

الصلبة) هي المسؤولة عن إيجاد الجو الملانم لتكاثف بخار الماء قرب السطح مما يكون الضباب Fog، وإذا ما وجد الدخان Smoke كعملية مستمرة في جو المدينة نتيجة تركيز كثيف للمعامل الصناعية، فإن ذلك يؤدي الى تكرار ظاهرة الضباب الدخاني Smog في جو المدينة، وحتى ان لم تكن المدينة صناعية فإن تكرار ظاهرة الضباب فيها اعلى من الريف، حيث ان كمية الملوثات الصلبة في هواء المدينة اكثر بعشرة أضعاف كميته في هواء الريف المجاور كمعدل عام، وقد بينا سابقاً ان تركيز التلوث يختلف بين الفصول وبين أيام الأسبوع وكذلك بين الأيام التي تكون رياحها شديدة أو هناك حالة سكون في الهواء، ففي الشتاء خاصة إذا كانت الأرض مغطاة بالثلج، أو في أيام الانعكاس الحراري تزيد الملوثات في هواء المدينة على الصيف الذي تختفي فيه حالات استقرار الهواء، وفي أيام العطل في الأسبوع تكون الملوثات اقل في الجو من أيام العمل الأسبوعية وذلك بسبب قلة ما يضاف الى الهواء أثناء العطل.

ولما كانت الملوثات الصلبة هي المسؤولة عن تقليص مدى الرؤية، فإن ازديادها في هواء المدينة يساعد على تكرار ظاهرة الضباب الدخاني، وفي تجربة أجريت على سواحل هولندا، وجد ان الضباب الدخاني يكون أكثف ويتكرر أكثر اذا كان الهواء من اليبس الى الماء، في حين تنخفض نسبة تكرار الضباب الدخاني اذا كان الهواء من الماء الى اليبس، والسبب هنا واضح في علاقته بتركيز الملوثات في الهواء، فالهواء القادم من اليبس يحمل معه نسبة عالية من الملوثات الصلبة (نويات التكاثف) في حين تنخفض كثيراً نسبة الملوثات في الهواء البحري، لذلك من الطبيعي ان يرتبط تحسن مدى الرؤية في المدن الصناعية في السنوات الأخيرة بتطبيق قوانين التلوث التي عمدت الى تخفيض نسبة الملوثات الصلبة في هواء المدينة، فإن اجبار المعامل على استبدال الفحم وقوداً في الصناعة الى النفط والغاز الطبيعي، واستخدام أجهزة تساعد على حرق الوقود بشكل افضل قد خفف كثيراً من نسبة التلوث في هواء المدينة.

لذلك أجرى عدد من الباحثين مقارنة بين فترات كان فيها التلوث كثيراً وفترات بعد تطبيق قوانين الحد من التلوث، وقد كانت النتائج ان مدى الرؤية قد تحسن كثيراً في هذه المدن، وان نسبة تكرار ظاهرة الضباب الدخاني أصبحت اقل ففي دراسة عن لندن وجد ان نسبة التلوث في الهواء قد انخفضت بنسبة ٣٢% للفترة بين ١٩٥٩ الى ١٩٦٤ عن الفترة الواقعة بين ١٩٥٤ الى ١٩٥٩، كما شهدت الفترة نفسها انخفاضاً في نسبة تكرار الضباب الدخاني. وهناك مدن أخرى بدأت تشهد ارتفاعاً في عدد سكانها، هذه المدن مثل توسان أريزونا قد بدأت تشهد انخفاضاً في مدى الرؤية، أي ان تكرار فترات الضباب بدأت تشهد ارتفاعاً يتناسب مع ارتفاع عدد سكانها، ان ارتفاع عدد السكان في مدينة صحراوية مثل توسان يعني ازدياد عدد ذرات التراب في الهواء نتيجة الاستعمال البشري وكذلك نمو بعض الصناعات حول المدينة مما يؤدي الى ارتفاع نسبة التلوث في الهواء.

الرياح Wind

ان حركة الرياح في المدينة تختلف عن حركة الرياح في المناطق المجاورة لها من خلال اختلاف السرعة والتيارات الهوائية فوق المدينة، وسبب هذا الاختلاف هو أن أبنية المدينة العالية تكون عائقاً بوجه سرعة الرياح، أي ان هذه الأبنية تكون سطحاً خشناً يزيد من عامل الاحتكاك مع حركة الهواء مما يؤدي الى خفض سرعتها، وان التسخين في منطقة الجزيرة الحرارية يؤدي الى تسخين الهواء مما يدفع به للارتفاع على شكل تيارات هوائية هذا فضلاً عن ان عائق الأبنية مع التسخين يؤديان الى زيادة الاضطرابات الهوائية في جو المدينة، لكل ذلك فإن المدينة تتميز بانخفاض سرعة الرياح فيها عن المناطق المجاورة، وان فترات سكون

لا يتفق الباحثون حول توزيع الأمطار فوق المدينة، فهناك بحوث تبين ان هناك أجزاء من المدينة تسلم كميات اقل من الأمطار، بينما هناك أخرى وهي ليست مركز المدينة اعلى كميات من الأمطار فقد بينت عدد من الدراسات عن مدن مختلفة ان الأمطار الغزيرة تسقط على مجرى الرياح قريبا من مركز المدينة وليس فيه، كما تبين دراسات أخرى ان الأمطار تختلف بين أيام الأسبوع، ففي دراسة عن باريس تبين ان نسبة الأمطار الساقطة خلال أيام الأسبوع تزيد بنسبة ٣١% على الأمطار الساقطة في يومي السبت والأحد (أيام العطلة).

وفي محاولة لإعطاء أهمية لبعض العوامل التي تساعد على زيادة الأمطار فوق المدينة مقارنة بالمناطق المجاورة فقد ركز الباحثون على عاملين هما زيادة نويات التكاثف في هواء المدينة بسبب التلوث، وارتفاع الحرارة في وسط المدينة نتيجة الطاقة المضافة الى هواء المدينة من المعامل والسيارات وأجهزة التدفئة والتبريد، ولإثبات العامل الأول، فان عددا من الباحثين حاول معرفة عدد نويات التكاثف التي تؤدي الى زيادة الأمطار، ففي دراسة قام بها مي، وجد أن عدد النويات في الهواء يكون ٥٠ نوية في السنمتر المكعب الواحد لهواء فوق المحيطات قرب بورتوريكو، ازداد هذا العدد الى ٢٠٠٠ في سم^٣ وفي مناطق ليست ملوثة ولكنها فوق اليابس، ويتراوح العدد بين ١٠٠٠ الى ١٥٠٠ في سم^٣، في مدينة صناعية ويمتد هذا التأثير الى مسافة ١٦٠ كم عن المدينة وفي مجرى الهواء، ولكن التطور الحديث في نظرية الاستمطار بين ان المهم هو حجم هذه الذرات ونوعها وليس عددها وذلك لأن الغيوم الدافئة عندما تجد عددا كبيرا من النويات، فان هذه النويات سوف تتزاحم وتتنافس على جذب بخار الماء من هذه الغيوم مما يؤدي الى صغر حجم ذرة الماء المتكاثف مما يمنع تساقط الأمطار كما أنه في الغيوم الباردة لا تصلح كل ذرات التلوث كنويات وذلك لأن عملية التكاثف تشترط الأجسام الباردة اذ ان تفتتت الغيوم والضباب يعتمد على رش المنطقة بكمية كبيرة من نويات التكاثف لذلك فان البحوث يجب ان تتجه الى تحديد عدد النويات الصالحة لجذب الماء وحجمها اذ انه على الرغم من ارتفاع عدد نويات التكاثف في هواء المدن، فان كل البحوث تجمع على ان كمية الأمطار فوق المدينة يزداد عن كمية الأمطار الساقطة على الريف المجاور، كما ان عدد أيام التساقط للأمطار والبرد والعواصف الرعدية يزداد فوق المدينة مقارنة بالريف المجاور، وهناك استثناء واحد انفرد به لاندسبرج حيث ذكر أن عدد الأيام التي يتساقط فيها الثلج يكون فوق المدينة اقل من عدد الأيام المسجلة للريف المجاور وذلك لارتفاع درجة حرارة المدينة عن المناطق المجاورة.

من خلال الاستعراض السابق لعناصر المناخ في المدينة تبين ان هناك عناصر تعد إيجابية في مناخ المدينة، بينما عناصر أخرى أصبحت سلبية فارتفاع الحرارة في وسط المدينة يعد عنصرا إيجابيا لمدن العروض الوسطى والعليا حيث انه حسن كثيرا من جو الشتاء القارس وجعله اقل قساوة، بينما هذا العامل يعد سلبيا في مدن العروض المدارية وخاصة في فصل الصيف، ومن العناصر السلبية انخفاض مدى الرؤية وارتفاع نسبة التلوث في هواء المدن مما أثر كثيرا في الحركة وعلى صحة الإنسان في هذه المدن، واذا عدت كميات الأمطار عاملا إيجابيا لأول وهلة، فهو في الحقيقة سلبيا وذلك لأن الزيادة في سقوط الأمطار تتم فوق المدن التي لا تستفيد منها بشكل مباشر، وقد تكون حشرات الأمطار هي في غسل الهواء المشبع بالملوثات فوق المدن الصناعية. إن مناخ المدينة بمواصفاته التي تعرضنا إليها يعد عند عدد كبير من الباحثين أنموذجا للتغير المناخي ضمن الإقليم، ولتوضيح هذا التغير المناخي فلا بد من مقارنة مناخ المدينة بمناخ الريف المجاور من اجل الوصول الى تحديد النسب لزيادة أو نقصان العناصر المناخية لمناخ المدينة مقارنة بمناخ الريف المجاور.

إذا بتكون الجزيرة الحرارية ووضوحها، أي نسبة الاختلاف بين درجة حرارة وسط المدينة والمناطق المجاورة، فإذا كانت الجزيرة الحرارية ضعيفة، فلا يسجل دخول هواء من المناطق المجاورة الى وسط المدينة. وقد أثبتت عدد من البحوث وجود هذا الهواء عندما تكون الجزيرة الحرارية شديدة الوضوح وعندما تكون سرعة الرياح في الإقليم خفيفة أمام إذا ازدادت سرعة الرياح فإن هذه الدورة تنعدم ولا يمكن إثباتها، فمن جهة تختفي الجزيرة الحرارية عندما تشتد حركة الرياح، ومن جهة أخرى فإن سرعة الرياح العالية تخفي اثر حرمة النسيم، فقد وجد أن مدينة نيويورك يتصاعد منها تيار هوائي من جزيرة منهاتن (قلب المدينة) ليؤدي الى هبوط تيارات هوائية على اطراف المدينة، وأن هواء سطحياً باردا نسبياً ينساب من المناطق المجاورة الى قلب المدينة عندما تكون سرعة رياح الإقليم خفيفة، وحتى مع وضوح هذه الدورة، فإن داخل المدينة تبقى رياحها السطحية اخف من سرعة رياح المناطق المجاورة بسبب العوائق المرتفعة، ويستثنى من ذلك الشوارع التي تمتد باتجاه مواز لحركة الرياح، حيث تكون السرعة فيها اعلى من المناطق المجاورة وذلك لأن الأبنية على جانبي الشارع تحصر الهواء فتزيد من سرعته.

التساقط Precipitation

هناك جملة عوامل تساعد على زيادة الأمطار فوق المدينة، عن المناطق المجاورة، فهناك عدة مصادر تزيد من بخار الماء في الهواء، وهناك الحرارة المرتفعة التي تؤدي الى عدم استقرار في الهواء مما يساعد على التصاعد فضلاً عن أن أبنية المدينة تعمل عائقاً طبيعياً يساعد على تصاعد مستمر في الهواء وتكون الاضطرابات الهوائية، وهذه العوامل إذا أضيف إليها أيضاً هواء المدينة الذي يحتوي على كمية كبيرة من نوبات التكاثف بسبب ارتفاع نسبة التلوث في هواء المدينة، نكون قد وفرنا ٧٥% من الشروط اللازمة لسقوط الأمطار، ولكن يصعب تحديد تأثير هذه العوامل في إيجاد الفروق في كمية الأمطار الساقطة على المدينة عن الريف، وذلك للأسباب الآتية:

- ١- لا توجد مناطق قروية خاصة في المناطق التي أجريت عليها الدراسات خالية من النشاط الصناعي.
 - ٢- لا توجد تسجيلات دقيقة لتوزيع الأمطار داخل المدينة ولفترات طويلة.
 - ٣- يحتوي عدد كبير من المدن التي درست على مسطحات مائية أو مناطق مرتفعة والتي سيكون لها تأثير في زيادة كمية الأمطار.
 - ٤- إن التباين الطبيعي في كمية الأمطار ضمن منطقة صغيرة موجود، لذلك يصعب إرجاع أسباب التباين الى العوامل المؤثرة في المدينة أو عوامل أخرى.
- ومع كل هذه الصعوبات فإن جميع البحوث أجمعت على زيادة كمية الأمطار في المدينة ففي دراسة لجاكسون عن منطقة شيكاغو الصناعية، تبين ان كمية الأمطار وعدد العواصف الرعدية وعدد مرات تساقط البرد قد ازدادت في المدينة منذ عام ١٩٢٥، ففي الفترة بين ١٩٥١ و ١٩٦٥ ازدادت كمية الأمطار في مدينة لا بورت والتي على طريق هبوب الرياح من مدينة شيكاغو بثلاثين ميلاً، حوالي ٣١% وازدادت عدد أيام العواصف الرعدية حوالي ٣٨% وعدد أيام البرد ٢٤٦% وازدادت عدد الأيام التي أمطارها تزيد على ٦,٥ ملم بمقدار ٣٤% وقد ارجع الباحث أسباب هذه الزيادات الى ازدياد النشاط البشري في المدينة الذي أدى الى رفع نسبة التلوث في هواء المدينة، ان مدينة لا بورت تقع قرب بحيرة ميشيغان ويؤثر فيها نسيم البحيرة، لذلك لا يمكن اعتبار هذه المنطقة مثلاً حقيقياً لعدد كبير من المدن التي تفقر الى هذه الصفات، وفي دراسات مماثلة عن مناطق أخرى فقد وجد ان نسبة الزيادة في العناصر المذكورة سابقاً اقل بكثير مما وجد في مدينة لا بورت.

الهواء فوق المدن أكثر من هذه الفترات فوق الريف المجاور، ولا بد من الإشارة الى الصعوبات التي يجابهها الباحثون في مجال قياس الرياح، فليس هناك تسجيلات لسرعة الرياح في الشوارع ومناطق العمل في المدينة، بل ان كل تسجيلات السرعة في المدينة تأخذ أما من اسطح البنايات أو من مواقف السيارات الكبيرة، وهكذا فان اختلاف سرعة الرياح في المدينة تم مقارنتها عما يجاورها بقياسات لا تعبر بشكل دقيق عن طبيعة سرعة الرياح في المدينة.

إن القاعدة التي تبين أن سرعة هواء المدينة أقل من سرعة هواء المناطق المجاورة ليست عامة كما يبدو من نتائج البحوث، ففي دراسة لجاندلر عن سرعة الرياح في وسط مدينة لندن وسرعة الرياح في المطار المجاور، وجد ان سرعة الرياح تختلف بين الليل والنهار ففي النهار ، جدول ٤ ، يكون هواء المناطق المجاورة دائما اسرع من الهواء في المدينة، وفي الليل يحدث العكس ويحاول الباحث ان يعطي سببا لذلك فيذكر أنه في النهار يتغلب عنصر إعاقة الأبنية للرياح وبذلك تقل سرعة الهواء في المدينة عن سرعته في المناطق المجاورة، وتكون طبقة من الهواء المستقر، فان المدينة في هذه الحالة ما زالت ادفاً من المناطق المجاورة، لذلك يكون استقرار الهواء فيها أقل من المناطق المجاورة، مما يؤدي الى حركة رياح اسرع من المناطق المجاورة.

جدول (٤) الفرق بين سرعة الرياح بين وسط مدينة لندن ومطارها

الفترة	الواحدة ضاحا		الواحدة ظهرا	
	معدل السرعة م/ثا	فرق السرعة	معدل السرعة م/ثا	فرق السرعة
كانون الأول ونسبائ	٢,٥	٠,٤-	٣,١	٠,٤
المارس	٢,٥	٠,١-	٣,١	١,٢
حزيران	٢,٠	٠,٦-	٢,٧	٠,٧
أيلول-تشرين الأول	٢,١	٠,٢-	٢,٦	٠,٦
المعدل السنوي	٢,٢	٠,٣-	٢,٩	٠,٧

وبين جاندلر ان ليالي الصيف وأيام وليالي الشتاء تكون فيها الرياح اسرع في المدينة اذا كانت الرياح في سرعتها دون ٥,٥ متر/ ثا، ولا بد من القول أن الاختلاف في السرعة بين هواء المدينة والمناطق المجاورة يقل كلما زادت سرعة الهواء، إن مثال لندن قد لا ينطبق على مدن أخرى، فقد وجد عدد من الباحثين نتائج تختلف بهذا الصدد عن النتيجة التي توصل إليها جاندلر، لذلك يبدو أن لكل مدينة ظروفها والتي تؤثر في اختلاف سرعة الهواء فيها، وأن جميع البحوث التي تناولت اختلاف سرعة الرياح بين المدينة والريف المجاور لم تكن بنفس التفصيل الذي تم في لندن، كما أن اختلاف مواقع أجهزة التسجيل لسرعة الرياح قد يكون لها تأثير مباشر في نتائج الدراسات.

أما بالنسبة الى اتجاه الرياح وحركة التيارات الهوائية فوق المدينة، فان الافتراض هو لما كان الهواء في وسط المدينة (الجزيرة الحرارية) يسخن أكثر من الهواء المجاور، فانه سوف يكون تيارات هوائية صاعدة تؤدي الى انخفاض نسبي في الضغط يتطلب جلب هواء من المناطق المجاورة ليحل محل الهواء المتصاعد، وبذلك يتم جلب هواء بارد نسبياً من المناطق المجاورة للمدينة ويسمى بنسيم الريف، إن هذا الافتراض يرتبط