فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

۹۷-۱۰۸

بررسی تاثیر سرعت و جهت باد بر شرایط تهویه و میزان تمرکز آلاینده‌ها در دالان‌های خیابانی

آیدا کیان‌مهر[۱*]، سید حسین بحرینی[۲]

[۱] کارشناس ارشد طراحی شهری، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران
[۲] استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۱۹

چکیده

در این پژوهش تلاش شد تا با روشی مستند و کمی (استفاده از نرم‌افزار[۱] Envi-met) تاثیر سرعت و جهت باد بر شرایط تهویه و میزان تمرکز آلاینده‌ها در نسبت‌های مختلف ارتفاع به عرض دالان‌های خیابانی[۲] بررسی شود. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که ترکیب‌های مختلف سرعت و جهت باد در دالان‌هایی با نسبت‌های متفاوت ارتفاع به عرض، شرایط تهویه، الگوهای جریان و همچنین میزان تمرکز آلاینده‌ها را در داخل آن تغییر می‌دهد. در این بررسی با در نظر گرفتن سه نسبت (۰/۳، ۰/۶۵ و ۱/۵) برای نسبت ارتفاع به عرض دالان و دو سرعت کمینه و بیشینه باد (۱ و ۲/۵ متر بر ثانیه) در دو جهت (غربی و جنوب‌غربی) برای شبیه‌سازی در مقاطعی از دو خیابان عمود بر هم ولیعصر و طالقانی، مشخص شد که افزایش سرعت باد در همه جهت‌های باد و در نسبت‌های مختلف ارتفاع به عرض دالان، شرایط تهویه را در داخل آن بهبود بخشیده و از تمرکز آلاینده‌ها در درون آن می‌کاهد. همچنین مشخص شد که در جهت باد عمود بر دالان با افزایش نسبت ارتفاع به عرض دالان، میزان تمرکز آلاینده‌ها در درون آن به طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد درحالی‌که در جهت باد موازی با دالان برعکس است. نتایج این پژوهش و ترکیب حالت‌های مختلف فاکتورهای مورد بررسی آن ضمن تلنگر توجه به شرایط جوی زمینه در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌ها، می‌تواند با ایجاد چارچوبی کلی، به طراحان و برنامه‌ریزان شهری برای تصمیم‌گیری نوع جهت‌گیری و نسبت‌های هندسی ابعاد خیابان‌های مهم و پرتردد شهری یاری رساند.

کلمات کلیدی: سرعت باد؛ جهت باد؛ تهویه؛ تمرکز آلاینده‌ها؛ دالان‌های خیابانی.

The Effect of Wind Direction and Speed on Ventilation and Pollutant Concentrations in Street Canyons

Aida Kianmehr[1]*, Hossein Bahrainy[2]

[1] *MSc. Graduated of urban design, Department of urban planning, Faculty of fine arts University of Tehran. akianmehr@alumni.ut.ac.ir*
[2] *Proffessor, Department of urban planning, Faculty of fine arts, University of Tehran.*

Abstract

This study aims to investigate the role of wind speed and wind direction in ventilation condition and pollutants concentration in street canyons with different aspect ratios through using ENVI-met software in a quantitative and experimental way. The results demonstrate how the combination of different wind variables (direction & speed) with different aspect ratios of canyons, can alter the ventilation condition, flow pattern and also pollutant concentration inside the urban street canyons. The result of simulations in some sections of Valiasr and Taleqani streets considering three different ratio of height to width proportion (0.3, 0.65 and 1.5) for the canyons, and two minimum and maximum threshold values for wind speed (1 m/s and 2.5 m/s) in west and south west direction, showed that increasing the wind speed to all directions (in this case west and south west) in a canyon with different aspect ratios (in this study 0.3, 0.65 and 1.5) can improve ventilation condition inside the canyon and reduce pollutants concentration within it. When the wind direction is perpendicular to the canyon, by increase of aspect ratio, the pollutant concentration will significantly increase inside the canyon, whereas the parallel wind direction in the same test shows opposite results. The findings of this study as well as subsequent findings resulted from combination of different concerned variables, as a general framework can help urban designers and planners to decide on the geometry and direction of street canyons.

Key words: Wind speed, Wind direction, Ventilation, Pollutants Concentration, Street Canyons.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: akianmehr@ut.ac.ir

۱- مقدمه

توسعه شهری در کشورهای در حال توسعه دنیا، شرایط کیفیت هوا را در فضاهای شهری به دغدغه‌ای مهم در سال‌های اخیر تبدیل کرده است. فعالیت‌های صنعتی، تجاری و مسکونی در کنار آلودگی‌هایی که حمل و نقل مرتبط با این فعالیت‌ها تولید می‌کنند، مسبب سطح بی سابقه‌ای از آلودگی در برخی از این شهرها شده است [۱]. به گزارش سازمان بهداشت جهانی کیفیت نامطلوب هوای شهرها می‌تواند اثراتی جدی بر سلامت استفاده‌کنندگان از فضا در پی داشته باشد. در این میان، دالان‌های خیابانی معمولاً به دلیل حجم بالای ترافیکی که به خود می‌بینند جز آلوده‌ترین فضاهای شهری به ویژه در مناطق پرتراکم به شمار می‌روند. تاثیر پارامترهای مربوط به باد (سرعت و جهت) بر میزان تمرکز آلاینده‌ها در دالان‌های خیابانی که توجه پژوهش پیش‌رو را به خود معطوف داشته به دلایل زیادی در سنجش کیفیت هوا مهم است؛ چراکه باد می‌تواند آلاینده‌های هوا را به بیرون این دالان‌ها منتقل کرده، از غلظت آنها بکاهد، شرایط خرداقلیم را بهبود بخشیده و در نهایت امنیت و آسایش اقلیمی استفاده‌کنندگان از فضا را ارتقاء بخشد [۲]. بنابراین فهم رابطه میان مورفولوژی شهری و شرایط بادی مطلوب می‌تواند توانایی‌ای کلیدی برای جلوگیری از مشکلات جدی ناشی از آلودگی هوا را تامین کرده و از طریق آن کیفیت زندگی در محیط‌های شهری را ارتقا دهد. این پژوهش نیز تلاش می‌کند به بررسی این رابطه با استفاده از مدل ENVI-met بپردازد و مشخص کند که با چه ترکیبی از هندسه فضا و پارامترهای مربوط به باد می‌توان به شرایط مطلوب‌تری به لحاظ کیفیت هوا در دالان‌های خیابانی دست یافت.

پیشینه تحقیق

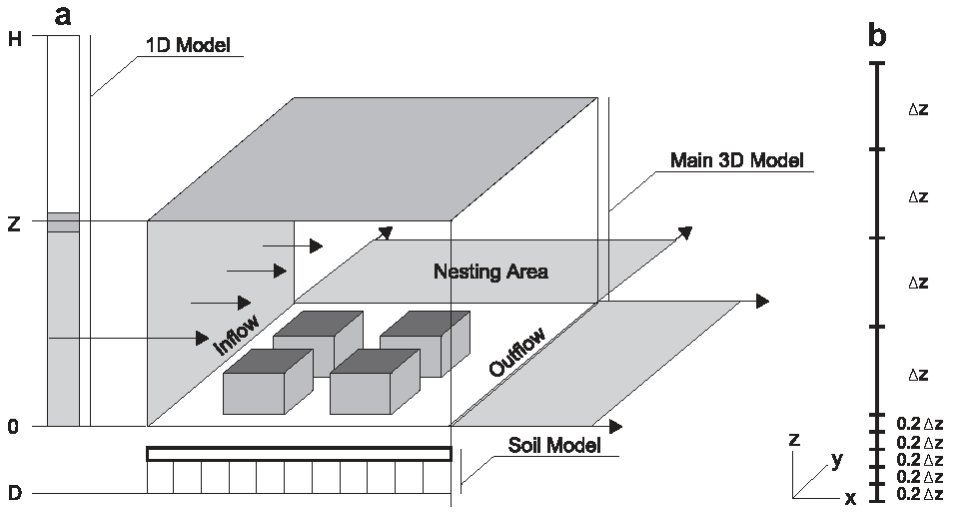
از آنجایی‌که کیفیت هوای شهری می‌تواند بر سلامت و کیفیت زندگی جمعیت بالایی از مردم اثرگذار باشد، در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری در این باره انجام شده است. این تحقیقات با استفاده از اندازه‌گیری‌های زمینه‌ای [۳، ۴ و ۵] و یا با استفاده از روش‌های تجربی‌ای نظیر تونل باد [۶ و ۷] و یا با روش‌های عددی که از مدل‌های محاسباتی دینامیک شاره (CFD[۳]) استفاده می‌کنند نظیر پژوهش‌های [۸ و ۹] به بررسی چگونگی پخش و تمرکز آلاینده‌ها در داخل دالان‌های خیابانی پرداخته‌اند. به منظور تسکین این مشکل، برخی از این بررسی‌ها فاکتورهای موثر بر الگوی جریان و تمرکز آلاینده‌ها را در حوزه طراحی شهری و معماری و با استفاده از یکی از روش‌های پیشتر گفته‌شده جستجو کردند. یکی از این فاکتورها، هندسه دالان و به طور خاص نسبت ارتفاع به عرض[۴]دالان خیابانی است که تغییر این نسبت بر الگوی جریان و از آن‌رو بر میزان تمرکز آلاینده‌ها در داخل دالان بسیار اثرگذار است [۱۰، ۱۱، ۱۲]. علاوه بر ابعاد هندسی دالان، فاکتورهایی نظیر فرم بام ساختمان‌های محصورکننده دالان [۲، ۱۰، ۱۱ و ۱۲] و ویژگی‌های معماری آن نظیر نفوذپذیری[۵]و شکست در نمای ساختمان[۶] نیز مشخص شد که بر الگوهای جریان و تمرکز آلاینده‌ها در داخل دالان اثرگذار هستند [۱۶ و ۱۷] اما علاوه بر این پژوهش‌ها که تاثیر هندسه دالان و ویژگی سطوح شهری را بر الگوی تمرکز و پخش آلاینده‌ها بررسی کرده‌اند، پژوهش‌های دیگری[۳، ۸، ۱۴ و ۱۸] تاثیر فاکتورهای مرتبط با اقلیم (به طور خاص باد) بر میزان تمرکز آلاینده‌ها در دالان‌های خیابانی را بررسی کردند. از نظر آنها فاکتورهای مرتبط با باد (سرعت و جهت) تا حد زیادی در کاهش غلظت آلاینده‌ها و انتقال آنها نقش دارند و چگونگی جهت‌گیری دالان‌های خیابانی در برابر باد غالب به دلیل شرایط توزیع باد در داخل آن، می‌تواند یکی از فاکتورهای مهم در توجیه تفاوت میزان تمرکز آلاینده‌ها در خیابان‌های مختلف شهر باشد. بنابراین با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در این زمینه، به نظر می‌رسد می‌توان فارغ از تاثیر نقش به‌سزای حجم و نوع ترافیک عبوری، فاکتورهای مرتبط با تمرکز و پخش آلاینده‌ها در دالان‌های خیابانی را در دو دسته فاکتورهای مربوط به ویژگی‌های مورفولوژیک و هندسی دالان و همچنین فاکتورهای مرتبط با ویژگی‌های اقلیمی و خصوصاً باد دسته‌بندی کرد. بر این اساس، پژوهش حاضر بر پایه این تحقیقات انجام‌گرفته در این زمینه تلاش می‌کند فاکتورهای مرتبط با باد (سرعت و جهت آن) را در ارتباط با هندسه دالان مورد بررسی قرار دهد. در واقع هدف اصلی بررسی‌های این پژوهش، دست‌یابی به سناریوهایی از ترکیب‌های مختلف ابعاد هندسی دالان (نسبت ارتفاع به عرض دالان) و سرعت و جهت باد ورودی (یا، به عبارت دیگر، چگونگی جهت‌گیری خیابان در برابر باد غالب) است که موجب بهترین شرایط تهویه‌ای و کمترین تمرکز آلاینده‌ها در آن می‌شود. ساختار این پژوهش برای رسیدن به این هدف به شرح زیر طبقه‌بندی شده است: الف) معرفی روش و مدل مورد

استفاده در این پژوهش و چگونگی شبکه‌بندی و تنظیم داده‌ها در آن؛ ب) ترکیب داده‌های هواشناسی و کالبدی مربوط به زمینه مورد بررسی و تولید سناریوهای مختلف تحلیلی برای آزمایش در مدل؛ ج) ارائه یافته‌های حاصل از شبیه‌سازی سناریوها؛ و د) جمع‌بندی نتایج و مروری بر نکته‌های کلیدی یافته‌ها.

۲- مواد و روش‌ها

۲ – ۱ –روش: استفاده از مدل خرداقلیم ENVI-met

استفاده از مدل‌های عددی در بررسی اقلیم شهری، برتری قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به اندازه‌گیری‌های جامع زمینه‌ای دارند. توان تطبیق‌پذیری آنها در مواجهه با متغیرهای گوناگون و فرآیندهای جوی، آنها را به ابزاری بی‌بدیل و شناخته‌شده در بررسی‌های هواشناسی شهری تبدیل کرده است. یکی از این مدل‌ها، مدل سه‌بعدی خرداقلیم ENVI-met است. این مدل با توانایی‌اش در شبیه‌سازی تندبادها در گوشه‌های ساختمان‌ها، تجمع آلاینده‌ها و شرایط گرمایی در محیط‌های شهری، به تحلیل فرآیندها و برهم‌کنش‌های خردمقیاس میان کالبد فضا و خرداقلیم کمک می‌کند. به لحاظ ساختار، مدل ENVI-met یک مدل ۳ بعدی با دو بعد افقی (y و x) و یک بعد قائم (z) است. مدل از پارامترهای دینامیک شاره، از قبیل جریان باد یا تلاطم و فرایندهای ترمودینامیک در سطح زمین، دیوارها، بام‌ها و گیاهان استفاده می‌کند و بیشتر در اقلیم‌شناسی شهری، عمران و شهرسازی کاربرد دارد [۱۹]. در مدل ENVI-met، ساختمان‌ها، گیاه، خاک، سطوح و منابع آلاینده در ناحیه مورد نظر وارد مدل می شوند. امکان شبیه‌سازی و پیش‌بینی عناصر اقلیمی در ارتباط با پوشش‌های گیاهی، جنس خاک و شکل شهر و مقدار تراکم آن، تا ارتفاع ۲۵۰۰ متر در این مدل است[۲۰]. شکل (۱) کلیت ساختار مدل ENVI-met را نشان می‌دهد.



شکل ۱ – طرح کلی مدل ENVI-met [۲۱].

معرفی زمینه مورد بررسی و شبکه‌بندی مدل

به منظور آزمایش سناریوهای تحلیلی در مدل، دو خیابان متقاطع در تهران با طول و عرض تقریبی ۳۶ ×۱۴۰متر (خیابان ولیعصر) و ۳۰×۱۴۰متر (خیابان طالقانی) انتخاب شدند. دلیل انتخاب این دو دالان خیابانی اولاً آن است که حجم تردد و میزان تمرکز آلاینده‌ها در این محدوده، به دلیل واقع شدن در مرکز فعالیتی-جغرافیایی شهر تهران، به حدی است که ضرورت انجام این بررسی را فراهم می‌آورد و ثانیاً نوع جهت‌گیری این دو خیابان (جهت‌گیری شمالی–جنوبی خیابان ولیعصر و شرقی–غربی خیابان طالقانی) به گونه‌ای است که امکان بررسی گستره جامعی از رابطه میزان تمرکز آلاینده‌ها و جهت باد را به دست می‌دهد. بنابراین با توجه به طول و عرض این دو خیابان و با در نظر گرفتن عمق ۱۰۰ متر (با احتساب عرض خیابان و ساختمان‌های دو طرف) و حداکثر ارتفاع ساختمان‌ها ۵۴ متر (با در نظر گرفتن نسبت ارتفاع به عرض ۱/۵ و فرض عرض ۳۶ متر برای هر دو خیابان) ابعاد شبکه‌بندی مدل (طول، عرض، ارتفاع)، ۳۰×۴۰×۴۰ گرید با اندازه ۴ متر برای هر گرید[۷] برای شبیه‌سازی هر دو دالان خیابانی در نظر گرفته شد[۸].

تنظیم داده‌ها در نرم‌افزار ENVI-met

داده‌ها در این نرم‌افزار در دو فایل ورودی[9] و پیکربندی[10] آن تنظیم می‌شود. متغیرهای هواشناسی در فایل پیکربندی مدل وارد می‌شود. این متغیرها شامل جهت و سرعت باد، دمای اولیه جو، رطوبت ویژه، رطوبت نسبی، طول زبری[11] و میزان آلبدوی[12]سطوح است. در فایل ورودی محدوده نیز اطلاعات کالبدی نظیر ابعاد مختلف دالان، نوع مصالح کف، تراکم پوشش گیاهی و مکان و میزان انتشار آلاینده تنظیم می‌شود. در نهایت نرم‌افزار با ترکیب این دو فایل، خروجی‌هایی را تولید می‌کند که باید با یک برنامه گرافیکی[13]طراحی شوند. به غیر از برخی از اطلاعات کالبدی (نظیر نوع مصالح کف، نوع و پوشش گیاهی) که با توجه به برداشت‌های میدانی صورت‌گرفته مستقیماً به نرم‌افزار وارد شد، سایر مقادیر کمی و کیفی در نظر گرفته‌شده برای پارامترهای مختلف در جدول (۱) قابل مشاهده است. گفتنی است از آنجایی‌که زمان شبیه‌سازی در ساعت ۸ صبح روز ۱۵ ژانویه سال ۲۰۱۰ انتخاب شده بود مقادیر پارامترهای هواشناسی در این جدول بر اساس میانگین داده‌های هواشناسی در این تاریخ و مطابق اطلاعات پایگاه هواشناسی ژئوفیزیک که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محدوده مورد نظر است، در نظر گرفته شده است.

۲- ۲ - ترکیب داده‌های هواشناسی و کالبدی و تولید سناریوهای تحلیلی

به منظور بررسی تاثیر پارامترهای سرعت و جهت باد بر میزان تمرکز آلاینده‌ها، حالت‌های مختلف ترکیب مقادیر مختلف این پارامترها با نسبت‌های مختلف ارتفاع به عرض دالان، یک به یک در مدل شبیه‌سازی و نتایج آن تحلیل شدند. به عبارت دیگر برای هر نسبت ارتفاع به عرض دالان، ۴ بار شبیه‌سازی در مدل اجرا شد و به طور کلی با توجه به اینکه سه نسبت مختلف ارتفاع به عرض دالان برای بررسی انتخاب شده بود در کل ۱۲ بار شبیه‌سازی انجام و خروجی‌های لازم از مدل گرفته شد. چگونگی ترکیب این پارامترها در شکل ۲ قابل مشاهده است.

جهت باد

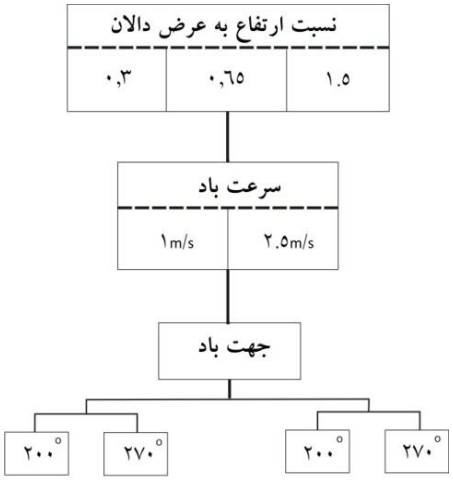
این نرم‌افزار قابلیت شبیه‌سازی شرایط را بر اساس جهات مختلف باد داراست. در این پژوهش برای بررسی سناریوهای مختلف، دو جهت باد غربی-شرقی (۲۷۰ درجه) و جنوب غربی–شمال‌شرقی (۲۰۰ درجه) که جهات غالب باد در شهر تهران هستند، انتخاب شدند.

سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین

سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین از جمله پارامترهای کلیدی‌ای است که نرم‌افزار برای انجام شبیه‌سازی‌ها به آن نیازمند است. از آنجایی‌که انجام شبیه‌سازی‌ها برای این پژوهش، ماه ژانویه (دی ماه) در نظر گرفته شد، سرعت باد با توجه به اطلاعات پایگاه هواشناسی ژئوفیزیک مربوط به این ماه از سال، دو مقدار ۱ و ۲/۵ متر بر ثانیه برای بررسی سناریوها در دو شرایط سرعت پایین و بالای باد، به نرم‌افزار وارد شدند.

نسبت ارتفاع به عرض دالان خیابانی

برای بررسی تاثیر سرعت و جهت باد بر میزان تمرکز آلاینده‌ها در حالت‌های عریض و یا باریک دالان خیابانی، سه مقدار (۰/۳، ۰/۶۵ و ۱/۵) در نظر گرفته شدند. انتخاب این اعداد با توجه به ادبیات موضوع و به طور خاص بررسی‌های [۱۰، ۱۱، ۲۲ و ۲۳] صورت گرفته است. بر اساس این پژوهش‌ها در نسبت‌های خاصی از ارتفاع به عرض دالان، رژیم جریانی و در نتیجه شرایط پخش و یا تمرکز آلاینده‌ها در داخل آن تغییر می‌کند. از این‌رو تلاش شد با در نظر گرفتن این نسبت‌های آستانه‌ای، شرایط برای بررسی سناریوها در حالات مختلف فراهم شود.



شکل۲- مقادیر مختلف پارامترهای در نظر گرفته‌شده برای تولید سناریوهای تحلیلی

جدول ۱ - مقادیر کمی و یا کیفی پارامترهای وارد شده در نرم‌افزار ENVI-met

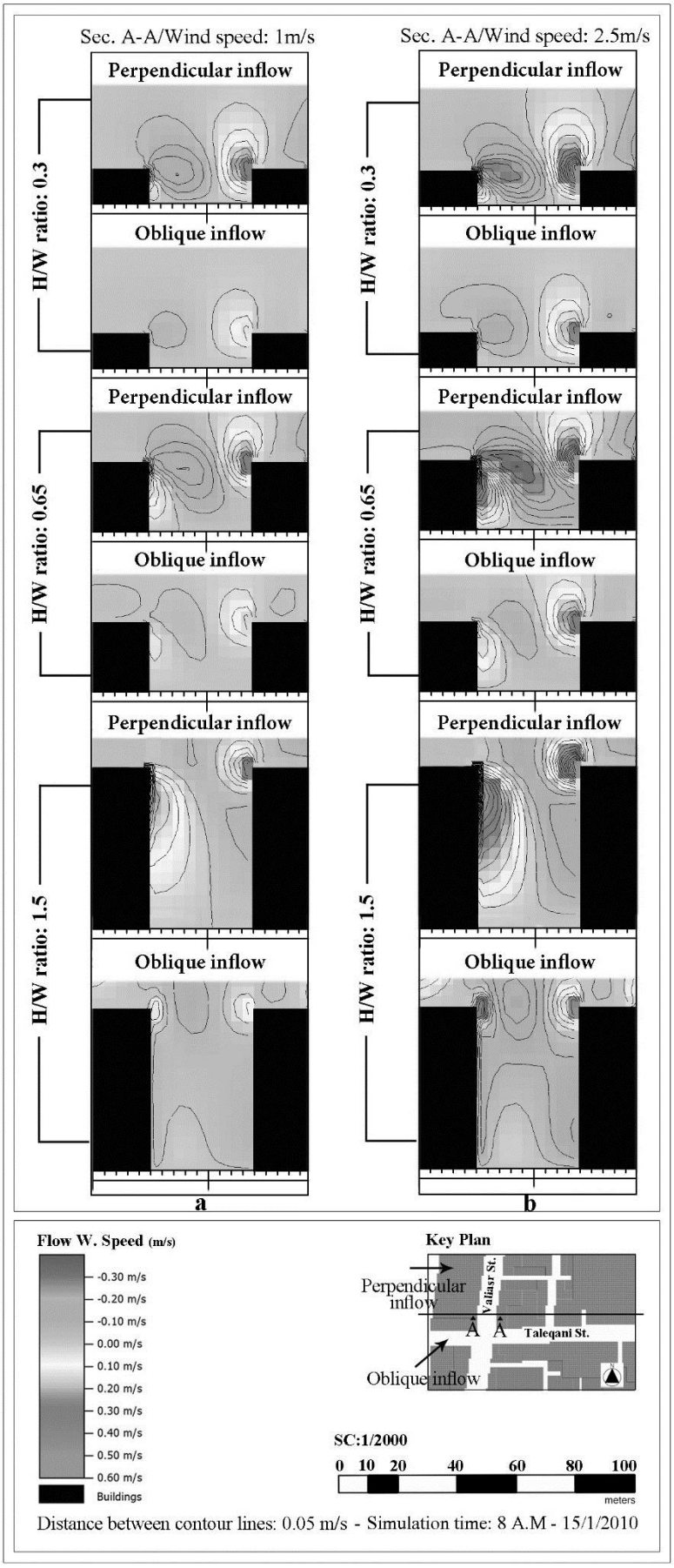
	پارامتر		مقدار (کمی و یا کیفی)
داده‌های فایل پیکربندی	سرعت باد (در ارتفاع ۱۰ متری)		۱ متر بر ثانیه – ۲/۵ متر بر ثانیه
	جهت باد		غربی (۲۷۰درجه) – جنوب غربی (۲۰۰ درجه)
	دما		۱۰ درجه سانتی گراد و یا ۲۸۳ کلوین
	رطوبت ویژه		۲ گرم آب بر کیلوگرم هوا
	رطوبت نسبی		۳۰ درصد
	طول زبری		۰,۱
داده‌های فایل ورودی محدوده	نسبت ارتفاع به عرض دالان		۰/۳ – ۰/۶۵ و ۱/۵
	منبع آلاینده	نوع آلاینده	NO_x[14]
		ارتفاع از سطح زمین	۰/۳ متر
		نحوه انتشار	خطی و در هر خیابان در دو خط موازی با لبه ساختمان‌ها
		میزان انتشار[15]	۰/۹۷ mg/m s[16]

۳ – نتایج و بحث

در این قسمت، نتایج شبیه‌سازی سناریوهای مختلف تحلیلی که در بخش قبل جزییات آن بیان شد، ارائه می‌شود. این نتایج همان‌طور که پیشتر نیز گفته شد بر اساس دو جهت باد مختلف (باد غربی ۲۷۰ درجه و جنوب‌غربی ۲۰۰ درجه) و دو سرعت باد (۱ و ۲/۵ متر بر ثانیه) و نسبت‌های مختلف ارتفاع به عرض دالان (۰/۳ – ۰/۶۵ و ۱/۵) تولید شده است.

تاثیر جهات مختلف باد بر جریان هوا و تهویه

تحلیل جریان هوا در داخل دالان خیابانی از آن جهت دارای اهمیت است که این فاکتور می‌تواند به شناخت شرایط تهویه در داخل دالان کمک کند. به این منظور، سرعت و جهت مولفه‌های X (شرقی-غربی)، Y (شمالی–جنوبی) و Z (عمودی) باد در ابعاد مختلف دالان و جهات و سرعت‌های مختلف باد بررسی قرار شدند. شکل ۲ (a و b) سرعت و جهت مولفه عمودی باد در شرایط مختلف را نشان می‌دهد (مقادیر منفی حاکی از جریان‌های رو به پایین و مقادیر مثبت، نشان‌دهنده جریان‌های رو به بالا هستند). با جهت جریان عمود (باد غربی ۲۷۰ درجه‌ای، عمود نسبت به خیابان ولیعصر) توده هوای رو به پایین از بالای ساختمان پایین‌دست باد به داخل دالان می‌وزد. در طرف مقابل، جریان رو به بالا در مقابل ساختمان بالادست باد مشاهده می‌شود. این جریان‌های رو به بالا و رو به پایین در داخل دالان با جهت باد عمود، در توافق با مشاهدات پژوهش [۱۰] است که از آنها تحت عنوان تاوه‌های چرخنده درون دالان یاد کرده است. همان‌طور که در شکل نیز پیداست این پدیده (به وجود آمدن جریان‌های رو به پایین و رو به بالا در داخل دالان) در جهت باد عمودی (باد غربی ۲۷۰ درجه‌ای، عمود نسبت به خیابان ولیعصر) در مقایسه با جهت باد مایل (باد جنوب غربی ۲۰۰ درجه‌ای، مایل نسبت به خیابان ولیعصر) قوی‌تر است. در جهت مایل باد نسبت به خیابان ولیعصر، جریان‌های رو به پایین و بالا به طور کلی ضعیف‌تر بوده که این موضوع منجر به کاهش تبادل هوای داخل دالان با بیرون و در نتیجه کاهش توانایی تهویه طبیعی داخل دالان می‌شود. در مورد جهت باد موازی (باد غربی ۲۷۰ درجه‌ای، موازی نسبت به خیابان طالقانی) نیز به دلیل عدم تشکیل زون‌های بادپناه و بادسو، بررسی شرایط جریان هوا از طریق مولفه عمودی باد و شبیه‌سازی جریان‌های رو به بالا یا رو به پایین در داخل دالان امکان‌پذیر نبوده و به همین دلیل بررسی و مقایسه، صرفاً در داخل دالان خیابانی ولیعصر و در دو جهت عمود و مایل انجام گرفته است. اما نتیجه‌ای که با توجه به دیگر بررسی‌های انجام گرفته در این زمینه برای جهت باد موازی با خیابان قابل ترسیم است این است که جریان‌های شکل‌گرفته در داخل دالان با جهت باد موازی، به طور کلی شرایط تهویه را در داخل آن بهبود می‌بخشند.



شکل ۳ – تاثیر سرعت و جهت باد و نسبت هندسی ابعاد دالان بر سرعت پارامتر عمودی باد

تاثیر سرعت‌های مختلف باد بر جریان هوا و تهویه

همان‌طور که در ستون‌های a و b شکل (۳) مشاهده می‌کنیم چگونگی تبادل توده هوا در جهت‌های مختلف باد و ابعاد مختلف دالان در این دو ستون یکسان است به جز آنکه در ستون b که شبیه‌سازی‌ها با سرعت بیشتر باد (۲/۵ متر بر ثانیه) انجام شده سرعت و شدت جریان‌های رو به پایین و بالا قوی‌تر هستند که این موضوع بر فراهم شدن شرایط تهویه‌ای مطلوب‌تر در سرعت‌های بالاتر باد تاکید می‌کند.

تاثیر ابعاد مختلف دالان بر جریان هوا و تهویه

علاوه بر بررسی تاثیر سرعت و جهت باد بر چگونگی تبادل توده هوا، این پدیده در ارتباط با ابعاد مختلف دالان نیز بررسی شد. با توجه به شکل (۲) موقعیت شکل‌گیری توده جریان‌های رو به بالا و رو به پایین تقریباً در همه ابعاد مختلف دالان با جهت‌های باد یکسان، مشابه یکدیگر بوده و در هر سه مورد، نفوذ توده هوا به داخل دالان خیابانی و تبادل عمودی هوا (به خصوص در سرعت باد ۲/۵ متر بر ثانیه) مشاهده می‌شود به جز آنکه با افزایش نسبت ارتفاع به عرض دالان، سرعت و دامنه این جریان‌ها کاهش یافته و در نتیجه شرایط تهویه‌ای در داخل دالان ضعیف‌تر شده است. در اینجا اشاره به این نکته ضروری است که استخراج قانونی کلی مبنی بر بهبود شرایط تهویه‌ای و یا کاهش تمرکز آلاینده‌ها با روند افزایشی یا کاهشی نسبت ارتفاع به عرض دالان ممکن نبوده و پافشاری بر نسبتی خاص با توجه به روند مشاهده‌شده در این شبیه‌سازی علمی و عملی نیست زیرا بسته به محدوده مورد بررسی و شرایط شبیه‌سازی سرعت و جهت باد، این نتایج می‌تواند ازپژوهشی تا پژوهشی دیگر متفاوت باشد. اما آنچه که قویاً در مورد تاثیر ابعاد مختف دالان بر جریان هوای داخل آن در این مرحله صرفاً قابل ادعاست، تاثیر عمیق این نسبت بر الگوی جریان در داخل دالان‌های خیابانی است.

تاثیر سرعت و جهت باد بر میزان تمرکز آلاینده‌ها

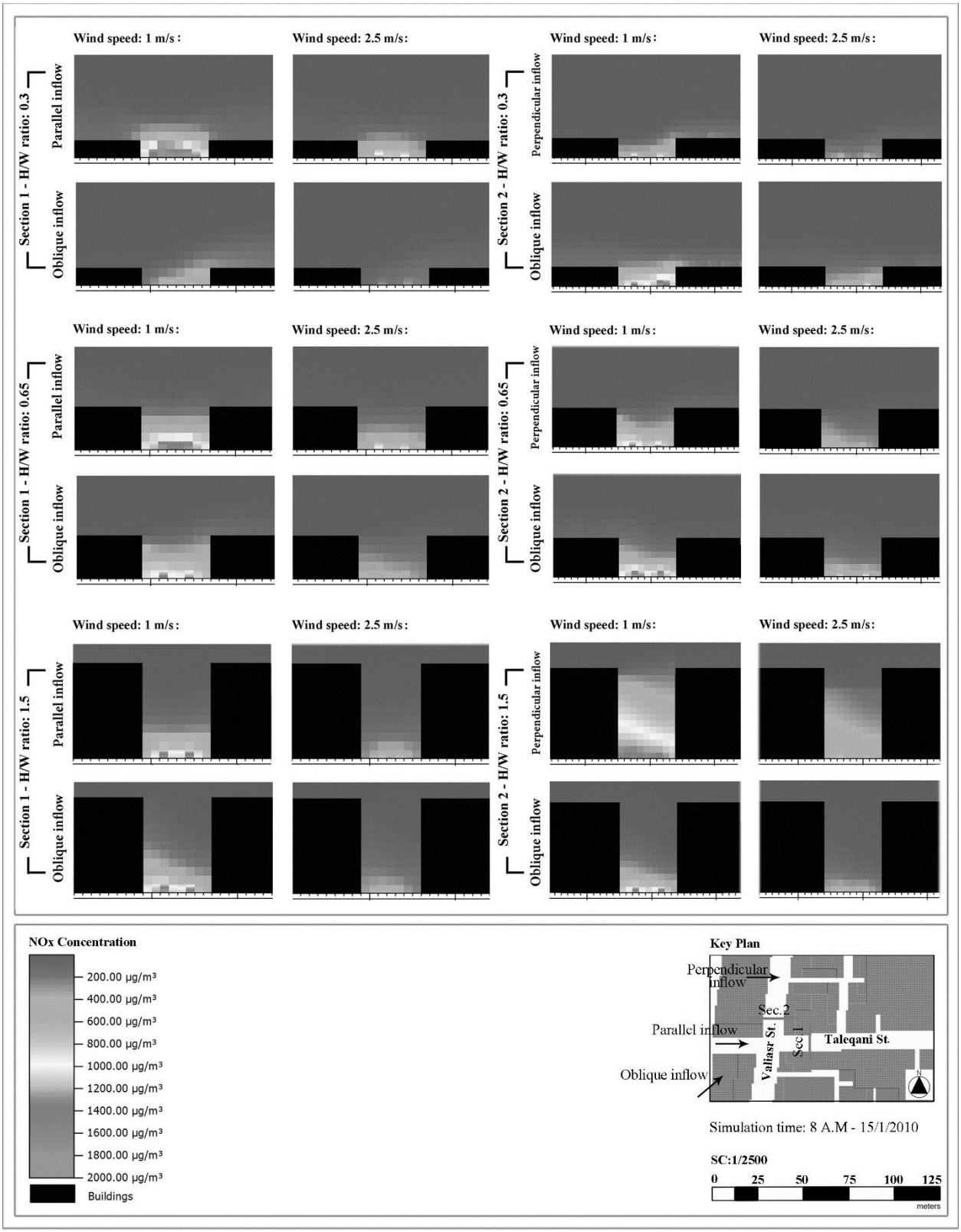
شکل شماره (۳) نتایج شبیه‌سازی چگونگی تمرکز آلاینده (NO_x) را در سرعت‌ها و جهت‌های مختلف باد نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رفت و از نقشه نیز بر می‌آید میزان تمرکز آلاینده در دالان در شرایط باد آرام (۱ متر بر ثانیه) به نحو چشمگیری بیشتر از شرایط باد با سرعت بالاتر (۲/۵ متر بر ثانیه) است. با توجه به نتایج شبیه‌سازی سناریوهای مختلف، این شرایط (سرعت باد ۲/۵ متر بر ثانیه) هنگامی که با جهت باد مایل نسبت به هر دو خیابان ولیعصر و طالقانی (باد جنوب‌غربی ۲۰۰ درجه‌ای) همراه می‌شود بیشترین تاثیر را بر کاهش تمرکز آلاینده‌ها در داخل دالان‌های خیابانی می‌گذارد. همچنین مشخص شد که با جهت باد عمود، میزان تمرکز آلاینده در دیوار بادپناه ساختمان پایین‌دست باد در نسبت‌های ارتفاع به عرض ۰/۶۵ و ۱/۵، بیشتر از دیوار بادسوی ساختمان بالادست باد است. موضوع دیگری که در این نقشه و بر خلاف باور عمومی به چشم می‌خورد تمرکز بیشتر آلاینده‌ها در دالان خیابانی در جهت باد (با فرض جهت باد غربی در این پژوهش، خیابان طالقانی) نسبت به سایر جهت‌گیری‌های دالان‌های خیابانی (مایل و عمود) است. این موضوع که در توافق با مشاهدات مطالعه [۱۲] است را شاید بتوان به عدم تشکیل تاوه‌ها در جهت باد موازی با دالان نسبت داد که منجر به کاهش جابه‌جایی‌های عمودی آلاینده‌ها و در نتیجه افزایش تمرکز آنها می‌شود. لازم به ذکر است که فارغ از تاثیر سرعت، جهت باد و ابعاد دالان، به طور کلی بیشترین میزان تمرکز آلاینده‌ها در اطراف دو خط منابع آلاینده و در میانه دالان مشاهده می‌شود.

تاثیر ابعاد مختلف دالان بر میزان تمرکز آلاینده‌ها

تاثیر نسبت‌های مختلف ارتفاع به عرض دالان بر میزان تمرکز آلاینده‌ها در داخل آن رابطه تنگاتنگی با پارامترهای باد، به خصوص جهت آن دارد. به طوری‌که در نسبت‌های یکسان ارتفاع به عرض دالان میزان تمرکز آلاینده در جهت‌های مختلف باد به طور چشمگیری متفاوت از هم هستند. این میزان برای نسبت ۰/۳ ارتفاع به عرض دالان، در جهت باد عمود (نسبت به خیابان ولیعصر) و مایل (نسبت به خیابان طالقانی) و با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه در کمترین حالت خود است. بیشترین میزان تمرکز آلاینده‌ها نیز در شرایط باد عمود بر دالان (جهت باد غربی نسبت به خیابان ولیعصر) و در نسبت ۱/۵ ارتفاع به عرض دالان مشاهده می‌شود (شکل ۴). نکته قابل‌توجه دیگر در این شکل، روند کاهشی میزان تمرکز آلاینده‌ها با بالا رفتن نسبت ارتفاع به عرض دالان در جهت باد موازی با دالان در هر دو سرعت ۱ و ۲/۵ متر بر ثانیه‌ای باد است که این موضوع را شاید بتوان به سرعت گرفتن باد در اطراف ساختمان‌های بلند در این شرایط نسبت داد که موجب پخش آلاینده‌ها و در نتیجه کاهش تمرکز آنها در داخل دالان می‌شود.

تاثیر ابعاد مختلف دالان بر سرعت باد

تاثیر نسبت ارتفاع به عرض دالان بر سرعت باد در شکل (۵) نشان داده شده است. همانطور که در نقشه نیز مشاهده می‌شود در نسبت‌های بزرگتر ارتفاع به عرض و با جهت باد موازی با دالان، سرعت باد در داخل آن افزایش یافته که این موضوع در توافق با دیگر نتیجه‌های این قسمت از جمله کاهش میزان تمرکز آلاینده‌ها در این شرایط است.



شکل ۵ – تاثیر سرعت و جهت باد و نسبت هندسی ابعاد دالان بر میزان تمرکز آلاینده NO_x

شکل ۵ – تاثیر نسبت ارتفاع به عرض دالان بر سرعت باد (در شرایط سرعت باد ورودی ۱ متر بر ثانیه)

۴ – نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهند که سرعت باد نزدیک‌شونده و جهت آن (و یا به عبارتی نوع جهت‌گیری دالان خیابانی) در ارتباط با نسبت هندسی ابعاد دالان (نسبت ارتفاع ساختمان‌های محصورکننده آن به عرض خیابان) می‌تواند نقش بسزایی در میزان تمرکز و یا پخش آلاینده‌ها و شرایط تهویه در داخل دالان‌های خیابانی ایفاء کند. در این پژوهش با در نظر گرفتن سه نسبت مختلف ارتفاع به عرض دالان (۰/۳ – ۰/۶۵ و ۱/۵) برای دو دالان خیابانی ولیعصر و طالقانی با جهت‌گیری عمود بر هم، شرایط تهویه و تمرکز آلاینده‌ها در آنها با در نظر گرفتن دو جهت باد غالب (غربی– ۲۷۰ درجه و جنوب‌غربی– ۲۰۰ درجه) در شهر تهران در دو سرعت کمینه و بیشینه باد در ماه ژانویه (۱ و ۲/۵ متر بر ثانیه)، بررسی شد. نتایج شبیه‌سازی‌ها در مدل مورد استفاده در این پژوهش، نرم‌افزار خرداقلیم ENVI-met، نشان داد که اولاً افزایش سرعت باد ورودی می‌تواند به خوبی موجبات پخش آلاینده‌ها و اختلاط عمودی آنها را فراهم کند و از این طریق از تمرکز آلاینده‌ها در درون دالان‌های خیابانی بکاهد. ثانیاً مشخص شد بسته به اینکه دالان خیابانی چه نوع جهت‌گیری‌ای در برابر باد غالب نزدیک‌شونده داشته باشد و یا به سخنی دیگر باد غالب از چه جهتی نسبت به دالان خیابانی بوزد، شرایط تهویه و چگونگی تشکیل تاوه‌های درون دالان متفاوت خواهد بود به این صورت که هنگامی که جهت باد عمود بر دالان خیابانی باشد نسبت به جهت مایل باد، امکان تشکیل تاوه‌های درون دالان بیشتر بوده و شرایط تهویه به طور کلی مناسب‌تر خواهد بود. ثالثاً نتایج این شبیه‌سازی‌ها که همگی در نسبت‌های مختلف ارتفاع به عرض دالان انجام گرفته بودند وابستگی تنگاتنگ تاثیر پارامترهای مربوط به باد (سرعت و جهت) را با این فاکتور (نسبت هندسی ابعاد دالان) در میزان تمرکز آلاینده‌ها و شرایط تهویه‌ای درون دالان مشخص کرد؛ به این ترتیب که مشاهده شد با افزایش نسبت ارتفاع به عرض دالان هنگامی که جهت باد عمود بر دالان باشد، میزان تمرکز آلاینده‌ها درون آن به نحو چشمگیری افزایش پیدا می‌کند و همچنین از قدرت تاوه‌های درون دالان کاسته می‌شود و در مقابل هنگامی که دالان در جهت باد غالب به صف شده باشد، با افزایش نسبت ارتفاع به عرض دالان، سرعت باد نیز در آن افزایش پیدا کرده و از تمرکز و غلظت آلاینده‌ها در درون آن کم می‌شود. درواقع این نتایج نشان دادند که ترکیب‌های مختلف پارامترهای مربوط به باد و نسبت هندسی ابعاد دالان می‌تواند شرایط گوناگونی به لحاظ شرایط تهویه، تمرکز آلاینده‌ها و به طور کلی کیفیت هوا درون دالان خیابانی ایجاد کند.

اما فارغ از یافته‌های علمی این پژوهش، در مقام عمل این نتایج لزوم توجه توامان به پارامترهای جوی و کالبدی زمینه‌های مورد بررسی را به خصوص در تصمیم‌گیری‌های طراحان و برنامه‌ریزان شهری گوشزد می‌کند تا از این طریق دستیابی به کیفیت هوایی مطلوب در دالان‌های خیابانی در طرح و برنامه‌های شهری هرچه بیشتر عملی شود.

در آخر نیز اشاره به این نکته ضروری است که در این پژوهش به دلیل محدودیت‌های موجود، از دسته پارامترهای کالبدی دخیل در مقوله کیفیت هوا، صرفاً به پارامتر نسبت ارتفاع به عرض دالان پرداخته شد در صورتی‌که فاکتورهایی نظیر جزئیات معماری ساختمان‌های محصورکننده دالان خیابانی، فرم بام آنها و حتی نوع مصالح ساختمانی نیز می‌توانند در این مسئله نقش مهمی بازی کنند؛ فاکتورهایی که می‌توانند موضوع پژوهش‌های آینده در این زمینه باشند.

پی‌نوشت‌ها

[۱] Environmental meteorology: در این پژوهش از نسخه ۳/۱ این نرم‌افزار استفاده شده است.

[۲] فضای دالان مانند و محصورشده به وسیله ساختمان‌های دو طرف خیابان؛ کوچکترین واحد تشکیل دهنده لایه چتر شهری در مرکز شهرها.

[3] Computational Fluid Dynamic

[4] Aspect ratio

[5] Permeability

[6] Setback

[۷] اندازه گرید بیانگر دقت و وضوح تفکیک است و هرچه این اندازه کوچکتر باشد مدل اطلاعات را در فواصل کوچکتری به تصویر می‌کشد.

[۸] بزرگتر بودن ابعاد شبکه‌بندی مدل از ابعاد واقعی محدوده به دلیل آن است که فاصله مورد نیاز محدوده شبیه‌سازی‌شده از گوشه‌های مدل برای اجتناب از خطای نرم‌افزار تامین شود.

[9] Area input file

[10] Configuration file

[۱۱] Roughness length: این پارامتر بیان‌کننده ارتفاعی است که در آن سرعت باد از لحاظ تئوریکی به صفر نزدیک می‌شود. مقدار این پارامتر معمولاً بر اساس ۰/۱ میانگین ارتفاع عناصر زبری محدوده تعیین می‌شود [۲۴].

[۱۲] Albedo: توان بازتاب – بازتاب نسبی؛ ضریب انعکاس تشعشع خورشید به وسیله یک شی است [۲۵].

[۱۳] برنامه گرافیکی‌ای که در خود نرم‌افزار ENVI-met طراحی شده است برنامه Leonardo است که امکان بررسی دیداری رابطه پارامترهای گوناگونی که در بخش‌های قبل در نرم افزار پردازش شده است را فراهم می‌کند.

[۱۴] در این پژوهش پس از بررسی رابطه سرعت باد و تمرکز آلاینده‌ها و رسم نمودارهای رگرسیونی آن، چنین نتیجه گرفته شد که رفتار آلاینده‌های مختلف (البته به جز گاز ازن) در رابطه با سرعت باد یکسان است. از این‌رو آلاینده NO_x (اکسیدهای نیتروژن، که NO_2 و NO را شامل می‌شود) به عنوان نماینده‌ای از آلاینده‌های هوا برای بررسی در این پژوهش انتخاب شد.

[15] Emission rate

[۱۶] این مقدار بر اساس شمارش میدانی رفت‌وآمد وسایل نقلیه موتوری در محدوده و جایگذاری آن در فرمول مربوط به محاسبه میزان انتشار آلاینده NO_x تعیین شده است.

منابع

[1] Fenger J. Urban air quality. Atmospheric Environment; **1999; 33**: 4877–4900.

[2] Huang Y, Hu X, Zeng N. Impact of wedgeshaped roofs on airflow and pollutant dispersion inside urban street canyons. Building and Environment; **2009; 44**:2335–2347.

[3] Kumar P, Paul F, Britter R. Effect of wind direction and speed on the dispersion of nucleation and accumulation mode particles in an urban street canyon. Science of the total environment; **2008; 402**: 82 – 94.

[4] Kumar P, Garmory A, Ketzel M, Berkowicz R, Britter R. Comparative study of measured and modelled number concentrations of nanoparticles in an urban street canyon. Atmospheric Environment; **2009;43**:949–958.

[5] Murena F, Favale G. Continuous monitoring of carbon monoxide in a deep street canyon. Atmospheric Environment; **2007; 41**:2620–2629.

[6] Uehara K, Murakami S, Oikawa S, Wakamatsu S. Wind tunnel experiments on how thermal stratification affects flow in and above urban street canyons. Atmospheric Environment; **2000; 34** : 1553-1562.

[7] Gromke C, Ruck B. Influence of trees on the dispersion of pollutants in an urban street canyon—Experimental investigation of the flow and concentration field. Atmospheric Environment; **2007; 41**:3287–3302.

[8] Kim J J, Baik J J. A numerical study of the effects of ambient wind direction on flow and dispersion in urban street canyons using the RNG k–e turbulence model. Atmospheric Environment; **2004; 38**: 3039–3048.

[9] Li X X, Liu C H, Leung D Y C, Lam K M. Recent progress in CFD modelling of wind field and pollutant transport in street canyons. Atmospheric Environment; **2006; 40**:5640–5658.

[10] Oke T R. Street design and urban canopy layer climate. Energy and buildings; **1988; 11**:103-113.

[11] Sini J F, Anquetin S, Mestayer P. Pollutant dispersion and thermal effects in urban street canyons. Atmospheric Environment; **1996; 15**:2659- 2677.

[12] Vardoulakis S, Fisher B E A, Pericleous K, Gonzalez-Flesca N. Modelling air quality in street canyons. Atmospheric Environment; **2003; 37**: 155–182.

[13] Rafaildis S. Influence of building areal density and roof shape on the wind characteristics above a town. Boundry Layer Meteorology; **1997; 85**: 255–271.

[14] Kastner-Klein P, Plate E J. Wind-tunnel study of concentration fields in street canyons. Atmospheric Environment; **1999; 33** :3973-3979.

[15] Xie X, Huang Z, Wang J S. Impact of building configuration on air quality in street canyon. Atmospheric Environment; **2005; 39**: 4519–4530.

[16] Kastner-Klein P, Berkowicz R, Britter R. The influence of street architecture on flow and dispersion in street canyons. Meteorology and Atmosphoric Physics; **2004; 87**:121–131.

[17] Ng W Y, Chau C K. A modeling investigation of the impact of street and building configurations on personal air pollutant exposure in isolated deep urban canyons. Science of the Total Environment; **2014; 469**: 429–448.

[18] Ketzel M, Berkowicz R, Muller W J, Lohmeyer A. Dependence of street canyon concentrations on above-roof wind speed —implications for numerical modelling. International Journal of Environment Pollutant; **2002; 17**:356–66.

[19] http://www.envi-met.com/documents/onlinehelpv3/helpindex.html, (assessed: May 21, **2014**).

[20] Bruse M, Fleer H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. Environmental Modeling Software; **1998; 13**: 373-384.

[21] Bruse M. Particle filtering capacity of urban vegetation: a microscale numerical approach. Berliner Geographische Arbeiten; **2007; 109** : 61-70.

[22] DePaul F T, Sheih C M. Measurements of wind velocities in a street canyon. Atmospheric Environment; **1986; 20**: 455–459.

[23] Hunter L J, Watson I D, Johnson G T. Modelling air flow regimes in urban canyons. Energy and Buildings**; 1990; 15**: 315–324.

[24] http://www.webmet.com/met_monitoring/663.html, (assessed: May 18, **2014**).

[25] http://www.eoearth.org/view/article/149954/, (assessed: June 7, **2014**).