



การวิเคราะห์น้ำ 1

Water Analysis I

**การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีสโดยโอโซน**

By Issaranuwat Phangchaimongkol  
E-mail : [issaranuwatt@ecots-group.com](mailto:issaranuwatt@ecots-group.com)  
Tel: 662 752 6425 up to 9  
Fax: 662 752 6466  
Mobile: 084-344-8550

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## ความขุ่น (Turbidity)

นิยมใช้ความขุ่นในการออกแบบ และเป็นเครื่องชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำ เช่น การตกตะกอน และการกรองน้ำเป็นผลมาจากที่มีอนุภาคคอลลอยด์ (Colloids) อยู่ในน้ำ ซึ่งการประปานครหลวงกำหนดความขุ่นน้ำดิบต้องไม่เกิน 250 NTU (Nephelo-Metric Turbidity Units) สามารถกำจัดโดยการตกตะกอนและกรอง

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## ค่า pH

เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นกรด - ด่างของน้ำว่ามีมากน้อยเพียงใด

ค่า pH ขึ้นกับปริมาณของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ที่แตกตัวในน้ำ

ถ้า pH น้อยกว่า 7 แสดงว่าน้ำเป็นกรด

ถ้า pH มากกว่า 7 แสดงว่าน้ำเป็นด่าง

โดยปกติน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5 - 8.5

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถที่จะทำลายฤทธิ์กรด ค่าความเป็นด่างเกิดจากเกลือของกรดอ่อน และบางครั้งก็เกิดจากด่างอ่อนหรือด่างแก่ ประกอบด้วยไอออนต่างๆ เช่น คาร์บอเนต ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) และไฮดรอกไซด์ ( $\text{OH}^-$ ) การประมาณคร่าวๆ กำหนดค่าความเป็นด่างของน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนต้องมากกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการรวมตัวของตะกอน โดยน้ำที่มีระดับค่าความเป็นด่างสูงจะช่วยให้ปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีที่เติมในน้ำกับตะกอนได้ดี นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญต่อการกำจัดความกระด้าง และป้องกันการกัดกร่อนของน้ำอีกด้วย

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## คลอไรด์ (Chloride)

เป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ ถ้ามีมากจะทำให้น้ำกร่อยหรือเค็ม และจะทำให้ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะเกิดสนิมได้รวดเร็ว การกำจัดหรือลดปริมาณคลอไรด์ออกจากน้ำค่อนข้างยุ่งยาก

## ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity)

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณเกลือแร่ต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะสารละลายในน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid หรือ TDS) น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าตั้งแต่ 0.04 - 2.0 ไมโครโมห์//ซม.

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## สี (Color)

สีที่เกิดขึ้นในน้ำมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สีที่เกิดขึ้นจากสารแขวนลอย เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color) สามารถกำจัดด้วยการกรองแบบธรรมดา และสีที่เกิดขึ้นจากสารละลายในน้ำเรียกว่า สีจริง (True Color) ซึ่งต้องกำจัดโดยการดูดซึมด้วยถ่านกัมมันต์หรือการกรองด้วยแผ่นเมมเบรน

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## ปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Compound)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณสารอาหารที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการสร้างพลังงาน และสร้างเซลล์ใหม่ เช่น แป้ง ไขมัน โปรตีน ซึ่งมาจากการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ที่ตกลงในน้ำ และสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น กรดแทนนิก กรดลิกนิก เซลลูโลส เป็นต้น

# คุณภาพน้ำผิวดิน (Surface Water Quality)

## จุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสกปรกในรูปของสิ่งมีชีวิตซึ่งจะทำให้เกิดโรคที่มีน้ำเป็นพาหะนำโรค เรียกว่า โรคติดต่อทางน้ำ (water borne diseases) แบคทีเรียกลุ่มที่เป็นตัววัดค่าดัชนีความสกปรก และเชื้อโรค เรียกว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria) จะอาศัยอยู่ภายในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นรวมถึงมนุษย์ และพบเป็นจำนวนมากในอุจจาระ

## สาหร่าย (Algae)

# คุณภาพน้ำใต้ดิน (Ground Water Quality)

## เหล็ก (Iron)

เหล็กในแหล่งน้ำใต้ดินจะอยู่ในรูปของเฟอร์รัสไบคาร์บอเนต  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  ซึ่งละลายน้ำแต่เมื่อนำขึ้นมาจากใต้ดินทิ้งไว้ในบรรยากาศ สักครู่ก็จะขุ่น และตกตะกอนกลายเป็น  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  มีสีเหลืองแดง

# คุณภาพน้ำใต้ดิน (Ground Water Quality)

## แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสในแหล่งน้ำใต้ดินจะอยู่ในรูปของแมงกานีสไบคาร์บอเนต  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$  ซึ่งละลายน้ำแต่จะปรากฏอยู่ 2 รูปแบบ คือ แมงกานีส ( $\text{Mn}^{2+}$ ) และแมงกานิก ( $\text{Mn}^{3+}$ ) เมื่อสัมผัสกับอากาศหรือออกซิเจนจะถูกเปลี่ยนสภาพเป็นแมงกานีส ( $\text{Mn}^{4+}$ ) ซึ่งไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนเป็นสีน้ำตาลดำ

# คุณภาพน้ำใต้ดิน (Ground Water Quality)

## ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างเกิดจากธาตุที่มีประจุบวกสอง เช่น แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) สตรอนเตียม ( $\text{Sr}^{2+}$ ) แบเรียม ( $\text{Ba}^{2+}$ ) เหล็กเฟอรัส ( $\text{Fe}^{2+}$ ) และแมงกานีส ( $\text{Mn}^{2+}$ ) ไอออนต่างๆ

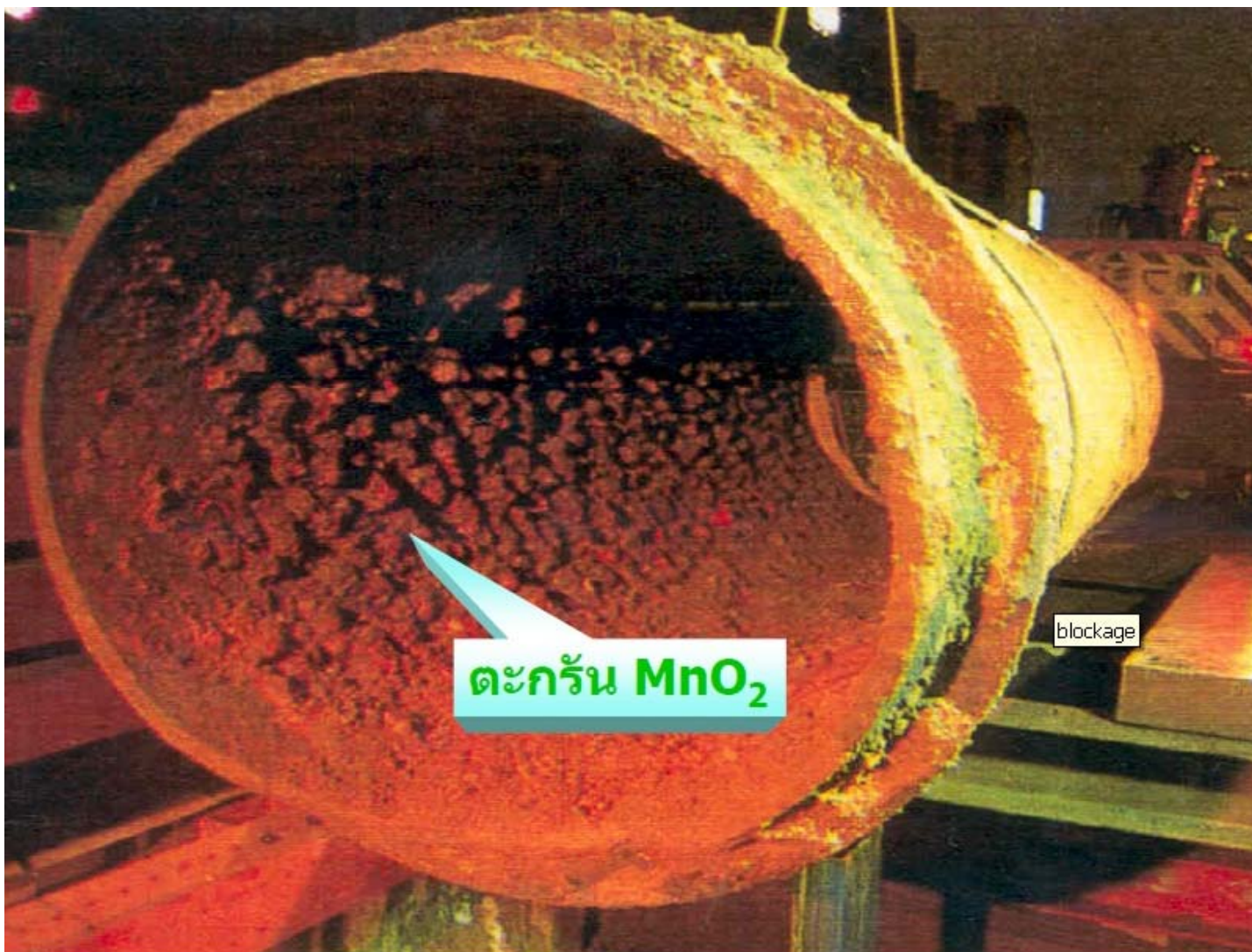
- ทำให้เกิดตะกอนในหม้อไอน้ำ
- เกิดปัญหาเกี่ยวกับสุขภัณฑ์ต่างๆ เช่น เกิดคราบสีขาวเกาะอยู่ตามเครื่องสุขภัณฑ์
- รสชาติของน้ำไม่น่าดื่ม

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### สภาพปัญหาที่เกิดจากสนิมเหล็กและแมงกานีส

- การอุดตันในระบบท่อจ่ายน้ำ
- เกิดสีในน้ำประปา
- กลิ่นสนิมเหล็กหรือกลิ่นคาว
- เกิดคราบสกปรกบนเสื้อผ้า
- เกิดคราบสกปรกบนเครื่องสุขภัณฑ์

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### สภาพปัญหาที่เกิดจากสนิมเหล็กและแมงกานีส

◦ ท่อส่งน้ำอุดตัน



◦ สูญเสียค่าน้ำจากวาล์วที่ปิดไม่สนิท



◦ ปริมาณการสูบ -- จ่ายน้ำลดลง



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### สภาพปัญหาที่เกิดจากสนิมเหล็กและแมงกานีส

- อุดตันในระบบกรองน้ำและไบพัต



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### สภาพปัญหาที่เกิดจากสนิมเหล็กและแมงกานีส

- เกิดคราบที่สุขภัณฑ์



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

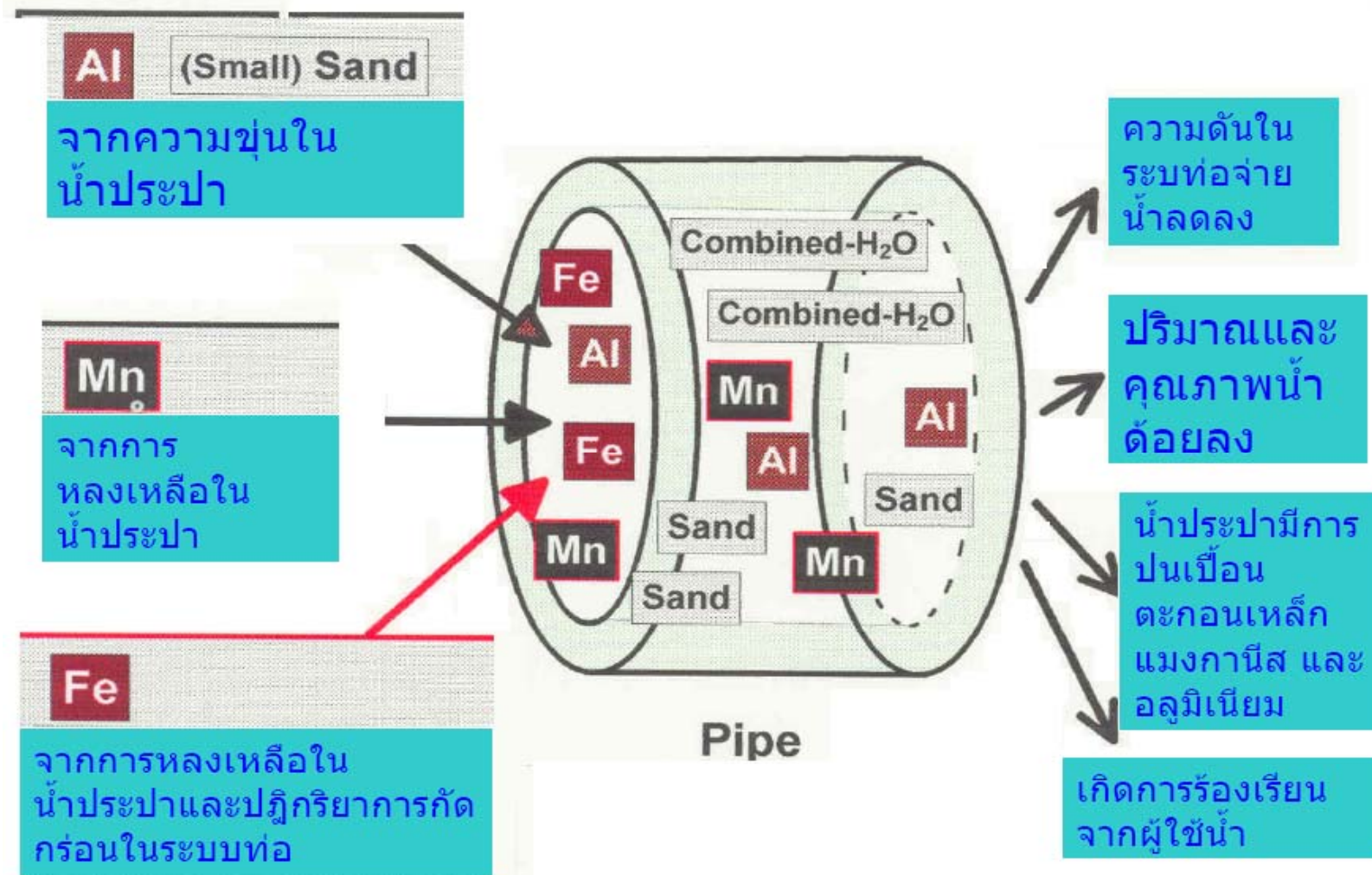
### สภาพปัญหาที่เกิดจากสนิมเหล็กและแมงกานีส

- สูญเสียพลังงานในการถ่ายเทความร้อน



# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

## Causes of Attachment inside of Pipes



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### ปัญหาทางกายภาพที่เกิดจากสนิมเหล็กและแมงกานีส

ชนิดธาตุ	ปัญหาทางกายภาพ
เหล็ก (Fe)	มีกลิ่นคาวและสีน้ำตาลดำ ( $\text{MnO}_2$ )
แมงกานีส (Mn)	มีกลิ่นคาวและสีแดงอมเหลือง $\text{Fe(OH)}_3$

### มาตรฐานคุณภาพน้ำขององค์การอนามัยโลก 2536

ชนิดธาตุ	มิลลิกรัม/ลิตร
เหล็ก (Fe)	0.3
แมงกานีส (Mn)	0.1

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### มาตรฐานเหล็กและแมงกานีสในน้ำดื่ม

ประเทศ	Fe MCL (mg/L)	Mn MCL (mg/L)	Agency
<b>Thailand</b>	0.5	0.3	TIS
<b>Japan</b>	0.3	0.05	MHW
<b>USA</b>	0.3	0.05	USEPA
<b>UN</b>	0.3	0.1	WHO

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### ความเป็นพิษของเหล็กและแมงกานีส

ชนิดธาตุ	ปริมาณสาร	อาการ
เหล็ก (Fe)	40 mg/Kg	ตกเลือด
แมงกานีส (Mn)	28 mg/L	เซื่องซึม ฟุ้งซ่าน ใจสั้น กล้ามเนื้อกระดูก

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

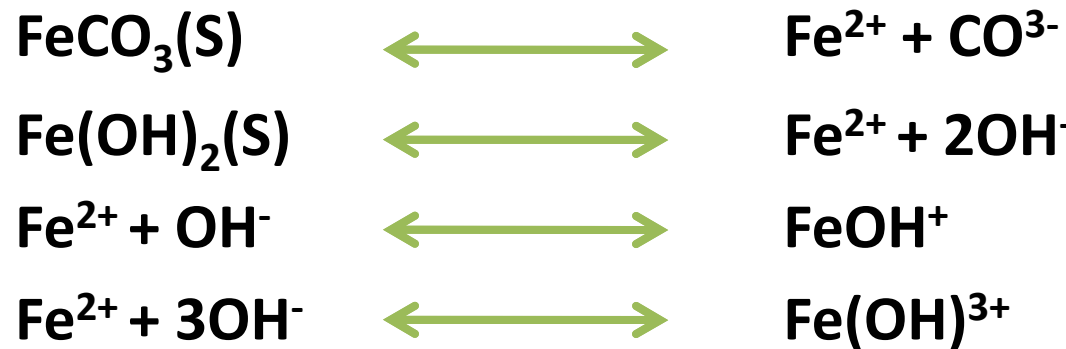
### แหล่งกำเนิดของธาตุเหล็กและแมงกานีส

เปลือกโลก : Mn ~ 0.1 % , Fe ~ 5 %

แร่ธาตุที่มาจากแมงกานีส	แร่ธาตุที่มากเหล็ก
<b>Manganite : MnO(OH)</b>	<b>Hematite : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>
<b>Housmannite : Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	<b>Magnetite : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>
<b>Pyrolusite : MnO<sub>2</sub></b>	<b>Pyrite : FeS<sub>2</sub></b>
<b>Alabandite : MnS</b>	<b>Siderite : FeCO<sub>3</sub></b>
<b>Rhodochrosite: MnCO<sub>3</sub></b>	

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### รูปแบบของเหล็กในรูปละลายน้ำ

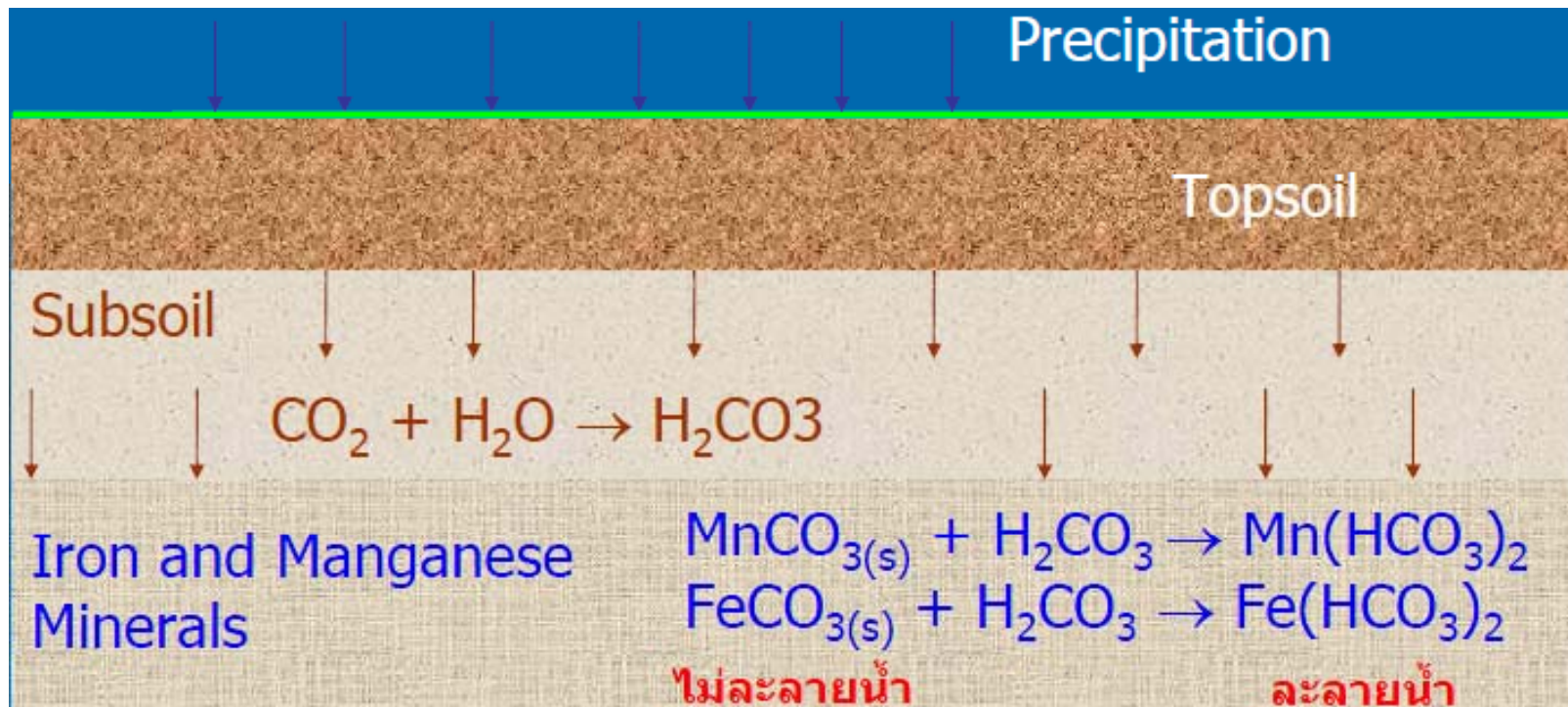


### รูปแบบของแมงกานีสในรูปละลายน้ำ



# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

## รูปแบบของเหล็กและแมงกานีสในน้ำบาดาล



# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

## ปฏิกิริยาทางเคมีของเหล็กและแมงกานีสในน้ำ



ละลายน้ำ

**Manganese ion**



ไม่ละลายน้ำ

**Manganese Dioxide**



ละลายน้ำ

**Ferrous ion**



ไม่ละลายน้ำ

**Ferric Hydroxide**

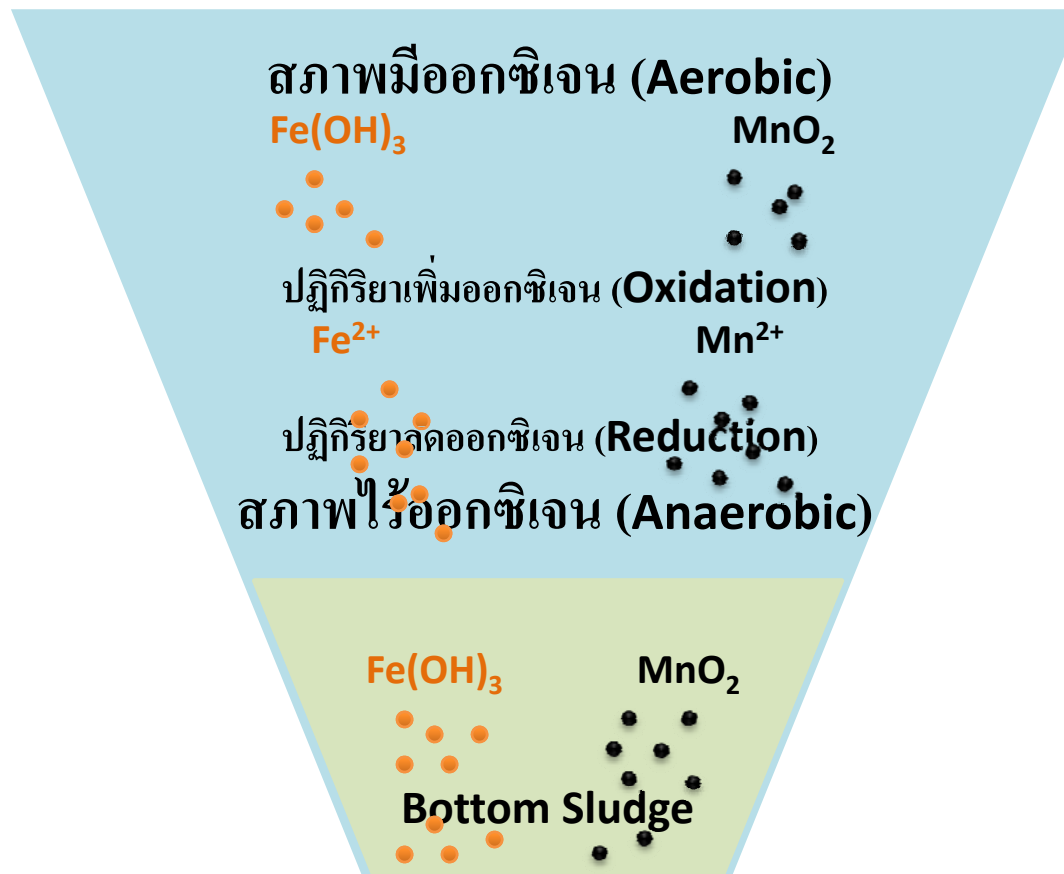
## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### รูปแบบของเหล็กและแมงกานีสในน้ำธรรมชาติ

แหล่งน้ำ	เหล็ก	แมงกานีส
น้ำบาดาล	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Mn}^{2+}$
สระหรือบึง	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}^{2+}$ , $\text{MnO}_2$
แม่น้ำ	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{MnO}_2$

# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ปฏิกิริยาทางเคมีของเหล็กและแมงกานีสในสหรน้ำหรือบึง



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### วิธีการกำจัดเหล็กและแมงกานีสออกจากน้ำ

- ปฏิกริยาการเพิ่มออกซิเจน + Liquid / Solid Separation
- การกรองโดยใช้สารกรอง
- การปรับค่า pH + Liquid / Solid Separation
- แลกเปลี่ยนประจุ (Resin)
- ใช้แบคทีเรีย Iron Bacteria (*Clonothrix*, *Leptothrix*)
- ใช้สารเคมีตกตะกอนผลึก (polyphosphate)
- ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง (Membrane Separation)

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ปฏิกิริยาการเพิ่มออกซิเจนในสารประกอบ



ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็กและแมงกานีส

Oxidation by  $\text{O}_2$

Oxidation by  $\text{Cl}_2$

Oxidation by  $\text{ClO}_2$   $\longrightarrow$  การทดลอง

Oxidation by  $\text{KMnO}_4$

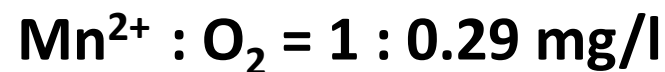
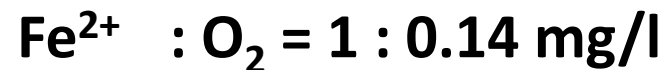
Oxidation by  $\text{O}_3$

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย  $O_2$



หลักการทฤษฎีพื้นฐาน



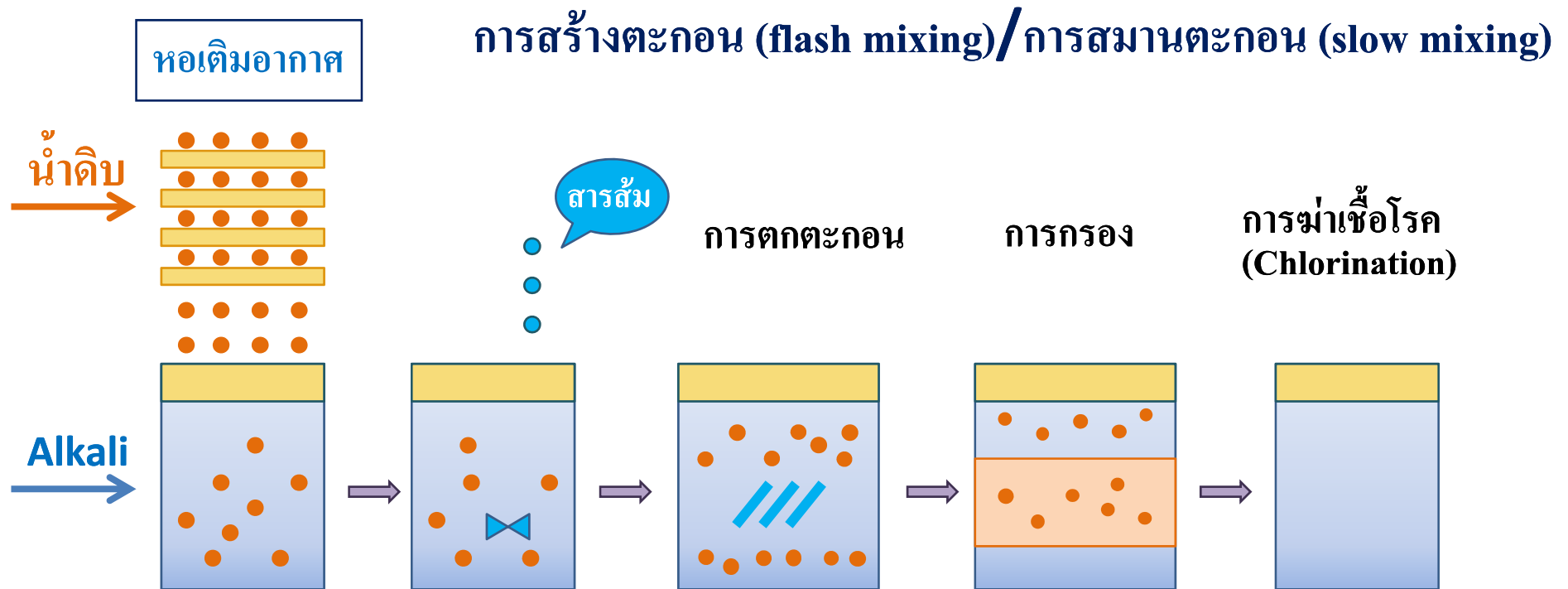
Rate of Reaction :  $d[Mn^{+2}]/dt = k.[Mn^{+2}].Po_2.[OH^-]^2$

Effective pH for Mn is 9-9.5

# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

## Treatment Processes by O<sub>2</sub> (from air) Oxidation

Interference : > 50 mg/l Silicic acid (soluble silica)

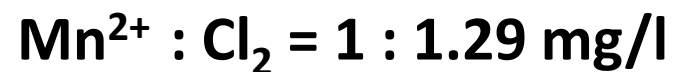
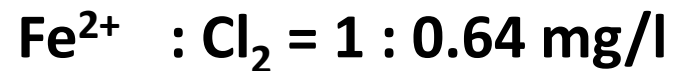


## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย  $\text{Cl}_2$



หลักการทฤษฎีพื้นฐาน



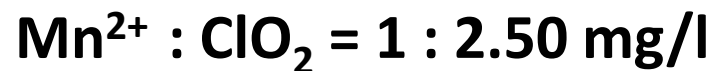
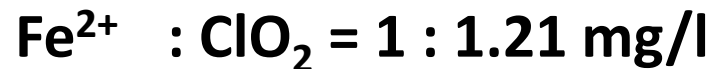
Reaction Time for Mn > 10hr. at pH 7 (very slow)

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย  $\text{ClO}_2$



หลักการทฤษฎีพื้นฐาน



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

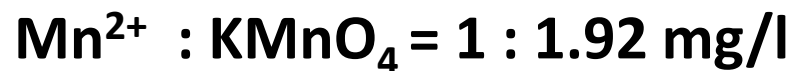
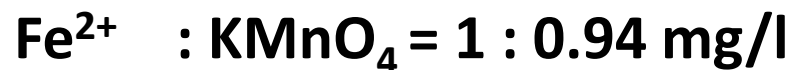
ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย  $\text{KMnO}_4$



### Catalytic Reaction



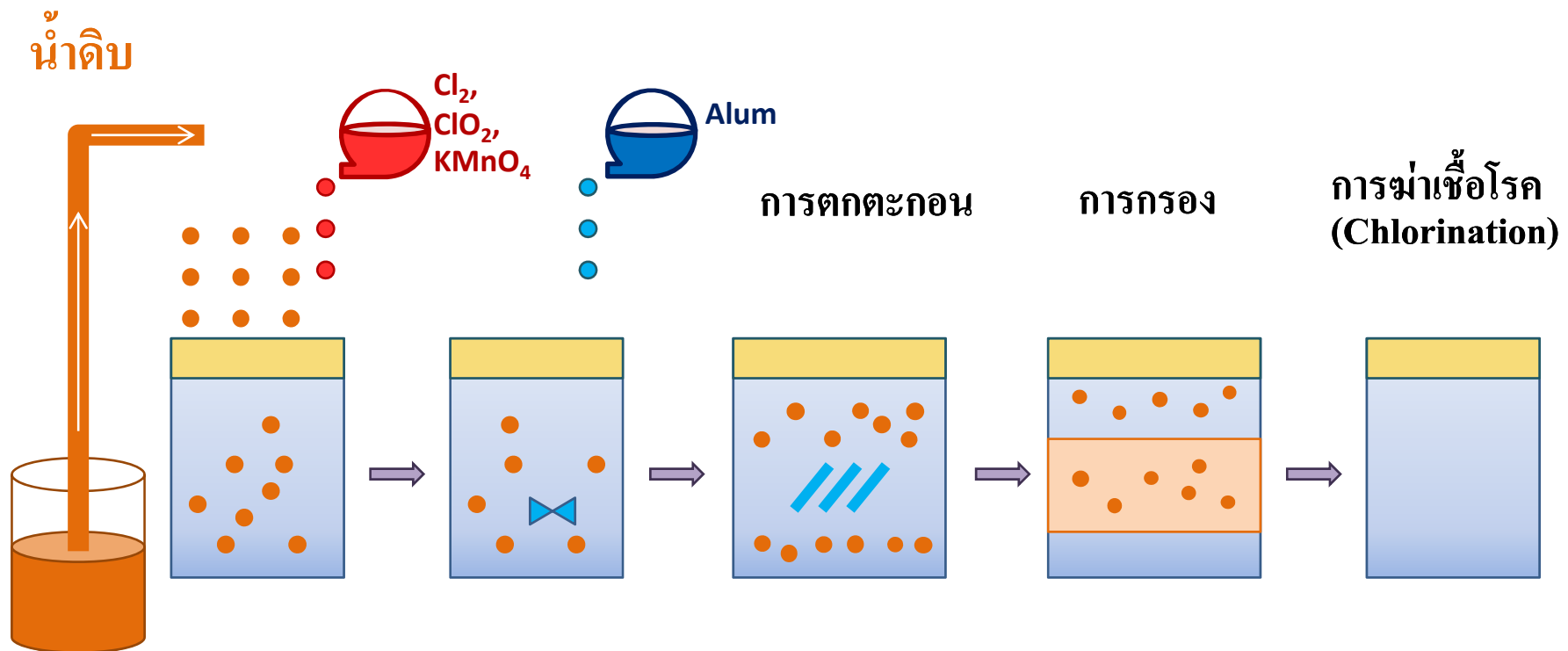
หลักการทฤษฎีพื้นฐาน



# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

## Treatment Processes by $\text{Cl}_2$ , $\text{ClO}_2$ , $\text{KMnO}_4$ Oxidation

การสร้างตะกอน (flash mixing)/การผสมตะกอน (slow mixing)



# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ผลการทดลองการกำจัดแมงกานีสโดยใช้  $\text{Cl}_2$

$\text{Cl}_2$ Dose (mg/L)	0.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
<b>pH</b>	8.11	7.95	7.90	7.83	7.77	7.72
<b>Initial Mn</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>Final Mn</b>	0.51	0.51	0.56	0.52	0.53	0.54
<b>% Removal</b>	0	0	0	0	0	0

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ผลการทดลองการกำจัดแมงกานีสโดยใช้  $\text{ClO}_2$

$\text{ClO}_2$ Dose (mg/L)	0.0	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7
<b>pH</b>	7.15	7.00	6.95	6.94	6.87	6.79
<b>Initial Mn</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>Final Mn</b>	0.79	0.40	0.31	0.19	0.10	0.05
<b>% Removal</b>	0	49.4	60.8	75.9	87.3	93.7

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ผลการทดลองการกำจัดแมงกานีสโดยใช้  $\text{KMnO}_4$

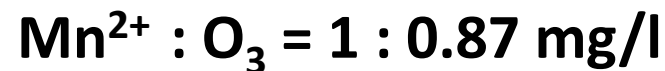
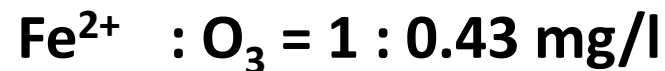
$\text{KMnO}_4$ Dose (mg/L)	0.0	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
<b>pH</b>	7.17	7.17	7.17	7.18	7.20	7.22
<b>Initial Mn</b>	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
<b>Final Mn</b>	0.61	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>% Removal</b>	0	86.9	100	100	100	100

## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย  $O_3$

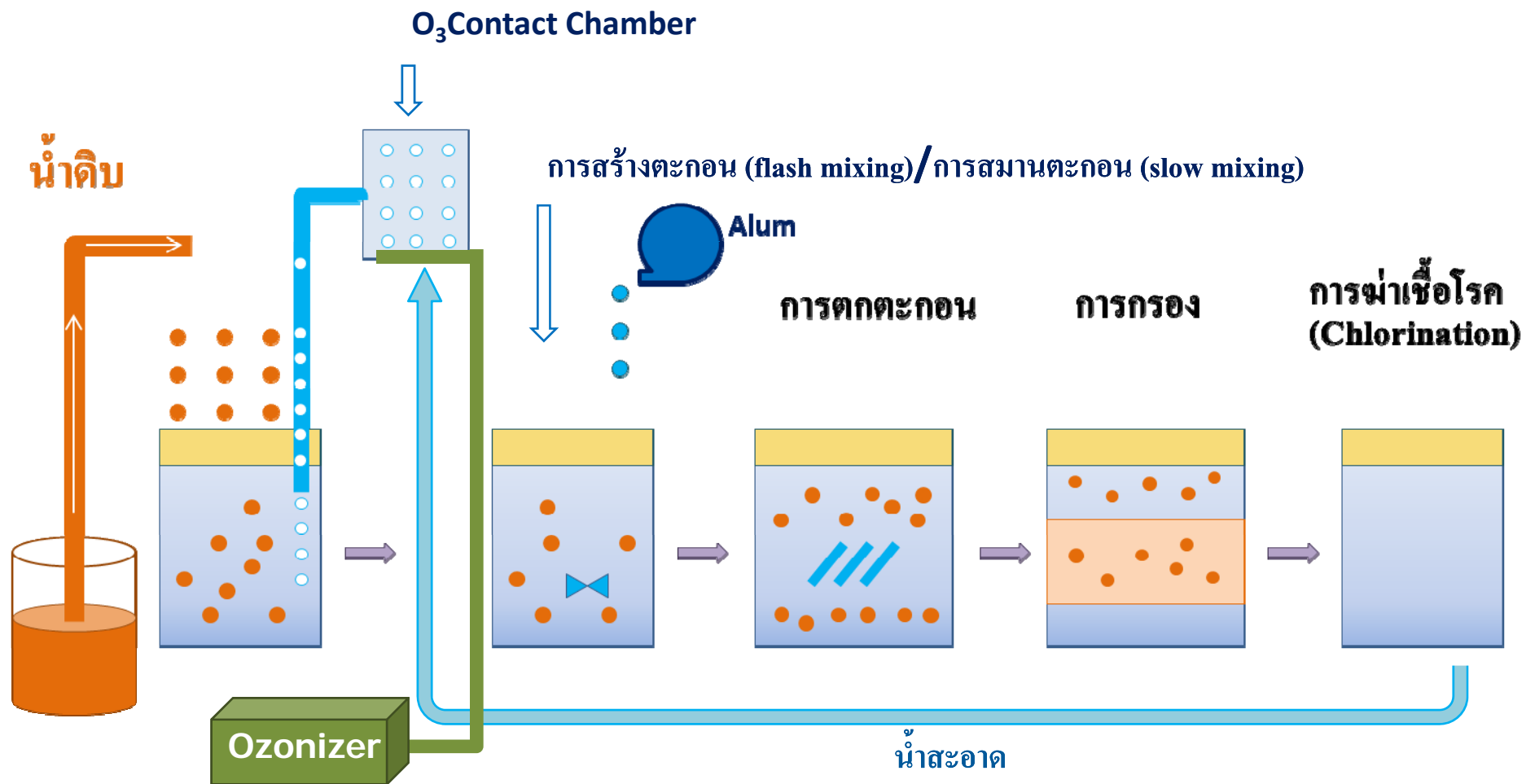


หลักการทฤษฎีพื้นฐาน



# การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

## Treatment Processes by O<sub>3</sub> (Ozone) Oxidation



## การกำจัดสนิมเหล็กและแมงกานีส

### ตารางสรุปการกำจัดเหล็กและแมงกานีส

ชนิดสารเคมี	ปริมาณสารเคมี (มก.) สำหรับกำจัด 1 มก.	
	Fe	Mn
O <sub>2</sub>	0.14	0.29
Cl <sub>2</sub>	0.64	1.29
ClO <sub>2</sub>	1.21	2.50
KMnO <sub>4</sub>	0.94	1.92
O <sub>3</sub>	0.43	0.87