

แบบเสนอโครงการวิจัย
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประจำปีงบประมาณ 2561 (งวดที่ ...1....)

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การออกแบบผนังเซรามิกเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารที่พักอาศัย
กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

(ภาษาอังกฤษ) Ceramic Wall Design to Improve Comfort Condition in Building Case Study :
Northeastern Region, Thailand

คณะผู้วิจัย

1. ผศ.ดร.ธนสิทธิ์ จันทะรี
2. อ.นรากร พุทธิไชย

1) ข้อมูลของโครงการ

ระยะเวลาของโครงการ 12 เดือน/ปี (ไม่เกิน 1 ปี)
งบประมาณ 100,000 บาท
วันที่เริ่มโครงการ 1 มีนาคม 2561
วันที่สิ้นสุดโครงการ 28 กุมภาพันธ์ 2562

2) หัวหน้าโครงการ

ชื่อหัวหน้าโครงการ **ธนสิทธิ์ จันทะรี**

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ความรับผิดชอบในโครงการ (คิดเป็นร้อยละ 60)

ความรับผิดชอบในการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

- ทดลองหาสูตรดิน 2 สูตรคือ สูตรดินสำหรับการขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน และสูตรดินสำหรับขึ้นรูปด้วยการอัดดินในโมลรูปพลาสติก วัตถุประสงค์การหดตัว อัตราการหดตัว อัตราการดูดซึมน้ำ และน้ำหนัก
- ทดลองหาสูตรเคลือบ หาสูตรเคลือบที่เหมาะสมที่สามารถป้องกันความชื้นเข้ามาในอาคารได้ โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โดยเคลือบดินที่ได้จากข้อที่ 1)

-ออกแบบบล็อกผนังเซรามิก 2 รูปแบบ

โครงการวิจัยที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ : -

แหล่งสนับสนุนทุน -

วันที่เริ่มโครงการ -

วันสิ้นสุดโครงการ -

* กรณีโครงการวิจัยของนักศึกษาชื่อหัวหน้าโครงการคือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

3) คณะผู้วิจัย

ชื่อผู้ร่วมโครงการ/ผู้ช่วยวิจัย อ.นรากร พุทธิไพรัช

ความรับผิดชอบในโครงการ (คิดเป็นร้อยละ 40)

-ทดลองวัดค่าสภาวะน่าสบาย ของผนังเซรามิก ที่ออกแบบและสร้างต้นแบบ 2 แบบ และวัดค่าเปรียบเทียบกับ ผนังอิฐมวลฉนวน ผนังอิฐมวลเบา และผนังอิฐบล็อก โดยสร้างเขตทดสอบวัสดุโฟมโพลีสไตรีน เก็บข้อมูลอุณหภูมิใน ช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาวเป็นเวลา 9 เดือน (เมษายน - ธันวาคม) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้น

-วิเคราะห์สภาวะน่าสบายของผนังทดสอบทั้ง 5 โดยนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสภาวะน่าสบายตามมาตรฐาน ECI (Equatorial Comfort Index) พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

4) หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยตั้งอยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ตลอดปีอยู่ที่ระดับ 73-75% และจะลดลงเหลือ 64-69% ในฤดูร้อน รายงานสภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ.2559 รายงานว่า อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่าค่าปกติ 1.0 องศาเซลเซียส และสูงกว่าปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2558 สูงกว่าค่าปกติ 0.8 องศาเซลเซียส) โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติเกือบทุกเดือน โดยเฉพาะเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมสูงกว่าค่าปกติ 2.2 และ 1.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อีกทั้งในหลายพื้นที่มีอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าสถิติเดิมที่เคยตรวจวัดได้ อุณหภูมิสูงสุดวัดได้ 44.6 องศาเซลเซียสที่ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อวันที่ 28 เมษายน เป็นอุณหภูมิที่สูงที่สุดของประเทศไทยในปีนี้เป็นอุณหภูมิสูงสุดเท่าที่เคยมีการตรวจวัดของประเทศไทย ซึ่งเป็นสถิติอุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทยในรอบ 66 ปี (พ.ศ.2494-พ.ศ.2559) สถิติเดิมคือ 44.5 องศาเซลเซียส ที่อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ เมื่อวันที่ 27 เมษายน 2503 (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุวิทยามหาวิทยาลัย, 2560) จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้นทุกปี

ความร้อน และความชื้นมีผลต่อสภาวะน่าสบายของคน โดยเฉพาะความชื้นถ้ามีมากหรือน้อยเกินไปจะมีผลต่อสุขภาพ ปัญหาการก่อสร้าง อีกทั้งคนหาวิธีปรับอากาศโดยการใช้พลังงานอย่างมากเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในอาคาร ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเกิดผลกระทบต่างๆ ตามมา (สุนทร บุญญาริกการ, 2545) สภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ในการอยู่อาศัย เป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐานสำหรับอาคารประเภทที่อยู่อาศัยทุกรูปแบบ ซึ่งสภาวะน่าสบายนั้นพิจารณาาร่วมกันหลายด้าน เช่น ความสบายด้านอุณหภูมิ ความสบายด้านการมองเห็น ความสบายด้านความชื้น และความสบายด้านเสียง มาตรฐานสภาวะน่าสบายมีหลายมาตรฐาน สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทยใช้มาตรฐาน ECI (ECI=Equatorial Comfort Index) จึงจะเหมาะสม (อรรถ ชมาฤกษ์, 2551)

วัสดุของอาคารเป็นตัวนำพาความร้อนเข้ามาในอาคาร ส่วนหลังคาและผนังเป็นส่วนที่นำพาความร้อนเข้ามาในอาคารมากที่สุด โดยเฉพาะด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ เป็นส่วนที่โดนแดดมากที่สุด มีการสะสมความร้อนในตอนกลางวัน และคายความร้อนในตอนกลางคืน มีงานวิจัยหลายเรื่องที่ยพยายามแก้ปัญหาวัสดุที่นำพาความร้อนเข้ามาในอาคาร เพื่อลดอุณหภูมิลงและเข้าสู่โซนสภาวะน่าสบาย เช่น นรากร พุทธิไพรัช และชูพงษ์ ทองคำสมุทร (2553) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย พบว่า การใช้ฉนวนกล่อมนม และฉนวนกล่อมนมบรรจุเกล็ดติดตั้งร่วมกับผนังก่ออิฐฉนวนปูนนั้น ทำให้อุณหภูมิเข้าใกล้สภาวะน่าสบาย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเกล็ดที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายใน และคุณสมบัติความเป็นฉนวนของช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีของกล่อมนม แก้วกนก สุดจริง และยิ่งสวัสดิ์ไชยะกุล (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การควบคุมความชื้นในอาคารโดยผนังอาคาร พบว่า การเลือกวัสดุและการเปิดช่องของผนังจะช่วยให้อุณหภูมิภายในห้อง ช่องเปิดในห้องที่เปิดช่องเดียว มีแนวโน้มลด

ความชื้นได้มากกว่า การเปิด 2 ช่องด้านตรงข้ามกัน และการเปิด 4 ช่องทุกด้าน ด้านวัสดุผนังยิปซัมบอร์ด มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงจากภายนอกต่ำกว่าอิฐมวลเบาและอิฐมอญ อรรถพล จิระทัศนกุล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบแผงกันแดดลดอุณหภูมิโดยใช้วัสดุเซรามิกสำหรับตกแต่งอาคารเขตร้อน ในประเทศไทย พบว่า แผงกันแดดลดอุณหภูมิวัสดุเซรามิก ออกแบบรูปทรงที่มีแนวความคิดมาจากการ จักสาน นอกจากการออกแบบจะลดอุณหภูมิภายในอาคารแล้วยังมีความสวยงามอีกด้วย ชานนท์ ตันประวีติ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาเซรามิกที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงาน ภายในอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร พบว่าการ ทดลองเปรียบเทียบผนังบล็อกเซรามิก กับผนังอิฐบล็อก ผนังอิฐมอญ และผนังอิฐมวลเบา ผลการทดลอง ด้านการป้องกันความร้อน ด้านความชื้นสัมพัทธ์ และด้านความเร็วในการก่อสร้าง ผนังบล็อกเซรามิกได้ ผลดีที่สุด

ในการวิจัยนี้มีแนวความคิดมาจากภูมิปัญญาดั้งเดิมคือหม้อน้ำดินเผาหรือเซรามิกไฟต่ำ ที่ใช้ บรรจุน้ำดื่ม เนื่องจากหม้อน้ำดินเผามีเนื้อที่มีรูพรุน ดูดซึมน้ำ ผิวด้านนอกเปียกอยู่ตลอดเวลาที่บรรจุน้ำ ทำให้น้ำดื่มที่บรรจุน้ำอยู่ในมีความเย็นอยู่ตลอดเวลา คนในอดีตใช้กระบายตักน้ำจากหม้อน้ำดินเผาที่ดื่ม เย็นชื่นใจ จึงตั้งใจวิจัยว่า จากความเย็นของหม้อน้ำดินเผา ซึ่งเป็นเซรามิกมีรูพรุนนำมาผลิตเป็นบล็อก สำหรับก่อเป็นผนังมีช่องเดิมน้ำ และมีการเคลือบผิวด้านที่อยู่ในอาคารเพื่อกันความชื้นเข้าไปในอาคาร ก็จะทำให้ห้องอยู่ในโซนสภาวะน่าสบายได้

มีงานวิชาการและงานวิจัยที่นำเอาเซรามิกรูพรุนมาใช้ประโยชน์ สร้างเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้เช่น นำมาทำเป็นตัวกรองน้ำ เป็นตัวเปลี่ยนไอออน เป็นตัวกรองคะตะลิสต์ (Catalyst Carrier) หรือตัวกรอง มลพิษจากไอเสียของยานยนต์และอุตสาหกรรมเคมี เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระดับก๊าซเทอร์มิสเตอร์ เป็นวัสดุทนไฟ นำไปทำเป็นวัสดุทางการแพทย์และทันตกรรม นำไปทำเม็ดดินเผาเพื่อเก็บความชื้นได้ผิวดิน นำไปทำวัสดุปูพื้นที่ทำน้ำซึมผ่านได้เร็ว นอกจากนี้ยังนำมาทำวัสดุดูดซับสารระคายเคืองจากตะไคร้หอม เพื่อกำจัด จุลินทรีย์เพื่อป้องกันโรคระบาดในรังผึ้ง ทดแทนยาปฏิชีวนะที่อาจมีสารตกค้างในรังผึ้ง ที่อาจเกิดอันตราย ต่อผู้บริโภคได้ จะเห็นได้ว่าเซรามิกรูพรุนมีประโยชน์มากมาย แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ทำเป็นผนังเพื่อปรับ อากาศในอาคาร ดังนั้นโครงการนี้จึงมีแนวทางแก้ปรับความร้อนสูงในอาคารที่ไม่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบาย ของผู้ใช้อาคารโดยการออกแบบผนังเซรามิกที่มีคุณสมบัติเป็นรูพรุน ดูดซึมน้ำ ลดอุณหภูมิภายในอาคาร เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารที่พักอาศัย กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

5) การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง

นรากร พุทธิไชย และชูพงษ์ ทองคำสมุทร (2553) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุ เหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย พบว่า การปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารโดยใช้วัสดุเหลือใช้คือ แกลบล ซึ่งมีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายใน มีความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต และกลองบรรจุภัณฑ์นมเหลือใช้ที่มีลักษณะเป็นช่องว่างอากาศ ภายใน มีอุณหภูมิเนี่ยมฟอยด์อยู่ภายใน ทำการทดสอบโดยการจัดสร้างเซลล์ทดสอบจากโฟมโพลีสไตรีนหนา 6 นิ้ว มีการติดตั้งผนังทดสอบสามรูปแบบ ได้แก่ผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกลอง บรรจุภัณฑ์นมติดตั้งอยู่ภายใน และผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกลองบรรจุภัณฑ์นมบรรจุแกลบลติดตั้งอยู่ภายใน โดยการหันผนังทดสอบไปทางทิศใต้ที่ได้รับแสงแดดตลอดวัน เก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ Fluke Hydra Logger วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก ภายใน และผิวเซลล์ทดสอบ ผลที่ได้คือ ในเวลากลางวันผลต่าง ของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 2.5-3 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ผลต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกลองนมติดตั้งอยู่ภายในกับอุณหภูมิ ภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 1.5-2 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าการใช้ฉนวน กลองนม และฉนวนกลองนมบรรจุแกลบลติดตั้งร่วมกับผนังก่ออิฐฉาบปูนนั้น ทำให้อุณหภูมิเข้าใกล้สภาวะ น่าสบาย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุแกลบลที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายใน และ คุณสมบัติความเป็นฉนวนของช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีของกลองนม

แก้วกนก สุตจริง และยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การควบคุมความชื้นในอาคาร โดยผนังอาคาร พบว่า อัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (Window to Wall Ratio : WWR) และจำนวนช่องเปิดของผนังมีผลต่อความชื้นภายในอาคาร จากการทดลองพบว่า ผนังที่มี WWR 50% และ 80% ความชื้นภายในอาคารมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนผนังที่มี WWR 20% ลดความชื้นภายในอาคารได้น้อย ส่วนช่องเปิดในห้องที่เปิดช่องเดียว มีแนวโน้มลดความชื้นได้มากกว่า การเปิด 2 ช่องด้านตรงข้ามกัน และการเปิด 4 ช่องทุกด้าน กลางคืนมีผลต่อการลดความชื้นของผนังน้อยมาก ด้านวัสดุผนังยิปซัมบอร์ดมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงจากภายนอกต่ำกว่าอิฐมวลเบาและอิฐมอญ ดังนั้นการเลือกวัสดุ และการเปิดช่องของผนังจะช่วยลดความชื้นภายในห้อง ซึ่งความชื้นเป็นสาเหตุให้เชื้อโรคเติบโตได้ดี และความชื้นทำให้วัสดุต่างๆ ในห้องเสื่อมสภาพเร็ว

ชานนท์ ต้นประวัติ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเซรามิกที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร พบว่า การทดลองเปรียบเทียบผนังบล็อกเซรามิก กับผนังอิฐบล็อก ผนังอิฐมอญ และผนังอิฐมวลเบา ผลการทดลองด้านป้องกันความร้อน ด้านความชื้นสัมพัทธ์ และด้านความเร็วในการก่อสร้าง ผนังบล็อกเซรามิกได้ผลดีที่สุด ซึ่งบล็อกเซรามิกนี้ มีค่านำความร้อน (ค่าK) เท่ากับ 0.11W/M.K เมื่อนำค่า K ของแต่ละชั้นมาคิดค่าการต้านทานความร้อน (ค่าR) จะได้เท่ากับ 0.694 m² k/w และเมื่อนำค่าR มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่าU) จะได้เท่ากับ 1.44 m² k/w ค่าความร้อนจำเพาะที่ 821.7 J/kg.K วิเคราะห์ได้ว่าบล็อกเซรามิก มีความเป็นฉนวนมากกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา ด้านโครงสร้าง ความหนาแน่นของเนื้อเซรามิกอยู่ที่ 1,700 kg/m³ มีลักษณะกลวงจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นได้โดยตรง ค่าต้านทานแรงอัดของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบชิ้นงานเฉลี่ยที่ 2,858 kg ซึ่งสามารถรับน้ำหนักในการก่อผนังสูง ค่าน้ำหนักต่อตารางเมตรรวมฉาบปูนเท่ากับ 91.6 kg/m² น้อยกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา การเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์จึงมีน้อยกว่า ปัญหาความชื้นมีน้อยกว่า ค่าการทนไฟทนได้มากกว่า 4 ชั่วโมง ทนได้สูงถึง 1,491 องศาเซลเซียส

อรรถพล จิระทัศนกุล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบแผงกันแดดลดอุณหภูมิโดยใช้วัสดุเซรามิกสำหรับตกแต่งอาคารเขตร้อนในประเทศไทย พบว่า แผงกันแดดลดอุณหภูมิวัสดุเซรามิก ออกแบบรูปทรงที่มีแนวความคิดมาจากการจักสาน โดยให้ลมนำพาอากาศร้อนผ่านแผงกันแดดเซรามิกทำให้อุณหภูมิลดลง มีการทดลองใช้ดินพื้นบ้าน เคลือบไฟต่ำ 1,100 องศาเซลเซียส ชิ้นงานเป็นระบบตัวประกอบเป็นผนังสูง 2 เมตร กว้าง 1.5 เมตร โดยจำนวนที่ประกอบมี 12 ชิ้น แบ่งรายละเอียดเป็น 2 ประเภทได้แก่ 2 ทิศทาง และ 4 ทิศทาง โดยทุกรูปแบบสามารถแยกและประกอบรวมกันใหม่ได้ไม่ซ้ำกัน นอกจากการออกแบบจะลดอุณหภูมิภายในอาคารแล้วยังมีความสวยงามอีกด้วย

อรรถ ชมาฤกษ์ (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง สภาวะน่าสบายในเรือนพื้นถิ่นไท-เลย พบว่าปัจจัยด้านกายภาพและสภาวะแวดล้อมภายในเรือนที่มีผลต่อความสบายในการอยู่อาศัย โดยใช้มาตรฐาน ECI วัดสภาวะน่าสบายในเรือนไท-เลย เนื่องจาก ECI มีการคิดตัวแปรด้านความชื้นไว้ในค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับเขตสภาวะน่าสบาย และเลือกคำนวณแบบ Adaptive Model ซึ่งเหมาะสำหรับตรวจสอบปัจจัยด้านความสบาย ในอาคารที่การพึ่งพาธรรมชาติ งานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลจากเรือนไท-เลย 3 หลัง ด้านอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และแสงสว่าง มีการทดลองใช้หุ่นจำลองในห้องปฏิบัติการในเรื่องการกันแดดและการระบายอากาศ ผลการวิจัยพบว่าเรือนไท-เลยทั้ง 3 หลังต่างมีการตอบสนองต่อภูมิอากาศได้แตกต่างกัน เช่น ความสามารถในการระบายอากาศปริมาณความชื้น ปริมาณความสว่างในพื้นที่ภายในต่างกัน ซึ่งมีผลมาจากการหันทิศทางอาคาร การจัดวางช่องเปิด การยื่นชายคา และภูมิสถาปัตยกรรมที่ต่างกัน แต่ก็ได้พบปัญหา ร่วมกันคือทิศทางการระบายอากาศ ปัญหาความชื้น และปัญหาด้านแสงสว่างภายในอาคาร งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการใช้ความรู้เรื่องภูมิอากาศและการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ตอบสนองกับสภาพแวดล้อม ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับงานสถาปัตยกรรมท้องถิ่นได้

ธนสิทธิ์ จันทะรี (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบเครื่องปั้นดินเผาถนอม

บ้านห้วยบึง อ.เมืองจ.ขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า ที่มาของความคิดเริ่มจากการสังเกตหม้อน้ำดินเผาของคนโบราณที่บรรจุน้ำดื่มแล้วทำให้น้ำเย็นตลอดเวลา เกิดจากรูพรุนของเนื้อดินเผา บ้านห้วยบึงเป็นหมู่บ้านที่ทำเครื่องปั้นดินเผาแบบโบราณ ที่มีรูพรุน ปัจจุบันกำลังจะเลิกทำ จึงมีความคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้หลักการเนื้อดินรูพรุนแต่ออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของคนปัจจุบัน จึงนำหลักการเนื้อดินรูพรุนมาดัดซึมน้ำมันหอมระเหย เก็บกักไว้ในเนื้อดินโดยการเคลือบด้านนอก และออกแบบให้มีรูสำหรับกลิ่นหอมออกมาโดยการทดลองหาสูตรดินที่เหมาะสมในการดูดซึมน้ำมันหอมระเหย อัตราการระเหย ผลการทดลองได้สูตรดินที่มีส่วนผสมของดินบ้านห้วยบึง 40% ดินเชื้อ(Grog) 30% ดินดำ 30% ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การหดตัว(Shrinkage) 8.5% และมีอัตราการดูดซึมน้ำ 19.76% ข้อมูลการออกแบบได้จากแบบสอบถามผู้ใช้น้ำหอมปรับอากาศในบ้าน ในรถยนต์ ในสปา และการสำรวจสินค้าในตลาด นำมาสรุปเป็นแนวความคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผากลิ่นหอมคือ "ธรรมชาติ ภูมิปัญญา ความเรียบง่าย" โดยใช้โทนสีสว่างสดใส และผิวมัน ได้สร้างต้นแบบ 10 แบบ และสร้างตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์เพื่อนำไปทดสอบตลาด ในงานแสดงสินค้าของขวัญและของใช้ในบ้าน และงานบ้านและสวนแฟร์ช่วงเดือนตุลาคม 2560 ผลลัพธ์ที่ได้ของโครงการคือ ได้ผลิตภัณฑ์บรรจุน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในบ้านในรถยนต์ และในสปาที่ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคเป็นอย่างดี ได้แบรนด์สินค้า และบรรจุภัณฑ์ที่พร้อมนำออกจำหน่ายจริงต่อไป ได้ถ่ายทอดวิธีการผลิตให้กับชาวบ้านบ้านห้วยบึง และได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร (การออกแบบผลิตภัณฑ์) จำนวน 10 รายการ

สุรศักดิ์ ไหวทวงศ์สกุล ได้เขียนบทความเรื่อง เซรามิกพรุน กล่าวว่า ตามปกติแล้ว รูพรุนเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิก เนื่องจากรูพรุนเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานลดลง อย่างไรก็ตามเซรามิกที่มีรูพรุนอยู่ในเนื้อเป็นจำนวนมากหรือที่เรียกว่า เซรามิกพรุน (Porous ceramic) ก็มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหลายชนิดเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายประการทั้งในด้านการซึมผ่าน (permeability) พื้นที่ผิวมาก เป็นฉนวนความร้อนที่ดีรวมทั้งยังทนต่ออุณหภูมิสูงและสารเคมีต่างๆ อีกด้วยเซรามิกพรุนแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เซรามิกพรุนชนิดที่รูพรุนเรียงตัวกันใน 2 มิติ หรือที่เรียกว่า เซรามิกรวงผึ้ง (Honeycomb Ceramic) และชนิดที่มีรูพรุนกระจายในสามมิติ หรือเซรามิกโฟม (Ceramic Foam) ซึ่งยังแบ่งได้เป็นชนิดที่มีรูพรุนเปิดต่อเนื่อง (Open Cell) และชนิดรูพรุนปิด (Close Cell) อีกด้วย การขึ้นรูปเซรามิกพรุนทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ฟองน้ำจุ่มลงในสารแขวนลอย เพื่อให้อนุภาควัสดุเซรามิกติดอยู่บนผิวฟองน้ำ จากนั้นจึงนำไปเผา เพื่อให้ฟองน้ำสลายตัวไป และได้ก้อนวัสดุเซรามิกที่มีลักษณะโครงสร้างเดิมของฟองน้ำ วิธีต่อมาคือการเติมอินทรีย์วัตถุ เช่น ซีลีเยอผงถ่าน แป้ง ลงในสารแขวนลอย เมื่อขึ้นรูปชิ้นงาน อินทรีย์สารวัตถุดังกล่าวจะกระจายอยู่ในชิ้นงาน และจะสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้เกิดรูพรุนในชิ้นงาน อีกวิธีหนึ่งได้แก่วิธีโซล-เจล โดยการทำให้เกิดฟองในสารแขวนลอย จากนั้นจึงทำปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้สารแขวนลอยเปลี่ยนสภาพกลายเป็นเจล ซึ่งจะกักฟองเอาไว้ภายในเนื้อวัสดุ เป็นต้น เซรามิกพรุนสามารถนำไปใช้ในด้านต่างๆ ได้มากมาย เซรามิกพรุนชนิดโฟมมีรูพรุนต่อเนื่อง มีการซึมผ่านสูง จึงมักใช้เป็นตัวกรอง เช่น น้ำดื่ม น้ำโลหะสำหรับหล่อ เป็นต้น เซรามิกพรุนมีพื้นที่ผิวมากจึงเหมาะกับการนำไปใช้ในการเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) และตัวรองรับคะตะลิสต์ (Catalyst Carrier) ในอุตสาหกรรมเคมีและยานยนต์ เซรามิกพรุนยังสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับระดับก๊าซเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) วัสดุทนไฟ รวมถึงวัสดุทางการแพทย์และทันตกรรมอีกด้วย

ต้นศศิณี รักไทยเจริญชีพ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่องเซรามิกเนื้อพรุนชนิดเม็ดเพื่อการเก็บความชื้นใต้ผิวดินผลการวิจัยพบว่า ดินตะกอนหรือ Sludge เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 100 ตันต่อเดือนแทนการฝังกลบที่ใช้ในปัจจุบัน จึงนำมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเซรามิกเนื้อพรุน (Expanded Clay) ผลการทดลองได้เซรามิกเนื้อพรุนที่มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นสามารถนำไปเป็นวัสดุปลูก และตกแต่งสวน หรือจัดตู้ปลาสวยงาม ลดการระเหยของน้ำ ทำให้ดินไม่แน่น รากพืชเจริญเติบโตได้ดี

พิมพ์วัลลค์ วัฒนโภาส และสายจิต ดาวสุขโข (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่องอิฐเนื้อพรุนจากเซรามิก

แตก ผลการวิจัยพบว่า เซรามิกแตกในอุตสาหกรรมนำมาเป็นวัสดุฉนวนในการทำอิฐเนื้อพรุนสำหรับปูพื้นภายนอกที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ และมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับงานงานตกแต่งสวนภายนอกอาคารเนื่องจากความพรุนตัวของอิฐที่ได้นั้นจะสามารถลดการกักขังของน้ำบนพื้นได้ดีกว่ากระเบื้องปูพื้นการทำให้อิฐเนื้อพรุนมีความแข็งแรงต้องเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของการเผาเซรามิกทั่วไปเป็นการประหยัดพลังงาน

ภาณุวรรณ จันทวรรณ และคณะ (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เซรามิกอิฐพรุน สารสกัดจากตะไคร้ ผลการวิจัยพบว่า เซรามิกอิฐพรุนที่มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบหลัก ผสมกับเซลลูโลส 10 กรัม และพีวีพี 3 ซีซี มีค่าความพรุนอยู่ที่ 90.54% ใช้บรรจุน้ำมันตะไคร้ และมีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยน้ำมันตะไคร้ที่มีฤทธิ์กำจัดจุลินทรีย์ในรังผึ้งยาวนานถึง 7-14 วันต่อการเติมน้ำมันตะไคร้ 1 ครั้งและมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ถึง 4 เท่าและนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เซรามิกอิฐพรุนกำจัดจุลินทรีย์เพื่อป้องกันโรคระบาดในรังผึ้งทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะที่อาจมีสารตกค้างในน้ำผึ้ง ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

Bloque Termodisipador – BT อิฐดินเผาระบายความร้อน ลดอุณหภูมิภายในอาคาร เป็นนวัตกรรมใหม่ของอิฐผนังอาคาร ที่คิดค้นและออกแบบโดยสถาปนิกชาวโคลัมเบียแห่งสตูดิโอ Miguel Nino และ Johanna Navarro จากทีม Sumart Diseno y Arquitectura SAS สตูดิโอออกแบบเน้นแนวทางพัฒนาสถาปัตยกรรมเพื่อความยั่งยืน เกิดสนใจในวัสดุฉนวนประจำท้องถิ่นในเมือง Cu'cuta อย่างอิฐดินเผาที่เคยถูกมองข้ามว่าเป็นวัสดุก่อสร้างที่ก่อความร้อนสูง รูปแบบที่ล้าสมัย ไม่ค่อยได้รับความนิยมในหมู่นักออกแบบรุ่นใหม่ จึงออกแบบอิฐBTที่ใช้หลักการฉนวนป้องกันความร้อนด้วยช่องว่างอากาศภายในอิฐและหักมุมผิวสัมผัสของอิฐกับแสงอาทิตย์เพื่อเบี่ยงเบนความร้อนที่จะเข้ามาในอาคารและทำให้ผนังอาคารสวยงามแปลกกว่าอิฐที่มีอยู่ในท้องตลาด นอกจากการลดอุณหภูมิที่เข้ามาในอาคารแล้วยังเป็นการปรับปรุงสภาวะน่าสบายให้กับการใช้อาคาร การออกแบบอิฐBTด้านตัดทำเป็นรูปทรง 5 เหลี่ยมด้านไม่เท่า กำหนดผิวด้านนอกเฉียงออกทำมุม 114 องศา เพื่อให้ก่อนอิฐตั้งมุม 24 องศา รับกับแสงแดดภายนอก อิฐแต่ละก้อนจะมีช่องอากาศที่ลมผ่านได้อยู่ 4 แถว แต่แถวจะแบ่งเป็นช่อง ๆ แถวละ 3-4 ช่อง นอกจากจะป้องกันความร้อนแล้วยังป้องกันเสียงได้ดีอีกด้วย มุมที่ยื่นออกมาของอิฐBTทำให้เกิดมิติแสงเงานำไปสร้างแพทเทิร์นที่แปลกตาให้กับอาคารได้อีกด้วย

(ที่มา: <https://inhabitat.com/innovative-heat-dispersing-clay-bricks-help-keep-homes-naturally-cool/bloque-termodisipador-by-sumart-10/>)

Bricks from Paper Waste นักวิทยาศาสตร์ชาวสเปน แห่งมหาวิทยาลัย Jaen ได้สร้างอิฐที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากขยะกระดาษ ที่ผลิตด้วยต้นทุนต่ำ โดยนำขยะกระดาษมาย่อยและทำเป็นเยื่อกระดาษผสมกับดินเหนียว นำเข้าเครื่องอัดรีดออกมาเป็นแผ่นยาวต่อเนื่องและตัดให้เป็นแผ่นอิฐขนาด 3x1x6 เซนติเมตรนำไปเผาด้วยเตาเผาเซรามิก จะได้อิฐที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนได้อย่างดี และตัวอิฐนี้ไม่เก็บกักความร้อน อย่างไรก็ตามอิฐนี้ทำจากเซลลูโลสซึ่งความแข็งแรงทนทานไม่เท่าอิฐทั่วไป ทางทีมผู้วิจัยกำลังดำเนินการทดลองเพื่อพัฒนาให้เกิดความสมดุลระหว่างความยั่งยืนกับความแข็งแรงทนทานของวัสดุอิฐเยื่อกระดาษนี้เพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป (ที่มา : <https://inhabitat.com/scientists-at-spains-university-of-jaen-create-eco-friendly-bricks-from-paper-waste/paperbricks-1/>)

คำสำคัญ : ผนังเซรามิก, การออกแบบ, สภาวะน่าสบาย

Keyword : Ceramic wall, Design, Comfort Condition

6) วัตถุประสงค์ของโครงการ

6.1) เพื่อทดลองสูตรดินและสูตรเคลือบที่เหมาะสม

6.2) เพื่อออกแบบผนังเซรามิกที่ปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารที่พักอาศัย-กรณีศึกษา

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

6.3) เพื่อเปรียบเทียบค่าสภาวะน่าสบายของผนังทดสอบกับค่าสภาวะน่าสบายตามมาตรฐาน ECI (Equatorial Comfort Index)

7) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1) ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทำให้การอยู่อาศัยในอาคารของมนุษย์ดีขึ้น

7.2) ประหยัดพลังงานจากการปรับอากาศในอาคาร

7.3) บูรณาการระหว่างศาสตร์ทางการออกแบบเซรามิกกับทางเทคโนโลยีอาคาร

8) ขอบเขตของโครงการวิจัย

8.1) พื้นที่วิจัย เก็บข้อมูลความร้อนและความชื้นจากกล่องเซลล์ที่ติดตั้งวัสดุผนัง 5 อย่าง โดยติดตั้งบนอาคารพักอาศัย สหพ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ เป็นค่าตัวแทนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แล้วนำผลนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่า สภาวะน่าสบายตามมาตรฐาน ECI (Equatorial Comfort Index) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

9) วิธีการดำเนินการวิจัย

9.1 วิธีวิจัยทางด้านการออกแบบเซรามิก

1) ทดลองสูตรดิน 2 สูตรคือ สูตรดินสำหรับการขึ้นรูปด้วยการหล่อหน้าดิน และสูตรดินสำหรับขึ้นรูปด้วยการอัดดินในไมลอปูนพลาสติก โดยใช้ดินบ้านหัวบึงเป็นหลักและผสม ดินขาว ดินดำ และทรายหรือดินเขี้ยว (Grog) ทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส แล้วนำสูตรดินทั้งสองมาวัดค่าการหดตัว อัตราการหดตัว อัตราการดูดซึมน้ำ และน้ำหนัก

2) ทดลองสูตรเคลือบ หาสูตรเคลือบที่เหมาะสมที่สามารถป้องกันความชื้นเข้ามาในอาคารได้ โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โดยเคลือบดินที่ได้จากข้อที่ 1)

3) ออกแบบบล็อกผนังเซรามิก 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 ใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิ รูปแบบที่ 2 ใช้น้ำในชั้นแรกและชั้นที่ 2 ใช้น้ำช่องว่างอากาศ เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้น

9.2 วิธีวิจัยทางด้านการวัดค่าสภาวะน่าสบาย

1) จัดเตรียมเครื่องมือที่จะใช้เก็บข้อมูล

การจัดทำกล่องทดลอง ที่ทำจากวัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูง คือ โฟมโพลีสไตรีน ความหนา 6 นิ้ว โดยกล่องทดลองจะมีขนาดภายในกล่อง 0.60x0.60x0.60 ม. เท่ากันทุกกล่อง ด้านหนึ่งของกล่องจะเว้นว่างไว้สำหรับติดตั้งผนังทดสอบ โดยหันด้านที่ติดตั้งผนังทดสอบไปด้านทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศที่มีแสงแดดตกกระทบทั้งวัน

การจัดเตรียมอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ และความชื้น โดยใช้เครื่องมือ GRAPTEC midi Logger GL820 วัดค่าอุณหภูมิ ทั้งอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ อุณหภูมิผิวผนังทดสอบ และอุณหภูมิอากาศ และใช้เครื่องมือ Digicon DL-TH USB ในการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอก และภายในกล่องทดลอง โดยเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด จะต้องทำการสอบเทียบค่าความเที่ยงตรงโดยการใช้สมการถดถอย(Calibration by Regression Analysis)

2) จัดเตรียมวัสดุทดสอบเพื่อทำการทดลอง โดยทำการเตรียมวัสดุทดลองที่ทำจากเซรามิก 2 รูปแบบ (รูปแบบที่ 1 ใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิ รูปแบบที่ 2 ใช้น้ำในชั้นแรกและชั้นที่ 2 ใช้น้ำช่องว่างอากาศ) เป็นลักษณะบล็อกรูปขนาด 0.20 x 0.20 .ม ก่อเป็นผนังในกล่องทดลอง ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทดสอบ

เปรียบเทียบกับผนังอาคารแบบทั่วไป 3 แบบคือ ผนังก่ออิฐมวลฉนวนเรียงสองด้านผนังก่อคอนกรีตบล็อกฉนวนเรียงสองด้าน และผนังก่ออิฐมวลเบาฉนวนเรียงสองด้าน

3) การเก็บข้อมูล ใช้วิธีการศึกษาจากการจำลองแบบทางสถาปัตยกรรม (Simulation) โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิภายในห้องทดสอบ อุณหภูมิผิววัสดุทดสอบ และค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอก และค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในห้องทดสอบ นานติดต่อกัน 1 สัปดาห์ ในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว

4) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จากตำแหน่งต่างๆ ทั้ง 5 กล่อง เพื่อพิสูจน์ว่าผนังทดสอบเซรามิก มีพฤติกรรมของด้านอุณหภูมิ และความชื้น ดีกว่าผนังทั่วไปหรือไม่ อย่างไร

10) ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี (12 เดือน)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.การทดลองหาสูตรดินและสูตรเคลือบ	➔												
2.การออกแบบผนังเซรามิกและการทำต้นแบบ		➔											
3.การทำเซลล์ทดลองและติดตั้งวัสดุผนังทั้ง5		➔											
4.วัดอุณหภูมิและความชื้นของเซลล์ทดลอง			➔										
5.วิเคราะห์ข้อมูล												➔	
6.สรุปผลการวิจัย													➔

11) งบประมาณโครงการ

ตารางแสดงงบประมาณสำหรับดำเนินการวิจัย

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
1. หมวดค่าตอบแทน (ค่าตอบแทนผู้วิจัย)	0	
2. หมวดค่าจ้าง (ผู้ช่วยวิจัยและเจ้าหน้าที่อื่นๆ ให้ระบุจำนวนอัตรา คุณวุฒิ และคิดอัตราค่าจ้างตามที่กำหนด)	0	
3. หมวดค่าวัสดุ		
3.1 ค่าวัสดุทำกล่องเซลล์ทดสอบ 5 กล่อง	$5,000 \times 5 = 25,000$	
3.2 ค่าดิน	5,000	
3.3 ค่าปูนพลาสเตอร์	3,000	
3.4 ค่าแก๊สขนาดถึง 48 kg (10 ถัง)	$1,200 \times 10 = 12,000$	
3.4 ค่าสารสำหรับทำเคลือบเซรามิก	10,000	
4. ค่าจ้างเหมาสร้างกล่องเซลล์ทดสอบ 5 กล่อง	$5,000 \times 5 = 25,000$	

5. ค่าจ้างเหมาทำโมลปูนพลาสติกต้นแบบผนังบล็อกเซรามิก	10,000	
6. ค่าจ้างเหมาผลิตต้นแบบผนังบล็อกเซรามิก	10,000	
7. อื่นๆ	-	
รวม (บาท)	100,000	

12) เอกสารอ้างอิงของโครงการ

แก้วกนก สุธจริง และยิ่งยงสวัสดิ์ ไชยะกุล.(2555). การควบคุมความชื้นในอาคารโดยผนังอาคาร. ขอนแก่น: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชานนท์ ต้นประวัตติ.(2552). การออกแบบและพัฒนาเซรามิกที่ใช้ในการก่อผนังเพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานภายในอาคาร. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนคร

ธนสิทธิ์ จันทะวี.(2561). การออกแบบเครื่องปั้นดินเผากลิ่นหอมบ้านหังบึง อ.เมืองจ.ขอนแก่น. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

นรากร พุทธิโสมษ์ และชูพงษ์ ทองคำสมุทร.(2553). การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. ขอนแก่น: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิมพ์วัลย์ วัฒนโภาส และสายจิต ดาวสุโข.(2551). อิฐเนื้อพรุนจากเซรามิกแตก. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ภาณุวรรณ จันทวรรณกุล และคณะ.(2558). เซรามิกพรุน สารสกัดจากตะไคร้. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศันศนีย์ รักไทยเจริญชีพ.(2552). เซรามิกเนื้อพรุนชนิดเม็ดเพื่อการเก็บความชื้นได้ผิวดิน. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

สุนทร บุญญาริการ.(2545). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

สุรศักดิ์ ไชยวงศ์สกุล.(2550). เซรามิกพรุน. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถพล จิระทัศน์กุล.(2550). การออกแบบแผงกันแดดลดอุณหภูมิโดยใช้วัสดุเซรามิกสำหรับตกแต่งอาคารเขตร้อนในประเทศไทย

อรรถ ชมาฤกษ์. (2551). สภาวะน่าสบายในเรือนพื้นถิ่นไท-เลย. ขอนแก่น : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอู่ตุณิยมวิทยา. (2560). www.tmd.go.th

Bloque Termodisipador – BT. สืบค้นเมื่อ 13 มีนาคม 2561. จาก: <https://inhabitat.com/innovative-heat-dispersing-clay-bricks-help-keep-homes-naturally-cool/bloque-termodisipador-by-sumart-10/>

Scientists at Spain's University of Jaen Create Eco-Friendly Bricks from Paper Waste. สืบค้นเมื่อ 13 มีนาคม 2561. จาก : <https://inhabitat.com/scientists-at-spains-university-of-jaen-create-eco-friendly-bricks-from-paper-waste/paperbricks-1/>

13) คำชี้แจงอื่น ๆ (ไม่มี)

14) ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย พร้อม วัน เดือน ปี

ลงชื่อ

(ผศ.ดร.ธนสิทธิ์ จันทะวี) หัวหน้าโครงการ

วันที่ 14 มีนาคม 2561