

Received: 4 เม.ย. 2565

Revised: 28 มิ.ย. 2565

Accepted: 30 มิ.ย. 2565

ระบบสัญญาอัจฉริยะสำหรับการจำหน่ายหญ้าเนเปียร์ให้โรงไฟฟ้าชีวมวล
ที่อำเภอปะคำ จังหวัดบุรีรัมย์

A SMART CONTRACT SYSTEM FOR SELLING NAPIER GRASS TO BIOMASS POWER
PLANT
IN PAKAM DISTRICT, BURIRAM PROVINCE

ประสิทธิ์ จิโรจน์กุล¹ และ สุวรรณี อัสวกุลชัย²

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการเงิน

² อาจารย์ที่ปรึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

Prasit Jirojanakul¹ & Suwannee Adsawakulchai²

¹ Master's degree student in Computer Engineering and Financial Technology
Program

² Advisor, Graduate School, University of Thai Chamber of Commerce

Abstract:

This paper aimed to develop the purchasing system of Napier grass from farmers to the existing biomass power plant with smart contract. In this study bases on software development life cycle that are problem definition, user requirement, system analysis and design, testing, and evaluation. The smart contract was written in Hardhat, Node.js and solidity programming as tools and apply oracle blockchain to import external databases into these systems. The results showed that, the community enterprise would act as a mediator in the purchasing system and provide the Napier grass' sapling for farmers to grow. In addition to purchase the grown grass from farmers and then selling it to the biomass power plant. The smart contract system run under the Ethereum blockchain by using the USDT (United States Dollar Tether) Stable coin and ERC20 as gas fee to with 100% accurate. It can be concluded that the smart contract is a successful prototype which could be further developed to the platform among biomass power plants, community enterprises and famers for purchasing system of Napier grass. On-going research, the Napier grass moisture level should be

done to set the standard prices which are acceptable among biomass power plants, community enterprises and farmers in the other provinces.

Keywords: smart contract, blockchain, Biomass Power Plant, Community Enterprise, Napier grass

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบการซื้อขายหญ้าเนเปียร์ของเกษตรกรให้โรงไฟฟ้าด้วยระบบสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contract) ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้หลักการของวงจรพัฒนาซอฟต์แวร์ ได้แก่ การศึกษาปัญหา การศึกษาความต้องการของผู้ใช้ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การทดสอบ และประเมินผล ในการพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะ ใช้ hardhat, node.js, solidity เป็นเครื่องมือ และใช้ oracle blockchain เพื่อรับข้อมูลจากภายนอกเข้าไปประมวลผลใน blockchain ผลจากการศึกษา พบว่า ระบบการซื้อขายหญ้าเนเปียร์ วิสาหกิจชุมชนเป็นตัวกลางในการซื้อท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์เพื่อให้เกษตรกรปลูก และรับซื้อหญ้าเพื่อนำไปขายให้โรงไฟฟ้าชีวมวล ระบบสัญญาอัจฉริยะภายใต้เธอเรียบบล็อกเชน โดยใช้เหรียญ Stablecoin ชื่อ USDT (United States Dollar Tether) และรับค่า Gas ในสัญญาเป็น ERC20 มีการเชื่อมต่อกับระบบ Oracle ของเครื่องชั่งน้ำหนักของโรงไฟฟ้า ผลการโอนเงินค่าหญ้าเนเปียร์จากโรงไฟฟ้าชีวมวลไปยังวิสาหกิจชุมชน ผ่าน Smart Contract ถูกต้องตามเงื่อนไขร้อยละ 100 กล่าวโดยสรุป ระบบสัญญาอัจฉริยะสำหรับการจำหน่ายหญ้าเนเปียร์ให้โรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นต้นแบบระบบที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็น platform ที่ใช้ในการทำธุรกรรม ระหว่างโรงไฟฟ้าชีวมวล วิสาหกิจชุมชน และเกษตรกรผู้ปลูกหญ้าเนเปียร์ หรือธุรกรรมในการซื้อขายผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่นๆ สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป ควรมีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระดับความขึ้นของหญ้าเนเปียร์ เพื่อกำหนดมาตรฐานราคากลาง ที่เป็นที่ยอมรับระหว่างโรงไฟฟ้าชีวมวล และเกษตรกร หรือวิสาหกิจชุมชนในแต่ละจังหวัด

คำสำคัญ: ระบบสัญญาอัจฉริยะ, บล็อกเชน, โรงไฟฟ้าชีวมวล, วิสาหกิจชุมชน, หญ้าเนเปียร์

บทนำ

รัฐบาลเห็นความสำคัญของการจัดหาพลังงานทางเลือกสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล และได้มีนโยบายสนับสนุนการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล และการจัดหาเชื้อเพลิงสำหรับป้อนโรงไฟฟ้าชีวมวล ในรูปแบบของระบบเกษตรพันธสัญญา (Contract farming) แต่ขอบเขตของการดำเนินงานยังครอบคลุมเฉพาะโรงไฟฟ้า ชีวมวลที่จะจัดตั้งขึ้นใหม่ ภายใต้โครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก บรรจุอยู่ในได้แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับการปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP 2018 Revision 1) และแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561-2580 (AEDP 2018) [1]

เนื่องจากโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีอยู่แล้วในขณะนี้ ต้องบริหารจัดการในการจัดหาเชื้อเพลิงชีวมวลป้อนโรงงานด้วยตนเอง ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ กัน เช่น การที่เชื้อเพลิงกระจาย การจัดหา รวบรวม ยังไม่มีประสิทธิภาพดีเพียงพอ และยังไม่มีความเป็นไปได้ที่จะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงชนิดเดียว โรงไฟฟ้าชีวมวลมีประโยชน์ต่อทั้งเกษตรกรผู้ปลูกพืชพลังงาน ชุมชนที่จะมีไฟฟ้าใช้อย่างพอเพียง และมีส่วนช่วยพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากในระดับท้องถิ่น ซึ่งส่วนใหญ่จัดหาเชื้อเพลิงสำหรับ ป้อนโรงไฟฟ้าชีวมวลอย่างหลากหลาย เช่น เศษวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตร (พืช ผัก ผลไม้, Green Focus, Green Network. (March 30, 2020) ปัญหาและอุปสรรคของการส่งเสริมและ พัฒนาชีวมวลของประเทศ ไทย มีประเด็นหลัก ๆ 1) การประเมินปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลสุทธิที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานในพื้นที่ต่างๆ เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา 2) ขาดการพัฒนากระบวนการ และเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการรวบรวมเพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงาน 3) ผู้ลงทุนมีความเสี่ยงในการรับซื้อวัตถุดิบ และสถาบันการเงินไม่อนุมัติเงิน และ 4) การต่อต้านจากชุมชน เนื่องจากก่อให้เกิดมลภาวะและสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้กับชุมชนในอดีต รวมถึงการขาดกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลของผู้ประกอบการ ทำให้ชุมชนไม่ยอมรับ และเกิดการต่อต้าน (Forster A. & Ferriman N., 2018) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย การพัฒนาระดับติดตามผลข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ พบว่า การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมีปัญหา 3 ประเด็นหลัก คือ 1) ปัญหาราคาชีวมวลเพิ่มขึ้น 2) ปัญหาปริมาณและคุณภาพเชื้อเพลิงชีวมวล ที่มาจากพืชซึ่งจะมีปริมาณตามฤดูกาล และการที่เชื้อเพลิงถูกมองว่าเป็นของเหลือ จึงไม่มีการควบคุมคุณภาพ 3) ปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจ ในเรื่องของการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่ (ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549)

เทคโนโลยีบล็อกเชน เป็นเทคโนโลยีที่จัดเก็บข้อมูลแบบ Shared Database หรือ ที่รู้จักกันในชื่อ “Distributed Ledger Technology (DLT)” มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ เนื่องจากรูปแบบการบันทึกข้อมูลรับประกันความปลอดภัยว่าข้อมูลที่ถูกบันทึกไปก่อนหน้านี้ไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลง หรือแก้ไข ซึ่งทุกผู้ใช้งานจะได้เห็นข้อมูลชุดเดียวกันทั้งหมด โดยใช้หลักการ Cryptography และความสามารถของ Distributed Computing เพื่อสร้างกลไกความน่าเชื่อถือ (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2564) สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินธุรกิจได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาราคาสินค้าที่ไม่เป็นธรรม เนื่องจากระบบสัญญาอัจฉริยะ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา โดยกำหนดราคาตามเงื่อนไขที่ได้ตกลงกันไว้ คือ ราคาที่เกษตรกรพึงพอใจ

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อนำสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contract) ในการกำกับการทำธุรกรรมระหว่างเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล ภายใต้ Ethereum Blockchain สำหรับการจำหน่ายหญ้าเนเปียร์ให้โรงไฟฟ้าชีวมวล ช่วยลดปัญหาราคาซื้อเพลิงที่ไม่เป็นธรรม เนื่องจาก Smart Contract ช่วยแก้ปัญหาความไม่โปร่งใสในการชำระเงินค่าหญ้า ทำให้เกษตรกรยินดีในการเข้าร่วมโครงการ

วิธีการดำเนินงาน ประกอบไปด้วยขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา และความต้องการของผู้ใช้

การวิเคราะห์ปัญหาของระบบการซื้อขายหญ้าเนเปียร์ของเกษตรกรกับวิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล การรวบรวมข้อมูลส่วนใหญ่มาจากการสอบถาม สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง และการวิเคราะห์แผนธุรกิจของวิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน อำเภอปะคำ จังหวัดบุรีรัมย์

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การทำธุรกรรมระหว่างเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการดำเนินงาน กำหนดขอบเขตของการออกแบบระบบสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) ว่า ระบบนี้จะครอบคลุม 4 ส่วน ได้แก่ การซื้อท่อนพันธุ์ การบริหารจัดการหญ้าเนเปียร์โดยวิสาหกิจชุมชน เกษตรกรผู้ปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อขายให้วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล ผู้รับซื้อหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตไฟฟ้าจากวิสาหกิจชุมชน ทั้งนี้ในบทความนี้ แสดงการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วย Use Case Diagram เท่านั้น

3. การพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะสำหรับการจำหน่ายหญ้าเนเปียร์ให้โรงไฟฟ้าชีวมวล

การพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะสำหรับการจำหน่ายหญ้าเนเปียร์ให้โรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ Hardhat เป็นเครื่องมือที่ใช้ compile deploy, test, และ debug สำหรับ Ethereum โดยระบบที่พัฒนาสามารถจัดการ Smart Contract โดย Hardhat มี Network ซึ่งเป็นเครือข่ายของ Ethereum

แบบ Local และมี Client ที่ติดต่อจากภายนอกได้ ฟังก์ชันการทำงานของ Hardhat มีมากกว่าบล็อกอื่น และสามารถเลือกได้ว่าต้องการ

การติดตั้ง Hardhat บน Windows ต้องติดตั้ง Git, Node.js ≥ 12.0 and Node Version Manager (NVM) โดยใช้ NPM CLI และ Node.js จัดการแพ็คเกจ และที่เก็บข้อมูลออนไลน์สำหรับโค้ด JavaScript

สำหรับการศึกษารั้งนี้ เลือกใช้บล็อกเชนแบบ permissioned เป็น public network เป็นเครือข่ายที่เข้าถึงข้อมูลที่เปิดแบบสาธารณะ อนุญาตให้ภายนอกเข้าถึงข้อมูล ได้แก่ Mainnet เป็นเครือข่ายที่ใช้เข้าถึง Blockchain

4. การทดสอบระบบ

สำหรับการศึกษารั้งนี้ ทดสอบสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) ในการกำกับการทำธุรกรรมระหว่างเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล ทดสอบการชำระเงินให้เกษตรกรแบบอัตโนมัติ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ปัญหา และความต้องการของผู้ใช้

1.1 ข้อมูลโรงไฟฟ้าชีวมวล

โรงไฟฟ้าชีวมวลในการศึกษารั้งนี้ เป็นโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้า ขนาด 9.9 MW เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) บริหารงานในนามของ บริษัทศรีวัฒนา กรีนเพาเวอร์ จำกัด (SGP) จังหวัดบุรีรัมย์ ระยะห่างจากพื้นที่ของวิสาหกิจชุมชน ประมาณ 40 กิโลเมตร วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน จึงเสนอทางเลือกในการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นเชื้อเพลิงทดแทน (วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน, 2564) สามารถส่งป้อนโรงไฟฟ้าได้ตลอดปี

1.2 ข้อมูลวิสาหกิจชุมชน

วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน เลือกใช้ท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์พันธุ์เขียวสยาม เพื่อให้เกษตรกรที่เป็นสมาชิก 28 คน มีที่ดินทั้งหมด 576 ไร่ ได้ทำสัญญาจะซื้อขายเชื้อเพลิง (MOU) กับบริษัทพีเอสซีโพรเฟสชั่นแนล จำกัด เพื่อขายให้โรงไฟฟ้าชีวมวล ศรีวัฒนากรีนเพาเวอร์ เป็นเวลา 20 ปี (2563-2683) โดยมีเป้าหมายจะจัดหาพื้นที่สำหรับปลูกหญ้า 1,500 ไร่ เพื่อปฏิบัติตามสัญญา ระหว่าง วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน กับบริษัทพีเอสซีโพรเฟสชั่นแนล (สัญญาซื้อขายพืชพลังงาน, 2563)

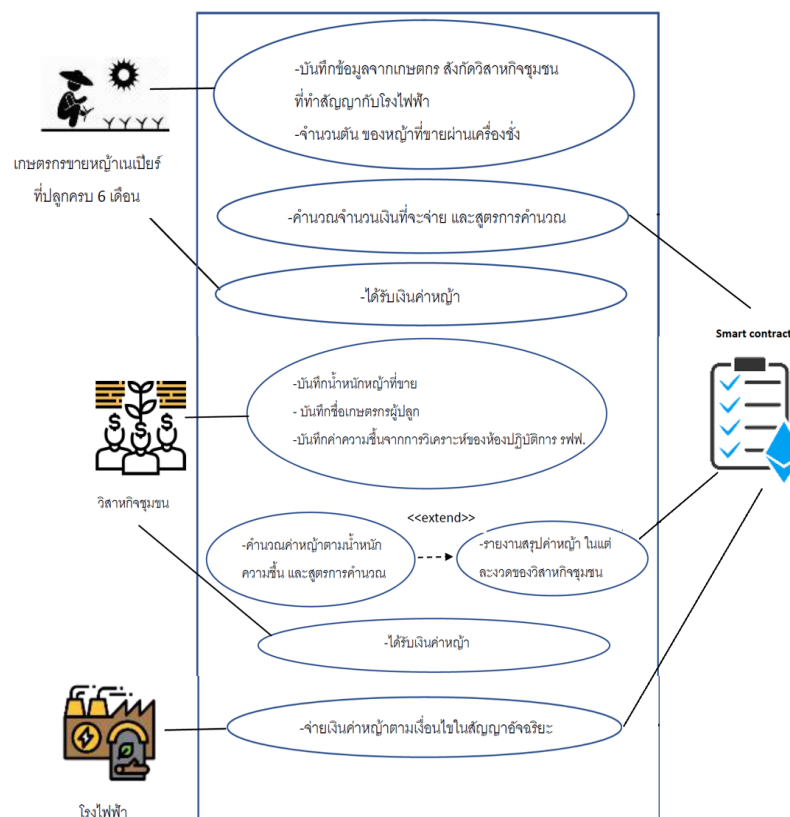
1.3 ระบบซื้อขายหญ้าเนเปียร์

วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน รับซื้อหญ้าเนเปียร์จากเกษตรกรที่เป็นสมาชิกปลูก เมื่อครบกำหนด 6 เดือน วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืนก็จะส่งแทรกเตอร์ไปตัดหญ้า และส่งให้โรงไฟฟ้า ทั้งนี้

วิสาหกิจชุมชนไม่สามารถควบคุมคุณภาพวัตถุดิบที่รับมาจากเกษตรกร ทั้งๆ ที่เป็นคนจ่ายเงินค่าหญ้าเนเปียร์โดยตรงให้เกษตรกร และจ่ายทันทีที่มาส่งให้ที่วิสาหกิจชุมชน ในขณะที่โรงไฟฟ้าจะจ่ายให้วิสาหกิจชุมชน เมื่อได้รับเงินจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งปัญหานี้เอง ทำให้เกิดความไม่โปร่งใสขึ้น เพราะราคาที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ smart contract ช่วยให้เกิดความโปร่งใส ในประเด็นของการซื้อขาย ที่ขึ้นกับความชื้น ซึ่งวิสาหกิจชุมชน ยอมรับความเสี่ยงแทนเกษตรกร กล่าวคือ เกษตรกร ส่งหญ้าความชื้นเท่าไรก็ได้ โดยราคากำหนดแค่น้ำหนัก ซึ่งถ้าระบบสมบูรณ์แบบ จะทำให้เกษตรกร เข้าใจปัญหา และปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น

2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผลการออกแบบระบบสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) ในการกำกับการทำธุรกรรมระหว่างเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล นำหลักการบางส่วนของ Objected-Oriented Design เพื่อมาวิเคราะห์และออกแบบระบบ ซึ่งในที่นี้ ได้นำเสนอแผนภาพ Use Case Diagram ในรูปที่ 1



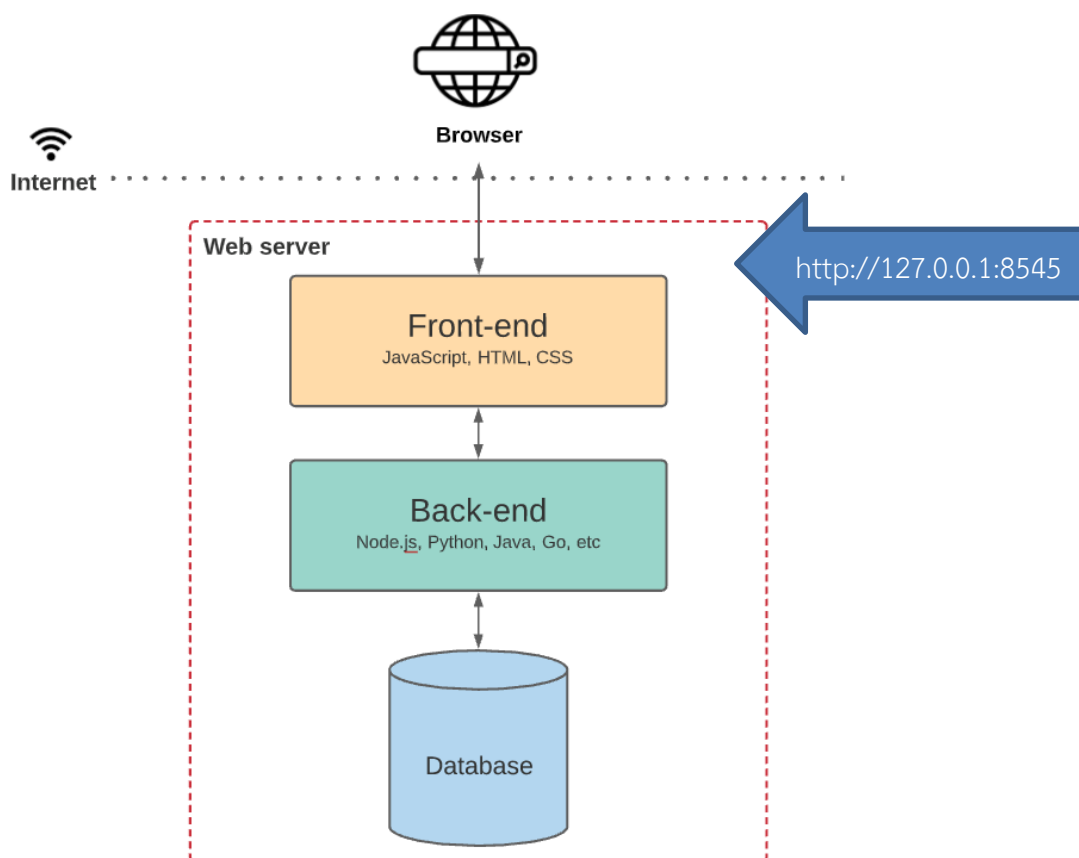
รูปที่ 1 use case diagram ระบบการซื้อขายหญ้าเนเปียร์ด้วยสัญญาอัจฉริยะ

3. ผลการพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะสำหรับการจำหน่ายหน่วยเนเปียร์ให้โรงไฟฟ้าชีวมวล

ผลการพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) ในการกำกับการทำธุรกรรมระหว่างเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล ใช้ Hardhat เป็นเครื่องมือ และยังมีเครื่องมือต่างๆ เช่น Node.js, Git, yarn, oracle เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ มีผลการดำเนินการตามขั้นตอนในการพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะด้วย Hardhat มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการตั้งค่าสภาพแวดล้อม

ผลการติดตั้งไลบรารีและเครื่องมือใน Hardhat สำหรับพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะ Ethereum ที่เขียนด้วย JavaScript และการติดตั้ง Node.js >=12.0 บน Windows ผลการติดตั้ง Npm มา กับ node.js สำหรับพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะ ใน local host ได้ แก่ <http://127.0.0.1:8545> แสดงสถาปัตยกรรม web3 application ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สถาปัตยกรรม Web3 Application

3.2 ผลการติดตั้งไลบรารีและเครื่องมือใน Hardhat

สำหรับพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะ Ethereum ที่เขียนด้วย JavaScript และการติดตั้ง Node.js >=12.0 บน Windows ผลการติดตั้ง npm มากับ node.js สำหรับพัฒนาระบบสัญญาอัจฉริยะ ใน local

3.3 ผลการสร้างโทเคน Solidity smart contract

เริ่มจาก 1. สร้าง project 2. สร้าง Account และ Private key 3. เขียน contract 4. Contract deployment 5. Transaction และ 6. การซื้อขายผ่าน smart contract มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ผลสร้าง Project

โปรเจกต์นี้ ผสานรวมเครื่องมืออื่นๆ ควบคู่ไปกับ Hardhat มาพร้อมกับสัญญาซื้อขายผลผลิตทางการเกษตรแบบ decentralized ซึ่งในที่นี้ คือ De-agriculture-contract

3.3.2 ผลการสร้าง Account และ Private key

หลังจากรัน npx hardhat node ผลที่ได้ คือ การสร้าง Account และ Private key บนเครือข่าย Ethereum ด้วย Hardhat บน Mainnet แสดงในรูปแบบที่ 3

```
Microsoft Windows [Version 10.0.19043.1466]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Lenovo>E:
E:\>cd de-agriculture-final
E:\de-agriculture-final>yarn test-rpc
yarn run v1.22.17
$ npx hardhat node
Started HTTP and WebSocket JSON-RPC server at http://127.0.0.1:8545/

Accounts
=====

WARNING: These accounts, and their private keys, are publicly known.
Any funds sent to them on Mainnet or any other live network WILL BE LOST.

Account #0: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266 (10000 ETH)
Private Key: 0xac0974bec39a17e36ba4a6b4d238ff944bacb478cbed5efcae784d7bf4f2ff80

Account #1: 0x70997970c51812dc3a010c7d01b50e0d17dc79c8 (10000 ETH)
Private Key: 0x59c6995e998f97a5a0044966f0945389dc9e86dae88c7a8412f4603b6b78690d

Account #2: 0x3c44cdddb6a900fa2b585dd299e03d12fa4293bc (10000 ETH)
Private Key: 0x5de4111afa1a4b94908f83103eb1f1706367c2e68ca870fc3fb9a804cdab365a
```

รูปที่ 3 ผลการสร้าง Account และ Private key

จากรูปที่ 3 ผลของคำสั่ง npx hardhat node พบว่าเป็นอินเทอร์เฟซ JSON-RPC server กับ Hardhat Network ใช้เชื่อมต่อกระเป๋าสตางค์หรือแอปพลิเคชันกับ http://127.0.0.1:8545 ซึ่ง เป็น local host ผลที่ได้ สามารถสร้าง account สำหรับ

20 users ได้แก่ account No. 0 - No. 19 และกำหนดให้แต่ละรายมีเงินคริปโต 10000 ETH ทั้งนี้ กำหนดให้บัญชีแรก Account #0 เป็นผู้ควบคุมระบบ ได้แก่ วิชาหกิจชุมชนปะค้ายั่งยืน เป็นบัญชีที่ระบุธุรกรรมบนเครือข่ายหลัก และ private key ซึ่งมีข้อควรระวังสำหรับ private key ที่ได้เป็น public key ไม่ปลอดภัยในการทำธุรกรรมที่ใช้กับเงินจริงๆ

3.3.3 ผลการ Contract deployment

เป็นการรับข้อมูลจากเนื้อหาของเงื่อนไขสัญญาซื้อขายระหว่างวิชาหกิจชุมชนและเกษตรกรที่เป็นสมาชิก เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความชื้นที่ยอมรับได้ ราคาที่ตกลงรับซื้อ เป็นต้น แสดงในรูปที่ 4

```
web3_clientVersion (2)
eth_chainId
eth_accounts
eth_blockNumber
eth_chainId (2)
eth_estimateGas
eth_getBlockByNumber
eth_feeHistory
eth_sendTransaction
Contract deployment: <UnrecognizedContract>
Contract address: 0x5fbdb2315678afecb367f032d93f642f64180aa3
Transaction: 0xec95ff14808a8223500659def0b597ae223496d245ef8566f20a194f1c88c434
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
Value: 0 ETH
Gas used: 1850867 of 1850867
Block #1: 0x44703e5fb21892b8569579fe0f91d0cac86b17c7eddaf93dcbf018488ca61e7b
```

รูปที่ 4 Contract deployment แสดงข้อมูลใน Block #1

จากรูปที่ 4 เริ่มต้นจาก Account #0 Block #1: Contract deployment (XXXX) คำสั่งที่สำคัญคือ chainid, getTransactionByHash, getTransactionReceipt, accounts, estimateGas, feeHistory, sendTransaction

ผลของ Oracle เป็นตัวรับส่ง input/output ที่อยู่นอกระบบ Blockchain เช่น ข้อมูลผลค่าความชื้นที่วัดได้จากโรงไฟฟ้า และน้ำหนักของหญ้าที่นำส่งในวันเวลานั้น ๆ เป็นต้น แสดงในรูปที่ 5

```

eth_chainId
eth_getTransactionByHash
eth_chainId
eth_getTransactionReceipt
eth_accounts
eth_chainId
eth_estimateGas
eth_feeHistory
eth_sendTransaction
Contract deployment: Oracle
Contract address: 0xe7f1725e7734ce288f8367e1bb143e90bb3f0512
Transaction: 0x49ab088ea027503471546953f8112ac68d940e1647b96cb81e63e97f908e2dc7
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
Value: 0 ETH
Gas used: 518734 of 518734
Block #2: 0x029b84f55f3fc04fce1eb100b579f252e41052a92dab3483e5f38a71f47c510d

```

รูปที่ 5 Block #2: Contract deployment: Oracle

จากรูปที่ 5 มี Oracle เป็นตัวรับส่ง input/output ที่อยู่นอกระบบ Blockchain

- เริ่มต้นจาก Account #0 Contract deployment: deAgriculture
- คำสั่งที่สำคัญ Block #3: DeAgriculture#AcceptedERC20, DeAgriculture#getOracle, Oracle#getPrice, DeAgriculture#calculated, DeAgriculture#addFarmer แสดงในรูปที่ 6

```

eth_sendTransaction
Contract deployment: DeAgriCulture
Contract address: 0x9fe46736679d2d9a65f0992f2272de9f3c7fa6e0
Transaction: 0x7651a6c32f3a749155b5ba1d52c01febfc1ce47324dec178512a31354d741c74
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
Value: 0 ETH
Gas used: 1921103 of 1921103
Block #3: 0x21d895c605c470524dcfbd4c96bfd1319cf7c29bbb916d4339d4ef9e9ab97c9

eth_chainId
eth_getTransactionByHash
eth_chainId
eth_getTransactionReceipt
eth_chainId
eth_call
Contract call: DeAgriCulture#acceptedERC20
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
To: 0x9fe46736679d2d9a65f0992f2272de9f3c7fa6e0

eth_chainId
eth_call
Contract call: DeAgriCulture#getOracle
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
To: 0x9fe46736679d2d9a65f0992f2272de9f3c7fa6e0

eth_chainId
eth_call

```

รูปที่ 6 Block #3: Contract deployment

3.3.4 ผลการรับส่งข้อมูล (Transaction)

เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่าง 4 entities ได้แก่ วิสาหกิจชุมชน เกษตรกร โรงไฟฟ้า ชีวมวล และผู้ขายท่อนพันธุ์ แสดงในรูปที่ 7

```
eth_sendTransaction
Contract call: DeAgriCulture#addFarmer
Transaction: 0xb96c196f6f2001d34ddaedef2b1bd0179f6eb929a06d6ce987c5c2df9a4b884d
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
To: 0x9fe46736679d2d9a65f0992f2272de9f3c7fa6e0
Value: 0 ETH
Gas used: 48184 of 48184
Block #4: 0x0b1e6539fd1eeb26c5354efce19569f9b4859caee2d50623f0b0e1476ac08f58

eth_chainId
eth_getTransactionByHash
eth_chainId
eth_estimateGas
eth_feeHistory
eth_sendTransaction
Contract call: <UnrecognizedContract>
Transaction: 0xc2e7e51e00da135f94abde5adb48b44a46c0caa223cb166137360fbfd420c227
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
To: 0x5fbdb2315678afecb367f032d93f642f64180aa3
Value: 0 ETH
Gas used: 47216 of 47216
Block #5: 0xd6b1c115c223a56f6fd4afba7f05cd3509980693ad136958abaacf66b67d3756

eth_chainId
eth_getTransactionByHash
eth_chainId
eth_call
Contract call: <UnrecognizedContract>
From: 0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
To: 0x5fbdb2315678afecb367f032d93f642f64180aa3

eth_chainId
eth_call
```

รูปที่ 7 Transaction แสดงข้อมูลใน Block #4 และ Block #5

จากรูปที่ 7 ผล Transaction ทำงานตามขั้นตอนดังนี้

- Block #4, เริ่มต้นโดย Account #0
- คำสั่งที่สำคัญคือ ตรวจสอบ deAgriculture#addFarmer,
- Block #5, เริ่มต้นจาก Account #0
- คำสั่งที่สำคัญคือ รับค่า Gas เป็น ERC20

4. ผลการทดสอบระบบ

4.1 ผลการตรวจสอบ smart contract

ทดสอบ run โปรแกรม พบว่า การรับ-ส่งข้อมูล ระหว่าง วิสาหกิจชุมชน และ เกษตรกรถูกต้องร้อยละ 100 แสดงในรูปที่ 8

```

eth_feellist
eth_sendTransaction
  Contract call:      DeAgriCulture#buy
  Transaction:        0xa1817ab63f56bf27431e597592b955715deb41bf17fa4d8be589506cd85a5b25
  From:               0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
  To:                 0x9fe46736679d2d9a65f0992f2272de9f3c7fa6e0
  Value:              0 ETH
  Gas used:           78579 of 78579
  Block #6:           0x1235bca4f6e49e3c228b91a8e11b333ee0d2713bbeed8f8e402747b9562a469

eth_chainId
eth_getTransactionByHash
eth_chainId
eth_call
  Contract call:      Oracle#getPrice
  From:               0xf39fd6e51aad88f6f4ce6ab8827279cfff92266
  To:                 0xe7f1725e7734ce288f8367e1bb143e90bb3f0512

eth_chainId
eth_call

```

รูปที่ 8 การตรวจสอบสัญญา แสดงข้อมูลใน Block#6

จากรูปที่ 8 Block #6 ตรวจสอบสัญญา DeAgriculture#Buy, Oracle#getPrice, AcceptERC20, AcceptUSDT ทำงานตามขั้นตอนดังนี้

- การทดสอบอัตโนมัติสำหรับสัญญาโดยใช้ Ethers.js (opens new window) และ Waffle (opens new window)
- การดีบั๊ก Solidity ด้วย console.log() โดยใช้ Hardhat Network
- การ deploy สัญญากับ Hardhat Network และ Ethereum testnets

4.2 ผลการซื้อขายผ่าน Smart Contract

แสดงผลการซื้อขายหญ้าเนเปียร์ ระหว่างผู้ขาย คือ “Biomassseller[farmer]” และผู้ซื้อ คือ “PakumCommunityEnterprise[buyer]” แสดงในรูปที่ 9

จากรูปที่ 9 ข้อมูลในการซื้อขายผ่าน Smart Contract (สัญญาอัจฉริยะ) ใช้เหรียญคิบโทประเภท Stable ชื่อ United States Dollar Tether และรับค่า Gas ในสัญญาเป็น ERC20 มีการเชื่อมต่อกับระบบ Oracle ของเครื่องชั่งน้ำหนักของโรงไฟฟ้า ชื่อ Blockchain คือ DeAgricultural ใช้ภาษา Solidity มีผู้ขาย คือ “Biomassseller[farmer]” และผู้ซื้อ คือ “PakumCommunity Enterprise[buyer]” ราคาหญ้ากิโลกรัมละ 0.015 USDT (หรือ 495 บาทต่อตัน)

```
Microsoft Windows [Version 10.0.19043.1466]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Lenovo>E:

E:\>cd de-agriculture-final

E:\de-agriculture-final>yarn deploy:e2e:hardhat
yarn run v1.22.17
$ npx hardhat run scripts/e2e.js --network localhost
USDT contract deployed at: 0x5FbDB2315678afecb367f032d93F642f64180aa3
Oracle contract deployed at: 0xe7f1725E7734CE288F8367e1Bb143E90bb3F0512
DeAgriCulture contract deployed at: 0x9fE46736679d2D9a65F0992F2272dE9f3c7fa6e0
Accept ERC20 Token address: 0x5FbDB2315678afecb367f032d93F642f64180aa3
Oracle address: 0xe7f1725E7734CE288F8367e1Bb143E90bb3F0512
getPice per Kg from oracle: 0.015 USDT
Try calculate 5000 Kg price: 75.0 USDT
Alice[buyer] initial balance: 1000000.0 USDT
BOB[farmer] initial balance: 0.0 USDT
Alice[buyer] balance after buy from 5000kg from Bob[farmer] for 0.015 USDT : 999925.0 USDT
Bob[farmer] balance after: 75.0 USDT
Done in 13.00s.

E:\de-agriculture-final>
```

รูปที่ 9 ข้อมูลในการซื้อขายผ่าน Smart Contract

5. สรุปผลการศึกษา

การซื้อขายผ่าน Smart Contract ช่วยให้ระบบการซื้อขายหญ้าเนเปียร์ของเกษตรกรกับวิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล มีความโปร่งใส เนื่องจาก ทั้งเกษตรกรผู้ปลูก วิสาหกิจชุมชน ซึ่งเป็นผู้จัดการในการขายท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์ รับซื้อหญ้าเนเปียร์เพื่อนำไปขาย และโรงไฟฟ้าชีวมวล ทั้ง 3 ฝ่ายสามารถเห็นว่าการซื้อขายจริง ตามเงื่อนไขที่ตกลงกัน โดยจัดเก็บหลักฐานข้อมูล ไม่สามารถแก้ไขได้ และทุกฝ่ายตรวจสอบได้

การกำกับการทำธุรกรรมระหว่างเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และโรงไฟฟ้าชีวมวล ด้วยระบบสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contract) ภายใต้ Blockchain พบว่า Blockchain ที่พัฒนาขึ้นรองรับผู้ใช้ได้ 20 ราย มีการระบุเงื่อนไขตามที่กำหนดในสัญญา คือ ค่าความชื้นที่ยอมรับได้ และราคาที่รับซื้อต่อกิโลกรัม การรับ-ส่งข้อมูล ระหว่าง วิสาหกิจชุมชน และเกษตรกรถูกต้อง การโอนเงินค่าหญ้าเนเปียร์จากโรงไฟฟ้าชีวมวล ไปยังวิสาหกิจชุมชน ใช้เหรียญ stable coin ชื่อ United States Dollar Tether และรับค่า Gas ในสัญญาเป็น ERC20 ผ่าน Smart Contract ถูกต้องตามเงื่อนไขร้อยละ

6. การอภิปรายผล

1. การกำหนดมาตรฐานด้านราคา ที่จะจำหน่ายให้แก่โรงไฟฟ้าชีวมวล ยังมีปัญหาเรื่องของการขึ้น เนื่องจากแทรกเตอร์ที่ดัดแปลงใช้ในการตัด สับ และบีบอัดไล่ความชื้นหญ้าเนเปียร์ ยังทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพในการบีบไล่ความชื้น หลังจากนั้นต้องมีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2. เงื่อนไขที่นำมาใช้ในการพัฒนา Blockchain ได้มาจากบันทึกข้อตกลง (MOU) ระหว่างโรงไฟฟ้าชีวมวล และวิสาหกิจชุมชนที่ร่วมศึกษา ดังนั้นในการใช้งานจริงอาจสามารถเปลี่ยนแปลงราคาที่ได้รับซื้อ และกำหนดการชำระเงินได้

3. เนื่องจากในปัจจุบันธนาคารแห่งประเทศไทย ยังไม่ได้ให้การรับรองเงินดิจิทัลสกุลใด ๆ ในการชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ใช้เลือกใช้สกุลเงิน Stable coin เช่น United States Dollar Tether ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ US dollar ในการเขียน Blockchain ซึ่งคาดว่าในเร็ว ๆ นี้ ธนาคารแห่งประเทศไทยจะให้การรับรองให้ใช้ Stable coin ในการชำระค่าสินค้า และบริการได้ (ชปท.,ก.ล.ต. และ กค., 25 มกราคม 2565)

4. สามารถนำต้นแบบระบบซื้อขายด้วยสัญญาอัจฉริยะนี้ไปพัฒนาต่อยอดเป็น Platform ที่ใช้ในการทำธุรกรรม ระหว่างโรงไฟฟ้าชีวมวล วิสาหกิจชุมชน และเกษตรกรผู้ปลูกหญ้าเนเปียร์ หรือธุรกรรมในการซื้อขายผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่นๆ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. เมื่อกฎหมายอนุญาตให้มีการใช้เงินดิจิทัลในการชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย ควรเลือกใช้สกุลเงิน Stable coin เช่น United States Dollars Tether ซึ่งมีค่าอ้างอิงได้กับ US dollar โดยผูกค่ากับ US CBDC (Central Bank Digital Currency) ที่ธนาคารกลางสหรัฐอเมริกาเป็นผู้รับรอง ซึ่งธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถศึกษาเปรียบเทียบได้ในอนาคตเพื่อนำมาใช้ต่อไป

2. ควรมีการศึกษาศักยภาพของเกษตรกรในการใช้สัญญาอัจฉริยะ เพื่อประเมินความพร้อมทางด้านดิจิทัล การใช้งานแอปพลิเคชัน และอินเทอร์เน็ตแบบกึ่งบนมือถือ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดอบรม หรือสนับสนุนเกษตรกรให้มีทางเลือกในการขายผลิตผลด้วยความคล่องตัว และความเป็นธรรมในการทำธุรกิจ

3. ควรมีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระดับความชื้นของหญ้าเนเปียร์ เพื่อใช้ในการกำหนดมาตรฐานด้านราคากลาง ที่เป็นที่ยอมรับระหว่างโรงไฟฟ้าชีวมวล และเกษตรกร หรือวิสาหกิจชุมชนในแต่ละจังหวัด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มรว.วรากร วรวรรณ ที่ได้แนะนำโครงการของวิสาหกิจปะคำยั่งยืน จังหวัดบุรีรัมย์ รวมถึงความรู้เกี่ยวกับการปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อขายให้แก่โรงไฟฟ้า คุณประกิต ยี่หวางค์ ประธานวิสาหกิจปะคำยั่งยืน ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ การใช้เงินทุนหมุนเวียน การดำเนินโครงการ และนัดหมายเกษตรกร เพื่อเข้าร่วมโครงการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์ ที่ได้อนุญาตให้เปิดเผยข้อมูลโครงการ และแนะนำท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์ ในเชิงลึก

เอกสารอ้างอิง

- นันทา จันทร์พิทักษ์ และรัฐพล มณฑา. (2562). การพัฒนาระบบบริหารสหกรณ์โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน. *Journal of Information Science and Technology*. 2019(2), Jul-Dec, 1-12. ค้นหาที่ <https://www.greennetworkthailand.com/green-network-issues-2020/>
- พิชัย ถิ่นสันติสุข, Green Focus, Green Network. (2563). โรงไฟฟ้าชุมชนชีวมวล ขึ้นต้นเป็นมะลิซ้อนพอแตกใบอ่อนเป็นมะลิลา. ค้นหาที่ <https://www.greennetworkthailand.com/โรงไฟฟ้าชุมชนชีวมวล>
- ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ กระทรวงการคลัง. (2565). แฉลงข่าวร่วมกันกำหนดแนวทางกำกับดูแลการนำสินทรัพย์ดิจิทัลมาใช้เป็นสื่อกลางชำระค่าสินค้าและบริการ ค้นหาที่ https://www.bot.or.th/Thai/AboutBOT/Activities/Pages/JointPress_25012022.aspx
- วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน. (2564). แผนธุรกิจ: โครงการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืชพลังงานหญ้าเนเปียร์เขียวสยาม พื้นที่ 3,000 ไร่. 25 กรกฎาคม 2564.
- ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2549). การพัฒนาระดับติดตามผลข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ. บทสรุปผู้บริหาร เสนอต่อกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. ค้นหาที่ https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/บทสรุปผู้บริหาร_2.pdf
- สัญญาจะซื้อจะขายเชื้อเพลิง (พืชพลังงาน) ระหว่าง วิสาหกิจชุมชนปะคำยั่งยืน กับบริษัทพีเอสซีไพรเฟสชั่นแนล จำกัด สำหรับ โรงไฟฟ้าชีวมวล ศรีวัฒนากรีนพาวเวอร์ จังหวัดบุรีรัมย์ สัญญาเลขที่ 10/2563 ลงวันที่ 9 พฤศจิกายน 2563.

- Forster A. & Ferriman N. (2018). **Blockchain: A revolutionary idea whose time has come?**. Interdisciplinary Studies Journal. 18(1), Jan-Jun, 287-306. Available at <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/sahasart/article/view/223393>
- Frankenfield, J. (May 12, 2022). **Tether (USDT). What investors need to know about ALTCOINS.** Available at <https://www.investopedia.com/terms/t/tether-usdt.asp>
- The Bangkok Insight Editorial Team. (2564). **ปัญหาและอุปสรรคของโรงไฟฟ้าชีวมวล.** ค้นหาที่ <https://www.thebangkokinsight.com/news/the-bangkok-insight-th/717507/>