

นวัตกรรมการเครื่องดนตรีไทยลมราย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาศิลปกรรมศาสตร์

คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2566

INNOVATION OF THAI MUSICAL INSTRUMENT “LOM RAI”



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Doctor of Fine and Applied Arts in Fine and Applied Arts  
Faculty Of Fine And Applied Arts  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย
โดย	น.ส.สวรรรยา ทับแสง
สาขาวิชา	ศิลปกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เผ่าสวัสดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทระ คมขำ

คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

.....	คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ชำคม พรประสิทธิ์)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศักดิ์ พิกุลศรี)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เผ่าสวัสดิ์)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทระ คมขำ)	
.....	กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.บุษกร บิณฑสันต์)	
.....	กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ชำคม พรประสิทธิ์)	
.....	กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวดี ภูชฎาภิรมย์)	

สรวรรยา ทับแสง : นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย. ( INNOVATION OF THAI MUSICAL INSTRUMENT “LOM RAI”) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.พรประพิตร ฝ้า สวัสดิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.ภัทระ คมขำ

นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นงานสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและเพื่อสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยลมราย โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ และใช้เครื่องมือวิจัยแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant observation) จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 คน ประเมินผลนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย โดยจำแนกการประเมินเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก คุณลักษณะเชิงดนตรี ความสามารถในการบรรเลงจริงและคุณภาพเสียง ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่มีการกำเนิดลมและเสียงจากระบบลูกสูบโดยการใช้นิ้วกดลงบนแป้นกดลักษณะการบรรเลงเช่นนี้สะดวกต่อบุคคลทั่วไปและผู้ที่มีปัญหาทางด้านระบบหายใจ

เครื่องดนตรีไทยลมรายมีช่วงเสียงกว้าง 4 ช่วงเสียงจึงสามารถบรรเลงเพลงไทย ปฏิบัติให้เกิดเสียงพร้อมกันมากกว่า 2 เสียงจนถึง 10 เสียง สามารถใช้ในการบรรเลงเดี่ยว การบรรเลงคู่ และการประสมวง ด้วยความโดดเด่นในโทนเสียงที่มีความหลากหลายและสามารถบรรเลงได้ทั้งทำนองหลักและทำนองประสาน จึงเป็นเครื่องดนตรีที่ส่งเสริมให้ผู้บรรเลงสามารถจินตนาการและสร้างสรรค์ทำนองได้อย่างอิสระ และด้วยช่วงเสียงที่กว้างจึงสามารถสร้างอารมณ์ในบทเพลงได้มากขึ้นเครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถบรรเลงพร้อมกับเครื่องดนตรีอื่นหรือสอดแทรกเพื่อสร้างความต่อเนื่องและความกลมกลืนให้แก่บทเพลง

สาขาวิชา ศิลปกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 6481020135 : MAJOR FINE AND APPLIED ARTS

KEYWORD:

Sawanya Tubsang : INNOVATION OF THAI MUSICAL INSTRUMENT “LOM RAI”.

Advisor: Assoc. Prof. PORNPRAPIT PHOASAVADI, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof.

Pattara Komkum, D.F.A.

An innovation of a musical instrument is part of a doctoral dissertation with a scope of designing a new musical instrument. The new musical instrument was named after its sound production method which relies on piston system. This new instrument is titled Lom Rai. The objective of this study is twofolded: (1) to investigate the body of knowledge in creating Thai Lom Rai musical instrument; and (2) to create and design Thai Lom Rai musical instrument. By employing qualitative research method, the researcher implemented unstructured interviews and participant observer. The Lom Rai was tested by eleven experts who played and evaluated the innovation of Thai wind instruments on five aspects regarding physical design, weight, musical characteristics, performance feasibility, and sound quality. The research results found that the innovation of the Thai Lom Rai musical instrument is a wind instrument that generates wind and sound from a piston system by pressing the finger on the key. The Thai Lom Rai musical instrument has a wide sound range of 4 octaves. It can produce more than 2 to 10 sounds together. It can be used in solo playing, duet playing, and band combinations. Therefore, it is a musical instrument that encourages the player to imagine and create melodies freely. Thai Lom Rai musical instrument can be played along with other instruments to create continuity and harmony to the ensemble.

Field of Study: Fine and Applied Arts

Student's Signature .....

Academic Year: 2023

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จทางการศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรศิลปกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิตของข้าพเจ้า สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาจากผู้มีรายนามดังต่อไปนี้

กราบขอบพระคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เมตตาสนับสนุนค่าเล่าเรียนตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

กราบขอบพระคุณคณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยศาสตราจารย์ ดร.บุษกร บินทสันต์ ที่เมตตาสนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้า ทั้งยังเป็นผู้มอบโอกาส สนับสนุนและส่งเสริม ข้าพเจ้าให้เกิดกำลังร่างกายและใจในการพัฒนาตนเอง คอยมอบความรัก ความห่วงใยและความอบอุ่นกับ ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร์ เผ่าสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรระ คมขำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์รวมถึงมอบความรักความห่วงใยแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณอาจารย์วิรัช สงเคราะห์ บุคคลสำคัญยิ่งที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนการทำเครื่องดนตรีลมรายให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนให้คำชี้แนะ ให้ข้อคิดและมอบกำลังใจในทุกๆ เรื่อง

กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศักดิ์ พิภูลศรี ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.วิชาคม พรประสิทธิ์ คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์ ศาสตราจารย์ ดร.บุษกร บินทสันต์

รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวดี ภูชฎาภิรมย์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร์ เผ่าสวัสดิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการพัฒนางานวิทยานิพนธ์และให้ความเมตตากรุณาแก่ข้าพเจ้า

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความเมตตา ชี้แนะแนวทางในการสร้างสรรค์และพัฒนาเครื่องดนตรีลมราย ได้แก่ นางคำจันทร์ อัมบุปผา อาจารย์สมชัย ชำพาลี จำเอกสุวรรณ ศาสตราจารย์ เรือตรีชยันรินทร์ แถมมีทรัพย์ อาจารย์ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์ อาจารย์จักรี มงคล อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์ อาจารย์ชัยภัก ภัทรจินดา ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงสัญชลี อาจารย์ณัฐพันธ์ นุชอำพัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภาค โมกขศักดิ์ และอาจารย์วรพล มาสแสงสว่าง

ขอบพระคุณกัลยาณมิตรทุกท่าน และ DFA 14 ที่มอบความรัก ความห่วงใยช่วยเหลือให้กำลังใจกัน ตลอดมาและขอขอบคุณน้องๆ ดุริยางคศิลป์ไทย คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ในการบันทึกวีดิทัศน์เครื่องดนตรีไทยลมราย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
1.6 กรอบแนวคิด.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แนวคิดและทฤษฎีสวนศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดนตรีประเภท Aerophones.....	7
2.1.1 ความหมายของคลื่นเสียง.....	7
2.1.2 ชนิดของคลื่นเสียง.....	9
2.1.3 ชนิดของตัวกลาง.....	12
2.1.4 การกำรเสียง.....	14
2.1.5 การเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones.....	16
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องดนตรีวิทยา.....	20

2.2.1 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีระบบ Hornbostel & Sachs.....	21
2.2.2 เครื่องดนตรีประเภท Aerophones .....	25
2.2.2.1 รูปแบบของการทำให้เกิดการสั่นสะเทือน.....	25
2.2.2.2 ลักษณะรูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones.....	28
2.2.2.3 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรี Aerophones .....	30
2.2.3 เครื่องเป่าไทย .....	45
2.2.3.1 เครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น.....	45
2.2.3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น.....	45
2.2.3.1.2 กรรมวิธีการสร้างเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น .....	55
2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ .....	59
2.3.1 ความหมายของการออกแบบ.....	59
2.3.2 ประเภทของการออกแบบ.....	64
2.3.3 ประเภทของงานออกแบบ.....	67
2.3.4 องค์ประกอบของการออกแบบ .....	69
2.3.5 หลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลาย .....	71
2.3.6 กระบวนการการออกแบบ .....	73
2.3.7 การออกแบบเครื่องดนตรี .....	77
2.3.8 วัสดุ.....	83
2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	97
บทที่ 3 การสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย .....	99
3.1 แรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย .....	99
3.2 หลักและแนวคิดในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย .....	100
3.3 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย.....	102
3.3.1 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1.....	103



3.3.1.1 การออกแบบแหล่งผลิตลม .....	103
3.3.1.2 การออกแบบท่อเสียง .....	108
3.3.1.3 การออกแบบปั้นกต.....	110
3.3.1.4 การออกแบบโครงสร้าง .....	110
3.3.1.5 การออกแบบตักแต่ง.....	110
3.3.1.6 แบบร่างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1 .....	111
3.3.1.7 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย ลมราย ครั้งที่ 1 .....	114
3.3.2 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2.....	118
3.3.2.1 การออกแบบแหล่งผลิตลม .....	118
3.3.2.2 การออกแบบท่อเสียง .....	120
3.3.2.3 การออกแบบปั้นกต.....	121
3.3.2.4 การออกแบบโครงสร้าง .....	122
3.3.2.5 การออกแบบตักแต่ง.....	123
3.3.2.6 แบบร่างส่วนประกอบของเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 .....	124
3.3.2.7 ส่วนประกอบนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 .....	128
3.3.2.8 กรรมวิธีการผลิตนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 .....	132
3.3.2.9 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย ลมราย ครั้งที่ 2 .....	199
3.3.3 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3.....	201
3.3.3.1 การออกแบบแหล่งผลิตลม .....	201
3.3.3.2 การออกแบบท่อเสียง .....	202
3.3.1.3 การออกแบบปั้นกต.....	202
3.3.3.4 การออกแบบโครงสร้าง .....	203

3.3.3.5 การออกแบบตกแต่ง.....	203
3.3.3.6 แบบร่างส่วนประกอบของเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3 .....	204
3.3.3.7 ส่วนประกอบนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3 .....	206
3.3.3.8 กรรมวิธีการผลิตนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3 .....	209
3.3.3.9 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย ลมราย ครั้งที่ 3 .....	223
บทที่ 4 การวิเคราะห์นวัตกรรมการเครื่องดนตรีไทยลมราย .....	226
4.1 การวิเคราะห์องค์ความรู้ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย.....	226
4.1.1 การสร้างแหล่งผลิตลม.....	226
4.1.2 การเชื่อมต่อระบบลม.....	228
4.1.3 การสร้างท่อเสียง.....	228
4.1.4 การสร้างแป้นกด.....	229
4.1.5 การสร้างตัวเรือน.....	229
4.1.6 การตกแต่ง .....	230
4.2 การวิเคราะห์วิธีการบรรเลงนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย .....	231
4.2.1 ตำแหน่งแป้นกด .....	231
4.2.2 การใช้กล้ามเนื้อในการบรรเลง.....	232
4.2.3 การวางนิ้วสำหรับการบรรเลง.....	233
4.2.4 การสร้างลักษณะเสียง .....	234
4.2.5 การนำเครื่องดนตรีไทยลมรายไปใช้ในการบรรเลง .....	236
4.3 แบบฝึกหัดเพื่อสร้างความคุ้นเคยให้นักดนตรีกับเครื่องดนตรีไทยลมราย .....	239
4.3.1 แบบฝึกหัดที่ 1 การกดแป้นกดทีละ 1 เสียง.....	239
4.3.2 แบบฝึกหัดที่ 2 การกดเสียงคู่ 8 โดยการฝึกทีละมือ.....	239
4.3.3 แบบฝึกหัดที่ 3 การกดเสียงคู่ 8 โดยการฝึกสลับมือ.....	239

4.3.4 แบบฝึกหัดที่ 4 การกดเสียงคู่ 8 โดยมือซ้ายกด 1 ครั้งและมือขวากด 2 ครั้ง .....	240
4.3.5 แบบฝึกหัดที่ 5 การกดเสียงคู่ 2.....	240
4.3.6 แบบฝึกหัดที่ 6 การกดเสียงคู่ 3.....	240
4.3.7 แบบฝึกหัดที่ 7 การกดเสียงคู่ 4.....	240
4.3.8 แบบฝึกหัดที่ 8 การกดเสียงคู่ 5.....	241
4.3.9 แบบฝึกหัดที่ 9 การกดสลับเสียง.....	241
4.3.10 แบบฝึกหัดที่ 10 การกดเรียงเสียงโดยการใช้นิ้วชี้และนิ้วกลาง.....	242
4.4 การบำรุงรักษาเครื่องดนตรีไทยลมราย.....	242
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	244
5.1 สรุปและอภิปรายผล .....	244
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	245
บรรณานุกรม.....	246
ภาคผนวก.....	251
ประวัติผู้เขียน.....	265

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 รูปแบบการสันสะเทือนของอากาศที่อยู่ภายในท่อหรือรูของเครื่องดนตรี.....	28
ตารางที่ 2 ลักษณะรูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones.....	30
ตารางที่ 3 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรี Aerophones .....	41
ตารางที่ 4 สรุปลักษณะของเครื่องดนตรีประเภทไม่มีลิ้นจากต่างประเทศ .....	42
ตารางที่ 5 สรุปลักษณะของเครื่องดนตรีที่มีลักษณะการเรียงกันของท่อเสียง .....	43
ตารางที่ 6 สรุปลักษณะของเครื่องดนตรีที่มีการบรรจุลมอยู่ภายนอกเครื่องดนตรี.....	44
ตารางที่ 7 สรุปลักษณะการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1.....	117
ตารางที่ 8 สรุปลักษณะการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2.....	200
ตารางที่ 9 สรุปลักษณะการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3.....	225
ตารางที่ 10 ตารางแสดงตำแหน่งแป้นกด.....	232

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 เครื่องดนตรีที่มีรูเป่าแบบปกติ.....	25
ภาพที่ 2 เครื่องดนตรีที่มีปากเป่าเหมือนนกหวีด .....	26
ภาพที่ 3 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นเดี่ยว.....	26
ภาพที่ 4 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นคู่.....	26
ภาพที่ 5 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นอิสระ 1 .....	27
ภาพที่ 6 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นอิสระ 2 .....	27
ภาพที่ 7 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นอิสระ 3 .....	27
ภาพที่ 8 รูปร่างเหมือนคลาริเน็ต.....	29
ภาพที่ 9 รูปร่างเหมือนเรคคอร์ดเดอร์ .....	29
ภาพที่ 10 รูปร่างเหมือนอย่างโอโบ .....	29
ภาพที่ 11 รูปร่างเหมือนโอคาริน่า.....	30
ภาพที่ 12 ขลุ่ยอู้.....	49
ภาพที่ 13 ขลุ่ยเพียงออ .....	49
ภาพที่ 14 ขลุ่ยหลีบ .....	49
ภาพที่ 15 เลาขลุ่ย .....	50
ภาพที่ 16 รู้นิ้วหรือรูบังคับเสียง .....	50
ภาพที่ 17 รูปากนกแก้ว .....	50
ภาพที่ 18 รูนิ้วค้ำ.....	51
ภาพที่ 19 ดาก .....	51
ภาพที่ 20 รูเยื่อ .....	51
ภาพที่ 21 รูร้อยเชือก .....	51

ภาพที่ 22	ช่องทางปลาย.....	51
ภาพที่ 23	แบบจำลองพารามิเตอร์ทางดนตรีจากโครงการ ThuMP .....	79
ภาพที่ 24	แบบจำลองพารามิเตอร์ควบคุมทางดนตรีจากโครงการ ThuMP .....	80
ภาพที่ 25	เครื่องปั๊มลม Oil free.....	104
ภาพที่ 26	ทดสอบการใช้เครื่องปั๊มลม Oil free .....	105
ภาพที่ 27	ข้อต่อทองเหลือง .....	105
ภาพที่ 28	ทางปลาทองเหลือง.....	106
ภาพที่ 29	วาล์วทองเหลือง.....	106
ภาพที่ 30	หัวปล่อยลม.....	107
ภาพที่ 31	ตัดท่อ PPR.....	109
ภาพที่ 32	ท่อ PPR ที่เจาะปากนกแก้วแล้ว.....	109
ภาพที่ 33	แบบร่างชุดบังคับปล่อยลมและปิดลม.....	111
ภาพที่ 34	แบบร่างการทำงานของปั๊มนก.....	111
ภาพที่ 35	แบบร่างตำแหน่งการเก็บเครื่องปั๊มลม.....	112
ภาพที่ 36	แบบร่างลมรายครั้งที่ 1 มุมมองด้านหน้า.....	112
ภาพที่ 37	แบบร่างลมรายครั้งที่ 1 มุมมองด้านข้าง.....	113
ภาพที่ 38	ระบบลูกสูบ.....	119
ภาพที่ 39	กระบอกสูบ.....	119
ภาพที่ 40	แกนลูกสูบ.....	119
ภาพที่ 41	สายลม.....	119
ภาพที่ 42	เกลียวลูกสูบ.....	119
ภาพที่ 43	วาล์ว.....	119
ภาพที่ 44	ทดสอบการทำงานของระบบลูกสูบ.....	120
ภาพที่ 45	การออกแบบปั๊มนกลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2.....	122

ภาพที่ 46 แบบร่างตัวเรื่อนลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2.....	124
ภาพที่ 47 แบบร่างลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 2 .....	124
ภาพที่ 48 แบบร่างลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 2.....	125
ภาพที่ 49 แบบร่างระบบลูกสูบลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2 .....	126
ภาพที่ 50 นางคำจันทร์ อัมบุปผาและผู้วิจัย.....	127
ภาพที่ 51 อาจารย์วิรัช สงเคราะห์.....	128
ภาพที่ 52 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 2 .....	130
ภาพที่ 53 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 2.....	130
ภาพที่ 54 สัดส่วนและส่วนประกอบระบบลมภายในของลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2.....	131
ภาพที่ 55 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านข้างที่พัฒนา ครั้งที่ 2 .....	131
ภาพที่ 56 ส่วนประกอบท่อเสียงลมราย.....	132
ภาพที่ 57 เจาะรูท่อขนาดใหญ่.....	133
ภาพที่ 58 ท่อขนาดกลาง .....	133
ภาพที่ 59 ท่อขนาดเล็ก.....	133
ภาพที่ 60 การแต่งปากนกแก้วท่อขนาดใหญ่ 1.....	134
ภาพที่ 61 การแกะปากนกแก้วท่อขนาดใหญ่ 2.....	134
ภาพที่ 62 การแต่งปากนกแก้วท่อขนาดกลาง .....	134
ภาพที่ 63 การแกะปากนกแก้วท่อขนาดเล็ก .....	134
ภาพที่ 64 ตรวจสอบความเรียบร้อยของปากนกแก้ว.....	134
ภาพที่ 65 ท่อลมรายที่แกะปากนกแก้วเสร็จแล้ว.....	134
ภาพที่ 66 ฉีดยาฆ่าเชื้อของไม้ตาก.....	135
ภาพที่ 67 เหลาไม้ตาก .....	135
ภาพที่ 68 เหลาไม้ตากให้มีลักษณะคล้ายแฉ่ง.....	135
ภาพที่ 69 ไม้ตากที่มีลักษณะคล้ายแฉ่ง .....	135

ภาพที่ 70	ขัดแต่งผิวไม้ดาก.....	136
ภาพที่ 71	ทดลองใส่ไม้ดากเข้ากับท่อลมราย.....	136
ภาพที่ 72	ตรวจสอบเศษพลาสติก.....	136
ภาพที่ 73	ขัดแต่งผิวท่อลมรายด้านใน.....	136
ภาพที่ 74	ปรับตำแหน่งไม้ดาก.....	136
ภาพที่ 75	กระทุ้งไม้ดาก.....	136
ภาพที่ 76	ตรวจสอบตำแหน่งไม้ดากด้วยไม้กระสวน.....	136
ภาพที่ 77	เลื่อยไม้ดากส่วนเกิน.....	136
ภาพที่ 78	กำจัดเศษไม้ด้วยมีด.....	137
ภาพที่ 79	ขัดแต่งพื้นผิวไม้ดากบริเวณหน้าตัด.....	137
ภาพที่ 80	ท่อลมรายที่ใส่ไม้ดากเสร็จแล้ว.....	137
ภาพที่ 81	เทียบเสียง.....	138
ภาพที่ 82	ตัดท่อลมรายขนาดใหญ่.....	138
ภาพที่ 83	ทดสอบเสียงท่อลมขนาดใหญ่.....	138
ภาพที่ 84	ตัดท่อลมรายขนาดกลาง.....	138
ภาพที่ 85	ทดสอบเสียงท่อลมขนาดกลาง.....	138
ภาพที่ 86	ตัดท่อลมรายขนาดเล็ก.....	138
ภาพที่ 87	ทดสอบเสียงท่อลมขนาดกลาง.....	139
ภาพที่ 88	ขัดแต่งท่อลมรายขนาดเล็ก.....	139
ภาพที่ 89	ท่อลมรายที่เทียบเสียงแล้ว.....	139
ภาพที่ 90	ท่อเสียงที่ 1.....	139
ภาพที่ 91	ท่อเสียงที่ 2.....	139
ภาพที่ 92	ท่อเสียงที่ 3.....	140
ภาพที่ 93	ท่อเสียงที่ 4.....	140



ภาพที่ 94 ท่อเสียงที่ 5 .....	140
ภาพที่ 95 ท่อเสียงที่ 6 .....	140
ภาพที่ 96 ท่อเสียงที่ 7 .....	140
ภาพที่ 97 ท่อเสียงขนาดใหญ่.....	140
ภาพที่ 98 ท่อเสียงที่ 8 .....	141
ภาพที่ 99 ท่อเสียงที่ 9 .....	141
ภาพที่ 100 ท่อเสียงที่ 11.....	141
ภาพที่ 101 ท่อเสียงที่ 10.....	141
ภาพที่ 102 ท่อเสียงที่ 12.....	141
ภาพที่ 103 ท่อเสียงที่ 13.....	141
ภาพที่ 104 ท่อเสียงที่ 14.....	142
ภาพที่ 105 ท่อเสียงที่ 15.....	142
ภาพที่ 106 ท่อเสียงขนาดกลาง.....	142
ภาพที่ 107 ท่อเสียงที่ 16.....	142
ภาพที่ 108 ท่อเสียงที่ 17.....	142
ภาพที่ 109 ท่อเสียงที่ 18.....	142
ภาพที่ 110 ท่อเสียงที่ 19.....	143
ภาพที่ 111 ท่อเสียงที่ 20.....	143
ภาพที่ 112 ท่อเสียงที่ 21.....	143
ภาพที่ 113 ท่อเสียงที่ 22.....	143
ภาพที่ 114 ท่อเสียงที่ 23.....	143
ภาพที่ 115 ท่อเสียงที่ 24.....	143
ภาพที่ 116 ท่อเสียงที่ 25.....	143
ภาพที่ 117 ท่อเสียงที่ 26.....	143

ภาพที่ 118 ท่อเสียงที่ 27.....	144
ภาพที่ 119 ท่อเสียงที่ 28.....	144
ภาพที่ 120 ท่อเสียงที่ 29.....	144
ภาพที่ 121 ท่อเสียงที่ 30.....	144
ภาพที่ 122 ท่อเสียงขนาดเล็ก.....	144
ภาพที่ 123 ขัดพื้นผิวท่อขนาดใหญ่.....	145
ภาพที่ 124 ปิดท่อเสียงด้วยกระดาษกาว.....	145
ภาพที่ 125 ตัดกระดาษกาวส่วนเกินออก.....	145
ภาพที่ 126 ท่อเสียงที่ปิดด้วยกระดาษทรายแล้ว.....	145
ภาพที่ 127 ทาสีท่อรอบที่ 1.....	145
ภาพที่ 128 ท่อที่ทาสีเสร็จแล้ว.....	146
ภาพที่ 129 ทาสีท่อรอบที่ 2.....	146
ภาพที่ 130 เลื่อยก้านจับ.....	146
ภาพที่ 131 ขัดก้านจับด้วยตะไบแบน.....	146
ภาพที่ 132 ใช้ตะปูเจาะนำศูนย์.....	147
ภาพที่ 133 คว้านเนื้อไม้.....	147
ภาพที่ 134 แป้นไม้ที่คว้านเนื้อไม้เสร็จแล้ว.....	147
ภาพที่ 135 โป้วพื้นผิวแป้นไม้.....	147
ภาพที่ 136 แป้นไม้ที่โป้วเสร็จแล้ว.....	148
ภาพที่ 137 ขัดพื้นผิวแป้นไม้.....	148
ภาพที่ 138 แป้นไม้ที่ขัดพื้นผิวแล้ว.....	148
ภาพที่ 139 ทาสีแป้นไม้รอบที่ 1.....	148
ภาพที่ 140 รอให้สีรอบที่ 1 แห้งสนิท.....	148
ภาพที่ 141 ทาสีแป้นไม้รอบที่ 2.....	148

ภาพที่ 142	รอให้สีรอบที่ 2 แห่งสนิท.....	149
ภาพที่ 143	ไม้สนสำหรับทำตัวเรือน.....	149
ภาพที่ 144	วัดให้ได้ความยาว 120 ซม. ....	149
ภาพที่ 145	ขีดเส้นในระยะความยาว 120 ซม. ....	150
ภาพที่ 146	เลื่อยไม้ด้วยเลื่อยจิ๊กซอร์ .....	150
ภาพที่ 147	ไม้ตัวเรือนที่เลื่อยเสร็จแล้ว .....	150
ภาพที่ 148	วัดขาตัวเรือน.....	150
ภาพที่ 149	เลื่อยขาตัวเรือน.....	150
ภาพที่ 150	เลื่อยขาตัวเรือนให้มีความโค้ง.....	151
ภาพที่ 151	วาดเส้นโค้ง.....	151
ภาพที่ 152	ขีดขาตัวเรือน .....	151
ภาพที่ 153	ลบความคมของสันไม้ .....	151
ภาพที่ 154	ขาตัวเรือนและไม้แผงตัวเรือน .....	151
ภาพที่ 155	วัดไม้เสาตัวเรือน .....	152
ภาพที่ 156	เจาะไม้เสาตัวเรือน .....	152
ภาพที่ 157	ใช้ดินสอดลากเส้นเพื่อทำแนว 1 .....	152
ภาพที่ 158	ใช้ดินสอดลากเส้นเพื่อทำแนว 2 .....	152
ภาพที่ 159	เลื่อยล่อเลื่อยทำร่อง .....	153
ภาพที่ 160	ไม้เสาที่ทำแนวเซาะร่องแล้ว.....	153
ภาพที่ 161	ไม้เสาที่เซาะร่องแล้ว .....	153
ภาพที่ 162	แกะเนื้อไม้ด้วยสิ่ว.....	153
ภาพที่ 163	วัดความลึกของร่องไม้ .....	153
ภาพที่ 164	ประกอบไม้แผงกับเสา.....	153
ภาพที่ 165	ประกอบตัวเรือน 1.....	154

ภาพที่ 166 ประกอบตัวเรือน 2.....	154
ภาพที่ 167 อุดร่องไม้.....	154
ภาพที่ 168 อุดช่องว่างระหว่างแนวประกอบไม้.....	154
ภาพที่ 169 ตัวเรือนที่อุดโป๊วเสร็จแล้ว .....	154
ภาพที่ 170 ขัดพื้นผิวตัวเรือน.....	154
ภาพที่ 171 ตัวเรือนที่ทำความสะอาดแล้ว.....	155
ภาพที่ 172 เช็ดตัวเรือนด้วยผ้าหมาด.....	155
ภาพที่ 173 วัดความกว้าง 4 เซนติเมตร.....	155
ภาพที่ 174 วัดความยาว 120 เซนติเมตร.....	155
ภาพที่ 175 ชีดเส้น.....	156
ภาพที่ 176 ทาบแหวนโลหะลงบนไม้.....	156
ภาพที่ 177 เจาะนำร่องด้วยสว่าน.....	156
ภาพที่ 178 ไม้ที่เจาะร่องสำหรับฝังแหวนแล้ว.....	156
ภาพที่ 179 ยึดแหวนโลหะ.....	156
ภาพที่ 180 วัดระยะห่างของท่อเสียง.....	156
ภาพที่ 181 ขัดกาวร้อนและผงไม้ด้วยตะไบ.....	156
ภาพที่ 182 ขัดกาวร้อนและผงไม้ด้วยกระดาษทราย.....	156
ภาพที่ 183 เลื่อยก้านจับ.....	157
ภาพที่ 184 เลื่อยไม้ส่วนเกิน.....	157
ภาพที่ 185 ยึดด้วยกาวอีพ็อกซี.....	157
ภาพที่ 186 ลบความคมสันไม้.....	157
ภาพที่ 187 หาตำแหน่งการติดตั้งเหล็กฉาก.....	158
ภาพที่ 188 ยึดเหล็กฉาก.....	158
ภาพที่ 189 ตัวเรือนที่ติดตั้งเหล็กฉากแล้ว.....	158

ภาพที่ 190 ทาสีตัวเรือน .....	158
ภาพที่ 191 ตัวเรือนที่ทาสีเสร็จแล้ว .....	158
ภาพที่ 192 ติดผ้าสักหลาดด้วยกาวยอนกประสงค์ .....	159
ภาพที่ 193 แหวนโลหะที่ติดผ้าสักหลาด .....	159
ภาพที่ 194 หาตำแหน่งที่จะสอดสายลม .....	160
ภาพที่ 195 กำหนดตำแหน่งสอดสายลม .....	160
ภาพที่ 196 ซีดเส้นทำแนวเจาะสายลม .....	160
ภาพที่ 197 เจาะแผงไม้ .....	160
ภาพที่ 198 ซัดแต่งรูด้วยตะไบกลม .....	160
ภาพที่ 199 ติดตั้งหูจับ .....	160
ภาพที่ 200 สวมสปริงเข้ากับก้านลูกสูบ .....	161
ภาพที่ 201 ประกอบกระบอกสูบ .....	161
ภาพที่ 202 ประกอบเป็นไม้ .....	161
ภาพที่ 203 สวมกระบอกสูบเข้ากับแหวนโลหะ .....	161
ภาพที่ 204 ร้อยลวดทองเหลือง .....	161
ภาพที่ 205 บิดลวดทองเหลืองด้วยคีม .....	161
ภาพที่ 206 ยึดกระบอกสูบกับเหล็กฉาก .....	162
ภาพที่ 207 วาดทรงกลมที่หน้าวิวพอก 1 .....	162
ภาพที่ 208 วาดทรงกลมที่หน้าวิวพอก 2 .....	162
ภาพที่ 209 ตัดหนัง .....	162
ภาพที่ 210 หนังที่ตัดเสร็จแล้ว .....	162
ภาพที่ 211 เจาะรูหนัง .....	163
ภาพที่ 212 สวมหนังเข้ากับสายลม .....	163
ภาพที่ 213 ตัดสายลม .....	163

ภาพที่ 214	หยอดกาวยร้อนที่ด้านหลังของหนัง .....	164
ภาพที่ 215	วาดเส้นตามขอบท่อเสียง.....	164
ภาพที่ 216	ตัดหนังส่วนเกิน .....	164
ภาพที่ 217	หยอดกาวยร้อนที่ขอบหนัง .....	164
ภาพที่ 218	ติดก้ามปู.....	164
ภาพที่ 219	ติดท่อเสียงเข้ากับก้ามปู.....	164
ภาพที่ 220	วัดระยะเพื่อหาขนาดแผ่นใส .....	165
ภาพที่ 221	วัดขนาดแผ่นใส .....	165
ภาพที่ 222	กำหนดขนาดแผ่นใส.....	165
ภาพที่ 223	ตัดแผ่นใส.....	165
ภาพที่ 224	สอดแผ่นใส.....	165
ภาพที่ 225	ช่องด้านในแผ่นใส .....	165
ภาพที่ 226	เลื่อยไม้ทำกล่องปิดระบบลูกสูบ .....	166
ภาพที่ 227	ขัดไม้ .....	166
ภาพที่ 228	กำหนดตำแหน่งบากไม้.....	166
ภาพที่ 229	กำหนดตำแหน่งตัดไม้.....	166
ภาพที่ 230	ร่างตำแหน่งบากไม้ 1 .....	166
ภาพที่ 231	ร่างตำแหน่งบากไม้ 2 .....	166
ภาพที่ 232	ทากาวอีพ็อกซีที่ไม้ข้าง .....	167
ภาพที่ 233	เลื่อยตำแหน่งบากไม้ .....	167
ภาพที่ 234	ประกอบไม้ส่วนล่าง.....	167
ภาพที่ 235	ประกอบไม้ข้าง.....	167
ภาพที่ 236	วัดไม้อัด.....	168
ภาพที่ 237	เลื่อยไม้อัด 1 .....	168

ภาพที่ 238	ชัดพื้นผิวไม้อัด.....	168
ภาพที่ 239	เลื่อยไม้อัด 2 .....	168
ภาพที่ 240	วัดหาดำแหน่งบุผ้าสักหลาด 1 .....	168
ภาพที่ 241	วัดหาดำแหน่งบุผ้าสักหลาด 2 .....	168
ภาพที่ 242	วัดหาดำแหน่งยึดตะปูเกลียว .....	169
ภาพที่ 243	บุผ้าสักหลาด .....	169
ภาพที่ 244	กล่องที่ยึดตะปูเกลียวเสร็จแล้ว .....	169
ภาพที่ 245	ยึดตะปูเกลียว.....	169
ภาพที่ 246	วัดความยาวเหล็ก.....	169
ภาพที่ 247	ขีดเส้นบนเหล็ก .....	169
ภาพที่ 248	ตัดเหล็ก .....	170
ภาพที่ 249	เชื่อมเหล็ก.....	170
ภาพที่ 250	ยึดตะปูเกลียวที่คานเหล็ก.....	170
ภาพที่ 251	เจาะรูเหล็ก.....	170
ภาพที่ 252	ลมรายด้านหน้า.....	170
ภาพที่ 253	ลมรายด้านหลัง .....	170
ภาพที่ 254	อาจารย์สมชัย ขำพาลี.....	172
ภาพที่ 255	อาจารย์สมชัย ขำพาลีและผู้วิจัย.....	172
ภาพที่ 256	จำเอกสุวรรณ ศาสนนันท์ .....	174
ภาพที่ 257	จำเอกสุวรรณ ศาสนนันท์และผู้วิจัย.....	174
ภาพที่ 258	เรือตรีชัยนรินทร์ แถมมีทรัพย์ .....	176
ภาพที่ 259	เรือตรีชัยนรินทร์ แถมมีทรัพย์และผู้วิจัย.....	176
ภาพที่ 260	อาจารย์ประสิทธิ์ คุ่มทรัพย์.....	177
ภาพที่ 261	อาจารย์ประสิทธิ์ คุ่มทรัพย์และผู้วิจัย .....	177

ภาพที่ 262 อาจารย์จักรี มงคล .....	179
ภาพที่ 263 อาจารย์จักรี มงคลและผู้วิจัย.....	179
ภาพที่ 264 อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์ .....	182
ภาพที่ 265 อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์และผู้วิจัย.....	182
ภาพที่ 266 อาจารย์ชัยภัค ภัทรจินดา.....	185
ภาพที่ 267 อาจารย์ชัยภัค ภัทรจินดาและผู้วิจัย .....	185
ภาพที่ 268 ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงส์ญชลี.....	187
ภาพที่ 269 ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงส์ญชลีและผู้วิจัย .....	187
ภาพที่ 270 อาจารย์ณัฐพันธ์ นุชอำพัน.....	190
ภาพที่ 271 อาจารย์ณัฐพันธ์ นุชอำพันและผู้วิจัย .....	190
ภาพที่ 272 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภาค โมกขศักดิ์.....	193
ภาพที่ 273 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภาค โมกขศักดิ์และผู้วิจัย .....	193
ภาพที่ 274 อาจารย์วรพล มาสแสงสว่าง.....	195
ภาพที่ 275 อาจารย์วรพล มาสแสงสว่างและผู้วิจัย .....	195
ภาพที่ 276 แบบร่างลมรายด้านข้างที่พัฒนา ครั้งที่ 3 .....	204
ภาพที่ 277 แบบร่างลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 3 .....	205
ภาพที่ 278 แบบร่างลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 3.....	206
ภาพที่ 279 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 3 .....	208
ภาพที่ 280 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 3 .....	208
ภาพที่ 281 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านบนที่พัฒนา ครั้งที่ 3 .....	208
ภาพที่ 282 การแก้ไขโครงสร้างตัวเรือน .....	209
ภาพที่ 283 การเจาะช่องสำหรับสอดสายลม.....	210
ภาพที่ 284 การใช้ตะไบขัดแต่งช่องสำหรับสอดสายลม .....	210
ภาพที่ 285 ใช้ส่วนเจาะรูฐานกล่องไม้เดิม .....	211



ภาพที่ 286 ประกอบไม้เข้ากับฐานกล่องไม้ .....	211
ภาพที่ 287 ร่างแบบฐานกระบอกสุบบนแผงไม้ .....	212
ภาพที่ 288 เจาะรูเพื่อฝังกระบอกสุบ .....	212
ภาพที่ 289 แต่งร่องไม้ด้วยตะไบแบน .....	212
ภาพที่ 290 ประกอบไม้สำหรับฝังฐานกระบอกสุบ .....	212
ภาพที่ 291 ทาสีแก้ไขพื้นผิวตัวเรือน .....	213
ภาพที่ 292 ทาสีคานเหล็ก .....	213
ภาพที่ 293 ทาสีข้อต่อ .....	213
ภาพที่ 294 ข้อต่อที่ทาสีเสร็จแล้ว .....	214
ภาพที่ 295 ก้ามปูที่ทาสีเสร็จแล้ว .....	214
ภาพที่ 296 ตัดสายลมสีใส .....	214
ภาพที่ 297 ตัดสายลมสีดำ .....	214
ภาพที่ 298 ประกอบสายยางสีใส .....	215
ภาพที่ 299 ตัดสายลมสีส้ม .....	215
ภาพที่ 300 ประกอบสายลมสีส้ม .....	215
ภาพที่ 301 ขั้วสายลมที่อุดกาวดินน้ำมันแล้ว .....	215
ภาพที่ 302 อุดกาวดินน้ำมัน .....	215
ภาพที่ 303 ประกอบกระบอกสุบเข้ากับตัวเรือน .....	216
ภาพที่ 304 เลื่อยแป้นกด .....	217
ภาพที่ 305 ขัดพื้นผิวแป้นไม้ .....	217
ภาพที่ 306 แป้นกดที่ขัดเสร็จแล้ว .....	217
ภาพที่ 307 เลื่อยแป้นกดไม้อันเก่าออก .....	218
ภาพที่ 308 เจาะรูแป้นกด .....	218
ภาพที่ 309 เซาะร่องแป้นกด .....	218

ภาพที่ 310 หยอดกาวร้อน.....	218
ภาพที่ 311 โรอยผงไม้.....	218
ภาพที่ 312 ชัดแต่งกาวร้อน.....	218
ภาพที่ 313 แป้นไม้ที่ประกอบเสร็จแล้ว.....	219
ภาพที่ 314 เจียรเหล็กฉาก.....	219
ภาพที่ 315 ยึดสกรูกับเหล็กฉาก.....	219
ภาพที่ 316 หาดำแหน่งเจาะรูที่แผงไม้.....	220
ภาพที่ 317 ลวดที่ตัดแล้ว.....	220
ภาพที่ 318 สอดลวดเข้ากับแผงไม้และแป้นกด.....	220
ภาพที่ 319 แผ่นโฟมที่ตัดแล้ว.....	221
ภาพที่ 320 ตัดแผ่นโฟม.....	221
ภาพที่ 321 ตัดแผ่นไม้ขนาด.....	221
ภาพที่ 322 ตัดไม้ขนาด.....	221
ภาพที่ 323 ม้วนแผ่นโฟม.....	222
ภาพที่ 324 ใส่แผ่นโฟมในข้อต่อ.....	222
ภาพที่ 325 ทากาววางด้านในข้อต่อ.....	222
ภาพที่ 326 แป้นกดเครื่องดนตรีไทยลมราย.....	231
ภาพที่ 327 การใช้อวัยวะและกล้ามเนื้อต่างๆ ในการบรรเลงลมราย.....	233
ภาพที่ 328 การวางนิ้วสำหรับการบรรเลง 1.....	233
ภาพที่ 329 การวางนิ้วสำหรับการบรรเลง 2.....	234
ภาพที่ 330 การวางนิ้วเพื่อสร้างเสียงต่อเนื่อง 1.....	234
ภาพที่ 331 การวางนิ้วเพื่อสร้างเสียงต่อเนื่อง 2.....	235
ภาพที่ 332 การใช้มือผสม.....	235
ภาพที่ 333 การบรรเลงเดี่ยว.....	236

ภาพที่ 334 การบรรเลงคู่.....	237
ภาพที่ 335 การบรรเลงวงประสม .....	238
ภาพที่ 336 ใบรับร้องโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย.....	252
ภาพที่ 337 ใบรับรองโครงการวิจัยภาษาอังกฤษ .....	253
ภาพที่ 338 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 1.....	254
ภาพที่ 339 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 2.....	255
ภาพที่ 340 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี) 1 .....	256
ภาพที่ 341 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี) 2 .....	257
ภาพที่ 342 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 1 .....	258
ภาพที่ 343 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 2 .....	259
ภาพที่ 344 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การสร้างเครื่องดนตรี) 1 .....	260
ภาพที่ 345 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การสร้างเครื่องดนตรี) 2.....	261
ภาพที่ 346 แนวคำถามที่จะใช้ในการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างหรือแบบไม่เป็นทางการ .....	262
ภาพที่ 347 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	263
ภาพที่ 348 แบบสังเกตการแบบมีส่วนร่วม.....	264

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานช่างดนตรีไทยเป็นศาสตร์ที่รวบรวมองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับศิลปวัฒนธรรมภูมิปัญญาของชาติที่สำคัญหลายแขนง ได้แก่ งานไม้ งานจิตรกรรมไทย งานสถาปัตยกรรมไทย งานประณีตศิลป์ เป็นต้น ช่างผู้สร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยจะต้องสั่งสมความรู้และประสบการณ์ของตนเพื่อที่จะประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องดนตรีของตนให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น ปัจจุบันวัตถุดิบในการสร้างเครื่องดนตรีไทยมีความหลากหลายทั้งที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติและวัสดุสังเคราะห์ วัสดุต่างชนิดกันย่อมให้คุณลักษณะกายภาพและคุณลักษณะเสียงที่ต่างกัน ประกอบกับฝีมือในการสร้างที่มีความวิจิตรบรรจงย่อมเป็นการเสริมให้เครื่องดนตรีมีคุณค่าและมูลค่ามากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่สร้างสรรค์เครื่องดนตรีชิ้นใหม่โดยมีแนวคิด 3 ประการ คือ ประการแรกคิดค้นแนวทางการสร้างลมรูปแบบใหม่โดยใช้ลมภายนอกที่เกิดจากกระบอกสูบ เพื่อเป็นต้นทางในการกำเนิดเสียงแทนการเป่าโดยลมปากของผู้บรรเลง ประการที่สอง เพิ่มอรรถรสของคุณภาพเสียงที่เกิดจากลมโดยมิได้เป็นการทดแทนหรือบดบังลักษณะเสียงและคุณลักษณะพิเศษที่เกิดจากเครื่องลม โดยเพิ่มจำนวนกระบอกสูบและท่อเก็บที่สามารถให้กำเนิดเสียงพร้อมกันมากกว่า 2 เสียงขึ้นไป ประการที่สาม การใช้น้ำกดลงบนแป้นบังคับการเปิดปิดลมจากลูกสูบสำหรับผู้บรรเลงที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบหายใจ

ลักษณะของเครื่องดนตรีชนิดใหม่นี้เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ยังไม่มีใครคิดและสร้างขึ้นมาก่อน การตั้งชื่อเครื่องดนตรีใหม่จะใช้คำว่าขลุ่ยมาร่วมไม่ได้ เพราะขลุ่ยเป็นเครื่องดนตรีที่ใช้ลมปากเป่าเสียงเกิดจากการที่อากาศภายในตัวเครื่องเกิดการสั่นพ้องขึ้น ความถี่ในการสั่นพ้องขึ้นอยู่กับระยะระหว่างปลายด้านเป่าถึงจุดปลายเปิดต่างๆ ความถี่ที่ต่างกันทำให้เกิดเสียงที่มีโน้ตต่างกัน การเปลี่ยนระดับเสียงของเครื่องดนตรีชนิดนี้ยังสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความยาวของท่ออากาศด้วยวิธีปิดเปิดนิ้วมือของผู้เล่นเครื่องดนตรีนั้น ดังนั้นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่นี้มีทั้งรูปลักษณ์และอากัปภิกิริยาที่บรรเลงแตกต่างจากขลุ่ยเป็นอันมาก เหตุนี้ผู้วิจัยจึงนำลักษณะเด่นของเครื่องดนตรีชนิดใหม่มาตั้งชื่อโดยพิจารณาจากการใช้ลมเป็นต้นกำเนิดเสียง และมีการเรียงรายของท่อเสียงที่ใช้หลักการเช่นเดียวกับขลุ่ยคือมีதாகและปากนกแก้ว ปากนกแก้วนี้เป็นส่วนสำคัญที่สุตรองมาจากดาก เรียงกัน

ตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็ก เมื่อได้ลักษณะเด่นดังนี้แล้วผู้วิจัยจึงตั้งชื่อเครื่องดนตรีนี้ว่า “ลมราย”

ท่อเสียงของลมรายนั้นผู้วิจัยคิดเป็นเบื้องต้นว่าควรมีช่วงเสียงที่กว้าง 4 ช่วงเสียง เสียงที่ต่ำที่สุดมีระดับเสียงเทียบเท่าขลุ่ยอู้ เสียงที่สูงนั้นมีระดับเสียงเทียบเท่าขลุ่ยหลีบ ฉะนั้นจึงมีเสียงที่ไม่ต่ำและไม่สูงจนเกินไปสามารถเข้าถึงความไพเราะได้สะดวก ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของท่อเสียงที่ใหญ่สุดเท่ากับขนาดขลุ่ยอู้ ขนาดกลางเท่ากับขลุ่ยเพียงออ ขนาดเล็กสุดเท่ากับขลุ่ยหลีบ ซึ่งมีจำนวนท่อเสียงทั้งหมด 30 ท่อ ทั้งความถี่เสียงนั้นก็กำหนดความถี่เสียงอย่างไทย จึงสามารถนำเครื่องดนตรีลมรายนี้ไปบรรเลงเพลงไทยตามชนบได้ อีกทั้งสามารถนำไปประสมร่วมกับวงเครื่องสาย เป็นวงเครื่องสายประสมลมรายดังเช่นวงเครื่องสายประสมออร์แกน วงเครื่องสายประสมเปียโน วงเครื่องสายประสมไวโอลินเป็นเบื้องต้น ความพิเศษของลมรายคือสามารถใช้นิ้วทั้งสิบนิ้วกดแป้นบรรเลงได้เหมือนกับการกดลิ้มเปียโน ฉะนั้นการกดแป้นเพียงครั้งเดียวจะสามารถสร้างเสียงได้พร้อมกันมากถึง 10 เสียง จึงเป็นช่องทางให้เกิดการสร้างสรรค์บทเพลง การเรียบเรียงเสียงประสานในเพลงไทยและการผสมวงดนตรีรูปแบบใหม่ได้อย่างไม่มีข้อจำกัด ทั้งสร้างทางเลือกให้แก่ผู้บรรเลงและผู้ฟังได้หลากหลายมากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมราย

1.2.2 เพื่อสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยลมราย

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย 1 เครื่อง โดยกำหนดให้เครื่องดนตรีใช้ความถี่เสียงแบบไทย มีทั้งหมด 30 ระดับเสียง

## 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.4.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล สืบค้นเอกสาร ตำรา บทความวิชาการ งานวิจัย วิทยานิพนธ์และหนังสือที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ห้องสมุดคณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4.2 ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์

1.4.3 ทำการถอดข้อมูลสัมภาษณ์ วิเคราะห์ เขียนแบบร่างเครื่องดนตรี คัดเลือกวัสดุ ทดลอง สร้างต้นแบบและสังเคราะห์ข้อมูล

1.4.4 สร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

1.4.5 สร้างแนวคำถามเพื่อเตรียมการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย ลมราย

1.4.6 นำเครื่องดนตรีไทยลมรายไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการทดลอง โดยผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ สังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant - observation) จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลนวัตกรรม เครื่องดนตรีไทยลมราย ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียง ซึ่งผู้วิจัยแบ่ง ผู้เชี่ยวชาญเป็น 2 กลุ่ม คือ

**กลุ่ม 1 ผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างเครื่องดนตรี** มีเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

- เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสร้างและซ่อมเครื่องดนตรีไทย อย่างน้อย 10 ปี
- เป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับหลักในการกำเนิดเสียงของเครื่องเป่าไทย ประเภทเครื่อง

ลมไม้

- มีความสามารถในเชิงช่างและสามารถบรรเลงเครื่องดนตรีไทย

ผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างเครื่องดนตรี จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. อาจารย์สมชัย ชำพาลี ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ ร้านสมชัยดนตรีไทย กรุงเทพมหานคร

2. จำเริญสุวรรณ์ ศาสนนันท์ ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องดนตรีไทย ทำการ สัมภาษณ์ ณ บ้านพญาปี จังหวัดนนทบุรี

3. เรือตรีชัยรินทร์ แลมมีทรัพย์ ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ กองดุริยางค์ทหารเรือ กรุงเทพมหานคร

**กลุ่ม 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์** มีเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

- เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการบรรเลงเครื่องสายไทย
- เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการบรรเลงวงเครื่องสายผสม

- มีประสบการณ์ในการบรรเลงออร์แกนในวงเครื่องสายไทย อย่างน้อย 5 ปี

ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ จำนวน 8 ท่าน ดังนี้

1. อาจารย์ประสิทธิ์ คุ่มทรัพย์ นักดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ บ้านอาจารย์ ประสิทธิ์ คุ่มทรัพย์ กรุงเทพมหานคร

2. อาจารย์จักรี มงคล ช่างทำเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ หมู่บ้านนราแกรนด์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3. อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์ นักดนตรีไทยและผู้เรียบเรียงเสียงประสาน ทำการสัมภาษณ์ ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

4. อาจารย์ชัยภาค ภัทรจินดา นักดนตรีไทยและผู้เรียบเรียงเสียงประสาน ทำการสัมภาษณ์ ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

5. ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงสัญชลี อาจารย์ประจำคณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร ทำการสัมภาษณ์ ณ Tanao Café Bar กรุงเทพมหานคร

6. อาจารย์ณัฐพันธ์ นุชอำพัน ช่างทำเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ วิเศษดนตรี จังหวัดสระบุรี

7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภาค โมกขศักดิ์ อาจารย์ประจำคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และนักดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

8. อาจารย์วรพล มาสแสงสว่าง นักดนตรีไทย ทำการสัมภาษณ์ ณ บ้านอาจารย์ ประสิทธิ์ คุ่มทรัพย์ กรุงเทพมหานคร

1.4.7 วิเคราะห์ผลการประเมินนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ทดสอบแก้ไขปรับปรุง คุณภาพเสียงเครื่องดนตรีและนำมาประสมวงทดลองบรรเลง

1.4.8 นำเสนอผลงานนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย โดยเผยแพร่ข้อมูลสู่สาธารณชนในรูปแบบโซเชียลมีเดียผ่านแพลตฟอร์มยูทูป (YouTube)

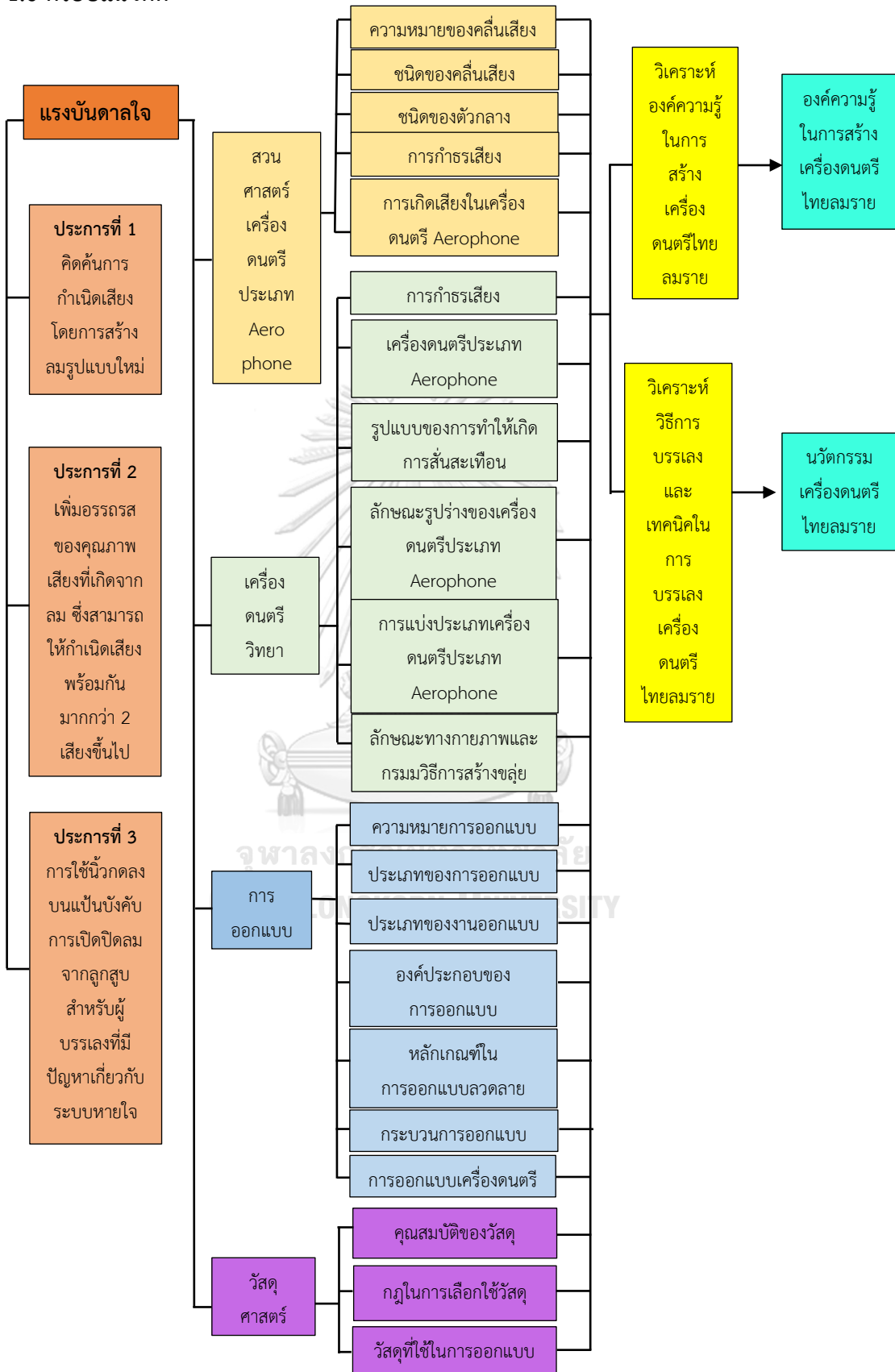
1.4.9 สรุปผลการวิจัยสร้างสรรค์และจัดทำคู่มือวิทยานิพนธ์

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ทราบองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมราย

1.5.2 ได้นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

1.6 กรอบแนวคิด





## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดกรอบแนวคิดและทฤษฎี โดยทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสารวิชาการ งานวิจัยและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎีสวนศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

2.1.1 ความหมายของคลื่นเสียง

2.1.2 ชนิดของคลื่นเสียง

2.1.3 ชนิดของตัวกลาง

2.1.4 การกำธรเสียง

2.1.5 การเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

#### 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องดนตรีวิทยา

2.2.1 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีระบบ Hornbostel & Sachs

2.2.2 เครื่องดนตรีประเภท Aerophones

2.2.2.1 รูปแบบของการทำให้เกิดการสั่นสะเทือน

2.2.2.2 ลักษณะรูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

2.2.2.3 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรี Aerophones

#### 2.2.3 เครื่องเป่าไทย

2.2.3.1 เครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น

2.2.3.1.1 ลักษณะทางกายภาพเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น

2.2.3.1.2 กรรมวิธีการสร้างเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น

#### 2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ

2.3.1 ความหมายของการออกแบบ

2.3.2 ประเภทของการออกแบบ

2.3.3 ประเภทของงานออกแบบ

2.3.4 องค์ประกอบของการออกแบบ

2.3.5 หลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลาย

2.3.6 กระบวนการออกแบบ

2.3.7 การออกแบบเครื่องดนตรี

2.3.8 วัสดุ

2.3.8.1 คุณสมบัติของวัสดุ

2.3.8.2 กฎในการเลือกใช้วัสดุ

2.3.8.3 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 แนวคิดและทฤษฎีสวนศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

### 2.1.1 ความหมายของคลื่นเสียง

มนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต่างเคยสัมผัสและรับรู้เกี่ยวกับเสียงด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเสียงนั้นจะมีแหล่งกำเนิดมาจากสิ่งใดต่างก็ต้องมีปัจจัยมาจากการสั่นสะเทือนทั้งสิ้น ซึ่งการสั่นสะเทือนนี้อาจเกิดจากการกระทำของสิ่งมีชีวิตหรือแรงจากธรรมชาติ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับคลื่นเสียง จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความเห็น ดังนี้

ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์ (2536) ได้อธิบายเกี่ยวกับเสียง สรุปความได้ว่า เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือน ซึ่งส่วนใหญ่การที่จะทำให้เครื่องดนตรีมีเสียงโน้ตต่างๆ เกิดจากการสั่นสะเทือนของสายที่ขึงจนกระทั่งมีความตึงมาก รวมถึงเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าที่มีการสั่นสะเทือนของอากาศ การสั่นดังที่กล่าวมาข้างต้นทำให้อากาศที่อยู่บริเวณโดยรอบเกิดการสั่นสะเทือนต่อๆ กัน การที่อากาศเกิดการเคลื่อนที่นี้จะอยู่ในรูปของคลื่นตามยาว เมื่อคลื่นเสียงเดินทางมายังหู พลังงานคลื่นเสียงบางส่วนก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าเล็กน้อยเพื่อเดินทางต่อไปยังเส้นประสาทจนกระทั่งถึงสมองจึงเป็นเหตุให้มนุษย์สามารถรับรู้ถึงเสียงต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาในหู

สมโภชน์ อิมเอิบ (2545) ยังได้อธิบายเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎีคลื่นเสียง สามารถสรุปความได้ว่า คลื่นเสียง (SOUND WAVE) เป็นคลื่นกลชนิดหนึ่งที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอยู่ในทิศทางเดียวกันกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยความเร็วของคลื่นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิ ชนิดของตัวกลาง คุณสมบัติของตัวกลาง ไม่ว่าจะเป็ความหนาแน่น อุณหภูมิ ความเร็วของตัวกลาง เป็นต้น

นอกจากนี้สุชาติ สุภาพ (2558) ยังได้อธิบายเกี่ยวกับคลื่นเสียง สรุปความได้ว่า มนุษย์ทุกคนล้วนเคยได้รู้จักและสัมผัสกับคลื่นเสียงตั้งแต่แรกเกิดตลอดจนการดำเนินชีวิตประจำวันของทุกคนก็มีความสัมพันธ์กับคลื่นเสียงอยู่เสมอ ไม่ว่าจะแหล่งกำเนิดของคลื่นเสียงจะมาจากสิ่งใดล้วนเป็นสิ่งทีกระตุ้นให้ประสาทหูทำงานและส่งผลให้สามารถได้ยินเสียงนั้นๆ ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำองค์ความรู้เรื่องคลื่นเสียงมาทำการสังเคราะห์คลื่นเสียงใหม่เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากยิ่งขึ้น คลื่นเสียงเป็นคลื่นกลที่มีลักษณะเป็นคลื่นตามยาวคล้ายกับสปริง สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลวและแก๊ส แต่จะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊สตามลำดับ เนื่องจากตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็งมีโมเลกุลที่เรียงชิดติดกันมากกว่า เมื่อวัตถุหรือแหล่งกำเนิดเสียงเกิดการสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดคลื่นเสียง โดยมีการถ่ายทอดพลังงานของการสั่นให้กับอนุภาคอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงไม่ว่าตัวกลางจะเป็นสถานะใด ก็จะทำให้อนุภาคของตัวกลางนั้นเกิดการสั่นสะเทือนกลับไปกลับมาซึ่งเป็นทิศทางเดียวกันกับทิศที่คลื่นเสียงเกิดการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นคลื่นเสียงจะเคลื่อนที่มายังประสาทหูในลักษณะคลื่นความดันอากาศ

นักวิชาการต่างประเทศอย่าง Tsuji and Müller (2021) ได้อธิบายเกี่ยวกับเสียง สามารถสรุปได้ว่า เสียงเกิดจากการแพร่กระจายของความดันที่มีความความหนาแน่นในตัวกลางที่มีความยืดหยุ่นไม่ว่าจะเป็นก๊าซ ของเหลวหรือของแข็ง คลื่นเสียงที่เดินทางผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็งจะเป็นลักษณะของคลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว แต่คลื่นเสียงที่เดินทางผ่านตัวกลางที่มีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซจะเป็นคลื่นตามยาว สาเหตุที่คลื่นตามขวางไม่สามารถเดินทางได้เนื่องจากไม่มีแรงเชื่อมต่อ ฉะนั้นคลื่นเสียงที่เดินทางผ่านสถานะดังกล่าวจึงแพร่กระจายอนุภาคด้วยทิศทางตามยาว

จากแนวคิดและทฤษฎีเรื่องคลื่นเสียงที่นักวิชาการแต่ละท่านได้อธิบายไว้ข้างต้น ล้วนให้ทัศนะที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นเกี่ยวกับคลื่นเสียงได้ว่า เสียงหรือคลื่นเสียงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือน ซึ่งการสั่นสะเทือนนี้เกิดขึ้นได้กับวัตถุทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นสิ่งของเครื่องใช้ อยุ่ในร่างกายรวมถึงเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ ที่มนุษย์ได้สร้างสรรค์ขึ้น ทั้งประเภทเครื่องดีด เครื่องสี เครื่องตีและเครื่องเป่า เมื่อวัตถุได้รับแรงกระทำบางอย่างก็จะเกิดการสั่นสะเทือนขึ้นที่วัตถุนั้น ไม่ว่าจะเป็นพื้นระนาบ สายจะเข้ สายซอหรือแม้แต่กระทั่งเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศที่อยู่ภายในเลาขลุ่ย เมื่อวัตถุเกิดการสั่นสะเทือนแล้วก็จะทำการถ่ายทอดพลังงานไปยังตัวกลาง คลื่นเสียงถูกถ่ายทอดสู่โมเลกุลที่อยู่ใน

ตัวกลางจนกระทั่งเดินทางมาถึงอวัยวะรับเสียงคือหู หลังจากนั้นประสาทในการรับรู้ที่อยู่ในร่างกายของมนุษย์จะทำการรับรู้และประมวลผลทำให้มนุษย์และสิ่งมีชีวิตสามารถรับรู้ถึงเสียงต่างๆ ได้

### 2.1.2 ชนิดของคลื่นเสียง

คลื่นเสียงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่สามารถรับรู้ได้ด้วยอวัยวะรับเสียง ซึ่งมีการจำแนกคลื่นเสียงออกเป็น 3 ชนิด คือ คลื่นอินฟราโซนิก (Infrasonic waves) คลื่นออดิเบิล (Audible waves) และคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic waves) จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพบว่ามีนักวิชาการหลายท่านได้ทำการศึกษาค้นคว้าและอธิบายทฤษฎีดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปาริสูทธิ์ สาริกะวณิช (2536) ได้อธิบายเกี่ยวกับการจำแนกคลื่นเสียง สามารถสรุปความได้ว่า การจำแนกประเภทของคลื่นเสียงสามารถจำแนกได้โดยการใช้เกณฑ์ในการได้ยินและความถี่เสียง ดังนี้

1. คลื่นใต้เสียง (Infrasound or infrasonic) คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 Hz ซึ่งเกินกว่าที่มนุษย์รับรู้ได้ ไม่ว่าจะเป็นเสียงของคลื่นเสียงแผ่นดินไหว การระเบิดของภูเขาไฟ การก่อสร้าง คลื่นเสียงลักษณะนี้จะสามารถรับรู้ได้ในสัตว์บางชนิด เช่น ค้างคอกที่สามารถหนีออกจากบริเวณที่กำลังจะเกิดแผ่นดินไหว ช้างสร้างเสียงที่มีความถี่ต่ำนี้เพื่อสื่อสารในระยะไกล

2. คลื่นอัลตราโซนิก (Sonics) คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 - 20,000 Hz ซึ่งเป็นคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ ความถี่ลักษณะนี้จะพบได้ในชีวิตประจำวันแต่ก็มีความถี่ไม่กว้างนัก

3. คลื่นเหนือเสียง (Untrasound) คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20,000 Hz ซึ่งเกินกว่าที่มนุษย์จะสามารถรับรู้ได้ ไม่ว่าจะเป็นเสียงนกหวีดอัลตราโซนิกที่ใช้สำหรับการเป่าเพื่อเรียกสุนัขหรือเสียงที่ค้างคาวหรือปลาโลมาใช้เพื่อการล่าเหยื่อ คลื่นเสียงลักษณะนี้จะสามารถรับรู้ได้ในสัตว์บางชนิด เช่น ปลาโลมา ค้างคาว

ในขณะที่เดียวกันนักวิชาการท่านอื่นต่างให้ความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันดังเช่น ทวี นิยมอ้อยและมนู เฟื่องฟูง ได้อธิบายชนิดของคลื่นเสียงและการใช้ประโยชน์จากคลื่นเสียงแต่ละชนิด ดังนี้

คลื่นกลที่มีความถี่ระหว่าง 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ จัดเป็นช่วงคลื่นเฉพาะที่มีความสำคัญเพราะเป็นคลื่นเสียงในช่วงที่หูของคนเรารับฟังได้ (Audible Waves) เสียงส่วนใหญ่ที่เราได้ยินนั้นจะถูกส่งผ่านอากาศ กล่าวคือมีอากาศเป็นตัวกลางที่เป็นของเหลวและของแข็งได้ด้วยคลื่นเสียงที่มีความสูงกว่าช่วงที่หูคนเรารับฟังได้ซึ่งมีความถี่มากกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์และเรียกคลื่นเหนือเสียงหรือเรียกทับศัพท์ว่า “อัลตรา-ซาวนด์” (Ultrasonics Waves หรือ Untrasound) ซึ่งใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยด้านการแพทย์และตรวจหาข้อบกพร่องในการหล่อโลหะ สำหรับค้างคาว ปลาโลมา และเรือดำน้ำจะใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสำหรับช่วยหาเส้นทางในที่มองไม่เห็น สำหรับคลื่นเสียงที่มีความถี่น้อยกว่า 15 เฮิรตซ์จะเรียกว่า “คลื่นใต้เสียง” (Infrasonic Waves) เช่น คลื่นจากแผ่นดินไหว เป็นต้น (ทวี นิยมอ้อย และ มนุ เพ็องพึ้ง, 2541, น.269)

นอกจากนี้สุรพล รักวิชัย ยังได้มีการจำแนกชนิดของคลื่นกลตามคุณสมบัติของคลื่นและประโยชน์จากการนำคุณสมบัติคลื่นไปใช้ในด้านต่างๆ ดังนี้

เราสามารถจำแนกชนิดของคลื่นกลได้ตามคุณสมบัติของคลื่นได้ดังนี้

(1) คลื่นเสียงที่ได้ยินได้ (audible sound wave) ซึ่งหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่อยู่ย่านที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ซึ่งมีความถี่อยู่ระหว่าง 20 Hz ถึง 20,000 Hz คลื่นดังกล่าวนี้กำเนิดขึ้นด้วยวิธีหลายแบบเช่น เสียงจากเครื่องดนตรี เสียงของมนุษย์และเสียงจากลำโพง

(2) คลื่นอินฟราโซนิก (Infrasonic wave) ซึ่งมีความถี่ต่ำกว่ากรณีของคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ ตัวอย่างได้แก่คลื่นจากแผ่นดินไหว

(3) คลื่นอัลตราโซนิก เป็นคลื่นที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ที่มนุษย์ได้ยินได้ ตัวอย่างได้แก่คลื่นการสั่นแบบเหนี่ยวนำของฟลิกควอทซ์เมื่อไบแอสด้วยสนามไฟฟ้าสลับ คลื่นแบบนี้อาจจะเป็นคลื่นตามขวางหรือคลื่นตามยาวได้ แต่ถ้าเป็นคลื่นในของไหลจะเป็นคลื่นตามยาว (สุรพล รักวิชัย, 2542, น.1-3)

สมโภชน์ อิมเอิบ ได้อธิบายเกี่ยวกับชนิดคลื่นเสียงไว้ว่า

เสียงเป็นคลื่นกลที่รับรู้และตรวจจับได้ คลื่นเสียงจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงตามความถี่ ดังนี้

ช่วงความถี่ 1 - 20 Hz เรียกว่า Infrasonics เป็นช่วงความถี่เสียงที่หูไม่ได้ยิน

ช่วงความถี่ 20 - 20,000 Hz เรียกว่า Sonics เป็นช่วงความถี่เสียงที่หูได้ยิน

ช่วงความถี่ มากกว่า 20,000 Hz เรียกว่า Ultrasonics เป็นช่วงความถี่เสียงที่หูไม่ได้ยิน (สมโภชน์ อิมเอิบ, 2545, น.335)

อนันตสิน เตชะกำพูน และคณะ ได้อธิบายถึงคลื่นชนิดต่างๆ ดังนี้

เมื่อเกิดคลื่นตามยาวขึ้นในอากาศ คลื่นนี้จะแผ่ออกไปทุกทิศทุกทางโดยผ่านตัวกลางยืดหยุ่นซึ่งในที่นี้คืออากาศนั่นเอง เมื่อคลื่นตามยาวนี้มาถึงหูคนฟัง จะทำให้ได้รับความรู้สึกเป็นเสียง (sensation of sound) ได้เฉพาะคลื่นที่มีความถี่โดยเฉลี่ยระหว่าง 20 - 20,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ถ้าความถี่สูงหรือต่ำกว่านี้ หูคนจะไม่สามารถฟังได้ แต่อย่างไรก็ตามคลื่นในช่วงความถี่ดังกล่าวที่คนจะรับฟังได้นั้นก็ต้องมีกำลังมากพอที่พลังงานของคลื่นจะกระตุ้นความรู้สึกของการได้ยินเสียงได้ด้วย

คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เรียกว่า คลื่นใต้เสียง (infrasonic waves) เช่น คลื่นจากการเกิดแผ่นดินไหว และคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เรียกว่า คลื่นเหนือเสียง (ultrasonic waves) เช่น คลื่นที่เกิดจากการสั่นของผลึกควอตซ์ซึ่งเกิดขึ้นโดยการให้สนามไฟฟ้าสลับแก่ผลึก (อนันตสิน เตชะกำพูนและคณะ, 2555, น.221)

ประธาน บุรณศิริ และคณะ ได้อธิบายชนิดคลื่นเสียง สามารถสรุปได้ว่า 3 ชนิดคือ คลื่นออดิเบิล (Audible waves) คลื่นอินฟราโซนิก (Infrasonic waves) และคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic waves) โดยมีรายละเอียดดังนี้

คลื่นเสียงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามช่วงความถี่คือ (1) คลื่นออดิเบิล (Audible waves) ซึ่งหูของมนุษย์สามารถได้ยิน และสามารถเกิดคลื่นชนิดนี้ได้หลายวิธี เช่น เกิดจากเครื่องดนตรีเสียงพูดของมนุษย์สามารถได้ยิน และสามารถเกิดคลื่นชนิดนี้ได้หลายวิธี เช่น เกิดจากเครื่องดนตรีเสียงพูดของมนุษย์ หรือการสั่นของลำโพง

(2) คลื่นอินฟราโซนิก (Infrasonic waves) มีช่วงความถี่ต่ำกว่าคลื่นเสียงที่มนุษย์ได้ยิน เช่น ช้างสามารถสื่อสารกันได้โดยใช้คลื่นอินฟราโซนิกได้ถึงแม้ว่าจะอยู่ห่างกันหลาย กิโลเมตร (3) คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic waves) มีความถี่สูงกว่าคลื่นเสียงที่มนุษย์ได้ยิน โดยสุนัขสามารถได้ยินเสียงในช่วงคลื่นอัลตราโซนิกได้ และคลื่นชนิดนี้ยังมีประโยชน์ในทางการแพทย์อีกด้วย (ประธาน บุรณศิริและคณะ, 2558, น.507)

จากแนวคิดและทฤษฎีเรื่องชนิดของคลื่นเสียง สามารถสรุปได้ว่านักวิชาการแต่ละท่านให้ความเห็นสอดคล้องกันทุกประการ สามารถสรุปได้ว่าการจำแนกชนิดของคลื่นเสียงจะใช้เกณฑ์ความถี่เสียงและเกณฑ์ในการได้ยิน ซึ่งคลื่นเสียงแบ่งเป็น 3 ชนิด แต่อาจมีการเรียกชื่อหรือบัญญัติชื่อคลื่นในภาษาอังกฤษแตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. คลื่นอินฟราโซนิก (Infrasonic waves) หรือคลื่นใต้เสียง เป็นคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 Hz (เฮิรตซ์) คลื่นชนิดนี้สามารถรับรู้ได้โดยสัตว์บางชนิด เช่น ค่างคก ช้าง
2. คลื่นออติเบิล (Audible waves) หรือ Sonics หรือ Audible sound wave หรือ Sensation of sound หรือคลื่นเสียงที่ได้ยินได้ เป็นคลื่นที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 - 20,000 Hz (เฮิรตซ์) คลื่นชนิดนี้เป็นคลื่นที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ รวมถึงในการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีชนิดต่างๆ ก็อยู่ในระยะความถี่นี้ด้วย
3. คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic waves) หรือ Untrasound หรือคลื่นเหนือเสียง เป็นคลื่นที่มีความถี่มากกว่า 20,000 Hz (เฮิรตซ์) คลื่นชนิดนี้สามารถรับรู้ได้โดยสัตว์บางชนิด เช่น ค้างคาว ปลาโลมา สุนัข ฯลฯ

### 2.1.3 ชนิดของตัวกลาง

ชนิดของตัวกลางคือสิ่งที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน คลื่นเสียงทุกชนิดจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงาน ชนิดของตัวกลางสามารถจำแนกได้ 3 ชนิด คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับประเภทและคุณสมบัติของตัวกลาง ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

สุชาติ สุภาพ ได้อธิบายถึงตัวกลาง ดังนี้

คลื่นเสียงสามารถเดินทางได้ทั้งในของแข็ง ของเหลวและแก๊ส โดยคลื่นเสียงเคลื่อนที่ในของแข็งได้ดีที่สุด รองลงมาคือของเหลว และแก๊ส ตามลำดับ

เสียงทุกเสียงที่เราได้ยิน เกิดจากการสั่นกลับไปกลับมาของแหล่งกำเนิดเสียง เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสั่นกลับไปกลับมา จะถ่ายทอดพลังงานของการสั่นให้กับอนุภาคอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงและส่งต่อเป็นทอดๆ ไปเรื่อยๆ เปรียบได้กับการถ่ายทอดพลังงานของโดมิโน

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้คลื่นเสียงเดินทางในของแข็งได้ดีกว่าในของเหลว หรือในอากาศเพราะโมเลกุลของแข็งอยู่ใกล้ชิดกันมากกว่าและคลื่นเสียงจะไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ เนื่องจากไม่มีอนุภาคตัวกลาง (สุชาติ สุภาพ, 2536, น.287)

สมพงษ์ ใจดี ได้กล่าวถึงคุณสมบัติตัวกลาง ดังนี้

การแผ่ของคลื่นเสียงคลื่นหนึ่งเป็นดังนี้

1. สามารถแผ่ได้ดีในของแข็งชนิดหนึ่งๆ
2. ทั้งนี้อัตราเร็วการแผ่ของคลื่นเสียงคลื่นหนึ่งในของแข็งชนิดหนึ่งมีค่าที่สูงกว่าในของเหลวชนิดหนึ่ง
3. อัตราเร็วการแผ่ของคลื่นเสียงคลื่นหนึ่งในของเหลวชนิดหนึ่งจะสูงกว่าในแก๊สชนิดหนึ่ง
4. คลื่นเสียงคลื่นหนึ่งไม่สามารถแผ่ในสุญญากาศล้มบรมได้ (สมพงษ์ ใจดี, 2552, น.17)

จากแนวคิดและทฤษฎีเรื่องชนิดของตัวกลางของนักวิชาการแต่ละท่าน พบว่าทุกท่านมีมุมมองที่เหมือนกัน สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ว่า ตัวกลางแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งตัวกลางแต่ละชนิดมีลักษณะโมเลกุลที่ต่างกัน ความต่างของโมเลกุลนี้จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการได้ยิน กล่าวคือคลื่นเสียงจะเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ดีที่สุดเนื่องจากมีโมเลกุลเรียงชิดติดกัน รองลงมาคือของเหลวและแก๊ส สามารถอธิบายได้ว่ายิ่งโมเลกุลมีการเรียงชิดติดกันมากเท่าใดประสิทธิภาพในการถ่ายทอดพลังงานจะมีมากขึ้นเท่านั้น และในสุญญากาศเสียงจะไม่สามารถเดินทางผ่านได้เนื่องจากไม่มีอนุภาคตัวกลาง ดังนั้นแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับตัวกลางจึงเป็น



ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยคำนึงถึงการเลือกชนิดของวัสดุที่เป็นของแข็งและสามารถให้คุณลักษณะเสียงปลั่งจำเพาะที่ยังคงถ่ายทอดคุณสมบัติเสียงของเครื่องลมและมีราคาย่อมเยา คงทน ในการทดลองสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยพิจารณาเลือกใช้วัสดุสังเคราะห์ เช่น ท่อพีวีซี เป็นต้น และจะได้ทำการทดลองดังปรากฏผลในบทที่ 3 และ 4 ต่อไป

#### 2.1.4 การกำธรเสียง

การกำธรเสียงเกิดขึ้นเมื่อความถี่ของแรงที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเรื่องการกำธรเสียง นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความเห็นดังรายละเอียดต่อไปนี้

สมพงษ์ ใจดี อธิบายการสั่นพ้อง ไว้ดังนี้

ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) เป็นค่าความถี่การสั่นเฉพาะตัวของวัตถุชนิดหนึ่ง กล่าวคือ วัตถุชนิดหนึ่งๆ ย่อมสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติของตัวเอง อย่างไรก็ตาม แรงภายนอกแรงหนึ่งจะสามารถกระตุ้นสภาวะการสั่นของวัตถุชนิดหนึ่งได้ดีเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับความพ้องของความถี่ที่สัมพันธ์กัน ปรากฏว่า เมื่อความถี่ของการสั่นเนื่องจากการกระตุ้นจากสภาวะภายนอกพ้องกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุชนิดหนึ่ง วัตถุนั้นมีขนาดแอมพลิจูดสูงสุด ทั้งนี้เราเรียกพฤติการณ์นี้ว่า การสั่นพ้อง (resonance) ของวัตถุนั้น หมายความว่า เราสามารถสรุปตามลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. เมื่อระบบวัตถุแกว่งกวัดได้ระบบหนึ่งได้รับแรงภายนอกเป็นคาบแรงหนึ่งระบบวัตถุระบบๆ นี้จะแกว่งกวัดด้วยขนาดแอมพลิจูดน้อยๆ ในเบื้องต้น
2. ณ ขณะที่ความถี่ของการแกว่งกวัดของระบบวัตถุระบบหนึ่งเข้าใกล้กับค่าความถี่ธรรมชาติของระบบวัตถุระบบนั้นขนาดแอมพลิจูดของการสั่นจะมากขึ้นๆ
3. ในที่สุด ขนาดแอมพลิจูดของการสั่นมากที่สุดภายใต้สภาวะดังนี้ ความถี่การสั่นพ้องเท่ากับความถี่ธรรมชาติของระบบวัตถุระบบนี้ ทั้งนี้ระบบวัตถุระบบดังกล่าวจึงอยู่ในสภาวะของการสั่นพ้อง (สมพงษ์ ใจดี, 2552, น.25)

จากแนวคิดข้างต้นมีความสอดคล้องกับแนวคิดของสุชาติ สุภาพ ที่ได้ให้ความหมายของการกำถอน (resonance) ไว้ในหนังสือฟิสิกส์ทั่วไปว่า “การกำถอน หมายถึง ภาวะที่แรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นแรงที่กระทำเป็นจังหวะที่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของสิ่งนั้นๆ ทำให้แอมพลิจูดหรือช่วงกว้างของการสั่นจะกว้างมากขึ้น เช่น ชิงช้าที่กำลังแกว่งอยู่ ถ้าเราผลักในจังหวะที่พอดี จะทำให้ชิงช้าแกว่งโดยมีแอมพลิจูดมากที่สุด” (สุชาติ สุภาพ, 2558, น.309)

ประโยชน์ของการกำถอนเสียงยังถูกนำไปใช้ในศาสตร์ต่างๆ ทั้งในเชิงกลศาสตร์อย่างเช่นการแก้ปัญหาเสียงดังที่เกิดจากการสั่นสะเทือนระหว่างตัวถังและเครื่องยนต์ของรถยนต์ รวมทั้งเชิงฟิสิกส์ที่มีการนำองค์ความรู้ในเรื่องดังกล่าวไปใช้ในการปรับคลื่นวิทยุตั้งรายละเอียดต่อไป

จากแนวคิดและทฤษฎีเรื่องการกำถอนเสียง (resonance) ของนักวิชาการแต่ละท่าน พบว่ามีแนวคิดและทฤษฎีที่เหมือนกัน แต่อาจมีการเรียกชื่อภาษาไทยที่แตกต่างกันเช่น การกำถอนเสียงหรือการสั่นพ้อง สามารถสรุปประเด็นการกำถอนเสียงได้ว่า ในวัตถุชนิดต่างๆ จะมีความถี่ธรรมชาติของตนเอง เมื่อวัตถุนั้นได้รับแรงกระทำที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้นก็จะส่งผลให้การสั่นสะเทือนทวีความรุนแรงมากขึ้นหรือกล่าวในทางกลศาสตร์ได้ว่ามีแอมพลิจูดหรือช่วงกว้างของการสั่นสะเทือนมากขึ้น การกำถอนหรือการสั่นพ้องสามารถเกิดขึ้นได้ทุกพื้นที่และทุกวัตถุที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะกับเครื่องดนตรีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นเมื่อมนุษย์กระทำการใดๆ ต่อเครื่องดนตรีชิ้นนั้นไม่ว่าจะเป็นการดีด สี ตีหรือเป่าเมื่อความถี่ของแรงที่กระทำตรงกับความถี่ที่อยู่ในเครื่องดนตรีก็จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่มากขึ้น เช่น การดีดจะเข้ด้วยแรงที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของสายเอกที่อยู่บนตัวจะเข้ก็จะเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงและการสั่นสะเทือนนั้นจะถูกถ่ายทอดไปยังตัวกลางซึ่งเป็นของแข็งมีโมเลกุลหนาแน่นและเรียงชิดติดกันอย่างเช่นโต๊ะจะเข้ แหนจะเข้ หย่องจะเข้ ตัวจะเข้แล้วถ่ายทอดพลังงานไปยังอากาศที่อยู่ภายในตัวหรือกล่องเสียงจะเข้ทำให้เกิดการกำถอนของเสียง หรือสะพานใดๆ ก็ตามที่ได้รับแรงกระทำจากวัตถุ สิ่งมีชีวิตหรือแรงธรรมชาติ เมื่อความถี่ของแรงนั้นเท่ากับความถี่ธรรมชาติของสะพานก็อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับสะพานได้เนื่องจากสะพานแกว่งไปมาอย่างเช่นสะพาน Tacoma Narrows ในประเทศสหรัฐอเมริกา

ดังนั้นในการสร้างสรรค์ผลงานทางดุริยางคศิลป์ “นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย” จึงมีการใช้องค์ความรู้เรื่องกลศาสตร์เสียงมาพัฒนาต่อยอดทั้งด้านการเลือกใช้วัสดุ การเลือกชนิดตัวกลาง

การกำรเสียงเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและทดลองสร้างนวัตกรรมทางดุริยางคศิลป์ไทยเพื่อให้ได้ผลงานที่สมบูรณ์

### 2.1.5 การเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า พบว่ามีนักวิชาการไทยและต่างประเทศได้ทำการศึกษาและอธิบายได้อย่างละเอียด โดยมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องดนตรีที่ปรากฏอยู่ทั่วโลกมีหลายชนิดซึ่งล้วนเกิดจากการปรับปรุงพัฒนาบนพื้นฐานความหลากหลายทางด้านวัฒนธรรม เครื่องดนตรีหลายชนิดถูกสร้างสรรค์ขึ้นและยังคงได้รับความนิยมจนถึงปัจจุบัน หนึ่งในนั้นคือเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าหรือเครื่องดนตรีประเภท Aerophones ซึ่งมีกลไกและองค์ความรู้ทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ซ่อนอยู่ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องลมไม้หรือเครื่องลมทองเหลือง ลักษณะกายภาพของเครื่องเป่ามีหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ ที่มีทางลม ในลักษณะที่มีปลายเปิด เช่น recorder ปลายปิด เช่น whistle เครื่องเป่าที่ไม่มีทางลม ในลักษณะที่มีปลายเปิด เช่น transverse flute หรือปลายปิด เช่น ocarina นอกจากนี้ยังมีการจำแนกประเภทเครื่องเป่าที่ไม่มีลิ้นหรือมีลิ้นทั้งลักษณะที่เป็นลิ้นเดี่ยวและลิ้นคู่ด้วย ตามแนวคิดของ Tsuji and Müller (2021) เครื่องดนตรีไทยประเภทเครื่องเป่าส่วนใหญ่จะสร้างจากไม้ ซึ่งเป็นประเภทมีลิ้นและไม่มีลิ้นหรือเครื่องเป่าบางชนิดก็มีส่วนประกอบอื่นที่สร้างจากไม้หรือโลหะเพื่อนำมาประกอบเข้ากับตัวเลาเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวขยายเสียงให้ดังกังวานมากยิ่งขึ้น อาทิ ปี่มอญ ปี่ชวา เป็นต้น

Tsuji and Müller (2021) ยังอธิบายเกี่ยวกับเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าหรือ Aerophones ไว้หลายชนิด เริ่มจากเครื่องดนตรีที่เป็นของพื้นบ้านอันเป็นต้นรากของวิวัฒนาการเครื่องดนตรีในยุคปัจจุบันอย่างเช่นขลุ่ยพื้นเมืองของอเมริกาด้วยหรือที่รู้จักกันในชื่อว่า love flute ภายในของเครื่องดนตรีชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ห้องหรือ 2 ส่วน ห้องที่ 1 ทำหน้าที่กักเก็บลมที่มาจาก ผู้บรรเลงและอีกห้องหนึ่งใช้สำหรับการสร้างเสียง ถ้าพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพด้านนอกจะพบว่ามีกำหนดทิศทางให้ลมจากห้องที่ 1 เดินทางไปยังห้องที่ 2 การสร้างรูเสียงในบริเวณปลายของห้องเพื่อประโยชน์ในการสร้างการสั่นสะเทือนที่มาจากลมของผู้บรรเลง ชัมโปญาหรือซิคูหรือ pan flute คือเครื่องดนตรีที่ปรากฏโดยทั่วไปในเทือกเขาแอนดีสที่มีการสร้างสรรค์โดยการนำลำไม้หลากหลายขนาดทั้งสั้นยาวและมีขนาดความโตต่างกันมาเรียงต่อกันแล้วทำการอุดรูที่อยู่

ทางด้านปลายของกระบอก จิมฮอร์น หรือ gemshorn อยู่ในตระกูลเดียวกับ โอคารินา หรือ Ocarina ส่วนใหญ่สร้างด้วยเขาของเลียงผา และ โอคารินา หรือ Ocarina มี mouthpiece หรือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นปากของของเครื่องดนตรียื่นออกมาจากตัวลำตัวของเครื่อง และลักษณะทางกายภาพมีรูปร่างค่อนข้างยาวกลมภายในมีความกลวงทำหน้าที่ในการสะท้อนเสียงหรือเป็นกล่องเสียงและมีน้ำเสียงที่มีความโดดเด่น เมื่อศิลปะวิทยาการต่างๆ ได้มีความเจริญก้าวหน้าเครื่องดนตรีจึงถูกสร้างสรรค์และพัฒนาให้เกิดความทันสมัยและสามารถนำไปผสมกับวงดนตรีออร์เคสตราด้วย ได้แก่ เครื่องลมไม้ เช่น แซกโซโฟน ฟลูต คลาริเน็ต โอโบ บาสซุ คลาริเน็ตและเครื่องทองเหลือง เช่น ทูบา ทรัมเป็ต ทรอมโบน ฮอร์นและออร์แกนที่มีลักษณะเป็นท่อ แต่ถึงอย่างไรเครื่องดนตรีในยุคแรกเริ่มและยุคใหม่ต่างมีการกำเนิดเสียงที่เหมือนกันคือเกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศที่อยู่ในท่อ

จากข้อมูลข้างต้นการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่านอกจากจะมีลมเป็นพลังงานเริ่มต้นในการกำเนิดเสียงแล้วยังต้องประกอบด้วยปัจจัยอีกหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะทางกายภาพของเครื่องดนตรี เครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่ามีขนาดความยาวความกว้างไม่เท่ากัน รวมถึงอาจมีรูปลักษณะที่แตกต่างกัน บ้างเป็นท่อยาว ท่อสั้น ทรงกลม ทรงรี ท่อเปิด ท่อปิด มีลิ้น ไม่มีลิ้นหรือลิ้นอิสระ ล้วนขึ้นอยู่กับความหลากหลายทางวัฒนธรรมและข้อจำกัดทางจินตนาการของมนุษย์ ถึงเครื่องดนตรีจะมีความหลากหลายทางกายภาพเพียงใดการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีก็สามารถพิสูจน์ได้ด้วยหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความเห็นเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

สรารุณี สุจิตจร ยังได้อธิบายเรื่องคลื่นนิ่งที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า ดังนี้

สำหรับเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า เช่น ขลุ่ยทั้งของฝรั่งและของไทย การสั่นของลำอากาศในการเกิดเสียง เป็นการสั่นตามยาว กล่าวคือ เมื่อเป่าลมเข้าไปในช่องว่างที่อยู่ภายในกระบอก โมเลกุลของอากาศที่อยู่ภายในจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามความยาวของกระบอกเกิดเป็นเสียงขึ้นเสียงดังกล่าวหากราวด์รูปคลื่นได้ พบว่าลักษณะของรูปคลื่นใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์ และการเปลี่ยนระดับเสียงของเครื่องดนตรีชนิดนี้ยังสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความยาวของลำอากาศด้วยวิธีปิดเปิดนิ้วมือของผู้เล่นเครื่องดนตรีนั้น (สรารุณี สุจิตจร, 2545, น.9)

สมโภชน์ อัมเอบ ได้อธิบายเรื่องคลื่นนิ่งที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า ดังนี้

เครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าที่พบเห็นอยู่เสมอได้แก่ ขลุ่ย คาริเน็ต แตร ทรัมโบนและทรัมเปต เป็นต้น ในการปรับโทนเสียงของเครื่องดนตรีประเภทนี้จะกระทำด้วยการปรับความยาวของท่ออากาศซึ่งอาจทำได้ด้วยการยืด-หด ความยาวของท่อหรือปิด-เปิดช่องอากาศออก ในที่นี้จะเป็นการศึกษาอย่างง่ายเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับเครื่องเป่าที่ซับซ้อนต่อไป ด้วยการศึกษาค้นคว้าในท่อตรงที่มีความยาวคงที่และไม่มีรูบนผิวท่อซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ ท่อปลายเปิด (Opened tube) และท่อปลายปิด (Closed tube) (สมโภชน์ อัมเอบ, 2545, น.314)

นอกจากนี้สุรเชษฐ์ หลิมกำเนิด ยังได้อธิบายเรื่องคลื่นนิ่งที่มีความสัมพันธ์กับเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า ดังนี้

เครื่องเป่า (woodwind instruments) เช่น ขลุ่ย ปี่ ฟลูต แซคโซโฟน โอโบ ใช้หลักการของคลื่นนิ่งของเสียงภายในท่อในการสร้างโน้ต เสียงเกิดจากการที่อากาศภายในตัวเครื่องเกิดการสั่นพ้องขึ้น ความถี่ในการสั่นพ้องขึ้นอยู่กับระยะระหว่างปลายด้านเป่าถึงจุดปลายเปิดต่างๆ (เช่น รูของขลุ่ย) ความถี่ที่ต่างกันทำให้เกิดเสียงที่มีโน้ตต่างกัน เพื่อความง่ายในหัวข้อนี้เราจะศึกษาค้นคว้าในท่อตามลักษณะของปลายท่อได้แก่ ท่อปลายเปิด ท่อปลายปิด และท่อปลายทั้งปิดและเปิด

ท่อปลายเปิด ความดันบริเวณปลายท่อที่เปิดมีค่าเท่ากับความดันภายนอกของท่อตลอดเวลา โมเลกุลของอากาศบริเวณปลายมีโอกาสที่จะขยับได้อย่างเต็มที่เนื่องจากไม่มีวัตถุใดๆ เช่น ขอบด้านในของเครื่องมากั้นการเคลื่อนที่

ท่อปลายปิด โมเลกุลของอากาศที่บริเวณปลายท่อไม่สามารถขยับได้เนื่องจากมีผนังของเครื่องเป่าขวางอยู่ โมเลกุลในบริเวณข้างเคียงสามารถเคลื่อนที่ได้ค่อนข้างอิสระ โมเลกุลด้านข้างจึงออกแรงดัน (หรือดึง) โมเลกุลอากาศตรงปลายท่อ ส่งผลให้ความดันที่จุดนี้มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น (สุรเชษฐ์ หลิมกำเนิด, 2559, น.129-130)

Mazzolac et al. (2018) ยังได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดคลื่นนิ่งในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones ไว้ว่า การเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทนี้เกิดจากการสร้างลมหรืออากาศที่มีแรงดันสูงที่เดินทางอยู่ภายในเครื่องดนตรี บางส่วนจะถูกส่งออกไปทางด้านที่มีช่องเปิด เช่น รั้วหรือรูบังคับเสียงหรือบริเวณที่มีรอบรั้ว และบางส่วนจะเกิดการผกผันหรือย้อนกลับไปยังด้านที่บรรจุหรือทำการเป่าลมเข้าสู่ตัวเครื่อง การเดินทางของลมหรืออากาศนี้ก็จะส่งผลให้เกิดคลื่นนิ่งภายในเครื่อง คลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของเครื่องดนตรี ไม่ว่าจะเครื่องดนตรีถูกเป่าลมเข้าไปทางส่วนปลายของเครื่องหรือตรงกลางลำตัวในแนวขวางก็จะเกิดคลื่นที่มีความดันสูงและมีความสัมพันธ์กับอากาศที่อยู่ทั้งภายในและภายนอกเครื่องดนตรี เมื่ออากาศถูกจำกัดไว้ที่โพลภายในของฟลูตมีความดันสูงกว่ากระแสที่สองคลื่นความดันจะบังคับให้อากาศเข้าสู่เส้นทางด้านนอกมากขึ้น การกระจายนี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อความไม่สมดุลของแรงดันกลับตัวและคลื่นนิ่งปกติจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศที่อยู่ด้านในเครื่องดนตรีมีแรงดันมากกว่าก็จะเกิดการผลักแรงดันคลื่นนั้นออกมาสู่ด้านนอกมากยิ่งขึ้น การแพร่กระจายของความดันดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแรงดันเกิดความไม่สมดุลและคลื่นนิ่งจะกลับเข้าสู่ภาวะปกติ (Mazzolac et al., 2018, น.36)

จากแนวคิดของ Mazzolac et al. (2018) สอดคล้องกับแนวคิดของ Tsuji and Müller (2021) ที่อธิบายเกี่ยวกับการเกิดเสียงในเครื่องเป่า สามารถสรุปความได้ว่า บริเวณกลางเครื่องดนตรีมีการเจาะให้มีความยาวมากขึ้นพร้อมกับการมีรูปนิ้วที่ทำหน้าที่ในการทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของคลื่นตามยาวของความดันอากาศในทิศทางที่เป็นแกนกลางของท่อหรือตัวเครื่องดนตรี กระแสอากาศถูกการกระตุ้นให้ผ่านช่องที่มีการเปิดและสะท้อนไปยังขอบของริมฝีปากเพื่อให้กระแสอากาศบางส่วนอยู่ด้านในเครื่องดนตรีเพื่อให้เกิดการสะท้อนหรือการสั่นสะเทือน คลื่นเหล่านี้เกิดจากการสะท้อนที่บริเวณปลายด้านล่างที่มีการเปิดของท่อ และจะไม่ใช่อากาศเคลื่อนที่อยู่ในท่อแต่ความดันที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดการกระตุ้นภายในท่อ ดังเช่นการเป่าแตรจะเกิดพลังงานคลื่น เมื่อคลื่นดังกล่าวเคลื่อนที่มาถึงบริเวณส่วนปลายของเครื่องดนตรีที่มีลักษณะเป็นรูปกรวยที่มีด้านปลายบานออก 40-50 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานคลื่นเสียงจะหายไป และเหลือเพียง 50-60 เปอร์เซ็นต์ที่จะสะท้อนกลับเข้าไปภายในตัวเครื่องกลับไปปากเป่าของเครื่องลมทองเหลืองซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่คลื่นเสียงเดินทาง คลื่นสะท้อนนี้สัมผัสที่ริมฝีปากของนักดนตรี ซึ่งผู้บรรเลงจะต้องทำการเสริมแรงกับคลื่นที่สะท้อนกลับ

ให้เกิดเสียงต่อเนื่อง โดยการเสริมลมนี้ผู้บรรเลงจะต้องใช้ลมที่อยู่ในจังหวะที่พอดีเพื่อให้ได้ความเข้มของเสียงที่ดี ซึ่งเทคนิคอยู่ที่การกระชับริมฝีปากและบีบลมผ่านริมฝีปาก

ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์ ได้อธิบายเรื่องการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าว่า “เครื่องดนตรีส่วนมากทำให้เกิดโน้ตได้โดยการสั่นของสายที่ขึงไว้ หรือโดยการสั่นของอากาศในเครื่องดนตรีชนิดเป่า การสั่นทั้งสองแบบนี้เป็นต้นเหตุให้อากาศบริเวณใกล้เคียงสั่นต่อๆ กันไปด้วย การสั่นของอากาศนี้เดินทางผ่านออกไปในรูปของคลื่นตามยาว” (ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์, 2559, น.406)

จากแนวคิดด้านการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าของนักวิชาการแต่ละท่านพบว่าทุกท่านมีแนวคิดและหลักการที่สอดคล้องกันทุกประการ สามารถสรุปได้ว่าการเกิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าเกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศหรือลมที่อยู่ภายในเลาหรือกล่องเสียง ซึ่งลมนี้เกิดจากการที่ผู้บรรเลงเป่าเข้าสู่ภายในเลาทางด้านที่เป็นช่องสำหรับการเป่าอาจอยู่ส่วนบนหรือกลางเครื่องดนตรีก็ได้ เครื่องเป่าบางชนิดอาจใช้วิธีการผิวเพียงผู้เล่นนำริมฝีปากของตนทำรูปปากให้ได้ลักษณะที่พอดีแล้ววางริมฝีปากไว้บริเวณลำตัวเครื่องในตำแหน่งใกล้กับรูเป่าแล้วทำการเป่าลมเข้าสู่ภายใน ลมที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ไปยังกล่องเสียงซึ่งมีลักษณะกลวง คลื่นที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ผ่านไปยังตัวกลางคืออากาศแล้วทำการถ่ายทอดไปยังโมเลกุลอื่นๆ แล้วเกิดเป็นเสียงลักษณะต่างๆ ขึ้น ทั้งนี้องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแล้วเกิดเป็นเสียงในเครื่องเป่าคือรูต่างๆ ที่ทำการเจาะไว้เนื่องจากลมที่เดินทางเข้าสู่ภายในเครื่องจะเดินทางไปกระทบกับรูแล้วเกิดการสะท้อนหักเหของมุม พลังงานคลื่นเสียงที่เกิดขึ้น 40-50 เปอร์เซ็นต์จะหมดไปหรือกระจายออกจากตัวเครื่องดนตรีสู่อากาศภายนอกและอีก 50-60 เปอร์เซ็นต์จะสะท้อนกลับเข้าไปยังตัวเครื่อง ส่วนในการสร้างเสียงโน้ตหรือความถี่เสียงต่างๆ จะขึ้นอยู่กับรูที่มียาระยะห่างระหว่างปลายด้านที่เป่ากับตำแหน่งที่มีการเจาะรูบังคับเสียงหรือการยืดหดความยาวของท่อ

## 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องดนตรีวิทยา

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องดนตรีวิทยา (Organology) ว่าด้วยบริบทและองค์ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเครื่องดนตรี เช่น การแบ่งประเภทเครื่องดนตรี การกำเนิดเสียงของเครื่องดนตรี วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี การสร้างเครื่องดนตรี เป็นต้น แนวคิดและทฤษฎีเหล่านี้กำเนิดมา

พร้อมกับวิวัฒนาการของมนุษย์ ในอดีตกาลมนุษย์มีการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีเพื่อตอบสนองทางด้านความเชื่อ อารมณ์ ความรู้สึกนึกคิด โดยใช้วัสดุที่อยู่ในท้องถิ่นของตนแล้วสร้างสรรค์ไปตามภูมิปัญญาที่ตนมีหรือจากประสบการณ์ที่เคยได้ประสบ เมื่อมนุษย์มีวิวัฒนาการมากขึ้น จึงเกิดการวิเคราะห์สังเคราะห์นำไปสู่การพัฒนาสร้างสรรค์เครื่องดนตรีที่แฝงไปด้วยหลักการ องค์ความรู้และกระบวนการสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ

### 2.2.1 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีระบบ Hornbostel & Sachs

จากการศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิชาการทั้งไทยและต่างประเทศได้กล่าวไว้หลายท่าน ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดและทฤษฎีในการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีสากลเป็นเบื้องต้นในการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำไปสู่การวิเคราะห์ที่มีความลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ซึ่งการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีคือการจัดหมวดหมู่ประเภทเครื่องดนตรีให้มีความเป็นระบบระเบียบมากยิ่งขึ้น เพื่อประโยชน์หลายประการทั้งยังสะดวกต่อการศึกษาเรียนรู้ การนำไปใช้ทั้งในรูปแบบของการบรรเลงเดี่ยวเครื่องดนตรีและการผสมวงดนตรีเพื่อให้เกิดความสมดุลของน้ำเสียงอันนำไปสู่สุนทรียทางด้านดนตรี อีกทั้งยังทำให้เกิดการพัฒนาแนวคิดและทฤษฎีที่หลากหลาย โดยการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีนี้ขึ้นอยู่กับความรู้สึกรู้จักคิด วัฒนธรรม ประเพณีและวิถีชีวิตของชนชาตินั้นๆ โดยเกณฑ์การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีสามารถพิจารณาจากวัสดุหลักที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี รูปลักษณะเครื่องดนตรีหรืออากัปกริยาในการบรรเลง ดังที่ปัญญา รุ่งเรือง (2546) ได้เสนอแนวคิดและอธิบายเกี่ยวกับการแบ่งประเภทเครื่องดนตรี สามารถสรุปความได้ว่า การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีของแต่ละชนชาติมีการจำแนกโดยพิจารณาจากพื้นฐานความนึกคิด ความเชื่อ ขนบธรรมเนียม ประเพณี ปรัชญาของแต่ละชาติ ซึ่งในบางชนชาติก็มีการจำแนกตามวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี รวมถึงอากัปกริยาในการบรรเลงอย่างของไทย จึงส่งผลให้เกิดแนวคิดที่หลากหลาย ดังตัวอย่างการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีของจีนที่แบ่งเป็น 8 ประเภท คือ เครื่องดนตรีที่ทำจากหิน โลหะ ไม้ไผ่ ไม้ ไม้ น้ำเต้า หนังและดิน ซึ่งการแบ่งลักษณะนี้อาจเป็นเกณฑ์ที่ไม่แน่ชัด เพราะเครื่องดนตรีบางชนิดอาจจะสร้างจากไม้และไหมเป็นส่วนประกอบด้วยจึงเกิดความขัดแย้ง เช่น ซอที่ถูกจัดให้อยู่ในปะเภทไหม ซึ่งข้อเท็จจริงนั้นไหมเป็นเพียงส่วนประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดเสียงแต่ในขณะเดียวกันก็ยังมีไม้เป็นวัตถุดิบหลัก



จากการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีที่กล่าวมาในข้างต้นจะพบว่าเกณฑ์ในการจำแนกบางอย่างยังไม่ชัดเจนซึ่งอาจก่อให้เกิดข้อขัดแย้งและสร้างความสับสนขึ้นได้จึงมีการคิดค้นระบบการแบ่งเครื่องดนตรีแบบใหม่ขึ้นดังที่ปัญญา รุ่งเรือง (2546) ได้เสนอแนวคิดและอธิบายเกี่ยวกับการแบ่งประเภทเครื่องดนตรี สามารถสรุปความได้ว่า จากความไม่ชัดเจนตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้นจึงเป็นเหตุให้บางชนชาติมีการคิดสร้างสรรค์แนวคิดในการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีขึ้นมาใหม่ ซึ่งแนวคิดนี้เรียกว่าระบบ Hornbostel & Sachs โดยยึดแหล่งกำเนิดเสียงเป็นเกณฑ์ เนื่องจากเสียงของเครื่องดนตรีแต่ละชนิดล้วนเกิดจากการสั่นสะเทือนเป็นสำคัญ ระบบดังกล่าวมี 4 ประเภทหลัก และยังมีการแบ่งประเภทย่อยโดยยึดรูปร่างของเครื่องดนตรี การแบ่งประเภทเครื่องดนตรีในระบบ Hornbostel & Sachs ดังนี้

1. เครื่องดนตรีที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศที่อยู่ภายในเครื่องดนตรี (Aerophones) แบ่งเป็น 9 ประเภท ได้แก่ ขลุ่ย (Blow hole) นกหวีด (Whistle mouthpiece) ปี่ที่มีลิ้นเดี่ยว (Single reed) ปี่ที่มีลิ้นคู่ (Double reed) ปี่ที่มีถุงลม (Bagpipes) แตร (Cup mouthpiece) ลิ้นอิสระ (Free reed) และออร์แกน (Organ)
2. เครื่องดนตรีที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของสาย (Chordophones) แบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ประเภทดุริยธนู (Musical bows) ประเภทลิวรี (Lutes) ประเภทฮาร์ป (Harps) ประเภทพิณ (Lute) และประเภทจะเข้ (Zither)
3. เครื่องดนตรีที่เกิดจากการสั่นสะเทือนด้วยตนเอง (Idiophone) แบ่งเป็น 8 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่นำไปตี ประเภทที่ถูกลีด ประเภทเขย่า ประเภทตี ประเภทกระทบ ประเภทถู ประเภทขูด และประเภทดีด
4. เครื่องดนตรีที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของแผ่นหนัง (Membranophones) แบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ประเภทกลองที่มีหุ่นกลวง ประเภทกลองที่มีรูปร่างคล้ายภาชนะ กลองที่มีรูปร่างคล้ายสะตัง ประเภทกลองที่ใช้การถูรูปร่างคล้ายน้ำเต้า (Mirlitons)

นอกจากนี้ริชาร์ด แก้วหล้า (2563) ได้กล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีการแบ่งหมวดหมู่เครื่องดนตรีของ Eric M. Von Hornbostel และ Curt Sachs ซึ่งเป็นแนวทางการจัดหมวดหมู่เครื่องดนตรีที่เรียกกันว่า ระบบ Hornbostel & Sachs ซึ่งแบ่งเครื่องดนตรีเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เครื่องสาย (Chordophones) เครื่องลม (Aerophones) เครื่องเคาะที่มีลักษณะเป็นท่อนหรือแท่ง (Idiophones) เครื่องหนัง (Membranophones) และเครื่องไฟฟ้าเครื่องกล (Electronophones)

จากแนวคิดดังกล่าวมีความสอดคล้องกับวิริณทร์ญา กิตติคุณนพวัชร (2564) ที่ได้กล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีการแบ่งหมวดหมู่เครื่องดนตรีของ Eric M. Von Hornbostel และ Curt Sachs ความว่า

ระบบ Sachs-Hornbostel โดย Curt Sachs (1881-1959) และ Erich Moritz von Hornbostel (1877-1935) โดยแบ่งเครื่องดนตรีออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. เครื่องสาย (Chordophones) เครื่องดนตรีที่เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนสาย
2. เครื่องลม (Aerophones) เครื่องดนตรีที่เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศหรือลม
3. เครื่องเคาะประเภทท่อน - แท่ง (Idiophones) เครื่องดนตรีที่เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของการกระทบมวลวัตถุในตัวเองเช่นพวกโลหะพวกไม้
4. เครื่องหนัง (Membranophones) เครื่องดนตรีที่เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของหนังเช่นกลองลักษณะต่างๆ
5. เครื่องไฟฟ้าและเครื่องกล (Electronophones) เครื่องดนตรีที่เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องไฟฟ้าและเครื่องกลที่ไม่มีกล่องเสียง (วิริณทร์ญา กิตติคุณนพวัชร, 2564, น.31)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งหมวดหมู่เครื่องดนตรีระบบ Hornbostel and Sachs สามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งหมวดหมู่เครื่องดนตรีในระบบดังกล่าวได้ว่า การแบ่งหมวดหมู่เครื่องดนตรีมีการแบ่งประเภทเครื่องดนตรีโดยยึดจากวัสดุที่ทำให้เกิดเสียงเป็นสำคัญ โดยแบ่งประเภทเครื่องดนตรีออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ Chordophones Aerophones Idiophones Membranophones และ Electronophones

Chordophones คือ เครื่องดนตรีที่กำเนิดเสียงโดยการสั่นสะเทือนของวัตถุประเภทสาย สายเกิดการสั่นสะเทือนได้เนื่องจากสายดังกล่าวถูกขึงหรือยึดกับส่วนต่างๆ ของเครื่องดนตรีด้วยความตึง สายอาจมีขนาดความยาว ความหนาไม่เท่ากัน รวมถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้างสายต่างชนิดกันก็ให้ลักษณะเสียงที่แตกต่างกันด้วย เมื่อผู้บรรเลงใช้นิ้วหรืออุปกรณ์ลักษณะต่างๆ ดีดลงไปบนสายก็จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและเกิดเสียง

Aerophones คือ เครื่องดนตรีที่กำเนิดเสียงโดยการสั่นสะเทือนของอากาศหรือลมที่เคลื่อนที่ อยู่ภายในเครื่องดนตรีที่มีรูปลักษณะต่างๆ ทั้งรูปทรงกลม รูปทรงกระบอกหรือการพัฒนาทั่วโลกในการ ทำให้เกิดเสียง รวมถึงขนาดและประเภทของวัสดุที่นำมาสร้าง ปัจจัยที่กล่าวในข้างต้นล้วนส่งผลต่อ คุณลักษณะเสียงของเครื่องดนตรี เมื่อผู้บรรเลงเป่าหรือสร้างลมด้วยอุปกรณ์หรือกลไกอื่นๆ เข้าไปยัง ท่อหรือกระบอกเสียง ลมที่อยู่ภายในจะเกิดการเคลื่อนที่และกระทบกับอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงใน เครื่องดนตรี

Idiophones คือ เครื่องดนตรีที่กำเนิดเสียงโดยการกระทำลักษณะต่างๆ เช่น ตี กระทบ ถู โดยตัวเครื่องดนตรีหรืออุปกรณ์ลักษณะต่างๆ ที่กระทำต่อเครื่องดนตรีที่สร้างจากวัสดุประเภทต่าง ๆ เช่น ไม้ โลหะ พลาสติก เป็นต้น ก็จะทำให้เกิดเสียงด้วยตัวเครื่องดนตรีเองหรืออุปกรณ์ที่นำมาเสริม หรือเป็นตัวช่วยในการทำให้เกิดเสียง

Membranophones คือ เครื่องดนตรีที่กำเนิดเสียงโดยการสั่นสะเทือนของหนังที่ซึ่งอยู่บน หุ่นหรือโครงสร้างหลักของเครื่องดนตรี โดยมากปรากฏในกลองประเภทต่างๆ ชนิดของหนังที่ซึ่งมี หลายประเภท ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณลักษณะที่ต่างกัน เช่น มวลความหนาแน่น ความหนา เป็นต้น เมื่อผู้บรรเลงใช้มือ นิ้วหรืออุปกรณ์ลักษณะต่างๆ ตีลงบนหนังที่ซึ่งด้วยความตึงส่งผลให้หนังเกิดการ สั่นสะเทือนและทำให้เกิดเสียง

Electronophones คือ เครื่องดนตรีที่เกิดจากการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือโปรแกรมต่างๆ โดยเสียงของเครื่องดนตรีประเภท Electronophones สามารถสร้างและสังเคราะห์ได้ตามความ ต้องการของผู้ผลิต ปัจจุบันมีการนำ Electronophones มาใช้ในการสร้างเครื่องดนตรีหลากหลาย ประเภท ลักษณะสำคัญของเครื่องดนตรีประเภท Electronophones คือต้องใช้ระบบไฟฟ้าและวงจร อิเล็กทรอนิกส์ในการทำให้เกิดเสียง

จากการพิจารณาหลักการแบ่งหมวดหมู่เครื่องดนตรีและหลักการกำเนิดเสียงในเครื่องดนตรี ผู้วิจัยมีแนวคิดในการสร้างเครื่องดนตรีลมรายชื่อที่มีหลักการกำเนิดเสียงประเภทเดียวกับเครื่องดนตรี ประเภท Aerophones คือ สามารถสร้างเสียงได้โดยการสั่นสะเทือนของลมหรืออากาศที่อยู่ภายใน ท่อเสียง โดยค้นคิดและสร้างแหล่งกำเนิดเสียงขึ้นใหม่ ซึ่งผู้บรรเลงไม่ต้องใช้ปากเป่าเพื่อผลิตลมและ เสียง

## 2.2.2 เครื่องดนตรีประเภท Aerophones

Aerophones เป็นเครื่องดนตรีที่มีการกำเนิดเสียงโดยการสั่นสะเทือนของอากาศ เครื่องดนตรีประเภทนี้ถือกำเนิดตั้งแต่สมัยยุคหินจนกระทั่งยุคปัจจุบัน ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบวัสดุและกระบวนการการสร้างอย่างหลากหลาย ปัจจุบันเครื่องดนตรีประเภท Aerophones กระจายอยู่ทั่วทุกมุมโลกและมีการนำมาบรรเลงเพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย เช่น พิธีกรรม การทหาร ความบันเทิงหรือเพื่อการส่งสัญญาณ ตระกูลเครื่องดนตรีประเภท Aerophones มีหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ รูเป่าปกติ ปากเป่าที่มีลักษณะเหมือนนกหวีด ลิ้นเดี่ยว ลิ้นคู่ ลิ้นอิสระ ปากเป่าเป็นรูปถ้วยหรือการผสมผสานอย่างออร์แกน ดังที่ Ruth Midgley (1976) ได้เสนอแนวคิดและอธิบายรูปแบบของการทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones สามารถสรุปความได้ดังนี้

### 2.2.2.1 รูปแบบของการทำให้เกิดการสั่นสะเทือน

การทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอากาศเกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศที่อยู่ภายในท่อหรือรูของเครื่องดนตรีรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องดนตรีก็เกิดการสั่นสะเทือนด้วยตามลักษณะต่างๆ ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

#### 2.2.2.1.1 เครื่องดนตรีที่มีรูเป่าแบบปกติ

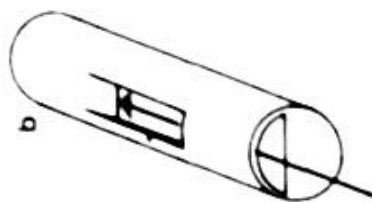


ภาพที่ 1 เครื่องดนตรีที่มีรูเป่าแบบปกติ

ที่มา: Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)

#### 2.2.2.1.2 เครื่องดนตรีที่มีปากเป่าเหมือนนกหวีด

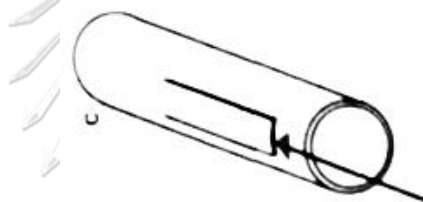


ภาพที่ 2 เครื่องดนตรีที่มีปากเป่าเหมือนนกหวีด

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)

#### 2.2.2.1.3 เครื่องดนตรีที่เกิดการสั่นสะเทือนหลังจากที่อากาศกระทบกับบริเวณที่มีขอบ ซึ่งเกิดในเครื่องดนตรีที่มีลักษณะลิ้นเดี่ยว

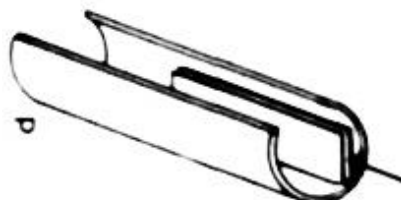


ภาพที่ 3 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นเดี่ยว

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น. 15)

#### 2.2.2.1.4 เครื่องดนตรีที่เกิดการสั่นสะเทือนหลังจากที่อากาศกระทบกับบริเวณที่มีขอบ ซึ่งเกิดในเครื่องดนตรีที่มีลักษณะลิ้นคู่

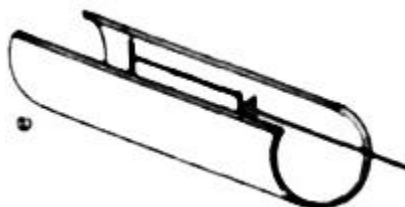


ภาพที่ 4 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นคู่

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)

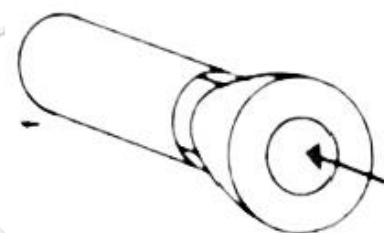
2.2.2.1.5 เครื่องดนตรีที่เกิดการสั่นสะเทือนหลังจากที่อากาศกระทบกับบริเวณที่มีขอบ เกิดขึ้นในเครื่องดนตรีที่มีลักษณะลิ้นอิสระ



ภาพที่ 5 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นอิสระ 1

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia  
(Ruth Midgley, 1976, น.15)

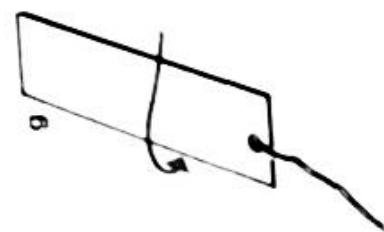
2.2.2.1.6 เครื่องดนตรีที่อากาศถูกทำให้เกิดการสั่นสะเทือนโดยการกระทำของริมฝีปาก ในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones แบบอิสระ



ภาพที่ 6 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นอิสระ 2

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia  
(Ruth Midgley, 1976, น.15)

2.2.2.1.7 เครื่องดนตรีที่ไม่มีแนวการปิดของอากาศ ซึ่งอากาศจะสั่นอยู่บริเวณรอบๆ เครื่องดนตรีในขณะที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ



ภาพที่ 7 เครื่องดนตรีที่มีขอบแบบลิ้นอิสระ 3

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia  
(Ruth Midgley, 1976, น.15)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของการทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอากาศที่อยู่ภายในท่อหรือรูของเครื่องดนตรี สามารถสรุปและจำแนกได้ ดังตารางต่อไปนี้

ลำดับ	รูปแบบการสั่นสะเทือนของเครื่องดนตรี	ลักษณะการทำให้เกิดการสั่นสะเทือน
1	เครื่องดนตรีที่ไม่มีลิ้นและมีรูเป่าแบบปกติ	เกิดการสั่นสะเทือนได้โดยการเป่าลมเข้าไป ยังรูที่มีลักษณะกลม
2	เครื่องดนตรีที่ไม่มีลิ้นและมีปากเป่า เหมือนนกหวีด	เกิดการสั่นสะเทือนได้โดยการเป่าลมให้เข้าไป ไปกระทบกับลักษณะรูที่คล้ายกับรูนกหวีด คือมีการแกะช่องลมในลักษณะเป็นสันหรือ แฉ่ง
3	เครื่องดนตรีประเภทลิ้นเดี่ยว	เกิดการสั่นสะเทือนหลังจากที่อากาศ กระทบกับบริเวณขอบ
4	เครื่องดนตรีประเภทลิ้นคู่	
5	เครื่องดนตรีประเภทลิ้นอิสระ	
6	เครื่องดนตรีประเภท Aerophones แบบ อิสระ	สั่นสะเทือนโดยการกระทำของริมฝีปาก
7	เครื่องดนตรีที่ไม่มีแนวหรือทางปิดกั้นของ อากาศ	สั่นสะเทือนโดยการที่เครื่องดนตรีเคลื่อนที่ ผ่านอากาศ ทำให้อากาศเกิดการสั่นรอบๆ เครื่องดนตรีในขณะที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ

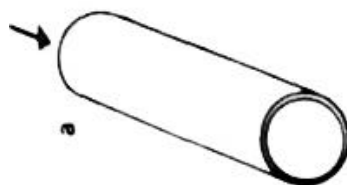
ตารางที่ 1 รูปแบบการสั่นสะเทือนของอากาศที่อยู่ภายในท่อหรือรูของเครื่องดนตรี

ที่มา: ผู้วิจัย

#### 2.2.2.2 ลักษณะรูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

รูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones ส่วนใหญ่จะมีลำตัวเป็นลักษณะท่อหรือรูปทรงกระบอกซึ่งพบมากที่สุด ในขณะที่บรรเลงจะเกิดการสั่นสะเทือนภายในท่อนี้ รูปร่างที่ต่างกันมีผลต่อลักษณะเสียงด้วย ดังที่จะยกตัวอย่างต่อไปนี้

## 2.2.2.2.1 รูปร่างเหมือนคลาริเน็ต

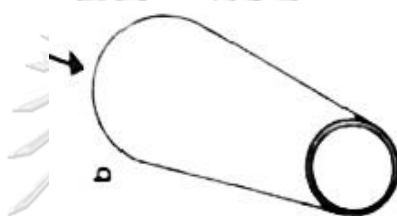


ภาพที่ 8 รูปร่างเหมือนคลาริเน็ต

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)

## 2.2.2.2.2 รูปร่างเหมือนเรคคอร์ดเตอร์

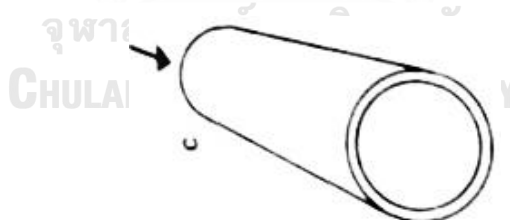


ภาพที่ 9 รูปร่างเหมือนเรคคอร์ดเตอร์

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)

## 2.2.2.2.3 รูปร่างเหมือนโอโบ ลักษณะที่พบได้น้อยคือรูปทรงตัวถัง



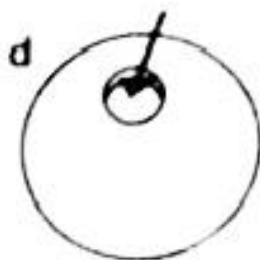
ภาพที่ 10 รูปร่างเหมือนอย่างโอโบ

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)



#### 2.2.2.2.4 รูปร่างเหมือนโอคาริน่า



ภาพที่ 11 รูปร่างเหมือนโอคาริน่า

ที่มา: หนังสือ Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia

(Ruth Midgley, 1976, น.15)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones สามารถสรุปและจำแนกได้ ดังตารางต่อไปนี้

ลำดับ	รูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones
1	รูปร่างเหมือนคลาริเน็ต
2	รูปร่างเหมือนเรคคอร์ดเดอร์
3	รูปร่างเหมือนโอโบ
4	รูปร่างเหมือนโอคาริน่า

ตารางที่ 2 ลักษณะรูปร่างของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones

ที่มา: ผู้วิจัย

#### 2.2.2.3 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรี Aerophones

Ruth Midgley (1976) ได้อธิบายเกี่ยวกับการแบ่งประเภทเครื่องดนตรี Aerophones สามารถสรุปและจำแนกเครื่องดนตรี Aerophones ได้ 37 ชนิด โดยมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
1	End-blown flutes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รูเป่ามีหลายลักษณะ ได้แก่ วงกลม แบบเอียง ตัว V รูปทรงสี่เหลี่ยมและแบบมน</li> <li>- ใช้นิ้วปิดรู</li> <li>2 - 3 รู</li> <li>- แนบเครื่องดนตรีที่คางหรือริมฝีปากล่าง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กระจูด</li> <li>- เขาสัตว์</li> <li>- ไม้</li> <li>- ไม้ไผ่</li> <li>- โลหะ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป่าบริเวณปลายด้านบนของเครื่องดนตรี ให้กระแสมพุ่งไปที่ขอบที่มีการแกะหรือเหลาให้คม</li> </ul>
2	Whistle flutes หรือ Fipple flute	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผสมผสานรูปแบบของนกหวีด</li> <li>- มีหลายระดับเสียง บางชนิดผู้บรรเลงเป่าพร้อมกับตีกลอง</li> <li>จึงมี 2 ระดับเสียง</li> <li>เพราะอีกมือหนึ่งต้องตีกลอง</li> <li>- มีขนาดใหญ่พิเศษ มีท่อต่อสำหรับเป่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ดินเผา</li> <li>- ไม้</li> <li>- โลหะ</li> <li>- กระจูด</li> <li>- งาช้าง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป่าบริเวณปากด้านบนหรือรูปที่เจาะใต้ท่อซึ่งมีขอบคม</li> </ul>
3	Vessel flutes and whistles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีรูปร่างเฉพาะเป็นทรงกลม</li> <li>- บางชนิดคล้ายนกหวีดมีระดับเสียงเดียว</li> <li>- ส่วนใหญ่มีหลายระดับเสียง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เขาสัตว์</li> <li>- ไม้</li> <li>- กระจูด</li> <li>- เปลือกผลไม้</li> <li>- กะลา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป่าลมเข้าสู่ท่อด้านบนเครื่องดนตรี</li> </ul>

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
		- มีการพัฒนาให้มี กระเปราะ บรรเลง โดยการใส่น้ำเพื่อ ควบคุมเสียง		
4	Side-blown flutes	- ทรงกระบอก	- ไม้ - ไม้ไผ่ - พลาสติก	- เป่าด้านข้างส่วน ใหญ่อยู่ทางด้านขวา ของผู้บรรเลง
5	Nose flutes	- ความเชื่อในเรื่อง พลังวิเศษจากลม ผ่านช่องจมูก	- ไม้ไผ่ - พลาสติก	- ใช้จมูกเป่าลม โดย อุดจมูกข้างหนึ่งด้วย ยาสูบ ผ้าหรือนิ้ว
6	Multiple flutes	- ท่อ 2 อันติดกัน คล้ายขลุ่ยหรืออาก มากกว่า 2 อัน	- ไม้ - ดินเหนียว	- เป่าลมเข้าสู่ท่อ ด้านบนเครื่องดนตรี
7	Panpipes	- ชุดที่เรียงต่อกัน เป็นแพ 1. มัดท่อเรียงติดกัน 2. ภายนอกคล้ายแพ ด้านในแกะสลักเป็น ท่อเรียงกัน 3. มัดท่อเรียงติดกัน 2 ชั้น 4. มัดท่อรวมกันเป็น กลุ่มคล้ายทรงกลม	- ดินเหนียว - อ้อย - หิน - ไม้ - โลหะ - พลาสติก	- เป่าลมเข้าสู่ท่อ ด้านบนเครื่องดนตรี

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
8	Recorder	<ul style="list-style-type: none"> <li>- จัดเป็นเครื่องดนตรีประเภทหนึ่งของ Whistle flute</li> <li>- มีความซับซ้อน</li> <li>- ระยะต่อมามีกระเดื่อง</li> <li>- ระยะต่อมาสร้าง Mouthpiece</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ปากเป่าผ่าน Crook หรือท่อโค้ง</li> <li>- เมื่อมีการสร้าง Mouthpiece จึงเป่าลมทางช่องด้านหลัง ด้านบน และด้านข้าง</li> </ul>
9	Flageolets	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผสมผสานระหว่างขลุ่ยกับนกหวีดที่มีลักษณะเรียวและแคบ พัฒนาจากประเภท Whistle flute</li> <li>- บริเวณปากเป่ามีการออกแบบที่ซับซ้อน</li> <li>- ปราบท้อเสียง 3 อันติดกัน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โลหะ</li> <li>- ไม้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป่าลมผ่านช่องของปากเป่าที่อยู่ด้านบน</li> </ul>
10	Orchestral flutes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะหลังมีการสร้างกระเดื่อง</li> <li>- รูเป่ามีการพัฒนาการ 3 รูปแบบเพื่อประสิทธิภาพในการควบคุมลม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม้</li> <li>- โลหะ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป่าด้านข้างหรือแนวขวาง</li> </ul>

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
11	Folk clarinets	- อยู่ในตระกูล Clarinets - ลื่นเดี่ยว - บางอันมีท่อเสียงมากกว่า 1 อันและมีการสร้างปากแตร	- ไม้้อ - ไม้้เต้า - กระจุก - ก้านข้าวฟ่าง - เซาส์ตว์	- เป่าลมผ่านทางปากแตรด้านบนของเครื่อง
12	Multiple clarinets	- มีท่อเสียง 2 – 4 ท่อ - มีเสียงหลักและเสียง drone	- ไม้ - ไม้้เต้า - ้ออย	- เป่าลมผ่านทางท่อด้านบน บางประเภทมีลักษณะของปล้องไม้้สวมทางด้านบนปากเป่าอีกชั้นหนึ่ง
13	Orchestral clarinets	- พัฒนาจาก Chalumeau - คีย์พิเศษบรรเลงในระดับเสียงที่สูงขึ้น - ลื่นทำจากไม้้อพลาสติกหรือใยแก้ว	- ไม้	- ใช้ปากเป่าลมผ่านช่องที่มีลื่นซึ่งอยู่ด้านบนของเครื่องดนตรี
14	Saxophones	- ผสมผสานระหว่าง Clarinets กับ Oboe - ลักษณะเป็นท่อทรงกรวยและด้านล่างบาน - ลื่นเดี่ยว	- ไม้ - โลหะ	- ใช้ปากเป่าลมผ่านช่องที่มีลื่น

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
15	Folk shawms	- คล้ายกับ Oboe มีหลายชนิด ได้แก่ Auloi Tibia Alghaita Zurna Shanai Suona Sralay Shawm ปีไทย - ลิ้นคู่	- ไม้ - โลหะ - กระจุก	- ใช้ปากเป่าลมผ่านช่องที่มีลิ้นคู่
16	Renaissance double reeds	- ลิ้นคู่ มีการพัฒนาส่วนประกอบคล้ายฝาครอบลิ้น ช่วยปกป้องลิ้นและทำให้เป่าง่ายยิ่งขึ้น	- ไม้ - โลหะ - กระจุก	- ใช้ปากเป่าลมผ่านช่องที่มีลิ้นคู่ บางชนิดเป็นลักษณะท่อยื่นคล้ายตะขอ
17	Orchestral oboes	- เจาะท่อภายในและรูนิ้วที่มีความเสถียร - เครื่องมีลักษณะหลากหลาย ได้แก่ โค้ง มีกระเปราะและตรง - ลิ้นคู่	- โลหะ	- ใช้ปากเป่าลิ้นที่ยื่นออกมาจากเครื่องดนตรีด้านบน
18	Bassoons	- ท่อ 2 ท่อที่ขนาดกัน บางชนิดเชื่อมต่อกันเป็นรูปตัว U	- โลหะ	- ใช้ปากเป่าลิ้นที่ยื่นออกมาจากเครื่องดนตรีด้านบน

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
19	Bagpipes	- มีถุงลมเก็บอากาศ - ลิ้นเดี่ยว ลิ้นคู่ - มีเสียงหลักและเสียง drone	- หนังสัตว์ - กระเพาะ - ไม้ - กระดุก - โลหะ	- ใช้ปากเป่าลิ้นที่ยื่นออกมาจากเครื่องดนตรีด้านบน
20	Simple trumpets	- ลักษณะตรงหรือทรงกระบอก - ลิ้นเดี่ยวหรือลิ้นคู่	- ไม้ - ไม้ไฟ - น้ำเต้า - กระดุกมนุษย์ - ดินเหนียว - ทอง	- ใช้ปากเป่าโดยอาศัยการสั่นสะเทือนของริมฝีปาก - เป่าลมทางส่วนท้าย ส่วนบนบางชนิดเป่าทางด้านข้างและตรงกลางท่อ
21	Bagpipes	- ท่อตรงและยาวบางชนิดมีความโค้งที่ส่วนปลายซึ่งมีความบานและงอคล้ายตะขอ	- งาม้าง - โลหะ	- ใช้ปากเป่าที่ท่อ
22	Orchestral trumpets	- ใช้ระบบวาล์วที่สามารถปิดและเปิดทางลมได้ - สามารถ Slided เพื่อปรับความสั้นยาวของท่อทำให้เกิดระดับเสียงที่ต่างกัน	- โลหะ	- ใช้ปากเป่าโดยอาศัยการสั่นสะเทือนของริมฝีปาก

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
23	Trombones	- สามารถยืดหดท่อ ได้ - มีทั้งระบบที่มีวาล์ว และไม่มีวาล์ว	- โลหะ	- ใช้ปากเป่าโดย อาศัยการ สั่นสะเทือนของริม ฝีปาก
24	Simple horns	- รูปทรงกรวยและมี ลักษณะโค้ง - มีทั้งระบบที่มีวาล์ว และไม่มีวาล์ว	- เขาสัตว์ - เปลือกหอย - ไม้ - โลหะ	- เป่าบริเวณปลาย ท่อ
25	Historical horns	- สามารถยืดหดท่อ ได้ - มีทั้งระบบที่มีวาล์ว และไม่มีวาล์ว - ปากลำโพงบาน - มีรูปลักษณะที่ หลากหลาย - บางชนิดมีแป้นกด และสามารถ Slided ได้	- งาช้าง - โลหะ	- ใช้ปากเป่าโดย อาศัยการ สั่นสะเทือนของริม ฝีปาก
26	Orchestral horns	- ระบบวาล์ว - มีการสอดมืออีก ข้างเข้าสู่ภายในปาก ลำโพงเพื่อเปลี่ยน ระดับเสียงและ น้ำเสียงของเครื่อง ดนตรี	- โลหะ	- ใช้ปากเป่าโดย อาศัยการ สั่นสะเทือนของริม ฝีปากและมีแบบที่ เป็นท่อยาวยื่น ออกมาจากเครื่อง ดนตรี



ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
27	Tubas	- รูปร่างทรงกรวย ขนาดใหญ่ - ปากลำโพงกว้าง	- โลหะ	- ใช้ปากเป่าที่ปาก เป่ารูปถ้วยโดยอาศัย การสั่นสะเทือนของ ริมฝีปาก
28	Cornetts and serpents	- รูปร่างขดคล้ายงู - บางชนิดมีกระเดื่อง - มีหลายคีย์	- โลหะ	- ใช้ปากเป่ารูปถ้วย โดยอาศัยการ สั่นสะเทือนของริม ฝีปาก - บางชนิดมี Crook สำหรับเป่า
29	Bugles and cornets	- บางชนิดมีกระเดื่อง	- โลหะ	- ใช้ปากเป่ารูปถ้วย โดยอาศัยการ สั่นสะเทือนของริม ฝีปาก - บางชนิดมี Crook สำหรับเป่า
30	Later brass instruments	- บางชนิดมีรูปร่าง แปลกและมีความ ซับซ้อนเนื่องจากมี ท่อเสียง 7 อันและ ท่อเสียงนั้นเชื่อมสู่ ปากเป่าเพียงอัน เดียว - ระบวาล์ว	- โลหะ - ไฟเบอร์กลาส	- ใช้ปากเป่ารูปถ้วย โดยอาศัยการ สั่นสะเทือนของริม ฝีปาก - บางชนิดมี Crook สำหรับเป่า

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
31	Bull-roarers	- เป็นลักษณะแผ่น บางๆ	- กระจูด  - ไม้	- แบบแผ่นใช้เหยียง ด้วยความเร็วใน ระดับที่ต่างกัน
32	Buzzing and humming instruments	- ลักษณะแผ่นบาง ทรงกลมที่มีการร้อย เชือก  - ลักษณะคล้าย ลูกข่างที่มีการเจาะรู	- กระจูด  - ไม้	- แบบแผ่นบางทรง กลมหมุนในอากาศ ด้วยความเร็ว โดยอาศัยแรงดึง เชือกที่ชิงด้วยมือ  - แบบลูกข่างหมุน ด้วยความเร็วบนพื้น
33	Eastern mouth organs	- ลิ้นอิสระ	- ไม้ไผ่  - น้ำเต้า  - โลหะ	- นีวักตรูบังคับนิ้ว และใช้ปากเป่าลม ไปยังท่อ
34	Eastern mouth organs	- ลิ้นอิสระ  - ความยาวลิ้นเป็น ปัจจัยที่ทำให้เกิด ระดับเสียงต่างๆ	- ไม้ไผ่  - น้ำเต้า  - โลหะ	- ระยะเริ่มต้นใช้ ปากเป่าที่ท่อหรือ ช่องเสียงแต่ละช่อง ซึ่งมีลิ้นอยู่ภายใน  - ระยะต่อมาใช้ปาก เป่าไปยังท่อเพียงท่อ เดียวแต่มีการกดนิ้ว ในตำแหน่งต่างๆ เพื่อเปลี่ยนระดับ เสียง

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
35	Concertinas and accordions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลี้นอิสระ</li> <li>- ลักษณะเป็นแป้นทรงหกเหลี่ยมมีสองด้าน บางชนิดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า</li> <li>- ใช้มือยึดเพื่อขยายด้านหัวและท้ายที่ประกบกันเพื่อผลิตลม</li> <li>- บางชนิดมีลำโพงเพื่อขยายเสียง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะเวลาเริ่มต้นใช้ปากเป่าที่ท่อหรือช่องเสียงแต่ละช่องซึ่งมีลิ้นอยู่ภายใน</li> <li>- ระยะเวลาต่อมาใช้ปากเป่าไปยังท่อเพียงท่อเดียวแต่มีการกดนิ้วในตำแหน่งต่างๆ เพื่อเปลี่ยนระดับเสียง</li> </ul>
36	Organs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีแหล่งผลิตลมที่ใช้กลไกไฮดรอลิกในอดีตสร้างแรงลมจากน้ำ ปัจจุบันพัฒนาเป็นระบบไฟฟ้า</li> <li>- มีกลไกหยุดเสียงที่ใช้การเลื่อนไม้เพื่อตัดลมและปล่อยลม</li> <li>- ระยะเวลาพัฒนาการกำเนิดลมโดยการใช้มือซ้ายควบคุมลมและมือขวากดคีย์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม้</li> <li>- โลหะ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะเวลาเริ่มต้นใช้ปากเป่าที่ท่อหรือช่องเสียงแต่ละช่องซึ่งมีลิ้นอยู่ภายใน</li> <li>- ระยะเวลาต่อมาใช้ปากเป่าไปยังท่อเพียงท่อเดียวแต่มีการกดนิ้วในตำแหน่งต่างๆ เพื่อเปลี่ยนระดับเสียง</li> </ul>

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะเฉพาะ	วัสดุ	ลักษณะการบรรเลง
		ความพิเศษคือ สามารถพับได้ - มีลิมนิ้ว - ลิ้นโลหะ		
37	Harmoniums	- ลิ้นอิสระ - คล้าย Organ ขนาดเล็ก - ผลิตลมโดยใช้เท้า เหยียบที่แป้น ด้านล่าง	- ไม้ไฟ - น้ำเต้า - โลหะ	- นิ้วกดรูบังคับนิ้ว และใช้ปากเป่าลม ไปยังท่อ

ตารางที่ 3 การแบ่งประเภทเครื่องดนตรี Aerophones

ที่มา: ผู้วิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมเครื่องลมประเภทที่ไม่มีลิ้นสามารถสรุปได้ว่า เครื่องลมต่างประเทศที่ไม่มีลิ้น มีทั้งหมด 10 ประเภท ได้แก่ ประเภท End-blown flutes ประเภท Whistle flutes ประเภท Vessel flutes and whistles ประเภท Side-blown flutes ประเภท Nose flutes ประเภท Multiple flutes ประเภท Panpipes ประเภท Recorder ประเภท Flageolets และประเภท Orchestral flutes

เครื่องลมประเภทไม่มีลิ้นที่กล่าวในข้างต้นมีลักษณะการทำให้เกิดเสียงในเครื่องดนตรี 2 ลักษณะ คือ ผีวและเป่า

เครื่องลมต่างประเทศที่เสียงเกิดจากการผีวมีทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ ประเภท End-blown flutes ประเภท Vessel flutes and whistles ประเภท Side-blown flutes ประเภท Panpipes และประเภท Orchestral flutes

เครื่องลมต่างประเทศที่เสียงเกิดจากการเป่ามีทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ ประเภท Whistle flutes ประเภท Vessel flutes and whistles ประเภท Nose flutes ประเภท Multiple flutes ประเภท Recorder และประเภท Flageolets เครื่องดนตรีไทยลมรายชื่อที่ผู้วิจัยจะสร้างขึ้นเกิดจาก

แนวคิดเครื่องลมที่ให้กำเนิดเสียงโดยการเป่าลมเข้าไปยังท่อเสียง มีได้ใช้ปากในการเป่าเพื่อเป็นต้นทางในการผลิตลมแต่จะใช้อุปกรณ์หรือกลไกในการผลิตลม

ลำดับ	ประเภท	ผิว	เป่า
1.	End-blown flutes	/	
2.	Whistle flutes		/
3.	Vessel flutes and whistles	/	/
4.	Side-blown flutes	/	
5.	Nose flutes		/
6.	Multiple flutes		/
7.	Panpipes	/	
8.	Recorder		/
9.	Flageolets		/
10.	Orchestral flutes	/	

ตารางที่ 4 สรุปเครื่องลมประเภทไม่มีลิ้นจากต่างประเทศ

ที่มา : ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ยังพบว่าขลุ่ยไทยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ขลุ่ยเพียงออ ขลุ่ยหลีบ ขลุ่ยอู้ ขลุ่ยรองออ และขลุ่ยกรวดเป็นเครื่องลมที่ใช้ลักษณะการกำเนิดลมโดยการเป่า ขลุ่ยแต่ละชนิดที่ได้กล่าวมานี้มีลักษณะเป็นท่อกวาง มีความยาว และความโตของท่อแตกต่างกัน

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการกำเนิดลมของเครื่องลมประเภทที่ไม่มีลิ้นเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายแล้ว ลำดับต่อไปผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะรูปลักษณ์ของเครื่องลมที่มีลักษณะของการเรียงกันของท่อเสียงซึ่งเป็นลักษณะเครื่องลมที่ผู้วิจัยมีความประสงค์จะนำมาเป็นพื้นฐานทางความคิดในการสร้างท่อเสียงในเครื่องดนตรีที่ประกอบด้วยหลายท่อเสียง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่มีลักษณะการเรียงกันของท่อเสียงสามารถสรุปได้ว่า เครื่องลมต่างประเทศที่ไม่มีลิ้น มีทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่ ประเภท Multiple flutes ประเภท Panpipes ประเภท Flageolets ประเภท Folk clarinets ประเภท Later brass instruments ประเภท Eastern mouth organs และประเภท Organs ซึ่งประเภทเครื่องลมที่ได้กล่าวในข้างต้นเป็นเครื่องลมประเภทที่มีลิ้นและไม่มีลิ้น ลักษณะเด่นของเครื่องลมประเภทดังกล่าวมีท่อเสียงมากกว่า 1 อันขึ้นไป โดยนำมาสร้างรูปแบบหรือลักษณะในการจัดวางหรือการเรียงที่แตกต่างกัน

ลำดับ	ประเภท	มีลิ้น	ไม่มีลิ้น
1.	Multiple flutes		/
2.	Panpipes		/
3.	Flageolets		/
4.	Folk clarinets	/	
5.	Later brass instruments		/
6.	Eastern mouth organs	/	
7.	Organs	/	

ตารางที่ 5 สรุปเครื่องลมที่มีลักษณะการเรียงกันของท่อเสียง

ที่มา : ผู้วิจัย

จากการศึกษารูปแบบการจัดวางหรือการเรียงท่อเสียงจะเห็นได้ว่ามีรูปแบบโครงสร้างทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 แยกท่อเสียงและปากเป่า โดยการนำท่อที่มีความสั้นยาวที่เท่ากันหรือต่างกันตั้งแต่ 1 อันมาเรียงต่อกันแล้วมัดรวมกันในลักษณะการแยกท่อเสียงและปากเป่าและรูปแบบที่ 2 แยกท่อเสียงและใช้ปากเป่าร่วมกัน โดยนำท่อที่มีความสั้นยาวที่เท่ากันหรือต่างกันตั้งแต่ 1 อันมาเรียงต่อกันในลักษณะการแยกท่อเสียงแต่ใช้ปากเป่าร่วมกัน

ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยใช้รูปแบบที่ 1 คือ แยกท่อเสียงและปากเป่ามาสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยลมรายที่ประกอบด้วยท่อเสียงทั้งหมด 30 อัน ซึ่งแต่ละท่อเสียงจะมีกลไกการทำงานที่แยกจากกันสามารถสร้างเสียงที่มีระดับเสียงต่างกันได้ถึง 30 เสียง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่มีการบรรจุลมอยู่ภายนอกเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ปรากฏต่อไปนี้

ลำดับ	ประเภท	ลักษณะการบรรจุลม
1	Bagpipes	บรรจุลมในถุงหรือกระเปาะที่สร้างจากหนังสัตว์ โดยที่ผู้บรรเลงเป่าลมเข้าทางท่อที่เชื่อมต่อกับถุงบรรจุลมเพื่อเก็บลมไว้ใช้ในขณะที่บรรเลง
2	Concertinas and accordions	บริเวณหัวและท้ายมีลักษณะเป็นกล่องและมีที่สอดมือสำหรับชักเพื่อขยายและหดลูกสูบที่เป็นลักษณะบานพับให้ทำหน้าที่ในการผลิตลม
3.	Organs	ผลิตแรงลมด้วยกลไกไฮดรอลิกที่แรงดันจากน้ำที่เกิดจากการใช้มือโยกคันโยกหรือใช้เท้าเหยียบแป้นไม้เพื่อสูบลม
4	Harmoniums	ผลิตแรงลมโดยการใช้เท้าเหยียบที่แป้นเหยียบด้านล่าง

ตารางที่ 6 สรุปเครื่องลมที่มีการบรรจุลมอยู่ภายนอกเครื่องดนตรี

ที่มา : ผู้วิจัย

จากตารางเครื่องลมที่มีการบรรจุลมอยู่ภายนอกเครื่องดนตรีข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องลมที่มีการบรรจุลมอยู่ภายนอกเครื่องดนตรี มีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ประเภท Bagpipes ประเภท Concertinas and accordions ประเภท Organs และประเภท Harmoniums การบรรจุลมของเครื่องดนตรีประเภทดังกล่าวถูกเก็บไว้ในส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องดนตรี เช่น ถุงลมที่สร้างจากหนังสัตว์หรือกระเปาะ ถึงเก็บลมที่สร้างจากไม้ ข้อดีของการมีอุปกรณ์สำหรับบรรจุลมคือสามารถสร้างเสียงดนตรีที่ต่อเนื่อง สามารถสร้างเสียงที่มีลักษณะเสียงสั้นและยาวได้ตามการควบคุมการปล่อยลมซึ่งกระทำโดยมือหรือเท้า นอกจากนี้ยังช่วยให้นักดนตรีบรรเลงดนตรีได้อย่างสะดวกไม่สูญเสียพลังงานในการเล่นดนตรีมากเกินไป

ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยมีการสร้างสรรค์อุปกรณ์สำหรับการผลิตและบรรจุลมโดยใช้กระบอกสูบ ซึ่งมีการประยุกต์มาจากกระบอกสูบลมรถจักรยานเนื่องจากสามารถสร้างพลังงานลมได้รวมทั้งมีน้ำหนักเบาและมีขนาดกระทัดรัดเหมาะแก่การนำมาประกอบเข้ากับแผงตัวเรือนลมราย เนื่องจากแผงตัวเรือนลมรายมีการประกอบท่อเสียงลมรายจำนวนทั้งสิ้น 30

อัน หากใช้อุปกรณ์บรรจุลมหรือสร้างลมที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากเกินไปอาจทำให้การเคลื่อนย้ายเครื่องดนตรีเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก และระบบลูกสูบที่แยกแต่ละท่อเสียงนี้มีข้อดีคือสามารถซ่อมแซมบำรุงรักษาได้ง่าย หากมีการชำรุดก็สามารถเปลี่ยนได้โดยการถอดสายลมที่เชื่อมต่อกับกระบอกสูบและท่อเสียงออกแล้วทำการเชื่อมสายใหม่ในกระบอกสูบใหม่

### 2.2.3 เครื่องเป่าไทย

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประเภทเครื่องลมของต่างประเทศเพื่อศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการกำเนิดเสียง รูปลักษณ์ วัสดุที่ใช้ในการสร้างรวมถึงลักษณะเฉพาะของเครื่องดนตรีแล้วจึงนำมาสู่การศึกษาเครื่องเป่าไทย โดยผู้วิจัยเลือกศึกษาเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้นเท่านั้น เพื่อให้สอดคล้องและเป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

#### 2.2.3.1 เครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น

##### 2.2.3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น

การเกิดขลุ่ยแต่ละชนิดมีที่มาจากแนวคิดในการบรรเลงทั้งมิติการบรรเลงรูปแบบเดี่ยวและวง ซึ่งแนวคิดในการเกิดเนื่องมาจากความต้องการทางด้านสุนทรียรส กล่าวคือเมื่อการบรรเลงขาดสมดุลทางด้านเสียง จึงมีการรังสรรค์เครื่องดนตรีชิ้นใหม่ขึ้นเพื่อเติมเต็มลักษณะน้ำเสียงของวงดนตรีให้เกิดความสมบูรณ์ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปรากฏหลักฐานการเกิดขึ้นของขลุ่ยไทย 5 ชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะเสียงที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

จรัญ กาญจนประดิษฐ์ ได้อธิบายเกี่ยวกับแนวคิดในการกำเนิดขลุ่ยประเภทต่างๆ และลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของขลุ่ย ความว่า

*การสร้างขลุ่ยให้มีขนาดและระดับเสียงที่หลากหลายเป็นพัฒนาการทางหนึ่งของขลุ่ยไทย ที่มีความสัมพันธ์กับวิวัฒนาการของการประสมวง โดยเฉพาะวงมโหรี เครื่องเล็กที่พัฒนาเป็นวงมโหรีเครื่องคู่ในสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 3 ทำให้วงมโหรีเครื่องเล็ก ซึ่งแต่เดิมมีเพียงขลุ่ยเลาเดี่ยวก็ได้เพิ่มเป็นสองเลาในที่สุด คือ ขลุ่ยเพียงออและขลุ่ยหลีบ*

*ต่อมาเครื่องดนตรีตระกูลขลุ่ยของไทยได้เกิดขึ้นเพิ่มอีกหนึ่งชนิด คือ ขลุ่ยอู้ มีขนาดใหญ่กว่าขลุ่ยเพียงออและขลุ่ยหลีบ มีเสียงทุ้มต่ำนุ่มนวล ขลุ่ยอู้นี้ก็กล่าวได้ว่าเป็น*



ขลุ่ยที่เกิดจากการพัฒนาการประสมวงปี่พาทย์ดึกดำบรรพ์โดยแท้ซึ่งเป็นวงดนตรีที่ใช้ประกอบแสดงละครดึกดำบรรพ์ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเป็นต้นมา

อย่างไรก็ตามนอกจากขลุ่ยเพียงออ ขลุ่ยหลีบและขลุ่ยอู้แล้วยังมีขลุ่ยชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดในสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้นจนถึงสมัยรัชกาลที่ 5 ได้ปรากฏชื่อของขลุ่ยชนิดต่างๆ คือ ขลุ่ยรองออและขลุ่ยกรวด (จรัญ กาญจนประดิษฐ์, 2554, น.27-28)

พงษ์ศิลป์ อรุณรัตน์ ได้อธิบายที่มาการเกิดขลุ่ยประเภทต่างๆ ลักษณะทางกายภาพและลักษณะเสียงของขลุ่ยไทยประเภทต่างๆ ความว่า

ขลุ่ยที่เก่าแก่ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาเรียกว่า “ขลุ่ยรองออ” โดยใช้เป่าในวงมโหรีโบราณและปี่พาทย์ดึกดำบรรพ์ (พระยาภูมิเสวิน 2519 : 59) ต่อมาเมื่อขนาดของวงดนตรีใหญ่ขึ้นเสียงของขลุ่ยเพียงเลาเดียวไม่ดังกังวานและถูกกลบเสียงโดยเครื่องดนตรีชิ้นอื่นๆ ทำให้มีการคิดขลุ่ยอีก 2 ขนาดขึ้นมา โดยขลุ่ยที่เสียงสูงกว่าขลุ่ยรองออ 1 เสียงเรียกว่า “ขลุ่ยเพียงออ” ซึ่งเป็นขลุ่ยที่ใช้มากที่สุดทั้งวงมโหรี เครื่องสายและปี่พาทย์ไม้นวมต่อมาได้เพิ่มขลุ่ยอีกขนาดสำหรับใช้เป่าประสานเสียงภายในวงดนตรีตามระดับเสียงมีขนาดเล็กลงมีระดับเสียงสูงกว่าขลุ่ยเพียงออ 4 เสียง ว่า “ขลุ่ยหลีบ” นำมาเป่าร่วมกับขลุ่ยเพียงออในวงเครื่องสายเครื่องคู่และมโหรีเครื่องคู่ ขลุ่ยที่ประดิษฐ์ขึ้นมีขนาดใหญ่เสียงทุ้มต่ำกว่าขลุ่ยเพียงออ 4 เสียงเรียกว่า “ขลุ่ยอู้” ใช้เป่าในวงปี่พาทย์ดึกดำบรรพ์และวงมโหรีเครื่องใหญ่ ส่วนขลุ่ยที่มีเสียงสูงกว่าขลุ่ยเพียงออ 1 เสียงเรียกว่า “ขลุ่ยกรวด” ใช้เป่าบรรเลงในวงเครื่องสายผสมออร์แกน ทั้งขลุ่ยเพียงออ ขลุ่ยกรวด และขลุ่ยรองออ นั้นมีขนาดยาวเท่ากันแต่มีระดับเสียงที่แตกต่างกันเท่านั้น (พงษ์ศิลป์ อรุณรัตน์, 2550, น.53)

ธนิต อยู่โพธิ์ (2523) ได้กล่าวถึงข้อสันนิษฐานของขนาดขลุ่ยของไทย สามารถสรุปความได้ว่าในอดีตน่าจะมีเพียงขนาดเดียว แต่เนื่องด้วยความหลากหลายในการนำไปผสมวงดนตรีจึงมีการสร้างสรรค์ขลุ่ยขนาดต่างๆ ขึ้นเพื่อให้ได้ลักษณะเสียงที่เหมาะสมกับวงดนตรีนั้นๆ จึงเกิดเป็นขลุ่ย 3 ชนิดที่มีขนาดต่างกัน คือ ขลุ่ยหลีบ เป็นขลุ่ยที่มีขนาดเล็ก ความยาวประมาณ 36 เซนติเมตรและกว้าง

ประมาณ 2 เซนติเมตร ขลุ่ยเพียงออ เป็นขลุ่ยที่มีขนาดกลาง ความยาวประมาณ 45-46 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 4 เซนติเมตรและขลุ่ยอู้ เป็นขลุ่ยที่มีขนาดใหญ่ ความยาวประมาณ 60 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 4.5 เซนติเมตรและในภายหลังมีผู้สร้างสรรค์ขลุ่ยกรวด ซึ่งมีเสียงสูงกว่าขลุ่ยเพียงออ 1 เสียง

วัฒนธรรม จุฑาวิภาต ได้กล่าวถึงชนิดของขลุ่ยไทยซึ่งมีทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ขลุ่ยพล ขลุ่ยเพียงออ ขลุ่ยหลิบหรือขลุ่ยหรีด ขลุ่ยอู้ และขลุ่ยกรวด โดยได้อธิบายลักษณะทางกายภาพและลักษณะเสียงของขลุ่ยแต่ละชนิด ความว่า

1. ขลุ่ยพล เป็นขลุ่ยขนาดเล็ก ไม่สามารถนำไปร่วมเล่นบรรเลงร่วมกับวงมโหรีหรือวงเครื่องสายได้ เนื่องจากเสียงของขลุ่ยพลนั้นไม่ได้ระดับ ดังนั้นจึงใช้เป่าเล่นๆ เพื่อความบันเทิงตามลำพัง เป็นขลุ่ยสำหรับฝึกหัดเป่าเพื่อทักษะในการเป่าและการใช้นิ้วมือปิดเปิดรูขลุ่ย ขลุ่ยพลเป็นขลุ่ยที่มีราคาถูกที่สุด

2. ขลุ่ยเพียงออ คือ ขลุ่ยที่เทียบเสียงแล้ว ใช้ร่วมบรรเลงกับวงมโหรีและเครื่องสายได้ ใช้เป่าดำเนินทำนองไปตามแนวเพลง เป็นขลุ่ยขนาดกลาง ยาวประมาณ 45 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร

3. ขลุ่ยหลิบหรือขลุ่ยหรีด มีขนาดเล็กกว่าขลุ่ยเพียงอ้อมีเสียงสูงกว่าขลุ่ยเพียงออ ใช้ร่วมวงมโหรีและเข้าเครื่องสายได้ ใช้บรรเลงในทำนองแนวทยอกล้อ โลด โผน ขลุ่ยหลิบเป็นขลุ่ยขนาดเล็ก ยาวประมาณ 35 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร

4. ขลุ่ยอู้ เป็นขลุ่ยขนาดใหญ่ที่สุด ให้เสียงต่ำ ใช้ร่วมบรรเลงกับวงมโหรีและเข้าเครื่องสาย (มีรูปิดเปิด 6 รู ซึ่งขลุ่ยอื่นๆ จะมี 7 รู) มีแนวการดำเนินทำนองคอยสอดยั่วเข้าเป็นระยะตามทำนองของเพลง

5. ขลุ่ยกรวด เป็นขลุ่ยใช้เทียบเสียงดนตรีสากล ใช้บรรเลงในชุดเครื่องสายผสมที่นำเอาไวโอลิน ออร์แกนหรือซิมเข้ามาร่วมบรรเลง เรียกว่า เครื่องสายผสมไวโอลินและเครื่องสายออร์แกน ขลุ่ยกรวดมีความยาวประมาณ 40 เซนติเมตร กว้าง 2.2 เซนติเมตร

สรุปขนาดของขลุ่ยโดยประมาณ

ขลุ่ยพล ยาวประมาณ 35 เซนติเมตร

ขลุ่ยหลิบ ยาวประมาณ 35 เซนติเมตร

ขลุ่ยอู้ ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร

ขลุ่ยเพียงออ ยาวประมาณ 45 เซนติเมตร

ขลุ่ยกรวด ยาวประมาณ 40 เซนติเมตร (วิฒนะ จุฑะวิภาต, 2542, น.11)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าในอดีตขลุ่ยไทยมีทั้งหมด 5 ชนิด คือ ขลุ่ยหลิบ ขลุ่ยพล ขลุ่ยเพียงออ ขลุ่ยกรวด และขลุ่ยอู้ เพื่อใช้สำหรับการบรรเลงรวมวงดนตรีแต่ละประเภท แต่เนื่องจากวงดนตรีอาจมีขนาดใหญ่ขึ้นและเสียงเครื่องดนตรีที่มีอยู่แล้วในวงมีความดังจนกระทั่งกลบเสียงขลุ่ย ร้องออและขลุ่ยเพียงออทำให้ยากต่อการได้ยิน จึงไม่ได้รับความนิยมและค่อยๆ หายไป ดังที่ กรมศิลปากร (2535) ที่ได้อธิบายถึงชนิดขลุ่ยที่ปรากฏในปัจจุบัน สามารถสรุปได้ว่า ขลุ่ยในปัจจุบันมีทั้งหมด 3 ชนิด ซึ่งทั้งสามชนิดนี้มีขนาดและเสียงที่ต่างกัน คือ ขลุ่ยหลิบมีขนาดเล็กและเสียงแหลม ขลุ่ยเพียงอ้อมีขนาดปานกลางและขลุ่ยอู้อมีขนาดใหญ่และมีเสียงทุ้มต่ำ

ข้อมูลของกรมศิลปากรที่กล่าวในข้างต้นยังสอดคล้องกับพุนพิศ อมาตยกุล (2527) ที่ได้ อธิบายลักษณะทางกายภาพและลักษณะเสียงของขลุ่ยไทยแต่ละประเภท ความว่า “ขลุ่ยมีทั้งหมด 3 ประเภท คือ ขลุ่ยหลิบเป็นขลุ่ยที่มีขนาดเล็กที่สุดและมีเสียงสูงที่สุด ลำดับถัดมาคือขลุ่ยเพียงออ คือ ขลุ่ยที่มีขนาดปานกลางและมีเสียงทุ้ม และลำดับสุดท้ายคือขลุ่ยอู้ ขลุ่ยชนิดนี้มีขนาดใหญ่ที่สุดและมี น้ำเสียงทุ้มต่ำมากที่สุด” (พุนพิศ อมาตยกุล, 2527, น.33)

จากการศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องพบว่าขลุ่ยที่ปรากฏในปัจจุบันมีเพียง 3 ชนิด คือ ขลุ่ยหลิบ ขลุ่ยเพียงออ และขลุ่ยอู้ โดยขลุ่ยแต่ละเลามีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ขลุ่ยหลิบ เป็นขลุ่ยที่มีขนาดเล็กที่สุด มีความยาวประมาณ 35 เซนติเมตร ขนาดความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร มีเสียงสูงแหลมเล็ก ระดับเสียงสูงกว่าขลุ่ยเพียงออ 4 เสียง ขลุ่ยเพียงออเป็นขลุ่ยขนาด กลาง มีความยาวประมาณ 45 เซนติเมตร ความกว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีน้ำเสียงนุ่มนวลและ ขลุ่ยอู้เป็นขลุ่ยที่มีขนาดใหญ่ มีความยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ความกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร มีน้ำเสียงทุ้มต่ำ และมีระดับเสียงต่ำกว่าขลุ่ยเพียงออ 4 เสียง



ภาพที่ 12 ขลุ่ยอู้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 13 ขลุ่ยเพียงออ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 14 ขลุ่ยหลีบ  
ที่มา : ผู้วิจัย

ขลุ่ยทั้ง 3 ชนิดที่ได้รับความนิยมและยังปรากฏในปัจจุบันมีส่วนประกอบที่เหมือนกัน ได้แก่ เล้าขลุ่ย ดาก รูปากนกแก้ว รูนิ้วค้ำ รูเยื่อ รูนิ้วหรือรูบังคับเสียง และรูร้อยเชือก ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญต่อการเกิดเสียงในขลุ่ย รวมถึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กับลักษณะน้ำเสียงของขลุ่ยแต่ละเล้าด้วย ซึ่งนักวิชาการแต่ละท่านได้อธิบายไว้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ธนิต อยู่โพธิ์ ได้อธิบายลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบของขลุ่ยไทย สามารถสรุปความได้ว่า ขลุ่ยสร้างจากไม้รวกที่มีลักษณะปล้องยาว โดยด้านปลายของขลุ่ยจะต้องมีข้อของไม้รวกเหลืออยู่แล้วทำการเจาะรูเพื่อให้ทะลุข้อดังกล่าว หลังจากนั้นนำไปย่างด้วยไฟจนกระทั่งไม้แห้งสนิท บางคราวอาจมีการประดับตกแต่งผิวขลุ่ยให้เกิดลวดลายด้วยการใช้ความร้อน บริเวณด้านหน้าของ

ขลุ่ยจะมีการเจาะรูที่มีลักษณะเป็นวงกลมที่เรียงต่อกันในระยะที่เท่ากันทั้งหมด 7 รู โดยขนาดรูจะสัมพันธ์กับการวางปลายนิ้วด้วยเพื่อกำหนดเสียงในขณะบรรเลง อีกด้านหนึ่งของขลุ่ยจะมีการปิดรูด้วยดาก คือไม้ที่มีการปาดส่วนล่างไว้สำหรับให้ผู้บรรเลงสามารถใช้ริมฝีปากของตนแนบไปกับบริเวณดังกล่าว รูปากนกแก้วเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของขลุ่ย ซึ่งอยู่บริเวณด้านหลังต่อจากบริเวณที่ใส่ดากลงมา รูปากนกแก้วนี้มีการบากร่องในลักษณะเฉียง ถัดลงมาจากรูปากนกแก้วคือรูนิ้วค้ำ ใช้สำหรับให้นิ้วค้ำเพื่อทำการปิดเปิดนิ้ว ทางปลายของเลาขลุ่ยมีรูร้อยเชือกทั้งหมด 4 รู ซึ่งทำการเจาะรูตรงข้ามกัน และบริเวณด้านข้างเหนือรูนิ้วค้ำคือรูเยื่อ เดิมใช้เยื่อจากปล้องไผ่ทำการปิดรู (ธนิต อยู่โพธิ์, 2527, น.56-57)



ภาพที่ 15 เลาขลุ่ย

ที่มา : ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN U



ภาพที่ 16 รูนิ้วหรือรูบังคับเสียง

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 17 รูปากนกแก้ว

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 18 รูนิ้วค้ำ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 19 ดาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 20 รูเยื่อ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 21 รูร้อยเชือก  
ที่มา : ผู้วิจัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 22 ข้อทางปลาย  
ที่มา : ผู้วิจัย

เฉลิมศักดิ์ พิกุลศรี ได้อธิบายถึงรูขลุ่ยที่ส่งผลเกี่ยวกับเสียงขลุ่ย ความว่า

บนเลาขลุ่ยจะประกอบด้วยรู 13 รูด้วยกัน รูที่ทำให้เกิดความแตกต่างของเสียงมีด้วยกัน 9 รู ประกอบด้วยด้านบนหรือด้านล่างจะมี 7 รู ด้านหลังหรือด้านล่างมี 1 รู เรียกว่ารูค้ำ และด้านข้างอีก 1 รู เรียกว่า “รูเยื่อ” ด้านบนส่วนที่เป่าใช้ไม้สักเหลาให้เป็นรูกลมๆ บากเล็กน้อยเพื่อให้ลมผ่านไปท่อเสียงเรียกว่า “ดาก” ปลายสุดของดากจะมีรูเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อให้เสียงออกเรียกว่า “ปากนกแก้ว” (เฉลิมศักดิ์ พิกุลศรี, 2530, น.56)

ชลธิชา เมืองคำ ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบของขลุ่ยไทย ความว่า

ขลุ่ยที่พบในวงดนตรีไทยทั่วไปมีรูปรทรงภายนอกและภายในเป็นลักษณะเดียวกันทุกชนิด ต่างกันที่ขนาดและระดับเสียงซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของขลุ่ยชนิดนั้นๆ เป็นสำคัญ ส่วนประกอบสำคัญของขลุ่ยมีดังนี้

เลาขลุ่ย มีลักษณะเป็นท่อนกลมยาว ด้านในกลวงตลอด วัสดุที่นำมาผลิตแต่เดิมใช้ไม้รวก โดยตัดให้เหลือช่องทางด้านปลายด้านหนึ่ง ปัจจุบันมีทั้งไม้เนื้อแข็งและท่อพี.วี.ซี ที่นำมาใช้ทำขลุ่ย ส่วนผิวด้านนอกของเลาขลุ่ยจะทำให้เกิดลวดลายต่างๆ โดยใช้ตะกั่วหลอมเหลวใช้ร้อนและเทลงบนผิวไม้รวก

รูบังคับเสียง ตามความยาวบนตัวขลุ่ยจะเจาะรูกลมยาวเรียงแถวกัน 7 รู สำหรับใช้นิ้วเปิด-ปิด เพื่อเปลี่ยนระดับเสียงในเวลาเป่าให้เป็นทำนองเพลง แต่ละรูมีระยะห่างกันตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ด้านตรงข้ามระหว่างรูที่ 1 และรูที่ 2 ของด้านบนเจาะรูด้วยจุดประสงค์เดียวกันอีก 1 รูและโดยปกติจะใช้นิ้วหัวแม่มือเปิด-ปิดรูนี้ในเวลาเดียวกันก็ต้องคอยประคองถือขลุ่ยขณะที่เป่าไปพร้อมกันด้วย จึงมีชื่อเรียกรูนี้ว่า “รูนิ้วค้ำ”

ดาก ตรงด้านปลายที่ใช้เป่าไม่มีลิ้นนี้จะทำให้เกิดเสียงอย่างลั่นของปี่หรือแคน แต่จะให้เป็น “ดากเสียง” สวมใส่เข้าไปแทน ไม้ที่นำมาทำดากนี้นิยมใช้ไม้เนื้อแน่น

ละเอียด เช่น ไม้สักทอง หรือไม้สักหิน โดยใช้วิธีเหลาท่อนไม้ให้กลมพอดีกับขนาดรูในของท่อเลาขลุ่ย แล้วปาดด้านหนึ่งออกเล็กน้อยเป็นช่องสำหรับปากเป่าให้ลมผ่านเข้าไป

รูปากนกแก้ว จะเจาะใต้ดากลงมาแนวเดียวกับรูค้ำนิ้ว เจาะเป็นรูปลี่เหลี่ยมผืนผ้าช่องหนึ่ง ปาดด้านล่างให้เป็นมุมเฉียง ซึ่งจะทำให้ลมที่เป่าผ่านช่องดากเข้ามาเมื่อกระทบกับมุมนี้แล้วเกิดการหักเหจึงเกิดเป็นเสียง

รูเยื่อ ด้านล่างขวามือผู้เป่า เหนือรูค้ำนิ้วขึ้นไปมีรูสำหรับปิดเยื่อบางๆ 1 รู ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เกิดคลื่นเสียงและช่วยให้เสียงขลุ่ยเพิ่มความกังวานไพเราะยิ่งขึ้น ในอดีตนิยมใช้เยื่อหัวหอมหรือปล้องไม้ไผ่มาปิดรูเยื่อ แต่ปัจจุบันก็ใช้กระดาษกาวปิด บางรายก็อุดรูนี้ด้วยเทียนไข

รูร้อยเชือก ทางปลายขลุ่ยด้านล่างเจาะรูตรงกันข้ามให้เยื้องระดับกัน 2 คู่ รวม 4 รู เพราะนอกจากจะมีผลกับเสียงขลุ่ยอยู่บ้างแล้ว รูคู่หนึ่งยังใช้สำหรับผูกร้อยเชือกเพื่อแขวน (ชลธิชา เมืองคำ, 2544: น.23-24)

จรรย์ กาญจนประดิษฐ์ ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะขลุ่ยเพียงออ ความว่า

ขลุ่ยเพียงออของไทยเดิมทำจากไม้รวกปล้องยาว มีความยาวประมาณ 45 - 50 เซนติเมตร ด้านบนตัดปล้องไม้รวกออกเพื่อทำดากขลุ่ย ด้านล่างตัดบริเวณใต้ปล้องไม้รวกประมาณ 1-2 เซนติเมตร แล้วเจาะรูทะลุปล้องไม้รวกด้านล่างขึ้นมาให้เป็นท่อกลวงด้านบนใช้ไม้สักเหลาขนาดให้พอดีกับขนาดปล้องอุดเต็มปล้องแต่ปาดด้านล่างให้มีช่อง ผู้เป่าจะต้องใช้ริมฝีปากวางมุมล่างตรงช่องนั้นแล้วเป่าลมลงไปเพื่อให้เกิดเสียง ส่วนนี้เรียกว่า “ดาก” ด้านล่างลงมาประมาณ 5-7 เซนติเมตร (แล้วแต่ความยาวของปล้องขลุ่ย) เจาะรูเป็นรูปลี่เหลี่ยมผืนผ้า ปาดด้านล่างเป็นทางเฉียงเพื่อให้เกิดการหักเหของลมที่เป่าลงมาจากดากขลุ่ยให้เกิดเสียง รูนี้เรียกว่า “รูปากนกแก้ว” ใต้รูปากนกแก้วลงมาประมาณ 14-17 เซนติเมตร เจาะรูหนึ่งเรียกว่า “รูนิ้วค้ำ” เพราะเวลาเป่าต้องใช้ นิ้วหัวแม่มือค้ำปิดเปิดรูนี้ด้วย เหนือรูนิ้วค้ำด้านขวาเจาะอีกรูหนึ่ง เรียกว่า “รูเยื่อ” เพราะโดยปกติแต่ก่อนใช้เยื่อไม้ไผ่ เยื่อระกำ หรือเยื่อหัวหอมปิดรูนี้ เพื่อสำหรับสร้างเสียงพิเศษ ต่อมาเยื่อในปล้องไม้ไผ่ เยื่อกระเทียม หัวหอม ดุแลร์รักษายากและมีอายุการใช้งานน้อย ปัจจุบันจึงวัสดุอื่นมาทดแทนหรือบางครั้งก็ไม่เจาะรูเยื่อ ทำให้เสียงขลุ่ยขาด



ความนุ่มนวลไพเราะที่เป็นเอกลักษณ์ของขลุ่ยไม้รวกไป ด้านตรงกลางของเลาขลุ่ยเจาะ รูด้านหน้า 7 รู ไว้สำหรับเปิด-ปิดบังคับเสียงเรียกว่า “รูบังคับเสียง” ด้านล่างลงมาที่ปลายเลาขลุ่ยเจาะ 4 รู ตรงข้ามแต่เหลื่อมกันเล็กน้อย รูหน้ากับรูหลังตรงกันแต่อยู่สูงขึ้นมาเล็กน้อย รูขวาและรูซ้ายเจาะตรงกันอยู่ใต้ลงไปเล็กน้อย รูขวากับรูซ้ายนี้โดยปกติใช้ร้อยเชือก จึงเรียกว่า “รูร้อยเชือก” รวมทั้งหมดขลุ่ยเลาหนึ่งมีทั้งหมด 14 รู (จรัญ กาญจนประดิษฐ์, 2554, น.67)

จากแนวคิดและทฤษฎีเรื่องลักษณะทางกายภาพของขลุ่ยที่นักวิชาการหลายท่านได้แสดงทัศนะไว้พบว่าทุกท่านมีแนวคิดที่ตรงกัน นอกเหนือจากขนาดความสั้นยาวและความโตของขลุ่ยแล้ว ลักษณะกายภาพยังหมายรวมถึงส่วนประกอบต่างๆ ด้วย จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ขลุ่ย 1 เลาประกอบด้วยรูจำนวน 14 รู ได้แก่ รูบังคับเสียงอยู่บริเวณด้านบนบนเลาขลุ่ย มีลักษณะเป็นรูทรงกลมที่มีระยะห่างในการเจาะรูเท่าๆ กัน มีทั้งหมด 7 รู ทำหน้าที่ในการกำหนดความถี่หรือสร้างระดับเสียง ช่วงปลายด้านหนึ่งของเลาขลุ่ยจะมีการอุดรูด้วยไม้ที่ทำการปาดส่วนล่าง ไม้ชิ้นนี้เรียกว่าดาก ซึ่งขนาดของไม้ดากจะต้องมีความพอดีกับเลาขลุ่ย บริเวณที่ทำการใส่ดากจะเป็นตำแหน่งที่ผู้บรรเลงใช้ริมฝีปากวางแนบกับดากที่มีการบากร่องเล็กน้อยเพื่อให้ลมผ่านเข้าไปยังเลาขลุ่ย มีส่วนสำคัญในการกำหนดลมในการเป่า รูปากนกแก้วจะอยู่ด้านหลังของเลาขลุ่ยถัดลงมาจากบริเวณที่ใส่ดาก รูปากนกแก้วจะมีการบากร่องและทำลักษณะปลายแหลม เป็นตัวกำหนดลักษณะน้ำเสียงของขลุ่ย ถัดจากปากนกแก้วจะเป็นรูนิ้วค้ำเป็นรูที่นิ้วหัวแม่มือจะต้องปิดรูไว้เพื่อทำการประคองเลาขลุ่ย ถัดมาบริเวณด้านข้างคือรูเยื่อ รูนี้จะมีการปิดด้วยเยื่อไผ่ เยื่อหัวหอมหรือวัสดุอื่นๆ ตามสมัยนิยมเพื่อให้เกิดลักษณะน้ำเสียงที่ฟังประสมค์และส่วนประกอบลำดับสุดท้ายคือรูร้อยเชือก มีทั้งหมด 4 รู การเจาะรูจะเจาะเป็นคู่ในทางตรงกันข้ามกัน

การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยนำองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ คุณลักษณะเสียง ระดับเสียง องค์ความรู้ทางด้านการสร้างส่วนประกอบต่างๆ ของขลุ่ยหลีบ ขลุ่ยเพียงออ และขลุ่ยอู้ มาเป็นพื้นฐานสำหรับการต่อยอดเพื่อสร้างสรรค์ผลงานทางดุริยางคศิลป์ “นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย ลมราย” ที่มีความพิเศษทางด้านคุณลักษณะทางกายภาพ โทนเสียงที่หลากหลาย และมีความปลั่ง จำเพาะอันสะท้อนและแสดงออกถึงอัตลักษณ์ของเครื่องดนตรีขึ้นนี้อย่างแท้จริง

### 2.2.3.1.2 กรรมวิธีการสร้างเครื่องเป่าประเภทไม่มีลิ้น

องค์ความรู้เกี่ยวกับการสร้างขลุ่ยไทยในอดีตจะเป็นการสร้างขลุ่ยจากไม้ไผ่หรือไม้รวกซึ่งเป็นไม้ที่มีลักษณะเป็นท่อนยาวภายในมีรูกลวง เหมาะแก่การนำมาทำขลุ่ย เนื่องจากธรรมชาติของไม้ชนิดนี้มีเส้นตรงยาว ภายในลำไม้ไผ่กลวงทำให้สามารถนำมาสร้างเป็นขลุ่ยได้สะดวกไม่ต้องเจาะเอาเนื้อไม้ด้านในออกเหมือนไม้ทั่วไป เพียงแต่เลือกลำไม้ไผ่ที่แก่โดยสังเกตจากสีน้ำตาลที่มืดดำ ไม้ที่มีความแก่จะมีคุณสมบัติเนื้อไม้ที่แกร่งแข็งแรงทนทานและให้คุณลักษณะเสียงที่ดี หลังจากนั้นคัดเลือกลำไม้ไผ่ให้ได้ตามขนาดที่ต้องการสำหรับทำขลุ่ยชนิดต่างๆ พร้อมทั้งคัดเลือกไม้ที่มีผิวสวยไม่มีตำหนิ หลังจากการเตรียมไม้ไผ่สำหรับการทำขลุ่ยเรียบร้อยแล้ว จึงเข้าสู่กระบวนการสร้างขลุ่ยในลำดับต่อไปนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วัฒนธรรม จุฑะวิภาต ได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างขลุ่ยไว้โดยละเอียด สามารถสรุปความได้ว่า หลังจากทำการขีดผิวขลุ่ยเสร็จแล้วจึงทำการขีดเส้นกะลาย โดยใช้ไม้แบบมาวัดเพื่อหาตำแหน่งเจาะรูขลุ่ย ไม้นี้เรียกว่า “ส่วน” สร้างจากผิวไม้รวกจักเป็นซีกเล็กๆ มีความยาวมากกว่าเลาขลุ่ยเล็กน้อย ซึ่งขอบของส่วนมีการบากเป็นรูปร่างสามเหลี่ยมขนาดเล็ก

การเจาะรูขลุ่ยในอดีตใช้ส่วนมือและเหล็กที่นำไปเผาไฟเพื่อให้เกิดความร้อนแล้วนำมาเจาะรู ปัจจุบันมีการใช้ส่วนไฟฟ้าเนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่า อีกทั้งยังทำให้ชิ้นงานเกิดความเรียบร้อยและได้ตำแหน่งหรือระยะที่เที่ยงตรง ฉะนั้นขั้นตอนการเจาะรูต้องอาศัยความชำนาญ ขลุ่ยเลาหนึ่งเจาะรูทั้งหมด 14 รู ข้อควรระวังคือขนาดของรูต้องสัมพันธ์กับขนาดของเลาขลุ่ย หากขนาดรูไม่เหมาะสมอาจส่งผลเสียต่อลักษณะเสียงขลุ่ย

การแกะปากนกแก้ว ลักษณะรูปากนกแก้วขึ้นอยู่กับการสร้างสรรคและความคุ้นชินของช่าง ความสำคัญของปากนกแก้วคือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดเสียงในขลุ่ย นอกจากนี้ยังเป็นต้นกำเนิดของการสร้างสรรค์ลักษณะน้ำเสียงของขลุ่ยแต่ละเลา ปากนกแก้วมีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเล็ก ขนาดนี้แตกต่างกันไปตามชนิดของขลุ่ย แต่โดยเฉลี่ยมีความกว้างยาวประมาณ  $\frac{1}{4}$  นิ้ว และมีระยะห่างระหว่างช่องปากนกแก้วกับปลายขลุ่ยที่เป็นด้านเป่าพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในเลาขลุ่ย ขั้นตอนการแกะปากนกแก้วเริ่มต้นจากการเจาะรูให้มีทรงกลมขนาดเล็กแล้วจึงใช้มีดขนาดเล็กที่เหมาะสมกับขนาดมือของช่างค่อยๆ แกะให้มีขนาดใหญ่โดยต้องให้ได้ลักษณะช่องเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบด้านล่างจากด้านในมีลักษณะเป็นมุมเฉียง หลังจากนั้นทำการเซาะบริเวณ

ปลายขอบปากนกแก้วให้มีลักษณะแฉกตอนปลายคล้ายกับหากนกและลาดไปตามแนวส่วนโค้งของ  
เลาขลุ่ย

การใส่เสียงทำโดยการนำไม้ที่มีเนื้อละเอียด เช่น ไม้สักทองและไม้สักหิน เนื่องจากให้ลักษณะ  
น้ำเสียงที่ดีและแข็งแรง ขั้นตอนการทำดากรเริ่มต้นจากการเหลาไม้ให้มีรูปทรงกลมยาวขนาดพอดีหรือ  
ใกล้เคียงกับรูด้านในขลุ่ย โดยความยาวเท่ากับระยะห่างจากปลายด้านปากเป่ามาจนถึงช่อง  
ปากนกแก้ว ดากรด้านหนึ่งทำการปาดเนื้อไม้ออกเป็นช่องสำหรับให้ลมที่เป่านั้นผ่านไปได้ ขั้นตอนการ  
ปาดนี้ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังหากปาดไม่ได้ส่วนที่พอเหมาะเช่นปาดกว้างเกินไปมีผลทำให้ลม  
ผ่านมาก ลักษณะเสียงขลุ่ยโ่่งและกินลมมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าปาดน้อยเกินไปลมผ่านน้อยทำให้  
เสียงขลุ่ยเบา ด้านที่ถูกปาดใส่หันไปทางช่องปากนกแก้ว ปลายดากรบริเวณหน้าตัดปาดให้มีลักษณะ  
โค้งงอนเล็กน้อยเพื่อให้สอดรับกับมุมของปากนกแก้ว ส่วนนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็น  
จุดที่บังคับลมให้ผ่านช่องไปกระทบกับมุมของปากนกแก้ว ความหนาของมุมหน้าตัดจึงมีความสำคัญ  
เมื่อทำดากรเสร็จแล้วจึงนำดากรใส่เข้ากับเลาขลุ่ยและทดลองเป่าเพื่อตรวจสอบเสียงขลุ่ยและลม  
โดยหมุนปรับมุมของไม้ดากรให้ขนานทำมุมพอดีกับช่องปากนกแก้ว เมื่อได้ตำแหน่งที่เหมาะสมแล้วใช้  
เหล็กกระทุ้งไม้ลิ้มและหมุนไม้ดากรให้เกิดความแน่นมากยิ่งขึ้นแล้วทำการใส่เทียนไขขึ้นเล็กเข้าไป  
บริเวณช่องปากนกแก้ว และใช้เหล็กกระทุ้งที่ทำการเผาไฟจนเกิดความร้อนที่พอเหมาะแยงเข้าไปด้าน  
ในเพื่อให้เทียนละลายและสมานเข้าไปยังเนื้อไม้และช่องว่างที่อยู่บริเวณผิวของดากรกับผิวด้านในเลา  
ขลุ่ย ขั้นตอนนี้ทำเพื่อไม่ให้ลมที่เป่าเข้าไปภายในเลาขลุ่ยเกิดการวากกลับมาทางรอยรั่วหรือช่องว่าง  
หลังจากนั้นวางขลุ่ยด้านปากเป่าเอียงลงเล็กน้อยเพื่อให้เทียนไขแห้งสนิท

การปรับแต่งเสียงเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำขลุ่ย ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเป็นอย่างดี  
ยิ่ง เนื่องจากหากปรับเสียงไม่ดีก็อาจมีผลต่อการบรรเลงรวมวงกับเครื่องดนตรีชิ้นอื่น โดยการ  
ตรวจสอบต้องพิจารณาเสียงช่วงคู่แปด เสียงนี้ควงและนิ้วแทน (วิฒนะ จุฑะวิภาต, 2542, น.30-32)

ชลธิชา เมื่องคำ ได้นำเสนอกรรมวิธีการสร้างขลุ่ย ซึ่งมีความสอดคล้องกับวิฒนะ จุฑะวิภาต  
และนักวิชาการท่านอื่น อีกทั้งยังมีการนำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกรรมวิธีการขีดเส้นกะลายและ  
การเจาะรูขลุ่ยพลาสติก มีความว่า

*สำหรับขลุ่ยพลาสติกจะไม่ใช้ “ส่วนไม้” ที่ใช้สำหรับไม้รวกหรือไม้จริงเพราะ  
พลาสติกจะลื่นเลื่อนไปเลื่อนมาได้ง่าย แต่จะมีอุปกรณ์เฉพาะคือ “ส่วนเหล็ก” คือมี*

ลักษณะเหมือนขลุ่ยแต่ทำด้วยเหล็ก ขนาดของส่วนเหล็กคือขลุ่ยพลาสติกสามารถใส่ลงในลำส่วนเหล็กได้พอดี จากนั้นจึงนำไปเจาะรูด้วยสว่านไฟฟ้า การเจาะรูขลุ่ยหลังจากกำหนดจุดต่างๆ ลงบนขลุ่ยแล้ว ในสมัยก่อนใช้สว่านมือและเหล็กเผาไฟในการเจาะ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นมากกว่าเดิม ช่างจึงนำสว่านไฟฟ้ามาใช้แทนโดยนำเข้ามาพร้อมกับขลุ่ยพลาสติกเพราะท่อพลาสติกไม่สามารถใช้เหล็กเผาไฟจี้ได้ พลาสติกจะพองและมีรอยไหม้ เมื่อนำสว่านไฟฟ้ามาใช้กับขลุ่ยพลาสติกจึงนำมาใช้กับไม้รวกและไม่จริงด้วย เพราะช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน (ชลธิชา เมืองคำ, 2544, น.34)

จรินทร์ กลิ่นบุปผา ยังได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างขลุ่ยไทย ความว่า

การเจาะรูขลุ่ยเมื่อขีดขลุ่ยด้วยดินสอแล้ว จากนั้นก็ใช้สว่านเจาะรูนำเสียงก่อน เพื่อให้ได้รูที่ต้องการ เมื่อใช้สว่านนำรูแล้ว ต่อจากนั้นก็ตกแต่งให้เรียบร้อยเพื่อให้รูดังกล่าวกลมและเรียบ โดยการใช้เหล็กเผาไฟร้อนๆ แทะลงไปในรูขลุ่ยแต่ละรูที่ใช้สว่านนำอยู่ก่อนแล้ว แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นมากกว่าเดิม ช่างจึงนำสว่านไฟฟ้ามาใช้แทน แต่บางรายก็คงวิธีการเดิมอยู่

เมื่อทำรูนิ้วของขลุ่ยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็จะทำรูปากนกแก้ว รูปากนกแก้วนี้นอกจากจะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดเสียงแล้ว ยังมีผลต่อน้ำเสียงของขลุ่ยทุกเลาว่าจะดั่งนุ่มนวล สดใสหรือแหบแห้งอย่างไรอีกด้วย

ลักษณะของปากนกแก้ว เป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆ ซึ่งช่างต้องใช้ฝีมือและความพิถีพิถันในการทำมากพอสมควรทีเดียว ช่องปากนกแก้วจะมีขนาดเล็กใหญ่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดของขลุ่ยชนิดนั้นๆ เป็นสำคัญ ระยะห่างของช่องปากนกแก้วกับปลายขลุ่ยด้านปากเป่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในเลาขลุ่ยด้วยเช่นกัน

ช่างจะใช้มีดขนาดเล็กพอเหมาะมือ มีคมเฉียบบาง ค่อยๆ เฉือน ขยายออก เปิดช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบล่างทำเป็นมุมเฉียงออกมาจากด้านในและปลายขอบให้เทลาดเป็นทางไปตามผิวโค้งของเลาขลุ่ยสั้นยาวพอสวยงาม มีลักษณะเป็นแฉก ตอนปลายคล้ายกับหางนก

รูปทรงปากนกแก้วนี้ย่อมขึ้นอยู่กับารออกแบบและความเคยชินในการทำของแต่ละคนสำหรับผู้เล่นที่ชำนาญแล้วอาจสังเกตความแตกต่างข้อนี้ได้ไม่ยากเลย

เมื่อทำรูปปากนกแก้วเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ต้องทำตากการทำตากของขลุ่ยนั้นจะทำโดยใช้ไม้สัก ใช้นัตตอก เหลาให้เป็นรูปกลมให้ขนาดสำหรับใส่เข้าไปในขลุ่ยได้ โดยให้ไปสุดที่รูปปากนกแก้วด้านบน เมื่อได้ที่แล้วก็นัตตอกให้เป็นตำหนิเพื่อที่จะได้ตัดไม้ที่เหลือทิ้ง แล้วเอาไม้ออกมาก่อนยังไม่ใส่เข้าไปใช้นัตตอกคว้านเป็นช้อนเอาไม้อีกชิ้นหนึ่งมาทำเป็นลิ้ม โดยตัดไม้ให้เล็กและแบน ลิ้มนี้ก็จะใช้ไม้สักทำเช่นเดียวกัน แล้วนำใส่เข้าไปก่อนจึงใส่ตากที่คว้านไว้เป็นช้อนหรือรูสำหรับเป่านั้น ให้ลิ้มอยู่ใต้ท้องแล้วจึงลองเสียงดู ถ้าไม้ที่อัดเข้าไปในขลุ่ยนี้บางที่จะไม่สนิท ให้เอาไม้สักมาเสริมเพื่อไม่ให้ลมออก หากยังมีรอยร้าวจะต้องใช้เทียนทาให้ทั่วโดยใช้นิ้วหัวแม่มืออยู่ที่รอบตาก จากนั้นจึงใช้เทียนหยดเข้าไปทางปลายขลุ่ย ใช้เหล็กแทงแฉงทำให้เทียนยาไปทั่วจนถึงตากตอนใน จากนั้นจึงนำเหล็กที่เผาไฟร้อนๆ แฉงให้โดนเทียน เพื่อทำให้เทียนละลายไหลซึมไปทั่วตาก เพื่อที่จะยาที่รูภายในให้เรียบร้อย จึงเสร็จขั้นตอนในการทำตากขลุ่ย จากนั้นก็นำตากมาขัดกระดาษทรายให้เสมอกัน

ขั้นสุดท้ายการตรวจสอบระดับเสียงขลุ่ยนับว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำขลุ่ยซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเกี่ยวกับเสียงขลุ่ยและวิธีการแก้ไขปรับแต่งพอสมควร มีขลุ่ยเป็นจำนวนมากที่ผลิตขึ้นมาโดยไม่มีกรตรวจสอบเรื่องขลุ่ยอย่างถูกต้อง เป็นสาเหตุหนึ่งที่สร้างความลำบากยุ่งยากใจแก่ผู้เป่า เพราะเสียงขลุ่ยมักจะผิดเพี้ยนต่างจากเสียงของเครื่องดนตรีที่มีเสียงปรับไว้เป็นมาตรฐานโดยเฉพาะการบรรเลงในวงดนตรีไทยต่างๆ ดังนั้นขลุ่ยที่มีคุณภาพจึงคำนึงถึงเรื่องนี้เป็นข้อสำคัญอันดับหนึ่ง

เกี่ยวกับเรื่องนี้จำเป็นที่ช่างจะต้องรู้จักการเป่าทดลองเสียงในระดับต่างๆ ของขลุ่ยเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าเสียงคู่แปด เสียงนิ้วกุดรอบนิ้วแทนของขลุ่ยนั้นมีเสียงตรงและเพี้ยนกันน้อยที่สุด ซึ่งไม่ใช่ความชำนาญที่ช่างจะมีเหมือนกันไปทุกคน เมื่อตรวจสอบแก้ไขเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงสิ้นสุดขั้นตอนการทำขลุ่ยพร้อมที่จะนำไปใช้งานได้ (จรินทร์ กลิ่นบุปผา, 2549, น.92-97)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปกรรมวิธีการสร้างขลุ่ยไทยได้ว่า ขลุ่ยไทยที่นิยมในอดีตจะสร้างจากไม้รวก ซึ่งเป็นไม้ชนิดหนึ่งมีลำยาว เส้นตรง โดยช่างจะทำการคัดเลือกไม้ที่มีขนาดที่พอดีกับกระสวนขลุ่ยแต่ละชนิด และทำการคัดเลือกไม้ที่ผิวสวยปราศจากการแตก การกระแทกหรือการเจาะ เมื่อทำการเตรียมไม้แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการสร้าง ซึ่งขั้นแรกต้องอาศัยอุปกรณ์พิเศษที่เรียกว่า “ไม้ส่วน” ไม้ส่วนนี้เป็นกระสวนของขลุ่ยแต่ละขนาดที่บอกตำแหน่งการเจาะรูบังคับเสียงไว้ เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องและประหยัดเวลาในการทำงาน หลังจากนั้นทำการเจาะรู ในอดีตใช้เหล็กเผาไฟหรือส่วนมือซึ่งแล้วแต่ความถนัดของช่าง แต่ในปัจจุบันมีการใช้วัสดุทดแทนอย่างพีวีซีที่ราคาถูกและหาได้ง่ายมาใช้ ทั้งยังมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยจึงมีการนำส่วนไฟฟ้ามาใช้ในการเจาะรูขลุ่ยที่สร้างจากพีวีซี และไม้จริงจึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเจาะรูขลุ่ยไม้รวกด้วย ทำให้รู้ที่ได้มีความสวยงามและได้ตำแหน่งที่แม่นยำมากขึ้น เมื่อได้รูบังคับเสียงแล้วจึงทำการเจาะรูปากนกแก้วโดยการเจาะรูร่องเป็นทรงกลมแล้วใช้มีดบางๆ แต่งช่องให้เป็นรูสี่เหลี่ยมผืนผ้า หลังจากนั้นแซะขอบช่วงปลายให้ลาดไปตามส่วนโค้งของเลาขลุ่ยและทำแฉกตอนปลายคล้ายกับหางนก หลังจากนั้นนำไม้สักที่มีขนาดเท่ากับรูด้านในของเลาขลุ่ยมาเหลาให้ได้ทรงกลม และมีความยาวเท่ากับระยะห่างจากปลายขลุ่ยด้านเป่ามาถึงช่องของปากนกแก้ว ทำการปาดเนื้อไม้ด้านหนึ่งออกเพื่อเป็นช่องสำหรับการเป่าลม และนำดากที่สำเร็จแล้วใส่เข้ากับเลาขลุ่ยพร้อมกับทดลองเป่าเพื่อตรวจสอบลมและเสียงขลุ่ย เมื่อได้ตำแหน่งที่พอดีแล้วใช้เหล็กกระทันท์ให้ลิ่มกระชับกับดากแล้วจึงหยดเทียนไขที่ละลายเข้าไปทางช่องปากนกแก้ว หลังจากนั้นให้น้ำตาเทียนไหลไปบริเวณดากเพื่อให้น้ำตาเทียนอุดรอยรั่ว และกระบวนการสุดท้ายคือการทดสอบเสียงโดยการวัดระดับเสียงคู่แปด เสียงนิ้วแทนและนิ้วควง

## 2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ

### 2.3.1 ความหมายของการออกแบบ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความหมายของการออกแบบ จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีนักวิชาการหลายท่านได้นิยามความหมายของการออกแบบ ดังนี้

ท่านอง จันทิมา ได้ให้คำนิยามคำว่า การออกแบบว่า “การออกแบบคือการใช้ความคิดในการเลือกใช้วัสดุ เพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะให้มีหน้าที่ใช้สอยตามความต้องการ ทั้งในด้านอัตถประโยชน์และความงามในรูปร่างลักษณะตลอดทั้งรูปทรง” (ท่านอง จันทิมา, 2532, น.2)

Braxter ให้คำนิยามคำว่า การออกแบบว่า “การออกแบบเป็นการจัดแต่งองค์ประกอบมูลฐานในการสร้างงานศิลปกรรม เครื่องจักรหรือประดิษฐ์กรรมของมนุษย์” (Braxter, 1995, น.611)

มาโนช กงกะนันทน์ ได้ให้นิยามคำว่า การออกแบบ ไว้ในหนังสือศิลปะการออกแบบ ความว่า

กระบวนการสร้างสรรค์ประเภทหนึ่งของมนุษย์ โดยมีทัศนธาตุและลักษณะของทัศนธาตุเป็นองค์ประกอบ ใช้ในทฤษฎีต่างๆ เป็นแนวทางและใช้วัสดุนานาชนิดเป็นวัตถุดิบในการสร้างสรรค์ โดยนักออกแบบจะต้องมีขั้นตอนในการปฏิบัติงานขั้นตอนตลอดกระบวนการสร้างสรรค์ (มาโนช กงกะนันทน์, 2559, น.27)

วิรุฬ ตั้งเจริญ ได้ให้นิยามคำว่า การออกแบบ ไว้ในหนังสือการออกแบบว่า

“การออกแบบคือ การวางแผนสร้างรูปแบบ โดยวางแผนจัดส่วนประกอบของการออกแบบให้สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย วัสดุและการผลิตสิ่งของที่ต้องการแบบนั้น” (วิรุฬ ตั้งเจริญ, 2539, น.20)

สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ ได้ให้นิยามคำว่า การออกแบบว่า “การออกแบบ หมายถึง เป็นการสร้างสรรค์ที่มีผลปรากฏเป็นรูปธรรม คือ มีรูปร่างหรือรูปทรงซึ่งต้องใช้พื้นที่ในการดำรงรูปร่างหรือรูปทรงนั้นๆ” (สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ, 2540, น.1)

สกนธ์ ภู่งามดี ได้นิยามความหมายการออกแบบ ความว่า

การออกแบบคือสิ่งที่มนุษย์ใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ให้เกิดสิ่งใหม่ซึ่งแตกต่างจากสิ่งที่มีอยู่เดิมหรือไม่เคยปรากฏมาก่อน และเมื่อสร้างให้ปรากฏขึ้นแล้วจะสามารถใช้ประโยชน์หรือไม่สามารถใช้ประโยชน์ก็ได้ แต่ผู้ออกแบบควรที่จะระลึกถึงเหตุผล 2 ประการ คือ

1. ความสวยงามโดยใช้หลักของสุนทรียศาสตร์มาเป็นตัวกำหนดในการออกแบบว่าเหมาะสม สวยงามกับสถานการณ์ของชิ้นงานนั้นๆ หรือไม่
2. ความเป็นไปได้ในการใช้งาน หมายถึง สิ่งที่ออกแบบมานั้นสามารถนำมาใช้ได้จริงกับความต้องการของมนุษย์มิใช่แค่ประดิษฐ์กรรมที่ล้นเหลือ อย่างไรก็ตาม ประดิษฐ์กรรมที่ล้นเหลวนั้น หากมีความสวยงามแม้ว่าจะใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ก็ตาม สามารถถือได้ว่า

สิ่งนั้นได้ถูกออกแบบขึ้นซึ่งอย่างน้อยก็เป็น “ต้นแบบ” ที่จะถูกพัฒนาต่อไป (สกนธ์ ภู่งามดี, 2545, น.91)

วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์ ได้กล่าวถึงการนิยามความหมายของการออกแบบโดยนักวิชาการ  
ความว่า

นักวิชาการได้แสดงความหมายของการออกแบบไว้อย่างหลากหลาย ได้แก่  
การออกแบบ หมายถึง การกำหนดความนึกคิด ตามความต้องการที่แสดงออก  
ซึ่งเป็นไปในลักษณะการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ และรู้จักปรับปรุงแก้ไขสิ่งที่มีเดิมอยู่แล้ว ให้  
เกิดความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย

การออกแบบ หมายถึง การสร้างสรรค์เพื่อคิดค้นสิ่งใหม่ๆ รู้จักและเข้าใจการ  
วางแผนเพื่อให้ได้รูปทรงตามความต้องการ ได้ประโยชน์และความงามไปพร้อมๆ กัน

การออกแบบ หมายถึง สรรพสิ่งที่มนุษย์คิดประดิษฐ์สิ่งของขึ้น นับจากสิ่ง  
ง่ายที่สุดจนถึงสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อน

การออกแบบ หมายถึง การสร้างและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิม ให้ดียิ่งขึ้น  
ด้วยวัสดุ โครงสร้างและวิธีการที่เหมาะสม

การออกแบบ คือ การกำหนดความนึกคิด ตามความต้องการที่แสดงออกซึ่ง  
เป็นไปในลักษณะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ และรู้จักปรับปรุงแก้ไขสิ่งที่มีอยู่เดิมให้เกิดความ  
เหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยและการเปลี่ยนแปลงตามยุคสมัย

การออกแบบ คือ พื้นฐานของงานที่มนุษย์สร้างขึ้น

การออกแบบ คือ การรู้จักวางแผน เพื่อจะได้ลงมือกระทำตามที่ต้องการและ  
รู้จักเลือกวัสดุ วิธีการ เพื่อความที่ต้องการให้สอดคล้องกับลักษณะรูปแบบ และ  
คุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดตามความคิดสร้างสรรค์

การออกแบบ คือ การปรับปรุงแบบผลงานที่มีอยู่แล้ว หรือสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่แล้ว  
ให้เหมาะสม ให้มีความแปลกใหม่เพิ่มขึ้น

หากจะกล่าวถึงคำว่า “การออกแบบ” โดยสรุป เพื่อความเข้าใจอย่างง่ายๆ  
อาจกล่าวได้ว่า การออกแบบ หมายถึง การถ่ายทอดความคิด จินตนาการ  
เพื่อสร้างสรรค์สรรพสิ่งต่างๆ ให้เห็นเป็นรูปธรรม ที่มีรูปลักษณะอย่างงดงาม และมีความ



เหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด (วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์, 2514, น.57)

สืบศิริ แซ่ลีและพงษ์พิพัฒน์ สายทอง นิยามความหมายการออกแบบว่า “การออกแบบ หมายถึง การสร้างสรรค์สิ่งใหม่เพื่อประโยชน์และความงาม ด้วยการนำทัศนธาตุทางศิลปะและหลักการจัดส่วนประกอบของงานออกแบบมาใช้ รวมไปถึงการปรับปรุงของเดิมที่มีอยู่แล้วดัดแปลงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น” (สืบศิริ แซ่ลีและพงษ์พิพัฒน์ สายทอง, 2554, น.13)

ประเสริฐ พิษยะสุนทร ได้นิยามการออกแบบ ว่า “การออกแบบคือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิมให้ดีขึ้นด้วยการใช้หลักทัศนธาตุ องค์ประกอบทางศิลปะ ทฤษฎีต่างๆ เป็นแนวทางและใช้วัสดุนานาชนิดเป็นวัตถุดิบในการสร้างสรรค์งานตามวิธีการที่เหมาะสมตามแบบแผนและจุดมุ่งหมายที่ต้องการ” (ประเสริฐ พิษยะสุนทร, 2555, น.14)

ญาณิน มัทธูรส ได้นิยามการออกแบบ ความว่า

การออกแบบคือกิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ (Design is a goal-directed problem-solving) เป็นการกระทำของมนุษย์ ด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการแจ้งผลเป็นสิ่งใหม่ๆ มีทั้งที่ออกแบบเพื่อสร้างขึ้นใหม่ให้แตกต่างจากของเดิมหรือปรับปรุงตกแต่งของเดิม ความสำคัญของการออกแบบเป็นขั้นตอนเบื้องต้นที่จะทำให้กระบวนการในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ประสบผลสำเร็จในตลาดและตรงตามเป้าหมาย งานออกแบบ คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยการเลือกนำองค์ประกอบมาจัดเรียงให้เกิดรูปทรงใหม่ที่สามารถสนองความต้องการตามจุดประสงค์ของผู้สร้าง และสามารถผลิตได้ด้วยวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่มีอยู่ในขณะนั้น (ญาณิน มัทธูรส, 2556, น.7)

มานิช กงกะนันท์ ได้ให้นิยามเกี่ยวกับการออกแบบ ความว่า

สรรพสิ่งทั้งหลายที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อสนองความจำเป็นในการดำรงชีวิตในแต่ละวันก็ดี หรือเพื่อแก้ไขปัญหาก็เกิดขึ้นทางกายภาพก็ตนั้น ส่วนมากจะเกิดจากความคิดและความพยายาม ที่ต้องต่อสู้เพื่อการอยู่รอดในสังคมต่างๆ กันเกือบทั้งสิ้น

การใช้ความคิดและนำไปปฏิบัติในการแก้ปัญหา นั้น เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกเพื่อพยายามจัดอุปสรรคของตนเองและของผู้อื่น โดยหวังว่าจะนำไปสู่การดำรงชีวิตที่มีคุณภาพและมีความสุขกว่าเดิม พฤติกรรมดังกล่าวนี้มีขั้นตอนทางปฏิบัติ เรียกว่า “การออกแบบ” (มาโนช กงกะนันท์, 2559, น.22)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความหมายของการออกแบบเพื่อทำความเข้าใจถึงที่มาและความสำคัญของการออกแบบรวมถึงความหมายของการออกแบบโดยแท้จริง ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของการออกแบบได้ดังนี้

นักวิชาการล้วนให้คำจำกัดความของคำว่า การออกแบบไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ หมายถึงการใช้ความคิด จินตนาการของมนุษย์ในการริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีต่างๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างสรรค์ ซึ่งการออกแบบนี้จะต้องมีกระบวนการใช้การคิดวางแผนเพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานให้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การออกแบบอาจมีวัตถุประสงค์ให้สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในแง่มุมต่างๆ อาจเป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่ไม่เคยปรากฏในอดีตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตหรืออาจเป็นการคิดค้นสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาสิ่งที่เคยมีให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ในการออกแบบบางประเภทอาจไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านใดด้านหนึ่ง แต่เป็นการสร้างสรรค์เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านจิตใจเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้การออกแบบทุกประเภทจะต้องคำนึงถึงหลักสุนทรียภาพและคุณค่าทางความงามด้วยการออกแบบที่เกิดขึ้นอาจบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ก็ได้ ในการออกแบบที่ไม่บรรลุวัตถุประสงค์จัดเป็นงานต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การออกแบบเครื่องดนตรีลมรายจึงจัดเป็นการออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอยทางด้านดุริยางคศิลป์ ที่มุ่งเน้นให้เกิดกระบวนการริเริ่มสร้างสรรค์เครื่องดนตรีชิ้นใหม่ที่อาศัยหลักการองค์ความรู้และทฤษฎีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ แต่ยังคงรักษาไว้ซึ่งความงามทางด้านสุนทรียศาสตร์ เพื่อให้เครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานของมนุษย์และพัฒนาทางด้านจิตใจ

### 2.3.2 ประเภทของการออกแบบ

จารุพรรณ ทรัพย์ปรุง ได้จำแนกประเภทการออกแบบไว้ 2 ประเภท คือ การออกแบบโครงสร้าง (structural design) และการออกแบบตกแต่ง (decorative design) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้าง คือ การออกแบบที่มีความสัมพันธ์กับขนาด รูปทรง และรูปร่างของวัตถุแต่ละชิ้น ซึ่งการออกแบบโครงสร้างเป็นคุณสมบัติที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง การออกแบบโครงสร้างจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความมั่นคง ความแข็งแรง สัดส่วน และวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาออกแบบ

2. การออกแบบตกแต่ง คือ การออกแบบที่มีความสัมพันธ์กับการสร้างสรรค์ลวดลายอันวิจิตรบรรจง อันเป็นลวดลายที่ใช้สำหรับการตกแต่งในส่วนที่เป็นองค์ประกอบของชิ้นงานโดยคำนึงถึงความงามทางศิลปะ ที่มีความสอดคล้องกับโครงสร้างหลักของชิ้นงาน แนวคิดในการออกแบบตกแต่งจะต้องผ่านกระบวนการคัดเลือกและจัดวางองค์ประกอบต่างๆ อย่างพิถีพิถัน ได้แก่ การแกะสลัก การตกแต่งด้วยวัสดุต่างๆ เช่น หนัง ผ้า

การจำแนกกระหว่างการออกแบบโครงสร้างและการออกแบบตกแต่งสามารถพิจารณาจากเกณฑ์ที่ว่า การออกแบบตกแต่งที่มีการสร้างสรรค์เพิ่มเติมนั้นมีความเป็นเอกภาพ (Unity) กับการออกแบบโครงสร้างหรือไม่ หากพิจารณาแล้วว่าการออกแบบนั้นมีความเป็นเอกภาพจะจัดอยู่ในการออกแบบประเภทโครงสร้าง หากไม่เป็นเอกภาพก็จะจัดอยู่ในการออกแบบตกแต่ง

การออกแบบตกแต่งสามารถจำแนกได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. การออกแบบตกแต่งประเภทธรรมชาตินิยม (Naturalistic decorative design) คือ การออกแบบตกแต่งที่มีความชื่นชอบในธรรมชาติเป็นอย่างมาก ในการออกแบบตกแต่งประเภทนี้จะอาศัยการลอกเลียนรูปแบบจากธรรมชาติ ไม่ว่าจะธาตุนั้นจะมีลักษณะสวยงามหรือน่าเกลียดเพียงใด

2. การออกแบบตกแต่งประเภทสัจนิยม (Conventional decorative design) คือ การออกแบบตกแต่งที่นิยมรูปแบบงานศิลปะที่ชนชาตินั้นๆ หรือกลุ่มคนส่วนใหญ่ที่อยู่ในพื้นที่นั้นๆ มีความเห็นพ้องว่าเป็นสิ่งที่ดีงาม

3. การออกแบบตกแต่งประเภทนามธรรม (Abstract decorative design) คือ การออกแบบตกแต่งที่ต้องอาศัยการตีความ เนื่องจากการตกแต่งนั้นไม่ได้แสดงออกถึงรูปร่าง รูปทรงที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติหรือตามธรรมดา

4. การออกแบบตกแต่งประเภทเรขาคณิต (Geometric decorative design) คือ การออกแบบตกแต่งที่อาศัยแนวคิดในเรื่องของความสมบูรณ์ของรูปทรงเรขาคณิต กล่าวคือ มีแนวคิดว่ารูปร่างเรขาคณิตมีความงามที่เป็นอมตะ มีความเป็นสากลและสามารถร่วมยุคร่วมสมัยได้ตลอดเวลา เช่น เส้นตรง สีเหลี่ยม วงกลม เป็นต้น (จารุพรรณ ทรัพย์ปรุง, 2548, น.6-10)

ประเสริฐ พิษยะสุนทร ได้อธิบายเกี่ยวกับกับรูปแบบของการออกแบบประยุกต์ศิลป์ อาจแบ่งกว้างๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. รูปแบบโครงสร้าง (Structural Style) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับรูปร่างและขนาดของวัตถุ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญจะต้องสามารถทรงตัวได้ด้วยตนเอง เช่น รูปแบบของพีระมิดในอียิปต์ ประกอบด้วยก้อนหินที่มีความสามารถในการรองรับน้ำหนักของตัวเองได้ สถาปัตยกรรมในยุคสมัยใหม่แสดงออกถึงสัจจะในเรื่องการใช้วัสดุที่ใช้ในการสร้างสรรค์อย่างเป็นที่ประจักษ์ ปราศจากการบิดเบือน เช่น ไม้ อีฐ โลหะ หินและคอนกรีตที่ปราศจากการตกแต่ง รูปแบบโครงสร้างที่ดีต้องประกอบด้วยคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. มีลักษณะเรียบง่าย (Simplicity)
2. มีสัดส่วนที่ดี (Good Proportion)
3. ใช้วัสดุที่เหมาะสม (Appropriately of Materials Used)
4. มีลักษณะเฉพาะที่เด่นและเหมาะสม (Suitably)

2. รูปแบบมัณฑนศิลป์ (Decorative Style) เป็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับลวดลายที่ใช้ในการประดับตกแต่งโครงสร้างหลัก เช่น ลวดลายที่ประดับอาคาร หน้าจั่วโบสถ์ ลวดลายที่ใช้ในการประดับหัวเสา รูปแบบมัณฑนศิลป์แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

2.1 รูปแบบธรรมชาติ (Nature Style) เป็นรูปแบบที่มีลักษณะเหมือนกับธรรมชาติ

2.2 รูปแบบกำหนดนิยมหรือขนบนิยม (Conventional Style หรือ Stylistic) เป็นรูปแบบที่มีแนวคิดในการสร้างสรรค์มาจากธรรมชาติ แต่มีการนำมาดัดแปลงและประยุกต์ให้มีความเหมาะสม

และสอดคล้องกับสถานที่หรือวัตถุที่ต้องการตกแต่ง เมื่อชุมชนหรือกลุ่มคนส่วนใหญ่มีการยอมรับก็จะมีการยึดถือเป็นต้นแบบและมีการนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง

2.3 รูปแบบนามธรรม (Abstract Style) เป็นรูปแบบการตกแต่งที่ไม่ยึดถือรูปแบบในธรรมชาติ รูปร่างและรูปทรงมีความเป็นอิสระ หรืออาจกล่าวได้ว่ามีรูปลักษณะที่ไม่ชัดเจน แต่สามารถสื่อความหมายได้ เช่น ลายสาน ลายตารางหมากรุก ลายยาวเป็นทาง เป็นต้น (ประเสริฐ พิชยะสุนทร, 2555, น.20-22)

นอกจากนี้ประเสริฐ พิชยะสุนทร (2555) และมาโนช กงกะพันธ์ (2559) ยังได้ให้ความเห็นที่สอดคล้องกันเกี่ยวกับรูปแบบมัณฑนศิลป์ที่ดี ว่ามีหลักในการพิจารณา ดังนี้

1. มีความเหมาะสม รูปลวดลายที่ใช้ในการประดับตกแต่งในโครงสร้างเดิม จะต้องเป็นสิ่งที่เสริมให้เกิดความงดงามและไม่ปิดบังรูปทรงหรือโครงสร้างหลัก
2. ตำแหน่งที่ประดับตกแต่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เหมาะสมและสมเหตุสมผล เช่น รูปแกะสลักนูนต่ำควรประดับบริเวณฝาผนัง เนื่องจากหากประดับไว้บริเวณเก้าอี้ อาจทำให้นั่งไม่สบาย
3. สัดส่วน สิ่งที่จะนำมาประดับตกแต่งจะต้องมีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมและสมดุลกับโครงสร้างเดิม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับประเภทของการออกแบบพบว่า มีนักวิชาการหลายท่านที่อธิบายและจำแนกประเภทของการออกแบบในทางที่สอดคล้องกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

ประเภทของการออกแบบแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้าง (Structural design) หมายถึง การออกแบบโครงสร้างหลัก โดยพิจารณาถึงความแข็งแรง ความมั่นคงอันเกิดจากสัดส่วน รูปทรง รูปร่างและการใช้วัสดุที่เหมาะสม ทั้งนี้การออกแบบโครงสร้างต้องมีความสัมพันธ์กับการออกแบบตกแต่ง (Decorative design) มีรายละเอียดหรือลักษณะต่างๆ ที่ไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้เกิดเอกภาพ

รูปแบบของการออกแบบโครงสร้างที่ดีต้องพิจารณาจากปัจจัยทั้ง 4 ประการ ได้แก่ มีลักษณะที่เรียบง่าย มีสัดส่วนที่ดี มีการใช้วัสดุที่เหมาะสมและมีลักษณะเฉพาะที่โดดเด่นโดยมีพื้นฐานมาจากความเหมาะสม ประการสำคัญของโครงสร้างที่ดีคือต้องสามารถทรงตัวได้อย่างมั่นคง

2. การออกแบบตกแต่ง (Decorative design) หมายถึง การออกแบบตกแต่งลักษณะต่างๆ ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งของชิ้นงานหรือการออกแบบนั้นๆ ประการสำคัญควรมีการตกแต่งที่สอดคล้องกับโครงสร้างหลักเพื่อให้เกิดความเป็นเอกภาพ

รูปแบบการออกแบบตกแต่งแบ่งเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. ธรรมเนียมนิยม คือ เป็นการออกแบบที่มีการลอกเลียนแบบธรรมชาติ โดยผู้ออกแบบมีพื้นฐานมาจากความชอบ ความรักและหลงใหลในธรรมชาติ

2. สัญนิยม คือ การออกแบบที่คำนึงถึงสิ่งที่เป็นที่นิยมในกลุ่มคนนั้นๆ โดยรูปแบบที่นำมาใช้ในการออกแบบตกแต่งเป็นรูปแบบที่ได้รับการยอมรับ

3. นามธรรม คือ ลักษณะการออกแบบที่ต้องอาศัยการตีความ เนื่องจากตัวชิ้นงานหรือการออกแบบมีรูปร่างอิสระหรือไม่ได้มีอยู่หรือเกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ

4. เรขาคณิต คือ การออกแบบที่ใช้รูปทรงเรขาคณิตมาเพื่อพื้นฐานในการออกแบบตกแต่ง เนื่องจากมีแนวคิดว่าเป็นรูปทรงที่มีความสวยงามตลอดกาล ทั้งยังสามารถนำมาตกแต่งและเข้ากับทุกยุคทุกสมัย เรียกได้ว่าเป็นรูปแบบการตกแต่งที่มีความร่วมสมัยและมีความเป็นสากลมากที่สุด

นอกจากนี้ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาในการออกแบบตกแต่งคือ การตกแต่งต้องไม่บดบังหรือทำลายโครงสร้างหลัก ทั้งนี้ต้องมีรูปร่าง สัดส่วนที่มีความสมดุลและเป็นเอกภาพเดียวกันกับโครงสร้างหลักและมีการจัดวางหรือประดับในตำแหน่งที่เหมาะสม

ในการออกแบบเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยใช้หลักทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างหลักและการตกแต่งโดยใช้รูปแบบธรรมชาติและเรขาคณิต เนื่องจากผู้วิจัยมีลักษณะนิสัยและมีพฤติกรรมที่เรียบง่าย สมถะ มีความรักสงบและมีความเป็นหนึ่งเดียวกับธรรมชาติ การดำรงชีวิตของผู้วิจัยเต็มเปี่ยมไปด้วยความเรียบง่าย ความพอเพียง ความพอดี แต่ยังคงมีความร่วมสมัยผสมผสานวิถีชีวิตและปรับตัวให้เข้ากับยุคสมัยและการเวลาที่เปลี่ยนไป

### 2.3.3 ประเภทของงานออกแบบ

สกนธ์ ภู่งามดี ได้อธิบายเกี่ยวกับประเภทของงานออกแบบ ว่ามี 3 ประเภท ความว่า

งานออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอย (Functional Design) หมายถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) ที่เน้นประโยชน์ใช้สอยหรือประโยชน์ทางกายเป็นหลัก โดยจะผนวกกับการใช้คุณค่าทางความงามเป็นปัจจัยที่ทำให้งานออกแบบ

สวยงามน่าสนใจควบคู่กับประโยชน์ใช้สอยในปัจจุบัน การออกแบบมีความทันสมัยและซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากการเกิดเทคโนโลยีและวิทยาการต่างๆ ที่มีมากมาย ซึ่งนักออกแบบต้องติดตามและเรียนรู้ แล้วนำมาผนวกกับการออกแบบที่ทันสมัยและเกิดประโยชน์สูงสุด

งานออกแบบเพื่อการสื่อสาร หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การออกแบบสื่อสาร (Communication Design) เป็นผลงานการออกแบบที่เน้นการสื่อสารระหว่างกันด้วยภาษาและภาพที่สามารถรับรู้ร่วมกันได้เป็นอย่างดีโดยไม่จำกัดเฉพาะการออกแบบสิ่งพิมพ์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ การโน้มน้าว ชักชวนและเรียกร้องนั้น ยกตัวอย่างเช่น การออกแบบใบปะปิดโฆษณา (Poster) หนังสือ ใบปลิว งานโฆษณาทั้งทางสิ่งพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์หรือแม้แต่สื่อโฆษณาข้างรถประจำทาง (Bus-side, Bus Dack Advertising) เป็นต้น ทั้งนี้การออกแบบเพื่อการสื่อสารต้องอาศัยความรู้เฉพาะด้าน ซึ่งนอกจากต้องเรียนรู้เรื่องคุณค่าทางความงามตามแนวคิดของสุนทรียศาสตร์ องค์ความรู้ทางศิลปะและการออกแบบแล้ว ยังต้องเรียนรู้จิตวิทยา เช่น จิตวิทยาชุมชน จิตวิทยาการเรียนรู้ ฯลฯ รวมทั้งปัจจัยต่างๆ เกี่ยวกับมนุษย์ตามแนวทางของ สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์

งานออกแบบเพื่อคุณค่าทางความงาม ถือว่าเป็นการออกแบบทางทัศนศิลป์ (Visual Art Design) ที่มีเป้าหมายเฉพาะ โดยไม่เน้นคุณค่าทางกาย แต่จะเน้นให้ผลงานการออกแบบสามารถเป็นสื่อกลางที่ทำให้ผู้ชมเกิดความชื่นชมในความงามและความรู้สึกนึกคิดที่แฝงในผลงาน หรือเน้นผลทางอารมณ์ คุณค่าทางทัศนคติ และความรู้สึกสัมผัสทางความงาม เช่น การสร้างงานจิตรกรรม ประติมากรรม ทั้งนี้ ผลจากการชื่นชมนั้น อาจทำให้ผู้ชมเกิดความพอใจ ได้ผ่อนคลาย เบิกบานใจ เป็นต้น (สกนธ์ ภู่งามดี, 2545, น.103-104)

จากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องงานประเภทงานออกแบบสามารถสรุปได้ว่า งานออกแบบแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. งานออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอย คือ งานออกแบบที่คำนึงถึงการใช้ประโยชน์เป็นหลัก อาจมีการสร้างสรรค์ที่ผสมผสานกับความงาม การออกแบบจะมีลักษณะหรือมีประสิทธิภาพเช่นไร

ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกด้วย กล่าวคือ การเปลี่ยนผ่านของช่วงเวลาแต่ละยุคสมัยย่อมสัมพันธ์กับความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวิทยาการต่างๆ การออกแบบจึงมีการพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. งานออกแบบเพื่อการสื่อสาร คือ งานออกแบบที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างบุคคลโดยใช้ภาพหรือภาษาที่สามารถเป็นสื่อในการเรียนรู้และเข้าใจร่วมกัน ทั้งนี้งานออกแบบเพื่อการสื่อสารอาจเป็นเรื่องเฉพาะทาง แต่ก็ต้องอาศัยการสร้างสรรค์ที่พิจารณาทางด้านคุณค่าความงามทางสุนทรียศาสตร์ องค์ความรู้ทางศิลปะ การออกแบบ และจิตวิทยา

3. งานออกแบบเพื่อคุณค่าทางความงาม คือ งานออกแบบทางด้านทัศนศิลป์ ปราศจากการมุ่งเน้นประโยชน์ในการใช้งาน แต่มุ่งหวังให้ผลงานออกแบบสามารถสะท้อนความคิด อารมณ์และความรู้สึกระหว่างผลงานและผู้เสพได้

การสร้างสรรคันวัตรกรรมเครื่องดนตรีลมรายถือเป็นงานออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอยและเพื่อคุณค่าทางความงาม เนื่องจากเมื่อออกแบบเครื่องดนตรีไทยลมรายแล้วต้องเป็นงานออกแบบที่สามารถใช้ในการบรรเลงดนตรีได้จริง ทั้งยังเป็นเครื่องดนตรีที่สวยงามและมีคุณค่าทางความงามโดยยึดหลักการออกแบบโครงสร้างและการออกแบบตกแต่ง

#### 2.3.4 องค์ประกอบของการออกแบบ

องค์ประกอบของการออกแบบเกิดจากการผสมผสานกันระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้สำหรับการออกแบบ (Element of Design) ดังนี้

2.3.4.1 จุด (Point) เป็นส่วนประกอบหนึ่งในการออกแบบที่เป็นพื้นฐานเพื่อนำไปสู่การออกแบบทุกลักษณะ สามารถให้ความรู้สึกที่หลากหลายทั้งลักษณะพื้นผิว รูปร่าง รูปทรง เส้น

2.3.4.2 เส้น (Line) เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญที่สุดสำหรับการออกแบบงานทุกชนิดเกิดขึ้นได้ล้วนมาจากจุดเดี่ยว หลายจุดจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่ ขนาดน้ำหนักและอื่นๆ มากมาย สามารถแบ่งลักษณะเส้นได้ทั้งหมด 7 ลักษณะ คือ

2.3.4.2.1 เส้นตรง สื่อถึงความมั่นคงแข็งแรง

2.3.4.2.2 เส้นนอน สื่อถึงความสุภาพ สงบนิ่ง

2.3.4.2.3 เส้นทแยง สื่อถึงความไม่แข็งแรง เคลื่อนไหว

2.3.4.2.4 เส้นขนาน สื่อถึงความราบเรียบ สงบ

2.3.4.2.5 เส้นตัดกัน สื่อถึงความแข็งแรง การประสานกันอย่างกลมกลืน



2.5.4.2.6 เส้นโค้ง สื่อถึงความอ่อนโยน นุ่มนวล สนุกสนาน ร่าเริง

2.5.4.2.7 เส้นซิกแซก สื่อถึงการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.3.4.3 รูปร่าง (Shape) เป็นลักษณะของเส้นที่เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นหรือทิศทางที่ต่างกันแล้วนำมาสู่การบรรจบกัน

2.3.4.4. รูปร่าง (Form) มีลักษณะแบบ 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง

2.3.4.5 ทิศทาง (Direction) แนวทางหรือลักษณะของการออกแบบงานเพื่อให้ทราบว่างานมีลักษณะหรือทิศทางอย่างไร ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาถึงส่วนประกอบต่างๆ เช่น เส้น จุด รูปร่าง และจินตนาการว่าเมื่อการออกแบบสำเร็จจะเกิดงานลักษณะอย่างไร ในการออกแบบจึงต้องอาศัยการสังเกต ทดลอง และฝึกฝน

2.3.4.6 มวลและปริมาตร (Mass and Volume) รูปร่างที่มีลักษณะเป็นแท่งตันไม่มี ความโปร่งคือมวลและรูปร่างที่ภายในโปร่งคือปริมาตร

2.3.4.7 ผิวสัมผัส (Texture) คือลักษณะของพื้นผิวงานภายนอก

2.3.4.8 บริเวณว่าง (Space) ประกอบด้วยบริเวณลบ (Negative Space) คือบริเวณ ที่อยู่รอบทัศนธาตุและบริเวณบวก (Positive Space คือบริเวณตัวทัศนธาตุ)

2.3.4.9 สีและค่าน้ำหนักของสี (Colour and Value of Colour) (วรพงศ์ วรชาติ อุดมพงศ์, 2551, น.74-75)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับองค์ประกอบของการออกแบบสามารถสรุปได้ว่าการ ออกแบบเกิดจากการผสมผสานขององค์ประกอบต่างๆ ซึ่งองค์ประกอบแต่ละส่วนสะท้อนจาก ความรู้สึกนึกคิดของผู้สร้างสรรค์และสามารถส่งผลต่ออารมณ์ความรู้สึกของผู้ชม องค์ประกอบของ การออกแบบ มีดังนี้

1. จุด คือ องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการออกแบบทุกชนิด จุดทำให้เกิดอารมณ์ความรู้สึก ต่างๆ และยังเป็นรากฐานในการเกิดพื้นผิว รูปร่าง รูปร่าง และเส้น

2. เส้น คือ พัฒนาการที่เกิดจากจุด เส้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด น้ำหนัก รูปร่าง และรูปร่าง เส้นประกอบด้วย 7 ลักษณะ คือ เส้นตรงสื่อถึงอารมณ์ความมั่นคงแข็งแรง เส้นนอนสื่อถึง อารมณ์สุภาพความสงบ เส้นทแยงสื่อถึงการเคลื่อนไหวไม่แข็งแรง เส้นขนานสื่อถึงความสงบเรียบง่าย

เส้นตัดสื่อถึงการประสานกัน เส้นโค้งสื่อถึงความอ่อนโยนสดใส และเส้นซิกแซกสื่อถึงการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว

3. รูปร่าง คือ เส้นที่เกิดจากการเคลื่อนที่จากจุดใดจุดหนึ่งหรือหลายจุด ทั้งที่อยู่ในทิศทางเดียวกันหรือต่างกันแล้วนำมาสู่การเชื่อมกัน

4. รูปทรง คือ รูปร่างสามมิติที่มีความกว้าง ความยาว และความสูง

5. ทิศทาง คือ แนวทางสำหรับใช้ในการออกแบบเพื่อให้สะดวกต่อการทำงาน ทิศทางนี้ควรพิจารณาจากส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบด้วยเพื่อจินตนาการและตั้งสมมุติฐานขึ้นงานว่าเมื่อสร้างเสร็จจะมีลักษณะเช่นไร

6. มวลและปริมาตร สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ มวลหมายถึงวัตถุหรือการสร้างสรรค์ที่มีเนื้อหรือมวลตัน และปริมาตรหมายถึงวัตถุหรือการสร้างสรรค์ที่เป็นรูปทรงโปร่ง

7. บริเวณว่าง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ บริเวณลบหมายถึงบริเวณที่อยู่โดยรอบที่ศนธาตุ และบริเวณบวกหมายถึงบริเวณตัวที่ศนธาตุ

8. สีและค่าน้ำหนักสี คือ ลักษณะโทนสีและความเข้มของสีที่ใช้ในการออกแบบสร้างสรรค์

ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีลมรายผู้วิจัยใช้องค์ประกอบของการออกแบบที่ประกอบด้วยหลักการพื้นฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานอย่างมีทิศทางและมีเอกภาพ เนื่องจากการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นการสร้างสรรค์โดยใช้แนวคิดการออกแบบโครงสร้าง และการออกแบบตกแต่งในรูปแบบธรรมชาติและเรขาคณิต ฉะนั้นจึงมีการใช้องค์ประกอบของการออกแบบค่อนข้างครอบคลุม แต่ลักษณะเส้นจะเลือกใช้ลักษณะเส้นบางประเภทที่มีความเหมาะสม และมีความเป็นเอกภาพ รวมถึงสามารถสื่อสารความรู้สึกรักใคร่ของผู้วิจัยได้อย่างชัดเจน

### 2.3.5 หลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลาย

วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์ ได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลาย สามารถสรุปความได้ว่า หลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลาย ประกอบด้วย

2.3.5.1 ดุลยภาพ (Balance) โดยทั่วไปดุลยภาพหมายถึงการถ่วงน้ำหนักหรือสภาวะที่เกิดการปะทะเท่ากัน ซึ่งดุลยภาพเป็นลักษณะที่สำคัญของความเป็นเอกภาพ ในแง่ศิลปกรรมจะให้ความหมายที่รวมไปถึงการประสาน ความกลมกลืนที่มีความพอดีเหมาะสมกับสัดส่วนต่างๆ ดุลยภาพแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.3.5.1.1 ดุลยภาพแบบสมมาตร (Formal Balance) หมายถึง ลักษณะต่างๆ ที่มีความเหมือนกันทั้งสองด้าน มักปรากฏในงานศิลปกรรมเช่นงานสถาปัตยกรรม งานประดับตกแต่ง เป็นต้น

2.3.5.1.2 ดุลยภาพแบบอสมมาตร (Informal Balance)

2.3.5.2 ความกลมกลืน (Harmony) หมายถึง ลักษณะของส่วนประกอบที่ถูกออกแบบ และจัดวางอย่างลงตัวมีความพอเหมาะพอดีไม่ส่งผลให้เสียความเป็นเอกภาพ

2.3.5.3 จังหวะ (Rhythm) เกิดจากการจัดวางรูปร่าง รูปทรง ลักษณะที่ทำให้เกิดความลื่นไหล กระแทก ช้า เร็ว ซึ่งแนวทางในการสร้างงานให้เกิดลักษณะจังหวะในงาน

2.3.5.3.1 การจัดจังหวะซ้ำๆ กัน (Repetition Rhythm) คือ การจัดรูปทรง รูปร่างและจังหวะที่ซ้ำกันเท่ากันอย่างต่อเนื่อง

2.3.5.3.2 การจัดจังหวะแบบก้าวหน้า (Progression Rhythm) คือ การจัดจังหวะที่มีการขยายทั้งปริมาณและขนาด

2.3.5.3.3 การจัดจังหวะแบบต่อเนื่อง (Continuous Rhythm) คือ การจัดจังหวะให้เกิดความต่อเนื่องโดยสามารถทำให้เกิดความรู้สึกและชักนำสายตาชวนให้ติดตาม

2.3.5.4 สัดส่วน (Proportion) คือ ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆ ที่นำมาสร้างสรรค์ลวดลาย ซึ่งต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมและมีความสัมพันธ์กัน

2.3.5.5 การเน้น (Emphasis) คือ การทำให้สิ่งๆ นั้นมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเน้นจะประกอบด้วยจุดเด่น (Dominance) และมีจุดรอง (Subordinate) เป็นส่วนที่ประกอบกัน ในการเน้นจะสามารถเห็นถึงสิ่งที่ต้องการเน้นได้อย่างชัดเจน การเน้นอาจทำได้โดยการใช้สี เส้น รูปทรง น้ำหนัก เป็นต้น

ฉะนั้นส่วนประกอบของการออกแบบ (Element of Design) และหลักการออกแบบ (Principle of Design) ต้องมีความเหมาะสม สอดคล้องและต่อเนื่องกัน เพื่อนำไปสู่เอกภาพ (Unity) อันเป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับการออกแบบ (วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์, 2551, น.75-76)

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้ว่าหลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลายพิจารณาจากหลักเกณฑ์สำคัญทั้ง 5 ประการ ดังนี้

1. ดุลยภาพ หมายถึง การเกิดเอกภาพที่มีการประสานกันอย่างพอเหมาะ โดยดุลยภาพมี 2 ลักษณะ คือ แบบสมมาตรและแบบอสมมาตร

2. ความกลมกลืน หมายถึง องค์ประกอบหรือสัดส่วนต่างๆ ที่ออกแบบและจัดวางได้อย่างพอดีไม่ก่อให้เกิดการเสียเอกภาพ

3. จังหวะ หมายถึง การจัดวางองค์ประกอบต่างๆ ที่ก่อให้เกิดอารมณ์ความรู้สึกของการเคลื่อนไหว ความช้า ความเร็ว เป็นต้น ซึ่งจังหวะมีทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ ช้ากั้น ก้าวหน้า และต่อเนื่อง

4. สัดส่วน หมายถึง สัดส่วนของส่วนประกอบหรือลวดลายที่นำมาตกแต่งที่มีความเหมาะสมและลงตัว

5. การเน้น หมายถึง การใช้องค์ประกอบต่างๆ เช่น สี เส้น รูปทรง น้ำหนักในการทำให้เกิดจุดเด่นและจุดรอง

ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยใช้หลักเกณฑ์ในการออกแบบลวดลายมาพิจารณาการประดับตกแต่งด้วย โดยพิจารณาจากดุลยภาพ ความกลมกลืน ลักษณะจังหวะในการจัดวางตำแหน่งขององค์ประกอบต่างๆ สัดส่วนตลอดจนการเน้นตำแหน่งต่างๆ

### 2.3.6 กระบวนการการออกแบบ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบ พบว่ามีนักวิชาการจำนวนมากได้อธิบายถึงกระบวนการออกแบบ ดังนี้

นวนลน้อย บุญวงษ์ ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบ 3 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

วิธีที่ 1 เป็นการแบ่งการทำงานเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์ (Analysis) คือ การนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือมีผลโดยตรงกับการออกแบบมาจัดหมวดหมู่เพื่อแบ่งลักษณะกลุ่มงานหรือการใช้งาน (Per-formance Specification = Per-Spec)

2. การสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การนำผลการวิเคราะห์มาทำการสร้างสรรค์โดยการใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อให้มีแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย และเหมาะสมกับการใช้งาน (P-Spec)

3. การประเมินผล (Evaluation) คือ การนำวิธีการหรือแนวทางที่สังเคราะห์ได้มาทำการเปรียบเทียบโดยใช้ตามเกณฑ์เป็นหลักในการพิจารณา หลังจากนั้นทำการคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้มากที่สุดมาใช้สำหรับการผลิตและการจัดจำหน่าย

วิธีที่ 2 เป็นการแบ่งการทำงานเป็น 7 ขั้นตอน คือ

1. เตรียมรับสภาพ (Accept Situation) คือ การเตรียมความพร้อมในการศึกษาทำความเข้าใจชิ้นงานและธรรมชาติของชิ้นงานนั้นๆ เช่น ความถนัด ความสนใจ เวลาในการทำงาน ความชำนาญ ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้สำหรับประกอบการพิจารณาการรับงาน

2. การวิเคราะห์ (Analysis) คือ การค้นคว้าข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงของปัญหาที่พบในการออกแบบหรือสร้างชิ้นงาน รวมถึงสัมภาษณ์สอบถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำปัญหามาคิดแยกและหาความสัมพันธ์เพื่อให้สามารถเข้าใจข้อเท็จจริงที่ปรากฏขึ้นใหม่ได้มากยิ่งขึ้น

3. กำหนดขอบเขต (Define) หลังจากที่ทำการศึกษาปัญหาอย่างละเอียดแล้ว อาจพบว่ายังไม่สามารถแก้ไขปัญหานั้นได้ จึงต้องมีการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตในการทำงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

4. คิดค้นออกแบบ (Ideate) คือ การสร้างทางเลือกเพื่อใช้สำหรับการแก้ปัญหาโดยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายนั้นได้

5. คัดเลือก (Select) คือ การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำมาสู่การเปรียบเทียบเพื่อคัดเลือกวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดคือเป็นวิธีที่ง่ายและได้ผลดี

6. พัฒนาแบบ (Implement) คือ การนำแบบที่ดีที่สุดที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว มาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากที่สุด

7. การประเมินผล (Evaluate) คือ การนำผลงานการออกแบบที่ผ่านการพัฒนาแล้วมา ทบทวนผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้น พร้อมกับการวิพากษ์วิจารณ์อย่างตรงไปตรงมาตามหลักเกณฑ์ เพื่อให้ทราบว่าผลงานชิ้นนั้นมีข้อบกพร่องในเรื่องใดทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

วิธีที่ 3 เป็นการแบ่งการทำงานเป็น 8 ขั้นตอน คือ

1. การกำหนดขอบเขตของปัญหา (Identification of the Problem) คือ การนำปัญหาหรือความต้องการในการออกแบบชิ้นงานมาพิจารณาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ แล้วจึงกำหนดขอบเขตการทำงานให้เกิดความเหมาะสม

2. การค้นคว้าหาข้อมูล (Information) คือ การศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ใช้เป็นแนวคิดหรือความรู้พื้นฐานในการออกแบบ ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นเครื่องมือสำคัญที่ทำให้มีความเข้าใจในการแก้ไขปัญหามากขึ้น หลังจากนั้นทำการจำแนกข้อมูลอย่างเป็นระบบโดยพิจารณาจากปัญหา

3. การวิเคราะห์ (Analysis) การนำข้อมูลที่ได้ทำการจำแนกแล้วมาแยกประเภทเพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นแนวทางในการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมและดีที่สุดสำหรับการแก้ไขปัญหา

4. การสร้างแนวความคิดหลัก (Conceptual Design) คือ ขั้นตอนการสร้างแนวความคิดหลักเพื่อนำไปสู่การออกแบบ คุณสมบัติของความคิดหลักที่ได้นั้นจะต้องเป็นแนวคิดใหม่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างตรงประเด็นและสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างครอบคลุม การสร้างแนวความคิดหลักอาจเกิดขึ้นได้หลายคราว กล่าวคือ แนวความคิดแรกที่เกิดขึ้นเป็นการสร้างแนวความคิดแบบองค์รวม และเมื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไปก็จะมีการสร้างสรรค์แนวความคิดที่เสริมกับความคิดเดิมเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในแต่ละระดับได้ ทั้งนี้จะช่วยให้การออกแบบมีประสิทธิภาพและเข้าใจปัญหาและการออกแบบในเชิงลึก

5. การออกแบบร่าง (Preliminary Design) คือ การนำแนวความคิดหลักมาทำการวิเคราะห์ตีความหรือประยุกต์ โดยสร้างสรรค์ขึ้นจากแนวความคิดที่เป็นนามธรรมไปสู่การสร้างสรรค์ที่เป็นรูปธรรม ด้วยกระบวนการร่างแบบไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบสองมิติ สามมิติหรือหุ่นจำลอง การร่างแบบควรสร้างอย่างหลากหลายและมีความแตกต่างกัน ทั้งในเชิงรูปลักษณ์ รูปทรง ขนาด สัดส่วนตลอดจนโครงสร้างหลักและส่วนประกอบ นอกเหนือจากนี้ควรเขียนคำอธิบายชี้แจงรายละเอียดต่างๆ หรืออาจสร้างเป็นกราฟฟิกเพื่อแสดงถึงแนวคิด หลักการ กรรมวิธีและความคิดเห็นของผู้ออกแบบที่มีต่อแบบร่าง

6. การคัดเลือก (Selection) คือ การคัดเลือกแบบร่างเพื่อเปรียบเทียบประเด็นต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ เพื่อเลือกแบบร่างที่เหมาะสมที่สุดและสามารถแก้ปัญหาได้โดยง่าย ประหยัดทุนทรัพย์ มีความเป็นไปได้ทั้งในแง่การสร้างและการพาณิชย์

7. การออกแบบรายละเอียด (Detail Design) คือ การนำแบบที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาทำการพัฒนาในรายละเอียดของส่วนประกอบย่อย เพื่อให้การออกแบบชิ้นงานมีความสมบูรณ์ ซึ่งการออกแบบรายละเอียดจะเกิดขึ้นในขณะที่ทำการเขียนแบบ การออกแบบรายละเอียดนี้มีทั้งผลดีและผลเสีย กล่าวคือ ผลดีอาจเป็นการพัฒนางานให้ดียิ่งขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามก็อาจเป็นการทำลายแนวความคิดออกแบบที่ดีทำให้งานขาดประสิทธิภาพ

8. การประเมินผล (Evaluation) คือ การประเมินผลงานออกแบบอาจเป็นงานสองมิติหรือสามมิติก็ได้ โดยหลักในการพิจารณาจะพิจารณาจากความถูกต้องและความสมบูรณ์ของผลงานว่ามี

รายละเอียดครบถ้วนตามวัตถุประสงค์และขอบเขตงานหรือไม่อย่างไร เมื่อผลงานออกแบบผ่านการประเมินแล้วก็จะนำไปสู่กระบวนการลงทุน การผลิตและการจัดจำหน่าย (นวนล้อย บัญวงศ์, 2542, น.138-143)

มาโนช กงกะนันท์ ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบ ว่า กระบวนการออกแบบมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

กระบวนการที่ 1 คือ การระดมความคิด

การระดมความคิดเป็นกระบวนการเริ่มต้นสำหรับการออกแบบซึ่งมีหลากหลายวิธี กรณีที่มีทักษะในการเขียนแบบที่ไม่มากพอ สามารถใช้วิธีการจดบันทึกแนวคิดสำคัญไว้ก่อน หลังจากนั้นจึงพัฒนาเป็นการร่างแบบ ความรวดเร็วในการระดมความคิดขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ประสบการณ์และความสามารถเฉพาะบุคคล แต่ถึงอย่างไรความรวดเร็วในการระดมความคิดอาจยังไม่ใช่เกณฑ์ที่ดีในการระบุว่าท่านใดมีคุณภาพหรือไม่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตามก็ควรมีการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องในเรื่องการระดมความคิดจักเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน

กระบวนการที่ 2 คือ การร่างแบบ

การร่างเป็นเป็นหนึ่งในกระบวนการออกแบบที่มีประโยชน์และมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะหากการดำเนินงานมีความบกพร่องจะทำให้แก้ไขงานได้อย่างสะดวก ซึ่งการร่างแบบควรร่างแบบให้มีความหลากหลาย แล้วจึงทำการคัดสรรแบบร่างที่ดีและพึงพอใจที่สุด แบบร่างมี 2 ชนิด คือ แบบร่างสองมิติและแบบร่างสามมิติ

การร่างแบบสองมิติเริ่มต้นจากการกำหนดกรอบพื้นที่ซึ่งมีหลากหลายชนิด เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัส วงรี วงกลม สี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นต้น และยังมีกรอบพื้นที่แบบกริด (Grid) ซึ่งมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างขึ้นเพื่อใช้กำหนดขนาด สัดส่วนและตำแหน่งของภาพที่จะทำการจัดวางในกระดาษหรือพื้นที่นั้นๆ

เมื่อทำการกำหนดพื้นที่แล้วขั้นตอนต่อไปคือการจัดภาพซึ่งเป็นเนื้อหาของผลงาน ทั่วไปมีทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ดังนี้

1. จัดภาพให้อยู่ส่วนล่างของกรอบพื้นที่
2. จัดภาพให้อยู่ส่วนกลางของกรอบพื้นที่
3. จัดภาพให้อยู่ส่วนบนของกรอบพื้นที่

#### 4. จัดภาพให้อยู่เต็มกรอบพื้นที่

การร่างแบบสามมิติคือการสร้างรูปทรง เพื่อการรับรู้และเข้าใจในมิติและพื้นที่ว่าง อีกทั้งเป็นการสร้างความเข้าใจโดยการนำทฤษฎีการออกแบบมาประยุกต์ใช้ การเลือกวัสดุขึ้นอยู่กับความต้องการและความคล่องตัว โดยพิจารณาจากความประณีตและความถาวร วัสดุดังกล่าวสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ วัสดุธรรมชาติและวัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้น วัสดุที่ได้รับความนิยม คือ ไม้ โลหะ กระดาษแข็ง เส้นลวด ปูนปลาสเตอร์และพลาสติก

#### กระบวนการที่ 3 คือ การสร้างงาน

การสร้างงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างชิ้นงาน อาจใช้ระยะเวลาในการสร้างมากกว่า การเขียนแบบร่าง เนื่องจากต้องใช้ความประณีต สิ่งที่ต้องคำนึงคือควรมีวัสดุและอุปกรณ์ที่พร้อมสำหรับการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการสร้างงาน ผลงานที่ดีพิจารณาจากการบรรลุตามวัตถุประสงค์และชิ้นงานมีความสวยงามประณีต (มาโนช กงกะนันท์, 2559, น.86-87)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบสามารถสรุปได้ว่ามีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความเห็นและอธิบายกระบวนการออกแบบในทิศทางเดียวกัน สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการออกแบบเริ่มต้นจากการสังเกตและพิจารณาบริบทสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นตั้งสมมุติฐาน มีการกำหนดขอบเขตในการศึกษาเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาหรือสิ่งที่เกิดขึ้น อาจมีการพิจารณาหลักและวิธีการแก้ปัญหาในเรื่องหรือเหตุการณ์ที่คล้ายกัน เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจึงทำการจัดหมวดหมู่ข้อมูลเป็นประเภทเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และอาจมีการเปรียบเทียบข้อมูลโดยพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสีย ทำการสรุปข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และพิจารณาแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด หลังจากนั้นดำเนินการคิดค้นออกแบบผลงานหรือชิ้นงานชิ้นใหม่ ซึ่งเริ่มจากการออกแบบเขียนโครงร่างและพัฒนาแบบร่างจนสมบูรณ์ ดำเนินการสร้างชิ้นงานแล้วทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินผล อาจมาจากการประเมิน การวิพากษ์วิจารณ์โดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาแนวทางในการพัฒนา โดยมีการนำเสนอการประเมินผลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

#### 2.3.7 การออกแบบเครื่องดนตรี

การสร้างเครื่องดนตรีชิ้นใหม่เกิดจากปัจจัยหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นความต้องการในการตอบสนองต่อการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ความต้องการในการผสมผสานระหว่างดนตรีวัฒนธรรมและ



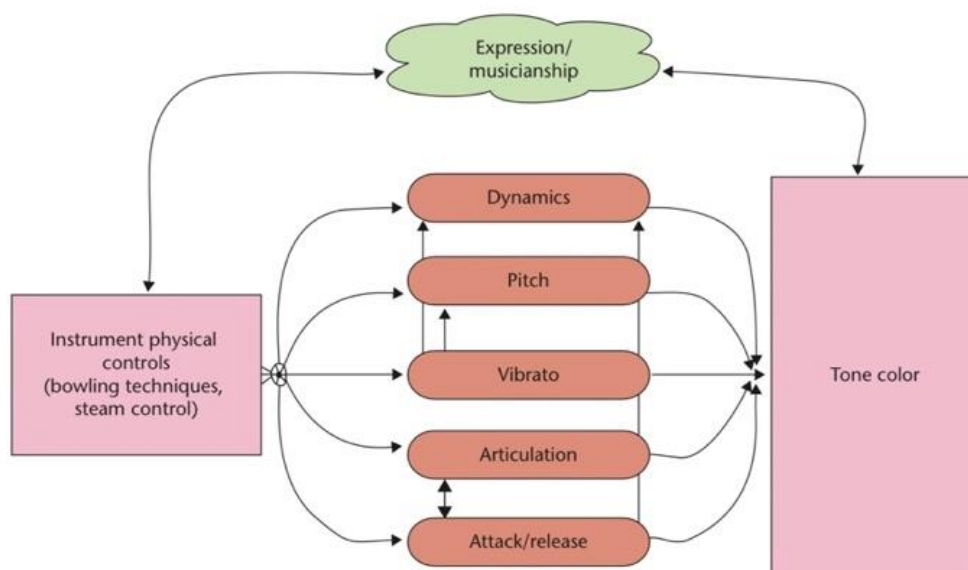
เทคโนโลยีที่ก้าวล้ำ การตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายและจิตใจ แต่ยังคงหมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม แนวคิด วิถีชีวิตรวมถึงพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของมนุษย์ด้วย มนุษย์ศึกษาเรียนรู้และสั่งสมประสบการณ์เกี่ยวกับศาสตร์หรือแง่มุมที่สนใจ ประกอบกับการมีความสามารถทางการรับรู้ โดยนำประสบการณ์ที่เคยมีในอดีตมาต่อยอดพัฒนาไปพร้อมกับจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์และความคาดหวังในอนาคตเพื่อนำไปสู่การออกแบบและสร้างสรรค์เครื่องดนตรีชิ้นใหม่ การสร้างเครื่องดนตรีไทยลุ่มรายมีปัจจัยในการสร้างสรรค์หลายประการ เช่น ความต้องการในการสร้างเสียงและทำนองที่มีความแตกต่างจากสิ่งที่เคยปรากฏในวงดนตรีไทย ความต้องการในการออกแบบสร้างสรรค์เครื่องดนตรีที่มีความร่วมสมัยทั้งรูปลักษณ์และการใช้วัสดุอุปกรณ์ทางด้านอุตสาหกรรมเพื่อนำไปสู่การประยุกต์องค์ความรู้ในศาสตร์ต่างๆ และสามารถสร้างเครื่องดนตรีที่มีราคาย่อมเยาว์ ซึ่งนำไปสู่การสร้างคุณค่าทางด้านสังคม วัฒนธรรมและเศรษฐกิจในอนาคต

จากการศึกษารวบรวมแนวคิดทางการออกแบบเครื่องดนตรีของ Garth Paine และ Hari Sundaram พบว่าปัจจัยที่ควรคำนึงถึงเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องดนตรีประกอบด้วยหลายปัจจัย ดังนี้

1. สุนทรียภาพทางด้านดนตรี สุนทรียจะเกิดขึ้นได้นอกจากเครื่องดนตรีที่สวยงามแล้ว ยังหมายถึงลักษณะเสียงของเครื่องดนตรีที่มีความงามความไพเราะด้วย
2. วัตถุประสงค์ของเครื่องดนตรีชิ้นนั้นว่ามีการนำไปใช้กับการแสดงลักษณะใด ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีและระบบดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีและแนวเพลงใหม่ๆ ซึ่งการสร้างเครื่องดนตรีที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบดิจิทัลต้องพิจารณาถึงการรับสัญญาณเป็นสำคัญ เนื่องจากมีความท้าทายต่อการควบคุมระบบแบบเรียลไทม์ ในการสร้างสรรค์ลักษณะนี้อาจทำได้ 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 ควบคุมลำดับเสียงที่กำหนดไว้ให้เสร็จก่อนที่จะแสดงจริง โดยใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น Ableton Live เป็นต้น แนวทางที่ 2 สร้างเสียงดนตรีตามเวลาการเกิดจริง โดยใช้วิธีการสังเคราะห์เสียงผ่านเครื่องมือหรือระบบซอฟต์แวร์
3. พารามิเตอร์ (Parameter) หรือค่าต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด ดังที่โครงการ ThuMP ได้ทำการสัมภาษณ์นักดนตรีประเภทเครื่องลมลมไม้ (Woodwind) เครื่องลมทองเหลือง (Brass) เครื่องสาย (String) เปียโน (Piano) และแอกคอร์ดเดียนหรือทึบเพลงซัก (Accordion) นักดนตรีต่างกล่าวถึงลักษณะทางดนตรีที่สำคัญ ได้แก่ ระดับเสียง Dynamics (ความดัง-เบา) ลักษณะเสียงที่เปล่งออกมาและ Vibrato (ผลการสั่นที่เกิดจากการเล่นดนตรี)

เครื่องดนตรีที่ออกแบบหรือสร้างขึ้นมามีคุณลักษณะทางดนตรีที่ครบถ้วนคือ ความเป็นนักดนตรีหรือการแสดงออกของนักดนตรีจะสมบูรณ์ได้ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของเครื่องดนตรี กลไกของเครื่องดนตรีที่นำไปสู่การเกิด Dynamics (ความดัง-เบา) Pitch (ความสูง-ต่ำของเสียง

หรือความถี่เสียง) Vibrato (ผลการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเล่นเครื่องดนตรี) Articulation (การควบคุมลักษณะของเสียง ซึ่งเป็นการแสดงรายละเอียดของการบรรเลงดนตรีในแต่ละตัวโน้ต เพื่อให้นำไปสู่ความสมบูรณ์ทางด้านระดับเสียง ความดัง-เบา ความสั้น-ยาว ความต่อเนื่อง การหยุดเสียง) Attack/Release (เวลาที่ใช้สำหรับการกลับสู่สภาพปกติ ใช้สำหรับอธิบายเมื่อเสียงที่ถูกสังเคราะห์มีระดับลดลงหลังจากปล่อยคีย์) คุณลักษณะที่สำคัญทางดนตรีนี้เป็นที่รู้จักและเข้าใจโดยทั่วกันว่า Tone Color



ภาพที่ 23 แบบจำลองพารามิเตอร์ทางดนตรีจากโครงการ ThuMP  
 ที่มา : บทความเรื่อง New Musical Design Considerations  
 (Garth PaineและHari Sundaram, 2013, น.82)

นอกจากนี้ยังมีการอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองในรายละเอียดย่อยของคุณลักษณะทางดนตรี ทั้ง 3 ประการ ดังนี้

#### 1. Pitch ประกอบด้วยปัจจัย 4 ประการ คือ

1.1 Pressure (ความดัน) ซึ่งประกอบด้วย Bow Pressure (ความดันที่เกิดจากแรงในการใช้คันชัก) และ Air Pressure (ความดันอากาศ)

1.2 Speed (ความเร็ว) ซึ่งประกอบด้วย Bow Speed (ความเร็วที่เกิดจากการใช้คันชัก) และ Air Speed (ความเร็วอากาศ)

1.3 Angle (มุมต่างๆ ที่มีผลกระทบกับอากาศ)

#### 1.4 Finger Position (ตำแหน่งนิ้ว)

### 2. Articulation ประกอบด้วยปัจจัย 4 ประการ คือ

2.1 Pressure (ความดัน) ซึ่งประกอบด้วย Bow Pressure (ความดันที่เกิดจากแรงในการใช้คันชัก) และ Air Pressure (ความดันอากาศ)

2.2 Speed (ความเร็ว) ซึ่งประกอบด้วย Bow Speed (ความเร็วที่เกิดจากการใช้คันชัก) และ Air Speed (ความเร็วอากาศ)

2.3 Angle คือ มุมต่างๆ ที่มีผลกระทบต่ออากาศ

2.4 Finger Position หมายถึง ตำแหน่งนิ้วและตำแหน่งของคันชัก

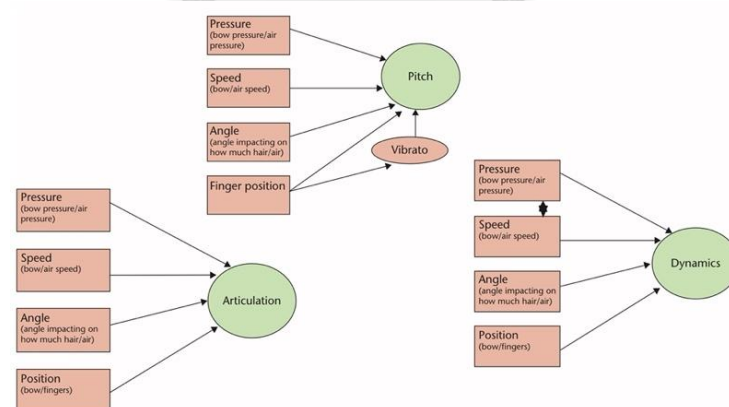
### 3. Dynamics ประกอบด้วยปัจจัย 4 ประการ คือ

3.1 Pressure (ความดัน) ซึ่งประกอบด้วย Bow Pressure (ความดันที่เกิดจากแรงในการใช้คันชัก) และ Air Pressure (ความดันอากาศ)

3.2 Speed (ความเร็ว) ซึ่งประกอบด้วย Bow Speed (ความเร็วที่เกิดจากการใช้คันชัก) และ Air Speed (ความเร็วอากาศ)

3.3 Angle คือมุมต่างๆ ที่มีผลกระทบต่ออากาศ

3.4 Finger Position หมายถึงตำแหน่งนิ้วและตำแหน่งของคันชัก (Garth Paine and Hari Sundaram, 2013, น.1-8)



ภาพที่ 24 แบบจำลองพารามิเตอร์ควบคุมทางดนตรีจากโครงการ ThuMP

ที่มา : บทความเรื่อง New Musical Design Considerations

(Garth Paine และ Hari Sundaram, 2013, น.83)

Andrew McMillan และ Fabio Morreale ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างนักดนตรีกับเครื่องดนตรี หมายถึง ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ระหว่างนักดนตรีกับเครื่องดนตรีเสมือนเป็นส่วนหนึ่งของร่างกาย ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ ต่อเมื่อนักดนตรีปราศจากความกังวลในการเข้าถึงเครื่องดนตรี ทั้งในการเล่น การเข้าใจและจัดการกับ ปัญหาทางด้านเทคนิคก็จะส่งผลให้ไม่เกิดความวิตกกังวลในขณะบรรเลง

2. ความสะดวกและการติดตั้งเครื่องดนตรีที่ง่าย เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกหนึ่งประการที่ช่วย เสริมให้นักดนตรีไร้ความกังวลในการจัดเตรียมหรือติดตั้งเครื่องดนตรี

3. เป็นเครื่องดนตรีที่สามารถเล่นได้ในนักดนตรีทักษะระดับเริ่มต้น ระดับกลางและระดับสูง เพื่อเปิดโอกาสในการเข้าถึงเครื่องดนตรีให้นักดนตรีทุกระดับได้รับประสบการณ์ในการฝึกฝนทักษะ และก้าวไปสู่การมีทักษะในระดับสูง (Andrew McMillan and Fabio Morreale, 2023, น.3-7)

นอกจากนี้ Andrea Santini ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับหลักการออกแบบเครื่องดนตรี โดยมี รายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของเครื่องดนตรี นอกจากจะหมายถึงคุณภาพเสียงที่ได้กล่าวใน ข้างต้นแล้ว ยังหมายถึงความสะดวกสบายและความสวยงามของเครื่องดนตรีด้วย ปัจจัยที่กล่าวมานี้ เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงให้นักดนตรีเกิดความหลงใหลและเกิดความปรารถนาในการใกล้ชิดเครื่องดนตรีมาก ยิ่งขึ้น เครื่องดนตรีที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะเป็นจุดดึงดูดความสนใจจากผู้ชมและนักดนตรี

2. ลักษณะการเคลื่อนไหวหรือท่าทางในการบรรเลง โดยส่วนใหญ่ในการบรรเลงดนตรี นักดนตรีมักมีลักษณะท่าทางที่คงที่และใช้อวัยวะเพียงไม่กี่ส่วนในการบรรเลง เช่น มือ แขน และเท้า แต่เมื่อนักดนตรีรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งกับเครื่องดนตรีแล้วก็จะมีการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างอัตโนมัติเพื่อ ประสานความเป็นหนึ่งเดียวหรือเกิดอารมณ์ร่วมในการบรรเลง และการแสดงออกของนักดนตรีในการ เคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะพิเศษหรือทำให้ดูราวกับแสดงควมมีพลังอำนาจ กล่าวคือ อาจมีการ แสดงออกของท่าทางที่ชัดเจนมากขึ้นนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหรือต้องการควบคุมเสียงดนตรีบาง ช่วงที่มีความพิเศษและน่าสนใจ หรือมีอิสระในท่าทางการบรรเลงสูงสามารถบรรเลงได้ทั้งแบบนั่งและ แบบยืน

3. วิธีการจัดเรียงโน้ตหรือระดับเสียงของเครื่องดนตรี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโทนเสียงของเครื่องดนตรีสามารถสร้างระดับเสียงเครื่องดนตรีที่หลากหลายตอบสนองต่อการบรรเลงและสื่อสารอารมณ์ได้กว้างยิ่งขึ้น

4. ความสะดวกในการพกพาเครื่องดนตรี เครื่องดนตรีที่พกพาสะดวกจะช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์ทางด้านอารมณ์ให้แก่นักดนตรีและเครื่องดนตรี และอาจเกิดการสร้างสรรค์ผลงานในบริบทที่แปลกใหม่และยังไม่เคยปรากฏในทีใด เช่น การนำเครื่องดนตรีไปบรรเลงในทุ่งหญ้าหรือสถานที่ต่างๆ

5. วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี เครื่องดนตรีร่วมสมัยบางชนิดมีรูปร่างที่น่าสนใจและมีความกลมกลืนกับธรรมชาติ นอกจากจะสร้างสุนทรียะพื้นฐานแล้ววัสดุบางชนิดเช่นดินยังสามารถขึ้นรูปเครื่องดนตรีได้ง่ายและมีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงที่ดี อีกทั้งยังมีการนำวัสดุเหลือใช้มาสร้างเครื่องดนตรีด้วย ทั้งนี้การเลือกใช้วัสดุจะต้องพิจารณาจากจุดประสงค์ในการบรรเลงและสรีระของผู้บรรเลงด้วย

6. มีคุณลักษณะเสียงที่เฉพาะ หมายถึงเครื่องดนตรีชิ้นนั้นนอกจากจะมีน้ำเสียงที่ไพเราะแล้วยังต้องมีอัตลักษณ์ในน้ำเสียงแตกต่างจากเครื่องดนตรีชิ้นอื่นที่เคยปรากฏ

นอกจากปัจจัยที่ได้กล่าวในข้างต้นเพื่อเป็นแนวคิดในการออกแบบเครื่องดนตรีแล้ว ท้ายที่สุดลักษณะเสียงเครื่องดนตรีจะแตกต่างกันไปตามลักษณะพื้นที่ที่บรรเลง เนื่องจากทำหน้าที่ในการสะท้อนเสียงและการสั่นสะเทือนของตัวกลางที่อยู่ในอากาศอันส่งผลต่อการเดินทางของคลื่นเสียงที่มาจากเครื่องดนตรี (Andrea Santini, 2004, น.11-46)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องดนตรีสามารถสรุปได้ว่าการออกแบบเครื่องดนตรีต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ต่างๆ ที่มีความสำคัญและนำมาสู่ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องดนตรีกับนักดนตรี ได้แก่ สุนทรียภาพทางด้านดนตรี วัตถุประสงค์หรือหน้าที่ของเครื่องดนตรี พารามิเตอร์ที่หมายรวมถึงคุณลักษณะทางเสียง อันเกิดจากอุปกรณ์ มุมและระดับการเคลื่อนไหวร่างกายของนักดนตรีที่กระทำต่อเครื่องดนตรี เมื่อนักดนตรีเรียนรู้ทำความเข้าใจในลักษณะของเครื่องดนตรีประกอบกับการฝึกฝนจนเกิดความคล่องตัวก็จะทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างนักดนตรีกับเครื่องดนตรี วิธีการจัดเรียงโน้ตเป็นหนึ่งในพื้นฐานของการสร้างความสัมพันธ์ที่ตระหว่างนักดนตรีกับเครื่องดนตรี หากมีการออกแบบที่มีการจัดเรียงโน้ตไม่ซับซ้อนหรือซ้ำไปมา โดยเรียงลำดับจากเสียง

ต่ำก่อนแล้วจึงไปเสียงสูงตามความคุ้นเคยและธรรมชาติของของมนุษย์ก็จะทำให้เกิดศักยภาพในการบรรเลง ซึ่งเครื่องดนตรีที่ออกแบบและสร้างสรรค์ขึ้นควรเหมาะกับผู้เล่นที่มีทักษะหลากหลาย ตั้งแต่ระดับเริ่มต้นจนถึงระดับสูง ความสะดวกในการติดตั้งและความสะดวกในการพกพาเครื่องดนตรีก็เป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อให้นักดนตรีเกิดความสะดวกสบาย ลดภาระในการจัดเตรียมเครื่องดนตรีและลดความกังวลให้แก่ักดนตรี ลักษณะทางกายภาพยังเป็นปัจจัยที่ทำให้ักดนตรีเกิดความหลงใหลและดึงดูดผู้ชมผู้ฟังได้มากขึ้น ทั้งนี้เครื่องดนตรีควรมีคุณลักษณะเสียงที่เฉพาะเพื่อสร้างอัตลักษณ์และประการสุดท้ายคือวัสดุที่ใช้ในการสร้างอาจมีการใช้วัสดุร่วมสมัยที่ให้คุณลักษณะเสียงที่ดีและรูปลักษณะแปลกใหม่มีความน่าสนใจโดยพิจารณาจากสรีระผู้บรรเลงและวัตถุประสงค์ของเครื่องดนตรีเป็นสำคัญ

ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยสร้างสรรค์เครื่องดนตรีโดยใช้หลักเกณฑ์การออกแบบเครื่องดนตรีครบทั้งหมด 12 ประการ เพื่อให้เครื่องดนตรีที่มีคุณภาพ เกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้บรรเลง โดยคำนึงถึงคุณลักษณะเสียงและคุณลักษณะทางกายภาพเป็นสำคัญ

### 2.3.8 วัสดุ

#### 2.3.8.1 คุณสมบัติของวัสดุ

ผู้วิจัยทำการศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต พบว่ามีนักวิชาการหลายท่านได้อธิบายไว้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นวนน้อย บุญวงษ์ ได้อธิบายถึงการพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งาน ความว่า

นอกเหนือจากความรู้เกี่ยวกับชนิดของวัสดุที่มีให้เลือกใช้งานได้แล้ว นักออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านคุณสมบัติตามธรรมชาติของวัสดุแต่ละชนิด เมื่อวัสดุถูกใช้งานในสภาวะแวดล้อมต่างๆ นักออกแบบควรรู้ในแง่ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนเหตุผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติของวัสดุเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบปฏิบัติการที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ซึ่งถูกควบคุมภายในห้องปฏิบัติการ และทำการบันทึกรวบรวมไว้ คุณสมบัติของวัสดุที่จำเป็นต่อการออกแบบมี 2 ด้านดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพ(Physical Properties) เป็นคุณสมบัติประจำตัวที่ทำให้วัสดุแต่ละชนิดแตกต่างกัน ได้แก่ลักษณะทางด้านสี ความหนาแน่น ความร้อน

จำเพาะ การขยายตัวจากความร้อน – ไฟฟ้า จุดหลอมตัวและคุณสมบัติทางแม่เหล็ก เป็นต้น

2. คุณสมบัติทางกลศาสตร์ (Mechanical Properties) เป็นคุณสมบัติที่กำหนดได้โดยนำวัสดุไปทำการทดสอบเมื่อมีแรงมากระทำ เพื่อดูว่ามันเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร ผลการทดสอบทำให้รู้ค่าเกี่ยวกับความแข็ง (Hardness) ความล้า (Fatigue) การอ่อนตัว (Ductility) และกำลัง (Strength) เป็นต้น (นวลน้อย บุญวงษ์, 2542, น.90-91)

อุดมศักดิ์ สาริบุตร ได้อธิบายคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต ความว่า

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถในการรับแรงได้โดยไม่ทำให้วัสดุแตกหักหรือเกิดการเสียหาย ความแข็งแรงนี้สามารถแยกออกเป็น

1.1 ความแข็งแรงในการรับแรงดึง (Tensile Strength) คือ ความสามารถของวัสดุในการต้านทานต่อการแตกหัก เมื่อวัสดุนั้นได้รับแรงดึงออกจากกันทั้งสองข้าง ความแข็งแรงในการรับแรงดึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับวัสดุที่นำมาทำโครงสร้าง เช่น พลาสติกสามารถรับแรงดึงสูงสุดประมาณ  $\frac{1}{2}$  ของอะลูมิเนียม เป็นต้น

1.2 ความแข็งแรงในการรับแรงกด (Compressive Strength) คือ ความสามารถของวัสดุที่สามารถทนต่อการปริหรือแตกเมื่อได้รับแรงอัด เช่น เหล็กหล่อเป็นวัสดุที่สามารถรับแรงอัดได้เป็นอย่างดี เป็นต้น

1.3 ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน (Shearing Strength) คือ ความสามารถของวัสดุที่สามารถทนทานต่อการถูกเฉือน เช่น แผ่นโลหะถูกกรรไกรตัด และทนทานต่อการโค่นตัดหรือเฉือนจึงไม่ขาดออกจากกัน เป็นต้น

2. ความแข็งของผิว (Hardness) คือ คุณสมบัติในการทนต่อการสึกกร่อน การสึกหลอ การขีดข่วนและการถูกกด โดยทั่วไปวัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่าจะสามารถกดวัสดุที่มีลักษณะโครงสร้างหรือมวลที่อ่อนกว่าให้เป็นรอย

3. ความเปราะ (Brittleness) คือ คุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์หรือไม่ควรมีในวัสดุ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรม เช่น ถ้วยรับกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

4. ความสามารถในการยืดตัว (Ductility) คือ คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถรับแรงดึงและแรงอัดให้สามารถยืดตัวออกได้โดยง่าย โดยที่วัสดุเหล่านั้นไม่แตกหักหรือขาด เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง เหล็กกล้า ทองเหลืองและพลาสติก เป็นต้น

5. ความสามารถในการบิดงอและอัดรีดขึ้นรูปได้ (Malleability) คือ คุณสมบัติในการบิดงอและอัดรีดของวัสดุ จึงทำให้วัสดุสามารถบิดงอและอัดรีดขึ้นรูปได้ โดยไม่ทำให้วัสดุแตกหัก

6. ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว (Elasticity) คือ คุณสมบัติในการคืนตัวของวัสดุ หลังจากที่ได้รับแรงดึงหรืออัด เช่น เมื่อดึงยางออกจากกันและปล่อยมือ ยางจะกลับคืนในลักษณะเดิม เป็นต้น

7. ความสามารถในการนำหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า (Electrical Conductivity) คือ วัสดุที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เป็นต้น ในทางกลับกันมี วัสดุบางประเภทไม่สามารถให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ เช่น ยาง พลาสติก เป็นต้น

8. ความสามารถในการนำความร้อน (Heat Conductivity) คือ วัสดุบางประเภทที่มีคุณสมบัติที่ความร้อนไหลผ่านได้ดี เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เป็นต้น และ วัสดุบางอย่างความร้อนสามารถไหลผ่านได้สะดวก เช่น กระดาษชานอ้อย ไม้และใยแก้ว เป็นต้น (อุทกศักดิ์ สาริบุตร, 2549, น.85-88)

จากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตสามารถสรุปได้ว่า คุณสมบัติของวัสดุที่ควรพิจารณาสำหรับการนำมาผลิตประกอบด้วย ความแข็งแรง ทั้งความแข็งแรงทนทานต่อการกด แรงดึงและแรงเฉือน ทั้งนี้ความแข็งแรงยังรวมไปถึงความแข็งแรงของผิวด้วย คุณสมบัติที่ควรพิจารณาเป็นลำดับถัดไปคือความเปราะ ความเปราะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการชำรุดได้ง่าย คุณสมบัติในการยึดตัว บิดตัว อัดขึ้นรูป ยืดหยุ่นตัว รวมถึงการนำไฟฟ้าและการนำความร้อน คุณสมบัติที่กล่าวมานี้คือคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลศาสตร์

การสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายมีการนำคุณสมบัติของวัสดุมาพิจารณาเป็นสำคัญ เนื่องจากเครื่องดนตรีเป็นงานออกแบบที่สัมพันธ์กับมนุษย์ กล่าวคือมนุษย์เป็นผู้ใช้งานโดยตรง ฉะนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงหลักความปลอดภัยเป็นสำคัญ ประกอบกับเครื่องดนตรีมีการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการขนย้ายหรือเคลื่อนที่ฉะนั้นวัสดุที่นำมาสร้างจำเป็นต้องมีความปลอดภัยให้คุณลักษณะเสียงที่ดีและคงทนแข็งแรง

### 2.3.8.2 กฎในการเลือกใช้วัสดุ

อุทกศักดิ์ สาริบุตร ได้อธิบายเกี่ยวกับกฎในการเลือกวัสดุที่ใช้สำหรับการออกแบบและการผลิต มีรายละเอียดดังนี้



1. Formability หมายถึง ความสามารถในการทำให้วัสดุชนิดนั้นๆ เป็นงานสำเร็จรูปได้โดยง่าย
2. Machinability หมายถึง ความสามารถในการทำให้วัสดุชนิดนั้นๆ จะสำเร็จรูปได้ต้องใช้เครื่องจักรกลได้โดยง่าย
3. Mechanical – Stability หมายถึง คุณสมบัติด้านทางกลที่ไม่ทำให้วัสดุนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ใช้งาน
4. Electrical Behaviors หมายถึง การที่มีคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าที่เหมาะสมกับงาน
5. Cost หมายถึง มีราคาที่เหมาะสม

นอกจากคุณสมบัติที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนักออกแบบควรคำนึงถึงชนิด ขนาด รูปร่าง ความสะดวกในการจัดหา ปริมาณของวัสดุที่จำหน่าย คุณสมบัติและโครงสร้างของวัสดุเพื่อประกอบการพิจารณาการเลือกใช้วัสดุ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร, 2549, น.89)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับกฎในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการออกแบบสามารถสรุปได้ว่า วัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบควรเลือกโดยพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ง่ายต่อการนำมาสร้างชิ้นงาน เมื่อใช้เครื่องมือกับวัสดุนั้นก็ต้องสามารถทำได้โดยสะดวก ในขณะที่ใช้งานวัสดุคุณสมบัติทางกลต้องคงสภาพเดิม มีคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าและราคาที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังควรพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบวัสดุต่างๆ ถึงข้อจำกัด คุณสมบัติ หรือการพิจารณาหาวัสดุอื่นมาทดแทนเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย อาจมีการพิจารณาถึงบริบทต่างๆ ด้วย เช่น ความสะดวกในการขนส่ง แหล่งวัสดุ หรือการนำวัสดุเหลือใช้มาสร้างงานเพื่อทำให้เกิดมูลค่ามากขึ้น ตลอดจนการพิจารณาคัดเลือกวัสดุที่สามารถทำให้สร้างชิ้นงานได้โดยสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยมีการนำกฎในการเลือกวัสดุสำหรับใช้ในการออกแบบมาพิจารณาอย่างถี่ถ้วน เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ซึ่งยังไม่มีวัสดุหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ ฉะนั้นต้องต้องทำการพิจารณาถึงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ว่ามีความเหมาะสมกับการนำมาสร้างหรือนำมาเป็นส่วนประกอบต่างๆ มากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลศาสตร์เป็นสำคัญ ทั้งยังพิจารณาว่าวัสดุหรืออุปกรณ์ชิ้นใดสามารถนำมาสร้างชิ้นงานได้โดยสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงาน รวมถึงมีราคาเหมาะสม เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายจำเป็นต้องผ่านกระบวนการคิดค้น ทดลองและพัฒนา ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในเบื้องต้นอาจไม่เหมาะแก่การนำมาใช้งานและต้องทำการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์รูปแบบใหม่

### 2.3.8.3 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

นวน้อย บุญวงษ์ ได้อธิบายเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ ความว่า

วัสดุที่มีอยู่ทั่วไปมีการจัดแบ่งอย่างกว้างๆ ตามอุตสาหกรรมการผลิตได้เป็น 2 ประเภท

1. โลหะ (Metal) โลหะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือมีผิวเรียบเป็นมันแวววาว สามารถนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี มีความเหนียว อ่อนและยืดหยุ่นตัวดี โลหะยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

1.1 โลหะจำพวกเหล็ก (Ferrous) ได้แก่เหล็กชนิดต่างๆ เช่น เหล็กหล่อ (Cast iron) เหล็กตี (Wrought iron) และเหล็กกล้า (Steel) เป็นต้น เหล็กเป็นโลหะที่นิยมใช้งานกันมาก เนื่องจากมีกระจายเป็นปริมาณมากทั่วโลกมีราคาต่อหน่วยกำลังของวัสดุต่ำ ขึ้นรูปได้ขณะร้อน มีความเหนียวและง่ายต่อการทำงานด้วยเครื่องจักร

1.2 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-ferrous) ได้แก่ อลูมิเนียม ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ทอง เงินและอื่นๆ มากกว่า 40 ชนิดที่นิยมนำมาใช้ผลิตในระบบอุตสาหกรรม มีคุณลักษณะทนต่อการผุกร่อน อ่อนง่ายต่อการขึ้นรูป น้ำหนักเบา เป็นสื่อไฟฟ้าและความร้อนที่ดีและมีสีหลากหลายให้เลือกใช้

2. อโลหะ (Non-metal) อโลหะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวเมื่อเทียบกับโลหะมักจะอ่อนกว่า หนาแน่นน้อยกว่า เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่เลว ไม่มีความยืดหยุ่นตัวดี เท่าโลหะ อโลหะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

2.1 อินทรีย์วัตถุ (Organic) คือวัสดุจำพวกอโลหะซึ่งมีที่มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ ที่นิยมนำมาใช้ในงานออกแบบมี 5 ชนิดได้แก่ กระดาษ หนัง ยาง ไม้ และวัสดุสังเคราะห์ จำนวนพลาสติกซึ่งในปัจจุบันและในอนาคตมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางเพื่อทดแทนวัสดุจากธรรมชาติทั้งหมดไปอย่างรวดเร็ว

2.2 อนินทรีย์วัตถุ (Inorganic) คือวัสดุจำพวกอโลหะซึ่งมาจากสิ่งไม่มีชีวิต มีอยู่มากมายหลายชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้ในงานออกแบบมี 4 ชนิด ได้แก่ ดิน แก้ว ซีเมนต์ และหินทั้งชนิดอัญมณีที่มีค่าและพลอยเนื้ออ่อนที่ไม่มีค่าสูง (นวลน้อย บุญวงศ์, 2542, น.88-90)

สภาพ ดิบญามี ณ ชุมแพ ได้มีความเห็นเกี่ยวกับการแบ่งประเภทวัสดุที่ใช้ในการออกแบบว่ามี 2 ประเภท คือ

1. โลหะ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 โลหะประเภทเหล็ก (Ferrous Metal) คือ โลหะที่มีส่วนประกอบของเหล็ก เช่น เหล็กกล้า เหล็กไร้สนิม เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ

1.2 โลหะประเภทที่ไม่ใช่เหล็ก (Non Ferrous Metal) ได้แก่ สังกะสี ทองเหลือง ทองแดง อะลูมิเนียม

2. โลหะ คือ วัสดุที่ไม่ได้เป็นประเภทโลหะ แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

2.1 สารอินทรีย์ธรรมชาติ (Organic Materials from Natural Sources) คือ วัสดุที่มีต้นกำเนิดมาจากธรรมชาติ เช่น ดิน หิน ยาง หนังสัตว์

2.2 สารอินทรีย์สังเคราะห์ (Organic Materials : Synthetically Prepared) คือ วัสดุที่มีต้นกำเนิดหรือเกิดจากมนุษย์ เช่น แก้ว กระจก พลาสติก ปูนซีเมนต์ (สภาพ ติบุญมี ณ ชุมแพ, 2550, น.62-63)

อุดมศักดิ์ สาริบุตร ได้อธิบายเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

1. เหล็ก

เหล็กบริสุทธิ์จะมีคุณสมบัติพิเศษคือมีความเหนียว มีความอ่อนตัวมาก มีความหนาแน่นที่ 20 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับ 7.87 กรัม/ลบ.ซม. มีจุดหลอมเหลวที่ 1539 องศาเซลเซียส สามารถเดือดเป็นไอในอุณหภูมิ 2450 องศาเซลเซียส มีความร้อนแฝงจากการหลอมละลายที่ 65 แคลอรี/กรัม แต่เมื่ออุณหภูมิเหล็กอยู่ที่ 768 องศาเซลเซียส แม่เหล็กจะขาดคุณสมบัติคือดูไม่ติด ทั้งนี้ข้อเสียของเหล็กคือเกิดสนิมได้ง่าย เนื่องจากมีความสามารถในการรวมตัวกับออกซิเจน จึงทำให้ขาดคุณสมบัติในความทนทานต่อสนิม

เหล็กที่จำหน่ายทั่วไปทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1. เหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบ มีหลากหลายรูปแบบ เช่น เหล็กหล่อสีขาวและสีเทา คุณสมบัติของเหล็กที่มีอยู่ทั่วไปในเหล็กทุกชนิดคือมีความแข็งแรงมาก ส่งผลให้เกิดการเปราะหรือแตกได้ง่าย คุณสมบัติพิเศษของเหล็กหล่อคือมีความเหนียวมากและมีความสามารถในการรับแรงมาก

2. เหล็กอ่อน คุณสมบัติพิเศษคือสามารถตีเพื่อขึ้นรูปได้ง่าย

3. เหล็กกล้า มีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่

3.1 เหล็กกล้าชนิดอ่อน เช่น ตะปูตัวถังรถยนต์ เหล็กเส้นสำหรับงานก่อสร้าง

3.2 เหล็กกล้าปกติ เช่น เครื่องมือช่างไม้ เครื่องจักรของรถแทรกเตอร์

3.3 เหล็กกล้าแข็ง เช่น ตะใบ มีดกลึง เหล็กแกะสลัก

ทั้งนี้เหล็กคาร์บอนและเหล็กผสมสามารถเสริมคุณสมบัติต่างๆ ได้โดยการเติมส่วนผสมในเนื้อเหล็ก กล่าวคือ คาร์บอนช่วยเสริมให้เกิดความแข็งแรง นิกเกิลช่วยเสริมให้เกิดความเหนียว ความแข็ง และทนต่อความร้อน โครเมียมช่วยเสริมเพื่อป้องกันการเกิดสนิมและแมงกานีสช่วยเสริมให้เกิดความแข็งแรง ทนต่อแรงกระแทกและการสึกหรอ

2. เหล็กท่อ เป็นเหล็กที่นำไปรีดให้มีลักษณะเป็นแผ่นหลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการพับหรือม้วนให้มีลักษณะเป็นท่อให้มีรูปร่างหรือขนาดที่ตรงกับความต้องการ เหล็กหล่อใช้ในงานที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างและใช้เหล็กกล้าสำหรับการผลิตตามมาตรฐานของประเทศอังกฤษ หากต้องการให้เหล็กท่อกับคุณสมบัติพิเศษเพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้งานสามารถผสมธาตุอื่นๆ ได้

3. ท่อเหล็กแป๊บ ท่อเหล็กแป๊บเป็นเหล็กกล้าที่ผลิตจากเหล็กกล้าตามมาตรฐานของประเทศอังกฤษ มีคุณสมบัติพิเศษสามารถต้านทานแรงดึงตั้งแต่ 33 – 47 กก.ต่อตารางมิลลิเมตร และผ่านการตรวจสอบจากแรงอัดของเหลว สามารถต้านทานได้ถึง 50 กก.ต่อตารางเซนติเมตรหรือประมาณ 700 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ท่อเหล็กกล้ามีสองลักษณะคือแบบชุบสังกะสีและไม่ชุบสังกะสี ท่อเหล็กกล้าแบบชุบสังกะสีจะมีลักษณะเป็นเกลียวทั้งสองด้านและจะมีต่อหนึ่งด้านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น การลำเลียงน้ำมันแก๊ส และไอน้ำ การประปา การชลประทานหรือเป็นโครงสร้างทั่วไป

4. ท่อเหล็กกล้าเฟอร์ริเจอร์ ผลิตจากเหล็กรีดเย็นมีคุณภาพสูง ผิวของท่อเหล็กกล้าชนิดนี้จะเรียบและสวยงาม จึงทำให้ง่ายต่อการชุบโครเมียมและสะดวกต่อการตัดโค้งถึง 90 องศา และไม่ทำให้เกิดการแตก และเสียหายของผิวท่อ ท่อเหล็กกล้าเฟอร์ริเจอร์มีทั้งแบบชนิดกลมและชนิดเหลี่ยม

5. โลหะแผ่น มีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่โลหะแผ่นที่นำมาใช้งานจะผลิตจากเหล็กที่ผ่านการรีดให้มีลักษณะเป็นแผ่นและมีความหนาแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน โลหะแผ่นโดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ โลหะแผ่นเปลือยและโลหะแผ่นเคลือบ โลหะแผ่นเปลือยโดยมากจะสร้างจากโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม ทองเหลือง โลหะแผ่นเคลือบมักสร้างจากเหล็ก แล้วนำไปเคลือบผิวด้วยธาตุต่างๆ เช่น สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก อีกทั้งยังสามารถผสมโลหะชนิดอื่นได้ เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง เป็นต้น การเคลือบผิวนี้อาจช่วยในการป้องกันการเกิดการสึกกร่อนและเพิ่มความแข็งแรงทนทาน

ฉะนั้นการใช้งานโลหะแผ่นควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะงานหรือการนำไปใช้ หากจะทำงานในลักษณะของการนำแผ่นโลหะไปเชื่อม ตะไบ ชัดผิวหรืออื่นๆ ควรใช้โลหะแผ่นเปลือย เพราะถ้าใช้โลหะแผ่นเคลือบจะทำให้ผิวเกิดการสึกกร่อนหรือได้รับความเสียหายได้ เนื่องจากสูญเสียโลหะที่เคลือบผิวไป

### พลาสติก

พลาสติกคือสารสังเคราะห์ (Synthetic Materials) ที่สร้างโดยมนุษย์ พลาสติกส่วนมากสร้างจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ โดยเกิดจากการประกอบกันของสารหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน คลอรีน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน คาร์บอน หรือบางชนิดอาจมีเพียงธาตุไฮโดรเจนและคาร์บอน พลาสติกเป็นวัสดุที่มีโมเลกุลสูงและสามารถคงรูปได้เมื่อผ่านกระบวนการการผลิต

และในขณะที่ทำการผลิตด้วยแรงอัดหรือความร้อนหรือทั้งสองอย่างก็จะทำให้พลาสติกเกิดการอ่อนตัว

พลาสติกมีชื่อเรียกทางเคมีว่าพอลิเมอร์ (Polymers) เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้นโดยมนุษย์ พอลิเมอร์ที่มาจากธรรมชาติ (Natural Polymers) เช่น ฝ้าย ไม้ ยาง ขนสัตว์ หนังสัตว์ และพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymers) คือ พลาสติก ซึ่งพอลิเมอร์สังเคราะห์หรือพลาสติกเกิดจากการรวมกันของโมเลกุลอิสระ และผ่านกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เรียกว่า พอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization)

พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษมากมาย เช่น แข็ง อ่อนนุ่ม เหนียวทนทาน ยืดตัว ใส ทึบ ลอยน้ำได้ น้ำหนักเบา ทนต่อความร้อน ทนต่อการสึกกร่อน ทนต่อสารเคมี กันน้ำ กันความชื้น เป็นฉนวนไฟฟ้า มีความหล่อลื่นในตัว สามารถเปลี่ยนแปลงให้มีสีกลิ่นต่างๆ ตามความต้องการ

ลักษณะของวัตถุดิบพลาสติกมี 3 ชนิด คือ ผง (Powder) เม็ด (Pellet and Granule) และเหลว (Liquid) ด้วยลักษณะของวัตถุดิบที่หลากหลายนี้จึงสามารถเลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสม กล่าวคือ ถ้าเป็นชนิดผงและเม็ดจะเหมาะกับการผลิตโดยใช้เครื่องจักรและมีปริมาณในการผลิตมาก ชนิดเหลวเหมาะกับงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น ผลิตภัณฑ์ไม้อัดเคลือบผิวพลาสติก เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบพลาสติกชนิดเหลว ได้แก่ อีพอกซี พอลิเอสเตอร์และพอลิยูเรเทน วัตถุดิบพลาสติกชนิดเหลวที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือขนาดกลาง เช่น อะคริลิก

ประเภทของพลาสติก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เทอร์โมเซตติง (Thermosetting) คือ พลาสติกชนิดหนึ่งที่มีรูปทรงคงที่เมื่อผ่านการผลิตโดยใช้ความร้อน แรงอัดหรือการหล่อพลาสติกที่มีความเหลว (Pressure) พลาสติกชนิดนี้ไม่สามารถนำไปหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เทอร์โมเซตติงมีหลายชนิดชนิดที่มีความสำคัญและมีการใช้งานกว้างขวาง ได้แก่

1.1 อะมิโน (Amino) มีคุณสมบัติพิเศษในการรับแรงอัดและแรงบดงอได้ดีมาก ทนต่อความร้อนสูง เมื่อมีการผสมใยหิน (Asbestos) ก็จะทำให้สามารถทนความร้อนได้สูงสุดที่ 400 องศาฟาเรนไฮต์และทนความเย็นได้ที่ -70 องศาฟาเรนไฮต์ น้ำหนักมากกว่าพลาสติกชนิดอื่นเล็กน้อย รับแรงดึงได้ระดับกลาง ทนต่อกรดต่างชนิดอ่อนได้ดี สามารถทนทานต่อสารชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมัน ไขมัน ทินเนอร์ ผงซักฟอก ทั้งนี้มีความสามารถในการดูดซึมของเหลวบางชนิด เช่น ซา กาแฟ จึงทำให้เกิดคราบได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าความถี่ต่ำ จึงไม่เหมาะกับการใช้งานที่มีกระแสไฟฟ้าความถี่สูง

1.1.1 ยูเรีย (Urea) แบบเหลวได้รับความนิยมในการทำกาสำหรับใช้กับงานไม้อัดและชิปบอร์ด รวมถึงทำน้ำยาเคลือบผิว สามารถทำอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น ตู้วิทยุ ปุ่มจับด้ามเครื่องมือ

1.1.2 เมลามีน (Melamine) นิยมนำไปผลิตเป็นถ้วยชาม และสามารถทำวัสดุสำหรับปิดผิวโต๊ะที่รู้จักกันในชื่อ โฟร์ไมกา และ Texolite ที่มีลักษณะเหลวใช้สำหรับทำกา

1.2 อีพอกซี (Epoxy) คุณสมบัติของอีพอกซีสามารถรับแรงดึงได้ในระดับสูง รองมาคือการรับแรงอัดได้ในระดับดีและรับแรงกระแทกได้ในระดับปานกลาง มีน้ำหนักปานกลาง และยังสามารถเชื่อมหรือติดกับวัสดุอื่นๆ ได้ดีมีความแนบแน่นสูง เช่น โลหะ เซรามิก ยาง แก้ว เป็นต้น ไม่ว่าวัสดุนั้นจะมีพื้นผิวอย่างไร คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการคือมีความอ่อนตัว (Flexibility) มีการหดตัวน้อย นอกจากนี้ยังเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี สามารถทนความร้อนได้สูงสุดที่ 600 องศาฟาเรนไฮต์ ในการใช้งานทั่วไปที่อีพอกซีมีสภาพปกติจะทนความร้อนที่ 200-300 องศาฟาเรนไฮต์ และความเย็นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปร่าง ทนต่อกรด ด่างและสารละลายชนิดอื่น ยกต่อการติดไฟและสามารถดับไฟได้ด้วยตัวเอง จึงเหมาะแก่การทำวัสดุประเภทกาหรือวัสดุเคลือบผิวและสามารถนำไปหล่อเพื่อสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบได้ ด้วยคุณสมบัติของอีพอกซีที่มีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงมากจึงถูกนำไปใช้ในการสร้างชิ้นส่วนรถยนต์และเฮลิคอปเตอร์

1.3 ฟีนอลิก (Phenolic) หรือที่รู้จักกันในชื่อ เบเกิลไลท์ (Bakelite) เป็นพลาสติกชนิดหนึ่งที่มีความแข็งแรงมาก ทนต่อแรงอัดในระดับสูง สามารถรับแรงดึงได้ระดับปานกลาง ทนต่อแรงบิดงอในระดับต่ำ มีน้ำหนักปานกลาง ฟีนอลิกมีทั้งแบบทึบแสง แบบขุ่นและแบบใส และมีทั้งแบบที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัด ความร้อนและแบบหล่อเย็น ทนต่อกรดและด่างชนิดอ่อนได้ แต่ไม่ทนต่อกรดออกซิไดซิงและด่างแก่ ทนสารเคมีประเภทอื่นๆ เช่น แอลกอฮอล์ ไขมัน น้ำมัน น้ำ เป็นต้น ทนต่อความร้อนสูงในสภาวะปกติสูงสุดที่ 400 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถใช้งานได้ในพื้นที่สภาพที่มีอุณหภูมิต่ำหรือเย็น นำความร้อนได้ไม่ดี ยกต่อการติดไฟและสามารถดับไฟได้ด้วยตนเอง มีสมบัติทางไฟฟ้าอยู่ในระดับดีทั้งในความถี่สูงและต่ำ ฟีนอลิกแบบชนิดเหนียวนิยมใช้เป็นวัสดุประสานสำหรับกันสารเคมีกาไม้อัดที่กันน้ำ และยังสามารถทำโฟมได้เนื่องจากสามารถขยายตัวได้ถึง 300 เท่า นิยมนำไปใช้ในการทำหุ่นลอยน้ำ ตัวเสริมความแข็งแรงให้เครื่องบิน ด้ามจับอุปกรณ์เครื่องครัวต่างๆ รวมถึงถาดบรรจุสารเคมี ฝาครอบจานจ่ายรถยนต์

1.4 พอลิเอสเทอร์ (Unsaturated Polyester Resin) หรือพอลิเอสเทอร์เรซินเมื่ออยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสจะสามารถรับแรงดึง แรงอัดและแรงบิดงอได้ในระดับดี ผิวหน้ามีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อม มีคุณสมบัติการหดตัวเล็กน้อยแต่อยู่ในระดับมากกว่าถ้าเปรียบเทียบกับอีพอกซี ทนทานต่อกรดและด่างชนิดอ่อน สามารถทนต่อความร้อนสูงที่ 250-350 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี สามารถติดไฟได้ช้าและสามารถดับได้ด้วยตัวเอง สามารถ

นำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น ชิ้นส่วนเครื่องบิน เฟอร์นิเจอร์ ถึงบรรจุของเหลว ทั้งยังสามารถทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการหล่อ เช่น งาม้าเทียม หินอ่อนเทียม เป็นต้น ในขณะที่พอลิเอสเตอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกก็ได้รับความนิยมในการนำไปสร้างเป็นเส้นใยสำหรับการทอผ้า ทั้งยังมีฉนวนไฟฟ้าในระดับดี

1.5 ซิลิโคน (Silicone) เป็นพลาสติกชนิดหนึ่งที่สามารถรับแรงดึง แรงอัดและแรงบิดงอได้ระดับปานกลาง มีการนำไปใช้งานทั้งในรูปของเหลวและรูปถาวร สามารถทนต่อความร้อนและความเย็นในระดับดี ตั้งแต่ -150 – 600 องศาฟาเรนไฮต์ และทนความร้อนได้ถึง 900 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถติดไฟได้ช้ามาก แต่สามารถนำความร้อนได้ในระดับดี ทนต่อแสงแดด มีสมบัติทางไฟฟ้าในระดับดีมาก ทั้งยังเป็นฉนวนไฟฟ้าในระดับดีทั้งในกระแสไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำและสูง ทนต่อกรดและด่างได้เกือบทุกประเภท นิยมนำไปใช้กับงานที่ต้องการความทนทานสูง เช่น ยางแม่แบบ ขอบบานปิดเปิดของยานอวกาศ

1.6 ยูเรเทน (Urethane) หรือพอลิยูเรเทน (Polyurethane) หรือพอลิยูเรเทน (Polyurethane) ทั้งในรูปแบบของแข็ง ของเหลวและฟองน้ำ คุณสมบัติเด่นของยูเรเทน คือมีน้ำหนักเบา ทนทานต่อการสึกกร่อน มีความเหนียว ทนต่อสารเคมี ยากต่อการติดไฟ ยูเรเทนในรูปของโฟมจะมีคุณสมบัติในการเก็บเสียง สามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ระดับดี มีความเหนียว ทนต่อความร้อนและความเย็นในระดับดี สามารถใช้งานในอุณหภูมิ -50 – 250 องศาฟาเรนไฮต์ ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นของยูเรเทนจึงมีการนำไปใช้งานอย่างหลากหลาย เช่น ทำเบาะรถยนต์ แผ่นกันเสียง น้ำยาเคลือบไม้ โลหะ ผ้า คอนกรีต ขนแปรง กาว หนังเทียม

2. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) เป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เทอร์โมพลาสติกมีหลายชนิดชนิดที่มีความสำคัญและมีการใช้งานกว้างขวาง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 อะซีตอล (Acetal) มีคุณสมบัติพิเศษคือมีความเหนียว แข็งแรง ทนทาน สามารถรับแรงดึงได้ระดับสูง ทนทานต่อสารเคมี ปราศจากกลิ่นและรส จึงเป็นวัสดุที่ปลอดภัย สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพในอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่น้ำเดือดและมีจุดต่ำกว่า ผิวสัมผัสคล้ายพอลิโพรพีลีน (Polypropylene) คล้ายเทียนไข มีเนื้อโปร่งแสงและทำสีได้หลากหลาย การใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลากหลาย เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์และเครื่องจักรกลที่ต้องใช้การรับแรงเสียดทานและมีความแข็งแรงเป็นพิเศษ

2.2 อะครีลิก (Acrylic) หรือเพลกซิกลาส (Plexiglas) พอลิกลาส (Polyglas) ฯลฯ พลาสติกชนิดนี้สามารถทนต่อสารเคมีได้ระดับปานกลาง ไม่สามารถทนทานต่อกรดชนิดเข้มข้นหรือน้ำมันเบนซินได้ และมีความแข็งแรงระดับปานกลางสามารถเกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย มีความใส ผ้าและทึบแสง มีการนำอะครีลิกไปผสมกับพลาสติกชนิดอื่น เช่น สไตรีน (Styrene) บ้างพีวีซี (PVC) เกิดเป็น

พลาสติกชนิดใหม่ เช่น Methyl Methacrylate - Styrene เป็นต้น สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น ป้ายโฆษณา กระจกแว่นตา โคมไฟ สีรถยนต์

2.3 ฟลูออโรคาร์บอน (Fluorocarbons) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักมากที่สุด คุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น สามารถรับแรงดึงและแรงอัดได้ระดับปานกลาง สามารถรับแรงกระทบได้ระดับสูง ทนทานต่อความร้อน เป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่สามารถดูดซึมน้ำได้ และไม่ติดง่าย Non - Adhesive มีสมบัติคงที่ทั้งอยู่ในอุณหภูมิสูงถึง 480 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน หากมีระยะเวลาสั้นจะสามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นและเพิ่มแรงกดดัน (Pressure) มีจุดหลอมละลายสูงถึง 930 องศาฟาเรนไฮต์ ถึงแม้จะอยู่สภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ -320 องศาฟาเรนไฮต์ที่เท่ากับไนโตรเจนและมีสมบัติทางหยุ่นตัว (Flexibility) คงสภาพ นอกเหนือจากนี้ยังมีความเสียดทานต่ำและไม่ติดง่าย เป็นฉนวนทางไฟฟ้าในระดับสูงโดยที่ไม่ผกผันตามความถี่ อุณหภูมิและความชื้น ทนต่อสารเคมีได้ทุกชนิดยกเว้น Fluorine และ Molten Al-kali Metals พลาสติกสูตร CTFE มีทั้งแบบใส ฝ้า ทึบ ขาวและทำสีต่างๆ ได้ ฟลูออโรคาร์บอนถูกนำไปใช้งานที่ต้องการคุณสมบัติหลากหลาย เช่น แหวนลูกสูบ วาล์ว

2.4 พอลิเอไมด์ (Polyamide) หรือไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ทนต่อแรงเสียดทานระดับสูง สามารถรับน้ำหนัก รับแรงดึงและแรงอัดได้ระดับดี ทนทานต่อความร้อนและทนต่อการขีดข่วน ทนต่อการโดนขีดข่วน สามารถทนต่อการกดชนิดอ่อนและต่างชนิดอ่อนและแข็ง ทนทานต่อสารเคมีบางชนิด เช่น น้ำมัน ไขมัน แอลกอฮอล์ สามารถดูดซึมน้ำได้ระดับหนึ่งจึงทำให้เกิดรอยได้จึงไม่เหมาะแก่การนำไปใช้กับงานภายนอก เนื้อของไนลอนมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีความโปร่งใสและสามารถทำสีต่างๆ ได้ ไนลอนที่สามารถรับน้ำหนักและแรงเสียดทานได้ระดับสูงจะใช้เส้นใยทำถุงเท้า เอ็นตักปลา รมชูชีพ และไนลอนที่มีสมบัติทางเสียดทานต่ำแต่ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนัก จะใช้ในการทำนํ้ายาเคลือบฐานสกีของเครื่องบินและใช้ในพื้นที่มี

## 2.5 พอลิโอเลฟิน (Polyolefin) แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

2.5.1 พอลิเอทิลีน (Polyethylene) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา หากเป็นลักษณะแผ่นบางจะสามารถพับหรืองอได้เป็นอย่างดี และถ้ามีความหนาที่มากขึ้นจะมีคุณสมบัติคงตัวรับแรงดึงและแรงอัดได้ต่ำ แต่สามารถยืดได้สูงถึง 500 เปอร์เซ็นต์จึงยากต่อการฉีกหรือขาด มีลักษณะคล้ายซีดีจึงไม่สามารถเกาะได้ ทนต่อความร้อนต่ำแต่ทนความเย็นได้ -100 องศาฟาเรนไฮต์ ทนทานต่อการกดและต่างแต่ไม่ทนทานต่อนํ้า ไขมันโดยเฉพาะน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด เมื่ออยู่ในขณะที่มีอุณหภูมิสูงจะไม่ดูดความชื้นแต่ก๊าดสามารถผ่านได้ โดยทั่วไปพอลิเอทิลีนที่บางจะมีความใส แต่เมื่อมีความหนาเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะขุ่นสามารถแต่งสีได้ และไม่เหมาะกับงานภายนอก นิยมนำไปใช้ในการทำตุ๊กตา ดอกไม้พลาสติก ขวด ภาชนะสำหรับบรรจุของเหลว



2.5.2 พอลิโพรพีลีน (Polypropylene) มีคุณสมบัติคล้ายพอลิเอทิลีนแต่มีความแข็งแรง ทนความร้อนได้ในระดับสูงถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์ หากมีลักษณะเป็นเส้นใยจะสามารถรับแรงดึงได้สูงถึง 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในขณะที่พอลิเอทิลีนรับได้เพียง 80,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นิยมผลิตเป็นถุงบรรจุอาหารร้อน เชือกปอ พลาสติก สายไฟฟ้า หมวกกันน็อก

2.6 พอลีสไตรีน (Polystyrene) เป็นพลาสติกที่มีการผลิตมากที่สุดชนิดหนึ่ง มีการนำไปผสมกับวัสดุอื่นเพื่อเพิ่มสมบัติให้มีความพิเศษมากขึ้น เช่น ABS (Acrylonitrile – Butadiene - Styrene) SAN (Styrene acrylonitrile) SMM (Styrene Methyl Methacrylate) AS (Acrylonitrile Styrene) ฯลฯ พอลีสไตรีนคุณสมบัติพิเศษคือสามารถหดตัวได้ระดับต่ำ มีความคงรูประดับดีแต่มีความเปราะ สามารถเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ระดับดี ความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำ ทนต่อความร้อนได้ระดับปานกลาง ทนสารเคมีที่ใช้ในครัวเรือนได้ ทนต่อกรดและด่างชนิดอ่อน แต่ไม่สามารถทนต่อน้ำมันเบนซิน อะซีโตน น้ำมันสน ทินเนอร์ มีลักษณะใส ฝ้าและทึบสามารถทำสีต่างๆ ได้ ปราศจากรส และกลิ่น พื้นผิวมีสองลักษณะคือเรียบและขรุขระ สามารถนำไปทำแปรงสีฟัน ของเล่น ไฟท้ายรถหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

2.7 เอบีเอส (ABS : Acrylonitrile – Butadiene - Styrene) เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติในการทนทานต่อความร้อนได้สูงที่สุดถึง 212 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถรับแรงกระแทกได้ในระดับดีมาก เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ระดับดี ทนทานต่อกรดและด่างได้ระดับปานกลาง และสามารถนำไปชุบหรือเคลือบด้วยไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี นำไปผลิตเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ชิ้นส่วนรถยนต์ ถาดอาหารหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

2.8 ไวนิล (Vinyl) ทุกชนิดมีความเหนียวและทนทาน มีทั้งชนิดอ่อน ชนิดโคมและชนิดแข็ง เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีในระดับสูง ทนต่อกรดบางชนิดไม่เหมาะกับการใช้งานภายนอก สามารถทำสีต่างๆ ได้ ไวนิลมีทั้งหมด 7 ชนิด ดังนี้

2.8.1 พอลิไวนิล อะซีเตตอล (Polyvinyl Acetall) มีคุณสมบัติยึดหยุ่นระดับดี มีความสามารถในการยึดเกาะสูงและสดใส พอลิไวนิล อะซีเตตอลสามารถแบ่งได้อีก 3 ชนิด คือ พอลิไวนิล ฟาร์มอล (Polyviny Farmal) พอลิไวนิล อะซีเตตอล (Polyvinyl Acetal) และพอลิไวนิล บูไทรอล (Polyviny Butyral)

2.8.2 พอลิไวนิล อะซีเตต มีคุณสมบัติเด่นคือไม่สามารถละลายได้ในซีฟู้ด ไขมัน น้ำ สามารถนำไปผลิตกาวติดหลอดไฟ สีทาบ้าน กาวประสานได้

2.8.3 พอลิไวนิล แอลกอฮอล์ มีคุณสมบัติทนทานต่อสารเคมี มีความเหนียวและทนทานและมีความสามารถในการอ่อนตัว จึงสามารถนำไปผลิตเป็นท่อยางในรถยนต์รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า มีความสามารถในการละลายในน้ำ นิยมนำไปผลิตเป็นวัสดุสำหรับการเคลือบผิว รวมถึงน้ำยาถอดแบบในการผลิตไฟเบอร์กลาสและพลาสติกหล่อ

2.8.4 พอลิไวนิล คาร์บาโซล มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนไฟฟ้าในระดับดี นิยมนำไปทำอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.8.5 พอลิไวนิล คลอไรด์ (พีวีซี) มีคุณสมบัติทนทานต่อสารเคมี สิ่งสกปรก สามารถติดได้ยากจึงทำให้สามารถทำความสะอาดได้ง่าย มีคุณสมบัติทนทาน มีความใสและเหนียว ง่ายต่อการพิมพ์จึงนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น สายไฟฟ้า ถุงมือ กระเบื้องยาง ถาดบรรจุอาหาร ท่อพีวีซี

2.8.6 พอลิไวนิล คลอไรด์-อะซีเตต มีคุณสมบัติอ่อนตัวและพับงอ จึงทำให้ฉีกขาดได้ยาก นิยมนำไปทำเป็นวัสดุเคลือบผิว เสื่อกันฝน สายไฟฟ้า สันรองเท้า แผ่นเสียง เป็นต้น

2.8.7 พอลิไวนิลไอลดีน คลอไรด์ มีคุณสมบัติในการรับแรงดึงได้ระดับดี สกปรกได้ยาก สามารถทำเป็นสีเส้นต่างๆ ได้ สามารถนำไปผลิตเป็นผ้าคลุมเบาะ ผ้า màn ท่อยางและอื่นๆ

2.9 เซลลูโลซิก (Cellulosics) เป็นพลาสติกที่ได้จากเยื่อเซลลูโลส (Cellulose Fibers) ฝ้าย (Cotton) และพืชชนิดอื่นๆ (Wood) มีคุณสมบัติแข็งแรงทนทาน สามารถทนต่อความร้อนได้ระดับปานกลาง เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ระดับดี มีทั้งแบบใส ฝ้าและทึบ โดยทั่วไปไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้กับงานภายนอก ยกเว้นเซลลูโลสอะซีเตตบูไทเรต (Cellulose Acetate Butyrate) และเซลลูโลสโพรพิโอเนต (Cellulose Propionate) เซลลูโลซิก แบ่งออกเป็น 5 ชนิด

2.9.1 เซลลูโลสไนเตรต (Cellulose Nitrate) สามารถทนกรดได้ระดับดี สามารถติดไฟได้ง่ายจึงไม่เหมาะกับการหล่อ นิยมนำไปผลิตเป็นฟิล์ม ท่อหากอยู่ในรูปของเหลวจะเหมาะแก่การทำน้ำยาเคลือบผิว ในอดีตนิยมนำไปผลิตเป็นฟิล์มภาพยนตร์ เหนือกฟีนปอลอม

2.9.2 เซลลูโลสอะซีเตต (Cellulose Acetate) ทนทานต่อสารเคมีในระดับดี ปราศจากกลิ่น รส สามารถทนทานต่อความชื้นและความร้อนได้ในระดับปานกลาง ทนทานต่ออุณหภูมิได้จุดเยือกแข็ง ไม่ทนทานต่อแอลกอฮอล์และด่าง นิยมนำไปผลิตเป็นกระดาษแก้ว กรอบแว่นตา หวี

2.9.3 เซลลูโลสอะซีเตตบูไทเรต (Cellulose Acetate Butyrate) ทนทานต่อสภาพอากาศต่างๆ และทนทานต่อสารเคมีบางชนิดได้ในระดับดี ยกเว้นด่าง ทินเนอร์ อะซีโตนและแอลกอฮอล์ นิยมนำไปผลิตเป็นตู้วิทยุ พวงมาลัยรถยนต์ ด้ามเครื่องมือ

2.9.4 เอทิลเซลลูโลส (Ethyl Cellulose) แข็งแรงที่สุดในกลุ่มเซลลูโลซิก แต่ไม่ทนทานต่อกรดอ่อนและด่าง ควรวางให้ห่างจากสารละลายอื่นๆ รวมถึงน้ำมัน นิยมนำไปผลิตเป็นยางขอบโต๊ะ กระบอกไฟฉาย

2.9.5 เซลลูโลสโพรพิโอเนต (Cellulose Propionate) มีคุณสมบัติเหมือนเซลลูโลสอะซีเตตบูไทเรต (Cellulose Acetate Butyrate) นิยมนำไปผลิตบรรจุเครื่องใช้ต่างๆ

2.10 พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonbonate) มีคุณสมบัติแข็งแรงทนทานระดับดีมาก สามารถทนต่อความร้อนในขณะใช้งานได้ถึง 240 องศาฟาเรนไฮต์ หากนำไปผสมกับใยแก้วเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสจะมีความแข็งแรงทนทานมากยิ่งขึ้น ทนต่อกรดและด่างได้ระดับดี อีกทั้งยังเป็นฉนวนไฟฟ้าระดับดี นิยมนำไปผลิตเป็นขวดนมเด็ก ช่องมองหน้าต่างหมวกนักบินอวกาศ ชิ้นส่วนรถยนต์และอื่นๆ อีกมากมาย

2.11 ไอโอโนเมอร์ (Ionomer) เป็นพลาสติกที่มีความใสและเหนียว ทนทานต่อกรดและด่าง ปราศจากกลิ่นและรส สามารถทำเป็นสีต่างๆ ได้ อีกทั้งยังสามารถเชื่อมติดกันโดยการใช้ความร้อนและมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นในระดับต่ำ นิยมนำไปผลิตเป็นสายไฟฟ้า ตั๊กตา ห่อแผ่นพลาสติก

2.12 พอลิไยไมด์ (Polyimide) มีคุณสมบัติทนทานต่อความร้อนได้สูงสุดถึง 750 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถนำไปใช้กับงานภายนอกเนื่องจากทนอุณหภูมิได้ถึง 500 องศาฟาเรนไฮต์ ทนทานต่อการสึกกร่อนได้ในระดับดี นิยมนำไปผลิตเป็นท่อยาง แหวนลูกสูบ กาว อุปกรณ์มีเตอร์วัดน้ำ

2.13 พอลิซัลโฟน (Polysulphone) มีคุณสมบัติในการทนความร้อนได้สูง เมื่อใช้งานในขณะที่มีอุณหภูมิ -150 ถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์จะมีลักษณะทางกายภาพและไฟฟ้าที่คงที่ ทนทานต่อแรงดึง แรงอัดได้ระดับสูง อีกทั้งยังทนต่อกรดและด่าง ทนต่อความชื้นและเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ระดับดีมาก มีทั้งที่เป็นแบบใสและทึบ สามารถทำได้หลากสี นิยมนำไปผลิตเป็นท่อแผ่น ลวดไฟฟ้าน้ำยาเคลือบผิว ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์

2.14 เอทิลีน ไวนิลอะซิเตต (EVA) มีความยืดหยุ่นตัวและรับแรงกระแทกได้ระดับสูง ทนต่ออุณหภูมิสูงและต่ำได้ระดับปานกลาง สามารถนำมาใช้แทนยางธรรมชาติ นิยมผลิตเป็นหลอดดูดของเหลว ผ้ายาง ถุงมือยาง

2.15 พอลิเอสเทอร์ (Polyester) เกิดจากการสังเคราะห์ทางเคมีระหว่าง Ethylene Glycol หรือ Buty – lene Glycol กับ Terephthalic Acid สามารถแบ่งได้ 2 พวก คือ พอลิเอทิลีนทีเรพทาเลต (Polyethylene Terephthalate : PET) และพอลิเอทิลีน บูทีลีน ทีเรพทาเลต (Polyethylene Butylene Terephthalate : PBT) คุณสมบัติพิเศษของพอลิเอสเทอร์คือมีความเหนียว แข็งแรง ทนทานและทนต่อความร้อนได้ในระดับกลาง สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรง เช่น กันชนรถยนต์ เชือก พรหม ขวดบรรจุน้ำมันพืช (อุดมศักดิ์ สาริบุตร, 2549, น.94-121)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการออกแบบสามารถสรุปได้ว่า วัสดุสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ โลหะและอโลหะ ทั้งนี้โลหะสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โลหะ

จำพวกเหล็กและโลหะประเภทอื่นๆ โลหะหมายถึงวัสดุที่ไม่ใช่โลหะโดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุคือวัสดุที่เกิดและมีที่มาจากธรรมชาติ และอนินทรีย์วัตถุคือวัสดุที่ไม่ใช่จำพวกโลหะและไม่ได้มีต้นกำเนิดจากธรรมชาติ แต่สร้างขึ้นโดยมนุษย์เพื่อให้วัสดุนั้นมี ความหลากหลายทางคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะแก่การใช้งานประเภทต่างๆ

นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยมีแนวคิดในการผสมผสานระหว่างวัสดุจำพวกโลหะ และอโลหะทั้งที่เป็นอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ เพื่อให้เกิดการผสมผสานอย่างร่วมสมัย สะดวกต่อ การจัดหาและความเหมาะสมในการใช้งาน เมื่อเกิดการชำรุดก็สามารถจัดหาเพื่อนำมาซ่อมแซมได้ อย่างสะดวก

#### 2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของวัฒนะ จุฑะวิภาต (2542) เรื่องหัตถกรรมไทย ความเป็นมาและการผลิตในปัจจุบัน ศึกษากรณี : การทำขลุ่ย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของช่างผลิตขลุ่ย ที่อาศัยอยู่ที่ชุมชนบางไส้ไก่ คติความเชื่อ วัสดุ อุปกรณ์ กรรมวิธีการสร้างขลุ่ย กระบวนการถ่ายทอด ความรู้และบทบาทของช่างในปัจจุบัน ตลอดจนแนวทางการสืบสวดภูมิปัญญาของช่างทำขลุ่ยชุมชน บางไส้ไก่และข้อเสนอแนะเพื่อการประยุกต์ให้เข้ากับสังคมปัจจุบัน โดยทำการลงพื้นที่ชุมชนดังกล่าว พร้อมทั้งมีการสัมภาษณ์ บันทึกองค์ความรู้ต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า ทุกครัวเรือนที่อาศัยอยู่ที่ชุมชน บางไส้ไก่เคยสร้างขลุ่ยขายเป็นอาชีพ แต่เนื่องด้วยปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคมจึงทำให้ รายได้ที่ได้จากการสร้างขลุ่ยไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต บางครอบครัวจึงประกอบอาชีพอื่น ปัญหา และอุปสรรคของการสร้างขลุ่ยของชุมชนบางไส้ไก่มิมีหลายประการ ได้แก่ คนรุ่นหลังขาดความสนใจใน การสืบสวดองค์ความรู้การสร้างขลุ่ยเนื่องจากการดำเนินชีวิตและทัศนคติที่เปลี่ยนไปคือนิยมงาน อุตสาหกรรมมากกว่า ปริมาณช่างผลิตขลุ่ยมีจำนวนลดลงเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ตลาด ที่รองรับการจำหน่ายขลุ่ยน้อย ปัญหาทางด้านสุขภาพ รายได้น้อย นอกจากนี้วัสดุที่ใช้สร้างขลุ่ยขาด แคลนและมีราคาสูง ปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนรุ่นใหม่และรุ่นเก่า รวมถึงการศึกษาไทยส่งเสริมให้ นักเรียนฝึกหัดขลุ่ยเป็นวิชาเลือก โรงเรียนมีความต้องการขลุ่ยปริมาณมากแต่วัตถุดิบหลักอย่างไผ่รวก ไม่เพียงพอ จึงต้องมีการนำท่อพีวีซีมาทดแทนประกอบกับการที่ยังไม่มีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในระบบ การผลิต จึงส่งผลให้การผลิตเป็นไปได้ช้าและปริมาณขลุ่ยไม่เพียงพอต่อความต้องการ การอนุรักษ์ และแนวทางการสืบสวดองค์ความรู้ช่างจากการศึกษามีทั้งหมด 3 ประการ คือ รัฐบาลควรส่งเสริม การปลูกไม้ไผ่รวกหรืออนุญาตให้มีการตัดไม้ไผ่รวกในเขตป่าสงวนเพื่อใช้ในการสร้างขลุ่ย ส่งเสริมและ

สร้างความภูมิใจให้แก่ช่างเพื่อให้ตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของตนเองและศาสตร์การช่างและ  
ทำการรณรงค์ให้เยาวชนรุ่นหลังตระหนักในคุณค่าและความสำคัญของการประกอบอาชีพช่างสร้าง  
ขลุ่ยว่าเป็นอาชีพที่สามารถยังชีพตนเองได้

งานวิทยานิพนธ์ของชลธิชา เมืองคำ (2544) เรื่องการเปลี่ยนแปลงและคงอยู่ของการทำ  
เครื่องดนตรีไทย กรณีศึกษา : การทำขลุ่ยที่ชุมชนบางไส้ไก่ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกรรมวิธีการสร้าง  
ขลุ่ย การปรับปรุงพัฒนารูปแบบรวมถึงกรรมวิธีการสร้างและแนวทางการปรับตัวเพื่อสร้างความ  
พร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงของช่างผลิตขลุ่ย เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยทางด้าน  
สังคมและวัฒนธรรมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและคงอยู่ของเครื่องดนตรีไทย โดยทำการศึกษา ณ  
ชุมชนบางไส้ไก่ ซึ่งเป็นชุมชนเพียงแห่งเดียวในกรุงเทพมหานครที่มีการผลิตขลุ่ย ผลการศึกษาพบว่า  
ปัจจัยภายในและภายนอกส่งผลต่อรูปแบบขลุ่ย กรรมวิธีการผลิต ทั้งนี้ช่างผู้สร้างขลุ่ยก็มีการ  
ปรับเปลี่ยนวิถีต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเศรษฐกิจและสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง

งานวิทยานิพนธ์ของเทพิกา รอดสการ (2556) เรื่องการสร้างสรรค์ชุดอุปกรณ์ดนตรีแบบ  
ประสมสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา ได้ทำการศึกษาผลการใช้ชุดอุปกรณ์ดนตรีแบบ  
ประสมสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กที่มีความบกพร่องทาง  
สติปัญญาจำนวน 8 คน ได้ทำการฝึกหัดดนตรีโดยใช้ชุดอุปกรณ์และบทเพลงที่ประพันธ์ขึ้นใหม่  
ผลการทดลองพบว่า ชุดอุปกรณ์ดนตรีแบบประสมนี้สามารถบรรเลงได้ทั้งหมด 18 คน และเด็กมีการ  
รับรู้และตอบสนองต่อทำนอง เสียงและจังหวะอยู่ในเกณฑ์ดี

### บทที่ 3

#### การสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในบทที่ 1 และ 2 สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 แรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ผู้วิจัยมีแรงบันดาลใจในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายซึ่งเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ที่สามารถบรรเลงเดี่ยวเป็นเอกเทศและบรรเลงร่วมกับวงดนตรีไทยได้ โดยมีแนวคิดในการสร้างสรรค์ 3 ประการ มีรายละเอียดดังนี้

ประการที่ 1 เพื่อคิดค้นแนวทางการสร้างลมรูปแบบใหม่โดยใช้ลมภายนอกที่เกิดจากการประยุกต์ใช้วัสดุสมัยใหม่และออกแบบกลไกในการผลิตลม

ผู้วิจัยเล็งเห็นประโยชน์ของการประยุกต์และสร้างสรรค์นวัตกรรมดนตรีไทยชนิดใหม่ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสวณศาสตร์เครื่องดนตรี เครื่องดนตรี วิทยา การออกแบบและวัสดุศาสตร์ รวมถึงนำประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ได้ทำงานในสาขาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานช่างดนตรีไทยตลอดระยะเวลา 5 ปีมาเป็นพื้นฐานในการคิดค้น ออกแบบและสร้างสรรค์แนวทางการสร้างเครื่องดนตรีชนิดใหม่ ทั้งนี้ผู้วิจัยมีนิสัยช่างสังเกตและมักศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม จึงเล็งเห็นถึงประโยชน์ในการประยุกต์ใช้วัสดุทางด้านอุตสาหกรรมที่มีการจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าที่เกี่ยวข้องกับงานช่างมาใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

ประการที่ 2 เพื่อเพิ่มอรรถรสของคุณภาพเสียงที่เกิดจากลมโดยมิได้เป็นการทดแทนหรือบดบังลักษณะเสียงและคุณลักษณะพิเศษที่เกิดจากเครื่องลม

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการสร้างท่อเสียงให้มีลักษณะเสียงและความถี่เฉพาะ คือท่อเสียงลมราย 1 ท่อจะมีเพียงเสียงเดียว แล้วนำท่อเสียงทั้งหมด 30 ท่อมาเรียงต่อกันเป็นลักษณะแผงเรียงลำดับจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูง ซึ่งเท่ากับ 4 ช่วงเสียง คือ เสียงต่ำ เสียงกลางและเสียงสูง ทั้งนี้เสียงต่ำผู้วิจัยกำหนดให้มีเสียงต่ำกว่าขลุ่ยอู้ 5 เสียง เสียงกลางเท่ากับเสียงขลุ่ยเพียงออและเสียงสูงสูงกว่าขลุ่ยหลีบ 5 เสียง เครื่องดนตรีไทยลมรายจึงเป็นเครื่องดนตรีที่มีช่วงเสียงกว้าง นอกจากนี้ยังสามารถให้กำเนิดเสียงพร้อมกันมากกว่า 2 เสียงขึ้นไป เพื่อเป็นช่องทางให้เกิดการสร้างสรรค์บทเพลง การเรียบเรียงเสียงประสานในเพลงไทยและการผสมวงดนตรีรูปแบบใหม่

ประการที่ 3 การบรรเลงเครื่องดนตรีไทยลมรายใช้นิ้วกดลงบนแป้นบังคับการเปิดปิดลมจากแหล่งผลิตลมสำหรับผู้บรรเลงที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบหายใจ

ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าอากัปภิกิริยาที่มนุษย์สามารถทำได้โดยสะดวกคือการใช้นิ้วกดลงบนแป้นไม้ คล้ายกับการใช้มือตีหรือกดเครื่องดนตรีประเภทเครื่องตี ประโยชน์จากการควบคุมลมและผลิตเสียงในลักษณะนี้จะส่งผลให้สามารถผลิตเสียงได้โดยง่าย เครื่องดนตรีไทยลมรายจึงเป็นเครื่องดนตรีที่เหมาะสมสำหรับนักดนตรีอาชีพและสมัครเล่น กล่าวคือผู้บรรเลงไม่ต้องสร้างลมโดยการใช้อวัยวะภายในร่างกาย

จากรูปลักษณะของเครื่องดนตรีที่มีความโดดเด่นคือมีการเรียงรายของท่อเสียงต่างขนาดในปริมาณมาก จึงทำให้ลักษณะเสียงของเครื่องดนตรีชิ้นนี้มีโทนเสียงและระดับเสียงที่หลากหลาย เมื่อเกิดเสียงเรียงกันหรือดำเนินทำนองในลักษณะต่างๆ จึงให้อารมณ์ความรู้สึกเสมือนเสียงลมที่พัดผ่านไปมาในอากาศ เมื่อกระทบกับต้นไม้ใบหญ้าต่างชนิดต่างลักษณะกันก็ให้เสียงที่มีลักษณะต่างกัน ประกอบกับเครื่องดนตรีชิ้นนี้มีการกำเนิดเสียงโดยการใช้ลม ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงตั้งชื่อเครื่องดนตรีนี้ว่า “ลมราย”

### 3.2 หลักและแนวคิดในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ผู้วิจัยศึกษาหลักการออกแบบเครื่องดนตรีของ Garth Paine Hari Sundaram Andrew McMillan และ Fabio Morreale แล้วนำมาวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายโดยใช้มีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นที่ 1 สุนทรียภาพทางด้านดนตรี หมายถึงคุณลักษณะเสียงของเครื่องดนตรีที่มีความไพเราะ ซึ่งผู้วิจัยได้รับแรงบันดาลใจจากเสียงเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่ไม่มีลิ้นและใช้วิธีการสร้างเสียงโดยการเป่า รวมถึงมีตาและปากนกแก้วเหมือนขลุ่ยไทย เสียงของเครื่องลมประเภทนี้จะมีความคมของเสียงมากกว่าเครื่องลมที่สร้างเสียงด้วยวิธีการผิว ประกอบกับการพิจารณาในประเด็นคุณลักษณะทางดนตรีที่น่าไปสู่สุนทรียภาพทางดนตรีที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบกลไกของเครื่องดนตรีที่สามารถสร้างลักษณะเสียงต่างๆ ได้ เช่น ความดัง ความเบา เสียงสูง เสียงต่ำ ความต่อเนื่องของเสียง การหยุดเสียง จึงนำไปสู่การสร้างโทนเสียงของลมรายที่ประกอบด้วยโทนเสียงทุ้มที่ให้ความรู้สึกอบอุ่นสุขุม โทนเสียงกลางที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลายเบาสบาย และโทนเสียงแหลมที่ให้ลักษณะเสียงที่เจิดจ้าก่อให้เกิดความรู้สึกสดใสร่าเริง เมื่อผู้บรรเลงมีการประดิษฐ์ทำนองเพลงที่

เหมาะกับลมรายแล้วจึงเป็นการบรรเลงที่แสดงศักยภาพของเครื่องดนตรีลมรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังก่อให้เกิดสุนทรียภาพทางดนตรีที่แปลกใหม่และหลากหลายมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องการความดังของเสียงผู้บรรเลงทำการกดแป้นไม้โดยการออกแรง เมื่อต้องการเสียงเบาผู้บรรเลงทำการกดแป้นไม้โดยการออกแรงเพียงเล็กน้อย เมื่อต้องการความต่อเนื่องของเสียงผู้บรรเลงกดแป้นไม้อย่างซ้ำๆ หรือกดต่อเนื่องในเสียงเดิมหรือเสียงอื่น และเมื่อต้องการหยุดเสียงผู้บรรเลงก็สามารถกระทำได้โดยการหยุดการเคลื่อนไหวของแป้นไม้ ทั้งนี้มีความสัมพันธ์กับความดัน (Pressure) ความเร็ว (Speed) มุมต่างๆ (Angle) ที่มีผลกระทบต่ออากาศ เช่น มุมในการเดินสายลมที่เชื่อมต่อระหว่างท่อเสียงกับกระบอกสูบ ตำแหน่งนิ้ว (Finger Position) ประการสุดท้ายคือคุณลักษณะเสียงที่มีความเฉพาะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการทำท่อเสียงว่ามีความหนาแน่นมากน้อยเพียงใด เนื่องจากความหนาแน่นและรูปร่างของท่อเสียงส่งผลต่อการคุณลักษณะและการกำหนดของเสียงด้วย

ประเด็นที่ 2 การพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการนำเครื่องดนตรีไปใช้ ผู้วิจัยมีความมุ่งหวังให้เครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถสร้างโทนเสียงที่หลากหลายและสามารถบรรเลงเป็นแนวประสานได้ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างระดับเสียงที่กว้าง และมีการออกแบบโครงสร้างและสัดส่วนของเครื่องดนตรีที่สามารถบรรเลงได้ 1 - 2 คน

ประเด็นที่ 3 การพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างนักดนตรีกับเครื่องดนตรี เกิดขึ้นได้จากลักษณะทางกายภาพของเครื่องดนตรีอันส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนไหวหรือท่าทางในการบรรเลง และยังเกี่ยวข้องกับวิธีการจัดเรียงระดับเสียงของเครื่องดนตรีด้วย ซึ่งหากพิจารณาจากธรรมชาติของเครื่องดนตรีทั่วไปจะมีการจัดเรียงระดับเสียงจากเสียงต่ำที่สุดไปหาเสียงที่สูงที่สุด เมื่อองค์ประกอบทั้งหมดที่ได้กล่าวในข้างต้นมีความสัมพันธ์กันก็จะส่งผลให้ผู้บรรเลงสามารถบรรเลงโดยปราศจากอุปสรรคต่างๆ ทั้งที่เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างเครื่องดนตรี สัดส่วนของเครื่องดนตรีที่สัมพันธ์กับสรีระผู้บรรเลง และความคล่องตัวในการบรรเลงที่เกิดขึ้นได้จากการฝึกฝนเพื่อสร้างความเข้าใจและความคล่องตัวในการบรรเลง ผู้บรรเลงก็จะบรรเลงได้โดยปราศจากความกังวลและเกิดความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับเครื่องดนตรี ฉะนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบเครื่องดนตรีให้สะดวกต่อการฝึกหัดทั้งสำหรับนักดนตรีสมัครเล่นและนักดนตรีอาชีพ ที่มีทักษะในระดับเริ่มต้น ระดับกลางและระดับสูง เพื่อเปิดโอกาสในการเข้าถึงเครื่องดนตรีให้แก่ักดนตรีทุกระดับได้รับประสบการณ์ในการฝึกฝนทักษะและก้าวไปสู่การมีทักษะในระดับสูง



ประเด็นที่ 4 ความสะดวกในการติดตั้ง เครื่องดนตรีไทยลมรายมีความสะดวกเป็นอย่างมาก เนื่องจากเครื่องดนตรีมีการเทียบเสียงไว้แล้วตั้งแต่กระบวนการสร้าง ประกอบกับเป็นเครื่องที่มีเสียงคงที่ ฉะนั้นผู้บรรเลงสามารถบรรเลงได้ทันที ไม่ต้องมีการเทียบเสียงก่อนบรรเลง

ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่องดนตรี มีการเสริมคานเหล็กด้านล่าง ฉะนั้นผู้บรรเลงสามารถเคลื่อนที่เครื่องดนตรีไปในสถานที่ต่างๆ ได้โดยง่าย ปราศจากความกังวลในการเคลื่อนย้าย ทั้งยังมีการติดตั้งล้อเหล็กที่ฐานตัวเรือนด้านล่างจำนวน 4 อัน ผู้บรรเลงจึงเกิดความมั่นใจได้ว่าการเคลื่อนย้ายเครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถกระทำได้โดยสะดวก

ประเด็นที่ 6 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี โดยพิจารณาถึงหลักในการเลือกใช้วัสดุซึ่งสอดคล้องกับหลักและการพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต ตามแนวทางของอุดมศักดิ์ สาริบุตร (2549) ได้แก่ ความแข็งแรงในการรับแรงดึง ความแข็งแรงในการรับแรงกด ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือน ความแข็งของผิว ความเปราะ ความสามารถในการยึดตัว ความสามารถในการบิดตัว ความสามารถในการขึ้นรูป ความสามารถในการยืดหยุ่น ความสามารถในการนำหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า ความสามารถในการนำความร้อน ทั้งนี้เพื่อให้วัสดุต่างๆ เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าวัสดุที่นำมาสร้างหรือประกอบเป็นเครื่องดนตรีควรมีคุณสมบัติพิเศษสามารถขึ้นรูปได้ง่าย มีคุณสมบัติในการสะท้อนเสียงที่ดี หรือวัสดุนั้นอาจก่อให้เกิดรูปลักษณ์ของเครื่องดนตรีที่มีความแปลกใหม่ โดยเน้นการใช้วัสดุอุตสาหกรรม เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก มีการใช้งานทั่วไป ทำให้คนทั่วไปที่เป็นนักดนตรีอาชีพและนักดนตรีสมัครเล่นสามารถเข้าใจในหลักการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ได้ หากในอนาคตชิ้นส่วนใดของเครื่องดนตรีเกิดการชำรุดก็สามารถเปลี่ยนทดแทนของเดิมหรือซ่อมแซมได้อย่างสะดวก หากซ่อมด้วยตนเองได้ก็เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและลดภาระในการขนย้ายเครื่องดนตรี วัสดุที่ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องดนตรีไทยลมราย ได้แก่ แผ่นใส กระบอกสูบ สปริง เหล็กฉาก ก้ามปู สายลม ไม้สน ไม้อัด หนังวัว ล้อเหล็ก หูจับ ท่อพีวีซี แป้นไม้ เหล็กเชื่อม ผ้าสักหลาด สปริง เป็นต้น

### 3.3 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ในการออกแบบและพัฒนา นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนา งาน รวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 3.3.1 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมการเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1

#### 3.3.1.1 การออกแบบแหล่งผลิตลม

ในการออกแบบแหล่งผลิตลมของเครื่องดนตรีไทยลมรายครั้งที่ 1 ผู้วิจัยพิจารณาการเกิดเสียงในเครื่องเป่าไทยที่ไม่มีลิ้น และพบว่าเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมเกิดขึ้นได้โดยการที่ผู้บรรเลงเป่าลมเข้าไปยังรูด้านบนของขลุ่ยหรือที่รู้จักกันว่ารูตาก ซึ่งผู้บรรเลงประกบริมฝีปากเข้ากับรูตากอย่างแนบสนิท พร้อมกับปล่อยลมจากการทำงานของอวัยวะในร่างกายเข้าไปยังรูตากโดยตรง เมื่อกระแสลมผ่านเข้าไปยังรูตากจะเคลื่อนที่กระทบกับมุมของดากที่ทำการปิดให้ได้รับทรงที่มีมุมตกกระทบ หลังจากทีกระแสลมหรืออากาศเคลื่อนที่ไปกระทบยังมุมดังกล่าวแล้วจึงเคลื่อนที่ต่อไปภายในท่อเสียง ระดับเสียงของเครื่องดนตรีประเภท Aerophones ขึ้นอยู่กับความยาวของท่อ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดความยาวของคลื่นเสียงและความถี่เสียง รวมถึงการใช้นิ้วปิดที่รูนิ้วหรือรูบังคับเสียง เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศที่ออกมาสู่ภายนอกต่างกัน (Ruth Midgley, 1976) จึงสามารถสรุปประเด็นสำคัญในการกำเนิดเสียงในเครื่องดนตรีประเภท Aerophones แบบไม่มีลิ้นที่เกิดจากการใช้ปากเป่าได้ว่า เมื่อผู้บรรเลงประกบริมฝีปากด้านบนและด้านล่างเข้ากับรูตากจึงทำให้กระแสลมเคลื่อนที่เข้าสู่รูตากได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีช่องว่างที่ส่งผลให้เกิดการรั่วของลม พลังงานลมจึงเข้าสู่รูตากโดยตรง ส่งผลให้เสียงของเครื่องดนตรีแต่ละชิ้นสามารถแสดงออกได้อย่างเต็มศักยภาพ ประกอบกับเมื่อผู้บรรเลงต้องการสร้างเสียงที่มีความยาวก็ใช้เทคนิคการระบายลม ซึ่งผู้ที่สามารถระบายลมได้ต้องผ่านกระบวนการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ แต่ในขณะเดียวกันพบว่าผู้บรรเลงบางกลุ่มมีระยะเวลาในการฝึกฝนจำกัดและบางคนมีปัญหาทางด้านสุขภาพจึงเป่าลมเข้าสู่เครื่องดนตรีเพื่อให้เกิดเสียงที่มีความยาวหรือมีความต่อเนื่องได้ยาก

ฉะนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลทางด้านอุตสาหกรรมมาผลิตพลังงานลมในเครื่องดนตรี โดยพิจารณาถึงกระบวนการในการผลิตลมว่าต้องเป็นเครื่องทุ่นแรงที่สามารถผลิตลมได้ในปริมาณที่เพียงพอต่อการบรรเลงและสามารถสร้างลมได้อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงนำเครื่องปั๊มลม Oil free ZAPP ZPO-25 1HP ถึง 25 ลิตร มาใช้เป็นเครื่องผลิตลม เนื่องจากสามารถผลิตลมได้อย่างต่อเนื่องโดยที่ไม่ใช้น้ำมันในการหล่อลื่น ฉะนั้นอากาศที่ไหลออกมาจากเครื่องปั๊มลมจึงปราศจากน้ำมันและไม่มีสิ่งปนเปื้อน ประกอบกับเป็นเครื่องปั๊มลมชนิดที่มีเสียงของระบบการทำงานเงียบกว่าเครื่องปั๊มลมประเภทอื่น



ภาพที่ 25 เครื่องปั๊มลม Oil free

ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากที่ผู้วิจัยได้จัดหาเครื่องปั๊มลมมาแล้วจึงทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องปั๊มลม พบว่าเครื่องปั๊มลมสามารถบรรจุแรงดันอากาศเข้าสู่ภายในตัวถังลมได้สูงสุด 180 PSI ในการเริ่มใช้งานเครื่องปั๊มลมต้องเริ่มต้นจากการเปิดระบบเครื่องปั๊มลมเพื่อให้เครื่องปั๊มลมดูดอากาศภายนอกเข้ามาเก็บไว้ในถังบรรจุลม เครื่องจะดูดลมเข้ามาเก็บไว้ในถังจนมีระดับแรงดันอากาศในถัง 90 – 100 PSI เครื่องจะตัดระบบการดูดลม ซึ่งในขณะที่เครื่องปั๊มลมดูดลมเข้ามาบรรจุไว้ภายในพบว่ามีความเสียงระบบการทำงานที่ค่อนข้างดัง ซึ่งรบกวนการสร้างเสียงดนตรีเป็นอย่างมาก นอกจากนี้เมื่อผู้วิจัยทดลองปล่อยลมออกจากถังทางด้านสายลมพบว่า ในช่วงแรกของการปล่อยลมลมที่ออกมาจะมีแรงดันมากเมื่อทดลองนำสายลมไปต่อเข้ากับรูตักของท่อเสียงพบว่าเสียงของเครื่องดนตรีมีระดับเสียงที่สูงเกินความถี่เสียงของท่อเสียงนั้น ไม่สามารถควบคุมเครื่องดนตรีให้อยู่ในระดับเสียงที่ควรจะเป็นได้ แต่เมื่อทดลองปล่อยลมเข้าสู่เครื่องดนตรีอย่างต่อเนื่องพบว่า ระดับเสียงของเครื่องดนตรีค่อยๆ กลับเข้าสู่สภาวะปกติ ไม่มีระดับเสียงที่เพี้ยนเหมือนช่วงแรก เมื่อพิจารณาหลักการทำงานและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจึงพบว่าแรงดันที่ถูกปล่อยจากถังบรรจุลมลดลง ส่งผลให้เกิดระดับเสียงในเครื่องดนตรีที่ตรงกับค่าความถี่ของท่อเสียงนั้น แต่เมื่อปล่อยลมต่อเนื่องจนกระทั่งลมในถังค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดพบว่าแรงดันที่ถูกส่งไปยังรูตักน้อยลงจึงทำให้เกิดระดับเสียงที่เพี้ยนต่ำ และระดับเสียงไม่สม่ำเสมอ

อันเกิดจากแรงดันที่ไม่คงที่ เมื่อลมในถังหมดเครื่องปั๊มลมก็จะทำงานอีกครั้งเพื่อดูดลมจากภายนอกเข้าสู่ถัง



ภาพที่ 26 ทดสอบการใช้เครื่องปั๊มลม Oil free

ที่มา : ผู้วิจัย

จากปัญหาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยพยายามที่จะคิดค้นหาแนวทางแก้ไขโดยการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางด้านงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ข้อต่อทองเหลือง ทางปลาทองเหลือง วาล์วทองเหลืองและหัวปล่อยลม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อต่อทองเหลือง ผู้วิจัยใช้สำหรับการต่อเพื่อแปลงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น วาล์วทองเหลือง ทางปลาทองเหลือง หัวปล่อยลม ให้สามารถเชื่อมต่อกันได้ โดยในการต่ออุปกรณ์ต่างๆ ต้องใช้เทปพันเกลียวพันบริเวณเกลียวข้อต่อเพื่อป้องกันลมรั่ว



ภาพที่ 27 ข้อต่อทองเหลือง

ที่มา : ผู้วิจัย

2. ทางปลาทองเหลือง ผู้วิจัยใช้สำหรับการเชื่อมระหว่างวาล์วทองเหลืองและเป็นอุปกรณ์เชื่อมสายลมไปยังท่อเสียง



ภาพที่ 28 ทางปลาทองเหลือง

ที่มา : ผู้วิจัย

3. วาล์วทองเหลือง ผู้วิจัยใช้สำหรับการควบคุมปริมาณลมที่เคลื่อนที่จากถังบรรจุลมไปยังหัวปล่อยลมและควบคุมปริมาณลมจากหัวปล่อยลมที่มีการเปิดปิดของวาล์วที่ควบคุมโดยการกดเพื่อเปิดลื่นให้ส่งต่อลมไปยังวาล์วทองเหลืองที่มีการควบคุมปริมาณลมอีกครั้งหนึ่งก่อนที่ลมจะเคลื่อนที่ไปยังสายลมที่เชื่อมต่อกับท่อเสียง



ภาพที่ 29 วาล์วทองเหลือง

ที่มา : ผู้วิจัย

4. หัวปล่อยลม ผู้วิจัยใช้สำหรับการควบคุมปริมาณลมที่เข้าไปยังท่อเสียง ซึ่งหัวปล่อยลมนี้อจะสัมพันธ์กับหน้าที่การบรรเลงโดยตรง ผู้วิจัยคัดเลือกหัวปล่อยลมที่มีลิ้นสำหรับการเปิดปิดลม และมีรูปลักษณะของกระดิ่งที่สัมพันธ์กับรูปร่างนิ้วมือเพื่อให้สะดวกต่อการกดเพื่อปล่อยลม



ภาพที่ 30 หัวปล่อยลม

ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากที่ผู้วิจัยประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วทำการทดสอบพลังงานลมโดยเชื่อมต่อกับท่อเสียง พบว่าปัญหาแรงดันที่ไม่สม่ำเสมอยังคงมีอยู่ แต่สิ่งสำคัญที่เป็นปัญหาค่อนข้างมากคือแรงดันที่มากส่งผลให้ลิ้นเปิดปิดลมในหัวปล่อยลมไม่สามารถกั้นลมได้ จึงทำให้เป็นกดถูกถ่างออก บางคราวเกิดการค้างจนกระทั่งทำให้ชิ้นส่วนกลไกของแป้นกดถูกดันออกจากหัวปล่อยลม

วาล์วทองเหลืองที่เชื่อมต่อระหว่างข้อต่อต่างๆ ก็ไม่สามารถควบคุมลมได้ตามที่สันนิษฐานไว้ เนื่องจากแรงดันปริมาณมากถูกปล่อยออกมาจากถังบรรจุลม เมื่อปริมาณลมเปลี่ยนแปลงไปก็ส่งผลให้การปรับวาล์วทองเหลืองต้องเปลี่ยนไปตามปริมาณลมและแรงดันลมด้วย ส่งผลให้ใช้งานได้อย่างไม่สะดวกและสร้างความเสียหายให้แก่อุปกรณ์

นอกจากนี้การทดสอบเครื่องเป่าลมยังพบว่าเมื่อเครื่องเป่าลมทำงานต่อเนื่องจะทำให้มอเตอร์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและปล่อยความร้อนออกมาสู่ภายนอก ส่งผลให้ผู้ใช้งานไม่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกหากนำมาใช้ทางด้านดนตรี ประกอบกับอากาศที่ถูกดูดเข้าไปยังถังบรรจุลมมีความชื้นสะสมอยู่ ฉะนั้นผู้ใช้งานจำเป็นต้องปล่อยน้ำในถังพักที่เกิดจากการควบแน่นของความชื้นในอากาศ เพื่อไม่ให้ลม

มีละอองน้ำปะปนออกมาและเข้าไปทำลายท่อเสียงในเครื่องดนตรี ฉะนั้นผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องเป่าลมและการบำรุงรักษาเบื้องต้นเป็นอย่างดี

### 3.3.1.2 การออกแบบท่อเสียง

ผู้วิจัยได้นำลักษณะการกำเนิดเสียงของเครื่องลมประเภทที่ไม่มีลิ้น และใช้วิธีการกำเนิดเสียงโดยการเป่าลมเข้าสู่ท่อเสียงโดยตรง รวมถึงมีการสร้างดากและปากนกแก้วอย่างขลุ่ยไทยมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องดนตรี เว้นเสียแต่ว่าท่อเสียงของเครื่องดนตรีไทยลมรายไม่มีการเจาะรูนิ้วหรือรูบังคับเสียง เพื่อให้ท่อลมรายแต่ละท่อสามารถผลิตเสียงได้ 1 เสียงเท่านั้น ทั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อให้ความถี่เสียงของท่อลมรายแต่ละอันมีประสิทธิภาพในการสร้างระดับเสียงในความถี่ของตนได้อย่างเต็มที่ ตามหลักทฤษฎีความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) ซึ่งเป็นค่าความถี่การสั่นเฉพาะตัวของวัตถุชนิดหนึ่ง กล่าวคือ วัตถุชนิดหนึ่งๆ ย่อมสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติของตัวเอง (สมพงษ์ ใจดี, 2552) เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุหรือท่อเสียงมีความถี่ที่สัมพันธ์หรือตรงกับความถี่ของท่อแต่ละอัน หรือเมื่อความถี่ของการสั่นเนื่องจากการกระตุ้นจากสภาวะภายนอกพ้องกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ ทำให้วัตถุชนิดนั้นสั่นด้วยขนาดแอมพลิจูดสูงสุดก็จะทำให้เกิดการ ก้ำทอนหรือการสั่นพ้อง (resonance) ที่เป็นคุณสมบัติที่ควรมีในเครื่องดนตรี เนื่องจากการก้ำทอนหรือการสั่นพ้องจะช่วยให้เสียงของเครื่องดนตรีสามารถสร้างเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือจะได้เสียงที่มีความดังกังวานและไพเราะที่เรียกว่าคุณภาพเสียง สามารถแสดงความจำเพาะในน้ำเสียงของตนเองได้อย่างเต็มที่และมีอัตลักษณ์ ผู้วิจัยกำหนดให้เครื่องดนตรีไทยลมรายมีขนาดท่อเสียงทั้งหมด 3 ขนาด ได้แก่ ใหญ่ กลางและเล็ก เนื่องจากขนาดความโตของท่อรวมถึงความยาวของท่อส่งผลต่อลักษณะเสียงของเครื่องดนตรี (สมโภชน์ อิมเอิบ, 2545) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับแรงบันดาลใจมาจากขลุ่ยไทย 3 ประเภท ได้แก่ ขลุ่ยหลีบ ขลุ่ยเพียงออและขลุ่ยอู้ และกำหนดให้ขนาดของท่อเสียงแต่ละประเภทมีระดับเสียงทั้งหมด 14 อันซึ่งเท่ากับ 2 ช่วงเสียง ฉะนั้นเครื่องดนตรีไทยลมรายในการออกแบบและพัฒนา ครั้งที่ 1 จึงมีท่อเสียงทั้งหมด 42 อัน

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการใช้วัสดุทดแทนประเภทอื่นมาใช้ในการผลิตท่อเสียง เพื่อให้ท่อเสียงมีคุณลักษณะเสียงที่แปลกใหม่และมีเอกลักษณ์ จึงใช้ท่อ PPR (Polypropylene) ที่ใช้ในงานระบบท่อน้ำประปาที่ร้อน ด้วยคุณสมบัติพิเศษที่สามารถทนความร้อนได้ดี ผู้วิจัยทำการตัดท่อด้วยคีมตัดท่อจึงพบว่าท่อชนิดนี้มีมวลค่อนข้างเหนียวมากกว่าท่อ PVC สีฟ้าที่ใช้ในงานประปาทั่วไป และไม่มีขุย

ที่เกิดจากการตัดท่อ จึงสามารถประเมินได้ว่าท่อมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงกระแทกและอุณหภูมิที่ร้อน



ภาพที่ 31 ตัดท่อ PPR

ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากที่ตัดท่อแล้วผู้วิจัยได้นำท่อ PPR ไปให้ช่างทำขลุ่ยทดลองแกะรูปปากนกแก้วและใส่ดาก พบว่าเนื้อของท่อ PPR มีความเหนียว เศษพลาสติกที่เกิดจากการใช้มีดแกะไม่ขาดออกจากกันจึงทำให้การแกะรูปปากนกแก้วใช้ระยะเวลามากกว่าการแกะในวัสดุที่เป็นไม้และท่อ PVC สีฟ้าถึง 2 เท่า นอกจากนี้เมื่อทดลองใช้เครื่องเจาะปากนกแก้วเจาะท่อเพื่อให้สามารถทำงานได้สะดวกรวดเร็วขึ้นพบว่า ท่อที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถเจาะโดยใช้แรงกดที่เท่ากับท่อ PVC สีฟ้าได้ เนื่องจากพลาสติกมีความเหนียว ท่อจึงแคบตัวและพลาสติกไม่ขาดออกจากกัน ท่อขนาดกลางและขนาดเล็กสามารถเจาะได้แต่จะทำให้ช้ากว่าปกติ หลังจากนั้นผู้วิจัยทดสอบเสียงท่อ PPR ที่ใส่ดากและเจาะปากนกแก้ว ผลปรากฏว่าให้คุณลักษณะเสียงที่นุ่มเป็นเอกลักษณ์



ภาพที่ 32 ท่อ PPR ที่เจาะปากนกแก้วแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย



### 3.3.1.3 การออกแบบแป้นกด

การออกแบบแป้นกดในระยะแรกผู้วิจัยมีแนวคิดในการสร้างแป้นกดในลักษณะคล้ายลิ้มออร์แกนที่มีความบางและแคบ แต่เมื่อมีการทดลองจึงพบว่าแป้นกดในลักษณะเดิมที่ออกแบบไว้ไม่เหมาะสมกับการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งผลิตลม จึงมีการออกแบบแป้นกดแบบใหม่โดยประยุกต์จากหัวปล่อยลม เนื่องจากรูปลักษณะของที่กดปล่อยลมเอื้อต่อการกดโดยใช้นิ้ว เนื่องจากมีรูปทรงคล้ายปลายนิ้ว ประกอบกับมีขนาดไม่ใหญ่และกว้างจนเกินไป

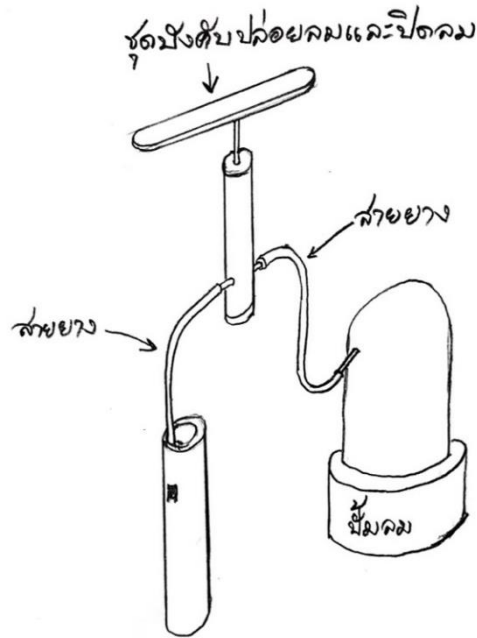
### 3.3.1.4 การออกแบบโครงสร้าง

ผู้วิจัยออกแบบโดยใช้รูปทรงเรขาคณิตที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันมาเป็นส่วนโครงสร้างหลักของตัวเรือน โดยมีลักษณะแผงเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ประกอบด้วยแผงไม้ทั้งหมด 3 ชั้น คือ แผงไม้ด้านซ้าย แผงไม้กลางและแผงไม้ด้านขวา แผงไม้ทั้ง 3 ชั้นจะประกอบติดกันถาวรและมีการประกอบไม้ค้ำด้านบนแผงไม้ทั้ง 3 ด้าน แผงไม้กลางด้านบนจะมีกล่องไม้รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสำหรับใช้ในการซ่อนสายลมที่เชื่อมต่อจากเครื่องปั๊มลมไปยังท่อเสียงมีเสาดตัวเรือนทั้งหมด 4 ต้น ด้านในแผงไม้กลางมีกล่องรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ติดตั้งในแนวตั้งสำหรับการเก็บถังลม และท่อเสียงออกแบบให้ติดตั้งอยู่ทางด้านบนของแผงไม้กลาง โดยท่อขนาดใหญ่จะถูกติดตั้งทางด้านซ้ายมือของผู้บรรเลงและค้อยๆ ลดระดับความยาวไปทางด้านขวาของผู้บรรเลง

### 3.3.1.5 การออกแบบตกแต่ง

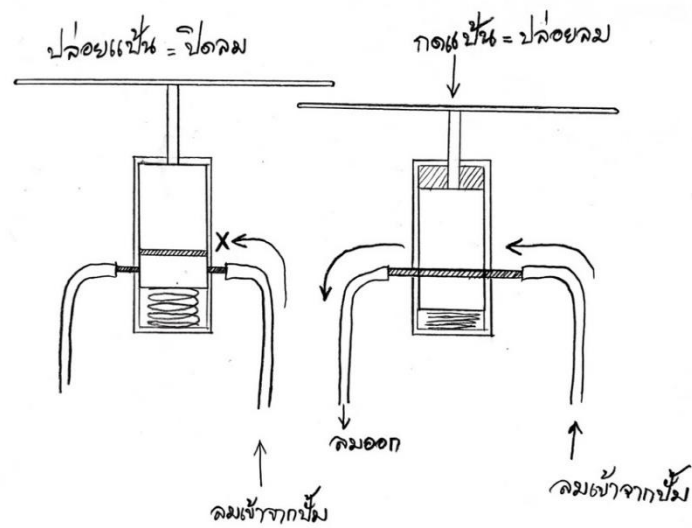
แผงไม้ทั้ง 3 ชั้นจะมีการประกอบไม้ค้ำด้านบนแผงไม้ทั้ง 3 ด้าน เสาดตัวเรือนด้านบนออกแบบให้มีลักษณะเป็นยอดทั้ง 4 มุมเพื่อให้มีลักษณะของความเป็นศิลปะไทย นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้การเรียงกันของท่อเสียงเป็นลักษณะการออกแบบตกแต่งที่สำคัญในรูปลักษณะของเครื่องดนตรีไทยลมรายและไม่มีการทาสีที่ตัวเรือนเนื่องจากต้องการให้คงความเป็นธรรมชาติของสีและผิวสัมผัสของไม้สนอย่างแท้จริง

3.3.1.6 แบบร่างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1



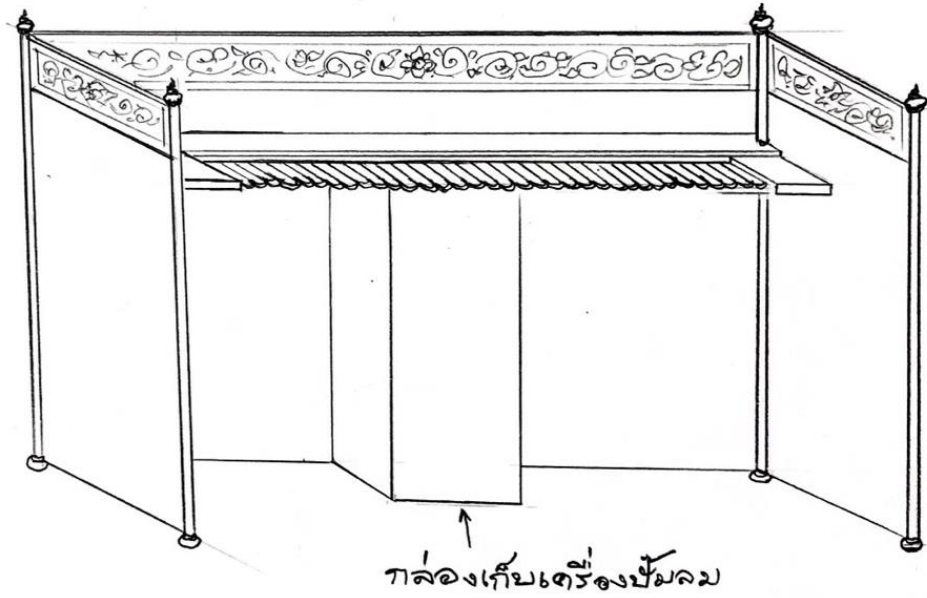
ภาพที่ 33 แบบร่างชุดบังคับปล่อยลมและปิดลม

ที่มา : วิรัช สงเคราะห์

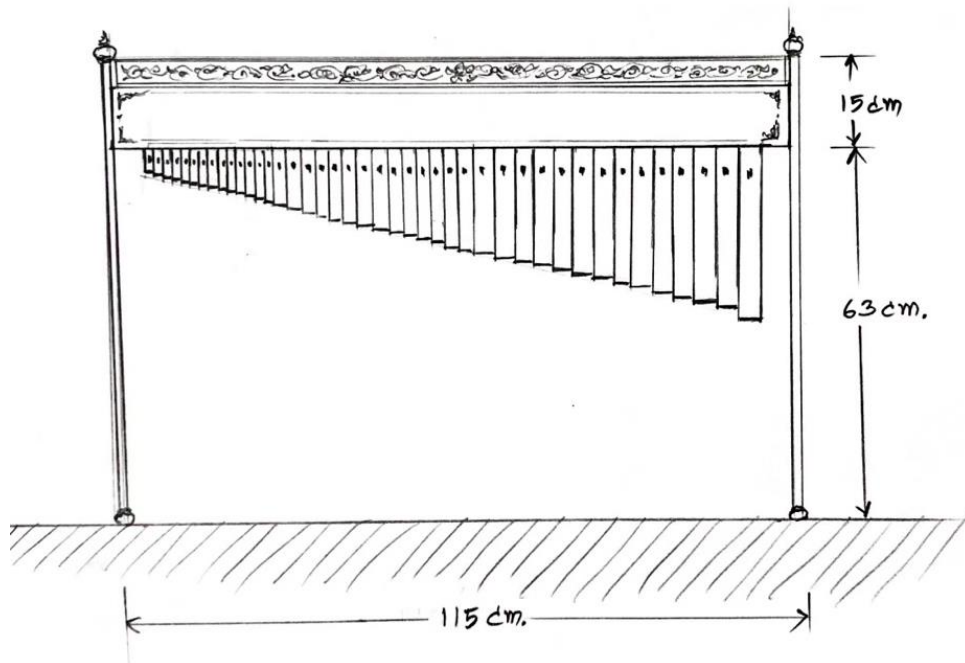


ภาพที่ 34 แบบร่างการทำงานของแป้นกด

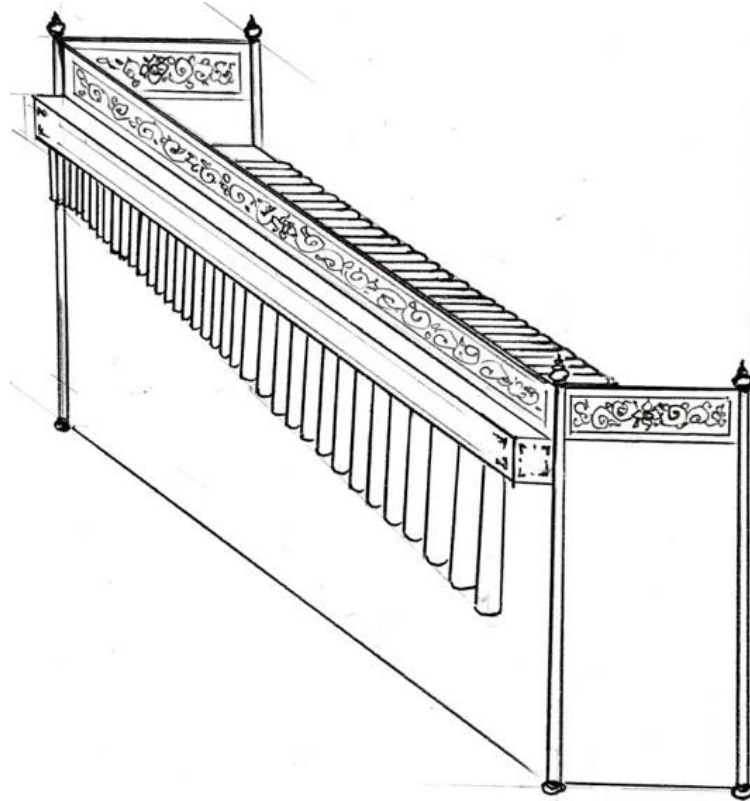
ที่มา : วิรัช สงเคราะห์



ภาพที่ 35 แบบร่างตำแหน่งการเก็บเครื่องปี่มลม  
 ที่มา : วิรัช สงเคราะห์



ภาพที่ 36 แบบร่างลมรายครั้งที่ 1 มุมมองด้านหน้า  
 ที่มา : วิรัช สงเคราะห์



ภาพที่ 37 แบบร่างลมรายครั้งที่ 1 มุมมองด้านข้าง  
ที่มา : วิรัช สงเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## 3.3.1.7 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย

## ลมราย ครึ่งที่ 1

ประเด็นการออกแบบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
การออกแบบแหล่งผลิตลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เครื่องเป่าลมมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากไม่สะดวกต่อการขนย้าย</li> <li>- ระบบการทำงานของเครื่องเป่าลมมีเสียงดังรบกวนเสียงของเครื่องดนตรีและผู้บรรเลงเป็นอย่างมาก</li> <li>- เครื่องเป่าลมเป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานด้านอุตสาหกรรม ฉะนั้นผู้ที่ใช้งานจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบการทำงาน และการบำรุงรักษาเบื้องต้น ซึ่งหากนำมาใช้เป็นอุปกรณ์หนึ่งของเครื่องดนตรีอาจก่อให้เกิดความกังวลต่อนักดนตรี</li> <li>- เครื่องเป่าลมมีแรงดันลมที่มาก ทั้งยังให้แรงลมที่ไม่สม่ำเสมอ จึงไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ผลิตลมในเครื่องดนตรี</li> <li>- ในขณะที่เครื่องเป่าลมทำงานมอเตอร์จะมีความร้อน ซึ่งความร้อนที่สะสมนี้จะกระจายออกมาด้านนอก อาจก่อให้เกิดความไม่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เปลี่ยนแหล่งผลิตลม โดยใช้พลังงานลมที่เกิดจากระบบลูกสูบที่ผู้วิจัยประยุกต์มาจากกระบอกสูบของรถจักรยาน ข้อดีของระบบลูกสูบนี้คือ สามารถผลิตกระแสลมได้โดยปราศจากการใช้ไฟฟ้า เมื่อต่อระบบลูกสูบเข้ากับท่อเสียง สามารถผลิตเสียงเครื่องดนตรีได้ทันที ราคาย่อมเยา หากกระบอกสูบชำรุดสามารถเปลี่ยนได้</li> <li>- กระบอกสูบติดตั้งอยู่กับท่อเสียงเพียง 1 อันจึงสามารถสร้างพลังงานลมให้แก่กระบอกสูบได้อย่างเต็มที่</li> </ul>

ประเด็นการออกแบบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
	<p>ปลอดภัยต่อนักดนตรีและอุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ภายในเครื่องดนตรี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เครื่องปั๊มลมเป็นเครื่องจักรกลที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงาน ฉะนั้นอาจไม่สะดวกในการบรรเลงหากระบบไฟฟ้าขัดข้อง</li> </ul>	
การออกแบบท่อเสียง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ท่อเสียงที่สร้างจากพลาสติก PPR ให้คุณลักษณะเสียงที่ดีแต่ใช้เวลาในการแกะรูปากนกแก้วมากกว่าวัสดุประเภทอื่น เนื่องจากมีเนื้อพลาสติกที่เหนียว</li> <li>- ท่อ PPR มีราคาสูง</li> <li>- การเชื่อมหรือการต่อท่อ PPR ต้องใช้ความร้อน จึงทำให้เกิดความลำบากในการทำงาน</li> <li>- ท่อเสียงจำนวน 42 อันในบางท่อเสียงให้ลักษณะเสียงหรือโทนเสียงที่เหมือนกัน จึงทำให้เสียงเกิดความซ้ำซ้อน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ท่อพีวีซีสีฟ้าและท่อพีวีซีที่ใช้สำหรับการทำขลุ่ยพลาสติกแทนท่อ PPR เนื่องจากมีราคาย่อมเยาและแกะรูปากนกแก้วได้สะดวก</li> <li>- ลดจำนวนท่อเสียงเหลือเพียง 30 อัน</li> </ul>
การออกแบบแป้นกด	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เนื่องจากหัวปล่อยลมแบบเดิมไม่แข็งแรงเพียงพอต่อแรงดันลมของเครื่องปั๊มลมอุตสาหกรรม ประกอบกับเครื่องปั๊มลมดังกล่าวไม่เหมาะกับการนำมาสร้างเป็นแหล่งผลิตลมในเครื่องดนตรี</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ออกแบบแหล่งผลิตลมใหม่และออกแบบแป้นกดรูปทรงกลมที่สร้างจากไม้ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าลักษณะทรงกลมมีความสัมพันธ์กับลักษณะของปลายนิ้วผู้บรรเลง</li> </ul>

ประเด็นการออกแบบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
การออกแบบโครงสร้าง	<p>- เนื่องจากเครื่องปั๊มลมมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก การสร้างตัวเรือนอาจมีความแข็งแรงไม่พอ ประกอบกับวัสดุที่ใช้ในการสร้างตัวเรือนทำจากไม้ เมื่อเครื่องปั๊มลมทำงานจะเกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งอาจทำให้ตัวเรือนได้รับความเสียหาย</p> <p>- ตัวเรือนที่ปราศจากการทาสีหรือวัสดุเคลือบผิวอาจเกิดการชำรุดของพื้นผิวภายนอก อันเนื่องมาจากความชื้นและความร้อนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมต่างๆ ประกอบกับไม้สนเป็นไม้เนื้ออ่อนเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดการหดและขยายตัวของมวลเนื้อไม้อย่างรวดเร็ว เนื้อไม้จึงมีโอกาสแตกร้าวสูง</p> <p>- ตัวเรือนที่ปราศจากโครงหรือคานเหล็กรองรับอาจมีอายุการใช้งานไม่ยาวนาน</p>	<p>- ประกอบและยึดโครงสร้างด้วยกาวอีพ็อกซีและตะปูเกลียว</p> <p>- ทาสีย้อมไม้เพื่อเคลือบพื้นผิวของไม้สน</p> <p>- เพิ่มความแข็งแรงของฐานตัวเรือนด้วยคานเหล็กรูปตัว I</p>

ประเด็นการออกแบบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
การออกแบบตกแต่ง	- ไม้คิ้วที่ประดับด้านหน้าตัวเรือนด้านบนบดบังอิริยาบถในการบรรเลงของนักดนตรี ซึ่งอาจทำให้ผู้ชมขาดอรรถรสในการชมและทำให้เครื่องดนตรีหนักมากขึ้น	- เปลี่ยนรูปแบบการตกแต่งใหม่ โดยการเอาไม้คิ้วออก - เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบลมใหม่ โดยใช้ระบบลูกสูบและสามารถเชื่อมต่อสายลมเข้ากับท่อ
	- อุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการทำเครื่องดนตรีไทยลมราย เช่น วาล์วทองเหลือง หางปลาทองเหลือง ข้อต่อทองเหลือง ท่อเสียง ไม้คิ้วและเครื่องปั๊มลมมีน้ำหนักมาก จึงไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายเครื่องดนตรีและตัวเรือนมีการรับน้ำหนักมากเกินไป - วาล์วทองเหลือง หางปลาทองเหลือง ข้อต่อทองเหลืองเป็นอุปกรณ์ที่แปลกตาเมื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องดนตรี ซึ่งการประกอบท่อเสียงแต่ละอันเข้ากับกระบอกสูบต้องใช้อุปกรณ์หลายชิ้นจึงทำให้ใช้งบประมาณในการสร้างสูง	เสียงด้วยหนังวัวที่มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบา

ตารางที่ 7 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1

ที่มา : ผู้วิจัย



เครื่องดนตรีไทยลมรายจากการออกแบบครั้งที่ 1 มีจุดเด่นที่สำคัญคือ เป็นเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่เกิดจากการริเริ่มสร้างสรรค์โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านสวนศาสตร์ เครื่องดนตรีวิทยา วัสดุศาสตร์และการออกแบบ มีการประยุกต์ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ทางด้านงานอุตสาหกรรมทั้งยังมีความถี่เสียงแบบดนตรีไทย

### 3.3.2 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนางานครั้งที่ 1 ได้มีการนำปัญหาที่พบมาทำการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายครั้งที่ 2 ซึ่งในการออกแบบและพัฒนาครั้งที่ 2 มีการสร้างต้นแบบเครื่องดนตรีไทยลมรายและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทดสอบเสียงในประเด็นต่างๆ

#### 3.3.2.1 การออกแบบแหล่งผลิตลม

ในการการออกแบบและพัฒนาเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 นี้ ผู้วิจัยยังคงดำเนินการสร้างเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่สามารถสร้างเสียงได้โดยปราศจากการใช้ปากในการเป่าลม โดยมีแนวคิดในการนำกระบอกสุบลมมาใช้เป็นแหล่งผลิตลม

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดทฤษฎีเรื่องชนิดของตัวกลางมาใช้ในการออกแบบเครื่องดนตรีไทยลมราย เนื่องจากเครื่องดนตรีชนิดนี้สามารถกำเนิดเสียงได้เมื่อชนิดของตัวกลางมีสถานะเป็นแก๊ส นั่นหมายความว่าเมื่อเกิดแรงในการกระทำต่อเครื่องดนตรีโดยมนุษย์ซึ่งใช้นิ้วมือกดแป้นไม้เพื่อให้เกิดแรงดันจนกระทั่งนำไปสู่การเคลื่อนที่ของแรงดันลมที่อยู่ภายในกระบอกสุบลม ซึ่งเต็มไปด้วยอากาศแล้วเสียงในเครื่องดนตรีจึงปรากฏขึ้นโดยอาศัยตัวกลางคือแก๊สหรืออากาศที่ผ่านในท่อ ถึงแม้จะเป็นเพียงความว่างเปล่าที่ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ด้วยตา แต่ตามทฤษฎีดังกล่าวแล้ว เมื่อเกิดคลื่นเสียงขึ้น คลื่นเสียงจะถ่ายทอดพลังงานไปสู่โมเลกุลที่อยู่ในตัวกลางนั้นๆ เนื่องจากเกิดการสั่นสะเทือนกลับไปกลับมา จนกระทั่งคลื่นเสียงเดินทางมาถึงอวัยวะรับเสียงของมนุษย์คือหู

กระบอกสุบลมประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ กระบอกสุบลม แกนลูกสูบ ลูกสูบ วาล์ว และสายลม หลักการทำงานคือเมื่อเคลื่อนที่แกนลูกสูบขึ้นอากาศจะถูกเก็บสะสมไว้ในกระบอกสุบลมผ่านวาล์ว และเมื่อใช้นิ้วมือกดแกนลูกสูบด้านบนก็จะทำให้ลูกสูบเกิดการเคลื่อนที่และอัดอากาศที่อยู่ภายในกระบอกสุบลมให้เคลื่อนที่ไปยังอุปกรณ์ที่เราต้องการ โดยอากาศจะเดินทางผ่านสายลม



ภาพที่ 39 ครอบบอกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 38 ระบบลูกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 40 แกนลูกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 41 สายลม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 43 วาล์ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 42 เกลียวลูกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 44 ทดสอบการทำงานของระบบลูกสูบ

ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.2 การออกแบบท่อเสียง

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับรูปแบบการจัดวางหรือการเรียงท่อเสียงพบรูปแบบโครงสร้างทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 แยกท่อเสียงและปากเป่า รูปแบบที่ 2 แยกท่อเสียงและใช้ปากเป่าร่วมกัน ซึ่งผู้วิจัยใช้รูปแบบที่ 1 มาสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยลมราย กล่าวคือ ผู้วิจัยใช้สายลมจำนวน 30 อันเป็นวัสดุที่เชื่อมต่อระหว่างกระบอกสูบลมที่ทำหน้าที่ในการผลิตลมกับท่อเสียงจำนวน 30 อันซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างระดับเสียงของเครื่องดนตรี หากจะเปรียบเทียบกับเครื่องบรรเลงเครื่องเป่าที่ใช้ปากเป่าอย่างเครื่องดนตรีดั้งเดิม กระบอกสูบเปรียบเสมือนอวัยวะในร่างกายของผู้บรรเลง สายลมเปรียบเสมือนปากที่เชื่อมต่อและนำพาลมให้เข้าสู่เครื่องดนตรี

หลังจากที่ผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 1 พบปัญหาของการใช้ท่อ PPR ในการสร้างท่อเสียงจึงมีการเปลี่ยนมาใช้ท่อ PVC สำหรับทำขลุ่ยพลาสติกมาใช้ เนื่องจากมีราคาถูกและให้คุณภาพเสียงที่ดีแต่มีข้อจำกัดในท่อขนาดใหญ่ เนื่องจากหากจะสั่งผลิตจะต้องสั่งผลิตในปริมาณมากซึ่งใช้งบประมาณสูง ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้ท่อ PVC สีฟ้าที่ใช้ในงานประปามาสร้างท่อเสียงขนาดใหญ่เพื่อให้ได้โทนเสียงที่ทุ้ม ในการสร้างระดับเสียงของเครื่องดนตรีไทยลมรายสร้างโดยการใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับประเภทคลื่นเสียงออกดิเบิ้ล (Audible waves) หรือ Sonics หรือ Audible sound wave หรือ Sensation of sound เนื่องจากเป็นคลื่นเสียงที่

มนุษย์สามารถรับรู้ได้และเป็นความถี่ที่ก่อให้เกิดระดับเสียงที่เหมาะสมต่อการสร้างเสียงหรือทำนองในบทเพลงประเภทต่างๆ

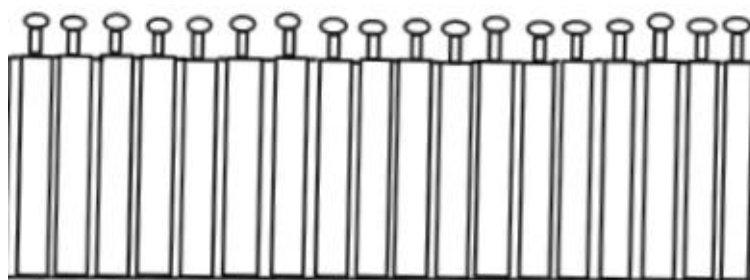
ท่อเสียงของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีแนวคิดในการสร้างสรรค์มาจากท่อของขลุ่ยซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมที่มีความสั้นยาวแตกต่างกัน รวมทั้งเป็นท่อที่มีลักษณะท่อปลายเปิด กล่าวคือคลื่นเสียงรวมถึงโมเลกุลที่อยู่ในท่อเสียงสามารถเคลื่อนที่ไปสู่ปลายท่อและออกไปสู่ภายนอกท่อเสียงได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ยังมีพลังงานคลื่นเสียงบางส่วนที่สะท้อนกลับเข้ามายังท่อเสียง ซึ่งผู้บรรเลงจะต้องสร้างพลังงานให้เหมาะสมกับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับเข้ามาเพื่อให้เกิดแรงดันที่เหมาะสมอันนำไปสู่คุณภาพของเสียงเครื่องดนตรี

จากแนวคิดและทฤษฎีเรื่องการกำจรเสียง (resonance) ผู้วิจัยได้นำหลักทฤษฎีดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบสร้างสรรค์เครื่องดนตรีลมราย โดยเครื่องดนตรีนี้ประกอบด้วยท่อเสียงทั้งหมด 30 อัน ซึ่งท่อแต่ละอันจะมีขนาดความยาวและกว้างที่ต่างกัน อันเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโทนเสียงหรือลักษณะเสียงของท่อแต่ละอัน ทั้งยังมีความสัมพันธ์กับระดับเสียงที่ปรากฏในท่อแต่ละอันด้วย ทฤษฎีการกำจรเสียงหรือการสั่นพ้องของเสียงมีหลักและแนวคิดสืบเนื่องจากทฤษฎีความถี่ธรรมชาติ กล่าวคือวัตถุแต่ละชิ้นหรือท่อเสียงของลมรายแต่ละท่อที่มีสัดส่วนต่างกันล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความถี่ธรรมชาติที่ต่างกัน ความถี่ในที่นี้หมายถึงความถี่ที่ปรากฏในตัววัตถุนั้นๆ ความถี่ธรรมชาติจะปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจนต่อเมื่อมีแรงกระทำอื่นที่สร้างความถี่เดียวกับวัตถุนั้นๆ จะเกิดการเคลื่อนไหวที่รุนแรงอย่างทวีคูณ ในเครื่องดนตรีแต่ละชนิดอาศัยท่อนของเครื่องดนตรีที่ถูกขึงไว้ เมื่อมีแรงกระทำที่มีความถี่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของสายที่ขึงก็จะเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงจนกระทั่งเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า กำทอนหรือการสั่นพ้อง ลักษณะเสียงที่เกิดขึ้นจะมีความกังวานเป็นน้ำเสียงที่มีพลัง มีแรงหรือมวลเสียงที่มีคุณภาพ ในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมอย่างเครื่องดนตรีไทยลมรายก็เกิดปรากฏการณ์สั่นพ้องเช่นกัน เมื่อแรงลมที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับความถี่ธรรมชาติของท่อเสียงแต่ละอัน เสียงที่ได้ก็จะมีเสียงดังกังวาน

### 3.3.2.3 การออกแบบแป้นกด

ในการออกแบบและสร้างแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมรายเกิดจากการนำกระบอกสูบมาทำการประยุกต์ใช้ในการผลิตลมในเครื่องดนตรี ซึ่งแต่เดิมกระบอกสูบจะมีลักษณะเป็นก้านตั้งฉากกับก้านสูบซึ่งไม่สะดวกต่อการนำมาใช้งาน ผู้วิจัยจึงทำการสร้างสรรค์แป้นกด

ใหม่ให้เหมาะกับการกด โดยมีพื้นฐานแนวคิดมาจากรูปร่างปลายนิ้วที่มีลักษณะกลมมน ฉะนั้นจึง ออกแบบแป้นกดให้สอดคล้องกับรูปร่างปลายนิ้วซึ่งเป็นลักษณะทรงกลม ซึ่งมีความกว้างมากกว่าปลาย นิ้วเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ปลายนิ้วสามารถกดและวางได้ ทั้งนี้แป้นกดด้านบนจะมีความโค้งและนูน เพื่อให้ปลายนิ้วสามารถสัมผัสและกดได้อย่างสะดวก ผู้บรรเลงให้กำเนิดเสียงโดยการใช้นิ้วมือกดลง บนแป้นไม้เพื่อให้ระบบลูกสูบเกิดการเคลื่อนที่เพื่อผลิตลมและเสียง



ภาพที่ 45 การออกแบบแป้นกดลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2

ที่มา : ผู้วิจัย

#### 3.3.2.4 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างหลักของเครื่องดนตรีไทยลมรายโดย คำนึงถึงความแข็งแรงและความมั่นคงของเครื่องดนตรีเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ยังคำนึงถึงความสัมพันธ์ ของขนาด สัดส่วน รูปร่างและรูปร่างที่ดี (Good Proportion) ลักษณะที่เรียบง่าย (Simplicity) ลักษณะเฉพาะที่เด่นและเหมาะสม (Suitably) ซึ่งควรมีความกลมกลืนรับกับส่วนประกอบอื่นๆ ของ เครื่องดนตรีด้วย และมีการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม (Appropriately of Materials Used) การออกแบบเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยใช้รูปร่างเรขาคณิตมาเป็นพื้นฐานในการ ออกแบบ ได้แก่ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทรงกลม ทรงกระบอก โดยคำนึงถึงหลักการใช้งานของเครื่อง ดนตรีเป็นหลัก กล่าวคือรูปร่างต่างๆ ที่นำมาใช้ต้องมีความสะดวกต่อการใช้งาน สามารถบรรเลงได้ อย่างสะดวกเข้ากับสรีระร่างกายของผู้บรรเลง ทั้งนี้ยังนำองค์ประกอบย่อยของเครื่องดนตรีมาทำการ พิจารณาด้วย เช่น จำนวนท่อเสียงของลมรายที่วางเรียงกันในแนวตั้งจำนวน 30 ท่อ จึงนำมาสู่การ ออกแบบโครงสร้างหลักเป็นตัวเรือนลมรายที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยม และอาศัยรูปร่างของกระบอกสูบที่ เป็นรูปร่างกระบอกโดยนำมาวางเรียงกันในแนวตั้งเพื่อให้สัมพันธ์กับลักษณะการวางท่อเสียง และตัว เรือนที่วางในแนวตั้ง และเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เครื่องดนตรีไทยลมรายโดยการออกแบบเสาของตัว

เรือนโดยใช้ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าตั้งทำมุม 90 องศาตั้งฉากกับฐานที่วางในแนวระนาบทำมุม 180 องศา เพื่อเป็นโครงสร้างหลักให้แก่แผงไม้ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเรือนได้ยึดและประคองตัวเรือน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขนาดและสัดส่วนจากโครงสร้างออร์แกน และพบว่ามีความสะดวกสบาย เนื่องจากระดับความสูงของเครื่องดนตรีสัมพันธ์กับความสูงของผู้บรรเลงเมื่อนั่งเก้าอี้ ฉะนั้นผู้วิจัยจึงนำสัดส่วนดังกล่าวมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบขนาดและสัดส่วนของนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย และได้ความสูงที่เหมาะสมจากพื้นจนถึงตำแหน่งแป้นกด 70 เซนติเมตร และมีระยะความกว้างของช่วงแป้นกดตัวแรกถึงตัวสุดท้าย 100 เซนติเมตร

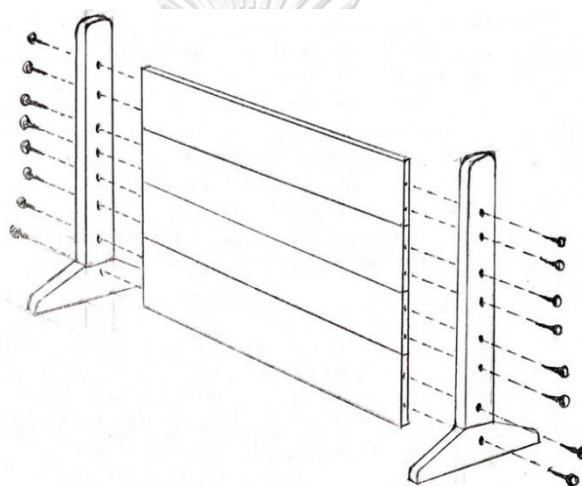
### 3.3.2.5 การออกแบบตกแต่ง

การออกแบบตกแต่งเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยใช้แนวคิดการออกแบบตกแต่งประเภทเรขาคณิต (geometric decorative design) คือมีการใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า วงรี วงกลม ทรงกระบอก เพื่อให้เกิดความเป็นเอกภาพ (unity) กับการออกแบบโครงสร้าง (จารุพรรณ ทรัพย์ปรง, 2548) ซึ่งจะนำมาใช้ในการออกแบบแป้นกด สปริง ท่อเสียง ล้อ หูจับ และกล่องปิดระบบลูกสูบ และใช้แนวคิดการออกแบบประเภทธรรมชาตินิยม (naturalistic decorative design) โดยอาศัยธรรมชาติของพื้นผิวไม้ ลวดลายไม้ซึ่งให้ผิวสัมผัสที่เป็นธรรมชาติ ประกอบกับการใช้สีเลียนแบบไม้เพื่อให้เกิดความกลมกลืน ให้อารมณ์ความรู้สึกที่อบอุ่นและสุขุม ฉะนั้นผู้วิจัยจึงใช้สีย้อมไม้ทำไม้สนให้เกิดสีน้ำตาลที่มีความเข้มมากขึ้น เนื่องจากเดิมไม้สนธรรมชาติจะมีสีน้ำตาลอ่อน ผู้วิจัยจึงทาสีทั้งหมด 2 รอบ และในการขัดผิวไม้ผู้วิจัยขัดเพียงเก็บรายละเอียดพื้นผิวในระดับปานกลางเท่านั้น เนื่องจากต้องการให้ผู้บรรเลงได้สัมผัสกับผิวไม้ที่มีความหยาบและเป็นแนวเสี้ยนไม้ในระดับปานกลาง เหตุผลอีกประการคือเครื่องดนตรีไทยส่วนใหญ่จะเป็นการตกแต่งสีสนที่เลียนแบบธรรมชาติ คือ มีการใช้สีน้ำตาล นอกจากนี้ผู้วิจัยมีการทาสีท่อเสียงขนาดใหญ่ด้วยสีน้ำตาลเพื่อเลียนแบบสีของธรรมชาติ ฉะนั้นการตกแต่งสีผิวเครื่องดนตรีในลักษณะนี้จึงสร้างความกลมกลืนและความเป็นเอกภาพเมื่อนำเครื่องดนตรีไทยลมรายไปบรรเลงประสมวง

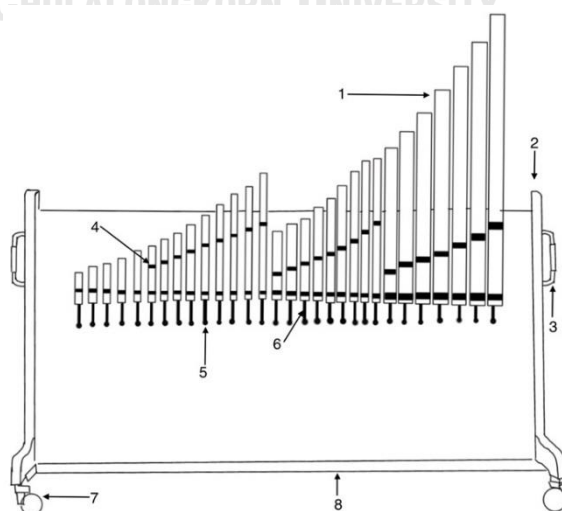
ในการออกแบบตกแต่งเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยนำเอกลักษณ์ของรูปทรงท่อเสียงซึ่งเป็นทรงกระบอกมาจัดเรียงตามขนาดความยาว ซึ่งด้านซ้ายมือของผู้เล่นจะมีขนาดยาวที่สุด และลดระดับความยาวไปจนถึงท่อที่สั้นที่สุดซึ่งอยู่ทางด้านขวา ทั้งนี้ผู้วิจัยนำท่อเสียงมายึดกับแผงตัวเรือนโดยใช้ก้ามปูที่จับท่อ เพื่อให้เกิดความมั่นคงในการยึดท่อเสียง สีของก้ามปูผู้วิจัยเลือกใช้สีขาว

างข้างเพื่อสร้างความโดดเด่นให้แก่การจัดเรียงท่อขลุ่ย นอกจากนี้แนวการติดก้ามปูยังมีการจัดเรียงแบบเส้นทแยงเพื่อให้เกิดอารมณ์ความรู้สึกที่สื่อถึงความเคลื่อนไหว เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะเส้นที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องดนตรีไทยลมรายทั้งเส้นตรงที่ซ่อนอยู่ในโครงสร้างของตัวเรือนลมรายและกล่องปิดระบบลมรายเพื่อสื่อให้เกิดความรู้สึกที่มั่นคงและแข็งแรง ในขณะที่เดียวกันก็ยั้งซ่อนเส้นขนานที่ปรากฏในคานเหล็กด้านล่างที่รับกับตัวเรือนและกล่องปิดระบบลมรายเพื่อสื่อถึงคุณภาพความเรียบง่ายและความสงบ ประกอบกับแนวเส้นที่ตัดกันของโครงสร้างทั้งหมดที่สื่อถึงความแข็งแรงและการประสานกัน

### 3.3.2.6 แบบร่างส่วนประกอบของเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2



ภาพที่ 46 แบบร่างตัวเรือนลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 47 แบบร่างลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย

แบบร่างลมรายด้านหน้า ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 8 ส่วน ดังนี้

หมายเลข 1 คือ ท่อเสียง

หมายเลข 2 คือ เสาและตัวเรือน

หมายเลข 3 คือ หูจับ

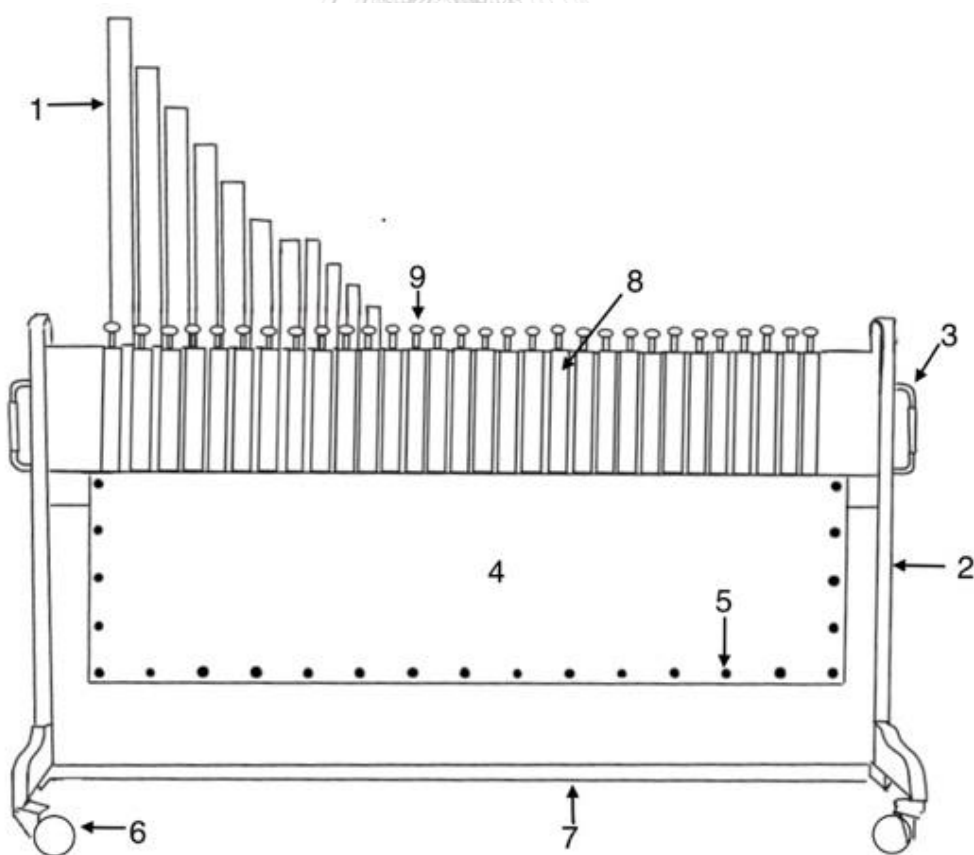
หมายเลข 4 คือ ก้ามปู

หมายเลข 5 คือ รูร้อยสายลม

หมายเลข 6 คือ สายลม

หมายเลข 7 คือ ล้อ

หมายเลข 8 คือ คานเหล็ก



ภาพที่ 48 แบบร่างลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 2

ที่มา : ผู้วิจัย



แบบร่างลมรายด้านหลัง ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 9 ส่วน ดังนี้

หมายเลข 1 คือ ท่อเสียง

หมายเลข 2 คือ เส้าและตัวเรือน

หมายเลข 3 คือ หูจับ

หมายเลข 4 คือ กล้องปิดระบบลูกสูบ

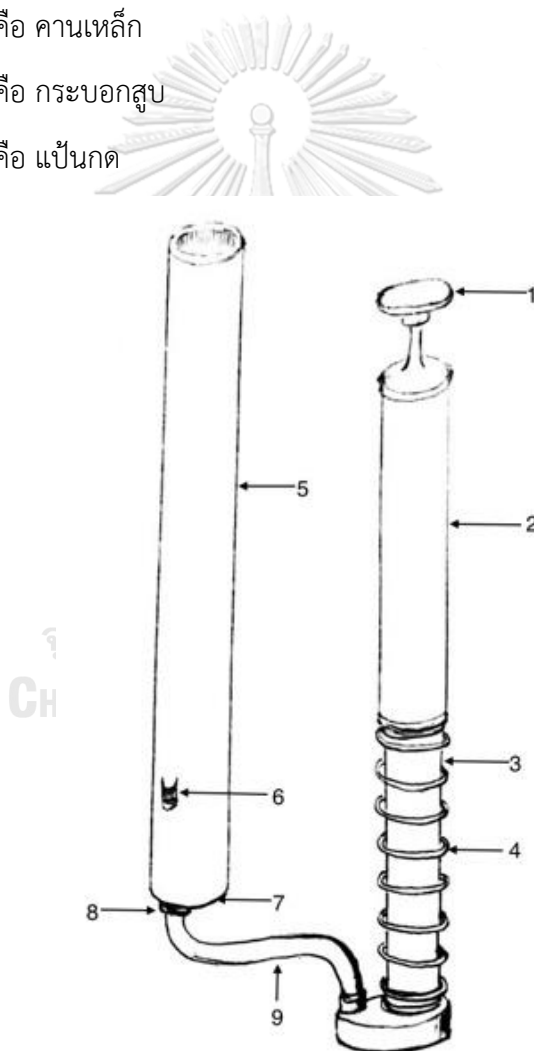
หมายเลข 5 คือ ตะปูเกลียว

หมายเลข 6 คือ ล้อ

หมายเลข 7 คือ คานเหล็ก

หมายเลข 8 คือ กระจับอกสูบ

หมายเลข 9 คือ แป้นกด



ภาพที่ 49 แบบร่างระบบลูกสูบลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2

ที่มา : วิรัช สงเคราะห์

แบบร่างระบบลูกสูบ ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 9 ส่วน ดังนี้

หมายเลข 1 คือ แป้นกด

หมายเลข 2 คือ กระจบอกสูบ

หมายเลข 3 คือ ก้านลูกสูบ

หมายเลข 4 คือ สปริง

หมายเลข 5 คือ ท่อเสียง

หมายเลข 6 คือ ปากนกแก้ว

หมายเลข 7 คือ ดาก

หมายเลข 8 คือ หนังเชื่อมสายลม

หมายเลข 9 คือ สายลม

ในส่วนของการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. นางคำจันทร์ อิ่มบุปผา ช่างทำขลุ่ยบ้านอิมบุปผา ให้ความอนุเคราะห์ในการทำปากนกแก้วและดากลมราย



ภาพที่ 50 นางคำจันทร์ อิ่มบุปผาและผู้วิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย

2. อาจารย์วิรัช สงเคราะห์ ช่างงานประณีตศิลป์ไทย ให้ความอนุเคราะห์ในการเขียนแบบเทียบเสียง สร้างตัวเรือน ส่วนประกอบและการประกอบลมราย



ภาพที่ 51 อาจารย์วิรัช สงเคราะห์

ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.7 ส่วนประกอบนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2

เครื่องดนตรีไทยลมรายจัดเป็นเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลมที่ให้กำเนิดเสียงด้วยลูกสูบ มีองค์ประกอบทั้งหมด 17 ส่วนดังนี้

1. กระทบอกสูบ ผลิตจากอลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุที่คงทน มีจำนวน 30 กระทบอก กระทบอกสูบลมมีหน้าที่ในการผลิตแรงลมเพื่อทำให้เครื่องดนตรีเกิดเสียง
2. แป้นกด ผลิตจากไม้มีจำนวน 30 อัน แป้นกดมีหน้าที่ในการรองรับนิ้วของผู้บรรเลง เพื่อให้ผู้บรรเลงสามารถกดก้านลูกสูบในขณะที่บรรเลงได้อย่างสะดวก
3. ท่อเสียง ผลิตจากพลาสติกประเภทพีวีซี จำนวน 30 ท่อน โดยแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.4 เซนติเมตร จำนวน 7 ท่อน ขนาดกลางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 เซนติเมตร จำนวน 9 ท่อน ขนาดเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เซนติเมตร จำนวน 14 ท่อน ท่อเสียงทำหน้าที่ในการผลิตเสียงลมรายให้มีระดับเสียงต่างๆ
4. สายลม ผลิตจากพลาสติกพีวีซี ที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและทนต่อการโค้งงอ มีจำนวน 30 เส้น สายลมทำหน้าที่ในการส่งผ่านอากาศจากกระทบอกสูบลมให้ผ่านไปยังดากของลมรายเพื่อให้เกิดเสียง
5. ดาก ผลิตจากไม้สัก มีจำนวน 30 อัน ดากเป็นช่องทางให้ลมผ่านเพื่อให้ลมไปกระทบกับปากนกแก้ว

6. ปากนกแก้ว เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่อยู่ในท่อเสียงของลมรายจำนวน 30 อัน เกิดจากการเจาะร่องท่อเสียงให้มีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีปลายแหลมสองข้าง ปากนกแก้วเมื่อมีลมมากระทบจะสั่นสะเทือนทำให้เกิดเสียงขึ้น

7. หนังเชื่อมสายลมและดาก ผลิตจากหนังวัวฟอกที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึง มีจำนวน 30 แผ่น หนังเชื่อมสายลมและดากทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสายลมและดากเข้าด้วยกันโดยคุณสมบัติของหนังที่มีความแบนเรียบเมื่อประสานกับความร้อนจะสามารถปิดช่องว่างของทางเดินลมได้เป็นอย่างดี

8. ก้ามปู ผลิตจากพลาสติกพีวีซีมีคุณสมบัติยืดหยุ่นสูง ทนต่อแรงดันและแรงกด มีน้ำหนักเบา โดยแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่จำนวน 14 อัน ขนาดกลางจำนวน 18 อันและขนาดเล็กจำนวน 20 อัน ก้ามปูทำหน้าที่ในการจับยึดท่อเสียงให้ติดกับตัวเรือนลมราย

9. สปริง ผลิตจากเหล็กมีคุณสมบัติยืดหยุ่นสามารถรับแรงกดหรือกระแทกได้สูง มีจำนวน 30 วง สปริงทำหน้าที่ในการรับแรงกดจากเสื่อสูบ เมื่อเสื่อสูบล้มมีการเคลื่อนที่สปริงจากรอบรั้งการกดและทำให้เสื่อสูบเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเดิม

10. แผ่นพลาสติกใส ผลิตจากพลาสติกมีคุณสมบัติยืดหยุ่นและทนทาน มีจำนวน 30 ชิ้น แผ่นพลาสติกทำหน้าที่ในการคั่นระหว่างสปริง เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีและเปียดกันระหว่างสปริง

11. แหวนโลหะ ผลิตจากเหล็กชุบสังกะสีมีคุณสมบัติทนทานต่อแรงกด มีจำนวน 30 วง แหวนโลหะทำหน้าที่กำหนดการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบให้สามารถตั้งตรงและเคลื่อนที่ขึ้นลงได้

12. ตัวเรือน ผลิตจากไม้สนมีคุณสมบัติทนทาน แข็งแรง เนื้อละเอียด ลายสวยและน้ำหนักเบา ทำหน้าที่ในการยึดอุปกรณ์ลมรายทั้งหมด

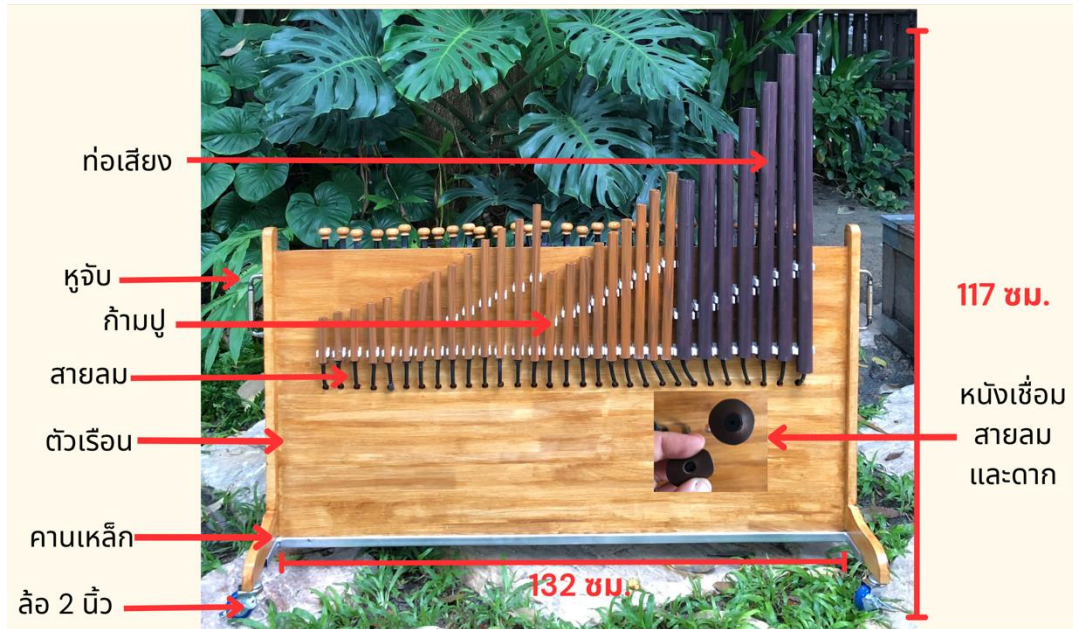
13. ล้อ ผลิตจากโพลียูรีเทนมีคุณสมบัติแข็งแรงและทนทานต่อการรับน้ำหนัก ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักลมรายและช่วยในการเคลื่อนย้ายเครื่องดนตรีให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

14. หูจับ ผลิตจากเหล็กมีคุณสมบัติแข็งแรงทนทาน มีจำนวน 2 อัน ทำหน้าที่ในการจับหรือยกเครื่องดนตรีให้สามารถกระทำด้วยความสะดวก

15. เหล็กฉาก ผลิตจากเหล็กมีคุณสมบัติทนทานต่อการรับน้ำหนัก มีจำนวน 30 อัน ทำหน้าที่ในการรองรับกระบอกสูบให้ตั้งตรง

16. คาน ผลิตจากเหล็กมีคุณสมบัติทนทานต่อการรับน้ำหนักและการกระแทก มีจำนวน 1 อัน ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงโดยการรองรับน้ำหนักของส่วนประกอบและตัวเรือนลมราย

17. กล้องไม้ ผลิตจากไม้สนและไม้แอ๊ดมีคุณสมบัติแข็งแรงและน้ำหนักเบา มีจำนวน 1 กล้อง ทำหน้าที่ในการรักษาระบบลมของลมราย ไม้ให้สัมพันธ์และกระทบกับอากาศและแรงกระทำต่างๆ



ภาพที่ 52 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 2

ที่มา : ผู้วิจัย

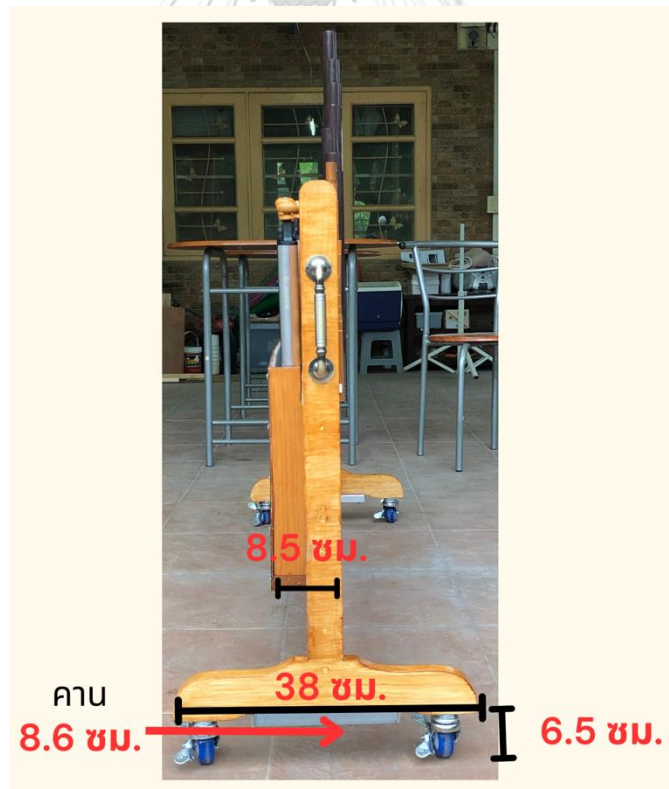


ภาพที่ 53 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 2

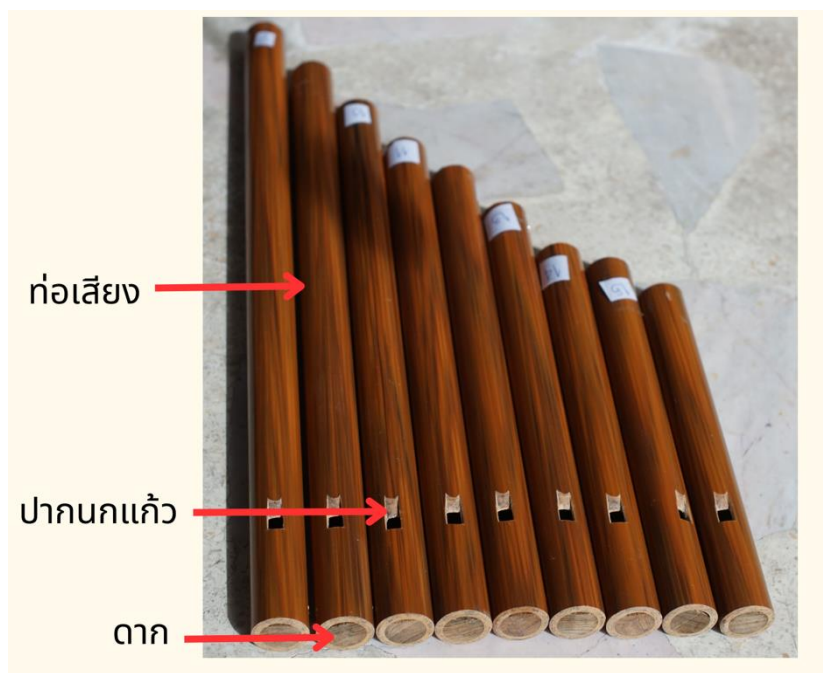
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 54 สัดส่วนและส่วนประกอบระบบลมภายในของลมรายที่พัฒนา ครั้งที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 55 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านข้างที่พัฒนา ครั้งที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



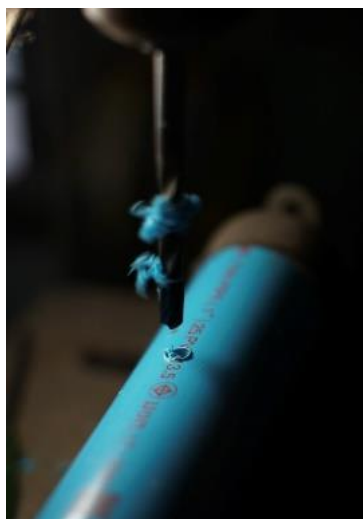
ภาพที่ 56 ส่วนประกอบท่เสียงลมราย

ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.8 กรรมวิธีการผลิตนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2

#### 3.3.2.8.1 การแกะปากนกแก้ว ผู้วิจัยเลือกใช้ท่พีวีซีสีฟ้าซึ่งใช้

สำหรับงานประปาขนาด 1 นิ้วมาทำท่เสียงลมรายขนาดใหญ่ เนื่องจากมีขนาดใกล้เคียงกับขลุ่ยอยู่ โดยผู้วิจัยต้องการสร้างท่เสียงขนาดใหญ่ให้มีเสียงโทนต่ำ จำนวน 7 ท่อน โดยนำไปเจาะรูในบริเวณที่ต้องการแกะปากนกแก้วเพื่อให้สะดวกและรวดเร็วต่อการแกะปากนกแก้ว โดยใช้ดอกสว่านขนาด 6 มิลลิเมตร ทั้งนี้จะต้องเจาะด้วยความระมัดระวังเนื่องจากท่พีวีซีมีความแข็งและมีขนาดใหญ่ ประกอบกับความเร็วยของสว่านแทนอาจทำให้ท่พีวีซีเคลื่อนที่และตำแหน่งเจาะรูอาจผิดพลาด ฉะนั้นจึงต้องจับท่พีวีซีให้แน่นหนา ในขณะที่เจาะรูต้องสังเกตตำแหน่งการเจาะว่าอยู่ในตำแหน่งเดิมหรือไม่ ทั้งยังต้องสังเกตรูที่เจาะว่ามีการแตกร้าวในบริเวณใกล้เคียงหรือไม่ หากพบว่ามีอาการแตกหรือชำรุดจำเป็นต้องเปลี่ยนท่พีวีซี เนื่องจากอาจทำให้เกิดช่องว่างที่ส่งผลต่อการรั่วหรือสูญเสียของลม ในขณะที่บรรเลงได้



ภาพที่ 57 เจาะรูท่อขนาดใหญ่  
ที่มา : ผู้วิจัย

ท่อเสียงลมรายขนาดกลางผู้วิจัยต้องการให้เกิดเสียงโทนกลางจึงใช้ท่อพลาสติกที่ใช้สำหรับการผลิตขลุ่ยโดยเฉพาะ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 เซนติเมตร จำนวน 9 ท่อนและท่อเสียงลมรายขนาดเล็กผู้วิจัยต้องการให้เกิดเสียงโทนแหลมจึงใช้ท่อพลาสติกที่ใช้สำหรับการผลิตขลุ่ยโดยเฉพาะ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 เซนติเมตร จำนวน 14 ท่อน



ภาพที่ 59 ท่อขนาดเล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 58 ท่อขนาดกลาง  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นใช้มีดแกะปากนกแก้วให้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ท่อเสียงขนาดใหญ่และกลางมีขนาดปากนกแก้ว  $0.6 \times 1.6$  เซนติเมตร ท่อเสียงขนาดเล็กมีขนาดปากนกแก้ว  $0.4 \times 1.5$  เซนติเมตร และทำการแต่งรูปปากนกแก้วด้านหนึ่งให้มีร่องลึกและมีความเรียวแหลม ซึ่งการเจาะปากนกแก้วต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากมีดมีความคมสูงและท่อมีลักษณะเป็นท่อยาว



ท่อกลม จึงต้องใช้แทนไม้สำหรับวางขลุ่ยไม่ให้เคลื่อนที่ การเจาะปากนกแก้วต้องปาดหรือบากร่องให้สะอาดโดยปราศจากเยื่อพลาสติก มิฉะนั้นเยื่อดังกล่าวจะปิดทางเดินของลมและคลื่นเสียงทำให้เสียงของเครื่องดนตรีดังไม่เต็มที่และเสียงไม่ชัดเจน การตรวจสอบเศษพลาสติกนี้สามารถทำได้โดยการใช้นิ้วมือสัมผัสปากนกแก้วด้านในซ้ำๆ



ภาพที่ 61 การแกะปากนกแก้วท่อขนาดใหญ่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 60 การแต่งปากนกแก้วท่อขนาดใหญ่ 1  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 63 การแกะปากนกแก้วท่อขนาดเล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 62 การแต่งปากนกแก้วท่อขนาดกลาง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 65 ท่อลมรายชื่อที่แกะปากนกแก้วเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 64 ตรวจสอบความเรียบร้อยของปากนกแก้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.8.2 การเหลาไม้ดาก เริ่มต้นจากการคัดเลือกไม้สักที่เหลา

เป็นท่อนทรงกลมให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพอดีกับรูด้านในของท่อเสียงแต่ละขนาดคือ 2.8 เซนติเมตร 1.6 เซนติเมตรและ 1.3 เซนติเมตรตามลำดับ หากไม้ดากไม่พอดีจะทำให้เกิดลมรั่วส่งผลให้เสียงแรงลมและคุณภาพเสียงไม่ดี เริ่มต้นการเหลาไม้ดากโดยปาดเนื้อไม้ในแนวนอนให้มีลักษณะเป็นแอ่งที่มีความโค้งลาดเล็กน้อย ขนาดความยาวของแอ่งยาว 4.6 เซนติเมตร 4.2 เซนติเมตรและ 3.3 เซนติเมตรเท่ากับความยาวของไม้ดากที่ใช้สำหรับท่อเสียงแต่ละขนาดตามลำดับจากขนาดใหญ่ไปหาเล็ก หลังจากนั้นใช้กระดาษทรายขัดแต่งผิวไม้ดากให้มีความเรียบ ใช้กระดาษทรายขัดพื้นผิวด้านใน ขลุ่ยให้เรียบแล้วนำไม้ดากใส่ในท่อเสียงให้มีความลึก 4.6 เซนติเมตร 4.2 เซนติเมตรและ 3.3 เซนติเมตรตามลำดับของขนาดท่อเสียง ใช้คีมจับไม้ดากให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยให้บริเวณที่เป็นแอ่งและช่องลมอยู่ในตำแหน่งเดียวกับรูปากนกแก้ว หากไม้ดากอยู่ลึกเกินไปให้ใช้เหล็กกระทุ้งจากด้านใน แล้วจึงใช้ไม้ส่วนที่ทำจากผิวไม้ไผ่เหลาบางๆ ทำการตรวจสอบตำแหน่งของไม้ดากให้มีช่องว่างด้านในเท่ากันทั้งสองข้าง โดยยึดรูปากนกแก้วเป็นศูนย์กลาง โดยการตรวจสอบนี้จะนำไม้ส่วนใส่เข้าไปในท่อเสียงทางด้านรูดากหรือช่องลมที่อยู่บริเวณทางด้านหน้าตัด เมื่อไม้ดากอยู่ในตำแหน่งที่พอดีแล้วจึงทำการเลื่อยไม้ส่วนเกินออกโดยใช้เลื่อยขนาดเล็ก การเลื่อยไม้ส่วนเกินจะต้องเลื่อยให้ชิดกับท่อเสียง หลังจากนั้นขัดแต่งดากด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายแล้วใช้มีดแต่งรูดากให้สะอาดเพื่อกำจัดเศษไม้ส่วนเกินออกเพื่อให้ลมสามารถเดินทางได้อย่างสะดวกและนำไปสู่คุณภาพเสียงของเครื่องดนตรีที่ดี



ภาพที่ 66 เนื้อหน้าตัดของไม้ดาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 67 เหลาไม้ดาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 69 ไม้ดากที่มีลักษณะคล้ายแอ่ง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 68 เหลาไม้ดากให้มีลักษณะคล้ายแอ่ง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 71 ทดลองใส่ไม้ดากเข้ากับท่อลมราย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 70 ขัดแต่งผิวไม้ดาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 73 ขัดแต่งผิวท่อลมรายด้านใน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 72 ตรวจสอบเศษพลาสติก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 75 กระทั่งไม้ดาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 74 ปรับตำแหน่งไม้ดาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 76 ตรวจสอบตำแหน่งไม้ดากด้วยไม้กระสวน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 77 เลื่อยไม้ดากส่วนเกิน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 78 กำจัดเศษไม้ด้วยมีด  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 79 ขัดแต่งพื้นผิวไม้ตากบริเวณหน้าตัด  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 80 ท่อลมรายชื่อไม้ตากเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.8.3 การเทียบเสียง ผู้วิจัยเทียบเสียงท่อให้ตรงกับความถี่

เสียงไทย ในการเทียบเสียงท่อแต่ละอันผู้วิจัยใช้โปรแกรมเทียบเสียงที่อยู่ในสมาร์ทโฟนร่วมกับลูก  
ระนาดเหล็กที่ใช้เป็นแม่เสียงไทยและการใช้สเตปประสาทของผู้วิจัย โดยเริ่มต้นจากการเปิดโปรแกรม  
แล้วทำการเป่าท่อเสียงเพื่อเทียบเคียงระดับเสียงสลักกันไปมาหลายครั้ง โดยเสียงโดไทยตรงกับBb -  
25 เสียงเรไทยตรงกับ B +40 เสียงมีไทยตรงกับC# +15 เสียงฟาไทยตรงกับ Eb -5 เสียงซอลไทยตรง  
กับ E +40 เสียงลาไทยตรงกับ F# +30 และเสียงที่ไทยตรงกับ Ab +8 การเทียบระดับเสียงจะค่อยๆ  
ลดความยาวของท่อโดยท่อขนาดใหญ่จะใช้คีมตัดท่อ ท่อขนาดกลางและขนาดเล็กใช้เลื่อยเลื่อยท่อ  
ออกจนกระทั่งได้ระดับเสียงที่ต้องการ ยกเว้นท่อขนาดเล็กเสียงที่ 7 และ 8 จะต้องใช้ตะไบเนื่องจาก  
ความยาวที่ลดลงเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อเสียงมากกว่าท่อขนาดอื่น การลดความยาวของท่อจะต้อง  
กระทำทีละน้อย เนื่องจากอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ซึ่งขนาดความยาวของท่อเสียงในท่อขนาดใหญ่  
ขนาดกลางและขนาดเล็กมีความห่างของแต่ละท่อไม่เท่ากัน เครื่องดนตรีไทยลมรายชื่อแสดงความปลั่ง

จำเพาะ (Tonal timber) เมื่อผู้บรรเลงกดแป้นกดด้วยน้ำหนักมือที่มีความพอดีจนถึงการกดน้ำหนักมือที่ค่อนข้างมาก ท่อเสียงจะให้คุณลักษณะเสียงที่มีความลึกและแหลมพร่าเล็กน้อย



ภาพที่ 81 เทียบเสียง  
ที่มา : ผู้วิจัย



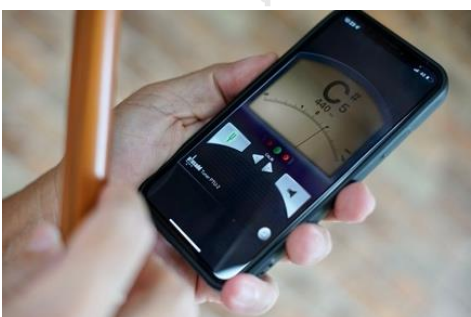
ภาพที่ 82 ตัดท่อลมรายขนาดใหญ่  
ที่มา : ผู้วิจัย



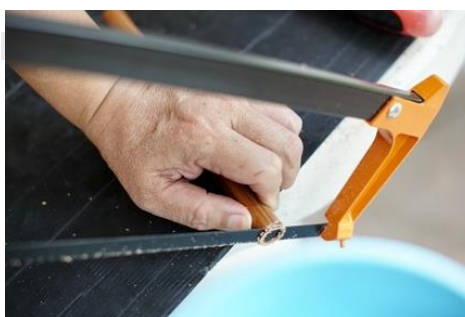
ภาพที่ 83 ทดสอบเสียงท่อลมขนาดใหญ่  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 84 ตัดท่อลมรายขนาดกลาง  
ที่มา : ผู้วิจัย



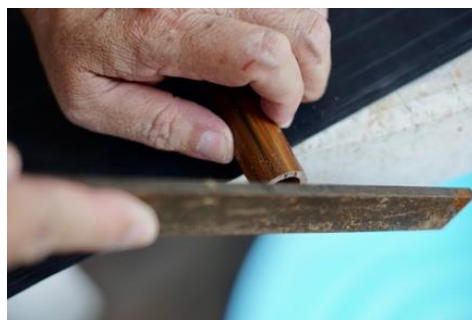
ภาพที่ 85 ทดสอบเสียงท่อลมขนาดกลาง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 86 ตัดท่อลมรายขนาดเล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 87 ทดสอบเสียงท่อลมขนาดกลาง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 88 ขัดแต่งท่อลมรายขนาดเล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 89 ท่อลมรายที่เทียบเสียงแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

ท่อขนาดใหญ่โทนเสียงต่ำ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.4 เซนติเมตร จำนวน 7 อัน โดยเริ่มต้นที่เสียงโดจนถึงเสียงที่มีความยาว 72 เซนติเมตร 63.5 เซนติเมตร 57 เซนติเมตร 52 เซนติเมตร 46.7 เซนติเมตร 41.1 เซนติเมตรและ 37.1 เซนติเมตรตามลำดับ



ภาพที่ 91 ท่อเสียงที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 90 ท่อเสียงที่ 1  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 93 ท่อเสียงที่ 4  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 92 ท่อเสียงที่ 3  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 95 ท่อเสียงที่ 6  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 94 ท่อเสียงที่ 5  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 97 ท่อเสียงขนาดใหญ่  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 96 ท่อเสียงที่ 7  
ที่มา : ผู้วิจัย

ท่อขนาดกลางโตนเสียงกลาง จำนวน 9 อัน โดยมีระดับเสียงเรียงต่อกันจากท่อขนาดใหญ่มีความยาว 39.4 เซนติเมตร 35.3 เซนติเมตร 32.1 เซนติเมตร 28.7 เซนติเมตร 26.5 เซนติเมตร 23.7 เซนติเมตร 21.2 เซนติเมตร 20 เซนติเมตรและ 18.3 เซนติเมตรตามลำดับ ในการตัดท่อต้องตัดที่

เล็กน้อย เนื่องจากถ้าตัดในปริมาณมากเกินไปส่งผลให้เสียงเพี้ยนและเป็นการสูญเสียวัสดุในการทำท่อเสียงโดยสิ้นเปลือง



ภาพที่ 99 ท่อเสียงที่ 9  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 98 ท่อเสียงที่ 8  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 101 ท่อเสียงที่ 10  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 100 ท่อเสียงที่ 11  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 103 ท่อเสียงที่ 13  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 102 ท่อเสียงที่ 12  
ที่มา : ผู้วิจัย





ภาพที่ 105 ท่อเสียงที่ 15  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 104 ท่อเสียงที่ 14  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 106 ท่อเสียงขนาดกลาง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 107 ท่อเสียงที่ 16  
ที่มา : ผู้วิจัย

ท่อขนาดเล็กโทนเสียงแหลม จำนวน 14 อัน โดยมีระดับเสียงเรียงต่อกันจากท่อขนาดกลางมีความยาว 32.5 เซนติเมตร 29.1 เซนติเมตร 26.9 เซนติเมตร 24.2 เซนติเมตร 21.7 เซนติเมตร 19.6 เซนติเมตร 18.2 เซนติเมตร 16.5 เซนติเมตร 14.6 เซนติเมตร 13.5 เซนติเมตร 12.4 เซนติเมตร 11 เซนติเมตร 10.2 เซนติเมตรและ 9.5 เซนติเมตรตามลำดับ



ภาพที่ 109 ท่อเสียงที่ 18  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 108 ท่อเสียงที่ 17  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 111 ท่อเสียงที่ 20  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 110 ท่อเสียงที่ 19  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 113 ท่อเสียงที่ 22  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 112 ท่อเสียงที่ 21  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 115 ท่อเสียงที่ 24  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 114 ท่อเสียงที่ 23  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 117 ท่อเสียงที่ 26  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 116 ท่อเสียงที่ 25  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 119 ท่อเสียงที่ 28  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 118 ท่อเสียงที่ 27  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 121 ท่อเสียงที่ 30  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 120 ท่อเสียงที่ 29  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 122 ท่อเสียงขนาดเล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.2.8.4 การทาสีท่อเสียงขนาดใหญ่** เริ่มต้นโดยการใช้กระดาษทรายเบอร์ 0 ขัดพื้นผิวท่อตามแนวยาวเพื่อให้เกิดพื้นผิวที่ท่อเสียง การขัดนี้ช่วยให้สีน้ำมันติดทนนาน หลังจากนั้นใช้ผ้าแห้งเช็ดทำความสะอาดผิวเพื่อให้สติดกับพื้นผิวได้ดี ใช้กระดาษกาวปิดบริเวณปาก

และใช้กรรไกรเล็มกระดาษบางส่วนเกินออกเพื่อป้องกันไม่ให้สีไหลเข้าไปยังรูตอกและปากนกแก้ว หากไหลเข้าไปจะทำให้เกิดการปิดกั้นทางเดินอากาศซึ่งจะส่งผลต่อเสียงของเครื่องดนตรี แล้วใช้แปรงทาสีขนาดเล็กทาพื้นผิวให้ทั่วตามแนวยาวของท่อทั้งหมด 2 รอบ ในการทารอบต่อไปจะต้องรอให้สีที่ทาในรอบที่ 1 แห้งสนิทก่อน เพื่อไม่ให้สีที่ทาไว้จับตัวเป็นก้อนและไหลไปยังบริเวณที่ไม่ต้องการ และควรตากในสถานที่ปราศจากความชื้นและฝุ่นละออง เพื่อให้สีแห้งไวและป้องกันฝุ่นละอองไม่ให้ติดกับพื้นผิวชิ้นงาน



ภาพที่ 123 ขีดพื้นผิวท่อขนาดใหญ่

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 125 ตัดกระดาษส่วนเกินออก

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 124 ปิดท่อนเสียงด้วยกระดาษทาสี

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 127 ทาสีท่อนรอบที่ 1

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 126 ท่อนเสียงที่ปิดด้วยกระดาษทาสีแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 128 ท่อที่ทาสีเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 129 ทาสีท่อรอบที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.8.5 การตัดแปลงกระบอกลูกสูบ ในการสร้างระบบลมของ

เครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นการตัดแปลงกระบอกลูกสูบที่มีความยาว 19.7 เซนติเมตรและมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.7 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นแหล่งผลิตลมให้แก่ท่อเสียง ฉะนั้นการออกแบบและตัดแปลงกระบอกลูกสูบจึงต้องคำนึงถึงหลักการผลิตลมในเครื่องดนตรีคือเมื่อใช้มือกดที่แป้นหรือแกนลูกสูบแล้วจะต้องเกิดแรงดันที่เพียงพอต่อการเกิดเสียง ทั้งนี้กระบอกลูกสูบและก้านลูกสูบต้องเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเดิมเพื่อพร้อมสำหรับการบรรเลงเสียงในลำดับต่อไป จึงต้องมีการสั่งผลิตสปริงขนาดพิเศษที่มีความยืดหยุ่นสูง มีเนื้อสปริงค่อนข้างอ่อนและมีขนาดสัมพันธ์กับความยาวของแกนลูกสูบและความกว้างของกระบอกลูกสูบ

การตัดแปลงก้านจับเนื่องจากก้านจับเดิมไม่เหมาะกับการกดเพื่อสร้างเสียงดนตรี เพราะมีขนาดใหญ่พับได้และมีความลื่น ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบแป้นกดทรงกลมที่สร้างจากไม้เพื่อให้สะดวกต่อการกดและประหยัดพื้นที่เมื่อนำกระบอกลูกสูบมาเรียงต่อกัน เริ่มต้นจากการใช้เลื่อยเพื่อตัดก้านจับออกแล้วทำการขัดแกนพลาสติกให้มีพื้นผิวเรียบโดยใช้ตะไบแบน ทั้งนี้การทำให้พื้นผิวก้านพลาสติกมีความเรียบจะส่งผลให้การยึดติดมีความแข็งแรงมากขึ้น



ภาพที่ 130 เลื่อยก้านจับ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 131 ขัดก้านจับด้วยตะไบแบน  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.8.6 การประกอบแป้นไม้ แป้นไม้ที่จะนำมาใช้ต้องคว้าน

เนื้อไม้ด้านในที่อยู่บริเวณฐานออกด้วยสว่านเพื่อเพิ่มพื้นที่การยึดเกาะของตัวประสาน โดยใช้ตะปูตอกนำศูนย์ก่อนเพื่อไม่ให้ดอกสว่านที่ไขเจาะเคลื่อนที่ออกจากศูนย์กลางที่กำหนดไว้ หลังจากที่ได้คว้านเนื้อไม้ออกแล้วทำการแต่งพื้นผิวของแป้นไม้ด้วยการดูดเสี้ยนไม้โดยการใช้อะคริลิคคุดโป๊วเพื่อให้มีพื้นผิวที่เรียบเนียนเหมาะแก่การใช้นิ้วมือสัมผัสในขณะที่บรรเลง หลังจากที่ใช้อะคริลิคคุดโป๊วแห้งแล้วจึงใช้กระดาษทรายเบอร์ 0 ขัดผิวให้เรียบเนียนแล้วจึงตกแต่งผิวด้วยสีน้ำ โดยทาสีทั้งหมด 2 รอบเพื่อให้เกิดความสวยงามและเป็นการถนอมอายุการใช้งานของแป้นกดให้สามารถทนทานต่ออากาศและการสัมผัส เมื่อสีแห้งแล้วจึงทำการประกอบแป้นไม้เข้ากับแกนพลาสติกโดยใช้กาวร้อนและผงไม้ เนื่องจากมีความคงทนแข็งแรง



ภาพที่ 133 คว้านเนื้อไม้

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 132 ใช้ตะปูเจาะนำศูนย์

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 135 โป๊วพื้นผิวแป้นไม้

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 134 แป้นไม้ที่คว้านเนื้อไม้แล้ว

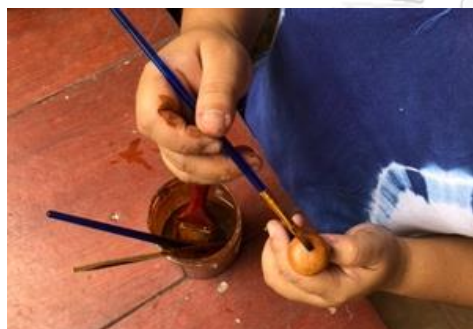
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 137 ขัดพื้นผิวแป้นไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



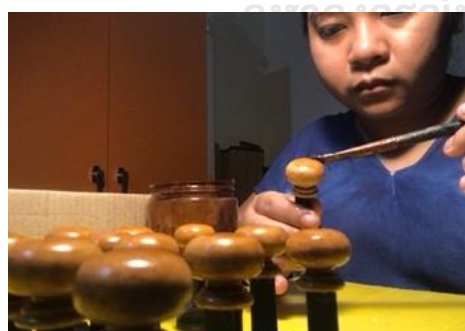
ภาพที่ 136 แป้นไม้ที่ไป๋เสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 139 ทาสีแป้นไม้รอบที่ 1  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 138 แป้นไม้ที่ขัดพื้นผิวแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 141 ทาสีแป้นไม้รอบที่ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 140 รอให้สีรอบที่ 1 แห้งสนิท  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 142 รอให้สีรอบที่ 2 แห่งสนิท  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.2.8.7 การทำตัวเรือนลมราย ผู้วิจัยต้องการสร้างเครื่องดนตรี

ลมรายที่มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย จึงใช้ไม้สนมาสร้างเป็นตัวเรือน คุณลักษณะของไม้สนคือมีลวดลายสวยงามและมีน้ำหนักเบา สามารถทำการเจาะ ตัด ประกอบและทำพื้นผิวได้ง่าย ทั้งยังมีราคาย่อมเยา การทำตัวเรือนเริ่มต้นจากการใช้เลื่อยจิ๊กซอว์เลื่อยไม้ที่มีความหนา 2 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่นให้ได้ขนาด  $20 \times 120$  เซนติเมตร



ภาพที่ 144 วัดให้ได้ความยาว 120 ซม.  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 143 ไม้สนสำหรับทำตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย





ภาพที่ 146 เลื่อยไม้ด้วยเลื่อยจิ๊กซอว์  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 145 ชีดเส้นในระยะความยาว 120 ซม.  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 147 ไม้ตัวเรือนที่เลื่อยเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นนำไม้ที่จะทำเป็นขาตัวเรือนมาทำการเลื่อยให้มีลักษณะคล้ายเสาหรือขาตั้ง โดยขามีความกว้าง 38 เซนติเมตรและมีความสูง 65 เซนติเมตร วาดเส้นโค้งที่ไม่สำหรับทำขาตัวเรือน ด้านบนด้วยดินสอ แล้วใช้เลื่อยจิ๊กซอว์ตัดตามรอยดินสอและใช้ตะไบแบนและกระดาษทรายเบอร์ 0 ขัดแต่งเพื่อลบความคมของสันไม้



ภาพที่ 148 วัดขาตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 149 เลื่อยขาตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 150 เลื่อยขาตัวเรือนให้มีความโค้ง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 151 วาดเส้นโค้ง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 152 ขัดขาตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 153 ลบความคมของสันไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 154 ขาตัวเรือนและไม้แผงตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นทำการวัดหาตำแหน่งในการยึดตะปูเกลียวด้านละ 6 จุด เมื่อได้ตำแหน่งแล้วใช้  
ส่วนทำการเจาะรู



ภาพที่ 156 เจาะไม้เสาตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 155 วัดไม้เสาตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นทำการวัดไม้เสาตัวเรือนที่จะเจาะร่องจากขอบไม้ทั้งสองข้างให้มีระยะข้างละ 2 เซนติเมตร เมื่อได้ระยะที่ต้องการแล้วใช้ดินสอลากเส้นเพื่อทำแนว การเจาะร่องจะเจาะให้มีความกว้างของร่อง 2 เซนติเมตรและมีความลึก 3 มิลลิเมตรเพื่อประกอบไม้แผงตัวเรือนได้อย่างกลมกลืน เริ่มการเจาะร่องโดยการใช้เลื่อยลอค่อยๆ เลื่อยให้กินเนื้อไม้เป็นร่องต้นตลอดแนวไม้ ในการเลื่อยนี้ จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากใบเลื่อยอาจกินเนื้อไม้ในบริเวณที่ไม่ต้องการและทำให้เกิดความเสียหายได้ เมื่อได้ร่องที่มีความตื้นแล้วจึงใช้ส่วค่อยๆ แกะเนื้อไม้ให้มีความลึกตามต้องการ การใช้ส่วต้องระวังไม่ให้ใบส่วกินเนื้อไม้ลึกเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดความลึกที่ไม่เสมอกันอันส่งผลเสียต่อการประกอบแผงตัวเรือน คือเนื้อไม้ไม่ประสานกันและทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานในอนาคตได้ ข้อควรระวังในการใช้ส่วอีกประการคือต้องใช้ค้อนไม้ค่อยๆ ตอกและควบคุมใบส่วให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ หากผิดพลาดอาจทำให้เนื้อไม้ฉีกได้ เมื่อเจาะร่องเสร็จแล้วจึงทำการประกอบไม้แผงตัวเรือนเข้ากับไม้เสาด้วยตะปูเกลียวและกาวอีพ็อกซี่



ภาพที่ 158 ใช้ดินสอลากเส้นเพื่อทำแนว 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 157 ใช้ดินสอลากเส้นเพื่อทำแนว 1  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 160 ไม้เสาที่ทำแนวเซาะร่องแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 159 เลื่อยลอล้อยทำร่อง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 162 แกะเนื้อไม้ด้วยสิ่ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 161 ไม้เสาที่เซาะร่องแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 164 ประกอบไม้แผงกับเสา  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 163 วัดความลึกของร่องไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 166 ประกอบตัวเรือน 2

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 165 ประกอบตัวเรือน 1

ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากประกอบตัวเรือนเสร็จแล้วจึงทำการอุดร่องไม้และช่องว่างระหว่างแนวประกอบไม้ด้วยอะคริลิกอุดโป๊วหรือกาวโป๊วเพื่อทำให้พื้นผิวไม้เรียบเนียนเสมอกัน หลังจากทากาวโป๊วแห้งแล้วใช้กระดาษทรายขัดพื้นผิวให้เรียบเสมอกัน โดยจะต้องใช้กระดาษทรายเบอร์ 1 ขัดเป็นลำดับแรกเนื่องจากมีความหยาบมากกว่าแล้วจึงขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 0 ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าแล้วเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าที่มีความหมาดเพื่อกำจัดฝุ่นละอองก่อนที่จะทำการทาสี



ภาพที่ 168 อุดช่องว่างระหว่างแนวประกอบไม้

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 167 อุดร่องไม้

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 170 ขัดพื้นผิวตัวเรือน

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 169 ตัวเรือนที่อุดโป๊วเสร็จแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 171 ตัวเรือนที่ทำความสะอาดแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 172 เช็ดตัวเรือนด้วยผ้าหยาบ  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นเลื่อยไม้สนที่มีความหนา 1.5 เซนติเมตรให้ได้ขนาดความกว้าง 4 เซนติเมตรและความยาว 120 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำแหวนโลหะและท่อเสียงมาทดสอบการวางเพื่อกำหนดตำแหน่งในการฝังแหวนโลหะ ระยะห่างที่ได้คือ 1 เซนติเมตร เนื่องจากถ้ามีระยะห่างมากจะมีผลต่อการเชื่อมต่อระหว่างสายลมกับตัวท่อเสียงและแป้นกด ซึ่งอาจทำให้ผู้บรรเลงกดไม่สะดวกเนื่องจากต้องแกนนิ้วมากขึ้น หลังจากได้ระยะที่ต้องการแล้วใช้สว่านเจาะนำไม้ จากนั้นใช้ไขวุ่นสำหรับฝังแหวนโลหะ ทำการยึดแหวนโลหะด้วยกาวร้อนและผงไม้ เมื่อกาวร้อนและผงไม้แห้งแล้วจึงขัดแต่งส่วนเกินออกด้วยตะไบและกระดาษทรายตามลำดับ หลังจากนั้นใช้เลื่อยเลื่อยไม้ส่วนเกินออกแล้วยึดแผ่นไม้ที่มีแหวนโลหะเข้ากับแผงตัวเรือนลมรายด้วยกาวอีพ็อกซี



ภาพที่ 174 วัดความยาว 120 เซนติเมตร  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 173 วัดความกว้าง 4 เซนติเมตร  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 175 ชีดเส้น  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 176 ทาบแหวนโลหะลงบนไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 178 ไม้ที่เจาะรูสำหรับฝังแหวนแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 177 เจาะนำรูด้วยสว่าน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 179 ยึดแหวนโลหะ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 180 วัดระยะห่างของท่อเสียง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 181 ชัดกาวร้อนและฝังไม้ด้วยตะไบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 182 ชัดกาวร้อนและฝังไม้ด้วยกระดาษทราย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 183 เลื่อยก้านจับ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 184 เลื่อยไม้ส่วนเกิน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 186 ลบความคมสันไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 185 ยึดด้วยกาวอีพ็อกซี  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นทดลองนำกระบอกสูบมาประกอบเข้ากับแหวนโลหะเพื่อหาระยะในการติดตั้งเหล็กฉาก ซึ่งแหวนโลหะจะต้องอยู่ระดับเดียวกับฐานกระบอกสูบ เพื่อให้การผลิตลมมีประสิทธิภาพสูงสุด ฉะนั้นจึงต้องยึดเสื่อสูบให้อยู่ในระดับสูงสุด โดยให้ฐานของก้านสูบลอยอยู่บนเหล็กฉากได้อย่างพอดี ระยะที่ได้คือ 8.50 เซนติเมตรโดยวัดจากขอบแหวนโลหะด้านล่างถึงฐานกระบอกสูบ และเหล็กฉากแต่ละอันมีระยะห่าง 1 เซนติเมตร เหล็กฉากทำหน้าที่เป็นฐานในการรองรับกระบอกสูบให้สามารถตั้งตรงและมีความมั่นคงในขณะที่ผู้บรรเลงกดแป้นไม้ การยึดเหล็กฉากใช้สว่านเจาะรูและยึดตะปูเกลียว แล้วจึงนำไปทาสีน้ำมัน 2 รอบ หลังจากนั้นในทาสีตัวเรือนทั้งหมด 2 รอบ การทาสีรอบถัดไปจะต้องรอให้สีชั้นที่ 1 แห้งก่อนเพื่อไม่ให้สีที่ทาไว้จับตัวเป็นก้อนและแห้งช้า ซึ่งอาจส่งผลให้ชิ้นงานขาดความสวยงาม





ภาพที่ 187 หาดำแหน่งการติดตั้งเหล็กฉาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 188 ยึดเหล็กฉาก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 189 ตัวเรือนที่ติดตั้งเหล็กฉากแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 190 ทาสีตัวเรือน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 191 ตัวเรือนที่ทาสีเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.2.8.8 การประกอบชิ้นส่วนเครื่องดนตรีไทยลมราย** เมื่อสี  
แห้งสนิทแล้วทำการตัดผ้าสักหลาดสีดำที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตรด้วยกรรไกรและนำมาติดด้านใน  
แหวนโลหะด้วยกาวอเนกประสงค์เพื่อป้องกันการขีดข่วนที่จะเกิดขึ้นในขณะที่ทำการกดแป้นไม้ ซึ่งอาจ  
เกิดการเสียดสีระหว่างกระบอกสูบลับกับตัวแหวนโลหะในบางขณะ และเพื่อให้การเคลื่อนที่ของเสื่อสูบลับมี  
ความคล่องตัวมากขึ้น แหวนโลหะนี้มีหน้าที่ประคองเสื่อสูบลับให้มีทิศทางเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงแนว

เดียวกับลูกสูบ กำหนดให้แหวนโลหะมีความโตมากกว่ากระบอกสูบข้างละ 1 มิลลิเมตรเพื่อให้เสื่อสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ไม่ติดขัด



ภาพที่ 192 ติดผ้าสักหลาดด้วยกาวอเนกประสงค์  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 193 แหวนโลหะที่ติดผ้าสักหลาด  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นทดลองนำกระบอกสูบประกอบเข้ากับแผงไม้โดยให้ฐานกระบอกสู่วางบนเหล็กฉาก แล้ววัดระยะเพื่อหาตำแหน่งเจาะรูแผงไม้เพื่อเป็นช่องสำหรับสอดสายลม ตำแหน่งที่จะสอดสายลมผ่านแผงไม้ต้องไม่ทำให้สายลมหักงอหรือตีบตันเนื่องจากส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลม ตำแหน่งที่เจาะรูวัดตั้งแต่ฐานจนถึงตำแหน่งที่ต้องการเจาะรูคือ 11.50 เซนติเมตร โดยใช้สว่านเจาะให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตรจำนวน 30 รู โดยระยะห่างของรูที่ 1 ถึงรูที่ 7 มีความห่างช่วงละ 2.4 เซนติเมตรเพื่อให้สัมพันธ์กับขนาดท่อเสียงและแนวของท่อเสียงและกระบอกสูบ เมื่อสอดสายลมที่ยึดจากกระบอกสูบไปยังท่อเสียงจะทำให้ลมเดินทางได้สะดวก ระยะห่างจากรูที่ 7 ถึงรูที่ 30 มีความห่างช่วงละ 2 เซนติเมตรเนื่องจากขนาดของท่อเสียงเล็ก การกำหนดตำแหน่งดังกล่าวจะส่งผลกับระยะกดของแป้นด้วย หากมีระยะห่างมากเกินไปจะทำให้ผู้บรรเลงกดแป้นไม่สะดวกและขาดความคล่องตัวในการบรรเลง การเจาะรูด้วยสว่านนี้ควรเจาะที่ไม้ทั้งสองด้าน โคนเจาะแต่ละด้านให้มีความลึกเพียงครึ่งหนึ่งของความหนาของแผงไม้ เพื่อป้องกันการฉีกของเนื้อไม้อีกด้านที่ดอกสว่านจะเจาะทะลุ นอกจากนี้ในขณะที่เจาะควรสังเกตเนื้อไม้ว่ามีการฉีกหรือไม่ เนื่องจากเนื้อไม้แต่ละตำแหน่งอาจมีแนวเสี้ยนหรือตาไม้ที่ไม่เหมือนกัน ขั้นตอนต่อไปใช้ตะไบกลมขัดแต่งรูให้เรียบแล้วทำการติดตั้งล้อสำหรับเข็นเคลื่อนย้าย จากนั้นจึงติดตั้งหูจับทั้ง 2 ข้าง



ภาพที่ 195 กำหนดตำแหน่งสอดสายลม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 194 หาตำแหน่งที่จะสอดสายลม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 197 เจาะแผงไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 196 ชีดเส้นทำแนวเจาะสายลม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 198 ขัดแต่งรูด้วยตะไบกลม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 199 ติดตั้งหูจับ  
ที่มา : ผู้วิจัย

จากนั้นประกอบกระบอกสูบโดยสวมสปริงเข้ากับก้านลูกสูบแล้วยึดกระบอกสูบเข้ากับเหล็กฉากด้วยลวดทองเหลืองพร้อมกับสอดสายลมเข้าภายในรูที่เจาะไว้โดยจะต้องยึดให้กระบอกสูบตั้งตรง

และมีความมั่นคง ในขั้นตอนการประกอบลูกสูบจะต้องหมุนเกลียวก้านลูกสูบกับกระบอกสูบให้แน่น เพื่อป้องกันการรั่วของลมอันส่งผลเสียต่อการผลิตลมภายในกระบอกสูบ



ภาพที่ 201 ประกอบกระบอกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 200 สวมสปริงเข้ากับก้านลูกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



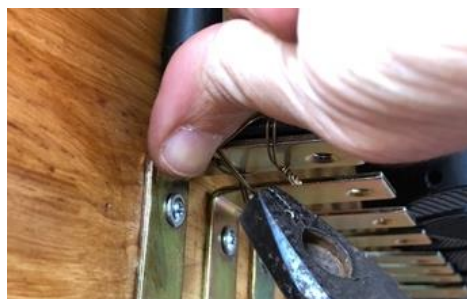
ภาพที่ 202 ประกอบแป้นไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 203 สวมกระบอกสูบเข้ากับแหวนโลหะ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 204 ร้อยลวดทองเหลือง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 205 ปิดลวดทองเหลืองด้วยคีม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 206 ยึดกระบอกสูบกับเหล็กฉาก

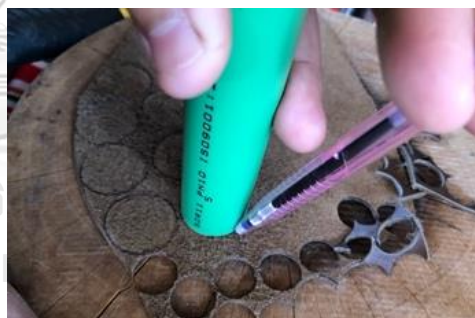
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำหนังที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างสายลมกับรูตอกของท่อเสียง เริ่มต้นจากการใช้ปากกาวาดทรงกลมที่หนังวัวฟอก โดยให้มีขนาดหนังโตกว่าขนาดท่อเสียงแต่ลักษณะขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร เพื่อให้หนังส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่ในการยึดเกาะ เมื่อได้ขนาดตามต้องการแล้วตัดหนังด้วยกรรไกร ในการตัดนี้จะต้องตัดให้เหลือเส้นที่วาดไว้เพื่อให้สัดส่วนหนังมีขนาดตามที่กำหนด จากนั้นใช้ตุ้กดุ่ยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7 เซนติเมตร ตอกหนังเพื่อเจาะรูตรงกลางหนังสำหรับให้สายลมลอดผ่าน



ภาพที่ 208 วาดทรงกลมที่หนังวัวฟอก 2

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 207 วาดทรงกลมที่หนังวัวฟอก 1

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 209 ตัดหนัง

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 210 หนังที่ตัดเสร็จแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 211 เจาะรูหนัง

ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นใช้กรรไกรตัดสายลมให้มีความยาว 9 เซนติเมตร แล้วทำการติดหนังวูเข้ากับสายลมโดยเริ่มจากการใช้ครีมน้อยๆ ดึงหนังให้สายลมสามารถลอดผ่านได้ เมื่อสายลมเข้าสู่ช่องหนังได้แล้วให้ปรับความลึกของสายให้พอดีกับแนวของหนัง



ภาพที่ 213 ตัดสายลม

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 212 สวมหนังเข้ากับสายลม

ที่มา : ผู้วิจัย

เมื่อสวมหนังเข้ากับสายลมเสร็จแล้วให้หยอดกาวร้อนที่ด้านหลังโดยทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากถ้ากาวร้อนไหลเข้าสู่ช่องตากหรือสายลมอาจทำให้กาวอุดทางเดินลมและส่งผลให้ระบบลมเกิดความเสียหาย หลังจากนั้นนำท่อเสียงมาทาบลงบนหนังเพื่อกำหนดตำแหน่งขอบหนังที่จะทำการตัด เมื่อตัดแล้วให้ติดท่อเสียงด้านที่มีรูตากเข้ากับหนังแล้วหยอดกาวร้อนบริเวณขอบหนัง หลังจากนั้นจึงติดก้ามปูกับตัวเรือนเพื่อติดตั้งท่อเสียงและประกอบท่อเสียงโดยยึดกับก้ามปู



ภาพที่ 215 วาดเส้นตามขอบท่อเสียง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 214 หยอดกาวร้อนที่ด้านหลังของหนัง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 216 ตัดหนังส่วนเกิน  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 217 หยอดกาวร้อนที่ขอบหนัง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 218 ติดก้ามปู  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 219 ติดท่อเสียงเข้ากับก้ามปู  
ที่มา : ผู้วิจัย

เนื่องจากตำแหน่งของกระบอกสูบลมมีระยะห่างระหว่างกระบอกค่อนข้างน้อยจึงทำให้สปริงของกระบอกสูบบางวงเกิดการเสียดสีกับสปริงที่อยู่บริเวณด้านข้าง ทำให้เกิดเสียงที่ไม่พึงประสงค์และทำให้สูญเสียความยืดหยุ่นของสปริง จึงแก้ปัญหาโดยการใส่แผ่นพลาสติกใสชั้นกึ่งกลางระหว่างสปริงแต่ละวง เริ่มต้นโดยการวัดระยะเพื่อหาขนาดของแผ่นใสที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งจะต้องไม่กว้างเกินขนาดกล่องไม้ที่จะทำการปิดซึ่งระยะที่ได้คือ 3 เซนติเมตร ทั้งนี้ต้องมีการตัดแผ่นพลาสติกใสด้านในเพื่อให้แผ่นพลาสติกใสสามารถสอดเข้ากับลวดที่ยึดกระบอกสูบลมกับเหล็กฉากได้ ซึ่งตำแหน่งที่ตัด

ห่างจากขอบด้านนอก 3 มิลลิเมตร โดยขนาดที่ทำการตัดพลาสติกออกกว้าง 3 มิลลิเมตร สูง 3 เซนติเมตร เมื่อตัดแผ่นใสเสร็จแล้วให้ทำการสอดแผ่นพลาสติกระหว่างช่องว่างระหว่างกระบอ



ภาพที่ 220 วัดระยะเพื่อหาขนาดแผ่นใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 221 วัดขนาดแผ่นใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 222 กำหนดขนาดแผ่นใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 223 ตัดแผ่นใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 225 ช่องด้านในแผ่นใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 224 สอดแผ่นใส  
ที่มา : ผู้วิจัย

เลื่อยไม้สนสำหรับทำกล่องปิดระบบลูกสูบโดยมีกรอบไม้ทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นที่อยู่ด้านข้างทั้งสองด้านยาว 30 เซนติเมตรและชั้นที่อยู่ด้านล่างยาว 107.5 เซนติเมตร กว้าง 3 เซนติเมตรและมีความหนา 6 เซนติเมตร โดยเริ่มจากการใช้เลื่อยจิ๊กซอร์เลื่อยไม้ให้มีขนาดตามต้องการ ไม้ที่ใช้ประกบ



ด้านข้างต้องทำการบากร่องเพื่อให้สามารถประกบเข้ากับไม้ที่ฝังเข็มขัดโลหะไว้ได้อย่างพอดี ขนาดของการบากไม้กว้าง 1.6 เซนติเมตรและยาว 4.3 เซนติเมตร หลังจากนั้นใช้กระดาษทรายขัดแต่งผิวไม้และลบความคมของสันไม้แล้วประกอบไม้ทั้งสามเข้ากับแผงตัวเรือนลมราย โดยเริ่มจากการประกอบไม้ข้างก่อนและจึงประกอบไม้ส่วนล่างด้วยกาวอีพ็อกซี่ ในการทา กาวอีพ็อกซี่ควรใช้ปริมาณ กาวที่พอดี เนื่องจากถ้ามากเกินไปอาจทำให้กาวหนาและเปื้อนบริเวณอื่น ฉะนั้นควรทา กาวให้เสมอกันและประกอบด้วยความเร็ว เพราะกาวอีพ็อกซี่เป็นกาวที่มีคุณสมบัติแห้งไว



ภาพที่ 226 เลื่อยไม้ทำกล่องปิดระบบลูกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 227 ขัดไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 228 กำหนดตำแหน่งบากไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 229 กำหนดตำแหน่งตัดไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 231 ร่างตำแหน่งบากไม้ 2  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 230 ร่างตำแหน่งบากไม้ 1  
ที่มา : ผู้วิจัย



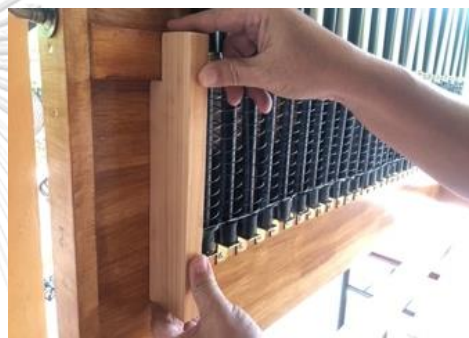
ภาพที่ 232 ทากาวอีพ็อกซีที่ไม้ข้าง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 233 เลื่อยตำแหน่งบากไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 234 ประกอบไม้ส่วนล่าง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 235 ประกอบไม้ข้าง  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นเลื่อยไม้อัดที่มีความบาง 5 มิลลิเมตรให้มีความยาว 107.5 เซนติเมตร กว้าง 30 เซนติเมตรด้วยเลื่อยจิ๊กซอว์ ขัดขอบและสันของไม้ให้เรียบด้วยกระดาษทราย หลังจากนั้นนำความหนาของไม้สนที่นำมาประกบด้านข้างมาทำการวัดความหนาที่ไม้อัดเพื่อหาพื้นที่สำหรับการบุผ้าสักหลาดที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร ทำการยึดฝาด้วยตะปูเกลียวที่ด้านล่างของไม้อัดทั้งหมด 15 ตำแหน่งโดยแต่ละตำแหน่งห่างกัน 7.50 เซนติเมตร และด้านข้างข้างละ 4 ตำแหน่งแต่ละตำแหน่งห่างกัน 6.50 เซนติเมตร



ภาพที่ 237 เลื่อยไม้อัด 1

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 236 วัดไม้อัด

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 238 ชัดพื้นผิวไม้อัด

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 239 เลื่อยไม้อัด 2

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 241 วัดหาตำแหน่งบุผ้าสักหลาด 2

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 240 วัดหาตำแหน่งบุผ้าสักหลาด 1

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 243 บุผ้าสักหลาด  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 242 วัดหาตำแหน่งยึดตะปูเกลียว  
ที่มา : ผู้วิจัย

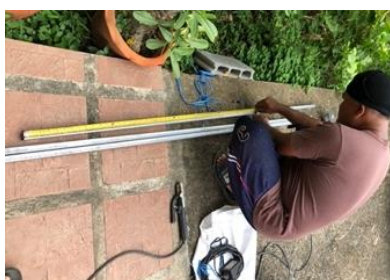


ภาพที่ 244 กล่องที่ยึดตะปูเกลียวเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 245 ยึดตะปูเกลียว  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นวัดและตัดเหล็กเพื่อใช้สำหรับทำคานรองรับตัวเรือนลมราย ซึ่งใช้เหล็กทั้งหมด 3 อัน อันที่ 1 มีความยาวเท่ากับแผงไม้ตัวเรือนคือ 120 เซนติเมตรและอีก 2 อันมีความยาวเท่ากันคือ 17 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการเชื่อมเหล็กทั้งสามชิ้นเข้าด้วยกันแล้วยึดกับตัวเรือนโดยการใช้ออกสว่านเจาะรูก่อนแล้วจึงยึดด้วยตะปูเกลียว หลังจากนั้นทำสี่บริเวณกล่องไม้ที่อยู่ด้านนอกทั้งหมด 2 รอบ ในการทำสี่รอบที่ 2 ต้องให้สี่ที่ทาในรอบแรกแห้งสนิทเสียก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ไม้อัดบวมและบิดงอ อีกทั้งยังช่วยให้สี่แห้งสนิทไม่จับตัวเป็นชั้นหนา



ภาพที่ 246 วัดความยาวเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 247 ขีดเส้นบนเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 249 เชื่อมเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 248 ตัดเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 250 ยึดตะปูเกลียวที่คานเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 251 เจาะรูเหล็ก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 253 ลมรายด้านหลัง  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 252 ลมรายด้านหน้า  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากที่ผู้วิจัยสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายครั้งที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยได้นำเครื่องดนตรีดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลเครื่องดนตรี เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการประเมินนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียงโดยผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่ม 1 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี จำนวน 3 ท่าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อาจารย์สมชัย ชำพาลี ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทย อาจารย์สมชัย ชำพาลีได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### **ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี**

สัดส่วนรูปร่างสวยดี อาจทำฉากให้กระบอกสูบ อาจจัดวางกระบอกสูบให้พ้นจากแผงไม้้້อยลง

#### **ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี**

ความสวยงามใช้ได้ อาจมีการเพิ่มลาย ชุ้มหรือกระจัง

#### **ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี**

อาจปรับสปริงให้มีแรงกดเพิ่มมากขึ้น ลูกสูบลมน้อยไปอาจมีลมรั่ว อาจใช้หนังอัดไว้ด้านในกระบอกสูบเพื่อให้เกิดแรงดันลมและลมจะไม่รั่ว ถ้าลูกสูบแน่นไม่โยกเสียงจะดี กดครั้งเดียวแล้วได้เสียง อาจพ่นน้ำมันเพิ่มความหล่อลื่นให้กระบอกสูบ

#### **ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี**

เสียงใช้ได้เหมือนขลุ่ย

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

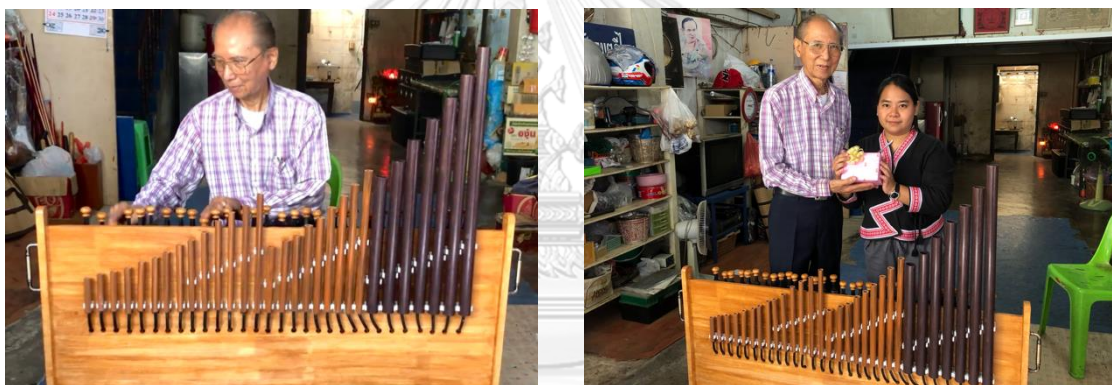
ควรทำที่คล้องกระบอกสูบเพื่อบังคับไม่ให้โยก ถ้าแน่นเวลากดจะ  
ดังดีและพยายามปรับแป้นกดให้เป็นแนวเรียงเสมอกัน มีล้อทำให้ใช้งาน  
สะดวกสามารถขยับได้เวลาบรรเลงจึงไม่เคลื่อนที่

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

สามารถผสมวงเครื่องสาย มโหรีหรือบรรเลงเดี่ยวได้

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

หากใช้ระบบปั๊มก็ยังสามารถติดตั้งด้านล่างได้(สมชัย ชำพาลี,  
สัมภาษณ์, 1 กันยายน 2566)



ภาพที่ 254 อาจารย์สมชัย ชำพาลี

ภาพที่ 255 อาจารย์สมชัย ชำพาลีและผู้วิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย

2. จำเอกสุวรรณ ศาสสนันท์น ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทย  
จำเอกสุวรรณ ศาสสนันท์น ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้  
แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

ถ้าเรามาทำแนวนี้ลักษณะนี้ก็ต้องไปแนวนี้จะไปอย่างอื่นไม่ได้  
ทุกอย่างไม่ดี กระบอกสูบไม่ควรยาวเพราะจะทำให้โคลงเคลงเวลากดจะ

กระดกติดกัน หรือถ้ายาวควรมีตัวประคอง ขนาดไม่ใหญ่สามารถเอื้อมมือ  
กดได้ ตัวแป้นกดไม่เกะกะ ไม่เทอะทะ ไม่ลื่น

### **ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี**

อาจเพิ่มผ้าระบายหรือเขียนชื่อวงดนตรีติดด้านหน้าได้

### **ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี**

สปริงต้องให้หนัก ค่อยๆ กดลมก็จะเข้าต้นลมได้ยาวดี ลองเปลี่ยน  
สปริงให้มีความแข็งหน้อย เพิ่มน้ำหนักของสปริงจะดี ลองทดลองเพิ่ม  
ความแรงของสปริงให้หนักกว่านี้และลองหาโอรังเพื่อไม่ให้ลมรั่ว วัสดุอื่นๆ  
ไม่มีปัญหา ใช้ท่อแปลงมาจากท่อประปา อาจใช้ท่อสีฟ้าหมดเลยหรือวัสดุ  
เหลือใช้ อันนี้เป็นการจงใจเพราะเป็นท่อสำหรับทำขลุ่ย

### **ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี**

ลองหาเทคนิคทำอะไรให้มีเสียงยาว ถ้าทำได้จะดีมากจะสามารถ  
เล่นเพลงได้ต่อเนื่อง มีลักษณะเสียงขลุ่ยดีอยู่แล้วเพราะทำออกมาเป็นแนว  
ขลุ่ย

### **ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน**

ยังลู่ของที่มีแบบโบราณไม่ได้คือขลุ่ยเลาเดียวถือไป แต่อันนี้เป็น  
แนวนวัตกรรมก็จะได้อีกลักษณะหนึ่ง

### **ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง**

สามารถผสมกับวงดนตรีได้ทำให้เกิดสีล้นมากขึ้น ถ้าเล่นวง  
เครื่องสายก็นำลมรายไปผสมแทนเสียงขลุ่ย ถ้าเล่นสองคนสามารถ  
ประสานเสียงกันได้ คนที่ 1 เล่นเมโลดี้ คนที่ 2 เล่นลูกเล่นหรือคอर्डก็จะ  
นำฟังเหมือนขลุ่ยวง ขลุ่ยหมู่ที่เราเป่ามีขลุ่ยอู้ ขลุ่ยเพียงออ ขลุ่ยหลิบ



### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ไอดีดี ภาพรวมดีในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ดี เข้าใจออกแบบ นอกจากทำเสียงชลุ่ย เล่นเป็นเพลงแล้วถ้าทำเสียงอื่นได้ด้วยจะดี (สุวรรณ ศาสนนันท์, สัมภาษณ์, 3 กันยายน 2566)



ภาพที่ 257 จำเอกสุวรรณ ศาสนนันท์และผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 256 จำเอกสุวรรณ ศาสนนันท์  
ที่มา : ผู้วิจัย

3. เรือตรีชัยรินทร์ แกมมีทรัพย์ ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทย เรือตรีชัยรินทร์ แกมมีทรัพย์ ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

รูปร่างดี หากปรับท่อเสียงให้ยู่ได้แนวแฉงไม้คล้ายระนาดฝรั่งจะดี

เนื่องจากไม้บังหน้าผู้บรรเลง

#### ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี

สวยงามดี หากเพิ่มตัวเรือนอีกนิดจะดี หากมีไม้อัดบางๆ ปิดบังท่อได้จะมีความหรู อาจมีการเขียนลายก็จะสามารถซ่อนท่อและสายได้ ทำให้มีความคลาสสิกมากขึ้น

### ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

วัสดุดีมีการผสมผสานเนื่องจากเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่เป็นการทดลอง

### ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

ไม่เพี้ยน มีความกังวลเรื่องลม ระบบลมยังน้อย บางครั้งมีลม บางครั้งไม่มีลม

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

ถ้าเกิดความลวงตัวก็สามารถไปได้ ถ้าระยะกดสั้นกว่านี้และเพิ่มเข็มขัดตำแหน่งด้านบนกระบอกสูบจะเกิดความพลัวในการบรรเลงมากกว่านี้ ถ้าระยะกดลึกจะทำให้บรรเลงเพลงเร็วได้ยากทำให้ช้า ระยะกดบางตัวตีเสียงออกง่ายแต่บางตัวระยะกดลึก พอแป้นกดโยกนิ้วก็จะลวน ถ้าทำแผงลือคจะนิ่งขึ้น ผู้บรรเลงมีแรงกดในมือซ้ายไม่มากเท่ากับมือขวาจึงทำให้แรงไม่พอ หากมีไม้กระดานเจาะรูแล้วนำกระบอกสูบสวมในแผ่นไม้ อาจใช้ไม้อัดก็ได้เนื่องจากน้ำหนักเบาประกอบเป็นตัวเรือนแทนเข็มขัดจะทำให้กระบอกสูบตั้งตรง เวลาบรรเลงจะสนุก และระยะช่องไฟของแป้นกดก็เปรียบได้กับนิ้วขลุ่ยนิ้วปี หากติดกันเวลากดจะรวมกันทำให้หาแป้นกดได้ยาก แป้นกดหากมีลักษณะกลมก็จะเกิดการผิดพลาดในการเล่นได้ ถ้ามีลักษณะแบนจะวางนิ้วได้อย่างไม่ลื่น หรือถ้าเป็นทรงกลมไม่ควรกลมหรืออาจทำเป็นหลุมให้มีความเว้าว่าจะดีขึ้น

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

เหมาะกับการผสมในวงเครื่องสาย ลักษณะเสียงเหมาะกับการเป็นเครื่องตามและสามารถบรรเลงเดี่ยวได้

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ลองศึกษาเพิ่มเติมจากผู้รู้เกี่ยวกับระบบลมเพื่อนำมาพัฒนา มีความคิดสร้างสรรค์เครื่องดนตรีชิ้นใหม่ การทำสิ่งใหม่ต้องล้มลุก

คลุกกลานต้องทดลอง วิจัย ต้องรู้แล้วจะเจอทาง(ชัยนรินทร์ แถมมีทรัพย์,  
สัมภาษณ์, 1 กันยายน 2566)



ภาพที่ 259 เรือตรีชัยนรินทร์ แถมมีทรัพย์และผู้วิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 258 เรือตรีชัยนรินทร์ แถมมีทรัพย์

ที่มา : ผู้วิจัย

กลุ่ม 2 ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ จำนวน 8 ท่าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อาจารย์ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์ ผู้เชี่ยวชาญทางการบรรเลงออร์แกน

อาจารย์ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์ ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้  
แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี**

ใช้ได้

**ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี**

แปลกดี คีย์กดยังไม่เสมอกัน ต่ำบ้าง สูงบ้าง

**ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี**

ดี

#### ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

เสียงยังออกมาไม่ชัด ถ้าออกมาแล้วเสียงชัดเจนจะดี ถ้านำไปเล่นกับเครื่องดนตรีไทยควรจะดังกว่านี้ สิ่งสำคัญมากที่สุดคือลม ออร์แกนจะมีมอเตอร์สำหรับลมโดยเฉพาะ

#### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

-

#### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

-

#### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

การสร้างสรรค์ใช้ได้(ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์, สัมภาษณ์, 3 กันยายน 2566)



ภาพที่ 261 อาจารย์ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์และผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 260 อาจารย์ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์  
ที่มา : ผู้วิจัย

2. อาจารย์จักรี มงคล ช่างทำเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงออร์แกน

อาจารย์จักรี มงคล ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

รูปลักษณ์ดีแล้ว ถ้าสามารถทำสองแถวได้จะดีคือแบ่งครึ่งเครื่องดนตรีแล้วซ้อนกันทั้งตัวท่อเสียงและกระบอกสูบให้มีลักษณะเป็นแถวบนและแถวล่าง อาจแบ่งชั้นด้วยระดับเสียงเช่นเสียงสูงอยู่ด้านบนเสียงต่ำอยู่ด้านล่าง จะทำให้ความกว้างเหลือเพียงครึ่งเดียวแต่อาจทำให้เพิ่มความหนาซึ่งดีกว่าจะทำให้ประหยัดพื้นที่และสะดวกต่อการขนย้ายและช่วงที่กดจะไม่กว้าง ถ้าทำได้จะดีขึ้นไปอีก

### ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี

มีความลงตัว อาจใช้ท่ออะลูมิเนียมบางๆ หรือหนาๆ มีหลายขนาดก็ได้จะเสถียรกว่าพลาสติก

### ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

พลาสติกถ้าโดนความร้อนจะงอหรือบิดในระดับหนึ่ง ถ้าเป็นโลหะความเสถียรจะดีกว่า ท่อโลหะเวลาเคาะไปมีเสียงแล้วเสียงมันเข้าไปในท่อจะกำถอนกับเสียงที่เกิดจะดังมากขึ้น เช่น โซโลโฟนจะมีท่อ ท่อก็มีความหมายของเขาจะกังวานมาก ต่างจากขิมแผ่นที่จะดังกั้น วัสดุดีหาสิ่งใกล้ตัวแล้วพัฒนาให้มีคุณภาพมากขึ้น

### ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

เสียงน้อยไปหน่อย บางเสียง Sensitive กदनิดเดียวเสียงมาแต่บางอันเสียงมันควรจะเป็นเสียงแบบบาริโทน เราควรมีความเข้าใจเรื่องลมก่อน เช่น รีคอร์ดเดอร์ลมใช้นิดเดียวแต่เสียงโตออกมา ฉะนั้นควรแก้ไขเรื่องลมอาจเพิ่มกระบอกสูบเสียงทำให้ใหญ่ขึ้น

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

แบบนี้ยังไม่ไ้ระดับ ถ้าลดความกว้างเหลือครึ่งหนึ่งจะบรรเลงสะดวก อาจมีห่วงที่บังคับกระบอกให้มีระดับการกดและการคืนตัวในตำแหน่งที่ต้องการ

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

นำไปผสมวงก็ดีไม่ต้องระบายลม

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ข้อดีคือไม่ต้องระบายลม กดยังไงเสียงก็ไม่เพี้ยน แนวคิดดีแต่ลองใช้  
 บั้มลมของช่างทองหรือบั้มลมจักรยานมาเสียบดูก่อนว่าจะเกิดลมลักษณะ  
 ใดและซินรูไม่ให้รั่วเหมือนออร์แกนเสียงก็จะแน่น คุณภาพเสียงสำคัญ  
 ที่สุด ไม่ต้องเป็นอะไรที่ยาก เข้าถึงได้ง่าย ราคาพอสมควร  
 (จักรี มงคล, สัมภาษณ์, 2 กันยายน 2566)



ภาพที่ 263 อาจารย์จักรี มงคลและผู้วิจัย

ภาพที่ 262 อาจารย์จักรี มงคล

ที่มา : ผู้วิจัย วิทยาลัยการณัฒมหาวิทยาลัย วิทยาลัยการณัฒมหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์ ผู้เรียบเรียงเสียงประสานและนักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงเครื่องดนตรีประเภทลิ้มนี้

อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์ ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายชื่อในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

ดูเหมือนออร์แกนผสมอังกะลุงราว อาจต้องปรับรูปลักษณะให้ดู  
 ประณีต

## ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี

เครื่องดนตรีนอกจากต้องเสียงดีภาพลักษณ์ต้องดูดีด้วย การสโลปของท่อต่างๆ เข้าใจ concept ทดลองทำสภาพก็เลยยังไม่สวยเท่าไร แต่ถ้าทำจริงจิงแนะนำให้ทำแบบนั้น ท่ออาจต้องมีไซค์ต่างๆ การสโลปของท่อต่างๆ ต้องสวย หรือไม้ซางบางมากกระทั่งเสียงเพราะ ตัวไม้ที่ยิ่งบางให้เสียงต่ำยาวและเพราะ ในอนาคตอาจใช้วัสดุธรรมชาติหมดก็ดี บางอันเช่นลูกสูบยังทำไม่ได้ก็ไม่ใช่

## ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

อาจหาวัสดุอื่นอาจจะกลึงจากไม้ตามหลักอะคูสติก ยาวกว้างได้ เสียงทุ้ม เสียงแหลมจะสั้นผอม ในอนาคตอาจใช้ไม้เลยก็ได้เพราะถ้าใช้ท่อพลาสติกที่ใช้ทำขลุ่ยจะมีข้อจำกัดอย่างในเรื่องขนาดถ้าใช้วัสดุที่อยู่ในโทนเดียวกันหรือบางอย่างที่ซอ่นได้ก็จะดีจะเป็นไม้ พลาสติกหรือวัสดุร่วมสมัยก็ได้เพราะโดยเนื้อเสียงเหมือนกันหมด ถ้าอะไรมุมโตนนั้นได้ก็ทำ ถ้าอะไรที่ทำได้ง่ายบางทีก็ไม่จำเป็นต้องเป็นไม้หมด ถ้าไม้หมดก็ดูหุหุหุ

## ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

เสียงที่เกิดจากที่เราสูบน้ำหนักเสียงมันใกล้เคียงกับเสียงที่เราต้องการให้เป็นเสียงดนตรีซึ่งคิดว่าดังไปหน่อย ตามหลักการสมมุติจะโชว์เสียงดนตรีก็จะดังกว่า อาจต้องหาวิธีทำให้เสียงน้อยกว่านี้ อยากรู้อะไร ออร์แกนลม ถ้าอนาคตสามารถทำได้มีถุงลมอยู่เวลากดเสียงก็จะได้ยาวด้วย แต่อันนี้เสียงเกิดจากกระบอกสูบเลย กดทีเดียวก็หาย ถ้าเป็นระบบอย่างที่ว่ามีถุงลมมีลมอยู่แล้ว ถุงใหญ่เราก็จะได้เสียงยาว ถ้าอยากได้ลมอีกก็กลับไปเหมือนเล่นออร์แกน ตอนนี้ได้แต่เสียงสั้น เสียงไม่ชวนเพราะคล้ายเสียงกรับฉาบ อาจต้องหาวิธีกำหนดลมหรือเสียงลมไม่อยากจะให้คิดว่าเป็นแค่ลิมนิวแล้วคุมด้วยเท้าจะง่ายกว่ากดนิ้วเดี๋ยวกี่มาแล้ว แต่อันนี้ต้องกดสุด แต่ถ้ามีตัวกักลมเยอะๆ เราก็ถีบเลยเราจะเลียนแบบก็ไม่แปลกเพราะเสียงไม่เหมือนออร์แกนเสียงเป็นขลุ่ย

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

ควรมีสัญลักษณ์เป็นสีในแต่ละโน้ตให้จิ้มได้ง่าย อาจเป็นเสียงโดกับซอล แบบนี้ตาลาย มิฉะนั้นจะเป็นแค่เสียงประกอบกับเครื่องอื่นๆ ไม่สามารถโชว์ด้วยตัวมันเองได้ เห็นแรงบันดาลใจอยู่ต้องไปทำให้มันกักลม และง่ายต่อการบรรเลงจริงๆ สมมติเอาเครื่องไปให้เด็กเล่นจะกดตรงไหน เพราะมันไม่ user friendly มันต้องรู้ว่าโด ว่าซอลแล้วจะบรรลุมัตถุประสงค์ มันอาจจะเป็นเครื่องทดลองแต่ในอนาคตอาจจะได้ใช้ในการแสดงบางอย่าง ลีกระบอกลูกบวบอาจทำเป็น marker ที่บอกว่าสีเงินคือโด สีดำคือซอลแต่อย่างน้อยเราควรว่าเป็นคู่ห้า หรืออาจจะทำคล้ายนิ้วของคีย์ดำในเปียโน เวลาเล่นจะง่ายขึ้น อาจสลับอัน หรือหนึ่งสองสามเป็นคีย์ดำ สีเป็นคีย์ขาว ห้าเป็นคีย์ดำ หกเป็นคีย์ดำ เจ็ดเป็นคีย์ขาวแค่นี้เรารู้แล้ว แก้ปัญหาได้ ถ้าไม่มีปัญหาเรื่องขนาดสลับกันก็ดี คนดูจะเข้าใจเลย

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

ถ้าความเป็นขลุ่ยสามารถเล่นเสียงยาวได้ สามารถเชื่อมเสียงระหว่างเครื่องดนตรีเสียงสั้นได้ トラบใดที่ทำเสียงยาวไม่ได้มันก็เป็นแค่จิ้ง ฉับกรับ โหม่งยังไม่ได้เลย แต่ว่าอาจดีกว่าตรงที่ทำในบางวรรคที่ต้องการเสียงสั้นๆ ในเชิงการฟังดนตรีเราไม่สามารถทนฟังเสียงสั้นๆ แผลมๆ ได้ ตลอดเวลา ส่วนใหญ่เสียงร้องยาวๆ ต้องมีสูงต่ำยาวสั้น แต่ตอนนี้มีแต่เสียงสั้น มันยังไม่ครบองค์ ถ้าแก้เรื่องระบบการกักลมอีกหน่อยก็ทำได้ เสียงสั้นก็ไม่ต้องกดลงเสียงยาวก็กดแช่

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ไม่ยากให้มองว่าอะไรเป็นตะวันตกหรือตะวันออก ในเชิงการช่างหรือดนตรีอะไรที่เขาทำแล้วดีอยู่แล้วก็เลียนแบบได้ แต่เลียนแบบโดยมีอัตลักษณ์และลักษณะวิธีการคิดแบบของเรา คือเราต้องการเสียงแบบไทย ลักษณะการกำเนิดลม ขลุ่ยก็ไม่ได้เป่าแค่คนไทย เป่ากันทั่วโลก รีคอร์ดเดอร์ การเรียงนิ้ว มีปากนกแก้วเหมือนกัน ขลุ่ยญี่ปุ่นขลุ่ยจีนโถ่งเขียวเขาก็มี



ปากนกแก้ว แต่การเรียงเสกลไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นโดยความคิดของคนโบราณเชื่อว่าต้องคิดในลักษณะมุมมองเดียวกัน ต้องการเสียงแหลมก็ต้องตัดปากนกแก้วแบบหนึ่งให้มันชัน ถ้าต้องการเสียงต่ำเราก็ต้องตัดปากนกแก้วที่ไม่ลึกมาก หลักการธรรมดาของเครื่องดนตรีทั่วโลกไม่แปลกที่บางอย่างเราจะหยาบยืมความคิด ที่จุดตอนนี้ยังไม่สามารถทำให้เสียงยาวได้ เนื่องจากลักษณะของเครื่อง เทำเรายังว่าง เครื่องแบบนี้ไม่สามารถนั่งพื้นเล่นได้ต้องนั่งเก้าอี้ เทำว่างก็ทำไปไม่แปลก อยากให้มองภาพให้กว้างคือ concept ดีแต่ว่าต้องมองมุมกลับเรายังบกพร่องเรื่องอะไร ถ้าเราสามารถหยาบยืมแนวความคิดของใครที่ทำให้สิ่งที่เรากำลังทำอยู่ output ที่ออกไปโอเค คนจะลืมน่าที่มาเราคืออะไรเพราะเสียงเราเหมือนคนเป่าขลุ่ยหลายเสียงพร้อมกันมันน่าฟังไหม ต้องลองดู ให้เครื่องนี้เป็นเวอร์ชัน 1 ไปต้องทดลอง ข้อดีคือเหมือนคนเดียวเป่าขลุ่ยหลายเสียง อันนี้เป็นนวัตกรรมแล้วปรับให้สามารถโซโลได้ โซโลเพราะ มียาว มีสั้น มีต่ำ อาจไม่สามารถรับ ปรับได้เหมือนมนุษย์เป่าแต่มันเป็นเสียง คนที่มีทักษะในการระบายลมมันฟังเป็นขลุ่ยคนเดียวได้(ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์, สัมภาษณ์, 31 สิงหาคม 2566)



ภาพที่ 264 อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์ ภาพที่ 265 อาจารย์ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์และผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย

4. อาจารย์ชัยภัค ภัทรจินดา ผู้เรียบเรียงเสียงประสานและนักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงเครื่องดนตรีประเภทลิ้มนิ้ว

อาจารย์ชัยภัค ภัทรจินดา ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### **ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี**

ขนาดยังไม่กะทัดรัด

### **ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี**

แพทเทิร์นบางอย่างเหมือนอังกะลุงราวคือมีเสียงเรียง

### **ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี**

เป็นการเริ่มต้นวัสดุอาจมีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาได้ อาจเปลี่ยนเป็นวัสดุที่คงทนขึ้นหรือว่าเสียงดีกว่านี้ ความแข็งแรงหรือความแม่นยำยังน้อยอยู่

### **ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี**

อยากให้ได้เสียงยาว กล้องเสียงยังไม่ชัดเจนตอนนี้เสียงจะอาศัยเวลา ถ้าเป็นสากลจะมีการคิดไว้ในบ้องเดียวกันจะขยายเสียงออกไปได้อย่างไร ทำให้เกิด resonance ต้องใช้หลักวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วย อาจทำให้ลูกสูบหนึ่งอันสามารถทำเสียงได้มากกว่าหนึ่งเสียงแต่จะเป็นกลไกที่ซับซ้อนขึ้น ยกตัวอย่างฝรั่งที่มีทรอมโบนจะมีระยะยึดทำเสียงได้เต็มที่ ถ้าเล่นคนเดียวจะไม่ค่อยสั้นไหลเนื่องจากกลไกต้องใช้เวลาที่จะทำให้เกิดเสียงในหนึ่งครั้งของเสียงจะมีระยะดีเลย์ คือจะเกิดเสียงในระยะที่เราต้องกระแทกไปในระยะหนึ่ง ถ้าเล่นโน้ตเร็วๆ หรือเล่นทันทีทันใดจะลำบาก มีข้อจำกัดในการทำเสียง ถ้าเล่นเพลงช้าก็จะมีข้อจำกัดคือได้เสียงสั้น ถ้าเป็นขลุ่ยจะเป่าได้ทั้งสั้นทั้งยาว เครื่องนี้ทำได้แต่เสียงสั้นและยังมีเสียงที่

ไม่ละเอียดมีเสียง overtone ยังไม่นิ่ง มีเสียงไม่พึงประสงค์ ทำหนักเบาได้ แต่ไม่ชัด โน้ตติดกันจะมีปัญหาในการปฏิบัติ เหมือนกำลังเอาคนขลุ่ยสามสิบคนมาเป่า แต่การเป่าใช้ศักยภาพหน่วยแต่ละหน่วยของขลุ่ยน้อยไปนิดนึง เพราะขลุ่ยจริงๆ สามารถเกิดเสียงได้เยอะแยะ แต่การที่เราเอาขลุ่ยมาหนึ่งเลาต่อหนึ่งเสียงอาจใช้งบประมาณหรือความสิ้นเปลืองของเครื่องดนตรีมากไปหน่อยจึงทำให้มหัศจรรย์

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

ต้องหาวิธีที่จะล็อคให้แบ่นกดคงที่ให้อยู่ในล็อคเพราะขณะนี้ คลอนไปคลอนมา ถ้าเป็นคนเดียวเล่นต้องมีความตั้งใจที่จะเล่น การซ้อมไม้สามารถอยู่ในห้องนอนได้ เป็นเครื่องดนตรีที่อาจจะไม่สะดวกในการโยกย้าย ด้วยตัวลูกสูบที่ออกแบบ คนเล่นต้องมีความแม่นยำพอสมควร ต้องแม่นยำตำแหน่ง ข้อดีคือทำให้เวลาเล่นมือไม่บาดเจ็บ ข้อเสียคือสิ้นเปลืองกับตำแหน่งแบ่นมีความโอเนอน นานวันไปสภาพเครื่องดนตรีหรือการบำรุงรักษาจะมีปัญหา เช่น สปริงอาจเสื่อม ตำแหน่งความแม่นยำอาจเปลี่ยนไป

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

ถ้าไปอยู่วงปกติที่มีเครื่องดีดเครื่องสีเครื่องตีเครื่องเป่าไม่ค่อยมีความโดดเด่นในเรื่องเสียงแต่โดดเด่นในด้านรูปลักษณ์ ถ้าเป็นเพลงที่เราต้องเล่นต้องมีเสียงสั้นเสียงยาวเสียงหนักเสียงเบาโน้ตช้าโน้ตเร็ว เครื่องดนตรีชิ้นนี้ไม่สามารถรองรับสิ่งเหล่านั้นทั้งหมด ความดังอาจใช้เครื่องขยายเสียงได้ แต่อาจจะเหมาะกับวงเฉพาะที่ใช้เครื่องลักษณะนี้เล่นหลายๆ คน หลายๆ หน่วย คืออยู่กับพวกเขา โอกาสที่จะสร้างความเป็นเอกลักษณ์ของเพลงกับเสียงอาจทำให้เกิดความแตกต่าง ถ้าอยู่กับเครื่องอื่นเครื่องนี้จะไม่เด่นและไม่เกิดเพราะความเป็นขลุ่ยจริงๆ ขลุ่ยจะมีความพร้อมกว่า อาจดีไซท์ให้มีตัวเล็กตัวใหญ่ทำให้เล็กลง คนๆ หนึ่งเล่นครั้งเดียว คนหนึ่งอาจเล่นแค่ครั้งเดียวอาจเป็นช่วงเสียงต่ำ คนหนึ่งเล่นเสียง

สูงขึ้นไป มีคนเล่นเสียงทุ้ม เสียงกลาง เสียงแหลม น่าจะมีประโยชน์ในคน  
หลายๆ คนที่เล่นด้วยกัน ถ้าแก้ไขให้เกิดเสียงยาวขึ้นได้จะดีขึ้น เสียงที่ตรง  
ขึ้น แม่นยำขึ้น เสียงสั้น เสียงยาวจะดี ทำให้เกิดอาณาจักรก็จะเป็น  
เอกลักษณ์อีกอย่าง

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ข้อดีคือสามารถเล่นได้มากกว่าครึ่งละสองเสียงถ้าคนเล่นสามารถใช้  
นิ้วที่มากกว่าสองนิ้วต่อสองมืออาจทำให้เกิดเสียงประสานได้ที่ดีกว่า  
ขลุ่ยดั้งเดิมโดยคนเดี่ยวเล่น ทำให้เกิดเสียงคู่สีพร้อมกันมากกว่าสองเสียง  
ได้ ถ้ายังเล่นหลายคนก็สามารถทำให้เกิดเสียงประสานได้ คนๆ เดี่ยว  
น่าจะเล่นสักสอง octave กำลังดี(ชัยภัก ภัทรจินดา, สัมภาษณ์, 31  
สิงหาคม 2566)



ภาพที่ 266 อาจารย์ชัยภัก ภัทรจินดา  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 267 อาจารย์ชัยภัก ภัทรจินดาและผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย

5. ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงส์ยุชลี อาจารย์ประจำคณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากรและ  
นักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงเครื่องดนตรีประเภทลิ้มนิ้ว

ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงส์ยุชลี ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึง  
ให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

เหมือนเครื่องอะไรบางอย่างมากกว่าเครื่องดนตรี

### ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี

ไม่สวย

### ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

ไม่มีความเห็น

### ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

เสียงสั้นตามกระบอก ลมไม่นิ่ง เสียงไม่ยาว ไม่ต่อเนื่อง ไม่น่าฟัง เหมือนเด็กหัดใหม่ ฟังเสียงประสานไม่เพราะ ถ้าเครื่องนี้ไม่สามารถเล่น เมโลดี้ได้ อยากรู้ให้ประสานได้แต่ก็ยังไม่สามารถทำได้ ถ้าเป็นออร์แกนจะมีความนุ่มลึกหรือฮาโมเนียมคิดมาร้อยปีแล้วคงมีการพัฒนามาเรื่อยๆ

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

ใช้งานไม่สะดวก มีขนาดใหญ่มาก ถ้าเครื่องดนตรีโบราณจะม้วนรอบตัวเป็นฆ้องวงหรือของพม่าแทนที่จะเป็นฆ้องวงเป็นฆ้องราวสองราว จะได้ไม่ยาวมาก ถ้าเครื่องดนตรียาวมากเกินก็ขนลำบาก ใช้งานเนื่องจากหาเสียงไม่เจอ กระบอกอาจมีการกำหนดสีต่างๆ เพื่อบ่งบอกถึงโน้ตแต่ละเสียง ทำให้ไม่ทราบถึงการแบ่ง octave ส่วนตัวชอบลักษณะลิ้มนี้มากกว่าแป้นกลม ที่ต้องใช้ทั้งมือกดลงไปทั้งมือ ถ้าเป็นออร์แกนสามารถใช้ลิ้มนี้ ใช้มือเดียวสามารถทำเสียงประสานได้สามเสียง ถ้าอันนี้เวลากดเสียงประสานจะมีแป้นอื่นที่อยู่กลางมารบกวนนิ้วที่กำลังกด

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

เสียงสู้ไม่ได้ถูกกลืนหายแน่นอน เสียงสั้นไม่สามารถทำโน้ตตัวยาวเต็มห้องได้ ปกติเครื่องดนตรีไทยถ้าเครื่องเสียงยาวก็จะมีอารมณ์โหยหวน

อันนี้ไม่สามารถทำได้ คือ ผสมกันระหว่างเครื่องเป่าที่มันเสียงยาวหรือลิ้ม  
นิ้วหรือกับอะไรที่มันเสียงสั้นก็เลยไม่สุด

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

เป็นการทดลองที่น่าสนใจ จะทำยังไงให้มีการกำเนิดเสียงแบบอื่น  
ได้หรือการกำเนิดลมต้องมาจากทางอื่นหรือเปล่า (เชษฐ ติงส์ชูสิทธิ์,  
สัมภาษณ์, 4 กันยายน 2566)



ภาพที่ 269 ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงส์ชูสิทธิ์และผู้วิจัย ที่มา : ผู้วิจัย

ภาพที่ 268 ศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ติงส์ชูสิทธิ์  
ที่มา : ผู้วิจัย

6. อาจารย์ณัฐพันธ์ นุชอำพัน ช่างทำเครื่องดนตรีไทยและนักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงเครื่องดนตรีประเภทลิ้มนิ้ว

อาจารย์ณัฐพันธ์ นุชอำพัน ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

ด้วยตำแหน่งของท่อแล้วก็จะบังคับด้วยขนาดของแต่ละท่อ พอทำ  
จุดที่เราต้องบังคับเสียงให้ออกแต่ละท่ออาจทำให้ใช้พื้นที่เยอะโดย  
หลักการแล้วเหมือนออร์แกนมากที่สุด แต่ออร์แกนเอาท่อไปไว้ตามผนัง  
โบสถ์ไปไว้ที่อยู่ห่างไกลได้ แต่เขามารวมที่ลิบนิ้ว ถ้าเราต้องการบังคับเสียง  
ให้อยู่ในที่พื้นที่ใกล้เคียงกันไม่ต้องเอื้อมมากก็จะประหยัดเนื้อที่

ให้ตำแหน่งปล่อยลมไปกระจายตามท่อแต่เราดึงแหล่งกำเนิดเสียงให้อยู่ที่ใกล้อาจเป็นแบบลิ้มหรือแบบอื่น พอกระจายกว้างยังไม่ถนัดรวมทั้งเวลาที่ ต้องกดลิ้มเพื่อให้เกิดเสียง เสียงดนตรีจริงน่าจะต้องทำให้ขยับน้อยแต่เกิดเสียงได้มาก

### ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี

ความเป็นระเบียบของการเรียงท่อด้านหน้าสวยงามดี พื้นที่ที่ว่างอยู่อาจมีแผ่นไม้ปิดขึ้นมาหรือใส่ซี่หวาง คนเห็นก็จะสะดุดตา ควรเก็บงาน ควรมีความประณีตเรียบร้อย บางอย่างซ่อนได้ควรซ่อนเช่นนี้อด แต่ในแง่ นี้จะเหมาะกับการบำรุงรักษาคือสามารถไขน็อตได้ อยากให้กระบอกสูบ เรียงสวยงาม จัดระเบียบไม่ให้โคลงเคลงซ้ายขวา หรือทำสัญลักษณ์ที่ กระบอกสูบเพื่อให้แยกได้ง่ายเหมือนคีย์เปียโนที่มีสัญลักษณ์ทำให้สามารถ รับรู้ได้

### ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

หาได้ง่ายถ้าคนที่มีความชาก็สามารถทำได้เอง แต่ถ้ามีโอกาสได้ พัฒนาไปใช้ในหลายๆ ที่ควรมีการปรับปรุง เช่น ท่อไม้ ท่อพลาสติก ท่อโลหะอาจให้เสียงที่ต่างกัน ลูกสูบถ้ามีการทำขึ้นมาเพื่อใช้กับงานนี้ โดยตรงอาจจะดีกว่านี้อาจหาสิ่งอื่นมาทดลองทดแทนไปก่อนเพราะเรายัง ไม่สามารถผลิตลูกสูบได้เอง อาจมีการออกแบบขนาดกระบอกสูบไปตาม ปริมาณลมที่จะใช้

### ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

เสียงต่ำลมยังน้อย พอท่อใหญ่ต้องใช้ลมเยอะ พอกระบอกเท่ากัน ลมออกเท่ากัน ลมก็เลยน้อยไป ในการพัฒนาเรื่องเสียงยาวให้ศึกษา เพิ่มเติมจากแคน เช่น เวลากดมีลมเข้า เวลาถอนมีลมดูดออกมา ระบบลิ้น มันเป็นอย่างไร ไม่ว่าจะกดหรือถอนก็จะมีลมสวนตลอดเวลาเหมือนการ ระบายลม แต่เครื่องนี้ต้องปั๊มเข้า อาจไปพัฒนาต่อเวลาถอนออกมาให้ได้

เสียงอยู่ ถ้ากดขึ้นลงต่อไปเสียงจะต่อเนื่องไม่มีลมสะดุดเป็นห่วงๆ ในแต่ ละเสียง ให้มีการป้อนเข้าไปโดยไม่ขาดตอน ถ้าแก้ไขได้แล้วคิดว่าเสียงจะ เพราะขึ้น ข้อดีของเครื่องนี้คือปกติขลุ่ยเป่าได้ที่ละเสียงแต่อันนี้อาจทำลิบ เสียงก็ได้ เมื่อใช้น้ำหนักกดต่างกันก็จะได้โทนเสียงต่างกันคนเล่นต้องเล่น กับเครื่องสักพักให้มีความคุ้นเคย ความเสถียรของเสียงยังทำได้ยาก เช่น ต้องการเสียงต่ำแต่กดมากไปเพราะไม่ชินบังคับลมไม่ได้ก็กลายเป็นเสียง สูง

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

มีความลำบากในการบรรเลงเนื่องจากต้องเอื้อม เมื่อเห็นการ จัดเรียงสักระบอกสูบทำให้นึกถึงลิ้มเปียโนที่มีสีดำและสีขาวที่บอก ตำแหน่งของโน้ตได้ ถ้าเป็น ด ร ม ช ล ที่เป็นเสียงหลักถ้าทำสี ดำ ดำ ดำ ขาวแล้วก็เว้นพอคนเห็นสีก็จะจำได้ หรืออาจจะต้องมีการเขียนตำแหน่ง โน้ต พอทำเป็นลักษณะลูกสูบถ้ากดไม่มากก็อาจจะเล่นได้ แต่ขณะนี้ต้อง กดลงมาเยอะลมไม่พอดีเท่ากับว่าต้องกดมือลงมาเยอะ กระบอกสูบ ลักษณะนี้จะผลิตเสียงของตัวเอง อย่างออร์แกนจะมีแหล่งกำเนิดลมใหญ่ กระจายไปทุกท่อ ประกอบกับท่อใหญ่ใช้กระบอกสูบเท่ากับขนาดอื่นจึงยัง ไม่ได้เสียงที่คงที่ ความโอบเอียงอาจแก้ไขได้อาจทำแผ่นอะคริลิคใส่เจาะ เป็นช่องเพื่อลือคไม่ให้หลุดไม่คลอนดูไม่ชัดตาเท่าไร ไม่กินเนื้อที่มากถ้า เทียบกับเครื่องดนตรีอื่นๆ แต่การขนย้ายอาจยังลำบากเล็กน้อย อาจจะมี การแยกชิ้นส่วนมาประกอบด้วย แป้นกดทรงกลมกดไม่ยากแต่ว่าระยะกด ลึกทำให้เสียเวลาในการย้ายไปเล่นตำแหน่งอื่น แต่ถ้ากดแล้วไม่ครอก แครกอาจจะดีก็ได้

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

เนื่องจากยังทำได้เพียงเสียงสั้นอาจจะยังไม่เหมาะกับเพลงกรอหรือ เพลงที่ให้ความยาวของเสียงมาก อาจเหมาะกับเพลงเก็บ ถ้านำไปเล่นกับ วงที่มีขลุ่ยอาจจะไม่โดดเด่นเพราะขลุ่ยทำเสียงได้หลากหลาย อาจมีการ



ทดลองว่าเหมาะกับวงไหน อาจเป็นวงเครื่องดนตรีน้อยชิ้นและหาพื้นที่ให้  
เครื่องนี้เป็นพระเอก

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ถ้าไม่นับว่าเป็นเครื่องที่ใช้ลมในการกำเนิดเสียง เทคนิคนี้อาจคล้าย  
กับอังกฤษลาว เราจะทำฆ้องแต่ใช้การกดแทนการตีลูกฆ้อง  
เพราะบางครั้งเครื่องดนตรีบางอย่างขนย้ายลำบาก ถ้าย่อขนาดมาได้อาจ  
ใช้ลูกเหล็กเหมือนระนาดทุ้มเหล็กแทนการตี ปกติตีได้สองถ้าใช้เทคนิค  
สามารถทำได้ทีละหลายเสียง จะเกิดเสียงมิติใหม่ในดนตรีไทย อาจคิดต่อย  
ยอดได้ อาจเป็นเสียงระฆังเสียงกระดิ่งสำหรับใช้กับเด็กสมาธิสั้น หรือเด็ก  
สมาธิสั้นที่เป่าขลุ่ยไม่ได้ก็สามารถใช้ประโยชน์จากการฟังทักษะมือ ลม  
รายสามารถต่อยอดได้อีกเยอะขึ้นอยู่กับเราว่าใช้ประโยชน์ทางด้านไหน  
เมื่อทำสำเร็จแล้วอาจมีการอัดคลิปอธิบายการสร้างหรือบรรเลงเดี่ยวหรือ  
ผสมวงเพื่อเผยแพร่ ถ้าวันหนึ่งมีคนชอบจะทำได้ด้วยงบประมาณเท่าไร  
บางทีนักดนตรีมีเงินไม่มาก อยากเล่นแต่ต้องใช้ทุนสูงหรือขนาดใหญ่โต  
หรือการบำรุงรักษาหรือถ้ามีปัญหาคนซื้อไปสามารถบำรุงรักษาได้ก็ง่าย  
เช่น หากมีฝุ่นหรือแมลงเข้าไปในท่อจะส่งผลกระทบหรือไม่ อาจต้องคำนึงถึง  
อายุการใช้งานและการบำรุงรักษาด้วย (ณัฐพันธุ์ นุชอำพัน, สัมภาษณ์,  
2 กันยายน 2566)



ภาพที่ 271 อาจารย์ณัฐพันธุ์ นุชอำพันและผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 270 อาจารย์ณัฐพันธุ์ นุชอำพัน  
ที่มา : ผู้วิจัย

7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภัค โมกขศักดิ์ อาจารย์ประจำคณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และนักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงออร์แกน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภัค โมกขศักดิ์ ได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### **ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี**

เป็นเครื่องใหม่ก็สวยงามดี อาจมีน้ำหนักที่ไม่ได้เรียงรายเป็นลำดับยัง กระจัดกระจาย อาจต้องหาไม้หรืออะไรบางอย่างมาลือคด้านบน อย่างออร์แกนจะมีแผ่นกระดานที่มีลิ้มออกมาสามารถลือคได้ ที่สูงไปสูง มาในออร์แกนก่อนที่ตัวสปริงจะมาถึงแป้นจะมีไม้ที่คั้นลิ้มออร์แกนอยู่คั้น ไม้คั้นลิ้มนั้น สามารถตัดได้เต็มได้ทำให้ลิ้มออร์แกนเรียงเสมอกัน จะใช้วิธีการเดียวกันมาช่วยได้หรือไม่ หรือจะตัดตรงท่อนหรือก้านแป้นหรือตัดตัว แป้น

### **ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี**

ผู้สร้างเน้นแนวทางการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายเป็นแบบนี้ก็สวยงามดี รูปร่างเป็นไปตามวัสดุ

### **ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี**

ใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ใช้วัสดุที่ราคาถูกและหาได้ง่าย การที่จะทำซ้ำ หรือการผลิตก็จะง่าย ถ้าอยากจะทำเผยแพร่โดยที่เราไม่หวังลิขสิทธิ์ก็ใช้ วัสดุที่หาได้ง่ายก็จะดี

### **ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี**

ลมไม่พอเป็นปัญหาใหญ่ เนื่องจากเป็นเครื่องที่ผลิตใหม่ก็จะมี อุปสรรคค่อนข้างมากคือตัวสูบเสียงให้เสียงที่สั้น ยังเป็นฟืดฟิดอยู่ ถ้าแก้ปัญหาให้มีเสียงยาวต่อเนื่องและมีเสียงที่ชัดเจนได้ก็จบ เสียงเหมือน เครื่องลมที่เป่าคล้ายเป็นเครื่องเป่าที่ใช้ปากมีดากก็จะมีเสียงคล้ายแบบนี้ ทั้งนี้

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

ไมใหญ่โตเกินไป ถ้านั่งเก้าอี้บรรเลงก็มีความเหมาะสม ความกว้างของเครื่องดนตรีสำหรับผู้ใหญ่ถือว่าพอดี แต่ถ้าเป็นเด็กอาจจะต้องเล่นสองคนเพราะเอื้อมไม่ถึง ใสล้อก็สามารถเลื่อนได้ แต่อาจใหญ่ไปสำหรับผู้ที่ไม่ม่ิรถยนต์และเป็นเครื่องดนตรีที่ใช้สถานที่พอสมควร ยังใช้ไม่สะดวก เพราะลมยังไม่พอใช้และการกดยังไม่ดี การทำเพลงในขณะนี้ยังทำได้ยาก วิธีการกดแบบนี้ก็ไม่เลวแต่ก็ต้องกดแรงขนาดไหนถึงจะเป็นเสียงได้ ข้อดีคือไม่ต้องเป่าเองใช้ทักษะการกดหรือการตีให้เสียงแบบเครื่องเป่าเป็นแนวคิดใหม่ที่ดี

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

อาจเป็นเครื่องหนึ่งที่เกิดโดยคนไทย เป็นเครื่องดนตรีชนิดใหม่ที่สร้างสรรค์ เสียงของเครื่องนี้มี octave ที่มากกว่าขลุ่ยที่ต้องใช้สองเลา เช่น เพียงอกกับหลิบ เครื่องดนตรีชิ้นนี้เหมือนเป็นการรวมขลุ่ย ได้ลมที่ต่ำและสูง ได้เครื่องดนตรีที่มีช่วงเสียงกว้างได้ใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่เครื่องดนตรีไทยช่วงเสียงจะแคบ ที่เอาเครื่องดนตรีชิ้นอื่นมาผสมเพราะช่วงเสียงกว้างกว่าอย่างออร์แกน ลมรายจะได้มิติใหม่คือช่วงเสียงมากจะคิดทำอะไรก็ได้มากกว่า ทำเสียงต่ำได้มากกว่าและทำเสียงสูงได้มากกว่า ซึ่งจะสร้างเพลงหรือทำการประสานเสียงก็จะได้มิติมากขึ้น เรื่องจำนวน octave ในการสร้างขึ้นอยู่กับเพลงถ้าให้ดีลองฟังวงเครื่องสาย ว่าอู้อัตุสุดขนาดไหน ดั่งต่ำสุด หรือจะเข้ ถ้าได้ต่ำกว่าจะเข้หรือดั่งไปอีก อาจไม่ต้องขึ้นด้วยโดก็ได้ อาจขึ้นด้วยซอลก็จะเพียงพอ ขึ้นอยู่กับเพลงที่เราจะทำในอนาคต เช่น ถ้าจะเล่นลาวดวงเดือนก็เพียงพอแล้ว

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ลมรายสามารถใช้เพิ่มทักษะสำหรับเด็กเล็ก เนื่องจากเด็กใช้แรงไม่ค่อยได้และนิ้วกดรูไม่ค่อยลง การบังคับนิ้วยังกำหนดไม่ได้ยังฝึกไม่ได้ เช่น เด็กป.1 ป.2 ป.3 การใช้นิ้วกดในเครื่องนี้ก็สามารถทดแทนได้ คือใช้ทั้งมือ

ทั้งฝ่ามือ สามารถกดเป็นเสียงและเป็นกิจกรรมสำหรับการฝึกมือ ถ้ามีเครื่องดนตรีนี้เข้าไปคาดว่าจะดีเหมือนอังกฤษ อันนี้ก็เป็นตัวเลือกหนึ่ง นอกจากเขย่าแล้วก็ยังมีกด สำหรับเด็กถือว่าโอเคแล้วไม่ต้องการศักยภาพสูงมากนัก แต่ถ้าเป็นเครื่องดนตรีจะเอาไปเข้าวงควรจะต้องเพิ่มอีกหน่อย เข้าใจว่าการสร้างอะไรแต่ละอย่างมันยากมาก เจออุปสรรค ชมเชยในเรื่องความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นแนวคิดที่ดีในการคิดสร้างสรรค์เครื่องดนตรีชิ้นใหม่ที่นอกเหนือจากของที่มีอยู่เดิม ซึ่งปัจจุบันเครื่องดนตรีไทยเราเหมือนไม่มีการคิดที่ใหม่ๆ หรือพัฒนาเครื่องปัจจุบันให้ได้คุณภาพคงที่ของไทยเรายังน้อยมากอย่างห้องในอินโดนีเซียเป็นมาตรฐานมาก มากกว่าเมืองไทยมาก หรือเครื่องของตะวันตกจะมีมาตรฐานมาก ของเราจะสร้างตามความชอบของศิลปิน การสร้างลมรายคิดว่าเป็นทรศนะที่ดีหรือความคิดที่ดีว่าสร้างเครื่องที่แปลกใหม่กว่าของดั้งเดิมจะได้ใช้ประโยชน์หรือใช้อะไรที่ใหม่ๆ เป็นการนำวงดนตรีไทยไม่ให้อยู่กับที่ให้ออกจากกรอบเดิมๆ ได้บ้าง คราวนี้ก็ต้องสร้างเพลงหรืออัตลักษณ์ให้มันว่าเพลงนี้เราสร้างขึ้นมาให้เฉพาะเครื่องนี้เครื่องอื่นเลียนแบบไม่ได้ก็จะดีมากคือถ้าไม่ใช่เสียงลักษณะนี้มันไม่ใช่เพลงนี้ ถ้าสามารถขนาดนั้นได้ก็จะยอดเยี่ยมมากในการมีเครื่องดนตรีชนิดนี้ ลมรายก็มีเสียงปืดๆ ปืดๆ ซึ่งในดนตรีไทยไม่มี ถ้าเราใช้ศักยภาพนี้มันก็ได้ เกิดการสร้างเสียงใหม่ๆ ในวงได้ (ภาณุภัค โมกขศักดิ์, สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2566)



ภาพที่ 273 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภัค โมกขศักดิ์และผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 272 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุภัค โมกขศักดิ์  
ที่มา : ผู้วิจัย

8. อาจารย์วรพล มาสแสงสว่าง นักดนตรีไทยที่มีความเชี่ยวชาญในการบรรเลงออร์แกน อาจารย์วรพล มาสแสงสว่างได้ประเมินเครื่องดนตรีไทยลมรายในประเด็นต่างๆ รวมถึงให้แนวคิดในการพัฒนาเครื่องดนตรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### **ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี**

ขนาดกำลังดีคนเดียวสามารถเอื้อมมือถึง ขนาดท่อหรือส่วนอื่นๆ ไม่มีปัญหา

### **ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี**

ตัวคีย์หรือตัวแป้นกดต้องเสมอกันหมด ต้องทำให้การกดมีความเสถียร เห็นสายอาจไม่สวยเท่าไร

### **ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี**

ตัวท่อถ้าเหมือนกันหมดจะสวย หรือถ้าไม่เหมือนกันก็ควรทำให้เป็นโทนเดียวกัน

### **ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี**

เครื่องดนตรีต้องมีตัวที่กำเนิดเสียงและต้องมีกล่องเสียง คือลมเป่า ลึนยังไม่เกิดความเพราะต้องมีตัวถั่ง แต่อันนี้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงแต่ยังไม่ มีตัวช่วยที่ทำให้เกิดความไพเราะ อนาคตถ้าพัฒนาควรมีตัวถั่งจะช่วยเรื่อง เสียง ยังไม่อยู่ในระดับที่ใช้งานจริงได้ ความดังยังน้อย เช่นถ้ากดเสียงเดียว ความดังอยู่ในระดับขลุ่ยนก ยังไม่สามารถไปเล่นกับเครื่องอื่นได้ อยากให้ พัฒนาระบบลมเป็นเรื่องสำคัญสำหรับเรื่องนี้ ระบบลมเครื่องนี้ยังน้อยไป อย่างออร์แกนไฟฟ้ามีมอเตอร์มีใบพัด เขามีระบบวิถีคิดการสร้างทั้งตัว มอเตอร์ทั้งตัวใบพัด เป็นใบพัดเฉพาะ อยากให้ศึกษาระบบลมของ ออร์แกนไฟฟ้าแบบยามาฮ่าว่าเขาทำยังไงให้มอเตอร์มีเสียงรบกวนไม่มาก จนเกินไปให้ลมที่เสถียร ออร์แกนถีบเราสูบลมออกให้กระเพาะมันแพบ แล้วพอเรากดลมดูดเข้าเป็นระบบแวกคูอัม ออร์แกนไฟฟ้าลมเป็นทิศทาง ลมอย่างนั้นด้วย ระบบลมเครื่องนี้ยังใช้บรรเลงเพลงไม่ได้เหมือนคนที่ผิว

ปากสั้นๆ ขอให้พัฒนาระบบการเกิดลม ลองนำระบบลมของออร์แกนมา  
ปรับใช้กับเครื่องนี้

### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

ในแง่ของการกดจะต้องใช้สองนิ้วกดทำให้นึกถึงอังกะลุงราว  
คล้ายลักษณะนั้นคือใช้นิ้วหนึ่งหรือสองนิ้วกด อยากรู้ลองศึกษาแป้น  
อังกะลุงราวเนื่องจากเป็นระยะที่เหมาะสมกับการบรรเลง บรรเลงคนเดียวได้  
และคล่องตัว อาจทำให้กดได้มากขึ้น การออกแบบตัวแป้นเนื่องจากใช้นิ้ว  
กด นิ้วเรามีลักษณะเป็นทรงป้านๆ ถ้าเป็นทรงกลมจะไม่ค่อยรับกับนิ้ว  
ออร์แกนต้องมีการปรับความลึกความตื้นไม่เท่ากันต้องมีการปรับความลึก  
ความตื้นให้พอดี ระยะการกดลึกมากแต่ไม่เป็นไรถ้าเรากดลึกแล้วได้เสียง  
ที่ต่อเนื่องหรือมีเสียงดังเบาได้จะดี

### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

ระบบใช้ลมสูบลังยังไม่สะดวก เล่นเพลงทางกรอลมไม่ยาวพอ  
ความสะดวกจะเกิดขึ้นถ้าระบบการผลิตลมต่อเนื่องและเสถียร ถ้าเสียง  
ยาวต่อเนื่องเรื่องความดัง ความไพเราะจะตามมา

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

แนวคิดดีแต่สิ่งแรกที่ต้องพัฒนาคือระบบการเกิดลมที่ต่อเนื่องและ  
เสถียร หรืออาจปรับเป็นเสียงไทยหรือสากลก็ได้ ข้อดีของเครื่องดนตรีชิ้น  
นี้คือมีเสียงตายไม่ต้องห่วงเรื่องเพี้ยนจะทำให้เกิดเสียงใหม่ๆ ในวงดนตรีได้  
(วรพล มาสแสงสว่าง, สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2566)



ภาพที่ 275 อาจารย์วรพล มาสแสงสว่างและผู้วิจัย  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 274 อาจารย์วรพล มาสแสงสว่าง  
ที่มา : ผู้วิจัย

จากการประเมินผลนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยสมราย ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียงโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวนทั้งสิ้น 11 ท่าน สามารถสรุปผลการประเมินได้ดังนี้

### ประเด็นที่ 1 สัดส่วนและรูปร่างของเครื่องดนตรี

รูปร่างเป็นไปตามวัสดุ ขนาดเครื่องดนตรีพอดีเหมาะสำหรับผู้บรรเลงวัยผู้ใหญ่เนื่องจากสามารถเอื้อมมือและแขนได้พอดีกับแป้นกด ขนาดท่อหรือส่วนอื่นๆ ไม่มีปัญหา รูปลักษณ์ดีหากทำสองแถวได้จะดีคือแบ่งครึ่งเครื่องดนตรีแล้วทำการซอ้นท่อเสียงและกระบอกสูบให้มีลักษณะเป็นแถวบนและแถวล่าง อาจแบ่งเป็นชั้นเสียงเช่นเสียงสูงอยู่ด้านบนและเสียงต่ำอยู่ด้านล่าง เครื่องดนตรีจะมีขนาดแคบลง แต่อาจมีผลให้เครื่องดนตรีมีความหนามากขึ้น แต่สามารถประหยัดพื้นที่และสะดวกต่อการขนย้าย

### ประเด็นที่ 2 ความสวยงามของเครื่องดนตรี

โดยรวมมีความสวยงามดีแต่อาจใช้ไม้แผ่นบางๆ ปิดบังท่อและสายลมจะทำให้มีความหยาบมากขึ้น หากเพิ่มลวดลายก็จะทำให้มีความสวยงามมากขึ้น ความเป็นระเบียบของการเรียงท่อด้านหน้าสวยงามดี แต่ถ้าไล่ระดับของท่อตามความสูงจะมีความสวยงามมากขึ้น หากซอ้นท่อได้จะมีความประณีตมากขึ้น แต่การเปิดหัวซอ้นในลักษณะนี้จะสะดวกต่อการบำรุงรักษา อาจเพิ่มผ้าระบายหรือเพิ่มตัวเรือนเล็กน้อย

### ประเด็นที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรี

วัสดุที่ใช้มีข้อดีคือหาได้ง่าย วัสดุมีการผสมผสานเนื่องจากเป็นเครื่องดนตรีรูปแบบใหม่ซึ่งอยู่ในระยะการทดลอง ใช้วัสดุที่ราคาถูกและหาได้ง่าย การที่จะทำซ้ำหรือการผลิตก็จะง่ายถ้าอยากให้เผยแพร่โดยที่เราไม่สงวนลิขสิทธิ์สามารถใช้วัสดุที่หาได้ง่ายก็จะดี วัสดุอาจมีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาได้อาจเปลี่ยนเป็นวัสดุที่คงทนขึ้นหรือให้คุณลักษณะเสียงที่ดีขึ้น เนื่องจากเป็นการเริ่มต้นทดลองความแข็งแรงหรือความแม่นยำยังน้อยอยู่ หากใช้วัสดุประเภทเดียวกันก็จะดียิ่งขึ้น อาจใช้ท่ออะลูมิเนียมมาสร้างท่อเสียงจะมีความแข็งแรงและเสถียรกว่าพลาสติก ลองศึกษาวิธีการพัฒนาระบบลูกสูบหรือกระบอกสูบหรือใช้วัสดุบางประเภท เช่น โอริง ในการพัฒนาระบบลม

#### ประเด็นที่ 4 คุณภาพเสียงเครื่องดนตรี

ลักษณะเสียงขลุ่ยดีอยู่แล้ว ไม่เพี้ยน ปกติขลุ่ยเป่าได้ทีละเสียง แต่เครื่องนี้สร้างเสียงได้พร้อมกันสิบเสียง เมื่อใช้น้ำหนักการกดต่างกันโทนเสียงที่ได้จะต่างกัน อาจมีเสียงที่เกินระดับเสียงที่ควรจะเป็น ผู้บรรเลงต้องทำความคุ้นชินกับเครื่องดนตรีระยะหนึ่ง ความเสถียรของเสียงยังทำได้ยาก น่าจะเกิดจากแหล่งกำเนิดลมคือลูกสูบที่มีคุณภาพไม่ดีพอ ทำได้เพียงเสียงสั้น สามารถทำเสียงหนักเบาได้แต่ยังไม่ชัดเจน มีเสียงรบกวนที่เกิดจากลูกสูบ หากพัฒนาให้มีถึงกักลมจะสามารถสร้างเสียงยาวเสียงต่อเนื่องและได้เสียงที่ชัดเจนขึ้น

#### ประเด็นที่ 5 ความสะดวกในการใช้งาน

เนื่องจากกระบอกสูบลมมีความยาวควรเพิ่มเสริมขีดหรือแผงไม้เพื่อบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบเพื่อทำให้การกดมีความเสถียร ระยะกดลูกสูบบางลูกมีระยะกดที่ลึกทำให้บรรเลงเพลงเร็วได้ยาก แต่ระยะกดบางตัวสามารถกดได้ง่ายและมีความพลีวในการบรรเลง เมื่อกระบอกสูบลาวเวลาบรรเลงสักระยะหนึ่งจะทำให้แป้นกดติดกันทำให้หาแป้นกดได้ยาก หากพัฒนาแป้นกดให้มีลักษณะเหมือนลิ้มคือมีความแบนจะวางนิ้วได้อย่างสะดวก ถ้าพัฒนาระยะกดให้อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันจะประหยัดเนื้อที่มากขึ้น ควรมีการกำหนดสีที่แป้นกดหรือกระบอกสูบเพื่อให้ทราบถึงเสียงหรือช่วงเสียงเพื่อให้การบรรเลงมีความสะดวกขึ้น ขนาดของเครื่องดนตรีอาจใหญ่ไปสำหรับผู้ที่ไม่มียอดนิ้วและเป็นเครื่องดนตรีที่ใช้สถานที่พอสมควร ข้อดีคือแป้นกดและวิธีการเล่นลักษณะนี้ไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บและไม่ต้องเป่า ใช้ทักษะการกดแป้นลูกสูบแต่ให้เสียงแบบเครื่องเป่าเป็นแนวคิดใหม่ที่ดี การออกแบบให้มีล้อจึงสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวก เครื่องดนตรีนี้เหมาะกับการนั่งเก้าอี้บรรเลง

#### ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมในการนำเครื่องดนตรีไปผสมวง

ลมรายเป็นเครื่องหนึ่งที่ผลิตโดยคนไทย เป็นเครื่องดนตรีที่สร้างสรรค์ชนิดใหม่ เป็นเครื่องดนตรีที่มีช่วงเสียงมากกว่าขลุ่ยหนึ่งเลา สร้างเสียงต่ำและสูงได้มากกว่า สามารถเล่นได้มากกว่าครึ่งละสองเสียงถ้าคนเล่นสามารถใช้นิ้วที่มากกว่าสองนิ้วต่อสองมืออาจทำให้เกิดเสียงประสานได้ที่ดีกว่าขลุ่ยดั้งเดิมโดยคนเดียวเล่น ทำให้เกิดเสียงขึ้นคู่ประสานต่างๆ พร้อมกันมากกว่าสองเสียงได้ ถ้ายังเล่นหลายคนก็สามารถทำให้เกิดเสียงประสานได้หลากหลาย หากประพันธ์เพลงหรือทำการประสานเสียงก็จะได้มิติมากขึ้น ทำให้เกิดเสียงใหม่ๆ ในวงดนตรีได้ สามารถทำให้เกิดสีสันในวงดนตรีไทยมากขึ้น ลมรายมีเสียงสั้นเหมาะกับการบรรเลงเพลงเก็บ อาจยังไม่เหมาะกับการทำนองยาวหรือเพลงที่ต้อง



บรรเลงโดยใช้ช่วงเสียงที่ยาวมากๆ หากพัฒนาให้มีระบบลมที่สามารถผลิตลมได้ต่อเนื่องและเสถียรจะสามารถบรรเลงเสียงยาวและต่อเนื่องได้ และมีจุดเด่นในการบรรเลงในวาระที่ต้องการเสียงสั้นเหมาะกับการผสมวงเครื่องสาย มโหรีหรือการบรรเลงเดี่ยว หรืออาจสร้างเครื่องลักษณะนี้หลายๆ ขนาดเพื่อให้มีโทนเสียงที่ต่างกันคือเสียงทุ้ม เสียงกลางและเสียงแหลม โดยแบ่งให้มีจำนวนช่วงเสียงเพียงเครื่องละสองช่วงเสียง

### ประเด็นที่ 7 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

เป็นนวัตกรรมที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ดี เป็นการสร้างเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ทีนอกเหนือจากสิ่งที่มีอยู่เดิม ซึ่งปัจจุบันเครื่องดนตรีไทยยังขาดการพัฒนาและการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีรูปแบบใหม่รวมถึงการพัฒนาเครื่องดนตรีที่มีในปัจจุบันให้ได้คุณภาพคงที่ การสร้างเครื่องดนตรีลมรายเป็นการพัฒนางานดนตรีไทยไม่ให้อยู่กับที่ หากมีการประพันธ์เพลงหรือสร้างอัตลักษณ์ของเครื่องดนตรีลมรายขึ้นมาจะมีความชัดเจนมากขึ้น ข้อดีคือไม่ต้องระบายนลม เมื่อกดแล้วเสียงไม่เพี้ยนในเชิงการช่างหรือดนตรีสิ่งใดที่ติดอยู่แล้วก็สามารถเลียนแบบได้ แต่เลียนแบบโดยมีอัตลักษณ์และลักษณะวิธีการคิดแบบของไทยคือมีเสียงแบบไทย นอกเหนือจากนี้ลมรายยังสามารถเป็นกิจกรรมสำหรับการฝึกมือเพื่อพัฒนาทักษะสำหรับเด็กเล็ก เนื่องจากเด็กยังไม่มีศักยภาพในการออกแรงเป่าและการกดรูบังคับเสียง การที่ใช้ทั้งมือทั้งฝ่ามือ ก็สามารถกดเป็นเสียงและลมรายสามารถต่อยอดได้หลากหลายทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้ประโยชน์ อาจมีการบันทึกภาพและเสียงเพื่ออธิบายการสร้างหรือบรรเลงเดี่ยวหรือผสมวงเพื่อเผยแพร่

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าประเด็นสำคัญที่ควรแก้ไขคือระบบลม เนื่องจากกระบอกสูบลมมีแรงดันที่ไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความไม่เสถียรในขณะบรรเลง กล่าวคือแรงดันของกระบอกสูบไม่เพียงพอต่อการกำเนิดเสียง จึงทำให้ท่อเสียงแต่ละอันมีความดังที่ไม่เท่ากันซึ่งส่งผลต่อความไพเราะเป็นอย่างมาก รวมถึงการที่กระบอกสูบบางอันมีแรงดันน้อยทำให้ผู้บรรเลงต้องกดแป้นกดแรงแต่ยังคงมีความดังไม่เพียงพอเนื่องจากการรั่วของลมในกระบอกสูบ ในการตรวจสอบแรงดันของกระบอกสูบทำโดยการกดแป้นกด หากกระบอกสูบมีแรงดันน้อยและมีการรั่วในขณะที่กดแป้นกดจะไม่มีแรงต้านเกิดขึ้นและมีลมรั่วออกมาทางฐานกระบอกสูบส่งผลต่อความสะดวกในการกดแป้นเพื่อนำไปสู่การสังเคราะห์ข้อมูลและนำไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ประเด็นที่สองที่ควรแก้ไขคือกระบอกสูบและแป้นกดไม่อยู่ในตำแหน่งที่คงที่ เนื่องจากการยึดกระบอกสูบที่ขาดคุณภาพ ส่งผลให้กระบอกสูบและแป้นกดเคลื่อนที่ไปตามแรงและทิศทางการกดของผู้บรรเลง เมื่อผู้บรรเลงต้องการบรรเลงในตำแหน่งเดิมจึงทำได้ไม่สะดวกเพราะกระบอกสูบเกิดการเอนเอียง

จากข้อบกพร่องในประเด็นดังกล่าวซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควรแก้ไขโดยด่วน ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3

### 3.3.2.9 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2

ประเด็นการออกแบบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
การออกแบบแหล่งผลิตลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กระบอกสูบลมมีแรงดันไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้ความดังของท่อเสียงแต่ละอันไม่เท่ากัน</li> <li>- ในขณะที่บรรเลงสปริงที่อยู่บริเวณก้านลูกสูบลมมีเสียงดังรบกวนเสียงเครื่องดนตรี และสปริงบางอันเบียดกับสปริงที่อยู่ติดกันจึงทำให้เกิดการติดขัดของสปริงและทำให้เกิดเสียงเสียดสี</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หมุนเกลียวที่เชื่อมต่อทุกอันให้แน่น และตรวจสอบการรั่วของลม</li> <li>- เปลี่ยนสปริงและใส่สปริงด้านในกระบอกสูบ</li> <li>- เปลี่ยนการเชื่อมสายลมกับท่อเสียงโดยการใช้ข้อต่อพลาสติก</li> <li>- เปลี่ยนสายลมโดยใช้สายลมที่สามารถรองรับแรงดันที่สูงและมีความยืดหยุ่นแข็งแรงทนทาน</li> </ul>
	<p>กั้นระหว่างสปริง</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้หนังวัวเชื่อมต่อระหว่างสายลมกับท่อเสียงส่งผลให้เกิดการรั่วของลม จึงทำให้คุณภาพของท่อเสียงขาดประสิทธิภาพ</li> </ul>	<p>ยากต่อการบิดงอ</p>

ประเด็นการออกแบบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
การออกแบบท่อเสียง	- เนื่องจากปัญหากระบวนการผลิต ลมที่ขาดคุณภาพจึงส่งผลให้ท่อ เสียงเกิดการเพี้ยนหรือไม่ได้ ระดับเสียง	- ปรับปรุงกระบวนการผลิตลมก็จะ ทำให้ท่อเสียงมีระดับเสียงที่มี คุณภาพมากขึ้น
การออกแบบโครงสร้าง	- ในการยึดกระบอกสูบโดยการใส่ ลวดทองเหลืองยึดกับเหล็กฉาก ส่งผลให้กระบอกสูบลมเกิดการ เคลื่อนที่และแป้นกดเปลี่ยน ตำแหน่ง จึงทำให้บรรเลงได้ไม่ สะดวก	- สร้างแนวหรือแผงไม้เพื่อยึดและ ควบคุมกระบอกสูบลมให้เกิดความ มั่นคง
การออกแบบแป้นกด	- แป้นกดทรงกลมมีพื้นที่ในการ วางนิ้วสำหรับการบรรเลงน้อย ส่งผลให้การกดแป้นไม้ทำได้ไม่ สะดวก - แป้นกดมีจำนวนมากและมีสี แป้นกดที่เหมือนกัน จึงทำให้ ผู้บรรเลงหาตำแหน่งในการกด ระดับเสียงต่างๆ ยาก	- เปลี่ยนแป้นกดให้มีลักษณะเป็น ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า - กำหนดสีที่แป้นกดเพื่อบอกระดับ เสียง
การออกแบบตกแต่ง	- ก้ามปูสำหรับยึดท่อเสียงมีสีไม่ กลมกลืนกับสีส่วนประกอบอื่นๆ ของเครื่องดนตรี	- ทาสีก้ามปูด้วยสีน้ำมัน โดยใช้สี น้ำตาลเพื่อให้กลมกลืนกับสีของตัว เรือนและท่อเสียง

ตารางที่ 8 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2

ที่มา : ผู้วิจัย

เครื่องดนตรีไทยลมรายจากการออกแบบครั้งที่ 2 มีจุดเด่นที่สำคัญคือ เป็นเครื่องลมที่มี  
ช่วงเสียงกว้าง กล่าวคือ มี 30 ระดับเสียง ซึ่งแบ่งเป็นโทนเสียงทุ้มต่ำ โทนเสียงนุ่มนวลและโทนเสียง

แหลมเจ็ดจำ ทั้งยังสามารถบรรเลงได้มากกว่า 1 คนและช่วงเวลาเดียวกันสามารถสร้างเสียงได้มากกว่า 1 เสียง ประการสำคัญคือเป็นเครื่องลมที่สามารถผลิตลมได้จากระบบลูกสูบคือกระบอกสูบลม ผู้บรรเลงที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจหรือบุคคลทั่วไปทั้งระดับฝึกหัดและระดับอาชีพสามารถบรรเลงได้โดยการใช้นิ้วทั้งสิบนิ้วลงกดบนแป้นไม้เพื่อสร้างแรงดันในกระบอกสูบ เนื่องจากเป็นเครื่องลมที่ปราศจากการใช้ปากเป่าจึงลดความเสี่ยงในการเกิดโรคติดต่อในระบบทางเดินหายใจ

### 3.3.3 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนางานครั้งที่ 2 พบว่าวัสดุบางชนิดยังไม่เหมาะสมต่อการใช้งานทั้งยังมีการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ รวมถึงกระบวนการผลิตบางขั้นตอนยังคงต้องปรับปรุงให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้นำผลประเมินและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 11 ท่านมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับปัญหาและอุปสรรคที่ผู้วิจัยได้พบ เพื่อนำไปสู่การพัฒนา นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายครั้งที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.3.2.1 การออกแบบแหล่งผลิตลม

หลังจากที่ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับแหล่งผลิตลมของเครื่องดนตรีไทยลมรายพบว่า ปัญหาที่สำคัญมาจากคุณภาพของกระบอกสูบที่มีคุณภาพน้อย กล่าวคือ มีแรงดันลมภายในกระบอกสูบที่ไม่เท่ากัน เมื่อนำมาเชื่อมต่อกับท่อเสียงพบว่า เมื่อแรงดันจากกระบอกสูบไม่สัมพันธ์กับแรงดันที่เหมาะสมที่ควรเกิดขึ้นในท่อเสียงนั้นก็จะทำให้คุณภาพเสียงจากท่อเสียงขาดความไพเราะ ผู้วิจัยจึงทำการพิจารณาถึงกระบอกสูบแต่ละอันว่าสามารถปรับแก้หรือพัฒนาคุณภาพให้ดียิ่งขึ้นได้หรือไม่ โดยการใช้กระบวนการหรือวัสดุประเภทอื่นๆ มาประยุกต์ใช้ จึงพบว่า อุปกรณ์ภายในของกระบอกสูบ เช่น วาล์ว ก้านสูบ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากการผลิตกระบอกสูบลมแต่ละชนิดหรือแต่ละรุ่นจะมีการผลิตส่วนประกอบต่างๆ ที่มีขนาด สัดส่วนที่เฉพาะ ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบแรงดันของกระบอกสูบเพื่อคัดแยกปริมาณของแรงดันให้เหมาะสมกับท่อเสียงแต่ละอัน

ท่อเสียงที่มีขนาดใหญ่และให้เสียงโน้ตต่ำผู้วิจัยพบว่าคุณภาพเสียงที่ดีเกิดขึ้นได้โดยการใช้ลมที่มีแรงดันต่ำ ท่อเสียงขนาดกลางที่ให้โน้ตเสียงกลางพบว่าคุณภาพเสียงที่ดีเกิดขึ้นโดยการใช้ลมที่มีแรงดันปานกลาง และท่อเสียงขนาดเล็กที่ให้โน้ตเสียงแหลมจะเกิดคุณภาพเสียงที่ดีได้ต้องใช้แรงดันจากกระบอกสูบที่สูง ฉะนั้นผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกกระบอกสูบแต่ละอันให้มีแรงดันที่เหมาะสมกับท่อ

เสียงนั้นๆ และผู้วิจัยแก้ไขกระบอกสูบลมที่มีแรงดันต่ำโดยการใช้กาวดินน้ำมันอุดบริเวณรอบๆ ขั้วสายลมที่เชื่อมต่อกับกระบอกสูบ

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าสายลมที่ใช้ในเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 มีคุณภาพไม่ดี เนื่องจากเมื่อทำการถอดสายลมเข้าสู่ช่องไม้ที่อยู่บริเวณตัวเรือนเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อไปยังท่อเสียง แต่ละอันได้นั้นต้องทำการเปลี่ยนทิศทางของสายลมจึงทำให้เกิดการงอหรือเกิดมุมขึ้น ซึ่งส่งผลให้แรงดันอากาศที่เดินทางไปยังท่อเสียงทำได้น้อย อีกประการหนึ่งช่องที่เจาะสำหรับถอดสายลมอยู่ในตำแหน่งที่สูงเกินไป ส่งผลให้สายลมเกิดการรั่วเป็นอย่างมากเมื่อเคลื่อนที่เครื่องดนตรีการสั่นสะเทือน และการกระแทกส่งผลให้สายลมเกิดการชำรุดได้ ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนตำแหน่งช่องสำหรับถอดสายลมให้อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำลงเพื่อให้สายลมสามารถลอดได้อย่างสะดวกโดยไม่ทำให้เกิดการหักงอหรือปิดบังทิศทาง การเคลื่อนที่ของลม ประกอบกับผู้วิจัยทำการเชื่อมต่อสายลมอีกสองชนิดที่มีขนาดต่างกันเพื่อเชื่อมต่อสายลมไปยังท่อเสียง โดยผู้วิจัยใช้สายลมขนาดใหญ่เป็นข้อต่อสำหรับให้ขั้วสายลมเดิมสามารถเชื่อมต่อกับสายลมโพลียูรีเทนที่มีคุณภาพสูง การเชื่อมต่อสายลมในรูปแบบใหม่ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของแรงดันลมมีคุณภาพยิ่งขึ้น

การพัฒนากระบอกสูบของกระบอกสูบนอกจากที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นผู้วิจัยทำการเปลี่ยนสปริงให้มีความยาวมากขึ้นแล้วทำการใส่สปริงด้านในกระบอกสูบ เพื่อแก้ปัญหาการเกิดเสียงเสียดสี และการติดขัดของสปริง สปริงที่ใช้ในเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3 มีขนาดเท่ากับรูภายในของกระบอกสูบประกอบกับเพิ่มเกลียวสปริงให้มากขึ้นก็จะส่งผลต่อแรงดันของลมให้ดียิ่งขึ้น

### 3.3.3.2 การออกแบบท่อเสียง

ผู้วิจัยใช้ท่อเสียงชุดเดิมแต่มีการพัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างสายลมกับท่อเสียงให้มีความแข็งแรงและป้องกันการรั่วของลมมากยิ่งขึ้น โดยการใช้ข้อต่อสายไฟมาเป็นข้อต่อสำหรับการเชื่อมและใช้แผ่นโฟมอัดด้านในข้อต่อเพื่อป้องกันการรั่วของลม

### 3.3.1.3 การออกแบบแป้นกด

ผู้วิจัยทำการออกแบบและสร้างสรรค์แป้นกดใหม่โดยใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากพบว่าแป้นกดทรงสี่เหลี่ยมสามารถรองรับการกดของนิ้วได้ดีกว่าแป้นกดทรงกลม เนื่องจากมีพื้นที่ในการวางนิ้วมากขึ้น ประกอบกับการพิจารณาเครื่องดนตรีที่มีลักษณะเป็นแป้น

กตหรือลิ้มนี้พบว่ามีการใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงนำมาปรับใช้กับเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3

จากปัญหาของการกตแป้นนิ้วในเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 2 ยังพบว่าแป้นกตมีการเคลื่อนที่ไปมา ทำให้สามารถกตหรือมองตำแหน่งการกตได้ยาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมทิศทางการขึ้นลงของแป้นกตให้อยู่ในตำแหน่งเดิม โดยใช้การร้อยลวดเชื่อมเข้ากับแป้นกตและโครงไม้ที่ยึดอยู่กับโครงสร้างตัวเรือน และติดตั้งไม้ขนาบเพื่อขึ้นระหว่างแป้นกตแต่ละอัน นอกจากนี้ยังทำการฝังฐานกระบอกสูบเข้ากับโครงไม้และกำหนดตำแหน่งเสียงแบบ Pentatonic โดยการใช้สติกเกอร์ทั้งหมด 5 สีติดบริเวณแป้นกตด้านบน คือ สีแดงแทนเสียงโด สีชมพูแทนเสียงเร สีส้มแทนเสียงมี สีฟ้าแทนเสียงซอล และสีเขียวแทนเสียงลา

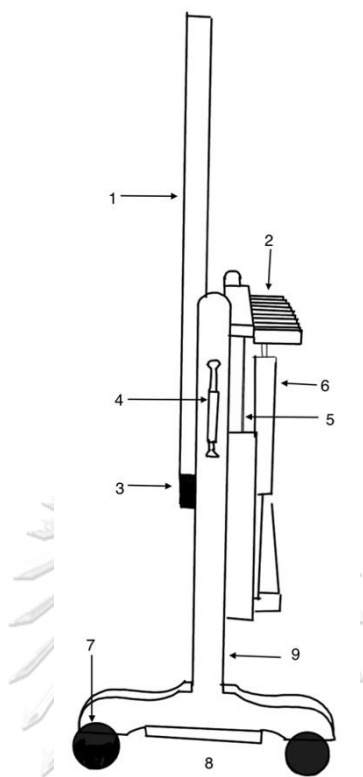
#### 3.3.3.4 การออกแบบโครงสร้าง

ในการปรับปรุงเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3 ผู้วิจัยยังคงใช้รูปแบบโครงสร้างจากรูปเรขาคณิต เพื่อให้เกิดความเป็นเอกภาพและสัมพันธ์กับโครงสร้างโดยรวมของเครื่องดนตรี ทั้งนี้การพัฒนาโครงสร้างเครื่องดนตรีมีการปรับปรุงโดยการนำโครงสร้างบางอย่างออกเพื่อให้เหมาะสมกับการติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ คือ ทำการสร้างโครงไม้เพื่อให้กระบอกสูบสามารถยึดกับตัวเรือนได้โดยไม่เกิดการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังสร้างโครงไม้ที่ทำหน้าที่ในการให้ลวดสามารถยึดเพื่อสอดเข้ากับแป้นกตได้

#### 3.3.3.5 การออกแบบตกแต่ง

การตกแต่งเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3 ผู้วิจัยทำการทาสีส่วนประกอบต่างๆ เป็นสีน้ำตาล เช่น ก้ามปู ข้อต่อสายไฟ ให้มีโทนสีเช่นเดียวกับท่อเสียง เพื่อให้เกิดเอกภาพและความกลมกลืน เนื่องจากโครงสร้างเครื่องดนตรีบางชิ้นมีการนำออกจากโครงสร้างหลัก ฉะนั้นจึงเกิดร่องรอยการติดตั้ง จึงทำการทาสีทับเพื่อให้เกิดความสวยงามมากยิ่งขึ้น

### 3.3.3.6 แบบร่างส่วนประกอบของเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3



ภาพที่ 276 แบบร่างลมรายด้านข้างที่พัฒนา ครั้งที่ 3

ที่มา : ผู้วิจัย

แบบร่างเครื่องดนตรีไทยลมรายด้านข้าง ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 9 ส่วน ดังนี้

หมายเลข 1 คือ ท่อเสียง

หมายเลข 2 คือ เป้นกด

หมายเลข 3 คือ ข้อต่อ

หมายเลข 4 คือ หูจับ

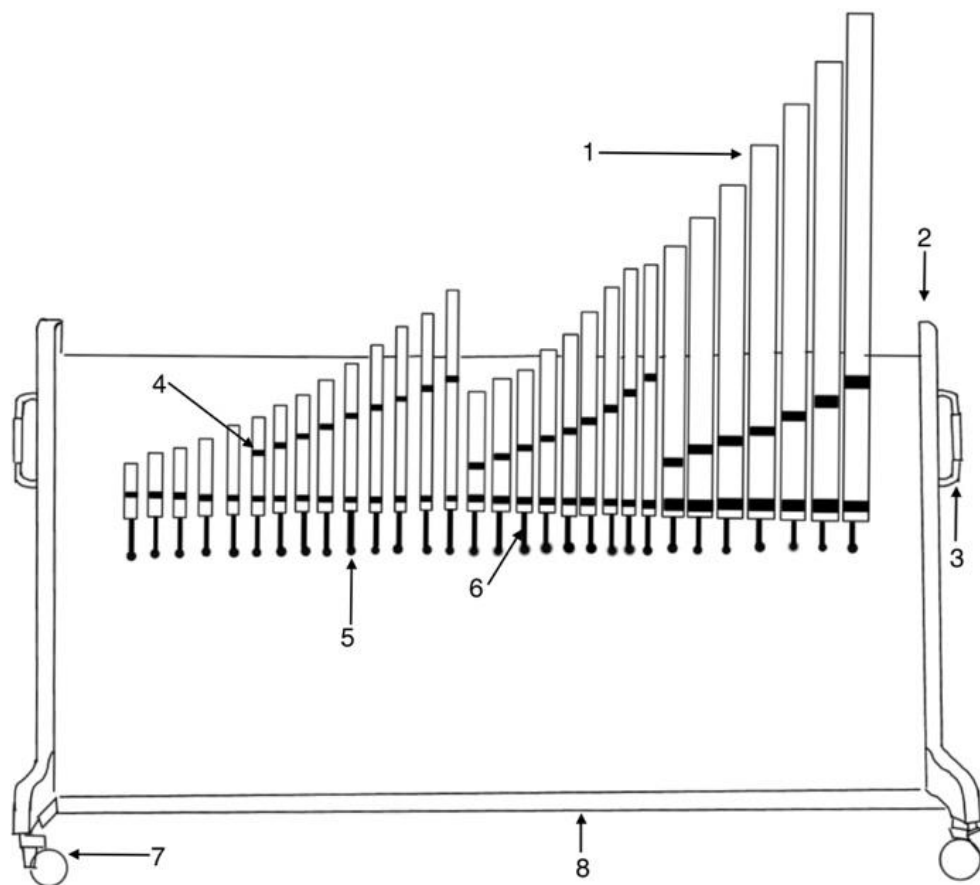
หมายเลข 5 คือ ลวด

หมายเลข 6 คือ ครอบอกสูบ

หมายเลข 7 คือ ล้อ

หมายเลข 8 คือ คานเหล็ก

หมายเลข 9 คือ เส้าและตัวเรือน



ภาพที่ 277 แบบร่างลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 3

ที่มา : ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบร่างเครื่องดนตรีไทยลมรายด้านหน้า ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 8 ส่วน ดังนี้

หมายเลข 1 คือ ท่อเสียง

หมายเลข 2 คือ เสาและตัวเรือน

หมายเลข 3 คือ หูจับ

หมายเลข 4 คือ ก้ามปู

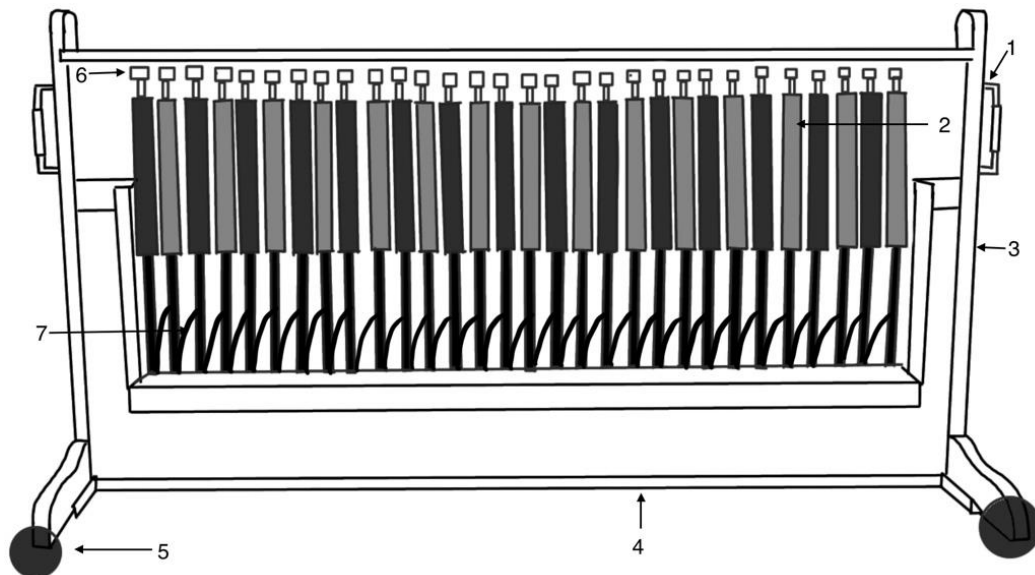
หมายเลข 5 คือ รุ้ย้อยสายลม

หมายเลข 6 คือ สายลม

หมายเลข 7 คือ ล้อ

หมายเลข 8 คือ คาน





ภาพที่ 278 แบบร่างลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 3

ที่มา : ผู้วิจัย

แบบร่างเครื่องดนตรีไทยลมรายด้านหลัง ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 8 ส่วน ดังนี้

หมายเลข 1 คือ หูจับ

หมายเลข 2 คือ กระจับอกสูบ

หมายเลข 3 คือ เส้าและตัวเรือน

หมายเลข 4 คือ คาน

หมายเลข 5 คือ ล้อ

หมายเลข 6 คือ แป้นกด

หมายเลข 7 คือ สายลม

### 3.3.3.7 ส่วนประกอบนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3

เครื่องดนตรีไทยลมรายจัดเป็นเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลม

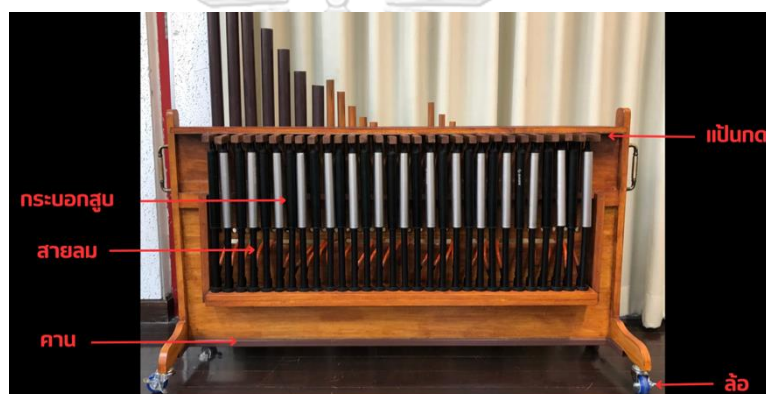
มีองค์ประกอบทั้งหมด 16 ส่วนดังนี้

1. กระจกสูบ ผลิตจากอลูมิเนียม มีจำนวน 30 กระจก ทำหน้าที่ผลิตแรงลม
2. แป้นกด ผลิตจากไม้สักจำนวน 30 อัน แป้นกดเครื่องดนตรีไทยลมรายที่พัฒนาในครั้งนี้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำหน้าที่ในการรองรับนิ้วของผู้บรรเลงในขณะที่ทำการบรรเลง
3. ท่อเสียง ผลิตจากพลาสติกพีวีซี จำนวน 30 ท่อน ทำหน้าที่ผลิตเสียง
4. สายลม ผลิตจากพลาสติกพีวีซีและโพลียูรีเทน มีจำนวน 90 เส้น ทำหน้าที่เป็นช่องทางสำหรับการเคลื่อนที่ของอากาศ
5. ดาก ผลิตจากไม้สัก มีจำนวน 30 อัน ดากเป็นช่องทางให้ลมผ่านเพื่อให้ลมไปกระทบกับปากนกแก้ว
6. ปากนกแก้ว เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่อยู่ภายในท่อเสียงผลิตจากพลาสติกพีวีซี มีจำนวน 30 ท่อน ทำหน้าที่ในการกำหนดลักษณะเสียงของท่อเสียงให้มีความคมชัด
7. ข้อต่อสายไฟ มีจำนวน 30 อัน ข้อต่อสายไฟมีทั้งหมด 3 ขนาดโดยการกำหนดขนาดขึ้นอยู่กับขนาดของท่อเสียง ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างท่อเสียงกับสายลม
8. ก้ามปู ผลิตจากพลาสติกพีวีซีมีทั้งหมด 3 ขนาด โดยขนาดของก้ามปูขึ้นอยู่กับขนาดของท่อเสียง ทำหน้าที่ในการยึดท่อเสียง
9. สปริง ผลิตจากเหล็ก จำนวน 30 วง ทำหน้าที่สร้างแรงดันอากาศและกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของกระจกสูบ
10. ไม้ขนาน ผลิตจากไม้สัก จำนวน 31 อัน ทำหน้าที่ในการคั่นระหว่างแป้นกดเพื่อไม่ให้แป้นกดเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งที่กำหนด
11. เส้นลวด ผลิตจากเหล็ก จำนวน 30 เส้น ทำหน้าที่กำหนดการเคลื่อนที่ของแป้นกดให้กลับมาสู่ตำแหน่งและแนวที่กำหนดไว้
12. ตัวเรือน ผลิตจากไม้สน ทำหน้าที่ยึดอุปกรณ์เครื่องดนตรีไทยลมรายทั้งหมด
13. ล้อ ผลิตจากโพลียูรีเทน ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่เครื่องดนตรี
14. หูจับ ผลิตจากเหล็ก ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เพิ่มความสะดวกในการจับหรือยกเครื่องดนตรี
15. คาน ผลิตจากเหล็ก จำนวน 1 อัน ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงและรับน้ำหนักเครื่องดนตรี



ภาพที่ 279 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหน้าที่พัฒนา ครั้งที่ 3

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 280 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านหลังที่พัฒนา ครั้งที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 281 สัดส่วนและส่วนประกอบลมรายด้านบนที่พัฒนา ครั้งที่ 3

ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.3.8 กรรมวิธีการผลิตนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3

#### 3.3.3.8.1 การแก้ไขโครงสร้างตัวเรือน หลังจากที้นำท่อเสียง

แหวนโลหะ เหล็กฉาก ห้ามปูดอกแล้วจึงทำการแก้ไขโครงสร้างลมรายโดยการใช้สิ่วและค้อนค่อยๆ ตอกให้แผงไม้ที่ใช้สำหรับการฝังแหวนโลหะหลุดจากตัวเรือน หลังจากนั้นค่อยๆ ใช้สิ่วและกระดาศ ทลายขัดพื้นผิวที่มีคราบอีพ็อกซีออกเพื่อให้พร้อมสำหรับการทาสี



ภาพที่ 282 การแก้ไขโครงสร้างตัวเรือน

ที่มา : ผู้วิจัย

#### 3.3.3.8.2 การทำช่องสำหรับสอดสายลม ในการทำช่องสำหรับ

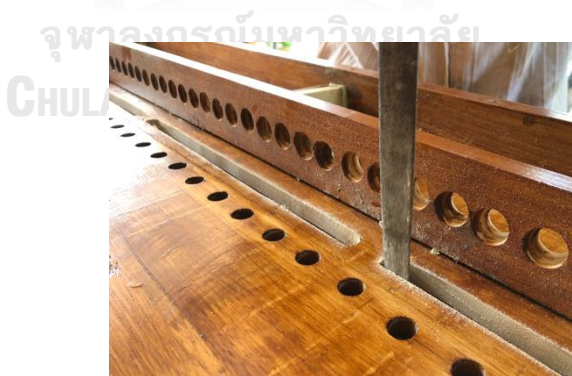
สอดสายลมเริ่มต้นจากการวัดตัวเรือนเพื่อหาตำแหน่งของการเจาะไม้ โดยขนาดที่เหมาะสมกับการสอดสายลมคือ กว้าง 2 เซนติเมตร เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วใช้ดินสอขีดเส้นเพื่อกำหนดตำแหน่ง การเจาะรู การเจาะรูกระทำโดยการใช้เลื่อยจิ๊กซอว์ ในขั้นตอนนี้ต้องระวังเป็นอย่างมากเนื่องจาก ตำแหน่งในการเจาะรูใหม่ค่อนข้างใกล้กับรูเดิม ฉะนั้นหากจับเลื่อยจิ๊กซอว์ไม่แน่นอาจทำให้ใบเลื่อย เลื่อยเนื้อไม้ในบริเวณที่ไม่ต้องการและทำให้เกิดความเสียหายต่อช่องที่ทำการเจาะได้ สิ่งสำคัญอีก ประการคือต้องเลื่อยให้แนวเลื่อยมีความตรงเสมอกันโดยปราศจากเหลี่ยม เนื่องจากหากเลื่อยไม่ตรง จนเกิดเป็นมุมหรือเหลี่ยมขึ้นอาจส่งผลให้สายลมเกิดการเปียดหรือเสียดสีกับมุมดังกล่าวและทำให้การ เคลื่อนที่ของแรงดันอากาศไม่ดี ซึ่งส่งผลต่อการสร้างเสียงในเครื่องดนตรีไทยลมรายโดยตรง



ภาพที่ 283 การเจาะช่องสำหรับสอดสายลม

ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากที่เลื่อยไม้เสร็จแล้วจึงใช้ตะไบแบนเพื่อขัดแต่งร่องไม้ให้มีความเรียบและขัดเพื่อลดความคมของช่องไม้ออก เพื่อป้องกันไม่ให้สายลมเกิดการฉีกขาด การขัดแต่งช่องไม้โดยการใช้ตะไบแบนต้องขัดโดยการสังเกตรูปร่างของช่องไม้ให้คงสภาพเป็นสี่เหลี่ยมเช่นเดิมและต้องระวังไม่ให้ความคมของตะไบขัดพื้นผิวช่องไม้จนเกิดเป็นร่องลึก หลังจากนั้นใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นไม้ออก และใช้ผ้าที่มีความหยาบเช็ดทำความสะอาดตัวเรือนอีกครั้ง การกำจัดฝุ่นไม้ช่วยให้ตัวเรือนลมรายไม่มีฝุ่นผงอุดตันตามร่องหรือพื้นผิวต่างๆ เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายใช้ลมในการสร้างเสียง หากมีฝุ่นไม้เกาะพื้นผิวอาจมีความเสี่ยงที่ฝุ่นไม้นั้นจะเข้าสู่ระบบกระบอกสูบของลมรายและส่งผลให้การทำงานของกระบอกสูบขาดประสิทธิภาพ



ภาพที่ 284 การใช้ตะไบขัดแต่งช่องสำหรับสอดสายลม

ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.3.8.4 การประกอบแผงไม้ ในการปรับปรุงโครงสร้างหลักของ

ตัวเรือนมีการใช้แผงไม้สำหรับนำมาทำเป็นร่องหรือแนวสำหรับการยึดกระบอกสูบ และการสร้างแนวไม้สำหรับใช้ในการสอดลวดและยึดลวดที่เป็นตัวกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของแป้นกด

เนื่องจากฐานของกล่องไม้เดิมมีความกว้างไม้เพียงพอต่อการวางกระบอกสูบจึงทำการประกอบไม้เข้ากับฐานของกล่องไม้ เริ่มต้นจากการวัดและตัดไม้ให้มีขนาดความยาว 103 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการเจาะรูบริเวณหน้าตัดของฐานของกล่องไม้เพื่อฝังลิ้มไม้และประกอบเข้ากับไม้ชิ้นใหม่ ซึ่งไม้ชิ้นใหม่ที่ประกอบเข้ากับฐานกล่องไม้เดิมต้องเจาะรูให้มีขนาดและตำแหน่งเดียวกันกับไม้เดิม เพื่อให้การประกอบไม้สามารถทำได้อยู่สนิท และเพื่อความแข็งแรงในการประกอบไม้ด้วยกาวอีพ็อกซี

ขั้นตอนการประกอบไม้มีความสำคัญมากเนื่องจากหากต่อไม้ไม่ได้ระดับจะส่งผลต่อการวางไม้ที่ใช้สำหรับยึดฐานของกระบอกสูบ อาจส่งผลให้กระบอกสูบเคลื่อนที่หรือโยกได้ ซึ่งส่งผลต่อการบรรเลงโดยตรง และการเจาะรูต้องเจาะให้มีแนวตรงเนื่องจากลิ้มไม้มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกซึ่งมีความตรง หากเจาะรูเอียงก็จะทำให้ลิ้มไม้เอียงตามแนวเจาะและประกอบไม้ไม่สนิท



ภาพที่ 286 ประกอบไม้เข้ากับฐานกล่องไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 285 ใช้สว่านเจาะรูฐานกล่องไม้เดิม  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากนั้นเลื่อยไม้สำหรับนำมาทำเป็นร่องหรือแนวสำหรับการยึดกระบอกสูบให้มีขนาดความยาว 103 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร แล้วใช้เลื่อยจิ๊กซอว์เลื่อยไม้ให้ได้ขนาดดังกล่าว หลังจากนั้นนำกระบอกสูบบาวางทาบกับไม้แล้วใช้ดินสอวาดรูปร่างของฐานกระบอกสูบ เมื่อได้รูปร่างตามต้องการแล้วใช้คัตเตอร์ตัดให้มีรูปร่างตามที่วาดไว้ แล้วนำไปวางทาบกับไม้เพื่อวาดรูปร่างของฐาน

กระบอกทั้งหมด 30 อัน หลังจากนั้นใช้สว่านเจาะนำไม้ให้เป็นรูและจึงใช้เลื่อยจิ๊กซอว์เลื่อยไม้ให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ

ในการเลื่อยไม้นี้ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากช่องที่เจาะอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกัน เมื่อเจาะไม้แล้วทำให้สูญเสียเนื้อไม้และเนื้อไม้ที่เป็นตัวประสานเพื่อสร้างความแข็งแรงระหว่างร่องมีน้อย หากเจาะไม้แล้วพบว่าไม้บริเวณดังกล่าวเป็นตาไม้ก็จะทำให้เนื้อไม้เป็นรูขนาดใหญ่สามารถแก้ไขโดยการใช้กาวร้อนและผงไม้อุดและประสานเนื้อไม้ให้เชื่อมต่อกัน แล้วขัดแต่งเพื่อลบความคมของร่องไม้ด้วยตะไบแบนและประกอบเข้ากับแผงไม้โดยใช้กาวอีพ็อกซี



ภาพที่ 288 เจาะรูเพื่อฝังกระบอกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย

ภาพที่ 287 ร่างแบบฐานกระบอกสูบบนแผงไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 289 แต่งร่องไม้ด้วยตะไบแบน  
ที่มา : ผู้วิจัย

ภาพที่ 290 ประกอบไม้สำหรับฝังฐานกระบอกสูบ  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.3.8.5 การทาสีตัวเรือน คานเหล็ก ก้ามปูและข้อต่อ หลังจาก

ที่นำโครงสร้างไม้ที่ไม่ได้ใช้ออกแล้ว จึงทาสีตัวเรือนลมรายโดยการใช้สีน้ำย้อมไม้ การทาสีน้ำนี้ทำทั้งหมด 5 รอบ เพื่อให้สีของไม้ที่มีการปรับปรุงแก้ไขมีโทนสีเหมือนกับตัวเรือนเดิม การทาสีต้องสังเกตโทนสีและแนวสีเดิมที่ทำไว้เนื่องจากถ้าทาสีทับในบริเวณดังกล่าวซ้ำจะส่งผลให้สีไม้มีความเข้มมากกว่าบริเวณโดยรอบ อาจทำให้ขาดความเป็นธรรมชาติและขาดความกลมกลืน และใช้สีน้ำมันทาบริเวณคานเหล็กเพื่อความสวยงามและเป็นการถนอมอายุการใช้งานของคานเหล็กให้ยาวนานขึ้น เนื่องจากสีถือเป็นวัสดุที่เคลือบพื้นผิวช่วยป้องกันการความชื้นและความร้อนที่สัมผัสกับคานเหล็กโดยตรงได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ใช้สีน้ำมันทาก้ามปูและข้อต่อให้มีสีกลมกลืนกับโครงสร้างโดยรวมด้วยสีน้ำตาล ในการทาสีที่ข้อต่อต้องระวังไม่ให้สีไหลเข้าไปสู่ด้านในเนื่องจากอาจทำให้ช่องสำหรับการประกอบเข้ากับท่อเสียงมีขนาดเล็กลง



ภาพที่ 292 ทาสีคานเหล็ก ภาพที่ 291 ทาสีแก้ไขพื้นผิวตัวเรือน

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 293 ทาสีข้อต่อ

ที่มา : ผู้วิจัย





ภาพที่ 295 ก้ามปูที่ทำสีเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 294 ซ้อต่อที่ทำสีเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.3.8.6 การปรับปรุงสายลม** ทำโดยการใช้สายลมทั้งหมด 3 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 คือสายลมเต็มสีดำที่ประกอบมาพร้อมกับชุดกระบอกสูบ รูปแบบที่ 2 คือสายลมที่มีขนาดใหญ่กว่าสายลมสีดำ รูปแบบที่ 3 คือสายลมสีส้มที่มีขนาดเล็กกว่าสายลมสีใส โดยใช้กรรไกรตัดสายลมสีดำให้มีความยาว 3.81 เซนติเมตร สายลมสีใส ยาว 3 เซนติเมตรและสายลมสีส้ม ยาว 16 เซนติเมตร

หลังจากนั้นประกอบสายลมสีใสเข้ากับสายลมสีดำ ในการใส่สายลมสีใสจะต้องใช้มือดันสายลมสีใสและใช้มืออีกข้างหนึ่งยึดสายลมสีดำให้คงที่ เนื่องจากการดันสายลมอาจส่งผลให้สายลมสีดำหักหรือชำรุดได้ หลังจากนั้นประกอบสายลมสีส้มเข้ากับสายลมสีใส

การประกอบสายลมทุกเส้นต้องดันสายลมให้มีความตึงและแน่น เนื่องจากเมื่อนำไปประกอบเข้ากับลูกสูบอาจเกิดแรงดันและการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบในขณะบรรเลงอาจทำให้สายลมหลุดได้



ภาพที่ 297 ตัดสายลมสีดำ  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 296 ตัดสายลมสีใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 298 ประกอบสายยางสีใส  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 299 ตัดสายลมสีส้ม  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 300 ประกอบสายลมสีส้ม  
ที่มา : ผู้วิจัย

หลังจากที่ประกอบสายลมแล้วจึงคัดเลือกกระบอกสูบลมที่มีแรงดันต่ำมาปรับปรุงคุณภาพ โดยการใช้กาวดินน้ำมันอุดบริเวณรอบหัวสายลมที่ต่อสายลมสีดำ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีลักษณะ เป็นเกลียว เมื่อเกลียวไม่สนิทหรือมีช่องว่างระหว่างสายลมกับหัวสายลมก็จะทำให้ลมรั่วได้



ภาพที่ 301 หัวสายลมที่อุดกาวดินน้ำมันแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 302 อุดกาวดำน้ำมัน  
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.3.8.7 การประกอบกระบอกสูบลมเข้ากับตัวเรือน ก่อนที่จะทำ

การประกอบกระบอกสูบลมเข้ากับตัวเรือน ผู้วิจัยสังเกตเห็นปัญหาของแรงดันลมในกระบอกสูบลมแต่ละอัน ซึ่งมีไม่เท่ากัน จึงทำการคัดแยกกระบอกสูบลมทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ แรงดันลมมาก แรงดันลมปานกลาง และแรงดันลมน้อย โดยพิจารณาควบคู่กับการทดสอบเสียงของท่อเสียงแต่ละอัน ท่อเสียงขนาดใหญ่ จำนวน 7 อัน ใช้กับกระบอกสูบลมที่มีแรงดันน้อย ท่อเสียงขนาดกลาง จำนวน 9 อัน ใช้กับกระบอกสูบลมที่มีแรงดันปานกลาง และท่อเสียงขนาดเล็กที่ต้องใช้แรงดันในการผลิตเสียงมากใช้กับกระบอกสูบลมที่มีแรงดันมาก

หลังจากคัดแยกกระบอกสูบลมแล้วจึงประกอบกระบอกสูบลมเข้ากับตัวเรือน โดยการวางฐานกระบอกสูบลมลงในร่องไม้หากมีเคลื่อนที่ของกระบอกสูบลมจึงใช้แผ่นโฟมขนาดเล็กทำการหนุนที่ฐานและหน้าตัดของฐานกระบอกสูบลม หลังจากนั้นค่อยๆ สอดสายลมเข้าไปยังช่องไม้ที่อยู่บริเวณตัวเรือน



ภาพที่ 303 ประกอบกระบอกสูบลมเข้ากับตัวเรือน

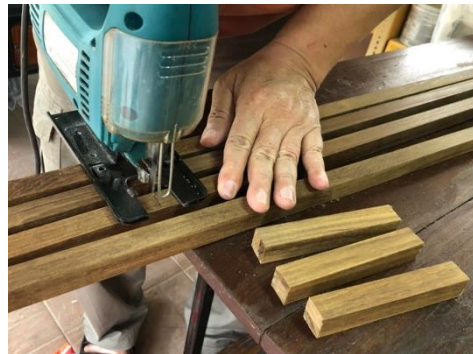
ที่มา : ผู้วิจัย

### 3.3.3.8.8 การทำแป้นกด ใช้ไม้สักที่มีขนาดความหนา 1.8

เซนติเมตร มาทำการวัดให้มีความยาว 12.3 เซนติเมตร แล้วใช้เลื่อยจิ๊กซอว์เลื่อยไม้ตามขนาดที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นขัดแต่งพื้นผิวด้วยกระดาษทราย ในขั้นตอนการวัดและเลื่อยไม้สำหรับทำแป้นกดต้องทำด้วยความระวัง เนื่องจากหากเลื่อยไม้ไม่ตรงอาจส่งผลกระทบต่อความสวยงามของแนวแป้นกดเมื่อนำมาประกอบเข้ากับตัวเรือน และหากเลื่อยไม้ไม่ได้ขนาดอาจทำให้การวางนิ้วของผู้บรรเลงทำได้ยากเนื่องจากมีพื้นที่ในการวางนิ้วน้อย



ภาพที่ 305 ชัดพื้นผิวแป้นไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 304 เลื่อยแป้นกด  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 306 แป้นกดที่ขัดเสร็จแล้ว  
ที่มา : ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใช้เลื่อยตัดแป้นกดทรงกลมอันเก่าออกจากก้านลูกสูบ โดยการเลื่อยจะเลื่อยให้ชิดกับฐานของแป้นกดไม้เพื่อไม่ให้สูญเสียระดับความสูงของตำแหน่งกดแป้นไม้ หลังจากชัดพื้นผิวแป้นกดให้มีความเรียบเสมอกันแล้วจึงใช้ดอกสว่านที่มีขนาดความโตเท่ากับก้านลูกสูบมาทำการเจาะรูให้ได้ทรงกลมที่มีความลึก 5 มิลลิเมตร จำนวน 2 รูต่อกัน แล้วจึงใช้สิ่วทำการเซาะร่องไม้ให้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าลบบวม หลังจากนั้นทำการประกอบก้านลูกสูบเข้ากับแป้นไม้โดยใช้ผงไม้และกาวร้อน แล้วขัดแต่งด้วยตะไบแบน ขั้นตอนนี้ต้องหมั่นตรวจสอบความตรงในการประกอบให้เที่ยงตรง เนื่องจากหากประกอบก้านลูกสูบไม่ตรงจะทำให้แป้นกดเอียงส่งผลต่อการบรรเลงเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 308 เจาะรูแป้นกด  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 307 เลื่อยแป้นกดไม้อันเก่าออก  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 310 หยอดกาวร้อน  
ที่มา : ผู้วิจัย

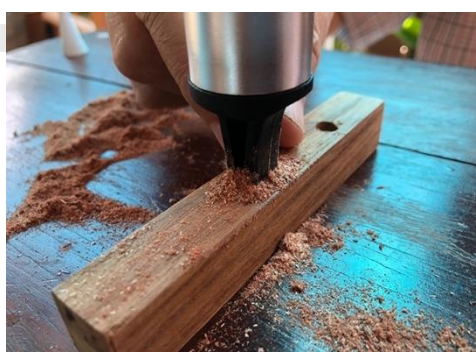


ภาพที่ 309 เซาะร่องแป้นกด  
ที่มา : ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 312 ชัดแต่งกาวร้อน  
ที่มา : ผู้วิจัย



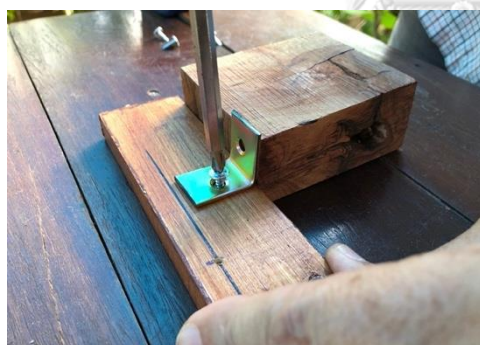
ภาพที่ 311 โรยผงไม้  
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 313 แป้นไม้ที่ประกอบเสร็จแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.3.8.9 ยึดเหล็กฉากกับแผงไม้** ก่อนที่จะทำการยึดเหล็กฉาก ต้องวัดขนาดความยาวของเหล็กฉากให้พอดีกับแผงไม้ที่จะใส่สำหรับเป็นตัวยึดเหล็กที่อยู่ภายในแป้นกด โดยวัดเหล็กฉากให้มีขนาดความยาวด้านละ 1 นิ้ว แล้วทำการเจียรด้วยเครื่องเจียรเพื่อตัดความยาวของเหล็กฉากให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นยึดเหล็กฉากด้วยสกรูและยึดเข้ากับตัวเรือนด้วยสกรูทั้งสองด้าน



ภาพที่ 315 ยึดสกรูกับเหล็กฉาก

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 314 เจียรเหล็กฉาก

ที่มา : ผู้วิจัย

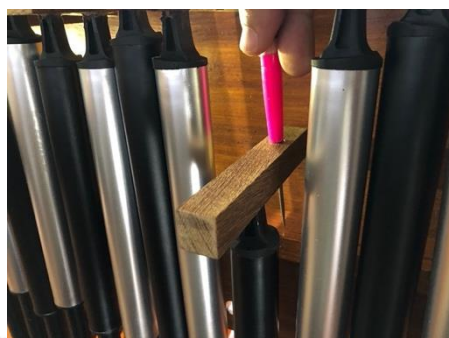
**3.3.3.8.10 ประกอบลวดเข้ากับแผงไม้แล้วแป้นกด** เริ่มต้นจากการหาตำแหน่งในการยึดลวดและหาความยาวของลวด โดยการใช้เหล็กแหลมสอดเข้ากับรูแป้นกด แล้วทำการกำหนดตำแหน่ง และวัดระยะความสูงจากแป้นกดจนถึงแผงไม้เพื่อหาความยาวลวดที่ต้องทำการตัด หลังจากนั้นใช้สว่านเจาะรูที่แผงไม้จำนวน 30 รูเพื่อให้ลวดสามารถสอดและยึดอยู่ได้

และตัดลวดให้มีความยาว 17 เซนติเมตร เมื่อตัดลวดแล้วค่อยๆ สอดลวดเข้ากับแผงไม้ด้านบนและค่อยๆ ประคองลวดให้สอดเข้าไปยังรูที่อยู่ในแป้นกดและสอดปลายลวดเข้ากับแผงไม้ด้านล่าง



ภาพที่ 317 ลวดที่ตัดแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 316 หาดำแหน่งเจาะรูที่แผงไม้

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 318 สอดลวดเข้ากับแผงไม้และแป้นกด

ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.3.8.11 การติดแผ่นโฟม** เนื่องจากแผงไม้และแป้นกดทำจากไม้เมื่อแป้นกดเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงจึงทำให้เกิดเสียงกระทบกัน ผู้วิจัยจึงใช้แผ่นโฟมที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรมาทำการติดใต้แผงไม้ด้านบน โดยทำการตัดโฟมให้มีขนาดความยาว 103 เซนติเมตร แล้วติดเข้ากับแผงไม้โดยใช้กาวขาว



ภาพที่ 320 ติดแผ่นโฟม

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 319 แผ่นโฟมที่ตัดแล้ว

ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.3.8.12 การประกอบไม้ขนاب** เนื่องจากเมื่อแป้นกดเคลื่อนที่ขึ้นลงทำให้แป้นกดเคลื่อนย้าย โดยแนวแป้นกดอาจมีการเอียงหรือหมุนไปตามกระบอก นอกจากนี้ผู้วิจัยจะใช้ลวดร้อยเพื่อเป็นแนวในการเคลื่อนที่ของแป้นกดแล้ว ยังมีการใช้ไม้ที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร เพื่อคั่นแป้นกดแต่ละอัน โดยเลื่อยไม้ให้มีความยาว 16 เซนติเมตร จำนวน 31 อัน หลังจากนั้นยึดเข้ากับตัวเรือนด้วยกาวร้อน โดยตำแหน่งการยึดจะยึดให้ห่างจากแป้นกด 1-2 มิลลิเมตรเพื่อไม่ให้แป้นกดเกิดการเสียดสีกับแผ่นไม้ขนاب



ภาพที่ 322 ติดไม้ขนاب

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 321 ตัดแผ่นไม้ขนاب

ที่มา : ผู้วิจัย

**3.3.3.8.13 การประกอบท่อเสียง** ในการประกอบท่อเสียงเข้ากับสายลม ผู้วิจัยใช้ข้อต่อสายไฟเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างสายลมไปยังท่อเสียงแต่ละอัน สาเหตุที่ผู้วิจัย



เลือกใช้ข้อต่อสายไฟเนื่องจากข้อต่อประเภทนี้มีตัวล็อคท่อ ซึ่งสามารถล็อคท่อเสียงไม่ให้เคลื่อนที่ ประกอบกับข้อต่อมีความแข็งแรง จึงสามารถลดความเสี่ยงต่อการเสียหายของเครื่องดนตรีในขณะขนย้ายเครื่องดนตรีได้ ซึ่งการเลือกขนาดของข้อต่อต้องสัมพันธ์กับขนาดของท่อเสียง เนื่องจากภายในข้อต่อมีช่องว่างและอาจเกิดการสูญเสียพลังงานลม ผู้วิจัยจึงใช้แผ่นโฟมทากาวยางแล้วม้วนให้มีรูปทรงกลม หลังจากนั้นใส่เข้าไปภายในช่องว่างนั้น เนื่องจากมวลของโฟมมีความหนาแน่นสูงและมีรูปทรงที่สัมพันธ์กับช่องว่างภายใน เพื่อเป็นตัวควบคุมให้สายลมจ่อไปยังตำแหน่งของรูตักโดยตรงโดยที่ไม่สูญเสียพลังงานลม ในการประกอบข้อต่อเข้ากับโฟมและสายลมต้องทำการสังเกตช่องว่างและทิศทางของสายลม รวมถึงระวังการไหลของกาวยางที่จะปิดรูสายลม เมื่อพบว่ากาวไหลปิดทางลมต้องเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าทันที มิฉะนั้นจะทำให้ขบวนการเดินทางของลมที่เคลื่อนที่ไปยังท่อเสียง



ภาพที่ 324 ใส่แผ่นโฟมในข้อต่อ

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 323 ม้วนแผ่นโฟม

ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 325 ทากาวยางด้านในข้อต่อ

ที่มา : ผู้วิจัย

## 3.3.3.9 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทย

## ลมราย ครั้งที่ 3

ประเด็นการออกแบบ	ผลการออกแบบและพัฒนา
การออกแบบแหล่งผลิตลม	<p>ในการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายครั้งที่ 3 ในประเด็นของการออกแบบแหล่งผลิตลม ผู้วิจัยใช้กระบอกสูบลมเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการผลิตลม ทั้งนี้เป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของกระบอกสูบลมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ</p> <p>ในประเด็นของแรงดันกระบอกสูบลมที่ไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงตรวจสอบแรงดันของกระบอกสูบลมเพื่อหาแนวทางแก้ไข และพบว่า ส่วนประกอบภายในของกระบอกสูบลมไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงได้ ทำได้เพียงการเปลี่ยนสายลมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายหรือเป็นช่องทางของลม และใช้กาวดินน้ำมันอุดข้อต่อกระบอกสูบลมที่มีแรงดันน้อยเพื่อป้องกันการรั่วของลม ทั้งยังคัดแยกแรงดันลมแต่ละกระบอกเพื่อให้สัมพันธ์กับการใช้ลมในท่อเสียงแต่ละอัน จึงถือเป็นการพัฒนาเครื่องดนตรีโดยใช้ปัญหามาเป็นพื้นฐานในการคิดค้นหาแนวทางแก้ไข หากข้อบกพร่องใดที่ไม่สามารถแก้ไขได้ผู้วิจัยใช้หลักการเรียนรู้ธรรมชาติของอุปกรณ์นั้นๆ มาใช้ให้เหมาะกับงานก็สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม</p> <p>สปริงเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยให้กระบอกสูบลมสามารถสร้างแรงดันอากาศ ฉะนั้นการพัฒนาเครื่องดนตรีครั้งที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า สปริงที่ใช้กับกระบอกสูบลมในการพัฒนาเครื่องดนตรี ครั้งที่ 2 ขาดคุณภาพ จึงทำให้เป็นอุปสรรคในการบรรเลง ได้แก่ สปริงไม่คืนตัว ทำให้แป้นกดค้างไม่สามารถบรรเลงต่อได้ สปริงวงใหญ่และเบียดกัน จึงทำให้เกิดเสียงและเกิดการขัดกันของสปริงในขณะบรรเลง นอกจากนี้การนำสปริงมาสวมไว้ที่ก้านกระบอกสูบลมด้านนอกมีความเสี่ยงต่อการชำรุดเป็นอย่างมาก เนื่องจากสปริงผลิตจากเหล็กเมื่อ</p>

ประเด็นการออกแบบ	ผลการออกแบบและพัฒนา
	<p>โดนความชื้นในอากาศอาจก่อให้เกิดสนิมและผุกร่อนได้ จึงใช้สปริงที่มีขนาดเล็กพอดีกับช่องว่างภายในกระบอกสูบมาสวมด้านในกระบอกสูบแทน ผลปรากฏว่าสามารถทำงานได้ดีทั้งยังลดระดับเสียงของสปริงที่เสียดสีกัน รวมถึงการสวมสปริงด้านในยังเป็นการยืดอายุการใช้งานสปริงให้ยาวนานขึ้น</p>
<p>การออกแบบท่อเสียง</p>	<p>ท่อเสียงที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องดนตรีไทยลมรายครั้งที่ 3 ยังคงใช้ท่อเสียงลักษณะเดิมในครั้งที่ 2 แต่มีการเปลี่ยนแปลงข้อต่อจากเดิมที่ใช้หนังวัว ซึ่งมีอายุการใช้งานน้อยและทำให้เกิดรอยรั่วต่างๆ ผู้วิจัยสังเกตเห็นคุณสมบัติพิเศษของข้อต่อสายไฟว่าสามารถล็อกท่อได้และมีการใช้งานที่สะดวกและเสถียรจึงใช้ข้อต่อแต่ละขนาดให้สัมพันธ์กับท่อเสียงและยึดด้วยแผ่นโฟมและกาวร้อน</p>
<p>การออกแบบแป้นกด</p>	<p>ในการออกแบบและพัฒนาแป้นกดผู้วิจัยนำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาประกอบการพิจารณาแก้ไขปรับปรุงเครื่อง ประกอบกับการศึกษารูปลักษณะของเครื่องดนตรีที่มีลักษณะคล้ายกัน พบว่าเครื่องดนตรีที่มีแป้นกดหรือลิ้นนิ้วสร้างแป้นกดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากสัมพันธ์กับนิ้วที่มีความยาว และใช้สติ๊กเกอร์สีติดบริเวณแป้นไม้ด้านบนเพื่อให้ผู้บรรเลงสามารถบรรเลงได้อย่างสะดวก เนื่องจากมีจำนวนแป้นกดถึง 30 อัน ผู้บรรเลงจึงต้องสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องดนตรีพอสมควร การติดสติ๊กเกอร์นี้ช่วยให้ผู้บรรเลงเกิดความคุ้นเคยกับเครื่องดนตรีมากยิ่งขึ้น</p> <p>ผู้วิจัยยึดแป้นกดด้วยลวดที่สร้างจากเหล็กชุบสีทองแดง เพื่อเพิ่มความมั่นคงให้กับแป้นกดไม่ให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งอื่น</p>
<p>การออกแบบโครงสร้าง</p>	<p>การออกแบบโครงสร้างเครื่องดนตรีผู้วิจัยใช้แนวทางการออกแบบรูปเรขาคณิตในการพัฒนาเครื่องดนตรีครั้งที่ 1 และ 2 มาเป็นส่วนประกอบของเครื่องดนตรีไทยลมรายทั้งหมดเนื่องจากมี</p>

ประเด็นการออกแบบ	ผลการออกแบบและพัฒนา
	<p>ความสวยงามลงตัวและสามารถนำไปผลิตเป็นเครื่องดนตรีที่สามารถใช้งานได้จริง ในการนี้รูปเรขาคณิตที่อยู่ในเครื่องดนตรีไทยลมราย ได้แก่ รูปทรงกลม รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงกระบอก</p>
<p>การออกแบบตกแต่ง</p>	<p>ส่วนประกอบของเครื่องดนตรีรวมถึงโครงสร้างหลักผู้วิจัยเน้นการสร้างงานที่มีความสอดคล้องและเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันกับธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงใช้สีน้ำตาลในการทำสีเคลือบและย้อมพื้นผิวของส่วนประกอบต่างๆ ที่ผลิตจากไม้ สีที่ผู้วิจัยเลือกใช้เป็นสีปลอดสารพิษซึ่งปลอดภัยต่อนักดนตรีเป็นอย่างมาก ทั้งนี้การติดตั้งท่อเสียงเข้ากับตัวเรือนยังมีการจัดเรียงลำดับเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม ซึ่งทำให้เกิดความกลมกลืนกับส่วนประกอบอื่นๆ เป็นอย่างมาก</p>

ตารางที่ 9 สรุปผลการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ครั้งที่ 3  
ที่มา : ผู้วิจัย

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ผลงานการสร้างสรรค้ นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายเกิดจากการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีตามแนวคิดทฤษฎีต่างๆ อันประกอบด้วยแนวคิดทฤษฎีที่สำคัญ 4 ประการ คือ แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับสวนศาสตร์เครื่องดนตรีประเภท Aerophones แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องดนตรีวิทยา แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบและแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุศาสตร์ นอกจากนี้การสร้างสรรค้ เครื่องดนตรีชิ้นใหม่นี้เกิดจากแรงบันดาลใจและประสบการณ์ของผู้วิจัย มีการวิเคราะห์ข้อมูลจากการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

- 4.1 การวิเคราะห์องค์ความรู้ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย
- 4.2 การวิเคราะห์วิธีการบรรเลงนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย
- 4.3 แบบฝึกหัดเพื่อสร้างความคุ้นเคยให้แก่ักดนตรีกับเครื่องดนตรีไทยลมราย
- 4.4 การบำรุงรักษาเครื่องดนตรีไทยลมราย

#### 4.1 การวิเคราะห์องค์ความรู้ในการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

เครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่เริ่มต้นจากการที่ผู้วิจัยนำแรงบันดาลใจของตนมาสร้างสรรค์เครื่องดนตรี ประกอบกับการนำหลักแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบสร้างสรรค์ ผลจากการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายพบว่า เครื่องดนตรีชิ้นใหม่ที่สร้างขึ้นนี้มีชื่อว่า “ลมราย” ซึ่งเป็นเครื่องดนตรีไทยชิ้นใหม่ที่มีการกำเนิดเสียงจากลมที่อยู่ภายในกระบอกสูบ สามารถวิเคราะห์องค์ความรู้ที่ได้จากการสร้างนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ดังนี้

##### 4.1.1 การสร้างแหล่งผลิตลม

เครื่องดนตรีไทยลมรายเกิดจากการผสมผสานระหว่างอัตลักษณ์ของเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าและเครื่องตี โดยผู้วิจัยนำหลักการกำเนิดเสียงที่อยู่ในเครื่องดนตรีประเภทเครื่องลม Aerophones มาเป็นพื้นฐานในการสร้างสรรค์ ทั้งเครื่องดนตรี Aerophones ที่กำเนิดเสียงโดยลมที่มาจากมนุษย์และเครื่องดนตรี Aerophones ที่กำเนิดเสียงโดยลมภายนอก ประกอบกับการใช้ องค์ความรู้พื้นฐานทางด้านการสร้างขลุ่ยไทยมาทำการต่อยอดและสร้างสรรค์เครื่องดนตรีที่มีรูปลักษณะที่แปลกตาและมีอัตลักษณ์ในการบรรเลง

แหล่งผลิตลมของเครื่องดนตรีไทยลมรายเกิดจากการนำกระบอกสูบที่ใช้ในชีวิตประจำวันมาสร้างเป็นแหล่งผลิตลม โดยผู้วิจัยสังเกตเห็นถึงข้อดีของกระบอกสูบลมประเภทนี้คือสามารถสร้างแรงดันลมโดยปราศจากการใช้ไฟฟ้า และสามารถสร้างแรงดันได้อย่างรวดเร็วเพียงการใช้นิ้วมือของผู้บรรเลงกดลงไปทีแป้นกดโดยใช้แรงกดเพียงเล็กน้อย องค์ความรู้สำคัญเกี่ยวกับการนำกระบอกสูบมาใช้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายคือ กระบอกสูบแต่ละขนาดที่พบเห็นในชีวิตประจำวันมีขนาดความโตและความยาวของกระบอกที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณแรงดันอากาศ ถ้ากระบอกสูบลมยาวสามารถสร้างแรงดันลมได้ยาวนานกว่ากระบอกสูบขนาดสั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอื่นๆ ที่อยู่ภายในกระบอกสูบด้วย เช่น วาล์ว ก้านลูกสูบ เสื้อลูกสูบ เกลียวข้อต่อต่างๆ สายลม กระบอกสูบที่มีคุณภาพต้องเกิดจากความสมบูรณ์ของส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

จากการที่ผู้วิจัยนำกระบอกสูบชนิดนี้มาสร้างเป็นแหล่งผลิตลมในเครื่องดนตรีเนื่องจากสามารถสร้างแรงดันลมได้อย่างรวดเร็ว มีแรงฟืดที่เกิดจากความแน่นของกระบอกสูบที่ไม่มาก ผู้บรรเลงจึงไม่ต้องออกแรงกดมาก เนื่องจากถ้าใช้แรงกดมากหรือใช้น้ำหนักมือที่หนักอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการบรรเลงโดยตรง เนื่องจากผู้บรรเลงเกิดความล้าอันเกิดจากการออกแรงกดที่มาก และการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อต่างๆ เช่น กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อหลัง กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อมือ ก็จะทำให้ผู้บรรเลงไม่สามารถบรรเลงดนตรีในระยะเวลาที่ยาวนานได้ และอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บรรเลง

ท่อเสียงลมราย 1 อันจะถูกประกอบเข้ากับกระบอกสูบ 1 อัน ผู้วิจัยจึงคำนึงถึงน้ำหนักโดยรวมของเครื่องดนตรีเมื่อนำกระบอกสูบจำนวน 30 อันมาประกอบเข้ากับท่อเสียงจำนวน 30 อัน อาจสร้างน้ำหนักให้กับเครื่องดนตรีเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกกระบอกสูบลมที่สร้างจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบาอย่างอะลูมิเนียมและมีขนาดไม่ใหญ่

ในการนำกระบอกสูบลมมาใช้เป็นแหล่งผลิตลมในเครื่องดนตรีผู้วิจัยทำการศึกษาหลักการและหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ ที่อยู่ในกระบอกสูบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน จากการวิเคราะห์คุณภาพของกระบอกสูบผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์บางอย่างที่อยู่ในชุดกระบอกสูบลมมีคุณภาพที่ไม่ดี ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนากระบอกสูบ ดังนี้

1. กระบอกสูบลมเดิมไม่มีสปริงที่เสริมในการสร้างแรงดันลม ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์หลักการทำงานของกระบอกสูบว่า หากนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างแรงดันลมที่ดีได้ควรมีสปริงเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบและการผลิตแรงดัน จึงใช้สปริงที่ผลิตจากเหล็กชนิดพิเศษ

โดยผู้วิจัยคัดเลือกสปริงที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้งาน คือ มีขนาดที่พอเหมาะไม่ใหญ่เกินไป เนื่องจากถ้าใหญ่จะทำให้เกิดการเสียดสีกับกระบอกสูบและทำให้การเคลื่อนที่ของกระบอกสูบเข้าและสปริงต้องไม่เสียดเกินไปเนื่องจากหากเสียดก็จะทำให้เกิดแรงดันน้อย หากใช้งานสปริงในระยะเวลานานอาจทำให้เกิดการชำรุดในระยะเวลานั้น

2. ชุดกระบอกสูบเดิมมีสายลมที่ผลิตจากพลาสติกเกรดต่ำ เมื่อเกิดการเสียดสีและบดงอ ในขณะที่ทำการเชื่อมต่อสายลมเข้ากับท่อเสียงทำให้เกิดการชำรุดของสายและสายเกิดการหักงอได้ง่าย ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของแรงดันอากาศขาดประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาชนิดของสายลมที่ใช้กับเครื่องปั๊มลมแรงดันสูง เนื่องจากสายลมประเภทนี้มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นตัวสูง ฉะนั้นเมื่อผู้วิจัยทำการเชื่อมต่อระบบลมจึงทำได้โดยสะดวก เพราะการเชื่อมต่อสายลมกับท่อเสียงต้องมีการเชื่อมต่อด้านล่าง สายจึงมีการงอเพื่อให้อาจเชื่อมต่อได้อย่างสนิท เมื่อใช้สายลมที่ผลิตจากพลาสติกโพลีเอทิลีนแล้วจึงทำให้เกิดแรงยืดหยุ่นสูง เมื่อผู้วิจัยจัดการเชื่อมต่อของสายที่มีการร้อยเข้าสู่ช่องไม่สามารถทำได้โดยไม่บดงอ

#### 4.1.2 การเชื่อมต่อระบบลม

การเชื่อมต่อระบบลมเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ส่งต่อแรงลมไปยังท่อเสียง หากท่อเสียงมีคุณภาพแต่ขาดการเชื่อมต่อระบบลมที่ดีจะส่งผลให้เกิดการรั่วของลม เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่จึงยังไม่มีวัสดุอุปกรณ์ที่มีความสมบูรณ์นัก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้อุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบเชื่อมต่อระบบลม คือ ขั้วต่อสายไฟและโฟมแผ่น ใช้กาวยางเป็นตัวประสานเพื่ออุดช่องว่างที่อยู่ภายในข้อต่อและจุดเชื่อมต่อต่างๆ

#### 4.1.3 การสร้างท่อเสียง

การสร้างท่อเสียงลมรายเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอีกหนึ่งกระบวนการ เนื่องจากเป็นปลายทางในการสร้างเสียงเครื่องดนตรี หากมีแหล่งผลิตลมที่มีคุณภาพ มีการเชื่อมต่อระบบลมที่ดีแล้วแต่ท่อเสียงที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพและน้ำเสียงของเครื่องดนตรีไม่ดี ก็ส่งผลให้เครื่องดนตรีขาดคุณค่า ฉะนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญกับการสร้างท่อเสียงเป็นสำคัญ โดยผู้วิจัยเลือกใช้ท่อพีวีซีในการสร้างท่อเสียง เนื่องจากให้คุณภาพเสียงที่คงที่ไม่แปรผันไปตามอุณหภูมิ มีราคาย่อมเยา และสามารถบำรุงรักษาได้ง่าย

การสร้างท่อเสียงนี้ใช้องค์ความรู้ในการสร้างขลุ่ยเป็นพื้นฐาน แต่ผู้วิจัยต้องมีการพิจารณาถึงแหล่งผลิตลมร่วมกับการสร้างปากนกแก้วและรูตาดก ฉะนั้นการสร้างท่อเสียงผู้วิจัยต้องการให้เกิดเสียงได้โดยการใช้ลมที่มีความแรงพอสมควร เนื่องจากกระบอกสุบเป็นอุปกรณ์ที่ให้แรงดันค่อนข้างมาก เมื่อการใช้ลมในท่อเสียงสัมพันธ์กับแรงดันลมที่เกิดจากกระบอกสุบก็จะสามารถสร้างคุณภาพเสียงที่ดีได้

#### 4.1.4 การสร้างแป้นกด

การปรับปรุงแป้นกดเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในการผลิตเสียง เดิมกระบอกสุบมีแป้นกดที่มีลักษณะคล้ายก้านไม้ที่มีความยาวและมีขนาดใหญ่ เมื่อนำมาประกอบกับตัวเรือนในลักษณะของการเรียงชิดกันของกระบอกสุบทำให้พื้นที่ในการเรียงกระบอกสุบกว้างเกินไป ส่งผลต่อการวางนิ้วกดของผู้บรรเลง คือ ผู้บรรเลงไม่สามารถวางนิ้วได้สะดวกเพราะต้องถ่างนิ้วในระยะที่กว้าง ความคล่องตัวในการบรรเลงจึงทำได้ยาก ผู้บรรเลงจึงมีการนำแนวคิดในการใช้ลิ้นนิ้วในเครื่องดนตรีสากลมาประยุกต์ใช้ คือมีการสร้างแป้นไม้จากไม้สักที่มีความสวยงามและแข็งแรง เมื่อผู้บรรเลงสัมผัสนิ้วลงบนแป้นไม้สามารถสัมผัสได้ถึงความมั่นคงและความอบอุ่นอันเกิดจากความแข็งแรงของมวลไม้ และกลิ่นเฉพาะของเนื้อไม้ที่ให้ความรู้สึกสงบร่มเย็น โดยทำการเลื่อยไม้ให้มีขนาดเหมาะสมกับการวางนิ้วมือโดยคำนึงถึงระยะห่างระหว่างกระบอกสุบและท่อเสียงร่วมด้วย เนื่องจากการนำแป้นไม้มาเรียงชิดติดกันไม่สามารถทำได้เนื่องจากกระบอกสุบมีขนาดความโตเกินกว่าขนาดของแป้นไม้ ฉะนั้นผู้วิจัยจึงเรียงกระบอกสุบให้ติดกันเพื่อให้ระยะห่างของแป้นไม้ไม่มากเกินไปคือ 1 เซนติเมตร ในการประกอบแป้นไม้เข้ากับก้านลูกสุบต้องกระทำด้วยความพิถีพิถัน เนื่องจากต้องให้เกิดความเที่ยงตรงและมีแนวการวางแป้นไม้ที่ขนานในมุม 180 องศาตามระนาบของการวางนิ้วมือของผู้บรรเลง และใช้สติกเกอร์สีติดบริเวณแป้นกดด้านบนเพื่อบอกถึงตำแหน่งของระดับเสียง

#### 4.1.5 การสร้างตัวเรือน

การสร้างตัวเรือนเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นการใช้ความรู้พื้นฐานในงานช่างไม้ ได้แก่ การเลื่อยไม้ การประกอบไม้ การอุดเสี้ยนไม้ การขัดแต่งไม้ การทาสีไม้ ถึงแม้ว่าตัวเรือนจะไม่ได้เป็นส่วนประกอบในการผลิตลมและผลิตเสียงแต่ถือเป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นอย่างมาก เนื่องจากส่วนประกอบทุกชิ้นของเครื่องดนตรีจะถูกติดตั้งเข้ากับตัวเรือนนี้ ฉะนั้นในการออกแบบและสร้างผู้วิจัยจึงต้องคำนึงถึงความแข็งแรงและความสะดวกในการใช้งานเป็นหลัก เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ มีน้ำหนัก เมื่อนำมาประกอบกับตัวเรือนแล้วตัวเรือนต้องรับน้ำหนักที่มากขึ้น



ฉะนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกส่วนประกอบต่างๆ ที่มีน้ำหนักเบา และให้ความสำคัญกับชนิดไม้ที่นำมาใช้สร้างตัวเรือนเป็นสำคัญ ไม้ที่นำมาใช้ในการสร้างตัวเรือนผลิตจากไม้สนเนื่องจากมีน้ำหนักเบา สวยงาม ราคาถูก หาได้ง่ายและง่ายต่อการประกอบ ผู้วิจัยใช้แผ่นไม้หลายแผ่นมาเชื่อมต่อกันโดยการใช้องค์ความรู้ในการต่อไม้และใช้วัสดุสมัยใหม่อย่างกาวอีพ็อกซีในการประสานเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ข้อดีของการใช้วัสดุสมัยใหม่คือเป็นวัสดุที่ผ่านการปรับปรุงพัฒนาให้มีการใช้งานที่ดียิ่งขึ้นและสะดวกต่อการใช้งาน

ในการสร้างตัวเรือนลมรายผู้วิจัยพิจารณาถึงขนาดความกว้างของตัวเรือนว่าเพียงพอต่อการประกอบส่วนประกอบของเครื่องดนตรีทั้งหมดหรือไม่และสามารถรองรับน้ำหนักของส่วนประกอบได้มากน้อยเพียงใด เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าถึงแม้ไม้สนจะมีคุณภาพที่ดีหลายประการเมื่อนำมาประกอบเป็นตัวเรือน แต่ยังคงเรื่องความแข็งแรงคงทนต่อการรับน้ำหนักและการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยจึงทำการยิงสกรูเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของการประกอบไม้ และเสริมความแข็งแรงด้วยคานเหล็กด้านล่างอีกทั้งยังเพิ่มล้อเหล็กเพื่อให้สะดวกต่อการขนย้ายเครื่องดนตรี

ปัญหาที่พบในการประกอบตัวเรือนคือไม้บางแผ่นมีการโค้งตามธรรมชาติของเนื้อไม้ที่ต้องมีการแห้งตัว เมื่อนำมาประกอบเข้ากับแผ่นไม้ที่มีความตรงผู้วิจัยจึงใช้กาวโปวไม้ในการอุดช่องว่างและรอยต่อระหว่างไม้ เพื่อเสริมความแข็งแรงและความสวยงามให้แก่เนื้อไม้

#### 4.1.6 การตกแต่ง

ผู้วิจัยใช้ลักษณะการเรียงต่อกันของแนวท่อเสียงเป็นลักษณะการตกแต่งเครื่องดนตรี เพื่อให้เกิดความโดดเด่นในอัตลักษณ์ของเครื่องดนตรี อันสัมพันธ์กับชื่อของเครื่องดนตรี “ลมราย” และมีการทาสีเนื้อไม้เพื่อสร้างความสวยงามและเป็นการถนอมเนื้อไม้ โดยการใช้น้ำย้อมไม้ชนิดที่ปลอดภัยและมีสีที่ใช้เป็นสีชนิดด้านสีน้ำตาลวอลนัท ฉะนั้นจึงให้ความรู้สึกเสมือนได้สัมผัสกับเนื้อไม้ที่พบเห็นตามธรรมชาติ ถึงแม้ว่าท่อเสียงจะสร้างจากพลาสติกแต่ลักษณะสีท่อเสียงเป็นสีน้ำตาลที่ให้ความเป็นเอกภาพแก่เครื่องดนตรี รวมถึงการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ผู้วิจัยมีการย้อมสีให้มีโทนสีที่เหมือนและใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนในการทาสีหรือตกแต่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องดนตรีไทยลมรายต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในข้อต่อที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของระบบลม หากสีหรือกาวเข้าไปอุดทางเดินลมจะส่งผลให้เกิดการอุดตันและไม่สามารถผลิตเสียงได้

## 4.2 การวิเคราะห์วิธีการบรรเลงนวัตกรรมการเครื่องดนตรีไทยลมราย

เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีชนิดใหม่ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจากแรงบันดาลใจที่ได้กล่าวในข้างต้น จึงจำเป็นต้องทำการกำหนดและออกแบบวิธีการบรรเลงเครื่องดนตรีไทยลมรายชิ้นใหม่ ซึ่งแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมราย 1 อันจะแทนการสร้างระดับเสียง 1 เสียง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 4.2.1 ตำแหน่งแป้นกด



ภาพที่ 326 แป้นกดเครื่องดนตรีไทยลมราย

ที่มา : ผู้วิจัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

เครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีที่มีช่วงเสียงกว้างถึง 4 ช่วงเสียง ประกอบด้วยแป้นกดจำนวน 30 อัน ซึ่งช่วงเสียงของแป้นกดแต่ละช่วงให้ลักษณะคุณภาพเสียงที่ต่างกัน คือ เสียงโทนต่ำ ทุ้ม นุ่มนวล เสียงเจิดจ้า แหลม และสดใส ผู้วิจัยใช้สติ๊กเกอร์สีต่างๆ เพื่อบ่งบอกถึงระดับเสียงที่อยู่บนแป้นกด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แป้นกดที่ติดสติ๊กเกอร์สีแดง หมายถึง เสียงโด ซึ่งแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีเสียงโดที่แป้นกดทั้งหมด 5 ตำแหน่ง คือ แป้นกดอันที่ 1, 8, 15, 22 และ 30

แป้นกดที่ติดสติ๊กเกอร์สีชมพู หมายถึง เสียงเร ซึ่งแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีเสียงเรที่แป้นกดทั้งหมด 5 ตำแหน่ง คือ แป้นกดอันที่ 2, 9, 16, 23 และ 30

แป้นกดที่ติดสติ๊กเกอร์สีส้ม หมายถึง เสียงมี ซึ่งแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีเสียงมีที่แป้นกดทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ แป้นกดอันที่ 3, 10, 17 และ 24

แป้นกดที่ติดสติ๊กเกอร์สีฟ้า หมายถึง เสียงซอล ซึ่งแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีเสียงฟาที่แป้นกดทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ แป้นกดอันที่ 5, 12, 19 และ 26

แป้นกดที่ติดสติ๊กเกอร์สีเขียว หมายถึง เสียงลา ซึ่งแป้นกดของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีเสียงลาที่แป้นกดทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ แป้นกดอันที่ 6, 13, 20 และ 27

แป้นกดที่ไม่ได้ติดสติ๊กเกอร์คือเสียงฟาและเสียงที โดยเสียงฟาอยู่ที่แป้นกดอันที่ 4, 11, 18, และ 25 เสียงทีอยู่ที่แป้นกดอันที่ 7, 14, 21 และ 28

แป้นกดทั้งหมด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
แป้นกดสี	ด1	ร1	ม1	ฟ1	ข1	ล1	ท1	ด2	ร2	ม2	ฟ2	ข2	ล2	ท2	ด3	ร3	ม3	ฟ3	ข3	ล3	ท3	ด4	ร4	ม4	ฟ4	ข4	ล4	ท4	ด5	ร5

ตารางที่ 10 ตารางแสดงตำแหน่งแป้นกด

ที่มา : ผู้วิจัย

#### 4.2.2 การใช้กล้ามเนื้อในการบรรเลง

เครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีที่ผู้บรรเลงนั่งบรรเลงบนเก้าอี้และมีการใช้กล้ามเนื้อข้อมือ กล้ามเนื้อมือ กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อไหล่ และกล้ามเนื้อบ่าในการบรรเลง เมื่อผู้บรรเลงต้องการบรรเลงในตำแหน่งแป้นกดที่ห่างกันต้องมีการควบคุมตำแหน่งของแขน บ่าและไหล่ที่สัมพันธ์กัน ออกแรงกดโดยการใช้นิ้วมือ มือ ข้อมือและใช้แขนช่วยในการเสริมแรง เมื่อผู้บรรเลงต้องการบรรเลงเสียงที่มีความหนักแน่นหากใช้กล้ามเนื้อแขนช่วยก็จะทำให้สามารถออกแรงและควบคุมตำแหน่งการกดรวมถึงการสร้างคุณภาพเสียงได้ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 327 การใช้ว้ายวะและกล้ำมเนื้อต่างๆ ในการบรรเลงลมราย

ที่มา : ผู้วิจัย

#### 4.2.3 การวางนิ้วสำหรับการบรรเลง

ในการวางนิ้วหรือการใช้นิ้วสำหรับการบรรเลงทำได้อย่างหลากหลาย คือสามารถใช้นิ้วเดียวหรือหลายนิ้วในการบรรเลงได้ โดยพิจารณาจากทำนองเพลงที่บรรเลง หากผู้บรรเลงต้องการบรรเลงเป็นคู่แปดหรือประสานที่เล่นทำนองห่างๆ หรือทำนองทางเก็บสามารถใช้นิ้วเพียง 1 – 2 นิ้วได้ และถ้าผู้บรรเลงต้องการสร้างเสียงในคราวเดียวกันถึง 10 เสียงสามารถใช้นิ้วทั้งสิบนิ้วในการกดได้ ทั้งนี้ผู้บรรเลงต้องมีการฝึกฝนเพื่อสร้างความคุ้นเคยในการบรรเลง



ภาพที่ 328 การวางนิ้วสำหรับการบรรเลง 1

ที่มา : ผู้วิจัย

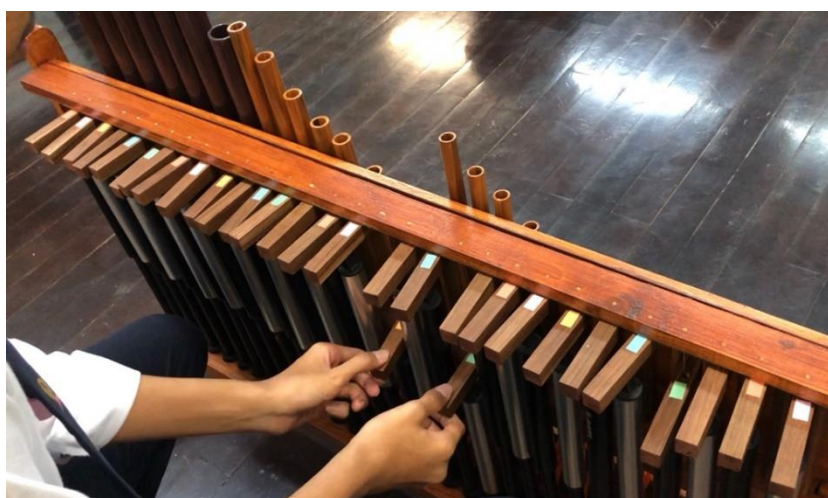


ภาพที่ 329 การวางนิ้วสำหรับการบรรเลง 2

ที่มา : ผู้วิจัย

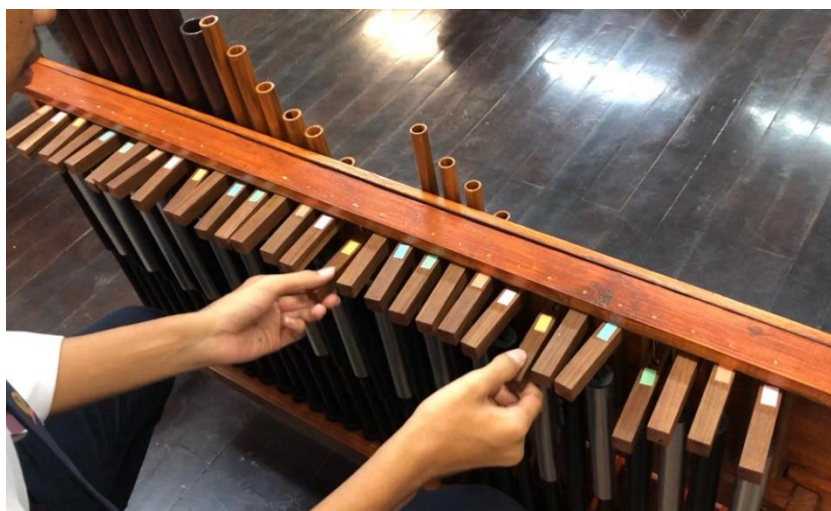
#### 4.2.4 การสร้างลักษณะเสียง

เมื่อผู้บรรเลงต้องการสร้างเสียงที่มีความเบา นุ่มนวลสามารถทำได้โดยการใช้ นิ้วค่อยๆ กดลงบนแป้นกด หากต้องการเสียงที่มีความดังเจิดจ้าสามารถทำได้โดยการออกแรงที่นิ้ว และมือให้มากขึ้น หากต้องการให้เสียงมีความยาวมากขึ้นสามารถทำได้โดยการใช้ นิ้วค่อยๆ กดแป้นกดให้มีความลึกมากขึ้น หากต้องการบรรเลงเสียงยาวต่อเนื่องที่มีความคล้ายกับเสียงกรอในเครื่องตีสามารถทำได้โดยการใช้ นิ้วโป้งและนิ้วชี้ค้ำบริเวณแป้นกด แล้วทำการขยับแป้นกดขึ้นลงสลับกัน



ภาพที่ 330 การวางนิ้วเพื่อสร้างเสียงต่อเนื่อง 1

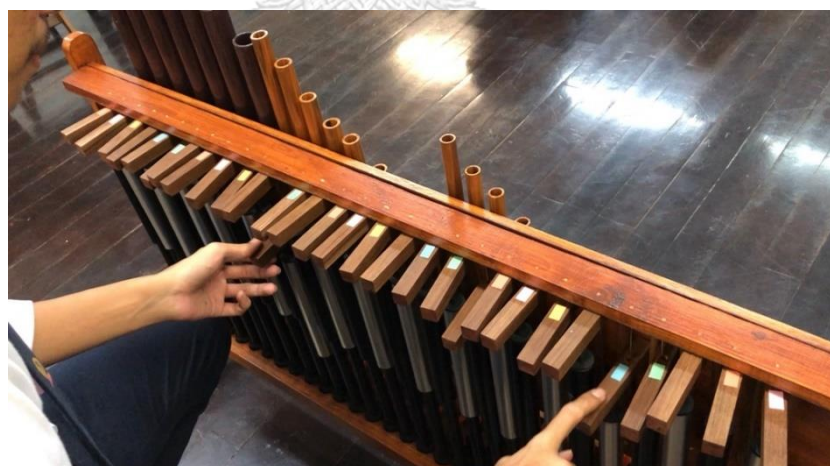
ที่มา : ผู้วิจัย



ภาพที่ 331 การวางนิ้วเพื่อสร้างเสียงต่อเนื่อง 2

ที่มา : ผู้วิจัย

หากผู้บรรเลงต้องการสร้างลักษณะเสียงที่มีการผสมผสานกันระหว่างเสียงกรอและเสียงปกติ สามารถทำได้โดยการใช้นิ้วโป้งและนิ้วชี้ข้างหนึ่งคืบบริเวณแป้นกดและยกขึ้นลงสลับกันเพื่อให้ กระบอกสูบสร้างแรงดันต่อเนื่องและเกิดเป็นเสียงกรอ และใช้มืออีกข้างกดแป้นกดเพื่อสร้างเสียงปกติ โดยสามารถใช้นิ้วมือได้ตั้งแต่ 1 นิ้วไปจนถึง 5 นิ้ว



ภาพที่ 332 การใช้มือผสม

ที่มา : ผู้วิจัย

#### 4.2.5 การนำเครื่องดนตรีไทยลมรายไปใช้ในการบรรเลง

เครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถบรรเลงได้หลายรูปแบบทั้งการบรรเลงเดี่ยวที่ผู้บรรเลงบรรเลงเพียงคนเดียวในลักษณะทำนองต่างๆ ทั้งทำนองหลักและทำนองประสาน เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีที่มีช่วงเสียงกว้างถึง 4 ช่วงเสียงจึงเป็นเครื่องดนตรีที่ส่งเสริมและเปิดโอกาสให้ผู้บรรเลงสามารถจินตนาการและสร้างสรรค์ทำนองได้อย่างอิสระ สามารถใช้แนวทางในการประดิษฐ์ทำนองอย่างฉับพลันดังรูปแบบของการด้นสด (improvisation) และด้วยความพิเศษของเครื่องดนตรีที่มีช่วงเสียงกว้างจึงสามารถสร้างทำนองที่ให้อารมณ์แตกต่างกันโดยพิจารณาจากความเหมาะสมของบทเพลงและอารมณ์ที่ผู้บรรเลงต้องการถ่ายทอด ลักษณะการบรรเลงของเครื่องดนตรีไทยลมรายอาจเป็นการบรรเลงสอดแทรกในช่วงของเพลงที่เป็นช่องว่างหรือไม่มีเครื่องดนตรีชิ้นใดบรรเลงเพื่อสร้างความต่อเนื่องและความกลมกลืนให้แก่บทเพลง รวมถึงการบรรเลงโดยการสร้างความปลั่งจำเพาะในเครื่องดนตรีก็เป็นการดึงอัตลักษณ์ของเสียงเครื่องดนตรีชนิดนี้ให้มีความโดดเด่นมากยิ่งขึ้น หรือการกดแป้นกดที่แรงจนทำให้ระดับเสียงเกินกว่าเสียงที่กำหนดไว้ในแต่ละท่อนก็สามารถสร้างสีสันให้แก่บทเพลงในบางช่วงได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 333 การบรรเลงเดี่ยว

ที่มา : ผู้วิจัย

การบรรเลงเครื่องดนตรีไทยลมรายในรูปแบบการบรรเลงสองคนพร้อมกันสามารถบรรเลง โดยการให้ผู้บรรเลงท่านหนึ่งบรรเลงทำนองหลักและให้ผู้บรรเลงอีกท่านบรรเลงทำนองประสาน หรือ เป็นการบรรเลงโดยอิสระซึ่งมีความยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการบรรเลงและการสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลโดยพิจารณาจากความเหมาะสมของบทเพลงและความกลมกลืนของทำนอง เครื่องดนตรีไทยลมรายมีทั้งหมด 30 เสียงหรือเท่ากับ 4 ช่วงเสียงและเพิ่มเสียงโดและเรออีกอย่างละ 1 เสียงในช่วงเสียงที่ 5 ผู้บรรเลงทั้งสองท่านสามารถแบ่งช่วงของการบรรเลงในแป้นกดท่านละ 2 ช่วงเสียง ซึ่งก่อนที่ผู้บรรเลงทั้งสองท่านจะเริ่มบรรเลงควรมีการวางแผนรูปแบบในการบรรเลงเพื่อให้มีความสอดคล้องและบรรเลงในทิศทางเดียวกัน ทั้งยังช่วยให้การบรรเลงเกิดความราบรื่น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ภาพที่ 334 การบรรเลงคู่  
ที่มา : ผู้วิจัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การบรรเลงประสมวงรูปแบบต่างๆ สามารถประสมวงโดยอิสระเนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ แต่การนำเครื่องดนตรีชิ้นดังกล่าวไปผสมวงควรพิจารณาและคำนึงถึงบริบทต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระดับเสียงของเครื่องดนตรี เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีที่มีแหล่งผลิตลมจากกระบอกสุบลมที่มีขนาดเล็ก มีแรงดันที่ทำให้เกิดเสียงในท่อเสียงต่างๆ ในระดับปานกลาง ฉะนั้นการนำเครื่องดนตรีไทยลมรายไปประสมวงกับเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ ควรพิจารณาถึงความดังของเครื่องดนตรีเป็นสำคัญว่าเสียงของเครื่องดนตรีสามารถดังเพียงพอต่อการประสมวงชนิดนั้นๆ



หรือไม่ หรือควรประสมกับเครื่องดนตรีในปริมาณเท่าใด รวมถึงการคำนึงถึงสถานที่ในการบรรเลง และระบบขยายเสียงที่ช่วยให้เสียงของเครื่องดนตรีไทยลมรายดังมากยิ่งขึ้น

2. โทนเสียงของเครื่องดนตรี เครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีที่มีโทนเสียง 3 ลักษณะ คือ ทุ่มนุ่มนวล ทุ่มปานกลาง และแหลมเจิดจ้า ในการนำไปประสมกับเครื่องดนตรีชนิดอื่นควรพิจารณาถึงลักษณะของโทนเสียงหรือน้ำเสียงของวงดนตรีองค์รวมว่ามีความกลมกลืนหรือมีลักษณะ โทนเสียงตรงตามความต้องการของผู้สร้างสรรค์ผลงานหรือไม่ หรืออาจหลีกเลี่ยงกับการนำไปผสมวง กับเครื่องดนตรีที่มีโทนเสียงคล้ายกันเพื่อให้น้ำเสียงของเครื่องดนตรีไทยลมรายมีความโดดเด่นและสามารถแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่

3. การกำหนดบทบาทและหน้าที่ของเครื่องดนตรีไทยลมราย ในการนำไปประสมวงควรมี การคำนึงถึงบทบาทและหน้าที่ของเครื่องดนตรีไทยลมรายโดยพิจารณาจากเครื่องดนตรีชิ้นอื่นๆ ที่ ประสมอยู่ในวงดนตรี เพื่อกำหนดหน้าที่ในการบรรเลงที่ชัดเจนและส่งเสริมให้เครื่องดนตรีทุกชิ้นที่อยู่ ในวงดนตรีมีความโดดเด่น เมื่อนำมาประสมกันแล้วเกิดความกลมกลืนและได้บทเพลงที่มีความ สมบูรณ์

จากการทดลองนำเครื่องดนตรีไทยลมรายไปประสมวงกับเครื่องดนตรีชิ้นอื่น ๆ พบว่า เครื่องดนตรีไทยลมรายเมื่อนำไปประสมวงมีความเหมาะสมในการบรรเลงทำนองต่างๆ หรือทำนอง ประสานหรือบรรเลงสอดแทรกในช่วงของวรรคหรือท่อนเพลงที่เครื่องดนตรีอื่นไม่ได้บรรเลง เพื่อสร้าง ความเชื่อมโยงและเรียวร้อยอารมณ์ที่ต่อเนื่องให้แก่บทเพลง หรืออาจมีการสร้างสรรค์แนวทางการ บรรเลงอย่างอิสระ เนื่องจากเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีไทยชิ้นใหม่ที่มีระดับเสียงมากถึง 30 เสียงหรือ 4 ช่วงเสียง จึงสามารถสร้างวิธีการบรรเลงในรูปแบบใหม่ๆ และสร้างอารมณ์ในบทเพลง ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดความแปลกใหม่และสร้างสีสันขึ้นกับวงดนตรีไทย



ภาพที่ 335 การบรรเลงวงประสม

ที่มา : ผู้วิจัย

### 4.3 แบบฝึกหัดเพื่อสร้างความคุ้นเคยให้แก่นักดนตรีกับเครื่องดนตรีไทยลมราย

เครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีที่กำเนิดเสียงโดยกระบอกสูบ ซึ่งผู้บรรเลงต้องใช้นิ้วกดที่แป้นกดในตำแหน่งที่ต้องการให้เกิดเสียง ในการกดนี้ผู้บรรเลงต้องเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการในการทำให้เกิดเสียง เนื่องจากการกดในลักษณะต่างๆ ย่อมให้ลักษณะเสียงที่ต่างกัน กล่าวคือน้ำหนักในการกดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดเสียงที่มีความดังต่างกัน รวมถึงการกดในลักษณะต่างๆ ยังส่งผลต่อแรงดันที่เคลื่อนที่ไปยังท่อเสียงด้วย หากแรงกดไม่เพียงพออาจส่งผลให้มีแรงดันในกระบอกสูบน้อย และทำให้เสียงไม่ตรงตามระดับของท่อเสียง ฉะนั้นนักดนตรีหรือผู้ที่ต้องการฝึกหัดในการบรรเลงเครื่องดนตรีไทยลมรายควรฝึกฝนให้เกิดทักษะและความคุ้นเคยในเครื่องดนตรีด้วยแบบฝึกหัดต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.3.1 แบบฝึกหัดที่ 1 การกดแป้นกดทีละ 1 เสียง

พื้นฐานการฝึกหัดเครื่องดนตรีไทยลมรายเริ่มต้นจากการให้ผู้ฝึกหัดเกิดความคุ้นเคยเกี่ยวกับแรงที่ใช้ในการกดแป้นกดโดยใช้นิ้วชี้เป็นนิ้วหลักที่สัมผัสกับแป้นกดโดยตรงและใช้นิ้วกลางเป็นตัวประคองนิ้วชี้เพื่อให้เกิดแรงในการกดมากยิ่งขึ้น ทั้งยังเป็นการช่วยประคองให้แป้นกดเคลื่อนที่ได้อย่างมั่นคง ในการฝึกนี้จะกดไล่ระดับเสียงจากแป้นกดตำแหน่งที่ 1 ไปจนถึงแป้นกดตำแหน่งที่ 30 แล้วไล่ระดับจากแป้นกดตำแหน่งที่ 30 ไปยังแป้นกดตำแหน่งที่ 1 โดยฝึกทั้งมือซ้ายและมือขวา

#### 4.3.2 แบบฝึกหัดที่ 2 การกดเสียงคู่ 8 โดยการฝึกทีละมือ

หลังจากที่ฝึกพื้นฐานการกดทีละ 1 เสียงโดยใช้มือกดทีละข้างแล้วให้ผู้ฝึกหัดกดแป้นกดโดยใช้นิ้วชี้เป็นนิ้วหลักและใช้นิ้วกลางเป็นตัวประคองเหมือนกับแบบฝึกหัดที่ 1 แต่ในแบบฝึกหัดที่ 2 จะใช้มือซ้ายและมือขวากดแป้นกดสลับกันในเสียงคู่ 8 เพื่อฝึกความคุ้นชินในการใช้แรงกดและฝึกความสัมพันธ์ระหว่างมือซ้ายและมือขวา ทั้งยังเป็นการสร้างความคุ้นเคยเกี่ยวกับระยะความห่างของแป้นกดในเสียงคู่ 8 ในการฝึกเริ่มต้นกดทางด้านซ้ายซึ่งเป็นเสียงต่ำก่อนแล้วจึงไล่ระดับไปหาเสียงสูงที่อยู่ทางด้านขวา เมื่อสิ้นสุดการไล่ระดับจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูงแล้วจึงทำการกดไล่ระดับจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำ

#### 4.3.3 แบบฝึกหัดที่ 3 การกดเสียงคู่ 8 โดยการฝึกสลับมือ

การกดเสียงคู่ 8 โดยการฝึกสลับมือใช้นิ้วชี้เป็นนิ้วหลักและใช้นิ้วกลางเป็นตัวประคอง แต่การกดจะกดสลับกันระหว่างมือซ้ายและมือขวา โดยกดเสียงละ 3 ครั้งในจังหวะที่เท่ากัน

แล้วจึงย้ายนิ้วไปกดในตำแหน่งถัดไป ไล่ระดับเสียงจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูงและจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำ ซึ่งการไล่เสียงจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำจะเริ่มจากมือขวา ก่อน

#### 4.3.4 แบบฝึกหัดที่ 4 การกดเสียงคู่ 8 โดยมือซ้ายกด 1 ครั้งและมือขวา 2 ครั้ง

การฝึกกดเสียงคู่ 8 ในแบบฝึกหัดที่ 3 เริ่มต้นจากการใช้นิ้วชี้ของมือซ้ายกดที่แป้นกดเสียงคู่ 8 ในเสียงต่ำ 1 ครั้งแล้วใช้นิ้วชี้กดที่เสียงคู่ 8 ในเสียงสูง 2 ครั้ง หลังจากนั้นไล่ระดับเสียงจากเสียงที่อยู่ในช่วงเสียงต่ำไปจนถึงเสียงสูง และไล่ระดับจากเสียงสูงมายังเสียงต่ำโดยเริ่มต้นการกดจากมือซ้าย การฝึกนี้เป็นการช่วยเสริมสร้างความคุ้นเคยในการออกแรงกดและตำแหน่งความห่างของแป้นกด

#### 4.3.5 แบบฝึกหัดที่ 5 การกดเสียงคู่ 2

หลังจากที่ผู้ฝึกหัดฝึกฝนการกดเสียงคู่ 8 แล้วจึงทำการฝึกการกดเสียงคู่ 2 โดยใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางกดแป้นกดเสียงที่อยู่ติดกันพร้อมกัน การฝึกเริ่มต้นจากแป้นกดที่อยู่ทางด้านซ้ายซึ่งมีเสียงต่ำโดยการใช้มือซ้ายไล่ระดับเสียงจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูงที่อยู่ทางด้านขวาสุดของเครื่องดนตรี หลังจากนั้นใช้มือซ้ายไล่ระดับเสียงจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำ เมื่อมือซ้ายเกิดความคุ้นเคยแล้วจึงใช้มือขวากดด้วยวิธีฝึกฝนในลักษณะเดิม

#### 4.3.6 แบบฝึกหัดที่ 6 การกดเสียงคู่ 3

หลังจากที่ผู้ฝึกหัดฝึกฝนการกดเสียงคู่ 2 แล้วจึงทำการฝึกการกดเสียงคู่ 3 โดยการใช้นิ้วชี้และนิ้วนาง ในการฝึกมือซ้ายใช้นิ้วนางกดเสียงที่ต่ำกว่าและนิ้วชี้กดเสียงที่สูงกว่า การฝึกเสียงคู่ 3 นี้คือกดแป้นกดในลักษณะของการกดข้ามเสียง 1 เสียงพร้อมกันทั้งสองนิ้ว หากเป็นการฝึกมือขวาใช้นิ้วชี้กดเสียงที่ต่ำกว่าและนิ้วนางกดเสียงที่สูงกว่าโดยกดพร้อมกันทั้งสองนิ้ว

การฝึกเริ่มต้นจากแป้นกดที่อยู่ทางด้านซ้ายซึ่งมีเสียงต่ำโดยการใช้มือซ้ายไล่ระดับเสียงจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูงที่อยู่ทางด้านขวาสุดของเครื่องดนตรี หลังจากนั้นใช้มือซ้ายไล่ระดับเสียงจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำ เมื่อมือซ้ายเกิดความคุ้นเคยแล้วจึงใช้มือขวากดด้วยวิธีฝึกฝนในลักษณะเดิม

#### 4.3.7 แบบฝึกหัดที่ 7 การกดเสียงคู่ 4

หลังจากที่ผู้ฝึกหัดฝึกฝนการกดเสียงคู่ 3 แล้วจึงทำการฝึกการกดเสียงคู่ 4 โดยการใช้นิ้วโป้งและนิ้วนาง ในการฝึกมือซ้ายใช้นิ้วนางกดเสียงที่ต่ำกว่าและนิ้วโป้งกดเสียงที่สูงกว่า การฝึกเสียงคู่ 2 นี้คือกดแป้นกดในลักษณะของการกดข้ามเสียง 2 เสียงพร้อมกันทั้งสองนิ้ว หากเป็นการฝึกมือขวาใช้นิ้วโป้งกดเสียงที่ต่ำกว่าและนิ้วนางกดเสียงที่สูงกว่าโดยกดพร้อมกันทั้งสองนิ้ว

การฝึกเริ่มต้นจากเสียงต่ำโดยการใช้มือซ้ายไล่ระดับเสียงจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูง หลังจากนั้นไล่ระดับจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำ เมื่อมือซ้ายเกิดความคุ้นเคยแล้วจึงใช้มือขวาทดด้วยวิธีฝึกฝนในลักษณะเช่นเดียวกัน

#### 4.3.8 แบบฝึกหัดที่ 8 การกดเสียงคู่ 5

การกดเสียงคู่ 5 โดยการใช้นิ้วโป้งและนิ้วก้อย ในการฝึกมือซ้ายใช้นิ้วก้อยกดเสียงที่ต่ำกว่าและนิ้วโป้งกดเสียงที่สูงกว่า การฝึกเสียงคู่ 5 นี้คือกดแป้นกดในลักษณะของการกดข้ามเสียง 3 เสียงพร้อมกันทั้งสองนิ้ว หากเป็นการฝึกมือขวาใช้นิ้วโป้งกดเสียงที่ต่ำกว่าและนิ้วก้อยกดเสียงที่สูงกว่า โดยกดพร้อมกันทั้งสองนิ้ว

การฝึกเริ่มต้นจากเสียงต่ำโดยการใช้มือซ้ายไล่ระดับเสียงจากเสียงต่ำไปหาเสียงสูง หลังจากนั้นไล่ระดับจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำ หลังจากนั้นฝึกมือขวาในลักษณะเช่นเดียวกัน

#### 4.3.9 แบบฝึกหัดที่ 9 การกดสลับเสียง

หลังจากที่ผู้ฝึกหัดได้ฝึกการกดคู่เสียงต่างๆ แล้วจึงเริ่มทำการฝึกการกดสลับเสียง โดยการใช้นิ้วชี้และนิ้วกลาง เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้แก่การลงน้ำหนักการกดแบบกดทีละนิ้วซึ่งต้องกดสลับกัน ความสำคัญในการฝึกฝนนี้เป็นทักษะที่มีระดับขั้นการฝึกที่สูงขึ้น เนื่องจากต้องควบคุมน้ำหนักของนิ้วกดทั้งสองนิ้วให้มีน้ำหนักสัมพันธ์กันและต้องมีการควบคุมจังหวะในการกดให้สม่ำเสมอ ซึ่งผู้ฝึกหัดควรเริ่มต้นการกดที่มีความช้าก่อนแล้วจึงค่อยๆ ฝึกฝนให้เร็วขึ้น นอกจากนี้การฝึกฝนการกดสลับเสียงยังเป็นการสร้างความคุ้นเคยของความห่างในการกางนิ้ว

การฝึกกดสลับเสียงเริ่มต้นจากการฝึกมือซ้ายที่แป้นกดเสียงต่ำที่อยู่ทางด้านซ้ายก่อน โดยวางนิ้วกลางไว้ที่แป้นกดตำแหน่งที่ 1 และวางนิ้วชี้ไว้ที่แป้นกดตำแหน่งที่ 2 หลังจากนั้นเริ่มกดนิ้วชี้ก่อนซึ่งอยู่ในระดับเสียงที่สูงกว่านิ้วกลาง แล้วทำการกดนิ้วกลางที่ตำแหน่งแป้นกดที่ 1 ขั้นตอนสุดท้ายคือการใช้นิ้วชี้กดที่เสียงเดิมในตำแหน่งแป้นกดเดิมอีกครั้ง การฝึกกดสลับเสียงในระดับเสียงต่อมาทำโดยการเลื่อนนิ้วถัดมายังตำแหน่งต่อไปทีละ 1 แป้นกดโดยใช้รูปแบบการกดเหมือนกันจนถึงแป้นกดสุดท้ายที่อยู่ในตำแหน่งแป้นกดที่ 30

หลังจากทำการฝึกด้วยมือซ้ายแล้วจึงทำการฝึกการกดสลับเสียงด้วยมือขวา เริ่มต้นการกดด้วยนิ้วชี้ก่อนแล้วจึงกดเสียงต่อไปด้วยนิ้วกลางและกดแป้นกดด้วยนิ้วชี้ในตำแหน่งเดิมอีกครั้ง กดลักษณะนี้ไล่ระดับเสียงจากเสียงสูงไปยังเสียงต่ำจนถึงสิ้นสุดที่แป้นกดตำแหน่งที่ 1

#### 4.3.10 แบบฝึกหัดที่ 10 การกดเรียงเสียงโดยการใช้นิ้วชี้และนิ้วกลาง

แบบฝึกหัดนี้เป็นการฝึกในขั้นที่สูงขึ้นโดยผู้ฝึกจะได้ฝึกการใช้มือทั้งสองข้างให้เกิดความสัมพันธ์กันและควบคุมจังหวะการกดให้ต่อเนื่อง เริ่มต้นโดยมือซ้ายวางนิ้วกลางไว้ที่แป้นกดตำแหน่งที่ 1 แล้ววางนิ้วชี้ในแป้นกดตำแหน่งที่ 2 หลังจากนั้นมือขวาทำการวางนิ้วชี้ไว้ที่ตำแหน่งที่ 3 และวางนิ้วกลางไว้ที่ตำแหน่งที่ 4 เริ่มต้นกดจากตำแหน่งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อกดเสียงครบทั้งสี่เสียงแล้วจึงย้ายนิ้วเลื่อนขึ้นไปทีละ 1 นิ้วแล้วทำการกดในลักษณะเสียงเรียงกันเช่นเดิมจนกระทั่งถึงเสียงที่สูงที่สุดของแป้นกด

หลังจากนั้นทำการกดไล่เสียงจากเสียงสูงไปหาเสียงต่ำโดยเริ่มต้นกดจากมือขวาใช้นิ้วกลางกดก่อนแล้วจึงตามด้วยนิ้วชี้ ต่อด้วยการกดโดยใช้นิ้วชี้ใช้นิ้วกลางและนิ้วชี้ กดให้ลักษณะเสียงเรียงกันไปเรื่อยๆ เช่นเดียวกับการฝึกในช่วงแรก

#### 4.4 การบำรุงรักษาเครื่องดนตรีไทยลมราย

การบำรุงรักษาเครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถบำรุงรักษาโดยพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เป็นสำคัญ ส่วนประกอบที่ทำจากไม้คือตัวเรือนสามารถบำรุงรักษาได้โดยการใช้ผ้าหมาดหรือผ้าแห้งเช็ดเพื่อทำความสะอาดฝุ่นที่เกาะอยู่บนพื้นผิว นอกจากนี้แป้นไม้ที่สร้างจากไม้สักสามารถบำรุงรักษาได้โดยการใช้ผ้าหมาดหรือผ้าแห้งเช็ด หากต้องการให้เนื้อไม้มีสีเข้มขึ้นและรักษาสภาพของเนื้อไม้สามารถใช้ขี้ผึ้งขัดรองเท้าสีน้ำตาลหรือครีมขัดมันที่สามารถใช้กับไม้มาทำการขัดและเช็ดที่พื้นผิวภายนอกที่สามารถเช็ดได้ ในขณะที่ทำการเช็ดควรระมัดระวังแป้นกดเพื่อป้องกันไม่ให้ลวดเกิดการบิดงอและแป้นกดชำรุด

ส่วนประกอบชิ้นเล็กที่ประกอบเข้ากับตัวเรือนสามารถทำความสะอาดได้โดยการใช้เครื่องเป่าลมเป่าเพื่อกำจัดเศษฝุ่นละอองที่อยู่ภายนอกและภายในช่องต่างๆ รวมถึงท่อเสียงที่สร้างจากพลาสติกสามารถใช้ผ้าหมาดหรือผ้าแห้งเช็ดทำความสะอาดพื้นผิวภายนอกได้

กระบอกสูบเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อระบบลมในเครื่องดนตรี หากมีลมรั่วควรทำการอุดรอยรั่วด้วยวัสดุต่างๆ และควรมีการรักษาความหล่อลื่นให้แก่กระบอกสูบด้านใน โดยเฉพาะสปริงที่ผลิตจากเหล็กโดยการใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือจารบีขาวโดยการทาหรือฉีดเข้าสู่ด้านในกระบอกสูบเพียงเล็กน้อย การใส่สารหล่อลื่นนอกจากเป็นการเพิ่มความคล่องตัวให้แก่ระบบลูกสูบแล้วยังเป็นการป้องกันการสึกหรอด้วย

หลังการใช้งานเครื่องดนตรีควรทำความสะอาดเครื่องดนตรีและใช้ผ้าคลุมเพื่อป้องกันฝุ่นและแมลงเข้าสู่ภายในและภายนอกเครื่องดนตรี ทั้งนี้ควรเก็บรักษาเครื่องดนตรีในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากความชื้นและความร้อนสูงเนื่องจากอาจส่งผลเสียต่อเครื่องดนตรีหลายประการ เช่น เสียงอับ ไม้แตก และการประสานของอุปกรณ์ต่างๆ ไม่แน่นอน



## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การสร้างสรรคัณฑ์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและเพื่อสร้างสรรคัณฑ์เครื่องดนตรีไทยลมราย โดยสามารถสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปและอภิปรายผล

นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายเป็นเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ที่มีการออกแบบและพัฒนาการสร้างสรรคัณฑ์จำนวนทั้งสิ้น 3 ครั้ง โดยใช้พื้นฐานองค์ความรู้ทางด้านสวนศาสตร์เครื่องดนตรีประเภท Aerophones แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องดนตรีวิทยา แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบและแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุศาสตร์ มีการสร้างสรรคัณฑ์แหล่งผลิตลมที่อยู่ภายนอกเครื่องดนตรีคือระบบลูกสูบมาเป็นต้นทางในการกำเนิดเสียง โดยมีผลสัมฤทธิ์ตรงตามจุดประสงค์คือเพื่อศึกษาองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและเพื่อสร้างสรรคัณฑ์เครื่องดนตรีไทยลมราย เครื่องดนตรีไทยลมรายมีความถี่เสียงแบบไทยทั้งหมด 30 ระดับเสียง สามารถบรรเลงเพลงไทยในช่วงเสียงที่มีความกว้างมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถบรรเลงในแนวประสานได้เพื่อให้เกิดการเรียบเรียงเสียงประสานในเพลงไทยและการผสมวงดนตรีรูปแบบใหม่ และอาจเป็นช่องทางที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการประพันธ์เพลงไทยในรูปแบบใหม่

ผู้บรรเลงสามารถผลิตเสียงโดยการใช้นิ้วกดลงบนแป้นกดซึ่งการกดนี้เป็นทักษะขั้นพื้นฐานของมนุษย์จึงสามารถฝึกฝนและเรียนรู้เพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องดนตรีได้ไม่ยาก ระยะเวลาในการฝึกฝนและการทำความคุ้นเคยขึ้นอยู่กับทักษะและประสบการณ์ของผู้บรรเลงแต่ละท่าน วิธีการบรรเลงดังกล่าวยังสะดวกต่อผู้ที่มีปัญหาทางด้านระบบหายใจ

เครื่องดนตรีไทยลมรายสร้างสรรคัณฑ์โดยการผสมผสานวัสดุอุปกรณ์ที่มาจากทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรม เนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่าย สะดวกต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา ทั้งนี้เครื่องดนตรีดังกล่าวมีการบรรเลงโดยการนั่งเก้าอี้จึงสะดวกต่อผู้บรรเลงเป็นอย่างมาก นอกจากนี้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยสะดวกเนื่องจากมีการติดตั้งล้อด้านล่าง จึงเป็นการป้องกันและลดปัญหาทางด้านสุขภาพให้แก่ผู้บรรเลงได้เป็นอย่างดี

จากการสร้างสรรค์นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมรายสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า การสร้างเครื่องดนตรีชิ้นใหม่ผ่านกระบวนการคิดค้น ทดลอง แก้ไขปรับปรุง และพัฒนาเพื่อให้เครื่องดนตรีมีความสมบูรณ์มากขึ้น จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการทางวัฒนธรรมเครื่องดนตรี (Organology) ได้แก่ การสร้างความคุ้นเคยด้วยการสร้างแบบฝึกหัดเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับทักษะการบรรเลง วิธีการสร้างความปลั่งจำเพาะ กลวิธีการบรรเลง การคิดวิธีดำเนินการทำนอง การออกแบบเสียงในจินตนาการโดยการพิจารณาถึงเสียงที่มีความปลั่งจำเพาะ การบรรเลงเดี่ยว การประสมวง การบำรุงรักษา และบทเพลงสำหรับเครื่องดนตรี รวมไปถึงคุณค่าทางสุนทรียะ และคุณค่าเชิงปรัชญาและความหมาย มนุษย์มีความชอบที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประสบการณ์ การรับรู้ การเรียนรู้ ความคุ้นเคยกับสิ่งที่เคยศึกษาและสัมผัสมาก่อน ฉะนั้นการรับรู้ทางด้านความงามเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมาจากวัฒนธรรมแวดล้อม ประสบการณ์ และการปลูกฝังการเรียนรู้ในระบบ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากปรับปรุงกระบอกสุบลมให้มีแรงดันที่เท่ากันจะสามารถผลิตลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้หากมีการทดลองใช้ระบบลมประเภทอื่นที่สามารถสร้างลมที่ต่อเนื่องได้ อาจสร้างองค์ประกอบของเสียงได้มากขึ้น

2. ควรศึกษาต่อยอดเพิ่มเติมงานวิจัยสืบเนื่องในด้านการประพันธ์เพลงใหม่สำหรับเป็นตัวอย่างในการบรรเลงเครื่องดนตรีไทยลมรายที่สามารถแสดงอัตลักษณ์ของเครื่องดนตรีไทยลมรายได้อย่างชัดเจน



## บรรณานุกรม

- กรมศิลปากร. (2535). *ดุริยางค์ผสมสานศิลป์*. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป.
- กาจปัญญา สุวรรณสุข, กิระยุทธ์ ศรีนวลจันทร์, ชชาติ ทีฆะ, ประธาน บุรณศิริ, ภูมินทร์ จินดา, และ  
สุรชาติ กมลติลก. (2558). *ฟิลิกส์ 1*. บริษัท เซนเกจ เลิหนึ่ง อินโด-ไชน่า จำกัด.
- คณาจารย์ภาควิชาฟิลิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2555). *ฟิลิกส์ 1*.  
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จรัญ กาญจนประดิษฐ์. (2554). *ขลุ่ยเพียงออ*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จารุพรรณ ทรัพย์ปรง. (2548). *เอกสารคำสอนรายวิชาหลักการออกแบบ*. คณะศิลปกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- จักรี มงคล. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรีไทยและดุริยางค์ศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 4  
กันยายน 2566.
- เฉลิมศักดิ์ พิภูลศรี. (2530). *สังคีตนิยมว่าด้วยดนตรีไทย*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ชลธิชา เมืองคำ. (2544). *การเปลี่ยนแปลงและคงอยู่ของการทำเครื่องดนตรีไทย กรณีศึกษา : การทำ  
ขลุ่ยที่ชุมชนบางไผ่* [สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัย  
ศิลปากร.
- ชัยรินทร์ แถมมีทรัพย์. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรีไทยและดุริยางค์ศิลป์ไทย.  
สัมภาษณ์, 1 กันยายน 2566.
- ชัยภัค ภัทรจินดา. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางค์ศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 31 สิงหาคม 2566.
- ชิน ศิลปบรรเลง และ ลิขิต จินดาวัฒน์. (2521). *ดนตรีไทยศึกษา*. อักษรเจริญทัศน์.
- เชษฐ ติงส์อุบล. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางค์ศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 4 กันยายน 2566.
- ณัฐพันธุ์ นุชอำพัน. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรีไทยและดุริยางค์ศิลป์ไทย. สัมภาษณ์,  
2 กันยายน 2566.
- ญาณิน มัทธรส. (2556). *โครงการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้แสงสว่างจากวัสดุกระดาษเส้นใยธรรมชาติ  
เพื่อเป็นของที่ระลึกสำหรับนักท่องเที่ยว* [สารนิพนธ์ปริญญาศิลปมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์].  
มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ตำนานคนทำขลุ่ยแห่งบ้านลาวบางไผ่ จรินทร์ กลิ่นบุปผา ที่ระลึกในงานพระราชทานเพลิงศพ

- นายจรินทร์ กลิ่นบุปผา. (2549). ม.ป.พ..
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (20-23 มิถุนายน 2535). ประวัติเครื่องดนตรีไทย, การประชุมสัมมนาวิชาการ เรื่อง เรื่องการพัฒนามาตรฐานการผลิตเครื่องดนตรีไทย, ทบวงมหาวิทยาลัย.
- ทำนอง จันทิมา. (2532). การออกแบบ. บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- ทวี ฉิมอ้อย และ มนุ เพ็ญพุ่ม. (2541). พิธีกรรมพื้นฐานระดับมหาวิทยาลัย. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เทพิกา รอดสการ. (2556). การสร้างสรรค์ชุดอุปกรณ์ดนตรีแบบประสมสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา [วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนิต อยู่โพธิ์. (2523). เครื่องดนตรีไทยพร้อมด้วยตำนานการผสมวงมโหรี ปี่พาทย์ และเครื่องสาย. กรมศิลปากร.
- นวลน้อย บุญวงษ์. (2542). หลักการออกแบบ (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิรุตร์ แก้วหล้า. (2563). วัฒนธรรมดนตรีชาติพันธุ์สู่การสร้างสรรคดนตรีร่วมสมัย: กรณีศึกษากลุ่มชาติพันธุ์ ม้ง ลีซู ลาหู่ ดาระอั้ง ปกาเกอญอ. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่, 21(2), 200.
- ประธาน บุรณศิริ, สุรชาติ กมลดิกล, กิรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์, กาญปัญญา สุวรรณสุขโข, ชาติ ทีฆะ, และ ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์. (2558). พิธีกรรม เล่ม 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประสาร วงศ์วิโรจน์รักษ์. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 31 สิงหาคม 2566. ประสิทธิ์ คุ้มทรัพย์. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 4 กันยายน 2566.
- ประเสริฐ พิชยะสุนทร. (2555). ศิลปะและการออกแบบเบื้องต้น. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปัญญา รุ่งเรือง. (2546). ประวัติการดนตรีไทย (พิมพ์ครั้งที่ 5). โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- พงษ์ศิลป์ อรุณรัตน์. (2550). ปฐมบทดนตรีไทย. คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พูนพิศ อมาตยกุล. (2527). ดนตรีวิจักษ์. บริษัท รักษ์ศิลป์.
- ภาณุภาค โมกขศักดิ์. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2566.
- มานิช กงกะนันท์. (2559). ศิลปะการออกแบบ (พิมพ์ครั้งที่ 3). โอเอส พรินติ้งเฮาส์ จำกัด.

- วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์. (2551). *ออกแบบลวดลาย*. ศูนย์การพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
ธัญบุรี.
- วรพล มาสแสงสว่าง. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์, 4 กันยายน 2566.
- วัฒน์ จุฑะวิภาต. (2542). *หัตถกรรมไทย ความเป็นมาและการผลิตในปัจจุบัน ศึกษากรรม : การทำ  
ชลุ่ย*. สถาบันไทยศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิรินทร์ญา กิตติคุณนพวัชร. (2564). *วัฒนธรรมดนตรีของกลุ่มชาติพันธุ์ปะโอในประเทศไทย  
[วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิรุฬ ตั้งเจริญ. (2539). *การออกแบบไทย*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- สกนธ์ ภู่งามดี. (2545). *จิตวิทยากับการออกแบบ*. สำนักพิมพ์วาดศิลป์.
- สมพงษ์ ใจดี. (2551). *ฟิลิกส์เพื่อทุกคน 2 : สารความรู้สู่สังคม*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- \_\_\_\_\_. (2552). *ฟิลิกส์สู่มหาวิทยาลัย 15 : สารความรู้สู่สังคม*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- \_\_\_\_\_. (2552). *ฟิลิกส์สู่มหาวิทยาลัย 16 : สารความรู้สู่สังคม*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- สมชัย ชำพาลี. ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การสร้างเครื่องดนตรีไทยและดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์,  
1 กันยายน 2566.
- สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ. (2540). *การออกแบบอุตสาหกรรม*. งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะ  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- \_\_\_\_\_. (2550). *การศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม*. โอ.เอส. พรินต์  
เฮ้าส์.
- สมโภชน์ อิมเอิบ. (2545). *ฟิลิกส์มหาวิทยาลัย ไม่ยาก 1*. พิจิตรการพิมพ์.
- สรารุณี สุจิตจร. (2545). *การวิเคราะห์เสียงดนตรีไทย*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สังต์ ภูเขทอง. (2532). *การดนตรีไทยและทางเข้าสู่ดนตรีไทย*. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.
- สาคร คันธโชติ. (2528). *การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- สุชาติ สุภาพ. (2558). *ฟิลิกส์ทั่วไป*. บริษัท ทริปเพิล กรุ๊ป จำกัด.
- สุวรรณ ศาสนนันท์. ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การสร้างเครื่องดนตรีไทยและดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์,

4 กันยายน 2566.

สุรพล รักรวิชัย. (2542). *ฟิลิกส์ 1 สำหรับวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2).

โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรเชษฐ์ หลิมกำเนิด. (2545). *ฟิลิกส์ของการสั้นและคลื่น*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวรรณ ศาสนนันท์. ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสร้างเครื่องดนตรีไทยและดุริยางคศิลป์ไทย. สัมภาษณ์,

3 กันยายน 2566.

สืบศิริ แซ่ลี และ พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2554). *พื้นฐานการออกแบบ BASICS IN DESIGN*.

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

มนตรี ตราโมท. (2545). *ดุริยางคศาสตร์ไทย ภาควิชาการ*. มติชน.

อนันตสิน เตชะกำพุช, พิเศษรัตน์ รัตนวราภิษฐ์, และ พรชัย พัชรินทร์ตนะกุล. (2539). *ฟิลิกส์ 1*.

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาชญ์ นักสอน. (2558). *ศิลปะการออกแบบที่ตลอุตสาหกรรม*. ทริปเพิ้ล กรู๊ป.

Baxter, M. (1995). *Product Design : A Practical Guide to Systematic Methods of New Product Development*. Chapman & Hall.

Cowie, A. P. (1994). *Oxford Advanced Learner's Dictionary*. D.K. Book House.

Lindbeck John, R. & Wygant, Robert M. (1995). *Product Desing and Manufactuer*.  
New Jersey Prentice Hall.

Mazzolac, G., Pang, Y., Heinze, W., Gkoudina, K., Afrisando, G., Grunklee, J., Chen, Z.,

Hu, T., & Ma, Y. (2018). *Basic Music Technology: An Interduction*.[http://www.](http://www.amazon.ca/Basic-Music-Technology-Guerino-Mazzola/dp/3030009815)

[amazon.ca/Basic-Music-Technology-Guerino-Mazzola/dp/3030009815](http://www.amazon.ca/Basic-Music-Technology-Guerino-Mazzola/dp/3030009815)

McMillan, A. & Morreale F. (2023). Designing accessible musical instruments by addressing musician-instrument relationships: Musician-instrument relationship. *Frontiers*, (10)5, 3-7. <https://doi.org/shorturl.asia/bOGqP>

Midgley, R. (Ed.). (1976). *Musical Instruments of The World: An Illustrated Encyclopedia with with More Than 4000 Original Drawings*. Facts on File Publ.

Santini, A. (2004). Creative musical instrument design. <https://shorturl.asia/Pqp3k>

Sundaram, H. & Paine, G. (2013). New Musical Instrument Design Considerations: Instrument/Interface Design. *Artful Media*, (5)20, 76-83. [https://doi.org/https://www.activatedspace.com/resources/IEEE\\_-New-Musical-Instrument-Design-Considerations.pdf](https://doi.org/https://www.activatedspace.com/resources/IEEE_-New-Musical-Instrument-Design-Considerations.pdf)

Tsuji, K. & Müller Stefan, C. (2021) *Physics and Music*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-68676-5>





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



**คณะกรรมการพัฒนาระบบการวิจัยในคนกลุ่มสถาบันเขตที่ 2 สังกัดกระทรวงสาธารณสุข  
และศิลปกรรมศาสตร์แห่งกรุงเทพมหานคร**  
อาคารจลาจล ชั้น 1 ห้อง 114 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330  
โทรศัพท์ 02-218-3210 Email: cure2ch1@hulaacth

COANb. 139/66

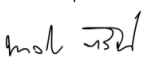
**ใบรับรองโครงการวิจัย**


**โครงการวิจัย 660066** นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยสมัย

**ผู้วิจัย** นางสาว สรภยา พันแสง

**หน่วยงาน** คณะศิลปกรรมศาสตร์แห่งกรุงเทพมหานคร

คณะกรรมการพัฒนาระบบการวิจัยในคน กลุ่มสถาบัน เขตที่ 2 สังกัดกระทรวงสาธารณสุขและศิลปกรรมศาสตร์แห่งกรุงเทพมหานคร พัฒนาระบบการวิจัยโดยยึดหลัก ของ Dedaration of Helsinki, the Belmont report, CCMS guidelines และ The interational conference on harmonization – Good dirinal practice (ICHGCP) จนได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเบื้องต้นแล้วได้

**ลงนาม**   
(รองศาสตราจารย์ ดร. นวลแอน ตรีรัตน์)  
ประธานคณะกรรมการ

**ลงนาม**   
(อาจารย์ ดร. ชวนแอน เล็กวิฑูร์)  
กรรมการและเลขานุการ

**รูปแบบการพิจารณาบทลงโทษ** แบบลดขั้นตอน

**วันที่รับรอง** 12 เมษายน 2566

**วันหมดอายุ** 11 เมษายน 2567

**เอกสารที่แนบมาประกอบด้วย**

1. เอกสารยื่นขอทำหนังสือขออนุญาตวิจัย
2. หนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
3. ประวัติผู้วิจัย (CV)
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

**หมายเหตุ**

1. ผู้วิจัยทำรายงานผลการดำเนินงานตามโครงการวิจัยนี้โดยมีข้อมูลเกี่ยวกับคณะกรรมการพัฒนาระบบการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยนี้โดยอยู่ภายใต้การดำเนินงานวิจัยที่ต่อเนื่องกันอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้นโครงการนี้
3. ข้อบังคับการวิจัยที่แนบมาไม่ใช่โครงการวิจัยนี้
4. ใบคำขออนุญาตทำวิจัยนี้และผู้ร่วมในการวิจัยเป็นเงื่อนไขของงานวิจัยที่ผู้ร่วมในการวิจัยและเอกสารแนบมาทั้งหมด (กรณีใด ๆ ก็ตาม) เป็นข้อกำหนดของคณะกรรมการ
5. หากมีเหตุการณ์ใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้โดยอยู่ภายใต้การดำเนินงานตามโครงการ ขอรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินงานโครงการวิจัยขอแจ้งคณะกรรมการพัฒนาระบบการวิจัยโดยด่วน
7. โครงการวิจัยนี้มี 1 ปี นับจากวันที่โครงการวิจัย (AF 03-13) และหากต้องส่งการวิจัยภายใน 30 วันเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้วโครงการวิจัยนี้เป็นที่ยอมรับโดยผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้อง
8. โครงการวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติโครงการโดยคณะกรรมการพัฒนาระบบการวิจัย (Exemption review) ปฏิบัติตามเงื่อนไขข้อ 1, 6 และ 7 เท่านั้น



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

Digital Certificate

This application was created using the trial version of the XtraReports.

ภาพที่ 336 ใบรับรองโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย

ที่มา : ผู้วิจัย



**Office of the Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Subjects:  
The Second Allied Academic Group in Social Sciences, Humanities and Fine and Applied  
Arts**

Chamchuri 1 Building, Room 114, Phyathai Rd., Wang Mai, Pathumwan, Bangkok

Telephone: 02-218-3210 Email: curec2.ch1@chula.ac.th

COA No. 139/66

## Certificate of Research Approval

**Research Project Number 660066 INNOVATION OF THAI MUSICAL INSTRUMENT "LOM RAI"**

**Principal Researcher** Ms. Sawanya Tubsang

**Office** Faculty of Fine and Applied Arts, Chulalongkorn University

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Subjects: The Second Allied Academic Group in Social Sciences, Humanities and Fine and Applied Arts at Chulalongkorn University, based on Declaration of Helsinki, the Belmont report, CIOMS guidelines and the Principle of the international conference on harmonization – Good clinical practice (ICH-GCP) has approved the execution of the aforementioned research project.

**Signature**

(Associate Prof. Dr. Nualnoi Treerat)

Chair

**Signature**

(Lecturer Dr. Sayamol Charoenratana)

Secretary

**Research Project Review Categories:** Expedited

**Date of approval:** 12 April 2023

**Expiry date:** 11 April 2024

### Documents approved by the Committee

1. Information Sheet for the Research Participants
2. Consent to Take Part in Research
3. The researcher's CV and experience to show his/her ability to conduct this research
4. Research tools

### Conditions

1. The researcher has acknowledged that it is unethical if he/she collects information for the research before the application for an ethics review has been approved by the Research Ethics Review Committee.
2. If the certificate of the research project expires, the research execution must come to a halt. If the researcher wishes to reapply for approval, he/she has to submit an application for a new certificate at least one month in advance, together with a research progress report.
3. The researcher must conduct the research strictly in accordance with what is specified in the research project.
4. The researcher must only use documents that provide information for the research sampling population/participants, their letters of consent and the letters inviting them to take part in the research (if any) that have been endorsed with the seal of the Committee.
5. If any seriously untoward incident happens to the place where the research information, which has requested the approval of the Committee, is kept, the researcher must report this to the Committee within five working days.
6. If there is any change in the research procedure, the researcher must submit the change for review by the Committee before he/she can continue with his/her research.
7. For a research project of less than one year the researcher must submit a report of research termination (AF 03-13) and an abstract of the research outcome within thirty days of the research being completed. For a research project which is a thesis, the researcher must submit an abstract of the research outcome within thirty days of the research being completed. This is to be used as evidence of the termination of the project.
8. A research project which has passed the Exemption Review, must observe only the conditions in 1, 6 and 7



Digital Certificate

Project Number 660066  
Date of approval 12 Apr 2023  
Expire date 11 Apr 2024

This application was created using the trial version of the XtraReports.

ภาพที่ 337 ใบรับรองโครงการวิจัยภาษาอังกฤษ

ที่มา : ผู้วิจัย



AF 05-07

**หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย**  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์)

สถานที่ .....  
วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

เลขที่ ตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย .....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ชื่อผู้วิจัยหลัก นางสาวสวรรรยา ทับแสง

ที่อยู่ติดต่อ 7/4 หมู่ 6 ถนนชัยพฤกษ์ ตำบลคลองพระอุดม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

โทรศัพท์ 083-915-5639

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดี**แล้ว

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมให้ทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant - observation) การสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินผลนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียง ระยะเวลาไม่เกิน 40 นาที จำนวน 1 ครั้ง ผู้วิจัยจะทำลายข้อมูลเอกสารรายบุคคล ภาพถ่าย วีดีโอและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่างหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายในระยะเวลา 1 ปี

ข้าพเจ้า  ยินยอม  ไม่ยินยอม ให้ผู้วิจัยเปิดเผยชื่อตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย หรือหน่วยงานที่ตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสังกัด

ยินยอม  ไม่ยินยอม

ให้ผู้วิจัยบันทึกเสียง

ยินยอม  ไม่ยินยอม

ให้ผู้วิจัยบันทึกภาพ โดยผู้วิจัยจะถ่ายภาพในลักษณะ

ที่เห็นใบหน้าท่าน

ยินยอม  ไม่ยินยอม

ให้ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกเสียง

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 338 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 1

ที่มา : ผู้วิจัย

AF 05-07

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองและคำยืนยันว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติตามข้อปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามเอกสารข้อมูลซึ่งเป็นคำชี้แจงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยภาพถ่าย และข้อมูลของท่านที่ได้รับความยินยอมข้างต้นไปใช้เพื่อเขียนรายงานการวิจัยในวิทยานิพนธ์ และในบทความวิจัยที่พิมพ์ 1 บทความเท่านั้น

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารจามจุรี 1 ชั้น 1 ห้อง 114 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 3210-11 อีเมล curec2.ch1@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน นอกจากนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลซึ่งเป็นคำชี้แจงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และสำเนาหนังสือยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ .....  
 (นางสาวสรวรยา ทับแสง)

(นางสาวสรวรยา ทับแสง)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ .....  
 (รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เฝ้าสวัสดิ์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เฝ้าสวัสดิ์)

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
 วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
 วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 339 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 2

ที่มา : ผู้วิจัย

10 เมษายน 2566

AF 05-07

**หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย**  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างเครื่องดนตรี)

สถานที่ .....

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

เลขที่ ตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย .....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ชื่อผู้วิจัยหลัก นางสาวสวรรยา หับแสง

ที่อยู่ติดต่อ 7/4 หมู่ 6 ถนนชัยพฤกษ์ ตำบลคลองพระอุดม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

โทรศัพท์ 083-915-5639

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมให้ทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant - observation) การสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินผลนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียง ระยะเวลาไม่เกิน 40 นาที จำนวน 1 ครั้ง ผู้วิจัยจะทำลายข้อมูลเอกสารรายบุคคล ภาพถ่าย วีดีโอและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่างหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายในระยะเวลา 1 ปี

ข้าพเจ้า  ยินยอม  ไม่ยินยอม ให้ผู้วิจัยเปิดเผยชื่อตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย หรือหน่วยงานที่ตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสังกัด

ยินยอม  ไม่ยินยอม ให้ผู้วิจัยบันทึกเสียง

ยินยอม  ไม่ยินยอม ให้ผู้วิจัยบันทึกภาพ โดยผู้วิจัยจะถ่ายภาพในลักษณะที่เห็นใบหน้าท่าน

ยินยอม  ไม่ยินยอม ให้ผู้วิจัยถอดเทปบันทึกเสียง

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ถอนตัวออกจากกรวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากกรวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อทางลบใด ๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น (ไม่มีผลกระทบต่อการเรียน/ต่อการทำงาน/ต่อการประเมินผลงาน)



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 340 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางการสร้างเครื่องดนตรี) 1

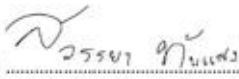
ที่มา : ผู้วิจัย

AF 05-07

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองและคำยืนยันว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามเอกสารข้อมูลซึ่งเป็นคำชี้แจงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยภาพถ่าย และข้อมูลของท่านที่ได้รับความยินยอมข้างต้นไปใช้เพื่อเขียนรายงานการวิจัยในวิทยานิพนธ์ และในบทความวิจัยที่พิมพ์ 1 บทความเท่านั้น

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารจามจุรี 1 ชั้น 1 ห้อง 114 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 3210-11 อีเมล curec2.ch1@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน นอกจากนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลซึ่งเป็นคำชี้แจงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และสำเนาหนังสือยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ 

(นางสาวสุวรรยา ทับแสง)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ 

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิศร์ เม่าสวัสดิ์)

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 341 หนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี) 2

ที่มา : ผู้วิจัย

AF 04-07

**เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์)**

ชื่อโครงการวิจัย นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย  
ชื่อผู้วิจัยหลัก นางสาวสุวรรยา ทับแสง ตำแหน่ง ผู้ช่วยหัวหน้าสาขาการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทย  
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) โรงเรียนจิตรลดาวิชาชีพ สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา  
(ที่บ้าน) 7/4 หมู่ 6 ถนนชัยพฤกษ์ ตำบลคลองพระอุดม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี  
โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) - ต่อ - โทรศัพท์ -  
โทรศัพท์มือถือ 083-915-5639 อีเมล 6481020135@student.chula.ac.th

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ ท่านสามารถสอบถามได้ หากถ้อยความใดไม่ชัดเจน หรือขอข้อมูลเพิ่มเติมได้

2. โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและเพื่อสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยลมราย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยนี้คือ ได้องค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและได้เครื่องดนตรีไทยลมรายระยะเวลาที่จะทำวิจัยทั้งสิ้น 1 ปี จากเดือนกุมภาพันธ์ 2566 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2567

3. ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เนื่องจากท่านมีความเชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์ เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการบรรเลงเครื่องสายไทย เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการบรรเลงวงเครื่องสายผสมและมีประสบการณ์ในการบรรเลงออร์แกนในวงเครื่องสายไทย อย่างน้อย 5 ปี

4. หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะขอทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant - observation) และสัมภาษณ์ท่าน จากนั้นให้ท่านร่วมประเมินผลนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียง โดยใช้เวลาประมาณ 40 นาที

5. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยจะขออนุญาตบันทึกเสียง ถ่ายภาพและถอดเทปบันทึกเสียง และจะดำเนินการทำลายข้อมูลตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับท่านภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย 1 ปี

6. ท่านอาจรู้สึกอึดอัด หรืออาจรู้สึกไม่สบายใจอยู่กับบางคำถาม ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามเหล่านั้นได้ รวมถึงท่านมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อท่านแต่อย่างใด

7. ข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับท่าน ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยภาพถ่าย และข้อมูลของท่านที่ได้รับความยินยอมข้างต้นไปใช้เพื่อเขียนรายงานการวิจัยในวิทยานิพนธ์ และในบทความวิจัยที่พิมพ์ วิชาการ 66 เท่านั้น



วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 342 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 1

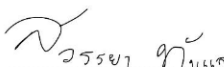
ที่มา : ผู้วิจัย

AF 04-07

8. การวิจัยครั้งนี้ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และท่านจะได้รับแก้วพร้อมจานรองตราพระแก้ว 1 ชุด เพื่อเป็นการขอบคุณกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัยเป็นการชดเชยค่าเสียเวลา

9. หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ โปรดสอบถามเพิ่มเติม โดยติดต่อกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยพิจารณาว่ายังสมัครใจจะมีส่วนร่วมในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

10. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารจามจุรี 1 ห้อง 114 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 3210-11 อีเมล [curec2.ch1@chula.ac.th](mailto:curec2.ch1@chula.ac.th)

ลงชื่อ .....  


(นางสาวสรวย ทับแสง)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....  


(รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เป่าสวัสดิ์)

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
 วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
 วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 343 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านดุริยางคศิลป์) 2

ที่มา : ผู้วิจัย

AF 04-07

**เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี)**

ชื่อโครงการวิจัย นวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย

ชื่อผู้วิจัยหลัก นางสาวสุวรรษา ทับแสง ตำแหน่ง ผู้ช่วยหัวหน้าสาขาการสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) โรงเรียนจิตรลดาวิชาชีพ สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา

(ที่บ้าน) 7/4 หมู่ 6 ถนนชัยพฤกษ์ ตำบลคลองพระอุดม อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) - ต่อ - โทรศัพท์ -

โทรศัพท์มือถือ 083-915-5639 อีเมล 6481020135@student.chula.ac.th

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ ท่านสามารถสอบถามได้ หากถ้อยความใดไม่ชัดเจน หรือขอข้อมูลเพิ่มเติมได้

2. โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและเพื่อสร้างสรรค์เครื่องดนตรีไทยลมราย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้คือ ได้องค์ความรู้ในการสร้างเครื่องดนตรีไทยลมรายและได้เครื่องดนตรีไทยลมรายระยะเวลาที่จะทำวิจัยทั้งสิ้น 1 ปี จากเดือนกุมภาพันธ์ 2566 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2567

3. ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เนื่องจากท่านมีความเชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสร้างและซ่อมเครื่องดนตรีไทย อย่างน้อย 10 ปี เป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับหลักในการกำเนิดเสียงของเครื่องเป่าไทย ประเภทเครื่องลมไม้ มีความสามารถในเชิงช่างและสามารถบรรเลงเครื่องดนตรีไทยได้

4. หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะขอทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant - observation) และสัมภาษณ์ท่าน จากนั้นให้ท่านร่วมประเมินผลนวัตกรรมเครื่องดนตรีไทยลมราย ในประเด็นเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเสียง โดยใช้เวลาประมาณ 40 นาที

5. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยจะขออนุญาตบันทึกเสียง ถ่ายภาพและถอดเทปบันทึกเสียง และจะดำเนินการทำลายข้อมูลตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับท่านภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย 1 ปี

6. ท่านอาจรู้สึกอึดอัด หรืออาจรู้สึกไม่สบายใจอยู่บ้างกับบางคำถาม ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามเหล่านั้นได้ รวมถึงท่านมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อท่านแต่อย่างใด

7. ข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับท่าน ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยภาพถ่าย และข้อมูลของท่านที่ได้รับการยินยอมข้างต้นไปใช้เพื่อเขียนรายงานการวิจัยในวิทยานิพนธ์ และในบทความวิจัยที่พิมพ์ 1 บทความเท่านั้น



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 344 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี) 1

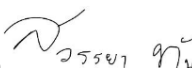
ที่มา : ผู้วิจัย

AF 04-07

8. การวิจัยครั้งนี้ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และท่านจะได้รับแก้วพร้อมจานรองตราพระเกี้ยว 1 ชุด เพื่อเป็นการขอบคุณกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัยเป็นการชดเชยค่าเสียเวลา

9. หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ โปรดสอบถามเพิ่มเติม โดยติดต่อกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยพิจารณาว่ายังสมัครใจจะมีส่วนร่วมในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

10. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารจามจุรี 1 ห้อง 114 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2218 3210-11 อีเมล [curec2.ch1@chula.ac.th](mailto:curec2.ch1@chula.ac.th)

ลงชื่อ .....  


(นางสาวสรารยา ทับแสง)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....  


(รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร เป่าสวัสดิ์)

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
 วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
 วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 345 เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องดนตรี) 2

ที่มา : ผู้วิจัย



แนวคำถามที่จะใช้ในการสัมภาษณ์การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างหรือแบบไม่เป็นทางการ  
(unstructured/informal interview)

1. ท่านพึงพอใจต่อสัดส่วนเครื่องดนตรีและรูปร่างของเครื่องดนตรีไทยหรือไม่ อย่างไร
2. ท่านพึงพอใจต่อความสวยงามของเครื่องดนตรีหรือไม่ อย่างไร
3. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องดนตรีมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร
4. คุณภาพเสียงหรือความไพเราะของเครื่องดนตรีมีมากน้อยเพียงใด อย่างไร
5. ความสะดวกและความเหมาะสมในการใช้งานเป็นอย่างไร
6. ท่านมีความเห็นอย่างไรบ้างต่อการนำเครื่องดนตรีนี้ไปใช้ในการบรรเลงวงเครื่องสายผสมหรือวงดนตรีประเภทอื่นๆ
7. ท่านคิดว่าเครื่องดนตรีชิ้นนี้ควรพัฒนาในเรื่องใด



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้วิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเชิงคุณภาพ ถือเป็นเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้
2. การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างหรือแบบไม่เป็นทางการ (unstructured/informal interview) โดยผู้วิจัยจะสร้างความคุ้นเคย ความไวใจให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างก่อนที่จะใช้การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างเพื่อเก็บข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเชิงลึก
3. การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant - observation) หลังจากที่ผู้วิจัยสร้างความคุ้นเคย ความไวใจให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างแล้ว ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะอยู่ในเหตุการณ์หรือช่วงที่ทำการเก็บข้อมูลเสมอเพื่อสังเกตการณ์และให้ได้ข้อมูลที่แท้จริง



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 347 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ที่มา : ผู้วิจัย

**แบบสังเกตการแบบมีส่วนร่วม (participant - observation)**

- พุดคุยสนทนาเพื่อสร้างความคุ้นเคย ความไวใจให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการบรรเลงดนตรี
- ผู้วิจัยร่วมร้องเพลงไปพร้อมกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างเพื่อทดลองเครื่องดนตรี
- ผู้วิจัยเชิญชวนสมาชิกท่านอื่นๆ ที่ได้มาร่วมซ้อมดนตรีได้ลองทดลองใช้เครื่องดนตรีเพื่อสร้างความสนิทสนม ความไวใจ



เลขที่โครงการวิจัย 660066  
วันที่รับรอง 12 เม.ย. 2566  
วันที่หมดอายุ 11 เม.ย. 2567

ภาพที่ 348 แบบสังเกตการแบบมีส่วนร่วม

ที่มา : ผู้วิจัย

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสวรรรยา ทับแสง
วัน เดือน ปี เกิด	28 มีนาคม 2534
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2555 ศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 1 คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2560 ศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2566 ศิลปกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาศิลปกรรมศาสตร์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	7/4 หมู่ 6 ถนนชัยพฤกษ์ ตำบลคลองพระอุดม อำเภอปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี 11120
รางวัลที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา