

بررسی اثرات حرارتی خورشید در انتشار آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه در ناحیه مجاور ساختمان‌ها و تاثیر آن بر تهویه مطبوع ساختمان‌ها (مطالعه موردی: شهر مشهد)

محمد امیر محوری، دانشجوی دکتری مهندسی انرژی، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی؛ amir168113@yahoo.com

مصطفی مافی، استادیار گروه مهندسی انرژی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. 2ndAuth@example.mails

مقدمه

اگرچه وسایل نقلیه منابع عمده آلوده کننده هوا در نواحی شهری می باشند. به سبب رشد سریع صنعت و شهرسازی، یکی از مکان‌های تراکم بالای وسایل نقلیه و افراد پیاده، خیابان‌ها می باشند. در نتیجه این افراد در معرض مواد سمی و خطرناک قرار می گیرند. در دهه اخیر تحقیقات زیادی جهت توضیح جریان باد و انتقال آلودگی در فضای بین ساختمان‌ها انجام شده است. [۱] طرح فیزیکی خیابان، که شامل نقشه هندسی ساختمان، طرح معماری و ابعاد ناحیه بین ساختمان‌ها می باشد، در خصوصیات جریان باد و انتقال آلاینده‌ها مهم می باشد. نواحی مختلف جریان، تحت شرایط متفاوت جریان قابل تشخیص می باشند. همبستگی میان رفتار جریان باد و نواحی جریان به طور گسترده‌ای از طریق مدل ریاضی [۲،۳] و آزمایشات تونل باد [۴،۵] مورد بررسی قرار گرفته اند. برای بررسی ساختمان متقارن، نواحی جریان و خصوصیات گردابه‌های متقابل، می توان کمیت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان را تعریف کرد. X_{ia} و همکارانش با ارائه روش دیگری توانستند مشخصه‌های جریان باد و انتقال آلاینده‌ها را در ناحیه متقارن و نامتقارن بین ساختمان‌ها با استفاده از پارامترهای بدون بعد $\frac{H_1}{W}$ (نسبت ارتفاع ساختمان بادپناه به عرض خیابان) و H_1, H_2 (نسبت ارتفاع ساختمان بادپناه به ارتفاع ساختمان روبه باد) به سه ناحیه عمده جریان، طبقه بندی کنند. عامل مهم دیگری که اغلب آن را در مطالعات مکانیک سیالات محیطی نادیده می گیرند، اثرات حرارتی است که بر روی جریان باد و انتقال آلاینده‌ها از خیابان اثر می گذارد. در نواحی شهری، عمدتاً تشعشع خورشید در هنگام روز تاثیرات حرارتی بر روی نمای ساختمان و سطح زمین القا می کند که هوای مجاور سطوح را گرم می کند. در هوای گرم سهم نیروی شناوری نسبت به جریان باد در ناحیه مجاور سطوح، مهم تر است. اغلب نیروی شناوری رو به بالا، نیروی اینرسی رو به پایین را متعادل می کند [۸،۶،۷]. مطالعات عددی جریان شناوری با ملاحظه تاثیرات حرارتی در مقایسه با موارد تحت شرایط هم دما، نسبتاً اندک است. اخیراً X_{ia} و همکارانش [۹] جریان باد القایی در ناحیه خیابان را برای تنوع کاملی از اشکال مورد بررسی قرار داده اند. آن‌ها نتیجه گرفتند که خصوصیات جریان باد در ناحیه

چکیده

در این تحقیق اثرات حرارتی در تخلیه آلاینده‌ها از ناحیه مجاور ساختمان‌ها بررسی می شود. گرمای ناشی از تشعشع خورشید، سطح دیوارهای ساختمان و سطوح افقی را گرم کرده و منجر به تشکیل یک نیروی شناوری قوی نزدیک سطوح می شود. موضوع اصلی این تحقیق بررسی تهویه طبیعی هوای مجاور ساختمان‌ها با در نظر گرفتن چند ساعت مختلف روز و همچنین اثرات حرارتی می باشد. موقعیت مورد بررسی شهر مشهد می باشد و جهت تابش خورشید طبق افق این شهر در نظر گرفته شده است. روش تحقیق الگوریتم محاسباتی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) را به کار میگیرد، که بر اساس روش انفصال حجم محدود معادلات حرکت بنا نهاده شده است. مدل تلاطم به کار رفته در این تحقیق جهت حل جریان متلاطم پایدار و میدان غلظت، مدل RNG k-ε می باشد. برای وارد کردن پروفیل صحیح سرعت جریان ورودی در فلوننت از قابلیت UDF استفاده شده است. جهت مدل سازی منبع تولید آلاینده یک چشمه یکنواخت تولید آلاینده در سطح مدل در نظر گرفته شده است. صحنه گذاری نتایج با مقایسه نتایج شبیه سازی و نتایج به دست آمده از تونل باد انجام شده است. نتایج، حساسیت تهویه طبیعی هوا به دما را به وضوح نشان می دهد. هنگام صبح که دیوارهای پشت به باد گرمتر از هوا می باشند، یک شار رو به بالای جریان مخالف با حرکت رو به پایین جریان هوا ایجاد میشود و آلاینده‌ها در سمت رو به باد خیابان جمع می شوند. هنگام ظهر، ساختار جریان به دو حلقه چرخشی مخالف توسط جریان شناوری رو به بالا تقسیم شده و آلاینده‌ها قسمت بالای ناحیه جمع می شوند. هنگام عصر، جریان شناوری، جریان توده هوای رو به بالا را به جریان چرخشی اصلی اضافه می کند و ساختار جریان نسبت به حالت بدون گرمایش تغییرات کمی دارد. این نتایج پیشنهادات کاربردی جهت طراحی و برنامه ریزی سلامت شهری، ارائه می دهد.

کلمات کلیدی: انتشار آلاینده- تشعشع خورشید - نیروی شناوری

ریاضی بر مبنای حل عددی جهت مشخص کردن جریان سیال و معادلات انتقال می باشد، که از اصل بقا و معادلات انتقال در تلاطم تراکم ناپذیر، استنتاج شده اند.

معادله پیوستگی

$$\frac{\partial \bar{v}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

معادله مومنتوم

$$\bar{v}_j \frac{\partial \bar{v}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (v \frac{\partial \bar{v}_i}{\partial x_j} - u_i u_j). \quad (2)$$

معادله انرژی

$$\bar{v}_j \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} (v_i \bar{\theta}''') \quad (3)$$

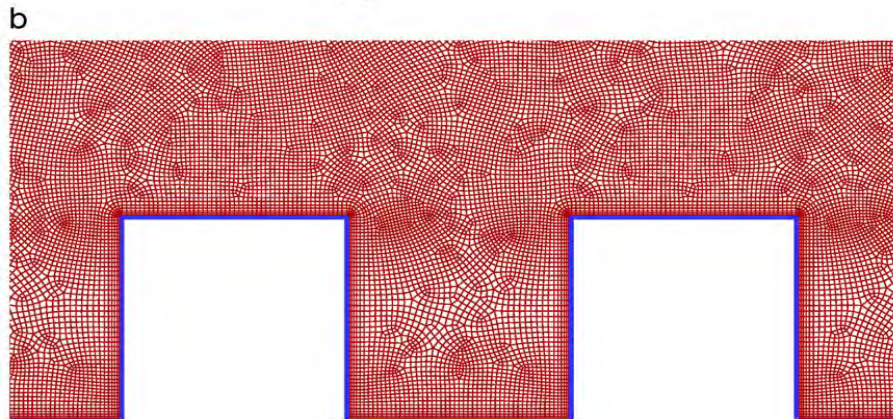
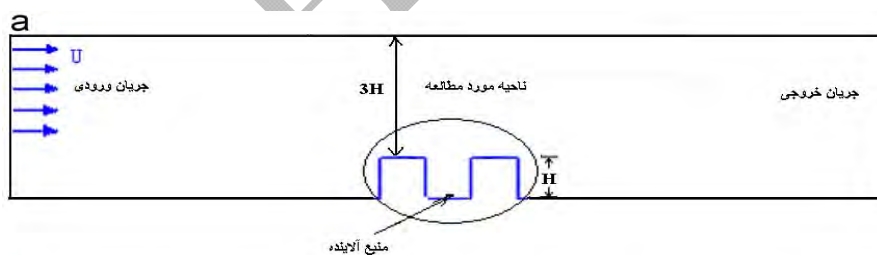
غلظت آلاینده ها توسط معادله جابجایی-پخش زیر برای کمیت اسکالر راکد و غیر فعال محاسبه می شود.

$$\bar{u}_i \frac{\partial \bar{c}}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} (k \frac{\partial \bar{c}}{\partial x_i}) + S \quad (4)$$

خیابان تابع پارامتر بدون بعد $\frac{Gr}{Re^2}$ می باشد. Uehara و همکارانش [۱۰]، اثرات لایه بندی حرارتی را بر روی جریان باد داخل و بالای ناحیه خیابان مورد مطالعه قرار دادند. آن ها پی بردند، هنگامی که لایه بندی دما پایدار باشد گردابه های داخل ناحیه ضعیف می شوند و هنگامی که ناپایدار باشد، گردابه ها قوی می شوند. هنگامی که پایداری از آستانه مشخصی تجاوز می کرد، سرعت باد در ناحیه خیابان کاهش یافته و به زیر صفر می رسد. آن ها الگوی ناحیه خیابان خود را با استفاده از جعبه های مکعبی ساخته بودند. این الگو با نتایج عددی که به مطالعه مدل های دو بعدی جهت راحتی محاسبات می پرداخت، متفاوت بود. Kovar-Panskus و همکارانش [۱۱] تاثیر گرمایش دیواره را بر روی الگوی جریان هوا، با استفاده از نتایج تونل باد را مورد بررسی قرار دادند. آن ها به این نتیجه رسیدند که گرمایش دیواره رو به باد، جریان ثانویه بسیار ضعیفی در نزدیکی سطح زمین با عدد فرود پایین (گرمایش قوی دیواره) تولید می کند. تحقیقاتی را که محققان تا کنون انجام داده اند به اندازه کافی برای نشان دادن اثرات گرمایش خورشیدی بر روی جریان باد و انتشار آلاینده ها جامع نبوده است. هدف از این تحقیق، بررسی اثرات حرارتی خورشید در تهویه طبیعی هوای مجاور ساختمان ها با در نظر گرفتن ساعات مختلف روز می باشد

مدل های ریاضی

در مدل CFD دو ساختمان با ارتفاع مساوی یک گودی خیابان را ایجاد می کنند که عرض W خیابان آن ها را از هم جدا می کند. مدل انتخابی مورد بحث در شکل (a-1) نشان داده شده است. الگوی



شکل ۱- طرح کلی حوزه محاسباتی (a) حوزه محاسباتی (b) نمای روبروی شبکه حوزه محاسباتی مورد بررسی

صحه گذاری مدل

Uehara و همکارانش، با استفاده از نتایج آزمایشگاهی اثرات لایه بندی حرارتی را بر روی جریان باد داخل و بالای ناحیه خیابان مورد مطالعه قرار داده اند. در شکل ۲ نمودارهای عمودی بدون بعد دمای هوا در امتداد خط مرکزی بین دو ساختمان آورده شده است بررسی صحت این مدل توسط Xie و همکارانش به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در شکل ۲ نمودار عمودی بدون بعد انرژی جنبشی تلاطم در امتداد خط مرکزی بین دو ساختمان آورده شده است. دمای هوای محاسبه شده با استفاده از مدل CFD اندکی پایین تر از اندازه های تجربی میباشد. در ناحیه نزدیک به زمین، دمای محاسبه شده مدل CFD به نتایج تونل باد بسیار نزدیک است و شیب تند دمای نزدیک به زمین را به خوبی محاسبه می کند. انرژی جنبشی تلاطم در سطح زمین از مقدار صفر افزایش می یابد و به مقدار ثابتی در قسمت میانی دو ساختمان می رسد.

در این مقاله خروجی اگزوز وسایل نقلیه توسط یک منبع سطحی تولید آلاینده قرار گرفته در کف خیابان شبیه سازی شده است و مدل تلاطمی RNG-K-ε جهت مدل سازی حرکت وانتقال تلاطم به کار برده شده است. معادلات بقا برای انرژی جنبشی تلاطم K و اتلاف تلاطم ε در مدل تلاطم RNG-K-ε به صورت زیر می باشد.

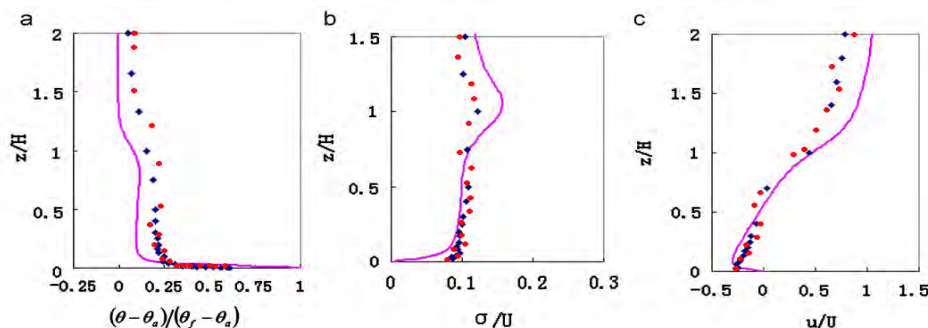
$$\bar{v}_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} (\alpha_k V_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_j}) + \frac{1}{\rho} P_k + \frac{1}{\rho} G_b - \epsilon \quad (5)$$

ضرایب ثابت مدل در جدول ۱ آورده شده است.

الگوی ریاضی مزبور در نرم افزار فلوئنت پیاده شده است، با استفاده از قابلیت UDF در فلوئنت پروفیل توانی سرعت جریان باد در شبیه سازی جریان در نظر گرفته شده است. نمای روبروی شبکه مدل در شکل ۱-b نشان داده شده است.

جدول ۱ ضرایب ثابت مدل RNG K-ε

k-ε turbulence model	C _μ	σ _k	σ _ε	C _{ε1}	C _{ε2}	C _{ε3}
RNG	0.0845	Analytical formula	Analytical formula	1.42	1.68	Analytical formula

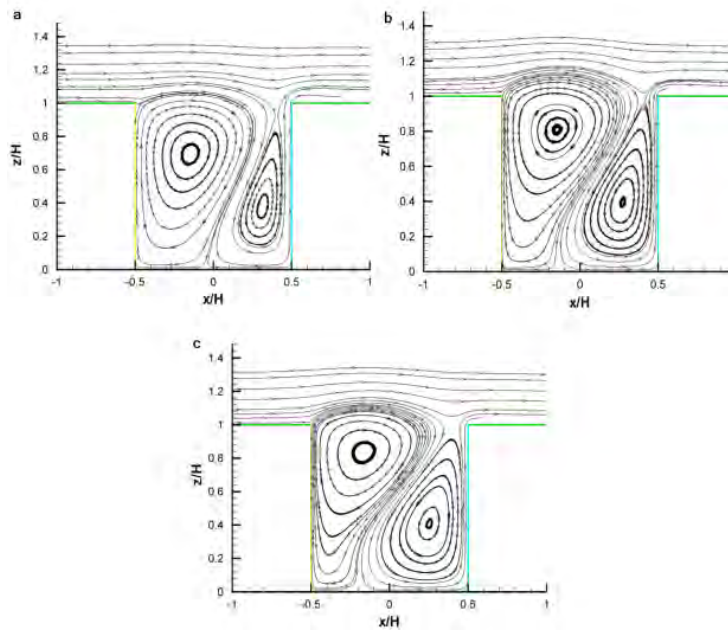


شکل ۲- نمودار عمودی (a) دمای بی بعد شده (b) نوسان سرعت (c) مولفه افقی سرعت در امتداد خط مرکزی بین دو ساختمان Uehara, Xie, مقاله حاضر

در این مقاله یک مدل سه بعدی مورد بررسی قرار می گیرد تا تاثیر تابش خورشید در انتشار آلاینده ها را برآورد کند. موقعیت مورد بررسی شهر مشهد می باشد. زمان های در نظر گرفته شده در سه ساعت مختلف یک روز در ماه خرداد می باشد. تجمع آلاینده در حالت جریان با سرعت زیاد و تابش کم خورشید در سمت پشت به باد زیاد می باشد. در زمان کاهش سرعت باد و تابش موثر خورشید ساختار جریان تغییر یافته و پروفیل غلظت آلاینده تابع ساختار جریان می باشد. که در شکل ۳ میدان و خطوط جریان در اثر این تغییر نشان داده شده است.

نتیجه گیری

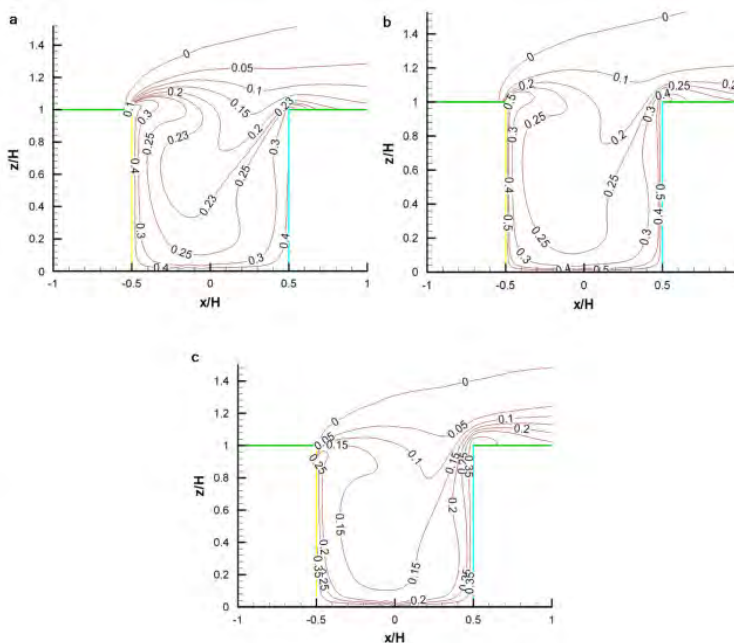
سرعت عمودی داخل ناحیه خیابان در حالت بدون گرمایش منفی می باشد. زمانی که سرعت باد کم باشد ساختار متفاوتی از جریان هوا رخ می دهد. با وجود تابش خورشید، سطوح دیوارهای ساختمان ها و سطح زمین نسبت به هوای اطراف گرم تر شده و این امر باعث ایجاد نیروی شناوری قوی نزدیک این سطوح می شود. این نیروی شناوری بر ساختار جریان و انتشار آلاینده ها موثر خواهد بود.



شکل ۳- میدان جریان در سه ساعت مختلف روز در صفحه مرکزی a: ساعت ۷:۰۰ b: ۱۳:۰۰ c: ۱۹:۰۰

موازی در ناحیه بین دو ساختمان تشکیل می شود و کاهش غلظت آلاینده نسبت به ساعات اولیه روز، در سمت رو به باد ناحیه، مشاهده می شود. در هنگام عصر خورشید تابش کمی داشته و تابش خورشید سمت روبه باد می باشد بنابراین غلظت آلاینده ها در سمت رو به باد نسبت به طول روز کاهش می یابد. تابش خورشید نماهای ساختمان را گرم می کند. هوای مجاور این سطوح گرم شده و به همراه گرداب اولیه به سمت بالا حرکت می کند شکل ۴ کانتورهای دمای بی بعد را در سه ساعت مختلف روز نشان می دهد.

در اثر تابش خورشید هوای داخل ناحیه، گرم شده و شار غوطه وری، جریان رو به بالا، نزدیک سطوح گرم شده ایجاد می کند، هوا به طور عمودی بالا می رود و نتیجه کاهش غلظت آلاینده در ناحیه خیابان می باشد. در هنگام صبح تابش خورشید روی سمت پشت به باد ساختمان می باشد. جریان، ساختار چرخشی ساعت گرد بین دو ساختمان دارد و غلظت بالای آلاینده در سمت رو به باد ساختمان مشاهده می شود. در هنگام ظهر تابش خورشید روی سمت پشت به باد، رو به باد و سطح زمین می باشد در این حالت دو حلقه چرخشی



شکل ۴- کانتور دمای بی بعد در سه ساعت مختلف روز در صفحه مرکزی a: ساعت ۷:۰۰ b: ۱۳:۰۰ c: ۱۹:۰۰

حرارتی و برودتی

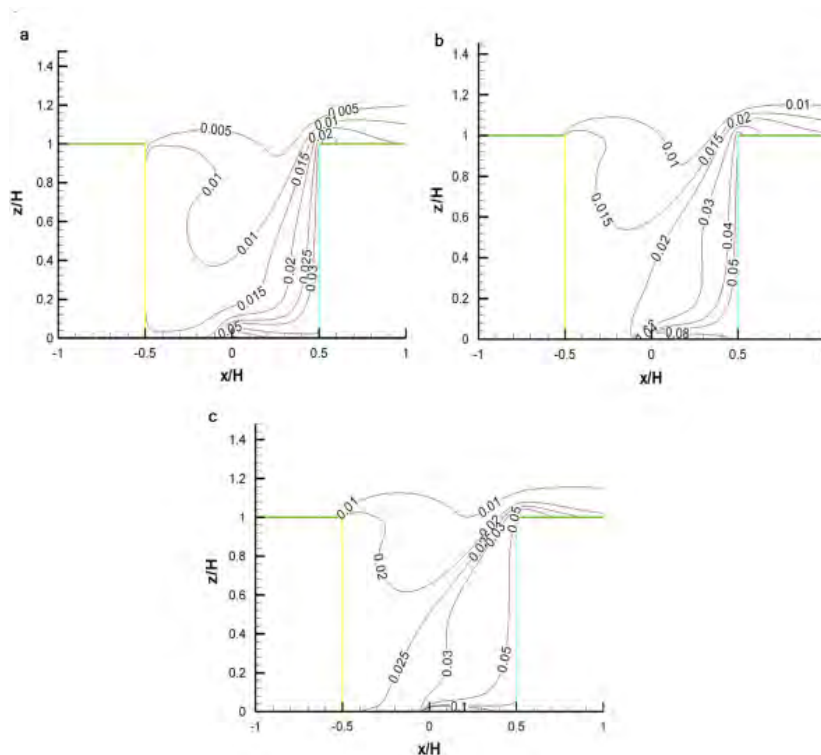
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران

HVACconf-IRSHRAE-1-021

خیابان نسبت به حالت بدون گرمایش تغییرات کمی دارد. هوای گرم با حرکت خود آلاینده‌ها را در ناحیه جابجا می‌کند، و بسته به ساختار جریان موجب تخلیه آلاینده از گودی خیابان می‌شود. می‌توان در شکل ۵ کانترهای غلظت بی بعد آلاینده را مشاهده نمود.

زمانی که دیوار روبه باد گرم می‌شود یک شار حرارتی رو به بالا مخالف با حرکت رو به پایین توده هوا ایجاد می‌شود. در ساعات وسط روز ساختار جریان به دو حلقه چرخشی توسط شار غوطه‌وری رو به بالا تقسیم می‌شود و گرداب نزدیک سمت پشت به باد با گرداب بالایی جفت می‌شود. زمانی که سمت پشت به باد گرم می‌شود ساختار جریان و بنابراین غلظت آلاینده در گودی



شکل ۵- کانتر غلظت بی بعد آلاینده در سه ساعت مختلف روز در صفحه مرکزی a: ساعت ۷:۰۰، b: ۱۳:۰۰، c: ۱۹:۰۰

Uehara, K., Murakami, S., Oikawa, S., .۱۰
Wakamatsu, S. Wind tunnel experiments on how thermal
flow in and above urban street stratification affects
Environment 34, 1553–1562, canyons. Atmospheric
2000.

Kovar-Panskus, A., Moulinneuf, L., Savory, E., .۱۱
Sini, J.F., Rosant, J.M., Robins, A., Toy, Abdelqari, A.,
tunnel investigation of the influence of N., “A wind
on the flow regime within a solar-induced wallheating
canyon”. Water, Air, and Soil simulated urban street
Pollution: Focus 2, 555–571, 2002.

بحث و نتیجه گیری کلی

گرمای ناشی از تشعشع خورشید که سطوح دیوارهای ساختمان و زمین را
گرم می کند منجر به تشکیل یک نیروی شناوری قوی نزدیک سطوح می
شود. این جریان القایی با جریان اجباری داخل ناحیه خیابان ترکیب می
شود و موجب حرکت آلاینده ها به خارج از ناحیه می شود.

منابع

Oke, T.R., “Street design and urban canopy layer .۱
1988. Energy and Building 11, 103–131 climate”

Xia, J.Y., Leung, D.Y.C. “Pollutant dispersion in .۲
urban street canopies” Atmospheric Environment 35,
2033–2043, 2001.

Chan, T.L., Dong, G., “Validation of a two- .۳
dimensional pollutant dispersion model in an isolated
street canyon”. Atmospheric Environment 36, 861–872,
2002.

Baker, C.J., Hargreaves, D.M., “Wind tunnel .۴
evaluation of a vehicle pollution dispersion model.”
Journal of Wind Engineering and Industrial
Aerodynamics 89, 187–200, 2001.

Kastner-Klein, P., Fedorovich, E. “A wind tunnel .۵
organized and turbulent air motions in street study of
Journal of Wind Engineering and Industrial canyons.”
89, 849–861, 2001. Aerodynamics

Louka, P., Vachon, G., Sini, J.-F., Mestayer, .۶
P.G., Rosant, J.-M., “Thermal effects on the airflow in a
street canyon—NANTES’99 experimental results and
simulations”. Water, Air, and Soil Pollution: model
Focus 2, 351–364, 2002.

Kim, J.J., Baik, J.J., “Urban street-canyon flows .۷
bottom heating”. Atmospheric Environment 35, with
3395–3404. 2001.

Klein, P., Leitl, B., Schatzmann, M., “Driving .۸
physical mechanisms of flow and dispersion in urban
canopies”. International Journal of Climatology 27,
1887–1907, 2007.

Xie, X., Huang, Z., Wang, J.S., Xie, Z., a. “The .۹
solar radiation and street layout on pollutant impact of
street canyon”. Building and Environment dispersion in
40, 201–212. 2005