การวัดค่าสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020

ดร.ปรนิก จิตต์อารีกุล
จีรพงค์ ใจห้าว
ดนุวัฒ บุญฉวี
จักรกริช หมู่เมืองสอง



บทนำ

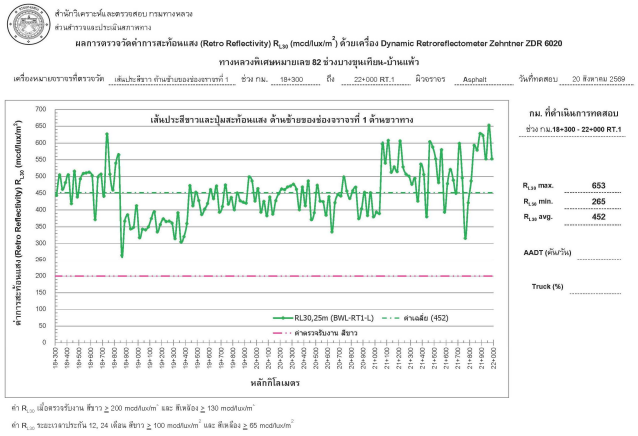
- ในเวลากลางวัน ผู้ขับขี่จะรับรู้เครื่องหมายจราจรบนผิวทางโดยอาศัยความแตกต่างระหว่างสีของเครื่องหมายกับสีของผิวถนนเป็นหลัก
- ในเวลากลางคืนหรือในสภาพทัศนวิสัยที่ไม่ดี ความสามารถในการแยกแยะเครื่องหมายบนถนนจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความส่องสว่าง (Luminance) ของเครื่องหมายกับความส่องสว่างของพื้นผิวถนน
- ก่อนหน้านี้การตรวจสอบประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง กระทำโดยใช้เครื่องมือแบบพกพา ซึ่งสามารถวัดค่าได้ทีละจุด แต่ปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยของทีมสำรวจที่ต้องปฏิบัติงานอยู่บนถนน
- เนื่องจากเครื่องมือวัดแบบพกพามีพื้นที่การวัดที่แคบ ทำให้ต้องใช้จุดทดสอบจำนวนมาก เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุมทั้งช่วงถนนที่ตรวจสอบ ถึงแม้ว่าเครื่องมือจะได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้องแล้ว แต่ก็ยังมีความไม่แน่นอนของผลการทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถวัดค่าได้ตลอดความกว้างและความยาวของเส้นจราจร จำเป็นต้องสุ่มตัวอย่างพื้นที่เพื่อทำการวัด ซึ่งอาจนำไปสู่ผลการประเมินที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือ การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์วัดแบบพกพาน้อยกว่า 1 ซม. ในทิศทางใด ๆ อาจนำไปสู่ผลการวัดที่แตกต่างกันอย่างมาก
- จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดการสะท้อนแสงแบบต่อเนื่องขึ้นมา ภายใต้ข้อกำหนดเดียวกันกับเครื่องมือแบบพกพา เพื่อช่วยให้ทีมสำรวจมีความปลอดภัย ลดการปิดถนนและการหยุดชะงักของการจราจร ด้วยการวัดค่าตลอดความกว้างเส้นจราจรไปในกระแสจราจรปกติทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ซึ่งช่วยลดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังสามารถทำการประเมินค่าสะท้อนแสงของเส้นจราจรในระดับโครงข่ายอีกด้วย

บทนำ

งานประเมินค่าสะท้อนแสงของเส้นจราจรในระดับโครงข่าย ทางหลวงพิเศษหมายเลข 82 ช่วงบางขุนเทียน - บ้านแพ้ว






สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง

ผลการตรวจวัดค่าการสะท้อนแสง (Retro Reflectivity) R_{L30} (mcd/lux/m^2) ด้วยเครื่อง Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020

ทางหลวงพิเศษหมายเลข 82 ช่วงบางขุนเทียน-บ้านแพ้ว

เครื่องหมายเขตทางที่ตรวจวัด เส้นประสีขาว ด้านซ้ายของช่องจราจรที่ 1 ช่วง กม. 18+300 ถึง 22+000 RT.1 ผิวจราจร Asphalt วันที่ทดสอบ 20 สิงหาคม 2569

เส้นประสีขาวและปุ่มสะท้อนแสง ด้านซ้ายของช่องจราจรที่ 1 ด้านขวาทาง

ค่าการสะท้อนแสง (Retro Reflectivity) R_{L30} (mcd/lux/m^2)

พลักกิโลเมตร

RL30,25m (BWL-RT1-L) ค่าเฉลี่ย (452) ค่าตรวจรับงาน สีขาว

กม. ที่ดำเนินการทดสอบ
ช่วง กม.18+300 - 22+000 RT.1

R_{L30} max.	653
R_{L30} min.	265
R_{L30} avg.	452
AADT (คัน/วัน)	
Truck (%)	

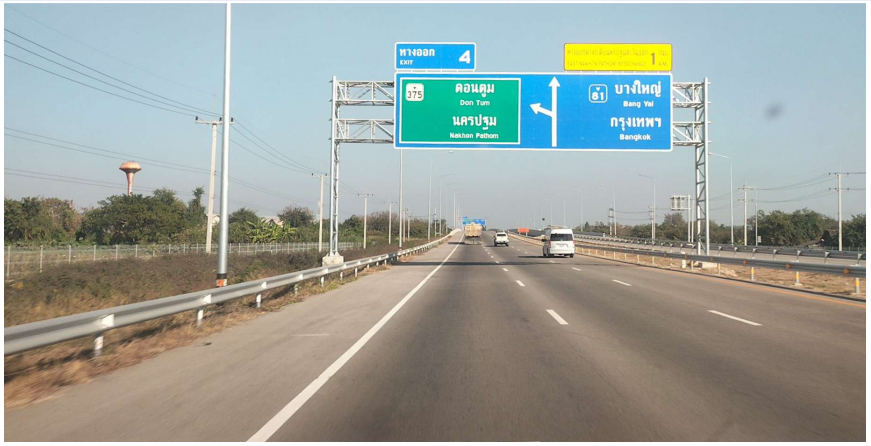
ค่า R_{L30} เมื่อตรวจรับงาน สีขาว ≥ 200 mcd/lux/m^2 และ สีเหลือง ≥ 130 mcd/lux/m^2

ค่า R_{L30} ระยะเวลาประกัน 12, 24 เดือน สีขาว ≥ 100 mcd/lux/m^2 และ สีเหลือง ≥ 65 mcd/lux/m^2

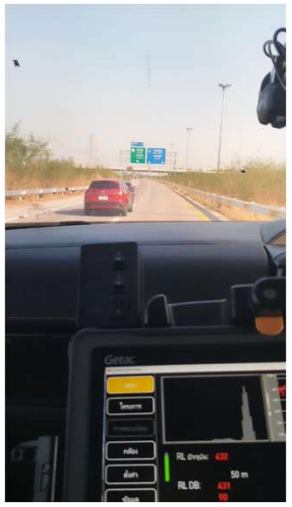


บทนำ

งานประเมินค่าสะท้อนแสงของเส้นจราจรในระดับโครงข่าย ทางหลวงพิเศษหมายเลข 81 สาย บางใหญ่ - กาญจนบุรี







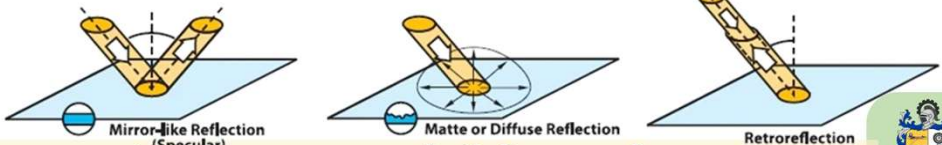


หน่วยวัดที่เกี่ยวข้องกับการส่องสว่าง

- **ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux; F)** คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่ส่องออกจากแหล่งกำเนิดแสง เช่น หลอดไฟ มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen; lm)
- **ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity; I)** หรือ กำลังส่องสว่าง คือ ความเข้มของแสงที่ส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ใช้แสดงความเข้มของแสงที่มุมต่าง ๆ ของดวงโคม วัดเป็นจำนวนเท่าของความเข้มที่ได้จากเทียนไข 1 เล่ม มีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela; cd)
- **ความสว่าง (Illuminance; E)** หรือ ระดับความสว่าง (Lighting Level) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิว ต่อพื้นที่ 1ตร.ม. หน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือ ลักซ์ (lux)
- **ความส่องสว่าง (Luminance; L)** หรือ ความจ้า (Brightness) คือ ปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวใด ๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง โดยในถนนซึ่งต้องการความปลอดภัยสูง หากกำหนดแต่ Illuminance จะไม่เพียงพอ เพราะวัดเพียงปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นถนน ในขณะที่ Luminance จะวัดปริมาณแสงที่สะท้อนจากพื้นถนนมาเข้าตาผู้ขับขี่ด้วย จึงบอกได้ว่าเวลาขับรถ ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ บนพื้นถนนได้ดีเพียงใด มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2 หรือ $cd \cdot m^{-2}$)

รูปแบบการสะท้อนแสงบนพื้นผิว

- **การสะท้อนแบบกระจกราบ (Mirror-Like or Specular Reflection)** คือ การสะท้อนแสงบนผิวเรียบและขัดมัน เป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ
- **การสะท้อนแบบกระจาย (Matte or Diffuse Reflection)** คือ การสะท้อนแสงบนผิวขรุขระ เช่น กระดาษ หรือผนังปูน โดยรังสีของแสงจะกระจัดกระจายสะท้อนออกไปหลายทิศทาง ทำให้มองเห็นพื้นผิววัตถุนั้น ๆ ได้ชัดเจนจากทุกมุมมอง แต่จะไม่เกิดภาพสะท้อนที่คมชัดเหมือนกับกระจก
- **การสะท้อนแบบย้อนกลับ (Retroreflection)** คือ ปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบถูกสะท้อนกลับไปยังทิศทางเดิมที่แหล่งกำเนิดแสงส่องมา โดยไม่สนใจมุมตกกระทบ โดยมีกลไกการสะท้อนอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบลูกแก้ว (Glass Beads/Microspheres) แบบปริซึม (Microprisms)



ดัชนีชี้วัดการมองเห็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง

Day-time Visibility

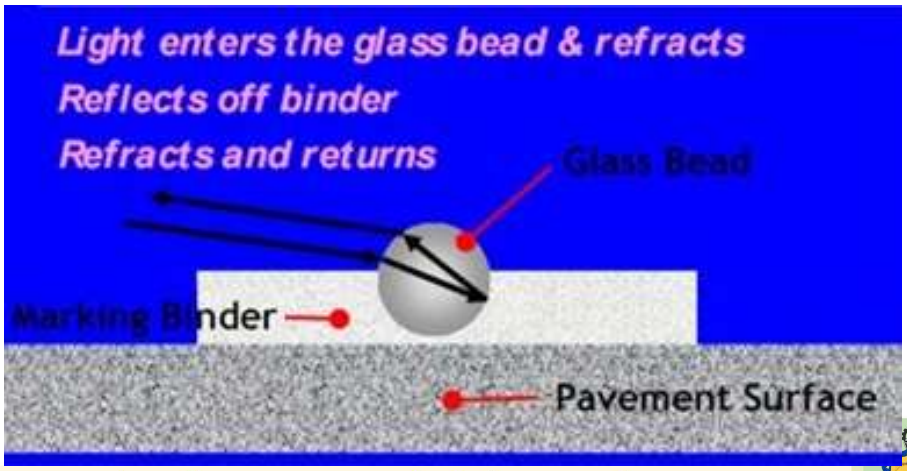
ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างภายใต้การส่องสว่างแบบกระจาย (Luminance Coefficient Under Diffuse Illumination; Q_d)

Q_d เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความส่องสว่าง (L; $cd \cdot m^{-2}$) ของพื้นผิว กับค่าความสว่าง (E, lx) ที่ตกกระทบบนพื้นผิวนั้นภายใต้สภาวะแสงที่กระจายตัว มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตรต่อลักซ์ ($cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$) ใช้สำหรับวัดความสามารถของพื้นผิวในการสะท้อนแสงแบบกระจายออกมาในทิศทางที่ผู้สังเกตมองเห็น บ่งบอกว่าพื้นผิวหรือวัสดุนั้น ๆ มีความสว่าง (Brightness) มากน้อยเพียงใด

Night-time Visibility

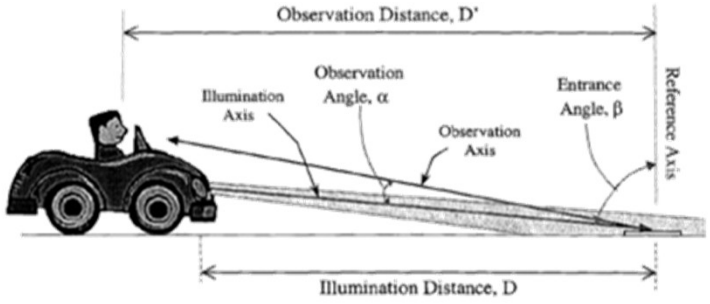
ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างสะท้อนกลับ (Coefficient of Retroreflected Luminance; R_L)
หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า *ค่าการสะท้อนแสง (Retroreflectivity)*

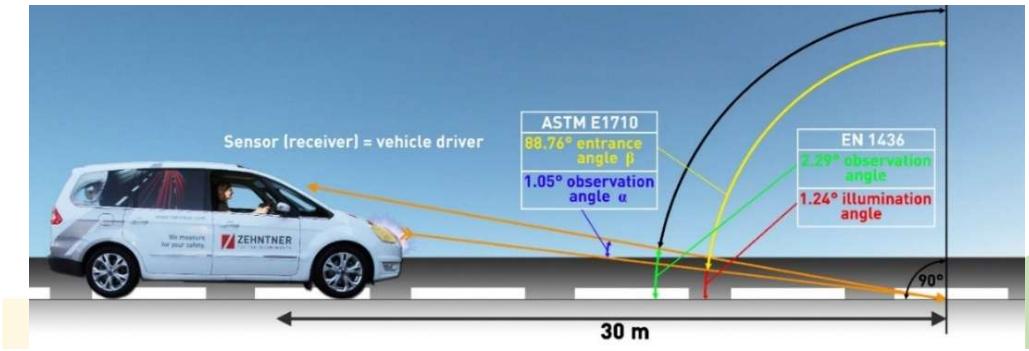
R_L เป็น อัตราส่วนระหว่างค่าความส่องสว่าง (L) ของพื้นผิวที่สะท้อนแสงในทิศทางของผู้สังเกต ต่อความสว่าง (Normal Illuminance, E⊥) ที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวนั้นในแนวตั้งฉาก หน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตรต่อลักซ์ ($cd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$) ใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพการมองเห็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทางในเวลากลางคืน โดยค่า R_L สูง หมายความว่า วัสดุนั้นสะท้อนแสงกลับไปหาคนขับได้ดี ทำให้มองเห็นป้ายหรือเส้นถนนได้ชัดเจนขึ้น แม้ในสภาพแวดล้อมที่มืด



แบบจำลองเรขาคณิตการมองเห็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทางในเวลากลางคืน

- การวัดค่าการมองเห็นเส้นจราจรในเวลากลางคืน จะกระทำโดยการสร้างแบบจำลองที่มีแหล่งกำเนิดแสงภายใน จากนั้นกำหนดค่ามุม β, มุม α , ระยะ D, ระยะ D', ระดับความสูงของสายตา และระดับความสูงของไฟหน้ารถยนต์ ให้สอดคล้องกับความเป็นจริง แล้วทำการวัดในแบบจำลอง ซึ่งอุปกรณ์นี้เรียกว่า ***เครื่องวัดการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (Retroreflectometer)*** โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์นี้ใช้ *เรขาคณิตการมองเห็นที่ระยะ 15 ม. (15-Meter Geometry)* โดยระยะ 15 ม. หมายถึง ระยะการมองเห็นในแนวราบจากตาผู้ขับขี่ไปยังวัตถุสะท้อนแสงที่กำลังทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับมุมการสังเกตและมุมแสงตกกระทบเท่ากับ 1.5° และ 86.5° ตามลำดับ
- ค.ศ. 1997 คณะกรรมการมาตรฐานแห่งยุโรป ได้กำหนด ***มาตรฐานแบบจำลองเรขาคณิตการมองเห็นที่ระยะ 30 ม.*** (***Standard 30-Meter Geometry*** ตามมาตรฐาน ***EN 1436***) และต่อมา ASTM ได้ประกาศใช้ใน ***ASTM E 1710*** โดยแบบจำลองเรขาคณิตการมองเห็นที่ระยะ 30 เมตร สอดคล้องกับมุมวัดแสง 1.05° และมุมแสงตกกระทบ 88.76° ที่ระดับความสูงของไฟหน้ารถและระดับสายตาผู้ขับขี่ที่ 0.65 และ 1.2 ม. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการออกแบบของ AASHTO ที่กำหนดความสูงของไฟหน้าและระดับสายตาไว้ที่ 0.6 และ 1.07 เมตร ตามลำดับ และงานวิจัย FHWA ระบุว่า การใช้ระยะการสังเกต 30 ม. ใกล้เคียงกับมุมมองของผู้ขับขี่ที่มีต่อพื้นผิวถนน ด้วยเหตุนี้ จึงถือว่า 30-Meter Geometry เป็นระยะการมองเห็นที่สมจริงมากกว่า 15-Meter Geometry





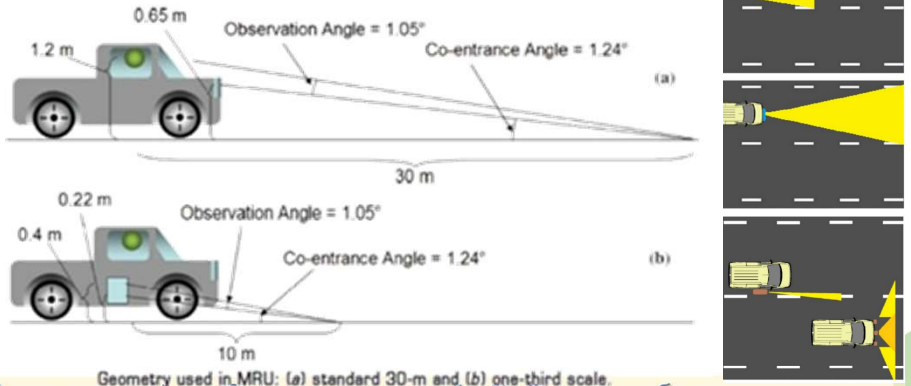
การวัดการมองเห็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทางในเวลากลางคืน

การวัดค่าแบบเฉพาะจุด (กรมทางหลวง)

- ใช้เครื่อง Photometer หรือ Retroreflectometer เป็นเครื่องมือที่มี Geometry ของการวัดที่ระยะ 30 เมตร (R_{L30}) กำหนดให้มุมวัดแสง 1.05 องศา และมุมแสงตกกระทบ 88.76 องศา และมีคุณลักษณะตาม ASTM E 1710
- การทดสอบเพื่อใช้ผลในการตรวจรับงาน ให้คณะกรรมการตรวจการจ้างเลือกบริเวณตัวอย่างในปริมาณงานไม่เกิน 100 ตารางเมตร ต่อ 1 ตัวอย่าง การทดสอบในแต่ละตัวอย่างให้อ่านค่าจากเครื่องวัดการสะท้อนแสง หรือจากเครื่องวัดแฟคเตอร์การสะท้อนแสง จำนวน 10 ตำแหน่ง อย่างน้อย 3 ค่า
- บันทึกค่าที่อ่านได้ และย้ายไปวัดที่ตำแหน่งอื่น ที่เป็นชุดของตัวอย่างเดียวกัน (Same sample set) จำนวน 10 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งอย่างน้อย 3 ค่า ในบริเวณที่วัด

การวัดค่าแบบต่อเนื่อง

- ใช้เครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer หรือ Mobile Retroreflectometer Unit (MRU) ซึ่งเป็นการนำอุปกรณ์ที่สามารถส่งลำแสงเลเซอร์ไปยังเครื่องหมายบนพื้นผิวแล้วสแกนการสะท้อนแสงย้อนกลับมาพร้อมบันทึกค่าการสะท้อนแสงของเครื่องหมายที่ตรวจพบแบบอัตโนมัติ มาติดตั้งบนรถยนต์ที่มีระบบสนับสนุน ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ควบคุมการวัด เครื่องมือวัดระยะทาง (DMI) และ GPS สำหรับใช้ตรวจวัดคุณภาพการสะท้อนแสงของเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่องในขณะรถวิ่ง



Geometry used in MRU: (a) standard 30-m and (b) one-third scale.

เกณฑ์งานค่าสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางของกรมทางหลวง

เกณฑ์กำหนดคุณลักษณะเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง

เกณฑ์กำหนดคุณลักษณะเครื่องหมายจราจร

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์กำหนดคุณลักษณะเครื่องหมายจราจร

รายการที่กำหนด	สีจราจร	วัสดุเทอร์โมพลาสติก
1. วัสดุ		
1.1 ข้อกำหนด	มอก. 415-2551*	มอก. 542-2549*
1.2 การใช้งาน	พ่น	พ่น รีด หรือปาดลาก
2. ตรวจสอบคุณลักษณะขณะทำงาน		
2.1 ความหนาเมื่อแห้ง, มิลลิเมตร		
วิธีพ่น	≥ 0.2	≥ 2.0
วิธีรีดหรือปาดลาก	-	≥ 3.0
2.2 อัตราการใช้ลูกแก้ว (โรยจากเครื่อง) , กรัมต่อตารางเมตร	≥ 400	≥ 400
3. ตรวจสอบคุณลักษณะเมื่อตรวจรับงาน		
3.1 ความหนาเมื่อแห้ง, มิลลิเมตร		
วิธีพ่น	≥ 0.2	≥ 2.0
วิธีรีด หรือปาดลาก	-	≥ 3.0
3.2 สี (Color)		
สีขาว	-	ดัชนีความเหลือง 0-0.1
สีเหลือง	ใกล้เคียงกับ Highway Yellow # 33538	ใกล้เคียงกับ Highway Yellow # 13538
สีแดง	# 31136	-
สีเขียว	# 34138	-
สีน้ำเงิน	# 35180	-
สีดำ	# 37038	-
3.3 การสะท้อนแสง เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดที่มี geometry ของการวัดที่ ระยะ 30 เมตร		
3.3.1 การมองเห็นในเวลากลางวัน		
(1) การสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง (Diffuse Illumination : Q_{d30}), mcd·lx^{-1}·m^{-2}		
สีขาว	≥ 130	≥ 130
สีเหลือง	≥ 100	≥ 100
3.3.2 การมองเห็นในเวลากลางคืน		
(1) การสะท้อนแสง (Retroreflectivity : R_{L30}), mcd·lx^{-1}·m^{-2}		
สีขาว	≥ 200	≥ 200
สีเหลือง	≥ 130	≥ 130
4. ตรวจสอบคุณลักษณะหลังใช้งาน (ระยะเวลาประกัน)	6 เดือน 1 ครั้ง, 12 เดือน 1 ครั้ง	12 เดือน 1 ครั้ง, 24 เดือน 1 ครั้ง
4.1 สี (Color)		
สีขาว	-	ดัชนีความเหลือง 0-0.1
สีเหลือง	ใกล้เคียงกับ Highway Yellow # 33538	ใกล้เคียงกับ Highway Yellow # 13538
สีแดง	# 31136	-
สีเขียว	# 34138	-
สีน้ำเงิน	# 35180	-
สีดำ	# 37038	-
4.2 การสะท้อนแสง เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดที่มี geometry ของการวัดที่ ระยะ 30 เมตร		
4.2.1 การมองเห็นในเวลากลางวัน		
(1) การสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง (Diffuse Illumination : Q_{d30}), mcd·lx^{-1}·m^{-2}		
สีขาว	≥ 65	≥ 65
สีเหลือง	≥ 50	≥ 50
4.2.2 การมองเห็นในเวลากลางคืน		
(1) การสะท้อนแสง (Retroreflectivity : R_{L30}), mcd·lx^{-1}·m^{-2}		
สีขาว	≥ 100	≥ 100
สีเหลือง	≥ 65	≥ 65
5. ระยะเวลาประกัน	12 เดือน	24 เดือน

* กรณีมีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ให้แก้ไขเป็นปัจจุบันตามบัญชีคู่มือผู้ซื้อหรือในแหกคู่มือที่กระทรวงอุตสาหกรรมจัดขึ้น

หน้าที่ 1/3

ออกฉบับปรับปรุง วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568

เกณฑ์การตรวจรับงาน

รายการ	สีจราจร/ วัสดุเทอร์โมพลาสติก	Q_{d30}	R_{L30}
ตรวจรับงานครั้งแรก	ขาว	≥ 130	≥ 200
	เหลือง	≥ 100	≥ 130
อายุรับประกัน (สีจราจร 12 เดือน) (เทอร์โมพลาสติก 24 เดือน)	ขาว	≥ 65	≥ 100
	เหลือง	≥ 50	≥ 65

เกณฑ์ที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร

- **Florida Department of Transportation (FDOT)** ได้ระบุเกณฑ์การทดสอบความสามารถในการทวนซ้ำได้ ไว้ดังนี้ **"*Repeatability*** – The results of two properly conducted retroreflectivity tests using the same MRU (Mobile Retroreflectometer Unit) on the same pavement marking test section must not differ by more than 10.0% at a 95 percent confidence level."

- **FDOT** ได้ระบุเกณฑ์การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ ไว้ดังนี้ **"*Reproducibility*** – The results of two properly conducted retroreflectivity tests using different MRUs on the same pavement marking test section must not differ by more than 15.0% at a 95 percent confidence level."

- **Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen; BASt)** ยอมให้เครื่องหมายจราจรบนถนนและอุปกรณ์วัดมีความคลาดเคลื่อนได้ ±7.5% ไม่น้อยกว่า 95% จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกันทั้งหมด

- **Texas Department of Transportation (TxDOT)** ยอมให้ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดแบบเคลื่อนที่ตลอดช่วงการสอบเทียบอยู่ในช่วง ±15.0% จากค่าการสะท้อนแสงย้อนกลับของเครื่องวัดแบบพกพา



- **การทดสอบโดยใช้สถิติ T–Test**

สมมติฐานว่าง ; $H_o : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$

สมมติฐานทางเลือก ; $H_a : \mu_{Measure\ 1} \neq \mu_{Measure\ 2}$

เกณฑ์การตัดสินใจทางสถิติ ได้แก่

ปฏิเสธ H_o เมื่อค่าการตัดสินใจทางสถิติ (p-value) มีค่าน้อยกว่าค่า α (α = 0.05) แล้ว *ยอมรับ* H_a ว่า ผลการทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α

ไม่สามารถปฏิเสธ H_o เมื่อค่า p-value $\geq \alpha$ หมายความว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะบอกว่าผลการทดสอบมีความแตกต่าง

พื้นที่ศึกษา - เส้นจราจรใหม่ (เปิดใช้งานไม่เกิน 6 เดือน)

พื้นที่ราบ

- เส้นทึบ



เส้นทึบสีขาว กม.32+300 – 32+840 LT. ทล.230 และ
เส้นทึบสีเหลือง กม.30+900 – 33+650 LT. ทล.230

- เส้นประ



เส้นเส้นประสีขาว กว้าง 15 ซม. ยาว 3 ม. ช่องห่าง 9 ม.
กม.1+550 – 1+910 LT. ทล.229 ตอน บ้านไผ่ – มัญจาคีรี

พื้นที่ภูเขา

- เส้นทึบ



เส้นทึบสีขาว กม.481+805 – 482+125 RT.
ทล.101 ตอน ปัว – ปางหก

- เส้นประ



เส้นเส้นประสีขาว กว้าง 20 ซม. ยาว 2 ม. ช่องห่าง 4 ม.
กม.488+150 – 488+342 LT. ทล.101 ตอน ปางหก – จุดผ่านแดน
ถาวรห้วยโก๋น/น้ำเงิน (เขตแดนไทย/ลาว)

พื้นที่ศึกษา - เส้นจราจรเก่า (เปิดใช้งานเกิน 1 ปี)

พื้นที่ราบ

- เส้นทึบ





เส้นทึบสีเหลือง กม.629+340 – 629+670 LT. ทล.12 ตอน ลำน้ำพาน – บ้านหลุบ

- เส้นประ



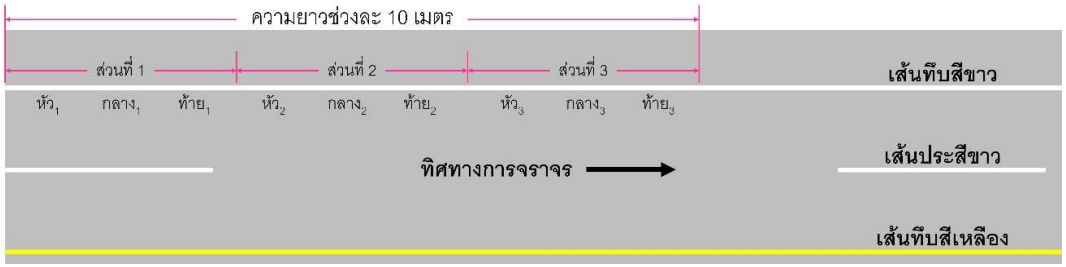


เส้นเส้นประสีขาว กว้าง 15 ซม. ยาว 3 ม. ช่องห่าง 9 ม. กม.629+240 – 629+660 LT. ทล.12 ตอน ลำน้ำพาน – บ้านหลุบ

การกำหนดเส้นจราจรฐาน (Baseline) สำหรับใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือ

เส้นทึบเดี่ยว (Single Solid Line)

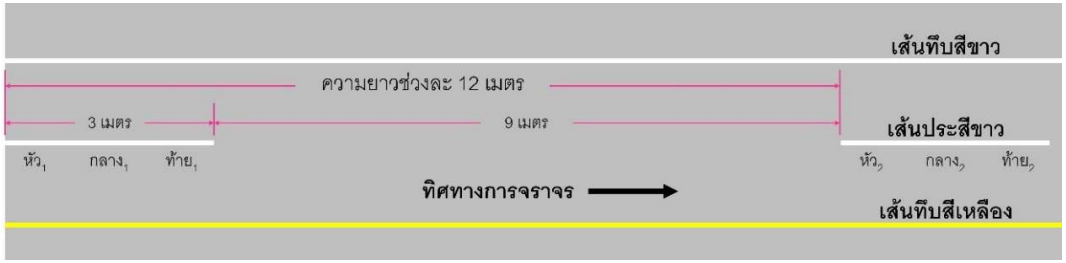
ควรมีความยาวต่อเนื่อง 300 ม. ขึ้นไป





เส้นประ (Broken Line)

ควรมีระยะทาง 360 ม. ขึ้นไป



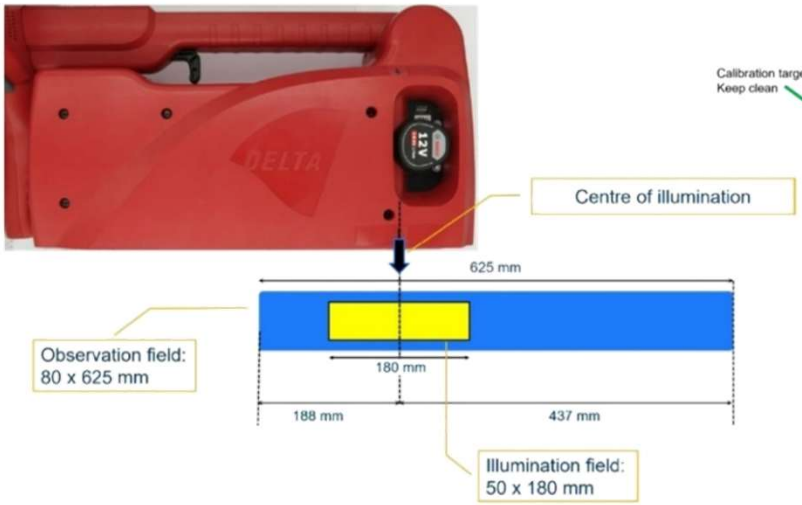


การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบเฉพาะจุด

เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงแบบพกพาที่ใช้ในการสอบเทียบ

- *Delta LTL 3500 Retroreflectometer*

  ใช้วัดค่า R_L และ Q_d ได้อย่างรวดเร็ว (น้อยกว่า 1 วินาที) วัดได้ทั้งบนถนนแห้ง ถนนเปียก และฝนตกต่อเนื่อง ตามมาตรฐาน EN 1436 และ ASTM E1710 (30-Meter Geometry) มีขนาดกะทัดรัด (น้ำหนัก 5.6 กก.)



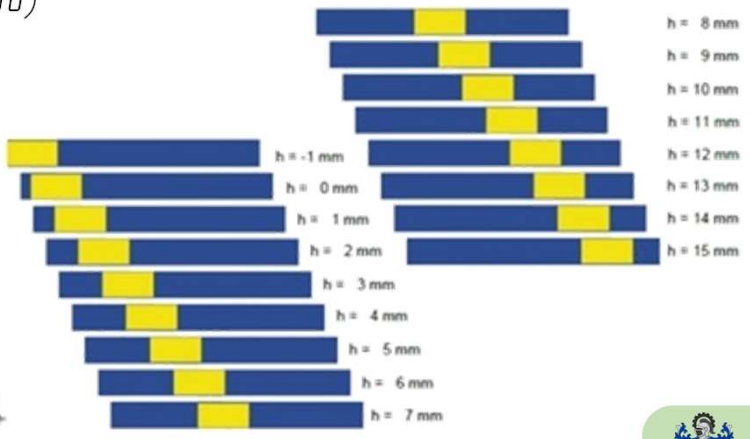


RL calibration target.

- *Zehntner ZRM 6010 Retroreflectometer RL*

  ใช้วัดค่า R_L ทั้งบนถนนแห้ง ถนนเปียก และฝนตกต่อเนื่อง ตามมาตรฐาน EN 1436 และ ASTM E1710 (30-Meter Geometry) มีพื้นที่การวัดขนาด 52 มม. x 489 มม. และขอบเขตการส่องสว่าง 50 มม. x 100 มม. *(เป็นเครื่องมือของส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ)*





การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบเฉพาะจุด

เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงแบบพกพา Delta LTL 3500 Retroreflectometer

ได้รับความอนุเคราะห์จาก สทล.7 (ขอนแก่น), สทล.8 (มหาสารคาม) และ สทล.2 (แพร่) ให้ยืมเครื่องมือว Delta รุ่น LTL 3500 พร้อมทั้งร่วมในการวัดค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรด้วยเครื่องมือวัดแบบพกพา สำหรับใช้เป็นเส้นจราจรฐานในการสอบเทียบเครื่องมือแบบเคลื่อนที่

สทล.7





สทล.2

สทล.8





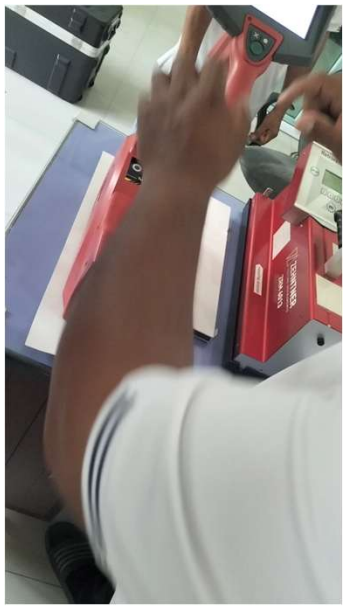
การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบเฉพาะจุด

ศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงแบบพกพา Delta LTL 3500 Retroreflectometer

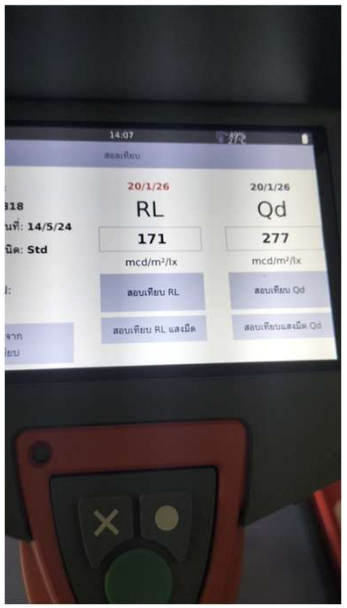
1



2



3



4



5 ศึกษาการใช้งานในสนาม



การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบเฉพาะจุด

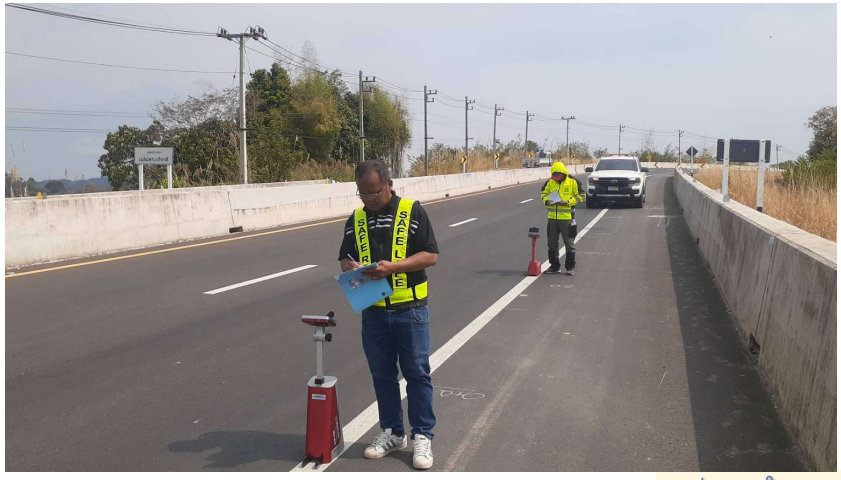
วัดค่า R_{L30} ในสนาม

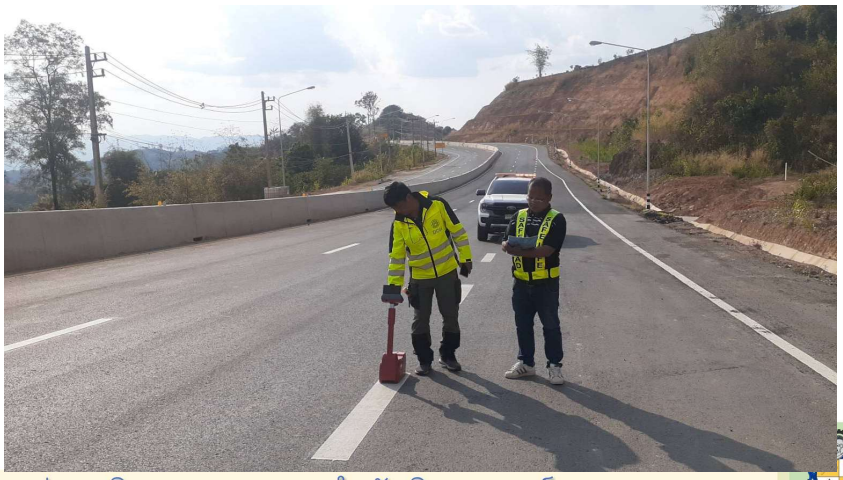
- ทล.12





- ทล.101

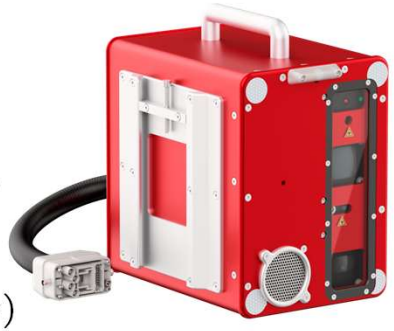




การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงแบบเคลื่อนที่

Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020





- ใช้วัดค่าการมองเห็นเครื่องหมายจราจรบนผิวทางในเวลากลางคืน (Night Visibility RL)
- มาตรฐาน EN 1436 และ ASTM E 1710 (30-Meter Geometry)
- ติดตั้งอยู่บนยานพาหนะ วัดค่าแบบไดนามิกได้ 300 ครั้ง/วินาที
- พื้นที่การวัด กว้าง 1.00 ม. ยาว 0.88 ม.
- ระยะการวัด 6 ม. (มาตราส่วนย่อ 1:5)
- ความเร็วสูงสุดในการวัด 150 กม./ชม.
- จำนวนครั้งในการวัดค่า 12 ครั้ง/ 1 ม. ที่ความเร็ว 90 กม./ชม.
- วัดได้พร้อมกัน 3 เส้นจราจร บนหน้ากว้าง 1 ม.
- มีการวัดค่าแบบเหลื่อมพื้นที่กัน ทำให้ค่าที่วัดได้ต่อเนื่องกัน สามารถแสดงผลเป็นกราฟแท่งค่า RL ที่วัดได้ในทันที
- บันทึกผลเป็นไฟล์ Microsoft Excel





การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

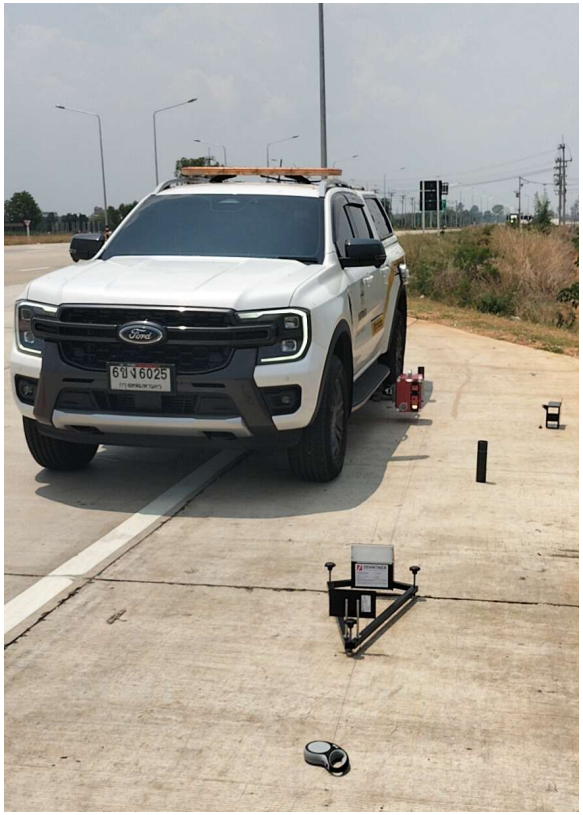
การสอบเทียบเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงแบบเคลื่อนที่

Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020

- เพื่อให้เครื่องวัดมีมุมวัดและระยะวัดถูกต้องตาม Standard 30-Meter Geometry
- ตำแหน่งที่เหมาะสม คือ พื้นผิวเรียบบนทางราบ
- เมื่อทำการวัดในเวลากลางวัน เครื่องวัดต้องได้รับการสอบเทียบในเวลากลางวัน และเมื่อทำการวัดในเวลากลางคืน เครื่องวัดต้องได้รับการสอบเทียบในเวลากลางคืน
- ควรดำเนินการอย่างน้อยทุก ๆ สี่ชั่วโมงของการใช้งาน เนื่องจากรูปทรงเรขาคณิตของการวัดอาจผิดเพี้ยนไป ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากน้ำหนักบรรทุกของรถทดสอบ และการกระจายน้ำหนักภายในรถมีการเปลี่ยนแปลงไป

1





2

การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

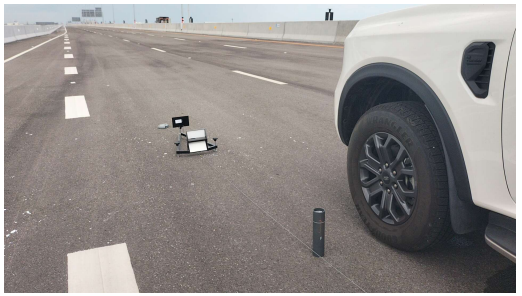
การสอบเทียบเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020



1



2



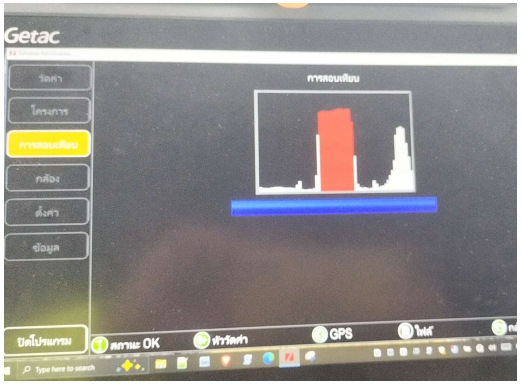
3



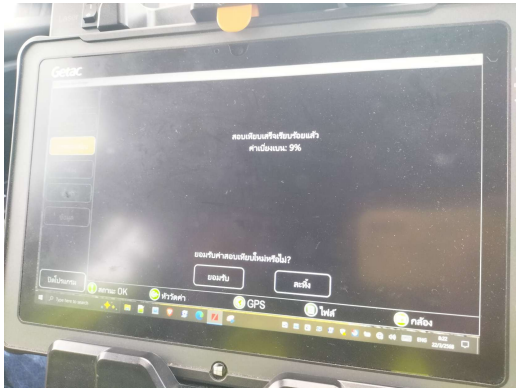
4



5



6



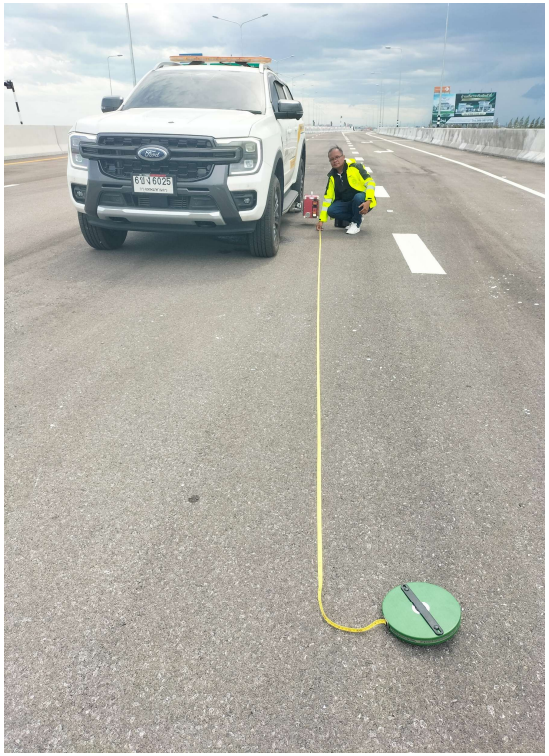
7



8

การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

การสอบเทียบเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020



9



10



11



12

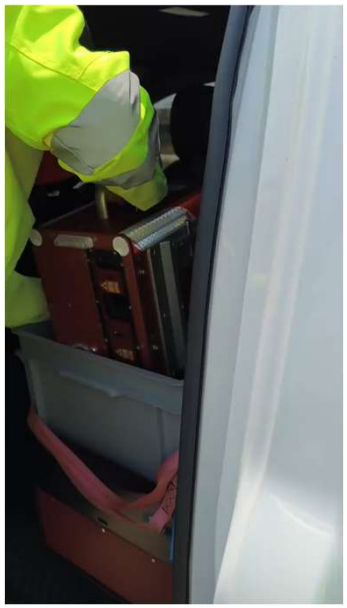
การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

การสอบเทียบเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020

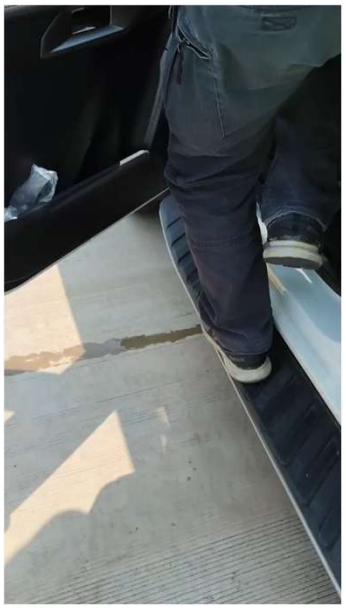
1



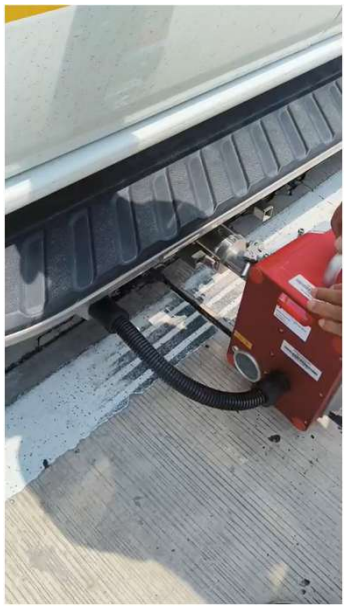
2



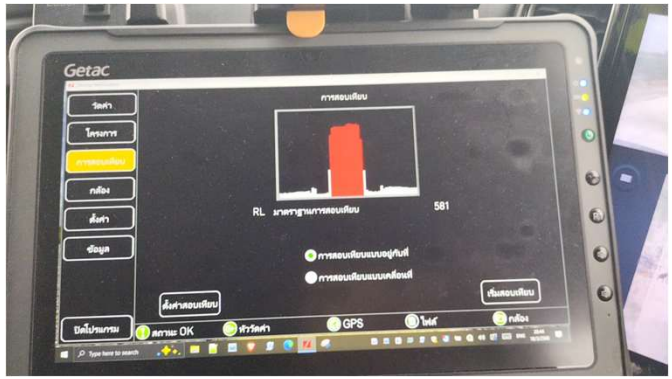
3



4



5



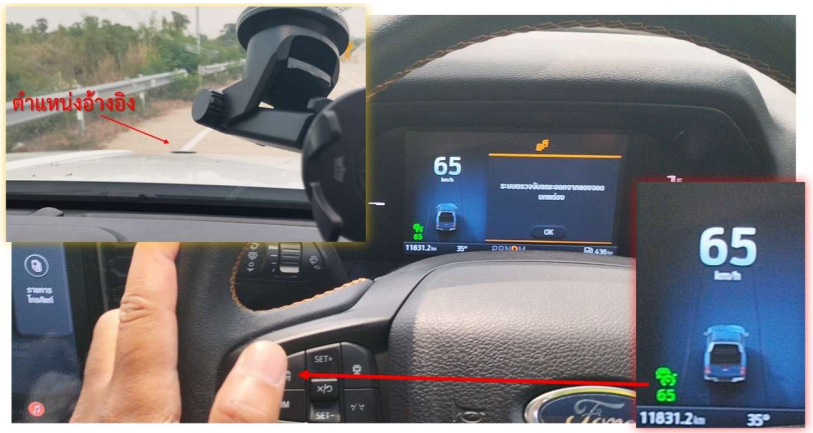
6

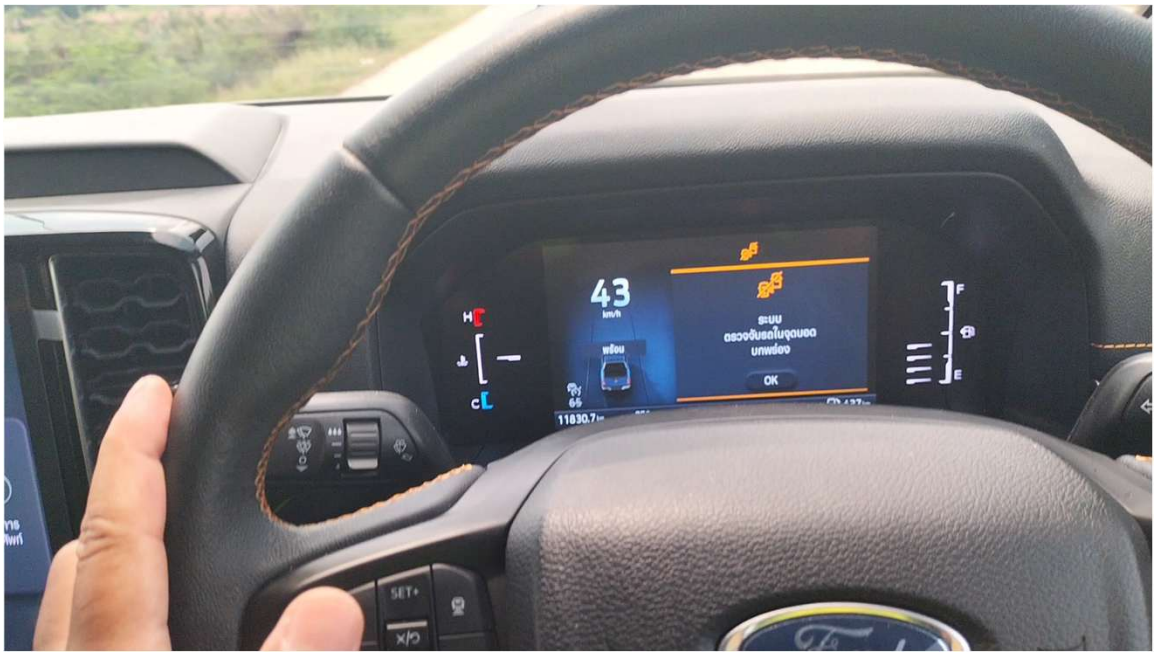


การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

ศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020







การวัดค่าการสะท้อนแสงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางแบบต่อเนื่อง

- การวัดค่า R_{L30} ในสนามด้วยเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020

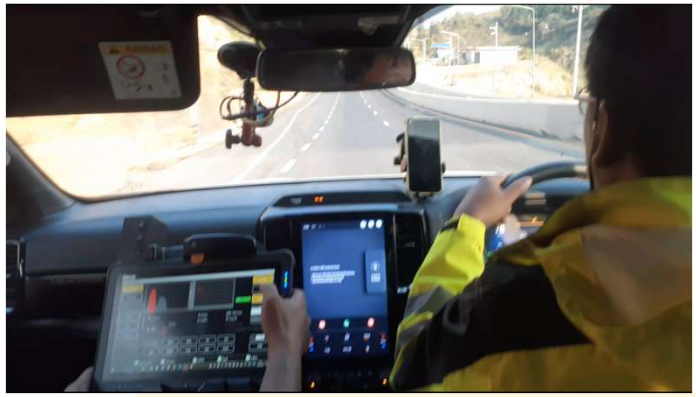
ทล.290

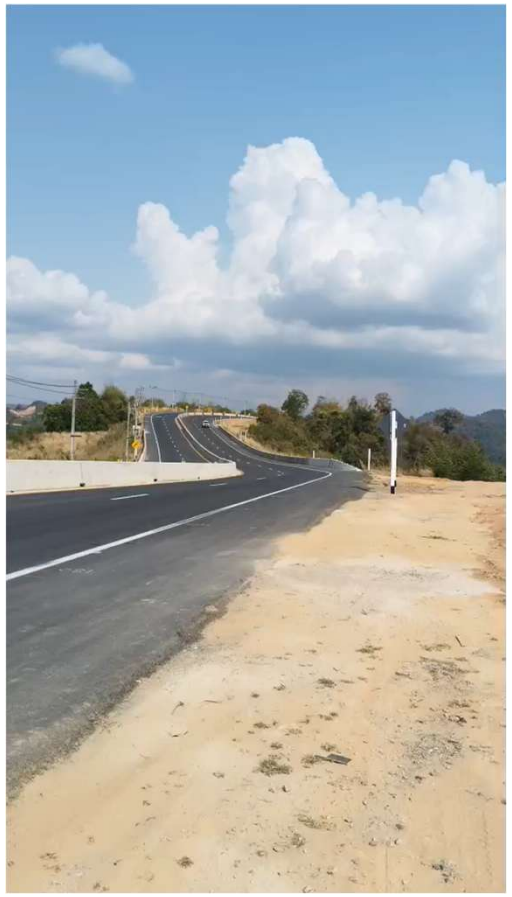




ทล.101



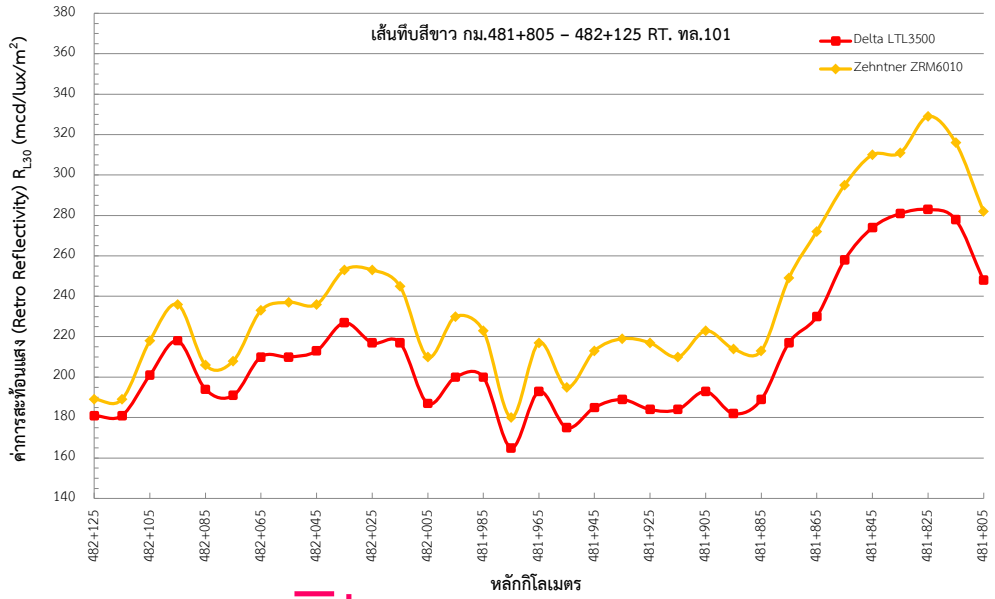




ทล.101

การสอบเทียบผลการวัดค่าการสะท้อนแสงของเครื่องมือวัดแบบพกพา

เส้นจราจรใหม่ (เส้นทึบ)



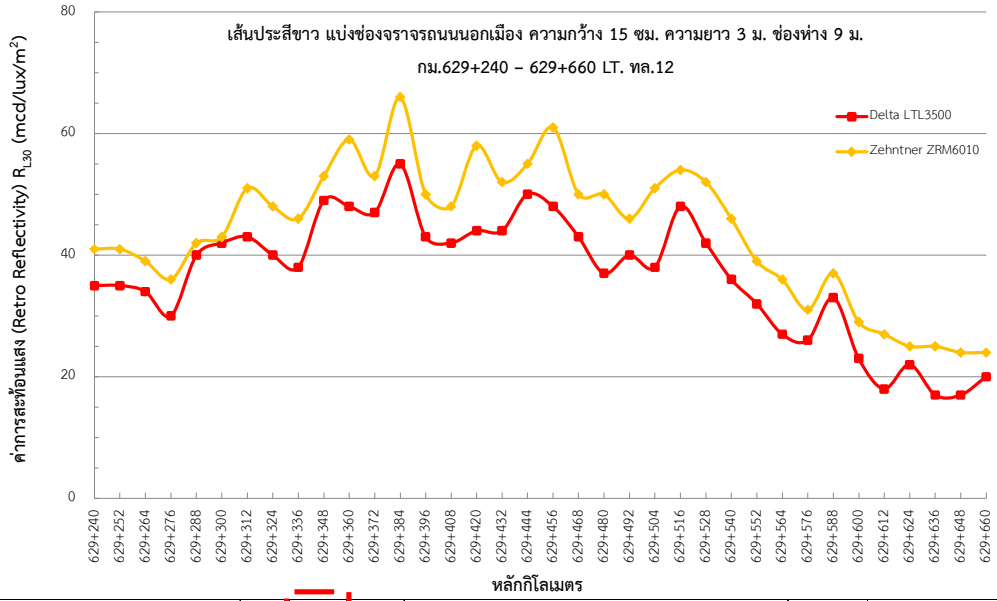
Portable Retroreflectometer Solid White Line, Rd.101 km.481+805 - 482+125 RT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	FDOT $H_0 : \mu \leq 15$ (α = 0.05) One Samples T-Test *p-value*	Decision
■ Delta LTL 3500	212	12.7	6.0	< 0.001	Reject H_0	0.004	Reject H_0	-27.10	0.986	1.000	Accept H_0
■ Zehntner ZRM 6010	239										



- ค่า R_{L30} ที่วัดด้วยเครื่องมือ Zehntner ZRM 6010 กับ Delta LTL 3500 มีค่าเท่ากับ 239 mcd/lux/m² และ 212 mcd/lux/m² ตามลำดับ มากกว่า 200 mcd/lux/m² ซึ่งเป็นเกณฑ์ตรวจรับงานเส้นจราจรสีขาวครั้งแรกของกรมทางหลวง
- ค่าแตกต่างเท่ากับ 12.7% ไม่เกิน 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ FDOT

การสอบเทียบผลการวัดค่าการสะท้อนแสงของเครื่องมือวัดแบบพกพา

เส้นจราจรเก่า (เส้นประ)





- ค่า R_{L30} ทั้งที่วัดได้จาก Zehntner ZRM 6010 และ Delta LTL 3500 มีค่าน้อยกว่า 100 mcd/lux/m² ซึ่งเป็นเกณฑ์ตรวจรับงานเส้นจราจรสีขาวของสีจราจรที่ 12 เดือน และวัสดุเทอร์โมพลาสติกที่ 24 เดือน ของกรมทางหลวง
- ค่าแตกต่างเท่ากับ 18.9% สูงกว่า 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ FDOT

Portable Retroreflectometer Broken White Line, Rd.12 km.629+240 - 629+660 LT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	FDOT $H_0 : \mu \leq 15$ (α = 0.05) One Samples T-Test *p-value*	Decision
■ Delta LTL 3500	37	18.9	8.6	< 0.001	Reject H_0	0.006	Reject H_0	-7.31	0.962	0.006	Reject H_0
■ Zehntner ZRM 6010	44										

การสอบเทียบผลการวัดค่าการสะท้อนแสงของเครื่องมือวัดแบบพกพา

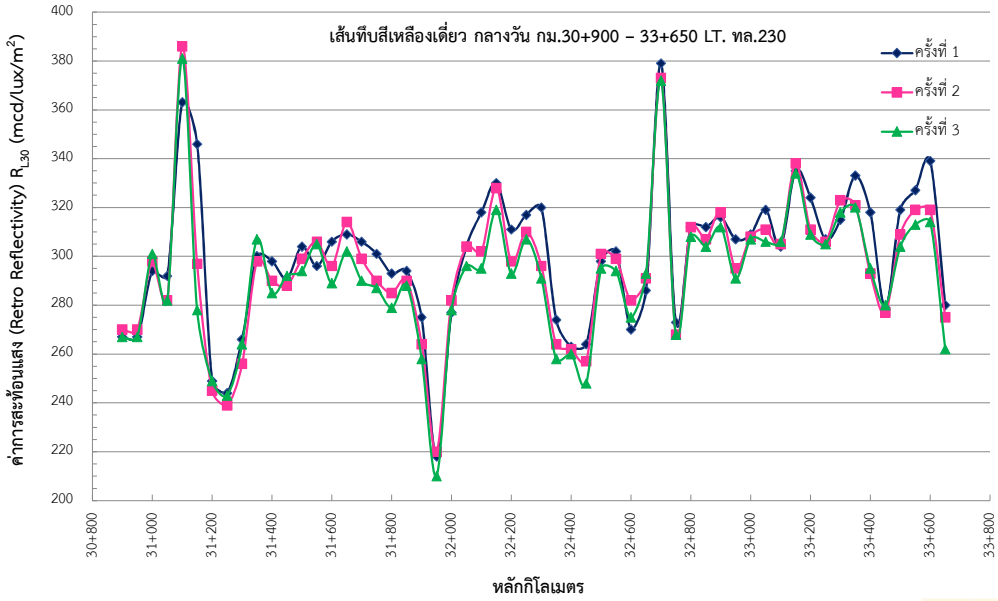
วิเคราะห์ผลการสอบเทียบผลการวัดค่าการสะท้อนแสงของเครื่องมือวัดแบบพกพา กรณีเส้นจราจรเก่า

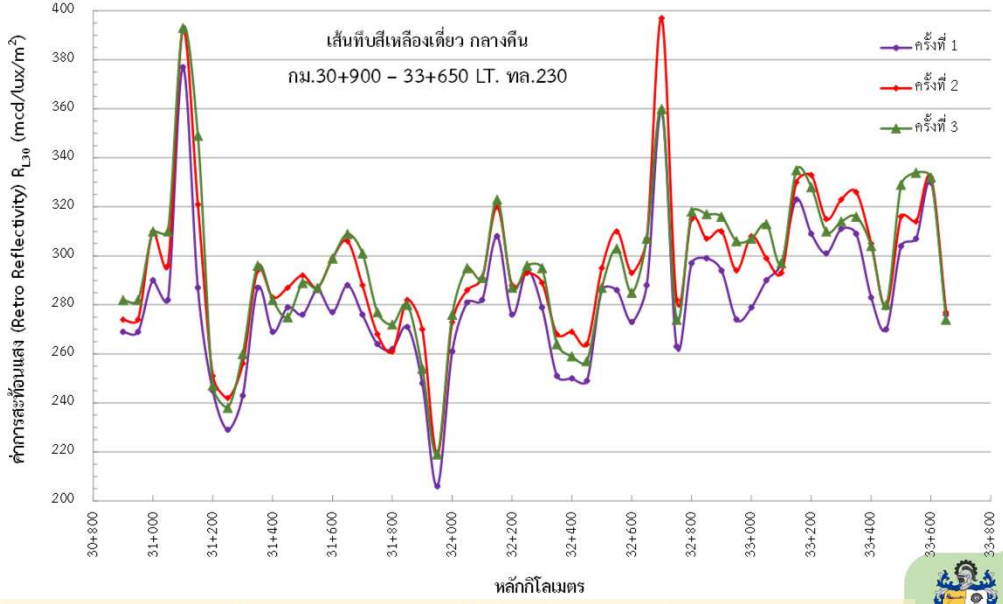
- ค่าแตกต่างที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมให้ของ FDOT ในการทดสอบครั้งนี้ เป็นผลมาจากการเลือกตำแหน่งวางเครื่องมือทดสอบของผู้ทดสอบแต่ละคนที่มีประสบการณ์ในการทดสอบไม่เท่ากัน โดยเฉพาะยิ่งเมื่อทำการทดสอบบน เส้นจราจรเก่าซึ่งมีค่า R_{L30} ต่ำ
- เนื่องจากเครื่องมือวัดแบบพกพามีช่วงการวัดที่แคบตามขนาดของเครื่องมือการใช้วัดค่าการสะท้อนแสงตลอดความกว้างและความยาวทั้งหมดของเส้นจราจรจึงกระทำได้ยาก ทำได้เพียงใช้จุดทดสอบจำนวนมากเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุมตลอดทั้งช่วงถนนที่ทดสอบ
- การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์แบบพกพาน้อยกว่าหนึ่งเซนติเมตรในทิศทางใด ๆ บนเส้นจราจร อาจนำไปสู่การวัดที่แตกต่างกันอย่างมาก นอกจากนี้ ช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์ยังสามารถค้นหาพื้นที่ที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงหรือต่ำได้ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อผลการวัด ดังนั้น การพิจารณาผลลัพธ์ของเครื่องมือวัดแบบพกพาว่าเป็นค่า "จริง" จึงเป็นเพียงค่าประมาณของความเป็นจริงเท่านั้น



การทดสอบความสามารถในการทวนซ้ำได้ (Repeatability) ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

- *Repeatability* เป็นการวัดความแม่นยำ (Precision) ของเครื่องมือ โดยตรวจสอบว่าผลการวัดค่าเดิมซ้ำ ๆ หลายครั้ง ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน (ผู้ใช้เดิม เครื่องมือเดิม สภาพแวดล้อมเดิม และเวลาที่ใกล้เคียงกัน) ได้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด
- *FDOT* ระบุเกณฑ์การทดสอบไว้ดังนี้ “Repeatability – The results of two properly conducted retroreflectivity tests using the same MRU (Mobile Retroreflectometer Unit) on the same pavement marking test section must not differ by more than 10.0% at a 95 percent confidence level.”





การทดสอบความสามารถในการทวนซ้ำได้ (Repeatability) ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

- การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ การทดสอบความสามารถในการทวนซ้ำได้ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ด้วยโปรแกรม Jamovi

Descriptives

Descriptives

	D - Test 1	D - Test 2	D - Test 3	N - Test 1	N - Test 2	N - Test 3	D - Avg.	N - Avg.
N	55	55	55	55	55	55	55	55
Mean	301	296	292	283	296	297	296	292
Median	304	298	294	282	293	296	299	291
Standard deviation	28.5	28.2	28.0	28.2	30.2	30.3	27.7	29.0
Shapiro-Wilk W	0.979	0.946	0.937	0.947	0.931	0.983	0.944	0.956
Shapiro-Wilk p	0.462	0.016	0.006	0.017	0.003	0.604	0.013	0.042

Paired Samples T-Test

Paired Samples T-Test

			statistic	df	p	Mean difference	SE difference
D - Test 1	D - Test 2	Student's t	3.60	54.0	<.001	5.04	1.40
Note. H_a $\mu_{Measure\ 1 - Measure\ 2} \neq 0$							
D - Test 1	D - Test 3	Student's t	5.11	54.0	<.001	8.58	1.68
Note. H_a $\mu_{Measure\ 1 - Measure\ 3} \neq 0$							
D - Test 2	D - Test 3	Student's t	5.28	54.0	<.001	3.55	0.672
Note. H_a $\mu_{Measure\ 2 - Measure\ 3} \neq 0$							
N - Test 2	N - Test 1	Student's t	11.8	54.0	<.001	13.3	1.12
Note. H_a $\mu_{Measure\ 2 - Measure\ 1} \neq 0$							
N - Test 3	N - Test 1	Student's t	9.73	54.0	<.001	14.0	1.44
Note. H_a $\mu_{Measure\ 3 - Measure\ 1} \neq 0$							
N - Test 3	N - Test 2	Student's t	0.540	54.0	0.591	0.709	1.31
Note. H_a $\mu_{Measure\ 3 - Measure\ 2} \neq 0$							

Independent Samples T-Test

Independent Samples T-Test

		Statistic	df	p	Mean difference	SE difference
D Test 1-2	Student's t	0.932	108	0.353	5.04	5.40
Note. H_a $\mu_{D - Test\ 1} \neq \mu_{D - Test\ 2}$						
D Test 1-3	Student's t	1.59	108	0.114	8.58	5.39
Note. H_a $\mu_{D - Test\ 1} \neq \mu_{D - Test\ 3}$						
D Test 2-3	Student's t	0.661	108	0.510	3.55	5.36
Note. H_a $\mu_{D - Test\ 2} \neq \mu_{D - Test\ 3}$						
N Test 1-2	Student's t	-2.38	108	0.019	-13.3	5.56
Note. H_a $\mu_{N - Test\ 1} \neq \mu_{N - Test\ 2}$						
N Test 1-3	Student's t	-2.50	108	0.014	-14.0	5.58
Note. H_a $\mu_{N - Test\ 1} \neq \mu_{N - Test\ 3}$						
N Test 2-3	Student's t	-0.123	108	0.902	-0.709	5.77
Note. H_a $\mu_{N - Test\ 2} \neq \mu_{N - Test\ 3}$						

One Sample T-Test

One Sample T-Test

		Statistic	df	p	Mean difference
D - % Abs. Diff.	Student's t	-21.5	54.0	1.000	-7.31
N - % Abs. Diff.	Student's t	-10.1	54.0	1.000	-4.15

Note. H_a $\mu > 10$

Assumptions

Homogeneity of Variances Test (Levene's)

	F	df	df2	p
D Test 1-2	0.160	1	108	0.690
D Test 1-3	0.193	1	108	0.662
D Test 2-3	0.00131	1	108	0.971
N Test 1-2	0.201	1	108	0.655
N Test 1-3	0.750	1	108	0.388
N Test 2-3	0.153	1	108	0.696

Note. A low p-value suggests a violation of the assumption of equal variances

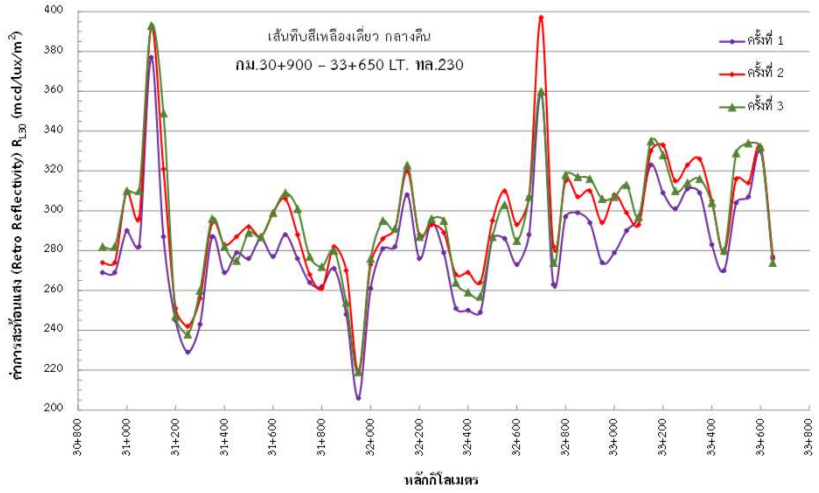
Normality Test (Shapiro-Wilk)

	W	p
D - % Abs. Diff.	0.772	<.001
N - % Abs. Diff.	0.901	<.001

Note. A low p-value suggests a violation of the assumption of normality

การทดสอบความสามารถในการทวนซ้ำได้ (Repeatability) ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

- เนื่องจากการทดสอบ Repeatability ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กระทำในสภาวะการจราจรปกติ ไม่ได้ปิดกั้นการจราจร การควบคุมรถทดสอบให้แล่นซ้ำรอยเส้นทางเดิมที่ความเร็วเท่าเดิม ในทุกรอบการทดสอบจึงกระทำได้ยาก
- จากกราฟจะพบว่า ผลการทดสอบในรอบที่ 1 มีความแตกต่างจากรอบที่ 2 และ 3 มาก ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน โดยมีสาเหตุมาจากในการทดสอบรอบที่ 1 ผู้ขับรถทดสอบยังไม่คุ้นชินเส้นทาง ส่งผลให้ผลการทดสอบรอบที่ 1 แตกต่างไปจากรอบถัด ๆ ไป โดยผลกระทบนี้ ส่งผลต่อการทดสอบในเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน

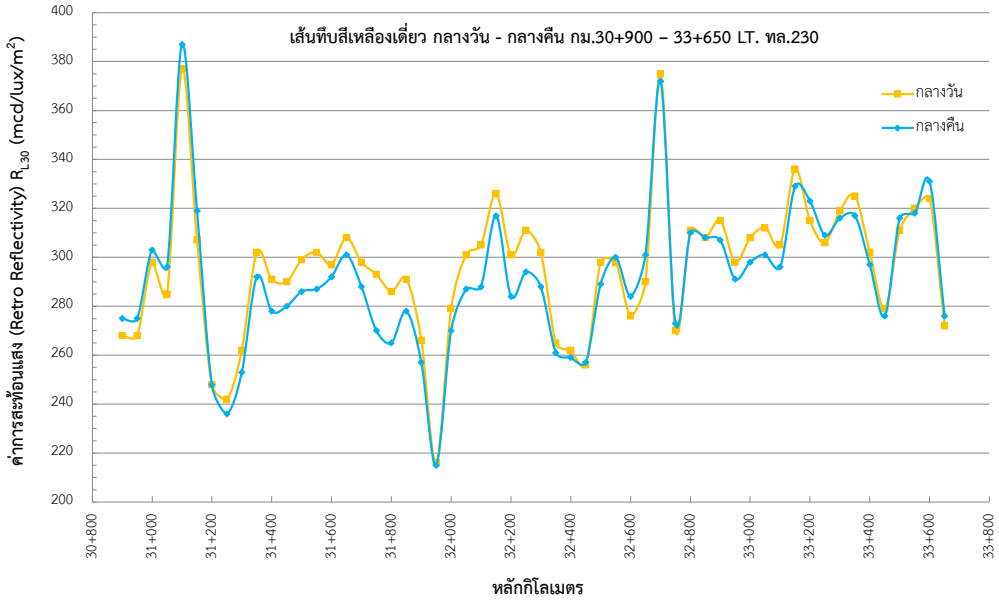


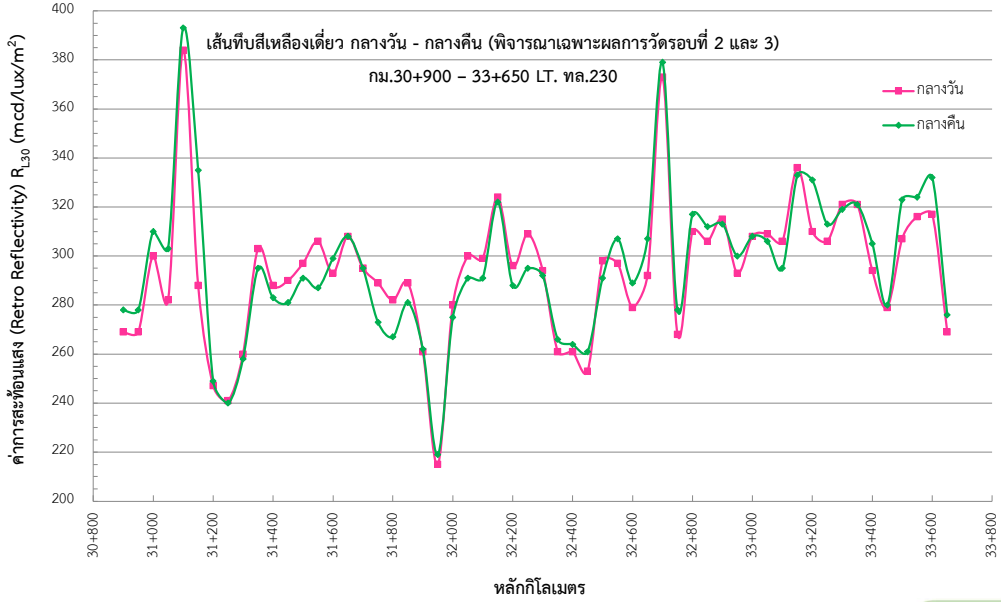
Zehntner ZDR 6020 Single Solid Yellow Line km.30+900 - 33+650 LT. Rd.230	Mean			Standard Deviation		$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$					FDOT	
						Paired Samples T-Test (α = 0.05)		Independent Samples T-Test (α = 0.05)		Mean	$H_0 : \mu \leq 10$ (α = 0.05) One Samples T-Test	
	Mea. 1	Mea. 2	% Diff	Mea. 1	Mea. 2	*p-value*	Decision	*p-value*	Decision	Difference	*p-value*	Decision
Repeatability												
■ D - Test 1, D - Test 2	301	296	1.7	28.5	28.2	< 0.001	Reject H_0	0.353	Accept H_0	5.04		
■ D - Test 1, D - Test 3	301	292	3.1	28.5	28.0	< 0.001	Reject H_0	0.114	Accept H_0	8.58	1.000	Accept H_0
■ D - Test 2, D - Test 3	296	292	1.4	28.2	28.0	< 0.001	Reject H_0	0.510	Accept H_0	3.55		
■ N - Test 1, N - Test 2	283	296	-4.4	28.2	30.2	< 0.001	Reject H_0	0.019	Reject H_0	13.3		
■ N - Test 1, N - Test 3	283	297	-4.7	28.2	30.3	< 0.001	Reject H_0	0.014	Reject H_0	14.0	1.000	Accept H_0
■ N - Test 2, N - Test 3	296	297	-0.3	30.2	30.3	0.591	Accept H_0	0.902	Accept H_0	0.709		

✓ จากผลวิเคราะห์ One Sample T-Test แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 มีความสามารถในการทวนซ้ำได้

การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Reproducibility) ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

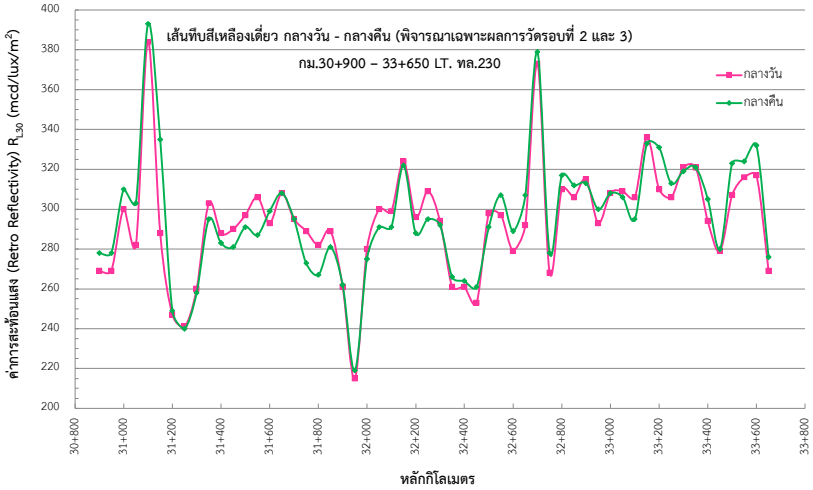
- *Repeatability* เป็นการวัดความใกล้เคียงกันของผลการทดลองหรือการวัดค่าเดียวกัน ที่ทำซ้ำโดยผู้ทดลอง เครื่องมือ สถานที่ หรือเวลาที่ต่างออกไป เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ในระยะยาว ภายใต้เงื่อนไขที่แปรผัน
- *FDOT* ระบุเกณฑ์การทดสอบไว้ดังนี้ “Reproducibility – The results of two properly conducted retroreflectivity tests using different MRUs on the same pavement marking test section must not differ by more than 15.0% at a 95 percent confidence level.”





การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำได้ (Reproducibility) ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

- จากปัญหาผู้ขับรถทดสอบไม่คุ้นชินเส้นทางในการทดสอบรอบที่ 1 และไม่ได้ปิดกั้นการจราจรในขณะทำการทดสอบ จึงไม่นำผลการทดสอบในรอบที่ 1 มาร่วมในการพิจารณาความสามารถในการทำซ้ำได้ของเครื่องมือแบบเคลื่อนที่ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020



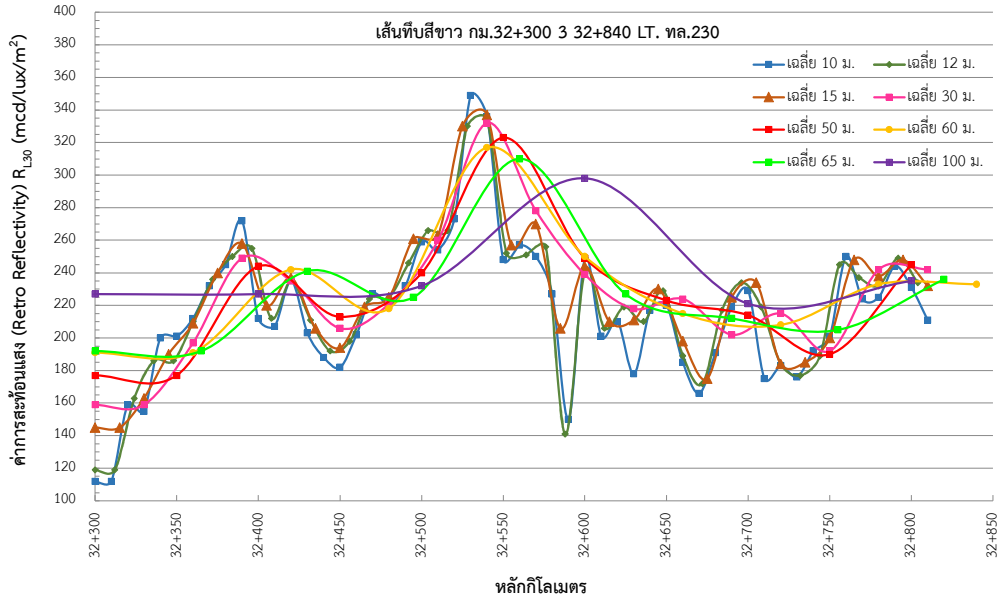
Zehntner ZDR 6020 Single Solid Yellow Line km.30+900 - 33+650 LT. Rd.230	Mean			$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$					FDOT	
				Paired Samples T-Test (α = 0.05)		Independent Samples T-Test (α = 0.05)		Mean	$H_0 : \mu \leq 15$ (α = 0.05) One Samples T-Test	
	Mea. 1	Mea. 2	% Diff	*p-value*	Decision	*p-value*	Decision	Difference	*p-value*	Decision
Reproducibility										
■ D - Avg., N - Avg.	296	292	1.4	< 0.001	Reject	0.388	Accept	4.69	1.000	Accept
■ D - Avg. (T_{2-3}), N - Avg. (T_{2-3})	294	297	-1.0	0.155	Accept	0.701	Accept	2.13	1.000	Accept

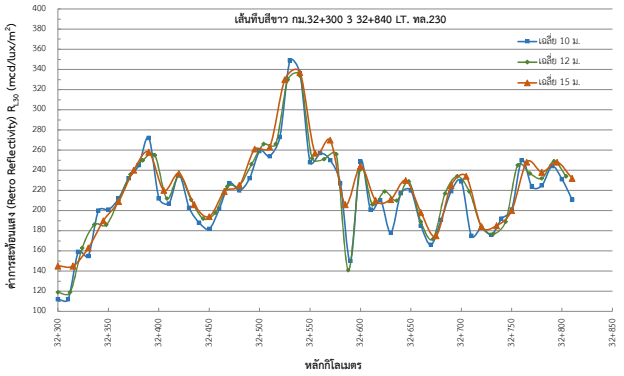
- จากผลวิเคราะห์ One Sample T-Test แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 มีความสามารถในการทำซ้ำได้
- เครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020 สามารถใช้วัดค่าได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน
- ในการทดสอบโดยใช้เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรทำการวัดค่าอย่างน้อย 3 รอบ/ช่วงเส้นจราจรทดสอบ เพื่อขจัดปัญหาผู้ขับรถทดสอบยังไม่คุ้นชินเส้นทางในการทดสอบรอบที่ 1 และอาจมีโอกาศที่จะเกิดอุปสรรคขึ้นในการทดสอบ ทำให้รถทดสอบจำเป็นต้องเบี่ยงหลบ ซึ่งจะส่งผลให้ค่า R_{L30} ที่กำลังทดสอบบางช่วงขาดหายไป นอกจากนี้ ควรใช้ผู้ปฏิบัติงานชุดเดียวกันตลอดชุดการทดสอบ

การเปรียบเทียบค่า R_{L30} ที่ระยะต่าง ๆ ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

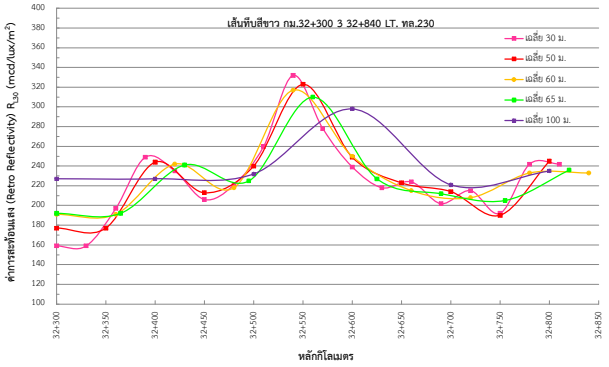
เส้นทึบ (Solid Line)

กระทำโดยการวัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 10 ม., 12 ม., 15 ม., 30 ม., 50 ม., 60 ม., 65 ม. และ 100 ม. ด้วยความเร็ว 20 กม./ชม.





ค่า R_{L30} เฉลี่ยจากระยะสั้น



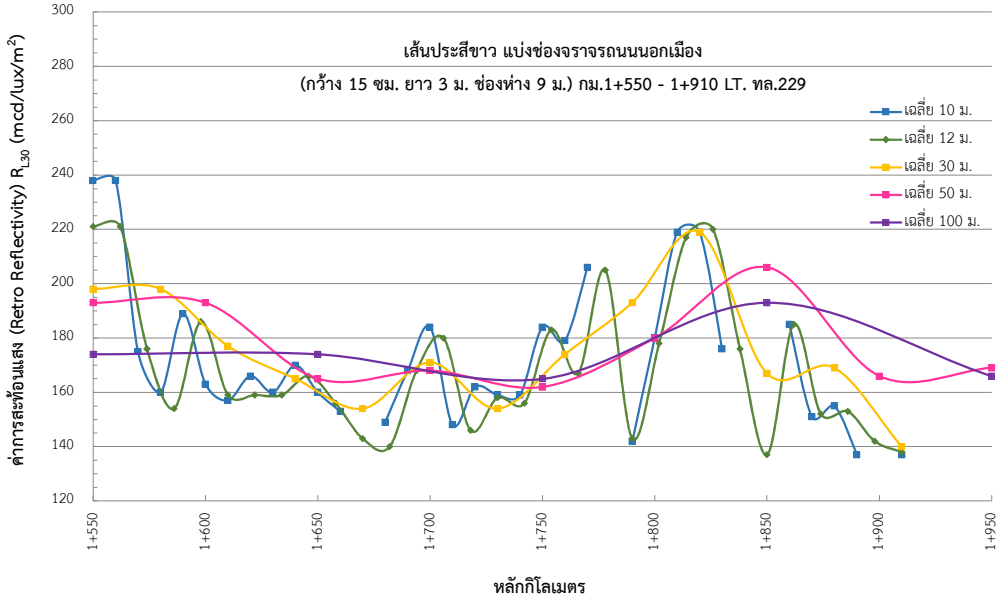
ค่า R_{L30} เฉลี่ยจากระยะปานกลาง และ $R_{L30,100}$

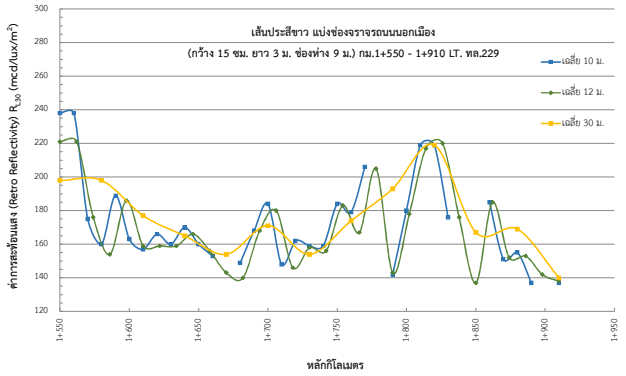
✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรกำหนด ระยะเฉลี่ยค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ 10 ม. ($R_{L30,10}$), 25 ม. ($R_{L30,25}$) และ 50 ม. ($R_{L30,50}$) สำหรับเส้นทึบ

การเปรียบเทียบค่า R_{L30} ที่ระยะต่าง ๆ ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

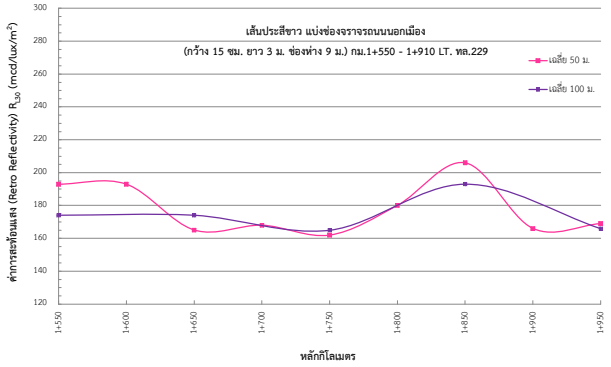
เส้นประ (Broken Line)

กระทำโดยการวัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 10 ม., 12 ม., 30 ม., 50 ม., และ 100 ม. ด้วยความเร็ว 55 กม./ชม.





ค่า R_{L30} ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน



ค่า R_{L30} ที่มีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มแรก

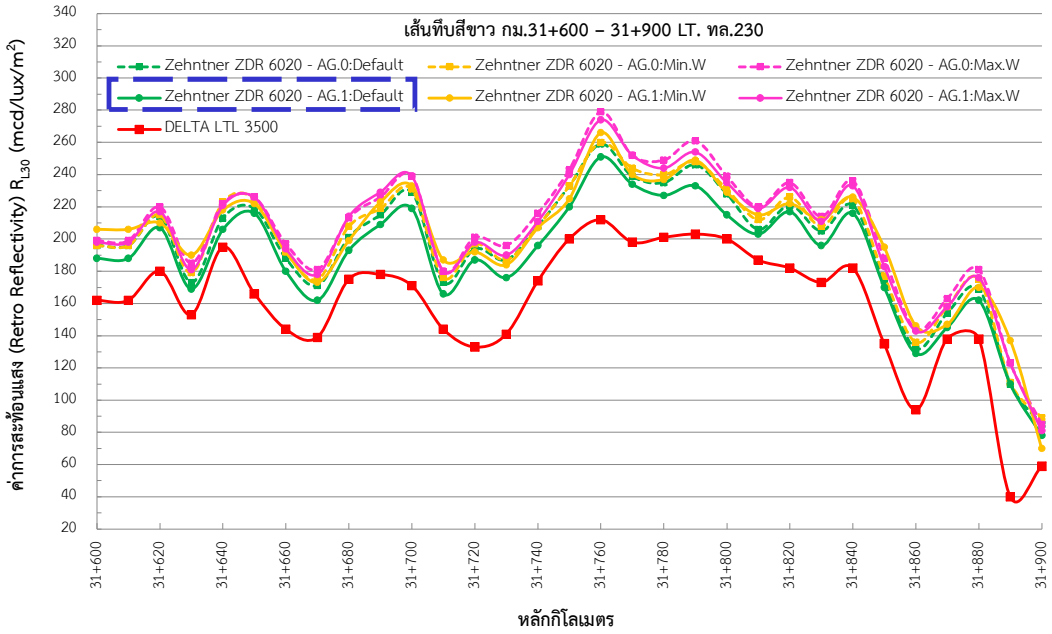
✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรกำหนด ระยะเฉลี่ยค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ 12 ม. ($R_{L30,12}$), 25 ม. ($R_{L30,25}$) และ 50 ม. ($R_{L30,50}$) สำหรับเส้นประ

การเปรียบเทียบผลการปรับค่าพารามิเตอร์การวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

ค่าพารามิเตอร์การวัด (Configuration)

กำหนดค่าพารามิเตอร์การวัด จำนวน 6 ชุด สำหรับใช้ในการวัดที่ความเร็ว 20 กม./ชม. เพื่อหาชุดค่าพารามิเตอร์ที่ให้ผลการวัดใกล้เคียงกับเครื่องมือแบบพกพา Delta LTL 3500 มากที่สุด

พารามิเตอร์การวัด (Configuration)	Default *(AG.0:Default)*	Min. Width *(AG.0:Min.W)*	Max. Width *(AG.0:Max.W)*	Default *(AG.1:Default)*	Min. Width *(AG.1:Min.W)*	Max. Width *(AG.1:Max.W)*
รูปแบบเส้นจราจรมาตรฐาน						
▪ ความกว้างเส้นต่ำสุด:	80	80	50	80	80	50
▪ ความกว้างเส้นสูงสุด:	280	170	280	280	170	280
การกำหนดค่าระบบ						
▪ Filter Settings						
● MakingGapsFilter						
- Allowed Gaps within:	0	0	0	1	1	1

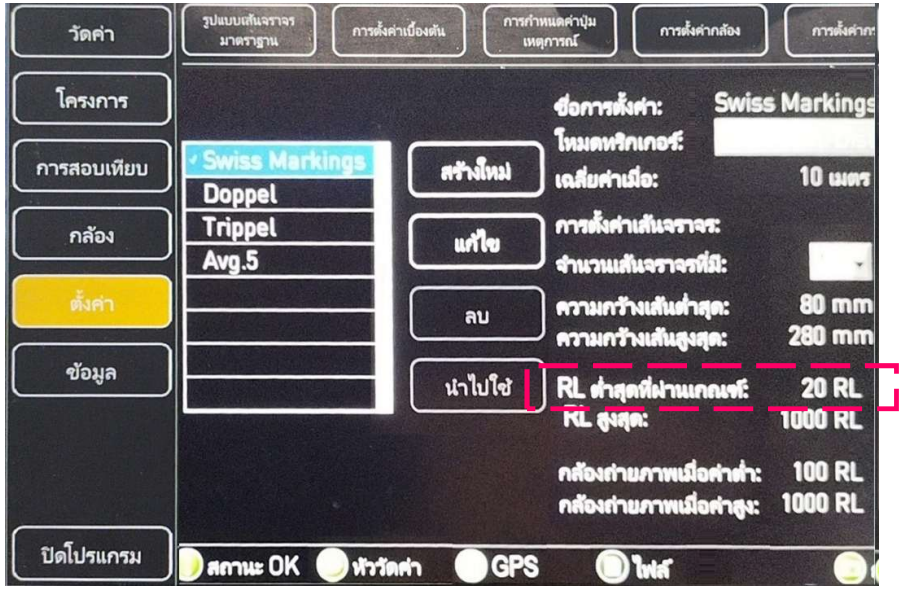


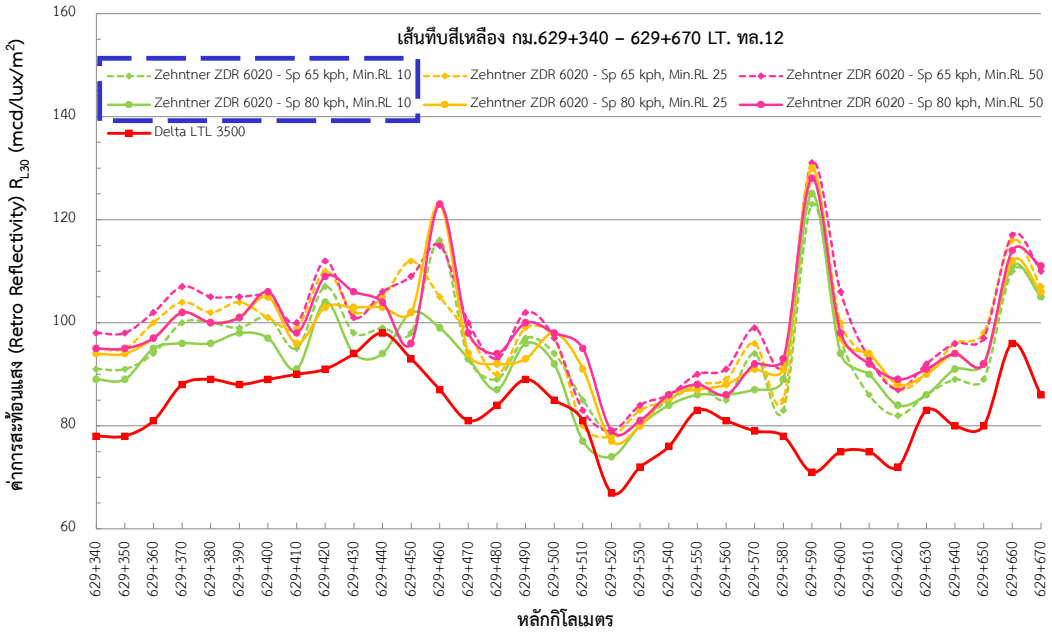
✓ ชุดค่าพารามิเตอร์การวัดของเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020 ที่เหมาะสมที่สุด คือ ชุดทดสอบ *AG.1:Default* ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น (Default) ของเครื่องมือ และจะใช้ในการทดสอบในขั้นตอนถัดไป

การเปรียบเทียบผลการปรับค่าพารามิเตอร์การวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

RL ต่ำสุดที่ผ่านเกณฑ์ (RL Pass/Fail min value)

การกำหนดค่า RL ต่ำสุดที่ผ่านเกณฑ์ (RL Pass/Fail min value) คือ กำหนดค่า RL ต่ำสุดของเครื่องหมาย โดยค่าที่ต่ำกว่านี้จะถูกบันทึกเป็น 0 ในไฟล์การวัด (ค่าเริ่มต้น: 40)





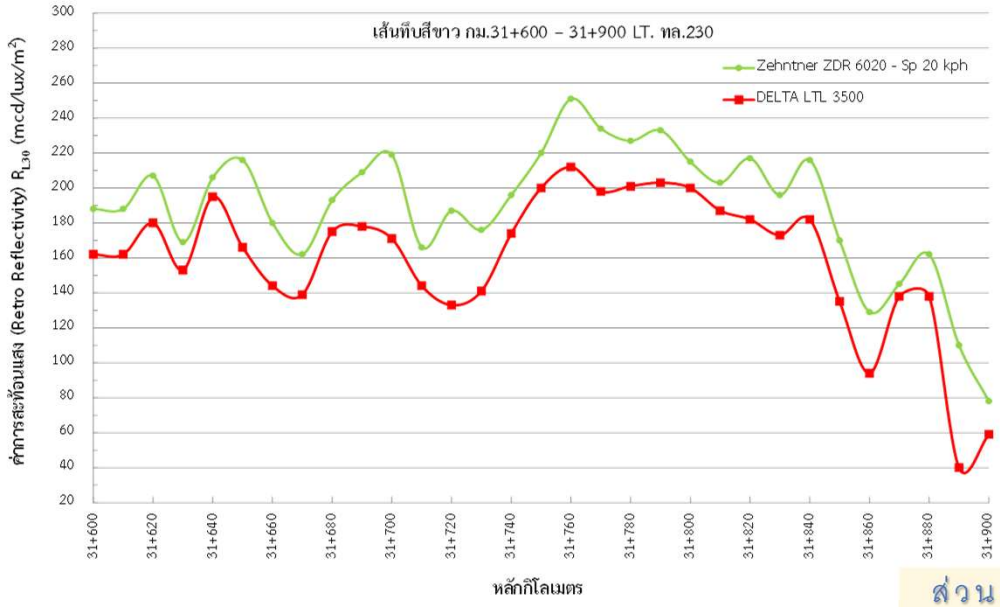
✓ ค่า RL ต่ำสุดที่ผ่านเกณฑ์ (RL Pass/Fail min value) ของเครื่องมือ Dynamic Retroreflectometer Zehntner ZDR 6020 ที่เหมาะสมที่สุด คือ 10 ซึ่งจะใช้ในการทดสอบในขั้นตอนถัดไป

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

การทดสอบเส้นจราจรใหม่ (เส้นทึบ) บนทางราบโดยใช้ความเร็วต่ำ

- วัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 10 ม.
- ชุดค่าพารามิเตอร์การวัด คือ Default
- ค่า RL Pass/Fail min value เท่ากับ 10
- ทดสอบที่ความเร็วประมาณ 20 กม./ชม.

Portable vs Mobile Retroreflectometer Solid White Line, Rd.230 km.31+600 - 31+900 LT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	TxDOT ± 15% Diff. Portable	BASt ± 7.5% Diff.Avg. (95%)
■ Delta LTL 3500	160	18.1	8.3	< 0.001	Reject H_0	0.005	Reject H_0	-29.4	0.943	40.0%	46.7%
■ Zehntner ZDR 6020 (20 kph)	189										



Certification Testing Requirements

- Mobile retroreflectivity data must be within ±15% of the portable retroreflectivity value collected on the same pavement marking segments
- Data are evaluated for each individual run and for the test as a whole

39 Texas A&M Transportation Institute

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.943 แสดงให้เห็นว่า ผลการวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ที่ความเร็วต่ำ กับผลของ Delta LTL 3500 มีความสัมพันธ์กันโดยตรงในเชิงบวกระดับสูงมาก
- ค่าแตกต่างอยู่ที่ 18.1% สูงกว่า 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

วิเคราะห์ผลการสอบเทียบผลการวัดองเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กรณีเส้นจราจรใหม่ (เส้นทึบ) บนทางราบ

- ค่าแตกต่างที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT นี้ เป็นผลมาจากเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 มีพื้นที่การวัด 1.00 ม. x 0.88 ม. ซึ่งครอบคลุมความกว้างทั้งหมดของเส้นจราจรคิดเป็น 100% ของพื้นที่เส้นจราจรทดสอบ แล้วยังครอบคลุมถึงพื้นที่ผิวทางแอสฟัลต์ขนาด 0.425 ม. x 0.880 ม. ข้างเส้นจราจรทั้งสองด้านอีกด้วย โดยผิวทางแอสฟัลต์ด้านช่องจราจรจะมีค่า R_{L30} อยู่ระหว่าง 5 – 7 mcd/lux/m^2 ส่วนด้านไหล่ทางจะมีค่า R_{L30} อยู่ระหว่าง 12 – 16 mcd/lux/m^2
- ในขณะที่เครื่องมือ Delta LTL 3500 มีพื้นที่การวัด 0.080 ม. x 0.625 ม. ไม่ครอบคลุมความกว้างทั้งหมดของเส้นจราจร โดยในการสอบเทียบครั้งนี้ได้ทำการวัด 9 ครั้ง ต่อระยะทาง 10 ม. คิดเป็น 30% ของพื้นที่เส้นจราจรทั้งหมดที่ทดสอบ
- ดังนั้น ขั้นตอนต่อไปจะทำการทดสอบที่ความเร็วปานกลางและสูง





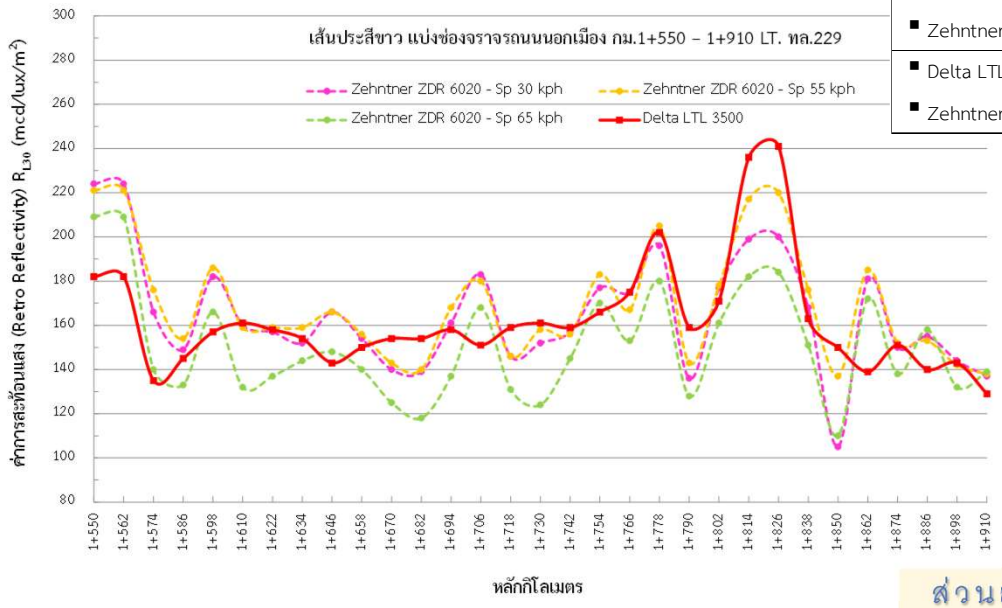


การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

การทดสอบเส้นจราจรใหม่ (เส้นประ) บนทางราบโดยใช้ความเร็วปานกลาง

- วัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 12 ม.
- ชุดค่าพารามิเตอร์การวัด คือ Default
- ค่า RL Pass/Fail min value เท่ากับ 10
- ทดสอบที่ความเร็วประมาณ 30, 55 และ 65 กม./ชม.

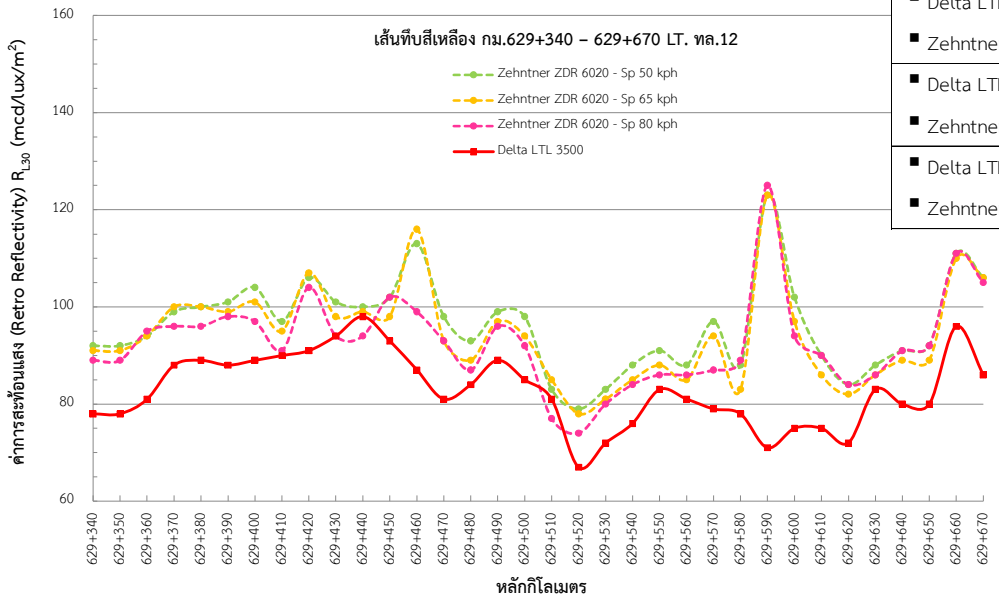
Portable vs Mobile Retroreflectometer Broken White Line, Rd.229 km.1+550 - 1+910 LT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	TxDOT ± 15% Diff. Portable	BASt ± 7.5% Diff.Avg. (95%)
■ Delta LTL 3500	162	0.6	0.3	0.724	Accept H_0	0.826	Accept H_0	-1.4	0.618	80.0%	73.3%
■ Zehntner ZDR 6020 (30 kph)	163										
■ Delta LTL 3500	162	3.1	1.5	0.081	Accept H_0	0.359	Accept H_0	-5.9	0.739	80.0%	83.3%
■ Zehntner ZDR 6020 (55 kph)	167										
■ Delta LTL 3500	162	-8.0	-4.2	0.003	Reject H_0	0.04	Reject H_0	13.0	0.573	96.7%	66.7%
■ Zehntner ZDR 6020 (65 kph)	149										



- ที่ความเร็ว 55 กม./ชม. ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.739 แสดงให้เห็นว่า ผลการวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ที่ความเร็วปานกลาง กับผลของ Delta LTL 3500 มีความสัมพันธ์กันโดยตรงในเชิงบวกระดับสูง
- ค่าแตกต่างอยู่ที่ 0.6 - 8.0% ไม่เกิน 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

การทดสอบเส้นจราจรเก่า (เส้นทึบ) บนทางราบโดยใช้ความเร็วปานกลางและสูง



Portable vs Mobile Retroreflectometer Single Solid Yellow Line, Rd.12 km.629+350 - 629+680 LT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Difference	Cor-relation	TxDOT ± 15% Diff. Portable	BASt ± 7.5% Diff.Avg. (95%)
■ Delta LTL 3500	84	13.1	6.1	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-11.7	0.808	51.6%	67.7%
■ Zehntner ZDR 6020 (50 kph)	95										
■ Delta LTL 3500	84	10.7	5.1	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-9.81	0.784	77.4%	80.6%
■ Zehntner ZDR 6020 (65 kph)	93										
■ Delta LTL 3500	84	9.5	4.5	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-8.1	0.761	83.9%	87.1%
■ Zehntner ZDR 6020 (80 kph)	92										

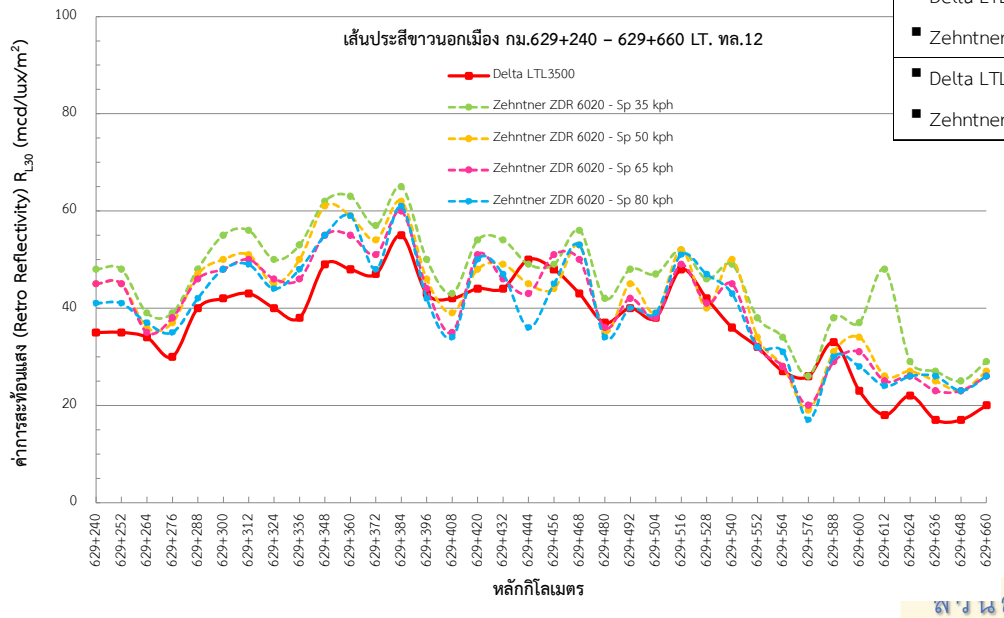
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.761 – 0.808 แสดงให้เห็นว่า ผลการวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กับผลของ Delta LTL 3500 มีความสัมพันธ์กันโดยตรงในเชิงบวกระดับสูง
- ที่ Sta.629+460 และ Sta.629+590 ค่าที่วัดด้วย Zehntner ZDR 6020 มีค่าแตกต่างจาก Delta LTL 3500 อย่างชัดเจน โดย Delta LTL 3500 มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ Zehntner ZDR 6020 เพิ่มขึ้นทันทีทันใด เนื่องจากเป็นจุดคอสะพานที่มีการทรุดตัว ทำให้รถทดสอบตกหลุมและกระแทก ส่งผลให้เรขาคณิตการวัดผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐานที่ 30 ม. ดังนั้น จึงไม่นำข้อมูลช่วง กม.629+590 – 629+610 LT. มาร่วมในการวิเคราะห์
- ค่าแตกต่างอยู่ที่ 9.5 – 13.1% ไม่เกิน 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

การทดสอบเส้นจราจรเก่า (เส้นประ) บนทางราบ โดยใช้ความเร็วต่ำ ปานกลาง และสูง

- วัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 12 ม.
- ทดสอบที่ความเร็วประมาณ 35, 50, 65 และ 80 กม./ชม.

Portable vs Mobile Retroreflectometer Broken White Line, Rd.12 km.629+240 - 629+660 LT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	TxDOT ±15% Diff. Portable	BASt ±7.5% Diff.Avg. (95%)
■ Delta LTL 3500	37	24.3	10.8	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-8.97	0.857	22.9%	28.6%
■ Zehntner ZDR 6020 (35 kph)	46										
■ Delta LTL 3500	37	13.5	6.3	< 0.001	Reject H_0	0.072	Accept H_0	-4.71	0.884	54.3%	51.4%
■ Zehntner ZDR 6020 (50 kph)	42										
■ Delta LTL 3500	37	8.1	3.9	< 0.001	Reject H_0	0.183	Accept H_0	-3.37	0.906	62.9%	65.7%
■ Zehntner ZDR 6020 (65 kph)	40										
■ Delta LTL 3500	37	8.1	3.9	0.004	Reject H_0	0.263	Accept H_0	-2.86	0.868	65.7%	57.1%
■ Zehntner ZDR 6020 (80 kph)	40										

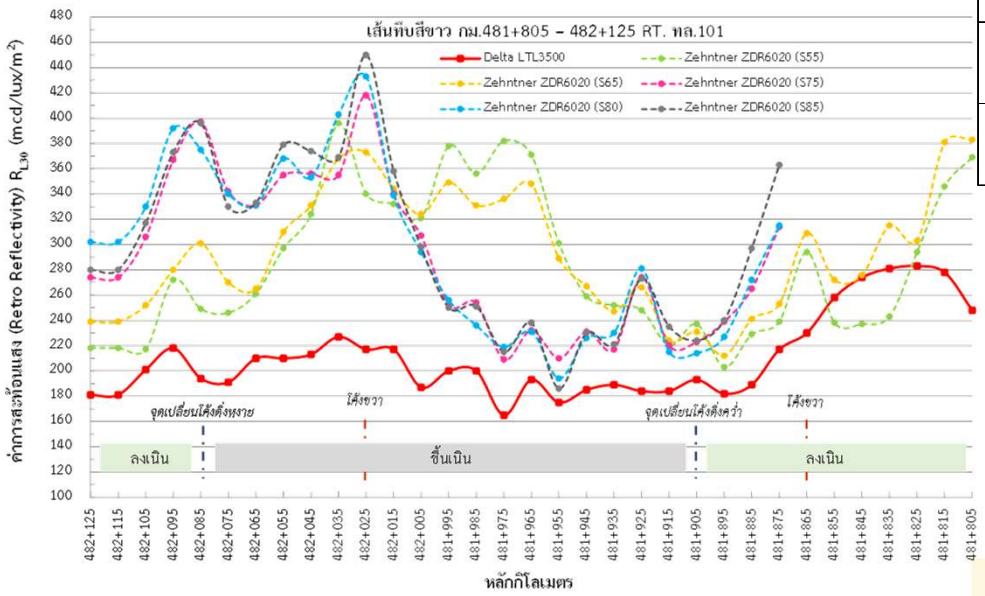


- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.857 – 0.906 แสดงให้เห็นว่า ผลการวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กับ Delta LTL 3500 มีความสัมพันธ์กันโดยตรงในเชิงบวกระดับสูงถึงสูงมาก
- ที่ความเร็ว 50, 65 และ 80 กม./ชม. ค่าแตกต่างอยู่ที่ 8.1 – 13.5% ไม่เกิน 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

การทดสอบเส้นจราจรใหม่ (เส้นทึบ) บนทางภูเขา โดยใช้ความเร็วปานกลาง และสูง

- วัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 10 ม.
- ทดสอบที่ความเร็วประมาณ 55, 65, 75, 80 และ 85 กม./ชม.



Portable vs Mobile Retroreflectometer Solid White Line, Rd.101 km.481+805 - 482+125 RT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	TxDOT ± 15% Diff. Portable	BASt ± 7.5% Diff.Avg. (95%)
■ Delta LTL 3500	212	35.4	15.0	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-74.8	0.092	21.9%	21.9%
■ Zehntner ZDR 6020 (55 kph)	287										
■ Delta LTL 3500	212	40.1	16.7	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-84.9	0.365	12.5%	12.5%
■ Zehntner ZDR 6020 (65 kph)	297										
■ Delta LTL 3500	198	49.0	19.7	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-97.1	0.764	3.8%	7.7%
■ Zehntner ZDR 6020 (75 kph)	295										
■ Delta LTL 3500	197	49.7	19.9	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-98.2	0.763	8.0%	8.0%
■ Zehntner ZDR 6020 (80 kph)	295										
■ Delta LTL 3500	196	51.5	20.5	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-100.0	0.775	4.3%	8.7%
■ Zehntner ZDR 6020 (85 kph)	297										

- ที่ความเร็ว 75, 80 และ 85 กม./ชม. ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.763 – 0.775 แสดงให้เห็นว่า ผลการวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กับ Delta LTL 3500 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกระดับสูง
- ค่าแตกต่างอยู่ที่ 35.4 – 51.5% สูงกว่า 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

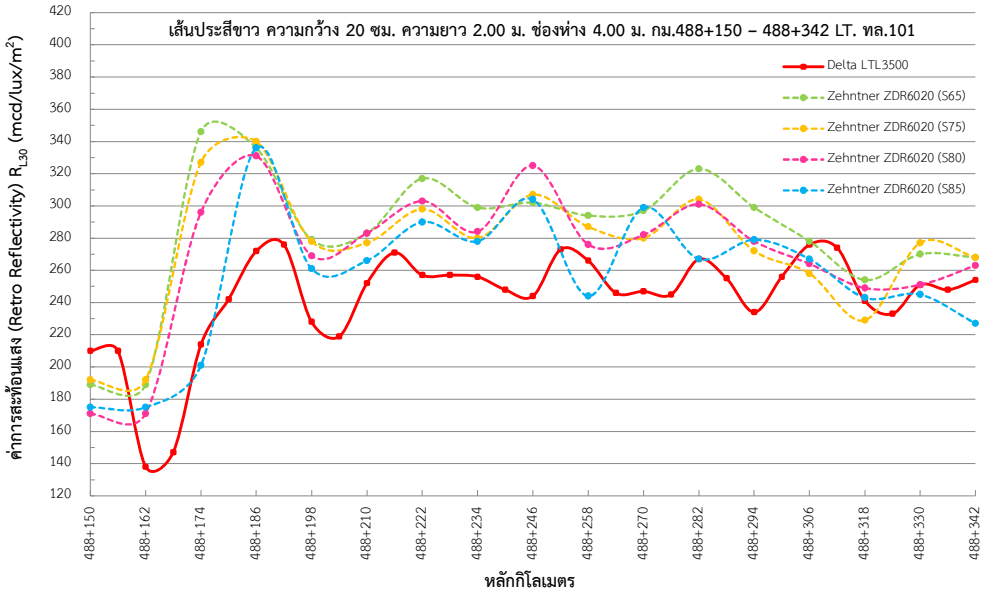
วิเคราะห์ผลการสอบเทียบผลการวัดองเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กรณีเส้นจราจรใหม่ (เส้นทึบ) บนทางภูเขา

- สาเหตุที่ ค่า $R_{L30,10}$ ซึ่งวัดโดยใช้เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 บนทางภูเขาซึ่งมีความลาดชันและคดเคี้ยว มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากเครื่องมือ Delta LTL 3500 มาก และมีความสัมพันธ์ของข้อมูลอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากในการวัดภาคสนามจริง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งความสูงและการเอียงของเครื่องวัดการสะท้อนแสงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ หากมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างมาก (เช่น การเร่งความเร็วหรือการลดความเร็ว) จะทำให้รถเอียงไปข้างหน้าหรือข้างหลัง ซึ่งจะเปลี่ยนรูปทรงเรขาคณิตของการวัด
- ในกรณีที่เกิดการยกตัว เนื่องจากการกระเด้งของยานพาหนะในขณะเคลื่อนที่ การกระเด้งขึ้น 10 มม. จะทำให้แหล่งกำเนิดแสงชี้ไปยังตำแหน่งที่อยู่ห่างจากยานพาหนะไปอีก 460 มม. จากกฎกำลังสองผกผันสำหรับความเข้มของแสงเทียบกับระยะทาง ความเข้มของแสง ณ จุดตัดจะคำนวณได้ลดลงประมาณ 8.6% ความเข้มของแสงโดยรวมคาดว่าจะลดลง 17%
- ในกรณีที่เกิดการเอียง ซึ่งหมายถึงสภาวะที่รถไม่ขนานกับพื้นผิวถนน สมมติว่ารถเอียงขึ้น 0.05 องศา (ด้านหน้ายกขึ้น 10 มม. ในขณะที่ด้านหลังยังคงอยู่ที่เดิม) ผลของการเอียง 0.05 องศา จะทำให้ระยะการส่องสว่างอยู่ห่างจากพื้นที่เป้าหมาย 880 มม. และความเข้มของแสงโดยรวมคาดว่าจะลดลง 30%
- ดังนั้น ในการทดสอบควรกระทำที่ความเร็วคงที่ และควรใช้ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ หากไม่สามารถรักษาความเร็วคงที่ได้ ผู้ขับขี่ควรพยายามเปลี่ยนความเร็วอย่างราบรื่นเพื่อให้พลวัตของยานพาหนะได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

การเปรียบเทียบผลการปรับเปลี่ยนความเร็วการวัด ของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020

การทดสอบเส้นจราจรใหม่ (เส้นประ) บนทางภูเขา โดยใช้ความเร็วปานกลาง และสูง

- วัดค่า R_{L30} เฉลี่ยที่ระยะ 12 ม.
- ทดสอบที่ความเร็วประมาณ 65, 75, 80 และ 85 กม./ชม.



Portable vs Mobile Retroreflectometer Broken White Line, Rd.101 km.488+150 - 488+342 LT.	Mean	%Diff. Port. (15%)	%Diff. Mean (7.5%)	$H_0 : \mu_{Measure\ 1} = \mu_{Measure\ 2}$ Paired Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Independent Samples T-Test (α = 0.05) *p-value*	Decision	Mean Dif-ference	Cor-relation	TxDOT ±15% Diff. Portable	BASt ±7.5% Diff.Avg. (95%)
■ Delta LTL 3500	244	18.9	8.6	< 0.001	Reject H_0	< 0.001	Reject H_0	-45.8	0.294	43.8%	43.8%
■ Zehntner ZDR 6020 (65 kph)	290										
■ Delta LTL 3500	244	14.8	6.9	0.002	Reject H_0	0.003	Reject H_0	-35.8	0.248	68.8%	68.8%
■ Zehntner ZDR 6020 (75 kph)	280										
■ Delta LTL 3500	244	13.5	6.3	0.002	Reject H_0	0.008	Reject H_0	-32.8	0.470	68.8%	68.8%
■ Zehntner ZDR 6020 (80 kph)	277										
■ Delta LTL 3500	244	7.0	3.4	0.029	Reject H_0	0.156	Accept H_0	-17.5	0.679	81.3%	81.3%
■ Zehntner ZDR 6020 (85 kph)	261										

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.249 – 0.679 แสดงให้เห็นว่า ผลการวัดของเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 กับ Delta LTL 3500 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกระดับต่ำถึงปานกลาง
- ที่ความเร็ว 75, 80 และ 85 กม./ชม. ค่าแตกต่างอยู่ที่ 7.0 – 14.8% ไม่เกิน 15% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมให้ของ TxDOT

สรุปผล

- ✓ เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงเส้นจราจรแบบพกพา Zehntner ZRM 6010 มีความสามารถในการทำซ้ำเครื่องมือ Delta LTL 3500 ได้ โดยมีค่าแตกต่างอยู่ที่ 12.7%
- ✓ เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงเส้นจราจรแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Retroreflectometer) ยี่ห้อ Zehntner รุ่น ZDR 6020 มีความสามารถในการทวนซ้ำและทำซ้ำได้ สามารถใช้วัดค่าได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน
- ✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรกำหนด ระยะเฉลี่ยค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ 10 ม. ($R_{L30,10}$), 25 ม. ($R_{L30,25}$) และ 50 ม. ($R_{L30,50}$) สำหรับเส้นทึบ และ 12 ม. ($R_{L30,12}$), 25 ม. และ 50 ม. สำหรับเส้นประ
- ✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรตั้งค่าพารามิเตอร์การวัดโดยใช้ค่า Default ยกเว้น RL ต่ำสุดที่ผ่านเกณฑ์ ควรกำหนดที่ 10 mcd/lux/m^2
- ✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ความใช้เร็วในการทดสอบดังนี้

ช่องจราจร	ความเร็วทดสอบ (กม./ชม.)	%แตกต่างจากเครื่องมือวัดแบบพกพา
■ ช่องจราจรด้านใน (ใช้ความเร็วสูง)	65 - 85	11 - 8
■ ช่องจราจรด้านนอก (ใช้ความเร็วปานกลาง)	55 - 65	13 - 11
■ ทางบนพื้นที่ภูเขา/ทางโค้งรัศมีแคบ	20 - 35	25 - 15 **

** ค่าจากการประมาณ

- ✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรทำการวัดค่าอย่างน้อย 3 รอบ/ช่วงเส้นจราจรทดสอบ โดยใช้ผู้ปฏิบัติงานชุดเดียวกันตลอดการทดสอบ
- ✓ เครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 ควรทดสอบที่ความเร็วคงที่ และควรใช้ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ หากไม่สามารถรักษาความเร็วคงที่ได้ ควรพยายามเปลี่ยนความเร็วอย่างราบรื่นเพื่อให้พลวัตของยานพาหนะได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

ปัญหาและอุปสรรค

- ✓ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรักษาน้ำหนักบรรทุกของรถทดสอบให้คงที่มากที่สุดในระหว่างการทดสอบ โดยการเปลี่ยนแปลงการกระจายน้ำหนักภายในรถจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปทรงเรขาคณิตของการวัด
- ✓ ควรติดตั้งเครื่องวัดการสะท้อนแสงแบบเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบ เพื่อไม่ให้การเอียงและการหมุนของตัวรถส่งผลกระทบต่อสภาพการติดตั้ง เช่นเดียวกับการกระจายน้ำหนักภายในรถทดสอบ หากรถทดสอบอยู่บนพื้นเอียง น้ำหนักของรถจะเปลี่ยนไป ทำให้การจัดแนวผิดเพี้ยนไป
- ✓ การสอบเทียบเครื่องวัดการสะท้อนแสงมีความสำคัญมาก ควรดำเนินการอย่างน้อยทุก ๆ สี่ชั่วโมงของการใช้งาน เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องวัดการสะท้อนแสงยังคงให้ข้อมูลที่แม่นยำ เมื่อสภาพแสงโดยรอบเปลี่ยนแปลง (เช่น กลางวันเทียบกับกลางคืน) เครื่องวัดการสะท้อนแสงแบบเคลื่อนที่จะต้องได้รับการสอบเทียบใหม่
- ✓ เนื่องจากเครื่องมือ Zehntner ZDR 6020 มีอุปกรณ์ที่ยื่นออกมาด้านข้างตัวรถ จึงควรมีรถตรวจการวิ่งอำนวยความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ โดยเมื่อทดสอบเส้นขอบทาง (Edge Line) ด้านนอก รถตรวจการควรวิ่งอยู่ด้านหน้ารถทดสอบ เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้สัญจรที่อยู่บนไหล่ทางทราบว่า กำลังมีการปฏิบัติงานทดสอบตามมา ให้หลบออกไปจากเส้นทางที่กำลังทดสอบ ส่วนการทดสอบเส้นขอบทางด้านในและเส้นประ รถตรวจการควรวิ่งอยู่ด้านหลังรถทดสอบ

THANK YOU

