บทที่ 4

ระบบมัลติสเตทเฟลช

(MULTI-STAGE FLASH SYSTEM)

บทนำ

ระบบมัลติสเตทเฟลช (Multi-Stage Flash) เป็นการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล โดยการให้ความร้อนกับน้ำทะเล จนกระทั่งเดือดกลายเป็นไอภายใต้สูญญากาศ ไอที่เดือดจะถูกควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำเกาะที่ผิวท่อหล่อเย็น (The cooler tube bundle) และสะสมรวมกันเป็นน้ำกลั่น

การเดือดเกิดจากการให้ความร้อนกับน้ำทะเล ให้เกิดการปั่นป่วนในภาชนะที่มีความดันไอต่ำกว่าน้ำทะเลที่นำเข้ามา ความร้อนที่ให้กับน้ำทะเลถูกเปลี่ยนเป็นไอจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำทะเลถึงจุดอิ่มตัวภายในภาชนะเก็บความดัน น้ำทะเลที่ร้อนจะเดือดเมื่อลดความดัน ไอน้ำที่บริสุทธิ์จะควบแน่นเป็นน้ำกลั่นบนท่อควบแน่น

การทำให้เกิดสูญญากาศในตอนเริ่มแรก โดยใช้หัวฉีดอากาศขับเคลื่อนด้วยไอน้ำความดันสูง (a high-pressure steam-driven air ejector)

ระบบหมุนเวียนน้ำทะเลถูกออกแบบให้ทำงานที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสขึ้นไป ดังนั้น เพื่อให้แต่ละหน่วยมีอายุการใช้งานยาวนาน จึงต้องยับยั้งการเกิดตะกรันขึ้นที่ผิวของการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้วิธีการปรับสภาพน้ำด้วยกรด

เทคนิคการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลนี้ ได้มีการพัฒนาให้มีความเชื่อมั่นเพื่อลดปัญหาใหญ่ๆ เช่น การกรอง การกัดกร่อน การเติมสารเคมีและการเกิดตะกรัน

กระบวนการมัลติสเตทเฟลช

พลังงานในรูปแบบของไอน้ำความร้อน (LP steam) ถูกป้อนให้กับเชลล์ตัวแรก (ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุด) ไอน้ำความร้อนถูกควบแน่นในกลุ่มท่อ และปลดปล่อยความร้อนเพื่อทำให้น้ำทะเลซึ่งสเปรย์อยู่เหนือกลุ่มท่อให้กลายเป็นไอ

การควบแน่นของไอน้ำความร้อน 1 กิโลกรัม ภายในกลุ่มท่อให้ความร้อน ทำให้เกิดไอน้ำในปริมาณใกล้เคียงกับภายนอกท่อ ไอน้ำที่เกิดขึ้นใหม่จะทำให้เกิดการควบแน่นที่กลุ่มท่อถัดมาที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอันแรก

น้ำทะเลที่ผ่านการกรองเข้าไปยังท่อควบแน่นของขั้นตอนการให้ความร้อน น้ำทะเลที่เย็นจะไหลผ่านท่อควบแน่น เพื่อกระจายความร้อนในขั้นสุดท้าย ส่วนหนึ่งของน้ำหล่อเย็นจะถูกนำมาเป็นน้ำป้อน (make up water) และส่วนใหญ่จะไหลกลับลงสู่ทะเล น้ำป้อนต้องผ่านการขจัดอากาศก่อนเพื่อขจัดก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้ (the non condensible gases)และปรับสภาพน้ำด้วยกรดซัลฟุริก เพื่อควบคุมการเกิดตะกรัน น้ำทะเลที่ขจัดอากาศออกแล้วจะถูกปั๊มผ่านไปที่ท่อควบแน่นของขั้นตอนหมุนเวียนความร้อน (heat recovery stage) และเครื่องอุ่นน้ำทะเล (brine heater) ดังรูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมของเครื่องกลั่นมัลติสเตทเฟลช

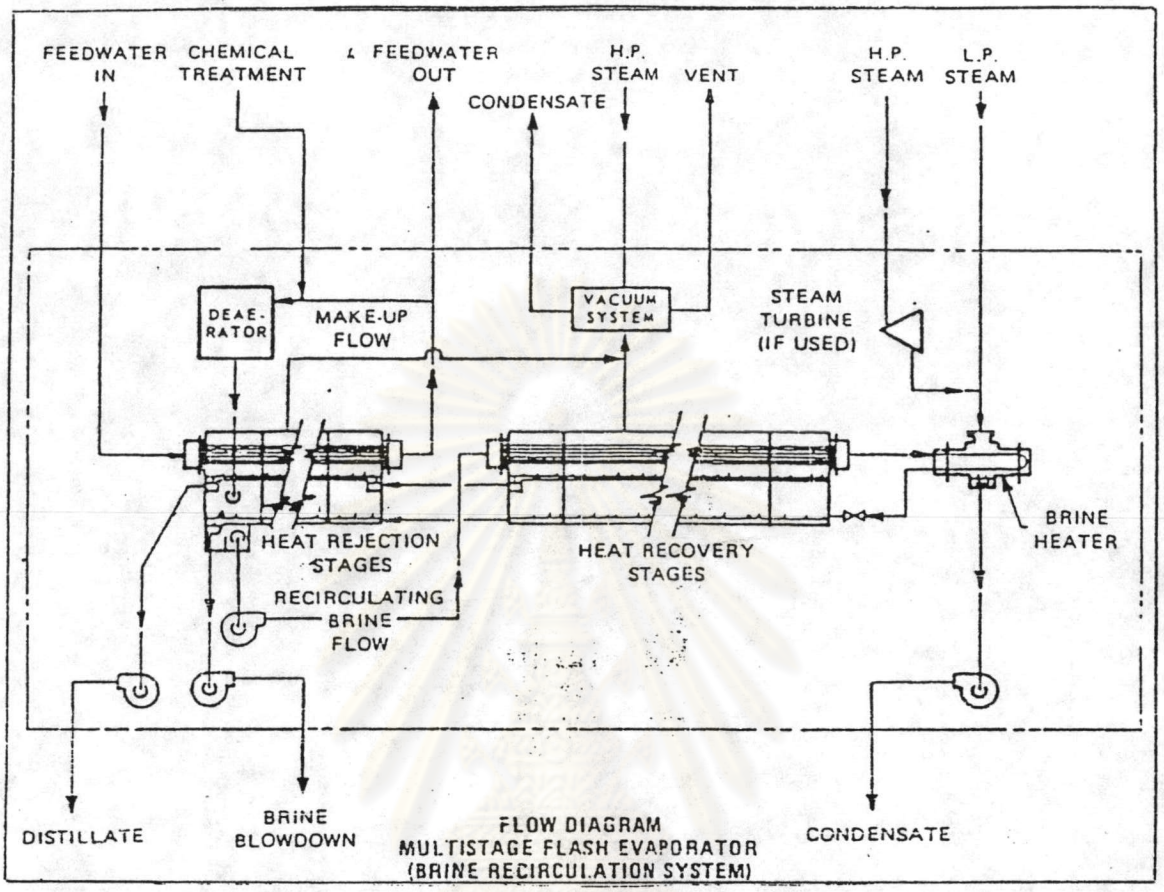
เพื่อที่จะรักษาสมดุลภายในระบบ (ควบคุมความหนาแน่นของน้ำทะเล) ส่วนของน้ำทะเลที่เข้มข้นจากขั้นตอนสุดท้ายถูกปล่อยลงสู่มหาสมุทร ควบคุมปริมาณการไหลโดยระดับของน้ำทะเลในขั้นตอนสุดท้าย

น้ำทะเลจะถูกส่งตรงไปยังชั้นภายนอกของขั้นตอนแรก เพื่อทำให้เดือด น้ำทะเลไหลเวียนอย่างต่อเนื่องจากขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย เกิดการเดือดขึ้นภายในแต่ละขั้นตอนและปล่อยน้ำทะเลออกมาในขั้นตอนสุดท้าย

1. อิเจคโตรคอมเพรชชั่น (Ejectocompression)

อิเจคโตรคอมเพรสชั่น คือ การอัดไอน้ำที่อิ่มตัวจำนวนหนึ่ง (Q) ด้วยความดัน P ไปจนถึงความดัน P+DP ทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวเพิ่มขึ้นจาก T เป็น T+DT

การอัดที่ได้รับภายในอิเจคเตอร์ (Ejector) เรียกว่า อิเจคโตคอมเพรสเซอร์ (Ejectocompressor) โดยใช้ไอน้ำเคลื่อนที่ ในที่นี้คือ ไอน้ำความดันต่ำที่มีด้วยความดันสูงกว่าปริมาณหนึ่ง (Q_0)



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมของเครื่องกลั่นมัลติสเตทเฟลช

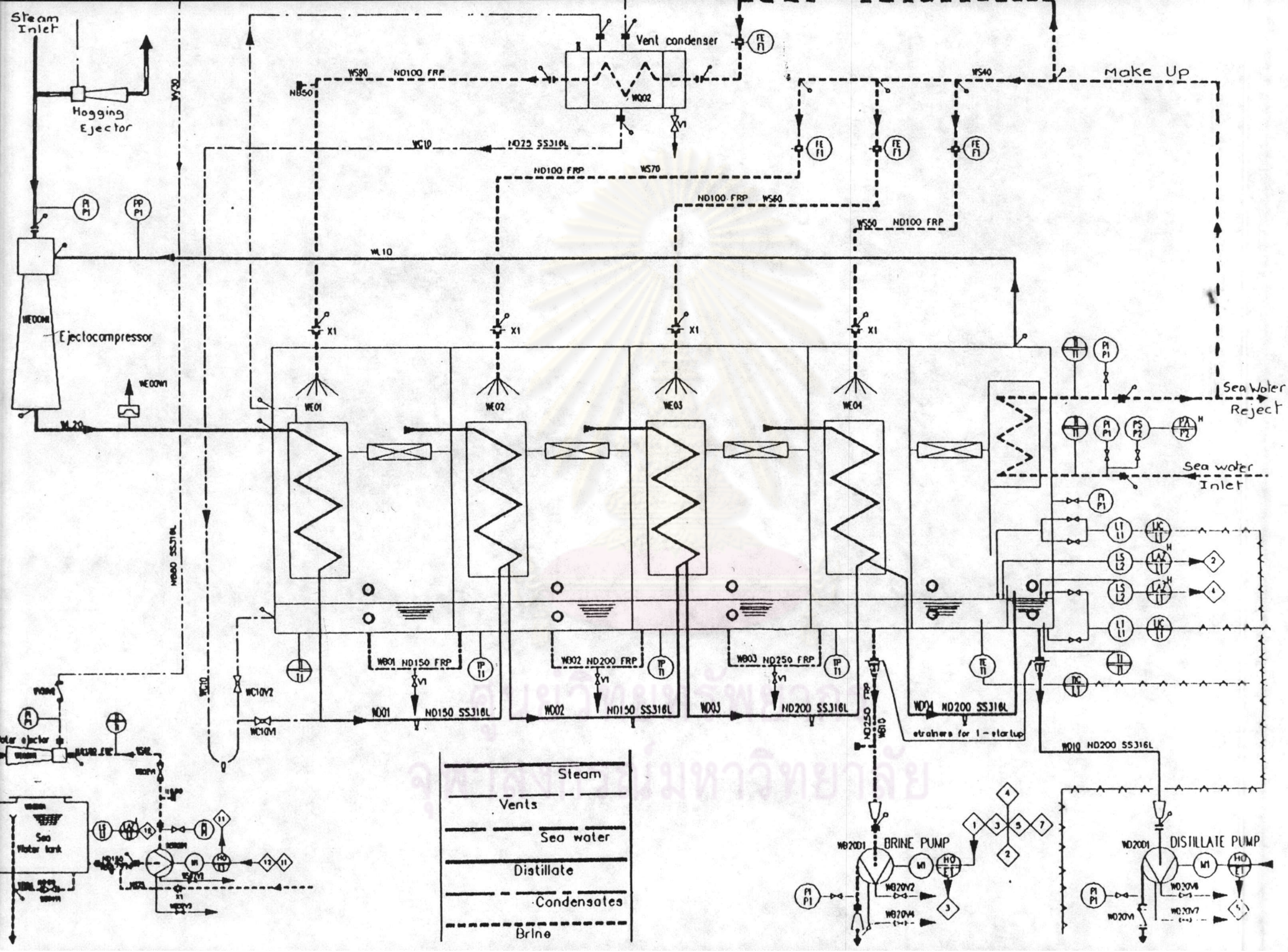
ภายในเครื่องระเหย ไอน้ำที่เกิดขึ้นเพียงบางส่วนในเซลตัวสุดท้ายจะถูกอัดและควบแน่นภายในกลุ่มท่อความร้อนของเซลตัวแรก

เมื่อเกิดการควบแน่น กดอัดร่วมกับไอน้ำเคลื่อนที่ ทำให้เกิดไอน้ำจำนวนเท่ากับที่เกิดขึ้นในเซลตัวแรก

2. ขบวนการผลิต

น้ำทะเลถูกป้อนเข้าไปในเซลสุดท้าย โดยไหลผ่านไปที่เครื่องควบแน่น หน้าที่หลัก คือ การให้ความร้อนกับน้ำทะเลภายในเครื่องระเหย ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.2

เมื่อน้ำทะเลออกจากเครื่องควบแน่น น้ำทะเลส่วนหนึ่งจะถูกขจัดออกไป ส่วนที่เหลือเรียกว่า น้ำทะเลป้อน (sea water make up) ถูกสเปรย์ลงบนกลุ่มความร้อนหลังจากที่เติมสารป้องกันตะกรันแล้ว



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภายในเซลหนึ่งเซล น้ำทะเลส่วนหนึ่งจะกลายเป็นไอ ส่วนที่เหลือเป็นน้ำทะเลเข้มข้น (brine) จะไหลลงไปยังด้านล่างของเซล ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าไปภายในกลุ่มท่อความร้อนที่ติดกันและเกิดการควบแน่นขึ้น

น้ำทะเลที่เข้มข้นจะสะสมที่ด้านล่างของเซล และไหลผ่านไปตามเซล น้ำกลั่นที่ได้จากเซลตัวแรกจะสะสมและรวมกับน้ำกลั่นของเซลถัดไป

ในเซลสุดท้าย ไอน้ำที่เกิดขึ้นบางส่วนจะถูกควบแน่นเหนือเครื่องควบแน่น ไอน้ำที่คงเหลืออยู่ถูกดูดและกดอัดโดยอิเจคโตคอมเพรสเซอร์ ซึ่งทำงานโดยไอน้ำเคลื่อนที่ (Q_0) เมื่อออกจากอิเจคโตคอมเพรสเซอร์ ส่วนผสมระหว่างไอน้ำเคลื่อนที่ และไอน้ำจากเซลที่สี่จะถูกป้อนเข้าไปยังกลุ่มความร้อนของเซลตัวแรก เพื่อให้ความร้อนและเกิดการควบแน่นขึ้น

เพื่อป้องกันไม่ให้ปริมาณความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้สูงเกินไป จำนวนของน้ำทะเลชดเชยจะมากกว่าน้ำกลั่นที่ผลิตได้ น้ำทะเลเข้มข้นถูกปล่อยทิ้งทางด้านล่างของเซลสุดท้าย

ขณะที่การกลั่นน้ำทะเลกระทำที่อุณหภูมิต่ำ จึงจำเป็นที่จะต้องรักษาความดันภายในเซลให้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัว ขจัดอากาศ และก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้ออกจากเซลระเหย

3. ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการมัลติเสตท

กำลังการผลิต 62.5 ตันต่อชั่วโมง

ใช้พลังงานไอน้ำ 72.1 ตันต่อชั่วโมง

น้ำทะเลไหลเข้าในอัตรา 430 ตันต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส รวมกับน้ำทะเลที่ชดเชย 186 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งสเปรย์เป็นจำนวนเท่ากันในแต่ละเซล ส่วนน้ำทะเลที่ปล่อยทิ้ง มีอุณหภูมิ 48.5 องศาเซลเซียส

ป้อนไอน้ำอิ่มตัวที่ 2.5 bar g. อุณหภูมิ 138 องศาเซลเซียส จำนวน 9.6 ตันต่อชั่วโมง ไปยังเทอร์โมคอมเพรสเซอร์

การไหลของตัวควบแน่น

นำไอน้ำความดันต่ำ (low pressure steam) มาใช้เพื่อให้ความร้อนกับน้ำทะเลไหลเวียนที่ไหลผ่านท่อของเครื่องอุ่นน้ำทะเล ต่อท่อของไอน้ำความดันต่ำไปยังชั้นนอกของเครื่องอุ่นน้ำทะเล และส่งผ่านความร้อนไปยังน้ำทะเลหมุนเวียนที่ไหลผ่าน เกิดการควบแน่นที่ผิวชั้นนอก

ของท่อ ดังนั้นน้ำทะเลไหลเวียนถูกให้ความร้อนที่เซลสุดท้าย การควบแน่นเกิดขึ้นโดยต่อท่อไอน้ำที่เกิดจากการควบแน่นไปยังปั๊ม และไอน้ำที่ถูกควบแน่นจะถูกปั๊มไปยัง condensate return system

การไหลของน้ำกลั่น

น้ำกลั่นได้จากการควบแน่นของไอน้ำทะเลที่เดือด เกิดขึ้นในทุกขั้นตอน สะสมและไหลจากขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นจะปั๊มเข้าไปในระบบการเก็บรักษาน้ำกลั่น

ระบบสูญญากาศ

ช่องอากาศของการระเหยมีความสำคัญต่อการดำเนินงานของเครื่องกลั่นน้ำทะเล ไอน้ำความดันสูงทำหน้าที่ผลักดันตัวฉีดอากาศเพื่อทำให้เกิดสูญญากาศในเครื่องระเหย เมื่อเครื่องทำงานในสภาวะปรกติ สูญญากาศยังคงสภาพอยู่โดยปฏิกิริยาควบแน่นในแต่ละขั้นตอน โดยมีหัวฉีดอากาศ (air ejectors) เป็นตัวช่วย และยังช่วยดึงสิ่งที่ไม่สามารถควบแน่นได้ออกจากเครื่องระเหย ไอน้ำความดันสูงที่เหลือและสิ่งที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะถูกปล่อยจากหัวฉีดอากาศเข้าไปควบแน่น ซึ่งไอน้ำจะถูกควบแน่นและสิ่งที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ

ระบบการใช้สารเคมี

โดยใช้วิธีเติมสารเคมีเข้าไปอย่างต่อเนื่องตามการไหลของน้ำทะเล

- เพื่อยับยั้งการเกิดตะกรันแข็งภายในผิวท่อควบแน่น
- เพื่อดับฟองที่เกิดขึ้นในระบบโดยใช้น้ำยาดับฟอง

1. ระบบป้องกันการเกิดตะกรันและการเกิดฟอง

เพื่อป้องกันการเกิดตะกรันขึ้นบนผิวภายในกลุ่มท่อความร้อน และจำกัดปริมาณเกลือในน้ำกลั่นให้เติมสารเคมีลงในน้ำป้อน

ป้องกันการเกิดตะกรัน : BELGARD EV

: ปริมาณการใช้ 2.5-3.5 ppm

: ถังโพลิเอธิลีน ขนาดบรรจุ 120 ลิตรต่อวัน

: ปั๊มเติมสารเคมีขนาด 0-8.3 ลิตรต่อชั่วโมง

อัตราการใช้ 5 ลิตรต่อชั่วโมง

ป้องกันการเกิดฟอง : BELITE M8

: ปริมาณการใช้ 0.1-0.5 ppm

: ถังโพลิเอธิลีน ขนาดบรรจุ 60 ลิตรต่อวัน

: ปั๊มเติมสารเคมีขนาด 0-2.8 ลิตรต่อชั่วโมง

อัตราการใช้ 2.5 ลิตรต่อชั่วโมง

2. การทำความสะอาดด้วยกรด

การทำความสะอาดด้วยกรด เมื่อพบว่าปริมาณน้ำกลั่นที่ผลิตได้ มีปริมาณลดลงมากเกินไป โดยทำความสะอาดทุก ๆ 6 เดือน สารเคมีที่ใช้ คือ กรดซัลฟามิก เติมพร้อมกับสารยับยั้งการกัดกร่อนประเภท RODINE 141 สารเคมีลดตะกรันนี้ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว สะดวกและปลอดภัยในการขนส่งและการใช้งาน

ในกรณีที่ไม่ทำความสะอาดด้วยกรด จะต้องตรวจสอบเครื่องระเหยอย่างน้อยปีละครั้ง

การสูบน้ำทะเลเข้าเครื่องกลั่นน้ำทะเล

การสูบน้ำทะเลเข้าเครื่องกลั่นน้ำทะเล ทำให้สิ่งมีชีวิตที่ปนมากับน้ำโดยเฉพาะไข่และสัตว์น้ำวัยอ่อนถูกทำลาย ทางโรงกลั่นได้ทำการสูบน้ำจากสะพานท่าเทียบเรือ ซึ่งเป็นบริเวณทะเลเปิดที่มีความหนาแน่นของสิ่งมีชีวิตในน้ำต่ำกว่าบริเวณใกล้ชายฝั่ง โดยติดตั้งหัวสูบไว้ที่ระดับความลึก 5.25 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง จึงสามารถหลีกเลี่ยงการสูบเอาสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่อาศัยในชั้นผิวน้ำเข้าสู่เครื่องกลั่นน้ำทะเลได้

ในแต่ละวันจะมีการสูบน้ำทะเลเข้าเครื่องประมาณวันละ 52,500 ลูกบาศก์เมตร โดยให้น้ำทะเลผ่านตัวกรองเพื่อแยกเอาอนุภาคที่มีขนาดใหญ่เกิน 0.5 มิลลิเมตร ออกไป ก่อนที่จะผ่านเข้าหน่วยกลั่น

การระบายน้ำทิ้ง

หลังจากที่ผ่านกระบวนการกลั่นแล้ว จะมีน้ำทะเลเข้มข้นจำนวนหนึ่งระบายกลับลงสู่ทะเล น้ำส่วนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส และมีความเค็มประมาณ 37000 ppm พันส่วน เทียบกับน้ำทะเลที่สูบเข้าเครื่องในตอนแรกจะมีอุณหภูมิระหว่าง 24-31 องศาเซลเซียส และมีความเค็ม 33000 ppm การระบายน้ำทิ้งส่วนนี้กลับลงทะเล คาดว่าจะทำให้อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณรับน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากน้ำทิ้งมีอุณหภูมิและความเค็มต่างจากน้ำทะเลธรรมชาติไม่มาก เมื่อระบายออกสู่ชายฝั่งทะเล ก็จะถูกเจือจางจนเข้าสู่ระดับปรกติได้อย่างรวดเร็ว

ลักษณะของเครื่องระเหย (Evaporator Characteristics)

เครื่องระเหยมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

- มีขนาดกะทัดรัด
- ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ

สามารถกลั่นน้ำทะเลในเครื่องระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 40-70 องศาเซลเซียส ทำให้ลดปัญหาการเกิดตะกรันได้

- ท่อนำน้ำเข้าไม่ซับซ้อน

ท่อนำน้ำเข้าประกอบด้วยเครื่องกรอง (strainer) และท่อส่งน้ำ ติดตั้งบริเวณที่มีน้ำใสและสะอาด อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร สามารถกรองผ่านตัวกรองได้ ในกรณีเช่นนี้ น้ำทะเลสามารถกรองผ่านเข้าไปได้ มีการเติมสารคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค และควบคุมปริมาณของคลอรีนอิสระไม่ให้ตกค้างมากกว่า 0.1 ppm ในท่อที่นำน้ำทะเลเข้ามา

- ง่ายต่อการบำรุงรักษาและการดำเนินงาน

เพื่อให้สะดวกต่อการทำงาน ใช้งานง่ายและลดปัญหาการซ่อมบำรุง

- การดำเนินงานสามารถยืดหยุ่นได้

อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลไม่มีผลต่อกำลังการผลิตหรือความบริสุทธิ์ของน้ำกลั่นที่ได้ สามารถใช้งานได้กับน้ำทุกประเภท อย่างเช่น น้ำบาดาล น้ำผิวดิน น้ำทะเลหรือน้ำกร่อย

รายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ

1. Evaporator shell

มีลักษณะเป็นกล่อง ภายในประกอบด้วยเชลหลายตัวเชื่อมเข้าด้วยกัน ส่วนที่สัมผัสกับน้ำเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน โดยทั่วไปเป็นสแตนเลส ผนังมีความหนาเพียงพอเพื่อรองรับสูญญากาศ และป้องกันการโค้งงอขณะใช้งาน เครื่องระเหยสามารถรับน้ำได้โดยไม่เกิดการเสียหาย มีท่อปล่อยน้ำทิ้งเพื่อระบายน้ำออกจากเครื่องเมื่อหยุดการทำงาน ทุกหน่วยจะเชื่อมปิดภายในโครงสร้างเหล็ก

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

ภายในเครื่องระเหย มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลายชนิด เพื่อทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำ

1) a tubular heating bundle ติดตั้งอยู่ภายในแต่ละเชล ไอน้ำจะถูกควบแน่นภายในท่อ ขณะที่น้ำทะเลสเปรย์อยู่ด้านนอก บางส่วนกลายเป็นไอ น้ำทะเลเข้มข้นจะตกลงโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

2) the distillate condensor เป็นส่วนที่ขจัดความร้อนภายในเครื่องระเหย ควบแน่นไอน้ำที่เกินออกมา เกิดขึ้นในเชลที่เย็นที่สุด (เชลสุดท้าย) ไอน้ำถูกควบแน่นที่ภายนอกผิวท่อในขณะที่น้ำทะเลไหลผ่านภายในท่อ วัสดุที่ใช้ทำท่อในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีความทนทานต่อสภาวะการใช้งานได้ (ไตเตเนียม)

3) กล่อง

-กล่องไอน้ำสำหรับกลุ่มท่อความร้อน ออกแบบมาเพื่อให้ทนต่อสูญญากาศ

-กล่องใส่น้ำสำหรับควบคุมความหนาแน่นสุดท้าย ออกแบบมาเพื่อรองรับความดันน้ำทะเลที่มากที่สุด

3. Demister

Demister ติดตั้งอยู่ภายในเชล เป็นตระแกรงโลหะทำหน้าที่แยกน้ำทะเลที่ติดไปกับไอน้ำให้ออกจากกัน เพื่อความบริสุทธิ์ให้กับไอน้ำ

4. Ejectocompressor

Ejectocompressor ทำหน้าที่คล้ายกับคอมเพรสเซอร์ โดยอัดไอน้ำจากเชลที่เย็นที่สุด ส่งไปยังกลุ่มความร้อนของเชลที่ร้อนที่สุด

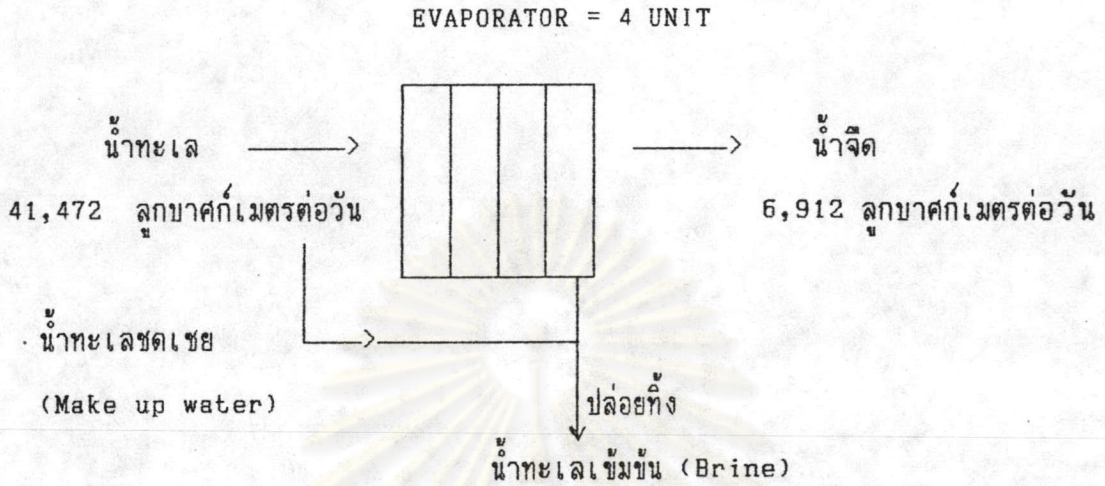
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวนต้นทุน

การคำนวนหาต้นทุนต่อหน่วยของระบบมัลติสเตทเฟลชในที่นี้ ทำการศึกษาจากโรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์ ซึ่งได้เริ่มดำเนินการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลเมื่อปี พ.ศ. 2536 เพื่อให้ได้น้ำจืดเพียงพอเฉพาะสำหรับหม้อไอน้ำในอัตราวันละประมาณ 6,912 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสามารถลดปริมาณความต้องการน้ำดิบของโรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์ จากอ่างเก็บน้ำบางพระและอ่างเก็บน้ำหนองค้อได้ไม่น้อยกว่าปีละ 500,000 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4.3 แสดงระบบมัลติสเตทเฟลชที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์ แผนผังอย่างง่ายของระบบดังแสดงในรูปที่ 4.4 และข้อมูลเบื้องต้นสำหรับระบบมัลติสเตทเฟลช ดังแสดงในตารางที่ 4.1 สามารถนำมาใช้ในการคำนวนหาต้นทุนการผลิตน้ำต่อลูกบาศก์เมตรได้ การคำนวนต้นทุนในที่นี้แยกพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนเงินลงทุน และต้นทุนการดำเนินงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.4 ระบบมัลติสเตทเฟลชขนาดกำลังผลิต 6,912 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของระบบมัลติสเตทที่ทำการศึกษา

กำลังการผลิต	6,912	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
(จำนวน 4 ยูนิต : 1 ยูนิตผลิตได้ 72 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)		
TDS ของน้ำทะเล	40,000	มิลลิกรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	60	องศาเซลเซียส
การแปรสภาพ	17	เปอร์เซนต์
LP STEAM	9.6	ตันต่อชั่วโมงต่อหน่วย
TDS น้ำที่ผลิตได้	0-2.4	มิลลิกรัมต่อลิตร
เวลาทำงานของระบบ	345	วัน
ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ต่อปี	2,384,640	ลูกบาศก์เมตร

ที่มา : จากการคำนวนของผู้วิจัย

1. ต้นทุนเงินทุน

ส่วนของเงินลงทุนของระบบมัลติสเตมเฟลช ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของเงินลงทุนของระบบมัลติสเตทเฟลช

รายการ	จำนวนเงิน (ล้านบาท)
พื้นที่	1
เครื่องจักรและอุปกรณ์	
- ระบบไฟฟ้า	50
- เครื่องมือต่าง ๆ	10
- เครื่องกล	265
- SIDEM (4 ยูนิต)	217
สิ่งปลูกสร้าง	35
อื่น ๆ	22
รวม	600

ที่มา : โรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์

เงินลงทุนของระบบมัลติสเตทเฟลชที่โรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์เท่ากับ 600 ล้านบาท อายุโครงการ 15 ปี อัตราดอกเบี้ย 12 % คิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยเท่ากับ 36.94 บาทต่อลูกบาศก์เมตร การคำนวนหาต้นทุนต่อหน่วยได้ดังสมการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$A = \frac{P\,(i)}{1-(1+i)^{-N}} \div 2,384,640$$

$$= \frac{600*10^{5}\,(0.12)}{1-(1+0.12)^{-15}} \div 2,384,640$$

$$= 36.94 \quad \text{บาทต่อลูกบาศก์เมตร}$$

ซึ่ง A : ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)

P : เงินลงทุน

i : อัตราดอกเบี้ย 12 %

N : อายุเครื่องจักร 15 ปี

2. ต้นทุนการดำเนินงาน

ต้นทุนการดำเนินงานประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน
- ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี
- ค่าแรงงาน
- ค่าซ่อมบำรุงและรักษา

1) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

พลังงานเป็นส่วนประกอบสำคัญ และใหญ่ที่สุดของต้นทุนการดำเนินงานในระบบมัลติสเตทเฟลช รวมถึงพลังงานไอน้ำความดันต่ำที่ใช้ในระบบด้วย ผลของการคำนวนหาต้นทุนของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.3 รายละเอียดของการคำนวนดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข

2) ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี

รายละเอียดของสารเคมีที่ต้องการใช้ในกระบวนการผลิต และผลการคำนวนต้นทุนต่อหน่วยดังแสดงในตารางที่ 4.4 รายละเอียดของการคำนวนดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.3 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการมัลติสเตท

รายการ	KWh/m^3	จำนวนเงิน (บาทต่อลบ.ม.)
เครื่องสูบน้ำทะเล	2.03	3.00
เครื่องสูบน้ำทิ้ง	0.03	0.04
เครื่องสูบน้ำกลั่น	0.34	0.51
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละหน่วย	1.04	1.54
รวม	3.44	5.09

	อัตราการใช้	ราคา(บ./ตัน)	จำนวนเงิน
LP steam	9.6 ตัน/ชม./หน่วย	33.8	4.51

ต้นทุนต่อหน่วย 9.60 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ที่มา: จากการคำนวนของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี

รายการ	ราคา (บาทต่อกก.)	อัตราการใช้	จำนวนเงิน (บาทต่อลบ.ม.)
สารเคมีป้องกันการเกิดตะกรัน			
BELGARD EV	200	5 ลิตรต่อชั่วโมง	0.0014
สารเคมีป้องกันการเกิดฟอง			
BELITE M8	180	2.5 ลิตรต่อชั่วโมง	0.0001
สารเคมีที่ใช้เป็นช่วงเวลา		การทำความสะอาดต่อปี	
กรดซัลฟอร์มิก	25	2 (1.0 ตัน/ครั้ง/ยูนิต)	0.126
สารยับยั้งการกัดกร่อน	500	2 (0.1 ตัน/ครั้ง/ยูนิต)	0.168
โซเดียมไฮดรอกไซด์	7	2 (100 กก./ครั้ง/ยูนิต)	0.002
รวม			0.297
ต้นทุนต่อหน่วยเท่ากับ 0.30 บาทต่อลูกบาศก์เมตร			

ที่มา : จากการคำนวนของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ค่าแรงงาน

ผลการคำนวนหาต้นทุนต่อลูกบาศก์เมตรของค่าแรงงานในการผลิตน้ำจืด ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงงาน

รายการ	จำนวน	บาทต่อปีต่อคน	บาทต่อปี
ผู้ควบคุม	1	120,000	120,000
ผู้ปฏิบัติงาน	3	60,000	180,000
ช่างเครื่อง	1	96,000	96,000
รวม			396,000
ต้นทุนต่อหน่วย (ลูกบาศก์เมตร) 0.17 บาท			

ที่มา: จากการคำนวนของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ค่าซ่อมบำรุงรักษา

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ของเงินลงทุน

ตารางที่ 4.6 การบำรุงรักษา

	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
ปั๊มและมอเตอร์	6 % ของต้นทุน	0.77
ระบบควบคุมและไฟฟ้า	7 % ของต้นทุน	0.90
เครื่องมือ	7 % ของต้นทุน	0.90
อื่น ๆ	10 % ของต้นทุน	1.29
รวม		3.86
ต้นทุนต่อหน่วย (ลูกบาศก์เมตร) 3.86 บาท		

ที่มา : จากการคำนวนของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการคำนวนหาต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตน้ำจืดจากระบบมัลติสเตทเฟลช์ในตาราง ที่ 4.2 ถึง 4.6 พบว่า ต้นทุนในการดำเนินงานเท่ากับ 13.90 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดของระบบมัลติสเตทเฟลช

	จำนวนเงิน (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)
พลังงาน	9.60
สารเคมี	0.30
ค่าแรงงาน	0.17
ค่าซ่อมบำรุงรักษา	3.86
รวม	13.93
ต้นทุนต่อหน่วย (ลูกบาศก์เมตร) 13.93 บาท	

ที่มา : จากการคำนวนของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นต้นทุนในการผลิตทั้งหมดในการผลิตน้ำจืดจากระบบมัลติสเตทเฟลชเป็น 50.87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนการผลิตทั้งหมดของระบบมัลติสเตทเฟลช

	จำนวนเงิน (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)
ต้นทุนเงินทุน	36.94
ต้นทุนการดำเนินงาน	13.93
ต้นทุนต่อหน่วย (ลูกบาศก์เมตร)	50.87

ที่มา : จากการคำนวนของผู้วิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อดีและข้อเสียของระบบมัลติสเตทเฟลช

ข้อดี

1. น้ำที่ได้มีคุณภาพสูง
2. สามารถใช้ได้กับทุกอุตสาหกรรม
3. สามารถผลิตน้ำได้เป็นจำนวนมาก
4. ขจัดก๊าซในน้ำทะเลก่อนให้ความร้อนและเข้าไปที่เครื่องระเหย
5. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงไม่มีผลกระทบต่อระบบ

ข้อเสีย

1. ระบบที่กรดต้องมีการซ่อมบำรุงสูงมาก ไม่เช่นนั้นควรทำจากวัสดุที่มีคุณภาพสูง
2. อุณหภูมิสูงสามารถทำให้เกิดตะกอนแข็งได้ง่าย
3. ต้องการการดูแลสม่ำเสมอ เพราะว่าทำให้เสียได้ง่าย
4. การควบคุมปริมาณการเติมกรดค่อนข้างสำคัญต่อการทำงานของเครื่อง
5. ต้องใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
6. ใช้พลังงานสูง
7. ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมากกว่าระบบรีเวอร์สออสโมซิส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย