

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และมรดกโลก



ภาพเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อปี พ.ศ.๒๕๕๔ และความเสียหายที่เกิดขึ้นกับโบราณสถาน
ในแหล่งมรดกโลก นครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา



สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
และมรดกโลก

ข้อมูลบรรณานุกรม

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมรดกโลก

ผู้จัดทำ

สำนักจัดการสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๖๐/๑ ซอยพิบูลวัฒนา ๗ ถนนพระรามที่ ๖
แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๖๕ ๖๕๕๕-๖ โทรสาร ๐ ๒๒๖๕ ๖๕๗๘
Email: thailandworldheritage@gmail.com

ผู้ศึกษา

สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาคารอเนกประสงค์ ชั้น ๗ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
เลขที่ ๒ ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง
เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๖๑๓ ๓๑๒๐-๒ โทรสาร ๐ ๒๒๒๔ ๑๓๗๖

การอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ๒๕๕๗.

คำสืบค้น

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมรดกโลก

พิมพ์เมื่อ

กันยายน ๒๕๕๗

จำนวนพิมพ์

๑,๕๐๐ เล่ม

จำนวนหน้า

๖๔ หน้า

ผู้พิมพ์

บริษัท โมนोगราฟ สตูดิโอ จำกัด

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทย ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๗
โดย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. ๒๕๕๗

คำนำ

ด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบในวงกว้างต่อพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะพื้นที่อนุรักษ์ “มรดกโลก” ซึ่งเรื่องดังกล่าว ได้ถูกหยิบยกขึ้นมาหารือในเวทีการประชุมคณะกรรมการมรดกโลก และศูนย์มรดกโลก ยูเนสโก ได้มีการจัดทำเอกสารเผยแพร่รูปแบบต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้รัฐภาคีสมาชิกแห่งอนุสัญญาว่าด้วยการคุ้มครองมรดกโลกทางวัฒนธรรมและทางธรรมชาติ ได้ตระหนักถึงผลกระทบ และเตรียมการในการตั้งรับและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งได้ทำเอกสาร “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมรดกโลก” และเสนอให้คณะกรรมการมรดกโลกรับรอง ในการประชุมสมัยสามัญ ครั้งที่ ๓๐ ณ วิลนีอุส ประเทศลิทัวเนีย เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ ซึ่งต่อมาได้นำมาตีพิมพ์ใน World Heritage reports 22 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๐ และสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในฐานะหน่วยงานกลาง อนุสัญญาว่าด้วยการคุ้มครองมรดกโลกทางวัฒนธรรมและทางธรรมชาติ ได้จัดทำเอกสารดังกล่าวเป็นฉบับภาษาไทย โดยได้จัดส่งเอกสารฉบับนี้ให้ศูนย์มรดกโลก ยูเนสโก ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว ตามเงื่อนไขของการจัดพิมพ์ซ้ำ

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ว่าอาจนำมาซึ่งภัยคุกคามต่อคุณค่าความโดดเด่นระดับสากลของแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมและทางธรรมชาติ ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลก จึงได้จัดทำเอกสาร “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมรดกโลก” และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับทุกภาคส่วนในการรับทราบถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อมรดกโลก ทั้งแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมและทางธรรมชาติ รวมทั้งการกำหนดมาตรการและแนวทางการอนุรักษ์ที่เหมาะสมของแหล่งมรดกโลกในประเทศไทย

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

เรื่อง

หน้า

๑. บทนำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบ ต่อแหล่งมรดกโลกในรอบทศวรรษที่ผ่านมา	๑
๒. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อคุณค่า โดดเด่นอันเป็นสากลของแหล่ง	๔
๓. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อแหล่งมรดกโลก	๑๓
๔. ข้อเสนอแนะ มาตรการ แนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาที่เหมาะสม	๕๕

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งมรดกโลก ในรอบทศวรรษที่ผ่านมา



การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างรวดเร็ว จนปัจจุบันประชากรโลกมีมากกว่า ๗,๐๐๐ ล้านคน ได้ก่อให้เกิดผลที่ตามมาเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการอุปโภคและบริโภคที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ทำให้สภาพแวดล้อมของโลกเสียสมดุลนำมาซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นทั่วโลกและท้ายที่สุดก็ส่งผลกระทบต่อตัวมนุษย์

ตารางที่ ๑ ประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) และ
ตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมของบางประเทศในแถบเอเชีย

Items	Countries					
	China	Japan	India	Thailand	Viet Nam	Indonesia
Population in ๒๐๑๑ (estimated, ๐๐๐)	๑๓๔๗๕.๖๕	๑๒๖.๔๘๗	๑๒๔.๑๔๕๒	๖๙.๕๑๙	๘๘.๗๙๒	๒๔.๒๓๒๖
GDP: Growth rate at constant ๒๐๐๕ prices (annual %) (๒๐๑๑)	๙.๒	-๐.๗	๖.๙	๐.๑	๕.๙	๖.๕
Environmental indicators						
Threatened species	๙๑๑	๓๔.๕	๙๓.๕	๕.๕๗	๕.๑๒	๑๑.๕๔

Items	Countries					
	China	Japan	India	Thailand	Viet Nam	Indonesia
Forested area (% of land area)	๒๒	๖๙	๒๓	๓๗	๔๔	๕๒
CO2 emission estimates (๐๐๐ metric tons and metric tons per capita)	๗๖๘๐๘๒๕ /๕.๘	๑๑๐๐๒๓๓ /๘.๗	๑๙๗๗๘๐๕ /๑.๗	๒๗๑๔๙๙ /๔.๐	๑๔๒๑๔๑ /๐.๕	๔๕๑๔๑๒ /๑.๙
Energy consumption per capita (kilograms oil equivalent)	๑๔๓๑	๓๐๐๓	๔๓๙	๑๒๕๔	๔๖๕	๕๔๙
Rainfall in the capital city, total mean (millimetres)	๕๗๘	๑๕๒๙	๗๑๖	๑๔๙๘	๑๖๗๖	๑๖๕๕
Temperature in the capital city, mean °C (minimum and maximum)	๖.๕/ ๑๗.๗	๑๒.๙/๒๐.๐	๑๙.๐/๓๑.๓	๒๔.๑/๓๒.๗	๒๐.๙/๒๗.๐	๒๕.๐/๓๑.๘

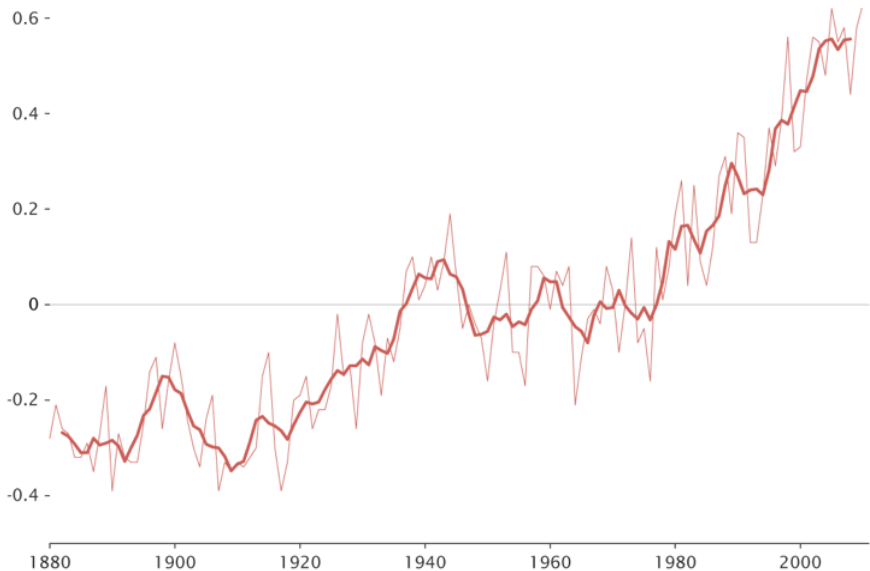
ที่มา: United Nations Statistics (2014)

จากตารางที่ ๑ แสดงให้เห็นว่าประชากรราวหนึ่งในสามของโลกอาศัยอยู่ในทวีปเอเชีย โดยจำนวนประชากรที่อาศัยในแต่ละประเทศจะส่งผลกระทบต่อดัชนีทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาถึงจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสถานะที่ถูกคุกคาม โดยจีนและอินเดียเป็นประเทศที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดสองอันดับแรกของทวีปเอเชีย สองประเทศนี้มีพื้นที่ป่าไม้ไม่น้อยกว่าประเทศอื่นๆ และมีจำนวนสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสถานะที่ถูกคุกคามมากกว่าประเทศอื่นเช่นกัน และเป็นที่น่าสังเกตว่าประเทศที่เน้นกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมเช่นญี่ปุ่น จีน หรือแม้กระทั่งไทย จะส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณที่มากกว่าประเทศอื่น ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่ามนุษย์เป็นตัวการสำคัญที่เร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบนโลก อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ที่ส่งผลต่อการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตให้เพิ่มขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการทั้งในด้านที่อยู่อาศัยและการอุปโภคและบริโภค จนนำมาซึ่งการเสียสมดุลของระบบนิเวศ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญในระดับโลกในปัจจุบันคือปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Climate change) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบันได้แก่ ภาวะโลกร้อน (Global warming)

ในอดีตเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ยังไม่เป็นที่ยอมรับกันในวงกว้าง ต่างจากปัจจุบันที่เรื่องดังกล่าวได้กลายเป็นประเด็นสำคัญที่มนุษยชาติจะต้องเผชิญ และในหลายภูมิภาคได้เกิดผลกระทบจากสภาวะดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ในปัจจุบันอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วงทศวรรษล่าสุด ดังปรากฏในรูปที่ ๑

ระดับของอุณหภูมิที่ผิดปกติไป (หน่วยองศาเซลเซียส)



รูปที่ ๑ ในปี พ.ศ. ๒๕๕๓ อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เส้นบางแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละปี และเส้นหนาเป็นข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง ๕ ปี

ที่มา: Goddard Institute for Space Studies (2011)

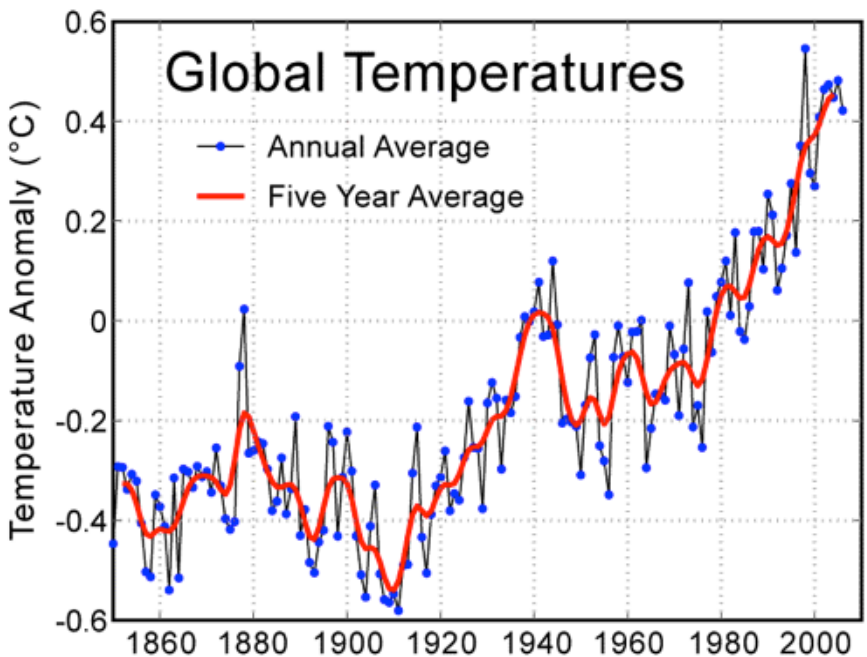
การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลกอย่างต่อเนื่อง ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกในแต่ละภูมิภาคเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของน้ำโดยตรง ทำให้หลายแห่งจะมีฝนตกรุนแรงมากขึ้น และภัยแล้งก็จะเกิดถี่มากขึ้นด้วย นอกจากนี้สภาพอากาศที่รุนแรง ทั้งการเกิดพายุต่างๆ และคลื่นลมที่รุนแรงจะเกิดถี่ขึ้นเช่นกัน ส่งผลให้การกัดเซาะชายฝั่งเกิดมากขึ้นด้วย ทั้งนี้สภาวะดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อของภาวะโลกร้อน (Global Warming)

๑.๑ ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อน หมายถึง ภาวะที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ทำให้ภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไป เช่น ปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำทะเล ซึ่งส่งผลกระทบต่อพืช สัตว์ และมนุษย์

โดยปกติแล้วชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกประกอบด้วยโอโซน ไอน้ำ และก๊าซชนิดต่างๆ ซึ่งช่วยป้องกันความร้อนและกักเก็บรังสีคลื่นสั้นบางชนิดที่จะผ่านลงมายังพื้นผิวโลก รวมทั้งช่วยในการกักเก็บความร้อนบางส่วนเอาไว้ รังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบพื้นผิวโลกบางส่วนจะสะท้อนกลับออกนอกชั้นบรรยากาศ ส่วนที่เหลือพื้นผิวโลกจะดูดกลืนไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานออกมาในรูปรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดแผ่กระจายขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ไอน้ำ และก๊าซต่างๆ ในชั้นบรรยากาศสามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนเอาไว้ ทำให้โลกมีอุณหภูมิพอเหมาะสำหรับการดำรงชีวิต ทำให้โลกสามารถรักษาสภาพสมดุลทางอุณหภูมิไว้ได้ ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ อากาศ และการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลต่างๆ ดำเนินไปอย่างสมดุลเอื้อต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ แต่ในปัจจุบันการก่อกมลพิษและการใช้สารเคมีบางชนิดในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ สารเคมีเหล่านี้สามารถทำลายเกราะป้องกันของโลก และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) เป็นต้น ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากเกินไป สมดุลของธรรมชาติ ซึ่งก๊าซเหล่านี้สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดและ

พลังงานความร้อนได้ดี ดังนั้นเมื่อพื้นผิวโลกลอยรังสีอินฟราเรดขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ก๊าซเหล่านี้จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเอาไว้ ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนอยู่ บริเวณพื้นผิวโลก และชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศจึงมี อุณหภูมิสูงขึ้น สภาพภูมิอากาศของโลกจึงร้อนขึ้น ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศต่างๆ ก๊าซเรือนกระจกนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการเพิ่มอุณหภูมิของพื้นผิวโลกโดยตรง แล้ว มันยังส่งผลกระทบโดยทางอ้อมด้วย กล่าวคือมันจะทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซ อื่นๆ และเกิดเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดใหม่ขึ้นมา หรือก๊าซเรือนกระจกบางชนิด อาจรวมตัวกับโอโซน ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลง ส่งผลให้รังสีคลื่นสั้น ที่ส่องผ่านชั้นโอโซนลงมายังพื้นผิวโลกได้มากขึ้น รวมทั้งปล่อยให้รังสีที่ทำอันตราย ต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตผ่านลงมาทำอันตรายกับสิ่งมีชีวิตบนโลกได้ด้วย



รูปที่ ๒ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกที่ทำการบันทึกระหว่างปี ค.ศ. ๑๘๕๐ ถึง ๒๐๐๖

ที่มา: Per Strandberg (2007-2014)

๑.๒ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ

ก๊าซเรือนกระจกคือก๊าซที่มีความสามารถในการดูดซับความร้อนเอาไว้ในตัวของมันเอง ทำให้ก๊าซเหล่านั้นสามารถก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมีอยู่หลายชนิดแต่ที่กล่าวถึงมากที่สุดคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลกคิดเป็นสัดส่วนประมาณ ๐.๔% ของก๊าซทั้งหมด โดยมีมากเป็นอันดับสามรองจากไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนสำคัญในการดูดซับความร้อนทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังจากที่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมในช่วงศตวรรษที่ ๑๙ ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก ๒๘๐ ppm เป็น ๓๖๔ ppm ในปี ๑๙๙๘ และเพิ่มขึ้นถึงระดับ ๓๘๑ ppm ในปี ๒๐๐๕ สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นอกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคของมนุษย์แล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการลดลงของทรัพยากรป่าไม้ของโลก ซึ่งถือว่าเป็นทรัพยากรสำคัญที่ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้

ตารางที่ ๒ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ

ชื่อสามัญ	สัญลักษณ์ทางเคมี	ความสามารถในการดูดซับความร้อน เทียบกับ CO_2
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	๑
มีเทน	CH_4	๒๑
ไนตรัสออกไซด์	N_2O	๓๑๐
คลอโรฟลูออโรคาร์บอน	CFCs	๑๒,๐๐๐-๑๖,๐๐๐
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน	HFCs	๑๔๐-๑๑,๗๐๐
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน	PFCs	๖,๕๐๐-๙,๒๐๐
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	SF_6	๒๓,๙๐๐

ที่มา IPCC (n.d.)

ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญรองลงไปได้แก่ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ คลอโรฟลูออโรคาร์บอน ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน และฮัลเฟอโรเฮกซาฟลูออไรด์ ซึ่งก๊าซทั้งสี่ชนิดหลังนี้เป็นก๊าซที่เกิดจากการสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรมทั้งสิ้น

๑.๓ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมโลก (Global problem) ที่ทุกประเทศจะได้รับผลกระทบโดยทั่วกัน แต่ขนาดความรุนแรงอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ โดยไม่สัมพันธ์กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศนั้นๆ ประเทศที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย อาจได้รับผลกระทบที่รุนแรงก็เป็นได้ ปัญหาภาวะโลกร้อนจะส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตและการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมของมนุษย์ เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น มีผลต่อเนื่องถึงความแปรปรวนของภูมิอากาศ ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน รวมถึงระดับน้ำทะเล การไหลและหมุนเวียนของกระแสในมหาสมุทร เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจทำให้ระบบนิเวศบางแห่งเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้

ตารางที่ ๓ ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

ลักษณะของการเปลี่ยนแปลง	ตัวอย่างผลกระทบ
- วันอากาศร้อนเพิ่มมากขึ้น - กระแสคลื่นความร้อนรุนแรงขึ้น	- ปัญหาสุขภาพที่รุนแรงขึ้น - สัตว์ป่าและสัตว์เลี้ยงเกิดความเครียดจากอากาศร้อน - พืชผลเสียหาย
- เกิดเหตุการณ์รุนแรงด้านภูมิอากาศมากขึ้น	- น้ำท่วม ดินถล่ม - การกัดเซาะหน้าดิน - พืชผลเสียหาย
- พายุเขตร้อนทวีความรุนแรงมากขึ้น	- เพิ่มความเสี่ยงต่อคุณภาพชีวิต - เกิดโรคระบาด - พืชผลเสียหาย
- ภัยแล้งและน้ำท่วมรุนแรงขึ้น	- ผลผลิตทางการเกษตรลดลง - ศักยภาพด้านการผลิตพลังงานลดลง

ความรุนแรงของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แต่ละประเทศได้รับจะแตกต่างกันตามสภาพทางภูมิศาสตร์ และปัจจัยเกื้อหนุนอื่นๆ เนื่องจากภูมิอากาศก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและสิ่งแวดล้อมเป็นพื้นฐานของการคงอยู่ของทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรชีวภาพ และการดำรงชีพของมนุษย์อย่างกว้างขวาง

อย่างไรก็ตามสำหรับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคตนั้น ยังไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำ แต่ในปัจจุบันแหล่งมรดกโลกหลายแห่งเริ่มได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแล้ว ดังจะได้นำเสนอรายละเอียดในบทต่อไป

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลต่อคุณค่าโดดเด่น อันเป็นสากลของแหล่ง



คุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากล (Outstanding Universal Value: OUV) ของแหล่ง หมายถึงคุณค่าความสำคัญในเชิงวัฒนธรรม และ/หรือ ธรรมชาติ ที่มีมากเกินกว่าจะเป็นความสำคัญเฉพาะภายในขอบเขตประเทศหนึ่งๆ และเป็นสิ่งสำคัญทั่วไปร่วมกันของทั้งในยุคปัจจุบันและอนาคตของมวลมนุษยชาติโดยรวม ดังนั้นการคุ้มครองป้องกันอย่างถาวรของแหล่งมรดกนี้ เป็นสิ่งสำคัญที่สุดของสังคมนานาชาติโดยรวม

ในการนำเสนอแหล่งมรดกโลกเพื่อขอบรรจุไว้ในบัญชีรายชื่อเบื้องต้น รัฐบาลจะต้องมีการระบุว่าแหล่งมรดกดังกล่าว มีคุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากล ตามหลักเกณฑ์ข้อใด และหากได้รับการยอมรับให้มีการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลก แล้ว “คุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากล” ตามหลักเกณฑ์ที่ได้รับความเห็นชอบให้มีการขึ้นทะเบียน จะถูกนำเสนอในแถลงการณ์กำกับการยอมรับการขึ้นทะเบียน ดังกล่าว และ “คุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากล” ที่ระบุไว้นี้ จะถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานเพื่อกำหนดแนวทางการคุ้มครองป้องกันและจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้คุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากลคงอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป ทั้งนี้ในย่อหน้าที่ ๗๗ ของเอกสาร “แนวทางการอนุรักษ์ตามอนุสัญญาคุ้มครองมรดกโลก” หรือ “Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention” ได้กำหนดหลักเกณฑ์การพิจารณาการมีคุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากลไว้ดังนี้

๗๗. คณะกรรมการจะพิจารณาคุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากลของทรัพย์สิน หากทรัพย์สินมีคุณสมบัติตามข้อใดข้อหนึ่งหรือมากกว่าตามหลักเกณฑ์การพิจารณา ดังต่อไปนี้

- i) เป็นตัวแทนที่แสดงถึงความเป็นเอกลักษณ์ด้านศิลปกรรม หรือตัวแทนของความงดงามและ เป็นผลงานชิ้นเอกที่จัดทำขึ้นด้วยการสร้างสรรค์อันชาญฉลาดยิ่ง
- ii) แสดงถึงความสำคัญของการแลกเปลี่ยนคุณค่าของมนุษย์ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือในพื้นที่วัฒนธรรมใดๆของโลก ผ่านการพัฒนาด้านสถาปัตยกรรมหรือทางเทคโนโลยี อนุสรณ์ศิลป์ การวางแผนบ้านเมือง หรือการออกแบบภูมิทัศน์
- iii) เป็นเอกลักษณ์ หายากยิ่ง หรือเป็นของแท้ดั้งเดิม
- iv) เป็นตัวอย่างของลักษณะโดยทั่วไปของสิ่งก่อสร้างอันเป็นตัวแทน ของการพัฒนาทางด้านวัฒนธรรม สังคม ศิลปกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี หรืออุตสาหกรรม
- v) เป็นตัวอย่างลักษณะอันเด่นชัด หรือของขนบธรรมเนียมประเพณี แห่งสถาปัตยกรรม วิธีการก่อสร้าง หรือการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ ที่มีความเปราะบางด้วยตัวมันเอง หรือเสื่อมสลายได้ง่ายเพราะผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม ที่ไม่สามารถกลับคืนดั้งเดิมได้ หรือการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ
- vi) มีความคิดหรือความเชื่อที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์หรือบุคคลที่มีความสำคัญหรือความโดดเด่นยิ่งในประวัติศาสตร์
- vii) เป็นแหล่งที่เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีความโดดเด่นเห็นได้ชัด หรือเป็นพื้นที่ที่มีความงามตามธรรมชาติหาพื้นที่อื่นเปรียบเทียบไม่ได้
- viii) เป็นตัวอย่างที่มีความโดดเด่นสะท้อนถึงวิวัฒนาการความ

เป็นมาของโลกในช่วงเวลาต่างๆ กัน ซึ่งรวมไปถึงร่องรอยของ
สิ่งมีชีวิตหรือกระบวนการทางธรณีวิทยาที่สำคัญอันทำให้เกิด
รูปลักษณ์ของแผ่นดิน หรือลักษณะธรณีสัณฐาน หรือลักษณะ
ภูมิประเทศที่สำคัญ

ix) เป็นตัวอย่างที่มีความโดดเด่นสะท้อนถึงกระบวนการนิเวศวิทยา
และชีววิทยาซึ่งก่อให้เกิด และมีพัฒนาการของระบบนิเวศทางบก
หรือระบบนิเวศน้ำจืด หรือระบบนิเวศชายฝั่งและทางทะเล และ
สังคมสัตว์และพืช

x) เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีความสำคัญสูงสุดสำหรับการอนุรักษ์
ความหลากหลายทางชีวภาพในถิ่นกำเนิด ซึ่งรวมไปถึงถิ่นที่อาศัย
ของชนิดพันธุ์พืช และ/หรือชนิดพันธุ์สัตว์ ที่มีคุณค่าโดดเด่น
เชิงวิทยาศาสตร์ หรือเชิงอนุรักษ์ระดับโลก

ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ข้อ i-vi ใช้สำหรับการพิจารณารับรองการเป็นแหล่ง
มรดกโลกทางวัฒนธรรม และหลักเกณฑ์ข้อ vii-x ใช้สำหรับการพิจารณารับรอง
การเป็นแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ หากเป็นแหล่งมรดกโลกแบบผสมมรดก
ทางวัฒนธรรมและทางธรรมชาติแล้ว จะต้องเข้าหลักเกณฑ์ทั้งสองส่วนอย่างน้อย
ส่วนละหนึ่งข้อ

อย่างไรก็ตามในภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ก่อให้เกิดผลกระทบ
ต่อคุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากลของแหล่งมรดกโลกอย่างยิ่ง ซึ่งภัยต่อแหล่งมรดกโลก
ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจมองได้ใน ๒ ลักษณะ คือ

๑. ภัยคุกคามที่ชัดเจน (Ascertained Danger) ซึ่งเกิดขึ้นโดยตรง
จากสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงของวัฏจักรน้ำ ที่ส่งผล
กระทบต่อการตกของฝน ทำให้เกิดภาวะอุทกภัยและภัยแล้งที่มีความถี่ตลอดจน
ความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น

- การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้เกิดสภาพอากาศที่รุนแรง ทั้งพายุที่มีระดับความรุนแรงมากขึ้น และคลื่นลมที่มีความรุนแรงมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อ การกัดเซาะชายฝั่ง ตลอดจนระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพอีกด้วย

- การกลายเป็นทะเลทรายในพื้นที่ซึ่งห่างไกลจากชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นผลมาจากความแห้งแล้ง คลื่นอากาศร้อน และการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน

- การสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลทำให้เกิดน้ำท่วมชายฝั่ง และการรุกคืบของน้ำทะเล

๒. ภัยคุกคามที่ซ่อนเร้น (Potential Danger) ซึ่งพร้อมที่จะทำให้เกิดปัญหาต่อคุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากลของแหล่งมรดกโลก ได้แก่

- การเสริมแรงระหว่าง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และปัญหามลพิษ อาทิ การเกิดฝนกรด และการเปลี่ยนแปลงการสะสมของสารมลพิษ

- การเปลี่ยนแปลงความชื้นในบรรยากาศที่ส่งผลกระทบต่อ เสื่อมสภาพของแหล่งมรดกทางวัฒนธรรม

- การเสื่อมสภาพที่เกิดจากเกลือใต้ดินที่ละลายและ แทรกซึมขึ้นมาบนผนังอาคารโบราณสถานที่เป็นแหล่งมรดกโลก

- การเปลี่ยนแปลงของวิถีชีวิต ประเพณี และวัฒนธรรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

ดังนั้นในการรักษาคุณค่าโดดเด่นอันเป็นสากลของแหล่งมรดกโลกไว้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเร่งเสริมสร้างความเข้มแข็งในการตั้งรับและปรับตัว เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้ให้ได้ ซึ่งข้อเสนอแนะ มาตรการ และแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาที่เหมาะสมจะได้กล่าวถึงในบทที่ ๔ อย่างละเอียดต่อไป

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศต่อแหล่งมรดกโลก

๓

ในแหล่งมรดกโลกประเภทต่างๆ ได้แก่ แหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ แหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม และแหล่งมรดกโลกแบบผสม ต่างก็ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งสิ้น ทั้งนี้ศูนย์มรดกโลกได้สำรวจข้อมูลผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อแหล่งมรดกโลก ในปี พ.ศ. ๒๕๔๘ ดังปรากฏในรายงานฉบับที่ ๒๒ (UNESCO World Heritage Centre, 2007) ที่มีรายละเอียดดังนี้

แหล่งมรดกโลกจำนวน ๑๒๕ แห่ง ถูกระบุชัดเจนว่าถูกคุกคามโดยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในแหล่งมรดกโลกจำนวนนี้มี ๗๙ แห่ง ที่ขึ้นทะเบียนเป็นมรดกทางธรรมชาติหรือแบบผสมผสาน (ทั้งวัฒนธรรมและธรรมชาติ) โดยมีการกระจายตามลักษณะชีวนิเวศ ดังนี้:

- แหล่งชายฝั่งทะเล ๑๖ แห่ง (ในจำนวนนี้ เป็นแนวปะการัง ๗ แห่ง)
- แหล่งธารน้ำแข็ง ๑๔ แห่ง และแหล่งภูเขา ๗ แห่ง
- แหล่งความหลากหลายทางชีวภาพบนบก ๒๘ แห่ง
- ชีวนิเวศแบบผสม และแหล่งประเภทอื่นๆ ๑๔ แห่ง

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพย์สินมรดกทางธรรมชาติที่สังเกตได้ เช่น:

- การถอยร่นและการละลายของธารน้ำแข็ง (๑๙ แห่ง)
- การสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล (๑๘ แห่ง)
- การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (๑๗ แห่ง)
- การอพยพของชนิดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงแนวเส้นที่ต้นไม้จะเจริญเติบโตได้ (๑๒ แห่ง โดย ๖ แห่งมีการเปลี่ยนแปลงแนวต้นไม้)
- การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตกของฝนและการเกิดภัยแล้ง (๑๑ แห่ง)
- ความถี่ของการเกิดไฟป่า (๙ แห่ง)
- การฟอกขาวของปะการัง (๖ แห่ง)
- การกัดเซาะชายฝั่ง (๔ แห่ง)
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเล (๑ แห่ง)
- เฮอริเคน พายุไซโคลน (๑ แห่ง)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถูกรายงานว่าเป็นภัยคุกคามต่อ ๔๖ แหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม โดยแหล่งทางวัฒนธรรมเกือบทั้งหมดเป็นการสร้างโดยฝีมือมนุษย์ เช่น ซากทางโบราณคดี โบสถ์ มัสยิด วัด ป้อมปราการ และอื่นๆ มีเพียง ๔ แหล่งที่ถูกเป็นภูมิทัศน์ทางวัฒนธรรม (ในจำนวนนี้มี ๒ แหล่งที่เป็นระบบเกษตรกรรมดั้งเดิม

ภัยคุกคามจากสภาพภูมิอากาศที่ถูกหยิบยกมาสำหรับมรดกโลกทางวัฒนธรรม เช่น:

- เฮอริเคน พายุ (๑๑ แห่ง)
- การสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล (๙ แห่ง)
- การกัดเซาะ (ทั้งเกิดจากลมและน้ำ) (๘ แห่ง)

- อุทกภัย (๗ แหล่ง)
- การเพิ่มขึ้นของฝน (๔ แหล่ง)
- ภัยแล้ง (๓ แหล่ง)
- การกลายเป็นทะเลทราย (๒ แหล่ง)
- การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (๑ แหล่ง)

๓.๑ ผลกระทบต่อแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมรดกโลกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยไม่จำกัดว่าเป็นแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติหรือแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม ปัจจุบันหลายหน่วยงานได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับแหล่งมรดกทางวัฒนธรรม (Daly, 2011) และแหล่งมรดกทางธรรมชาติ (Chown et al., 2001) มีการดำเนินการในเชิงรุกเกี่ยวกับการศึกษาวิจัย และการกำหนดนโยบายด้านการจัดการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ได้กำหนดให้มีการบรรจุเรื่องเกี่ยวกับมรดกทางวัฒนธรรมไว้เป็นหนึ่งในสี่ของรายงานเกี่ยวกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้น อาจเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยตรง หรือผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยอ้อม ในรายงานของฉบับที่ ๒๒ UNESCO World Heritage Centre (2007a) ได้อธิบายถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อแหล่งมรดกโลก ทั้งแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ และแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมโดยให้รายละเอียดและยกตัวอย่างที่เป็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อแหล่งมรดกโลกประเภทต่างๆ ได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ จะพบว่ามีความเกี่ยวข้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในด้านต่างๆ ได้แก่

๓.๑.๑ ผลกระทบต่อระดับน้ำทะเลและชายฝั่ง

ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในช่วง ๑๐๐ ปีที่ผ่านมาได้เพิ่มสูงขึ้นระหว่าง ๑๐-๒๕ เซนติเมตร การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลนี้มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบรรยากาศชั้นล่างของโลกที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ๐.๓-๐.๖ องศาเซลเซียส มีการคาดการณ์ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกอาจทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นประมาณ ๕๐ เซนติเมตร ในปี ค.ศ. ๒๑๐๐ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในมหาสมุทรอาจส่งผลให้ระดับน้ำทะเลในท้องถิ่นหรือภูมิภาคเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าหรือน้อยกว่าระดับเฉลี่ยของโลกได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น คือการขยายตัวของผิวน้ำทะเลเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยมีการละลายของภูเขาน้ำแข็งในขั้วโลกเป็นตัวสนับสนุนด้วย ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลที่มีต่อบริเวณชายฝั่ง คือการชะล้างพังทลายบริเวณชายฝั่งจะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้หากอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น ๑.๔-๕.๘ องศาเซลเซียส จะส่งผลทำให้น้ำแข็งที่บริเวณขั้วโลกเกิดการละลายจนระดับน้ำทะเลเฉลี่ยจะสูงขึ้น ๑๔-๙๐ เซนติเมตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่อยู่อาศัย ประชากร และระบบนิเวศชายฝั่ง นอกจากนี้ การที่อุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นเพียง ๒-๓ องศาเซลเซียส อันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนจะทำให้สาหร่ายเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อชั้นในของปะการังและช่วยทำให้เกิดสีของปะการังขึ้นนั้นตายลง ส่งผลทำให้ปะการังขาดอาหารและตายในที่สุด โดยจะเปลี่ยนเป็นสีขาว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปะการังฟอกสี หรือการเปลี่ยนสีของปะการัง

ตัวอย่างของปรากฏการณ์ปะการังฟอกสีในแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ The Great Barrier Reef (GBR) เป็นระบบนิเวศปะการังที่ใหญ่ที่สุดในโลก มีความยาวถึง ๒,๐๐๐ กิโลเมตร ตลอดแนวชายฝั่งตะวันออกของรัฐ Queensland ประเทศออสเตรเลีย (Hughes et al., 2007) ระบบนิเวศแห่งนี้ประกอบไปด้วยแนวปะการังเดี่ยวๆ ประมาณ ๒,๙๐๐ แนว แนวปะการัง GBR มีคุณค่าความสำคัญอย่างมากทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสุนทรียภาพ ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ แนวปะการังแห่งนี้ได้ก่อให้เกิดรายได้คิดเป็น

มูลค่าถึง ๔,๐๐๐ ล้านดอลลาร์ให้แก่เศรษฐกิจของรัฐ Queensland ในแต่ละปี ทั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นรายได้ที่เกิดจากการท่องเที่ยว รายได้ที่เกิดขึ้นนี้มีทิศทางการขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อแนวปะการังในบริเวณอื่นๆ มีแนวโน้มที่ลดลง แนวปะการัง GBR ถือเป็นแบบอย่างที่มีค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศอย่างรวดเร็ว ซึ่งช่วยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบในการจัดการ การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นเป็นการสนับสนุนให้เกิดความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น มีรูปแบบการปกครองและบริหารที่อาศัยความร่วมมือกัน ประกอบด้วยความร่วมมือกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์ ผู้จัดการด้านสิ่งแวดล้อม นักท่องเที่ยวอุตสาหกรรมประมง และชุมชนที่อยู่โดยรอบ

ระบบนิเวศของ GBR เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยา ที่เพิ่มความเปราะบางและจำเป็นที่จะต้องได้รับการเอาใจใส่ การส่งออกผลิตภัณฑ์ประมงที่เคยรุ่งโรจน์ในอดีตเมื่อสมัยยังเป็นอาณานิคมของประเทศในแถบยุโรป (เช่น ปลิงทะเล เปลือกหอยมุก หอยฝาเดียว พะยูน และเต่า) ที่ปัจจุบันนี้ ได้ล่มสลายไปหรือถือว่าไม่มีค่าทางเศรษฐกิจอีกต่อไป ผลกระทบอีกประการจากการที่อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ตลอดระยะเวลา ๔๐ ปีที่ผ่านมาได้เกิดการระบาดของดาวมงกุฎหนามเป็นบริเวณกว้าง เป็นจำนวน ๓ ครั้ง ส่งผลให้พื้นที่ของแนวปะการังลดลง

นอกจากนี้ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พื้นที่ในบริเวณชายฝั่งจะถูกน้ำท่วมและถูกกัดเซาะมากขึ้น โดยเฉพาะในแถบบริเวณชายฝั่งของประเทศกำลังพัฒนาที่มีขีดความสามารถในการปรับตัวต่ำ ก่อให้เกิดการสูญเสียที่ดินอันเนื่องจากระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าหากระดับน้ำทะเลสูงขึ้นอีก ๑ เมตร พื้นที่ชายฝั่งของประเทศต่างๆ จะสูญหายไป เช่น ประเทศอูรูกวัยจะหายไปร้อยละ ๐.๐๕ ประเทศอียิปต์ร้อยละ ๑.๐ ประเทศเนเธอร์แลนด์ร้อยละ ๖.๐ ประเทศบังคลาเทศร้อยละ ๑๗.๕ และบางประเทศในหมู่เกาะมาร์แชล (สาธารณรัฐหมู่เกาะมาร์แชลล์) อาจสูญเสียถึงร้อยละ ๘๐ สำหรับพื้นที่แหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติที่อยู่ตามแนวชายฝั่งหรือที่มีสภาพเป็นหมู่เกาะย่อมมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบ

จากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นเช่น แหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติบริเวณหมู่เกาะ Galapagos ในประเทศ Ecuador (BBC, 2009) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการหมุนเวียนของน้ำทะเล ซึ่งกระทบต่อทรัพยากรชีวภาพ ชาติอาหาร และทรัพยากรชีวภาพ และโครงสร้างของระบบนิเวศโดยตรง

๓.๑.๒ ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณและความถี่ของฝนเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ผลจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอาจทำให้ปริมาณน้ำท่าลดน้อยลงกว่าเดิม เนื่องจากการที่โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อัตราการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแหล่งน้ำจืดหลายแห่งมีปริมาณน้ำที่ลดน้อยลงหรือแห้งหายไป สภาพภูมิอากาศในบางพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งมากขึ้น ความอ่อนไหวของระบบอุทกวิทยาท้องถิ่นสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณฝนเพียงไม่มากนักก็สามารถส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าได้สูง พื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้งอาจมีความอ่อนไหวมากขึ้น อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ลดลง รวมทั้งการระเหยของน้ำและการคายน้ำของพืชที่มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าและการระเหยของน้ำจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศของธรรมชาติ ซึ่งในระบบนิเวศน้ำจืดนั้น การเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และความร้อนของน้ำมีผลต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ส่วนการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของน้ำและปริมาณน้ำฝนจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ ปริมาณธาตุอาหาร การละลายของออกซิเจน และปริมาณน้ำในทะเลสาบและลำน้ำ

อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นยังส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตในแหล่งที่อยู่นั้นๆ สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องมีการปรับตัวใหม่ เพื่อตอบสนองต่อปัจจัยและเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป แต่สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวได้ จะต้องสูญพันธุ์ไปในที่สุด การสูญหายไปของสิ่งมีชีวิตแม้เพียงชนิดเดียวย่อมกระทบต่อห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ ส่งผลต่อความมั่นคงในการดำรงอยู่ของระบบนิเวศนั้นๆ จากรายงานของ BBC (2009) พบว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ที่แหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ

หมู่เกาะ Galapagos ในประเทศ Ecuador จำนวนถึง ๔๕ ชนิด ที่อาจสูญพันธุ์หรืออยู่ในสถานะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ สำหรับในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด ที่ปรากฏอยู่ในแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติหลายแห่ง การเปลี่ยนแปลงสภาพของแหล่งน้ำส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์และพืชน้ำภายในแหล่งน้ำนั้น (Dudgeon et al., 2006)

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลกระทบที่สำคัญต่อองค์ประกอบของพันธุ์ไม้ในป่าถึงหนึ่งในสามของโลก ป่าบางชนิดอาจสูญสลาย ในขณะที่พันธุ์ไม้ใหม่อาจเกิดขึ้น ทำให้มีระบบนิเวศใหม่ได้ และการคุกคามของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจรวมถึงศัตรูพืชและไฟป่าที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับภัยคุกคามอันเนื่องมาจากมนุษย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศของป่าซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ที่มีเอกลักษณ์และความโดดเด่น จนส่งผลกระทบทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านั้นลดลง ดังเช่นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าในแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ Monarch Butterfly Biosphere Reserve ในประเทศ Mexico ย่อมส่งผลต่อที่อยู่อาศัยของ Monarch Butterfly ด้วย (Vidal et al., 2014) นอกจากนี้ฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาในการเจริญเติบโตของพืชซึ่งเป็นแหล่งอาหารของปศุสัตว์และสัตว์ป่ามากกว่าร้อยละ ๕๐ ของโลก พื้นที่ชุ่มน้ำอันเป็นแหล่งอาศัยและขยายพันธุ์ของพืชและสัตว์จำนวนมาก และยังเป็นแหล่งปรับปรุงคุณภาพน้ำ ควบคุมน้ำท่วมและสถานะแห้งแล้ง จะมีขนาดพื้นที่ลดน้อยลง เนื่องจากอัตราการระเหยที่เร็วขึ้น (Dudgeon et al., 2006)

๓.๑.๓ การเปลี่ยนแปลงต่อลักษณะทางกายภาพของแหล่ง

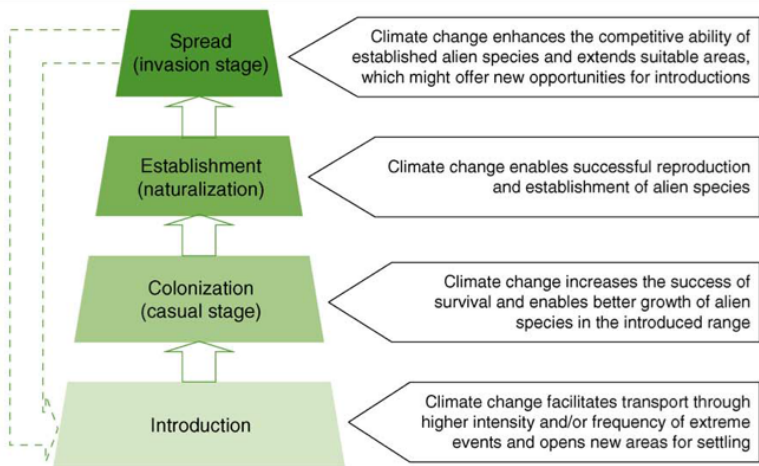
ลักษณะทางกายภาพของแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติในบางท้องที่อาจมีความเกี่ยวเนื่องกับแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมด้วย เนื่องจากแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมนั้นได้มีการสร้างขึ้นจากลักษณะทางธรรมชาติที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตน เช่น รูปสลักหินทรายของพระพุทธรูปเจ้าที่ Leshan Giant Buddha ที่ Mount Emei ประเทศจีน เป็นที่ทราบกันดีว่าก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศ สามารถที่จะละลายน้ำ

ได้ดี และเมื่อก๊าซชนิดนี้ละลายน้ำจะทำให้หน้าน้ำนั้นมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ จึงเป็นที่มาของคำว่าฝนกรด ฝนกรดสามารถที่จะกัดกร่อนโครงสร้างหรือภูมิประเทศที่มีองค์ประกอบเป็นหินปูน หินอ่อน หรือหินทรายได้ดี ซึ่ง Nakano et al. (2001) รายงานว่า ความเป็นกรดในน้ำฝนสามารถที่จะชะหรือละลายเอาสารธาตุแคลเซียม (Ca) ออกจากชั้นดินในแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติ ที่ Island of Yakushima ประเทศญี่ปุ่น ปรากฏการณ์ในลักษณะแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในสภาพภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขาหินปูนของแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติที่อยู่ทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี และจากความเชื่อมโยงระหว่างลักษณะทางธรรมชาติอันโดดเด่นที่ส่งผลต่อการสร้างสรรค์งานทางด้านวัฒนธรรม จึงทำให้ปรากฏการณ์ฝนกรดสามารถส่งผลกระทบต่อการผุพังของแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมเช่นกัน ดังเช่นการผุพังของรูปสลักของพระพุทธเจ้าที่ Leshan Giant Buddha ที่ Mount Emei ประเทศจีน (Mink, 2009)

๓.๑.๔ การรุกรานของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่น

โดยปกติแล้วสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดในเรื่องของการแพร่กระจาย โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอุณหภูมิ และความสูงตามละติจูด อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีอาณาเขตในการแพร่กระจายได้กว้างขึ้น ประกอบกับการซื้อ-ขายสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นที่เกิดขึ้นได้ง่ายในปัจจุบัน สามารถก่อให้เกิดปัญหาการรุกรานของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นในระบบนิเวศใหม่ได้ ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (Alien species) สามารถที่จะกลายเป็นชนิดพันธุ์ที่รุกรานได้ โดยกลายเป็นชนิดพันธุ์ที่รุกรานด้วยเหตุผลตามหลักชีววิทยา ชนิดพันธุ์นั้นดำรงชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ดีกว่าชนิดพันธุ์ในท้องถิ่น ชนิดพันธุ์นั้นดำรงชีวิตอยู่ แพร่พันธุ์ และมีจำนวนประชากรมากจนสามารถครอบครอง หรือกลายเป็นชนิดพันธุ์เด่น (Dominant species) ในระบบนิเวศใหม่ ทั้งนี้ Walther et al. (2009) ได้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกส่งผลทำให้สิ่งมีชีวิตต่างถิ่นมีโอกาที่จะประสบความสำเร็จในการอยู่อาศัย และขยายพันธุ์ได้ในสิ่งแวดล้อมใหม่ ตัวอย่างปัญหาจากการแพร่กระจายของ

สิ่งมีชีวิตต่างถิ่นในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่ การระบาดของงูหลาม (Burmese python, *Python molorus bivittatus*) ที่ปกติจะมีถิ่นที่อยู่อาศัยในแถบเอเชีย แต่ในปัจจุบันพบมีการแพร่กระจายได้ดีในพื้นที่ Everglades National Park ในรัฐ Florida ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Park Service, 2014) ปัญหาของการระบาดของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นในแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติไม่ได้จำกัดเฉพาะในเรื่องของสัตว์ แหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติหลายแห่งประสบปัญหาการระบาดของสิ่งมีชีวิตจำพวกพืช เช่นใน Table Mountain National Park ประเทศ South Africa ซึ่งเป็นสถานที่ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติเนื่องจากพืชพันธุ์ในบริเวณนี้มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว แต่ในปัจจุบันพบว่าภายในพื้นที่แหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติแห่งนี้ประสบปัญหาการรุกรานของพืชหลายชนิด ทั้งที่เป็นไม้ยืนต้น เช่น Pines (*Pinus spp.*) และ Eucalypts (*Eucalyptus spp.*) ซึ่งเป็นการนำเข้ามาปลูกโดยมนุษย์เพื่อหวังผลทางเศรษฐกิจ (Van Wilgen, 2012)



TRENDS in Ecology & Evolution

รูปที่ ๓ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อความสำเร็จในการรุกรานของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่น
ที่มา: Walther et al. (2009)

๓.๑.๕ ความเชื่อมโยงระหว่างแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติและแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

มนุษย์มีความผูกพันกับธรรมชาติมาอย่างยาวนานนับตั้งแต่มีหลักฐานบันทึกทางประวัติศาสตร์ พัฒนาการทางด้านวัฒนธรรมของมนุษย์ในแต่ละท้องถิ่นล้วนแล้วแต่มีความเกี่ยวข้องกับธรรมชาติอย่างใกล้ชิด ดังนั้นความหลากหลายทางธรรมชาติและวัฒนธรรมจึงมีความเกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อกันและกันในรูปแบบที่มีความสลับซับซ้อนเกินกว่าที่จะแยกออกจากกันโดยเด็ดขาดได้ เนื่องจากธรรมชาติและวัฒนธรรมนั้นมีกระบวนการวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นมาร่วมกันนั่นเอง (Rao, 2012) และเมื่อมนุษย์เป็นตัวการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติแน่นอนที่สุดว่าผลกระทบดังกล่าวย่อมเกิดขึ้นต่อแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมด้วยเช่นกัน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าผลจากการที่สภาพภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงจนทำให้สภาพแวดล้อมในธรรมชาติเปลี่ยนแปลง แหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมก็ย่อมได้รับผลกระทบตามไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ฝนกรด อุณหภูมิโลกที่สูงขึ้น หรือการรุกรานของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่น ล้วนแต่เป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งมรดกโลกทั้งทางธรรมชาติและทางวัฒนธรรมได้ทั้งสิ้น ดังนั้นการตั้งรับและปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลต่อแหล่งมรดกโลกจึงเป็นหน้าที่ของเราทุกคนที่จะช่วยกันในการรักษาแหล่งมรดกโลกของเราให้มั่นคงยั่งยืนต่อไป

๓.๒ ผลกระทบต่อแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม

ภัยคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม สามารถสรุปประเด็นสำคัญๆ ได้ดังนี้ (ปรับปรุงจาก UNESCO World Heritage Centre, 2007a)

- **การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ผิวโลก** ส่งผลต่อการเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงการแข็งตัวของน้ำ การระเหยของน้ำ การละลายของน้ำแข็ง และการเพิ่มขึ้นของน้ำค้างแข็ง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี

วงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิต และผลกระทบทางชีววิทยา ทั้งในดิน แหล่งน้ำ และชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นผลกระทบที่ตามมา

- การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ส่งผลต่อการเกิดน้ำท่วมชายฝั่ง การรุกล้ำของน้ำทะเล การกัดเซาะและการสูญเสียพื้นที่ชายฝั่ง
- การเปลี่ยนแปลงการตกของฝน หิมะ ลูกเห็บ ไม่ว่าจะเป็น การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ปริมาณและความถี่ของการตก และระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้น เป็นต้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน ระดับน้ำผิวดิน และการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรความชื้น
- การเปลี่ยนแปลงความชื้นในบรรยากาศ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรความชื้น วงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิต ผลกระทบทางชีววิทยา และการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งในดิน แหล่งน้ำ และชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นผลกระทบที่ตามมา
- การเปลี่ยนแปลงความถี่ ความรุนแรง และฤดูกาลที่เกิดภัยพิบัติที่รุนแรง เช่น ภัยแล้ง ไฟไหม้ อุทกภัย วาตภัย พายุหมุนเขตร้อน คลื่นอากาศร้อน เป็นต้น รวมถึงความเสี่ยงต่อการเกิดสภาพการกลายเป็นทะเลทราย
- ความถี่และความรุนแรงจากการกัดเซาะ ทั้งจากกระแสน้ำลม ฝน และคลื่น ได้แก่ ฝนที่ถูกพัดมา ความเค็มที่นำพามาโดยลม ทRAYที่ถูกพัดมา ลมกระโชกและการเปลี่ยนทิศทางลม
- การเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศ และที่ละลายในมหาสมุทร ก่อให้เกิดภาวะฝนกรดหรือความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงการสะสมของสารมลพิษทั้งในดิน ชั้นบรรยากาศ แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำทะเล

ทั้งนี้ การรับรู้ได้ถึงการเกิดขึ้นของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อแหล่งมรดกโลก สามารถรับรู้ได้จาก ๓ ทาง คือ

๑) จากการเกิดเหตุการณ์ขึ้นจริงกับแหล่งมรดกโลกต่างๆ ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ซึ่งเหตุการณ์ที่เห็นได้ชัดที่สุด คือ การเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นและรุกล้ำท่วมเข้าไปยังพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำและพื้นที่ชายฝั่ง ทำให้พื้นที่ชุมชน/เมืองได้รับความเสียหาย

๒) จากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น การใช้โมเดลหรือแบบจำลองต่างๆ ในการวิเคราะห์และคาดการณ์ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น

๓) จากการสำรวจและเก็บรวบรวมหลักฐาน/ข้อเท็จจริงของการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับแหล่งมรดกโลกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้นอาจยังไม่ทำให้เกิดปัญหาหรือผลกระทบที่ชัดเจนกับแหล่งมรดกโลก ต้องรอผลการศึกษาและวิเคราะห์ให้แน่ชัดถึงความเกี่ยวข้องของสาเหตุว่ามาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือไม่

ผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม ก่อให้เกิดผลกระทบแบ่งเป็น ๒ ลักษณะใหญ่ คือ ผลกระทบทางกายภาพ และผลกระทบทางสังคม-วัฒนธรรม ซึ่งมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้ (ปรับปรุงจาก UNESCO World Heritage Centre, 2007a)

๓.๒.๑ ผลกระทบทางกายภาพ

ผลกระทบทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม ส่วนใหญ่เป็นผลกระทบโดยตรงที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดปัญหากับแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมได้ในหลายลักษณะ เช่น การเสียดสี การผุกร่อน การทรุดโทรมหรือเสื่อมสภาพ การไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เหมือนเดิม เกิดความเสียหายและพังทลาย เป็นต้น ซึ่งผลกระทบทางกายภาพที่สำคัญจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม มีดังนี้

๑) การอยู่รอดของสิ่งปลูกสร้างและวัสดุที่ง่ายต่อความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ โดยเฉพาะหลักฐานทางโบราณคดีที่ถูกเก็บรักษาใต้พื้นดินเกิดการเสียดุลยภาพหรือความสมดุลระหว่างกระบวนการทางความชื้นเคมี และชีวภาพ จนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

ตัวอย่างแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ แหล่งทางวัฒนธรรมบนเกาะเฮร์เชล (Herschel Island) ในเขตยูคอน (Yukon Territory) ประเทศแคนาดา (UNESCO World Heritage, 2007b)

แหล่งทางวัฒนธรรมบนเกาะเฮร์เชล เป็นบริเวณที่ตั้งถิ่นฐานของนักล่าปลาวาฬในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๙ ในเขตยูคอน ประเทศแคนาดา ปัจจุบันได้รับการบรรจุในบัญชีรายชื่อเบื้องต้นแหล่งมรดกโลกของแคนาดา (The Canadian World Heritage Tentative List) เนื่องจากมีคุณค่าทางวัฒนธรรมที่โดดเด่น (แหล่ง Ivavik / Vuntut / Herschel) นอกจากนี้สภาพธรรมชาติบนเกาะเฮร์เชลยังมีความสวยงามและโดดเด่น ประกอบด้วย ภูเขา ผืนป่าเขตเหนือทุ่งหญ้าทุนดราพื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ชายฝั่งทะเล รวมถึงมีความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะสัตว์จำพวกกวางคาริบู หมี นก และสัตว์ทะเล

จากการศึกษาพบว่า การละลายของธารน้ำแข็งบริเวณทะเลขั้วโลกทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการกัดเซาะและการสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งเป็นบริเวณกว้าง ทำให้สิ่งปลูกสร้างซึ่งเป็นหลักฐานทางโบราณคดีที่อยู่ในพื้นที่ต่ำได้รับความเสียหายและถูกทำลายจากคลื่นและการจมน้ำทะเล รวมถึงส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสลายของชั้นดินเยือกแข็งคงตัว (Permafrost) บนเกาะ จนนำไปสู่การทรุดตัวของพื้นดินซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อป้ายหลุมศพและหีบศพที่ฝังอยู่ในสุสานบริเวณหุบผาพอลลิน (Pauline Cove) และหีบศพจำนวนหนึ่งพังทลายและมีสภาพแตกหักลงพร้อมกับดินที่ทรุดตัว ดังนั้น คุณค่าของแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมแห่งนี้จึงถูกคุกคามก่อนที่จะได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกได้



รูปที่ ๔ สภาพภูมิศาสตร์ของเกาะเฮิร์เชล เขตยูคอน ประเทศแคนาดา
ที่มา: Smithsonian (n.d.)

๒) อาคารทางประวัติศาสตร์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ในระดับที่มากกว่าอาคารในปัจจุบัน อาคารทางประวัติศาสตร์เหล่านั้นจะมีรูปทรงที่มากกว่าจะซึมซับน้ำจากพื้นดินเข้าสู่โครงสร้างของอาคารและปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมผ่านการระเหยออกจากผิวอาคาร พื้นผิวกำแพง และบริเวณพื้นซึ่งเป็นจุดที่เกิดการแลกเปลี่ยนของปฏิกิริยานี้ การเพิ่มขึ้นของความชื้นในดินอาจมีผลให้มีการจับตัวของเกลือที่มาจากน้ำใต้ดินที่เพิ่มมากขึ้น เมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่แห้งผลกระทบจากผลึกเกลือจะทำให้เกิดความเสียหายต่อส่วนตกแต่งชั้นนอกของอาคารประวัติศาสตร์เหล่านั้นได้

ตัวอย่างแหล่งมรดกโลกที่ได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ เขตโบราณคดีซานซาน ประเทศเปรู

ซานซานเป็นเมืองหลวงของอาณาจักรชิมี (Chimu Kingdom) ซึ่งมีความรุ่งเรืองสูงสุดในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๕ (พุทธศตวรรษที่ ๒๐) ไม่นานก่อนการล่มสลายของอินคา ผังของเมืองมีขนาดใหญ่ เป็นเมืองที่ใหญ่ที่สุดในอเมริกายุคพรี-โคลัมเบียน เมืองแห่งนี้สะท้อนถึงยุทธศาสตร์ทางการเมืองและสังคมที่เคร่งครัด มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๘๖ และในปีเดียวกันก็ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชีรายชื่อแหล่งมรดกโลกในภาวะอันตราย (The List of World Heritage in Danger) เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในแหล่งมรดกโลกแห่งนี้ส่วนใหญ่ทำด้วยดินซึ่งเป็นวัสดุที่มีรูปทรง เปราะบาง และง่ายต่อการถูกกัดกร่อนโดยธรรมชาติ จากการ



၆၆

ศึกษาพบว่า ที่ผ่านมามรดกโลกแห่งนี้ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของปรากฏการณ์ เอลนีโญ (El Nino events) อยู่หลายครั้ง จากสภาพอากาศที่แปรปรวนอย่างมาก จากความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนที่มีมาก แม้ว่าจะอยู่ในเขตแห้งแล้งชายฝั่งของเปรูก็ตาม ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่ทำด้วยดินให้ได้รับความชื้นมากขึ้น และมีน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะโครงสร้างบริเวณที่อยู่ใกล้หรือติดกับพื้นดิน ซึ่งมีผลต่อการจับตัวของเกลือมากขึ้นที่มาจากระดับน้ำใต้ดินที่สูงขึ้น รวมถึงการเติบโตของวัชพืชจำพวกกก และพืชตระกูลบัว ที่ขึ้นอยู่บนสิ่งปลูกสร้าง และตามพื้นที่ลุ่มที่มีน้ำขัง ส่งผลให้มรดกโลกแห่งนี้เกิดการเสียหายและเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็ว



โครงสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่ทำด้วยดิน



รูปที่ ๖ ลักษณะของแหล่งมรดกโลก และสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในเขตโบราณคดีขาน ขาน ประเทศเปรู
ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (2007b)

๓) วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างต่างๆ ที่ทำจากท่อนไม้ซุงและวัสดุอินทรีย์ อาจถูกทำให้เสียหายจากการติดเชื้อเพิ่มขึ้น หรือได้รับการรบกวนจากแมลงศัตรูพืชและวัชพืชระบาด ซึ่งเป็นภัยคุกคามที่ไม่เคยมีมาก่อน เช่น อาจมีการอพยพของศัตรูพืชตามแนวความสูงจากระดับน้ำทะเลและละติจูด ทั้งนี้ รวมไปถึงแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมที่เป็นภูมิทัศน์ชนบท และพื้นที่เกษตรกรรมที่อาจได้ผลกระทบนี้ด้วย

ตัวอย่างแหล่งมรดกโลกที่อาจได้รับผลกระทบนี้ได้แก่ บ้านดินแห่งฝูเจี้ยน ประเทศจีน (Fujian Tulou, China)

บ้านดินแห่งฝูเจี้ยน สร้างขึ้นในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๕-๒๐ มีจำนวนทั้งสิ้น ๔๖ หลัง ตั้งอยู่ท่ามกลางนาข้าว ไร่นา ไร่ยาสูบ ตู้อู เป็นชื่อเรียกเป็นบ้านทำด้วยดินสูงหลายชั้น เป็นที่อยู่อาศัยของผู้คนกว่า ๘๐๐ คน รูปแบบอาคารเป็นรูปกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ภายในมีพื้นที่ว่างตรงกลาง มีทางเข้าออกทางเดียว และมีหน้าต่างเปิดออกด้านนอกเพียงชั้นล่างชั้นเดียว ภายในบ้านเป็นที่อยู่ของคนทั้งตระกูล บ้านทำหน้าที่เป็นหน่วยหนึ่งของกลุ่มชุมชน จึงเป็นที่รู้จักในชื่อ “อาณาจักรเล็กๆ สำหรับครอบครัว” หรือ “เมืองเล็กๆ อันอุ่นไวย” โครงสร้างอาคารเป็นกำแพงดินที่แข็งแรง มุงหลังคากระเบื้อง มีชายคากว้างยื่นออกมา ตู้อูถูกสร้างให้อยู่สบายและได้รับการตกแต่งอย่างสวยงาม ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๗-๑๘ อาคารถูกแบ่งตามแนวตั้งระหว่างครอบครัวต่าง ๆ โดยกำหนดให้แต่ละครอบครัวมี ๒-๓ ห้องบนแต่ละชั้น มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๒๐๐๘ เป็นตัวอย่างของอาคารโบราณที่มีรูปแบบการอยู่ร่วมกันแบบประชาคมที่มีการดูแลและป้องกันตนเอง และในแง่ของความสัมพันธ์ที่กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อม ถือเป็นตัวอย่างที่เด่นชัดของการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์

จากสภาพอากาศที่แปรปรวนจากความผิดปกติของทั้งปริมาณฝน ความชื้นระดับน้ำใต้ดิน และแสงแดด อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่ทำด้วยดิน ไม้ และวัสดุอินทรีย์อื่นๆ ให้ได้รับภัยคุกคามจากการโจมตีทางชีวภาพ โดยเชื้อรา ราเมือก ไลเคนส์ และแมลงชนิดพันธุ์ที่รุกราน เช่น ปลวก รวมถึง

พวกวัชพืชต่างๆ ด้วย ส่งผลให้เกิดความเสียหายหรือการเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็วของพื้นผิวส่วนนอกและตัวโครงสร้างของอาคาร รวมถึงอาจส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงแบบแผนการดำรงชีวิตของชุมชนพื้นเมืองที่อาศัยอยู่ในแหล่งมรดกโลก นั้นตามมาด้วย



รูปที่ ๗ แหล่งมรดกโลกบ้านดินแห่งฝูเจี้ยน ประเทศจีน
ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (1992-2014a)

๔) การเกิดภาวะน้ำท่วมที่อาจทำความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างและวัสดุ ก่อสร้างที่ไม่ได้รับการออกแบบให้ทนทานต่อการจมอยู่ใต้น้ำเป็นระยะเวลานานๆ และเมื่อน้ำแห้งลงแล้วก็อาจเกิดการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาจ สร้างความเสียหาย เช่น เชื้อรา ราเมือก รวมถึงกระแสน้ำที่ไหลอย่างฉับพลัน อาจก่อให้เกิดการพังทลายของสิ่งปลูกสร้างที่เป็นมรดกโลกทางวัฒนธรรมได้

การเกิดภาวะน้ำท่วมเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นและเห็นได้ชัดเจนที่สุดว่ามีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ พบว่า การเกิดภาวะน้ำท่วมมักมีโอกาสดังเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ส่วนต่างๆ ของโลก สามารถเกิดขึ้นได้เป็นประจำหรือบ่อยครั้ง และมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นเกาะบริเวณปากแม่น้ำ และพื้นที่ชายฝั่งทะเล ในหลายประเทศมีการศึกษาโดยใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์ระยะเวลาและความรุนแรงของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม ทั้งนี้เพื่อที่จะได้หามาตรการและวิธีการในการตั้งรับและปรับตัวให้ทันกับเหตุการณ์น้ำท่วมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับชีวิต ที่ดิน และทรัพย์สิน



กรุงโรม อิตาลี



ลอนดอน สหราชอาณาจักร



ปารีส ฝรั่งเศส



โคเปนเฮเกน เดนมาร์ก



กรุงเทพมหานคร ไทย

รูปที่ ๘ ภาพจำลองการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรงในพื้นที่ที่สำคัญบนโลก

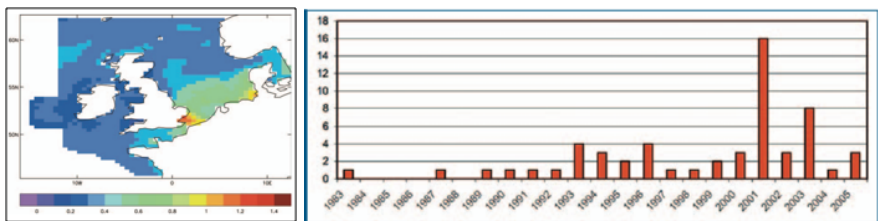
ที่มา: CarbonStory (n.d.)

ตัวอย่างแหล่งมรดกโลกได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ แหล่งมรดกโลกที่ตั้งอยู่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเทมส์ เมืองลอนดอน สหราชอาณาจักร ประกอบด้วยแหล่งมรดกโลก ๓ แห่ง คือ พระราชวังเวสต์มินสเตอร์ วิหารเวสต์มินสเตอร์ และโบสถ์เซนต์มาร์กาเร็ต (Palace of Westminster and Westminster Abbey including Saint Margaret's Church) หอคอยแห่งลอนดอน (Tower of London) และเมืองนาวิกกรีนิช (Maritime Greenwich) (UNESCO World Heritage Centre, 2007b)



รูปที่ ๙ แหล่งมรดกโลกพระราชวังเวสต์มินสเตอร์ วิหารเวสต์มินสเตอร์
และโบสถ์เซนต์มาร์กาเร็ต สหราชอาณาจักร
ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (1992-2014b)

จากการคาดการณ์โดยแบบจำลอง พบว่าภายในปี ค.ศ. ๒๐๘๐ ระดับน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำเทมส์จะสูงขึ้นประมาณ ๐.๒๖–๐.๘๖ เมตร จากค่าเฉลี่ยของช่วงปี ค.ศ. ๑๙๖๑–๑๙๙๐ ซึ่งในภาวะปกติระดับน้ำที่ปากแม่น้ำเทมส์จะมีการขึ้นและลงตามระดับน้ำทะเล และในบางครั้งจะถูกหนุนโดยสภาวะอากาศในทะเลเหนือ ดังนั้น พื้นที่รับน้ำบริเวณแม่น้ำเทมส์ รวมถึงพื้นที่แหล่งมรดกโลกทั้ง ๓ แห่ง จึงถูกคาดการณ์ว่าจะตกอยู่ภายใต้ความกดดันที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น จนก่อให้เกิดภาวะน้ำท่วม และการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำและคลื่นพายุในช่วงเวลาอีกไม่กี่ปีข้างหน้า และจากข้อมูลสถิติการใช้งานเครื่องกันแม่น้ำเทมส์ (Thames Barriers) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อปกป้องชีวิตที่ติด และทรัพย์สินจากระดับกระแสน้ำสูงสุดและคลื่นพายุซัดฝั่ง (Strom surge) เครื่องป้องกันนี้คาดว่าจะถูกงานใช้เพียง ๒-๓ ครั้งต่อปี แต่ในปัจจุบันเครื่องป้องกันนี้ถูกใช้งาน ๖-๗ ครั้งใน ๑ ปี คาดการณ์ว่าหากมีระดับน้ำทะเลที่สูงกว่าระดับเครื่องป้องกันนี้ สหราชอาณาจักรจะมีค่าใช้จ่ายทางอ้อมถึง ๓ หมื่นล้านปอนด์ และน้ำทะเลจะรุกเข้าท่วมถึงพื้นที่แหล่งมรดกโลกที่ตั้งอยู่ใกล้แม่น้ำเทมส์ และเครื่องกันแม่น้ำเทมส์นี้จะสามารถใช้งานได้ถึงแค่ปี ค.ศ. ๒๐๒๕ เท่านั้น



รูปที่ ๑๐ แบบจำลองคาดการณ์ระดับความสูงของน้ำทะเลในปี ๒๐๘๐

และสถิติการใช้เครื่องกันแม่น้ำเทมส์ ตั้งแต่ปี ๑๙๘๓

ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (2007b)



รูปที่ ๑๑ เครื่องกันแม่น้ำเทมส์ (Thames Barriers) สหราชอาณาจักร
ที่มา : vBulletin Solutions, Inc (2000-2014)

ตัวอย่าง เวนิสและทะเลสาบ ประเทศอิตาลี (Venice and its Lagoon, Italy)

เวนิสก่อตั้งขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ ๕ และแผ่ขยายอาณาเขตครอบคลุมเกาะเล็กๆ กว่า ๑๑๘ เกาะ ต่อมาได้กลายเป็นเมืองอิทธิพลทางทะเลที่สำคัญในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๐ เมืองเวนิสทั้งเมืองเป็นที่รวมผลงานชิ้นเอกทางสถาปัตยกรรมที่แม้แต่อาคารที่เล็กที่สุดก็ยังมีผลงานของศิลปินที่ยิ่งใหญ่ที่สุดในโลกบางคน อาทิ จอร์จิโอเน (Giorgione) ตีเตียน (Titian) ทินโทเรตโต (Tintoretto) เวอร์เนเซ (Veronese) และศิลปินคนอื่นๆ มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๘๗ (UNESCO World Heritage Centre, 2007b)

แหล่งมรดกโลกแห่งนี้ได้รับผลกระทบจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับสหราชอาณาจักร ที่ผ่านมามีเมืองเวนิสเกิดภาวะน้ำท่วมบ่อยครั้ง มีอัตราการจมน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ ๑๐ เซนติเมตรในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา แต่ในช่วง ๑๐ ปีมานี้ระดับการจมน้ำสูงขึ้นกว่า ๑๓ เซนติเมตร และมีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นจนน่าเป็นห่วง ทางรัฐบาลอิตาลีได้พยายามหาวิธีการแก้ไขปัญหา น้ำท่วมเวนิสโดยการสร้างผนังกันน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Barriers) บริเวณอ่าวเวนิส

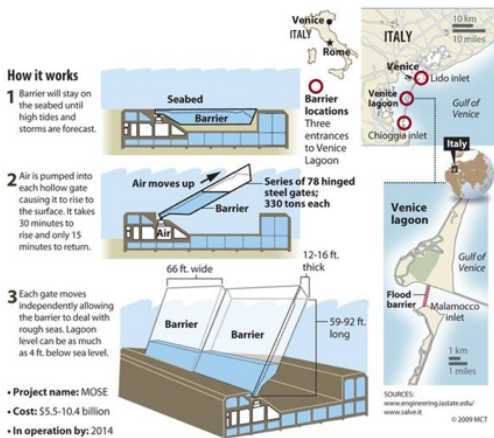
เพื่อป้องกันระดับน้ำที่จะสูงเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต โครงการนี้มีชื่อว่า The MOSES Project (Modulo Sperimentale Elettromeccanico หรือ Experimental Electromechanical Module) โครงการนี้ต้องใช้เงินลงทุนมหาศาล



รูปที่ ๑๒ ที่ตั้งและสภาพภูมิศาสตร์ของเมืองเวนิส ประเทศอิตาลี
ที่มา: Blue Sea Trieste Italy (2012)



รูปที่ ๑๓ เหตุการณ์น้ำท่วมเมืองเวนิสเมื่อปี พ.ศ. ๒๕๕๕ (หนักที่สุดในรอบ ๑๕๐ ปี)
ที่มา: MThai (2014)



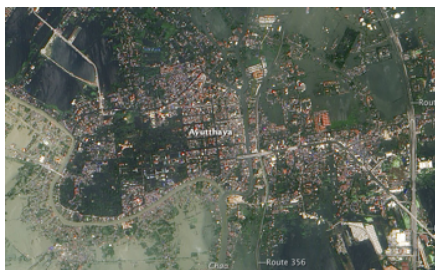
รูปที่ ๑๔ โครงการผนังกันน้ำบริเวณอ่าวเวนิส (The MOSES Project) ประเทศอิตาลี
ที่มา: Meetup.com. (2013) และ Wikipedia.org (2014)

ตัวอย่าง แหล่งมรดกโลกนครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย

มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๙๑ (พ.ศ. ๒๕๓๔) เมื่อปลายปี พ.ศ. ๒๕๕๔ มรดกโลกแห่งนี้ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากอิทธิพลของพายุหมุนนกกเตนที่ขึ้นฝั่งทางตอนเหนือของประเทศเวียดนาม ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้เกิดน้ำท่วมสูงเป็นบริเวณกว้างและท่วมเป็นระยะเวลายาวนานกว่า ๒-๓ เดือน ถือเป็นอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สร้างความเสียหายมากที่สุดทั้งในแง่ปริมาณน้ำและจำนวนผู้คนที่ได้รับผลกระทบ รวมถึงทำให้โบราณสถานในเขตนครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยาจมน้ำและได้รับความเสียหายอย่างมาก



ก่อนน้ำท่วม



หลังน้ำท่วม

รูปที่ ๑๕ ภาพดาวเทียมเปรียบเทียบบริเวณตัวเมืองพระนครศรีอยุธยา ก่อน-หลังน้ำท่วม เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๕๔
ที่มา: ศูนย์ข้อมูลเพื่อการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย (ม.ป.ป.)



รูปที่ ๑๖ ภาพเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อปี พ.ศ.๒๕๕๔ และความเสียหายที่เกิดขึ้น
กับโบราณสถานในแหล่งมรดกโลก นครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา
ที่มา: Zubzip (2004-2012) และ สยามรัฐ (๒๐๑๒)

๕) การเพิ่มระดับความรุนแรงและความถี่ของการเกิดขึ้นของพายุ
ลมกระโชกแรง กระแสน้ำ และคลื่นพายุซัดฝั่ง (Strom Surge) ซึ่งมีผลต่อการ
เสียดสี กัดกร่อน หรือกัดเซาะที่อาจสร้างความเสียหายในเชิงโครงสร้างให้กับ
สิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม

ตัวอย่างแหล่งมรดกโลกที่อาจได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ แหล่งศิลปะบนหิน
แห่งทาดราร์ท อคาคัส ประเทศลิเบีย (Rock-Art Sites of Tadrart Acacus, Libya)

มรดกโลกแห่งนี้ตั้งอยู่บริเวณชายแดนติดกับทาสลีลี นาจเจอร์ ประเทศ
แอลจีเรีย ทาดราร์ท อคาคัส ประกอบด้วยศิลปะภาพวาดนับพันๆ ชิ้นบนผนังถ้ำ
ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างมากมาย และมีอายุตั้งแต่ ๑๒,๐๐๐ ปีก่อนคริสต์ศักราช
จนถึงค.ศ. ๑๐๐ (ประมาณ ๑๑,๕๐๐ ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. ๖๔๓) ภาพเหล่านี้
นี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสัตว์และพืชพันธุ์ รวมถึงวิถีชีวิตของมนุษย์
ในภูมิภาคของทะเลทรายซาฮาราที่เปลี่ยนแปลงไปจากรุ่นสู่รุ่น มรดกโลกแห่งนี้
ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๘๕

มรดกโลกทางวัฒนธรรมแห่งนี้มีความโดดเด่นอยู่ทั้งงานศิลปะภาพเขียน
สีที่มีจำนวนกว่าพันภาพบนผนังถ้ำต่างๆ ที่อยู่บริเวณเทือกเขาอคาคัส ซึ่งมีพื้นที่

ที่กว้างใหญ่ มีถ้ำและภูเขาหินขนาดเล็กจำนวนมากที่มีรูปร่างต่างๆ อันเกิดจากการสร้างสรรค์โดยธรรมชาติ ประกอบกับสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้งและเป็นทะเลทราย หากมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและต่อเนื่องของลมกระโชกแรงและพายุ รวมถึงปริมาณฝนและความชื้นที่เพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลต่อการเสียดสี กัดกร่อน และเกิดการแตกแยกของภูเขาหินและถ้ำ ก็จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมซึ่งถ้าได้รับความเสียหายตามมา



สภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่แห้งแล้งและเป็นทะเลทราย



ศิลปะภาพวาดสีจำนวนมากบนผนังถ้ำ (รูปคน สัตว์ และพืชพันธุ์)

รูปที่ ๑๗ มรดกโลกทางวัฒนธรรมแหล่งศิลปะบนหินแห่งทาดราร์ท อคาคัส ประเทศลิเบีย
ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (1992-2014c)

๖) มรดกทางวัฒนธรรมที่อาจตกอยู่ภายใต้ภาวะเสี่ยงจากการเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน แสงแดด และรังสีอัลตราไวโอเลต (UV)

ตัวอย่างแหล่งมรดกโลกที่ได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ แหล่งโบราณคดีชาวิน ประเทศเปรู (Chavin Archaeological Site, Peru)

แหล่งโบราณคดีชาวิน ได้พัฒนาขึ้นระหว่าง ๑,๕๐๐-๓๐๐ ปีก่อนคริสต์ศักราช (ราว ๑,๐๐๐ ปีก่อนพุทธศักราช - พ.ศ. ๒๔๓) ในหุบเขาที่สูงของเปรูเวียน แอนดีส (Peruvian Andes) ที่ระดับความสูงกว่า ๓,๐๐๐ เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ปุชนิยสถานเก่าแห่งนี้เป็นหนึ่งในแหล่งที่เก่าแก่ที่สุดและมีชื่อเสียงที่สุดของแหล่งพรี-โคลัมเบียน (pre-Columbian Sites) ลักษณะของแหล่งโบราณคดีแห่งนี้มีความโดดเด่นด้วยกลุ่มลานหินและจัตุรัส ล้อมรอบด้วยสิ่งก่อสร้างที่เป็นหินตัดแต่ง และมีการตกแต่งด้วยประติมากรรมรูปสลักหินจำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นรูปสัตว์สัญลักษณ์ต่างๆ มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๘๕

ในช่วงปลายศตวรรษที่ ๒๐ บริเวณชายฝั่งทางตอนเหนือของเปรูได้รับผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่งผลให้มีฝนตกหนักมากและตกบ่อยในช่วงฤดูร้อน เกิดน้ำท่วมและกระแสน้ำไหลบ่าลงสู่แม่น้ำโมนา (Mosna River) ทำลายสิ่งปลูกสร้างจำนวนมากที่ตั้งอยู่บนริมฝั่งแม่น้ำหลายครั้ง รวมถึงมรดกโลกแห่งนี้ก็ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม ดินถล่ม และดินโคลนทับถมสูงโดยทั่วไปพื้นที่บริเวณชายฝั่งของเปรูจะมีสภาพอากาศอบอุ่น ปริมาณฝนน้อย และความชื้นสูง จากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศดังกล่าวส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างอาคาร จากการเข้ามาของปริมาณน้ำและความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจรบกวนความเสถียรของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการปลูกสร้างในแหล่งมรดกทางวัฒนธรรม เกิดการแตกร้าวและพังทลายของโครงสร้างก่อนเวลาอันควร (UNESCO World Heritage Centre, 2007b)



รูปที่ ๑๘ มรดกโลกทางวัฒนธรรมแหล่งโบราณคดีชาวิน ประเทศเปรู

ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (1992-2014d) และ Popular Archaeology (2014)

ตัวอย่าง อุทยานแห่งชาติราปานุย ประเทศชิลี (Rapa Nui National Park, Chile)

ราปานุย เป็นชื่อท้องถิ่นของเกาะอีสเตอร์ ตั้งอยู่ในมหาสมุทรแปซิฟิก ห่างจากชายฝั่งชิลีไปทางทิศตะวันตก ๓,๖๐๐ กิโลเมตร ความโดดเด่นของมรดกโลกแห่งนี้คือ โมไอ (Moai) หินสลักรูปศีรษะคน ที่มีจำนวนมากถึง ๘๘๗ ก้อน ส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณริมชายฝั่ง แกะสลักจากหินบะซอลต์ ซึ่งเป็นหินที่เกิดจากการเย็นตัวของลาวาจากภูเขาไฟบนเกาะ เป็นประจักษ์พยานของปรากฏการณ์ทางวัฒนธรรมที่พิเศษแตกต่างจากที่อื่น สังคมเชื้อสายโพลินีเซียน (Polynesian) เข้ามาตั้งรกรากบนเกาะนี้ราวคริสต์ศักราช ๓๐๐ และได้สร้างสรรค์งานประติมากรรมและสถาปัตยกรรมขนาดใหญ่โตที่มีจินตนาการและเป็นตัวของตัวเอง โดยปราศจากอิทธิพลจากภายนอกโดยสิ้นเชิง นอกจากกรูปรูปหินสลักขนาดใหญ่แล้วยังสร้างวิหาร

และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ อีก ก่อให้เกิดภูมิทัศน์วัฒนธรรมอันหาที่เปรียบมิได้ ซึ่งยังคงสร้างความพิศวงแก่ผู้คนทั่วโลก มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๙๕

จากลักษณะของตัวแหล่งมรดกทางวัฒนธรรม ทำเลที่ตั้ง และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ทั้งระดับของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน แสงแดด และรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่อาจส่งผลกระทบต่อการศึกษาสภาพ เนื่องจากกระบวนการทางเคมีและชีวภาพที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างส่วนนอกของมรดกทางวัฒนธรรมแห่งนี้ ทำให้เกิดการผุกร่อนและความเสียหายได้เร็วขึ้น จึงควรที่จะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาวิจัยถึงการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับมรดกโลกแห่งนี้



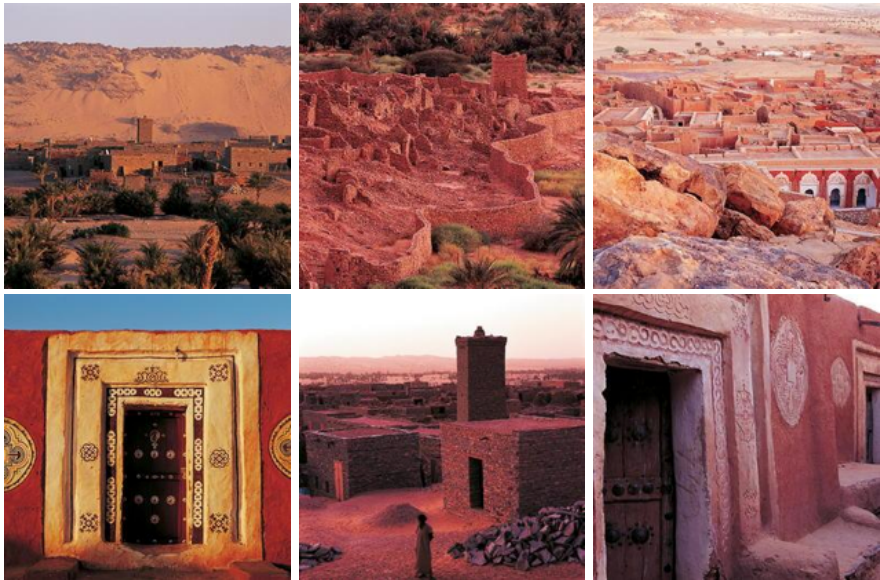
รูปที่ ๑๙ แหล่งมรดกโลกอุทยานแห่งชาติราปานุย ประเทศชิลี
ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (1992-2014e)

๓) การกลายเป็นทะเลทราย การผุกร่อน และการพังทลาย เนื่องมาจาก ความเค็ม ความชื้น และภาวะแห้งแล้ง ที่เป็นภัยคุกคามต่อแหล่งมรดกทางวัฒนธรรม โดยเฉพาะแหล่งมรดกโลกที่อยู่ในเขตทะเลทราย

ตัวอย่างแหล่งมรดกโลกที่ได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ คซัวร์ หมู่บ้านโบราณ ที่วาดาเน ชินเกตติ ตีชีทท์ และวาลาตา ประเทศมอริตาเนีย (Ancient Ksour of Ouadane, Chinguetti, Tichitt and Oualata, Mauritania)

มรดกโลกแห่งนี้อยู่บริเวณขอบทะเลทรายซาฮารา ก่อตั้งขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๑ และ ๑๒ (พุทธศตวรรษที่ ๑๖ และ ๑๗) เป็นศูนย์กลางทางศาสนาและจุดหมายทางการค้า ซึ่งรองรับกองคาราวานผู้เดินทางขนส่งทองคำและงาช้างมาจากดินแดนทางตะวันออกข้ามทะเลทรายซาฮารา ต่อมาได้กลายเป็นศูนย์รวมวัฒนธรรมอิสลาม เป็นสถานที่เก็บรักษาชุดคัมภีร์ของศาสนาอิสลามที่สำคัญ เมืองดังกล่าวยังคงอนุรักษ์รูปแบบของเมืองที่วิวัฒนาการขึ้นระหว่างคริสต์ศตวรรษที่ ๑๒-๑๖ (พุทธศตวรรษที่ ๑๗-๑๘) ลักษณะทั่วไปของเมืองประกอบด้วยบ้านที่มีพื้นที่เปิดโล่งตรงกลาง และปลูกอย่างเบียดเสียดอยู่ตามถนนแคบๆ และล้อมรอบมัสยิดซึ่งมีหอคอยอะซานสูงใหญ่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส แสดงให้เห็นถึงวิถีชีวิตแบบดั้งเดิมที่มีศูนย์รวมอยู่ที่วัฒนธรรมของชนเผ่าเร่ร่อนของผู้คนในพื้นที่แถบตะวันตกของทะเลทรายซาฮารา มรดกโลกแห่งนี้ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๙๖

มรดกโลกทางวัฒนธรรมแห่งนี้กำลังได้รับผลกระทบจากภัยคุกคามของทะเลทรายที่กำลังคุกคามสิ่งก่อสร้างภายในเมืองโดยเฉพาะมัสยิด สิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่สร้างด้วยดิน อิฐ และหิน ภายในเมืองชินเกตติตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของน้ำท่วมตามฤดูกาลเป็นประจำ ตามมาด้วยการพังทลายอันเนื่องมาจากการไหลผ่านของน้ำ รวมถึงการผุกร่อนและการพังทลายจากความชื้นและภาวะแห้งแล้งที่ไม่สม่ำเสมอของสภาพภูมิอากาศที่ไม่เคยเป็นมาก่อน (UNESCO World Heritage Centre, 2007b)



รูปที่ ๒๐ คซุร์ หมู่บ้านโบราณวาदानะ ซินเกตติ ดีชีพท์ และวาลาตา ประเทศมอริตาเนีย
มรดกโลกที่ตั้งอยู่บริเวณขอบทะเลทราย

ที่มา: UNESCO World Heritage Centre (1992-2014f)

ตัวอย่าง แหล่งมรดกโลกทิมบักตู ประเทศมาลี (Timbuktu, Mali)

ทิมบักตู (Timbuktu) เป็นเมืองประวัติศาสตร์ที่เริ่มมีบทบาทในฐานะเป็นศูนย์กลางการค้าที่สำคัญของแอฟริกา เป็นแหล่งซื้อขายแลกเปลี่ยนสินค้า เช่น ทองคำ งาช้าง ปศุสัตว์ เกลือ และแรงงานทาส เป็นต้น ความรุ่งเรืองทางการค้านำพาศาสนาอิสลามเข้ามาสู่ทิมบักตูในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๑ โดยพ่อค้าต่างเมืองที่มาตั้งถิ่นฐาน ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๓ และ ๑๔ ทิมบักตูกลายเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ศาสนาอิสลามของแอฟริกา เป็นที่ตั้งของมหาวิทยาลัยกูรานซังกอร์ (Koranic Sankore University) และโรงเรียนสอนศาสนาอิสลาม มาตราชา (Madrasa) ทิมบักตูเป็นเมืองหลวงทางภูมิปัญญาและทางจิตวิญญาณ และเป็นศูนย์กลางการเผยแพร่ศาสนาอิสลามไปทั่วแอฟริกาในคริสต์ศตวรรษที่ ๑๕-๑๖ (พุทธศตวรรษที่ ๒๐-๒๑) มีมัสยิดใหญ่ ๓ แห่ง ได้แก่ มัสยิดดจินกาเรย์เบอร์ (Djingareyber) มัสยิดซังกอร์ (Sankore) และมัสยิดซิดียาฮา (Sidi Yahia) และ

มีสำนักสอนคัมภีร์อัลกุรอานอีก ๑๘๐ สำนัก นอกจากนี้ยังมีอาคารบ้านเรือนจำนวนมากที่มีวิธีการสร้างอันเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เมืองทิมบักตูตกอยู่ภายใต้การปกครองของราชวงศ์ซะอะดีจนถึงสิ้นคริสต์ศตวรรษที่ ๑๘ พอถึงคริสต์ศตวรรษที่ ๑๙ เมืองนี้ก็ถูกยึดครองโดยชนเผ่าต่าง ๆ เช่น ตอเร็ก ฟูลา และตูกูลาร์ ปลายปี ค.ศ. ๑๘๙๓ ตกเป็นดินแดนอาณานิคมของฝรั่งเศส โดยขึ้นกับมณฑลซูดาน และช่วงสงครามโลกครั้งที่ ๒ ฝรั่งเศสใช้เมืองทิมบักตูเป็นที่คุมขังเชลยศึกในสมรภูมิแถบแอฟริกาตะวันตก พอสิ้นสุดสงครามทิมบักตูจึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของประเทศมาลีจนถึงปัจจุบัน จากหลักฐานมรดกทางวัฒนธรรมที่เหลืออยู่แสดงถึงความเป็นยุคทองของทิมบักตู จึงได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๘๘ แต่ในปี ค.ศ. ๒๐๑๒ ทิมบักตูก็ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชีรายชื่อแหล่งมรดกโลกที่อยู่ในภาวะอันตราย (UNESCO World Heritage Centre 2007b)



รูปที่ ๒๑ ที่ตั้งและสภาพภูมิศาสตร์ของเมืองทิมบักตู ประเทศมาลี
แหล่งมรดกโลกที่ตั้งอยู่บริเวณชายขอบทะเลทรายซาฮารา
ที่มา: กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ (๒๐๑๓ก)



รูปที่ ๒๒ โครงสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ภายในเมืองทิมบักตูที่
ทำจากดิน ฉาบดินโคลนและมีเสาไม้เสียบไว้ภายในเพื่อรับน้ำหนัก
ที่มา: กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ (๒๐๑๑ข)



รูปที่ ๒๓ โบราณวัตถุที่เป็นเอกสารโบราณสำคัญๆ ทางศาสนาของทิมบักตู ประเทศมาลี
ที่มา: กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ (๒๐๑๑ก)

สาเหตุที่มรดกโลกแห่งนี้ต้องถูกระบุรายชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่อแหล่งมรดกโลกที่อยู่ในภาวะอันตราย เนื่องมาจากมรดกโลกแห่งนี้ตั้งอยู่บริเวณทะเลทราย ปัจจุบันกำลังได้รับผลกระทบจากภัยคุกคามของภาวะการกลายเป็นทะเลทรายอย่างรุนแรง ทั้งจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ความชื้นในบรรยากาศที่ลดลง ความแห้งแล้งที่มีมากขึ้น และกระแสน้ำที่พัดกระโชกแรงขึ้น รวมถึงฝนที่ตกหนักในบางปี ส่งผลให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ในเมืองนี้ที่ส่วนใหญ่ทำด้วยดิน ถูกเสียดสี กัดกร่อน และพังทลายเสียหายเป็นจำนวนมากอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังได้รับภัยคุกคามจากสงครามความขัดแย้งด้วยการใช้อาวุธในพื้นที่ของกลุ่มมุสลิมหัวรุนแรงที่ได้ทำลายสุสานและสถานที่ต่างๆ ในทิมบักตู รวมถึงโบราณวัตถุโดยเฉพาะอย่างยิ่งเอกสารโบราณสำคัญ จำนวนมากถูกขโมยและลักลอบนำออกขายในต่างประเทศโดยพ่อค้าที่ไร้จรรยาบรรณ



รูปที่ ๒๔ สภาพความเสียหายของแหล่งมรดกโลกทิมบักตู ที่เกิดจาก
ภัยคุกคามของภาวะการกลายเป็นทะเลทรายอย่างรุนแรง

ที่มา: OKNationBlog (2552)

๓.๒.๒ ผลกระทบทางสังคมและวัฒนธรรม

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนอกจากจะส่งผลกระทบทางกายภาพโดยตรงต่อแหล่งมรดกโลก ทั้งแหล่งมรดกทางธรรมชาติและมรดกทางวัฒนธรรม ยังส่งผลกระทบที่เชื่อมโยงไปสู่สังคมและวัฒนธรรมของมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมได้ โดยนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของประชาชนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์นี้ปรากฏในวิถีที่ประชาชนใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ การบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ และการทำกิจกรรมต่างๆ ทางสังคม รวมถึงปรากฏอยู่ในอาคาร แหล่งบริเวณ และภูมิทัศน์วัฒนธรรมที่มีคุณค่าที่สืบทอดกันมา ผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการเปลี่ยนแปลงเชิงสังคม-เศรษฐกิจจะส่งผลกระทบต่อการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรมที่มากกว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว เนื่องจากผู้คนที่อยู่อาศัย พึ่งพา และเกี่ยวข้องกับแหล่งมรดกโลกนั้นต้องมีหน้าที่ในการดูแลรักษาแหล่งมรดกเหล่านั้นด้วย จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบทางสังคมและวัฒนธรรมที่เกิดขึ้น รวมถึงการดำเนินการต่างๆ ที่สามารถกระทำได้ภายใต้บริบทของมรดกโลก เนื่องจากแหล่งมรดกโลกจะเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับกรณีตัวอย่างอื่นๆ

จากผลกระทบทางกายภาพที่เกิดขึ้นโดยตรงกับแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบทางกายภาพดังกล่าวสามารถส่งผลกระทบเชื่อมโยงไปถึงมนุษย์ แบ่งเป็น ๒ ส่วน ได้แก่ (UNESCO World Heritage Centre, 2007a)

๑) ความเชื่อมโยงระหว่างผลกระทบทางกายภาพ กับผลกระทบทางสังคม

แหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมหลายแห่งยังคงเป็นแหล่งที่มีชีวิต ด้วยมีผู้คนอยู่อาศัยและใช้ประโยชน์จากแหล่งมรดกโลกนั้น รวมถึงแหล่งมรดกโลกยังต้องพึ่งพิงผู้คนหรือชุมชนในการรักษาหรือทำให้ยั่งยืน ในผลกระทบของแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมที่เกิดขึ้นตามมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถปรากฏผลกระทบให้เห็นได้น้อย ๒ ลักษณะหลักๆ คือ

(๑) ผลกระทบทางกายภาพต่อแหล่งมรดก อาคาร สิ่งปลูกสร้าง หรือ โครงสร้างทางกายภาพอื่นๆ ที่อยู่ในแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม

(๒) ผลกระทบต่อโครงสร้างทางสังคม และผู้คนที่อาศัยอยู่ในแหล่งมรดก ผลกระทบดังกล่าวจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของชุมชน หรือการเคลื่อนย้ายของ สังคมที่ทำหน้าที่ดูแลแหล่งมรดกโลกนั้นในปัจจุบัน

ทั้งนี้ ผลที่ตามมาของผลกระทบประการหลังนี้ยังไม่ได้ได้รับความเข้าใจที่ แน่ชัด เนื่องจากลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะ ของแหล่งมรดกโลก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเก็บหลักฐาน/ข้อเท็จจริง และทำการศึกษาวิจัยในรายละเอียดถึงความเชื่อมโยงของผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้ง ๒ ลักษณะ โดยมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ยกตัวอย่าง แหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมของประเทศจีน บ้านดินแห่ง ฝูเจี้ยน (Fujian Tulou) ซึ่งปัจจุบันอาคารและสิ่งปลูกสร้างในแหล่งมรดกโลก ดังกล่าวยังคงมีผู้คนพื้นถิ่นอาศัยและใช้ประโยชน์อยู่ หากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็น ปริมาณฝน ความชื้น ระดับน้ำใต้ดิน แสงแดด และอื่นๆ อาจทำให้วัสดุที่ใช้ปลูกสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่ทำจากดินและวัสดุ อื่นทรีย์ ได้รับภัยคุกคามจากการโจมตีทางชีวภาพ พวกเชื้อรา ราเมือก ไส้คนส์ และแมลงชนิดพันธุ์ที่รุกราน เช่น ปลวก รวมถึงพวกวัชพืชต่างๆ ส่งผลกระทบ ทางกายภาพโดยตรงต่อพื้นผิวส่วนนอกและตัวโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้างให้ ได้ ได้รับความเสียหายหรือเสื่อมสภาพเร็วขึ้น จากผลกระทบดังกล่าวย่อมเชื่อมโยง ผลกระทบไปสู่ผู้คน ชุมชน และสังคมของผู้คนที่อยู่อาศัยในบ้านดินเหล่านั้น อาจต้อง มีการเปลี่ยนแปลงแบบแผนการดำรงชีวิต การดำเนินกิจกรรมต่างๆ หรือแม้แต่ การโยกย้ายถิ่นที่อยู่ออกไปอาศัยนอกแหล่งมรดกโลกนั้นด้วยไม่สามารถใช้ ประโยชน์ได้อีกต่อไป



รูปที่ ๒๕ แหล่งมรดกโลกบ้านดินแห่งฝูเจี้ยน ที่ปัจจุบันยังมีคนพื้นถิ่นอาศัยอยู่
ที่มา: Thaicontractors.com (2552)

๒) ความเชื่อมโยงระหว่างผลกระทบทางกายภาพ กับผลกระทบทางวัฒนธรรม

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรม ซึ่งส่งผลให้เกิดผลกระทบที่เชื่อมโยงกันระหว่างผลกระทบทางกายภาพกับผลกระทบทางวัฒนธรรม หากแบ่งตามลักษณะของภูมิทัศน์วัฒนธรรม แบ่งได้เป็น ๒ ลักษณะ คือ

(๑) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับภูมิทัศน์วัฒนธรรมในเขตชนบท (Rural Cultural Landscape)

สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองต่อชนิดพันธุ์พืชและสัตว์ให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็น ปริมาณน้ำฝน ความชื้น ความเค็ม อุณหภูมิ แสงแดด ภาวะความแห้งแล้ง ฤดูกาล กระแสน้ำ และกระแสนลม เป็นต้น หากแหล่งภูมิทัศน์วัฒนธรรมชนบทนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลกระทบให้ชนิดพันธุ์พืชและสัตว์พื้นถิ่นหรือประจำท้องถิ่นนั้นๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหรืออาจสูญพันธุ์ไป และอาจก่อให้เกิดปัญหาการรุกรานของสิ่งมีชีวิตต่างถิ่น (Alien species) ในระบบนิเวศใหม่เข้ามาแทนที่ และหากสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นนั้นสามารถครอบครองหรือกลายเป็นชนิดพันธุ์เด่น (Dominant species) ในระบบนิเวศใหม่นี้ อาจทำให้ระบบนิเวศในแหล่งภูมิทัศน์ชนบทนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร จนไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ซึ่งผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบเชื่อมโยงไปยังทรัพยากรชีวภาพและการดำรงชีพของมนุษย์ในแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมนั้นๆ ตามมา

ยกตัวอย่าง แหล่งมรดกโลกที่เป็นภูมิทัศน์วัฒนธรรมชนบทที่อาจได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ นาขั้นบันไดแห่งเทือกเขาฟิลิปปินส์ (Rice Terraces of the Philippine Cordilleras) แหล่งเกษตรกรรมปลูกข้าวในที่สูงแห่งอิฟูเกา (Ifugao) เป็นแหล่งปลูกข้าวที่ทำอยู่รอบๆ ภูเขา โดยใช้ความรู้ที่ได้ถูกส่งทอดต่อกันมา จากรุ่นสู่รุ่นของคนฟิลิปปินส์เป็นเวลา ๒,๐๐๐ ปีมาแล้ว แสดงออกถึงประเพณี อันศักดิ์สิทธิ์และความสมดุลของสังคมที่ละเอียดอ่อน ที่ช่วยกันสร้างสรรค์ความงามของภูมิทัศน์ให้โดดเด่น ซึ่งแสดงถึงความกลมกลืนระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจทำให้แหล่งเกษตรกรรมแห่งนี้ได้รับผลกระทบ ได้แก่ ต้นข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตลดลง และการบุกรุกของพวงวัชพืชและแมลงศัตรูพืชที่ทำลายต้นข้าว เป็นต้น ส่งผลให้ภูมิทัศน์ชนบทในแหล่งมรดกโลกนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงและลดคุณค่าความโดดเด่นลงได้



รูปที่ ๒๖ แหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมนาขั้นบันไดแห่งเทือกเขาฟิลิปปินส์

(Rice Terraces of the Philippine Cordilleras)

ที่มา: Cebu bluewaters (2012-2014)

(๒) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับภูมิทัศน์วัฒนธรรมในเขตเมือง และ สิ่งแวดล้อมของอาคารสิ่งปลูกสร้าง (Urban Cultural Landscape and Build Environment)

โดยทั่วไปการออกแบบเมืองและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ของมนุษย์ ย่อมต้องมีความสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่น ความเป็นเสถียรภาพของมรดกทางวัฒนธรรมแต่ละแห่งจึงมีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดต่อกฎสัมพันธระหว่างที่ตั้งและสภาพบรรยากาศโดยรอบ โดยเฉพาะแหล่งมรดกโลกที่ยังคงมีการใช้งานโดยชุมชนท้องถิ่น หากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นอาจเป็นการเพิ่มแรงกดดันให้ชุมชนท้องถิ่นนั้นๆ ต้องมีการปรับตัวหรือเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ เพื่อตั้งรับกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับตนเองและชุมชน และเพื่อให้แหล่งมรดกโลกนั้นๆ ยังคงสามารถใช้งานหรือใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

ยกตัวอย่าง แหล่งมรดกโลกที่เป็นภูมิทัศน์วัฒนธรรมเมืองที่อาจได้รับผลกระทบนี้ ได้แก่ เมืองเวนิส ประเทศอิตาลี เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมบ่อยครั้งจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น และมีแนวโน้มทวีความรุนแรง แหล่งมรดกโลกดังกล่าวเป็นเมืองที่มีชีวิตและยังคงมีการใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะด้านการท่องเที่ยว ซึ่งสร้างรายได้อย่างมากให้กับประเทศอิตาลี ผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจทำให้ชาวเวนิสต้องมีการปรับตัวเพื่อตั้งรับกับเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นเป็นประจำ เช่น การปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงรูปแบบอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ภายในเมืองเพื่อป้องกันน้ำท่วม การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและรูปแบบการดำเนินชีวิตของคนในเมือง เป็นต้น ขณะเดียวกันทางรัฐบาลอิตาลีได้พยายามหาวิธีการป้องกันน้ำท่วมอย่างจริงจัง โดยการสร้างผนังกันน้ำปิดอ่าวเวนิส ซึ่งเป็นโครงการที่ต้องลงทุนมหาศาล ผลจากการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวดังกล่าว อาจส่งผลกระทบต่อภูมิทัศน์วัฒนธรรมของเมืองที่สวยงามให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและลดคุณค่าความโดดเด่นของแหล่งมรดกโลกนั้นลง



รูปที่ ๒๗ รูปแบบต่างๆ ของการปรับตัวเพื่อตั้งรับกับการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมเมืองเวนิส
ที่มา: The Grid Focus Theme (2011)



รูปที่ ๒๗ รูปแบบต่างๆ ของการปรับตัวเพื่อตั้งรับกับการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมเมืองเวนิส
ที่มา: MarinerThai Webboard (2011) และ Bulder News (2556)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบทางสังคมและวัฒนธรรมที่เกิดขึ้นในแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปัจจุบันยังไม่มีผลการศึกษาที่บ่งชี้อย่างแน่ชัดถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวของมนุษย์เพื่อตั้งรับกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้คุณค่าและความโดดเด่นของแหล่งมรดกโลกนั้นๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือลดคุณค่าลงไปหรือไม่ เนื่องจากแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมมีความหลากหลาย และผลกระทบทางกายภาพที่เกิดขึ้นก็มีลักษณะที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์ของแหล่งที่ตั้งและลักษณะของแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมนั้นด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสำรวจเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล/ข้อเท็จจริง และทำการศึกษาวิจัยอย่างลึกซึ้งในประเด็นดังกล่าว

สำหรับประเทศไทยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจยังไม่ถึงขั้นที่รุนแรงจนสามารถเห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างเด่นชัด แต่ความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เพิ่มมากขึ้น ก็อาจทำให้แหล่งมรดกโลกของประเทศไทยเกิดความเสียหายที่ชัดเจนขึ้นได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ มาตรการ แนวทางการอนุรักษ์และ พัฒนาที่เหมาะสม

ในภาพรวม การแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุจะเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาที่เป็นที่ยอมรับกันว่าดีที่สุด ซึ่งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้ เป็นที่แน่ชัดว่าเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวหน้าชั้นบรรยากาศของโลก (Global average atmospheric surface temperature) มีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เรือนกระจกซึ่งเป็นผลจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการแก้ไขปัญหาที่ดี คือ การบรรจุเรื่องของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนการพัฒนาในรูปแบบของสังคมคาร์บอนต่ำไว้ในวัตถุประสงค์ของแผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมของชาติ ซึ่งจะทำให้ทิศทางการพัฒนาเป็นไปโดยสอดคล้องกับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม และยังเป็น การปฏิบัติตามอนุสัญญาตลอดจนปฏิญานสากลหลายฉบับที่มุ่งแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกไปในขณะเดียวกันด้วย

นอกจากนี้ในส่วนของแหล่งมรดกโลกในประเทศไทยควรมีการกำหนดมาตรการและแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาที่เหมาะสม ดังนี้

๑. มาตรการปฏิบัติการเชิงป้องกัน (Preventive actions) ซึ่งมีแนวทางการดำเนินงานที่มุ่งเน้น การตรวจติดตาม การรายงาน และการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผ่านแนวทางและการตัดสินใจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในหลากหลายระดับ ทั้งระดับปัจเจก ชุมชน สถาบัน (institutional) และหน่วยงาน (corporate)

ทั้งนี้การตรวจติดตาม และการรายงาน ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของมาตรการปฏิบัติเชิงป้องกัน หน่วยงานซึ่งเป็นผู้ดูแลแหล่งมรดกควรทราบถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของแหล่งมรดกนั้นๆ เพื่อสามารถประเมินได้ว่าการเปลี่ยนแปลงใดเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติของประเทศไทย ควรมีการติดตามตรวจสอบถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบนิเวศ ตลอดจนความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชและสัตว์ที่สำคัญ เพื่อให้สามารถป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างทันการ นอกจากนี้ในแหล่งมรดกทางวัฒนธรรมก็ควรมีการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแหล่งด้วย ทั้งในด้านของการพาเกลือเข้ามายังแหล่งของน้ำใต้ดิน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ปริมาณน้ำฝน ฯลฯ ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของแหล่งมรดกโลกทางวัฒนธรรมได้ทั้งสิ้น

อย่างไรก็ตามหากหน่วยงานที่ดูแลแหล่งมรดกโลกขาดความพร้อมในการตรวจติดตาม ภาครัฐควรสนับสนุนโดยอาจขอความร่วมมือจากหน่วยงานที่มีศักยภาพในการดำเนินงาน อาทิ สถาบันการศึกษาในท้องถิ่นได้

๒. มาตรการปฏิบัติการเชิงแก้ไข (Corrective actions): การปรับตัวต่อความเป็นจริงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผ่านมาตรการระดับโลกและภูมิภาค และการบริหารจัดการในระดับท้องถิ่น

หัวใจสำคัญของมาตรการปฏิบัติการเชิงแก้ไขนี้อยู่ที่การยอมรับถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่าได้ส่งผลกระทบต่อแหล่งมรดกนั้นๆ จริง และการวางแผนทางเพื่อปรับตัวให้สามารถต้านทานผลกระทบเหล่านั้นให้ได้ ในส่วนนี้แหล่งมรดกโลกที่ควรเร่งดำเนินงานตามมาตรการนี้ได้แก่นครประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา ซึ่งประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปี และตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาปัญหาอุทกภัยดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้นด้วย

๓. มาตรการแบ่งปันองค์ความรู้: รวมถึงแนวปฏิบัติที่ดีที่สุด (best practices) งานวิจัย การสื่อสาร การสนับสนุนจากภาคสาธารณะและการเมือง การศึกษาและการฝึกอบรม การสร้างขีดความสามารถ การสร้างเครือข่าย และอื่นๆ

การสร้างเครือข่ายชุมชนในพื้นที่รอบแหล่งมรดกโลกให้มีศักยภาพเพียงพอในการปกป้องแหล่งมรดกถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของมาตรการนี้ ซึ่งการแบ่งปัน และเผยแพร่องค์ความรู้ในการตั้งรับและปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือได้ว่าเป็นแนวทางการปฏิบัติที่สำคัญ โดยเฉพาะจะต้องถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องดังกล่าวแก่ประชาชนในทุกกระดับ โดยเฉพาะเยาวชนซึ่งจะก้าวเข้ามาเป็นกำลังสำคัญในการปกป้องแหล่งมรดกนั้นๆ ต่อไปในอนาคต

ในส่วนของแหล่งมรดกที่อยู่ในบัญชีรายชื่อเบื้องต้น (Tentative List) ควรได้รับการดำเนินงานตามมาตรการที่กล่าวถึงข้างต้นด้วย เพื่อเป็นการเสริมสร้างความพร้อมตลอดจนความเข้มแข็งเมื่อแหล่งมรดกเหล่านั้นได้รับการจารึกในบัญชีแหล่งมรดกโลกต่อไป

บรรณานุกรม

หนังสือ

- Chown, S.L., Rodrigues, A.S.L., Gremmen, N.J.M. and Gaston, K.J., 2001. World heritage status and conservation of Southern Ocean Islands. *Conservation Biology* 15: 550-557.
- Daly, C., 2011. Climate change and the conservation of archaeological sites: a review of impacts theory. *Conservation and Management of Archaeological Sites* 13, 293-310.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. and Sullivan, C.A., 2006. *Freshwater biodiversity: importance, treats, status and conservation challenges. Biological Reviews* 81: 163-182.
- Hughes, T.P., Gunderson, L.H., Folke, C., Baird, A.H., Bellwood, D., Berkes, F., Crona, B., Helfgott, A., Leslie, H., Norberg, J., Nyström, M., Olsson, P., Österholm, H., Scheffer, M., Schuttenberg, H., Steneck, R.S., Tengö, M., Troell, M., Walker, B., Wilson, J. and Worm, B., 2007. *Adaptive management of the Great Barrier Reef and the Grand Canyon World Heritage areas. AMBIO* 36: 586-592.
- Marzeion, B. and Levermann, A., 2014. Loss of cultural world heritage and currently inhabited places to sea-level rise. *Environmental Research Letters* 9: 034001.

Nakano, T., Yokoo, Y., Anma, R. and Shindo, J., 2001. Ca depletion in the soil column on a granite substrate on the Island of Yakushima, A world natural heritage site. *Water, Air, and Soil Pollution* 130: 733-738.

Rao, K., 2012. Pathways to sustainable development *In World heritage: Benefits beyond borders*, Galla A. (Ed). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 325-331.

Van Wilgen, B.W., 2012. Evidence, perceptions, and trade-offs associated with invasive alien plant control in the Table Mountain National Park, South Africa. *Ecology and Society* 17: 23.

Vidal, O., López-García, J. and Rendón-Salinas, R., 2014. Trends in deforestation and forest degradation after a decade of monitoring in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve in Mexico. *Conservation Biology* 28: 177-186.

Walther, G.-R., Roques, A., Hulme, P.E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., Czúcz, B., Dauber, J., Hickler, T., Jarošík, V., Kenis, M., Klotz, S., Minchin, D., Moora, M., Nentwig, W., Ott, J., Panov, V.E., Reineking, B., Robinet, C., Semchenko, V., Solarz, W., Thuiller, W., Vilà, M., Vohland, K. and Settele, J., 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 686-693.

UNESCO World Heritage Centre, 2007a. *World Heritage Reports 22: Climate change and World Heritage*. France.

UNESCO World Heritage Centre, 2007b. *Case Studies on Climate Change and World Heritage*. France.

เว็บไซต์

กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ. ๒๐๑๑ก.

จากนี้ถึงทิมบักตู เมกกะแห่งซาราวา (๑) ยุครุ่งเรือง เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก http://sameaf.mfa.go.th/th/important_place/detail.php?ID=2997

กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ. ๒๐๑๑ข.

จากนี้ถึงทิมบักตู เมกกะแห่งซาราวา (๓) ยุครุ่งเรือง. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก http://sameaf.mfa.go.th/th/important_place/detail.php?ID=3000

ศูนย์ข้อมูลเพื่อการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย. ม.ป.ป. ภาพเปรียบเทียบอยุธยา ก่อนและหลังน้ำท่วม. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก http://www.thaiflood.com/comparison_map/.

สยามรัฐ. ๒๐๑๑ ศิลปวัฒนธรรม. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://www.siamrath.co.th/web/?q=category/channel/culture&page=27>

13sethja's Blog. 2011. *Herschel Island, Yukon, Canada*. Retrieved April 24, 2014, from <http://13sethja.wordpress.com/2011/05/18/197/>.

BBC. 2009. *Galapagos Islands are transformed*. Retrieved April 24, 2014 form http://news.bbc.co.uk/earth/hi/earth_news/newsid_8395000/8395075.stm.

Blue Sea Trieste Italy. 2012. *Blue Sea Trieste Italy*. Retrieved April 24, 2014, from <http://blueseatrieste.blogspot.com/2012/11/venice.html>.

Bulder News. 2556. *Mose Project ปรางกรป้องกันอุทกภัยแห่งเวนิส*. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://www.buildernews.in.th/page.php?a=10&n=145&cno=4864>.

CarbonStory. n.d. *Sea Levels are Rising*. Retrieved April 24, 2014, from <http://worldunderwater.org/#/locations>.

Cebu bluewaters. 2012-2014. *Ancient cordilleras Rice Terraces “Discover the world’s wonder...”*. Retrieved April 24, 2014, from <http://www.cebubluewater.com/cordilleras-rice-terraces.html>.

Goddard Institute for Space Studies. 2011. *Despite Subtle Differences, Global Temperature Records in Close Agreement*. Retrieved April 24, 2014 form <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20110113/>.

GRID-Arendal. 2003. *Climate change 2001: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Retrieved April 24, 2014 form http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/.

IPCC. n.d. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Retrieved April 24, 2014 form <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.

MarinerThai Webboard. 2011. อิตาลีทดสอบ ทุนกำแพงไฟฟ้าป้องกันน้ำทะเลท่วมเวนิส. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://www.marinerthai.net/forum/index.php?topic=1658.0>.

Meetup.com. 2013. *Moses Challenges the Sea a \$10 Billion Project to Defend Venice*. Retrieved April 24, 2014, from <http://www.meetup.com/DCItalian/events/102988302/>

Mink, J. 2009. *Top 5 Endangered Heritage Sites-Acid Rain*. Retrieved April 24, 2014 form <http://archive.cyark.org/top-5-endangered-heritage-sites-acid-rain-blog>.

- MThai. 2014. *ประมวณภาพน้ำท่วมเมืองเวนิส อิตาลี* หนังสือสุดในรอบ ๑๕๐ ปี. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://news.mthai.com/world-news/201899.html>
- National Park Service. 2014. *Alien Invasive Species Images*. Retrieved April 24, 2014 from <http://www.nps.gov/ever/parknews/alien-species.htm>.
- OKNationBlog. 2552. *ทิมบูคตุ...ที่เกือบจะได้เป็น New 7 Wonders of The World*. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://www.oknation.net/blog/market/2009/06/22/entry-1>.
- Per Strandberg. 2007-2014. *Global Warming And The Climate*. Retrieved April 24, 2014, from <http://www.global-warming-and-the-climate.com/greenhouse-warming-argument.htm>.
- Popular Archaeology. 2014. *Magic Sounds of Peru's Ancient Chavin de Huantar*. Retrieved April 24, 2014, from <http://popular-archaeology.com/issue/december-2011/article/magic-sounds-of-peru-s-ancient-chavin-de-huantar>
- Smithsonian. n.d. Endangered site: *Herschel Island, Canada*. Retrieved April 24, 2014, from <http://www.smithsonianmag.com/travel/endangered-site-herschel-island-canada-54373929/>.
- Thaicontractors.com. 2552. *บ้านดิน “ภูโหลว” ภาค ๒*. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://www.thaicontractors.com/content/gallery/528.html>.
- The Grid Focus Theme. 2011. *Death of Venice*. Retrieved April 24, 2014, from <https://dismanibus156.wordpress.com/tag/venice/>.

UNESCO World Heritage Centre. 1992-2014a. *Fujian Tulou*. Retrieved April 24, 2014, from <http://whc.unesco.org/en/list/1113>.

UNESCO World Heritage Centre. 1992-2014b. *Palace of Westminster and Westminster Abbey including Saint Margaret's Church*. Retrieved April 24, 2014, from <http://whc.unesco.org/en/list/426>.

UNESCO World Heritage Centre. 1992-2014c. *Rock-Art Sites of Tadrart Acacus*. Retrieved April 24, 2014, from <http://whc.unesco.org/en/list/287>.

UNESCO World Heritage Centre. 1992-2014d. *Chavin (Archaeological Site)*. Retrieved April 24, 2014, from <http://whc.unesco.org/en/list/330>.

UNESCO World Heritage Centre. 1992-2014e. *Rapa Nui National Park*. Retrieved April 24, 2014, from <http://whc.unesco.org/en/list/715>.

UNESCO World Heritage Centre. 1992-2014f. *Ancient Ksour of Ouadane, Chinguetti, Tichitt and Oualata*. Retrieved April 24, 2014, from <http://whc.unesco.org/en/list/750>.

United Nations Statistics. 2014. *UNdata: A world of information*. Retrieved April 24, 2014 from <http://data.un.org/>.

vBulletin Solutions, Inc. 2000-2014. *Thames Barrier*. Retrieved April 24, 2014, from <http://forums.pelicanparts.com/off-topic-discussions/125505-more-random-pics-2478.html>.

Wikipedia. 2014. *Mose Project*. Retrieved April 24, 2014, from http://en.wikipedia.org/wiki/MOSE_Project.

Zubzip. 2004-2012. *พิษน้ำท่วม กำแพงวัดมหาธาตุ อยู่ชยฯพัง ยาวกว่า ๑๐ เมตร!!*. เข้าถึงเมื่อวันที่ ๒๔ เมษายน ๒๕๕๗ จาก <http://news.zubzip.com/topic/36177>.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๖๐/๑ ซอยพิบูลวัฒนา ๗ ถนนพระรามที่ ๖ พญาไท กรุงเทพมหานคร ๑๐๔๐๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๖๕ ๖๕๘๕-๖ โทรสาร ๐ ๒๒๖๕ ๖๕๗๘

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP)

60/1 Soi Phibul Wattana 7, Rama 6 Rd., Phayathai Bangkok 10400

Tel: 0 2265 6585-6 Fax: 0 2265 6578

www.onep.go.th