

Giải pháp vật lí cho bài toán nhiệt đô thị - Phần 2

Các bề mặt nguội

Việc tăng suất phản chiếu của các tòa nhà và đường xá để chúng phản xạ nhiều ánh sáng mặt trời hơn là một phương pháp đã được sử dụng trong hàng thế kỉ ở Địa Trung Hải – hãy nghĩ tới những ngôi nhà quét vôi trắng ở Hi Lạp, miền nam Italy và Tây Ban Nha. Tại phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Berkeley ở California, tính hiệu quả của phương pháp này đã được nghiên cứu bởi Nhóm Nghiên cứu Hòn đảo Nhiệt Đô thị, đứng đầu là nhà vật lí Hashem Akbari. Tác dụng làm nguội của các mái nhà tùy thuộc và các tính chất phản chiếu và phát xạ của nó – khả năng của nó phản xạ các bước sóng ngắn như ánh sáng khả kiến và bức xạ hồng ngoại gần, và phát ra bức xạ nhiệt trong vùng hồng ngoại xa. Trong khi những bề mặt sơn màu trắng bình thường giữ nguội tốt, thì người ta còn có thể chế tạo các bề mặt nguội sơn màu trung-bình-tối, loại dễ bắt gặp hơn trên các mái nhà hiện nay. Các bề mặt này được tạo ra bằng cách kết hợp một lớp sơn nền phản xạ, thí dụ như titanium dioxide trắng, với một sắc tố tối hơn có hệ số phản xạ khả kiến vừa phải, thí dụ như oxide sắt đỏ hoặc perylene đen. Từ hồi năm 1999, nhóm của Akbari đã chứng tỏ được rằng “những bề mặt nguội” này có thể làm giảm nhiệt độ cực đại của các mái nhà và vỉa hè ở California từ 50°C xuống còn khoảng 30°C .

Cũng nhóm trên đã nghiên cứu các ứng dụng của sự làm nguội này cho các tòa nhà tư nhân. Trước tiên, các nhà nghiên cứu so sánh hiệu suất nhiệt của các tòa nhà thông thường với các tòa nhà giống hệt có mái nhà phủ các bề mặt nguội.

Những thí nghiệm kiểm tra này cho thấy vào mùa hè, các bề mặt nguội thường làm giảm chi phí điều hòa không khí đi 20-30%. Tuy nhiên, những thí nghiệm này đã bỏ qua tác dụng làm nguội lũy tích có thể thu được từ việc sử dụng quy mô lớn các chất liệu nguội trong toàn thành phố.

Để nghiên cứu tác dụng của các chất liệu nguội trên hòn đảo nhiệt đô thị, nhóm của Akbari phải sử dụng các phương pháp gián tiếp hơn, vì rõ ràng việc tiến hành một nghiên cứu thực nghiệm có điều khiển so sánh hai thành phố giống hệt nhau về mọi phương diện, ngoại trừ sự che phủ bề mặt của chúng, là hoàn toàn không khả thi. Cái các nhà nghiên cứu đã làm là mô phỏng nhiệt độ không khí ở khu vực Los Angeles, sử dụng các mô hình khí hậu chạy trên máy tính cực mạnh và phức tạp. Các phép tính cho thấy hòn đảo nhiệt đô thị có thể giảm đi 2°C nếu toàn bộ các tòa nhà và đường xá được phủ những bề mặt có suất phản xạ cao hơn hiện nay 30%. Sự giảm nhiệt độ này làm giảm chi phí điều hòa không khí vào mùa hè đi thêm 2-3% nữa.

Phủ xanh các tòa nhà

Một phương pháp kiểm soát hòn đảo nhiệt đô thị có khả năng còn hiệu quả hơn so với sử dụng các bề mặt nguội là gia tăng suất phản xạ lẫn sự nguội đi do bay hơi của các thành phố thông qua cây cối và nước. Lại một lần nữa, phương pháp này đã được sử dụng phổ biến từ lâu ở các thành phố thuộc Địa Trung Hải, nơi có những quảng trường mát mẻ và những con đường lớn phủ đầy bóng cây và được làm mát bằng những vòi phun nước.

Các nhà nghiên cứu ở Mỹ, thí dụ như nhóm của Akbari và Cục Lâm nghiệp thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA) do David Nowak lãnh đạo, chủ yếu tập trung vào khảo sát xem bóng cây có thể làm chi phí điều hòa không khí của các tòa nhà như thế nào. Các thí nghiệm và mô phỏng máy tính chứng tỏ rằng một số cây xanh lớn được trồng có chiến lược ở phía nam và phía tây của các tòa nhà có thể cắt giảm chi phí này đi khoảng 30%. Tuy nhiên, tác dụng làm nguội của cây xanh hiện có ở thành phố mà họ nghiên cứu – Chicago – chỉ vào khoảng 4-5% do độ che phủ

hạn chế của thành phố này, đặc biệt là ở những khu vực xây dựng cao tầng tập trung.

Trong khi đó, các nhà nghiên cứu ở Đức và Canada tập trung vào các tác dụng của một phương pháp khác: đưa cây cối lên trên nóc của các tòa nhà để tạo ra những “mái nhà xanh”. Các nghiên cứu do Brad Bass và nhóm của ông ở Trung tâm Môi trường tại trường Đại học Toronto thực hiện hồi năm 2008 cho thấy bằng cách sử dụng các mái nhà xanh, chi phí điều hòa không khí có thể giảm đi tới 70% ở những căn nhà một tầng do cây cối làm nguội mái nhà qua sự thoát hơi nước và do đất trồng tách li các phòng ốc bên dưới khỏi dòng nhiệt. Tuy nhiên, những chi phí tiết kiệm này tương ứng giảm đi khoảng 30% và 20% đối với các tòa nhà hai và ba tầng.

Phủ xanh đường phố

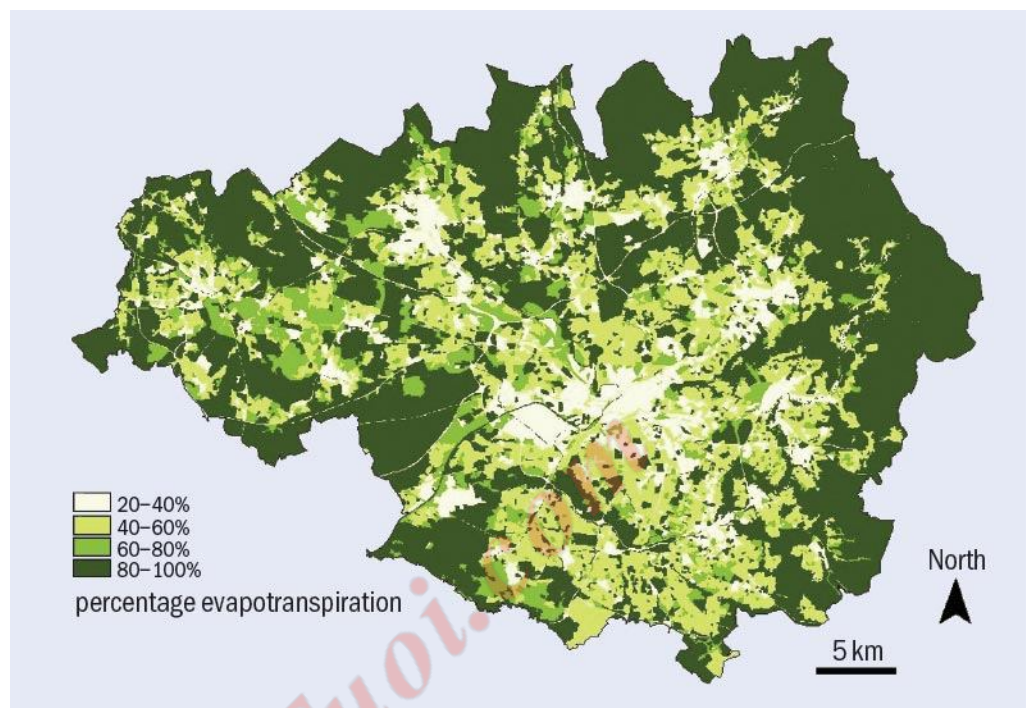
Việc xác định xem cây cối có hiệu quả như thế nào đối với sự nguội đi của một thành phố tỏ ra khó hơn nhiều, do tính phức tạp của nó; cây cối làm tăng suất phản xạ lẫn sự nguội đi do bốc hơi, và có rất nhiều tầng lá cây, đó là cái khó thể hiện trong các mô hình khí hậu vùng. Một nỗ lực như vậy đã được thực hiện bởi Limor Shashua-Bar và Milo Hoffman thuộc Viện Công nghệ Technion Israel, họ nhận thấy rằng các đường phố phủ nhiều cây xanh ở Tel Aviv có thể có nhiệt độ không khí nguội hơn môi trường xung quanh đến 4°C. Tuy nhiên, các nhà nghiên cứu phải biểu diễn tác dụng của cây xanh không phải bằng một mô hình chi tiết mà đơn giản là bởi sự giảm đi bức xạ tới khoảng 40%. Trước khi chúng ta có thể lập mô phỏng chính xác các tác dụng của cây xanh lên hòn đảo nhiệt đô thị, rõ ràng chúng ta cần phải biết nhiều thứ hơn.

Một phương pháp xác định cái gì đang xảy ra, thực hiện bởi một nhóm ở trường Đại học Basel, Thụy Sĩ, đứng đầu là nhà thực vật học Sebastian Leuzinger và nhà khí tượng học Roland Vogt, là sử dụng một camera nhiệt phân giải cao gắn trên trực thăng. Các nhà nghiên cứu đã đo nhiệt độ bề mặt của các bộ phận thuộc Basel vào một ngày mùa hè nắng nóng khi nhiệt độ không khí là 25°C. Họ nhận thấy đường phố đạt tới nhiệt độ 37°C và các mái nhà là 45°C, trong khi nhiệt độ cây

cối trung bình chỉ là 25°C và các vật có nước là 18°C . Những con số này có khả năng cho vào một mô hình khí hậu vùng để mang lại một gợi ý của các tác dụng của cây xanh lên nhiệt độ không khí. Tuy nhiên, kết quả này đã bỏ qua độ cao của tán cây; nhưng tầng lá thấp hơn, bị những tầng lá trên che phủ, sẽ nguội hơn những tầng lá bên trên. Vì thế, cây xanh sẽ mang lại sự làm nguội nhiều hơn cái được tiên đoán từ các phép đo camera nhiệt.

Để giải quyết vấn đề này, nhóm của tôi tại trường Đại học Manchester, bao gồm các nhà vật lí, nhà sinh học và nhà lập kế hoạch, đã sử dụng một mô hình cân bằng năng lượng đơn giản để tính ra nhiệt độ bề mặt của cây cối, các tòa nhà và đường phố tiêu biểu (hình 1). Vốn được phát triển ban đầu bởi Chih Pin Tso, khi đó làm việc tại trường Đại học Malaya, Kuala Lumpur, vào thập niên 1990, mô hình trên đề xuất rằng cây xanh có tác dụng hiệu quả hơn so với các phép đo nhiệt của Basel đề xuất. Vào những ngày nắng nóng, nhiệt độ cực đại theo dự đoán của vùng rừng nguội hơn $18\text{-}25^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ của các tòa nhà và đường phố.

Nhóm của chúng tôi đã sử dụng khu vực Greater Manchester làm một trường hợp nghiên cứu, vùng này bao gồm toàn bộ thành phố Manchester và các đô thị vệ tinh của nó. Trước tiên, chúng tôi phân loại kiểu cây xanh của khu vực bằng ảnh chụp từ trên máy bay (hình 2) và nhận thấy rằng, thật bất ngờ đối với một khu vực xây dựng công nghiệp, 59% vùng Greater Manchester được bao phủ bởi cây xanh thoát hơi nước. Tất nhiên, độ bao phủ cây xanh, và do đó nhiệt độ bề mặt mà mô hình tiên đoán, không đồng đều trong toàn khu vực. Các khu vực đông đúc như trung tâm thành phố có độ che phủ cây xanh chưa tới 30% và nóng hơn các không gian xanh tới 13°C . Chúng tôi còn thao tác với không gian xanh trong mô hình để tiến hành các "thí nghiệm" thông thường không thể thực hiện được. Chẳng hạn, chúng tôi đã chứng minh được rằng việc bổ sung thêm 10% độ che phủ cây xanh cho các trung tâm thành phố sẽ làm giảm nhiệt độ bề mặt cực đại đi khoảng 4°C . Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu của chúng tôi thật sự cần phải đưa vào một mô hình khí hậu vùng để có thể tính ra nhiệt độ không khí.



Hình 2. Sự phân bố không đồng đều của các bề mặt thoát hơi nước xung quanh vùng Greater Manchester ở Anh.

Một cái nữa các nhà khoa học cần phải khám phá ra là cây xanh và thảm có tác dụng làm nguội tốt như thế nào so với các đối tượng khác. Cách tốt nhất thực hiện điều này là khảo sát sự cân bằng năng lượng của các bề mặt một cách trực tiếp hơn. Vì cây xanh tự nguội đi bởi sự thoát hơi nước, và nhiệt hóa hơi của nước là không đổi ở mức 2,43 kJ/gram, nên sự làm nguội do một cây xanh mang lại tỉ lệ với tốc độ mất nước của nó. Người ta có thể trông đợi cây cối mang lại sự làm nguội nhiều hơn cỏ, vì lá của chúng được giữ cao hơn phía trên mặt đất và vì thế sẽ mất nước nhanh hơn, giống như việc phơi quần áo trên sào; mặt khác, cây xanh dẫn nước lên lá của chúng phải kháng lại trọng lực. Các nhà vật lí môi trường và các nhà thực vật học đã phát triển các kĩ thuật đo sự mất nước, chúng sẽ cho phép chúng ta kiểm tra những ý tưởng này.

Sự mất nước ở cỏ được đo tốt hơn bằng cách gắn lớp cỏ lên trên một cái cân nhạy và theo dõi sự mất trọng lượng trong ngày. Sự mất nước ở cây cối được đo bằng thước đo dòng nhựa: một vòng đệm làm nóng bằng điện áp các xung nhiệt vào thân cây để làm nóng nhựa cây bên trong. Dụng cụ gắn cao trên thân cây theo dõi nhiệt độ ở đó, cho phép tính ra vận tốc và, do đó, thể tích dòng nước dâng lên thân cây. Sử dụng những kĩ thuật này, nhiều nghiên cứu do các nhà lâm học và

nông học thực hiện nhận thấy các rừng cây và thảm cỏ có sự nguội đi do bay hơi là $100\text{--}200\text{ W m}^{-2}$. Nhưng ít có thông tin nào như thế này đối với thảm cỏ và cây cối ở đô thị - cho nên việc nghiên cứu thực nghiệm là hết sức cần thiết.

Bức xạ từ Mặt trời

Một lợi ích khí hậu tối hậu của cây xanh là mang lại những ốc đảo mát mẻ để nghỉ dưỡng. Nhiều nghiên cứu, do đó, đã so sánh nhiệt độ không khí trong các công viên với nhiệt độ không khí trên đường phố xung quanh, chỉ để nhận ra rằng, ngoại trừ vào những ngày thật sự lặng gió, sự chênh lệch nhiệt độ là khá nhỏ - thường chưa tới 1°C , vì không khí ấm từ môi trường xung quanh cứ thổi vào công viên. Vậy thì tại sao khi ở trong công viên chúng ta cảm thấy mát mẻ hơn, và bóng cây thật sự có tác dụng gì?

Để trả lời những câu hỏi này, chúng ta phải xét sự cân bằng nhiệt của một người. Ở trạng thái nghỉ, cơ thể một người sản sinh ra nhiệt ở tốc độ không 60 W m^{-2} bề mặt cơ thể của chúng ta. Chúng ta cảm thấy nóng như thế nào là tùy thuộc vào chỗ chúng ta có thể mất nhiệt làm nóng môi trường xung quanh chúng ta đều đặn như thế nào. Thật bất ngờ, ngoại trừ trong những cơn gió rất cao, chúng ta mất rất ít nhiệt bởi sự đối lưu - chỉ khoảng 9 W m^{-2} - và khoảng 15 W m^{-2} bởi sự bay hơi từ hơi thở của chúng ta. Tuy nhiên, mọi cá thể đều phát ra bức xạ hồng ngoại xa ở tốc độ tỉ lệ với lũy thừa bốn của nhiệt độ của chúng, nhưng chúng cũng hấp thụ bức xạ ấy từ môi trường xung quanh của chúng. Do đó, nếu môi trường xung quanh chúng ta lạnh hơn 37°C , thì rõ ràng chúng ta có sự mất nhiệt do bức xạ.

Ở ngoài một công viên đầy bóng râm, chúng ta cảm thấy dễ chịu vì chúng ta bị vây quanh bởi những tán lá mát lạnh. Ở trên một đường phố rộng thênh thang, trái lại, chúng ta cảm thấy nóng hơn vì hai nguyên do: thứ nhất, chúng ta nhận thêm tới 120 W m^{-2} bức xạ sóng ngắn từ Mặt trời đến; thứ hai, nhựa đường xung quanh cũng nóng hơn, làm giảm sự mất nhiệt do bức xạ khoảng 6 W m^{-2} đối với mỗi sự tăng nhiệt độ 1°C . Trong những điều kiện như vậy, chúng ta phải toát mồ hôi để giải thoát cho gánh nặng nhiệt bổ sung.

Để nghiên cứu tầm quan trọng tương đối của Mặt trời theo bóng râm trên nhiệt độ của môi trường xung quanh, chúng tôi đã thực hiện một thí nghiệm đơn giản vào mùa hè năm 2009. Thí nghiệm theo dõi nhiệt độ bức xạ trên cỏ và các thảm bê tông, chúng hoặc nằm trong bóng nắng vĩnh viễn hoặc nằm trong bóng cây vĩnh viễn. Chúng tôi thực hiện thí nghiệm với một nhiệt độ cầu, về cơ bản là một nhiệt kế gắn bên trong một quả cầu plastic màu xám. Giữ ở độ cao 1,1 mét, thí nghiệm này nhại lại các tính chất nhiệt của một người trưởng thành mặc y phục. Chúng tôi nhận thấy việc ở trên cỏ hoặc bê tông có ít ảnh hưởng lên nhiệt độ bức xạ; những điều kiện này bị ảnh hưởng nhiều hơn bởi bóng râm, chúng làm giảm nhiệt độ bức xạ cực đại lên tới 9°C, từ 35°C xuống 26°C. Vì người ta có xu hướng cảm thấy không thoải mái ở những nhiệt độ bức xạ trên 24°C, cho nên rõ ràng là bóng râm có tác dụng lớn lên cảm giác dễ chịu của mọi người, do đó xác nhận tầm quan trọng của cây xanh ở khu vực đô thị.

Tác động lên chính sách đô thị

Toàn bộ nghiên cứu này là dựng nên một bức tranh mô tả xem chúng ta có thể cải tạo các đô thị như thế nào: cây cối có tiềm năng lớn nhất cải tiến các môi trường đô thị, còn những bề mặt nguội, các mái nhà xanh và thậm chí “những bức tường sống” có thể cải thiện hiệu suất môi trường của từng tòa nhà một. Ngoài ra, hạ tầng kiến trúc xanh còn có những lợi ích khác thí dụ như làm giảm sự ngập tràn ánh nắng chói chang và sự ô nhiễm hạt không khí. Tuy vậy, rõ ràng vẫn có rất nhiều việc phải làm nữa. Chúng ta không biết những loài cây nào có thể làm mát đô thị và bắt giữ các hạt ô nhiễm tốt nhất, không biết một cây to thì có tốt hơn nhiều cây nhỏ hay không, hay cây rụng lá có tốt hơn cây thường xanh hay không. Chúng ta cũng chẳng biết hiệu quả của những loại thực vật khác nhau sẽ thay đổi như thế nào theo sự biến đổi khí hậu.

Tuy nhiên, chúng ta thật sự biết đủ để tác động đến các nhà hoạch định chính sách. Các nhà khoa học thuộc Cục Lâm nghiệp Mỹ, chẳng hạn, đã hợp tác với các nhà kinh tế học để ước tính những lợi ích kinh tế của việc trồng cây xanh đường phố, từ việc làm giảm chi phí năng lượng cho đến việc giảm chi phí chăm sóc sức khỏe do sự ô nhiễm không khí. Mô hình kinh tế mà họ sáng tạo ra – mô

hình iTree – cho thấy với mỗi đô la đầu tư vào trồng và bảo dưỡng cây xanh đường phố thì người ta tiết kiệm được năm đô la. Ở New York, kiến thức này, cùng với sự hậu thuẫn của thị trưởng Michael Bloomberg, đã đưa đến việc trồng mới 20.000 cây xanh đường phố mỗi năm, còn thị trưởng London, Boris Johnson, cũng đã cam kết trồng mới thêm 10.000 cây xanh đường phố trong nhiệm kì chính trị của ông. Cùng với cây xanh, người ta còn triển khai giải pháp mái nhà xanh cho những tòa nhà mới mọc ở các thành phố lớn. Thật vui khi chúng ta có thể nói rằng chính các nhà vật lí đang góp phần làm cho các thành phố của chúng ta ngày một xanh hơn, dễ chịu hơn để sống.

Tác giả Roland Ennos là một nhà nghiên cứu sinh thái học tại Khoa Các khoa học Sự sống tại trường Đại học Manchester, Anh quốc.