

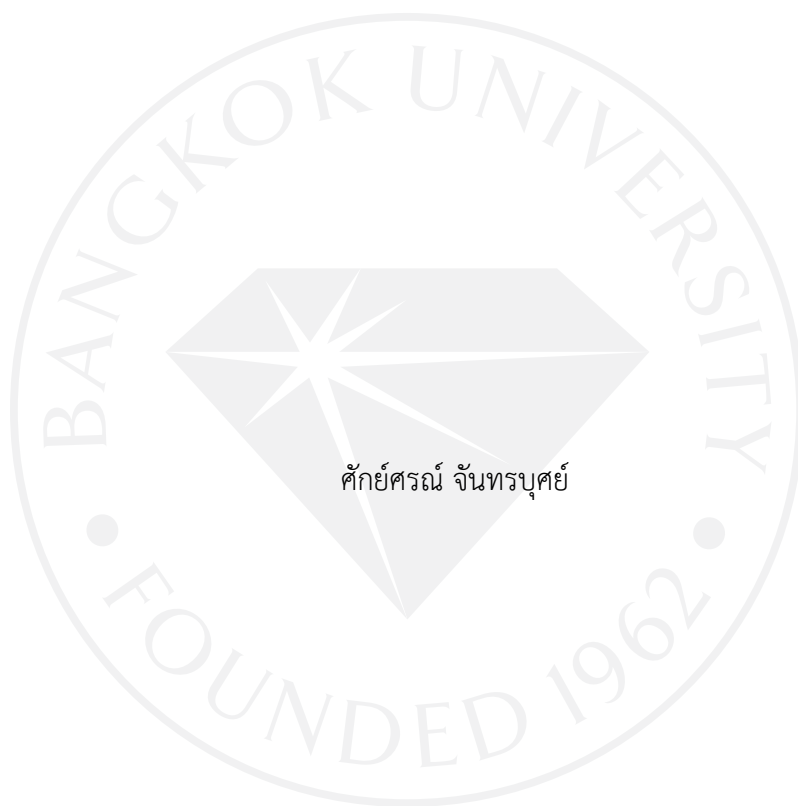
การศึกษาประสิทธิภาพการซับเสียงจากต้นไม้เพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคาร

Investigation on the Efficiency of Sound Absorption Through Vegetations
to Diminish Indoor Noise Pollution



การศึกษาประสิทธิภาพการซับเสียงจากต้นไม้เพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคาร

Investigation on the Efficiency of Sound Absorption Through Vegetations to Diminish
Indoor Noise Pollution



การค้นคว้าอิสระเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยกรุงเทพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการบริหารจัดการออกแบบภายใน

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพการซับเสียงจากต้นไม้ เพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคาร

ผู้วิจัย ศักย์ศรณ์ จันทรบุศย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการสอบ
(ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก)

ดร.ภิรมย์ แจ่มใส

กรรมการสอบ
(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสิต ลีนิวา

กรรมการสอบ
(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)

ดร.ภฤศมน คำมะสอน

กรรมการสอบ
(อาจารย์ประจำหลักสูตร)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริวรรณ รุจิพงษ์

ศักรินทร์ จันทบุศย์. ปริณญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารจัดการออกแบบภายใน)
กรกฎาคม 2564, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
การศึกษาประสิทธิภาพการซับเสียงจากต้นไม้เพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคาร (67 หน้า)
อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสิต ถีนีวา

บทคัดย่อ

สถาปัตยกรรมที่ยั่งยืนกำลังเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการเพิ่มคุณภาพชีวิตในที่อยู่อาศัย
สวนแนวตั้งนั้นเป็นแนวทางในอนาคตสำหรับความยั่งยืนในการอยู่ร่วมกับธรรมชาติงานวิจัยนี้มี
วัตถุประสงค์เพื่อลดมลพิษทางเสียงที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่อยู่อาศัยด้วยการจัดสวนแนวตั้ง (Green
wall) และเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับผู้คนในเขตชุมชนเมืองการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงผลการทดลอง
ของคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแบบสักหลาด (Felt panel green wall) โดยใช้เฟิร์น
ใบมะขาม (*Nephrolepis cordifolia*) เป็นพืชในการทดลองซึ่งดำเนินการทดลองภายใต้มาตรฐาน
ISO 16283-3 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 สถานการณ์ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันซึ่งผลลัพธ์ของ Felt
Panel Green wall มีข้อได้เปรียบในเรื่องคุณสมบัติของวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับมลพิษ
ทางเสียงมากกว่าประเภทอื่นๆซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าผนังคอนกรีตธรรมดาถึง 12.2% และดีกว่าแผ่น
ฉนวนกันเสียงยี่ห้อ ISO NOISE ที่ออกแบบมาสำหรับขจัดเสียงรบกวนถึง 0.3% จากผลลัพธ์ที่ได้ Felt
Panel Green wall กลายเป็นทางเลือกในการลดมลภาวะทางเสียงเพื่ออนาคตที่ยั่งยืนของ
สถาปัตยกรรมสีเขียว

คำสำคัญ: การซับเสียง, ฉนวนกันเสียง, สวนแนวตั้ง, กำแพงกันเสียง, มลภาวะทางเสียง

Chantarabut, S. Master of Architecture (Innovative Design Management), July 2021,
Graduate School, Bangkok University.

Investigation on the efficiency of sound absorption through vegetations to diminish
indoor noise pollution (67 pp.)

Advisor: Asst. Prof. Pasit Leeniva, Ph.D.

ABSTRACT

Sustainable architecture is solidifying as an interesting way to stimulate the quality of life in the dwelling unit. The living wall, vertical garden, vegetations are some of the future approaches to a sustainable pathway to cohabitate with Mother Nature. The objectives of this research are to reduce noise pollution that impacted the dwelling area by the panel system felt green wall and increases better life quality for people in the urban area. This study represents experimental results of the sound insulation tests of the panel system felt green wall, using tuber sword fern (*Nephrolepis cordifolia*) to perform as vegetation in the experiment, that conducted under the ISO 16283-3, that divided into 4 scenarios in the similar environmental condition, which the results of panel system felt green wall has an advantage of efficient material property to absorb noise pollution than other types, it's performs better than a plain concrete wall by 12.2 %, and significantly better than ISO Noise sound insulation panel that design for eliminating noise by 0.3 %. Based on the result the panel system felt green wall become the alternative choice to diminish noise pollution, for the sustainable future of green architecture.

Keywords: Sound Absorption, Sound Insulation, Green Wall, Noise Barrier, Noise Pollution

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบริษัท Slot-Nankai co., ltd. โดยเฉพาะคุณอัศวิน จันทบุศย์ (Managing Director) และพนักงานทุกท่านที่ให้ความสำคัญและตระหนักถึงการศึกษาเรื่องการป้องกัน และลดมลภาวะทางเสียงด้วยต้นไม้รวมถึงช่วยเหลือทั้งเรื่องสถานที่เครื่องมือในการวัดค่าระดับเสียง และการออกแบบโครงสร้างในการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองครั้งนี้

ศัทยศรณ์ จันทบุศย์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการศึกษา	1
1.2 ขอบเขตและข้อจำกัดในงานวิจัย	2
1.3 คำถามงานวิจัย	2
1.4 วัตถุประสงค์ในการศึกษา	3
1.5 สมมุติฐานในการศึกษา	3
1.6 วิธีดำเนินการศึกษา	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการศึกษา	4
บทที่ 2 การซับเสียงของต้นไม้และมลภาวะทางเสียง	5
2.1 การซับเสียงของต้นไม้	5
2.2 มลภาวะทางเสียง	13
2.3 กรณีศึกษา (Case Study)	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	36
3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย	37
3.2 พื้นที่การศึกษาและชนิดของวัสดุ	38
3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย	43
3.4 การกำหนดตัวแปร ตัวชี้วัด และการเชื่อมโยงตัวแปร	43
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	48
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	54
4.1 คุณสมบัติการซับเสียงโดยการวัดค่าแบบ 1/1 Octave Band	54
4.2 การประมวลผลค่าเสียงด้วยสูตร Equivalent Sound Level (Leq)	59
4.3 ข้อจำกัดในการวิจัยการซับเสียงของ Felt Panel Green wall	60

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	61
5.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	61
5.2 สมมุติฐานการวิจัย	61
5.3 วิธีดำเนินการวิจัย	61
5.4 สรุปผลการวิจัยและอภิปราย	62
5.5 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย	62
บรรณานุกรม	64
ประวัติผู้เขียน	67



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1: ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของวัสดุ	11
ตารางที่ 2.2: อธิบายการหาค่าเสียงของ Background Noise Level (BNL)	12
ตารางที่ 2.3: ค่าระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดปกติ	17
ตารางที่ 2.4: World Health Organization Environmental Noise Guidelines	18
ตารางที่ 2.5: ค่าระดับเสียงที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษแห่งประเทศไทย	19
ตารางที่ 2.6: ค่ามาตรฐานระดับเสียงในสถานที่เฉพาะขององค์การอนามัยโลก	19
ตารางที่ 2.7: รายงานค่าระดับเสียงจากสถานีตรวจวัดเสียงของกรมควบคุมมลพิษในกรุงเทพฯ และปริมณฑล (วันที่ 23 พฤษภาคม 2562 เวลา 23.00 น.)	21
ตารางที่ 2.8: รายงานค่าระดับเสียงจากสถานีตรวจวัดเสียงของกรมควบคุมมลพิษในกรุงเทพฯ และปริมณฑล (วันที่ 24 พฤษภาคม 2562 เวลา 15.00 น.)	21
ตารางที่ 3.1: คุณสมบัติของแผ่นฉนวนซับเสียง ISO NOISE	39
ตารางที่ 3.2: การแปลงค่าตัวแปรนิยามเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Variable) ไปสู่ตัวแปรนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Variable) และตัวชี้วัด รวมถึงระดับในการวัด	44
ตารางที่ 3.3: ตัวแปรควบคุมในการทดลอง	48
ตารางที่ 4.1: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (I)	55
ตารางที่ 4.2: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (II)	56
ตารางที่ 4.3: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (III)	56
ตารางที่ 4.4: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (IV)	58

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1: รูปตัดของเส้นใยผ้าลินินสองโดยกล้องจุลทรรศน์	6
ภาพที่ 2.2: รูปตัดของไม้บัลซาสองโดยกล้องจุลทรรศน์	7
ภาพที่ 2.3: รูปแบบของวัสดุจากใยธรรมชาติในการทดสอบเปรียบเทียบโครงสร้างสังเคราะห์แบบ Sandwich	7
ภาพที่ 2.4: กระบวนการซับเสียงของเส้นใยธรรมชาติ	8
ภาพที่ 2.5: เปรียบเทียบการซับเสียงระหว่างวัสดุเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยแก้วสังเคราะห์	8
ภาพที่ 2.6: เปรียบเทียบการซับเสียงของวัสดุต่าง ๆ ในโครงสร้างแบบ Sandwich	9
ภาพที่ 2.7: การเปรียบเทียบ SAC ระหว่าง Green wall บนพื้นที่กับบนโครงสร้างค้ำยัน	12
ภาพที่ 2.8: แผนที่ระดับเสียงบริเวณรอบ ๆ สนามบินสุวรรณภูมิก่อนเปิดดำเนินการ 2004-2005	2 2
ภาพที่ 2.9: การวัดระดับเสียงของอากาศยานสุวรรณภูมิทางตอนเหนือใต้ และรอบ ๆ ท่าอากาศยานในปี 2006-2007 2006-2007 และปี 2007-2010	23
ภาพที่ 2.10: ค่าเฉลี่ยระดับเสียงในแต่ละทิศทางของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ	24
ภาพที่ 2.11: โครงเหล็กพร้อมต้นไม้สูง 3 เมตร (รายละเอียดอยู่ในรูปด้านขวาล่าง) มีโครงเหล็กเป็นโครงสร้างหลักให้ต้นไม้ยึดเกาะเป็นกำแพงที่ National Road 405 ใน Aarhus, Denmark	26
ภาพที่ 2.12: Green noise barrier ทำจากกิ่งก้านของต้น willow รูปทางขวาเป็นตอนสร้างใหม่ส่วนรูปทางซ้ายเป็นตอนเสร็จแล้วที่ต้นไม้อกใบเป็น Green noise barrier ที่สมบูรณ์	26
ภาพที่ 2.13: คันดินสูง 7 เมตร พร้อมต้นไม้คลุมหน้าดินและกำแพงคอนกรีตตามถนนทางหลวง A3 ใกล้ประเทศ Germany	27
ภาพที่ 2.14: กำแพงกันเสียงทำจากคอนกรีตหนา 8 ซม. พร้อมด้วยการปิดผิวคอนกรีตด้วยต้นไม้ที่ถนน National 405 เมือง Aarhus, Denmark.	28
ภาพที่ 2.15: โครงเหล็กเพื่อรองรับต้นไม้ตามที่พักอาศัยเพื่อเป็นกำแพงกันเสียงในชุมชนเมือง	28
ภาพที่ 2.16: กำแพงกันเสียงจากคอนกรีตที่มีการโค้งรับเสียงและต้นไม้ปิดผิวตามถนนความเร็วต่ำที่เมือง Aarhus ถนน National ประเทศ Denmark	29
ภาพที่ 2.17 “Green Corridor” เมือง Chengdu, China ใช้ต้น English Ivy ปิดผิวตามโครงสร้างคอนกรีต	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.18: กำแพงกันเสียงแบบไสพร้อมต้นไม้ไว้กันการสะท้อนของเสียง ที่ประเทศ Denmark	30
ภาพที่ 2.19: กำแพงกันเสียงแบบไสและโค้งมีต้นไม้เพื่อลดการสะท้อนของเสียง ที่ Hong Kong	31
ภาพที่ 2.20: เปรียบเทียบ (RT) ระหว่างห้องว่างกับห้องที่มีสวนแนวตั้ง	32
ภาพที่ 2.21: ภาพตัดของสวนแนวตั้ง (Vertical Garden / Green Wall)	32
ภาพที่ 2.22: การทดสอบคุณสมบัติการกันเสียงของสวนแนวตั้ง 3 รูปแบบ	33
ภาพที่ 2.23: ผลทดสอบคุณสมบัติการกันเสียงของสวนแนวตั้งใน 3 รูปแบบ	33
ภาพที่ 2.24: ประสิทธิภาพการซับเสียงของสวนแนวตั้งใน 2 รูปแบบ	34
ภาพที่ 2.25: สวนแนวตั้ง (Green wall) ในบริเวณที่พักอาศัยในประเทศ Singapore	35
ภาพที่ 2.26: สวนแนวตั้ง (Green wall) ที่ Hort Park ประเทศ Singapore	35
ภาพที่ 3.1: Conceptual Research Framework Diagram	36
ภาพที่ 3.2: บริษัท Slot-Nankai co.,ltd	38
ภาพที่ 3.3: ส่วนสำนักงานของบริษัท Slot-Nankai co.,ltd	39
ภาพที่ 3.4: แผ่นฉนวนซับเสียง ISO NOISE	40
ภาพที่ 3.5: เปรียบเทียบคุณสมบัติการซับเสียงของชนิดต้นไม้โดยใช้ท่อนำเสียง	41
ภาพที่ 3.6: เครื่องวัดระดับเสียง Lutron SL-4010 ลำโพง และอุปกรณ์ประกอบ	42
ภาพที่ 3.7 การเชื่อมโยงของสภาพแวดล้อมของห้องทดลอง เสียงรบกวนจำลอง และคุณลักษณะ การซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด	45
ภาพที่ 3.8: การเปรียบเทียบคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด กับคุณลักษณะการซับเสียงเสียงของวัสดุแผ่นซับเสียง ISO NOISE	46
ภาพที่ 3.9: การหาแนวทางบรรเทาผลกระทบทางเสียงด้วยสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด บนพื้นฐานมาตรฐานเสียงขององค์การอนามัยโลกและกรมควบคุม มลพิษแห่งประเทศไทย	47
ภาพที่ 3.10: ผังพื้นที่ภายในห้องทดลองแสดงตำแหน่ง ลำโพง การติดตั้งวัสดุทดสอบ และเครื่องรับเสียง	50
ภาพที่ 3.11: ห้องกำเนิดเสียง (Source room) และ ห้องรับเสียง (Receiving room)	50
ภาพที่ 3.12: การแบ่งจำแนกสถานการณ์และชนิดของวัสดุในการทดสอบ	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.13: Scenario (I) ไม่มีวัสดุ	51
ภาพที่ 3.14: Scenario (II) แผ่นซับเสียง ISO NOISE	52
ภาพที่ 3.15: Scenario (III) แผ่นสักหลาด (Felt panel)	52
ภาพที่ 3.16: Scenario (IV) สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall)	53
ภาพที่ 4.1: วัดผลจากห้องกำเนิดเสียง (Source Room) และวัดผลจากห้องรับเสียง (Receiving Room)	54
ภาพที่ 4.2: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงกำแพงคอนกรีตโดยไม่มีวัสดุ	55
ภาพที่ 4.3: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของแผ่นฉนวน ISO NOISE	55
ภาพที่ 4.4: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของแผงสักหลาด (Felt panel)	56
ภาพที่ 4.5: เฟิร์นใบมะขาม (Nephrolepis cordifolia) ที่ใช้ในการทดลอง	57
ภาพที่ 4.6: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall)	57
ภาพที่ 4.7: เปรียบเทียบคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุทดลองโดยการวัดค่าแบบ 1/1 Octave Band	58
ภาพที่ 4.8: เปรียบเทียบคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุทดลองโดยการวัดค่าด้วยระดับเสียง Leq	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการศึกษา

องค์การอนามัยโลก World Health Organization (WHO) ได้ระบุว่าสุขภาพที่ดีนั้นต้องประกอบไปด้วยทั้ง ร่างกาย จิตใจ และความเป็นอยู่ทางสังคมที่ดี โดยมลภาวะทางเสียงเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่ลดคุณภาพในการใช้ชีวิตของคนในสังคมปัจจุบันโดยที่ไม่รู้ตัว มลภาวะทางเสียงนั้นมีผลกระทบด้วยกันหลากหลายรูปแบบในแบบที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือการสูญเสียการได้ยินและผลกระทบต่อระบบหลอดเลือดและหัวใจจากผลวิจัยหากเข้าไปอยู่ในสภาวะที่มีความดังของเสียงเกิน 50 DB (Fetterman, 2018) ทำให้เพิ่มความเครียด วิตกกังวล ความดันโลหิตสูง และยังเพิ่มความเสี่ยงของการเป็นโรคหัวใจรวมถึงกล้ามเนื้อหัวใจตายอีกด้วย (World Health Organization, 1999)

ในกรุงเทพมหานครนั้นมีการร้องเรียนถึงปัญหาของเสียงรบกวนจากการจราจรบนท้องถนนมาเป็นอันดับหนึ่ง โดยมากถึง 22.53% (Pongkijvorasin, 2018) โดยต้นเหตุของมลภาวะทางเสียงจากการจราจรบนท้องถนนในกรุงเทพมหานครนั้นคือยานพาหนะที่สามารถก่อให้เกิดเสียงที่ดังและอันตรายต่อ สุขภาพรวมถึงก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย เช่น รถตุ๊กตุ๊ก รถขายของที่ติดลำโพง และที่มีผลกระทบอย่างชัดเจน คือยานพาหนะที่มีการการตกแต่งท่อไอเสียให้เสียงดัง และในบางกรณีดังถึง 125 DB จะเห็นได้ว่าข้อมูล มลภาวะทางเสียงจากกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่ทั้งหมดในกรุงเทพมหานครนั้นล้วนเกิน 50 DB ทั้งหมดโดยในบางพื้นที่นั้นเกินกว่า 70 DB ทั้งกลางวันและกลางคืนจึงทำให้คุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่นั้น ๆ ลดลง รวมถึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะมีปัญหาสุขภาพในระยะยาวอีกด้วย

การควบคุมมลภาวะทางเสียงโดยการปลูกต้นไม้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถทำได้ หนึ่งในคุณสมบัติของต้นไม้คือ สามารถที่จะดูดซับเสียงได้โดยการปลูกไว้ใกล้แหล่งกำเนิดเสียง เช่น ถนน แม่น้ำ หรือทางรถไฟ เป็นต้น รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวอีกด้วยโดยถนนที่มีต้นไม้มีฝุนน้อยกว่าถนนที่ไม่มีต้นไม้ถึง 2/3 ทั้งยังมีอุณหภูมิพื้นผิวที่เย็นกว่าจากร่มเงา ทั้งต้นไม้ยังทำหน้าที่ สร้างออกซิเจนและเป็นตัวกรองอากาศ เพิ่มร่มเงาในวันที่แดดร้อน เก็บความร้อนในตอนกลางคืน และยังเป็นที่ซับเสียงโดยธรรมชาติอีกด้วย จากหลาย ๆ งานวิจัยนั้นแสดงให้เห็นว่าต้นไม้สามารถซับเสียงได้มากถึง 10 DB โดยต้องมีความยาวของแนวต้นไม้ที่ 15-30 เมตร ต้องใช้ต้นไม้ที่มีลักษณะใบหนา ใบเยอะ และคำนึงถึงความสูงที่เหมาะสมกับแหล่งกำเนิดเสียง (Tanaka, Ikeda, Kimura & Simazawa, 1979) รวมถึงแนวต้นไม้ยังสามารถทำให้ความรู้สึกต่อเสียงที่ดังของผู้ฟังมีต่อเสียงนั้นลดลงอีกด้วย (Grey & Deneke, 1986)

แนวทางการแก้ไขมลภาวะทางเสียงนั้นสามารถใช้กำแพงกันเสียงจากต้นไม้และ Vertical garden/Green wall บนอาคารเป็นอีกหนึ่งวิธีที่น่าสนใจเพื่อการปรับปรุงคุณภาพชีวิตภายในที่อยู่อาศัยได้โดยมีตัวอย่างในหลาย ๆ ประเทศ เช่น Denmark, Germany, Netherlands, Singapore เป็นต้น โดยการใช้กำแพงกันเสียงโดยมีต้นไม้เป็นส่วนผสมนั้นก็มีอีกหนึ่งข้อได้เปรียบคือ การซับเสียงที่สะท้อนจากแหล่งกำเนิดเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากำแพงกันเสียงปกติทำให้สามารถกันเสียงได้มากขึ้นและลดเสียงสะท้อนได้มากขึ้นอีกด้วย ในหลายปีที่ผ่านมานี้มีมลภาวะทางเสียงได้รับความสนใจมากขึ้น โดยมีหลายงานวิจัยที่ใช้ต้นไม้หรือระบบ Green wall ในการซับเสียงจากมลภาวะทางเสียงโดยการใช้วัสดุจากธรรมชาติ นอกจากนี้งานวิจัยจากการศึกษาเรื่องการกันเสียงและความสามารถในการซับเสียงยังมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีอีกหลาย ๆ ปัจจัยจึงต้องศึกษาต่อไปในงานวิจัยฉบับนี้จึงศึกษาและมุ่งเน้นเกี่ยวกับการซับเสียงและการกันเสียงของ Green wall ที่ติดตั้งบนอาคารซึ่งมีคุณสมบัติในการซับเสียงจากมลภาวะทางเสียงและเป็นอีกหนึ่งการแก้ไขปัญหาที่ยั่งยืนและเหมาะสมมากที่สุดในปัจจุบัน

1.2 ขอบเขตและข้อจำกัดในงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งศึกษาและวิเคราะห์ถึงความสามารถในการซับเสียงจากมลภาวะทางเสียงด้วยกำแพงกันเสียงจากต้นไม้ในอาคารที่อยู่อาศัยโดยใช้การวัดค่าทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของกำแพงกันเสียงจากต้นไม้

สวนแนวตั้ง (Green wall) ชนิด Felt panel ที่ใช้ในการทดลองนี้เพราะชนิดอื่นนั้นมีข้อบกพร่องในการกันเสียงทะลุผ่านเช่นสวนแนวตั้งชนิดกระถาง (Pot system green wall) นั้นมีข้อบกพร่องในเรื่องของช่องว่างระหว่างหน่วยที่เสียงสามารถทะลุผ่านได้อย่างง่ายดายในแบบแผงสักหวด (Felt panel) นั้นไม่มีช่องว่างระหว่างแต่ละแผ่นอย่างไรก็ตามมีสวนแนวตั้ง (Green wall) ที่มีโครงสร้างแบบแกนวิชที่หนากว่าระบบแผงสักหวด (Felt panel) และสันนิษฐานว่าระบบโครงสร้างแกนวิชนั้นจะเป็นฉนวนกันเสียงที่ดีกว่าแต่มาพร้อมกับราคาที่สูงขึ้น

1.3 คำถามงานวิจัย

1.3.1 สวนแนวตั้ง (Green wall) สามารถลดมลภาวะทางเสียงได้หรือไม่

1.3.2 สวนแนวตั้ง (Green wall) สามารถเป็นวัสดุทดแทนในการลดมลภาวะทางเสียงได้หรือไม่

1.4 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

- 1.4.1 เพื่อทดสอบการซับเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) ต่อมลภาวะทางเสียง
- 1.4.2 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความแตกต่างในการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) เมื่อเทียบกับวัสดุซับเสียงชนิดอื่น
- 1.4.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางการบรรเทาปัญหามลภาวะทางเสียงด้วยสวนแนวตั้ง (Green wall) ในที่อยู่อาศัย

1.5 สมมุติฐานในการศึกษา

กำแพงกันเสียงจากต้นไม้หรือสวนแนวตั้ง (Green wall) นั้นสามารถซับเสียงจากมลภาวะทางเสียงได้ โดยความสามารถในการซับเสียงนั้นขึ้นอยู่กับ ชนิดของกำแพง ชนิดของต้นไม้และจำนวน ชนิดของโครงสร้างสวนแนวตั้ง (Green wall) ขนาด และความห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้นมีผลต่อการซับเสียงของกำแพงกันเสียงจากต้นไม้

- 1.5.1 สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) สามารถลดมลภาวะทางเสียงลงมาได้ตามค่ามาตรฐาน
- 1.5.2 สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) สามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนได้ในการลดมลภาวะทางเสียง

1.6 วิธีดำเนินการศึกษา

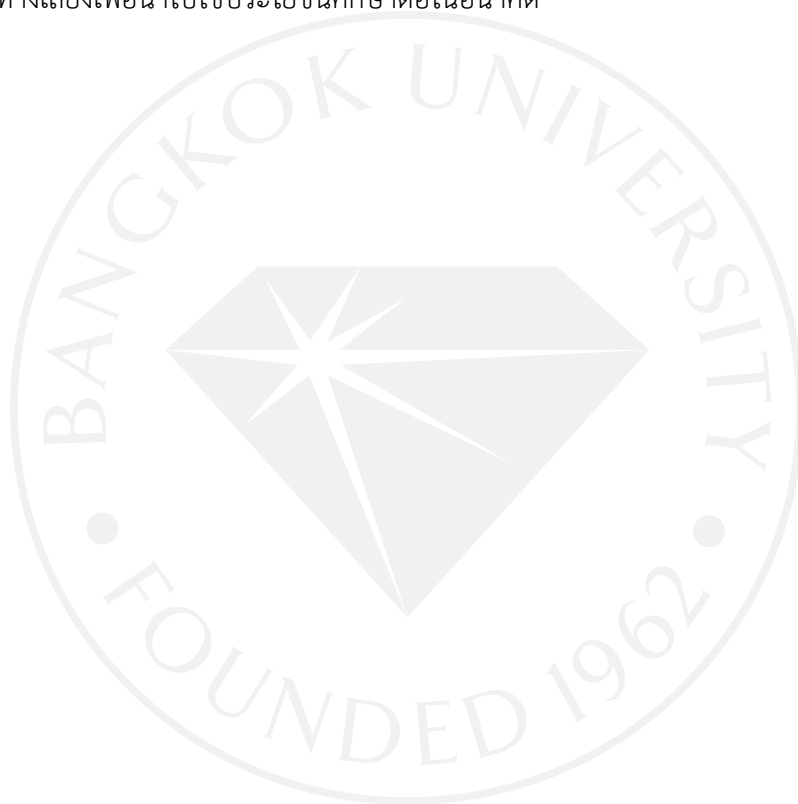
การดำเนินการศึกษานั้นดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยใช้เอกสารเพื่อการค้นคว้า (Documentary Research) ได้แก่ บทความ หนังสือ งานวิจัย วิทยานิพนธ์ มาตรฐานของมลภาวะทางเสียงทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง บทสัมภาษณ์ ตลอดจนเว็บไซต์ ของหน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ และการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ได้แก่ การวัดค่าระดับเสียงก่อนและหลังติดตั้งของสวนแนวตั้งและวัสดุที่ใช้เปรียบเทียบ (Scientific Testing) ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อช่วยให้เข้าใจถึงสภาพปัญหาต่าง ๆ และสามารถค้นคว้าแนวทางการแก้ไขปัญหามลภาวะทางเสียงโดยกำแพงกันเสียงจากต้นไม้ที่เหมาะสมต่อไป

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1.7.1 ได้ศึกษาและรู้ถึงผลเสียจากมลภาวะทางเสียงที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง

1.7.2 ได้ศึกษาประสิทธิภาพการซับเสียงจากต้นไม้ต่อมลภาวะทางเสียงที่มีผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยทั้งก่อนและหลังจากการติดตั้งสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall)

1.7.3 เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่องค์กรที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจในเรื่องการซับเสียงของกำแพงกันเสียงจากต้นไม้รวมถึง Design guidelines ของการติดตั้งสวนแนวตั้ง (Green wall) ในการแก้ปัญหามลภาวะทางเสียงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ศึกษาต่อไปในอนาคต



บทที่ 2

การซับเสียงของต้นไม้และมลภาวะทางเสียง

2.1 การซับเสียงของต้นไม้

มีการศึกษาทฤษฎีการซับเสียงของต้นไม้จากงานวิจัยหลาย ๆ แขนงด้วยกันแต่มีการศึกษาข้อมูลคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) ระบบแผง (Panel) นั้นมีน้อยและจำกัดจึงจำเป็นต้องนำข้อมูลและทฤษฎีการซับเสียงของต้นไม้ต่าง ๆ มาศึกษาต่อยอดและเป็นแนวทางการออกแบบการทดสอบงานวิจัยเพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคารหรือที่พักอาศัยที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงด้วยต้นไม้

2.1.1 การควบคุมมลภาวะทางเสียงด้วยต้นไม้

การใช้ต้นไม้เป็นกำแพงกันเสียงนั้นสามารถทำได้โดยการปลูกไว้ใกล้แหล่งกำเนิดเสียง เช่น ถนน ทางรถไฟ ลำคลอง สนามบิน เป็นต้นโดยยังเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวอีกด้วยถนนที่มีต้นไม้ปลูกอยู่ข้าง ๆ มีฝุ่น น้อยกว่าถนนที่ไม่มีต้นไม้ถึง 2/3 (Zaady, Katra, Shuker, Knoll & Shlomo, 2018) ต้นไม้ยังสามารถลดความรู้สึกของผู้ฟังที่มีต่อเสียงได้อีกด้วย (Grey & Deneke, 1986) ซ้ำยังทำหน้าที่เป็นร่มเงาในเวลากลางวันเก็บความร้อนในเวลากลางคืนช่วยกรองมลพิษ ผลิตออกซิเจน และยังเป็นที่ซับเสียงโดยธรรมชาติอีกด้วยการใช้ต้นไม้ในการซับเสียงนั้นสามารถลดระดับเสียงได้มากถึง 10 DB โดยปลูก เป็นแนวต้นไม้ยาว 15 ถึง 30 เมตร ชนิดของต้นไม้ต้องมีใบหนาและใหญ่ ต้องคำนึงถึงความสูงและตำแหน่งของการเกิดเสียงเพื่อการซับเสียงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยต้องมีความสูงอย่างน้อยสามเท่าจากแหล่งกำเนิดเสียงและกว้างสี่เท่าจากแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการกันเสียง (Tanaka, et al., 1979)

1.1.2 ระบบสวนแนวตั้ง (Green Wall System)

การจัดสวนแนวตั้ง (Green Wall / Vertical Garden) ถือเป็นการจัดสวนรูปแบบหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากที่อยู่อาศัยในปัจจุบันอาจมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัดในการจัดสวน ตัวอย่างเช่น คอนโด ทาวน์เฮาส์ หรือการตกแต่งสวนผนังข้างสระน้ำ หรือในห้างสรรพสินค้าซึ่งการจัดสวนลักษณะนี้จะได้ความสดชื่นจากต้นไม้ ได้เพิ่มพื้นที่สีเขียวรวมถึงช่วยลดความร้อนลดอุณหภูมิให้ตัวอาคาร บ้านเรือนช่วยกรองอากาศลดเสียงรบกวน และช่วยเพิ่มความสดใสน่าสบายอีกด้วย (Manso & Castro-Gomes, 2015; Sheweka & Magdy, 2011)

นอกจากนี้โดยเฉพาะการจัดสวนแนวตั้งด้วยระบบแผง (Panel) ค่อนข้างเป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากตัวโครงสร้างของแผง (panel) มีความบาง ช่วยประหยัดพื้นที่ เมื่อปลูกต้นไม้ทำให้มีความสวยงาม อีกทั้งยังสามารถเพิ่มลูกเล่น เช่น การจัดต้นไม้ไล่สี หรือทำเป็นลวดลายต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย โดยในการจัดสวนแนวตั้ง สิ่งสำคัญคือ วัสดุที่มีความแข็งแรง ปลอดภัย เมื่อใช้งานจริง รวมถึง

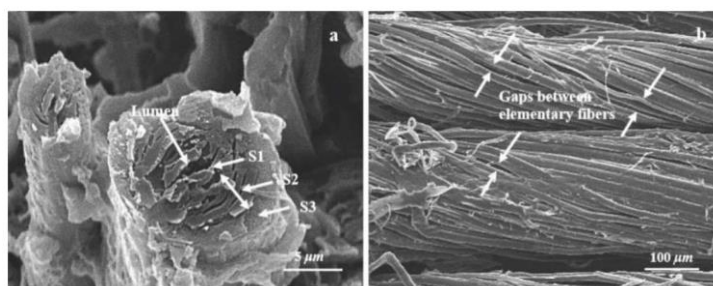
ระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ สามารถให้น้ำได้อย่างทั่วถึงในทุก ๆ จุด จึงจะทำให้ต้นไม้เจริญเติบโต
ดูสวยงาม

การจัดสวนแนวตั้ง (Green Wall/Vertical Garden) ระบบกระถาง (pot) จะเป็นการใช้
กระถางมาจัดเรียงตามแบบที่เหมาะสมสวนแนวตั้งระบบนี้จะค่อนข้างมีความสะดวกสบายเปลี่ยนง่าย
สามารถติดตั้งได้อย่างง่ายดาย ต้นไม้ที่ใช้ควรเป็นต้นที่มีขนาดเล็กหรือขนาดกลางกระถางที่ดีควรมี
ความแข็งแรงคงทนเมื่อติดตั้งแล้วมีความปลอดภัยในการใช้งานซึ่งโดยทั้งนี้เราได้มีผลิตภัณฑ์สำหรับ
การจัดสวนแนวตั้งชนิดกระถางให้เลือกอย่างมากมาย ซึ่งแต่ละรุ่นก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน
ออกไป

1.1.3 คุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุธรรมชาติและโครงสร้างสังเคราะห์แบบ Sandwich

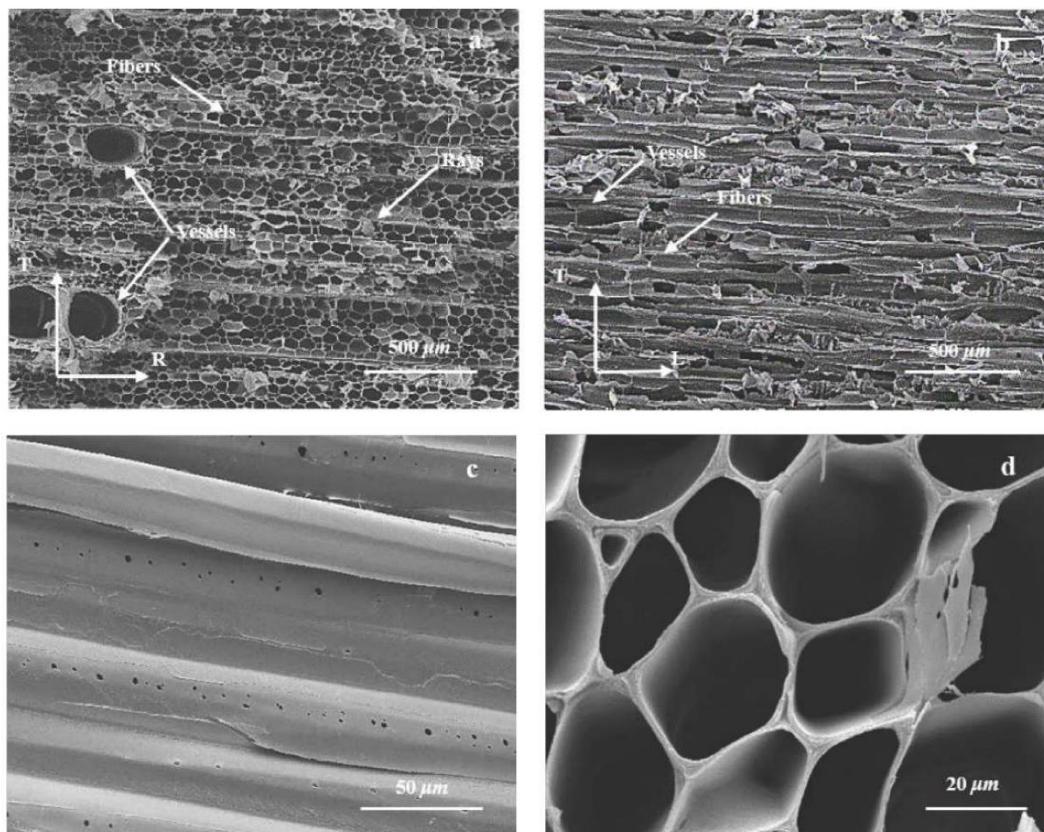
เส้นใยธรรมชาติและไม้เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมพร้อมด้วยมีโครงสร้างจุลภาคหลาย
ชั้น ในการประเมินประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของเส้นใยผ้าลินินและไม้บัลซ่านั้นโครงสร้างจุลภาค
ของวัสดุธรรมชาตินี้ได้ทำการศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์เพื่อทำการทดสอบกลไกการกระจายเสียงที่
ซับซ้อน โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของผ้าใยปอถูกทดสอบโดยใช้แบบจำลองความพรุนสองชั้น
ซึ่งแสดงผลลัพธ์ที่ค่อนข้างละเอียดและแม่นยำ โดยพบว่าโครงสร้างแบบ Sandwich เมื่อนำมาใช้
ผสมผสานกับวัสดุแบบธรรมชาตินั้นได้ให้ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่เหนือกว่าเมื่อเทียบกับ
โครงสร้าง Sandwich ที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์เนื่องจากมีโครงสร้างหลายชั้นและหลากหลายใน
การซับคลื่นเสียงและการกระจายพลังงาน สรุปได้ว่าโครงสร้าง Sandwich ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติมี
ศักยภาพในการดูดซับเสียงโดยมีความสามารถอย่างโดดเด่นและเห็นได้ชัดในการทดสอบกับคลื่น
ความถี่สูง (Zhang, Shen, Jiang, & Li, 2018)

ภาพที่ 2.1: รูปตัดของเส้นใยผ้าลินินส่องโดยกล้องจุลทรรศน์



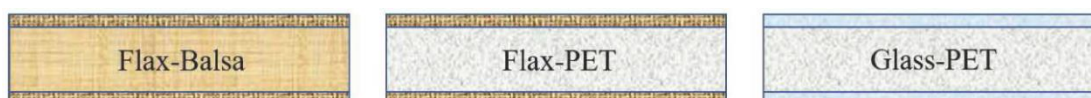
ที่มา: Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of
Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version].
Aerospace, 5(3), 75.

ภาพที่ 2.2: รูปตัดของไม้บัลซาส่งโดยกล้องจุลทรรศน์



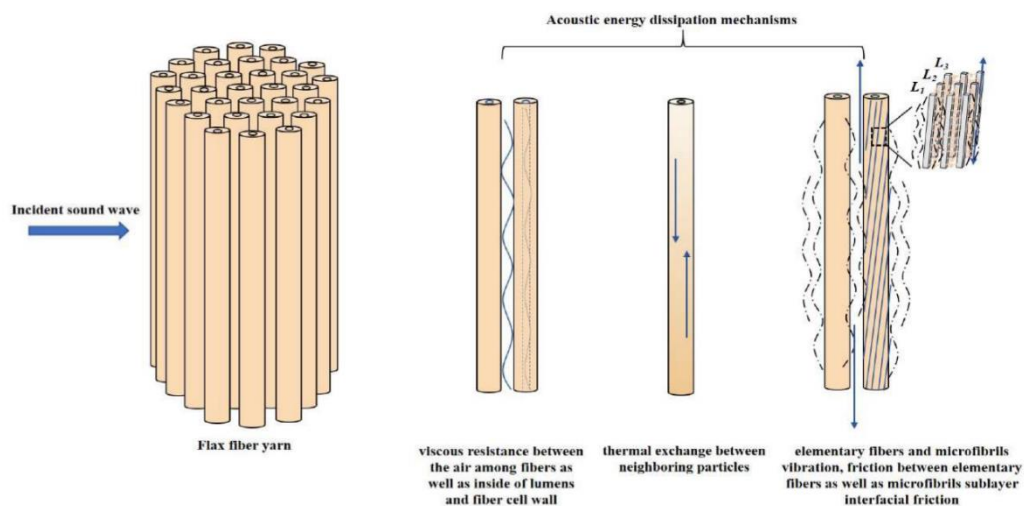
ที่มา: Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version]. *Aerospace*, 5(3), 75.

ภาพที่ 2.3 รูปแบบของวัสดุจากใยธรรมชาติในการทดสอบเปรียบเทียบโครงสร้างสังเคราะห์แบบ Sandwich



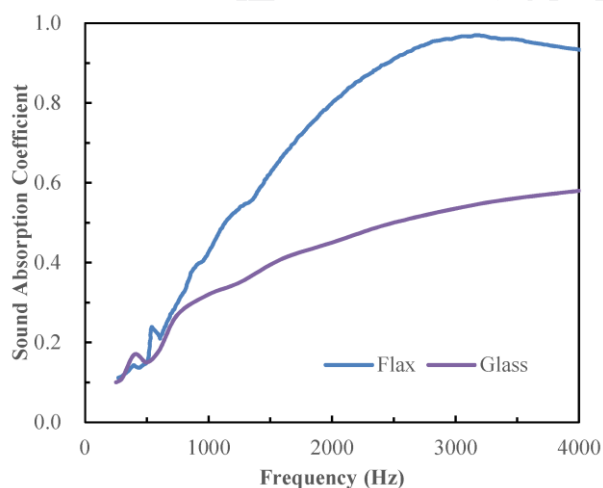
ที่มา: Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version]. *Aerospace*, 5(3), 75.

ภาพที่ 2.4: กระบวนการซับเสียงของเส้นใยธรรมชาติ



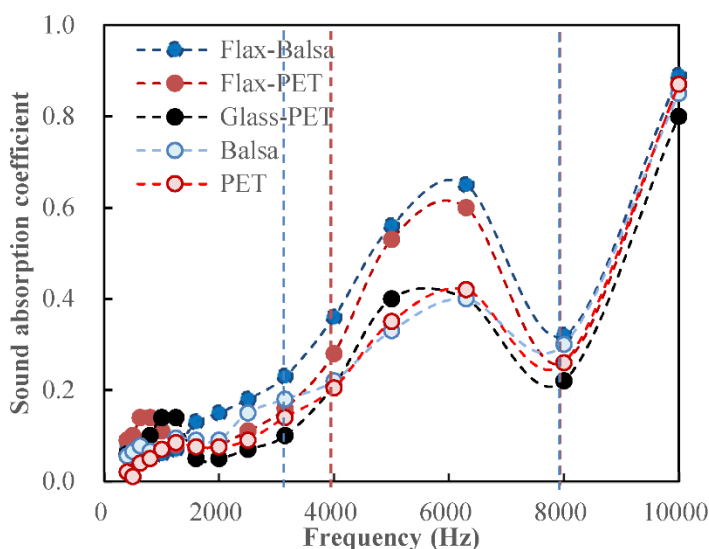
ที่มา: Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version]. *Aerospace*, 5(3), 75.

ภาพที่ 2.5: เปรียบเทียบการซับเสียงระหว่างวัสดุเส้นใยธรรมชาติกับเส้นใยแก้วสังเคราะห์



ที่มา: Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version]. *Aerospace*, 5(3), 75.

ภาพที่ 2.6: เปรียบเทียบการซับเสียงของวัสดุต่าง ๆ ในโครงสร้างแบบ Sandwich



ที่มา: Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version]. *Aerospace*, 5(3), 75.

จะเห็นได้ว่าเส้นใยธรรมชาตินั้นมีความสามารถในการซับเสียงที่โดดเด่นกว่าเส้นใยสังเคราะห์ (ปัจจุบันในอุตสาหกรรมการบินใช้แผ่นซับเสียงโครงสร้างแบบ Sandwich จากใยแก้วสังเคราะห์) เนื่องจากผนังเซลล์ที่ไม่มีขนาดและรูปแบบตายตัวมีความสูงต่ำจึงทำให้สามารถซับคลื่นเสียงได้อย่างโดดเด่นโดยจากการทดสอบนี้ทำให้กระบวนการใช้ต้นไม้ในการบรรเทาผลกระทบทางเสียงนั้นมีความน่าสนใจและเป็นไปได้โดยเฉพาะ Green wall ระบบ Panel ซึ่งตัวผนังเองมีรูปแบบใกล้เคียงกับโครงสร้างแบบ Sandwich ตามงานวิจัยข้างต้น

2.1.4 การซับเสียงของสวนแนวตั้งหรือ Green Wall

นอกจากความร่มรื่นสวยงามนั้นสวนแนวตั้งหรือ Green Wall นั้นยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวซับเสียงได้ดีได้ด้วยการซับเสียงของ Green Wall นั้นขึ้นอยู่กับ มวล ความหนาแน่น และความชื้น (Davis, Tenpierik, Perez & Cevallos, 2016) ซ้ำยังช่วยลด ปรากฏการเกาะความร้อนในเมือง (Aram, Higuera, Solgi & Mansournia, 2019) และฝุ่นละอองได้อีกด้วย (Zaady, et al., 2018) Green Wall และสวนแนวตั้งยังช่วยบรรเทาเสียงที่เกิดจาก มลภาวะทางเสียงได้เป็นอย่างดี และมันยังมีคุณสมบัติซับเสียงได้ดีกว่าหรือเท่ากับวัสดุก่อสร้างปัจจุบันอย่างเห็นได้ชัด (Azkorra, et al., 2015) และได้ความเป็นธรรมชาติและพื้นที่สีเขียวที่เพิ่มขึ้นให้ชุมชนเมืองอีกด้วย

ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island) การที่ชุมชนเมืองประกอบด้วยอาคาร บ้านเรือน และตึกสูง ๆ ทำให้มีวัสดุที่คอยดูดซับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์อยู่มากมายรวมไปถึง ความร้อนที่ เกิดขึ้นจากการเผาผลาญพลังงานเชื้อเพลิงไอเสียที่มาจากรถยนต์มลพิษต่าง ๆ ทำให้เกิด ปรากฏการณ์เรือน กระจกเฉพาะบริเวณได้อีกทั้งฝุ่นที่ แหวนลอยอยู่ในอากาศก็เป็นตัวดูดซับความร้อน ไว้เพิ่มมากขึ้น ต้นไม้ที่เคย ทำหน้าที่คอยดูดซับรังสีของดวงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานใน กระบวนการสังเคราะห์แสงมีน้อยลง จึง ทำให้แสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาถึงวัตถุเต็ม ๆ ความร้อนก็จะถูก ดูดซับไว้และทำให้อากาศร้อนขึ้นความร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องปรับอากาศของอาคารโรงงาน อุตสาหกรรมและแหล่งก่อความร้อนอื่น ๆ ในเมืองต่างมีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนได้ เช่นกันรวมทั้งบริเวณที่มีประชากรหนาแน่นมลภาวะในรูปแบบต่าง ๆ เหล่านี้มีส่วนเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติของชั้นบรรยากาศทั้งสิ้น นอกจากผลกระทบที่เห็นเด่นชัดเกี่ยวกับอุณหภูมิแล้วปรากฏการณ์ เกาะความร้อนยังมีผลกระทบด้าน อุตุนิยมวิทยาอื่นด้วย เช่นการเปลี่ยนรูปแบบของลมประจำถิ่น การเกิดเมฆหมอกความชื้นและอัตราของหยาดน้ำฟ้า (Precipitation-ฝน หิมะ น้ำค้าง ฯลฯ) เนื่องจากกระบวนการพาความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่มีต่อพื้นโลกทำให้มวลอากาศที่อยู่ใกล้พื้น โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นหากมีความชื้นพอเหมาะเมื่อลอยสูงขึ้นไปอาจก่อตัวเป็นเมฆและฝนการเพิ่มพื้นที่ สีเขียวในชุมชนเมืองและที่อยู่อาศัยนั้นสามารถช่วยบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนได้อย่างชัดเจน และยั่งยืน (Sheweka & Magdy, 2011)

Sound Absorption Coefficient (SAC) หรือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงเป็นค่าที่ทำให้ เราประเมินได้ว่าวัสดุนั้นมีคุณสมบัติในการดูดซับพลังงานเสียงได้ดีเพียงไรยังมีค่า SAC มาก หรือ เข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าวัสดุนั้นสามารถดูดกลืนเสียงได้มากเพราะค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืน เสียงนั้นจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ยิ่งมีค่าน้อยแสดงว่าดูดกลืนเสียงได้ไม่ดี หรือมีการสะท้อนเสียงออกไป ได้มากนั่นเองยกตัวอย่างเช่น หากวัสดุซับเสียงนั้นมีค่า SAC = 0.40 ที่ 500 Hz ความหมายคือเมื่อมี พลังงานเสียงมากระทบกับวัสดุนั้น ตัววัสดุจะสามารถดูดกลืนพลังงานเสียงนั้นที่ย่านความถี่ 500 Hz ไปได้ถึงร้อยละ 40 ที่เหลืออีกร้อยละ 60 ก็จะสะท้อนกลับออกไป (Abu-baker, Yasir, Horani, & Hammad, 2010; Azkorra, et al., 2015; Ismail, 2013;)

Noise Reduction Coefficient (NRC) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง เป็นค่าที่บอกให้ ทราบถึงพลังงานเสียงที่ลดลงเมื่อใช้วัสดุนั้นมาช่วยในการซับเสียงค่า NRC เป็นค่าที่คำนวณได้จาก ค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ช่วง 250Hz 500Hz 1000Hz และ 2000Hz เพราะฉะนั้นเมื่อเราทราบค่า SAC เราก็จะทราบค่า NRC ด้วยซึ่งค่า NRC ควรจะดูประกอบกับค่า SAC เพราะจะช่วยให้เราเลือกวัสดุซับ เสียงมาแก้ไขปัญหาได้ สอดคล้องกับแหล่งกำเนิดเสียง โดยค่า NRC ของวัสดุซับเสียงนั้นควรจะ เท่ากับ 0.40 หรือมากกว่าจึงจะถือว่าเป็นวัสดุซับเสียง ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของสวนแนวตั้งหรือ Green Wall นั้นมีการซับเสียงจากหลาย ๆ ส่วนเช่นใบของต้นไม้รวมไปถึงดินและโครงสร้างของสวน

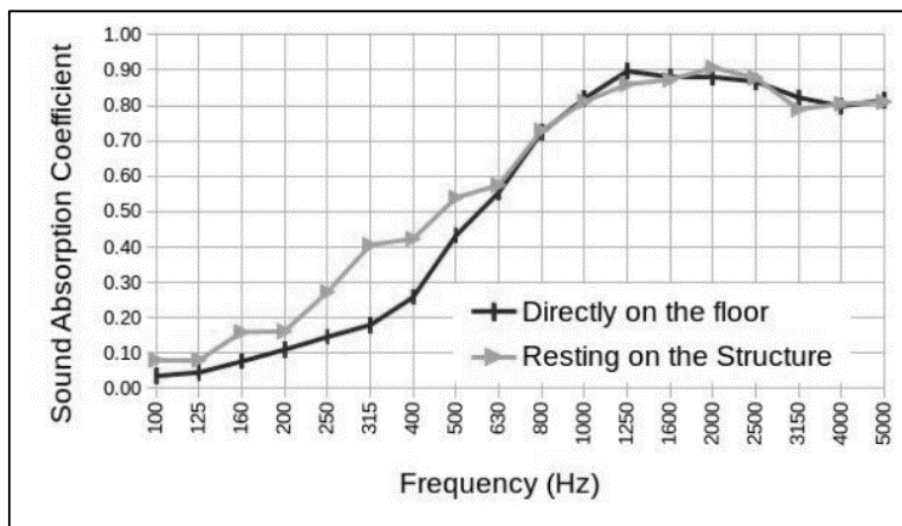
แนวตั้งหรือ Green Wall ที่มีความสามารถในการซับเสียงเป็นอย่างดีทำให้ค่า NRC เท่ากับ 0.40 (Azkorra, et al., 2015; Ismail, 2013) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับวัสดุซับเสียงแบบแผ่นโฟม Open Cell ขนาด 12 mm. อีกด้วยในทางทฤษฎีนั้นหูของมนุษย์ไม่สามารถแยกความแตกต่างของค่า NRC ได้ต่ำกว่า 0.05 ฉะนั้น ความแตกต่างของแผ่นโฟม Open Cell ขนาด 12 mm. และผนัง Green Wall แบบกระถางนั้นแทบไม่ได้แตกต่างกันในความรู้สึกของมนุษย์

ตารางที่ 2.1: ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของวัสดุ

วัสดุ (Material)	Noise Reduction Coefficient (NRC)
คอนกรีต	0.02
แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.07
ไม้	0.09
แผ่นไม้อัดหนา 10 mm.	0.15
กระจก	0.16
พรมบนพื้นคอนกรีต	0.29
สวนแนวตั้งหรือ Green Wall ระบบกระถาง	0.40
แผ่นโฟม Open Cell 12 mm.	0.46

ที่มา: Newtech Insulation. (2016). *SAC and NRC*. Retrieved from <https://www.noisecontrol.company/noise/knowledge/sac-and-nrc/>

ภาพที่ 2.7: การเปรียบเทียบ SAC ระหว่าง Green wall บนพื้นกับบนโครงสร้างค้ำยัน



ที่มา: Thomazelli, R., Caetano, F., & Bertoli, S. (2016). Acoustic properties of green walls: Absorption and insulation [Electronics version]. *Proceedings of meetings on acoustics Acoustical Society of America*, 28(1).

2.1.5 ระดับเสียงพื้นฐาน Background Noise Level (BNL)

ระดับเสียงที่ตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมขณะที่ไม่มีเสียงรบกวนเฉพาะเป็นระดับเสียงที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (Percentile Level 90, LA90) หมายความว่า ร้อยละ 90 ของระยะเวลาที่ตรวจวัดค่าระดับเสียงคือค่าระดับเสียงของ Background Noise Level เช่นตัวอย่างตามตารางด้านล่าง (BNL เท่ากับ 49.6 dBA)

ตารางที่ 2.2: อธิบายการหาค่าเสียงของ Background Noise Level (BNL)

เวลา	dBA
1	78.6
2	77.2
...	
...	

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ): อธิบายการหาค่าเสียงของ Background Noise Level (BNL)

เวลา	dBA
89	53.0
90	49.6
...	
...	
100	47.9

2.1.6 เวลาการสะท้อนกลับของเสียง Reverberation Time (RT)

Reverberation time หรือ RT, RT60 คือ เวลาการสะท้อนกลับของเสียงที่คงเหลืออยู่เมื่อต้นกำเนิดของเสียงหยุดลงแล้วเป็นการวัดค่าของเวลาที่เสียงสะท้อนกลับที่มีระดับเสียงลดลงเมื่อต้นกำเนิดของเสียงหยุดลงแล้ว ถ้าหากเวลาในการสะท้อนกลับมานั้นมากเกินไปจะได้ยินเสียงสะท้อนมาก (Live Sound) และหากเวลาสะท้อนกลับของเสียงน้อยเกินไปทำให้เกิดเสียงแห้ง (Dead Sound) จึงทำให้ค่าเวลาการสะท้อนกลับของเสียงมีผลโดยตรงกับผู้อยู่อาศัย

2.1.7 ค่าดัชนีการส่งผ่านของเสียงพูด Speech Transmission Index (STI)

ค่าดัชนีการส่งผ่านของเสียงพูด (Speech Transmission Index) หรือ STI คือค่าคุณภาพหรือค่าความสามารถในการส่งเสียงพูดในพื้นที่ปิดซึ่งสามารถแสดงความยากง่ายในการเข้าใจและรับรู้เสียงพูดนั้น ๆ เป็นค่าดัชนีระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่าดัชนี 0 หมายถึงในที่นั้นไม่สามารถรับสารใด ๆ ได้เลยส่วนดัชนีค่า 1 นั้นหมายถึงผู้ฟังสามารถรับรู้ความหมายของเสียงพูดนั้นได้อย่างง่ายดายและชัดเจน โดยมาจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าห้องปกตินั้นค่า STI ที่เหมาะสมต่อการสนทนาสื่อสารต้องมีค่าดัชนี STI สูงกว่า 0.62

2.2 มลภาวะทางเสียง

การเกิดมลภาวะทางเสียงนั้นเกิดจากหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบหลายอย่างกับสุขภาพของผู้ที่มีที่พักอาศัยอยู่ใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดมลภาวะทางเสียง ซึ่งจากการวิจัยผลกระทบที่ร้ายแรงอาจส่งผลกระทบต่อระบบหลอดเลือดและหัวใจหากเข้าไปอยู่ในสภาวะที่มีความดังของเสียงเกิน 50 DB ทำให้เพิ่มความเครียด, วิตกกังวล, ความดันโลหิตสูง และยังเพิ่มความเสี่ยงของการเป็นโรคหัวใจ รวมถึงกล้ามเนื้อหัวใจตายอีกด้วย กำแพงกันเสียงจากต้นไม้และสวนแนวตั้งหรือ Green Wall นั้นสามารถซับเสียงจากมลภาวะทางเสียงได้ดีในการนำมาปรับใช้กับที่พักอาศัยหรือพื้นที่ใกล้เคียงกับ

แหล่งกำเนิดของมลภาวะทางเสียง เพื่อการปรับปรุงและเสริมสร้างคุณภาพชีวิตของคนในเมืองให้ดีขึ้น (Kim, et al., 2012; Fetterman, 2018; World Health Organization, 2018)

2.2.1 ความหมายของมลภาวะทางเสียง

มลภาวะทางเสียง (Noise Pollution) หมายถึง ภาวะแวดล้อมที่มีเสียงอันไม่พึงประสงค์ เกิดขึ้นรบกวนโสตประสาทจนได้รับอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสัตว์ จนถึงขั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้ มลภาวะทางเสียง หมายถึง เสียงที่ไม่เป็นที่ต้องการและสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อการได้ยิน เกิดความเครียด และรบกวนการนอนหลับพักผ่อน ส่งผลเสียต่อสุขภาพอนามัยโดยตรง (World Health Organization, 2018)

2.2.2 ลักษณะเฉพาะของมลภาวะทางเสียง

มลภาวะทางเสียงเป็นมลภาวะที่มีความแตกต่างไปจากมลภาวะประเภทอื่น ๆ เนื่องจากเสียงเป็นการเคลื่อนตัวของพลังงานผ่านตัวกลางเข้ามายังอวัยวะรับเสียงของมนุษย์ โดยพลังงานเสียงดังกล่าวสามารถ ก่อให้เกิดประโยชน์ถ้าหากมีความเหมาะสมและถูกเวลาแต่อย่างไรก็ตามพลังงานเสียงที่มากเกินไปสามารถก่อให้เกิดโทษแก่มนุษย์ได้ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2535)

มลภาวะทางเสียงเป็นมลภาวะที่เกิดขึ้นและดับลงขณะที่มีการเกิดมลภาวะทางเสียงขึ้น สภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวย่อมเกิดความเป็นมลภาวะขึ้นภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใดที่มลภาวะทางเสียงได้หายไปหรืออยู่ในสภาวะที่ปราศจากมลภาวะทางเสียงแล้ว สภาพแวดล้อมดังกล่าวก็หาได้ถูกปนเปื้อนไม่ ลักษณะเฉพาะประเภทนี้เองทำให้แตกต่างจาก มลภาวะทางน้ำ หรือ มลภาวะทางอากาศกล่าวคือเมื่อมลภาวะทางน้ำและอากาศได้รับการปนเปื้อนภาวะเป็นมลภาวะเกิดขึ้นแล้วภาวะเป็นมลภาวะนั้นก็จะคงอยู่ในน้ำในอากาศต่อไปด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้มลภาวะทางเสียงถูกมองข้ามอยู่เสมอ

2.2.3 การแบ่งชนิดของต้นกำเนิดมลภาวะทางเสียงเสียงโดยองค์การอนามัยโลก

เสียงจากการจราจรบนท้องถนน (Road Traffic Noise) คือ เสียงที่เกิดจากการจราจรบนท้องถนนโดย ต้นกำเนิดเสียงส่วนใหญ่มาจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์และยังรวมถึงเสียงรบกวนจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ เช่น เสียงยางหรือ Pavement Noise อีกด้วย

เสียงจากอากาศยาน (Aircraft Noise) คือ เสียงที่มีแหล่งกำเนิดจากอากาศยานโดยเฉพาะประเภทอากาศยานปีกตรึง (Fixed Wing) ที่ใช้เครื่องยนต์ตั้งแต่เครื่องยนต์หนึ่งใบพัดขึ้นไปจนถึงเครื่องยนต์เจ็ท

เสียงจากรางรถไฟ (Railway Noise) คือ เสียงที่เกิดจากการเดินรถไฟบนรางทำให้เกิดการเสียดสีของล้อรถไฟกับรางรวมถึงการเสียดสีของเบรกกับรางทำให้เกิดเสียงขึ้นมา และรวมถึงเสียงเครื่องยนต์ของรถไฟ

เสียงจากกังหันลม (Wind Turbine Noise) คือ เสียงที่มีต้นกำเนิดมาจากการหมุนของกังหันลมทำให้ปีกตืออากาศจนทำให้สามารถกำเนิดเสียงขึ้นมาได้

เสียงรบกวนยามว่าง (Leisure Noise) คือ เสียงที่เกิดจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การฟังเพลงจากหูฟัง งานคอนเสิร์ต เสียงลำโพงขายของ เป็นต้น

2.2.4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลภาวะทางเสียง (World Health Organization, 2018)

มลภาวะทางเสียงนั้นสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้โดยตรงทั้งกายและใจโดยหากมีการสัมผัสเสียงที่เกิน 50 DB นั้นสามารถทำให้เกิด ความเครียด วิตกกังวล นอนไม่หลับ ความดันโลหิตสูง โรคเกี่ยวกับระบบหลอดเลือดและหัวใจ การสูญเสียการได้ยินชั่วคราวหรือถาวรและมีความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจเพิ่มมากกว่าปกติ (Berglund, Schwela, & Thomas, 1999; Kim, et al., 2012; World Health Organization, 2018)

การสูญเสียการได้ยินชั่วคราวหรือถาวร (Temporary or Permanent Hearing Loss) คือ เป็นภาวะที่ผู้ป่วยมีปัญหาทางการได้ยินที่หูข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง โดยอาจเกิดขึ้นช้า ๆ หรือเกิดขึ้นอย่างฉับพลันจากหลายสาเหตุ เช่น อายุมากขึ้นได้ยินเสียงที่ดังต่อเนื่องเป็นเวลานานมีภาวะที่ส่งผลกระทบต่อหูหรือเป็นผลข้างเคียงจากการใช้ยา เป็นต้น ซึ่งผู้ป่วยอาจป้องกันอาการหูตึงได้โดยการแคะหูหรือหลีกเลี่ยง สถานที่ที่มีเสียงดังและยังส่งผลเสียต่อสภาพจิตใจและความเป็นอยู่ของผู้ป่วย โดยอาจทำให้มีปัญหาในการเข้าใจผู้อื่นและผู้ป่วยบางรายอาจเกิดความเครียดรู้สึกหงุดหงิดหรือคิดว่าคนอื่นโกรธที่ตนเองไม่ได้ยิน

โรคเกี่ยวกับระบบหลอดเลือดและหัวใจ (Cardiovascular Health Problem) มีสาเหตุจากการรวมตัวกันของไขมันที่ผนังภายในหลอดเลือดหัวใจ โดยก้อนไขมันนี้เกิดจากคอเลสเตอรอลและของเสียอื่น ๆ และมีชื่อว่า อเธอโรมา (Atheroma) การเกาะตัวกันของก้อนไขมันทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแข็งตัวหรือกระบวนการที่เรียกว่าอะเทอโรสเคลอโรซิส (Atherosclerosis) รวมถึงการขัดขวางทางเดินของเลือด ร่างกายจึงไม่สามารถส่งเลือดไปยังกล้ามเนื้อหัวใจได้ ปัจจัยที่ก่อให้เกิดกระบวนการเหล่านี้ คอเลสเตอรอลสูง ความดันโลหิตสูง สูบบุหรี่ เบาหวาน ภาวะหลอดเลือดอุดตันหรืออาจถึงขั้นกล้ามเนื้อหัวใจตาย (Myocardial-infarction) ได้อีกด้วย (Berglund, et al., 1999)

ความดันโลหิตสูง (Hypertension) เป็นภาวะความดันเลือดภายในหลอดเลือดแดงสูงกว่าปกติ ตลอดเวลา หากไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องจะส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพร้ายแรงตามมาจนอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ โรคความดันสูงส่วนใหญ่ไม่ค่อยแสดงอาการผิดปกติ ยกเว้นในผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันสูงระยะรุนแรงก็อาจมีอาการแสดง เช่น ปวดศีรษะรุนแรง หายใจสั้น เลือดกำเดาไหล ซึ่งอาการเหล่านี้ยังถือว่าเป็นอาการที่ไม่ เฉพาะเจาะจงและบอกไม่ได้ชัดเจน หรือในบางรายทราบเมื่อตรวจพบภาวะแทรกซ้อนจากโรคความดันสูงขึ้นแล้ว ทำให้ต้องหมั่นมีการตรวจสุขภาพและวัดค่า

ความดันโลหิตอย่างสม่ำเสมอจึงทำให้โรคนี้ถูกเรียกว่าเป็น ฆาตกรเงียบ (Silent Killer) ที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้อย่างไม่ทันระวังตัว

ความเครียด (Stress) คือ ภาวะที่ต้องเผชิญแรงกดดันจากเหตุการณ์ร้ายแรงซึ่งภาวะดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของร่างกายและจิตใจที่ผ่านเหตุการณ์ซึ่งก่อให้เกิดความเครียดจะเกิดอาการเครียดประมาณหนึ่งเดือนหากเกิดอาการนานกว่านั้นจะกลายเป็นโรคเครียดหลังเกิดเหตุสะเทือนขวัญโดยทั่วไปแล้วเมื่อต้องเผชิญหน้ากับสถานการณ์อันตรายร่างกายจะหลั่งสารสื่อประสาทที่ทำให้ร่างกายตอบสนองด้วยการสู้หรือหนี (Fight or Fright) ส่งผลให้หัวใจเต้นเร็ว หายใจถี่ขึ้น กล้ามเนื้อหดตัว และความดันโลหิตสูงขึ้นผู้ที่ป่วยเป็นโรคเครียดจะรู้สึกกลัว หวาดระแวง หรือตื่นตระหนกหลังเผชิญสถานการณ์อันตราย ทั้งนี้อาจรู้สึกวิตกกังวล ว้าวุ่น และฟุ้งซ่าน หรือฝันร้ายเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลายครั้ง อย่างไรก็ตามมนุษย์เราจะประสพภาวะเครียดจากสถานการณ์ที่แตกต่างกันไปกล่าวคือ สถานการณ์บางอย่างอาจทำให้คนหนึ่งเกิดความเครียดได้ในขณะที่อีกคนอาจรับมือกับสถานการณ์ดังกล่าวได้และไม่รู้สึกเครียดกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแต่อย่างใด

วิตกกังวล (Anxiety) คือ โรคทางจิตใจที่มีความรุนแรงกว่าความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งผู้ป่วยที่เป็นโรควิตกกังวลจะพบว่ามีอาการวิตกกังวลและอาการอื่น ๆ ต่อเนื่องและอาการไม่หายไป หรืออาจมีอาการที่แย่ลงได้ในที่สุดโรควิตกกังวลทำให้เกิดอุปสรรคในการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การทำงาน การเรียนหนังสือและการรักษาความสัมพันธ์กับคนรอบข้าง อย่างไรก็ตามหากผู้ป่วยได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมก็สามารถจัดการกับอาการและกลับมาใช้ชีวิตปกติได้ สาเหตุของโรควิตกกังวล ไม่ได้มาจาก ความบกพร่องทางบุคลิกภาพ หรือการเลี้ยงดูที่ไม่ดีแต่มีสาเหตุคล้ายกับโรคทางจิตชนิดอื่น ๆ จากการวิจัยพบว่าโรคทางจิตใจเหล่านี้เกิดจากปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ การทำงานของสมองบางส่วนที่เกิดความเปลี่ยนแปลงและความเครียดที่เกิดจากสภาพแวดล้อม

นอนไม่หลับ (Insomnia) เป็นโรคความผิดปกติในการนอน นอนยาก ไม่่วงเมื่อถึงเวลานอน นอนหลับไม่สนิท นอนแล้วตื่นกลางดึก ตื่นแล้วกลับไปนอนไม่ได้อีก ปัจจัยทางด้านจิตใจการมีความเครียด วิตกกังวล ซึมเศร้า หดหู่ ดีใจ หรือตื่นเต้นประหม่าเกิดเป็นความเครียด จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสื่อประสาทในร่างกายทำให้ไม่สามารถนอนหลับตามปกติได้หรือแม้จะรู้สึกอ่อนเพลียเพียงใดก็ไม่สามารถนอนหลับได้กลายเป็นปัญหาเรื้อรังที่รบกวนจิตใจและกระบวนการทำงานของร่างกายส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน การเรียน การทำงาน และความสัมพันธ์กับผู้อื่น มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมมารบกวน ประสาทสัมผัสในขณะนอนหลับ เช่น เสียงดังรบกวน แสงที่สว่างจ้า และการรับรู้กลิ่นต่าง ๆ ที่มากจนรบกวน สภาวะผ่อนคลายก่อนการนอนหลับ และการเข้ารับการรักษบางชนิดก็มีผลให้ผู้ป่วยเกิดความเจ็บปวดจนนอนไม่หลับสิ่งที่อาจตามมาหลังเผชิญกับโรคไม่หลับ คือผลกระทบต่อสภาพร่างกาย สภาพจิตใจ และการใช้ชีวิต

ประสิทธิภาพการทำงานน้อยลง (Effects on performance) ผลกระทบของเสียงรบกวนที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานส่วนใหญ่ได้รับการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยมีการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับผลกระทบของเสียงเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตของมนุษย์ในสถานที่ชุมชนเห็นได้ชัดว่าเมื่องานเกี่ยวข้องกับการฟังเมื่อมีเสียงรบกวนเกินขึ้นเสียงนี้รุนแรงเพียงพอที่จะรบกวนการรับรู้ของผู้ฟัง เสียงเหล่านี้จะรบกวนการทำงานและประสิทธิภาพการทำงานไปด้วย เสียงที่ไม่คุ้นเคยจะทำให้เกิดความฟุ้งซ่านและแทรกแซงประสิทธิภาพการทำงานหลายประเภทสำหรับตัวอย่างเสียงหุ่นยนต์ที่เกิดขึ้นได้ เช่น โซนิกบูมสามารถสร้างผลกระทบที่เป็นผลมาจากการตอบสนองต่อความตกใจและการตอบสนองประเภทนี้ผู้ฟังไม่มีความเคยชินจนทำให้เกิดความฟุ้งซ่านจนลดประสิทธิภาพการทำงานได้

ความรำคาญ (Annoyance) การรบกวนที่เกิดจากเสียงอาจถูกพิจารณาว่าเป็นผลเสียต่อสุขภาพ คนที่ถูกรบกวนด้วยเสียงอาจประสบกับความหลากหลายของการตอบสนองเชิงลบ เช่น ความโกรธ ความผิดหวัง ความไม่พอใจ การทำอะไรไม่ถูก ภาวะซึมเศร้า ความวิตกกังวลความวุ่นใจ กวนหรืออ่อนเพลีย นอกจากนี้ยังมีอาการทางจิตที่เกี่ยวข้องกับความเครียดเช่นความเหนื่อยล้าและความเครียดนั้นพบว่าเกี่ยวข้องกับการสัมผัสเสียงรบกวน รูปแบบที่รุนแรงของการรบกวนที่เกี่ยวข้องเสียงควรจะถูกถือว่าเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมีผลต่อความเป็นอยู่และคุณภาพของชีวิตของประชากรที่สัมผัสกับเสียงรบกวนจากสิ่งแวดล้อม เมื่อรวมกับความรำคาญนำไปสู่ภาวะที่ทำให้เกิด “โรค” ได้ในที่สุด

2.2.5 ค่าระดับเสียง

ตารางที่ 2.3: ค่าระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดปกติ

เสียง (Sound)	เดซิเบล (Decibel, DB)
เครื่องบินเจ็ท (Jet Aircraft)	120+
เสียงแตรรถ (Car Horn)	110
รถไฟวิ่งผ่าน (Passing Train)	100
เลื่อยไฟฟ้า (Chainsaw)	100
หมาเห่า (Dog Barking)	92
ถนนสองเลนที่วุ่นวาย (Busy Dual Carriageway)	72-78
สุนทรพจน์ปกติ (Normal Speech)	48

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ): ค่าระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดปกติ

เสียง (Sound)	เดซิเบล (Decibel, DB)
เสียงกระซิบ (Whisper)	20
ระดับได้ยินเสียงของหู (Threshold of Hearing)	0

ที่มา: นันทวัน ว.สิงหะเคนทร์. (2557). การตรวจวัดระดับเสียงสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก
http://infofile.pcd.go.th/air/260357_2.pdf?CFID=1351430&CFTOKEN=89651783

2.2.6 ค่ามาตรฐานระดับเสียง (World Health Organization, 2018)

ตารางที่ 2.4: World Health Organization Environmental Noise Guidelines

เสียง (Sound)	เดซิเบล (Decibel, DB)
เสียงจากการจราจรบนท้องถนน (Road Traffic Noise)	Day <53 DB / Night <45 DB
เสียงจากรางรถไฟ (Railway Noise)	Day <54 DB / Night <44 DB
เสียงจากอากาศยาน (Aircraft Noise)	Day <45 DB / Night <40 DB
เสียงจากกังหันลม (Wind Turbine Noise)	<45 DB
เสียงรบกวนยามว่าง (Leisure Noise)	<70 DB

ที่มา: World Health Organization. (2018). *Noise Guidelines UE. 181*. Retrieved from
https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf

2.2.7 Pollution Control Department (Thailand) Environmental Noise Guidelines (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546; กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558; กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2537; คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2540)

ตารางที่ 2.5: ค่าระดับเสียงที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษแห่งประเทศไทย

เสียง (Sound)	เดซิเบล (Decibel, DB)
ระดับเสียงที่ดังได้มากที่สุด (Highest Noise Level)	<115 DB
ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (Noise average 24 hrs.)	<70 DB
รถยนต์ (Car)	<100 DB
รถจักรยานยนต์ (Motorcycle)	<95 DB
เรือ (Boat)	<100 DB

2.2.8 WHO Guideline values for community noise for specific environment

ตารางที่ 2.6: ค่ามาตรฐานระดับเสียงในสถานที่เฉพาะขององค์การอนามัยโลก

Specific environment	Critical health effect(s)	LAeq (dB)	Times base(hours)	LAmix fast (dB)
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors Inside bedroom	Speech intelligibility and moderate annoyance, daytime and evening	35	16	
	Sleep disturbance, night-time	30	8	45
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms and pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	During class	-
Pre-school Bedrooms, indoors	Sleep disturbance	30	Sleeping time	35

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 2.6 (ต่อ): ค่ามาตรฐานระดับเสียงในสถานที่เฉพาะขององค์การอนามัยโลก

Specific environment	Critical health effect(s)	LAeq (dB)	Times base(hours)	LAmix fast (dB)
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time	30	8	40
	Sleep disturbance, daytime and evenings	30	16	-

ที่มา: World Health Organization. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Retrieved from <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>

ในอาคารบ้านเรือนและที่อยู่อาศัยนั้นผลกระทบที่สำคัญที่เกิดจากเสียงรบกวนคือ การนอนไม่หลับและการรบกวนหรือความรำคาญ มาตรฐานค่าระดับเสียงในห้องนอนคือ 30 dB LAeq สำหรับมาตรฐานค่าระดับเสียงรบกวนที่ดังที่สุดที่ 45 dB LAmix ในห้องนอนสำหรับแหล่งกำเนิดเสียงครั้งเดียว ระดับเสียงที่เกิดขึ้นต่ำกว่าอาจเกิดความรำคาญขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแหล่งกำเนิดเสียงในส่วนการวัดระดับเสียงควรวัดระดับเสียงสูงสุดด้วยการวัดแบบ “Fast”

เพื่อปกป้องคนส่วนใหญ่จากการถูกรบกวนอย่างจริงจังในเวลากลางวันค่ามาตรฐานระดับความดังเสียงบนระเบียงและพื้นที่นั่งเล่นกลางแจ้งไม่ควรเกิน 55 dB LAeq ในช่วงกลางวันค่ามาตรฐานระดับความดังเสียงกลางแจ้งไม่ควรเกิน 50 dB LAeq ค่าระดับเสียงจะขึ้นอยู่กับการศึกษาความรำคาญ แต่ประเทศส่วนใหญ่ในยุโรปได้ใช้ค่าระดับความดังเสียงที่ 40 เดซิเบล LAeq เป็นระดับสูงสุดที่อนุญาต

ในเวลากลางคืนระดับเสียงที่ดังที่สุดในบริเวณด้านหน้าอาคารของพื้นที่นั่งเล่นไม่ควรเกิน 45 dB LAeq และ 60 dB LAmix เพื่อให้ผู้คนสามารถนอนหลับได้เมื่อเปิดหน้าต่างห้องนอนค่าระดับเสียงนี้คำนวณจากการตั้งสมมติฐานว่าหากมีการเปิดหน้าต่างจะมีเสียงจากภายนอกเล็ดลอดเข้าไปภายในอาคารโดยการเปิดหน้าต่าง 15 dB

2.2.9 รายงานค่าระดับเสียงจากสถานีตรวจวัดเสียงของกรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 2.7: รายงานค่าระดับเสียงจากสถานีตรวจวัดเสียงของกรมควบคุมมลพิษในกรุงเทพฯ และ
ปริมณฑล (วันที่ 23 พฤษภาคม 2562 เวลา 23.00 น.)

สถานที่	เดซิเบล (Decibel, DB)
โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)/กรุงเทพฯ	57.7
การเคหะชุมชนคลองจั่น/กรุงเทพฯ	55.4
สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง/กรุงเทพฯ	64.3
โรงเรียนนนทรีวิทยา/กรุงเทพฯ	66.3
สถานีไฟฟ้าอโยธยาบุรี/กรุงเทพฯ	70.8
สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย/กรุงเทพฯ	67.1
การเคหะชุมชนดินแดง/กรุงเทพฯ	72.7
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย/นนทบุรี	65.5
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช/นนทบุรี	60.1
มหาวิทยาลัยกรุงเทพวิทยาเขตรังสิต/ปทุมธานี	84
แขวงทางหลวงสมุทรสาคร/สมุทรสาคร	65.1

ตารางที่ 2.8: รายงานค่าระดับเสียงจากสถานีตรวจวัดเสียงของกรมควบคุมมลพิษในกรุงเทพฯ และ
ปริมณฑล (วันที่ 24 พฤษภาคม 2562 เวลา 15.00 น.)

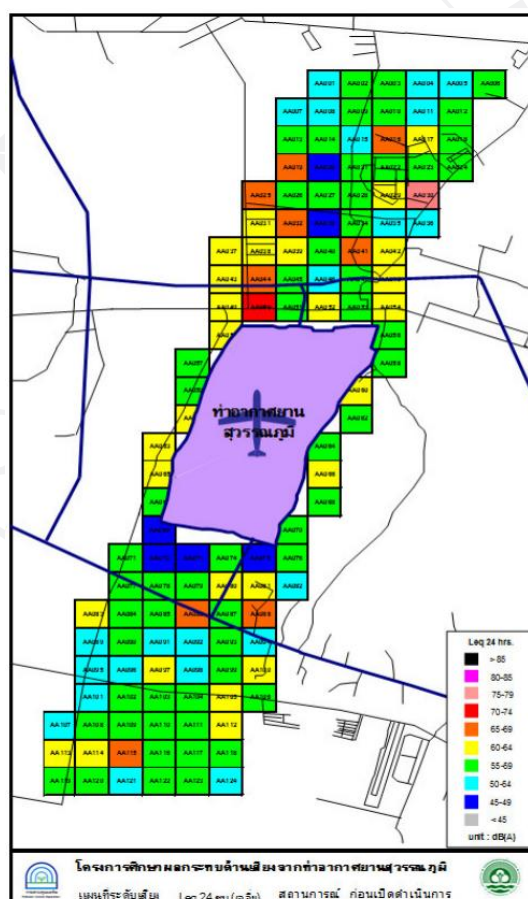
สถานที่	เดซิเบล (Decibel, DB)
โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)/กรุงเทพฯ	56.8
การเคหะชุมชนคลองจั่น/กรุงเทพฯ	54.5
สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง/กรุงเทพฯ	64.5
โรงเรียนนนทรีวิทยา/กรุงเทพฯ	57.8
สถานีไฟฟ้าอโยธยาบุรี/กรุงเทพฯ	71.2
สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย/กรุงเทพฯ	67.1
การเคหะชุมชนดินแดง/กรุงเทพฯ	72.7

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 2.8 (ต่อ): รายงานค่าระดับเสียงจากสถานีตรวจวัดเสียงของกรมควบคุมมลพิษในกรุงเทพฯ และปริมณฑล (วันที่ 24 พฤษภาคม 2562 เวลา 15.00 น.)

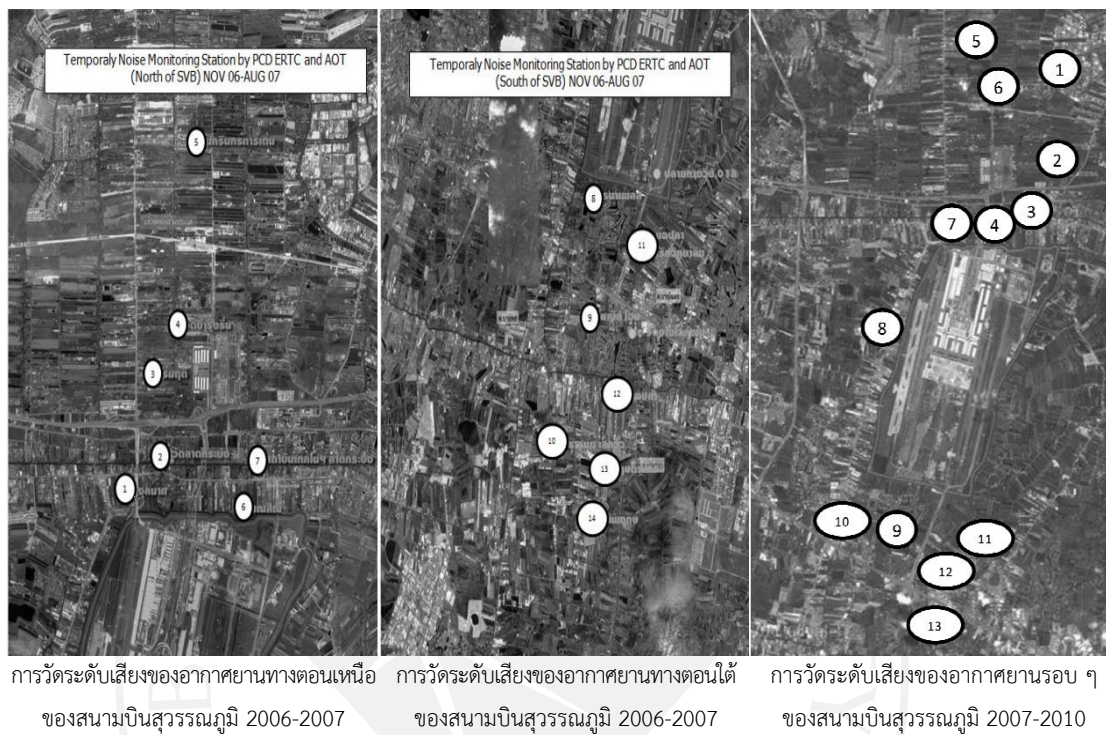
สถานที่	เดซิเบล (Decibel, DB)
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย/นนทบุรี	65.8
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช/นนทบุรี	60.1
มหาวิทยาลัยกรุงเทพวิทยาเขตรังสิต/ปทุมธานี	81.9
แขวงทางหลวงสมุทรสาคร/สมุทรสาคร	64.7

ภาพที่ 2.8: แผนที่ระดับเสียงบริเวณรอบ ๆ สนามบินสุวรรณภูมิก่อนเปิดดำเนินการ 2004-2005



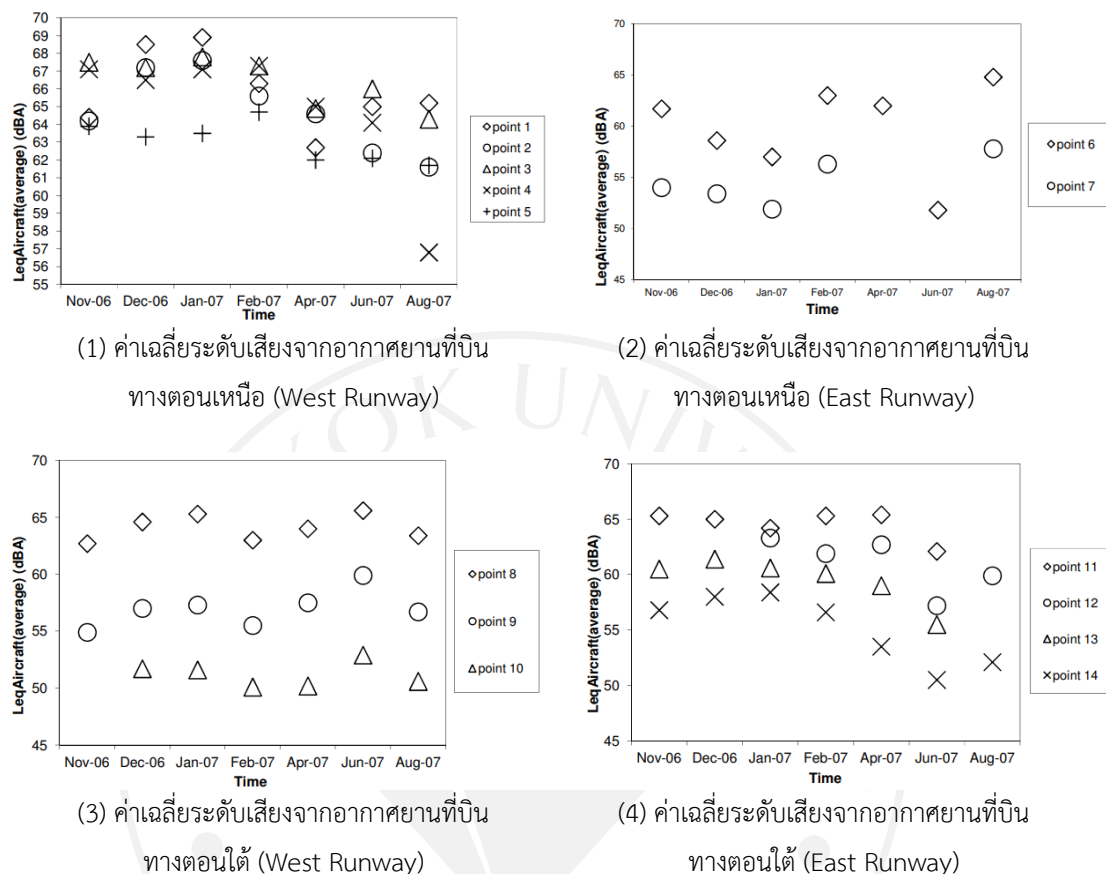
ที่มา: Lertsawat, K., Kovudhikulrungsri, L., Phoolsawat, S., & Suksaard, T. (2012). Noise around Suvarnabhumi Airport. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3374–3374.

ภาพที่ 2.9: การวัดระดับเสียงของอากาศยานสุวรรณภูมิทางตอนเหนือ ได้ และรอบ ๆ ท่าอากาศยาน
ในปี 2006-2007 2006-2007 และปี 2007-2010



ที่มา: Lertsawat, K., Kovudhikulrungsri, L., Phoolsawat, S., & Suksaard, T. (2012). Noise around Suvarnabhumi Airport. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3374–3374.

ภาพที่ 2.10: ค่าเฉลี่ยระดับเสียงในแต่ละทิศทางของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ



ที่มา: Lertsawat, K., Kovudhikulrungsri, L., Phoolsawat, S., & Suksaard, T. (2012). Noise around Suvarnabhumi Airport. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3374–3374.

จะเห็นได้จากข้อมูลข้างต้น (Lertsawat, Kovudhikulrungsri, Phoolsawat & Suksaard, 2012) ว่าบริเวณรอบ ๆ สนามบินสุวรรณภูมินั้นล้วนมีค่าระดับเสียงเกินค่ามาตรฐานทั้งสิ้นรวมถึงบริเวณของมหาวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังยังมีเส้นทางบิน Flight pathway ใน East Runway ของสนามบินสุวรรณภูมิผาดผ่านมหาวิทยาลัยอีกด้วย โดยในส่วนของระดับเสียงนั้นอ้างอิงจากระดับเสียงมาตรฐานของ World Health Organization Noise Guideline 2018 ที่ระบุเรื่องเสียงของอากาศยานในระยะเวลากลางวันไม่เกิน 45 dB และในระยะเวลากลางคืนไม่เกิน 40 dB (World Health Organization, 2018) ยังไม่นับรวมว่าปัจจุบันธุรกิจการบินมีการเติบโตอย่างมากทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยจึงทำให้มีจำนวนเที่ยวบินและอากาศยาน

เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยปัจจุบันสนามบินสุวรรณภูมิมีการขยายตัวของอาคารผู้โดยสารตาม Master Plan เพื่อรองรับเที่ยวบินและผู้โดยสารในอนาคตและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีจึงทำให้ปัญหามลภาวะทางเสียงที่เกินจากอากาศยานในบริเวณรอบ ๆ สนามบินสุวรรณภูมิเพิ่มขึ้นตามไปด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2.3 กรณีศึกษา (Case Study)

2.3.1 กำแพงกันเสียง (Noise Barrier) (Bendtsen, 2010)

กำแพงกันเสียง (Noise barrier) เป็นหนึ่งในวิธีการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงรบกวน ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้รับเสียง (Noise path control) ที่นิยมใช้ในการแก้ไขเสียงรบกวนในสิ่งแวดล้อม หลักการในการ ป้องกันเสียงของกำแพงกันเสียงคือการที่ตัวกำแพงสร้างอิทธิพลของเงาเสียง (Acoustics Shadow) ขึ้น โดยเงาของเสียงจะเป็นบริเวณที่เสียงถูกขวางกั้นโดยตัวกำแพงกันเสียงเอง และยังรอดพ้นจากอิทธิพลของการเลี้ยวเบนของเสียง เนื่องจากเสียงสามารถเลี้ยวอ้อมสิ่งกีดขวางได้ โดยเฉพาะเสียงความถี่ต่ำจะมีความยาวคลื่น มากก็จะยิ่งเลี้ยวเบนข้ามสิ่งกีดขวางได้ดี (Abu-baker, et al., 2010) โดยปกติที่พบเห็นได้ในประเทศไทยนั้นจะทำมาจาก คอนกรีต พลาสติก ไฟเบอร์กลาส เป็นต้น ในกรณีศึกษาที่จะทำการทดลอง Scientific Testing นั้นเลือกใช้ Noise Barrier แบบ Green wall combine Concrete เพื่อประสิทธิภาพในการกันเสียงมากที่สุด

2.3.2 กำแพงกันเสียงจากต้นไม้ (Green Noise Barrier) (Bendtsen, 2010)

เป็นกำแพงกันเสียงชนิดที่ทำขึ้นมาจากธรรมชาติโดยเฉพาะต้นไม้ในบางกรณีใช้ตะแกรงเหล็กฉีกพร้อม โครงสร้างเพื่อบังคับทิศทางต้นไม้ให้ไปในแนวที่ต้องการเพื่อกันเสียงรบกวนจากท้องถนน ข้อดีของกำแพงกัน เสียงชนิดนี้คือได้เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับพื้นที่รอบข้างมีต้นไม้มากขึ้นทำง่ายราคาถูก และสามารถชะลอการชะทอนของเสียงได้ดีกว่ากำแพงคอนกรีตอย่างเดียว (Abu-baker, et al., 2010) ข้อเสียของกำแพงกันเสียงแบบนี้คือการดูแลรักษาที่มากกว่า ชนิดที่เป็นคอนกรีตและในขนาดกำแพงที่เท่ากันประสิทธิภาพในการกันเสียงน้อยกว่าชนิดที่เป็นคอนกรีต

ภาพที่ 2.11: โครงเหล็กพร้อมต้นไม้สูง 3 เมตร (รายละเอียดอยู่ในรูปด้านขวาล่าง) มีโครงเหล็กเป็นโครงสร้างหลักให้ต้นไม้ยึดเกาะเป็นกำแพงที่ National Road 405 ใน Aarhus, Denmark



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

ภาพที่ 2.12: Green noise barrier ทำจากกิ่งก้านของต้น willow รูปทางขวาเป็นตอนสร้างใหม่ส่วนรูปทางซ้ายเป็นตอนเสร็จแล้วที่ต้นไม้อกใบเป็น Green noise barrier ที่สมบูรณ์



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

2.3.3 Green Noise Barrier combine Concrete Wall (Bendtsen, 2010)

เป็นกำแพงกันเสียงชนิดที่ทำขึ้นมาจากธรรมชาติโดยเฉพาะต้นไม้ปลูกไว้หน้ากำแพงคอนกรีต เพื่อบังคับทิศทางต้นไม้ให้ไปในแนวที่ต้องการเพื่อกันเสียงรบกวนจากท้องถนนและลดการชะทอนของเสียงจากกำแพงคอนกรีตด้วยต้นไม้ (Abu-baker, et al., 2010) ข้อดีของกำแพงกันเสียงชนิดนี้คือ ได้เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับพื้นที่รอบข้างมีต้นไม้มากขึ้นทำง่ายราคาถูกและสามารถชะทอนของเสียงได้ดีกว่ากำแพงคอนกรีตอย่างเดียว ข้อเสียของกำแพงกันเสียงแบบนี้คือการดูแลรักษาที่มากกว่า

ภาพที่ 2.13: คันดินสูง 7 เมตร พร้อมต้นไม้คลุมหน้าดินและกำแพงคอนกรีตตามถนนทางหลวง A3 ใกล้ประเทศ Germany



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*.

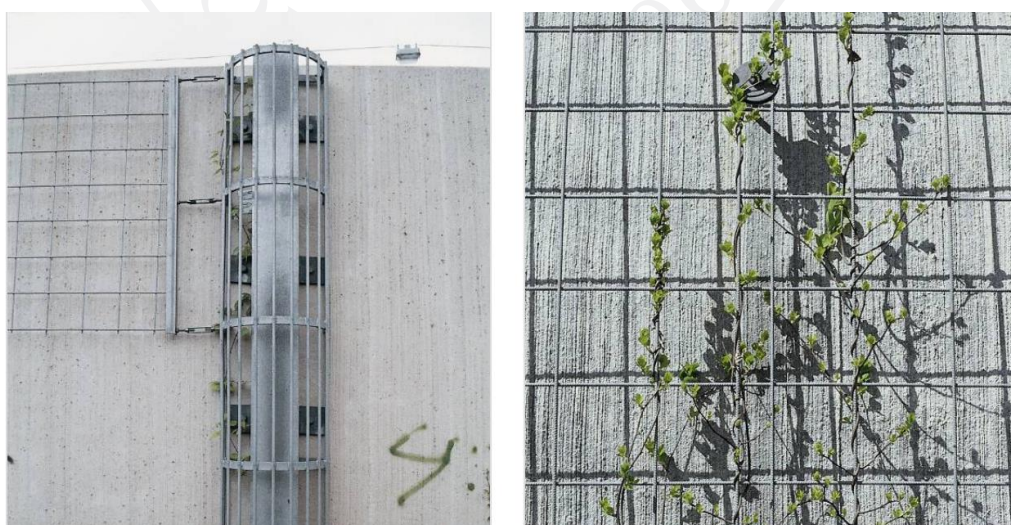
Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

ภาพที่ 2.14: กำแพงกันเสียงทำจากคอนกรีตหนา 8 ซม. พร้อมด้วยการปิดผิวคอนกรีตด้วยต้นไม้ที่ถนน National 405 เมือง Aarhus, Denmark.



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

ภาพที่ 2.15: โครงเหล็กเพื่อรองรับต้นไม้ตามที่พักอาศัยเพื่อเป็นกำแพงกันเสียงในชุมชนเมือง



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

ภาพที่ 2.16 กำแพงกันเสียงจากคอนกรีตที่มีการโค้งรับเสียงและต้นไม้ปิดผิวตามถนนความเร็วต่ำที่เมือง Aarhus ถนน National ประเทศ Denmark



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

ภาพที่ 2.17 “Green Corridor” เมือง Chengdu, China ใช้ต้น English Ivy ปิดผิวตามโครงสร้างคอนกรีต



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

2.3.4 Green Noise Barrier combine Translucent Acrylic Noise Barrier (Bendtsen, 2010)

เป็นกำแพงกันเสียงชนิดที่ทำขึ้นมาจากธรรมชาติโดยเฉพาะต้นไม้ปลูกไว้หน้ากำแพงกันเสียงแบบใส ชนิดที่ทำจาก Acrylic เพื่อบังคับทิศทางต้นไม้ให้ไปในแนวที่ต้องการเพื่อกันเสียงรบกวนจากท้องถนน และลดการสะท้อนของเสียงจากกำแพง Acrylic ด้วยต้นไม้ (Abu-baker, et al., 2010) ด้วยความใสทำให้กำแพงกันเสียงรูปแบบนี้สามารถเข้าไปอยู่ในบริบทของชุมชนเมืองได้โดยไม่เป็นมลพิษทางสายตา ข้อดีของกำแพงกันเสียงชนิดนี้คือได้เพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับพื้นที่รอบข้างมีต้นไม้มากขึ้นทำง่ายราคาถูกในส่วนของต้นไม้ และสามารถซับการสะท้อนของเสียงได้ดีกว่ากำแพงคอนกรีตอย่างเดียว ความใสและโปร่งแสงนั้นสามารถเข้ากับบริบทชุมชนเมืองได้เป็นอย่างดี ข้อเสียของกำแพงกันเสียงแบบนี้คือการดูแลรักษาที่มากกว่าในส่วน of ต้นไม้

ภาพที่ 2.18: กำแพงกันเสียงแบบใสพร้อมต้นไม้ไว้กันการสะท้อนของเสียงที่ประเทศ Denmark



ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*.

Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

ภาพที่ 2.19: กำแพงกันเสียงแบบใสและโค้งมีต้นไม้เพื่อลดการสะท้อนของเสียงที่ Hong Kong



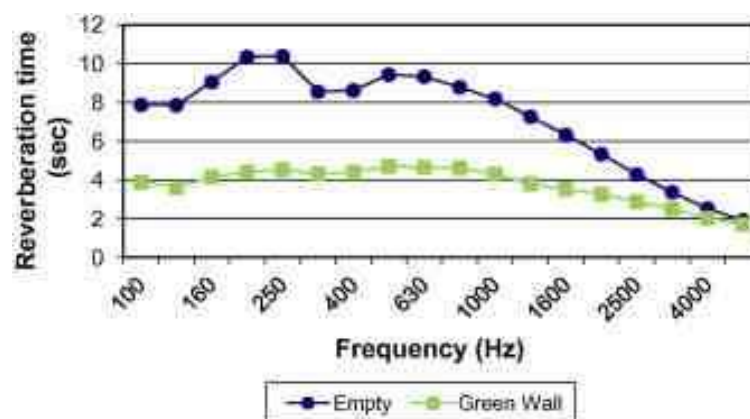
ที่มา: Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*.

Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>

2.3.5 Green Wall Noise Barrier

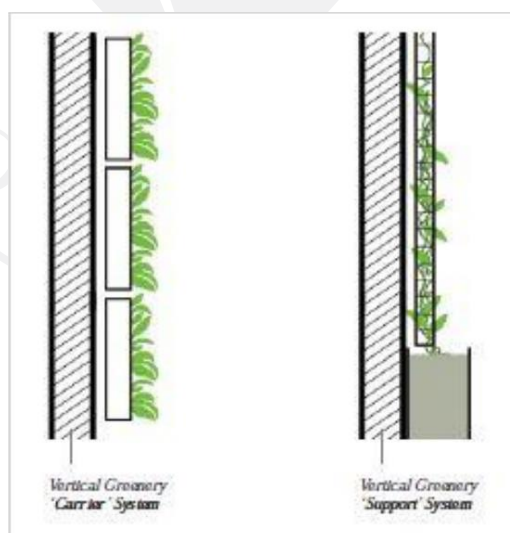
Green wall หรือสวนแนวตั้งนั้นมีประโยชน์หลาย ๆ อย่างเช่น การเพิ่มพื้นที่สีเขียว การลดอุณหภูมิ ภายในอาคาร การเพิ่มออกซิเจนในบริเวณ แต่มีอีกหนึ่งความสามารถของสวนแนวตั้ง (Green wall) ที่มักถูกมองข้ามคือการ บรรเทาเสียงจากมลภาวะทางเสียงต่าง ๆ โดยการซับเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) นั้นมีค่า NRC: 0.40 (Thomazelli, et al., 2016) ซึ่งถือว่ามี คุณสมบัติในการซับเสียงใกล้เคียงกับวัสดุที่ทำหน้าที่ซับเสียงโดยเฉพาะสวนแนวตั้ง (Green wall) หรือสวนแนวตั้งนั้น มีองค์ประกอบในการซับเสียงจากใบของต้นไม้ที่ปลูกบนสวนแนวตั้งรวมถึงดินและโครงสร้างแผ่นยิปซัมที่มี หน้าที่ช่วยซับเสียงได้เป็นอย่างดี ในกรณีศึกษาที่จะทำการทดลองนั้นเลือกใช้สวนแนวตั้ง (Green wall) แบบระบบแผง (Panel system) เพื่อประสิทธิภาพในการกันเสียงมากที่สุด (Abubaker, et al., 2010; Azkorra, et al., 2015; Davis, et al., 2016)

ภาพที่ 2.20: เปรียบเทียบ (RT) ระหว่างห้องว่างกับห้องที่มีสวนแนวตั้ง



ที่มา: Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L. F., Bures, S., Álvaro, J. E., Erkoreka, A., & Urrestarazu, M. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46–56.

ภาพที่ 2.21: ภาพตัดของสวนแนวตั้ง (Vertical Garden / Green Wall)



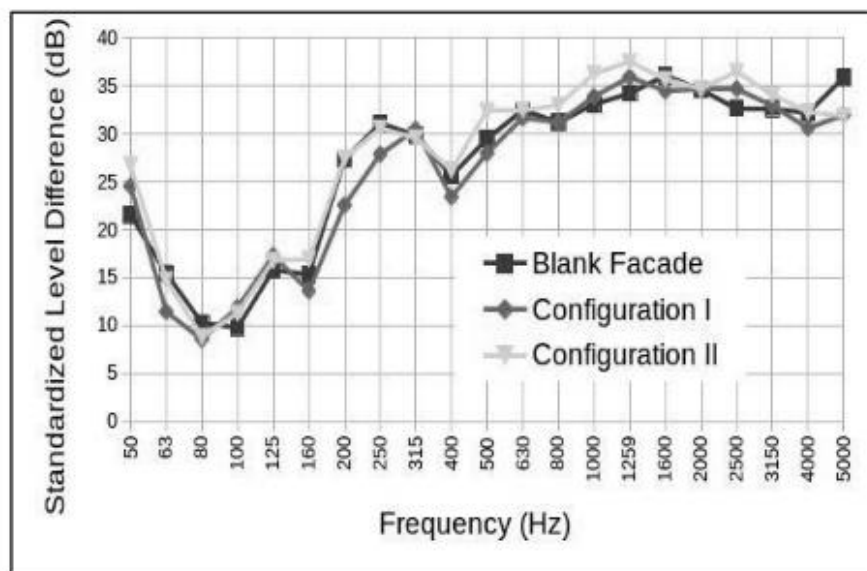
ที่มา: Abu-baker, A. D., Yasir, A. R., Horani, M., & Hammad, R. (2010). The Effectiveness of the Green Carrier as a Traffic Noise Barrier. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 17(2), 19-26.

ภาพที่ 2.22: การทดสอบคุณสมบัติการกันเสียงของสวนแนวตั้ง 3 รูปแบบ



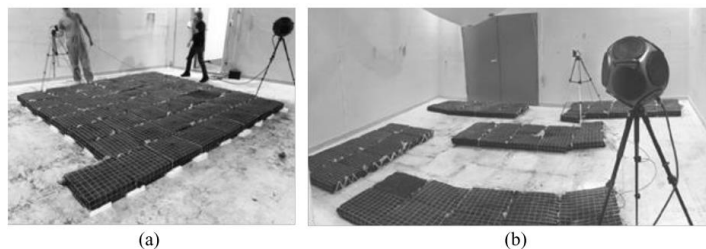
ที่มา: Thomazelli, R., Caetano, F., & Bertoli, S. (2016). Acoustic properties of green walls: Absorption and insulation [Electronics version]. *Proceedings of meetings on acoustics Acoustical Society of America*, 28(1).

ภาพที่ 2.23: ผลทดสอบคุณสมบัติการกันเสียงของสวนแนวตั้งใน 3 รูปแบบ

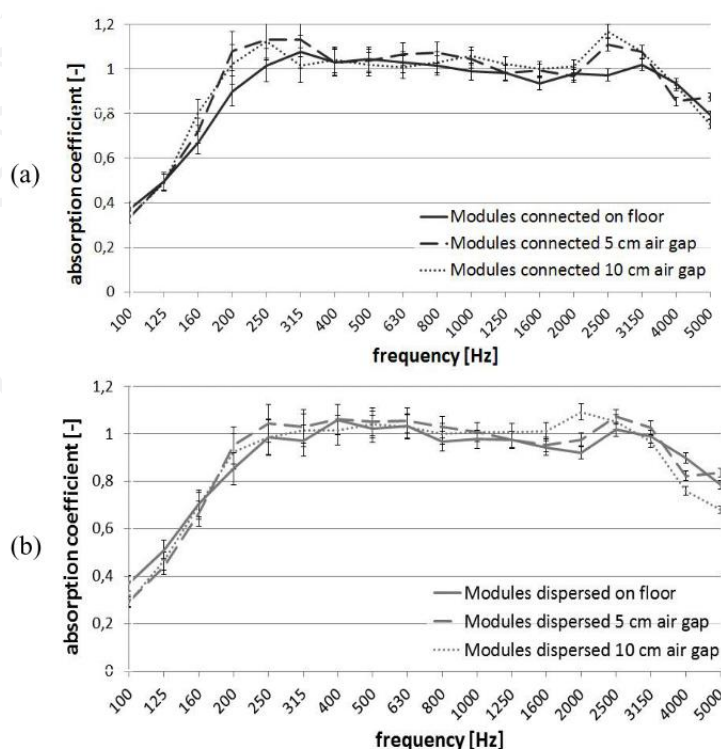


ที่มา: Thomazelli, R., Caetano, F., & Bertoli, S. (2016). Acoustic properties of green walls: Absorption and insulation [Electronics version]. *Proceedings of meetings on acoustics Acoustical Society of America*, 28(1).

ภาพที่ 2.24: ประสิทธิภาพการซับเสียงของสวนแนวตั้งใน 2 รูปแบบ



Configuration	α_w	α_L	α_M	α_H
Connected - on floor	1.00	0.76	1.00	0.94
Connected - 5 cm air gap	1.00	0.82	1.00	0.98
Connected - 10 cm air gap	1.00	0.80	1.00	0.99
Dispersed - on floor	1.00	0.73	1.00	0.93
Dispersed - 5 cm air gap	1.00	0.74	1.00	0.95
Dispersed - 10 cm air gap	1.00	0.73	1.00	0.93



ที่มา: Davis, M. J. M., Tenpierik, M. J., Perez, M. E., & Cevallos, F. R. (2016). More Than Just a Green Facade: Vertical Gardens for Sound Absorption and Architectural Acoustics. In Komurlu, R., Gurgun, A. P., Singh, A., & Yazdani, S. (Eds.), *The First European and Mediterranean Structural Engineering and Construction* (pp 1-6). Istanbul: EURO-MED-SEC-1.

ภาพที่ 2.25: สวนแนวตั้ง (Green wall) ในบริเวณที่พักอาศัยในประเทศ Singapore



ที่มา: Landscape Architecture Aotearoa. (2018). *Green walls - good or bad for the environment*. Retrieved from <https://www.landscapearchitecture.nz/landscape-architecture-aotearoa/2018/2/16/green-walls-good-or-bad-for-the-environment>

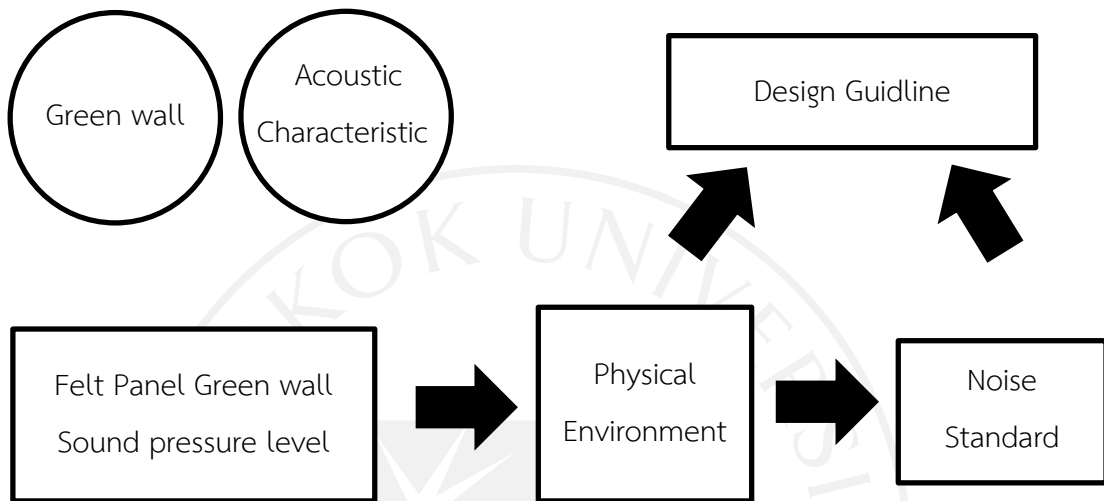
ภาพที่ 2.26: สวนแนวตั้ง (Green wall) ที่ Hort Park ประเทศ Singapore



ที่มา: Tanijura, E. (2021). *Green walls @ Singapore HortPark*. Retrieved from <https://www.pinterest.com/pin/309974386824349210/>

บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา

ภาพที่ 3.1: Conceptual Research Framework Diagram



การวิจัยศึกษาประสิทธิภาพการซับเสียงจากต้นไม้เพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคารเป็นการวิจัยเชิงทดลองกล่าวคือเป็นการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุโดยเปรียบเทียบวัสดุในสภาพแวดล้อมเดียวกันเพื่อประเมินคุณสมบัติการซับเสียงการวิจัยครั้งนี้เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวแปรทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ แหล่งกำเนิดเสียง ชนิดของวัสดุ และสภาพแวดล้อม

ขั้นตอนการวิจัยกำหนดขึ้นเพื่อศึกษา 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) ประเด็นคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด (Panel system felt green wall) 2) ประเด็นการเปรียบเทียบสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด (Panel system felt green wall) กับวัสดุที่ใช้ในการซับเสียงชนิดอื่นที่ออกแบบมาโดยมีคุณสมบัติซับเสียงโดยตรง ภายใต้การทดลองที่มีการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมทางกายภาพ รวมถึงควบคุมระดับความดังของเสียง

ทั้งนี้ในส่วนของวิธีดำเนินการวิจัยสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ ประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัยการกำหนดตัวแปรตัวชี้วัดและการเชื่อมโยงตัวแปรการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ขั้นตอนการทําวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้รวมถึงรวบรวม ข้อมูลเกี่ยวกับห้องเรียนหรือพื้นที่การเรียนรู้

1) แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการซับเสียงของต้นไม้ต่อมลภาวะทางเสียงโดยเฉพาะสวนแนวตั้ง

2) รวบรวมข้อมูลระดับมาตรฐานเสียงตามมาตรฐานของ World Health Organization และกรมควบคุมมลพิษแห่งประเทศไทย การทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวทำให้ทราบถึงตัวแปร ตัวชี้วัดที่เกิดขึ้นในการวิจัยเห็นการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องและแนวทางวิธีการในการดำเนินการ รวมถึงทำให้ทราบถึงค่ามาตรฐานทางเสียงตามข้อกำหนดมาตรฐานของ World Health Organization และค่าดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพของห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุด้วยแบบสำรวจเชิงพื้นที่สร้างเครื่องมือแบบสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ของห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุขนาด 70 ตารางเมตร ของบริษัท Slot-Nankai co.,ltd ดำเนินการเก็บข้อมูลภายใต้เงื่อนไขที่ได้มีการกำหนดไว้เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุที่นำมาทดสอบในห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุ

1) ทำการสำรวจเชิงพื้นที่เกี่ยวกับขนาดของห้องรูปทรงของห้อง

2) เก็บข้อมูลคุณลักษณะทางเสียงของห้องภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ (เช่น วันทำงาน วันหยุด) โดยที่ยังไม่มีการดำเนินกิจกรรม

3) สรุปลงข้อมูลการสำรวจพื้นที่และคุณลักษณะทางเสียงของแต่ละห้อง

3.1.3 ขั้นตอนที่ 3 คัดเลือกห้องห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุ 2 ห้องโดยแบ่งเป็นห้องกำเนิดเสียง (Source room) 1 ห้อง และ เป็นห้องรับเสียง (Receiving room) 1 ห้อง ที่ตรงตามคุณสมบัติและความเป็นไปได้ในการควบคุมแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อทำการทดลองปรับเปลี่ยนวัสดุในการซับเสียงในแต่ละชนิดในสภาพแวดล้อมเดียวกันตามระดับ

ประเมินสภาพแวดล้อมเสียงเชิงวัตถุวิสัยด้วยแบบสำรวจเชิงพื้นที่และเครื่องมือวัดระดับเสียง และวิเคราะห์เสียงตามเงื่อนไขการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่ได้กำหนดไว้

3.1.4 ขั้นตอนที่ 4 เก็บข้อมูลคุณลักษณะทางเสียงของห้องทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุในขณะที่มีการจำลองเสียงที่เป็นมลภาวะ

1) ประเมินสภาพแวดล้อมเสียงเชิงวัตถุวิสัยด้วยแบบสำรวจเชิงพื้นที่และเครื่องมือวัดระดับเสียงและวิเคราะห์เสียงตามเงื่อนไขการปรับเปลี่ยนวัสดุที่ได้กำหนดไว้

2) เก็บข้อมูลค่าเสียงของห้องในขณะที่มีการดำเนินกิจกรรมในแต่ละวัสดุ (จำลองลักษณะเสียงใน 1 รูปแบบ คือ เสียง Pink Noise) เสียงที่เกิดขึ้นจะเป็นการจำลองจากเครื่องกำเนิดเสียงภายในสถานที่ทดลองทั้งนี้เป็นการควบคุมตัวแปรเสียงให้มีความคงที่ทั้งรูปแบบและระดับเสียงเพื่อให้เห็นคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิดจากสภาพแวดล้อมกายภาพเดียวกัน

3.1.5 ขั้นตอนที่ 5 สรุปลข้อมูลวิเคราะห์และสรุปผลด้วยโปรแกรมทางสถิติตามสมมติฐานเพื่อตอบคำถามของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้เพื่อสรุปผลเป็นแนวทางในการสวนแนวตั้งในการแก้ปัญหามลภาวะทางเสียงภายในอาคาร

3.2 พื้นที่การศึกษาและชนิดของวัสดุ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาภายในพื้นที่ของบริษัท Slot-Nankai co.,ltd ที่มีการประกอบกิจการในด้านวิศวกรรมเครื่องกล อีกทั้งตำแหน่งที่ตั้งของบริษัทอยู่ใกล้กับพื้นที่คมนาคมได้แก่ ถนนมอเตอร์เวย์สาย 7 และยังมีรายล้อมด้วยโรงงานที่ประกอบกิจการใกล้เคียงกันจึงทำให้เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเสียงรบกวนจึงเป็นเหตุผลในการเลือกพื้นที่ของบริษัท Slot-Nankai co., ltd เพื่อดำเนินการวิจัย

3.2.1 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่การศึกษาคือพื้นที่การทดลองคือพื้นที่ปิดมีขนาดอยู่ในช่วง 60 ถึง 70 ตารางเมตร ทำการรวบรวมข้อมูลจากผังแม่บทของบริษัทในการสำรวจพื้นที่ใช้สอยของแต่ละอาคารพิจารณาเฉพาะอาคารสำนักงาน ไม่นับรวมโรงปฏิบัติการเพราะไม่สามารถควบคุมต้นกำเนิดเสียงได้

ภาพที่ 3.2: บริษัท Slot-Nankai co.,ltd



ภาพที่ 3.3: ส่วนสำนักงานของบริษัท Slot-Nankai co.,ltd



3.2.2 ชนิดของวัสดุ

1) แผ่นฉนวนกันเสียง ISO NOISE

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แผ่นฉนวนกันเสียง ISO NOISE โดยมีวัสดุเส้นใยโพลีเอสเตอร์โครงสร้างแบบแซนวิชแบบคอมโพสิตเป็นส่วนประกอบเพื่อป้องกันเสียงผ่านทะลุโดยในชั้นแรกและชั้นสุดท้ายทำด้วยพลาสติกคุณภาพสูงที่มีความหนาแน่นสูงมีความหนารวม 5 ซม. มีน้ำหนักเบาสามารถติดตั้งได้ง่ายและราคาไม่สูงจนเกินไปเกินไปพร้อมมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง NRC: 0.80 (บริษัท ท็อป อินซูเลชั่น แอนด์ เทรตติ้ง จำกัด, ม.ป.ป.) โดยใช้วัสดุแผ่นฉนวนกันเสียง ISO NOISE ในการทดสอบนี้ทั้งหมด 9 ตอม.

ตารางที่ 3.1: คุณสมบัติของแผ่นฉนวนซับเสียง ISO NOISE

คุณสมบัติ	สมรรถภาพ
คุณสมบัติทางเสียง	Noise Reduction Coefficient (NRC) 0.80

ที่มา: บริษัท ท็อป อินซูเลชั่น แอนด์ เทรตติ้ง จำกัด. (ม.ป.ป.). *ISO-NOISE G Series*. สืบค้นจาก https://www.topinsulation.com/PDF/isonoise_g.pdf

ภาพที่ 3.4: แผ่นฉนวนซับเสียง ISO NOISE



ที่มา: บริษัท ท็อป อินซูเลชัน แอนด์ เทรคดิง จำกัด. (ม.ป.ป.). *ISO-NOISE G Series*. สืบค้นจาก https://www.topinsulation.com/PDF/isonoise_g.pdf

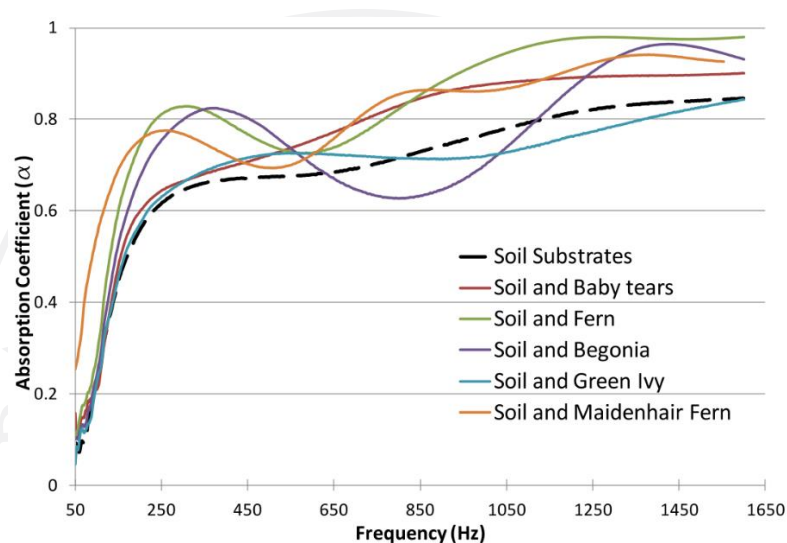
2) สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Panel system felt green wall)

ตามระบบของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Panel system felt green wall) นั้นได้รับการออกแบบมาเพื่อลดน้ำหนักและแรงยึดเกาะให้กับผนังและสามารถดำเนินการด้วยวิธีที่ยั่งยืนด้วยตนเองผ่านการให้น้ำแบบกึ่งไฮโดรโพนิคส์และระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติจึงทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาโดยการดูดซับเสียงจะสามารถเพิ่มขึ้นด้วยการใช้พืชคลุมพื้นผิวที่มีความหนาแน่นสูงตามที่ระบุไว้ในการศึกษาอื่นเกี่ยวกับการลดทอนเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) จากปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมดจึงเลือกพืชสายพันธุ์ของเฟิร์นใบมะขาม (*Nephrolepis cordifolia*) มาใช้ในการทดลองโดยต้นเฟิร์นใบมะขามที่เลือกมานั้นมีขนาดรัศมีของกระถาง 20 ซม. ใช้แผ่นสักหลาด (Felt panel) ทั้งหมด 9 หน่วย ขนาดกว้าง 3 เมตร / ยาว 3 ม. รวม 9 ตร.ม. ใช้เฟิร์นใบมะขามในการทดลองนี้ทั้งหมด 324 ต้น

ชนิดของต้นไม้ที่ใช้บน Green wall มีการศึกษาต้นไม้ตระกูล *Nephrolepis Exaltata*, *Baby tears* และ *Callisia repens* (Asdrubali, D'Alessandro, Mencarelli & Horoshenkov, 2014) พบว่ามีคุณสมบัติในการซับเสียงได้ดีเพราะมีใบเยอะและหนารวมถึงมีความสูงต่ำของระดับใบและก้านทำให้มีคุณสมบัติในการซับเสียงได้ดี (Azkorra et al., 2015) (Grey & Deneke, 1986) ในการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) นั้นเลือกใช้ *Nephrolepis Exaltata* หรือเฟิร์นใบมะขามในการทดลองเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยการซับเสียงสูงในทุก ๆ ความถี่และยังสามารถหาได้ง่ายในภูมิภาคนี้อีกด้วย

ภาพที่ 3.5: เปรียบเทียบคุณสมบัติการซับเสียงของชนิดต้นไม้โดยใช้ท่อนำเสียง

				
<i>Nephrolepis Exaltata</i> (Fern)	<i>Helxine soleirolia</i> (baby tears)	<i>Begonia Rex</i> (Begonia)	<i>Adiantum capillus-veneris</i> (Maidenhair Fern)	<i>Hedera helix</i> (Green Ivy)
East Asia, Oceania	Northern islands of the Mediterranean	India	Europe, North Africa, North and Central America	Europe, North Africa, Asia



ที่มา: Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Mencarelli, N., & Horoshenkov, K. V. (2014). Sound absorption properties of tropical plants for indoor applications. In *21st International Congress on Sound and Vibration* (pp. 1-8). Beijing, China: n.p.

2.2.3 เครื่องมือใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือวิจัยที่เป็นเอกสาร และ เครื่องมือวิจัยที่เป็นอุปกรณ์

2.2.3.1 เครื่องมือวิจัยที่เป็นเอกสาร

จากวัตถุประสงค์และขั้นตอนของการวิจัยที่ต้องการศึกษาคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุจึงต้องมีเครื่องมือวิจัยเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบจดบันทึก

แบบจดบันทึก (Survey Form) ใช้ในขั้นตอนการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าดัชนีต่าง ๆ ตามปัจจัยและเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้เป็นการประเมินเชิงวัตถุวิสัยข้อมูลจากการจดบันทึกเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อนำไปวิเคราะห์และศึกษาคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุ

2.2.3.2 เครื่องมือวิจัยที่เป็นอุปกรณ์

การเก็บข้อมูลเสียงในภาคสนาม ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับเสียงสามารถวิเคราะห์เสียงจำแนกย่านความถี่ที่ได้มาตรฐาน International Electrotechnical Commission (IEC) IEC 61672 class 2 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์วัดเสียงจากเครื่องวัดระดับเสียง Lutron SL-4010 ทำการประเมินค่าดัชนี 2 ดัชนี Background noise level (BNL), Sound pressure level (SPL)

เครื่องมืออื่น ๆ ได้แก่อุปกรณ์กำเนิดเสียง อุปกรณ์บันทึกเสียงและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลสำหรับชุดเครื่องมือตรวจวัดเสียงประกอบด้วย

1) ไมโครโฟนและฟองน้ำกันลมใช้เป็นเครื่องมือสำหรับรับเสียงแล้วส่งผ่านไปยังอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ที่มีความบอบบางมาก จึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสบริเวณด้านหน้าของไมโครโฟนระว่างการตกกระแทก หรือเกิดการสั่นสะเทือนอย่างแรง หากมี การชำรุดเครื่องวัดเสียงก็ไม่สามารถรายงานผลได้อย่างถูกต้อง

2) ลำโพงหรือเครื่องกำเนิดเสียง Sherman j-3333 ที่สามารถควบคุมระดับความดังได้โดยเฉพาะในช่วง 40-140 เดซิเบล เพื่อใช้ Pink noise ในการจำลองเสียงเป็นเสียงที่พบบ่อยที่สุดในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในย่านความถี่กลางและความถี่ต่ำเสียงน้ำตกและเสียงฝนมาจากข้อเท็จจริงที่ว่าเสียงอยู่ระหว่างเสียงสีขาว (1/คู่ 0) และเสียงสีน้ำตาล (1/คู่ 2) เสียงสีชมพูเป็นเสียงที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับการทดสอบทางเสียง

3) ขาตั้งเครื่องวัดระดับเสียง เป็นขาตั้งที่สามารถติดตั้งเครื่องวัดระดับเสียงให้มีระดับความสูงได้ตั้งแต่ 1.20 ถึง 1.50 เมตร

4) คอมพิวเตอร์และแบบฟอร์มจดบันทึกข้อมูล

ภาพที่ 3.6: เครื่องวัดระดับเสียง Lutron SL-4010 ลำโพง และอุปกรณ์ประกอบ



3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย

3.3.1 เครื่องมือ แบบจดบันทึก

เพื่อทำการสำรวจสภาพแวดล้อมกายภาพและคุณลักษณะเสียงของห้องรวมถึงรายละเอียดพื้นฐานเกี่ยวกับการบันทึกเช่น วัน เวลาในการบันทึก แบบจดบันทึกแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1

- 1) ขนาดและมิติด้านต่าง ๆ กว้าง ยาว สูง ทั้งห้องกำเนิดเสียงและห้องรับเสียง
- 2) ชนิดของวัสดุและพื้นผิวของวัสดุดูดซับเสียง (ตร.ม.)

ส่วนที่ 2

- 1) ระดับเสียงรบกวนพื้นหลังภายนอกห้องในภาวะปกติ
- 2) ระดับเสียงรบกวนพื้นหลังภายในห้องกำเนิดเสียง (1 จุด) และห้องรับเสียง (1 จุด) เมื่อไม่มีกิจกรรมและไม่มีคน
- 3) ค่าระดับความดันเสียงรบกวนภายในห้องกำเนิดเสียง (1 จุด) และห้องรับเสียง (5 จุด) เมื่อดำเนินการจำลองมลภาวะทางเสียง (จำลอง Pink noise)

3.4 การกำหนดตัวแปร ตัวชี้วัด และการเชื่อมโยงตัวแปร

3.4.1 การกำหนดตัวแปรและตัวชี้วัด

การกำหนดตัวแปรอ้างอิงตามกรอบการวิจัยโดยทำการแปลงค่าจากตัวแปรเชิงมนทัศน์ (Conceptual Variable) ไปสู่ตัวแปรเชิงปฏิบัติการ (Operational variable) และตัวชี้วัด (Indicator) แสดง ตัวแปรนิยามเชิงมนทัศน์ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ สภาพแวดล้อมกายภาพของห้องทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ คุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุ คุณลักษณะทางเสียงของห้อง

ตารางที่ 3.2 การแปลงค่าตัวแปรนิยามเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Variable) ไปสู่ตัวแปรนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Variable) และตัวชี้วัดรวมถึงระดับในการวัด

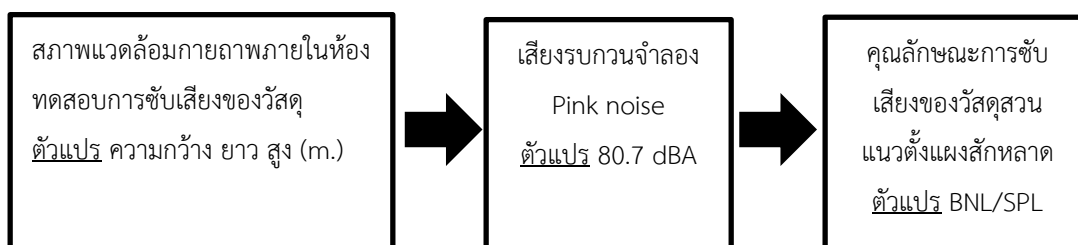
ตัวแปรนิยาม เชิงมโนทัศน์ (Conceptual Variable)	ตัวแปรนิยาม เชิงปฏิบัติการ (Operational Variable)	ตัวชี้วัด	ระดับการวัด	เครื่องมือการวิจัย	
				แบบสำรวจ	อุปกรณ์วัดค่า
สภาพแวดล้อมภายในห้องทดสอบการขับเสียงของวัสดุ	สภาพแวดล้อมกายภาพ	ความกว้าง ยาว สูง (m.)	Ratio	●	●
คุณลักษณะการขับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด	ดัชนีชี้วัดค่าคุณลักษณะทางเสียง	เสียงพื้นหลัง BNL (dBA)	Ratio	●	●
		ความดันเสียง SPL (dBA)			
คุณลักษณะการขับเสียงของวัสดุแผ่นขับเสียง iso noise	ดัชนีชี้วัดค่าคุณลักษณะทางเสียง	เสียงพื้นหลัง BNL (dBA)	Ratio	●	●
		ความดันเสียง SPL (dBA)			
เสียงรบกวนจำลอง	ลักษณะเสียงแบบ Pink noise	ระดับความดังเสียงคงที่ 80.7 dBA	Ratio	●	●

3.4.2 การเชื่อมโยงตัวแปร

การเชื่อมโยงตัวแปรอิสระและตัวแปรตามกำหนดให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และคำถามการวิจัยและได้ทำข้อมูลสรุปการเชื่อมโยงตัวแปรอิสระและตัวแปรตามไว้ในตารางที่ 8 ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1: เพื่อทดสอบการขับเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) ต่อมลภาวะทางเสียง

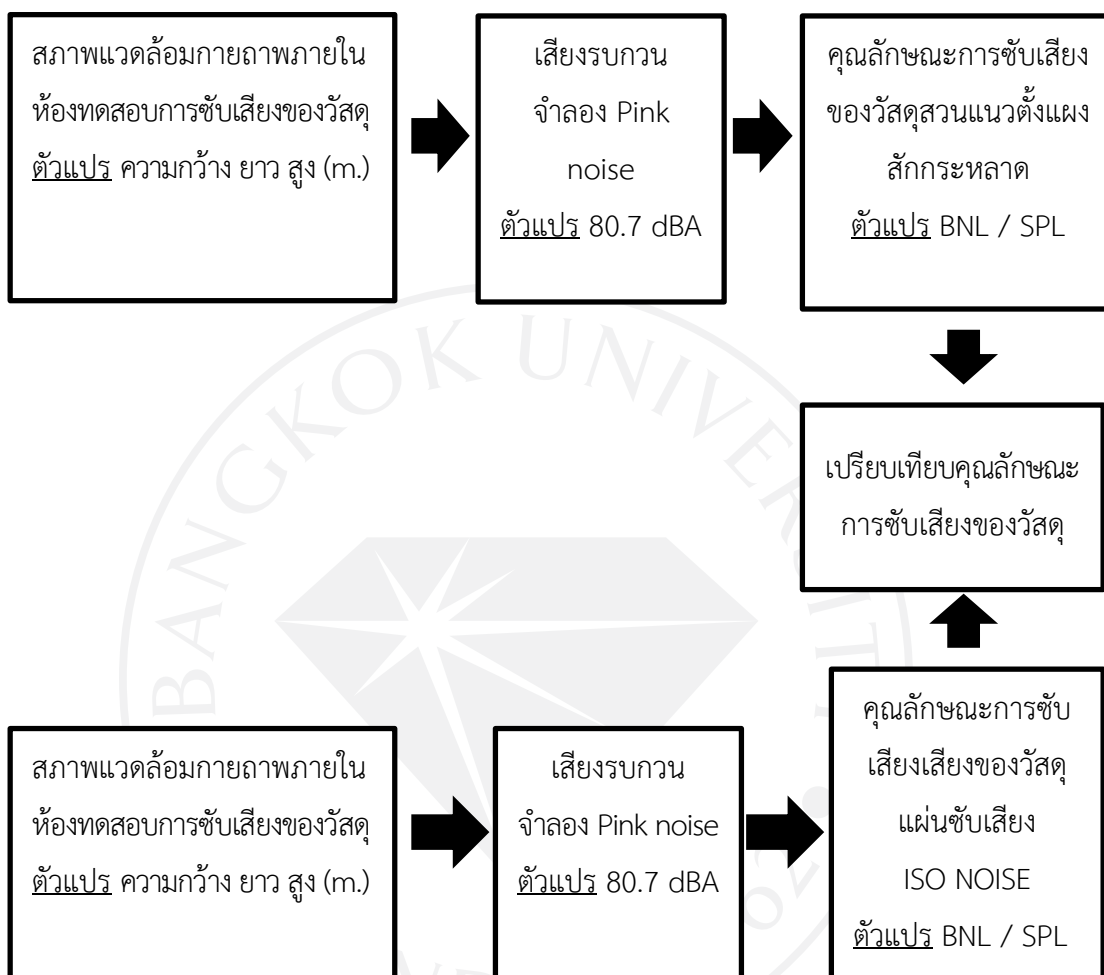
ภาพที่ 3.7 การเชื่อมโยงของสภาพแวดล้อมของห้องทดลอง เสียงรบกวนจำลอง และคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีเขียว



แสดงให้เห็นการเชื่อมโยงองค์ประกอบสภาพแวดล้อมภายในห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีเขียวประกอบด้วย สัดส่วนของห้อง (หน่วยเมตร) และเสียงรบกวนจำลอง Pink noise ตัวแปรของเสียงรบกวนจำลองประกอบด้วย เสียง 80.7 dBA ซึ่งตัวแปรดังกล่าวส่งผลต่อคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีเขียว โดยที่ตัวแปรตามคือดัชนีชี้วัดได้แก่ ระดับของเสียงรบกวนพื้นหลัง (BNL) ค่าความดันเสียง (SPL) และเมื่อนำค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไปเทียบกับค่ามาตรฐานสากลทำให้สามารถรู้ได้ถึงคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสีเขียว (Panel system felt green wall)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2: เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความแตกต่างในการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผง สีเขียว (Felt panel system green wall) เมื่อเทียบกับวัสดุซับเสียงชนิดอื่น

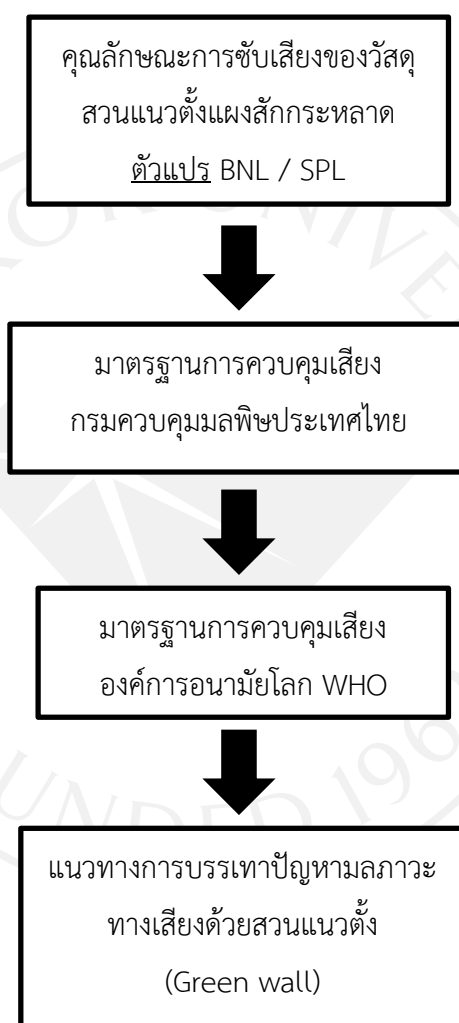
ภาพที่ 3.8: การเปรียบเทียบคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสว่นแนวตั้งแผงสักระหลาดกับคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุแผ่นซับเสียง ISO NOISE



การเชื่อมโยงองค์ประกอบสภาพแวดล้อมภายในห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสว่นแนวตั้งแผงสักระหลาดและคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุแผ่นซับเสียง iso noise นำคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบเพื่อหาประสิทธิภาพการซับเสียงของวัสดุสว่นแนวตั้งแผงสักระหลาดเมื่อเทียบกับวัสดุซับเสียงโดนตรงชนิดอื่น

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3: เพื่อเสนอแนะแนวทางการบรรเทาปัญหาผลกระทบทางเสียงด้วยสวนแนวตั้ง (Green wall) ในที่อยู่อาศัย

ภาพที่ 3.9: การหาแนวทางบรรเทาผลกระทบทางเสียงด้วยสวนแนวตั้งแผงสักระหลาดบนพื้นฐานมาตรฐานเสียงขององค์การอนามัยโลกและกรมควบคุมมลพิษแห่งประเทศไทย



การเชื่อมโยงองค์ประกอบผลทดสอบคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสักระหลาดช่วยลดผลกระทบทางเสียงได้ตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก จึงสามารถนำมาเป็นแนวทางการบรรเทาปัญหาผลกระทบทางเสียงด้วยสวนแนวตั้ง (Green wall)

3.4.3 ตัวแปรควบคุม

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการศึกษาคุณลักษณะการซับเสียงของวัสดุในสภาพแวดล้อมเดียวกันจึงต้องมีกระบวนการทดลองภายใน

สภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมได้แก่ การควบคุม ตัวแปรสภาพแวดล้อมกายภาพ และตัวแปรเสียงในห้องทดสอบการซับเสียงของวัสดุ รวมถึงมีการกำหนดสภาพการณ์โดยรอบเพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก

ตารางที่ 3.3: ตัวแปรควบคุมในการทดลอง

ตัวแปรควบคุม	รายละเอียด
สภาพแวดล้อมกายภาพ	- ขนาดปริมาตรของห้องรวมอยู่ในช่วง 60-70 ตารางเมตร - ปิดประตูและหน้าต่าง
เสียงรบกวนจำลอง Pink noise	- ระดับความดังเสียงคงที่ 80.7 dBA - ดังกว่าเสียงพื้นหลังอย่างน้อย 20 dBA - ติดตั้งเครื่องกำเนิดเสียงบริเวณหน้าวัสดุระยะ 5 เมตร - ความสูง 1.50 เมตร ในห้องกำเนิดเสียง - ปิดประตูและหน้าต่าง
ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล	- เก็บข้อมูลในวันเดียวกัน - เป็นวันที่ไม่มีฝนตกหรืออากาศแปรปรวน - เก็บข้อมูลในวันอาทิตย์วันหยุดบริษัทไม่มีคน - โรงงานที่อยู่ในพื้นที่ติดกันรวมถึงภายในอาคารทดสอบไม่มีกิจกรรมการทำงานและกิจกรรมอื่น - ช่วงเก็บข้อมูลไม่มีผู้คนเดินในโถงทางเดินบริเวณหน้าห้อง - เก็บข้อมูลทดลองในช่วงที่ไม่มีเสียงเครื่องบินจากภายนอก

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เครื่องมือวิจัยในลักษณะเครื่องมืออุปกรณ์การวัดค่าดัชนีชี้วัดต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึง คุณลักษณะการซับเสียงเสียงของวัสดุ ร่วมกับเครื่องมือวิจัยที่เป็นแบบจดบันทึก พื้นที่การศึกษาได้แก่ ส่วนสำนักงานของบริษัท Slot-Nankai co.,ltd คัดเลือกห้องเพื่อทำการเก็บข้อมูล คุณลักษณะเสียงในเบื้องต้น 2 ห้อง ที่ใช้ผนังกำแพงร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจะมีขั้นตอน และรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลคุณลักษณะการซับเสียงเสียงของวัสดุ

- 1) ห้องกำเนิดเสียงมีขนาดประมาณ 50 ตารางเมตร
- 2) ห้องรับเสียงมีขนาดประมาณ 20 ตารางเมตร
- 3) เก็บข้อมูลในขณะที่ห้องไม่มีพนักงาน (ปิดแอร์)
- 4) จำลองเสียงรบกวน Pink noise จากลำโพงหันหน้าหาวัสดุทำมุม 45 องศา $\pm$ 5 องศา ระดับความดังเสียงคงที่ 80.7 dBA ให้ดังกว่าเสียงพื้นหลังอย่างน้อย 20 dBA ปิดประตูและหน้าต่างระหว่างทดสอบ
- 5) เก็บข้อมูลระดับเสียงรบกวนพื้นหลัง (BNL) ระดับความดันเสียง (SPL) ของแต่ละเงื่อนไขและสถานการณ์ต่าง ๆ

6) ติดตั้งเครื่องกำเนิดเสียงบริเวณหน้าวัสดุระยะ 5 เมตร ความสูง 1.50 เมตร ในห้องกำเนิดเสียง และวัดค่าต่าง ๆ ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้

- 7) ใช้เครื่องมือแบบสำรวจเชิงพื้นที่ในการรวบรวมข้อมูล

3.5.2 ขั้นตอนการคัดเลือกห้องเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

1) คัดเลือกห้อง 2 ห้อง โดยแบ่งเป็นห้องกำเนิดเสียง (Source room) 1 ห้อง และ เป็นห้องรับเสียง (Receiving room) 1 ห้อง เพื่อใช้ในการทดลองควบคุมตัวแปร ชนิดของวัสดุ และตัวแปรความดังของระดับเสียงรบกวนจำลอง

2) ห้องที่ได้รับคัดเลือกเป็นห้องที่มีผนังกำแพงติดกันโดยห้องกำเนิดเสียงมีขนาดประมาณ 50 ตารางเมตร และห้องรับเสียงมีขนาดประมาณ 20 ตารางเมตร

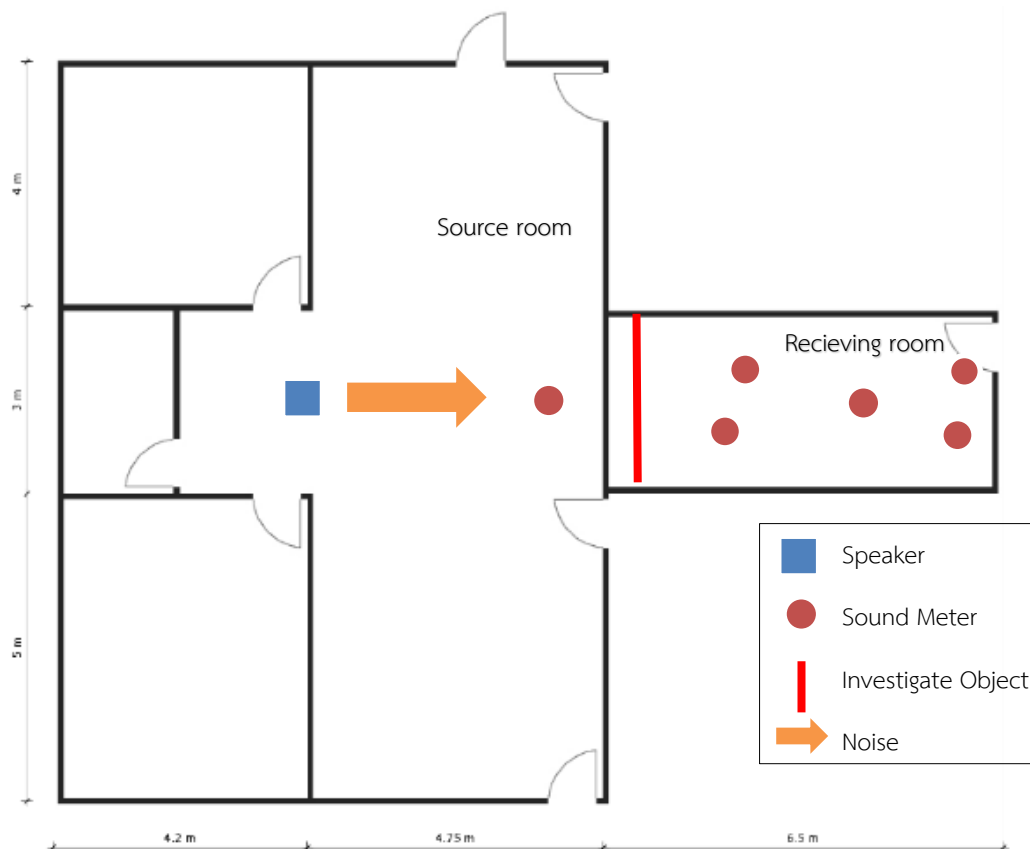
3) กำหนดตำแหน่งเครื่องกำเนิดเสียงในห้องกำเนิดเสียง (Source room) ห่างจากบริเวณหน้าวัสดุทดสอบเป็นระยะ 5 เมตร ความสูง 1.50 ม. และแบ่งพื้นที่ในการวัดระดับความดันเสียงออกเป็น 1 จุด ห่างจากบริเวณหน้าวัสดุทดสอบเป็นระยะ 2 เมตร แสดงในภาพที่ 17

4) กำหนดตำแหน่งเครื่องวัดระดับความดันเสียงออกเป็น 5 จุดในห้องรับเสียง (Receiving room) ห่างจากบริเวณหน้าผนังกำแพงทดสอบเป็นระยะอย่างน้อย 1 เมตร ความสูง 1.50 ม. และห่างจากเครื่องวัดระดับเสียงด้วยกันเองอย่างน้อย 0.7 เมตรและห่างจากเฟอร์นิเจอร์อย่างน้อย 0.5 เมตรโดยสูงระดับพื้นดิน 1.5 เมตร

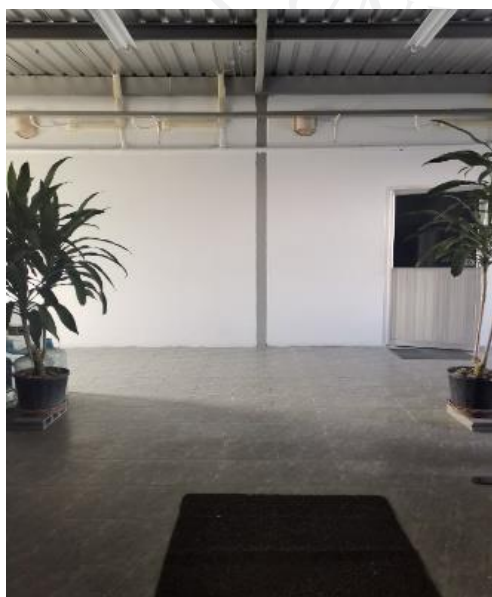
5) ระยะเวลาในการทดสอบแต่ละจุดนั้นใช้เวลาในการวัดจุดละ 1 นาที 30 วินาที

6) การทดลองทั้งหมดเป็นไปตาม ISO 16283-3 Field measurement of sound in buildings and of building elements / Part 3: Façade sound insulation

ภาพที่ 3.10: ผังพื้นที่ในห้องทดลองแสดงตำแหน่ง ลำโพง การติดตั้งวัสดุทดสอบและเครื่องรับเสียง



ภาพที่ 3.11: ห้องกำเนิดเสียง (Source room) และ ห้องรับเสียง (Receiving room)



3.5.3 การจำลองสถานการณ์ในการทดสอบ

การจำแนกสถานการณ์การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของการทดสอบคุณสมบัติการซับเสียง ในสภาพแวดล้อมปิดที่ควบคุมต้นกำเนิดเสียงให้มีสภาพแวดล้อมเดียวกันในทุกสถานการณ์จากมลภาวะทางเสียงภายในที่อาคารแบ่งเป็น 4 สถานการณ์ (Scenario) ด้วยกัน

ภาพที่ 3.12: การแบ่งจำแนกสถานการณ์และชนิดของวัสดุในการทดสอบ

สถานการณ์ (Scenario)	ชนิดวัสดุในการทดสอบ
Scenario (I)	ไม่มีวัสดุ
Scenario (II)	แผ่นซับเสียง ISO NOISE
Scenario (III)	แผงสักกระหลาด (Felt panel)
Scenario (IV)	สวนแนวตั้งแผงสักกระหลาด (Felt panel system green wall)

ภาพที่ 3.13: Scenario (I) ไม่มีวัสดุ



ภาพที่ 3.14: Scenario (II) แผ่นซับเสียง ISO NOISE



ภาพที่ 3.15: Scenario (III) แผ่นสักหลาด (Felt panel)



ภาพที่ 3.16: Scenario (IV) สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall)



บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 คุณสมบัติการซับเสียงโดยการวัดค่าแบบ 1/1 Octave Band

ข้อได้เปรียบของการทดสอบในสภาพแวดล้อมปิดนั้นคือสามารถควบคุมเสียงกระทบ (Impulse Noise) โดยสามารถปรับให้คงที่และเท่ากันได้ในทุก ๆ สถานการณ์เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันสำหรับการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสั๊กหลาด (Felt panel system green wall) หลังจากรวบรวมผลลัพธ์ทั้งหมดจากห้องกำเนิดเสียง (Source Room) ด้วยระดับความดันเสียงคงที่พร้อม Impulse Noise ที่คงที่ด้วยเสียง Pink Noise 80.7 dBA และเสียงพื้นหลัง (Background Noise) 42.2 dBA และข้อมูลจากห้องรับเสียง (Receiving Room) โดยมีเสียงพื้นหลัง (Background Noise) 31.8 dBA ใน 4 สถานการณ์ที่แตกต่างกันด้วยวัสดุที่ใช้ทดลองแต่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันเก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดระดับเสียง Lutron SL-4010 โดยใช้มาตรฐาน ISO 16283-3 ในการควบคุมตัวแปรในการทดลอง

ภาพที่ 4.1: วัดผลจากห้องกำเนิดเสียง (Source Room) และวัดผลจากห้องรับเสียง (Receiving Room)



4.1.1 คุณสมบัติการซับเสียงของกำแพงคอนกรีตไม่มีวัสดุ

ภาพที่ 4.2: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงกำแพงคอนกรีตโดยไม่มีวัสดุ



ตารางที่ 4.1: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (I)

Type	Source Room	Receiving Room	Diff.
dBA	80.7	44.08	36.62

4.1.2 คุณสมบัติการซับเสียงของแผ่นฉนวนซับเสียง ISO NOISE

ภาพที่ 4.3: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของแผ่นฉนวน ISO NOISE



ตารางที่ 4.2: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (II)

Type	Source Room	Receiving Room	Diff.
dBA	80.7	38.82	41.88

4.1.3 คุณสมบัติการซับเสียงของแผ่นสักหลาด (Felt Panel)

ภาพที่ 4.4: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของแผ่นสักหลาด (Felt panel)



ตารางที่ 4.3: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (III)

Type	Source Room	Receiving Room	Diff.
dBA	80.7	41.82	38.88

4.1.4 คุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall)

ตามระบบของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) นั้นได้รับการออกแบบมาเพื่อลดน้ำหนักระบบและแรงยึดเกาะให้กับผนังและสามารถดำเนินการด้วยวิธีที่ยั่งยืนด้วยตนเองผ่านการให้น้ำแบบกึ่งไฮโดรโปนิคส์และระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติจึงทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาโดย

การดูดซับเสียงจะสามารถเพิ่มขึ้นด้วยการใช้พืชคลุมพื้นผิวที่มีความหนาแน่นสูงตามที่ระบุไว้ใน การศึกษาอื่นเกี่ยวกับการลดทอนเสียงของสวนแนวตั้ง (Green wall) จากปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมดจึงเลือก พืชสายพันธุ์ของเฟิร์นใบมะขาม (*Nephrolepis cordifolia*) มาใช้ในการทดลองโดยต้นเฟิร์นใบมะขาม ที่เลือกมานั้นมีขนาดรัศมีของกระถาง 20 ซม. ใช้แผ่นสีกหลาด (Felt Panel) ทั้งหมด 9 หน่วย ขนาดกว้าง 3 เมตร/ยาว 3 ม. รวม 9 ตร.ม. ใช้เฟิร์นใบมะขามในการทดลองนี้ทั้งหมด 324 ต้น

ภาพที่ 4.5: เฟิร์นใบมะขาม (*Nephrolepis cordifolia*) ที่ใช้ในการทดลอง



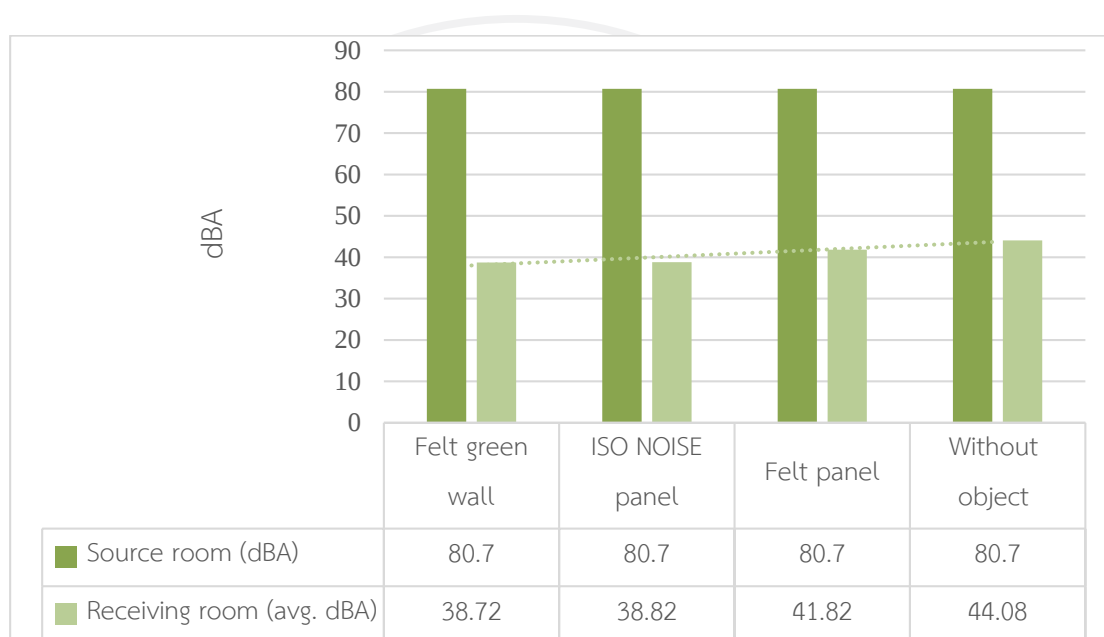
ภาพที่ 4.6: การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสีกหลาด (Felt panel system green wall)



ตารางที่ 4.4: ผลการทดลองคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุ Scenario (IV)

Type	Source Room	Receiving Room	Diff.
dBA	80.7	38.72	41.98

ภาพที่ 4.7: เปรียบเทียบคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุทดลองโดยการวัดค่าแบบ 1/1 Octave Band



ผลการวิเคราะห์ของ “Scenario (I)” โดยไม่มีวัตถุเป็นกำแพงคอนกรีตเปล่าโดยมีเสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียงที่ 44.08 dBA โดยวัด “Scenario (III)” ด้วยแผ่น Felt Panel มีเสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียงที่ 41.82 dBA ดีกว่า “Scenario (I)” อยู่ 5.2% ในการวัด “Scenario (II)” ด้วยฉนวนแผ่นซับเสียงเสียง ISO NOISE มีเสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียงที่ 38.82 dBA ดีกว่า “สถานการณ์ (I)” ถึง 12% โดยดีกว่า “สถานการณ์ (III)” 7.2% ในการวัด “สถานการณ์ (IV)” ด้วยสวนแนวตั้งแผงสักราด (Felt panel system green wall) มีค่าเสียงเฉลี่ยในห้องรับสัญญาณอยู่ที่ 38.72 dBA ดีกว่า “สถานการณ์ (I)” 12.2% ดีกว่า “สถานการณ์ (III)” 7.4% และดีกว่า มากกว่า “สถานการณ์ (II)” อยู่ที่ 0.3%

4.2 การประมวลผลค่าเสียงด้วยสูตร Equivalent Sound Level (Leq)

ระดับความดันเสียงที่เท่ากันต่อเนื่องหรือ Leq/LAeq คือ ระดับเสียงคงที่ซึ่งจะส่งผลให้พลังงานเสียงทั้งหมดเท่ากันโดยเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด LAeq เป็นพารามิเตอร์การวัดพื้นฐานที่ออกแบบมาเพื่อแสดงถึงแหล่งกำเนิดเสียงที่แตกต่างกันในช่วงเวลาที่กำหนดออกมาเป็นตัวเลขตัวเลขนี้เป็นการวัดพลังงานที่มีอยู่ภายในเสียงที่จุดของเครื่องรับเสียง

Leq มีประโยชน์ในการศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่เสียงจะสร้างความเสียหายหรือรบกวนคุณภาพชีวิตผู้อยู่อาศัยภายในและภายนอกอาคารและถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในการคำนวณมาตรฐานเสียงรบกวนด้านสิ่งแวดล้อมตลอดจนข้อบังคับต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมลภาวะทางเสียง

สูตรการคำนวณหา Equivalent Sound Level (Leq)

$$Leq = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T 10 \frac{L}{10 dT} \right\}$$

ภาพที่ 4.8: เปรียบเทียบคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุทดแลงโดยการวัดค่าด้วยระดับเสียง Leq



Type	ISO NOISE	Felt Panel	Without Object
Diff. in % to Felt Panel Green wall	> 0.97 %	> 7.8 %	> 12.57 %

4.3 ข้อจำกัดในการวิจัยการซับเสียงของ Felt Panel Green wall

สวนแนวตั้ง (Green wall) ชนิดสวนแนวตั้งแผงสั๊กหลอด (Felt system based green wall) ที่ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองนี้เพราะสวนแนวตั้ง (Green wall) ชนิดอื่นนั้นมีช่องว่างระหว่างหน่วยซึ่งทำให้เสียงสามารถทะลุผ่านได้อย่างง่ายดายอย่างไรก็ตามยังมีสวนแนวตั้ง (Green wall) ชนิดระบบแผ่น (Panel based system) ซึ่งมีโครงสร้างแบบ Sandwich Structure ซึ่งหนากว่าแบบแผงสั๊กหลอด (Felt panel system green wall) จึงสันนิษฐานได้ว่าจะสามารถซับเสียงที่เกิดจากมลภาวะทางเสียงได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญแต่มาพร้อมกับราคาที่แพงกว่าหลายเท่าตัว



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบการซับเสียงของสวนแนวตั้ง (Green Wall) ต่อมลภาวะทางเสียงโดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความแตกต่างในการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) เพื่อเปรียบเทียบกับวัสดุซับเสียงชนิดอื่น ๆ และเสนอแนะแนวทางการบรรเทาปัญหามลภาวะทางเสียงด้วยสวนแนวตั้ง (Green Wall) ในอาคารที่อยู่อาศัย

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลการทดสอบนั้นตรงกับสมมุติฐานที่ได้ตั้งขึ้นและช่วยยืนยันประสิทธิภาพการซับเสียงของวัสดุสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) เพื่อลดมลภาวะทางเสียงภายในอาคารที่อยู่อาศัยตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษไทยและองค์การอนามัยโลก

- 1) สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) สามารถลดมลภาวะทางเสียงลงมาได้ตามค่ามาตรฐาน
- 2) สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) สามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนได้ในการลดมลภาวะทางเสียง

5.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยโดยใช้การทดสอบทางวิทยาศาสตร์นั้นเพื่อความแม่นยำและถูกต้องของค่าการซับเสียงของกำแพงกันเสียงและสวนแนวตั้ง (Green Wall) ต่อมลภาวะทางเสียงโดยมีการวัดทั้งค่า Background Noise Level (BNL) และ Sound Pressure Level (SPL) รวมถึงรูปแบบที่แตกต่างกันในการจัดวางตำแหน่งของสวนแนวตั้ง (Green Wall) โดยมีการจำลองมลภาวะทางเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่ทำให้เกิดมลภาวะทางเสียงจากสถานที่จริงและทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของวัสดุในสภาพแวดล้อมปิดของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) จากมลภาวะทางเสียงในอาคารที่อยู่อาศัยโดยใช้ห้องว่างที่ไม่มีสวนแนวตั้ง (Green Wall) ติดกับผนังห้องกำเนิดเสียง เปรียบเทียบกับห้องที่มีสวนแนวตั้ง (Green Wall) ติดบนผนังของห้องกำเนิดเสียงโดยมีการเปรียบเทียบกับห้องที่มีแผ่นฉนวนกันเสียง ISO NOISE และวัดระดับเสียงในห้องกำเนิดเสียง 1 ตำแหน่ง และในห้องรับเสียง 5 ตำแหน่งนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยใช้ลำโพงสร้างระดับเสียง

กระทบ (Impulse Noise) เป็นเสียงชนิด Pink noise อย่างคงที่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันในทุกสถานการณ์การทดลองนี้แยกสถานการณ์ออกเป็น 4 รูปแบบในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันและขั้นตอนการทดลองเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 16283-3

5.4 สรุปผลการวิจัยและอภิปราย

การวิจัยนี้แสดงผลของการทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) เพื่อลดมลภาวะทางเสียงในอาคารในสภาพแวดล้อมปิดด้วยเสียง Pink Noise โดยใช้เฟิร์นใบมะขาม (*Nephrolepis cordifolia*) ดินและแผงสักหลาด (Felt) ที่มีความหนาโดยรวม 5 ซม. รวมต้นไม้

การทดสอบคุณสมบัติการซับเสียงของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) ได้ดำเนินการใน 4 สถานการณ์ ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์เสียงใน

- 1) การวัดระดับเสียงใน “Scenario (I)” โดยไม่มีวัตถุที่มีค่าเสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียงที่ 44.08 dBA
- 2) การวัดระดับเสียงใน “Scenario (III)” ด้วย Felt Panel มีเสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียงที่ 41.82 dBA ดีกว่า “Scenario (I)” 5.2%
- 3) การวัดระดับเสียงใน “Scenario (II)” ด้วยแผ่นฉนวนกันเสียง ISO NOISE ให้เสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียง 38.82 dBA ดีกว่า “Scenario (I)” ถึง 12% และดีกว่า “Scenario (III)” ที่ 7.2%
- 4) การวัดค่าระดับเสียงใน “Scenario (IV)” ด้วยระบบสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt system based green wall) มีเสียงเฉลี่ยในห้องรับเสียงที่ 38.72 dBA ดีกว่า “Scenario (I)” ถึง 12.2% ซึ่งดีกว่า “Scenario (III)” ถึง 7.4% และมากกว่า “Scenario (II)” ที่ 0.3% อย่างมีนัยสำคัญ

5.5 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

จะเห็นว่าสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) มีคุณสมบัติในการลดเสียงได้ดีกว่าแผ่นฉนวนกันเสียง ISO NOISE ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียง NRC: 0.80 อยู่ 0.3% จึงพิสูจน์ได้ว่าสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) นั้นสามารถนำมาใช้ทดแทนฉนวนกันเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ใช่เพียงแค่ช่วยลดฝุ่นหรือลดอุณหภูมิภายในอาคารเท่านั้นแต่ยังมีคุณสมบัติในการซับเสียงในระดับมาตรฐานเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาสำหรับการดูดซับเสียงโดยตรงและยังสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในอากาศทำให้ผู้ใช้สถานที่สดชื่นสบายตาและที่สำคัญยังสามารถลดความรู้สึกต่อมลภาวะทางเสียงของผู้ฟังได้อีกด้วย (Grey & Deneke, 1986)

ในเรื่องราคาของสวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) นั้นสามารถแข่งขันและจับต้องได้โดยมีราคาประมาณ 1,500 บาท ต่อตารางเมตรรวมต้นไม้แล้วโดยสวนแนวตั้ง

แบบแผง (Panel system based green wall) ที่มีรูปแบบเช่นวิชนั้นมีราคาถึงตารางเมตรละ 15,000 บาท ยังไม่รวมต้นไม้จึงทำให้สวนแนวตั้งแผงสักหลาด (Felt panel system green wall) นั้นน่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากพอที่จะเป็นตัวเลือกของวัสดุทดแทนการซับเสียงภายในอาคาร

สำหรับการศึกษาในอนาคตควรดำเนินการศึกษารูปแบบและขนาดของต้นไม้เพื่อใช้ในสถานการณ์จริงของที่อยู่อาศัยเพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบและขนาดของพันธุ์พืชที่สามารถช่วยในการป้องกันเสียงเพื่อให้ได้การพัฒนาในแง่ของรูปแบบการติดตั้งต้นไม้ที่จะสามารถใช้ในการดูดซับเสียงอย่างสูงที่สุดในอนาคตบนสถานการณ์จริงและการวัดผลด้วย Leq ในสถานการณ์สภาพแวดล้อมจริงรวมถึงค่า NRC ของวัสดุเพื่อนำข้อมูลมาตรวจสอบกับข้อมูลในชุดที่ได้ทำการทดลองนี้เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการซับเสียงต่อไปเพื่อลดมลภาวะทางเสียงให้อยู่ในระดับมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในอนาคต



บรรณานุกรม

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2535). มาตรา 4 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. สืบค้นจาก <http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%CA08/%CA08-20-9999-update.pdf>
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2546). ราชกิจจานุเบกษา “ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม” เรื่อง กำหนดระดับเสียงของรถจักรยานยนต์. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/law/2_29_air.pdf?CFID=1553514&CFTOKEN=69090926
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). ราชกิจจานุเบกษา “ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม” เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงของรถยนต์. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/law/2_28_air.pdf?CFID=1553514&CFTOKEN=69090926
- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2537). ประกาศเรื่องกำหนดระดับเสียงของเรือ. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/law/2_5_air.pdf?CFID=1553514&CFTOKEN=69090926
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2540). ประกาศฉบับที่ 15 เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/law/2_38_air.pdf?CFID=1351430&CFTOKEN=89651783
- นันทวัน ว.สิงหะเคนทร์ (2557). การตรวจวัดระดับเสียงสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/air/260357_2.pdf?CFID=1351430&CFTOKEN=89651783
- บริษัท ท็อป อินซูเลชั่น แอนด์ เทคดิง จำกัด. (ม.ป.ป.). ISO-NOISE G Series. สืบค้นจาก https://www.topinsulation.com/PDF/isonoise_g.pdf
- Abu-baker, A. D., Yasir, A. R., Horani, M., & Hammad, R. (2010). The Effectiveness of the Green Carrier as a Traffic Noise Barrier. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 17(2), 19-26
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Mencarelli, N., & Horoshenkov, K. V. (2014). Sound absorption properties of tropical plants for indoor applications. In 21st *International Congress on Sound and Vibration* (pp. 1-8). Beijing, China: n.p.

- Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L. F., Bures, S., Álvaro, J. E., Erkoreka, A., & Urrestarazu, M. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46–56.
- Bendtsen, H. (2010). *Noise Barrier Design: Danish and Some European Example*. Retrieved from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/UCPRC-RP-2010-04.pdf>
- Berglund, B., Schwela, D. H., & Thomas, L. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Geneva: WHO.
- Davis, M. J. M., Tenpierik, M. J., Perez, M. E., & Cevallos, F. R. (2016). More Than Just a Green Facade: Vertical Gardens for Sound Absorption and Architectural Acoustics. In Komurlu, R., Gurgun, A. P., Singh, A., & Yazdani, S. (Eds.), *The First European and Mediterranean Structural Engineering and Construction* (pp 1-6). Istanbul: EURO-MED-SEC-1.
- Fetterman, M. (2018). *Noise exposure is becoming ‘the new secondhand smoke’*. Retrieved from https://www.washingtonpost.com/national/health-science/noise-exposure-is-becoming-the-new-secondhand-smoke/2018/05/11/dd080c30-52d3-11e8-9c91-7dab596e8252_story.html?utm_term=.b3c21d0403f0
- Grey, G. W. & Deneke, F. J. (1986). *Urban Forestry*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Ismail, M. R. (2013). Quiet environment: Acoustics of vertical green wall systems of the Islamic urban form. *Frontiers of Architectural Research*, 2(2), 162–177.
- Kim, M., Chang, S. I., Seong, J. C., Holt, J. B., Park, T. H., Ko, J. H., & Croft, J. B. (2012). Road traffic noise: Annoyance, sleep disturbance, and public health implications. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(4), 353–360.
- Lertsawat, K., Kovudhikulrungsri, L., Phoolsawat, S., & Suksaard, T. (2012). Noise around Suvarnabhumi Airport. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3374–3374.
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863–871.
- Newtech Insulation. (2016). *SAC and NRC*. Retrieved from <https://www.noisecontrol.company/noise/knowledge/sac-and-nrc/>

- Pongkijvorasin, S. (2018). *Noise pollution tops list of complaints nationwide*. Retrieved from <https://www.bangkokpost.com/thailand/general/1552886/noise-pollution-tops-list-of-complaints-nationwide>
- Sheweka, S., & Magdy, N. (2011). The living walls as an approach for a healthy urban environment. *Energy Procedia*, 6, 592–599.
- Tanaka, K., Ikeda, S., Kimura, R. & Simazawa, K. (1979). The function of forests in soundproofing. *Bulletin Tottori University Foresta*, 11, 77–102.
- Thomazelli, R., Caetano, F., & Bertoli, S. (2016). Acoustic properties of green walls: Absorption and insulation [Electronics version]. *Proceedings of meetings on acoustics Acoustical Society of America*, 28(1).
- World Health Organization. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Retrieved from <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>
- World Health Organization. (2018). *Noise Guidelines UE. 181*. Retrieved from https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf
- Zaady, E., Katra, I., Shuker, S., Knoll, Y., & Shlomo, S. (2018). Tree Belts for Decreasing Aeolian Dust-Carried Pesticides from Cultivated Areas [Electronics version]. *Geosciences*, 8(8), 286.
- Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., & Li, Y. (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites [Electronics version]. *Aerospace*, 5(3), 75.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

ศักดิ์ศรีณ จันทรบุศย์

อีเมล

s.chantarabut@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี รัฐศาสตรบัณฑิต
สาขาการปกครอง/กฎหมาย มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- Diploma (Interior & Product Design)
Italiana Academia, Florence, Italy/CIDI
- General Education Development Maine,
United States of America

ประสบการณ์ทำงาน

- House of SAVOY Design Studio
Designer & Visualizer
- GMM & Atime Media
Exhibition Designer & Visualizer
- Singh Design Studio
Interior Designer & Visualizer

ผลงานวิชาการ

The 7th TNI Academic Conference 2021
Renovation and Improvement on Dwelling
Unit by Increasing Performance of Sound
Absorption Through Vegetation to Mitigate
Noise Pollution