

# چگونه ساختار شهری می تواند از نظر کیفیت هوا بر پایداری شهر تأثیرگذار باشد

نویسندگان

C. Borrego, H. Martins, O. Tchepel,

L. Salmim, A. Monterio, A. I. Miranda

برگردان

دکتر کمال امیدوار

عضو هیأت علمی دانشگاه یزد

مریم بیرانوند زاده

کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری

## چکیده

نمی تواند برای این مشکل راه حلی ارائه دهد. از این رو لازم است تا در مدل های فعلی برنامه ریزی و توسعه شهری تجدیدنظر به عمل آید. در حالی که طی چند دهه اخیر به تأثیر آلودگی های زیست محیطی ناشی از تخلیه صنعتی پی برده شده اما به تأثیر الگوهای شهری بر روی شرایط زیست محیطی به طور کامل توجه نشده است (EEA, 2000). اخیراً مطالعه ای توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA, 2001) انجام گرفته که اساس آن بر کاربرد مدل های ناحیه ای از الگوهای توسعه شهری و همچنین مطالعات تجربی استوار است. نتایج این بررسی بیانگر آن است که شهرهای فشرده با کاربری مختلط می توانند رفت و آمد و وسایل نقلیه و آلودگی حاصل از ترافیک جاده ای را کاهش دهند.

هدف از تحقیق حاضر کمک به فهم این مسئله است که چگونه برنامه ریزی شهری بر کیفیت هوا تأثیر می گذارد. به منظور رسیدن به این هدف از سیستم مدل سازی فتوشیمیایی برای سه شهر با ساختارهای متفاوت شهری استفاده شد.

## ۲- روش تحقیق

به منظور ارزیابی تأثیر ساختارهای مختلف فضایی بر کیفیت هوا، سه شهر فرضی با طراحی شهری و کاربری اراضی مجزا در نظر گرفته شد: شهر پراکنده، شهر کربوری و شهر فشرده. در ساختار هر کدام از این شهرهای فرضی از سیستم فتوشیمیایی متوسط مقیاس MEMO/MARS استفاده شده است. (ITT, 1994; Moussiopoulos)

### ۲-۱- ساختار شهری

ویژگی شهر پراکنده، تراکم کم، وجود نواحی باز و بزرگ و تقسیم نواحی به کاربری های مسکونی، تجاری یا صنعتی و در نتیجه نیاز شدید به

با وجود پیشرفتی که در کنترل آلودگی هوادر مکانهای مخصوصی صورت گرفته است، نواحی شهری شاهد افزایش نگرانیهای زیست محیطی از لحاظ آلودگی هوا هستند. کیفیت هوایکی از نگرانی های اصلی در این زمینه به شمار می رود. نتایج چندین تحقیق در این مورد بیانگر آن است که شکل شهر و توزیع کاربری اراضی مشخص کننده موقعیت منابع انتشار آلودگی و الگوی ترافیک شهری بوده و بر کیفیت هوای آن تأثیر می گذارد. در این مقاله تأثیر بالقوه الگوهای مختلف کاربری اراضی بر کیفیت هوای شهر مورد بررسی قرار می گیرد. بر این اساس، سه شهر فرضی بر مبنای هر یک از استراتژی های برنامه ریزی شهری و با در نظر گرفتن الگوهای مختلف کاربری اراضی از طراحی یک شهر گسترده تا یک شهر فشرده با کاربری اراضی مختلط در نظر گرفته شده اند. همچنین برای ارزیابی کیفیت هوادر هر یک از ساختارهای مطلوب شهری از سیستم فتوشیمیایی متوسط مقیاس MEMO/MARS استفاده شده است. نتایج حاصل از این شبیه سازی نشان می دهد که شهرهای فشرده با کاربری اراضی مختلط از کیفیت هوای بهتری در مقایسه با شهرهای پراکنده و شبکه ای برخوردارند. واژگان کلیدی: کیفیت هوای شهری، ساختار شهری، مدل سازی جو، شهر پادار.

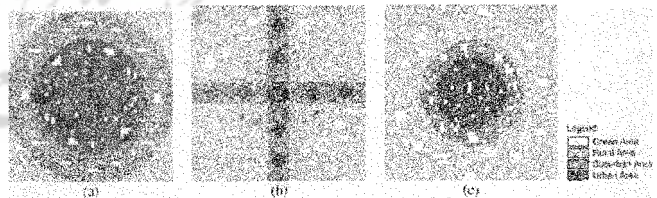
## ۱- مقدمه

اروپا قاره ای با شهرنشینی بالاست که بیش از ۲/۳ درصد کل جمعیت آن در نواحی شهری زندگی می کنند. اگرچه میزان انتشار مواد آلوده کننده حاصل از وسایل نقلیه موتوری و منابع بزرگ آلودگی به علت استفاده از تکنولوژی و سوخت های پاک در این قاره کاهش یافته، ولی نواحی شهری آن همچنان با افزایش علائم نگرانی های زیست محیطی از قبیل: کاهش فضاهای باز، ترافیک سنگین، آلودگی صوتی و پایین آمدن کیفیت هوا روبرو هستند. (Fenger et al., 1998)

این نگرانی های دائمی نشان می دهند که پیشرفت تکنولوژی به تنهایی

استفاده از وسایل نقلیه می‌باشد. این نوع ساختار را، شهر گسترده می‌نامند. (EPA, 2001)

شهر کربدوری از روی توسعه خطی کربدورها که از مرکز شهر شروع شده، مشخص می‌گردد. این توسعه با زیرساختهای ترافیکی با کیفیت بالا (بزرگراهها) همراه می‌باشد. در واقع این ساختار نوعی شبکه شهری است که در اطراف محورهای مواصلاتی و گلوگاهها به وجود می‌آید. کاربری اراضی در این نوع ساختار در بعضی از نقاط مختلط و در برخی دیگر غیر مختلط است. شهر فشرده نواحی کمتری را نسبت به شهر پراکنده مورد استفاده قرار می‌دهد و این به دلیل تراکم بالا و کاربریهای مختلط و مکمل اراضی در کنار هم (مسکونی، تجاری، اداری) می‌باشد. این ویژگی‌ها منجر به کاهش تردد و همچنین کاهش تعداد سفرهای کوتاه درون شهری می‌شود. داده‌های مربوط به کاربری اراضی مجموعاً به چهار گروه مختلف روستایی، فضای سبز، شهر و حومه طبقه‌بندی شدند. مکانیابی مناطق شهری و حومه‌ی آنها در هر یک از سه شهر مذکور براساس جنبه‌هایی صورت گرفته که قبلاً در این مورد توضیح داده شد. این در حالی است که نواحی روستایی و فضای سبز به طور تصادفی و پراکنده مکانیابی شدند. نگاره ۱ نشان دهنده الگوی کاربری اراضی در هر یک از این شهرهاست. براساس داده‌های حاصل از پروژه MEET (Andre et al., 1999) حدود ۳ میلیون نفر با تراکم‌های مختلف جمعیتی در این شهرها توزیع شده‌اند. در نتیجه، بالاترین تراکم جمعیتی در نواحی شهری، در شهر کربدوری با ۳۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع دیده می‌شود. حداکثر تراکم جمعیت در شهر فشرده ۲۰۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع و در شهر پراکنده به ۸۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع می‌رسد. علاوه بر این مشاهده شده که ناحیه‌ای با وسعت ۱۵۲ کیلومتر مربع در شهر فشرده و ۶۸ کیلومتر مربع در شهر کربدوری دارای تراکم بیش از ۱۰۰۰ نفر در هر کیلومتر می‌باشند.

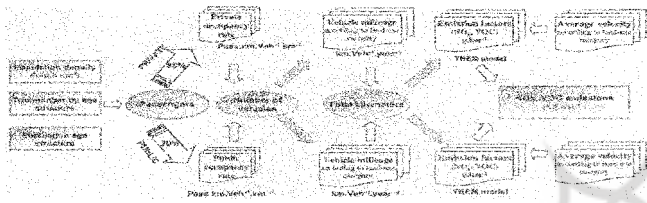


نگاره ۱: کاربری اراضی در (a) شهر پراکنده، (b) شهر کربدوری و (c) شهر فشرده.

## ۲-۲- انتشار آلودگی

تولید انرژی برای مصارف خانگی، تجاری، فعالیتهای صنعتی و حمل و نقل از عوامل اصلی آلودگی هوای شهرها می‌باشند (EEA). توسعه شهر پراکنده همراه با کاربری مشخص اراضی باعث افزایش مسافت بین اماکن شده و در نتیجه به نیازهای مسافرتی و مدت زمان آن افزوده می‌گردد. براساس این موضوع، میزان نیاز رفت و آمد در سطح شهر، تفاوت اصلی بین این سه شهر فرضی را تشکیل داده و موجب توجه ویژه به میزان انتشار آلودگی حاصل از وسایل نقلیه می‌گردد.

در آغاز با استفاده از داده‌های مربوط به تراکم جمعیت و ساختار سنی آن و میزان استفاده از وسایل نقلیه عمومی و خصوصی که از دو تحقیق اروپایی به دست آمده (Andre et al., 1999; EEA 2000)، می‌توان تعداد کل وسایل نقلیه موجود در هر شهر را تعیین نمود. سپس با استفاده از اطلاعات برگرفته از پروژه MEET (Andre et al., 1999)، در مورد میزان فاصله‌ای که وسایل نقلیه در هر گروه کاربری می‌پیمایند، کل مسافت طی شده برحسب کیلومتر محاسبه می‌گردد. عوامل مؤثر در میزان انتشار آلودگی به وسیله مدل TREM محاسبه شده‌اند. (Borrego et al., 1999) این مدل تمام وسایل نقلیه را مطابق با تکنولوژی EURO 1 و تفاوت میانگین متوسط سرعت آنها را مطابق با گروه کاری مربوطه مورد توجه قرار می‌دهد.



## نگاره ۲: روش محاسبه میزان انتشار آلودگی حاصل از وسایل نقلیه

نواحی مسکونی، تجاری و فعالیتهای سوختی و صنعتی از دیگر منابع انتشار آلودگی هوا می‌باشند. میزان کلی انتشار آلودگی بر طبق میزان وسایل نقلیه در شهرهایی با مساحت و جمعیت تقریباً یکسان ارزیابی می‌شود. منابع انتشار آلودگی در نواحی مسکونی در ارتباط با تراکم جمعیتی آنهاست. توزیع آلودگی ناشی از فعالیتهای صنعتی و تجاری به ترتیب در مناطق شهری و حومه شهر یکسان می‌باشد.

در رابطه با میزان انتشار آلودگی، جنگلهای به علت داشتن نقش مهم در چرخه ازن مورد توجه قرار گرفته‌اند. با تخمین میزان متوسط انتشار آلودگی در یک روز تابستان به طور نمونه و براساس ویژگیهای پوشش گیاهی و تراکم آن در کشور پرتغال، مقدار مونوترپن‌ها (Monoterpenes) تعیین گردیدند. (Guenter et al., 1997)

تمامی داده‌های مربوط به میزان انتشار آلودگی از منابع منطقه‌ای تأمین شده و به صورت جدولهای منظمی جهت استفاده در مدل کیفیت هوا نشان داده شده‌اند. میزان انتشار آلودگی روزانه مربوط به ترکیبات آلی فرار (VOC) و اکسیدهای نیتروژن (NOX) برای هر شهر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. (جدول ۱) از مشخصه‌ی شهر کربدوری میزان انتشار آلودگی بالا می‌باشد. در عین حال شهر پراکنده کمترین میزان انتشار آلودگی را برای هر ناحیه و شهر فشرده کمترین میزان انتشار آلودگی را به ازای هر یک از ساکنینش دارا می‌باشد. باید خاطر نشان کرد که در همه‌ی این شهرها نسبتهای متفاوتی از انتشار آلودگی ناشی از ترکیبات آلی فرار و اکسیدهای نیتروژن وجود دارد، موضوعاتی که مربوط به ساختار لایه ازن می‌شود. علت این تفاوتها عمدتاً سرعت متوسطی است که برای وسایل نقلیه در هر گروه کاربری اراضی تعیین شده است.

جدول ۱: میزان انتشار روزانه مواد آلی فرار و اکسیدهای نیتروژن

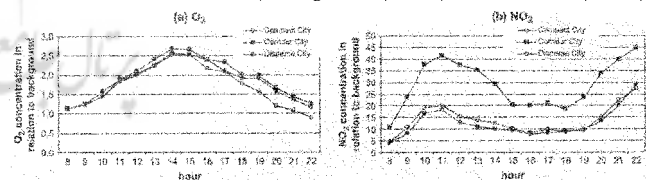
میزان انتشار روزانه	شهر فشرده	شهر کریدوری	شهر پراکنده
			میزان حداکثر انتشار برای هر ناحیه (kgkm <sup>2</sup> )
مواد آلی فرار	۲۴.۳	۸۹.۱	۱۹.۳
اکسیدهای نیتروژن	۶۰.۱	۲۲۰.۰	۴۲.۷
			متوسط میزان انتشار آلودگی برای هر یک از ساکنین (g capita <sup>-1</sup> )
مواد آلی فرار	۳.۹۳	۶.۵۹	۴.۰۴
اکسیدهای نیتروژن	۴.۳۲	۸.۶۱	۷.۴۰

### ۳-۲- سیستم مدل MEMO/MARS

ارزیابی کیفیت هوا با استفاده از مدل MEMO/MARS انجام شد. این سیستم شامل دو مدل اصلی: هواشناسی (MEMO) و فتوشیمیایی (MARS) می‌باشد. مدل متوسط مقیاس MEMO یک مدل غیر هیدرواستاتیک پیش‌بینی‌کننده است که جریان باد را در سطح ناهموار زمین شبیه‌سازی می‌کند. (ITT, 1994) همچنین لایه مرزی جو را از طریق حل معادلاتی شامل معادله تداوم و معادله گشتاور و معادله‌های سنجش انتقال توصیف می‌کند. مدل MARS پراکنش و تغییرات شیمیایی آلاینده‌های هوا را در ناحیه به صورت سه بعدی توضیح می‌دهد. (Moussipoulos, 1995) این مدل، فتواکسیدانتهای (Photo-oxidants) را که از اجزای اصلی ازن می‌باشد شبیه‌سازی می‌نماید. برای انجام این امر از مکانیسم شیمیایی کروم که شامل ۳۹ واکنش شیمیایی و ۲۰ ماده آلوده‌کننده می‌باشد استفاده شد. مدل MEMO MARS به طور موفقیت‌آمیزی برای وضعیت‌های هوایی مختلف در اروپا آزمایش و به کار گرفته شده است. (Moussipoulos et al., 1994); همچنین برای منطقه قاره‌ای پرتقال مورد آزمایش و تأیید قرار گرفته است. (Borrego et al., 1999; Miranda et al., 2002)

نظر گرفتن غلظت مطلق آنها صورت گرفته است. نگاره ۳ تغییرات ساعتی این مواد را با حداکثر غلظتشان برای هر ناحیه شهری نشان می‌دهد. اگرچه غلظت ازن در تمام این شهرها مشابه بوده، اما شهر پراکنده دارای بالاترین غلظت در بحرانی‌ترین ساعتها می‌باشد. (بین ۱۶ - ۱۲ به وقت UTC)

بعد از این مدت زمان در هنگام غروب، غلظت ازن در شهر کریدوری مشابه شهر پراکنده است. شهر فشرده کمترین غلظت ازن را در مقایسه با دو شهر دیگر دارد، حتی صبحگاهان که هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین این سه شهر وجود ندارد. همانطور که تجزیه فتوشیمیایی نشان می‌دهد، حداکثر غلظت ازن در تمام این شهرها حدود ساعت ۱۴ به وقت UTC است. میزان تغییرات ساعتی اکسید نیتروژن در هر سه شهر مشابه می‌باشد، اما در نتیجه چرخه فتوشیمیایی غلظت بیشتری از این ماده در صبح و اواخر روز مشاهده می‌شود. در شهر کریدوری غلظت اکسید نیتروژن در مقایسه با دو شهر دیگر، که دارای غلظتهای یکسان می‌باشند بیشتر است. مقایسه‌ای بین حداکثر میزان ساعتی ازن در ناحیه و غلظت مربوطه در مرکز شهر در نگاره ۴ (a)، (b) و (c) آمده است. در تمام این شهرهای سه‌گانه، غلظت ازن در مرکز شهر، با حداقل میزان بین ساعت ۱۵ و ۱۷ به وقت UTC دیده می‌شود که این امر نشان می‌دهد مصرف ازن در ساعاتی رخ می‌دهد که تابش خورشیدی به علت وجود مقدار زیادی از اکسید نیترات ناشی از ترافیک به حداکثر می‌رسد.



نگاره ۳: تغییرات ساعتی حداکثر غلظت برای هر شهر: (a) ازن و (b) دی‌اکسید نیتروژن

### ۳- نتایج و بحث

سیستم MEMO/MARS جهت بررسی منطقه‌ای با ابعاد ۲۰۰×۲۰۰ کیلومتر با شبکه‌ای افقی با قدرت تفکیک ۲ کیلومتر به کار گرفته شد. این مدل سه شهر مذکور را به طور نمونه در یک روز تابستانی در شبه جزیره ایبری مورد سنجش قرار می‌دهد (انتخاب شده با استفاده از روش هواشناسی آماری). برای ارزیابی آسانتر تأثیر ساختار شهری بر کیفیت هوا، تجزیه و تحلیل نتایج با توجه به غلظت نسبی ازن و اکسید نیتروژن بدون در

### نگاره ۴: مقایسه مابین غلظت ازن در مرکز شهر و بیشترین

محدوده‌ی آن برای هر شهر: (a) شهر فشرده، (b) شهر کریدوری و

(c) شهر پراکنده.

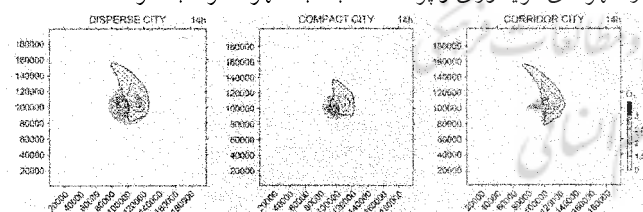
جدول ۲: جمعیت متأثر از غلظت ازن با در نظر گرفتن غلظت قبلی برای هر شهر در ساعت ۱۴ به وقت UTC

شهر پراکنده	شهر کریدوری	شهر فشرده	نسبت بیشتر غلظت ازن با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار ( $60 \mu\text{gm}$ )	جمعیت متأثر (برحسب نفر)
۶۵۵۰۰	۱۷۵۰۰	۱۴۲۰۰	۲.۵	
۳۰۶۶۰۰	۲۲۲۵۰۰	۲۰۹۰۰۰	۲.۰	
۷۴۰۰۰۰	۷۲۳۰۰۰	۶۵۹۲۰۰	۱.۵	

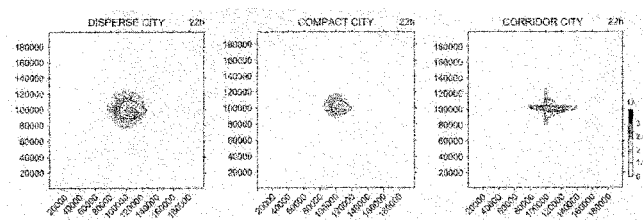
جدول ۳: جمعیت متأثر از غلظت اکسید نیتروژن با در نظر گرفتن غلظت قبلی برای هر شهر در ساعت ۱۴ به وقت UTC

شهر پراکنده	شهر کریدوری	شهر فشرده	نسبت بیشتر غلظت اکسید نیتروژن با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار ( $60 \text{mgm}$ )	جمعیت متأثر (برحسب نفر)
۰	۸۴۰۰۰	۰	۴۰	
۰	۲۳۱۰۰۰	۰	۳۰	
۱۲۷۰۰۰۰	۳۹۲۰۰۰	۲۹۰۶۵۰۰	۲۰	
۴۲۰۰۰۰	۶۵۴۴۰۰	۹۴۲۰۰	۱۰	

نگاره ۶ مثالی از افزایش زمانی ازن در سه ساعت متوالی (۱۲، ۱۳، ۱۴ به وقت UTC) در شهر کریدوری است، و مصرف ازن در مرکز شهر و تشکیل ستونی از ازن در خارج از محدوده شهری را نشان می‌دهد. توزیع فضایی ازن و اکسید نیتروژن به ترتیب در ساعات ۱۴ و ۲۲ به وقت UTC در نگاره‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. ستون ازنی نشان می‌دهد که غلظت ازن در شهرهای کریدوری و پراکنده نسبت به شهر فشرده بالاتر است.

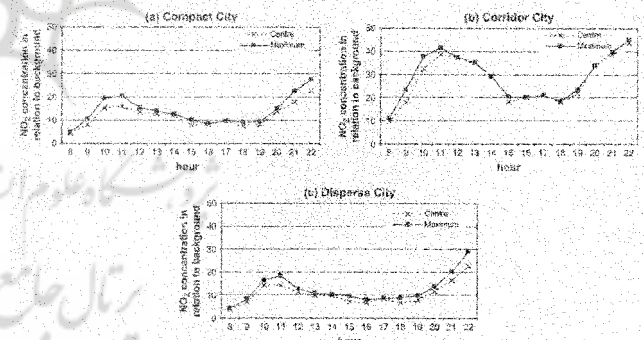


نگاره ۷: محدوده غلظت ازن نسبت به غلظت قبلی در ساعت ۲۲ به وقت UTC در (a) شهر پراکنده، (b) شهر فشرده و (c) شهر کریدوری

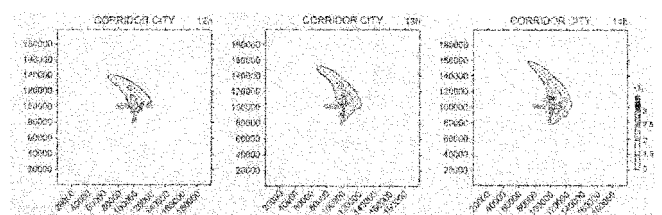


نگاره ۸: محدوده غلظت اکسید نیتروژن نسبت به غلظت قبلی در ساعت ۲۲ به وقت UTC در (a) شهر فشرده، (b) کریدوری و (c) شهر پراکنده.

مقایسه‌ای مشابه برای اکسید نیتروژن در نگاره ۵ آمده است که نشان می‌دهد برخلاف غلظت ازن، اکسید نیتروژن در مرکز شهر افزایش می‌یابد.



نگاره ۵: مقایسه مابین غلظت اکسید نیتروژن در مرکز شهر و بیشترین محدوده‌ی آن برای هر شهر: (a) شهر فشرده، (b) شهر کریدوری و (c) شهر پراکنده.



نگاره ۶: محدوده غلظت ازن (نسبت به غلظت قبلی) در ساعت‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ به وقت UTC در شهر کریدوری.

- 2- Borrego, C., Tchepel, O., Costa, A.M., Amorim, J.H. Miranda, A.I. 2003. Emission and dispersion modeling of Lisbon air quality at local scale. *Atmospheric Environment*, vol. 37. pp.5197-5205.
- 3- Borrego, C., Carvalho, A.C. Miranda, A.I., 1999. Numerical simulation of wind field over complex terrain. In: San joes, R.(Ed), *Measuring and Modelling investigation of Environmental Processes*. WIT Press, United Kingdom.
- 4- Coutinho, M., Rocha, A., Borrego, C., 1994. Numerical simulation of meso-meteorological circulation in the Lisbon region. In: Gryning, S.E., Millan, M.M. (Eds.), *Air Pollution Modelling and its applications X*. Plenum Press, New York and London.
- 5- EEA, 2001. *Europe s Environment - The Dobbris Assessment*. Copenhagen.
- 6- EPA, 2001. *Our Built and Natural Environments: A Technical review of the interaction between land use, transportation and environmental quality* (EPA 231 - R - 01 - 002). Washington.
- 7- Fenger, J., Hertel, O., Palmgren, F., 1998. In: Fenger, J., Hertel, O., Palmgren, F.(Eds.), *Urban Air Pollution - European Aspects*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- 8- Guenter, A., Hewitt, C., Erikson, D., Fall, R., Geronc, C., 1997. A global model of natural volatile organic compound emission. *Journal of Geophysical Research* 100, 63-70.
- 9- ITT-Institut fur Technische Thermodynamic, 1994. *The non-hydrostatic mesoscale model MEMO: version 5.0 - A technical reference*. Karlsruhe.
- 10- Miranda, A.I, Martins, H., Monteiro, A., Ferreira, J., Carvalho, A.C., Borrego, C., 2002. Evaluation of two mesoscale modeling systems using different chemical mechanisms. 4 th symposium on the Urban Environment, 20-24 May, virginia USA.
- 11- Moussiopoulos, N., Sahn, P., proyou, A., 1994. Numerical simulation of the wind field in Athens with the non-hydrostatic mesoscale model MEMO. *Environment Software*, 8-29.
- 12- Moussiopoulos, N., 1995. *MARS: Version 2.0-Users Guide*. Aristotle University, Thessaloniki.

میزان پخش اکسید نیتروژن در جدول ۱ نشان دهنده میزان انتشار آلودگی‌ها بوده و مؤید این نکته است که شهر فشرده از کیفیت هوای بهتری در مقایسه با شهرهای کریدوری و پراکنده برخوردار است. برای فهم بهتر تفاوت‌های موجود بین این سه شهر، تعداد ساکنین این شهرها که تحت تأثیر غلظت گازهای اکسیدهای نیتروژن و ازن در ساعات بحرانی بوده‌اند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این تحلیل براساس تراکم جمعیت و تعداد گره‌گاه‌های شهری که دارای غلظت معینی از مواد آلاینده هستند صورت گرفته است. نتایج حاصله در جدول‌های ۲ و ۳ به ترتیب برای ازن و اکسید نیتروژن نشان داده شده است.

شهر پراکنده دارای بدترین کیفیت هواست، که جمعیت ۶۵۵۰۰ نفری ساکن در آن در معرض بیشترین آلودگی با ازن هستند و این ۲/۵ برابر بیشتر از غلظت آلودگی در گذشته است. شهرهای کریدوری و فشرده کیفیت هوای مشابهی دارند، ولی در شهر فشرده میزان کمتری از ازن نسبت به شهر کریدوری مشاهده می‌شود. تجزیه و تحلیل میزان اکسید نیتروژن در جدول ۳ نشان می‌دهد که تعداد جمعیت در معرض این ماده در شهر پراکنده تفاوت زیادی با شهر کریدوری دارد. از طرف دیگر، این نتیجه با اطلاعات موجود در جدول ۱ که حاکی از وجود آلودگی بالاتر در شهر کریدوری است همخوانی دارد.

#### ۴- نتیجه گیری

این مطالعات نشان می‌دهد که ساختار فضایی یک شهر نقش مهمی در پایداری آن شهر بازی می‌کند، همچنین می‌توان دریافت که چرا کیفیت هوا به عنوان یک شاخص مهم برای برنامه‌ریزی شهری مورد توجه قرار می‌گیرد. در این تحقیق میزان انتشار آلودگی هوا و نواحی تحت تأثیر آن برای سه شهر فرضی با ساختارهای شهری متفاوت ولی جمعیت یکسان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. شهر کریدوری دارای بالاترین انتشار آلودگی بوده در حالی که شهر پراکنده کمترین میزان آلودگی هوا را در هر ناحیه داشته است و اما شهر فشرده کمترین میزان انتشار آلودگی هوا را برای هر یک از ساکنینش داراست. براساس نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی فتوشیمیایی اجرا شده، می‌توان گفت شهرهای فشرده با کاربری اراضی مختلط از کیفیت هوای بهتری نسبت به شهرهای پراکنده برخوردارند. شهرهای پراکنده دارای تراکم کمتر، کاربری اراضی مجزا و شبکه‌های شهری مجهز به ساختار حمل و نقل متمرکز می‌باشند. این عملکرد به تفاوت‌های مهمی در میزان آلودگی فتوشیمیایی در سطح ناحیه‌ای اشاره دارد. پی بردن به تأثیرات ساختار شهری در مقیاس محلی مستلزم بررسی‌های بیشتری در این زمینه است.

#### منابع

- 1- Andre, M., Hammarstrom, U., Reynaud, I., 1999, *Driving Statistics for the assessment of air pollutant emission from road transport*. INRETS report, LTE9906, Bron, France.