รายงาน

ผลของอุปกรณ์ Hydrosmart® ที่ใช้เป็นเครื่องมือการบำบัดตะกรัน
ต่อปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลาย

บริษัท วอเตอร์อินโนเวชั่น จำกัด

จัดทำโดย

นายชลธร กินแก้ว
นางสาวธนียา สามวัง
นักวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.วรนารถ จงเลิศจรรยา

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

รายงานเรื่องผลของ Hydrosmart® ที่เป็นเครื่องมือการบำบัดตะกรัน ต่อปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายประกอบด้วยการเตรียมห้องปฏิบัติการ วิธีการดำเนินงาน ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

1. การเตรียมห้องปฏิบัติการ

การทดลองนี้ใช้ห้องปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (CH-214) ซึ่งได้รับรองมาตรฐานจากโครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL) ตามนโยบายของสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยรูปแบบการจัดห้องปฏิบัติการสำหรับใช้ในการจัดวางชุดการทดลอง ให้มีเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกน้อยที่สุด เพื่อลดระดับปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในห้องซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การทดสอบชุดการทดลอง ดังที่แสดงในรูปที่ 1

ปฏิบัติตามระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการที่ทำการทดลองจะไม่อนุญาตให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องในการทดลองนี้เข้าออก เพื่อเป็นการป้องกันการเปิดใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์หรือสาเหตุอื่นใดที่อาจทำให้ชุดการทดลองมีการปนเปื้อนและเกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ได้ และเปิดหลอดไฟส่องสว่างไว้ตลอดการทดลอง เนื่องจากมีการตั้งกล้องบันทึกภาพสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารตัวอย่างระหว่างการเดินเครื่องทดสอบชุดการทดลอง

รูปที่ 1 ห้องปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ (CH-214)

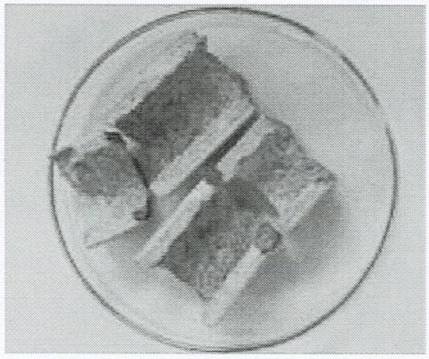
2 วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัสดุทดลอง

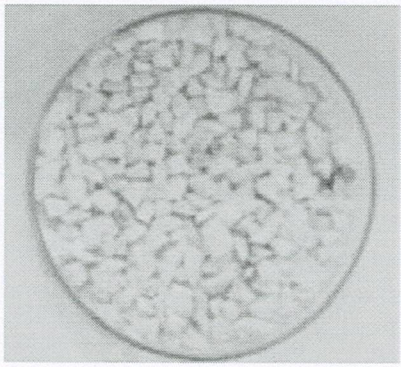
วัสดุทดลองได้แก่วัสดุทดลองจริง ซึ่งคือตะกรันหินปูนในท่อน้ำ (รูปที่ 2) วัสดุทางการค้าซึ่งคือผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ด (รูปที่ 3) และน้ำบาดาล

2.2 การออกแบบการทดลอง

การทำการทดลองของทั้งวัสดุตะกรันหินปูนและผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ด ในสภาวะการทดลองที่มีการต่อเครื่อง Hydrosmart® โดยแผนผังรูปภาพ (รูปที่ 4) แสดงการทดลองมีการติดตั้ง Hydrosmart® โดยเติมน้ำบาดาลเข้าไปในระบบทั้งหมด 9 ลิตร และวางตัวอย่างตะกรันหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ดลงในระบบทดสอบ และปั๊มน้ำของระบบจะถูกแช่น้ำอยู่ในถาดพลาสติกเพื่อลดอุณหภูมิของตัวปั๊มไม่ให้ร้อน และรูปที่ 5 เป็นรูปจริงของการติดตั้งเครื่องมือ การทดลองเปรียบเทียบกับสภาวะการทดลองควบคุมที่ไม่มีเครื่อง Hydrosmart® (รูปที่ 6) และทำการทดลองซ้ำเพื่อการหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง รวมเป็นการทดลองทั้งหมด 8 การทดลองดังแสดงในตารางที่ 1



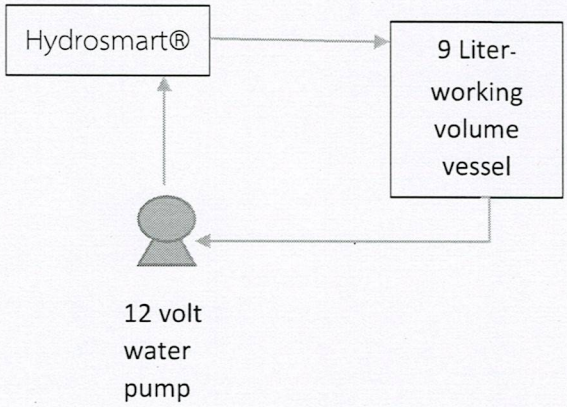
รูปที่ 2 ตะกรันหินปูน



รูปที่ 3 ผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ด

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลอง

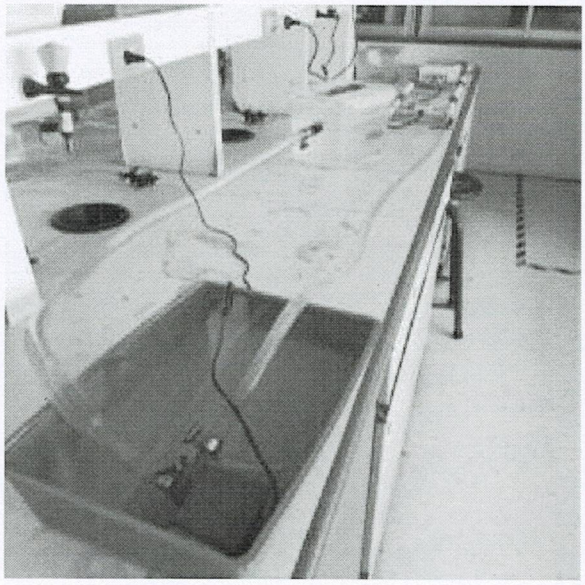
Experiment	Hydrosmart®	material
1	Present Hydrosmart®	calcium carbonate scale
2		
3	Absent Hydrosmart®	
4		
5	Present Hydrosmart®	calcium carbonate pellets
6		
7	Absent Hydrosmart®	
8		



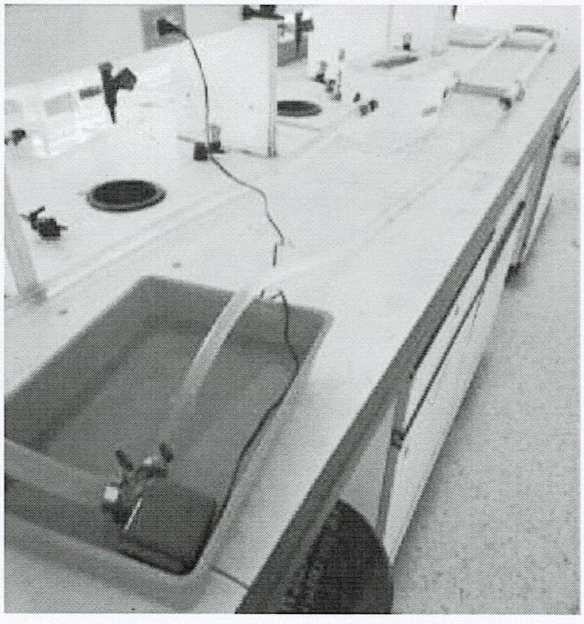
รูปที่ 4 ผังการติดตั้ง Hydrosmart®

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)



รูปที่ 5 รูปจริงการติดตั้งชุดทดสอบผลิตภัณฑ์ Hydrosmart®



รูปที่ 6 รูปจริงสภาวะการทดลองควบคุมที่ไม่มีเครื่อง Hydrosmart®

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)

2.3 การดำเนินการทดลอง

ก่อนเริ่มการทดลองเพื่อทดสอบผลของอุปกรณ์ Hydrosmart® ที่เป็นเครื่องมือการบำบัดตะกรัน ต่อปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลาย จะนำตะกรันหินปูนไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ข้ามคืนให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ดที่ใช้ในชุดการทดลองที่ 5, 6, 7 และ 8 จะชั่งในปริมาณเทียบเท่ากับตะกรันหินปูนแห้งของชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนน้ำบาดาลที่นำมาใช้ในระบบจะตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความขุ่น จากนั้นดึงน้ำในแต่ละระบบออกมาปริมาณ 10 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้ทำความเย็นเพื่อรอนำมาวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมภายหลัง

น้ำภายในระบบแต่ละชุดการทดลองจะถูกวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น และดึงน้ำออกปริมาณ 10 มิลลิลิตร ในช่วงเวลา 10.00 น. 13.00 น. และ 16.00 น. ของแต่ละวันเป็นเวลา 4 วัน จากนั้นเก็บค่าช่วงเวลา 13.00 น. ตั้งแต่วันที่ 5 ถึงวันที่ 21 ซึ่งตัวอย่างน้ำที่ดึงออกมาจะทำการวัดค่าปริมาณแคลเซียมด้วยวิธีมาตรฐานการวัดค่าความกระด้าง (Standard Methods: 2340C: EDTA Titrimetric Method; Hardness) เมื่อดำเนินการมาถึงวันสุดท้ายจะปิดการทำงานของอุปกรณ์ Hydrosmart® และตัวปั๊มน้ำ แล้วนำตะกรันหินปูนกับเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตไปอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ข้ามคืนให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเป็นน้ำหนักหลังการทดสอบ

3.ผลการทดลอง

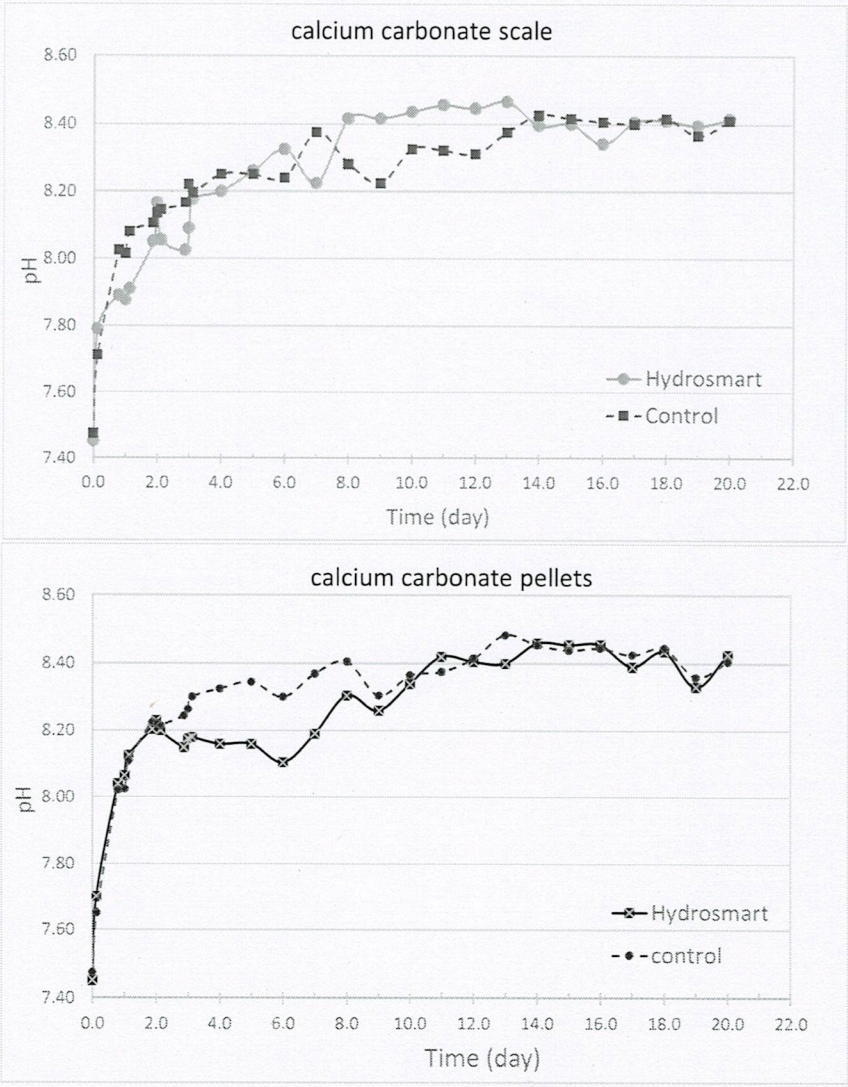
ผลของอุปกรณ์ Hydrosmart® ที่เป็นเครื่องมือการบำบัดน้ำ สามารถแสดงผลการทดลองตามค่าที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่น ค่าปริมาณแคลเซียม และน้ำหนักของตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 7-10 และตารางที่ 2

ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นตัวแปรสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำได้ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างใช้อ้างถึงสภาพความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูง มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มต้นของน้ำบาดาลในแต่ละชุดการทดลองจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 7.8 เมื่อทดลองครบ 1 วัน ชุดทดลองที่ไม่ได้ติดตั้ง (คือชุดการทดลองควบคุม control) กับชุดทดลองที่ติดตั้ง Hydrosmart® ซึ่งตัวอย่างเป็นตะกรันหินปูนและเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเป็น มากกว่า 8.0 เมื่อเวลาผ่านถึงวันที่ 14 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของทุกชุดการทดลองจึง

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)

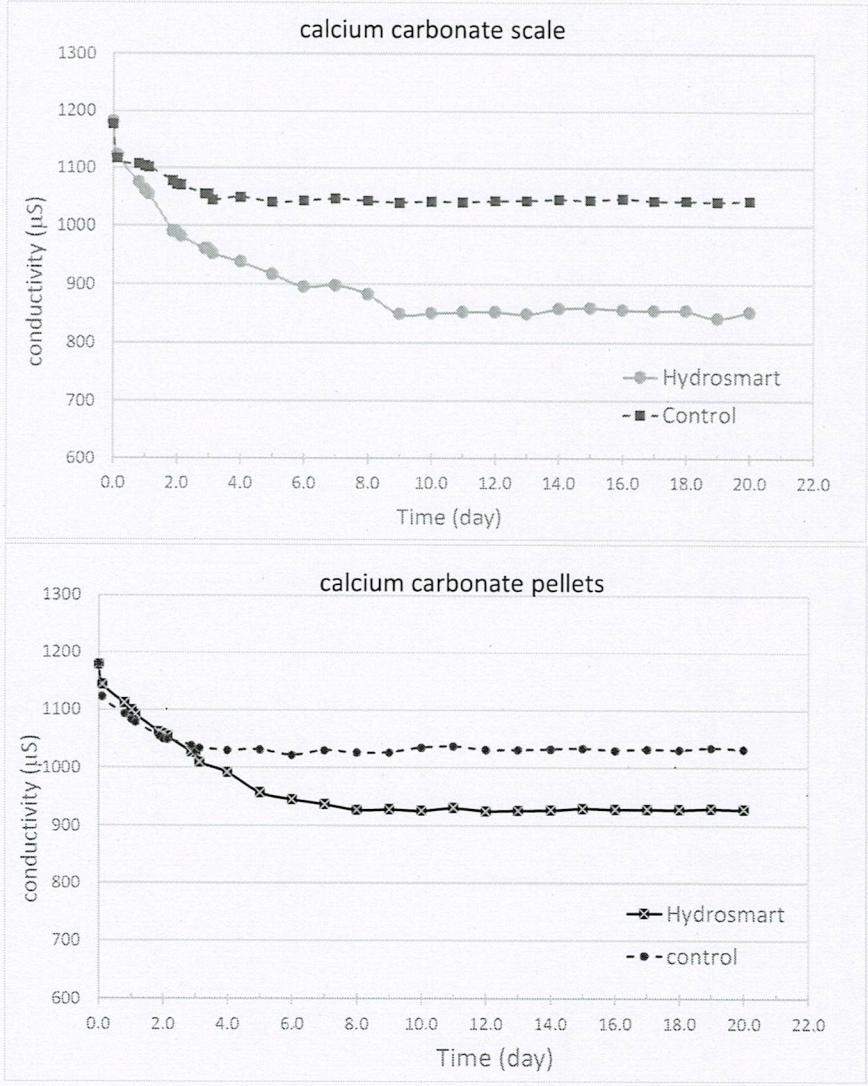
เริ่มคงที่และมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในวันสุดท้ายที่ 21 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 8.40 จากผลการทดลองของนี้ ประจุของแคลเซียมที่ชะละลายออกมาจากตะกรันส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างเวลาการทดลอง 21 วัน

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

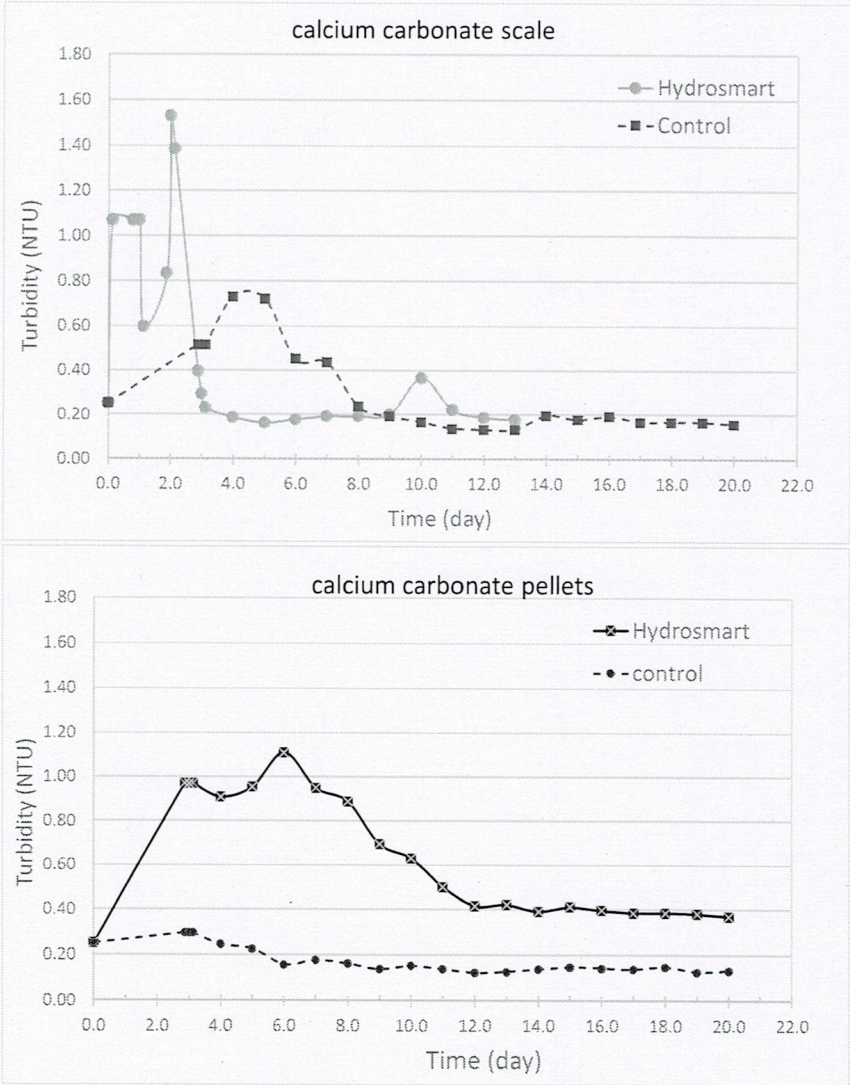
ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)



รูปที่ 8 ความความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าระหว่างเวลาการทดลอง 21 วัน

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

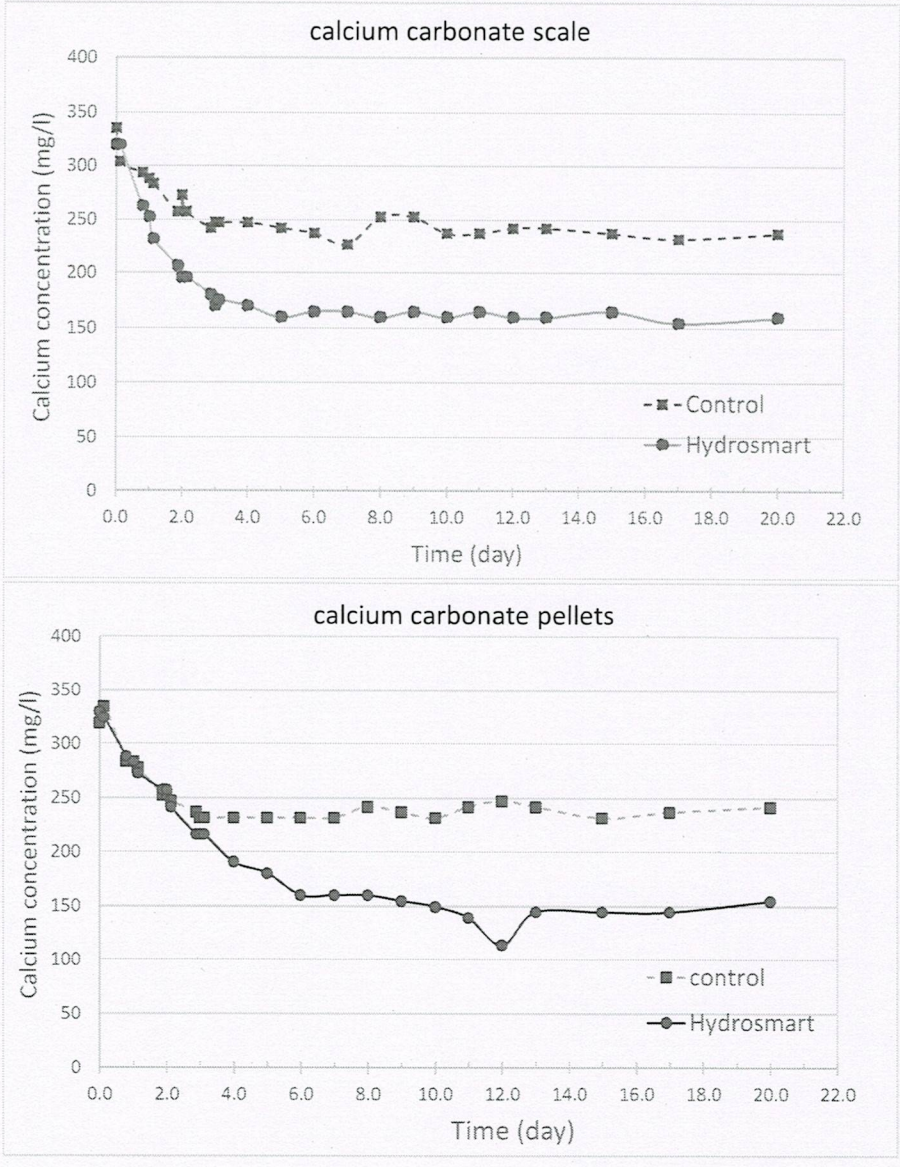
ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)



รูปที่ 9 ความความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นระหว่างเวลาการทดลอง 21 วัน

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)



รูปที่ 10 ความความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่ละลายในน้ำระหว่างเวลาการทดลอง 21 วัน

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)

ตารางที่ 2 ค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักวัสดุทดลองในหน่วยกรัมและเปอร์เซ็นต์

Experiment	Hydrosmart®	material	Material weight before treatment (g)	Material weight after treatment (g)	Δ	Δ (%)	Average Δ (%)
1	Present Hydrosmart®	calcium carbonate scale	40.42	37.17	-3.25	-8.04	-7.43
2			37.64	35.07	-2.57	-6.83	
3	Absent Hydrosmart®		39.70	39.94	+0.24	0.60	0.52
4			39.41	39.58	+0.17	0.43	
5	Present Hydrosmart®	calcium carbonate pellets	40.40	38.98	-1.42	-3.51	-4.09
6			37.67	35.91	-1.76	-4.67	
7	Absent Hydrosmart®		39.76	39.77	+0.01	0.03	0.47
8			39.42	39.78	+0.36	0.91	

ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความขุ่นมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันและใช้วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ประจุบวกและลบของการนำไฟฟ้าของอิออนเกี่ยวข้องกับค่าการนำไฟฟ้า การมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่รวมถึงอิออนแคลเซียม คลอไรด์ และแมกนีเซียมในน้ำตัวอย่างที่ปรากฏเป็นค่ากระแสไฟฟ้าในน้ำ เมื่อของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นในกรณีที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงอาจเกิดจากของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณสูงซึ่งของแข็งเหล่านั้นก็คืออิออนของโลหะที่ถูกกัดกร่อนจากพื้นผิวของเครื่องมือได้

ค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้นของน้ำบาดาลมีค่าเป็น 1,179.25 µS/cm ซึ่งจากผลการทดลองในวันที่ 2 แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองที่ไม่ได้ติดตั้ง Hydrosmart® ตัวอย่างเป็นตะกรันหินปูนและเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่าการนำไฟฟ้าลดลงเล็กน้อยคือ 1,138 µS/cm และ 1,135 µS/cm ตามลำดับ แล้วมีค่าในระดับคงที่จนถึงวันที่ 21 โดยมีค่าการนำไฟฟ้าเป็น 1,134 µS/cm และ 1,140 µS/cm ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ติดตั้ง Hydrosmart® ตัวอย่างเป็นตะกรันหินปูนและเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่าการนำไฟฟ้าลดลงไปจนมีค่าคงที่ในวันที่ 10 เหลือ 902 µS/cm และ 924 µS/cm ตามลำดับ และวันสุดท้ายที่ 21 มีค่าการนำไฟฟ้าเป็น 909 µS/cm และ 926 µS/cm ตามลำดับ การทดลองนี้อิออนของแคลเซียมที่ชะละลายออกมาจากตะกรันส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูง

ค่าความขุ่นเริ่มต้นของน้ำบาดาลมีค่าเท่ากับ 0.25 NTU ซึ่งชุดทดลองที่ไม่ได้ติดตั้ง Hydrosmart® ในวันที่ 4 ตัวอย่างเป็นตะกรันหินปูนและเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 0.43 NTU

และ 0.27 NTU ตามลำดับ และลดน้อยลงจนวันที่ 21 มีค่าความขุ่นเหลือเพียง 0.15 NTU และ 0.13 NTU ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ติดตั้ง Hydrosmart® ตัวอย่างตะกรันหินปูนค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมากที่สุดในวันที่ 8 คือ 1.76 NTU และลดลงจนในวันสุดท้ายเหลือค่าเพียง 0.16 NTU ชุดทดลองที่ตัวอย่างเป็นเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมากที่สุดในวันที่ 7 คือ 1.15 NTU และลดลงจนในวันสุดท้ายเหลือค่าเพียง 0.52 NTU ค่าความขุ่นเป็นความขุ่นมัวของน้ำเนื่องจากมีปริมาณของอนุภาค จากสี่วันแรกของการทดลองมีค่าความขุ่นน้อยลงเมื่อใช้อุปกรณ์ Hydrosmart® สิ่งนี้สามารถเสริมประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งที่ไม่ต้องการจากในน้ำที่ขุ่นได้

ค่าปริมาณแคลเซียมของน้ำในระบบแต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับผลของค่าการนำไฟฟ้า กล่าวคือเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 325.74 mg/L ในชุดทดลองที่ไม่ได้ติดตั้ง Hydrosmart® ตัวอย่างเป็นตะกรันหินปูนและเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่าปริมาณแคลเซียมเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ซึ่งในวันสุดท้ายมีค่าเป็น 319.3 mg/L และ 339.9 mg/L ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ติดตั้ง Hydrosmart® ตัวอย่างเป็นตะกรันหินปูนและเม็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีแนวโน้มที่ค่าปริมาณแคลเซียมลดลง โดยเริ่มมีค่าคงที่ในวันที่ 5 แล้วในวันสุดท้ายมีค่าปริมาณแคลเซียมในน้ำเหลือเป็น 154.5 mg/L ทั้งสองชุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้รับหลังเสร็จสิ้นการทดลองที่ชั่งน้ำหนักตัวอย่างตะกรันหินปูนกับแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ดในชุดที่ไม่ได้ติดตั้ง Hydrosmart® มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนชุดทดลองที่ติดตั้ง Hydrosmart® ตัวอย่างจะมีน้ำหนักที่ลดลงอย่างชัดเจนดังแสดงในตารางที่ 2

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองผลของอุปกรณ์ Hydrosmart® ที่ใช้เป็นเครื่องมือการบำบัดตะกรัน ต่อปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลาย โดยทดลองตะกรันหินปูนและแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดเม็ดและใช้น้ำบาดาลในการทดสอบดังกล่าว โดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) อุปกรณ์ Hydrosmart® ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้เมื่อเทียบกับชุดทดลองที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน).

2) อุปกรณ์ Hydrosmart® ช่วยทำให้ค่าความขุ่นของน้ำในระบบเพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดในวันที่ 7-8 เนื่องจากเกิดการจับตัวกันของแคลเซียมในน้ำ หลังจากนั้นเมื่อตะกอนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจึงตกตะกอนสู่ด้านล่างของภาชนะ จะมีผลให้ค่าความขุ่นลดน้อยลงได้
3) อุปกรณ์ Hydrosmart® ช่วยในการลดค่าปริมาณแคลเซียมในน้ำลงได้ ประมาณ 160 mg/L ในระยะเวลา 5 วัน
4) ช่วยทำให้เกิดการแตกสลายของตะกรันหินปูนและแคลเซียมคาร์บอนเนตชนิดเม็ดได้ ทำให้น้ำหนักของตะกรันมีปริมาณลดลงภายหลังการบำบัดในระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ Hydrosmart®

.....

นาย ชลธร กินแก้ว (ผู้จัดทำรายงาน)

.....

ผศ.ดร. วรนารถ จงเลิศจรรยา (ผู้จัดทำรายงาน)