

ĐÀ NẴNG, VIỆT NAM: TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐỐI VỚI GÁNH NẶNG NHIỆT ĐẾN NĂM 2050

Sarah Opitz-Stapleton
Tháng 9 năm 2014



Kết quả chính

Ngày và đêm với nhiệt độ và độ ẩm cao góp phần gây gánh nặng nhiệt và dẫn đến tử vong liên quan đến nắng nóng, làm giảm năng suất lao động và có thể làm trầm trọng thêm tình trạng đói nghèo. Tuy ảnh hưởng tiêu cực của nhiệt độ cực đoan tác động lên tất cả người dân, một số đối tượng như công nhân, đặc biệt là những người làm việc dưới trời nắng hoặc lao động chân tay, người già và người bị bệnh mãn tính, trẻ em và phụ nữ mang thai có nguy cơ bị ảnh hưởng nghiêm trọng trong những đợt nắng nóng. Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang làm tăng nhiệt độ toàn cầu, dẫn đến sự gia tăng về số ngày nóng nực.

Đà Nẵng là một thành phố nhiệt đới có độ ẩm luôn ở mức cao, hiếm khi giảm xuống dưới 60%. Độ ẩm và thiếu gió có thể làm cho mọi người cảm thấy nóng hơn so với nhiệt độ thực đo cả ban ngày và ban đêm, làm cơ thể khó tự làm mát hơn qua việc đổ mồ hôi. Chỉ số gánh nặng nhiệt đã được xây dựng để biểu hiện cảm giác thực của con người về độ nóng, dựa vào độ ẩm, nhiệt độ và hoạt động thể chất, và một số yếu tố khác. Chúng tôi đã xây dựng chỉ số gánh nặng nhiệt cho Đà Nẵng để tính toán sự thay đổi về số ngày (đêm) nóng trong thời gian qua (1970–2011) và trong thời gian tới (2020–2049) dưới tác động của BĐKH.

Theo quy định của Bộ Y tế Việt Nam, nhiệt độ trong môi trường làm việc không được vượt quá 34°C đối với lao động nhẹ (công việc văn phòng) hoặc 30°C đối với lao động nặng nhọc (xây dựng, lao động ngoài trời, v.v.) khi độ ẩm từ 80% trở xuống. Ở độ ẩm trên 80%, các ngưỡng nhiệt độ thậm chí còn thấp hơn bởi vì điều kiện gánh nặng nhiệt nguy hiểm có thể nhanh chóng tiến triển và gây nguy hiểm cho sức khỏe của người lao động. Trong giai đoạn 1970–2011, trung bình mỗi năm có 186 ngày có chỉ số nhiệt bằng hoặc cao hơn mức khuyến cáo 34°C của Bộ y tế đối với công việc nhẹ, và 274 ngày có chỉ số bằng hoặc cao hơn mức khuyến cáo 30°C đối với công việc nặng. Trung bình, số ngày trong năm có nhiệt độ trên 34°C đã tăng khoảng năm ngày trong mỗi thập kỷ.

Các dự đoán đa mô hình về nhiệt độ môi trường ban ngày và ban đêm và các giá trị chỉ số nhiệt trong tương lai dưới hầu như tất cả các kịch bản BĐKH cho thấy xu hướng tăng của nhiệt độ từ nay đến năm 2050. Nhiệt độ tăng rõ rệt nhất trong các tháng trước mùa nóng (tháng 4–5) và sau mùa nóng (tháng 9–11) và mùa nóng cũng sẽ nóng hơn. Do nhiệt độ môi trường tăng, chỉ số nhiệt trong ngày liên tục đạt trung bình trên 40°C trong tháng 5 đến hết tháng 9, gây nguy hiểm cho điều kiện làm việc ở ngoài trời lẫn trong nhà của người lao động. Đến năm 2050, trung vị của chỉ số nhiệt trong ngày khó có khả năng đạt dưới 35,1°C trong bất cứ mùa nào, khiến người lao động làm việc ở ngoài trời lẫn trong nhà có nguy cơ chịu gánh nặng nhiệt nếu không áp dụng các biện pháp ứng phó. Nhiệt độ ban đêm và các chỉ số nhiệt cũng có khả năng tăng lên, gây giảm khả năng phục hồi sức khỏe trong khi ngủ. Khi tính đến hiệu ứng đảo nhiệt đô thị, gánh nặng nhiệt ở Đà Nẵng có thể sẽ rất nghiêm trọng trong tương lai.

Sự gia tăng các công trình cao tầng và đường giao thông, số lượng xe hơi và máy điều hòa nhiệt độ Đà Nẵng đang giữ nhiệt trong thành phố—đây được gọi là hiệu ứng đảo nhiệt đô thị và có thể làm nhiệt độ trong nội đô tăng đến 10°C so với các khu vực nông thôn xung quanh. Tác động tiềm ẩn của đảo nhiệt đô thị đối với các chỉ số nhiệt trong tương lai là rất lớn. Người lao động làm việc ngoài trời tại các khu vực đô thị sẽ có nguy cơ cao về đột quỵ và thậm chí tử vong trong mùa nóng nếu chỉ số nhiệt cục bộ lên tới 45–55°C và nếu họ không được phép nghỉ ngơi và áp dụng các biện pháp bảo vệ.



Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi chuyên gia của Viện chuyển đổi môi trường và xã hội-Quốc tế, một tổ chức phi chính phủ quốc tế tại Hoa Kỳ, Việt Nam và Thái Lan, gồm TS. Sarah Opitz-Stapleton, bà Lea Sabbag, TS. Trần Văn Giải Phóng và bà Kate Hawley. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của bà Ngô Thị Lệ Mai, sự hướng dẫn của TS. Stephen Tyler, và cảm ơn bà Nguyễn Thị Minh Hải đã giúp dịch báo cáo này sang tiếng Việt.

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn đặc biệt đến Trung tâm Nghiên cứu Sức khỏe Cộng đồng và Phát (COHED), một tổ chức phi chính phủ của Việt Nam hoạt động trong lĩnh vực nâng cao sức khỏe và đời sống của các cộng đồng dân cư dễ bị tổn thương ở Việt Nam. Bà Nguyễn Hoàng Phương, bà Lan Hoàng và ông Alexander Lewis đã hướng dẫn nghiên cứu này dựa trên những yêu cầu cụ thể của các nhà hoạch định chính sách y tế cộng đồng tại Đà Nẵng và đang kết hợp nghiên cứu với những nỗ lực rộng hơn nhằm tác động đến chính sách và xây dựng khả năng đối phó với gánh nặng nhiệt cho người lao động có thu nhập thấp.

ISET xin gửi lời cảm ơn tới COHED và cơ quan tài trợ, Quỹ Rockefeller. Dự án này nằm trong khuôn khổ Chương trình Mạng lưới các thành phố châu Á có Khả năng Chống chịu với BĐKH (ACCCRN), số tài trợ 2013 CAC 311.

Các quan điểm được thể hiện trong báo cáo này chỉ thuộc về tác giả và không nhất thiết đại diện cho quan điểm của ISET, COHED hoặc Quỹ Rockefeller.



Mục lục

Kết quả chính	i
Lời cảm ơn	ii
Mục lục	ii
Danh mục hình.....	iv
Các từ viết tắt	v
Giới thiệu	1
Bối cảnh	2
Chỉ số nhiệt	3
Nhiệt độ biểu kiến	5
Nhiệt độ cầu ướt.....	5
Phương pháp luận	6
Bước 1: Thu thập và sắp xếp dữ liệu khí tượng lịch sử và dự đoán	6
Bước 2: Kiểm tra khả năng dự đoán và sai số hệ thống của mô hình.....	8
Bước 3: Chi tiết hóa	12
Số ngày nóng.....	14
Số đêm nóng	15
Tóm tắt	20



Danh mục hình

Hình 1: Vị trí của Đà Nẵng ở bờ biển miền trung Việt Nam (hình trái) và bản đồ đơn giản về sử dụng đất cho thấy sự chia cắt địa hình rất mạnh (từ bờ biển đến vùng núi) trong một khoảng cách ngắn	1
Hình 2: Bảng chỉ số nhiệt đơn giản của Cơ quan Khí quyển và Đại dương Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA) mô tả mối quan hệ tương đối giữa nhiệt độ không khí và độ ẩm với cảm giác nóng	4
Hình 3: GCM mô phỏng nhiệt độ ngày cao nhất so sánh với số liệu quan trắc thực tế trong giai đoạn 1970–1999	9
Hình 4: Khả năng của mô hình trong việc mô phỏng bốn biến số khí hậu ngày cần dùng để tính toán chỉ số nhiệt gồm nhiệt độ thấp nhất và cao nhất, độ ẩm tương đối và gió bề mặt	16
Hình 5: Biểu đồ phân vị cho thấy mô hình có sai số (màu đỏ) và mô hình chi tiết hóa (đường chấm) so sánh với số liệu thực tế (đường liền màu đen)	17
Hình 6: Xu hướng chỉ số nhiệt lịch sử vượt ngưỡng quy định của Bộ Y tế	14
Hình 7: Xu hướng nhiệt độ trung bình ban đêm và các giá trị nhiệt trung bình trong giai đoạn 1970–2011 (hình trái) và xu hướng thay đổi về số đêm rất nóng với chỉ số nhiệt trên 28°C trogn thời kỳ này (hình phải).	16
Hình 8: BĐKH có nhiều khả năng làm gia tăng nhiệt độ môi trường ban ngày và ban đêm (a và b) trong tất cả các tháng, ngoại trừ đầu mùa xuân, từ nay đến năm 2050 so với trước đây. Chỉ số nhiệt cũng sẽ gia tăng	22
Hình 9: Những thay đổi về số đêm (hình trái) và số ngày (hình phải) trong năm có chỉ số nhiệt vượt quá ngưỡng nguy hiểm 28°C (đêm) và 34°C (ngày)	19



Các từ viết tắt

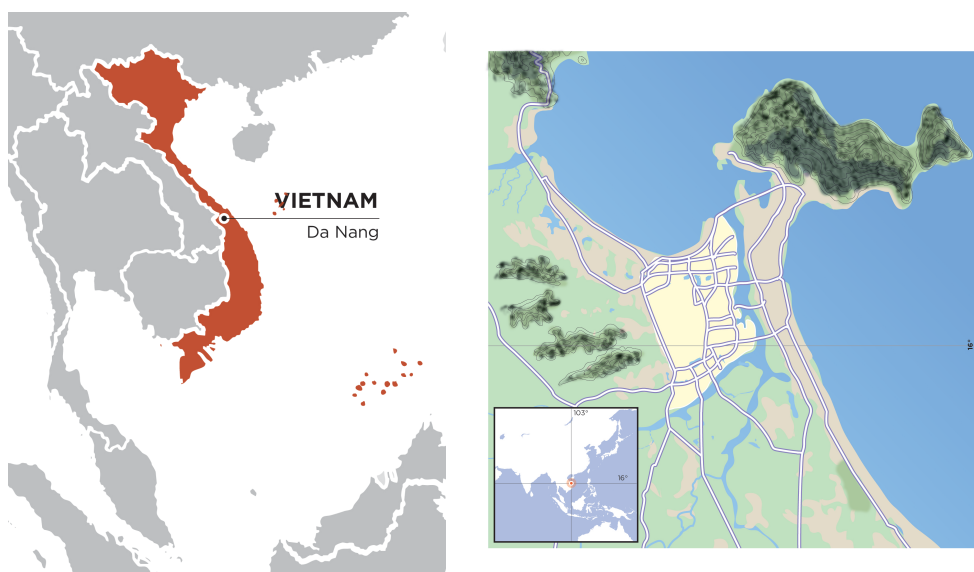
ACCCRN	Mạng lưới các thành phố châu Á có Khả năng chống chịu với Biến đổi Khí hậu
CMIP5	Dự án đối chứng các mô hình khí hậu lần thứ 5
AT	Nhiệt độ biểu kiến
COHED	Trung tâm Nghiên cứu Sức khỏe Cộng đồng và Phát triển
CSIRO	Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp thuộc Khối Thịnh vượng chung
GCM	Mô hình hoàn lưu chung
IMHEN	Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường
IPCC	Ủy ban Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu
ISCT	Viện Chuyển đổi Môi trường và Xã hội-Quốc tế
ILSSA	Viện Khoa học Lao động và Xã hội (Bộ Lao động, Thương binh và Xã hội)
MOH	Bộ Y tế
MOLISA	Bộ Lao động, Thương binh và Xã hội
MONRE	Bộ Tài nguyên và Môi trường
RCM	Mô hình hoàn lưu khu vực
RCP	Hướng tích tụ nồng độ khí nhà kính đại diện
WBGU	Nhiệt độ cầu ướt



Giới thiệu

Thời tiết nắng nóng từ lâu đã được công nhận trong cộng đồng nghiên cứu khoa học, y tế và lao động là có hại cho sức khỏe và năng suất lao động. Mặc dù vậy, việc thực hiện và cập nhật các cơ chế chính sách y tế hiện hành và nhận thức của cộng đồng và khối doanh nghiệp về những rủi ro cho sức khỏe và lao động liên quan đến nhiệt độ cực đoan vẫn ở mức thấp (Nguyễn, 2013; Zeng et al., 2012; Huang et al., 2011). Khả năng tiếp cận, nhận thức và hiểu biết về rủi ro của nhiệt độ cao, và khả năng ứng phó của các đối tượng khác nhau liên quan chặt chẽ đến tình trạng kinh tế xã hội, văn hóa và khả năng tham gia tác động đến chính sách. Điều này cũng tương tự như khả năng đối phó với các thảm họa thiên nhiên khác và khả năng thích ứng với BĐKH (IPCC 2012).

Do thực tế và tầm quan trọng của BĐKH đã bắt đầu đi vào các thảo luận trong quá trình lập chính sách và ra quyết định ở nhiều tầng bậc khác nhau—from các đàm phán ở cấp cộng đồng đến phạm vi quốc tế—nên nhiều người đang nhận ra tầm quan trọng của gánh nặng nhiệt, nhiệt độ cực đoan và tác động của nó đến năng suất lao động. Gánh nặng nhiệt không phải là nguy cơ về sức khỏe duy nhất đang chịu tác động bởi BĐKH; cần có cả các dự đoán về sự thay đổi của quá trình lây truyền và các loại bệnh lây từ động vật sang người hoặc do loài trung gian truyền, các mối đe dọa trực tiếp gây tử vong và bệnh tật liên quan đến những hiểm họa như bão, lũ, suy dinh dưỡng do mất an ninh lương thực cũng như các tác động khác về sức khỏe (Smith et al. 2014; Moore et al. 2012; McMichael et al. 2006). So với gánh nặng nhiệt, hiện đã có tương đối nhiều nghiên cứu và chính sách về một số nguy cơ sức khỏe khác, như vấn đề mất an ninh lương thực hoặc bệnh sốt rét. Những nỗ lực gần đây hướng sự chú ý nhiều hơn đến tầm quan trọng của gánh nặng nhiệt, nhưng vẫn còn nhiều việc cần phải làm ở nhiều địa phương nơi mà việc giám sát và thông tin về điều kiện thời tiết (cảnh báo sớm) cũng như nhận thức chung về tác động của thời tiết đối với sức khỏe và biện pháp phòng ngừa vẫn ở mức thấp. Cần tiếp nối các nỗ lực này nhằm tìm ra câu trả lời phù hợp với bối cảnh để đối phó với thời tiết nóng và tìm hiểu mối liên quan giữa các ảnh hưởng về sức khỏe cùng những hệ lụy của nó, như việc giảm đáng kể năng suất lao động, dẫn tới giảm năng suất cây trồng giảm (gây mất an ninh lương thực) do nông dân không đủ sức khỏe để chăm sóc cây trồng hoặc gia đình mất thu nhập và không có điều kiện được chăm sóc y tế.



Hình 1: Vị trí của Đà Nẵng ở bờ biển miền trung Việt Nam (hình trái) và bản đồ đơn giản về sử dụng đất cho thấy sự chia cắt địa hình rất mạnh (từ bờ biển đến vùng núi) trong một khoảng cách ngắn. Địa hình có những ảnh hưởng đến khí hậu cục bộ của Đà Nẵng mà các mô hình khí hậu không phản ánh được, đòi hỏi phải chi tiết hóa các nghiên cứu đánh giá về BĐKH.

Báo cáo này tập trung vào ba hoạt động nghiên cứu chính liên quan đến vấn đề gánh nặng nhiệt ở thành phố Đà Nẵng: 1) nâng cao nhận thức của doanh nghiệp và dân cư trong thành phố về gánh nặng nhiệt và xây dựng khả năng giảm thiểu tác động của thời tiết nóng, đặc biệt là tại nơi làm việc; 2) phối hợp với ngành y tế cộng đồng và các doanh nghiệp địa phương tăng cường giám sát các điều kiện nhiệt độ không có lợi cho sức khỏe và đề ra các ứng phó phù hợp; và 3) đánh giá xu hướng của gánh nặng nhiệt và dự đoán tác động của BĐKH đối với gánh nặng nhiệt cho tới năm 2050 bằng cách thiết lập một chỉ số nhiệt đơn giản mà Sở y tế có thể tính toán để cảnh báo cho người dân về nguy cơ thời tiết nóng. Dự án này nằm trong khuôn khổ chương trình Mạng lưới các thành phố châu Á có khả năng ứng phó với BĐKH (ACCCRN).

Dự án do Trung tâm nghiên cứu y tế cộng đồng và phát triển (COHED) chủ trì, phối hợp với nhiều tổ chức công về y tế và lao động, với sự hỗ trợ của Viện chuyển đổi môi trường và xã hội-Quốc tế (ISET) trong hoạt động thứ ba. Báo cáo này tóm tắt việc xây dựng chỉ số nhiệt và dự đoán tác động của BĐKH làm thay đổi số ngày và đêm nóng ở Đà Nẵng, kéo dài mùa nóng và làm tăng nhiệt độ tổng thể. Trong phần kết luận, báo cáo sẽ bàn về một số tác động liên quan đến gánh nặng nhiệt và năng suất lao động, và nêu ra nghiên cứu quan trọng chưa thực hiện được trong dự án này (mà theo ý kiến của các tác giả) cần được tiến hành bổ sung trong thời gian tới.

Chỉ số nhiệt

Ước tính mức cảm nhận nhiệt của một người trong một điều kiện thời tiết, hoạt động, tình trạng sức khỏe và trang phục nào đó.

Việc thiết lập các chỉ số nhiệt và phương pháp luận cho công việc này không phải là mới, và việc tạo ra một chỉ số nhiệt hoàn toàn mới là không cần thiết và lãng phí thời gian. Điểm mới ở đây là chỉ số nhiệt của dự án được xây dựng với sự phối hợp của nhiều bên liên quan nhằm hỗ trợ xây dựng chính sách và thực thi các ứng phó nhằm nâng cao khả năng thích ứng với BĐKH. Tuy các cơ quan khí tượng và khí hậu đã xây dựng một bộ chỉ số nhiệt tiêu chuẩn, nhưng việc truyền đạt về ý nghĩa của các chỉ số này và về các nguy cơ của nắng nóng đối với sức khỏe người dân cho các cơ quan quản lý y tế, các doanh nghiệp và cộng đồng vẫn chưa thực sự hiệu quả. *Giá trị thực sự và tính mới của các phân tích về chỉ số nhiệt trong dự án này là ở chỗ nó phục vụ cho quá trình thích ứng với BĐKH, và được thiết kế để đáp ứng nhu cầu cụ thể được xác định bởi chính những người sử dụng.* Cái mới nằm chính trong tính ứng dụng của chỉ số này, tính hữu ích và khả dụng của nó đối với Bộ Y tế hoặc các cơ quan y tế khác, các doanh nghiệp và người dân. Hơn nữa, việc dự đoán sự thay đổi của chỉ số nhiệt trong tương lai do BĐKH chính là điểm mới và là một đóng góp quan trọng cho cộng đồng khoa học khí hậu; những nỗ lực vẫn đang tiếp diễn trong các nghiên cứu ở nhiều nơi trên toàn thế giới. Khi COHED tiến hành các hoạt động dự án tại Đà Nẵng, họ có thể giám sát việc sử dụng chỉ số này tại địa phương, tìm hiểu những vấn đề mà các bên có thể còn khúc mắc, nhằm cải tiến và/hoặc xây dựng các phương pháp mới để truyền tải các thông tin về nguy cơ liên quan đến nắng nóng mà chỉ số này đại diện.

Bối cảnh

Đà Nẵng là một thành phố có khí hậu nhiệt đới (nóng và ẩm) với hai mùa rõ rệt, mùa khô kéo dài từ tháng 4 đến tháng 8, và mùa mưa kéo dài từ tháng 9 đến tháng 3. Độ ẩm hiếm khi giảm xuống dưới 60% trong thành phố, trung bình khoảng 80%, và nhiệt độ trung bình hàng năm là 25,9°C. Do quá trình phát triển nhanh chóng trong vài thập kỷ qua, có nhiều nhà cao tầng và đường giao thông được xây dựng, cùng với nhiều xe hơi và máy điều hòa nhiệt độ, khiến nhiệt độ cao bị giữ lại và làm cho khu vực nội đô nóng hơn so với các khu vực canh tác nông nghiệp xung quanh. Hiện tượng “hiệu ứng đảo nhiệt đô thị” này có thể làm cho các khu đô thị đông đúc ở Đà Nẵng nóng hơn đến 10°C so với các vùng nông thôn xung quanh, tương tự như ở các thành phố khác (Mohan et al. 2013). Khí hậu nóng ẩm tự nhiên cùng với đảo nhiệt đô thị có thể tạo ra điều kiện nhiệt độ cực đoan, gây nhiều ảnh hưởng tiêu cực đến cư dân và người lao động.



Ngày và đêm với nhiệt độ và độ ẩm cao góp phần gây gánh nặng nhiệt và dẫn đến tử vong liên quan đến nắng nóng, làm giảm năng suất lao động. Tuy ảnh hưởng tiêu cực của nhiệt độ cực đoan tác động lên tất cả người dân, một số đối tượng như công nhân, đặc biệt là những người làm việc dưới trời nắng hoặc lao động chân tay, người già và người ốm, trẻ em và phụ nữ mang thai có nguy cơ bị ảnh hưởng nghiêm trọng trong những đợt nắng nóng. Người lao động làm việc trong điều kiện nhà xưởng có hệ thống thông gió kém, không có quạt hay điều hòa nhiệt độ và/hoặc vận hành các máy móc sinh nhiệt (như máy may, máy sản xuất hoặc có nhiều máy tính) có thể cảm thấy nhiệt độ trong nhà cao hơn nhiệt độ ngoài trời (IPCC 2012). Tình trạng nắng nóng cực đoan kéo dài liên tục nhiều ngày và đêm sẽ hủy hoại sức khỏe của người lao động, làm tình trạng sức khỏe cơ bản xấu đi và có thể gây gánh nặng nhiệt và tăng nguy cơ tử vong.

Bộ Y tế Việt Nam đã đưa ra các khuyến cáo về cho người lao động về thực hiện các biện pháp phòng ngừa đặc biệt khi **nhiệt độ môi trường** (nhiệt độ nhiệt kế khí tượng tiêu chuẩn) và độ ẩm đạt tới các ngưỡng cụ thể nào đó. Đối công nhân làm việc ngoài trời, như thợ xây, người bán hàng rong, nông dân và ngư dân, Bộ Y tế (2002) khuyến cáo cần thận trọng khi nhiệt độ không khí từ 30°C trở lên và độ ẩm từ 80% trở lên. Người lao động làm việc trong nhà tham gia các công việc nhẹ nhàng, như việc bàn giấy về lý thuyết có thể chịu được mức nhiệt lên tới 34°C và ẩm độ tới 80% (Bộ Y tế 2002). Trong khi các ngưỡng nhiệt độ và độ ẩm này chắc chắn gây nguy hiểm cho hầu hết người lao động, sự cảm nhận nóng và khả năng chịu nhiệt độ nóng của từng cá nhân phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác. Các yếu tố này bao gồm thực trạng sức khỏe và tình trạng dinh dưỡng của cá nhân, tuổi tác, loại quần áo, cường độ lao động (tất cả các cơ chế đối phó), khả năng giảm nhiệt vào buổi tối, và tiếp xúc với ánh sáng mặt trời và gió (các điều kiện khí tượng). Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng khi xây dựng các biện pháp phòng ngừa để bảo vệ sức khỏe và năng suất lao động của người dân trong mùa nóng, cần xem xét ở phạm vi rộng hơn các **nhiệt độ biểu kiến**—cảm giác nóng của cá nhân—so với các ngưỡng do Bộ Y tế đặt ra.

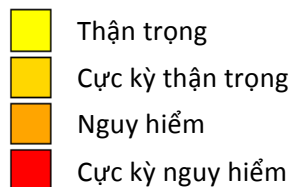
Cộng đồng khí tượng và khí hậu ở các nước đã thiết lập nhiều **chỉ số nhiệt** để phản ánh chính xác hơn nhiệt độ thực tế theo cảm nhận sinh lý của một người khỏe mạnh trong một điều kiện thời tiết xác định. Phần tiếp theo đây sẽ bàn về một vài chỉ số nhiệt thường được sử dụng, các giả định chung, chi tiết về các ngưỡng cảnh báo của từng chỉ số, và cung cấp ví dụ về cách sử dụng các chỉ số này.

Chỉ số nhiệt

Nghiên cứu cho thấy các tác động về sức khỏe có thể xuất hiện ở nhiều điều kiện khác nhau về nhiệt độ và độ ẩm không khí, đặc biệt là với những người có cường độ hoạt động cao (Smith et al. 2014). Nhiệt độ ở mức 27°C và độ ẩm tương đối khoảng 40% có thể làm tăng cảm giác mệt mỏi và bức bối đối với những người khỏe mạnh nếu khi điều kiện này kéo dài trong vài giờ hoặc hơn, và/hoặc khi họ tham gia hoạt động thể chất (Hình 2 và Bảng 1). Một người khỏe mạnh làm công việc nặng, chẳng hạn như công nhân xây dựng hay nông dân có thể bắt đầu chịu gánh nặng nhiệt khi chỉ số nhiệt là 26°C (Kjellstrom et al. 2009; Parsons, 2006). Những người bị bệnh tim, bệnh hô hấp hay các bệnh mãn tính như tiểu đường, ung thư hay rối loạn tự miễn dịch, những người đang sử dụng một số loại thuốc, trẻ em, người già và phụ nữ mang thai có thể bắt đầu chịu ảnh hưởng bất lợi cho sức khỏe ở ngưỡng nhiệt độ thấp hơn (Luber và McGeehin 2008). Hơn nữa, ảnh hưởng của gánh nặng nhiệt đối với nhóm người này có thể tăng nhanh hơn nhiều so với nhóm người khỏe mạnh khi điều kiện thời tiết xấu đi. *Do lực lượng lao động có thể bao gồm phụ nữ mang thai, những người bị bệnh mãn tính hoặc người lao động lớn tuổi nên chúng tôi khuyến cáo nên hạ thấp ngưỡng chỉ số nhiệt để người sử dụng lao động kịp thời đề ra các biện pháp an toàn*¹.

¹ Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng ngưỡng 34°C của Bộ Y tế đối với người lao động làm việc trong nhà. Chúng tôi đề nghị thay ngưỡng này bằng một khoản nhiệt độ để tính đến các đối tượng người lao động có sức khỏe khác nhau và người lao động lớn tuổi.





		Nhiệt độ (°C)																
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Độ ẩm tương đối (%)	40	27	28	29	30	31	32	34	35	37	39	41	43	46	48	51	54	57
	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58		
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59			
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59				
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59					
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58						
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58							
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57								
	85	30	33	36	39	43	47	51	55									
	90	31	34	37	41	45	49	54										
	95	31	35	38	42	47	51	57										
	100	32	36	40	44	49	54											

Hình 2: Bảng chỉ số nhiệt đơn giản của Cơ quan Khí quyển và Đại dương Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA) mô tả mối quan hệ tương đối giữa nhiệt độ không khí và độ ẩm với cảm giác nóng. Tiếp xúc càng lâu với thời tiết nóng hoặc làm việc vất vả, khả năng một người bị gánh nặng nhiệt càng cao, được phân định bằng các dải màu từ vàng sang đỏ. Bảng này chưa tính đến các hiệu ứng gió hay bức xạ mặt trời (NWS 2014).

Bảng 1: Khoảng chỉ số nhiệt mà một người khỏe mạnh làm việc nặng hoặc tiếp xúc lâu với thời tiết nóng bắt đầu bị ảnh hưởng về sức khỏe (NWS 2014).

Độ C	Ảnh hưởng đến sức khỏe
27–32°C	Thận trọng: Có thể mệt mỏi do tiếp xúc lâu với nắng nóng và hoạt động kéo dài. Hoạt động liên tục có thể dẫn đến co giật do nóng.
32–41°C	Cực kỳ thận trọng: Co giật và kiệt sức do nóng có thể xảy ra. Hoạt động liên tục có thể dẫn đến sốc nhiệt.
41–54°C	Nguy hiểm: Co giật và kiệt sức do nóng rất có thể xảy ra. Sốc nhiệt có thể xảy ra khi hoạt động liên tục.
Trên 54°C	Cực kỳ nguy hiểm: Sốc nhiệt chắc chắn sẽ xảy ra và có thể dẫn đến tử vong.

Trong khi nhiều nghiên cứu về tác động của nắng nóng đối với sức khỏe tập trung chủ yếu vào sự tương tác giữa nhiệt độ môi trường và độ ẩm, việc tiếp xúc với ánh nắng mặt trời, nhiệt tỏa ra từ các bề mặt gần đó (như từ mặt đường hoặc tường) và sự hiện diện của gió làm thay đổi nhiệt độ cảm nhận của một người. Tiếp xúc trực tiếp và hoàn toàn với ánh nắng có thể làm chỉ số nhiệt tăng thêm tới 8°C. Điều kiện thoáng gió ở các cấp độ khác nhau² sẽ làm giảm chỉ số nhiệt vì gió tạo điều kiện thuận lợi cho mồ hôi bay hơi giúp làm mát cơ thể. Độ ẩm cao hạn chế sự bay hơi của mồ hôi. Nhiều chỉ số nhiệt (ví dụ: Mô hình biến dạng nhiệt dự đoán, chỉ số khí hậu nhiệt toàn cầu, chỉ số biến dạng nhiệt hiệu quả, v.v.) đã được xây dựng để tính đến một phạm vi rộng hơn của các điều kiện khí

² Đến một mức độ nào đó, điều kiện thoáng gió sẽ giúp làm mát cơ thể. Tuy nhiên, ở điều kiện khí hậu khô nóng, một cơn gió mạnh có thể thực sự làm một người cảm thấy nóng hơn vì gió thường ẩm và/hoặc có thể dẫn đến mất nước, hạn chế khả năng đổ mồ hôi. Điều kiện này không áp dụng cho Đà Nẵng là thành phố có khí hậu ẩm.

tượng và điều kiện giả định về hoạt động thể chất, quần áo và trọng lượng cơ thể (Epstein và Moran 2006; Lemke và Kjellstrom 2012).

Các chỉ số nhiệt phổ biến nhất được sử dụng trên thế giới là Nhiệt độ biểu kiến và Nhiệt độ cầu ướt.

Nhiệt độ biểu kiến

Nhiệt độ biểu kiến (AT) là một chỉ số nhiệt do Robert Steadman thiết lập năm 1984 sau nhiều năm làm việc của nhiều nhà nghiên cứu về mức độ tác động đối với sức khỏe liên quan đến nhiệt của một người đang hoạt động do kết hợp của yếu tố độ ẩm và nhiệt độ cao (Steadman 1979a; 1979b). Làm việc trong nhà, người lao động chỉ tiếp xúc với nhiệt độ và độ ẩm, trong khi làm việc ngoài trời, người lao động có thể tiếp xúc với gió và bức xạ thuần. Sau khi cải tiến thêm và kết hợp các yếu tố như quần áo, mức độ hoạt động thể chất, áp suất khí quyển, kháng nhiệt của da và đổ mồ hôi, Steadman đã đưa ra mối quan hệ thực nghiệm giữa các biến số này để tạo ra chỉ số AT (Steadman 1984). Các công thức tính của AT đại diện cho một mô hình toán học của cân bằng nhiệt trong cơ thể người.

Bức xạ thuần

Sự kết hợp của ánh nắng trực tiếp, nhiệt phản xạ từ các bề mặt như đường xá và các tòa nhà, và nhiệt bức xạ phản xạ của chúng gây ra.

Có ba công thức tính chỉ số AT: một công thức cho điều kiện trong nhà, một công thức điều kiện cho ngoài trời trong bóng râm và một công thức cho điều kiện ngoài trời dưới nắng.

(Trong nhà): $AT_{in} = -1.3 + 0.92T + 2.2p$

(Ngoài trời, dưới bóng râm): $AT_{out} = -2.7 + 1.04T + 2p - 0.65v$

(Ngoài trời, dưới nắng): $AT_{out,sun} = -1.8 + 1.07T + 2.4p - 0.92v + 0.044Q$

(Áp suất hơi nước): $p = 6.112 \exp \left(\frac{17.67T}{243.5+T} \right)$

Trong đó: AT và T (nhiệt độ môi trường) được tính bằng °C.
p là áp suất hơi nước được tính bằng kPa và phụ thuộc vào độ ẩm tương đối và nhiệt độ không khí, được tính dựa vào thực nghiệm. Chúng tôi sử dụng công thức của Bolton (1980).
Và v là tốc độ gió được đo cách mặt đất 10m với đơn vị m/s

Không có công thức duy nhất nào có thể mô tả chính xác cảm giác nóng thực cảm nhận của một người bởi vì mỗi người một khác và không thể tính đến mọi yếu tố—chẳng hạn như lượng da tiếp xúc, lượng mồ hôi của một người hay sự trao đổi chất của họ. Tuy nhiên, công thức của Steadman được coi là mang tính tổng quát, và được một số tổ chức khí tượng trên thế giới—như Cơ quan thời tiết quốc gia Mỹ hay Cục khí tượng Úc kết hợp với các cơ quan y tế công cộng—sử dụng, với một số thay đổi, để đưa ra các cảnh báo về nhiệt độ.

Nhiệt độ cầu ướt

Nhiệt độ cầu ướt (WBGT) là một chỉ số nhiệt do Quân đội và Hải quân Mỹ đề ra để bảo vệ binh sĩ làm việc ngoài trời (hoạt động thể chất nặng), với quần áo nặng trong điều kiện nắng nóng và độ ẩm cao vào những năm 1950 (Yaglou và Minard 1957). Chỉ số này đã được nhiều hiệp hội công nghiệp và thể thao và quân đội áp dụng rộng rãi, và được hệ thống hóa theo tiêu chuẩn của Tổ chức lao động quốc tế là ISO 7243. Có một số phiên bản khác nhau của WBGT (Curtis và Gallagher; Mochida et al., 2007), với các thông số được sửa đổi cho quần áo, và công thức ban đầu là:



(Trong nhà hoặc ngoài trời, trong bóng râm): $WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.3T_g$

(Ngoài trời, dưới nắng): $WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.2T_g + 0.1T$

Trong đó: T_{nwb} là nhiệt độ cầu ướt tự nhiên và được đo bằng một cầu nhiệt kế đặc biệt được phủ vải ướt và được tiếp xúc với bức xạ mặt trời và gió. Nó mô phỏng trạng thái toát mồ hôi.
 T_g là nhiệt độ cầu đen và được đo bằng một nhiệt kế đặc biệt phủ đen để hấp thụ bức xạ mặt trời và gió. Nó mô phỏng ảnh hưởng của mặt trời đối với da.
 T là nhiệt độ môi trường

Việc tính toán WBGT đòi hỏi phải có các dụng cụ khí tượng phi tiêu chuẩn, sử dụng các biến số mà các cơ quan khí tượng thường không thu thập (BOM 2010). Cần có các dụng cụ đặc biệt và tốn kém liên tục được hiệu chỉnh cho phù hợp để thu thập các giá trị; hầu hết các cơ quan khí tượng không có đủ các thiết bị cần thiết. Hơn nữa, tuy các giá trị nhiệt độ cầu đen và nhiệt độ cầu ướt tự nhiên có thể được ước tính gần đúng dựa vào các biến số khí tượng tiêu chuẩn như nhiệt độ không khí, tốc độ gió, độ ẩm tương đối và áp suất, các chỉ số gần đúng này được coi là không chính xác và có khả năng đưa ra các ước tính cao hơn hoặc thấp hơn điều kiện nhiệt độ thực tế. Các hạn chế và tính ứng dụng của các ước tính này đang bị các nhà nghiên cứu đặt câu hỏi (BOM 2010; Budd 2008; Epstein và Moran 2006). Không giống như AT, không có bất kỳ phương trình tiêu chuẩn nào cho phép ước tính gần đúng giá trị của WBGT dựa vào các biến số khí tượng tiêu chuẩn. Tuy nhiên, do nó được các tổ chức lao động tiêu chuẩn áp dụng rộng rãi nên sẽ mất một thời gian trước các chỉ số nhiệt chính xác hơn và dễ đo lường hơn khác được áp dụng.

Phương pháp luận

Như vừa mô tả, AT và WBGT là những chỉ số nhiệt được sử dụng phổ biến nhất. Cả hai chỉ số này đã được xây dựng để tính đến các yếu tố sinh lý—các chỉ số gần đúng về mồ hôi, quần áo, tỷ lệ trao đổi chất, v.v.—và các điều kiện khí tượng. Tuy nhiên, chỉ có AT là có thể được tính trực tiếp từ các biến số khí tượng tiêu chuẩn. WBGT phải ước tính gần đúng từ những biến số này, và việc này sẽ dẫn đến sai lệch cho các tính toán, dẫn đến sự không chắc rằng liệu ngưỡng an toàn nhiệt có bị vượt quá hay không. Vì những lý do này, cùng với thực tế là các mô hình khí hậu toàn cầu không đưa ra dự đoán về T_{nwb} hoặc T_g , chúng tôi quyết định sử dụng chỉ số nhiệt AT trong nghiên cứu này.

Phần này mô tả các bước trong đánh giá những xu hướng lịch sử về nhiệt độ môi trường và AT, và dự đoán về tác động của BĐKH tới sự gia tăng của cả hai chỉ số này trong tương lai.

Bước 1: Thu thập và sắp xếp dữ liệu khí tượng lịch sử và dự đoán

Chúng tôi đã thu thập các dữ liệu hàng ngày của các biến số sau đây để tính toán AT: nhiệt độ tối thiểu, nhiệt độ tối đa, độ ẩm tương đối và tốc độ gió 10 mét. Dữ liệu của giai đoạn 1970–2011 đã được thu thập từ những số liệu khí tượng tổng hợp từ một số nguồn (Xem bảng 2). Các giá trị dự đoán của các biến số trong giai đoạn 2020–2049 được tải về từ sáu mô hình hoàn lưu chung (GCM), mỗi mô hình hai kịch bản phát thải, từ cổng thông tin dữ liệu của Dự án đối chứng các mô hình khí hậu lần thứ 5 (CMIP5) của Ủy ban liên chính phủ về BĐKH (IPCC) (Bảng 2). Các biến số này đã được chi tiết hóa (như mô tả ở bước 3) để tính toán phạm vi các giá trị chỉ số nhiệt trong tương lai.

Không thể đo nhiệt độ môi trường ở mọi vị trí trong thành phố. Hơn nữa, do đặc điểm về xây dựng của thành phố, đặc tính bức xạ (đặc điểm về hấp thụ và bức xạ phản xạ của các vật liệu) của các bề mặt khác nhau như gạch, thiếc, bê tông, cây cối hoặc nhựa đường, và do các điểm nóng cục bộ gây ra bởi xe ô tô và máy điều hòa không khí, nhiệt độ có thể thay đổi đáng kể ở các địa điểm khác nhau trong thành phố. Với những lý do này, chúng tôi đã lấy các thông số đo tại 2–5 trạm thời tiết, lấy giá



trị trung bình và sử dụng dữ liệu này làm ước tính gần đúng cho số liệu trung bình của toàn thành phố. Trong giai đoạn từ những năm 1970 đến đầu những năm 1990, chỉ có dữ liệu từ hai trạm đo, và trong giai đoạn từ cuối những năm 1990 đến hết năm 2011, số trạm (mà chúng tôi có thể tiếp cận số liệu) tăng lên năm trạm. Những dữ liệu còn thiếu đã được nội suy bằng các số liệu tái phân tích thời đoạn tổng ERA (Dee et al. 2011) và số liệu tái phân tích NCEP (Kalnay et al. 1996). Các dữ liệu đã được sắp xếp và được kiểm tra chất lượng nhiều lần theo tiêu chuẩn về dữ liệu khí tượng và khí hậu. Phải mất vài tháng để thu thập bộ dữ liệu trung bình khu vực này do sự gián đoạn trong chuỗi số liệu thời kỳ 1970–1994.

Dữ liệu của mô hình khí hậu

Không có mô hình khí hậu nào có thể dự báo *chính xác* sự thay đổi về lượng mưa, nhiệt độ, hay các biến động khí hậu khác ở bất kỳ năm nào hoặc giai đoạn nào trong tương lai ở bất kỳ nơi nào trên thế giới. Đó là vì không ai biết chính xác những thay đổi về lượng khí thải, dân số và sử dụng đất có thể xảy ra trong tương lai và do những hạn chế và giả định của bản thân các mô hình. Mô hình hoàn lưu chung dự đoán những biến đổi của khí hậu căn cứ vào sự thay đổi của các yếu tố này. Đây là những yếu tố mà con người có thể kiểm soát được và được gọi là các hướng tích tụ nồng độ khí nhà kính đại diện (RCPs) trong các mô hình đánh giá của IPCC5 (van Vuuren et al. 2011). Do không mô hình nào có thể dự đoán chính xác những thay đổi về khí hậu của một khu vực, cần sử dụng các dự đoán từ nhiều mô hình GCM cùng một lúc, mỗi mô hình dựa vào một số RCP khác nhau, từ đó tìm ra khoảng giá trị và xu hướng của những thay đổi. Hơn nữa, khí hậu là sự thể hiện thời tiết trung bình của một khu vực trong một khoảng thời gian, thường là 30 năm. Vì vậy, phân tích BĐKH đòi hỏi phải so sánh những số liệu thống kê về thời tiết cụ thể của một khu vực dự đoán cho một giai đoạn ít nhất là 30 năm trong tương lai, với một khoảng thời gian tương tự trong quá khứ.

Ban đầu chúng tôi hy vọng có thể sử dụng kết quả của mô hình khí hậu có độ phân giải cao từ dự án Tương lai khí hậu Việt Nam—một nỗ lực hợp tác xây dựng mô hình khí hậu giữa Viện khí tượng, thủy văn và môi trường (IMHEN), Đại học Khoa học Tự nhiên thuộc Đại học Quốc gia Việt Nam, và Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp thuộc Khối thịnh vượng chung của Úc (CSIRO)—để đưa ra những dự đoán chi tiết hóa cho dự án nhiệt gánh nặng nhiệt này. Xem: <http://climatetool.vnclimate.vn/>. Dữ liệu này phù hợp hơn bởi vì nó sử dụng các Mô hình Hoàn lưu Khu vực (RCM), các mô hình khí hậu có độ phân giải cao hơn, thể hiện tốt hơn mối tương tác cục bộ giữa đất đai, đại dương và khí quyển so với các GCM, và đại diện tốt hơn cho bảy vùng khí hậu của Việt Nam. Chúng tôi không thể tiếp cận các dữ liệu cơ bản hàng ngày cho bốn biến số cần có, và sau đó phát hiện ra rằng những phân tích liên quan đến các dự đoán cho tương lai vẫn chưa được thực hiện đầy đủ. Tháng 8/2004 UNDP đã ra công bố kêu gọi dự án nhằm hoàn thành các phân tích này. Như vậy chưa có các dữ liệu này để sử dụng trong nghiên cứu của chúng tôi.

Chúng tôi cũng đã xem xét khả năng sử dụng dữ liệu dự đoán của dự án Quan hệ tương tác giữa sử dụng đất và BĐKH tại miền trung Việt Nam (LUCCi), một nỗ lực hợp tác nghiên cứu giữa một số trường đại học ở miền Trung Việt Nam, IMHEN và một số trường đại học của Đức (Laux et al., 2012). Xem <http://leutra.geogr.uni-jena.de/vgtbRBIS/metadata/start.php>. Dự án đã đối chiếu các dữ liệu của nhiều trạm thời tiết ở khu vực miền Trung và thực hiện chi tiết hóa động lực cho một vài biến số. Tuy đã sử dụng dữ liệu lịch sử của các trạm để bổ sung và điều chỉnh các dữ liệu trạm đã có, chúng tôi không thể sử dụng dữ liệu dự đoán. Có quá ít GCM được sử dụng trong việc chi tiết hóa (chỉ có một GCM) để xác định khoảng thông số khí hậu trong tương lai; như đã nói ở trên, cần có dự đoán từ nhiều GCM khác nhau. Vì vậy, chúng tôi phải trực tiếp chi tiết hóa các biến số từ dự án CMIP5 của IPCC thay vì sử dụng biến số từ các dự án xây dựng mô hình khí hậu khác nhau đang được thực hiện ở Việt Nam.

Một tập hợp các biến số ngày dự đoán đã được thiết lập bằng cách sử dụng các dự đoán từ sáu GCM, mỗi GCM đều chạy mô phỏng cho hai trường hợp là RCP 4.5 (phát thải thấp) và RCP 8.5 (phát triển bình thường, phát thải cao). Những mô phỏng giá trị lịch sử của các mô hình trong giai đoạn



1970–1999 cũng được tải về từ bộ tài liệu lưu trữ CMIP5 của IPCC. Nhờ đó chúng tôi có tổng cộng 12 bộ dữ liệu để dựa vào đó so sánh các giá trị nhiệt độ thấp nhất và cao nhất, độ ẩm tương đối và tốc độ gió trong tương lai với các giá trị thực đo trong quá khứ, và để điều chỉnh các sai lệch về giá trị của mô hình.

Bảng 2: Bộ dữ liệu và các mô hình được sử dụng để ước tính thay đổi về số ngày có nhiệt độ cực đoan ở Đà Nẵng

Bộ dữ liệu/Mô hình	Nhà cung cấp dữ liệu	Mô tả
ERA-Interim Tái phân tích NCEP	Trung tâm dự báo thời tiết thời kỳ trung hạn châu Âu NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder Colorado	Bộ dữ liệu ngày có độ phân giải cao từ số liệu quan trắc giai đoạn 1979–2011 (Dee et al. 2011) Bộ dữ liệu ngày có độ phân giải thô giai đoạn 1970–1980 (Kalnay et al. 1996)
Cấp độ các trạm: • Trạm Đà Nẵng và các trạm gần đó	Trung tâm khí tượng thủy văn các tỉnh Nam Trung bộ (Việt Nam) Tóm tắt toàn cầu của Mạng lưới khí hậu lịch sử toàn cầu và theo ngày, Trung tâm dữ liệu khí hậu quốc gia (Mỹ)	Dữ liệu quan trắc ngày
CMIP5: • BCC-CSM1.1(m) • CanESM2 • CSIRO-MK3.6.0 • MIROC-ESM • MPI-ESM-MR • NCAR-CCSM4	Trung tâm khí hậu Bắc Kinh, Cơ quan khí tượng Trung Quốc Trung tâm phân tích và mô hình khí hậu của Canada Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp thuộc Khối thịnh vượng chung (CSIRO) /Trung tâm nghiên cứu ĐKKH ở Queensland Cơ quan khoa học công nghệ đại dương-trái đất Nhật Bản, Viện nghiên cứu khí quyển và đại dương (Đại học Tokyo) và Viện nghiên cứu môi trường quốc gia Viện Khí tượng Max Planck (MPI-M) Trung tâm nghiên cứu khí quyển quốc gia	Biến số ngày mô phỏng: • Lịch sử (1960–2005) • RCP 4.5 (2006–2055) • RCP 8.5 (2006–2055) Tất cả được tải về từ Bộ dữ liệu đa mô hình của CMIP5 tại: http://pcmdi9.llnl.gov/esgf-web-fe/

Bước 2: Kiểm tra khả năng dự đoán và sai số hệ thống của mô hình

Do phải sử dụng nhiều mô hình để ước tính những thay đổi khí hậu của một khu vực, cần sử dụng một số bài kiểm tra khả năng dự đoán để đảm bảo các mô hình được lựa chọn có thể tái phỏng các số liệu thống kê lịch sử quan trọng cho khu vực đó nếu các nỗ lực xây dựng mô hình tập trung vào những thay đổi ngắn hạn (đến những năm 2050). Nguyên nhân là do cho đến khoảng những năm 2050 hoặc sau đó, nhiều khả năng những dấu hiệu rõ nét về BĐKH sẽ chưa xuất hiện một cách nhất quán và vượt ra ngoài các khoảng biến thiên tự nhiên ở một khu vực, tùy thuộc vào từng khu vực trên thế giới (Kirtman et al. 2013). Nếu một mô hình khí hậu không tái phỏng được

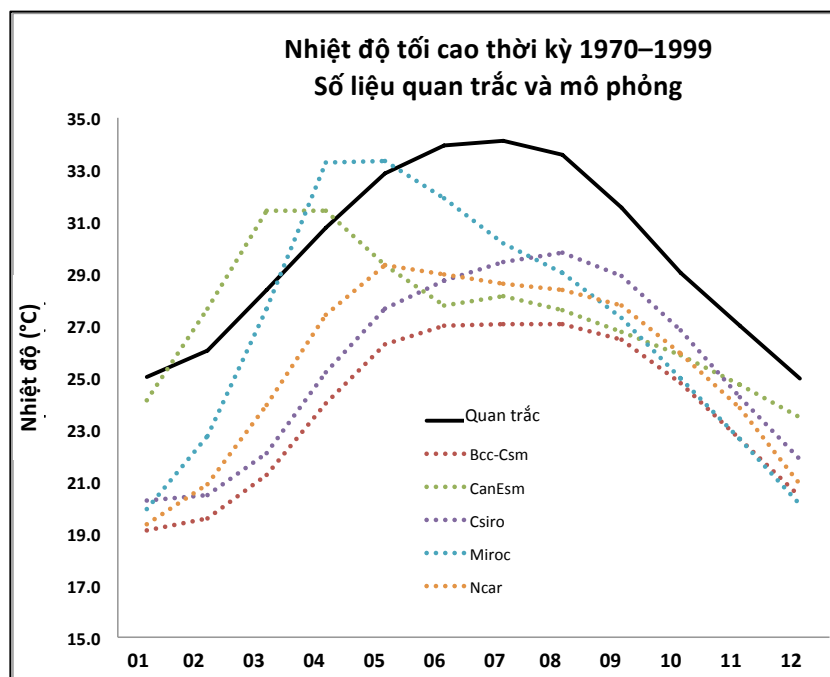
Biến thiên tự nhiên

Sự biến thiên tự nhiên giữa các mùa, các năm và các thập kỷ của khí hậu trong một vùng không phải do con người gây ra.



một cách chính xác các số liệu thống kê theo mùa hoặc hàng năm của một khu vực thì có khả năng sẽ có lỗi đáng kể trong các dự đoán ngắn hạn.

Các GCM được lựa chọn cho nghiên cứu này đã thực hiện tốt việc tái phỏng số liệu nhiệt độ ngày cao nhất và thấp nhất trong tất cả các tháng của giai đoạn 1970–1999. Tuy nhiên, tất cả các mô hình đều có sai số lạnh trong hầu hết các tháng, trừ mô hình Can-ESM và Miroc-ESM có sai số nóng trong mùa từ tháng 3 đến tháng 5.



Hình 3: GCM mô phỏng nhiệt độ ngày cao nhất so sánh với số liệu quan trắc thực tế trong giai đoạn 1970–1999. Các GCM nói chung có thể mô phỏng sự biến thiên theo mùa nhưng có xu hướng sai lệch lạnh. Cả Can-ESM và Miroc-ESM đều ước tính quá cao nhiệt độ ngày cao nhất trong tháng 3 và tháng 4.

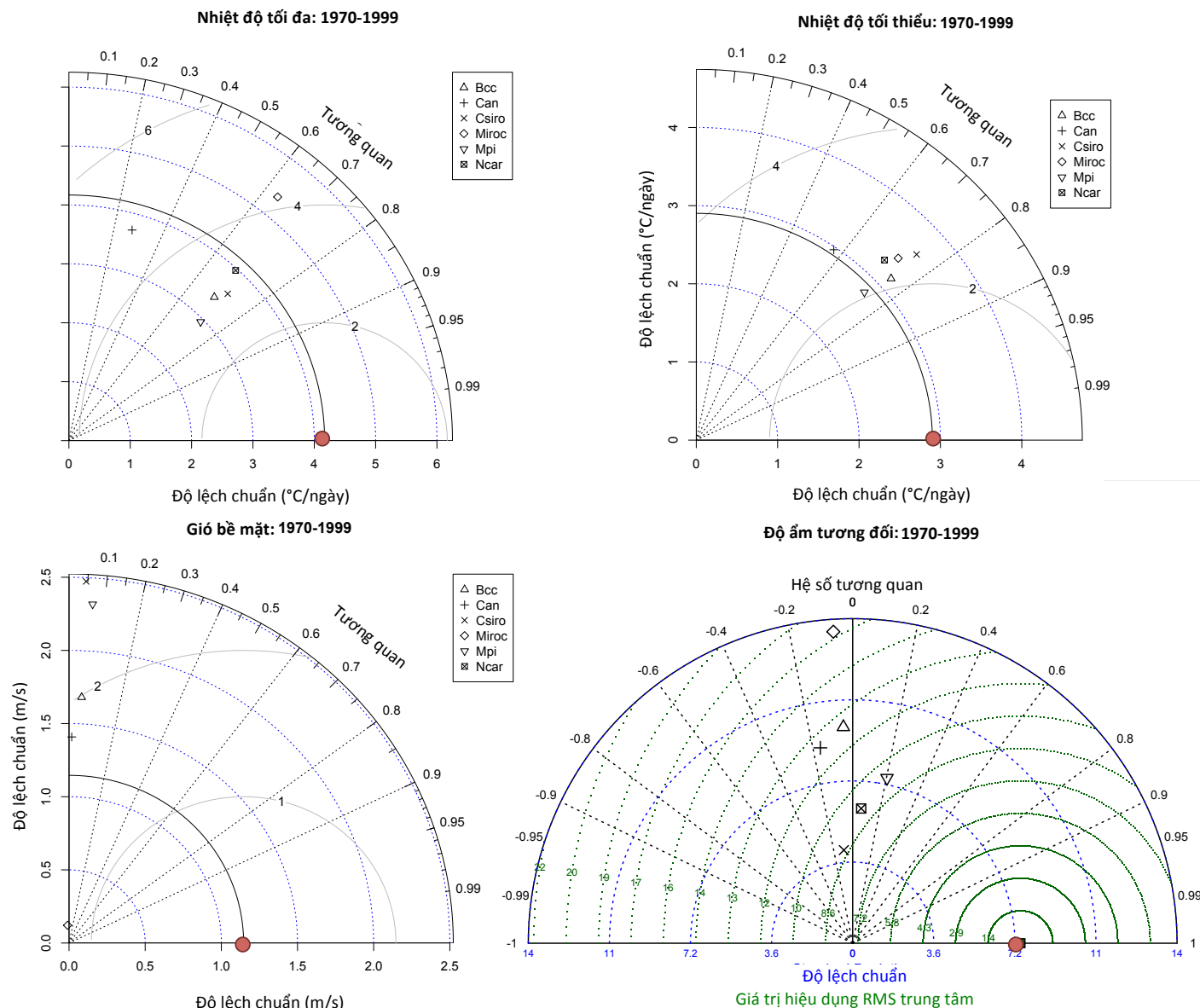
Một cách khác để kiểm tra khả năng dự đoán và sai số hệ thống của các mô hình là kiểm tra *mối tương quan giữa các giá trị ngày được mô phỏng của các mô hình với các giá trị ngày thực đo*. Mối tương quan cao cho thấy mô hình thực hiện khá tốt việc tái phỏng các giá trị quan trắc và thể hiện được hầu hết các quá trình tương tác quy mô lớn giữa đất-biển-khí quyển ảnh hưởng đến khí hậu của Đà Nẵng. Mối tương quan thấp cho thấy các mô hình không thực hiện được việc này. Cần kiểm tra xem các giá trị trung bình của mô hình có gần với giá trị trung bình của số liệu thực không (**Hình 3**). Hơn nữa, quan trọng là phải kiểm tra khả năng của các mô hình trong việc tái phỏng các mô men bậc cao hơn, chẳng hạn như độ lệch chuẩn. *Độ lệch chuẩn là một đơn vị đo tính biến thiên của khí hậu do cả các quá trình tự nhiên và BĐKH gây ra*. Một mô hình có thể thực hiện tốt việc tái phỏng các biến thiên, nhưng sẽ luôn luôn đưa ra các ước tính quá cao hoặc quá thấp về tính biến thiên bởi phạm vi dự đoán của mô hình lớn hơn quy mô của thành phố. Một thước đo khác về khả năng dự đoán của mô hình là *sai số trung bình toàn phương (RMSE)—khoảng cách trung bình giữa các giá trị mô phỏng của mô hình với các giá trị thực đo*.

Biểu đồ Taylor là một cách để hình dung tất cả ba phép thử về khả năng dự đoán—tương quan, độ lệch chuẩn (biến thiên) và RMSE—trên một hình duy nhất. **Hình 4** hiển thị biểu đồ Taylor so sánh nhiệt độ mô phỏng thấp nhất và cao nhất của các mô hình, độ ẩm tương đối và gió bề mặt với các giá trị quan trắc từ năm 1970–1999. Các mô hình đã tái phỏng tương đối tốt về nhiệt độ, nhưng chưa mô phỏng chính xác về độ ẩm tương đối và gió bề mặt. Mặc dù các mô hình tái phỏng tốt nhiệt



độ, nhưng vẫn có một số sai lệch lạnh trong một số tháng và không nắm bắt được đầy đủ các biến thiên tự nhiên (độ lệch chuẩn) được thể hiện trong các bộ dữ liệu quan sát. Các sai lệch này và lý do của nó sẽ được giải thích trong bước tiếp theo về chi tiết hóa.



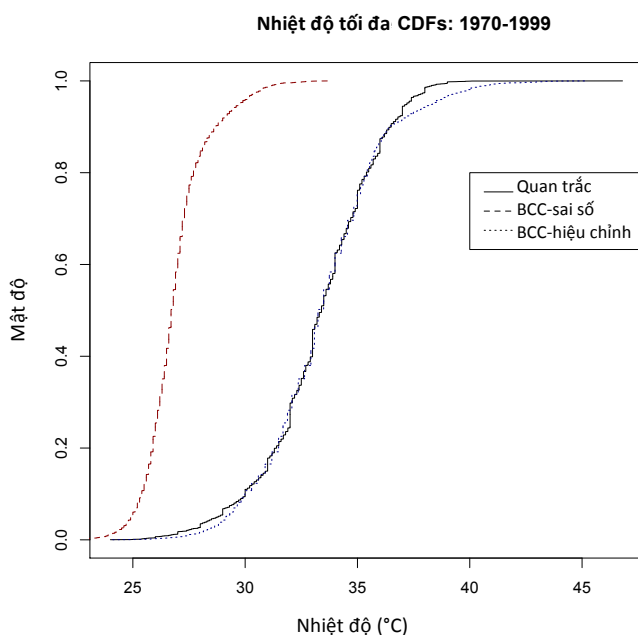


Hình 4: Khả năng của mô hình trong việc mô phỏng bốn biến số khí hậu ngày cần dùng để tính toán chỉ số nhiệt gồm nhiệt độ thấp nhất và cao nhất, độ ẩm tương đối và gió bề mặt. Trong các biểu đồ Taylor này, một phương pháp thể hiện cả chỉ số trên một biểu đồ duy nhất, chúng ta có thể thấy các mô hình đã tái phỏng tốt về nhiệt độ. Có các tương quan cao (khoảng 0,6–0,8), độ lệch tiêu chuẩn (giữa các vòng cung màu xanh) trong phạm vi 1°C của độ lệch chuẩn quan sát (chấm đỏ), và RMSE (giữa các vòng cung màu đen) từ 2–3°C. Những thống kê này cho phép có độ chắc chắn cao hơn về dự đoán ngắn hạn của các mô hình. Các mô hình chưa tái phỏng tốt về độ ẩm tương đối hoặc gió bề mặt của Đà Nẵng. Trên thực tế, khi độ ẩm tương đối của Đà Nẵng cao, các mô hình lại đưa ra giá trị mô phỏng thấp (lý lẽ nghịch).

Bước 3: Chi tiết hóa

Các GCM lập mô hình về mối quan hệ tương tác giữa đất đai, đại dương và khí quyển ảnh hưởng đến khí hậu, nhưng các mô hình này áp dụng trên quy mô lớn, thường từ khoảng 100–300km, và vì vậy không thể nắm bắt đầy đủ các quá trình khí hậu diễn ra cục bộ, chẳng hạn như ở quy mô thành phố (khoảng 5–50km), và sẽ ước tính cao hơn hoặc thấp hơn thực tế giá trị các biến số như nhiệt độ hay lượng mưa cũng như không tái hiện được chính xác sự biến thiên của các biến số này ở khu vực nghiên cứu. Chúng ta vừa thấy điều này ở bước 2. Vì vậy, cần chi tiết hóa—tức là tìm ra mối liên hệ giữa các giá trị của mô hình quy mô lớn và các trị số quan trắc được tại địa phương—và điều chỉnh các sai số (quá nóng, quá lạnh, v.v.) của các giá trị trong mô hình.

Chúng tôi đã sử dụng kỹ thuật lập bản đồ điểm phân vị để chi tiết hóa thống kê về bốn biến số và hiệu chỉnh sai số của mô hình mà không làm mất đi những dấu hiệu quan trọng của BĐKH thể hiện trong các dự đoán của mô hình. Có nhiều phương pháp chi tiết hóa và hiệu chỉnh sai số cho các kết quả của GCM; các phương pháp này thuộc loại chi tiết hóa động lực hoặc chi tiết hóa thống kê (Opitz-Stapleton và Gangopadhyay 2011; von Storch et al. 2000; Wilby et al. 2004). Có nhiều bài báo chuyên ngành viết về các phương pháp khác nhau, các giả định và ưu khuyết điểm của mỗi phương pháp nhưng chúng ta sẽ không thảo luận ở đây.



Hình 5: Biểu đồ phân vị cho thấy mô hình có sai số (màu đỏ) và mô hình chi tiết hóa (đường chấm) so sánh với số liệu thực tế (đường liền màu đen)

$$x_{m,adj} = x_{m,fut} + F_{obs}^{-1}(F_{m,future}(x_{m,fut})) - F_{m,past}^{-1}(F_{m,fut}(x_{m,fut}))$$

Trong đó: x_m là biến số của mô hình
 adj là giá trị chi tiết hóa, và
 fut là biến số của mô hình chưa điều chỉnh
 F = một hàm truyền được suy ra từ số liệu thực tế hoặc số liệu mô hình

Chúng tôi đã chi tiết hóa riêng từng biến số theo Li et al., được mã hóa trong R (v.3.1.1 ‘Sock it to me’) và vẽ từ gói ‘qmap’ (Gudmundsson et al. 2012). Sau đó, những biến số đã chi tiết hóa và hiệu

Phương pháp lập bản đồ điểm phân vị đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu BĐKH, thường để chi tiết hóa nhiệt độ và lượng mưa (Quintana-Segui et al. 2011; Hashimo et al. 2007; Gudmundsson et al. 2012). Phương pháp này bao gồm xây dựng các hàm truyền từ hàm phân phối tích lũy (CDF) của các mô phỏng để khớp với hàm CDF của dữ liệu quan trắc (Hình 5). Để tính đến khả năng tác động của BĐKH đối với tính chất biến thiên và độ xiên của đồ thị phân phối theo thời gian, ngoài giá trị trung bình, chúng tôi còn sử dụng phương pháp lập bản đồ khoảng cách đều nhau do (Li et al. 2010) đưa ra. Sau khi thử nghiệm với nhiều hàm truyền khác, chúng tôi đã sử dụng hàm truyền tuyến tính để từ đó tìm ra đồ thị mô hình phù hợp nhất cho giai đoạn lịch sử và sử dụng để chỉnh sửa các số liệu dự đoán:

chỉnh sai số này được sử dụng để tính toán một khoảng các giá trị AT có thể xảy ra trong tương lai và để xem BĐKH có thể làm thay đổi nhiệt độ và các chỉ số nhiệt tại Đà Nẵng thế nào đến năm 2050.

Bước 4: Tính toán chỉ số nhiệt AT trong tương lai

Chúng tôi đã tính toán khoảng khả dĩ của AT trong tương lai bằng cách sử dụng các biến số chi tiết hóa từ Bước 3 và các công thức tính AT đã trình bày ở phần trước. Để phù hợp với quy ước (Dunne et al. 2013; Sherwood và Huber 2010), chúng tôi đã không tính toán chỉ số nhiệt lịch sử hay dự kiến trong điều kiện ngoài trời nắng và gió.

1. Đó là vì việc tính toán bức xạ thuần—sự kết hợp giữa các bức xạ nhiệt tới, với bước sóng từ ngắn tới dài, sự hấp thụ bức xạ, phản chiếu và phản xạ bức xạ từ tất cả các bề mặt trong thành phố—là rất khó thực hiện và chúng tôi không có dữ liệu lịch sử cần thiết để thực hiện tính toán này.
2. Hơn nữa, các GCM không mô phỏng bức xạ thuần; việc ước tính bức xạ trong tương lai sẽ làm tăng thêm sự không chắc chắn trong các dự đoán, và thành phần bức xạ chỉ chiếm 0,4% phương sai trong các phương trình AT.

Vì vậy, thông thường không cần phải tính toán dự đoán AT hoặc WBGT trong điều kiện ngoài trời nắng. Ngoài ra, do việc hiệu chỉnh sai số để chi tiết hóa các số liệu gió bề mặt không tạo được bộ số liệu khớp với số liệu thực tế (các mô hình có xu hướng ước tính quá cao gió bề mặt tại Đà Nẵng, dẫn đến làm giảm chỉ số nhiệt ngoài trời trong bóng râm), chúng tôi đã quyết định chỉ tính toán chỉ số nhiệt cho điều kiện trong nhà. Tuy nhiên, cần nhớ rằng nghiên cứu trước đó đã cho thấy khi ở hoàn toàn dưới nắng, chỉ số nhiệt có thể cao hơn so với trong bóng râm là 8°C, và gió sẽ có tác dụng làm mát. Trong tương lai, Bộ y tế hoặc cơ quan khí tượng địa phương có thể tính toán cả hai chỉ số nhiệt AT ngoài trời bằng cách sử dụng dữ liệu quan trắc thực tế (bức xạ mặt trời và tốc độ gió 10 mét của cơ quan khí tượng) và các công thức đã được cung cấp.

Tiếp theo, chúng tôi đã phân tích sự thay đổi về khoảng nhiệt độ môi trường thấp nhất và cao nhất dự đoán (giai đoạn 2020–2049) và các giá trị AT ban ngày và ban đêm so với các giá trị quan trắc trong giai đoạn 1970–1999. Chúng tôi đã tính toán các thông số sau đây. Kết quả được trình bày trong phần tiếp theo:

- Số ngày trong năm có chỉ số nhiệt trên 34°C
- Số đêm trong năm có chỉ số nhiệt trên 28°C
- Thay đổi về nhiệt độ môi trường ban ngày và ban đêm
- Thay đổi về độ dài của mùa nóng

Tác động của biến đổi khí hậu đối với gánh nặng nhiệt

Cũng như ở nhiều nơi trên thế giới, BĐKH dự kiến sẽ làm tăng số ngày và đêm nóng nực ở Đà Nẵng, kéo dài mùa nóng và làm tăng số đợt nắng nóng trong thành phố. Tất cả những thay đổi này sẽ tác động mạnh đến con người, gia súc, đến y tế, cấp nước, nông nghiệp và nhiều hệ thống khác. Tác động của điều kiện gánh nặng nhiệt hiện tại đối với sức khỏe và năng suất lao động đã được nghiên cứu kỹ (Srinavin và Mohamed 2003; Pantavou et al. 2011), nhưng dự đoán về việc BĐKH có thể làm thay đổi điều kiện gánh nặng nhiệt trong tương lai thế nào là một chủ đề chỉ mới được nghiên cứu trong thập kỷ vừa qua (Huebler et al. 2007; Roy et al. 2011). Vẫn còn nhiều câu hỏi liên quan đến những tác động của gánh nặng nhiệt trong tương lai đối với sức khỏe và năng suất lao động, hành động thích ứng nào có thể được thực hiện để giảm tác động đối với sức khỏe, và làm thế nào để cân bằng giữa các ưu tiên. Ví dụ, máy điều hòa nhiệt độ giúp bảo vệ cá nhân khỏi bị gánh nặng nhiệt và giúp họ làm việc tốt hơn; tuy nhiên, máy điều hòa lại tỏa ra một lượng lớn nhiệt và có thể làm tăng hiệu ứng đảo nhiệt đô thị nếu được sử dụng trong nhiều tòa nhà.

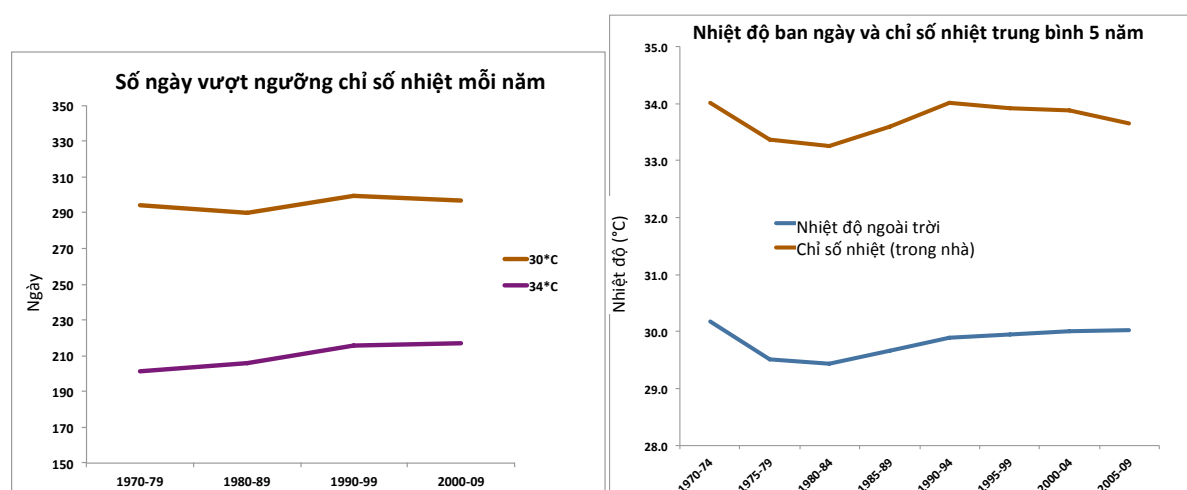


Xu hướng lịch sử: giai đoạn 1970–2011

Đà Nẵng là một thành phố đang phát triển và mở rộng nhanh chóng, nằm trong khu vực có khí hậu nóng ẩm. Tuy những người sống và làm việc ở đây và các khu vực xung quanh có khả năng thích nghi tốt hơn với điều kiện nhiệt độ cao so với nhiều nơi khác (chẳng hạn như Na-uy), nhưng vẫn có những giới hạn cứng về sinh lý cho khả năng thích ứng của bất cứ ai. Bất kỳ chỉ số nhiệt nào đạt tới nhiệt độ 35°C của da người (nhiệt độ cơ bản là 37°C), đặc biệt là nếu kéo dài liên tục, có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đối với sức khỏe. Có thể thấy trong **Hình 2** và **Bảng 1**, ngay cả một người khỏe mạnh tham gia hoạt động thể chất vừa phải cũng có thể bắt đầu cảm thấy mệt mỏi, bức bối và khó tập trung nếu các chỉ số nhiệt đạt trong khoảng từ 26–32°C. Nhóm này bao gồm những người lao động làm việc ngoài trời trong các ngành xây dựng, ngư nghiệp, trồng trọt hoặc những người bán hàng rong. Các khoảng giá trị của chỉ số nhiệt này có thể áp dụng đối với những người ốm yếu không lao động chân tay—như những người bị bệnh tim, bệnh hô hấp, bệnh mãn tính, suy dinh dưỡng, tiểu đường hay các bệnh khác. Cùng với họ, người cao tuổi, trẻ em và phụ nữ mang thai cũng chịu nóng kém hơn. Khi chỉ số nhiệt tăng lên cao hơn, người lao động khỏe mạnh làm công việc nhẹ, chẳng hạn như việc bàn giấy, sẽ bắt đầu bị ảnh hưởng. Người lao động chân tay trong nhà—trong các ngành sản xuất, may mặc trong phân xưởng, lau dọn và làm việc nhà nặng—sẽ bắt đầu chịu ảnh hưởng ở cùng khoảng nhiệt độ như với người lao động ở ngoài trời. Tất cả các yếu tố này phải được xem xét khi đánh giá tác động của BĐKH đối với gánh nặng nhiệt

Số ngày nóng

Từ năm 1970 đến năm 2011, trung bình mỗi năm có 186 ngày có chỉ số nhiệt bằng hoặc cao hơn mức khuyến cáo 34°C của Bộ y tế đối với công việc nhẹ, và 274 ngày có chỉ số nhiệt bằng hoặc cao hơn 30°C đối với công việc nặng. Trung bình, chỉ số nhiệt cao hơn nhiệt độ môi trường khoảng 4°C (hình 6). Đáng chú ý là, trong khi số ngày trong năm có chỉ số nhiệt vượt trên 30°C vẫn khá ổn định, số ngày nói chung có chỉ số nhiệt trên 34°C đang tăng theo tỷ lệ so với tổng số ngày có nhiệt độ trên 30°C. Trung bình, số ngày trong năm có nhiệt độ trên 34°C đã tăng khoảng 5 ngày mỗi thập kỷ. Điều này cho thấy số ngày rất nóng đang tăng nhanh hơn so với quá trình tăng nhiệt độ tổng thể. Nhiệt độ ngày cao nhất tăng trung bình khoảng 0,1°C mỗi thập kỷ ở Đà Nẵng, điều này phù hợp với các nghiên cứu khác (Nguyễn et al. 2014, Đào et al. 2013).



Hình 6: Xu hướng chỉ số nhiệt lịch sử vượt ngưỡng quy định của Bộ Y tế. Số ngày trong năm có nhiệt độ 30°C vẫn tương đối ổn định, nhưng số ngày có nhiệt độ trên 34°C đã tăng trung bình 5 ngày mỗi thập kỷ. Số ngày rất nóng đang tăng nhanh hơn so với nhiệt độ tổng thể tăng.

Số đêm nóng

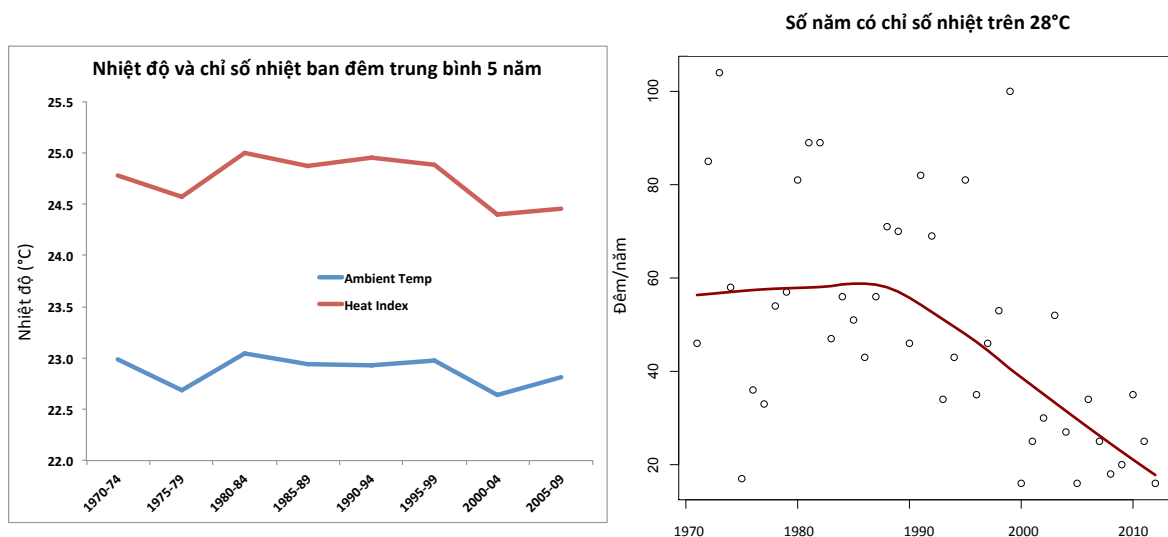
Số đêm có chỉ số nhiệt trên 28°C giữ ở mức ổn định trong giai đoạn 1970–1993, nhưng đã giảm dần trong giai đoạn từ giữa đến cuối những năm 1990 (xem **Hình 7**). Nhìn chung, nhiệt độ môi trường trung bình ban đêm đã giảm khoảng 0,3°C trong giai đoạn 1970–2011, hầu hết là từ sau năm 1995.

Chúng tôi cho rằng xu hướng giảm nhiệt độ trong giai đoạn từ năm 1995 một phần là do các dữ liệu còn thiếu ở giai đoạn trước đó, và một phần có thể thuộc về một chu trình tự nhiên như có thể quan sát trong chuỗi số liệu đo tại các trạm. Trong các bộ dữ liệu của các trạm thiếu rất nhiều dữ liệu ngày³ của giai đoạn 1976–1993 và chúng tôi phải bổ sung bằng cách sử dụng các bộ dữ liệu thời đoạn trống ERA-Interim và một số dữ liệu tái phân tích NCEP cho giai đoạn 1976–1978. Tuy các bộ dữ liệu ERA có tương quan tốt với nhiệt độ ngày thấp nhất, nhưng lại có nhiều sai số nóng dẫn đến kết quả là làm sai lệch theo hướng tăng số lượng đêm rất nóng. Dữ liệu tái phân tích NCEP với độ phân giải rất kém (khoảng cách khoảng 278,3km) được sử dụng để ước tính cho những ngày bị thiếu dữ liệu và cũng có sai số. Sau năm 1993, khi dữ liệu tại các trạm đầy đủ hơn, có thể đánh giá số lượng thực về các đêm rất nóng và xu hướng giảm vẫn tiếp tục diễn ra. Việc suy đoán vì sao xu hướng giảm này lại tồn tại và do nguyên nhân gì nằm ngoài phạm vi của nghiên cứu này. Tuy nhiên chúng tôi nghĩ rằng xu hướng đó sẽ không tiếp diễn trong tương lai vì BĐKH có thể làm cho nhiệt độ tăng nhanh hơn vào ban đêm so với ban ngày.

³ Do mật độ trạm thấp, các lỗ hổng dữ liệu do hậu quả của thời kỳ chiến tranh và tái thiết, sự chuyển tiếp đa dạng của địa hình Đà Nẵng từ bờ biển đến vùng núi trên một khoảng cách ngắn, nên khó thực hiện việc kiểm tra chất lượng dữ liệu tiêu chuẩn đối với bộ dữ liệu lịch sử. Cần thực hiện các kiểm tra đồng nhất để loại bỏ xu hướng giả có thể nằm trong dữ liệu của trạm, chẳng hạn như việc đo được nhiệt độ cao hay thấp hơn trong một khoảng thời gian cụ thể khi có cây xanh hoặc tòa nhà mọc lên gần trạm thời tiết. Tuy nhiên, việc tiến hành các bài kiểm tra và loại bỏ xu hướng giả đòi hỏi phải có khả năng so sánh đủ các trạm thời tiết gần nhau và xem các trạm này có cho thấy xu hướng giống nhau hay không. Chúng tôi không thể tiến hành các phép thử này đối với dữ liệu trước năm 1993 do mật độ trạm thấp (chúng tôi chỉ có dữ liệu từ một trạm cho cả giai đoạn và một phần dữ liệu từ hai trạm khác trong giai đoạn 1970–1993).

Bộ dữ liệu ERA-Interim và bộ dữ liệu tái phân tích NCEP đều là các bộ dữ liệu ô lưới trong đó dữ liệu quan trắc từ nhiều nguồn—các trạm thời tiết, tàu biển, máy thăm dò, v.v.—được thu thập và phân tích để lập bộ dữ liệu khí hậu trung bình cho mỗi ô lưới. Độ phân giải không gian của mỗi ô lưới là ước tính gần đúng của khí hậu trong toàn khu vực ô lưới; các đặc điểm địa phương chẳng hạn như đảo nhiệt đô thị của Đà Nẵng không được thể hiện rõ ràng trong các bộ dữ liệu này. Tuy nhiên, đôi khi đây lại là cách duy nhất để thể hiện gần đúng lịch sử khí hậu của một khu vực khi dữ liệu của các trạm không đầy đủ hoặc khó tiếp cận.



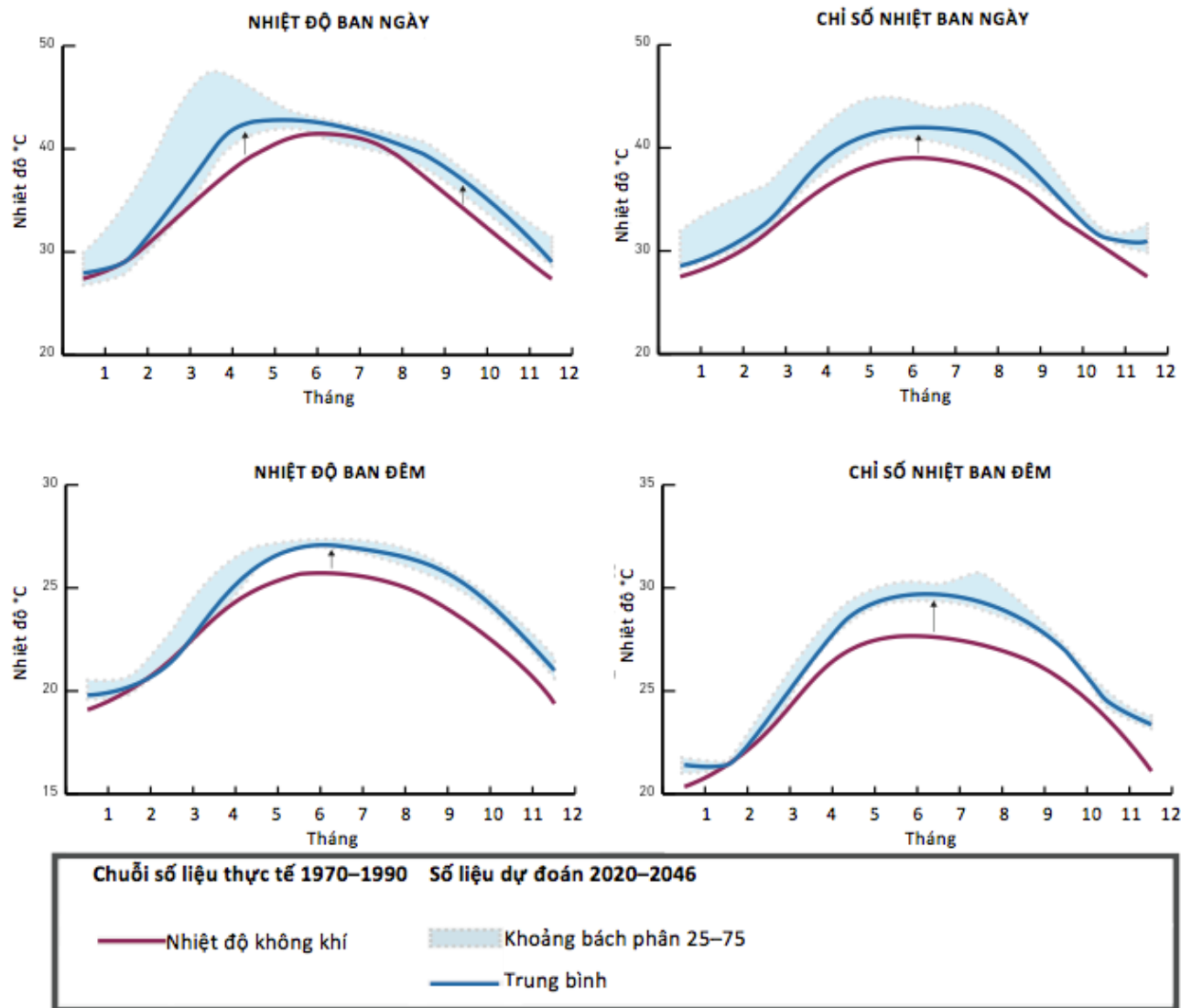


Hình 7: Xu hướng nhiệt độ trung bình ban đêm và các giá trị nhiệt trung bình trong giai đoạn 1970–2011 (hình trái) và xu hướng thay đổi về số đêm rất nóng với chỉ số nhiệt trên 28°C trong thời kỳ này (hình phải). Xu hướng giảm số đêm rất nóng là rất rõ từ khoảng bách phân thứ 95 và bắt đầu vào khoảng năm 1995. Xem tài liệu kèm theo để có thể giải thích về xu hướng giảm về số đêm rất nóng

Dự đoán BĐKH: Giai đoạn 2020–2049

Dự đoán về nhiệt độ môi trường ban ngày và ban đêm trong tương lai và giá trị chỉ số nhiệt ở hầu như tất cả kịch bản BĐKH cho thấy xu hướng nóng lên từ nay đến năm 2050 (**Hình 8** và **Bảng 3**). Sự nóng lên xảy ra rõ nhất vào các tháng trước mùa nóng (tháng 4 và tháng 5) và sau mùa nóng (tháng 9 đến hết tháng 11), và mùa nóng cũng sẽ nóng hơn. Do nhiệt độ môi trường tăng như vậy nên chỉ số nhiệt trong ngày bắt đầu giữ ở mức trung bình trên 40°C từ tháng 5 đến hết tháng 9, gây nguy hiểm cho người lao động làm việc ngoài trời lẫn trong nhà. Đến năm 2050, trung vị của chỉ số nhiệt trong ngày khó có khả năng đạt dưới 35,1°C trong bất cứ mùa nào, khiến người lao động làm việc ở ngoài trời lẫn trong nhà có nguy cơ chịu gánh nặng nhiệt nếu không áp dụng các biện pháp ứng phó. Chỉ có vào đầu mùa xuân, các mô hình không cho thấy sự tăng đáng kể về nhiệt độ môi trường ban ngày và ban đêm, từ đó chỉ có những thay đổi nhỏ về chỉ số nhiệt ban ngày và ban đêm. Vẫn có khả năng tăng nhiệt độ vào đầu mùa xuân (mép trên của khu vực màu xanh đậm) theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5⁴. Nhiệt độ ban đêm và các giá trị chỉ số nhiệt là khá cao (**Bảng 3**), cho thấy rằng các cá nhân sẽ không thể hồi phục được sức khỏe sau ngày làm việc nắng nóng.

⁴ Trong khi RCP 8.5 được coi là kịch bản phát thải cao trong mô hình khí hậu gần đây nhất của IPCC xây dựng, nó cũng được coi là kịch bản ‘phát triển bình thường’ trong đó con người không nỗ lực để giảm bớt lượng khí thải. Nó giả định rằng chúng ta tiếp tục thải ra lượng khí thải với tỷ lệ tăng dần hàng năm như hiện nay, như vậy gọi là phát triển bình thường. RCP 4.5 đại diện cho kịch bản phát thải thấp và về cơ bản là không thể thực hiện được vì nó giả định chúng ta bắt đầu giảm phát thải ngay từ bây giờ.



Hình 8: BĐKH có nhiều khả năng làm gia tăng nhiệt độ môi trường ban ngày và ban đêm (a và b) trong tất cả các tháng, ngoại trừ đầu mùa xuân, từ nay đến năm 2050 so với trước đây. Chỉ số nhiệt cũng sẽ gia tăng (với độ tin cậy cao, vì tất cả các mô hình và kịch bản phát thải đều cho ra kết quả tăng). Để xuất hiện điều kiện làm việc nguy hiểm vào khoảng tháng 5–9, khi chỉ số nhiệt trung bình có khả năng ở dưới mức 40°C vào ban ngày, và ban đêm cũng sẽ rất khó chịu.

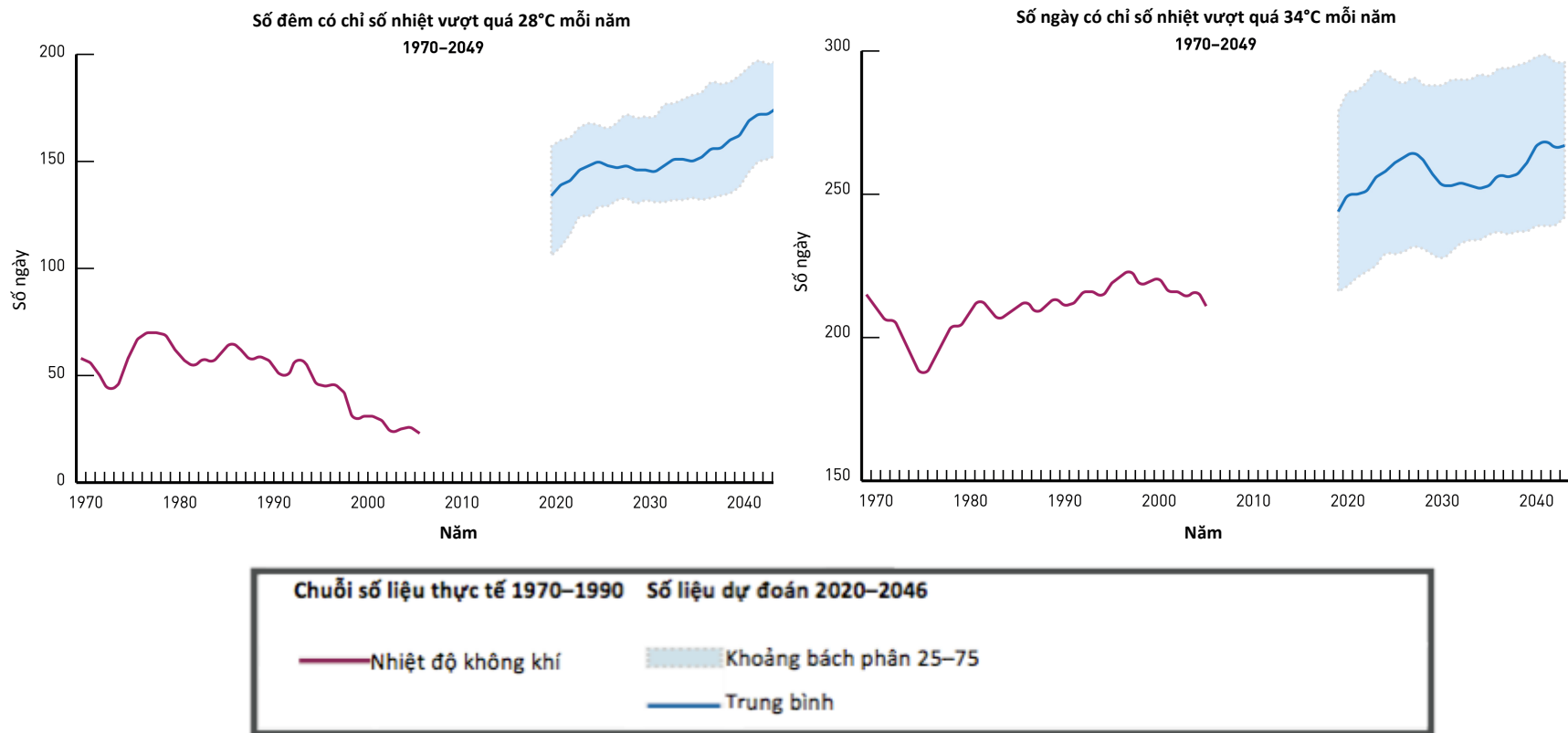
Đường màu đỏ biểu thị nhiệt độ môi trường trung bình và chỉ số nhiệt giai đoạn 1970–1999. Đường màu xanh biểu thị giá trị nhiệt độ môi trường trung bình và chỉ số nhiệt dự đoán cho giai đoạn 2020–2049. Vùng màu xanh cho biết khoảng tăng nhiệt độ có khả năng xảy ra, dựa theo độ phân tán của mô hình (khoảng tứ phân vị). Lưu ý sự khác nhau về mức nhiệt độ giữa một số biểu đồ.

Bảng 3: Trung bình nhiệt độ môi trường theo mùa và chỉ số nhiệt ngày và đêm trong giai đoạn lịch sử (1970–1999), và mức tăng dự kiến trong tương lai (2020–2049). Nhiệt độ dự đoán được trình bày theo các khoảng cho thấy độ phân tán của mô hình, với giá trị trung vị của mô hình trong ngoặc vuông []. Ví dụ, nhiệt độ môi trường trung bình ban ngày trong thời kỳ từ tháng 12 đến tháng 2 các năm 1970–1999 là 25,3°C. Trong giai đoạn 2020–2049, nhiệt độ này dự kiến sẽ tăng từ 0–2,7°C ở bất cứ nơi nào với giá trị trung vị dự kiến là [25,8°C]. Ví dụ này được thể hiện bằng màu vàng trong bảng.

Nhiệt độ môi trường (°C)				
Ban ngày			Ban đêm	
	1970–1999	2020–2049	1970–1999	2020–2049
Tháng 12–2	25,3	0 to 2,7° [25,8]	19,6	0,4 to 1,3° [20,3]
Tháng 3–5	30,7	0,9 to 6,1° [32,2]	23,4	0,2 to 1,8° [23,8]
Tháng 6–8	33,9	0 to 1,3° [34,1]	25,6	1,0 to 1,7° [26,7]
Tháng 9–11	29,2	0,9 to 2,5° [30,8]	23,2	1,3 to 1,8° [24,9]
Chỉ số nhiệt (°C)				
Tháng 12–2	28,1	1,2 to 5,1° [35,1]	21,0	0,9 to 1,3° [22,1]
Tháng 3–5	34,9	1,0 to 5,5° [40,5]	25,3	0,8 to 1,9° [26,4]
Tháng 6–8	38,7	1,5 to 5,6° [43,0]	27,5	1,7 to 2,9° [29,4]
Tháng 9–11	33,1	1,3 to 3,7° [36,8]	25,2	1,1 to 1,8° [26,5]

Số ngày (đêm) có chỉ số nhiệt trên 34°C (28°C) cũng sẽ tăng đáng kể ở tất cả các kịch bản BĐKH. Nếu sử dụng chỉ số nhiệt ban ngày cho phép như hiện tại là 30°C (tương đương mức cho lao động ngoài trời), thì đến năm 2050, nhiệt độ sẽ liên tục vượt quá ngưỡng này. Những thay đổi về nhiệt độ môi trường này là phù hợp với dự đoán của Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE, 2011). Chỉ số nhiệt lịch sử ban ngày cao hơn khoảng 3–6°C so với nhiệt độ môi trường. Do BĐKH, chỉ số nhiệt ban ngày có thể cao hơn trước đây tới 5,6°C. Đến năm 2050 mùa nóng sẽ có thể kéo dài từ tháng 3 đến hết tháng 10, tức là dài hơn trước đây từ 2–3 tháng. Chỉ số nhiệt ban đêm trong các tháng nóng nhất (tháng 6–8) sẽ có thể không giảm xuống dưới 29,4°C, làm giảm khả năng phục hồi vào ban đêm khi ngủ và làm trầm trọng thêm tình trạng sức khỏe vốn có, gây ra các bệnh tiểu đường hay huyết áp cao. **Hình 9** biểu thị những thay đổi dự kiến về số ngày (đêm) trong năm có chỉ số nhiệt vượt quá các ngưỡng quan trọng.





Hình 9: Những thay đổi về số đêm (hình trái) và số ngày (hình phải) trong năm có chỉ số nhiệt vượt quá ngưỡng nguy hiểm 28°C (đêm) và 34°C (ngày). Đường màu đỏ biểu thị các giá trị lịch sử, trong khi đường liền màu xanh biểu thị giá trị dự đoán trung bình của mô hình. Vùng màu xanh nhạt xung quanh đường liền màu xanh biểu hiện phạm vi có thể thay đổi trong tương lai. Lưu ý rằng xu hướng giảm về số đêm rất nóng vào nửa cuối thập kỷ 90 đã được thảo luận trong nghiên cứu này. Xu hướng giảm có thể sẽ không tiếp tục trong tương lai. BĐKH sẽ làm cho đêm nóng hơn và khiến người dân khó hồi phục sức khỏe hơn sau một ngày nóng nực.

Tóm tắt

Nghiên cứu này khẳng định rằng nhiệt độ đã tăng lên trong những thập kỷ vừa qua và BĐKH sẽ làm tăng thêm các đợt nắng nóng, kéo dài mùa nóng và gây tạo môi trường làm việc với nhiệt độ cao trong tương lai ở Đà Nẵng. Số ngày rất nóng có chỉ số nhiệt vượt quá ngưỡng hiện hành 34°C—theo hướng dẫn của Bộ y tế Việt Nam đối với người lao động làm việc nhẹ nhàng, bàn giấy trong nhà—đã tăng lên trong vài thập kỷ qua, tuy nhiên số đêm có chỉ số nhiệt vượt quá 28°C lại giảm. Theo các dự đoán từ nhiều GCM, mỗi GCM có một kịch bản phát thải thấp (RCP 4.5) và một kịch bản phát thải cao (RCP 8.5), BĐKH rất có khả năng làm tăng nhiệt độ môi trường và chỉ số nhiệt ngày và đêm. Trong tương lai, chỉ số nhiệt trung bình trong ngày có thể sẽ đạt khoảng 35°C hoặc cao hơn trong tất cả các mùa—điều này sẽ tác động mạnh đến sức khỏe và năng suất lao động của người lao động ở Đà Nẵng. Mùa nóng có khả năng kéo dài thêm từ hai đến ba tháng một năm vào năm 2050.

Một nghiên cứu của COHED cho thấy rằng nhận thức về biện pháp phòng ngừa để đối phó với gánh nặng nhiệt vẫn còn hạn chế. Một số đối tượng—như các hộ gia đình do phụ nữ làm chủ hoặc chủ cơ sở kinh doanh nhỏ—có rủi ro đặc biệt lớn từ gánh nặng nhiệt và mất khả năng lao động trong điều kiện khí hậu ngày nay bởi vì họ có ít khả năng tài chính hơn để có thể nghỉ ngơi vào giữa ngày hay đầu tư vào các biện pháp hạ nhiệt khác nhau như điều hòa nhiệt độ (Dao et al. 2013). Công nhân xây dựng, nông dân, người bán hàng rong và ngư dân (đều là người lao động ngoài trời), và những công nhân làm việc trong nhà tham gia các ngành sản xuất hoặc may mặc, hoặc những người làm việc trong môi trường nhà xưởng không có hệ thống thông gió tốt sẽ bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Nhiều người lao động hiện nay có rất ít tiếng nói ở nơi làm việc để yêu cầu có các biện pháp làm mát, nghỉ ngơi hay quần áo bảo hộ; không có những biện pháp này trong tương lai, họ sẽ không thể đáp ứng nhu cầu năng suất của người sử dụng lao động.

Do cả nhiệt độ ban ngày và ban đêm sẽ tiếp tục gia tăng do BĐKH, cũng như do tác động của hiệu ứng đảo nhiệt trong khu vực thành phố gây ra bởi quá trình phát triển và thay đổi sử dụng đất, các biện pháp đối phó mang tính thụ động như mở cửa sổ hay treo vải ướt để làm không còn hiệu quả nữa. Người dân cần được điều hòa nhiệt độ, đặc biệt là vào buổi tối, để có thể hồi phục trước những tác động của gánh nặng nhiệt của thời gian làm việc ban ngày. Những người nghèo hơn đang dựa vào các biện pháp này sẽ bị ảnh hưởng đặc biệt nặng nề do sự gia tăng dự kiến của nhiệt độ môi trường và chỉ số nhiệt. Số người này, đặc biệt là người nhập cư, thường thuê nhà giá rẻ không có hệ thống thông gió thích hợp và các biện pháp làm mát chủ động như máy điều hòa nhiệt độ, và cách nhiệt kém. Những khu nhà này giữ nhiệt vào ban đêm và nhiệt độ ban đêm nóng hơn trong tương lai sẽ làm cho người lao động có thu nhập thấp không thể phục hồi sức khỏe sau khi phải chịu đựng gánh nặng nhiệt ban ngày. Vì tác động đối với sức khỏe tăng do BĐKH và năng suất lao động giảm, nên những người đặc biệt nghèo có thể mãi chìm trong vòng luẩn quẩn của đói nghèo.

Đồng thời, trong khi điều hòa nhiệt độ sẽ ngày càng trở nên cần thiết để cải thiện điều kiện làm việc cho người làm việc trong nhà và cho mọi người vào ban đêm, người lao động làm việc ngoài trời lại không thể tận hưởng được tiện nghi này. Các chiến lược mới (ngoài phạm vi hợp phần nghiên cứu của ISET) cần được nghiên cứu để giúp bảo vệ người lao động làm việc ngoài trời. Cũng cần nghiên cứu thêm để hiểu tác động tiềm tàng của việc tăng sử dụng điều hòa nhiệt độ đối với đảo nhiệt đô thị ở Đà Nẵng. Nhiều tòa nhà được trang bị điều hòa nhiệt độ tỏa ra rất nhiều nhiệt sẽ làm tăng nhiệt độ của đô thị và tăng chỉ số nhiệt ban ngày và ban đêm đến mức vượt quá phạm vi điều tra của nghiên cứu này. Do hiệu ứng đảo nhiệt đô thị tăng từ quá trình sử dụng điều hòa nhiệt độ và sử dụng xe hơi tăng, một số vị trí cục bộ ở Đà Nẵng có thể có nhiệt độ cao hơn đến 10°C so với chỉ số nhiệt trung bình của thành phố. Người lao động làm việc ngoài trời trong các khu vực này sẽ có nguy cơ sốc nhiệt cao và có thể tử vong trong mùa nóng nếu chỉ số nhiệt cục bộ ở những nơi này lên tới 45–55°C và không được phép nghỉ ngơi và thực hiện các biện pháp bảo vệ. Việc xem xét đến hiệu ứng đảo nhiệt cục bộ ở đô thị trong cảnh báo chỉ số nhiệt do cơ quan có trách nhiệm đề ra và buộc



người sử dụng lao động phải có trách nhiệm bảo vệ sức khỏe của người lao động sẽ trở nên ngày càng quan trọng.

COHED đang làm việc với một số đối tác, trong đó có Trung tâm Y tế Dự phòng Đà Nẵng và Viện Khoa học Lao động và Xã hội (Bộ Lao động Thương binh và Xã hội) để nâng cao năng lực của người lao động có thu nhập thấp trong việc đối phó với nhiệt độ tăng do BĐKH. Cần có các biện pháp nâng cao nhận thức của người sử dụng lao động và người lao động cũng như các biện pháp thích ứng để nâng cao năng lực của người dân Đà Nẵng trong việc đối phó với các mối đe dọa ngày càng tăng do nắng nóng gây ra. COHED và các đối tác của dự án sẽ sử dụng các thông tin về chỉ số nhiệt được đưa ra từ hoạt động nghiên cứu này để thông báo về những nỗ lực của họ trong việc cải thiện khả năng ứng phó với nhiệt độ cao ở Đà Nẵng.



Tài liệu tham khảo

- Budd, G.M. (2008). Wet-bulb globe temperature (WBGT)-its history and its limitations. *Journal of Science and Medicine in Sport* 11: 20-32.
- Bureau of Meteorology [BOM] (2010). Thermal Comfort observations. Australian Government. http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/#wbgt. Accessed 19 Sept. 2014.
- Curtis, M.B. and F.W. Gallagher (undated). *An Evaluation of Several Wet Bulb Globe Temperature Algorithms at Dugway Proving Ground*. United States Army: Utah.
- Đào, T.M.H., N. Đỗ Anh, P.H. Nguyễn et al. (2013). *Gánh nặng nhiệt và khả năng ứng phó của người lao động làm việc ngoài trời và gia đình ở thành phố Đà Nẵng, Việt Nam*. Bộ tài liệu nghiên cứu về thích ứng với BĐKH cho các thành phố châu Á, số 3. COHED & IIED.
- Dee, D.P., S.M. Uppala, A.J. Simmons, et al. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 137: 553-597.
- Dunne, J.P., R.J. Stouffer and J.G. John. (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change*. doi:10.1038/NCLIMATE1827.
- Epstein, Y. and D.S. Moran. (2006). Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. *Industrial Health* 44: 388-398.
- Gundmundsson, L., J.B. Bremnes, J.E. Haugen et al. (2012). Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using quantile mapping – a comparison of methods. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 9: 6185-6201.
- Hashimo, T., A.A. Bradley and S.S. Schwartz. (2007). Evaluation of bias-correction methods for ensemble streamflow volume forecasts. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 939-950.
- Huang, C., Vaneckova, P., Wang, X. et al. (2011) Constraints and barriers to public health adaptation to climate change: a review of the literature. *American Journal of Preventive Medicine*. 40. pp. 183-190.
- Huebler, M., G. Klepper, and S. Peterson. (2007). *Costs of Climate Change. The Effects of Rising Temperatures on Health and Productivity in Germany*. Kiel Working Paper No. 1321. Kiel Institute for the World Economy: Kiel.
- IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, US.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society* 77: 437-470.
- Kjellstrom, T., R.S. Kovats, S.J. Lloyd et al. (2009). The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity. *Archives of Environmental and Occupational Health* 64(4): 217-227.



Kirtman, B., S.B. Power, J.A. Adedoyin et al. (2013). Near-term Climate Change: Projections and Predictability. . In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. [Stocker, T.F. et al. (eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge.

Laux, P., V.T. Phan, C. Lorenz et al. (2012). Setting Up Regional Climate Simulations for Southeast Asia. pp. 391-406. In: W.E. Nagel et al. (eds.). *High Performance Computing in Science and Engineering '12*. Springer-Verlag: Berlin.

Lemke, B. and T. Kjellstrom (2012). Calculating Workplace WBGT from Meteorological Data: A Tool for Climate Change Assessment. *Industrial Health* 50: 267-278.

Li, H., J. Sheffield and E.F. Wood. (2010). Bias correction of monthly precipitation and temperature fields from Intergovernmental Panel on Climate Change AR4 models using equidistant quantile matching. *Journal of Geophysical Research* 115: doi:10.1029/2009JD012882.

Luber, G. and M. McGeehin (2008). Climate Change and Extreme Heat Events. *American Journal of Preventative Medicine* 35(5): 429-435.

McMichael, A. J., R. E. Woodruff and S. Hales (2006). Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 367(9513): 859-869.

Bộ Y tế [MOH] (2002). *Ban hành 21 tiêu chuẩn vệ sinh lao động, 05 nguyên tắc và 07 chỉ tiêu vệ sinh lao động*. Số 3733/2002/QĐ-BYT. Nước Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam: Hà Nội.

Mochida, T., K. Kuwabara, and T. Sakoi (2007). Derivation and analysis of the indoor Wet Bulb Globe Temperature index (WBGT) with a human thermal engineering approach – Part 1. Properties of the WBGT formula for indoor conditions with no solar radiation. *Proceedings of CLIMA 2007 Wellbeing Indoors*.

Mohan, M., Y. Kikegawa, B.C. Gurjar et al. (2013). Assessment of urban heat island effect for different land use-land cover from micrometeorological measurements and remote sensing data for megacity Delhi. *Theoretical and Applied Climatology* 112: 647-658.

Moore, S.M., A. Monaghan, K.S. Griffith et al. (2012). Improvement of Disease Prediction and Modeling through the Use of Meteorological Ensembles: Human Plague in Uganda. *PLoS ONE* 7(9): e44431.

Bộ Tài nguyên và Môi trường [MONRE] (2011). *Chiến lược quốc gia về BĐKH*. Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam.

Nguyễn, D.Q., J. Renwick và J. McGregor (năm 2014). Những biến đổi của nhiệt độ bề mặt và lượng mưa tại Việt Nam từ 1971 đến 2010. *Tạp chí khí hậu học quốc tế* 34: 249-274.

Nguyễn, P.H. (2013). Gánh nặng nhiệt tại nơi làm việc: xây dựng khả năng thích ứng của người lao động làm việc ngoài trời. Tóm tắt chính sách thích ứng với BĐKH của các thành phố châu Á. COHED và IIED.

National Weather Services [NWS] (2014). Beat the Heat Weather Ready Nation Campaign. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). <http://www.nws.noaa.gov/om/heat/index.shtml>. accessed 17 September 2014.



Opitz-Stapleton, S. and S. Gangopadhyay. (2011). A non-parametric, statistical downscaling algorithm applied to the Rohini River Basin, Nepal. *Theoretical and Applied Climatology* 103: 375-386.

Pantavou, K., G. Theoharatos, A. Mavrakakis and M. Santamouris (2011). Evaluating thermal comfort conditions and health response during an extremely hot summer in Athens. *Building and Environment* 46: 339-344.

Parsons, K. (2006). Heat Stress Standard ISO 7342 and its Global Application. *Industrial Health* 44: 368-379.

Quintana-Seguí, P., F. Habets and E. Martin. (2011). Comparison of past and future Mediterranean high and low extremes of precipitation and river flow projected using different statistical downscaling methods. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11: 1411-1432.

Roy, J., A. Chakrabarti and K. Mukhopadhyay (2011). *Climate Change, Heat Stress and Loss of Labour Productivity: A Method for Estimation*. Global Change Programme, Jadavpur University: Kolkata.

Sherwood, S.C. and M. Huber (2010). An adaptability limit to climate change due to heat stress. *PNAS* 107 (21): 9552-9555.

Smith, K.R., A. Woodward, D. Campbell-Lendrum et al. (2014). Chapter 11. Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press: Cambridge.

Srinavin, K. and S. Mohamed. (2003). Thermal environment and construction workers' productivity: some evidence from Thailand. *Building and Environment* 38: 339-345.

Steadman, R.G. (1979a). The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. *Journal of Applied Meteorology* 18: 861-873.

Steadman, R.G. (1979b). The Assessment of Sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature. *Journal of Applied Meteorology* 18: 874-885.

Steadman, R.G. (1984). A Universal Scale of Apparent Temperature. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 23: 1674-1687.

van Vuuren, D., J. Edmonds, Kainuma, et al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109: 5-31.

von Storch, H., B. Hewitson and L. Mearns (2000). Review of Empirical Downscaling Techniques. In: *Regional Climate Development under Global Warming*, General Technical Report No. 4., Conference Proceedings, Torbjornrud, Norway.

Wilby, R.L., S.P. Charles, E. Zorita et al. (2004). *Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods*. Supporting Material for the Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA).



Xu, Y. J., T. Liu, X. L. Song et al. (2012) Investigation on the perception of risk level of heat wave and its related factors in Guangdong province. *Chinese Journal of Preventive Medicine*. 46 (7): 613-618.

Yaglou, C.P. and D. Minard. (1957). Control of heat casualties at military training centers. *American Medical Association Archives of Industrial Health* 16: 302-316.

Zeng, W. L., W. J. Ma, Y. H. Zhang et al. (2012) Modification effect of latitude on relationship between high temperature and mortality risk among elderly: a Meta-analysis. *Journal of Environment and Health*. 29 (7): 639-642.

