shi, Z., Mao, H., & Jin, T. (2021). Dependence of pollutant emission factors and fuel consumption on driving conditions and gasoline vehicle types. *Atmospheric Pollution Research*. 12 (2). 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.10.016>
- Ventura, L. M. B., Jiang, Y., Boriboonsomsin, K., Scora, G., Johnson, K., Collier, S., Yoon, S., & Durbin, T. D. (2021). Characterizing non-box trailer activity and aerodynamic devices for greenhouse gas emissions reductions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 93

Combining Different Fossil Fuel Types Used in Cement Industry With Rdf as Alternative Fuel and Analyzing the Environmental and Economic Impact

Monika Uler Zefikj¹  Dame Dimitrovski¹  Risto Filkoski¹ 

¹ Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Mechanical Engineering – Skopje, Rugjer Boshkovikj St. 18, P.O. box 464, MK-1001 Skopje, Republic of North Macedonia

Abstract

In Macedonia, the recycling rate is extremely low, representing only 1% of the total generated waste, leading to large amounts of waste being landfilled. A solution in line with the waste management hierarchy regarding waste disposal is waste recovery represented through energy valorization by utilizing the remaining valuable components of waste. In order to avoid throwing waste into landfills, there is a possibility to use it as an energy source for clinker production. In the paper, the energy potential of different fossil fuels is analyzed and the environmental aspect from pairing fossil fuels with refuse-derived fuel (RDF) in the cement production process. According to the national legal framework, the cement industry is permitted to use different waste types as alternative fuels, including RDF. The considered cement industry can implement alternative fuels in the production process with amounts up to 30,000 - 35,000 tons per year. The calculations regarding CO₂ emissions were performed for 5 different scenarios with various shares of alternative fuels in the fuel mix composition, starting with 0%, continuing with 25%, 50%, 75%, and 100%. Also, an economic effect achieved due to the replaced thermal energy source was calculated, expressed as mass saving of fossil fuel and financial saving derived. The performed calculations showed when RDF is used in the fuel mix with 75% the CO₂ emission reduction is 2.9% when used with coal, 7.3% when combined with lignite, and around 2% when combusted with petrol coke. Economic benefits are generated from the mass reduction of fossil fuels by their substitution with RDF. The maximal, theoretical substitution rate was 100% RDF where the financial savings from the reduced coal consumption were calculated to be above 12 million euro, from heavy fuel oil (HFO) saved were below 23,5 million euro, from reduced lignite usage were above 37 million, and from petrol coke saved were 15,4 million euro.

Keywords: Cement Industry, Coal, Co₂ Emissions, Fuel Oil, Lignite, Petrol Coke, RDF.

Bu makaleden şu şekilde alıntı yapınız / Cite this article as: Zefikj MU, Dimitrovski D, Filkoski R., Combining Different Fossil Fuel Types Used in Cement Industry With Rdf as Alternative Fuel and Analyzing the Environmental and Economic Impact. Chj 2023; 4(1):12-17

Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Monika Uler Zefikj, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Mechanical Engineering – Skopje, Rugjer Boshkovikj St. 18, P.O. box 464, MK-1001 Skopje, Republic of North Macedonia
Email: monika.uler-zefikj@mf.edu.mk



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

INTRODUCTION

In the city of Skopje in the Republic of North Macedonia, there is one cement plant producing cement and cement materials with maximal annual production capacity of 1,750,000 tons. Different fossil fuel types can be used as primary fuel in the burners, including petrol coke, coal, lignite, fuel oil [1]. The process of excavation, transport, and combustion of fossil fuels is related with negative environmental impact [2, 3]. In order to mitigate the influence on the environment the cement company started implementing alternative fuels in the year 2018 [4]. According to the national legal framework, the cement industry is permitted to use different waste types as alternative fuels, including biomass, wood, textile, refuse-derived fuel (RDF), plastics, paper, and packaging waste. The considered cement industry can implement alternative fuels in the production process with amounts up to 30,000 - 35,000 tons per year for each waste type [5]. This paper analyzes how substitution of different fossil fuels with RDF impacts the environment expressed through CO₂ emissions [6]. The fossil fuels included in the calculations are coal, petrol coke, lignite, and heavy fuel oil (HFO). The calculations regarding CO₂ emissions were performed for 5 different scenarios with various shares of RDF in the fuel mix composition, starting with 0%, then 25%, 50%, 75% and finally 100%. Also, an economic effect achieved due to the replaced thermal energy source was calculated, expressed as mass saving of fossil fuel and financial savings derived. The RDF quantities used were calculated based on the amount of municipal solid waste (MSW) landfilled at Drisla landfill. The Public utility Drisla – Skopje DOO is a public company and is the only legal landfill in the country. Drisla Landfill is registered for collection, processing, and disposal of non-hazardous and hazardous waste. Additional activities realized at the plant are treatment (crushing and sterilization) and incineration of medical waste, and disposal of asbestos waste. The amount of disposed municipal waste on the landfill is continuously growing and the numbers for the last 10 years are presented in Table 1 below. According to the analysis done by Dong, around 50% of the combustible MSW can be used to produce RDF. However, due to the high moisture content in the MSW in Drisla the adopted conversion rate from MSW to RDF in this paper is 40% [7] and the amount of RDF generated from the total amount of MSW landfilled in Drisla in 2021 presents 103,483 tons.

Table 1. Municipal waste landfilled in Drisla [8]

Year	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Municipal waste [tons/year]	151,791	155,732	167,639	172,679	196,003	227,236	219,699	226,187	233,686	258,770	1,980,000

Analysis of the composition of municipal waste landfilled in Drisla together with the calculated amounts of waste generated on annual level are given in Table 2 below. According to the table, organic waste represents around 2% of the total municipal waste landfilled, textile represents 5.8%, plastics are around 12.4%, paper is included with 15.3% and packaging waste represents 2% from the total municipal waste landfilled. However, apart from the quantity, additional parameters important for defining the thermal potential of waste for use as alternative fuel in cement production plant are heating value (energy content) and waste composition, such as moisture and volatile contents.

Table 2. Percentual representation of waste types in total municipal waste [9]

Waste type	Content [% by weight]	Quantity [tons/year]
Municipal waste		258,770
Mixed food residues	15.2	3,933
Organic waste	2.0	518
Glass	5.5	1,423
Plastics	12.4	3,209
Paper/ Carton	15.3	3,959
Packaging waste	2.0	518
Metal	1.2	311
Textile	5.8	1,501
Electronic waste	0.2	52
Other	11.9	3,079
Material smaller than 40x50 mm	28.5	7,375

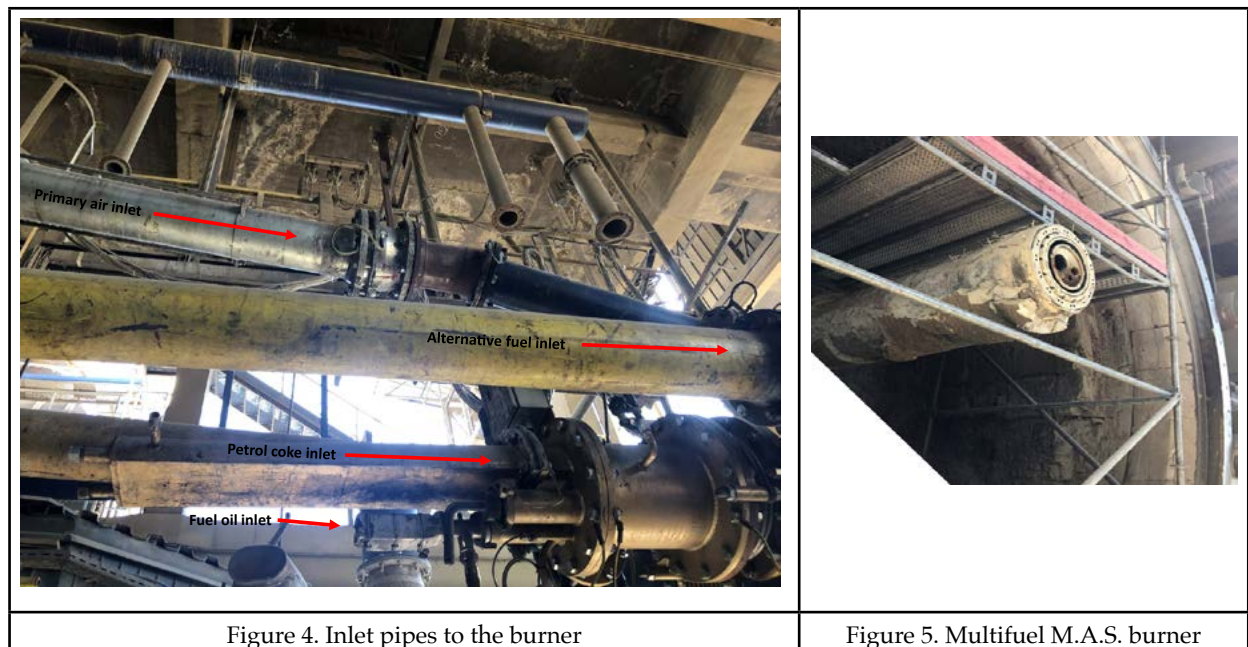
METHODOLOGY

Waste is delivered to the cement plant from factories throughout the country that perform different business activities. The waste is placed in a designated area for waste storage and preparation. The process of RDF preparation is described further. First the waste is inserted into the shredder Lindner Komet with power of 2×160

kW, which is shown in Figures 1 and 2. The cutting system is a single-shaft system with screwed knife rows with rotor speed of 355 min^{-1} and two rows of stator knives. The drive is an electromagnetic belt drive []. The particle sizes at the outlet are around 10-90 mm as shown in Figure 3. As such, samples can be taken for laboratory analysis for defining heating value, elementary and technical analysis.



The prepared RDF is ready to be inserted in the burner. The burner is produced by Unitherm Cemcon. It has four inlets, each for different input material, including: fossil fuels, alternative fuels, primary air, and fuel oil for auxiliary ignition. Figure 4 shows the inlet pipes to the burner and Figure 5 the cross-section of the burner. The multifuel mono airduct system (M.A.S.) enables the complete primary air flow to be brought using one single channel which is directly guided into the required swirl. The swirl is adjustable offering maximum flame control and accuracy in flame setting [].



Five different scenarios were analyzed to investigate how implementing RDF as substitution for fossil fuel in the cement kiln will affect the final amount of CO₂ emitted. All calculations described below were performed based on the thermal energy necessary for annual clinker production. The average annual clinker production from two rotary cement kilns (for the last three years) is 770,000 ton/year. The annual necessary thermal energy equals $2,675,750 \times 10^3$ GJ. The share of energy in different scenarios coming from conventional fuels and RDF is given in Table 3. These numbers for the fuel mix will be used further in the presentation of the results.

Table 3. Fuel mix composition data

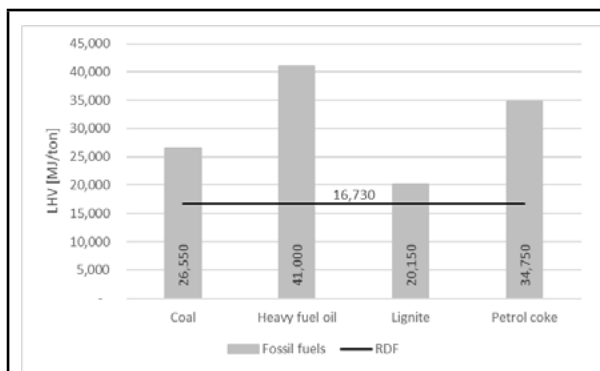
Fuel mix	1	2	3	4	5
Fossil fuel	100%	75%	50%	25%	0%
RDF	0%	25%	50%	75%	100%

The quantity of fuel necessary for achieving the heat input is given in Table 4.

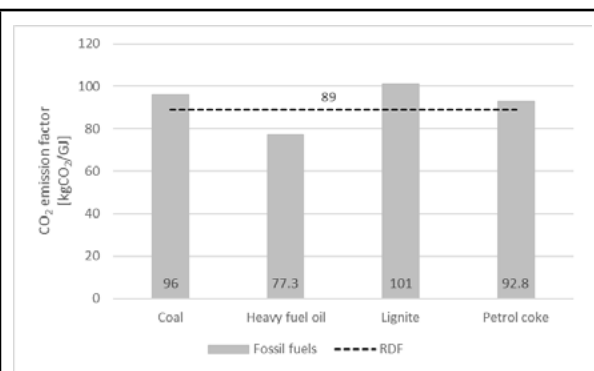
Table 4. Necessary fuel quantity for achieving thermal input

Fuel mix	Coal [t/y]	Heavy fuel oil [t/y]	Lignite [t/y]	Petrol coke [t/y]
1	100,782	65,262	132,792	77,000
2	75,586	48,947	99,594	57,750
3	50,391	32,631	66,396	38,500
4	25,195	16,316	33,198	19,250
5	0	0	0	0

The fuel quantity was calculated based on the lower heating values (LHV) of each fuel and the required thermal energy for cement production. The LHVs of all fossil fuels and RDF used for the calculations are given in Graph 1. The CO₂ emissions factors of the same fuels which represent a basis for the calculations are presented in Graph 2. The parameters regarding fossil fuels are given as stacked columns with gray color, whereas with black line are shown the values for RDF for easier comparison. The parameters of the fossil fuels and RDF considered in the calculations were not changed.



Graph 1. Lower heating values of fossil fuels and RDF



Graph 2. CO₂ emissions factors of fossil fuels and RDF

The highest calorific value of all fossil fuels has heavy fuel oil, followed by petrol coke, then coal and ending with lignite. Compared to fossil fuels, RDF has the lowest heating value with 16,730 MJ/ton. Meaning that greater quantities of RDF will be needed for achieving the necessary thermal energy for clinker production compared to the other fossil fuels.

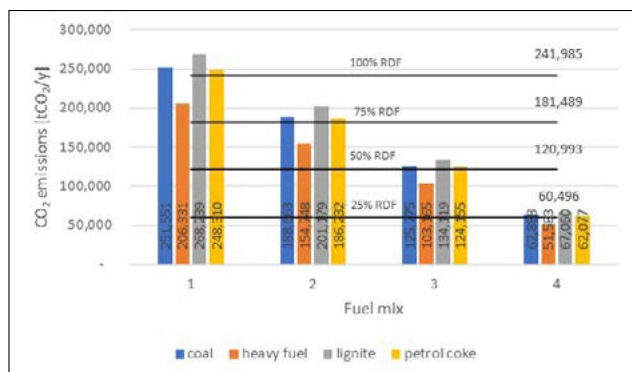
The total CO₂ emissions from co-combustion of coal, petrol coke, heavy fuel oil or lignite with RDF, represented as in [tonCO₂/year] are calculated as a product between the CO₂ emission factor for different fuel in [kgCO₂/GJ] and

the thermal input with different fuel in [GJ/year]. The CO₂ emission factors of all considered fuels are given in Graph 2. The highest emission factor has lignite, followed by coal, then petrol coke and heavy fuel oil. Heavy fuel oil has the lowest CO₂ emissions factor from all fuels, including RDF. Whereas, the emissions factor of RDF is lower compared to coal, petrol coke and lignite. The quantity of fuel saved due to replacement with RDF, expressed as in [ton/year], is delivered as quotient between the thermal input with fossil fuel in [GJ/year] and the lower heating value of fossil fuel in [GJ/ton].

The quantity of saved fuel on annual level is obtained by dividing the energy input with fossil fuel depending on the fuel mix with the LHV of respective fossil fuel. The fuel savings are calculated and expressed as financial savings taking into consideration the current fossil fuel prices. The financial savings from fossil fuel saved in [euro/year] are calculated by dividing the mass fossil fuel saving due to replacement with alternative fuel in [ton/year] with the price of fossil fuels in [euro/ton] [, ,].

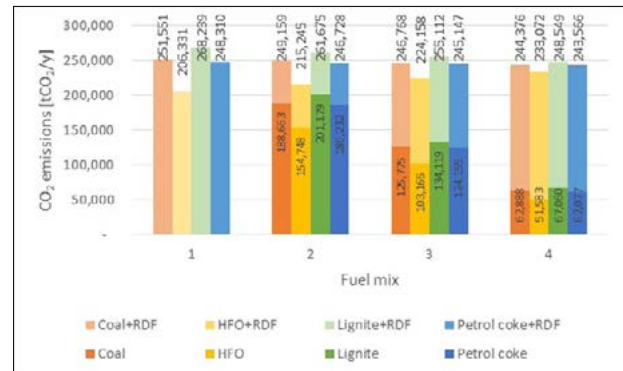
FINDINGS

The results from the calculations are given in Graph 3 and Graph 4. Graph 3 presents the CO₂ emissions from each fossil fuel compared with RDF. When no RDF is used in the combustion process the CO₂ emissions from the conventional fuels are highest for lignite with 268,239 tCO₂/y, followed by coal with 251,551 tCO₂/y, then petrol coke with 248,310 tCO₂/y, and lowest for heavy fuel oil with 206,331 tCO₂/y. The most polluting fuel regarding CO₂ emissions is lignite, and the least is heavy fuel oil. When RDF is used for total substitution of the fossil fuel in the cement kiln the CO₂ emissions are 241,985 tCO₂/y. This leads to the conclusion that the emissions from RDF combusted in cement kilns are lower compared to lignite, coal, and petrol coke. The same trend applies for the rest of the fuel mixes, with 75% RDF, 50% RDF and 25% RDF. The difference in the CO₂ emissions between 50% RDF and 50% lignite is around 13,000 tCO₂/y, 50% RDF and 50% coal is bit above 4,700 tCO₂/y, 50% RDF and 50% petrol coke is somewhere above 3,100 tCO₂/y. The differences in the CO₂ emissions are greater as the substitution rate is greater. Heavy fuel oil has lower emissions than RDF when used with 25%, 50%, 75% and 100% fuel in the burner. However, considering that using RDF as fuel in the cement production process leads to lower MWS being landfilled and methane emissions saved, it can be considered that the impact is less environmentally harmful compared to heavy fuel oil.



Graph 3. CO₂ emissions from fossil fuels compared with RDF

Graph 4 presents the total CO₂ emissions from different fuel ratios when conventional and alternative fuels are mixed. It can be noted that when RDF is used in the fuel mix with 75% the CO₂ emission reduction is 2.9% when used with coal, 7.3% when combined with lignite, and around 2% when combusted with petrol coke.



Graph 4. Total CO₂ emissions form fossil fuels and RDF

The mass savings of fossil fuels achieved due to their partial replacement with RDF are presented in Table 5. By replacing 25% of the heat generated from fossil fuels with RDF the saved fuel quantities are highest for lignite with 33,198 t/y, followed by coal with 25,195 t/y, then petrol coke with 19,250 t/y and heavy fuel oil with 16,316 t/y. The maximal amount of fossil fuel saved is when RDF is the only fuel in the burners, where the biggest saving with 132,792 t/y is for lignite, 100,782 t/y for coal, 77,000 t/y for petrol coke and 65,262 t/y for heavy fuel oil. The amount of fuel saved does not reflect proportionally the cost savings for the company due to the price difference of the fossil fuels. The greatest financial saving derived from the fuel saved and the price of the fuel is from lignite with above 37 million euro, followed by heavy fuel with almost 23,5 million euro, then petrol coke with 15,4 million euro and coal with around 12 million euro per year. However, realistically feasible is to replace 25% of the thermal input with RDF instead of fossil fuel. This substitution rate will also have financial benefits for the cement company considering that the costs for RDF are taken to be zero. The waste producers do not pay to hand over the waste to the cement plant. Considering that there are no CO₂ emission fees in Macedonia there are no financial benefits for the company for reducing CO₂ emissions.

Table 5. Mass and financial savings from substituting fossil fuels with RDF

Share of heat from RDF	25%	50%	75%	100%
<i>Coal</i>				
Fuel saved [t/y]	25,195	50,391	75,586	100,782
Cost savings [keuro/y]	3,023	6,047	9,070	12,094
<i>Heavy fuel oil</i>				
Fuel saved [t/y]	16,316	32,631	48,947	65,262
Cost savings [keuro/y]	5,874	11,747	17,621	23,494
<i>Lignite</i>				
Fuel saved [t/y]	33,198	66,396	99,594	132,792
Cost savings [keuro/y]	9,295	18,591	27,886	37,182
<i>Petrol coke</i>				
Petrol coke saved [t/y]	19,250	38,500	57,750	77,000
Cost savings [keuro/y]	3,850	7,700	11,550	15,400

DISCUSSIONS

In this paper it is analyzed how using RDF in the cement production process will impact the environment and the financial status of the cement company. The conclusions are that implementing RDF as substitution for fossil fuels in the cement kilns leads to CO₂ emissions reduction, thus positive environmental impact. The only deviation from this trend is for heavy fuel oil, because according to the CO₂ emissions factor, it has lower emissions compared to RDF. However, considering the production process of heavy fuel oil and the methane emissions saved from the reduced amount of MSW landfilled, it can be assumed that using RDF as fuel instead of heavy fuel oil does not lead to negative environmental impact. Regarding CO₂ emissions, the most environmentally friendly is to use heavy fuel oil instead of coal, petrol coke or lignite, combined with RDF in any in any ratio. Apart from the CO₂ emissions reduction this option leads to big financial savings for the cement company. Whereas, considering the solid fuels which are more commonly used in the cement industry, environmental benefits will be generated by using petrol coke and coal combined with RDF. The least environmentally beneficial is using lignite where

apart from the high CO₂ emissions it has a high price. One ton of lignite is more expensive than a ton of coal or petrol coke. However, due to the price and amount of lignite saved if it is substituted by RDF will lead to the biggest financial benefits for the cement company. According to the analyses made it can be concluded that the type of fuel used for cement production and the substitution rate with RDF depends on the longtime goals of the company.

REFERENCES

- Fadayini, M. O., Madu, C., Oshin, T. T., Obisanya, A. A., Ajiboye, O. G., Ipaye, O. T., Kingsley, A. N. (2021). *Energy and Economic Comparison of Different Fuels in Cement Production*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.96812
- Govorushko, S. (2013). *Environmental problems of extraction, transportation, and use of fossil fuels*. Fossil Fuels: Sources, Environmental Concerns and Waste Management Practices. 1-84.
- Satya, S. & Manish. Y. (2017). *Environmental impacts of coal mining: a special emphasis on land subsidence*. MineTech. 37. 12-27.
- TTTAN Cementarnica Usje. (n.d.). Alternative fuels and raw materials. <https://www.usje.mk/mk/odrzhlivost/zivotna-sredina/alternativni-goriva-i-surovini/>
- Ministry of Environmental and Physical Planning. (2020). *A-Integrated Ecologic Permit, Company name: Cement factory Usje AD Skopje*.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2005). *CO₂ Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry*. The Cement CO₂ Protocol. https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/co2_CSI_Cement_Protocol-V2.0_0.pdf
- Dong, T.T.T., Byeong-Kyu L. (2009). *Analysis of potential RDF resources from solid waste and their energy values in the largest industrial city of Korea*. Waste Management. Volume 29, Issue 5, 1725-1731. doi.org/10.1016/j.wasman.2008.11.022
- Nikov Consulting DOOEL Veles, Eko Energy Agri Dizajn DOOEL Skopje. (2019). *Analysis of the situation and Report from modeling of the dispersion of air pollutants in the public utility landfill Drisla Skopje*.
- Ministry of Environmental and Physical Planning. (2022). *A-Integrated Ecologic Permit, Company name: Public Utility Landfill Disla Skopje*.
- Hort, C. (2022). *From waste disposal to energy recovery* [Brochure]. https://www.lindner.com/fileadmin/user_upload/Lindner_brochure_alternative_fuels_2022_EN.pdf
- Unitherm Cemcon. (n.d.). *Product Catalogue*. https://www.unitherm.at/images/downloads/catalogue/english/EN_2016-09_Product_Catalogue_web.pdf
- The Coal Hub. (2023). *Weekly Coal Prices Update – 18 March*. www.thecoalhub.com/report-presentation/weekly-coal-prices-update-18-march
- Chemanalyst. (2023). *Petroleum Coke Price Trend and Forecast*. <https://www.chemanalyst.com/Pricing-data/petroleum-coke-1119>
- State Statistical Office. (2023). *Monthly statistical report*. <https://www.stat.gov.mk/publikacii/2023/Bilten%2004%20MAK.pdf>

Hava Kirliliği ve Otizm Arasındaki Bağıın İncelenmesi

The Relationship between Air Pollution and Autism

Belgin Yıldırım¹  Emine Didem Evcı Kiraz²  Tarık Özdemir³ 

1 Doç. Dr. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlık Hemşireliği Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye

2 Prof. Dr. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Tıp Fakültesi Halk Sağlık Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye

3 Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Multidisipliner Çevre Sağlık Anabilim Dalı Doktora Programı Öğrencisi, Aydın, Türkiye

Özet

Otizm spektrum bozukluğu (OSB), insan hayatının erken dönemlerinde ortaya çıkan, sosyal iletişim-etkileşim bozukluğuyla ilgili ve etkinliklerin belli sınırlılığı gibi özellikler ile kendisini gösteren, etiyojisi bilinmeyen nöro-gelişimsel bir durumdur. Otizm spektrum bozukluğuna yönelik çok sayıda etiyojik çalışma olmasına rağmen, henüz kesin bir sebebi bulunamamış olmakla beraber, genetik yatkınlıkların yanı sıra, bir takım çevresel faktörlerinde etkili olabileceği yönündedir. Bu çevresel faktörlerin başında, canlıların hava kirliliğine maruz kalmaları gelmektedir. Hava kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen bir halk sağlığı sorunudur. Kalp damar hastalıklarından akciğer hastalıklarına, psikolojik rahatsızlıklardan kansere kadar pek çok açıdan insan sağlığını etkilemektedir. Hava kirliliği ile sağlığımız arasındaki ilişkisi inceleyen araştırmalar her geçen gün artmakla birlikte, bu ilişkiye yönelik araştırmalardan biri de, otizm spektrum bozukluğu (OSB)'dir. Nitekim annenin gebelik süresince, hava kirliliği gibi çevresel faktörlere maruz kalması sonucu, henüz anne karnında olan bebekler de bu kirlilikten kaynaklı sağlık sorunları yaşayabilmektedir. 2021 yılı Dünya Hava Kalitesi Raporu'na göre, Türkiye Avrupa bölgesindeki diğer ülkeler arasında havası en kirli 6'ncı ülke olduğu, hava kirlleticileri arasında yer alan PM2.5 uq/m³ yoğunluğunun 2020 yılında 18,7 uq/m³ iken, bu oranın 2021 yılında %3,74'lük bir artışla 20.0 uq/m³ olarak ölçüldüğü görülmüştür. Avrupa bölgesindeki en kirli 15 şehir arasında Iğdır ilinin 66.2 µg/m³ yoğunluğuyla ilk sırada olduğu görülmüş olup, WHO standartlarına (en fazla 5 µg/m³) göre Iğdır ilinin 13.24 µg/m³ kat daha fazla kirli hava soluduğu anlaşılmıştır. ABD'deki yıllar itibarıyla otizmlili birey sayısındaki artışta dikkat çekicidir. ABD'de 1970 yılında 2.500 çocuktan 1'i otizmlili olarak dünyaya gelirken, yıllar içerisinde hızlı bir ivmelenme ile artış yaşanmış ve 2021 yılı için bu oran 44 çocuktan 1'e kadar yükselmiştir. ABD'de 1970 yılından 2021 yılına kadar olan sürede otizmlili çocuk sayısındaki artış oranı %5.680'dir. Bu çalışmanın amacı, hava kirliliğine maruziyetin daha önce farkında olmadığımız sağlık sorunları ile ilişkili olabileceği ve bu doğrultuda bu maruziyetin otizm spektrum bozukluğu ile bir ilişkisinin olup olmadığı yönündeki araştırmalardır. Hava kirliliği ile otizm spektrum bozukluğu arasındaki ilişkinin varlığına yönelik kanıta dayalı daha çok bilimsel çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Çevre Sağlık, Otizm Spektrum Bozukluğu.

Bu makaleden şu şekilde alıntı yapınız / Cite this article as: Yıldırım B. Evcı Kiraz ED. Özdemir T., Hava Kirliliği ve Otizm Arasındaki Bağıın İncelenmesi. Chj 2023; 4(1):18-24

Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Tarık Özdemir, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Multidisipliner Çevre Sağlık Anabilim Dalı Doktora Programı Öğrencisi, Aydın, Türkiye
Email: tarik.ozdemir@adu.edu.tr



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Abstract

Autism spectrum disorder (OSB) is a neuro-developmental condition of unknown etiology that emerges in the early stages of human life and manifests itself with features such as social communication-interaction disorder and certain limitations in interests and activities. Although there are many etiological studies on autism spectrum disorder, a definitive cause has not been found yet, but it is thought that some environmental factors may be effective as well as genetic predispositions. The most important of these environmental factors is the exposure of living things to air pollution. Air pollution is a public health problem that negatively affects the health of living things. It affects human health in many ways, from cardiovascular diseases to lung diseases, from psychological disorders to cancer. Although research examining the relationship between air pollution and our health is increasing day by day, one of the studies on this relationship is autism spectrum disorder (OSB). As a matter of fact, as a result of the mother's exposure to environmental factors such as air pollution during pregnancy, babies still in the womb may also experience health problems due to this pollution. According to the 2021 World Air Quality Report, Turkey is the 6th country with the most polluted air among other countries in the European region, and the density of PM2.5 uq/m³, which is among air pollutants, was 18.7 uq/m³ in 2020, while this rate is expected to increase in 2021. It was observed that it was measured as 20.0 uq/m³, with an increase of 3.74%. Among the 15 most polluted cities in the European region, Iğdır province ranks first with a density of 66.2 µg/m³, and according to WHO standards (maximum 5 µg/m³), it was understood that Iğdır province breathes 13.24 µg/m³ times more polluted air. It is noteworthy that the number of individuals with autism has increased over the years in the USA. While 1 in 2,500 children was born with autism in the USA in 1970, there has been a rapid increase over the years and this rate has increased to 1 in 44 children by 2021. The increase in the number of children with autism in the USA from 1970 to 2021 is 5,680%. The aim of this study is to investigate whether exposure to air pollution may be associated with health problems that we were not aware of before and whether this exposure has a relationship with autism spectrum disorder. There is a need for more evidence-based scientific studies on the existence of a relationship between air pollution and autism spectrum disorder.

Keywords: Air Pollution, Environmental Health, Autism Spectrum Disorder.

GİRİŞ

Yaşadığımız dünya insan müdahalesi olmadan canlılar için son derece uygun yaşam koşullarına sahiptir. Canlılar yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmek için temiz içilebilir su, gıda ve havaya ihtiyaç duyarlar. Sanayileşme ile birlikte bu ihtiyaç duyulan hayati maddeler giderek kirlenmeye başlamıştır. Dolayısıyla da başta insanlar olmak üzere pek çok canlı bu kirliliklerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Toplum sağlığının korunması için, öncelikle çevre sağlığının korunması gerekir. Dolayısıyla toprak, su, gıda ve havanın canlıların sağlığını tehdit etmemesi sağlanmalıdır. Solunan hava kalitesi, sağlık açısından büyük önem taşımaktadır. Havanın kirliliği demek, içerisinde olmaması gereken ve canlıların sağlığını olumsuz olarak etkileyen solunabilen zararlı maddelerin bulunması anlamına gelmektedir (Kardeşoğlu vd., 2011). Hava kirliliği önlenmesi gereken ve insanların sağlığı açısından son derece önemli bir olaydır. Gebelik süresince geçirilen materyal enfeksiyonlar, tarım ilaçları, cıva gibi etkenlere maruziyetin yanı sıra, hava kirliliği gibi çevresel faktörlerin otizm spektrum bozukluğu (OSB) duyarlılık genleri ile etkileşime girerek bir takım epigenetik değişikliklere yol açabileceği belirtilmiştir (Bodur & Usta 2023). OSB, sosyal iletişimlerde ve etkileşimlerde yetersizlik, tekrarlanan davranış ve normal olmayan hareketler gösterme şeklinde belirtileri olan gelişimsel bozukluktur (Gürsoy & Andaç Öztürk, 2019). OSB insanların yaşam kalitelerinin standartların altında kalmasına neden olmaktadır. Bu durumda olan pek çok insan yaşamlarını kendi başlarına sürdürememektedir.

Hava kirliliğinin, insan sağlığını tehdit ettiği bilinmektedir. Öyle ki Temiz Hava Hakkı Platformu'nun hazırladığı "Kara Rapor 2022: Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri" isimli raporuna göre, 2021 yılında Türkiye genelinde 42.067 kişi hava kirliliğine bağlı hastalıklar sebebiyle hayatını kaybetmiştir. Hava kirliliğine bağlı hastalıklar nedeniyle hayatını kaybedenlerin en çok İstanbul ve Ankara'da olduğu da raporda belirtilmiştir. Buna göre İstanbul'da 4.848, Ankara'da 2.853 kişi hava kirliliğine bağlı hastalıklar nedeniyle yaşamını yitirmiştir (Temiz Hava Hakkı Platformu, 2022).

Bu çalışmanın amacı, hava kirliliğine maruziyetin daha önce farkında olmadığımız sağlık sorunları ile ilişkili olabileceği ve bu doğrultuda bu maruziyetin otizm spektrum bozukluğu ile bir ilişkisinin olup olmadığı yönündeki araştırmalardır.

1. HAVA KİRLİLİĞİ VE OTİZM İLİŞKİSİ

Otizm

Otizm spektrum bozukluğu (OSB), insan hayatının erken dönemlerinde ortaya çıkan, sosyal iletişim-etkileşim bozukluğuyla ilgi ve etkinliklerin belli sınırlılığı gibi özellikler ile kendisini gösteren, etiyolojisi bilinmeyen nöro-gelişimsel bir durumdur. Erkeklerde kızlara göre 4 kat daha fazla görülür ve sosyo-ekonomik durum, aile yapısı ve ırk ile ilişkisi bulunmamaktadır (Murat, 2020; Bryant, 2017). Yapılan araştırmalar beyin gelişiminde genetik faktörlerin ve çevresel faktörlerin etkisi ile ortaya çıktığının düşünüldüğü anormalliklerin OSB'ye neden olduğuyla ilgili güçlü görüşler vardır (Usta & Yazıcı, 2020).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 2012'de yapılan bir araştırmada, OSB'nin küresel prevalansının %1 civarında olduğu ve yakın tarihli bir başka araştırmadaysa gelişmiş ülkelerdeki prevalansın %1.5 civarında olduğu tahmin edilmiştir (Lord et al., 2018). Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi'nin (CDC) aracılığı ile Otizm ve Gelişimsel Engelleri İzleme Ağı (ADDM) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmanın sonucuna göre Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) her 44 çocuktan birinin otizmi olduğu bildirilmiştir (CDC, 2018). Bu sonuca göre OSB prevalansı, 8 yaşındaki her 1000 çocukta 23'tür ve OSB, erkeklerde kızlara göre 4.2 kat daha fazla olduğu görülmektedir (CDC, 2021). Bunun yanında otizm tablosunun kızlarda daha ağır seyrettiği tespit edilmiştir. OSB olanların %40'ı sözel iletişimi kullanamamakta, %25-40'ında epilepsi de OSB'ye eşlik etmektedir. OSB olanların %50'sinden fazlasında uyku sorunları görülmekte, söz konusu uyku sorunlarının başında da uykuya dalmakta güçlükler yaşanmaktadır (Kırcaali İftar, 2019).

Otizmin muhtemel sebeplerine ailesel, genetik, çevresel faktörler ve nöroanatmik-nörokimyasal farklılıklar açısından bakıldığında bunlardan hangisinin etkileme oranının daha fazla olduğu belirsizliğini korumaktadır (Kırcaali İftar, 2019). Otizmle ilgili yapılan çalışmaların sayıları arttıkça insan sağlığını etkileyen faktörlere ilişkin daha belirgin sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Günümüzde yürütülen araştırmalarda da elde edilen bulgularda da dile getirildiği gibi OBS ile ilgili çevre faktörleri arasında beyinsel gelişim üzerine etkisinin olduğu düşünülen beslenme, anne stresi, aşılar, tıbbi müdahaleler, kimyasallar, kullanılan ilaçlar, hava kirliliği, toksik maddeler ve sanayileşme, ağır metaller, artan petrol türevleri kullanımı gibi pek çok unsur sayılabilir

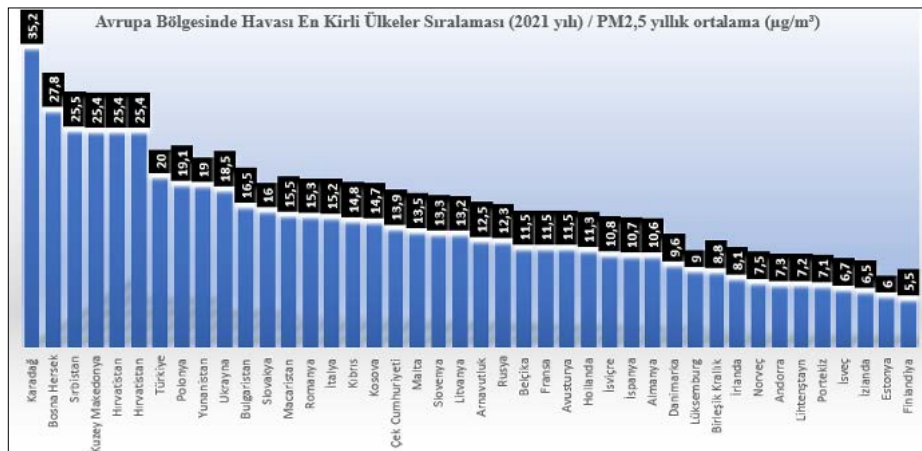
(Kar vd., 2019). Bunun yanında D vitamininin noksanlığı da otizm etiolojisinde etkili olduğu düşünülen, üzerinde çalışmalar yürütülen konulardandır. Wang vd. (2020) D vitamini noksanlığı konusunda yapmış olduğu meta analiz çalışmasının neticesinde; D vitamininin otizmle ilişkisinin olduğu görülmüştür (Wang vd., 2020). Çevresel faktörlere duyarlı ve genetik yatkınlığı olan kişiler için otizm, prognozu bakımından daha kolay olduğu tahmin edilmektedir (Özbaran, 2014).

Bunun yanında gebelik dönemiyle ilgili çalışmaların sürdüğü maternal stres, gebelikte yüksek ateş, hipertansiyon, diyabet ve obezite gibi durumların gelişimsel gerilikle ve otizm riskiyle ilişkilendirilebileceği üzerinde sıklıkla durulan konular arasında yer almaktadır (Özbaran, 2014).

Otizm ve Hava Kirliliği İlişkisine Dair Yapılan Çalışmalar

Türkiye, Avrupa'da havası en kirli ülkeler arasında 6. sırada yer almaktadır (Şekil 1). Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2021 yılında yayınlamış olduğu Küresel Hava Kalitesi Rehberindeki standartlara göre bir bölgede temiz havanın solunabilmesi için PM2.5 değerinin en çok 5 µg/m³ olması gerekmektedir (WHO, 2021). Şekil 1'de görüldüğü üzere, 2021 yılı Dünya Hava Kalitesi Raporu'na göre Avrupa bölgesinde havası en kirli ülkeler sıralanmıştır (IQAir, 2021). Rapora göre Avrupa bölgesinde hava kirliliğinin en fazla olduğu ülkenin Montenegro (Karadağ), en az görüldüğü ülkenin ise Finlandiya olduğu görülmektedir. Türkiye ise raporda hava kirliliği bakımından PM2.5 uq/m³ yoğunluğu 20.0 uq/m³ olarak ölçülmüş olup, 6. sıradadır. Türkiye'nin 2020 yılındaki PM2.5 uq/m³ yoğunluğu ise 18,7 uq/m³'tür (BBC, 2022).

Şekil 1. Avrupa Bölgesinde Havası En Kirli Ülkeler Sıralaması

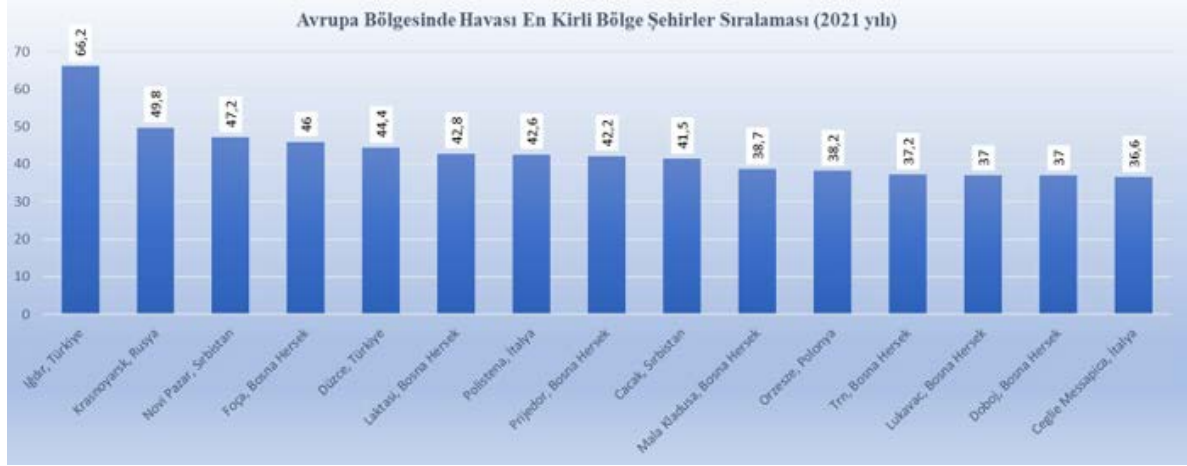


Kaynak: IQAir (2021)

IQAIR-21'e göre Avrupa Bölgesindeki havası en kirli kent sıralamasında ise Türkiye'den Iğdır ilinin $66.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluğuyla ilksırada olduğu Şekil 2'den anlaşılmaktadır (IQAir, 2021). Iğdır'ı $49.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluğuyla Rusya'nın

Krasnoyarsk kenti izlemekte olup, Düzce ilinin ise $44.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluğuyla havası kirliği olan şehirler arasında beşinci sırada olduğu görülmüştür.

Şekil 2. Avrupa Bölgesinde Havası En Kirli Bölge Şehirleri Sıralaması



Kaynak: IQAir (2021)

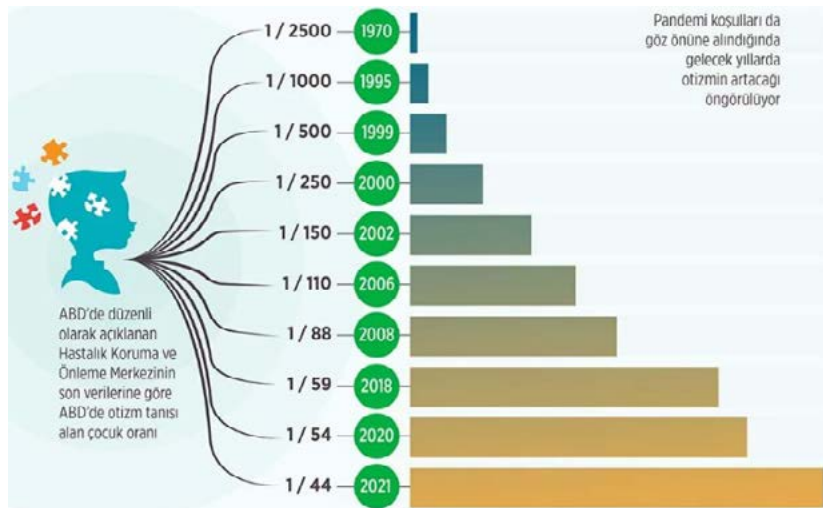
Iğdır ili, 800 metrelik bir rakıma sahip olduğundan etrafındaki bölgelere göre çukurda kalmaktadır. Etrafının saran dağlarında hava sirkülasyonunu engellemesi hava kirliliğinin en başlı sebepleri arasında gösterilebilir (İklim Haber, 2022). IQAIR-21'e göre raporda dikkat çeken bir sonuç ise; 2021 yılında 5 yaş altındaki yaklaşık 40.000 çocuğun ölümüyle hava kirliliğinin ilişkilendirilmiş olmasıdır.

Türkiye'de yaklaşık 600.000 otizmli bireyin olduğu tahmin edilirken, günümüzde ise dünyaya gelen her 68 çocuktan

biri otizmli olarak dünyaya gelmektedir (Ekici, 2015). Bu oldukça yüksek bir oran olarak karşımıza çıkmaktadır.

ABD'de ülkemizdekine benzer şekilde otizmli olarak dünyaya gelen bebek sayısında artış görülmektedir. ABD Hastalık Koruma ve Önleme Merkezi tarafından yapılan Şekil 3'teki çalışmaya göre, ABD'de 1970 yılında 2.500 çocuktan 1'i otizmli olarak dünyaya gelirken, yıllar içerisinde hızlı bir ivmelenme ile artış yaşanmış ve 2021 yılı için bu oran 44 çocuktan 1'e kadar yükselmiştir (Anadolu Ajansı, 2022).

Şekil 3. ABD'de Yıllara Göre Otizm Tanısı Almış Çocukların Oranı (1970-2021)



Kaynak: ABD Hastalık Koruma ve Önleme Merkezi; Anadolu Ajansı (2022)

Hava kirliliği ve otizm yönelik akademik araştırmalar literatürde yerini almıştır. 2013-2023 yılları arasında, Google Scholar arama motorundan “Hava Kirliliği ve Otizm Arasındaki İlişki” anahtar kelimeleri yazılarak toplamda 363 akademik makale çalışmasının yapıldığı görülmüştür (<https://scholar.google.com>,2023). Bazı çalışmalar incelendiğinde; Daharlı vd., (2021)’nin “Otizm ve Çevresel İlişkiler” başlıklı derleme çalışmasında, birçok etiyolojik çalışma olmasına rağmen ve henüz kesin bir sebep bulunamazken otizmle yönelik çevresel faktörlerin genetik yatkınlıkla beraber en çok suçlanan ajanların başında geldiği belirtilmiştir (Daharlı vd., 2021). Şahin vd. (2019)’nin “Otizm Spektrum Bozukluğu Olan Olgularda Anne Sütü Alım Süreleri ve Otizm Şiddetiyle İlişkisi” başlıklı makale çalışmasında, son yıllarda OSB etiyolojisine yönelik yapılan çalışmaların, hamilelik sırasında ve gebelik döneminde hava kirliliğinde aralarında olduğu çevresel faktörlerin önemli rol oynadığını göstermektedir (Şahin vd. 2019). Dinure M., (2022)’nin “Otizm Spektrum Bozukluğu ve Beslenme” başlıklı derleme çalışmasında, giderek artan OSB prevalansının yalnızca genetik faktörlerden kaynaklanmadığını, çevresel faktörlerinde bu bozukluk üzerinde etkili olduğunu, başlıca çevresel faktörlerin ise sigara, alkol, ağır metaller ve hava kirliliği gibi etkenlerin etkili olduğunu göstermektedir (Dinure M., 2022). Türk & Gökçen, (2022)’nin “Otizm Spektrum Bozukluklarında Düzenli Fiziksel Egzersizlerin Bedensel ve Ruhsal Gelişim ile Yaşam Kalitesi Üzerine Etkileri” başlıklı derleme çalışmasında, OSB ile hava kirliliği, pestisitler vb. çevresel faktörlerin ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Türk&Gökçen,2022). Bu alanda yapılmış bazı uluslararası çalışmalar ise incelendiğinde; Roberts vd.’nin (2013) yapmış oldukları çalışmada çocuklarda hava kirleticilerine doğum öncesi ve doğumdan sonraki ilk 4 hafta maruz kalma durumu ile OSB arasında bir ilişkinin olabileceği belirtilmiştir (Roberts vd., 2013). Volk vd.’nin (2013) yaptıkları araştırmada ise trafik kaynaklı hava kirliliği ve otizm ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada, annenin doğum yaptığı yerdeki ikametgâh adresi, hamileliğin her üç aylık dönemi ve trafik ile ilgili hava kirliliğine maruz kalma durumu araştırılmış ve hamilelikte ve yaşamın ilk yılında trafik ile ilgili hava kirliliği, nitrojen dioksit, PM 2.5 ve PM10’a maruziyetin otizm ile bağlantılı olabileceği belirtilmiştir (Volk vd., 2013).

Kerin vd.’nin (2018) yapmış oldukları çalışmada doğum öncesinde hava kirliliğine maruz kalma, OSB riskiyle ilişkendirilmiştir (Kerin vd., 2018). Ren vd.’nin (2019) Çin’in Wuhan kentinde yapmış oldukları çalışmada, annelerin hamilelik dönemlerinde hava kirliliğine

maruz kalmalarının sonucunda, doğan çocukların sınırlı gelişimlerinin etkilediği bulgulanmıştır (Ren vd., 2019).

Hava kirliliği ve OSB arasındaki bağlantıyı araştıran bir başka çalışma ise, Harvard Üniversitesi Epidemiyoloji Uzmanı Weisskopf’un yapmış olduğu çalışmadır. ABD’de 116 bin anneden ve çocuktan elde edilen veriler kapsamında, hamilelerin son üç aylık dönemlerinde hava kirliliğine maruziyetleri durumunda otistik çocuk sahibi olma olasılığının, hava kirliliğinin düşük olduğu bölgelerde yaşayan hamilelere göre iki kat daha fazla olduğuna yönelik çalışmadır (VOA Türkçe, 2014).

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayileşme ile birlikte hava kirliliği yaşanmaya başlamış ve her geçen gün artarak devam etmiştir. Fosil yakıtların kullanılmaya başlanmasıyla ivme kazanmış ve atmosferdeki miktarı artarak iklim değişikliklerine neden olmuştur. Dünyanın ısı dengeleri değişmiş ve sera etkisi nedeniyle buzullar erimeye başlamıştır. Ancak hava kirliliğinin tek etkisi küresel ısınma ile sınırlı kalmamıştır. Hava kirliliği, insan sağlığını da olumsuz yönde etkileyen önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Hava kirliliği ile sağlık arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalar her geçen gün artarken, daha önce farkında olmadığımız bazı sağlık sorunları ile hava kirliliğinin ilişkili olabileceğine yönelik akademik çalışmalarda hız kazanmıştır. Bu araştırmalardan biri de Otizm spektrum bozukluğunun hava kirliliğine maruz kalma ile ilişkili olabileceğine yönelik çalışmalardır. Şekil 1’de görüldüğü üzere, 2021 yılında Avrupa bölgesindeki havası en kirliliği diğer ülkeler arasında Türkiye 6.sırada olup, PM2.5 uq/m³ yoğunluğu 20.0 uq/m³ ‘dür. Bu oran 2020 yılında 18,7 uq/m³’tür. 2020 yılından 2021 yılına %3,74’lük bir hava kirliliği artışının görülmesi, özellikle hamilelerde ve gebelik dönemindeki anne karnındaki bebeklerin hava kirliliğine maruz kalma riskini arttırabileceği yönündedir. Türkiye’deki PM2.5 yoğunluğu diğer Avrupa bölgesindeki ülkelerin seviyelerinden düşük olsa da birtakım tedbirlerin alınması kaçınılmazdır. Hava kirliliğine neden olan sektörler detaylı bir şekilde araştırılmalı, endüstri ve sanayi sektöründe karbon yakalama teknolojileri geliştirilmeli ve kullanılmalı, alınacak olan önlemler kanunla desteklenmelidir.

Şekil 2’de ise Avrupa Bölgesindeki havası en kirli 15 şehir arasında Türkiye’den Iğdır ilinin 66.2 µg/m³ ile ilk sırada olduğu, Iğdır’ı 49.8 µg/m³ yoğunluğuyla Rusya’nın Krasnoyarsk kentinin izlediği, Düzce ilinin ise 44.4 µg/m³ yoğunluğuyla havası kirli olan şehirler arasında beşinci

sırada olduğu görülmüştür. Avrupa bölgesi şehirleri arasında Türkiye’den iki şehrin ilk sıralarda yer alması düşündürücüdür. Iğdır ve Düzce’deki hava kirliliğinin üst seviyelerde olmasının yoğun endüstriyel sektörlerden mi, ısınma veya sanayide kullanılan kömürden mi veya trafikteki ulaşım araçlardan çıkan egzoz emisyonlarında mı veya farklı bir sebepten dolayı yoğun olduğu tartışılmalıdır. Iğdır’ın coğrafi konumu itibarıyla etrafını saran dağların hava sirkülasyonunu yavaşlatabileceği göz önüne alındığında, hava sirkülasyonunu sağlayabilecek yapay teknolojilerinin geliştirilmesi isabetli olacaktır. Iğdır’da sanayide ve ısınmada kullanılan kömürün kalitesine dikkat edilmelidir. Düzce ilinde ise hava kirliliğine neden olabilecek sayıları her geçen gün artan endüstriyel tesislere yönelik karbon yakalama üniteleri kullanılmalıdır. Düzce’de halen kullanılmakta olan kömürün kademeli olarak kaldırılarak doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması ve yerel yönetim bu konuda gerekli önlemleri alması gerekmektedir.

Şekil 3’teki çalışmaya göre, ABD’de 1970’li yıllarda 2.500 kişide bir görülen otizm, günümüzde 44 kişide bir görülmeye başlanmıştır. Son 50 yılda bu derece bir artış olduğunu görmek olağanüstü bir duruma işaret etmektedir. Doğum öncesi annenin maruz kalabileceği stresli yaşam ve hava kirliliğine maruz kalma seviyesi araştırılmalıdır. Merkezi ve yerel yönetim hava kirliliğinin önlenmesi konusunda her türlü tedbirleri almalıdır. Yapılan araştırmaların sonuçlarına dayanarak söylemek mümkündür ki, bebekler henüz anne karnındayken bile hava kirliliğinden etkilemekte ve merkezi sinir sistemlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuç olarak, hava kirliliğinin en kısa sürede önüne geçilmesini sağlayacak ulusal ve uluslararası politik düzenlemelerin yapılması, bu konudaki devlet politikalarının gözden geçirilerek güçlendirilmesi, havayı kirleten unsurların en aza indirilmesi ve kirletenlerin cezai yaptırımlarla engellenmesi gelecek nesillerin sağlıkları açısından son derece önemlidir. Bunun yanında bu alanda yapılan çalışmaların sınırlı olduğu görüldüğünden, hava kirliliği ile otizm spektrum bozukluğu arasındaki ilişkinin varlığına yönelik kanıta dayalı daha çok bilimsel çalışmaların yapılması, yeni ve bölgesel olarak hava kirliliği ve sağlık arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmaların ve istatistiklerin ivedilikle yapılması, halkın hava kirliliğine maruz kalmaları sonucunda, yaşayabilecekleri sağlık sorunlarına yönelik olarak bilinç düzeylerinin artırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Anadolu Ajansı (2022). Otizm tanısı alan çocuk sayısı her yıl artıyor. Sert Karaaslan, Y., <https://www.aa.com.tr/tr/saglik/otizm-tanisi-alan-cocuk-sayisi-her-yil-artiyor/2502927> (erişim tarihi: 09.05.2023)
2. BBC (2022). 2021 Dünya hava kirliliği raporu: Avrupa bölgesinde havası en kirli kent Iğdır. <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-60834214> (erişim tarihi: 09.05.2023)
3. Bodur, R., & Usta, M. B. (2023). Otizm Spektrum Bozukluklarının Doğum Mevsimi ile İlişkinin İncelenmesi. *Turkish Journal of Child & Adolescent Mental Health*, 30(2).
4. Bryant, R. (2017). Impact of cognitive or sensory impairment on the child and family. In Hockenbery, M. J., Wilson, D., Rogers, C.C. (Eds.), *Wong’s essentials of pediatric nursing* (ss. 530-553). Canada: Elsevier.
5. Daharlı, E., Yılmaz, S., & Koşan, Z. (2021). Otizm ve Çevresel İlişkiler: Derleme. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 4(1), 73-80.
6. Dımure, M. (2022). Otizm spektrum bozukluğu ve beslenme. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 66-71.
7. Ekici, Ö. K. (2015). *Dünyada her 68 çocuktan birisi otizmlidir doğuyor*. TÜBİTAK Bilim Genç, <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/dunyada-her-68-cocuktan-birisi-otizmlidir-doguyor> (erişim tarihi: 10.05.2023)
8. Gürsoy, G., & Andaç Öztürk, S. (2019). Otizm spektrum bozukluklarında beslenme yaklaşımı. *Aydın Sağlık Dergisi*, 5(2), 111-119.
9. IQAir (2021). *World air quality report: Region & city PM2.5 ranking*. <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2021-en.pdf> (erişim tarihi: 09.05.2023)
10. İklim Haber (2022). *Iğdır neden Avrupa’nın en kirli havasına sahip?* <https://www.iklimhaber.org/igdir-neden-avrupanin-en-kirli-havasina-sahip/> (erişim tarihi: 11.05.2023)
11. Kar, F., Cihaner, Ö., Hacıoğlu, C., & Kanbak, G. (2019). Autism: Evaluation of psychological, biochemical and environmental factors. *BioDiCon*, 12(2), 206-212.
12. Kardeşoğlu, E., Yalçın, M., & Işlak, Z. (2011). Hava kirliliği ve kardiyovasküler sistem. *TAF Prev. Med. Bull.*, 10(1), 97-106.
13. Kerin, T., Volk, H., Li, W., Lurmann, F., Eckel, S., McConnell, R., & Hertz-Picciotto, I. (2018). Association between air pollution exposure, cognitive and adaptive function, and ASD severity among children with autism spectrum disorder. *JADD*, 48(1), 137-150.
14. Kırcaali İftar, G. (2019). Otizm spektrum bozukluğuna genel bakış. Tekin İftar, E. (Ed.), *Otizm spektrum bozukluğu olan çocuklar ve eğitimleri* içinde (ss. 1-23). Ankara: Vize Akademik Yayıncılık.
15. Murat, M. (2020). *Çocuklarda ruhsal sorunlar*. Köse, S. (Ed.), *Anne ve çocuk sağlığı* içinde (ss. 567-612). Ankara: Eğiten Kitapevi.
16. Özbaran, B. (2014). Otizm spektrum bozukluklarında çevresel faktörler etkili midir? Derleme. *Journal of Pediatric Research*, 1(4), 170-173.
17. Ren, Y., Yao, X., Liu, Y., Liu, S., Li, X., Huang, Q., Liu, F., Li, N., Lu, Y., Yuan, Z., Li, S. & Xiang, H. (2019). Outdoor air pollution pregnancy exposures are associated with behavioral problems in China’s preschoolers. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26, 2397-2408.
18. Roberts, A. L., Lyall, K., Hart, J. E., Laden, F., Just, A. C., Bobb, J. F., Koenen, K. C., Ascherio, A., & Weisskopf, M. G. (2013). Perinatal air pollutant exposures and autism spectrum disorder in the children of nurses’ health study II participants. *Environ. Health Perspect*, 121(8), 978-984.

19. Şahin, N., Balkan, D., & Kırılı, U. (2019). Otizm spektrum bozukluğu olan olgularda anne sütü alım süreleri ve otizm şiddetiyle ilişkisi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Tıp Dergisi*, 6(1), 5-9.
20. Temiz Hava Hakkı Platformu (2022). *Kara rapor: 2022 hava kirliliği ve sağlık etkileri*. <https://www.temizhavahakki.org/kararapor2022/> (erişim tarihi: 05.05.2023)
21. Türk, N., & Gökçen, C. (2022). Otizm Spektrum Bozukluklarında Düzenli Fiziksel Egzersizlerin Bedensel ve Ruhsal Gelişim ile Yaşam Kalitesi Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Child & Adolescent Mental Health*, 29(1).
22. Usta, M.B., & Yazıcı, D. N. (2020). Otizm spektrum bozukluğunda eğitsel modellerin gözden geçirilmesi. *TJCAMH*, 27(3), 134-139.
23. VOA Türkçe (2014). *Hava kirliliği otizme yol açıyor*. <https://www.voaturkce.com/a/hava-kirlilii-otizme-yol-aciyor/2566307.html> (erişim tarihi: 02.04.2023).
24. Volk, H. E., Lurmann, F., Penfold, B., Hertz-Picciotto, L., & McConnell, R. (2013). Traffic-related air pollution, particulate matter, and autism. *JAMA Psychiatry*, 70(1), 71-77.
25. Wang, Z., Ding, R., Wang, J. (2020), The association between vitamin d status and autism. review. spectrum disorder (ASD): a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 13, 86.
26. WHO (2021). *WHO Global air quality guidelines*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf> (erişim tarihi: 09.05.2023)
27. https://scholar.google.com/scholar?q=Hava+Kirlilii+C4%9Fi++ve+Otizm+Aras%C4%B1nda+ki+C4%B0li%9&hl=tr&as_sdt=0,5&as_ylo=2013&as_yhi=2023 (erişim tarihi: 30.09.2023).

ŞEHİR SAĞLIĞI DERGİSİ

YAZIM VE YAYIN KURALLARI

Dergiye gönderilecek yazılar Türkçe veya İngilizce olabilir. Dergiye gönderilecek olan çalışmalar daha önce bir yerde yayımlanmamış olmalıdır.

Derginin kurallarına göre yazıldığı belirlenen çalışmalar editörler tarafından incelenir ve iki veya daha fazla hakeme gönderilir. Yazılar reddedilebilir veya yazarlardan düzenleme yapılması istenir. Düzenlemeler belirtilen süreler içerisinde tamamlandıktan sonra yazının kabulü halinde yıl içerisinde çıkacak sayılarda yayımlanır.

YAZININ HAZIRLANMASI

A4 boyutlarındaki kâğıda üst, alt, sağ ve sol boşluk 2,5 cm bırakılarak çift satır aralıklı, iki yana dayalı, satır sonunda kısa çizgi (tire) kullanılmayarak 10 punto Times New Roman yazı karakteri ile yazılmalıdır.

Gönderilen tablo, şekil, resim, grafik ve benzerlerinin derginin sayfa boyutları dışına taşmaması ve daha kolay kullanılmasını amacıyla 10 x 17 cm'lik alanı aşmaması gerekir. Bundan dolayı tablo, şekil, resim, grafik vb. unsurlarda daha küçük punto ve tek aralık kullanılabilir. Tablo, şekil, resim, grafik vb. metin içerisinde yer almalıdır.

Çalışmalar 20 sayfayı aşmamalıdır. Çalışmanın, MS Word ile yazılmış bir kopyasının dergi e-posta adreslerine veya web sitesinden on-line olarak gönderilmesi editöryal sürecin başlaması için yeterlidir. Çalışma gönderildikten sonra en geç bir hafta içinde alındığını teyit eden bir elektronik posta mesajı gönderilir.

Yapılan araştırmalar için ve etik kurul kararı gerektiren klinik ve deneysel insan ve hayvanlar üzerindeki çalışmalar için ayrı ayrı etik kurul onayı alınmış olmalı, bu onay makalede belirtilmeli ve belgelendirilmelidir.

Türkçe makalelerde hem metin içinde hem de kaynakçada TDK Yazım Kılavuzu (Yazım Kılavuzu, 2009, Türk Dil Kurumu, Ankara) veya www.tdk.gov.tr adresindeki on-line hali) yazım kuralları dikkate alınmalıdır.

Kaynakça; hem metin içinde hem de kaynakçada Amerikan Psikologlar Birliği (APA) tarafından yayımlanan Publication Manual of American Psychological Association adlı kitapta belirtilen yazım kuralları uygulanmalıdır.

Dergi isimleri Index Medicus veya ULAKBİM/Türk Tıp Dizini'ne uygun olarak kısaltılmalıdır.

Gönderilen çalışmaların aşağıda koyu yazılan bölümleri içermesi gerekmektedir:

- Türkçe Başlık Sayfası (Makale başlığını, yazar/lar/ın tam adlarını ve unvanlarını, çalıştıkları kurumlarını, adres, telefon, faks ve elektronik posta bilgilerini içermelidir.)
- Türkçe Öz (150-200 kelime arası)
- Anahtar Kelimeler (5-8 kelime arası)
- Ana Metin (Nicel ve nitel çalışmalar giriş, yöntem, bulgular, tartışma bölümlerini içermelidir.)
- İngilizce Başlık Sayfası (Makale başlığını, yazar/lar/ın tam adlarını ve unvanlarını, çalıştıkları kurumlarını, adres, telefon, faks ve elektronik posta bilgileri ve uluslararası geçerliliği bulunan "ORCID" bilgisine yer verilmelidir.)
- Abstract (150-200 kelime arası)
- Key Words (5-8 kelime arası)
- İngilizce Ana Metin (Nicel ve nitel çalışmalar giriş, yöntem, bulgular, tartışma bölümlerini içermelidir.)

YAYIM SÜRECİ ÜZERİNE YAZARLARA NOTLAR

Şehir Sağlığı Dergisi, şehir ve sağlık alanında çalışan tarafları ortak bir platformda buluşturmayı amaçlamaktadır.

Bu kapsamda;

- Şehirlerdeki insanların sağlığını ve esenliğini geliştirmek için yapılan bilimsel çalışmaların, araştırma ve analizlerin yer aldığı akademik bir dergi niteliğinde olacaktır. Bu uluslararası dergi şehir sağlığı ve sağlıklı bir çevre konusundaki politikaların oluşturulması ve uygulanması süreçlerinde yer alan taraflar arasında yönetimi güçlendirmeye katkı sunacaktır. Sağlıklı şehirlerin oluşması konusunda karar destek mekanizmaları için başvuru kaynağı niteliğinde olan bir dergi olacaktır.
- Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir.
- Birden çok yazarlı makalelerde editöryal yazışmanın kiminle yapılacağı belirlenmeli ve açık bir şekilde belirtilmelidir.
- Yayımlanan yazıların içeriğinde ya da alıntılarında olabilecek çarpıtma, yanlış, telif hakkı ihlali, intihal vb. hususlardan yazar/yazarlar sorumludur.
- Yayımlanan yazıların içeriğinden yazarları sorumludur. İlgili çalışmada, eğer etik onay alınması gereken durumlar söz konusu ise yazarların etik kurullardan ve kurumlardan onay aldığı varsayılmaktadır.
- Yayımlanmış yazıların yayım hakları yayımcı firmaya aittir.

CITY HEALTH JOURNAL

RULES FOR WRITING AND PUBLISHING

Papers to be submitted to the journal may be in Turkish or English languages. Papers to be submitted to the journal must be not published previously in another platform.

Papers defined to be written in accordance to the rules of the Journal are assessed by the editors and sent to two or more peers for review. Papers may be rejected or the author may be requested to make revision. In the event the paper is approved after the completion of any revisions within indicated periods, it is published in the issues to be developed within the year.

PREPARATION OF PAPER

The paper should be typed on paper with A4 dimensions, leaving 2.5 cm space from the top, below, right and left edges, with double line space, without hyphenation at line end, by using font size 10 Times New Roman character font.

The tables, figures, graphs and similar that are included should not exceed an area of 10 x 17 cm for preventing exceeding of page borders and for using with convenience. Thus, smaller font sizes and single line space may be used for objects such as tables, figures, images, graphs etc. The tables, figures, images, graphs etc. should be inserted into the text.

Papers should not exceed 20 pages. Sending a copy of the paper produced through MS Word to the Journal's e-mail addresses or submitting the same online from the website is sufficient for the editorial process to commence. An electronic mail message confirming its receipt is sent at the latest in a week after the paper was sent.

For any clinical or experimental studies on humans and animals that require ethics board approval to be used in the research studies, separate ethics board approvals have to be obtained, such approval should be referred to in the paper, and duly documented.

For Turkish papers, the grammar rules in TDK Spelling Book (Yazım Kılavuzu, 2009, Turkish Language Association) or on the address www.tdk.gov.tr (online version) should be complied with in respect to both the text and the references sections.

References (For both the text and the references sections, the grammatical rules defined in the book named Publication Manual of American Psychological Association and published by American Psychological Association should be implemented).

Journal names should be abbreviated in accordance with Index Medicus or Ulakbim/Turkish Medical Index.

The papers submitted should include the sections presented in bold characters below:

- Turkish Title Page (should include paper title, full names and titles of author(s), the institutions they are employed in, and their address, telephone, fax and electronic mail addresses)

- Turkish Abstract (between 150 and 200 words)
- Keywords (between 5 and 8 words)
- Main Text (quantitative and qualitative studies should include introduction, methodology, findings and discussion sections)
- English Title Page (should include the paper title, full names and titles of author(s), the institutions they are employed in, and their address, telephone, fax and electronic mail addresses, and their "ORCID" data with international validity)
- Abstract (between 150 and 200 words)
- Keywords (between 5 and 8 words)

English Main Text (quantitative and qualitative studies should include introduction, methodology, findings and discussion sections)

NOTES TO AUTHORS ON THE PROCESS OF PUBLISHING

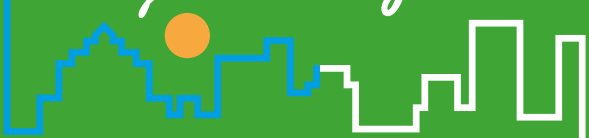
City Health Journal aims to bring together the parties dealing in the fields of city and health on a joint platform.

In this regard, it shall be;

- The Journal shall be an academical journal including the scientific studies, researches and analyses conducted for developing the health and wellbeing of the people living in cities. This international journal shall provide contribution to strengthening the governance among the parties included in the making and implementation of policies in regards to the topic of city health and health environment. It shall be a journal as a reference source for the decision support mechanisms on the topics of formation of health cities.
- The publishing languages of the journal are Turkish and English.
- For papers with several authors, the person with whom editorial correspondence is to be made should be defined and indicated clearly.
- Author(s) are responsible for any falsification, faults, copyright violation, plagiarism etc. issues that may exist within the content or references in the papers published.
- Authors are responsible for the content of their papers published. In the event there are aspects that require ethics approval related to a given paper, the author(s) are assumed to have obtained approval from the ethics board(s).
- Publishing rights of the papers published belong to the publishing Company.

The Copyright Transfer Form that bear the wet signatures of the author or all authors should be delivered to the publisher.

City Health Journal



Şehir Sağlığı Dergisi