

## บทที่ 7

### ผลการวิจัย

#### 7.1 ผลการวิจัยการกระจายของเส้นใยแอสเบสทอสในน้ำประปากรุงเทพมหานคร

7.1.1 การกักกรองของน้ำประปาที่มีต่อท่อแอสเบสทอสซีเมนต์ จากผลการวัดอุณหภูมิ PH ความเป็นด่าง และความกระด้างแคลเซียม สามารถนำมาคำนวณการกักกรองของน้ำประปาที่มีต่อท่อแอสเบสทอสซีเมนต์ได้ 2 วิธี คือ

1) ค่า Aggressive index ใช้ค่าความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในหน่วยของ mg/l as CaCO<sub>3</sub> มาคำนวณตามสมการ 3.1 (หน้า 25) ซึ่งได้ผลการคำนวณตามตาราง 7.1

2) ค่า Saturation index เปลี่ยนค่าความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ให้อยู่ในหน่วยของโมลต่อลิตร แล้วนำมาคำนวณตามสมการ 3.2 (หน้า 25) ซึ่งได้ผลการคำนวณตามตาราง 7.2

7.1.2 ปริมาณเส้นใยแอสเบสทอส การคำนวณหาปริมาณเส้นใยแอสเบสทอสมีตัวแปรที่จำเป็นต้องทราบค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ คือ

1) ขนาดของช่องจตุรัส (grid square) ของ specimen grid ที่ใช้ในการละลายแผ่นกรองนิวคลีฟอว์เพื่อนำเข้าไปตรวจวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนั้น สามารถหาขนาดได้จากการวัดขนาดรูปถ่ายของช่องจตุรัสที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่ขนาดกำลังขยาย 1,000 เท่า ซึ่งจากการหาขนาดช่องจตุรัสบน specimen grid ที่ใช้พบว่ามีขนาด  $75 \mu\text{m} \times 81.66 \mu\text{m}$  ค่าคำนวณเป็นพื้นที่ได้  $6.1245 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$  (A)

2) พื้นที่การกรองที่เกิดขึ้นบนแผ่นกรองนิวคลีฟอว์ จากการวัดพื้นที่การกรองที่เกิดขึ้น พบว่าเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับพื้นที่ของปากกรวยกรองส่วนบน (ขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของตะแกรงบน glass frit ที่ใช้รองรับแผ่นกรองเล็กน้อย คือขนาดของตะแกรงบน glass frit มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.55 เซนติเมตร) เมื่อนำมาคำนวณพื้นที่ที่เกิดการกรองขึ้นได้ค่าคือ  $1018 \text{ mm}^2$  (A<sub>F</sub>)

3) จำนวนเส้นใยแอสเบสทอสเฉลี่ยได้จากการตรวจนับด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็ก

ตาราง 7.1 Aggressiveness index ของตัวอย่างที่ตำแหน่งต่าง ๆ

| ตำแหน่งที่ | pH  | Alkalinity $\times 10^{-3}$<br>mg/l CaCO <sub>3</sub> | Ca Hardness $\times 10^{-3}$<br>mg/l CaCO <sub>3</sub> | Aggressiveness index<br>pH + log (A $\times$ H) |
|------------|-----|---|--|---|
| 1          | 7.2 | 81  | 90.0   | 11.06   |
| 2          | 7.2 | 80  | 90.1   | 11.06   |
| 3          | 7.0 | 80  | 89.8   | 10.86   |
| 4          | 7.5 | 91  | 105.0  | 11.48   |
| 5          | 7.1 | 83  | 90.8   | 10.98   |
| 6          | 7.3 | 80  | 92.9   | 11.17   |
| 7          | 7.4 | 342   | 133.5  | 12.05   |
| 8          | 7.9 | 385   | 93.2   | 12.45   |
| 9          | 7.6 | 381   | 87.3   | 12.12   |
| 10         | 6.9 | 74  | 88.4   | 10.72   |
| 11         | 7.8 | 90  | 93.2   | 11.72   |
| 12         | 7.7 | 163   | 92.1   | 11.88   |
| 13         | 7.5 | 344   | 115.2  | 12.10   |
| 14         | 7.3 | 81  | 86.3   | 11.14   |
| 15         | 7.5 | 81  | 90.2   | 11.36   |
| 16         | 7.3 | 347   | 131.8  | 11.96   |
| 17         | 7.3 | 329   | 142.9  | 11.97   |
| 18         | 7.8 | 285   | 73.2   | 12.12   |
| 19         | 7.6 | 383   | 76.5   | 12.07   |
| 20         | 7.5 | 310   | 94.5   | 11.97   |
| 21         | 7.5 | 369   | 68.4   | 11.91   |
| 22         | 8.2 | 89  | 85.9   | 12.08   |
| 23         | 7.7 | 86  | 94.1   | 11.61   |
| 24         | 7.6 | 83  | 89.4   | 11.47   |
| 25         | 7.4 | 91  | 62.6   | 11.16   |
| 26         | 7.5 | 75  | 85.4   | 11.31   |
| 27         | 7.5 | 87  | 101.6  | 11.45   |
| 28         | 7.5 | 75  | 85.9   | 11.31   |
| 29         | 7.3 | 83  | 89.0   | 11.17   |
| 30         | 8.1 | 85  | 92.6   | 12.00   |

ตาราง 7.2 Saturation index ของตัวอย่างน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ

| ตำแหน่งที่ | Ca $\times 10^{-3}$<br>mole/l | A $\times 10^{-3}$<br>eq/l | T<br>°C | log K | pH  | pH <sub>eq</sub> | Saturation index<br>(SI) |
|------------|-------------------------------|----------------------------|---------|-------|-----|------------------|--------------------------|
| 1          | 0.900                         | 1.62                       | 28.0    | 1.872 | 7.2 | 7.905            | -0.61                    |
| 2          | 0.901                         | 1.60                       | 28.5    | 1.859 | 7.2 | 7.892            | -0.59                    |
| 3          | 0.898                         | 1.60                       | 32.0    | 1.768 | 7.0 | 7.784            | -0.70                    |
| 4          | 1.050                         | 1.82                       | 28.0    | 1.872 | 7.5 | 7.811            | -0.19                    |
| 5          | 0.908                         | 1.66                       | 32.5    | 1.755 | 7.1 | 7.766            | -0.58                    |
| 6          | 0.929                         | 1.60                       | 29.0    | 1.846 | 7.3 | 7.866            | -0.47                    |
| 7          | 1.335                         | 6.84                       | 32.0    | 1.768 | 7.4 | 6.368            | 1.13                     |
| 8          | 0.932                         | 7.70                       | 32.0    | 1.768 | 7.9 | 6.527            | 1.52                     |
| 9          | 0.873                         | 7.62                       | 32.0    | 1.768 | 7.6 | 6.502            | 1.19                     |
| 10         | 0.884                         | 1.48                       | 29.0    | 1.846 | 6.9 | 7.946            | -0.93                    |
| 11         | 0.932                         | 1.8                        | 31.0    | 1.794 | 7.8 | 7.795            | 0.14                     |
| 12         | 0.921                         | 3.26                       | 31.0    | 1.794 | 7.7 | 7.535            | 0.31                     |
| 13         | 1.152                         | 6.88                       | 32.0    | 1.768 | 7.5 | 6.422            | 1.17                     |
| 14         | 0.863                         | 1.62                       | 28.5    | 1.859 | 7.3 | 7.889            | -0.50                    |
| 15         | 0.902                         | 1.62                       | 28.0    | 1.872 | 7.5 | 7.852            | -0.28                    |
| 16         | 1.318                         | 6.94                       | 31.0    | 1.794 | 7.3 | 6.361            | 1.01                     |
| 17         | 1.429                         | 6.58                       | 30.0    | 1.82  | 7.3 | 6.982            | 0.41                     |
| 18         | 0.732                         | 5.70                       | 31.0    | 1.794 | 7.8 | 6.759            | 1.16                     |
| 19         | 0.765                         | 7.66                       | 31.5    | 1.781 | 7.6 | 6.577            | 1.12                     |
| 20         | 0.945                         | 6.20                       | 32.5    | 1.755 | 7.5 | 6.521            | 1.05                     |
| 21         | 0.694                         | 7.38                       | 31.5    | 1.781 | 7.5 | 6.6              | 0.96                     |
| 22         | 0.859                         | 1.78                       | 28.5    | 1.859 | 8.2 | 7.91             | 0.43                     |
| 23         | 0.941                         | 1.72                       | 28.5    | 1.859 | 7.7 | 7.857            | -0.05                    |
| 24         | 0.894                         | 1.66                       | 28.5    | 1.859 | 7.6 | 7.858            | -0.18                    |
| 25         | 0.626                         | 1.82                       | 30.5    | 1.807 | 7.4 | 7.957            | -0.42                    |
| 26         | 0.854                         | 1.50                       | 29.0    | 1.846 | 7.5 | 7.959            | -0.33                    |
| 27         | 1.016                         | 1.74                       | 27.0    | 1.898 | 7.5 | 7.867            | -0.25                    |
| 28         | 0.859                         | 1.50                       | 28.5    | 1.859 | 7.5 | 7.949            | -0.34                    |
| 29         | 0.890                         | 1.66                       | 28.0    | 1.872 | 7.3 | 7.909            | -0.50                    |
| 30         | 0.926                         | 1.70                       | 26.0    | 1.924 | 8.1 | 7.915            | 0.27                     |

ตรอน ( $\bar{F}$ ) จากจำนวน 10 ช่องจัดรีส

4) ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่นำมากรอง คือ 250 มิลลิลิตร (V)

จากค่าดังกล่าว สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณเส้นใยแอสเบสทอสในน้ำได้ในหน่วยของล้านเส้นใยต่อลิตร (MFL) ได้ตามสมการ 5.1 (หน้า 42) และผลการคำนวณตามตาราง 7.3

7.1.3 การกระจายของขนาดและชนิดของเส้นใยแอสเบสทอส ขนาดเส้นใยแอสเบสทอสที่ตรวจพบสามารถวัดได้ด้วยสเกลของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่กำลังขยาย 20,000 เท่า ซึ่งจากการตรวจดูพบเส้นใยแอสเบสทอสส่วนใหญ่ประมาณถึง 81.91 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเส้นใยทั้งหมดมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.3 ถึง 2.25 ไมโครเมตร และประมาณถึง 79.31 เปอร์เซ็นต์ มีความกว้างอยู่ในช่วงระหว่าง 0.03 ถึง 0.125 ไมโครเมตร ซึ่งมีลักษณะการกระจายตามตาราง 7.4 นอกจากนี้จากการทำ electron diffraction พบว่าเส้นใยแอสเบสทอสที่มีขนาดกว้างน้อยกว่า 0.125 ไมโครเมตร จะเป็นแอสเบสทอสชนิดคริสโซไทล์ และถ้าหากมีขนาดกว้างกว่าจะเป็นพวกแอมไฟโบล (นอกจากคริสโซไทล์ที่ยังอยู่รวมเป็นมัดอาจจะกว้างกว่า 0.125 ไมโครเมตรได้) รูปถ่ายเส้นใยแอสเบสทอสที่พบและลักษณะ diffraction pattern ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

7.1.4 การคำนวณหาน้ำหนักของเส้นใยแอสเบสทอส น้ำหนักเฉลี่ยของเส้นใยแอสเบสทอสสามารถคำนวณได้โดยแบ่งเส้นใยแอสเบสทอสออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามขนาดเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาปริมาณก่อนแล้วคูณด้วยความหนาแน่นของแอสเบสทอสแต่ละชนิด แต่สำหรับการคำนวณน้ำหนักในที่นี้ไม่ใช้วิธีดังกล่าว แต่จะใช้ข้อมูลการประมาณน้ำหนักแอสเบสทอสจากจำนวนเส้นใยแอสเบสทอสที่ได้มีผู้ทำการศึกษา มา (31) เพื่อคำนวณหาน้ำหนักโดยคร่าว ๆ เท่านั้นคือ

เส้นใยแอสเบสทอสชนิดคริสโซไทล์จำนวน 1 ล้านเส้นใยหนักประมาณ 0.005 ไมโครกรัม

เส้นใยแอสเบสทอสชนิดแอมไฟโบลจำนวน 1 ล้านเส้นใยหนักประมาณ 0.2 ไมโครกรัม สำหรับสัดส่วนชนิดแอสเบสทอสที่พบจะแบ่งชนิดแอสเบสทอสตามขนาดความกว้างของเส้นใยแอสเบสทอสตามข้อ 7.1.3 คือ คริสโซไทล์ : แอมไฟโบล = 129 : 26 ดังนั้นน้ำหนักเฉลี่ยที่คำนวณ

ตาราง 7.3 ปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำ

| ตำแหน่งที่ | จำนวนเส้นใยต่อช่อง<br>จตุรัส ( $\bar{F}$ ) | จำนวนเส้นใยแอสเบสตอส<br>ในน้ำ 1 ลิตร (MFL) | น้ำหนักเส้นใยแอสเบสตอส<br>ในน้ำ 1 ลิตร ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) |
|------------|--|--|---|
| 2          | 1.6  | 1.064                                      | 0.040   |
| 4          | 0.0  | 0.000                                      | 0.000   |
| 6          | 2.8  | 1.862                                      | 0.070   |
| 8          | 0.2  | 0.133                                      | 0.005   |
| 9          | 0.4  | 0.266                                      | 0.010   |
| 11         | 1.8  | 1.197                                      | 0.045   |
| 12         | 1.0  | 0.665                                      | 0.025   |
| 13         | 0.2  | 0.133                                      | 0.005   |
| 14         | 1.6  | 1.064                                      | 0.040   |
| 15         | 3.4  | 2.261                                      | 0.085   |
| 18         | 2.7  | 1.795                                      | 0.068   |
| 20         | 0.3  | 0.199                                      | 0.007   |
| 22         | 5.3  | 3.524                                      | 0.133   |
| 23         | 2.4  | 1.596                                      | 0.060   |
| 24         | 4.1  | 2.726                                      | 0.103   |
| 25         | 3.2  | 2.128                                      | 0.080   |
| 26         | 2.2  | 1.463                                      | 0.055   |
| 27         | 7.9  | 5.252                                      | 0.198   |
| 28         | 1.6  | 1.064                                      | 0.040   |
| 30         | 33.8                                       | 22.473                                     | 0.847   |

ตาราง 7.4 การกระจายของเส้นใยแอสเบสตอสที่พบในน้ำประปา

| ความกว้าง*<br>ความยาว* | <0.025 | 0.030-<br>0.075 | 0.080-<br>0.125 | 0.130-<br>0.175 | > 0.180 | รวม<br>จำนวนเส้น | เปอร์เซ็นต์ความถี่<br>สะสม |
|------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|------------------|----------------------------|
| ≤0.25                  |        | 2               |                 |                 |         | 2                | 1.3                        |
| 0.30-0.75              |        | 37              | 18              | 3               | 1       | 59               | 39.4                       |
| 0.08-1.25              |        | 19              | 16              | 5               | 2       | 42               | 66.5                       |
| 1.30-1.75              | 2      | 6               | 1               | 3               | 1       | 13               | 74.8                       |
| 1.80-2.25              |        | 9               | 1               |                 | 3       | 13               | 83.2                       |
| 2.30-2.75              |        |                 |                 |                 | 2       | 2                | 84.5                       |
| 2.80-3.25              |        | 4               | 1               | 1               | 2       | 8                | 89.7                       |
| 3.30-3.75              |        | 1               |                 |                 | 1       | 2                | 91.0                       |
| 3.80-4.25              | 1      |                 |                 |                 | 1       | 2                | 92.3                       |
| 4.30-4.75              |        | 1               |                 |                 |         | 1                | 92.9                       |
| 4.80-5.25              |        | 1               |                 |                 |         | 1                | 93.5                       |
| ≥ 5.30                 | 3      | 6               |                 |                 | 1       | 10               | 100.0                      |
|                        | 6      | 86              | 37              | 12              | 14      | 155              |                            |

\*มีหน่วยเป็นไมโครเมตร ( $10^{-6}$  เมตร)

โดยใช้สัดส่วนดังกล่าวได้ค่าประมาณ 0.0377 ไมโครกรัมต่อเส้นใย 1 ล้านเส้น ซึ่งผลการคำนวณเปลี่ยนปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสให้เป็นน้ำหนักได้แสดงไว้ในตาราง 7.3

จากการเก็บตัวอย่างน้ำประปามากรองรวม 30 สถานี พบว่าน้ำประปาบางแห่งมีความขุ่น ถึงแม้จะขุ่นไม่มาก แต่ก็มีปริมาณตะกอนมากพอที่จะตกตะกอนทับบน เส้นใยแอสเบสตอสที่ถูกกรองติดค้างอยู่บนแผ่นกรองนิวคลีออร์ในการกรองได้ จนมองเส้นใยแอสเบสตอสไม่เห็นหรือเห็นเพียงเล็กน้อยซึ่งในการกรองพบน้ำประปามีลักษณะดังกล่าวจำนวน 10 สถานี จึงไม่สามารถแสดงผลการตรวจนับเส้นใยแอสเบสตอสได้ สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจำนวน 20 สถานี ที่เหลือสามารถแสดงได้ดังตาราง 7.5 และ รูป 7.1

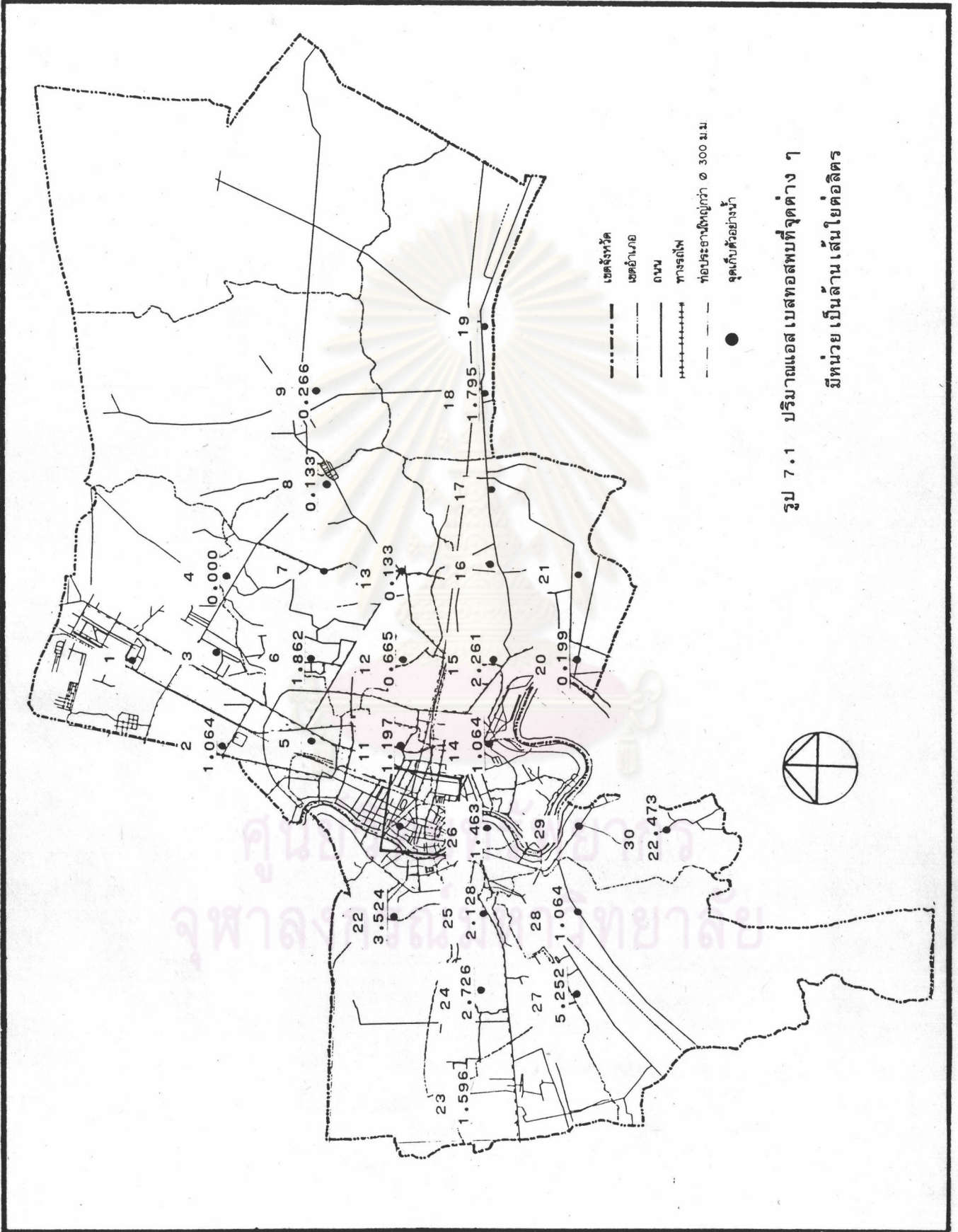
จากการพิจารณาสภาพการกักคร่อนของน้ำประปาพบว่า น้ำประปาจำนวน 14 ตำแหน่ง จากจำนวน 20 ตำแหน่งอยู่ในสภาพกักคร่อนเพียงเล็กน้อย และ 6 ตำแหน่งที่เหลืออยู่ในสภาพไม่กักคร่อนและสามารถตรวจพบเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำทั้ง 2 สภาพดังกล่าว ส่วนใหญ่จะตรวจพบเส้นใยแอสเบสตอสที่มีขนาดยาวสั้นกว่า 2.25 ไมโครเมตร และมีปริมาณเส้นใยเฉลี่ยประมาณ 1.494 MFL นอกจากตำแหน่งที่ 30 ที่ตรวจพบปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสมากถึง 22.473 MFL เป็นเส้นใยแอสเบสตอสชนิดคริสโซไทล์ที่ส่วนใหญ่มีความยาวอยู่ในช่วง 3-6 ไมโครเมตร และบางเส้นยาวมาก และยังพบเส้นใยแอสเบสตอสที่รวมอยู่เป็นมัดด้วย เมื่อพิจารณาดูรายละเอียดของบริเวณเก็บตัวอย่างน้ำตำแหน่งที่ 30 พบว่า ตำแหน่งดังกล่าวอยู่บนถนนประชาอุทิศ เขต ราชบุรีบูรณะ เป็นจุดที่เกือบจะอยู่นอกข่ายระบบส่งน้ำที่เป็นรางแห โดยจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำเป็นจุดที่น้ำไหลแยกจากท่อประธานไหลมาตามท่อจ่ายน้ำแอสเบสตอสซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร เป็นระยะทางตามความยาวท่อประมาณ 6 กิโลเมตร และมีอายุการใช้งานแล้วประมาณ 10 ปี (วางท่อในปี 2519)

นอกจากนี้ยังได้มีการหาปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำดิบก่อนเข้าโรงกรองน้ำประปาที่กรองแล้วที่โรงกรองน้ำบางเขน และน้ำบาดาลที่บริเวณแฟลตดินแดง ถนนประชาสงเคราะห์ ได้ผลการหาคือ น้ำดิบมีความขุ่นมาก ไม่สามารถตรวจหาปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสได้ ส่วนน้ำประปาตรวจพบประมาณ 0.133 MFL และในน้ำบาดาลประมาณ 0.266 MFL

ตาราง 7.5 การกัดกร่อนและปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำ

| ตำแหน่งที่ | Aggressiveness index |             |         | Saturation index |       |             | ปริมาณเส้นใย (MFL) |     |
|------------|----------------------|-------------|---------|------------------|-------|-------------|--------------------|-----|
|            | ค่า                  | การกัดกร่อน |         |                  | ค่า   | การกัดกร่อน |                    |     |
|            |                      | มาก         | ปานกลาง | ไม่              |       | กัดกร่อน    |                    | ไม่ |
| 2          | 11.06                | /           |         |                  | -0.59 | /           | 1.064              |     |
| 4          | 11.48                | /           |         |                  | -0.19 | /           | 0.000              |     |
| 6          | 11.17                | /           |         |                  | -0.47 | /           | 1.862              |     |
| 8          | 12.45                |             | /       |                  | 1.52  | /           | 1.333              |     |
| 9          | 12.12                |             | /       |                  | 1.19  | /           | 0.266              |     |
| 11         | 11.72                | /           |         |                  | 0.14  | /           | 1.197              |     |
| 12         | 11.88                | /           |         |                  | 0.31  | /           | 0.665              |     |
| 13         | 12.10                |             | /       |                  | 1.17  | /           | 0.133              |     |
| 14         | 11.14                | /           |         |                  | -0.50 | /           | 1.064              |     |
| 15         | 11.36                | /           |         |                  | -0.28 | /           | 2.261              |     |
| 18         | 12.12                |             | /       |                  | 1.16  | /           | 1.795              |     |
| 20         | 11.97                | /           |         |                  | 1.05  | /           | 0.199              |     |
| 22         | 12.08                |             | /       |                  | 0.43  | /           | 3.524              |     |
| 23         | 11.61                | /           |         |                  | -0.05 | /           | 1.596              |     |
| 24         | 11.47                | /           |         |                  | -0.18 | /           | 2.726              |     |
| 25         | 11.16                | /           |         |                  | -0.42 | /           | 2.128              |     |
| 26         | 11.31                | /           |         |                  | -0.33 | /           | 1.463              |     |
| 27         | 11.45                | /           |         |                  | -0.25 | /           | 5.252              |     |
| 28         | 11.31                | /           |         |                  | -0.34 | /           | 1.064              |     |
| 30         | 12.00                |             | /       |                  | 0.27  | /           | 22.473             |     |





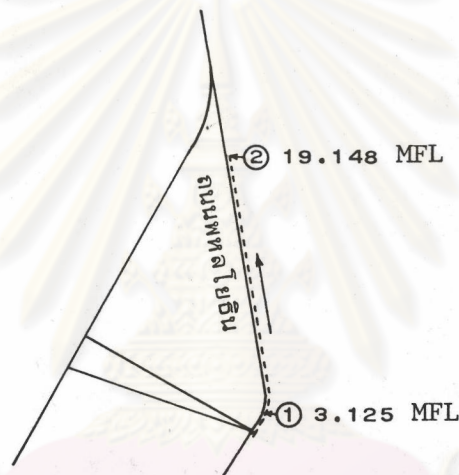
รูป 7.1 ปริมาณแอสเบสทอสพบที่จุดต่าง ๆ  
มีหน่วยเป็นล้านเส้นใยต่อลิตร

## 7.2 ผลการวิจัยการศึกษาปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสที่หลุดออกมาจากท่อแอสเบสตอสซีเมนต์

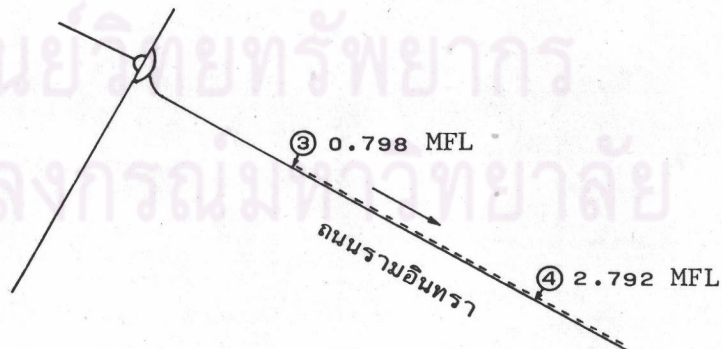
ผลการตรวจวัดปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสในตัวอย่างที่เก็บมาตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในข้อ 6.1.2 ซึ่งได้ผลตามแสดงไว้ในตาราง 7.6 และมีรายละเอียดแผนผังของท่อส่งน้ำตามการศึกษาแต่ละหัวข้อดังนี้

### 7.2.1 ผลการศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของท่อแอสเบสตอสซีเมนต์

1) อายุการใช้งานของท่อ 0-5 ปี ที่ถนนพหลโยธินจากแยกถนนจันทบูร เบกษาถึงปากซอยกิโลเมตรที่ 27 มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น 16.123 MFL



2) อายุการใช้งานของท่อ 6-10 ปี ที่ถนนรามอินทรา มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้น 1.994 MFL



หมายเหตุ 1.  $\longrightarrow$  แสดงทิศทางการไหล

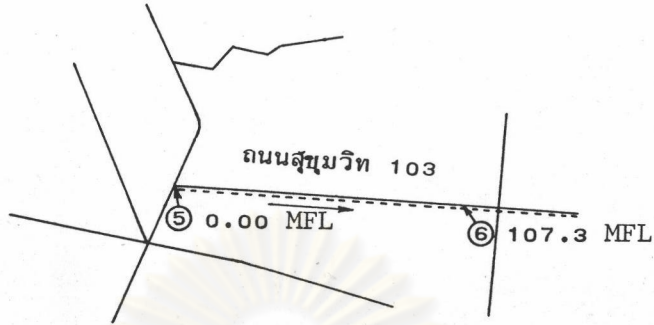
2. ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำบนแผนผังอยู่ตรงตามฝั่งถนนที่เก็บ

3. มาตรการส่วนแผนผัง 1:80,000

ตาราง 7.6 การกักกร่อนและปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสในตัวอย่างน้ำที่ศึกษาตามลักษณะท่อ  
แอสเบสตอสซีเมนต์

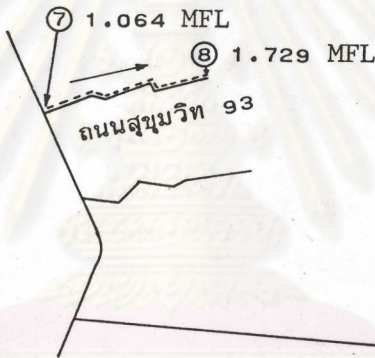
| ตำแหน่งที่ | pH  | Alkalinity $\times 10^{-3}$<br>mg/l as CaCO <sub>3</sub> | Ca Hardness $\times 10^{-3}$<br>mg/l as CaCO <sub>3</sub> | การกักกร่อน |     | แอสเบสตอส<br>(MFL) |
|------------|-----|--|---|-------------|-----|--------------------|
|            |     |  |   | กักกร่อน    | ไม่ |                    |
| 1          | 7.5 | 77   | 84.2  | /           |     | 3.125              |
| 2          | 6.9 | 80   | 85.4  | /           |     | 19.148             |
| 3          | 7.3 | 77   | 82.2  | /           |     | 0.798              |
| 4          | 8.1 | 127  | 89.3  |             | /   | 2.792              |
| 5          | 7.1 | 285  | 141.2   | /           |     | 0.000              |
| 6          | 7.3 | 359  | 70.6  | /           |     | 107.376            |
| 7          | 7.3 | 75   | 82.7  | /           |     | 1.064              |
| 8          | 7.4 | 77   | 85.7  | /           |     | 1.729              |
| 9          | 7.3 | 76   | 82.7  | /           |     | 0.864              |
| 10         | 7.3 | 75   | 82.7  | /           |     | 1.330              |
| 11         | 7.3 | 78   | 83.7  | /           |     | หาค่าไม่ได้        |
| 12         | 7.3 | 176  | 114.9   | /           |     | 1.330              |
| 13         | 7.5 | 79   | 84.8  | /           |     | 0.798              |
| 14         | 7.5 | 327  | 106.8   |             | /   | 1.995              |
| โรงกรองน้ำ | 7.7 | 76   | 86.7  | /           |     | 0.133              |
| บ่อนาดาล   | 7.1 | 294  | 252.1   |             | /   | 0.266              |

3) อายุการใช้งานของท่อมากกว่า 10 ปี ที่ถนนสุขุมวิท 103 (ซอยอุดมสุข) ฝั่งทิศใต้มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้น 107.376 MFL

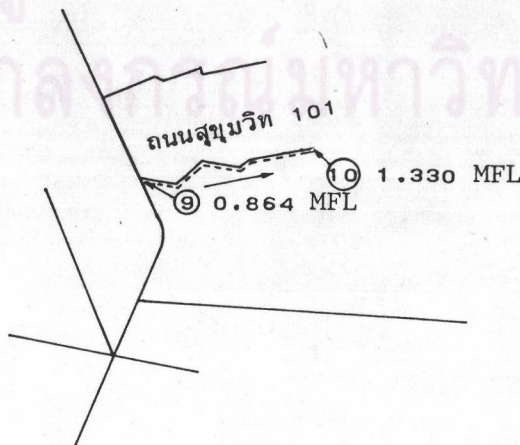


7.2.2 ผลการศึกษาเกี่ยวกับ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อแอสเบสตอสซีเมนต์

1) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตรที่ถนนสุขุมวิท 93 (ซอยพื้งมี) ฝั่งทิศเหนือ มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้น 0.665 MFL



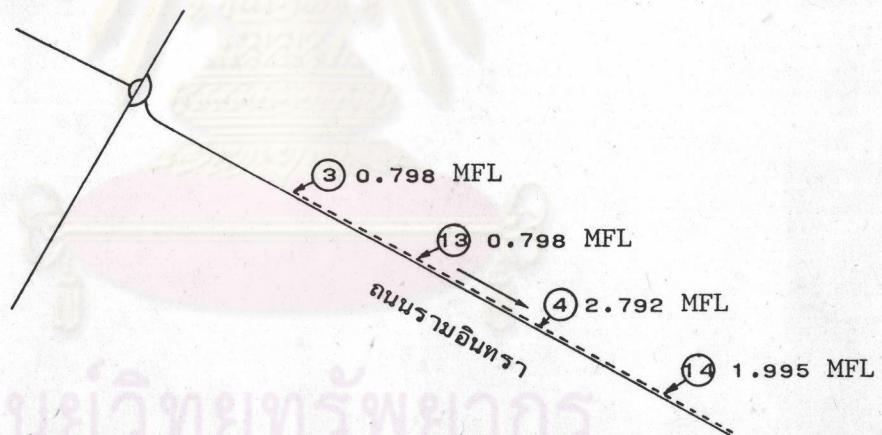
2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร ที่ถนนสุขุมวิท 101 (ซอยปทุมวิไล) ฝั่งทิศใต้ มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้น 0.499 MFL



3) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร ที่ถนนสุขุมวิท 103 (ซอยอุดมสุข) ผังทิศเหนือ ไม่สามารถเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสที่เพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากตัวอย่างน้ำที่ตำแหน่ง 11 มีความขุ่นเกินไป หาปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสไม่ได้



7.2.3 ผลการศึกษาเกี่ยวกับความยาวของท่อแอสเบสตอสซีเมนต์ เป็นท่อแอสเบสตอสซีเมนต์ที่ถนนรามอินทรา พบปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสที่ระยะ 0, 1.5, 3 และ 4.5 กิโลเมตร จำนวน 0.798, 0.798, 2.792 และ 1.995 MFL ตามลำดับ



ท่อแอสเบสตอสซีเมนต์ที่อายุการใช้งานระหว่าง 6-10 ปี จะมีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้นในน้ำน้อยที่สุด ช่วง 0-5 ปี เพิ่มมากขึ้นเป็นอันดับต่อมา ส่วนท่อที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี จะมีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้นมากที่สุดจนเห็นปริมาณความแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ กันของท่อแอสเบสตอสซีเมนต์ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันพบว่า มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มขึ้น ทุกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแต่ใน

ปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนการศึกษาที่เกี่ยวกับความยาวท่อแอสเบสตอสซีเมนต์นั้นพบว่า มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มมากขึ้นและน่าจะพบปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสมากที่สุดในตำแหน่งสุดท้ายของการไหล แต่กลับพบว่าปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสเพิ่มมากขึ้นแต่ยังมีปริมาณน้อยกว่า ตำแหน่งก่อนตำแหน่งสุดท้าย ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าในบริเวณของตำแหน่งสุดท้าย น้ำประปาที่ส่งมาตามท่อส่งน้ำมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องสูบน้ำบาดาลเข้าไปเสริม เพราะดูจากความกระด้างของน้ำประปาที่ตำแหน่งสุดท้ายมีค่าสูงกว่าน้ำประปาที่เก็บจากตอนต้น ๆ ของท่อส่งน้ำ ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการสูบน้ำบาดาลซึ่งมีความกระด้างสูง เข้าไปปนกับน้ำประปา อันเป็นผลทำให้ความเข้มข้นของเส้นใยแอสเบสตอสลดลงด้วย

### 7.3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัด เส้นใยแอสเบสตอสด้วย เครื่องกรองถ่านแอกทิ

#### เวดเตด

#### 7.3.1 รายละเอียดการกรอง

- 1) พื้นที่การกรองคือ  $7.854 \times 10^{-3}$  ตารางเมตร
- 2) ถ่านแอกทิเวดเตดที่ใช้เป็นแบบเกล็ดมีคุณสมบัติคือ มี Effective size 1.2 mm, Apparent specific 0.5, Surface area 1050-1150 m<sup>2</sup>/g, Pore volume 0.8-0.9 cc/g และ Iodine number 1050 โดยเติมลงในเครื่องกรองมีชั้นถ่านสูง 15 เซนติเมตร
- 3) อัตราการไหลประมาณ 0.7 ลิตรต่อนาที คิดเป็นอัตราการกรองประมาณ 5.35 เมตรต่อชั่วโมง
- 4) ความเข้มข้นเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำใช้ 3 ค่า
- 5) ระยะเวลาการกรองน้ำ ให้น้ำเส้นใยแอสเบสตอสแต่ละความเข้มข้นไหลผ่านเครื่องกรองถ่านแอกทิเวดเตดที่เป็นของใหม่เป็นระยะเวลาติดต่อกันตลอด 18 ชั่วโมง
- 6) เก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 ชั่วโมง

7.3.2 ผลการทดลอง ได้วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำส่งเคราะห์ที่เตรียมขึ้น และตัวอย่างน้ำที่เก็บที่เวลาต่าง ๆ ได้ผลดังตาราง 7.6

ตารางที่ 7.7 ผลการทดลองให้น้ำเส้นใยแอสเบสตอสไหลผ่านเครื่องกรองถ่าน

| การทดลองครั้งที่ 1 ความเข้มข้นเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำสังเคราะห์ 2.327 MFL |  |                             |              |
|--|--|-----------------------------|--------------|
| เก็บครั้งที่   | เวลาหลังจากไหลผ่านเครื่องกรอง(ชั่วโมง) | ปริมาณเส้นใยแอสเบสตอส (MFL) | เฉลี่ย (MFL) |
| 1  | เริ่มต้น                               | 1.862                       |              |
| 2  | 3                                      | 2.194                       |              |
| 3  | 6                                      | 0.997                       |              |
| 4  | 9                                      | 0.332                       |              |
| 5  | 12                                     | 1.729                       |              |
| 6  | 15                                     | 1.995                       |              |
| 7  | 18                                     | 1.396                       | 1.501        |
| การทดลองครั้งที่ 2 ความเข้มข้นเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำสังเคราะห์ 3.324 MFL |  |                             |              |
| เก็บครั้งที่   | เวลาหลังจากไหลผ่านเครื่องกรอง(ชั่วโมง) | ปริมาณเส้นใยแอสเบสตอส (MFL) | เฉลี่ย (MFL) |
| 1  | เริ่มต้น                               | 1.463                       |              |
| 2  | 3                                      | 1.596                       |              |
| 3  | 6                                      | 1.862                       |              |
| 4  | 9                                      | 1.728                       |              |
| 5  | 12                                     | 1.795                       |              |
| 6  | 15                                     | 2.527                       |              |
| 7  | 18                                     | 2.658                       | 1.947        |
| การทดลองครั้งที่ 3 ความเข้มข้นเส้นใยแอสเบสตอสในน้ำสังเคราะห์ 6.516 MFL |  |                             |              |
| เก็บครั้งที่   | เวลาหลังจากไหลผ่านเครื่องกรอง(ชั่วโมง) | ปริมาณเส้นใยแอสเบสตอส (MFL) | เฉลี่ย (MFL) |
| 1  | เริ่มต้น                               | 3.391                       |              |
| 2  | 3                                      | 3.590                       |              |
| 3  | 6                                      | 4.255                       |              |
| 4  | 9                                      | 3.058                       |              |
| 5  | 12                                     | 2.128                       |              |
| 6  | 15                                     | 2.527                       |              |
| 7  | 18                                     | 2.460                       | 3.058        |

จากผลการทดลองไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอสเบสตอสที่เปลี่ยนไปกับเวลา  
ในเชิงคณิตศาสตร์ หากคำนวณโดยเฉลี่ยความเข้มข้นปริมาณแอสเบสตอสที่วัดได้ที่เวลาต่าง ๆ  
ได้ผลดังนี้

1) นำเส้นใยแอสเบสตอสสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 2.327 MFL หลังจากไหล  
ผ่านเครื่องกรองถ่านแล้ว มีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสลดลง 35%

2) นำเส้นใยแอสเบสตอสสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 3.324 MFL หลังจากไหล  
ผ่านเครื่องกรองถ่านแล้วมีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสลดลง 41%

3) นำเส้นใยแอสเบสตอสสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 3.058 MFL หลังจากไหล  
ผ่านเครื่องกรองถ่านแล้วมีปริมาณเส้นใยแอสเบสตอสลดลง 53%

เมื่อเฉลี่ยรวมแล้ว เส้นใยแอสเบสตอสที่เตรียมสังเคราะห์ขึ้นหลังจากไหลผ่านเครื่อง  
กรองถ่านแอคติเวตแบบเกล็ดแล้วพบมีปริมาณเส้นใยลดลงประมาณ 43%

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย