

نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال هشتم، شماره بیست و نهم، تابستان ۱۳۹۶

شاپا چاپی: ۵۲۲۹-۲۲۲۸، شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶

دریافت: ۱۳۹۵/۷/۳ - پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۲

<http://jupm.miau.ac.ir/>

صص ۱۷۹-۱۹۴

بررسی تأثیرات افزایش ارتفاع بر کیفیت هوای بلوک شهری، نمونه

موردی: بلوک مسکونی شهری در مرکز شهر اصفهان

ملیحه سیدالعسکری: کارشناسی ارشد انرژی معماری دانشگاه ایلام، ایلام، ایران*

امیرحسین پیمان‌راد: کارشناسی ارشد انرژی معماری دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

فرهاد رجائی: دانشجوی دکترا معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران

چکیده

با افزایش جمعیت شهرنشینی، شهرها به سمت بلند مرتبه سازی و متراکم شدن در حرکت هستند. شهر اصفهان به دلیل مهاجرپذیری و افزایش جمعیت در سال‌های اخیر شاهد افزایش بی‌رویه ساخت و ساز و بلند مرتبه سازی هست. این در حالی است که این شهر به دلیل وجود چندین کارخانه و پالایشگاه در نزدیک شهر و ترافیک بالا به یکی از شهرهای آلوده در ایران تبدیل شده است. بر طبق آمار مرکز هواشناسی اصفهان در سال ۹۲، ۶۷ روز هوای شهر ناسالم بوده است. که این روزهای آلوده بیشتر در طول زمستان به دلیل پدیده وارونگی هوا است. در این پژوهش اثرات بلند مرتبه سازی و تغییرات ارتفاع ساختمان‌ها را در یک بلوک شهری، در مرکز شهر اصفهان، در ۱۵ سال قبل، شرایط موجود و ۱۵ سال آینده با نرم افزار ENVI-met مورد سنجش قرار گرفته است. در طول زمستان تأثیرات افزایش ارتفاع ساختمان‌ها بر دمای بلوک شهری، سرعت باد در حالت افقی (سطح عابر پیاده) و ضریب جابه‌جایی عمودی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که در زمستان با افزایش ارتفاع، دمای بلوک شهری تا میزان ۰٫۲۵ درجه کاهش می‌یابد. سرعت باد افقی (در سطح عابر پیاده) تا ۰٫۲ M/S افزایش می‌یابد، که این ناخوشایند است. از سوی دیگر ضریب جابه‌جایی عمودی در زمستان با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. این تغییرات در دما، سرعت باد در نزدیک سطح زمین و ضریب جابه‌جایی در زمستان سبب افزایش پدیده وارونگی هوا در این بلوک شهری و راکد شدن هوای نزدیک زمین و در نتیجه تجمع آلاینده‌ها در سطح عابر پیاده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بلوک شهری، ارتفاع ساختمان‌ها، دما، سرعت باد، ضریب جابه‌جایی عمودی، ENVI-met.

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

شهرها تقریباً ۲ درصد سطح زمین را اشغال می‌کنند در حالی که ساکنین شهرها بالای ۷۵ درصد منابع انرژی جهان را مصرف می‌نمایند. جمعیت شهرنشینی در ۱۰۰ سال گذشته از ۱۶۰ میلیون نفر به ۳ میلیارد افزایش یافته است. این رقم انتظار می‌رود به ۵ میلیارد تا سال ۲۰۲۵ افزایش یابد و این افزایش سبب تغییر، در ماهیت انواع زمین و سطح زمین می‌گردد. این تغییرات سبب ایجاد، تغییراتی در تنظیمات شهری مطابق با خواسته و نیازهای مردم می‌شود (Kolokotsa, Psomas, Karapidakis, 2009). با پیدایش ابر شهرها، بافت شهرها بر اوضاع اقلیمی پیرامون خود اثر گذاشته‌اند و تغییرات خرد اقلیمی به وجود آورده‌اند. خرد اقلیم‌های شهری تحت تأثیر افزایش تراکم شهرها، فقدان فضاهای سبز، گرمای ناشی از فعالیت انسان‌ها و آلودگی‌های شهری به سمت گرم شدن و پایین آمدن کیفیت هوای شهرها حرکت کرده‌اند (Dana, Bassam, 2012). در شهرهای متراکم آلودگی هوا تأثیر زیادی بر سلامت جامعه دارد، که قسمتی از آلودگی هوا در اثر راکد شدن هوا در خیابان‌های دره شکل به علت وجود ساختمان‌های بلند است (Chao, Edward, 2013). نحوه توزیع ساختمان‌ها نقش تعیین کننده‌ای بر میزان جذب انرژی خورشیدی و نوع جریان هوا در شهر دارند. با توجه به میزان تابش خورشید و جریان هوا بین ساختمان‌ها، نقش محیط در پراکندن آلودگی‌های جوی و ذرات معلق تعیین می‌شود (Givoni, 1998).

۲-۱- اهمیت و ضرورت

در شهر اصفهان، بر طبق آمار مرکز هواشناسی در سال ۹۲، ۶۷ روز هوای شهر ناسالم بوده است؛ از سوی دیگر مهاجرپذیری و افزایش جمعیت این شهر در سالهای اخیر سبب افزایش ساخت و ساز و بلند مرتبه سازی شده است. افزایش ارتفاع ساختمان‌ها می‌تواند بر شرایط آب و هوایی اثر گذار باشد. در این پژوهش به بررسی اثرات افزایش ارتفاع بر شرایط دمایی، سرعت باد و جابه‌جایی عمودی لایه‌های هوا در این شهر پرداخته شده است.

شاید یکی از عوامل مهمی که باعث شده طراحان کمتر به محیط‌های باز شهری توجه کنند؛ تمایل مردم به استفاده از فضاهای داخلی در ۹۰٪ از وقت خود است و تنها ۱۰ درصد از وقت خود را در فصل تابستان و ۲-۴٪ زمان خود را در فصل زمستان در خارج از منزل سپری می‌کنند (Hoppe, 2002). اما با این حال مطالعه و بررسی بر روی کیفیت هوای شهرها بسیار اهمیت دارد زیرا که آمار جهانی نشان می‌دهد که ۵۰ تا ۶۰٪ از جمعیت جهان ساکن شهرها هستند و این جمعیت رو به افزایش است (Dana, Bassam, 2012). افزایش جمعیت شهرنشینی معادل با افزایش ساخت و سازها و ایجاد شهرهایی با تراکم بالای ساختمانی و از سوی دیگر افزایش تقاضا و نیاز به انرژی و هم‌چنین افزایش تردد و سفرهای درون شهری است که همه‌ی این‌ها سبب تغییراتی در اقلیم‌های شهری و تغییر کیفیت زندگی در شهر می‌گردد (Ratti, Sabatino, Britter, 2005).

۱-۳- پیشینه پژوهش

از آنجا که در کیفیت هوای شهرها عوامل بسیاری دخالت دارند محققان در زمینه‌های مختلف، به مطالعه در شهر، پرداخته‌اند از جمله در مقاله نوشته شده توسط راتی^۱ و همکارانش که به بررسی تحلیل بافت شهری با راهکار پردازش تصویر مدل رقومی ارتفاع پرداخته‌اند؛ مدل رقومی ارتفاع DEM در محاسبه پارامترهایی برای مدل کردن باد در دره‌های شهری به کار رفته است. تجزیه و تحلیل از سایت‌های مورد مطالعه در لندن، تولوز و برلین نشان داد، تنوع قابل توجهی در پارامترهای انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد که بررسی مقیاس متوسط شهری با فرمت DEM، به دلیل تنوع زیاد پارامترها، تجزیه و تحلیل را بسیار سخت و غیر ممکن می‌کند (Ratti, Sabatino, Britter, 2005).

تودرت^۲ در پژوهشی در گرادیه-الجزایر با نرم افزار ENVI-met به بررسی اثر نسبت ارتفاع به عرض و جهت گیری خیابان‌ها نسبت به خورشید، بر آسایش حرارتی پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد الگوهای متضادی از آسایش حرارتی بین خیابان شهری کم عمق و عمیق و همچنین بین جهت‌گیری‌های مختلف قرار دارد. مقایسه تمام مطالعات نشان می‌دهد که زمان و دوره روز که در طی آن تنش گرمای شدید رخ می‌دهد، و همچنین PET در سطح خیابان، به شدت وابسته به نسبت ابعاد و جهت گیری خیابان است (Toudert, Mayer, 2005).

یان^۳ و همکاران در مقاله‌ای به بررسی بهبود کیفیت هوا در شهرهای پرتراکم و ارتباط بین پراکندگی آلودگی و مرفولوژی شهری با شبیه ساز CFD پرداخته‌اند. این مقاله در هنگ کنگ با روش پارامتریک به بررسی تأثیر نفوذپذیری و هندسه ساخت و سازهای شهری در میزان پراکندگی آلودگی در مناطق پرتراکم است. نتایج نشان می‌دهد که تمرکز آلاینده‌ها در دره‌های عمیق شهری بسیار زیاد است و این شرایط در آینده روبه وخامت می‌رود. با توجه به اثرات منفی آلودگی هوا در بهداشت عمومی و تراکم جمعیت بالا در هنگ کنگ، نیاز به بررسی استراتژی‌های کاهش خطرات است. این تحقیق نشان داد که پراکندگی آلاینده هوا را در شهرستان‌های متراکم را می‌توان با تفکیک ساختمان‌ها و ایجاد تخلخل بهبود داد. از سوی دیگر غلظت آلاینده در سطح عابر پیاده بستگی به نفوذپذیری دره عمیق و باریک خیابان دارد. اگر چه تخلخل ساختمان‌ها، سرعت باد در سطح عابر پیاده را افزایش نمی‌دهد، اما می‌تواند در کاهش سطح غلظت آلاینده‌ها موثر باشد. همچنین نتایج نشان داد که در پراکندگی سطح آلاینده‌ها در شهرهای متراکم هم جهت باد غالب و هم نفوذپذیری شهری بسیار مهم است (Chao, Edward, Leslie, 2013).

تاپار^۴ در پژوهشی به بررسی و اندازه‌گیری در دبی در ماه ژوئیه سال ۲۰۰۷، در گرمترین دوره از سال در دو بافت قدیمی (مناطق دیرا و بستکی) و جدید (منطقه دبی مارینا) برای مقایسه انرژی در ساختمان‌ها، آسایش حرارتی در فضای باز و کیفیت هوای شهری

³ Chao Yuan

⁴ Harsh Thapar

¹ Carlo Ratti

² Fazia Ali-Toudert

پارامترهای بررسی شده می‌توان گفت که در دبی ساختار ارگانیک از نظر فضای شهری محیطی مناسب‌تر ایجاد می‌کند (Dana, Bassam, 2012).

در این مقاله سعی شده است که روند تغییرات دو پارامتر مهم اقلیمی، دما و سرعت باد، با توجه به تغییرات تنها یک پارامتر یعنی ارتفاع مورد بررسی قرار گیرد. سپس تأثیرات این تغییرات را بر روی پدیده وارونگی هوا و تهویه عمودی بلوک شهری بررسی شود.

۱-۴- روش تحقیق

فضاهای باز در معرض تغییرات غیر قابل کنترل آب و هوایی هستند؛ که آن را به طور فزاینده‌ای برای اندازه‌گیری و ارزیابی سطح آسایش دشوار می‌کند. اثر متقابل متغیرهای مختلف آب و هوایی پیچیده است و به این ترتیب مانع از پژوهش در زمینه فضاهای باز و مناطق شهری، نسبت به مطالعات فضاهای داخلی، که در آن شرایط قابل کنترل هستند، می‌شود (H Taleb, D Taleb, 2014). به همین دلیل در این پژوهش یک بلوک مسکونی شهری در شهر اصفهان انتخاب شده و به بررسی چند پارامتر مهم شهری در این بلوک مسکونی و اثرات افزایش ارتفاع بر این پارامترها پرداخته شده است.

جمعیت در شهر اصفهان در سالهای اخیر رو به افزایش است و به دنبال این افزایش جمعیت، شهر به سوی بلند مرتبه سازی و متراکم تر شدن پیش می‌رود. یک بلوک شهری مسکونی (تصویر ۱) در مرکز این شهر انتخاب شده است. این بلوک شهری دارای ساختاری منظم، کوچه‌های با عرض قابل قبول و نسبتاً پهن، فضای سبز و پارک‌های محلی و

پرداخته است، در این پژوهش برای شبیه سازی از نرم افزار ENVI-met استفاده شده است. نتیجه گیری مقدماتی به دست آمده نشان می‌دهد که برای بهبود شرایط اقلیمی در فضای باز در دبی فرم ساخته شده باید بیشترین سایه اندازی و تهویه را در فضاهای شهری ایجاد کند و نیازمند توجه ویژه به پوشش گیاهی برای اثر خنک‌کنندگی است (Thapar, Yannas, 2008). هم چنین لونس^۵ به بررسی و اندازه‌گیری رابطه سرعت تنفس شهر و تنوع فضایی و هندسه شهری ناهمگن در مرکز شهر لندن با استفاده از شبیه ساز CFD پرداخته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که سرعت باد در هندسه شهری ناهمگن به وضوح بالاتر از سرعت باد در هندسه همگن شهری است (Buccolieri, Sandberg, 2010).

اوکیل^۶ به بررسی و شبیه سازی جریان هوا با نرم افزار ENVI-met در عرض جغرافیایی مختلف پرداخته است. که نتایج تحقیق نشان داد که نتایج نشان می‌دهد نیاز به استفاده از استراتژی‌های کاهش جزیره گرمایی از جمله افزایش جریان هوا بین ساختمان‌ها، ارتقاء پشت بام‌های سبز و کاهش میزان تردد وسایل نقلیه است (Okeil, 2010).

طالب^۷ و همکارانش به بررسی جزیره گرمایی در دو بافت ارگانیک و بافت ساختاری در دبی با استفاده از نرم افزار شبیه ساز ENVI-met پرداخته‌اند. ارزیابی نتایج نشان داد که ساختار شهری ارگانیک دمای پایین تری نسبت به ساختار نظم یافته دارد. با توجه به سایر

⁵ Ioannis Panagiotou

⁶ Okeil

⁷ Dana Taleb

ENVI-met یک نرم افزار شبیه سازی شهری است که توسط دکتر مایکل بروس توسعه یافته است، این نرم افزار توانایی کافی برای محاسبه ی خرد اقلیمها، در شهرهایی با ساختار پیچیده، را بر اساس اصول و مبانی دینامیک سیالات و ترمودینامیک دارا است (Bruse, 2014).

خیابان‌کشی‌های منظم است. در این پژوهش اثرات بلند مرتبه سازی بر دمای هوا، سرعت باد در حالت افقی، سرعت باد در حالت عمودی و ضریب جابه‌جایی عمودی با استفاده از نرم افزار ENVI-met بررسی شده است. در این نرم افزار قابلیت بررسی متغیرهای مختلف برای بلوک‌های شهری با فرم‌های مختلف وجود دارد.



تصویر ۱: بلوک مسکونی شهری در مرکز شهر اصفهان

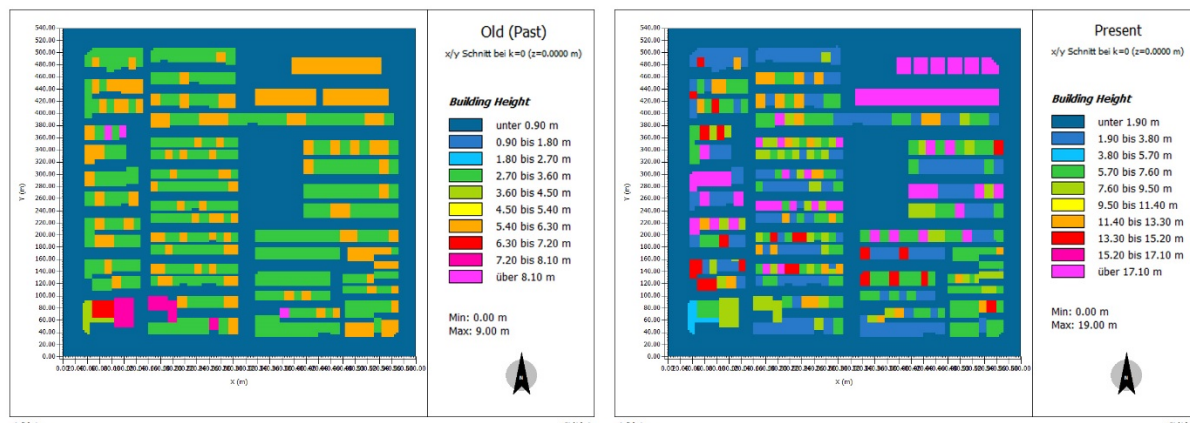
۱-۶- معرفی متغیرها و شاخص‌ها: در این مقاله هدف بررسی تأثیرات ارتفاع ساختمان‌ها در تغییرات اقلیمی است. به همین علت مدل‌ها شبیه‌سازی شده، در ارتفاع ساختمان‌ها با هم متغییر هستند. در مدل اول (Old(Past)) (تصویر ۲) ارتفاع ساختمان‌ها بر اساس نقشه‌های GIS قدیمی در شرایط ۱۵ سال قبل شبیه سازی شده است و ساختمان‌ها از یک طبقه تا سه طبقه متغییر هستند. در مدل دوم (Present) (تصویر ۳) با بررسی میدانی شرایط موجود شبیه سازی شده است، که در آن ساختمان‌ها از یک طبقه تا شش طبقه متغییر هستند. مدل سوم (Future) (تصویر ۴) ارتفاع ساختمان‌ها، به صورت فرضی و بر اساس تراکم تعیین شده از طرف شهرداری برای منطقه

۱-۵- محدودده پژوهش

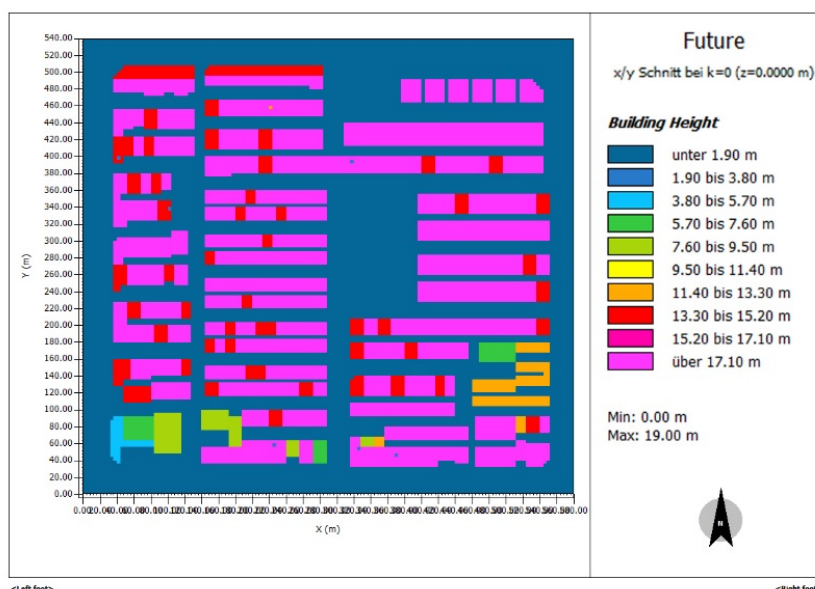
در این پژوهش با استفاده از نرم افزار ENVI-met، بلوک شهری منظم و مهندسی ساز در سمت شرق اصفهان در فصل زمستان شبیه سازی شده است. بلوک شهری مورد نظر (بلوار سروستان) در نزدیک مرکز اصفهان قرار دارد و در فاصله ۱ کیلومتری از پرترددترین و آلوده‌ترین میدان شهر اصفهان، میدان احمدآباد است. این بلوک شهری دارای خیابان‌کشی‌های منظم، فضای سبز شهری، مدرسه، فضای ورزشی، تعداد زیادی بانک و ... است؛ که سبب تردد زیاد، گران شدن زمین و افزایش ساخت و ساز در این منطقه شده است.

شده است.

مورد بحث در ۱۵ سال آینده با در نظر گرفتن افزایش ساخت و ساز، پنج طبقه و شش طبقه در نظر گرفته



تصویر ۲: ارتفاع ساختمان‌ها در مدل اول حالت Old (Past) تصویر ۳: ارتفاع ساختمان‌ها در مدل دوم حالت Present



تصویر ۴: ارتفاع ساختمان‌ها در مدل سوم حالت Future

سازمان هواشناسی از قبیل جهت باد، سرعت باد، میزان رطوبت و... فرایند شبیه سازی تکمیل شده است.

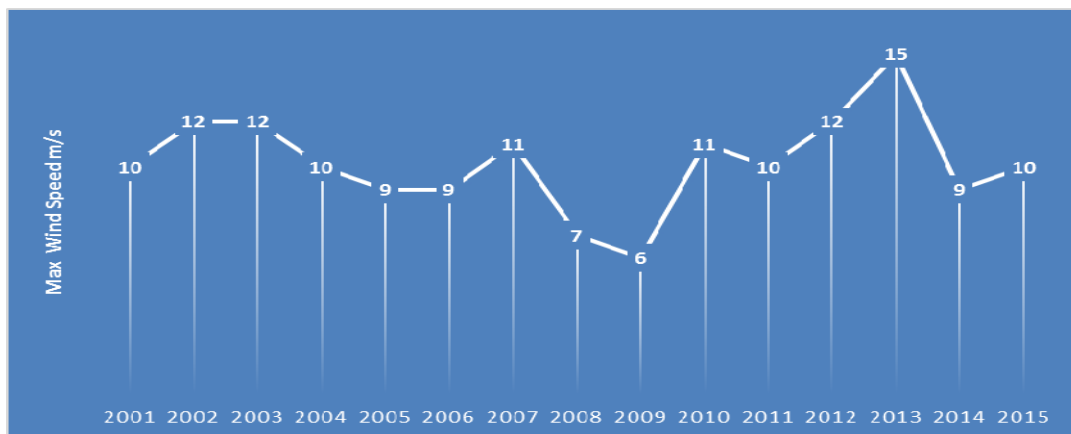
سپس با توجه به اطلاعات پایگاه هواشناسی اصفهان، به صورت میانگین در ۱۵ سال اخیر سردترین روز و ساعت زمستان، روز اول دسامبر ساعت ۶ صبح انتخاب شده است و با توجه به سایر اطلاعات



نمودار ۱: متوسط دمای ماه دسامبر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵

گذشته معادل 10.2 m/s است. در ۱۵ سال گذشته وزش باد در ماه دسامبر از سمت جنوب غربی (110° درجه) تا شمال غربی (300° درجه) متغیر بوده است. از داده‌های میانگین به دست آمده برای داده‌های ورودی در نرم افزار ENVI-met مطابق جدول ۱ استفاده شده است.

بر اساس اطلاعات موجود در پایگاه هواشناسی شرق اصفهان (نزدیک‌ترین پایگاه به منطقه مورد بررسی) متوسط دمای ماه دسامبر در ۱۵ سال گذشته (سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵) مطابق (نمودار ۱) 3.38 درجه سانتی‌گراد معادل 276.53 کلوین است. میانگین سرعت بیشینه باد در ماه دسامبر (نمودار ۲) در ۱۵ سال



نمودار ۲: متوسط بیشینه باد در ماه دسامبر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵

جدول ۱: داده‌های ورودی برای شبیه‌سازی

ENVI-met	
دمای اولیه بر اساس کلوین	۲۷۶،۵۳
سرعت باد m/s	۱۰،۲
جهت وزش باد	۲۷۰ (غرب)

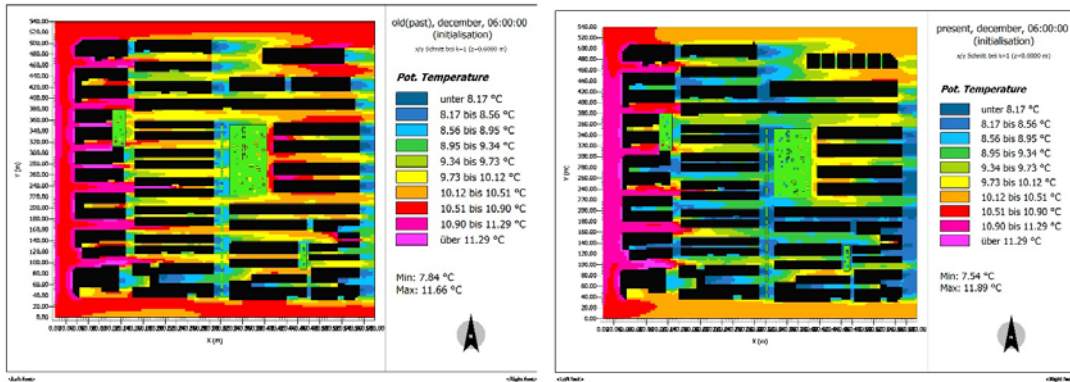
تر از پراکندگی آلاینده‌ها می‌باشد. (Ratti, Sabatino,)
(Britter, 2005).

به دلیل آن که کاهش ضریب جابه‌جایی عمودی در لایه‌های پایین می‌تواند سبب راکد شدن لایه‌های نزدیک سطح زمین و تجمع آلودگی در این لایه‌ها شود. تراکم آلودگی در لایه‌های پایین جو فقط به سلامتی افراد پیاده آسیب نمی‌رساند بلکه بر کیفیت هوای داخلی ساختمان‌ها از طریق سیستم‌های تهویه نیز تأثیرگذار است. بنابراین بهبود ظرفیت پراکندگی آلاینده‌ها در لایه‌های پایین جو به خصوص در مناطق شهری بلند مرتبه ضروری است (Eeftens,)
(Beekhuizen, Beelen, et al, 2013).

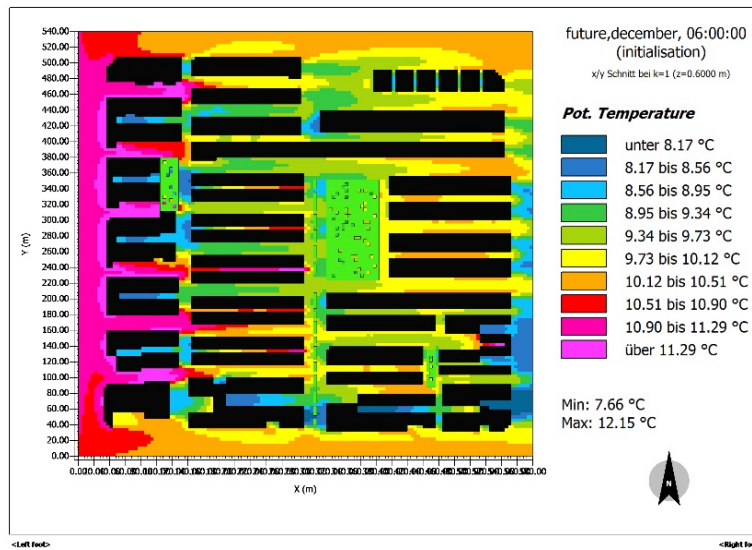
۲- نتایج و بحث

در بررسی‌های انجام شده در زمستان (6:00:00 , December) با توجه به (تصویر ۵) مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، دما در بلوک شهری کاهش می‌یابد و شهر به سمت سردتر شدن حرکت می‌کند. در مدل دوم با توجه به تصویر ۲-۵ و نمودار ۱ کاهش دما بیشتر می‌باشد. میانگین کاهش دما در مدل دوم نسبت به مدل اول ۰٫۲۲ درجه سانتی‌گراد است. مطابق تصویر ۳-۵ و نمودار ۳ در مدل ۳ نقاط سرد نسبت به حالت اولیه افزایش یافته است. در مدل سوم نسبت به مدل اول کاهش میانگین دما ۰٫۰۵۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در نتیجه با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها و بلند مرتبه‌سازی، شهر در زمستان سردتر می‌شود. که این هم در افزایش پدیده وارونگی هوا و هم در افزایش انرژی برای گرمایش می‌تواند تأثیرگذار باشد.

دمای نزدیک سطح زمین بررسی شده است. دما مهم‌ترین خصوصیت اقلیم شهری محسوب می‌شود، و میزان دریافت تابش تأثیر زیادی در دمای سطوح در شهر دارد. تابش مستقیم خورشید به زمین سبب مخلوط شدن لایه‌های بالایی و نفوذ هوای پاک به هوای آلوده و جابه‌جایی هوا می‌گردد (Tong,)
(Leung, 2012). سپس به بررسی سرعت باد در پروفایل عمودی و افقی پرداخته شده است. زیرا که بررسی وضعیت باد چه از لحاظ کمی (سرعت، جهت و تواتر) و چه از لحاظ کیفی (خلوص یا ناخالصی و آلودگی) برای زندگی شهری ما دارای اهمیت است. در شهرها جریان باد به طور مستقیم بر کیفیت هوا از طریق حمل و نقل و پراکندگی آلودگی در شبکه خیابان‌ها اثرگذار است (Nishizawa, Sawachi,)
(Maruta, 2008). شرایط وزش باد در شهر به خصوص در سطح معابر و خیابان‌ها بر شرایط آسایش حرارتی شهروندان، میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و میزان تمرکز آلودگی‌های هوای شهری اثرات مستقیم دارد (Eeftens,)
(Beekhuizen, Beelen, et al, 2013). به علت تأثیر زبری در بالابردن میزان تلاطم هوا و سرعت باد دو تقاضای متضاد به وجود می‌آید: از یک طرف نیاز به بالابردن تهویه در سطح خیابان و پراکندن آلودگی‌ها (مقادیر بالای زبری) و از طرف دیگر نیاز به فراهم کردن پناهی در برابر باد در سطح خیابان برای آسایش افراد پیاده (مقادیر پایین‌زبری) می‌باشد (Ratti,)
(Sabatino, Britter, 2005). کنترل سرعت باد و جریان‌های متلاطم در سطح پیاده رو بسیار حساس



Old-5-1 تغییرات دما در مدل اول حالت Old ۵-۲ تغییرات دما در مدل دوم حالت Present



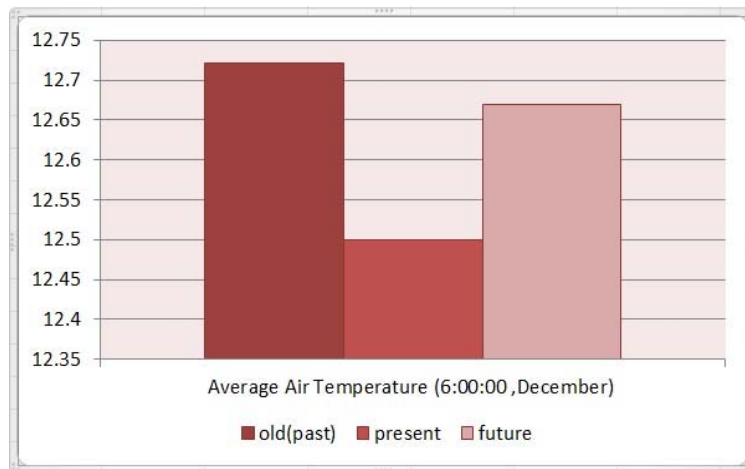
Future-5-3 تغییرات دما در مدل سوم حالت Future

Old, 5-2 تغییرات دما در مدل دوم حالت Present.

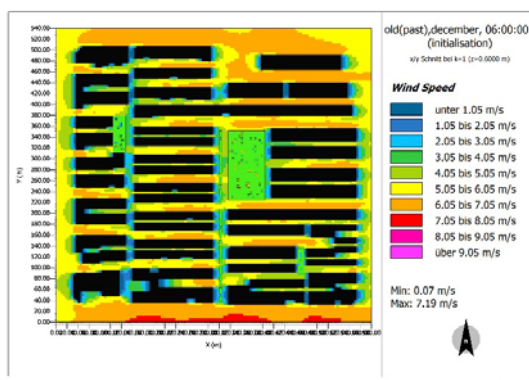
تصویر ۵: تغییرات دما در زمستان (6:00:00 ,

5-3 تغییرات دما در مدل سوم حالت Future

(December), 5-1 تغییرات دما در مدل اول حالت

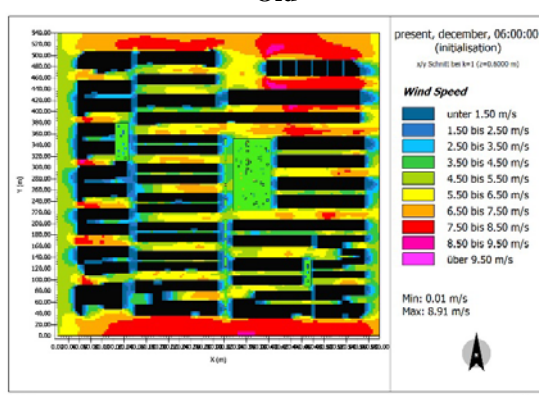


نمودار ۳: میانگین دما در زمستان (6:00:00 , December)



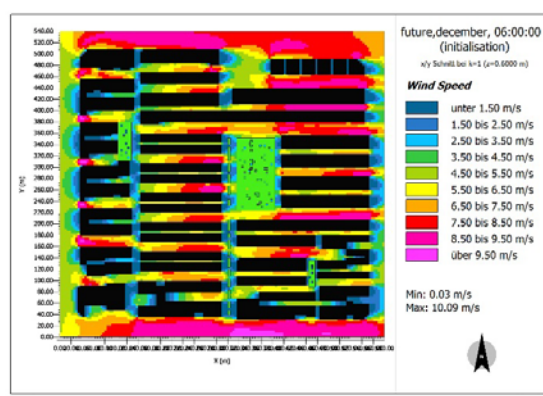
۶-۱- سرعت باد در حالت افقی در مدل اول حالت

Old



۶-۲- سرعت باد در حالت افقی در مدل دوم حالت

Present

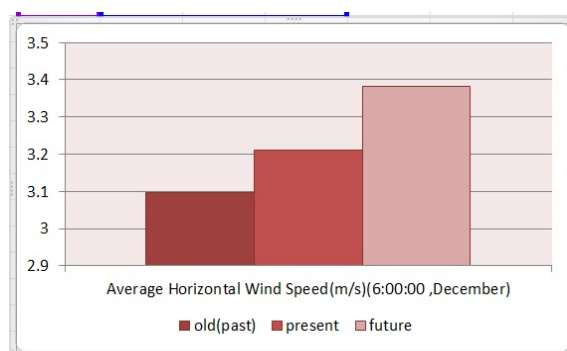


۶-۳- سرعت باد در حالت افقی در مدل سوم حالت

Future

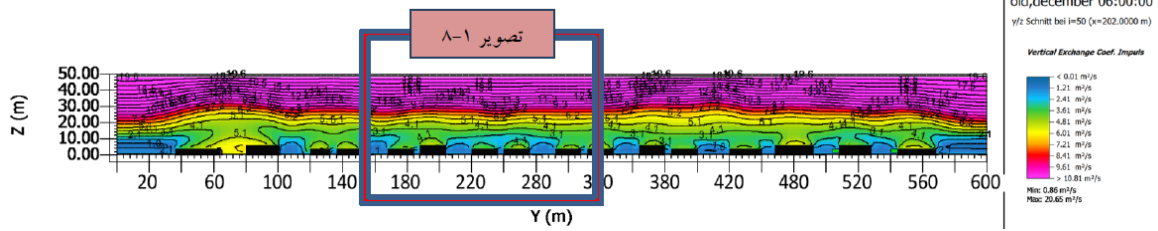
تصویر ۶: سرعت باد در حالت افقی، در سطح عابر پیاده، در زمستان (December, 6:00:00)، ۶-۱- سرعت باد در حالت افقی در مدل اول حالت Old، ۶-۲- سرعت باد در حالت افقی در مدل دوم حالت

تغییرات سرعت باد، در سطح عابر پیاده، در (تصویر ۶) نشان می‌دهد که سرعت باد در زمستان با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، افزایش می‌یابد. در مدل اول (تصویر ۶-۱) سرعت باد تقریباً در تمام سطح بلوک شهری یکسان است. در مدل دوم (تصویر ۶-۲) آشفته‌گی بیشتری در سرعت باد مشاهده می‌شود. بیشترین سرعت باد در مدل سوم (تصویر ۶-۳) وجود دارد. (نمودار ۴) نیز نشان می‌دهد که میانگین سرعت باد در مدل سوم بیشتر است. این افزایش سرعت باد، در سطح عابر پیاده، با توجه به سرد بودن هوا می‌تواند سبب کاهش آسایش حرارتی برای عابرین پیاده و ایجاد احساس سرمای بیشتر می‌گردد. بخصوص اینکه با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها از یک سو دما در بلوک شهری کاهش می‌یابد و از سوی دیگر سبب افزایش سرعت باد در سطح عابر پیاده می‌شود، که این می‌تواند سطح آسایش حرارتی عابر پیاده را کاهش دهد.

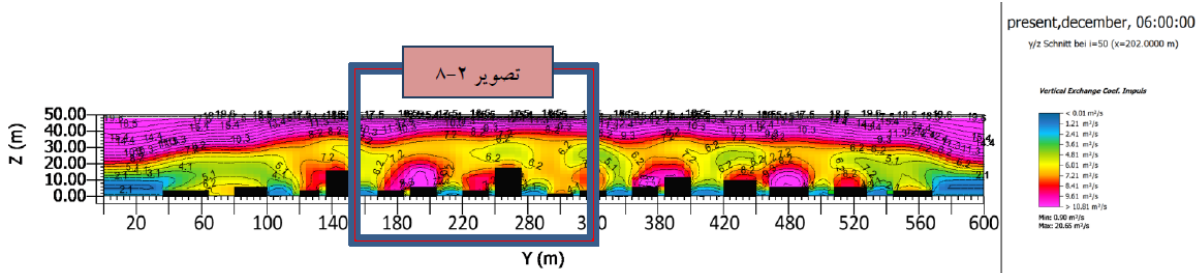


نمودار ۴: میانگین سرعت باد، در سطح عابر پیاده، در زمستان (December, 6:00:00)

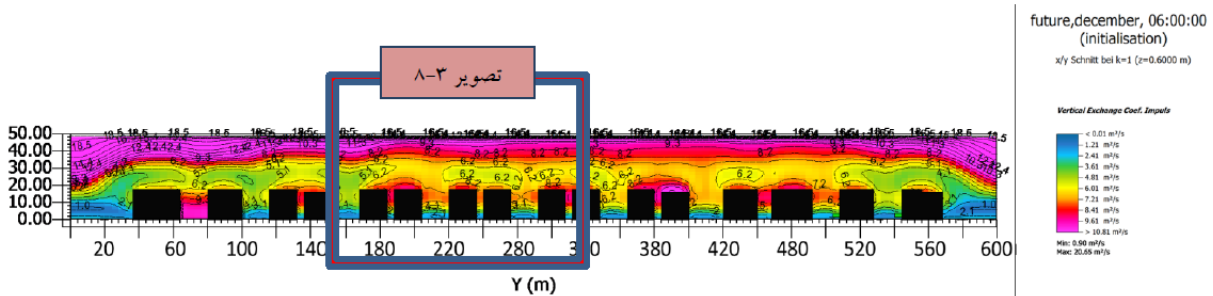
Present، ۳-۶- سرعت باد در حالت افقی در مدل سوم حالت Future



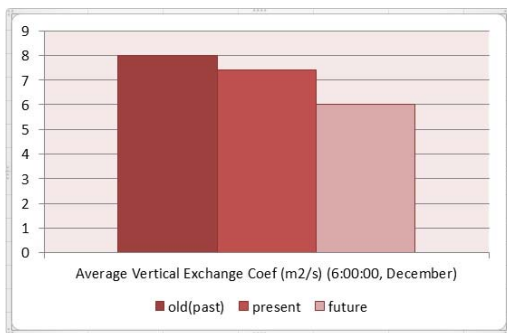
۷-۱- ضریب جا به جایی عمودی در مدل اول حالت Old



۷-۲- ضریب جا به جایی عمودی در مدل دوم حالت Present



۷-۳- ضریب جا به جایی عمودی در مدل سوم حالت Future



نمودار ۵: میانگین ضریب جا به جایی عمودی در

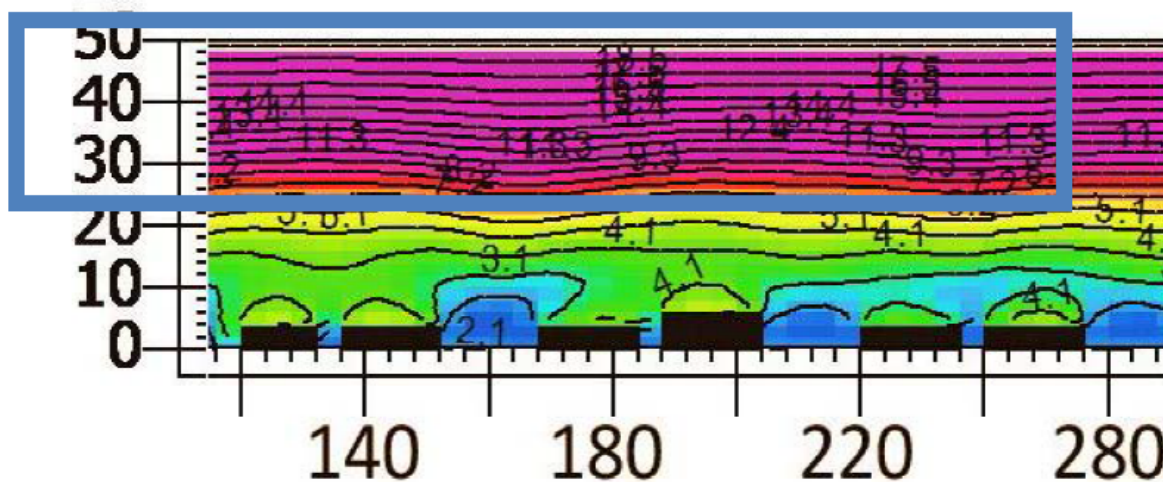
زمستان (6:00:00, December)

تصویر ۷: ضریب جا به جایی عمودی در زمستان (6:00:00, December)، ۷-۱- ضریب جا به جایی عمودی در مدل اول حالت Old، ۷-۲- ضریب جا به جایی عمودی در مدل دوم حالت Present، ۷-۳- ضریب جا به جایی عمودی در مدل سوم حالت Future

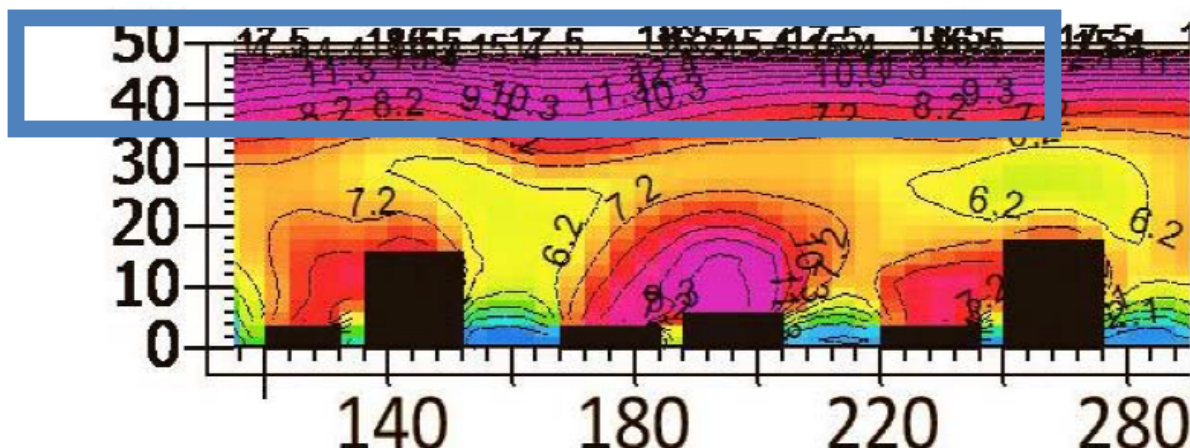
کاهش ضریب جابه‌جایی عمودی در مدل دوم و سوم (نمودار ۵) در این حالت امکان به وجود آمدن پدیده‌ی وارونگی هوا در بلوک شهری افزایش می‌یابد. با توجه به تصویر (۸-۲ و ۸-۳) نسبت به تصویر (۸-۱) مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، لایه‌ها با ضریب جابه‌جایی عمودی بالاتر ارتفاع بیشتری از سطح زمین می‌گیرند؛ به طور مثال در تصویر ۸-۱ مشاهده می‌شود که لایه‌ها با ضریب جابه‌جایی بالا از ارتفاع ۳۰ متری از سطح زمین شکل گرفته‌اند، در حالی که در شکل (۸-۲، ۸-۳) این لایه‌ها به ارتفاع حدود ۴۵ متری از سطح زمین رانده شده است.

(تصویر ۷) ضریب جابه‌جایی عمودی را در زمستان نشان می‌دهد. تغییرات ضریب جابه‌جایی عمودی در لایه‌های بالاتر هوا در مدل دوم و سوم (تصویر ۷-۲ و تصویر ۷-۳) نسبت به مدل اول (تصویر ۷-۱) افزایش می‌یابد. در مدل دوم و سوم (تصویر ۸-۲ و ۸-۳) با وجود افزایش ضریب جابه‌جایی عمودی در لایه‌های بالاتر هوا، در لایه‌های نزدیک سطح زمین این تغییرات بسیار اندک می‌باشد. این تغییرات موجب راکد شدن توده‌ی لایه هوای سطح عابر پیاده می‌گردد.

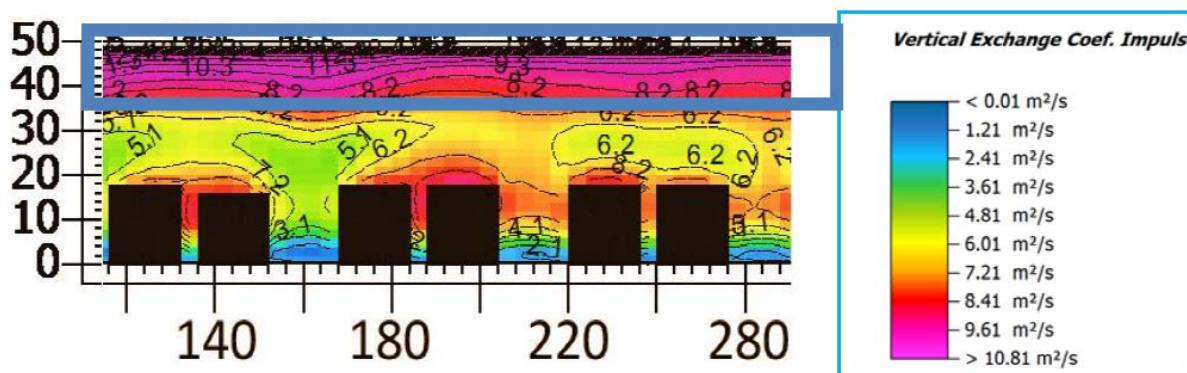
با توجه به سردتر شدن دما در مدل دوم و سوم (نمودار ۳)، کاهش سرعت باد در لایه‌های نزدیک زمین در مدل دوم و سوم (نمودار ۴) و همچنین



۸-۱- برش تصویر (۸-۱) ضریب جابه‌جایی عمودی در مدل اول حالت Old



۲-۸- برش تصویر (۲-۷) ضریب جابه جایی عمودی در مدل دوم حالت Present



۳-۸- برش تصویر (۳-۸) ضریب جا به جایی عمودی در مدل سوم حالت Future

مخلوط کردن عمودی و افقی برای حفظ کیفیت قابل قبول هوا ضروری است. با این حال، وارونگی دما در لایه‌های پایینی و نزدیک سطح زمین شرایط جوی پایدار ایجاد می‌کند. این پدیده پیامدهای جدی برای سلامتی اعم از تشدید بیماری‌های تنفسی دارد (Wallace, Corr,) (Wallace, Kanaroglou, 2009) زمستان به دلیل تابش مایل خورشید و سردتر شدن سطح زمین رخ می‌دهد (Malingowski, Atkinson,) (Fochesatto, et al, 2014) زمستان این پدیده بیشتر رخ می‌دهد (Janha, Frans,) (Olofson, et al, 2006). این موضوع در شهری

وارونگی هوا به دلیل کاهش ناگهانی در درجه حرارت و سردتر شدن سطح زمین نسبت به لایه‌های بالایی به وجود می‌آید. شدت وارونگی دما بستگی به اختلاف دمای بین هوای گرم و سطح سرد زمین دارد. هرچه اختلاف دما بزرگتر، وارونگی شدیدتری رخ می‌دهد. وارونگی هوا می‌تواند در هر زمان از طول روز رخ دهد. این پدیده می‌تواند چندین روز طول بکشد (Wu, Zhang, Gao, et al, 2014). فرایند وارونگی هوا باعث کاهش در اختلاط لایه‌های هوا، کاهش تلاطم و تثبیت توده‌های هوای نزدیک زمین گردد (Janha, Frans, Olofson, et al, 2006). پراکندگی و رقیق شدن آلاینده‌های هوا از طریق

می‌توان بیان کرد که در مراکز شهرهای پرجمعیت و آلوده‌ای همچون اصفهان، افزایش ارتفاع ساختمان‌ها نباید تنها وابسته به بحث مشرفیت، رعایت حریم و زیر ساخت‌ها باشد؛ بلکه باید به بحث تنفس شهر، استراتژی‌هایی برای کاهش آلاینده‌ها توجه بسیاری شود. زیرا که فیزیک شهر تأثیر بسیار زیادی بر ایجاد پیامدهایی همچون جزیره گرمایی، وارونگی هوا و... دارد. در نتیجه بهتر است تا حد امکان از افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در مراکز شهرهای پرتردد و آلوده جلوگیری شود. برای تنفس شهر بهتر است، ساختمان‌ها در مراکز شهر و اطراف آن‌ها کوتاه مرتبه باشند؛ که امکان خروج آلاینده‌ها ایجاد شود. در فواصل دورتر از مرکز شهر و مکان‌های کم تردد ساختمان‌های بلند مرتبه با بافت شهری متخلخل به وجود آید. به دین گونه می‌توان سطح کیفیت خرد اقلیم‌های شهری را تا حد قابل توجه‌ای بهبود داد.

منابع

- Kolokotsa D, Psomas A, Karapidakis E, 2009, Urban heat island in southern Europe: the case study of Hania, Crete, Solar Energy, Vol 83.pp 1871–1883
- Taleb D, Abu-Hijleh B, 2012, Urban heat islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE. Renewable Energy, Vol 50, pp 747-762
- Chao Y a, Edward N a, Leslie K, 2013, Improving air quality in high-density cities by understanding the relationship between air pollutant dispersion and urban morphologies.

همچون اصفهان که یکی از شهرهای آلوده و پر تردد با ترافیک بالا در مرکز شهر، نزدیک به بلوک شهری انتخاب شده، دارای اهمیت زیادی می‌باشد، زیرا که افزایش پدیده ی وارونگی هوا خطری جدی برای ساکنان این شهر به دنبال دارد. با توجه به گزارش پایگاه هواشناسی اصفهان در سال ۹۲، ۶۷ روز هوای شهر ناسالم بوده است. افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در شهر اصفهان می‌تواند یکی از دلایل افزایش این روزهای آلوده باشد.

۳- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده مشاهده می‌شود که، افزایش ارتفاع ساختمان‌ها اثرات متفاوتی بر پارامترهای شهری دارد. به همین دلیل برنامه‌ریزان شهری باید به این تغییرات بخصوص در زمان‌های بحرانی توجه داشته باشند، تا با در نظر گرفتن فواید و زیان‌هایی که افزایش ارتفاع در بلوک‌های شهری دارد، قوانین شهری را برای میزان ارتفاع ساختمان‌ها تدوین نمایند. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها نقاط سرد افزایش می‌یابد و کاهش میانگین دما تا ۰,۰۵۲ درجه به وجود می‌آید. که به طور کلی می‌توان گفت، افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در شرایط بحرانی زمستان سبب کاهش دمای شهر و سردتر شدن شهر و افزایش سرعت باد می‌گردد؛ که این تغییرات موجب کاهش آسایش حرارتی در سطح عابر پیاده می‌گردد. از سوی دیگر افزایش ارتفاع سبب سردتر شدن هوا و کاهش ضریب جابه‌جایی عمودی در لایه‌های نزدیک سطح زمین موجب افزایش پدیده وارونگی هوا و انباشت آلاینده‌ها می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده

- Tong N, Leung D, 2012, Effects of building aspect ratio, diurnal heating scenario, and wind speed on reactive pollutant dispersion in urban street canyons. *Journal of Environmental Sciences*, Vol 24, pp 2091–2103
- Nishizawa S, Sawachi T, Maruta E, 2008, Evaluation of effect of the wind pressure fluctuation for cross ventilation in the residential district. *Proceedings of the Air Infiltration and Ventilation Centre Conference*, Kyoto, Japan; 2008.
- Eeftens M, Beekhuizen J, Beelen R, Wang M, Vermeulen R, Brunekreef B, Huss A, Hoek G, 2013, Quantifying urban street configuration for improvements in air pollution models, *Atmospheric environment*, Vol 72, pp 1–9
- Hang J, Li Y, Sandberg M, Buccolieri R, Di Sabatino S, 2012, The influence of building height variability on pollutant dispersion and pedestrian ventilation in idealized high-rise urban areas. *Building and Environment*, Vol 56 ,pp 346-360
- Wu W, Zhang Y, Gao J, He J, 2014, A temperature inversion-induced air pollution process as analyzed from Mie LiDAR data. *Science of the Total Environment*, Vol 479–480, pp 102–108
- S Janha, Frans K, Olofson G, Patrik U, Pettersson A, Hallquist M, 2006, Evolution of the urban aerosol during winter temperature inversion episodes. *Atmospheric Environment*, Vol40, pp 5355–5366
- Wallace J, Kanaroglou P, 2009, The effect of temperature inversions on ground-level nitrogen dioxide (NO₂) and fine particulate matter (PM_{2.5}) using temperature profiles from the Atmospheric Infrared Sounder Building and Environment, Vol 71, pp245-258
- Givoni B, 1998, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, John Wiley & Sons, New York.(B Givoni - 1998 - books.google.com)
- Hoppe P, 2002, Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Building*, Vol 34, pp 661–665
- Ratti C, Di Sabatin S, Britter R, 2005, Urban texture analysis with image processing techniques: winds and dispersion. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol 84, pp77–90.
- Toudert F, Mayer H, 2005, Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and Environment*, Vol 41, pp 94–108
- Thapar H, Yannas S, 2008, *Microclimate and Urban Form in Dubai*. Environment & Energy
- Buccolieri R, Sandberg M, Di Sabatino S, 2010, City breathability as quantified by the exchange velocity and its spatial variation in real inhomogeneous urban geometries: An example from central London urban area. *Atmospheric Environment*, Vol 44, pp 1894-1903
- Okeil A, 2010, A holistic approach to energy efficient building forms. *Energy and Buildings*, Vol 42(9), pp 1437-1444
- Taleb H, Taleb D, 2014, Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai United Arab Emirates. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol 13, pp253–260
- Bruse M, 2014, www.envi-met.de.

Malingowski J, Atkinson D, Fochesatto J, Cherry J, Stevens E, 2014, An observational study of radiation temperature inversions in Fairbanks, Alaska. *Polar Science*, Vol 8, pp 24-39

(AIRS). *Science of the Total Environment*, Vol 407 ,pp5085–5095
Wallace J, Corr D, Kanaroglou P, 2010, Topographic and spatial impacts of temperature inversions on air quality using mobile air pollution surveys. *Science of the Total Environment*, Vol 408 ,pp 5086–5096