

โรคไข้เลือดออกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ:
การประเมินความเปราะบางและการปรับตัวทางด้านสุขภาพ
Dengue Fever and Climate Change: Health Vulnerability and Adaptation
Assessment

นิกร ฮะเจริญ^{1*} และ มณฑิรา ยุติธรรม²

Nikorn Hajarean and Montira Yuttithum

นักศึกษาลัทธิสุตร วท.ม.(การจัดการเมืองน่าอยู่และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน) คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล^{1*},

อาจารย์ประจำคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล²

M.Sc. (Livable City Management and Environmental Sustainability)

Faculty of Environment and Resource studies, Mahidol University^{1*},

Lecturer, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University²

(Received: October 22, 2018; Revised: July 22, 2019; Accepted: July 22, 2019)

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกส่งผลกระทบต่อกระดุมการดำเนินระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหลายแห่ง เช่นเดียวกับผลกระทบต่อสุขอนามัยของมนุษย์ หลักฐานปัจจุบันชี้ชัดว่าความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศโลก มีอิทธิพลโดยตรงต่อระบาดวิทยาของโรคที่เกิดจากพาหะนำโรคโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่เกิดจากยุงเป็นพาหะ โรคไข้เลือดออก เป็นโรคติดต่อที่มียุงลายเป็นพาหะนำโรค ทั่วโลกพบอุบัติการณ์ของโรคเพิ่มขึ้น 30 เท่า ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา ดังนั้นการทำความเข้าใจถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงและความเปราะบางทางด้านสุขภาพกับการระบาดของโรคไข้เลือดออก จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนการรับมือกับการระบาดของโรค รวมถึงการยกระดับขีดความสามารถในการปรับตัวทางด้านสุขภาพของชุมชนเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือของทุกภาคส่วน เป็นความท้าทายอย่างยิ่งของบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขภายใต้ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอประเด็นวิธีการในการประเมินความเปราะบางของสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, ไข้เลือดออก, ความเปราะบางทางด้านสุขภาพ, การปรับตัว

*ผู้ให้การติดต่อ (Corresponding e-mail: nkhaचारoen@yahoo.com เบอร์โทรศัพท์ 081-9144566)

Abstract

The world's climate change had an effect on the ecosystem and the living organisms residing in the ecosystem, as well as, human health. Current evidences indicate that the fluctuation of the world's climate have a direct impact that contribute to the epidemiology of diseases derived from a carrier, especially mosquito-borne diseases. Dengue fever is an infectious disease transmitted by mosquitoes that act as a disease carrier. It was found that the occurrence of the disease had increased worldwide by 30 times for the past 50 years. Therefore, understanding the impacts of the change and vulnerability of health and the outbreak of dengue fever is extremely important in planning on coping with the disease outbreak, as well as, enhancing the community's health adaptation capacity in order to minimize such effects, which requires cooperation from all sectors. This is a big challenge especially for healthcare professionals and public health personnel that lies at risk of climate change. Therefore, this article aims to present the issue related to the evaluation methods of climate vulnerability and health.

Keywords: Climate Change, Dengue Fever, Health Vulnerability, Adaptation

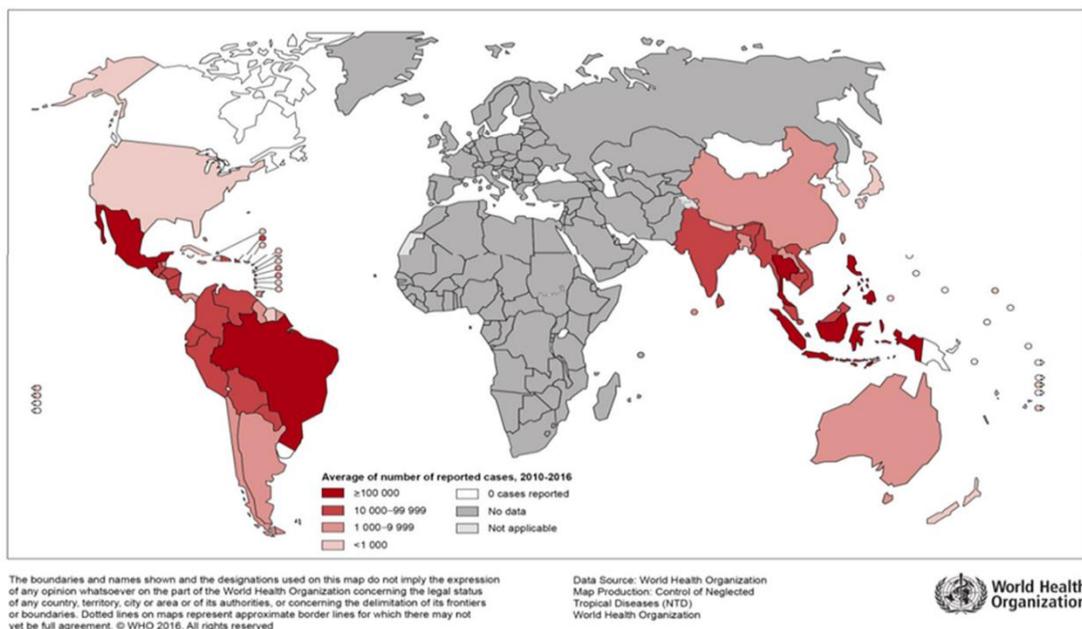
บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และโดยเฉพาะผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือ IPCC และองค์การอนามัยโลกได้ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ของโลกนั้น ได้ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health) และสุขภาวะ (Well-Being) ของมนุษย์ (IPCC, 2007) การเปลี่ยนแปลงแรกสุดด้านสุขภาพที่เห็นได้ชัดอาจมาจากเปลี่ยนแปลงพิกัดด้านภูมิศาสตร์ และฤดูกาลของเชื้อโรคติดต่อรวมถึงเชื้อที่ต้องใช้พาหะนำโรค เช่น โรคมาลาเรีย ไข้เลือดออก หรือโรคติดเชื้อจากอาหารและน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ชัดที่สุดในช่วงเดือนที่มีอากาศร้อน ดังปรากฏในรายงาน “World Health Report 2002” ขององค์การอนามัยโลกว่าในปี ค.ศ.2000 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงประมาณร้อยละ 2.4 จากทั่วโลก และเป็นสาเหตุของโรคมาลาเรียร้อยละ 6 ในบางประเทศที่มีรายได้ปานกลาง (WHO, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานฉบับที่ 3 ของ IPCC สรุปว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะเพิ่มภัยคุกคามต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรที่มีรายได้ต่ำ และในกลุ่มประเทศเขตร้อนและอบอุ่น (IPCC, 2001) ปัจจุบันพบว่าทั่วโลกมีประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นไข้เลือดออกถึง 2,500 ล้านคน และมีประชากรที่ติดเชื้อประมาณปีละ 50 ล้านคน (WHO, 2009) และประเทศไทยก็อยู่ในกลุ่มประเทศที่มีความเสี่ยงต่อโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่เกิดจากยุงเป็นพาหะ”

โรคไข้เลือดออก (Dengue Hemorrhagic Fever; DHF) หรือไข้เดงกี (Dengue Fever; DF) เป็นโรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสที่สำคัญที่สุด ทั่วโลกพบว่าอุบัติการณ์ของการเกิดโรคนี้นี้เพิ่มขึ้นประมาณ 30

เท่าในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา (WHO, 2016) กระแสโลกาภิวัตน์ การติดต่อค้าขาย การขยายตัวของความเป็นเมือง การท่องเที่ยว การเปลี่ยนแปลงทางด้านประชากรศาสตร์ การจัดหา น้ำสะอาดภายในประเทศที่ไม่เพียงพอ และ อุณหภูมิที่อุ่นขึ้น มีความเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของยุง และโรคไข้เลือดออกทั้งสี่ชนิด ยุงที่เป็นพาหะนำโรค ไข้เลือดออกเดงกี คือ ยุงลายบ้าน (*Aedes Aegypti*) และ ยุงลายสวน (*Aedes Albopictus*) โดยยุง *Ae. Aegypti* มีต้นกำเนิดมาจากแอฟริกา และยุง *Ae. Albopictus* มีต้นกำเนิดมาจากเอเชีย ซึ่งมีการแพร่ขยายอย่างรวดเร็วในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา เนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายผ่านภาคพื้นทวีป และแพร่กระจายทางบกโดย อุตุสัทธรรมการขนส่งสินค้าทั่วโลก ในน้ำที่ซึ่งอยู่ในยางรถยนต์หรือภาชนะอื่น ๆ ที่ยุงสามารถวางไข่ได้ ไวรัส Dengue (DENV) ยังแพร่กระจายอย่างรวดเร็วผ่านทางนักท่องเที่ยว ซึ่งมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา (Semenza, et. al., 2014)

แม้ว่าตัวเลขเหล่านี้จะเป็นค่าประมาณการที่ได้จากการศึกษาแบบจำลองต่าง ๆ แต่ในสถานการณ์พื้นที่เสี่ยงโดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา การแพร่ระบาดของไข้เลือดออกที่องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้รับความแตกต่างกันอยู่มากกับค่าที่คาดการณ์ไว้ เหตุผลหลักคือการขาดทรัพยากร และความสามารถในการสำรวจโรคไข้เลือดออกอย่างมีประสิทธิภาพ และข้อเท็จจริงที่ว่าในหลายประเทศจะมีการรายงานโรคเฉพาะกรณีที่ได้รับการยืนยันจากห้องปฏิบัติการเท่านั้น ซึ่งจะมีจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกที่ไม่ได้รับการบันทึกและรายงานอีกเป็นจำนวนมาก ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 องค์การอนามัยโลกไม่ได้รับการแจ้งเตือนกรณีไข้เลือดออกจากประเทศที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด ปัจจุบันไม่มีรายงานโรคจาก Sub-Saharan Africa (AFRO) หรือประเทศในแถบ The Eastern Mediterranean Region (EMRO) ซึ่งคาดว่าจะมีความเป็นไปได้สูงในการแพร่ระบาดของโรค ไข้เลือดออก (WHO, 2016) ดังนั้นบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอประเด็นวิธีการในการประเมินความเปราะบางของสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ



ภาพ 1 สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออกทั่วโลกในปี ค.ศ.2016 (WHO, 2016)

1. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และยุงพาหะ

โรคไข้เลือดออก ซึ่งเกิดจาก เฟลวิไวรัส (Flavivirus) นั้นจะติดต่อกันได้ผ่านทางยุงลาย (Mosquitoes of the Genus Aedes) ที่เป็นพาหะนำโรค โดยยุงที่เป็นพาหะในการแพร่กระจายเชื้อไวรัสเดงกี (Dengue Viruses) หลัก ๆ แล้วก็คือยุงลายบ้าน (Aedes Aegypti) ซึ่งยุงลายบ้านนั้นเป็นพาหะที่มีประสิทธิภาพในการแพร่กระจายโรคระบาดเนื่องจากส่วนใหญ่แล้วจะมีความไวต่อเชื้อไวรัสเดงกี ชอบกัดคนมนุษย์ หากกินในเวลากลางวัน และยังสามารถในการกัดได้หลาย ๆ คนในช่วงเวลาสั้น ๆ ในหนึ่งมื้ออาหาร (Gibbons, & Vaughn, 2002; Gubler, 2002) ส่วนยุงลายสวน (Aedes Albopictus) นับเป็นพาหะของไข้เดงกี รองลงมา เนื่องจากชอบเหยื่อ (Host) ที่แตกต่างกันไป (Lambrechts et al., 2010) ซึ่งยุงลายสวนนั้นกลับมีความไวต่ออุณหภูมิที่น้อยกว่า และมักจะอพยพไปอยู่ในเขตที่อบอุ่น (Gubler, 2003)

โดยพื้นที่เขตร้อนจะมีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการเป็นพาหะนำโรค (Vectorial Capacity) รวมถึงอัตราการรอดชีวิต อัตราการกัด และระยะฟักตัวภายนอกในยุง (Extrinsic Incubation Period) มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเป็นพาหะนำโรคนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอุ่นขึ้นถึง 29 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุ่นขึ้นไปอีกนั้นก็เกินขีดจำกัดของการแพร่ระบาดที่เหมาะสม (Liu-Helmersson et al., 2014) โดยจากข้อมูลการแผ่รังสีของโรคเดงกี ได้มีงานศึกษาวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอุบัติการณ์กับสภาพอากาศ โดยผลอาจเกิดขึ้นล่าช้าออกไปเป็นสัปดาห์และเป็นเดือนได้ (Hii et al., 2009; Johansson et al., 2009) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อชีวิตของแมลงในหลายด้าน เช่น การกระจายทางภูมิศาสตร์ อัตราเร่งการเจริญเติบโต การเพิ่มจำนวนรุ่น การขยายพันธุ์ที่ยืดยาวขึ้น นอกจากนี้แสงสว่างยังมีอิทธิพลต่อกิจกรรมที่ทำตามฤดูกาล (Seasonality) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อยุงพาหะสามารถสรุปได้ 4 ด้านดังนี้ (Apiwathnasorn, 2012)

1. ผลกระทบที่มีต่อสรีรวิทยา โดยเฉพาะอุณหภูมิซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโต แมลงจึงมักจะมีการพัฒนา และเจริญเติบโตเหมาะสมที่สุดในช่วงกว้างของอุณหภูมิ แมลงสามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงในช่วงไม่ห่างกันมาก คือไม่เกิน 40-50 องศาเซลเซียส ส่วนมากจึงมักหลีกเลี่ยงแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ซึ่งจะหยุดการเจริญเติบโตหรือฆ่าแมลงได้เพราะ metabolism ของแมลงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อุณหภูมิ 30 -40 องศาเซลเซียส ยุงเจริญเติบโตจากไข่ไปเป็นตัวเต็มวัย มักใช้เวลาตั้งแต่ 7-14 วันที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส และที่ 28 องศาเซลเซียส ยุงมีวงจรชีวิต 10-12 วัน และวงจรชีวิตอาจนานถึง 20 วันเมื่ออุณหภูมิต่ำลงถึง 20 องศาเซลเซียส ภายหลังจากกินเลือดไซในท้องยุงจะใช้เวลาเจริญเติบโต 4-5 วันที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ยุงจะใช้เวลาเพียง 7 วันเท่านั้น และ การเจริญเติบโตของไซในท้องยุงภายหลังจากกินเลือดจะลดลงเหลือเพียง 2-3 วัน ดังนั้นเมื่อโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นยุงจะกินเลือด วางไข่ และกัดถี่ขึ้น

2. ผลกระทบต่อการแพร่กระจาย โดยเฉพาะที่มีผลมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในประเทศโคลัมเบีย ยุงลายบ้านเคยพบอยู่ในถิ่นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,500 เมตร แต่ปัจจุบันกลับพบยุงชนิดนี้ในระดับสูงจากระดับน้ำทะเล 2,200 เมตร สันนิษฐานว่าอาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

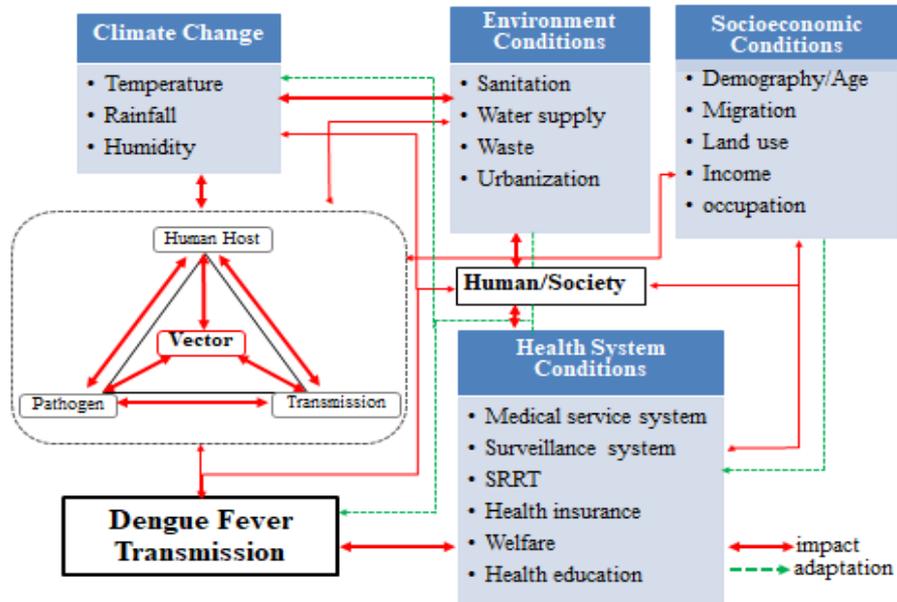
3. ด้านชีวลักษณะ (Phenology) คือการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างภูมิอากาศและปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น การกระจาย ความหลากหลายและชุกชุมของสิ่งมีชีวิตตามฤดูกาล

4. อิทธิพลต่อการปรับตัวกับสภาพแวดล้อม ในภาวะของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นสภาวะกดดันที่เกิดกับถิ่นอาศัยของแมลง แมลงจะมีการตอบสนองใน 3 รูปแบบคือ ย้ายถิ่นฐาน หรือปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปด้วยวิธีเปลี่ยนแปลงลักษณะของสัณฐานวิทยา เช่น ลักษณะปรากฏปลอม (Phenotypic Plasticity) หรือวิวัฒนาการ (Evolution) ยุคสมัยบ้านได้มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในเมืองได้ดีโดยการแพร่พันธุ์ในภาชนะต่างๆ ที่เก็บน้ำฝนได้ (Lambrechts et al., 2010)

2. ตัวขับเคลื่อนอื่น ๆ ของการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออก

นอกเหนือไปจากสภาพอากาศและภูมิอากาศ, ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมและปัจจัยด้านสาธารณสุขก็ยังมีเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญของรูปแบบเชิงพื้นที่ของการแพร่ระบาดของยุง Aedes และโรคไข้เลือดออก การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยมนุษย์ เช่น จากการเพาะปลูก, การสร้างเขื่อนกั้น, การชลประทาน, การสร้างชุมชนเมืองโดยไม่ได้วางผังเมือง, และการเพิ่มขึ้นของการย้ายถิ่น, การท่องเที่ยว, และการค้าขาย สามารถส่งผลต่อการกระจายตัวของพาหะและเชื้อไวรัสได้ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มพื้นที่ในการผสมพันธุ์ของยุง หรือความหนาแน่นของประชากรที่มีความไวต่อการเกิดโรค ปฏิสัมพันธ์เหล่านี้ระหว่างสภาพอากาศ, สภาพทางสังคมและเศรษฐกิจและปัจจัยอื่น ๆ มีความซับซ้อน แตกต่างกันไปตามพื้นที่ นอกจากนี้ปัจจัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม เช่น ที่อยู่อาศัยที่มีคุณภาพไม่ดีในเขตเมือง, การจัดการน้ำสะอาด การสุขาภิบาล และการจัดการของเสียที่ถูกหลักสุขาภิบาล ทั้งหมดนี้ล้วนส่งผลต่อการแพร่กระจายของยุง Aedes และโรคไข้เลือดออก

นอกจากนี้ปัจจัยทางด้านระบบบริการสุขภาพ ก็มีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรคไข้เลือดออกได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจะมีความซับซ้อนและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ อาทิ ระบบเฝ้าระวังและควบคุมโรค แผนงานด้านการป้องกันโรคในทุกระดับ ความรู้ความเข้าใจ และความตระหนักของประชาชนในการที่จะกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายอย่างต่อเนื่องและจริงจัง ความตั้งใจจริงของเจ้าหน้าที่ของรัฐในการป้องกัน และควบคุมโรคไข้เลือดออกและนโยบายของผู้บริหารสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เป็นสิ่งที่มีการแปรเปลี่ยน และมีผลกระทบอย่างต่อเนื่องกับการแพร่กระจายของโรคไข้เลือดออกเป็นอย่างยิ่ง (ภาพ 2)



ภาพ 2 แผนภาพวิเคราะห์ระบบปัจจัยเสี่ยงในการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออกในมนุษย์และความเชื่อมโยง (ที่มา: ปรับจาก Ebi, & Nealon, 2016; Wu *et al*, 2016)

3. แนวคิดความเปราะบาง และการปรับตัวด้านสุขภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความเปราะบาง (Vulnerability) เป็นคำที่ใช้อธิบายสถานการณ์ในเชิงลบที่ระบบหรือภาคส่วนหนึ่ง ๆ หรือหน่วยสังคมหนึ่ง ๆ เผชิญอยู่ ซึ่งเป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงซึ่งก่อให้เกิดแรงกดดันและการเป็นความเสี่ยงที่ภาคส่วนนั้น ๆ ไม่มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการเพื่อให้พ้นจากสภาวะนั้น หรือบริหารจัดการให้ตนเองพ้นจากความเสี่ยงนั้นไปได้ การศึกษาวิจัยด้านความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศโดยส่วนใหญ่มักยึดความหมายตามแนวคิดของ Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC (2001, 2007)

3.1 ความเปราะบาง (Vulnerability): นิยาม ความหมาย

ความเปราะบาง (Vulnerability) หมายถึง การที่ระบบไม่สามารถรับมือต่อผลกระทบเชิงลบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งความแปรปรวนและสภาพอากาศที่รุนแรง ซึ่งเป็นผลจากการที่ระบบรับสัมผัสต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเปราะบางเป็นกระบวนการทำงานร่วมกันของคุณลักษณะขนาด และ อัตราของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความแปรปรวนของการรับสัมผัสที่ระบบได้รับ ความอ่อนไหว และ ความสามารถในการปรับตัวของระบบ (IPCC, 2007b) จากความเปราะบางภายใต้นิยามของ IPCC สามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันที่สำคัญ 3 ตัวแปร ดังนี้

Exposure (การสัมผัสกับปัจจัยอันตราย/แรงกดดัน) การสัมผัสกับปัจจัยอันตราย ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางธรรมชาติและสภาวะที่ระบบกำลังประสบหรือสัมผัสกับภัยคุกคาม โดยขึ้นอยู่กับความถี่ ระยะเวลา ขอบเขตความรุนแรง และพฤติกรรมของปัจจัยอันตราย หรือเหตุการณ์ที่ระบบกำลังสัมผัสหรือได้รับผลกระทบภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยอันตราย หมายถึง เหตุการณ์ทางกายภาพที่เกิดจากความ

แปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ภัยแล้ง อุทกภัย พายุและเหตุการณ์ฝนตกหนัก ทั้งนี้ ผลลัพธ์ของภัยพิบัติดังกล่าว ปรากฏในรูปการสูญเสียชีวิต ผู้ที่ได้รับผลกระทบ การสูญเสียด้านเศรษฐกิจ

Sensitivity (ความอ่อนไหว) ซึ่งอธิบายถึงระดับผลกระทบทั้งในเชิงบวกและลบที่ระบบได้รับสัมผัสกับ ปัจจัยอันตราย ที่อาจเป็นผลกระทบทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ โดยความอ่อนไหวของระบบถูกกำหนดด้วย คุณสมบัติและสถานภาพของระบบเป็นหลัก

Adaptive Capacity (ความสามารถในการปรับตัวของระบบ) หมายถึง ความสามารถของระบบในการ ตอบสนองและปรับตัวต่อการเผชิญกับปัจจัยคุกคามเพื่อลดความเสียหาย ในขณะเดียวกัน แสวงหาโอกาสและ ผลประโยชน์จากผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รวมทั้งการตั้งรับและปรับตัวเข้ากับผลกระทบที่อาจ เกิดขึ้นภายหลัง

3.2 ความเปราะบางทางด้านสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความเปราะบางด้านสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Health vulnerability from climate change) เป็นการผสมผสานกันของการเปลี่ยนแปลงในความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศที่คาดการณ์ไว้ (เช่น อุณหภูมิ, การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ฯลฯ) ที่จะส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงด้านสุขภาพที่มีอยู่ปัจจุบัน และยังมีความเสี่ยงใหม่เพิ่มขึ้นในแต่ละพื้นที่ จะมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยคุณลักษณะของบุคคล และชุมชน สภาพเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมกายภาพ ดังนี้

3.2.1 สภาพภูมิศาสตร์ พื้นที่ตั้งทางภูมิศาสตร์เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อผลกระทบทางสุขภาพจาก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Samson et al., 2011) ผู้ทำงานกลางแจ้งที่อยู่ในประเทศเขตร้อนถึงระดับที่ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ จะมีความเสี่ยงมากกว่าผู้ทำงานกลางแจ้งในประเทศที่มีอากาศเย็นกว่า (Kjellstrom et al., 2009) ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของโรคนาโดยแมลง จะมีความเปราะบาง กับการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดโรคที่อาจจะสูงขึ้น หากรูปแบบของฝนเปลี่ยนแปลงไป มีปริมาณน้ำฝนเพิ่ม มากขึ้นหรือจำนวนวันที่มีฝนตกมากขึ้น และจะมีความเปราะบางเพิ่มขึ้นหากระบบการควบคุมโรคด้อยลง (Zhou et al., 2008)

3.2.2 อายุ และเพศ เด็ก วัยรุ่น และผู้สูงอายุ มีความเสี่ยงจากอุบัติเหตุและการเจ็บป่วยจากสภาพ ภูมิอากาศ (Perera, 2008) ได้แก่ โรคมาลาเรีย อูจจาระร่วง เป็นต้น ภาวะขาดสารอาหารพบว่ามีปัญหามากใน กลุ่มเด็ก อาจจะเนื่องจากสรีระทางร่างกาย เด็กส่วนใหญ่จะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นหากการบริโภคอาหารจำกัด หรือไม่เพียงพอ คริวเรือนที่มีเด็กมีแนวโน้มที่จะมีรายได้ต่ำกว่าบ้านเรือนที่ไม่มีเด็ก และความมั่นคงทางอาหารมี ความสัมพันธ์กับการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มเด็ก สาเหตุจากความไม่มั่นคงทางอาหารจะส่งผลกระทบต่อ การเติบโตและพัฒนาการของเด็ก โดยจะส่งผลกระทบต่อเด็กหญิงมากกว่าเด็กชาย (Cook, & Frank, 2008) ในกลุ่มผู้สูงอายุ จะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในสถานการณ์ภัยพิบัติ ได้แก่ พายุ น้ำท่วม คลื่นความร้อน และเหตุการณ์ รุนแรงต่าง ๆ (Brunkard et al., 2008) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากผู้สูงอายุมักมีการเคลื่อนไหวจำกัดหรือมีการ เดินทางน้อยกว่าในกลุ่มวัยรุ่นหรือผู้ใหญ่ และมีความยากลำบากในการอพยพจากสถานการณ์ที่เป็นอันตราย และ ในบางวัฒนธรรมผู้ใหญ่มักจะอาศัยตามลำพัง ขาดผู้ช่วยเหลือเมื่อเกิดสถานการณ์ นอกจากนี้ผู้สูงอายุมักมีโรค ประจำตัวทำให้ความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งคุกคามหรือการปรับตัวต่อสถานการณ์อันตรายทำได้จำกัด เช่น ปัญหาจากความร้อน ปัญหาจากมลพิษทางอากาศ เป็นต้น (Gamble et al., 2013)

3.2.3 สภาวะทางเศรษฐกิจสังคม สภาพเศรษฐกิจและสังคมถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศหรือภูมิภาคที่ยากจนที่สุดจะมีความอ่อนไหวต่อความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด (Malik et al., 2012) ประชากรที่มีความเปราะบางต่อภัยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด มักเป็นกลุ่มคนที่มีสถานทางเศรษฐกิจสังคมที่ต่ำ (Friel et al., 2008) ในหลายประเทศ เชื้อชาติและศาสนามีผลเป็นอย่างมากต่อสถานะทางสุขภาพ ความได้เปรียบและความเสียเปรียบทางสังคม คนอเมริกาผิวสี จะมีความเปราะบางต่อการเสียชีวิตจากปัญหาอากาศร้อนมากกว่าคนผิวขาว (Basu, & Ostro, 2008) และยังมีผลต่อการเพิ่มความชุกของปัจจัยหรือโรคเรื้อรัง เช่น การมีน้ำหนักเกินและโรคเบาหวาน (Lutsey et al., 2010) ปัจจัยทางการเงิน เช่น มีรายได้ต่ำ ทำให้ไม่สามารถจัดหาเครื่องปรับอากาศในช่วงฤดูร้อนได้ เป็นต้น (Ostro et al., 2010) หรืออาจส่งผลต่ออัตราการอาชญากรรมที่เพิ่มขึ้นหรือส่งผลต่อเครือข่ายทางสังคม (Browning et al., 2006) เป็นต้น ประชากรในท้องถิ่นหรือคนพื้นเมือง ซึ่งเป็นกลุ่มคนที่ใช้ชีวิตขึ้นกับทรัพยากรในท้องถิ่นและอยู่ในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศอย่างรวดเร็ว จะมีความเสี่ยงสูงเสียทางเศรษฐกิจมากกว่าและมีสภาวะสุขภาพด้อยกว่า (Ford, 2009)

3.2.4 โครงสร้างทางสาธารณสุขและสาธารณสุขบุคคล ประชาชนที่ไม่มีโอกาสเข้าถึงระบบการบริการสุขภาพที่ดีหรือไม่สามารถเข้าถึงการบริการสุขภาพที่จำเป็น จะมีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าประชาชนทั่วไป (Frumkin, & Mc Michael, 2008) ปัจจัยด้านโครงสร้างทางกายภาพ เช่น การจัดหาไฟฟ้า น้ำดื่ม น้ำใช้ ระบบการจัดการของเสีย สุขาภิบาล เป็นต้น ก็มีโอกาสนับสนุนให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ ในประเทศคิวบาซึ่งเป็นประเทศที่มีการพัฒนาด้านสาธารณสุขที่ดี ยังคงมีปัญหาไข้เลือดออกในเมืองใหญ่ เนื่องจากมีบางพื้นที่ที่ขาดการจ่ายน้ำดื่มอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ประชาชนต้องกักเก็บน้ำไว้ตอนที่ไม่มีน้ำจ่าย ทำให้เกิดแหล่งแพร่พันธุ์ของยุงได้ ในรัฐนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา พบการเสียชีวิตจากความร้อนหลังจากที่ระบบการจ่ายไฟขัดข้อง ไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตามปกติเมื่อเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2003 ทำให้ประชาชนเพิ่มการสัมผัสกับอากาศร้อน (Anderson, & Bell, 2012)

3.3 การวิเคราะห์ความเปราะบางและการปรับตัวด้านสุขภาพ

การประเมินความเปราะบางของสภาพภูมิอากาศจะบ่งบอกถึงปัญหาทางสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ ขนาด ความถี่, ระยะเวลา และขอบเขตทางภูมิศาสตร์ของการที่ต้องเผชิญกับสภาพภูมิอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ความไว (Sensitivity) จะหมายถึง 1) ความสามารถของชุมชนที่ต้องทนต่อความเสี่ยงเหล่านี้และผลกระทบที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ และ 2) ปัจจัยทางด้านสรีรวิทยา (เช่น โรคที่เป็นการวินิจฉัยร่วม หรือคนพิการ) และด้านเศรษฐกิจและสังคม (เช่น ความยากจน) ที่เพิ่มความเสี่ยงที่จะต้องเผชิญของแต่ละบุคคล แนวคิดเรื่องความอ่อนไหว ยังรวมถึงการเข้าใช้งานโครงสร้างพื้นฐานซึ่งอาจจะมีผลต่อการที่ผู้คนต้องต่อสู้กับการเผชิญสภาพอากาศ (เช่น ความพร้อมใช้งานกระแสไฟฟ้าในช่วงเหตุการณ์ที่มีความร้อนสูง) ผลกระทบด้านสาธารณสุขที่อาจเกิดขึ้นจากทั้ง การเผชิญความเสี่ยง (Exposure) และความไว (Sensitivity) จะสามารถชดเชยได้ด้วยความสามารถในการปรับตัว (Adaptive Capacity) ซึ่งจะหมายถึงการปรับตัวและตอบสนองทางพฤติกรรม, ทางสถาบัน และทางเทคโนโลยีเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น โดยปกติการปรับตัวดังกล่าวจะจำกัดความเสียหาย ให้โอกาสในการฟื้นตัว และเพิ่มประสิทธิภาพในการรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้น

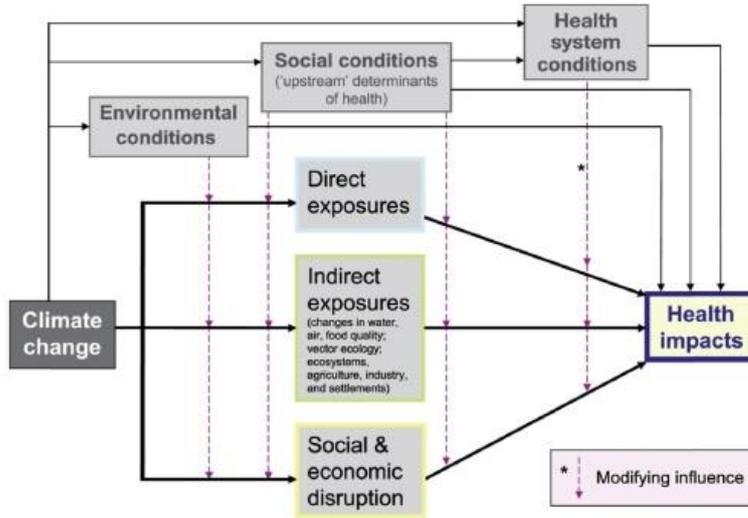
วิธีการในการประเมินความเปราะบางของสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ (Methodology for a Climate and Health Vulnerability Assessment) จะประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดขอบเขตของการประเมิน 2) ระบุปัจจัยเสี่ยงที่ทราบสำหรับผลลัพธ์ทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้น 3) หาข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยง 4) ประเมินความสามารถในการปรับตัว และ 5) ดำเนินการประเมินความเปราะบาง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (CDC, 2017)

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบเขตของการประเมิน (Determine Scope of Assessment)

ในขั้นตอนแรก ขอบเขตของการประเมินจะเกี่ยวข้องกับการพิจารณาข้อกังวลในการเผชิญกับสภาพอากาศ, พื้นที่ภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา, กรอบเวลาในการพิจารณาความเสี่ยงที่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต และผลลัพธ์ด้านสุขภาพที่คาดการณ์ไว้

1.1 การระบุความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ (Identify Climate-Related Exposures) ความเสี่ยงต่อสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะแปรผันไปตามสภาพภูมิประเทศและอัตราของการเปลี่ยนแปลงจะมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา ดังนั้นในการศึกษาจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของเวลาและพื้นที่สำหรับการประเมินความเปราะบางที่แน่นอน ในการประเมินอย่างน้อยควรจะมีมุ่งเน้นไปที่การคาดการณ์ในอนาคตอันใกล้ สำหรับการป้องกันหรือปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ นักวิทยาศาสตร์ด้านสภาพภูมิอากาศ ได้ใช้ระยะเวลาการคาดการณ์ในอนาคตที่น้อยกว่า 20 ปีเพื่อใช้ในการทำนายสภาพอากาศตามช่วงทศวรรษซึ่งจะพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในห้วงหลายปี ในทางตรงข้ามการคาดการณ์สภาพอากาศระยะยาวนั้นจะเป็นการประมาณการณ์ที่เป็นไปได้ในช่วงกลางศตวรรษหรือหลังจากนั้นไปอีก

1.2 การระบุผลลัพธ์ด้านสุขภาพที่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ (Identify Climate-Sensitive Health Outcomes) เส้นทางสำหรับการเผชิญต่อสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์นั้นค่อนข้างซับซ้อน (ภาพ 3) โดยในบางเส้นทางเปลี่ยนแปลงในการที่ต้องเผชิญกับอันตรายจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง (เช่น ภาวะแทรกซ้อนจากโรคหัวใจและหลอดเลือดที่เกิดจากคลื่นความร้อน หรือการเสียชีวิตบนถนนในช่วงที่มีอากาศเลวร้าย) และยังมีเส้นทางอื่นซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคจะเปลี่ยนสภาพทางนิเวศวิทยาที่มีผลต่อพาหะของระบบนิเวศซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น เพิ่มการติดเชื้อโรคที่เกิดจากยุงได้แก่ ไข้เด็งกี (Dengue Fever) หรือการแพร่เชื้อโรคชิคุนกุนยา (Chikungunya Transmission) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ อัตราการรอดชีวิต, อัตราความถี่ในการกัด, และอัตราการเติบโตของยุงที่เป็นพาหะของไวรัสเด็งกี ซึ่งก็คือยุงลายบ้าน (Aedes Aegypti) และยุงลายสวน (Aedes Albopictus) จะได้รับผลกระทบจากรูปแบบของสภาพภูมิอากาศและสภาพอากาศ (Morin et al., 2013) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของมนุษย์



ภาพ 3 ผังของเส้นทางซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมีผลต่อสุขภาพ และการปรับเปลี่ยนที่มีผลต่อปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม, สังคมและระบบสุขภาพ

(ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

ขั้นตอนที่ 2 การระบุถึงปัจจัยเสี่ยงที่ทราบสำหรับผลลัพธ์ด้านสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้น (Identify Known Risk Factors for Potential Health Outcome) สำหรับผลลัพธ์ด้านสุขภาพซึ่งเป็นความไวต่อสภาพอากาศ เราจะระบุรายการปัจจัยเสี่ยงที่ทราบว่าทำให้อัตราการติดเชื้อและบาดเจ็บสูงขึ้นได้จากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และจากการปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านเชื้อโรค ปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพที่อาจจะเกิดประกอบด้วย ข้อมูลด้านสังคม (เช่น การศึกษา, สภาวะโศกเศร้าทางสังคม), ด้านเศรษฐกิจ (เช่น รายได้, การช่วยเหลือทางสังคม) ด้านที่อยู่อาศัย (เช่น ประเภท และอายุของที่อยู่ มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพียงพอหรือไม่) และชุมชน (เช่น สิ่งปกคลุมดิน, สวนสาธารณะ, การที่มีถนนเข้าถึง ระบบประปา)

ขั้นตอนที่ 3 การได้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพและปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ (Acquire Spatial Information on Health Outcomes and Risk Factors) ในการประเมินความเปราะบางจะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพและปัจจัยเสี่ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่วยที่เล็กที่สุด (เช่น กลุ่มสำรวจสำมะโนประชากร, พื้นที่สำมะโนประชากร, เขตการปกครอง) ข้อมูลด้านประชากรและเศรษฐกิจ/สังคมของประชากรกลุ่มย่อยเป็นที่ทราบดีว่ามีความไวต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพโดยเฉพาะ (เช่น ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพัง) โดยข้อมูลสำมะโนประชากรเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สำหรับการทำแผนที่และการวิเคราะห์โดยการผสานข้อมูลประชากรสำมะโนประชากรเข้ากับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (เช่น สถานที่สำรวจสำมะโนประชากร) ข้อมูลด้านสุขภาพ เช่น การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล, การเข้าห้องฉุกเฉิน หรือการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยนอก ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช่วงแผนสำหรับประชากรที่มีความไวต่อการประเมินสภาพอากาศและสุขภาพได้ ข้อมูลด้านสุขภาพสามารถใช้เพื่อตรวจสอบดัชนีความเปราะบาง (Vulnerability Index) หรือใช้ในการพัฒนาดัชนีความเปราะบางโดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial regression technique)

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินขีดความสามารถในการปรับตัว (Assess adaptive capacity)

ความสามารถในการปรับตัวสำหรับการประเมินความเปราะบางจะนิยามได้เป็นความสามารถของระบบ (เช่น รัฐบาล, โครงสร้างพื้นฐาน, ภาคประชาสังคม, สถาบันทุนทางสังคมในเครือข่ายชุมชน) ในการปรับเปลี่ยน ข้อจำกัด และรับมือกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2001) การประเมินขีดความสามารถในการปรับตัว คือการประเมินความสามารถของระบบในการรับมือกับอันตรายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งอาจทำการวัดได้โดยการเข้าถึงแหล่งเงินทุน (เช่น โครงการช่วยเหลือจากรัฐบาล), โครงสร้างพื้นฐานด้านสุขภาพ (เช่น โรงพยาบาล บริการผู้ป่วยนอก หรือการเข้าถึงเทคโนโลยี)

ความสามารถในการปรับตัว อาจหมายถึงความสามารถของระบบในการลดความเสี่ยงต่ออันตรายต่าง ๆ ที่สามารถวัดได้จากนโยบายของรัฐ, โครงการริเริ่ม (Initiatives) หรือ นโยบาย ตัวอย่างเช่น หน่วยงานภาครัฐในแต่ละแห่ง อาจริเริ่มมาตรการในการลดโลกร้อนด้วยการวางแผน และออกแบบผังเมือง (เช่น การใช้หลังคาสีขาว หรือการปลูกต้นไม้ในเมือง) เพื่อสะท้อนถึงความสามารถในการลดความเสี่ยงต่ออันตรายของเมือง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยหลายประการต่อความสามารถในการปรับตัวของระบบ (เช่น การเมือง, สังคม และสิ่งแวดล้อม) แม้ว่าปัจจัยเหล่านี้จะไม่สามารถวัดผลได้โดยตรงแต่อาจมีมาตรการทางอ้อมที่สามารถวัดความสามารถในการปรับตัวได้

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินความเปราะบาง (Assessment of Vulnerability) การประเมินความ

เปราะบางสามารถใช้ได้ทั้งวิธีเชิงปริมาณ และคุณภาพ (Qualitative and Quantitative Methods) ตัวอย่างของการประเมินเชิงคุณภาพจะเป็นชุดของคำถามเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นผู้นำขององค์กร และการเข้าถึงทรัพยากรเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือในการประเมินเชิงปริมาณในด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านสุขภาพ และความสามารถในการปรับตัวเพื่อต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ สองวิธีเชิงปริมาณที่นิยมใช้ในการประเมินความเปราะบางโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) คือ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลซ้อนทับ (Overlay) ของปัจจัยเสี่ยง และ 2) การวิเคราะห์ถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression)

การวิเคราะห์ซ้อนทับ (Overlay Analysis) คือเทคนิคพื้นฐานของวิธีการที่ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยง, วิธีการคัดกรองความเป็นธรรมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Justice Screening Method) และดัชนีความเปราะบางทางสังคมหรือทางการแพทย์ (Social or Medical Vulnerability Indices) ประการแรกข้อมูลเกี่ยวกับชุดของปัจจัยเสี่ยงจะถูกเก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ทางสุขภาพ ในอุดมคติแล้วการวัดปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้จะวัดในหน่วยเชิงภูมิศาสตร์เดียวกัน เพื่อที่มันจะได้มีความเสมอกันเชิงภูมิศาสตร์ (Geographically Aligned) ปัจจัยความเสี่ยงแต่ละตัวก็จะแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามการกระจายตัวโดยประเภทที่มีความเปราะบางมากกว่าก็จะมี “คะแนน” สูงกว่า สำหรับแต่ละหน่วยทางภูมิศาสตร์ คะแนนที่กำหนดให้แต่ละปัจจัยความเสี่ยงจะถูกคำนวณเพื่อสร้างคะแนนความเปราะบางสะสม (Cumulative Vulnerability Score) หรือดัชนี ซึ่งหน่วยเหล่านี้ก็จะถูกจับคู่กับคะแนนความเปราะบางสะสม โดยหากมีข้อมูลผลลัพธ์ด้านสุขภาพด้วยก็จะสามารถทำการตรวจสอบการวิเคราะห์ซ้อนทับได้ วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบคือการพิจารณาว่าสถานที่ซึ่งได้ถูกกำหนดไว้ว่ามีความเปราะบางสูงจากค่าดัชนีที่ได้คำนวณมานั้นมี (ความสัมพันธ์) อัตราการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตที่สูงขึ้นด้วยหรือไม่สำหรับผลลัพธ์ทางสุขภาพที่น่าสนใจ (เช่น ดัชนีความเปราะบางนั้นสอดคล้องกับข้อมูลด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือไม่) มีหลายวิธีการในการตรวจสอบดัชนี

ซ้อนทับ (Overlay Index) ซึ่งจะต้องมีข้อมูลการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต ตัวอย่างเช่น ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้โดย Reid, et al (2012) ได้ทำการตรวจสอบดัชนีความเปราะบางด้านความร้อนโดยใช้ข้อมูลจากแผนกฉุกเฉิน (Emergency Department Data) ในการสร้างแบบจำลองการถดถอย (Generalized Estimating Equation Poisson Regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าดัชนีความเปราะบางที่คำนวณได้ และอุบัติการณ์ของการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเนื่องจากความร้อน (Heat-Related Hospitalizations)

มีการศึกษาบางชิ้นที่ได้มีการรวมปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้ทางสถิติด้วยการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis; PCA) เพื่อสร้างปัจจัยผสม (Hybrid Factors) ที่มีขนาดเล็กกว่าเดิม โดยการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักเป็นวิธีการลดข้อมูลที่พยายามจะจับกลุ่มของตัวแปรอิสระหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันขึ้นอยู่กับว่าตัวแปรเหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงตามกันอย่างไร โดยปัจจัยผสมที่ได้มาจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักสามารถจะกำหนดน้ำหนักที่สอดคล้องกับความสำคัญของมัน และจากนั้นจะนำมารวมกันเพื่อสร้างแผนที่ความเปราะบาง

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial Regression) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการกำหนดลักษณะความเปราะบางเชิงปริมาณ (Quantitatively Characterizing Vulnerability) ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างการถดถอยเชิงพื้นที่ และการวิเคราะห์ซ้อนทับ คือในขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการมีวิธีการหนึ่งที่จะมีการพิจารณาผลลัพธ์ทางสุขภาพด้วย ซึ่งการถดถอยเชิงพื้นที่จะได้คุณลักษณะความเปราะบางที่สำคัญที่สุดโดยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างปัจจัยความเสี่ยงและผลลัพธ์ทางสุขภาพโดยการถดถอยเชิงพื้นที่ จะมีความสอดคล้องกับผลลัพธ์ทางสุขภาพมากกว่าการวิเคราะห์ซ้อนทับ เนื่องจากมีการเชื่อมโยงกันโดยตรงระหว่างปัจจัยเสี่ยงและผลลัพธ์ทางสุขภาพอย่างไรก็ตามวิธีการถดถอยเชิงพื้นที่นั้นจะต้องมีความชำนาญทางสถิติมากกว่าและต้องใช้เวลามากกว่าถึงจะเสร็จสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาในการประมวลผลจะเพิ่มมากขึ้นหากขนาดของการวิเคราะห์มีรายละเอียดที่สูงขึ้นหรือจำนวนของปัจจัยเสี่ยงได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการถดถอยเชิงพื้นที่ อาจจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหน่วยงานที่มีทรัพยากรที่มากในแง่ของขีดความสามารถทางด้านสถิติตั้งแต่ระดับกลางจนถึงระดับสูง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญและข้อมูลด้านสุขภาพที่มีความละเอียดสูงพร้อมใช้งาน ในทางตรงข้ามการวิเคราะห์ซ้อนทับจะสร้างดัชนีความเปราะบางขึ้นจากปัจจัยเสี่ยงที่มีของผลลัพธ์ทางสุขภาพ โดยไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลสุขภาพ แต่ดัชนีสามารถทำการตรวจสอบด้วยข้อมูลผลลัพธ์ทางสุขภาพในการวิเคราะห์ต่อไป การวิเคราะห์ซ้อนทับเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์สำหรับการระบุกลุ่มประชากรที่มีความเปราะบางและสามารถจำแนกความเปราะบางจากผลลัพธ์สุขภาพทั่วไปได้

3.4 การปรับตัวและศักยภาพในการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพ

ในสถานการณ์ปัจจุบัน สภาพภูมิอากาศยังคงเปลี่ยนแปลงต่อไป ดังนั้นมนุษย์เราควรที่จะหามาตรการการปรับตัวเพื่อลดการระโรค การบาดเจ็บ พิการหรือเสียชีวิต ตามที่ IPCC ได้ให้คำจำกัดความของศักยภาพในการปรับตัว ว่าเป็นความสามารถของระบบในการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อบรรเทาความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น (IPCC, 2001)

ขอบเขตของผลกระทบด้านสุขภาพของมนุษย์จะขึ้นอยู่กับ 1) ระดับที่ประชากรสัมผัสกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น 2) ความไวในการตอบสนองของประชากรที่มีต่อการสัมผัสนั้น และ 3) ศักยภาพในการปรับตัวของประชากรและระบบที่ได้รับผลกระทบ ดังนั้นยุทธศาสตร์ในการปรับตัวจึงมีความสำคัญและต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความเปราะบาง และความสามารถใน

การปรับตัวของประชากร เช่น การเติบโตของประชากร ความยากจน ระบบสุขภาพ าระบบบริการสาธารณสุข โภชนาการ และการเสื่อมสภาพของสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ศักยภาพในการปรับตัวจะหมายความรวมถึง ศักยภาพที่แท้จริง และศักยภาพที่พัฒนาได้ ดังนั้น จึงครอบคลุมทั้งความสามารถในการรับมือในปัจจุบัน และในอนาคต ตัวอย่างเช่น โอกาสในการเข้าถึงน้ำสะอาดเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถในการรับมือของประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่ถือว่าเป็นศักยภาพในการปรับตัวในอนาคตของประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศ สิ่งที่กำหนดความสามารถในการปรับตัวของชุมชน ได้แก่ ความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ เทคโนโลยี ข้อมูลและทักษะ ระบบสาธารณสุข องค์กรและเครือข่าย และความเท่าเทียม นอกจากนี้ความสามารถในการปรับตัวยังสัมพันธ์กับสถานะด้านสุขภาพในปัจจุบันของประชากรและภาระโรคที่มีอยู่ก่อนแล้ว

3.4.1 ทรัพยากรทางเศรษฐกิจ (Economic Resources) ประเทศที่ร่ำรวยสามารถปรับตัวได้ดีกว่า เนื่องจากมีทรัพยากรทางเศรษฐกิจเพื่อลงทุนและชดเชยกับค่าใช้จ่ายในการปรับตัว โดยทั่วไปแล้วความยากจนจะเพิ่มความเปราะบางของประชากร และหนึ่งในห้าของประชากรโลกใช้ชีวิตด้วยเงินน้อยกว่า 1 ดอลลาร์สหรัฐต่อวัน

3.4.2 เทคโนโลยี (Technology) การเข้าถึงเทคโนโลยีในภาคส่วนและสภาพแวดล้อมที่สำคัญ เช่น เกษตรกรรม แหล่งน้ำ ระบบบริการสาธารณสุข การออกแบบผังเมือง ฯลฯ เป็นตัวกำหนดความสามารถในการปรับตัวที่สำคัญ วิธีการปรับตัวเพื่อปกป้องสุขภาพหลายวิธีนั้นมีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี

3.4.3 ข้อมูลและทักษะ (Information and Skills) โดยทั่วไป ประเทศที่มีความรู้ความสามารถมากกว่า มักจะมีความสามารถในการปรับตัวมากกว่าด้วย การไม่รู้หนังสือจะเพิ่มความเปราะบางของประชากรในหลาย ๆ ด้าน ระบบสาธารณสุขจำเป็นต้องใช้ทีมบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์จำนวนมาก เพื่อการควบคุมคุณภาพ และรักษาระบบโครงสร้างพื้นฐานสาธารณสุข

3.4.4 ระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ระบบโครงสร้างพื้นฐานที่ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อลดความเปราะบางของประชากรต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ เช่น ระบบควบคุมน้ำท่วม ระบบปรับอากาศ ฯลฯ และระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการสาธารณสุขทั่วไป (เช่น การสุขภาพ าระบบบำบัดน้ำเสีย) จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการปรับตัวของประชากร

3.4.5 องค์กรและเครือข่าย (Institutions) ประเทศที่ขาดการจัดการองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ จะมีศักยภาพในการปรับตัวต่ำกว่าประเทศที่มีการจัดการที่ดี ความร่วมมือกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนสามารถเพิ่มศักยภาพในการปรับตัว เช่น โครงการยาเพื่อมาลาเรีย ซึ่งเป็นการร่วมมือกันระหว่างรัฐบาลและเอกชนเพื่อพัฒนาต้านมาลาเรีย เพื่อนำไปใช้ในประเทศกำลังพัฒนา เป็นต้น

3.4.6 ความเท่าเทียม (Equity) ศักยภาพในการปรับตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการแจกจ่ายทรัพยากรภายในชุมชนอย่างเท่าเทียม ประชากรที่ได้รับทรัพยากรไม่เพียงพอและอยู่ชายขอบจะขาดความสามารถในการปรับตัว ในขณะที่โอกาสในการได้รับบริการที่มีคุณภาพนั้นเป็นสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานของระบบบริการสาธารณสุข

3.4.7 สถานะด้านสุขภาพและภาระโรคที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Health Status and Pre-Existing Disease Burdens) ความเป็นอยู่ที่ดีของประชากรเป็นองค์ประกอบสำคัญและเป็นตัวกำหนดศักยภาพในการปรับตัว ถึงแม้ว่าการสาธารณสุขจะมีความก้าวหน้า แต่ก็ยังมีเด็กจำนวน 170 ล้านคนในประเทศที่ยากจนทั่วโลก

ที่มีปัญหาทุพโภชนาการ ในจำนวนนี้ต้องเสียชีวิตลงถึงปีละ 3 ล้านคน หรือในหลายประเทศที่ต้องเผชิญกับโรคติดต่อ และโรคไม่ติดต่อแม้ว่าการแพทย์จะเจริญก้าวหน้าก็ตาม

สรุป

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคติดต่อมาโดยยุง เป็นความท้าทายสำคัญระดับโลกไม่เพียงแต่เฉพาะประเทศไทย จึงถือเป็นโอกาสที่นักสาธารณสุขและนักวิจัยที่สนใจสามารถพัฒนาองค์ความรู้ในเรื่องผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยง ทั้งในประเด็นของการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การศึกษาหามาตรการที่เหมาะสมสำหรับป้องกันกับผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงแนวทางการปรับตัวเพื่อรับมือกับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ทั้งนี้เพื่อเป้าหมายสูงสุดของการพัฒนาชุมชนเพื่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ดังนั้นทุกภาคส่วน โดยเฉพาะสถานบริการสาธารณสุขและหน่วยสนับสนุนวิชาการ ควรทำความเข้าใจถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงและความเปราะบางทางด้านสุขภาพกับการระบาดของโรคไข้เลือดออก เพื่อนำไปวางแผนการรับมือกับการระบาดของโรค รวมถึงการยกระดับขีดความสามารถในการปรับตัวทางด้านสุขภาพของชุมชนเพื่อลดผลกระทบจากโรคไข้เลือดออก

รายการอ้างอิง

- Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2012). Lights Out: Impact of the August 2003 Power Outage on Mortality in New York, N. Y. *Epidemiology*, 23(2), 189-193.
- Apiwathnasorn, C. (2012). Climate Change and Mosquito Vectors. *The Journal of Tropical Medicine and Parasitology*, 35(2), 78-85.
- Basu, R., & Ostro, B. D. (2008). A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality During Heat Episodes: a Structured Review. *International Journal of Epidemiology*, 168, 632-637.
- Brunkard, J., Namulanda, G., & Ratard, R. (2008). Hurricane Katrina Deaths, Louisiana, 2005. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 215-223. Available from: <https://doi.org/10.1097/DMP.0b013e31818aaf55>.
- Cook, J. T., & Frank, D. A. (2008). Food Security, Poverty, and Human Development in the United States. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1136, 193-209.
- Ebi, K. L., & Nealon, J. (2016). Dengue in a Changing Climate. *Environmental Research*, 151, 115-123. PMID:27475051.

- Ford, J. D. (2009). Vulnerability of Inuit Food Systems to Food Insecurity as a Consequence of Climate Change: A Case Study from Igloodik, Nunavut. *Regional Environmental Change*, 9(2), 83-100.
- Friel, S., Marmot, M., Mc Michel. A. J., Kjellstrom, T., & Vagero, D. (2008). Global Health Equity and Climate Stabilisation: a Common Agenda, *Lancet*, 372(9650), 1677-1683. PMID: 18994666.
- Frumkin, H., & Mc Michael, A. J. (2008). Climate Change and Public Health: Thinking, Communicating, Acting, *American Journal of Preventive Medicine*, 35, 403-410. PMID: 18929964.
- Gamble, J. L., Hurley, B. J., Schultz, P. A., Jaglom, W. S., Krishnan, N., & Harris, M. (2013). Climate Change and Older Americans: State of the Science. *Environmental Health Perspectives*, 121, 15-22. PMID: 23033457.
- Gibbons, R. V., & Vaughn, D. W. (2002). Dengue: An Escalating Problem. *BMJ*, 324 (7353), 1563-1566. PMID:12089096.
- Gubler, D. J. (2002). Epidemic Dengue/Dengue Hemorrhagic Fever as a Public Health, Social and Economic Problem in the 21st century. *Trends in Microbiology*, 10(2), 100-103. PMID:11827812.
- Gubler, D. J. (2003). Aedes Albopictus in Africa. *The Lancet Infectious Diseases*, 3, 751-752.
- Hii, Y. L., Rocklöv, J., Ng, N., Tang, C. S., Pang, F. Y., & Sauerborn, R. (2009). Climate Variability and Increase in Intensity and Magnitude of Dengue Incidence in Singapore. *Global Health Action*. 2.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate Change 2001: Third Assessment Report, Impacts, Adaptations and Vulnerability of Climate Change*. Mc Carthy, J. J. et al. eds. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report. UK: Cambridge University Press.
- Johansson, M. A., Cummings, D. A., & Glass, G. E. (2009). Multiyear Climate Variability and Dengue: El Nino Southern Oscillation, Weather, and Dengue Incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand – a Longitudinal Data Analysis, *PLOS Medicine*, 6, e1000168.
- Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009). Workplace Heat Stress, Health and Productivity- an Increasing Challenge for Low and Middle-Income Countries During Climate Change. *Global Health Action*, 2, 6. Available from: <https://doi:10.3402/gha.v2i0.2047>.

- Lambrechts, L., Scott, T. W., & Gubler, D. J. (2010). Consequences of the Expanding Global Distribution of *Aedes Albopictus* for Dengue Virus Transmission. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4, e646.
- Liu-Helmersson, J., Stenlund, H., Wilder-Smith, A., & Rocklöv J. (2014). Vectorial Capacity of *Aedes Aegypti*: Effects of Temperature and Implications for Global Dengue Epidemic Potential. *PLoS One*, 9, e89783.
- Lutsey, P. L., Pereira, M. A., Bertoni, A. G., Kandula, N. R., & Jacobs, D. R. (2010). Interactions Between Race/Ethnicity and Anthropometry in Risk of Incident Diabetes. *American Journal of Epidemiology*, 172(2), 197-204. PMID:20570825.
- Malik, S. M., Awan, H., & Khan, N. (2012). Mapping Vulnerability to Climate Change and its Repercussion on Human Health in Pakistan. *Global Health*, 8, 31. doi:10.1186/1744-8603-831.
- Morin, C., Comrie, A., & Ernst, K. (2013). Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environmental Health Perspectives*, 121,11-12, Available from: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1306556>.
- Ostro, B., Rauch, S., Green, R., Malig, B., & Basu, R. (2010). The Effects of Temperature and Use of air Conditioning on Hospitalizations. *American Journal of Epidemiology*, 172(9), 1053-1061. PMID: 20829270.
- Perera, F. P. (2008). Children are Likely to Suffer Most from Our Fossil Fuel Addiction. *Environmental Health Perspectives*, 116, 987-90.
- Reid, C. E., O'Neill, M. S., Gronlund, C. J., Brines, S. J., Brown, D. G., Diez-Roux et al. (2009). Mapping Community Determinants of Heat Vulnerability. *Environmental Health Perspectives*, 117(11), 1730-1736. DOI: 10.1289/ehp.0900683.
- Samson, L., Berteaux, D., McGill, B. J., & Humphries, M. M. (2011). Geographic Disparities and Moral Hazards in the Predicted Impacts of Climate Change on Human Populations. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 532-44.
- Semenza, J. C., Sudre, B., Miniota, J., Rossi, M., Hu, W., Kossowsky, D., et al. (2014). International Dispersal of Dengue Through Air Travel: Importation Risk for Europe. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 8(12), e3278.
- World Health Organization. (2002). *The World Health Report 2002*. Geneva, Switzerland, World Health Organization.
- World Health Organization. (2016). *“Climate Change and Health”*. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>.
- World Health Organization. (2019). *Global Alert and Response - Impact of Dengue*. Available from: <http://www.who.int/denguecontrol/disease/en/>.

Wu, X. Y., Lu. S. Zhou, L. F., & Chen, B. Xu. (2016). Impact of Climate Change on Human Infectious Diseases: Empirical Evidence and Human Adaptation. *Environment International*, 86, 14-23.

Zhou, X., Yang, K., Wang, X., Hong, Q., Sun, L., Malone, J. B., Kristensen, T. K., et al. (2008). Potential Impact of Climate Change on Schistosomiasis Transmission in China. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 78, 188-194. Available from: <http://doi.org/10.1007/s11027-007-9114-5>.