

การขยายการใช้ไฟถนนแอลอีดีในชุมชน เมือง: ความท้าทายในอนาคตของกฎหมาย ควบคุมมลภาวะทางแสง

The Spread of LEDs Street Lighting in Urban Areas: Current Challenges Facing the Future of Light Pollution Control Laws

- ดร. ปิติเทพ อยู่ยั้ง
- อาจารย์ประจำ คณะนิติศาสตร์
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- Pedithep Youyuenyong
- E-mail: pedithep.y@cmu.ac.th



บทคัดย่อ

โครงการการพัฒนาไฟถนนของท้องถิ่นในเมืองสำคัญเหล่านี้ต่างก็เปลี่ยนหันมาใช้งานโคมไฟถนน LED ใช้พลังงานต่ำ มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดเงินค่าไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม หลอดไฟ LED ย่อมก่อให้เกิดแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า (blue-rich white light) ได้มากกว่าหลอดไฟโซเดียมความดันสูง ซึ่งแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้านี้เองถือเป็นแสงที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะหากมีปริมาณแสง LED จากการใช้งานไฟถนนที่มากขึ้น ก็ย่อมทำให้เกิดปริมาณแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้าถูกปล่อยออกไปในสิ่งแวดล้อมยามค่ำคืนมากขึ้นไปด้วย การเติบโตของปริมาณหลอดไฟ LED และการใช้งานหลอดไฟ LED ที่เพิ่มขึ้นในชุมชนเมืองย่อมทำให้เกิดสภาวะแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้าเรื่องขึ้นไปบนท้องฟ้าเหนือบริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองหรือชานเมืองด้วย บทความฉบับนี้มุ่งอภิปรายนโยบายการปรับเปลี่ยนไฟถนนรูปแบบเดิมให้กลายเป็นไฟถนน LED แม้ว่าไฟถนน LED อาจก่อให้เกิดความท้าทายทางสิ่งแวดล้อมในด้านมลภาวะทางแสง หากแต่การดำเนินการทางกฎหมายก็อาจนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังอาจช่วยสร้างโอกาสที่จะควบคุมมลภาวะทางแสงจากการใช้งานไฟถนน LED ในลักษณะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: ไฟถนน LED แสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า มลภาวะทางแสง กฎหมาย

Abstract

Several public lighting projects of Major cities' local authorities to replace street lights with brighter and energy efficient light-emitting diodes (LED lamps have proven to be less electricity, more efficient, and save money. However, LED street lamps worsen non-environmentally friendly light by giving off more blue-rich white than the high-pressure sodium lights they normally replace. But if more LED light is used for outdoor street lighting, the amount of blue-rich white light emitted into the night environment will also rise substantially. The rapid growth in the number of LED lights and lighting in cities and urban landscapes is increasing the blue-rich white glow from man-made sources of LED street lights over urban/suburban areas. The aim of this paper is to discuss the ground of policy as provided for converting out street lights to energy-efficient LED lights. Although the environmental challenge facing the LED street lighting is the issue of light pollution, taking legal action to reduce the effects of the LED street lights provides an opportunity to deliver further benefits to both control of light pollution and use of the environmentally friendly LED street lights.

Keywords: LED Street Lights, Blue-Rich White Light, Light Pollution, Law

บทนำ

แหล่งกำเนิดแสงสว่างบนท้องถนน (Sources of Street Light) มีที่มาจากหลอดไฟฟ้าที่ถูกนำมาติดตั้งกับโคมไฟถนนหลายชนิดด้วยกัน¹ เช่น หลอดไอปรอทความดันสูง (หรือหลอดแสงจันทร์) (High-Pressure Mercury) หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low-Pressure Sodium) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) รวมทั้งในปัจจุบันยังได้มีการนำเอา หลอด LED หรือหลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode)² มาติดตั้งใช้งานกับโคมไฟถนน ทำให้เกิดไฟส่องสว่างบนเส้นทางสัญจรหรือเกิดแสงสว่างบริเวณพื้นที่โดยรอบเส้นทางสัญจร ที่มีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานกับให้แสงสีขาวที่สามารถส่องสว่างบนท้องถนนทางสัญจรได้ เฉกเช่นเดียวกับหลอดไฟประเภทอื่นที่เคยถูกนำ

เอามาติดตั้งกับโคมไฟถนน อีกทั้งหลอด LED มีข้อดีหลายประการที่เหนือกว่าหลอดไฟถนนจำพวกอื่นๆ เช่น ประหยัดพลังงานหากเทียบกับหลอดไฟประเภทอื่นๆ ที่นำมาใช้ติดตั้งกับโคมไฟถนน มีความทนทานมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่นๆ หลอดไม่ขาดง่ายและไม่แตกหักง่าย และมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยยาวนานกว่าหลอดไฟประเภทอื่นๆ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้เอง หลอด LED จึงได้ถูกนำเอามาใช้กับการให้แสงสว่างในระดับผังเมือง เพราะเมื่อมีการพัฒนาโครงข่ายถนนทั้งในส่วนถนนสำหรับการเดินทางเข้าออกระหว่างภายในเมืองกับภายนอกหรือในส่วนถนนสำหรับเดินทางติดต่อระหว่างส่วนต่างๆ ภายในพื้นที่เมือง ก็ย่อมจะต้องมีการติดตั้งโครงข่ายไฟส่องสว่างบนท้องถนน ให้สัมพันธ์กับพื้นที่ส่วนต่างๆ ของเมือง



ภาพที่ 1 ภาพโครงการการเปลี่ยนมาติดตั้งใช้งานไฟถนน LED ของเมืองฮิลส์โบโร มลรัฐโอเรกอน สหรัฐอเมริกา แสดงให้เห็นเปรียบเทียบการติดตั้งใช้งานไฟถนนโซเดียมความดันสูงหรือไฟถนน HPA (High Pressure Sodium) ที่ให้ภูมิทัศน์แสงสว่างเป็นสีเหลืองกับไฟถนน LED (Light Emitting Diode) ให้ภูมิทัศน์แสงสว่างเป็นสีขาว

อ้างอิง <https://www.hillsboro-oregon.gov/our-city/departments/public-works/transportation/street-lights/led>

¹ Highways Term Maintenance Association, “Street Lighting” [Online]. Available: <http://www.htma.info/industry-topics/street-lighting.html> (accessed April 24, 2018).

² Ed Ebrahimian, Best Practice: LED Street Lighting System (Los Angeles, CA: Department of Public Works, City of Los Angeles, 2011), 1-5.

เมื่อมีการขยายตัวของเมือง (urban expansion)³ ก็ต้องมีการพัฒนาเส้นทางสัญจรทางบกตามมาเพื่อเชื่อมเมืองกับเมืองหรือเมืองกับชนบทอย่างเป็นโครงข่ายเอาไว้ด้วยกัน (road network) ส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์ในที่ดินเพื่อเป็นถนนสัญจร ประกอบกับเมื่อมีการพัฒนาความเป็นเมืองไปสู่พื้นที่รอบปริมณฑลและพื้นที่ต่อเนื่องมากยิ่งขึ้นจนกลายเป็นเมืองที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ก็ย่อมที่จะต้องมีการพัฒนาท้องถนนเพื่อเพิ่มเส้นทางสัญจรทำให้เกิดการเดินทางถนนสัญจรไปมาจากเมืองไปสู่เมือง เมืองไปสู่ปริมณฑลหรือเมืองไปสู่ชนบท ดังนั้น หากมีการพัฒนาท้องถนนแล้ว ก็จะต้องมีการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED ไปตามแนวยาวควบคู่กับท้องถนน (LED street lights along the roads) นอกจากนั้น การติดตั้งใช้งานไฟถนนก็จะต้องมีการวางขยายโครงข่ายการใช้งานไฟถนน LED เพื่อให้เกิดแสงสว่างในพื้นที่ที่มีทางถนนพาดผ่าน (extensive networks of LED lighting to illuminate streets)⁴ โครงข่ายของไฟถนน LED เช่นว่านี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสัญจรทางบกและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง อีกทั้งลดจำนวนอุบัติเหตุบนท้องถนน ผ่านการสร้างระดับความสว่างจากแสง LED ที่ส่องมาบนถนนให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยกับให้ได้แสงสว่างที่พอเพียงต่ออันเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนที่ต้องการ

แสงสว่างจากไฟถนน LED ในการประกอบกิจกรรมภายนอกอาคารยามค่ำคืน อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED ในเมือง ไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดความสว่างบนท้องถนนและชุมชนเมืองเท่านั้น หากแต่ยังก่อให้เกิดสภาวะของบรรยากาศที่เต็มไปด้วยความสว่างไสวจากแสงไฟ LED ในชุมชนเมืองกับบริเวณท้องฟ้าเหนือชุมชนเมือง ระหว่างช่วงเวลากลางคืนที่มีการใช้งานไฟถนน LED ซึ่งความสว่างไสวที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไฟถนน LED อย่างยาวนานช่วงระยะเวลา กลางคืน ทำให้พื้นที่ชุมชนเมืองขาดสภาวะความมืดตามธรรมชาติในยามค่ำคืน⁵ จนพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสัตว์ รวมไปถึงทำลายสมดุลความมืดตามธรรมชาติในเวลากลางคืนและความสว่างตามธรรมชาติในเวลากลางวัน (balance between day and night) จนอาจไปกระทบต่อวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตที่ต้องพึ่งพิงสมดุลดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

บทความนี้มุ่งนำเสนอแนวโน้มหรือทิศทาง (trend) ของการนำเอาเทคโนโลยี LED มาใช้กับไฟถนนในศตวรรษที่ 21 พร้อมกับนำเสนอแนวโน้มของผลกระทบจากการใช้ไฟถนน LED ต่อสภาวะแวดล้อมในเวลากลางคืนที่อาจเกิดขึ้น 2 ประการ ได้แก่ (1) การใช้งานไฟถนน LED ที่ปล่อยแสงประดิษฐ์สีขาวยิ่งอุดมไปด้วยสีฟ้า (blue-rich

³ Judith Green, Chloe Perkins, Rebecca Steinbach & Phil Edwards, "Reduced street lighting at night and health: A rapid appraisal of public views in England and Wales" Health Place 34 (2015): 171-180.

⁴ U.S. Department of Energy, Outdoor Lighting Challenges and Solution Pathways (Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2016), 22-26.

⁵ Andrew Wakefield, Emma L. Stone, Gareth Jones, & Stephen Harris, "Light-emitting diode street lights reduce last-ditch evasive manoeuvres by moths to bat echolocation calls" Royal Society Open Science 8 (2015),150291.

artificial light) หรือแสงที่มีความยาวคลื่นความถี่ต่ำกว่า 500 นาโนเมตร (wavelengths shorter than about 500 nm) ในระยะเวลาที่นานพอที่จะทำให้เกิดผลร้ายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อมได้ (2) การใช้งานไฟถนน LED ที่ได้รับการติดตั้งไม่เหมาะสม ก็อาจทำให้เกิดทิศทางการส่องของแสง LED พวยพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้า (upward lights) ทำให้ท้องฟ้าในเมืองเผชิญสภาวะที่ถูกปกคลุมด้วยความสว่างไสวจากแสง LED ในยามค่ำคืน ผลกระทบทั้ง 2 ประการนี้ อาจทำให้นักกฎหมายและผู้กำหนดนโยบายต้องแสวงหาวิธีการป้องกันภัยล่วงหน้า ผ่านการเลือกใช้เทคโนโลยีไฟถนน LED

เท่าที่จำเป็นและเหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสมดุลของช่วงเวลาความมืดในเวลากลางคืนและความสว่างในเวลากลางวันหรือป้องกันให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศในเวลากลางคืนให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในขณะที่เดียวกัน รัฐ หน่วยงานของรัฐและท้องถิ่นก็พึงจะต้องวางแผนใช้งานไฟถนน LED แบบบูรณาการที่จะต้องนำเอาหลักการทางด้านกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องมาปรับใช้ เพื่อให้เกิดการวางแผนการใช้งานไฟถนน LED อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่ออันตรายต่อบรรยากาศความมืดมืดตามธรรมชาติในเวลากลางคืน



ภาพที่ 2 ภาพเหนือเมืองลอสแอนเจลิส รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา เปรียบเทียบระหว่าง ค.ศ. 2002 “ก่อน” ที่ท้องถิ่นต่างๆ ในเมืองลอสแอนเจลิสจะหันมาติดตั้งใช้งานไฟถนน LED (Pre-LED) กับระหว่าง ค.ศ. 2012 อันเป็นปี “หลัง” จากท้องถิ่นต่างๆ ในเมืองลอสแอนเจลิสจะหันมาติดตั้งใช้งานไฟถนน LED แล้ว (Post-LED) ซึ่งสองภาพนี้แสดงให้เห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างสภาวะแสงเรืองขึ้นไปบนท้องฟ้าเป็นสีส้มจากการใช้งานไฟถนน HPS (ไฟถนนแบบดั้งเดิม) กับสภาวะแสงเรืองขึ้นไปบนท้องฟ้าเป็นสีขาวจากการใช้งานไฟถนน LED (ไฟถนนสมัยใหม่)

อ้างอิง <http://www.ecolinkenergy.com/lorem-ipsum-is-simply-dummy-text-4/>

เทคโนโลยีแสงสว่าง LED กับไฟถนน

หลอด LED หรือ หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode) ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถกำเนิดแสงสว่างได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวอุปกรณ์ดังกล่าว หลอดไฟ LED จะกำเนิดแสงสว่างในลักษณะ

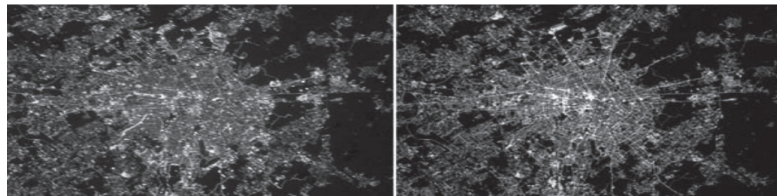
ที่มีคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน หลอดไฟดังกล่าวที่นำมาติดตั้งใช้งานกับโคมไฟภายนอกอาคารประเภทต่างๆ สามารถกำเนิดแสงได้เพียงแค่ว่ากระแสไฟฟ้าเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไฟถนน LED มีข้อเด่นอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น ไฟถนน LED ใช้พลังงานต่ำแต่ก็ให้ประสิทธิภาพ

การส่องสว่างแฉกเช่นเดียวกับแหล่งกำเนิดแสงที่มีการติดตั้งหลอดไฟประเภทอื่น หลอดไฟ LED สามารถเปิดปิดได้อย่างรวดเร็วและไม่มีแสงกระพริบในขณะที่เปล่งแสง เป็นต้น

ข้อดีหลายประการที่กล่าวมาในข้างต้นนี้ ทำให้หลอดไฟ LED ถูกนำมาติดตั้งใช้งานทดแทนไฟแสงสว่างแทบทุกรูปแบบที่เคยใช้กันมา อีกทั้งการนำเอาเทคโนโลยี LED มาประยุกต์ใช้กับไฟถนน (street lights)⁶ ในรูปแบบที่มีการติดตั้งใช้งานอย่างเป็นระบบโครงข่ายไฟถนน LED (LED street lighting network) กล่าวคือ การติดตั้งใช้งานไฟถนน LED มักจะมีการติดตั้งไปตามแนวยาวของเส้นทางถนน ซึ่งเชื่อมต่อเส้นทางการติดตั้งไฟถนน LED ในบริเวณโครงข่ายถนนในเมืองและโครงข่ายถนนที่เชื่อมระหว่างพื้นที่ต่างๆ นำไปสู่ทำให้ในบริเวณพื้นที่เมืองเป็นแนวการติดตั้งไฟถนนเป็นแบบตารางหรือรูปทรงเรขาคณิตในพื้นที่เมืองและเป็นแนวยาวตามเส้นทางสัญจรที่เชื่อม

ระหว่างเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง ผลดีอันเกิดจากการพัฒนาโครงข่ายไฟถนน LED ที่โดดเด่นนั้นก็คือ ประสิทธิภาพการใช้หลอด LED ในการเพิ่มแสงสว่างบนท้องถนนยามค่ำคืนและลดการใช้พลังงานภายใต้กับท้องถิ่น

ท้องถิ่น (หรือรัฐ) ในหลายประเทศของโลกได้พยายามติดตั้งใช้งานหลอดไฟ LED ทดแทนหลอดไฟประเภทอื่นๆ ที่เคยได้รับการติดตั้งใช้งานให้เป็นไฟถนน เพราะหลอด LED มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่า แต่ให้ความเข้มแสงสว่างที่เหมาะสมกับความปลอดภัยในการสัญจรบนท้องถนนและให้ความสว่างที่สอดคล้องกับการประกอบกิจกรรมภายนอกอาคารในเวลากลางคืนก็จะสามารถลดความต้องการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของท้องถิ่นอันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของท้องถิ่นทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งลดค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการซ่อมบำรุงและประหยัดเวลาในการบำรุงรักษา



ภาพที่ 3 ภาพถ่ายจากดาวเทียมขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration หรือ NASA)) แสดงการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์แสงสว่างของเมืองมิลาน ประเทศอิตาลี ในยามค่ำคืน ภาพซ้ายถ่ายเมื่อ ค.ศ. 2012 และภาพขวาถ่ายเมื่อ ค.ศ. 2015 ทั้งสองภาพนี้แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากที่มีการหันมาติดตั้งใช้งานไฟถนน LED เพื่อทดแทนไฟถนน HPS แล้ว ทำให้เมืองและแนวเส้นทางสัญจรถูกปกคลุมไปด้วยแสงสีขาว

อ้างอิง <http://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/lost-led-revolution-light-pollution-increasing/>

⁶ Hannah Griffiths, The Future of Street Lighting: The potential for new service development (London: The Digital Catapult and the Future Cities Catapult, 2018), 2-3.

ลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายไฟถนน LED ตามที่ท้องถิ่น (หรือรัฐ) จัดสรรให้ ย่อมนำไปสู่สภาวะแวดล้อมอันถูกปกคลุมด้วยความสว่างไสวไปทั่วทั้งบริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองจากแสง LED พร้อมกับชุมชนเมืองถูกปกคลุมด้วยความสว่างไสวจากแสง LED บนท้องฟ้าเหนือบริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองหรือใจกลางเมือง สภาวะเช่นนี้ย่อมทำให้ชุมชนเมืองของท้องถิ่นหลายแห่งในหลายประเทศ ต้องเผชิญกับสภาวะแสง LED เรืองขึ้นไปบนท้องฟ้าในชุมชนเมืองหรือสภาวะที่ท้องฟ้าเหนือชุมชนเมืองถูกปกคลุมไปด้วยแสง LED จากโครงข่ายไฟถนนในเมือง (urban sky glow)⁷ อีกทั้งการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED ในปริมาณมากก็อาจทำให้เกิดเกิดสภาวะบริเวณชุมชนเมืองถูกปกคลุมไปด้วยความสว่างไสวจากแสง LED อันนำไปสู่สภาวะการเกิดกลุ่มของแสง LED ในเมืองขนาดใหญ่ในเมือง (urban light clutter)⁸

อย่างไรก็ตาม แสงสีขาวยจากไฟถนน LED (แสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า หรือ blue-rich white light) ที่ส่องสว่างไสวตามแนวเส้นทางถนนที่มีการติดตั้งไฟถนน LED หรือชุมชนเมืองที่มีการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED สามารถก่อให้เกิดแสงสีขาวที่มีทิศทางการส่องของแสงสีขาวพวยพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้า (direct upward light) และก่อให้เกิด

เกิดแสงสีขาวที่มีทิศทางการส่องไปตกกระทบวัตถุอื่นๆ ก่อน แล้วจึงเกิดแสงสีขาวสะท้อนพวยพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้า (upward reflected light) จนนำไปสู่สภาวะที่ชั้นบรรยากาศมีแสงสีขาวที่กระจัดกระจายอยู่บนท้องฟ้า (atmospheric scattering)⁹ อยู่ในระดับที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลา แล้วนานพอที่จะทำให้ลายบรรยากาศความมืดมิดตามธรรมชาติบนท้องฟ้าในยามค่ำคืนและอาจสร้างผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในเวลากลางคืน (nocturnal environment)¹⁰ ได้ ซึ่งสภาวะเช่นนี้อาจเรียกว่าสภาวะแสงเรืองขึ้นไปบนท้องฟ้า

อีกประการหนึ่งสภาวะที่แสงสีขาวที่กระจัดกระจายอยู่บนท้องฟ้านี้ เกิดจากการที่ท้องถิ่น (หรือรัฐ) พยายามหันมาแทนที่หรือเปลี่ยนแปลงจากไฟถนนแบบเก่า (เช่น หลอดไส้ หลอดฮาโลเจน หลอดเมทัลฮาไลด์และหลอดฟลูออเรสเซนต์) มาใช้ไฟถนน LED (หลอด LED) ก็ย่อมจะทำให้ภูมิทัศน์แสงสว่างในเมือง (urban lighting landscape) เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง นั่นก็เพราะไฟถนนดั้งเดิม (เช่น หลอดโซเดียมความดันต่ำ (low-pressure sodium หรือ LPS) หลอดโซเดียมความดันสูง (high-pressure sodium หรือ HPS) และหลอดเมทัลฮาไลด์ (metal halide)) ก่อเกิดแสงสีส้มจนทำให้ทั่วบริเวณชุมชนเมืองและ

⁷ U.S. Department of Energy, An Investigation of LED Street Lighting's Impact on Sky Glow (Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2017), 35-37.

⁸ Lighting Europe, FAQ on LED Lighting (Brussels: Lighting Europe, 2017), 1-5.

⁹ James Brodrick, "LED Street Lighting's Impact on Sky Glow: A DOE study looks at uplight, lumen output, spectral power distribution and other variables" [Online]. Available: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/08/f36/18_LED%20Watch_6.17.pdf (accessed April 24, 2018).

¹⁰ Pawson S. M. Bader, "LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature" *Ecological Applications* 24 (2014): 1561-1568.

แนวเส้นทางถนนสว่างไสวไปด้วยแสงสีส้ม นั่นคือพื้นที่เมืองมีภูมิทัศน์ของความสว่างในเมืองเป็นแสงสีส้ม (urban orange-colored lighting landscape)¹¹ ในทางตรงกันข้ามไฟถนน LED แบบใหม่กลับกำเนิดแสงสีขาวจนทำให้ทั่วบริเวณชุมชนเมืองและแนวเส้นทางถนนสว่างไสวไปด้วยแสงสีขาว นั่นคือพื้นที่เมืองมีภูมิทัศน์ของความสว่างในเมืองเป็นแสงสีขาว (white-colored lighting landscape)¹²

ไม่ว่าจะเป็นแสงสว่างจากไฟถนนแบบดั้งเดิมหรือแสงสว่างจากไฟถนน LED ก็ตาม ต่างก็เป็นแสงสว่างภายนอกอาคารที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งสามารถก่อให้เกิดหรืออาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืน หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ อีกทั้งแสงสว่างจากไฟถนนแบบดั้งเดิมกับแสงสว่างจากไฟถนน LED ก็อาจนำไปสู่การก่อกวนที่สิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืนเปลี่ยนแปลงสภาวะแสงเรืองขึ้นไปบนท้องฟ้าด้วยไฟถนนแบบดั้งเดิมหรือไฟถนน LED ซึ่งล้วนแล้วแต่ทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืนเสื่อมโทรมลง อย่างไรก็ตาม แสงสว่างจากไฟถนน

แบบดั้งเดิมหรือแสงสว่างจากไฟถนน LED ก็มีสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกัน ทั้งให้สี (colors) ที่แตกต่างกันกับมีความยาวคลื่น (wavelengths) ที่แตกต่างกัน ซึ่งแสงสว่างจากไฟถนน LED (แสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า) ส่วนมากมักจะมีมีความยาวคลื่นไม่เกินกว่า 500 นาโนเมตร (nm) (wavelengths $\leq$ 500 nm)¹³ หรือมีความยาวคลื่นในช่วงระหว่าง 440-500 นาโนเมตร (nm)¹⁴ ซึ่งสมบัติเฉพาะเช่นนี้ทำให้แสงสว่างที่ถูกปล่อยออกมาจากไฟถนน LED สามารถที่จะก่อให้เกิดมลภาวะทางแสงเฉกเช่นเดียวกับไฟถนนแบบดั้งเดิม เช่น แสงบาดตา (glare) แสงที่ส่องรบกวนเข้าไปยังพื้นที่ส่วนตัวหรือพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้งานแสงสว่าง (trespassing light) และแสงเรืองขึ้นไปบนท้องฟ้า (glare) กับไฟถนน LED ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในลักษณะที่แตกต่างออกไปจากไฟถนนแบบดั้งเดิม

ด้วยเหตุนี้ จึงต้องทำการทบทวนปัญหาเฉพาะอันเกิดจากแสงสว่างที่ถูกปล่อยออกมาจากไฟถนน LED เพราะจะทำให้ผู้กำหนดนโยบาย (policy makers) และผู้ตรากฎหมาย (lawmakers) สามารถที่จะรับทราบถึงปัญหาดังกล่าว พร้อมกับ

¹¹ Public Health England, Human responses to lighting based on LED lighting solutions Commissioned by the Chartered Institution of Building Services Engineers and the Society of Light and Lighting (London: Public Health England, 2016), 1-8.

¹² City of Hillsboro Civic Center, "LED Street Light Conversion Project" [Online]. Available: <https://www.hillsboro-oregon.gov/our-city/departments/public-works/transportation/street-lights/led> (accessed April 24, 2018).

¹³ National Geographic Partners, LLC, "These Energy-Saving Bulbs Are Making One Pollutant Much Worse" [Online]. Available: <https://news.nationalgeographic.com/2017/11/light-pollution-energy-LED-bulbs-spd/> (accessed April 24, 2018).

¹⁴ Natural Health News, "Melatonin disruption by 'eco lighting' a rising health threat" [Online]. Available: <https://www.naturalhealthnews.uk/health/2012/09/melatonin-disruption-by-eco-lighting-a-rising-health-threat/> (accessed April 24, 2018).

กำหนดการระงับการใช้แสงสว่างจากไฟถนน LED ล่วงหน้า (precautionary approach)¹⁵ เพื่อเตรียมการใช้เทคโนโลยีแสงสว่าง LED เท่าที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างความปลอดภัย การดำรงชีวิตประจำวันและการสร้างสุนทรียภาพในงานสถาปัตยกรรมทางแสงสว่าง ในขณะเดียวกันก็สามารถรับมือกับผลกระทบทางด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าด้วยภายใต้ฐานแนวคิดที่ว่าการทำงานแสงสว่างจากไฟถนน LED จะต้องก่อให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นอกเหนือจากนั้น ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) จากภาคส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ (รวมถึงท้องถิ่นและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น) ต้องกำหนดมาตรการป้องกันไม่ให้แสงสว่างจากไฟถนน LED ไปสร้างความเสียหายให้แก่สุขภาพกายและสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยการป้องกัน (prevention approach)¹⁶ ภายใต้พื้นที่ที่ว่าผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีส่วนใช้งานหรือได้ประโยชน์จากการใช้งานแสงสว่างจะต้องร่วมกันป้องกันมลภาวะทางแสงจากไฟถนน LED อย่างมีประสิทธิภาพ อีกประการหนึ่ง เมื่อพิจารณาในเรื่องของการประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากไฟถนน LED แล้ว ก็อาจมีประเด็นที่ท้องถิ่นหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเลือกติดตั้งใช้งานไฟถนน LED ทดแทนไฟถนนดั้งเดิมควรคำนึงถึง นั้น

ก็คือ การใช้แสงสว่างจากไฟถนน LED อย่างยั่งยืน (sustainable development approach)¹⁷ ซึ่งจะต้องตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานหรือผู้ได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีไฟถนน LED แต่ในขณะเดียวกันการใช้ไฟถนน LED ของผู้ใช้งานหรือผู้ได้รับประโยชน์ในปัจจุบันต้องไม่ละเมิดหรือทำลายคนรุ่นหลัง ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบจากการใช้งานแสงสว่างจากไฟถนน LED กับกฎหมายควบคุมมลภาวะทางแสง

ปัญหาจากการใช้งานไฟถนนดั้งเดิมและไฟถนน LED ไม่เพียงที่จะสามารถสร้างเหตุรำคาญอันเกิดจากการใช้งานแสงสว่าง (light nuisance) หากแสงสว่างจากไฟถนนทั้งสองประเภทนี้ถูกปล่อยออกมาจากไฟถนนที่ได้รับการติดตั้งอย่างไม่เหมาะสม จนก่อให้เกิดทิศทางการส่องของแสงรบกวน (light trespass) เข้าไปยังอาคาร เคหสถานหรือพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้งานแสงสว่างของเพื่อนบ้านหรือชุมชนที่อยู่โดยรอบไฟถนน แต่ไม่ว่าจะเป็นไฟถนนดั้งเดิมและไฟถนน LED ต่างก็สามารถก่อให้เกิดแสงบาดตาหรือแสงสว่างจากไฟถนนที่ได้รับการติดตั้งอย่างไม่เหมาะสม ทำให้เกิดแสงส่องเข้ามายังดวงตาของผู้สัญจรบนท้องถนนโดยตรง

¹⁵ Jennifer Connolly, Health impact assessment of introducing LED street lighting in Stockport (Stockport: Stockport Metropolitan Borough Council, 2017), 1-8.

¹⁶ Norfolk Campaign to Protect Rural England, Preventing Light Pollution: 10 Norfolk Case Studies (Norwich: CPRE Norfolk, 2015), 1-5.

¹⁷ Nader Hajj Shehadeh, Sustainable Street Lighting: A Guide to Efficient Public Street Lighting and Lebanon (Norwich: European Union & United Nations Development Programme, 2015), 23.

ทำให้ผู้สัญจรบนท้องถนนไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ (disability glare) หรือมองเห็นได้ยาก (discomfort glare) จนอาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ อีกทั้งไฟถนนดั้งเดิมและไฟถนน LED ต่างก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะแสงเรืองขึ้นบนท้องฟ้า ทำให้บริเวณท้องฟ้าเหนือชุมชนเมืองถูกปกคลุมด้วยความสว่างจากแสงที่ส่องเรืองขึ้นไปบนท้องฟ้า¹⁸ สาเหตุเกิดขึ้นจากการใช้งานไฟถนนอย่างหนาแน่นและไฟถนนได้กระจายไปตามจุดต่างๆ ของชุมชนเมืองและกระจายตามแนวเส้นทางสัญจร ตลอดจนการก่อสร้างอาคารสูงที่ มีการติดตั้งใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคารอย่างต่อเนื่อง จนอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศในเวลากลางคืนและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การใช้งานไฟถนน LED ที่ให้แสงสีขาว (white LED lighting) ซึ่งแสงสีขาวจากไฟถนน LED โดยมากมักเป็นแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า (blue-rich white light) กล่าวคือ ไฟถนน LED เป็นแหล่งกำเนิดปล่อยคลื่นแสงในช่วงสีน้ำเงิน (blue color spectrum light) ที่มากกว่าไฟถนนแบบดั้งเดิม

อย่างไรก็ตาม สมบัติของแสงสว่างจากไฟถนน LED (แสง LED ที่มีความยาวคลื่นในช่วงระหว่าง 440-500 นาโนเมตร (nm)) ที่มีศักยภาพเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้ ประการแรก แสง LED จากไฟถนนอาจส่งผล

ให้ประสิทธิภาพการสร้างเมลาโทนิน (melatonin) ของร่างกายมนุษย์ลดน้อยถอยลง เพราะการหลั่งสารเมลาโทนินจึงถูกกระตุ้นโดยความมืดและการหลั่งสารเมลาโทนินถูกยับยั้งโดยแสง LED นั่นก็คือเมื่อมีแสงสว่าง LED จากไฟถนน (ในระดับความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร (nm)) ต่อมไฟเนี่ยลที่อยู่ในสมองมนุษย์ จะลดประสิทธิภาพในการหลั่งเมลาโทนิน โดยมีปริมาณการหลั่งเมลาโทนินน้อยลง ฮอร์โมนเมลาโทนินนี้จะหลั่งตามวัฏจักรนาฬิกาชีวิต (biological rhythm) ในช่วงเวลาที่มีความสว่างตามธรรมชาติในเวลากลางวันและความมืดตามธรรมชาติในเวลากลางคืน (ในวงจร 24 ชั่วโมง) ซึ่งประโยชน์ของฮอร์โมนประเภทนี้ย่อมทำให้สร้างสมดุลวัฏจักรการตื่นนอนและเข้านอนตามธรรมชาติของมนุษย์ (sleep-wake cycle) กับเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ (immune system) ตลอดจนมีผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนว่าแสง LED อาจเป็นปัจจัยเพิ่มความเสี่ยงที่จะเกิดมะเร็งเต้านม (breast cancer) ในสุภาพสตรีหรือทำให้อัตราการเจริญเติบโตของมะเร็งเต้านมในสุภาพสตรีมีมากยิ่งขึ้น¹⁹ ประการที่สอง แสง LED ที่เรืองขึ้นบนท้องฟ้าจากการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED ทำให้เกิดการกระจัดกระจายของแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้าบนชั้นบรรยากาศ (scattering of blue light in the atmosphere) ในบริเวณท้องฟ้าเหนือพื้นที่

¹⁸ International Society for Optics and Photonics, "LED light pollution: Can we save energy and save the night?" [Online]. Available: http://spie.org/newsroom/1015-led-light-pollution?wt.mc_id=mspieprogbw&SSO=1 (accessed April 24, 2018).

¹⁹ International Dark-Sky Association, Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with Blue-Rich White Outdoor Lighting (Tucson, AZ: International Dark-Sky Association, 2010), 10-15.

ที่มีการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED เป็นจำนวนมาก และหนาแน่น หากชีววิทยาระบบ (biological systems) บางระบบอ่อนไหวต่อแสงสียาวอุดมไปด้วยสีฟ้า แสงจากไฟถนน LED ก็อาจก่อผลกระทบต่อชีววิทยาระบบนั้นได้²⁰

จากที่กล่าวมาในข้างต้น ไม่ว่าแสงจากไฟถนนดั้งเดิมหรือไฟถนน LED ต่างก็สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หากแต่ไฟถนน LED ก่อให้เกิดโอกาสที่จะเกิดความเสียหายหรือ ความสูญเสียต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ ภายใต้สถานการณ์การใช้งานแสง LED ที่ไม่แน่นอนกับการพัฒนาเทคโนโลยีแสง LED ที่ไม่หยุดยั้ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นในอนาคต ท้องถิ่น (หรือรัฐ) ที่นำเอาเทคโนโลยีไฟถนน LED มาใช้หรือติดตั้งใช้งานไฟถนน LED แทนที่ไฟถนนแบบดั้งเดิม ย่อมจะต้องสร้างมาตรการ เพื่อช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความเสียหาย ทำให้ขนาดของความเสียหายหรือระดับความเสียหายจากการใช้เทคโนโลยีไฟถนน LED ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม พร้อมกับมีกลไกการประเมินผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการให้แสงสว่างบนเส้นทางสัญจรกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ควบคู่ไปกับตั้งเป้าหมายที่จะลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้เทคโนโลยีไฟถนน LED

แม้ในปัจจุบันหลายประเทศได้กำหนดมาตรการทางกฎหมายควบคุมมลภาวะทางแสง

ได้แก่ (1) การกำหนดมาตรฐานการใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคาร (outdoor lighting standard) สำหรับกำหนดเป้าหมายของท้องถิ่น (หรือรัฐ) ในการคุ้มครองคุณภาพสภาวะแวดล้อมในเวลากลางคืนให้ชัดเจนว่าจะต้องรักษาสภาวะความมืดมืดในเวลากลางคืนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของมนุษย์และระบบนิเวศในเวลากลางคืน เมื่อกำหนดมาตรฐานแล้วก็ต้องดำเนินการต่างๆ ให้สามารถรักษามาตรฐานเอาไว้ได้ (2) การกำหนดมาตรฐานควบคุมมลภาวะทางแสงจากแหล่งกำเนิดแสง (control of light pollution sources) ซึ่งท้องถิ่น (หรือรัฐ) กำหนดมาตรฐานในการประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพการให้แสงสว่างของแหล่งกำเนิดแสงที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม เช่น การกำหนดมาตรฐานของหลอดไฟฟ้าหรือโคมไฟภายนอกอาคารที่สอดคล้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานได้ดียิ่งขึ้น เช่น ค่าความสว่าง (lumen) อายุใช้งาน (hours) กำลังไฟฟ้า (watt) ประหยัดพลังงาน (เทียบกับหลอดไส้แบบดั้งเดิม ; %) อีกทั้งยังกำหนดมาตรฐานแหล่งกำเนิดแสงบางประการที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางแสง เช่น โคมไฟที่มีโลไฟแนวตัด (Full Cut-off Shield) เพื่อควบคุมทิศทางการส่องของแสง ไม่ให้ส่องพวยพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้า ลดการเกิดสภาวะแสงเรืองขึ้นไบนท้องฟ้าในเวลากลางคืน เป็นต้น (3) การกำหนดผังเมืองและการใช้วางแผนการใช้แสงสว่างตามลักษณะของการใช้ประโยชน์ของที่ดิน (urban lighting planning

²⁰ Ken Wishaw, "The Problems of Artificial Light at Night, is a Solution at Hand?" [Online]. Available: <http://www.bas.asn.au/images/documents/The-Problems-of-Artificial-Light-at-Night-is-a-Solution-at-Hand-compressed-public-article.pdf> (accessed April 24, 2018).

& light pollution control through land-use planning) ถือเป็นการให้อำนาจแก่ท้องถิ่น (หรือรัฐ) กำหนดการใช้ประโยชน์แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าหรือโคมไฟภายนอกอาคารให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผ่านการวางแผนการใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคารไปพร้อมกับการจัดทำผังเมืองรวม ที่จะกำหนดแผนผังอันเป็นการควบคุมการใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคารโดยทั่วไปและการควบคุมการใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคารเฉพาะพื้นที่ ซึ่งการกำหนดผังการใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคารในเมือง ชานเมือง ชนบทและพื้นที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ย่อมถือเป็นเครื่องมือจัดการการใช้แสงสว่างภายนอกอาคารที่สอดคล้องกับระบบการใช้ประโยชน์ในที่ดินและผังเมืองรวม (4) มาตรการควบคุมพฤติกรรมกรรมการใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคาร เช่น การห้ามประชาชนใช้งานแสงสว่างภายนอกอาคารในระยะเวลาที่กำหนด (เวลากลางคืน) (preset times หรือ curfew hours) เป็นต้น

มาตรการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาก็นำมาใช้บังคับใช้กับทั้งแหล่งกำเนิดแสงทั้งที่เป็นไฟถนนแบบดั้งเดิมและไฟถนน LED โดยไม่ได้กำหนดมาตรการบังคับใช้สำหรับไฟถนน LED เป็นแยกออกไปการเฉพาะหรือไม่ได้กำหนดขอบเขตความรับผิดชอบความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมหรือความสูญเสียสมดุลความสว่างตามธรรมชาติในเวลากลางวันและความมืดตามธรรมชาติในเวลากลางคืนอันเกิดจากการใช้ไฟถนน LED เป็นการเฉพาะแต่ประการใด คงมีเพียงการปรับใช้มาตรการต่างๆ กับทั้งแหล่งกำเนิดแสงทั้งที่เป็นไฟถนนแบบดั้งเดิมและไฟถนน LED อย่างเสมอเหมือนกัน หาก

แต่แสงจากไฟถนนดั้งเดิมหรือไฟถนน LED กลับให้ความยาวคลื่นของแสงที่มีสีหรือแสงที่ตามองเห็น (visible) (นาโนเมตรหรือ nm) อยู่ในช่วงที่แตกต่างกันออกไป เพราะว่าแสงสว่างจากไฟถนน LED อาจสร้างผลกระทบบางประการต่อสัตว์ พืช และระบบนิเวศที่มีความไวเป็นพิเศษ (special sensitivity) ต่อแสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า จึงมีปัญหาที่น่าขบคิดว่าการใช้งานไฟถนน LED ที่ให้แสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้าเช่นว่านี้ จะต้องเป็นหลักเกณฑ์หรือมาตรการมาควบคุมเป็นการเฉพาะหรือไม่ นี่คือการท้าทายต่อการกำหนดนโยบายและการบัญญัติกฎหมายในอนาคต

สรุป

ปัญหามลภาวะทางแสงจากไฟถนน LED อาจมองไปได้ในสองแง่มุมด้วยกัน นั่นก็คือ (1) อาจมองในมุมที่ว่าแสงจากไฟถนน LED ก็อาจกลายมาเป็นมลภาวะทางแสงที่พึงจะได้รับการควบคุมในแบบการควบคุมมลภาวะทางแสงโดยทั่วไป และ/หรือ (2) อาจมองว่าแสงจากไฟถนน LED ให้แสงสีขาวที่อุดมไปด้วยสีฟ้า ซึ่งอาจส่งผลกระทบในด้านลบที่แตกต่างไปจากไฟถนนแบบดั้งเดิม ที่พึงจะได้รับการควบคุมแบบในแบบการควบคุมมลภาวะทางแสงในแบบเฉพาะ (แบบพิเศษ) ซึ่งนับเป็นความท้าทายและเป็นโจทย์ที่ท้าทายต่อผู้กำหนดนโยบายและผู้พัฒนากฎหมายในอนาคต

นอกเหนือจากนี้ ท้องถิ่น (หรือรัฐ) ของหลายประเทศได้นำเอาเทคโนโลยีไฟถนน LED มาติดตั้งใช้งานทดแทนเทคโนโลยีไฟถนนแบบดั้งเดิม ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวมีประโยชน์ทั้งในแง่ประสิทธิภาพการใช้งานและการประหยัดพลังงาน ที่ถูกพัฒนา

ขึ้นมาให้แทนที่เทคโนโลยีการให้แสงสว่างจากไฟถนนแบบดั้งเดิมที่เคยใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ทว่าการเพิ่มจำนวนการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED และการขยายพื้นที่ที่มีการใช้งานไฟถนน LED ในชุมชนเมืองและเขตปริมณฑล รวมไปถึงการติดตั้งไฟใช้งานไฟถนน LED ตามแนวเส้นทางสัญจร (แนวเส้นทางถนน) ก็ย่อมนำไปสู่การเกิดสภาวะแสง LED ปกคลุมเมืองกับสภาวะแสง LED เรืองขึ้นไปบนท้องฟ้า ท้องถิ่นก็จะต้องป้องกันมลภาวะทางแสงจากไฟถนน LED ในฐานะที่แสงจากไฟถนน LED ก็ถือเป็นแสงสว่างภายนอกอาคารที่พึงจะได้รับการควบคุมอีกอย่างหนึ่ง และท้องถิ่นก็ต้องพึงระวังภัยมลภาวะทางแสงจากไฟถนน LED ในฐานะที่แสงจากไฟถนน LED เป็นต้นกำเนิดของแสงสีขาวที่ออกมาด้วยสีฟ้า ทั้งยังควรระวังภัยล่วงหน้าคาดการณ์อันตรายก่อนที่จะเกิดจากการใช้ไฟถนน LED และศึกษาความเสี่ยง ตลอดจนถึงระดับความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีไฟถนน LED พร้อมกับสร้างความมั่นใจให้กับประชาชนในท้องถิ่นว่าท้องถิ่นจะสามารถป้องกันผลกระทบจากการใช้เทคโนโลยีไฟถนน LED กับประชาชนจะได้รับอันตรายน้อยที่สุดจากการติดตั้งใช้งานไฟถนน LED

บรรณานุกรม

- Brodrick, J. "Led Street Lighting's Impact on Sky Glow: A Doe Study Looks at Uplight, Lumen Output, Spectral Power Distribution and Other Variables." (June 2017). https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/08/f36/18_LED%20Watch_6.17.pdf.
- Campaign to Protect Rural England, Norfolk. "Preventing Light Pollution: 10 Norfolk Case Studies." (March 2015). <http://www.cprenorfolk.org.uk/wp-content/uploads/2015/03/CPRE-Norfolk-Light-Pollution-10-Case-Studies-FINAL.pdf>.
- City of Hillsboro Civic Center. "Led Street Light Conversion Project." (n.d.). <https://www.hillsboro-oregon.gov/our-city/departments/public-works/transportation/street-lights/led>.
- Connolly, J. "Health Impact Assessment of Introducing Led Street Lighting in Stockport." (February 2017): 1-8. <http://democracy.stockport.gov.uk/mgConvert2PDF.aspx?ID=113023>.
- Crawford, M. "LED Light Pollution: Can We Save Energy and Save the Night?" (n.d.). http://spie.org/newsroom/1015-led-light-pollution?wt.mc_id=mspieprogbw&SSO=1.
- Ebrahimian, Ed. "Best Practice: Led Street Lighting System." 1-5. Los Angeles, CA: Department of Public Works, City of Los Angeles 24 February 2011.
- Green, J, Perkins, C., Steinbach, R., and Edwards, P. "Reduced Street Lighting at Night and Health: A Rapid Appraisal of Public Views in England and Wales." *Health & Place* 34 (July 2015): 171-80.

- Griffiths, H. *The Future of Street Lighting: The Potential for New Service Development*. n.p.: n.p., n.d. <https://iotuk.org.uk/wp-content/uploads/2017/04/The-Future-of-Street-Lighting.pdf>.
- Highways Term Maintenance Association. "Street Lighting." (n.d.). <http://www.htma.info/industry-topics/street-lighting.html>.
- International Dark-Sky Association. "Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with Blue-Rich White Outdoor Lighting " (4 May 2010): 1-23. http://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/8_IDA-BLUE-RICH-LIGHT-WHITE-PAPER.PDF.
- Lighting Europe, The Voice of the Lighting Industry. "FAQ on LED Lighting." (October 2017): 1-5. http://lightingeurope.org/images/publications/general/FAQ_on_LED_Lighting_-_October_2017.pdf.
- National Geographic. "These Energy-Saving Bulbs Are Making One Pollutant Much Worse." (n.d.). <https://news.nationalgeographic.com/2017/11/light-pollution-energy-LED-bulbs-spdl/>.
- Natural Health News. "Melatonin Disruption by 'Eco Lighting' a Rising Health Threat." (12 September 2012). <https://www.naturalhealthnews.uk/health/2012/09/melatonin-disruption-by-eco-lighting-a-rising-health-threat/>.
- Pawson, S. M., and Bader, M. K.-F. "Led Lighting Increases the Ecological Impact of Light Pollution Irrespective of Color Temperature." *Ecological Applications* 24, no. 7 (2014): 1561-68.
- Public Health England. *Human Responses to Lighting Based on Led Lighting Solutions: Commissioned by the Chartered Institution of Building Services Engineers and the Society of Light and Lighting*. London: Public Health England, 2016. http://www.lightmare.org/docs/PHE-CIBSE-SLL_LED_report_May2016HRLBL-b.pdf.
- Shehadeh, Nader Hajj. "Communitiy Energy Efficiency and Renewable Energy Demonstration Project for Lebanon Programme (Cedro Iv)." In *Sustainable Street Lighting: A Guide to Efficient Public Street Lighting and Lebanon* n.p.: n.p., 2015. <https://data2.unhcr.org/en/documents/download/55874>.
- U.S. Department of Energy. *Outdoor Lighting Challenges and Solution Pathways*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2016. <https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/sites/default/files/attachments/Outdoor%20Lighting%20Challenges%20Pathways.pdf>.

- 20and%20Solutions%20Pathways%20Paper.pdf.
- , Energy Efficiency & Renewable Energy. *An Investigation of LED Street Lighting's Impact on Sky Glow*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2017. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/2017_led-impact-sky-glow.pdf.
- Wakefield, Andrew, Emma L. Stone, Gareth Jones, and Stephen Harris. "Light-Emitting Diode Street Lights Reduce Last-Ditch Evasive Manoeuvres by Moths to Bat Echolocation Calls." *Royal Society Open Science* 2, no. 8 (August 2015): 150291. doi:10.1098/rsos.150291, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4555863/>.
- Wishaw, K. "The Problems of Artificial Light at Night, Is a Solution at Hand?" (2017): 1-40. <http://www.bas.asn.au/images/documents/The-Problems-of-Artificial-Light-at-Night-is-a-Solution-at-Hand-compressed-public-article.pdf>.