

บทที่ 4

ผลการจำลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 อิทธิพลของ Step size of integration

Step size of integration ,H คือ ความสูงที่เพิ่มขึ้นของเครื่องในแต่ละครั้งของการจำลอง ขนาดความสูงนี้มีผลอย่างมากต่อค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้กล่าวคือ ถ้าค่า H มีค่าใหญ่เกินไปค่าที่คำนวณได้จะผิดพลาดจากค่าที่ควรจะเป็นมาก แต่ถ้าค่า H มีค่าเล็กเกินไปแม้ว่าค่าที่คำนวณได้จะใกล้เคียงกับค่าที่ควรจะเป็น แต่จะใช้เวลาในการจำลองนานมากซึ่งอาจไม่มีความจำเป็น ดังนั้นค่า H ที่เหมาะสมคือ ค่า H ที่ให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับค่าที่ควรจะเป็นมากที่สุด และใช้เวลาในการจำลองน้อยที่สุด ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ค่า $H = 2 \cdot 10^{-5}$ เมตร ทุกกรณีของการจำลอง

พร้อมนี้ได้แสดงตารางเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ ขนาด อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำ อุณหภูมิและความชื้นของลมร้อนที่ได้จากการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำ ณ ความสูงต่างๆ กรณีที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray โดยมีขนาดเฉลี่ย 200 ไมครอน ในตาราง 4.1-4.5 โดยใช้ค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ทุกค่าเท่ากันในตาราง 4.6 ยกเว้นเฉพาะค่า H ที่แตกต่างกันคือ $H = 2 \cdot 10^{-5}, 1 \cdot 10^{-5}$ และ $5 \cdot 10^{-6}$ เมตร

ตาราง 4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของหยดน้ำที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องระเหยหยดน้ำ

| Drop diameter (micron) | | | |
|------------------------|-----------|-----------|------------|
| Z (m) | H=0.00002 | H=0.00001 | H=0.000005 |
| 0.0000 | 200.0000 | 200.0000 | 200.0000 |
| 0.1000 | 195.7900 | 195.7900 | 195.7900 |
| 0.2000 | 187.8400 | 187.8400 | 187.8400 |
| 0.3000 | 171.3100 | 171.3100 | 171.3300 |
| 0.4000 | 153.2900 | 153.2900 | 153.3100 |
| 0.5000 | 137.3700 | 137.3700 | 137.3900 |
| 0.6000 | 122.7200 | 122.7200 | 122.7500 |
| 0.7000 | 108.7800 | 108.7800 | 108.8100 |
| 0.8000 | 94.1320 | 94.1360 | 94.1420 |
| 0.9000 | 78.3790 | 78.3840 | 78.3940 |
| 1.0000 | 60.7810 | 60.7880 | 60.8030 |
| 1.1000 | 37.9950 | 38.0070 | 38.0340 |
| 1.2000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

ตาราง 4.2 อุณหภูมิของหยดน้ำที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องระเหยหยดน้ำ

| Drop temperature (K) | | | |
|----------------------|-----------|-----------|------------|
| Z (m) | H=0.00002 | H=0.00001 | H=0.000005 |
| 0.0000 | 333.1600 | 333.1600 | 333.1600 |
| 0.1000 | 323.2300 | 323.2300 | 323.2300 |
| 0.2000 | 322.8400 | 322.8400 | 322.8400 |
| 0.3000 | 323.3300 | 323.3300 | 323.3300 |
| 0.4000 | 323.6200 | 323.6200 | 323.6200 |
| 0.5000 | 323.7500 | 323.7500 | 323.7500 |
| 0.6000 | 323.8100 | 323.8100 | 323.8100 |
| 0.7000 | 323.8400 | 323.8400 | 323.8400 |
| 0.8000 | 323.8600 | 323.8500 | 323.8600 |
| 0.9000 | 323.8700 | 323.8700 | 323.8700 |
| 1.0000 | 323.8700 | 323.8700 | 323.8700 |
| 1.1000 | 323.8700 | 323.8700 | 323.8700 |
| 1.2000 | 321.9400 | 323.8600 | 323.8600 |

ตาราง 4.3 ความเร็วของหยดน้ำที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องระเหยหยดน้ำ

| Drop velocity (m/s) | | | |
|---------------------|-----------|-----------|------------|
| Z (m) | H=0.00002 | H=0.00001 | H=0.000005 |
| 0.0000 | 40.8000 | 40.8000 | 40.8000 |
| 0.1000 | 17.3170 | 17.3170 | 17.3170 |
| 0.2000 | 4.5127 | 4.5127 | 4.5126 |
| 0.3000 | 1.6509 | 1.6509 | 1.6509 |
| 0.4000 | 1.4973 | 1.4973 | 1.4974 |
| 0.5000 | 1.4213 | 1.4213 | 1.4214 |
| 0.6000 | 1.3532 | 1.3533 | 1.3533 |
| 0.7000 | 1.2893 | 1.2893 | 1.2894 |
| 0.8000 | 1.0262 | 1.0263 | 1.0263 |
| 0.9000 | 0.9563 | 0.9563 | 0.9564 |
| 1.0000 | 0.8947 | 0.8948 | 0.8948 |
| 1.1000 | 0.8372 | 0.8372 | 0.8373 |
| 1.2000 | 0.8000 | 0.8000 | 0.8000 |

ตาราง 4.4 อุณหภูมิของลมร้อนที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องระเหยหยดน้ำ

| Air temperature (K) | | | |
|---------------------|-----------|-----------|------------|
| Z (m) | H=0.00002 | H=0.00001 | H=0.000005 |
| 0.0000 | 533.1600 | 533.1600 | 533.1600 |
| 0.1000 | 524.3000 | 524.3000 | 524.3000 |
| 0.2000 | 504.0900 | 504.0900 | 504.0900 |
| 0.3000 | 468.4000 | 468.3900 | 468.4000 |
| 0.4000 | 438.1400 | 438.1400 | 438.1400 |
| 0.5000 | 417.5100 | 417.5100 | 417.5100 |
| 0.6000 | 402.7300 | 402.7300 | 402.7300 |
| 0.7000 | 391.8000 | 391.7900 | 391.7900 |
| 0.8000 | 383.1000 | 383.1000 | 383.0900 |
| 0.9000 | 376.4100 | 376.4100 | 376.4000 |
| 1.0000 | 371.5800 | 371.5800 | 371.5700 |
| 1.1000 | 368.4100 | 368.4100 | 368.4000 |
| 1.2000 | 367.3900 | 367.3900 | 367.3800 |

ตาราง 4.5 ความชื้นของลมร้อนที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องระเหยหยดน้ำ

| Humidity (kg vapor/kg dry air) | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|------------|
| Z (m) | H=0.00002 | H=0.00001 | H=0.000005 |
| 0.0000 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| 0.1000 | 0.0042277 | 0.0042277 | 0.0042277 |
| 0.2000 | 0.0117400 | 0.0117400 | 0.0117400 |
| 0.3000 | 0.0254420 | 0.0254420 | 0.0254430 |
| 0.4000 | 0.0376450 | 0.0376440 | 0.0376470 |
| 0.5000 | 0.0462890 | 0.0462890 | 0.0462920 |
| 0.6000 | 0.0526560 | 0.0526550 | 0.0526590 |
| 0.7000 | 0.0574580 | 0.0574570 | 0.0574620 |
| 0.8000 | 0.0613360 | 0.0613340 | 0.0613390 |
| 0.9000 | 0.0643540 | 0.0643520 | 0.0643580 |
| 1.0000 | 0.0665530 | 0.0665520 | 0.0665560 |
| 1.1000 | 0.0680050 | 0.0680040 | 0.0680090 |
| 1.2000 | 0.0684730 | 0.0684720 | 0.0684790 |

ตาราง 4.6 ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำกรณีนที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray โดยมีขนาดเฉลี่ย 50,100 และ 200 ไมครอน

| | $D_p = 50$ | $D_p = 100$ | $D_p = 200$ | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| <u>ขนาดของเครื่อง</u> | | | | |
| ความสูงของเครื่อง | 10 | 10 | 10 | m |
| เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเครื่อง | 4 | 4 | 4 | m |
| <u>ลักษณะสมบัติของหยดน้ำ</u> | | | | |
| จำนวนหยดน้ำทั้งหมด | 561103685 | 70137960 | 8767245 | drop/m ² s |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด | 50 | 100 | 200 | micron |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด | 50 | 100 | 200 | micron |
| อุณหภูมิของหยดน้ำ | 333.16 | 333.16 | 333.16 | K |
| ความเร็วของหยดน้ำ | 40.8 | 40.8 | 40.8 | m/s |
| <u>ลักษณะสมบัติของลมร้อน</u> | | | | |
| อุณหภูมิของลมร้อน | 533.16 | 533.16 | 533.16 | K |
| ความชื้นของลมร้อน | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kg vapor/kg dry air |
| อัตราการไหลเชิงมวลของลมร้อน | 0.5298 | 0.5298 | 0.5298 | kg dry air/m ² s |
| <u>เงื่อนไขของการจำลอง</u> | | | | |
| จำนวนวงแหวนของเครื่อง | 1 | 1 | 1 | annulus |
| จำนวนช่วงขนาดของหยดน้ำ | 1 | 1 | 1 | class |
| ความสูงเริ่มต้นของการจำลอง | 0.0 | 0.0 | 0.0 | m |
| สัดส่วนหยดน้ำที่ใช้หยุดการจำลอง | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Step size ที่ใช้ในการจำลอง | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | m |
| ความถี่ที่แสดงผลของการจำลอง | 1000 | 2500 | 5000 | |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 1 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 1 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | % |

4.2 อิทธิพลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อเครื่องระเหยหยดน้ำ

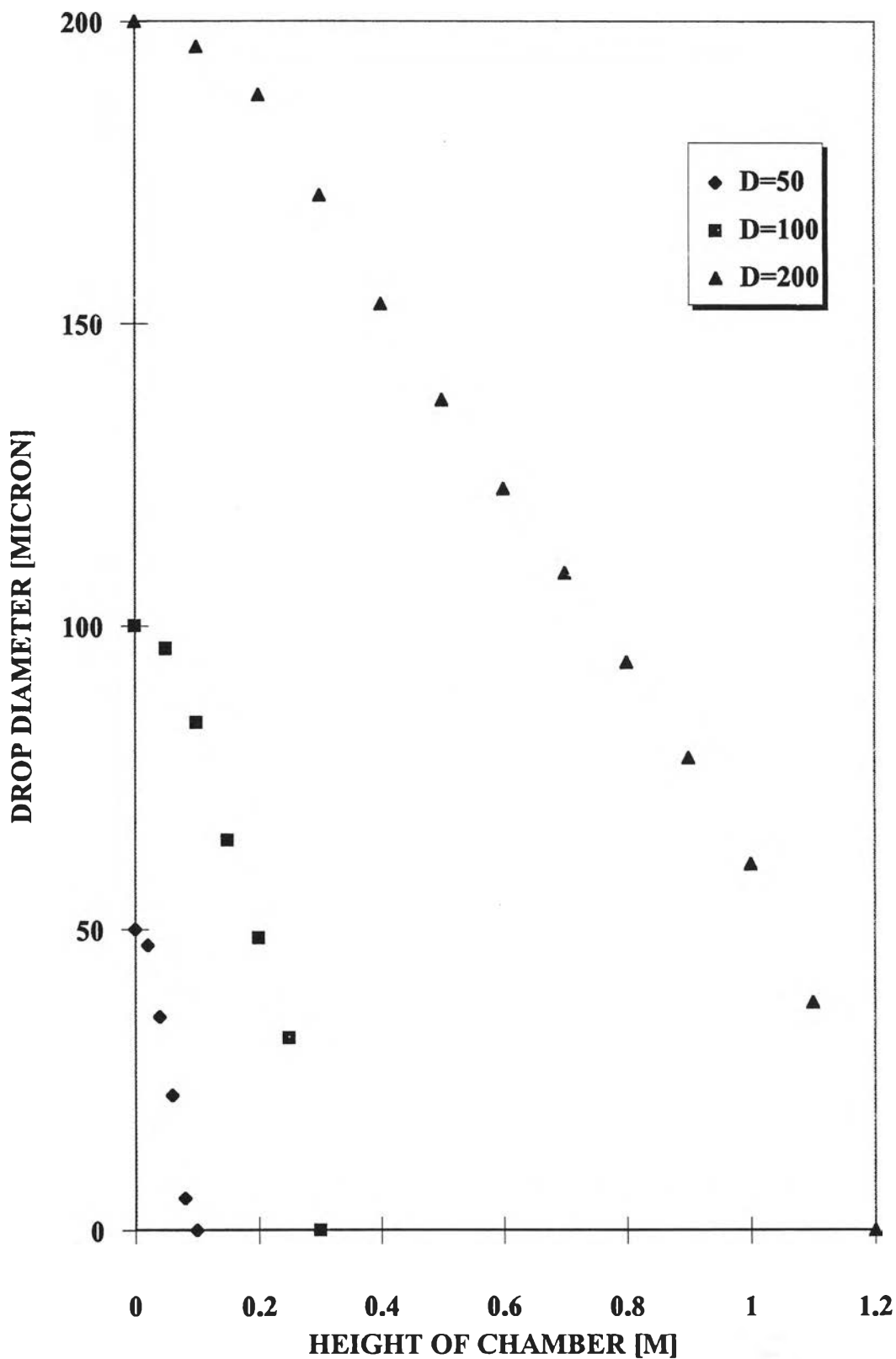
4.2.1 หยดน้ำมีขนาดเดียว (monodisperse)

4.2.1.1 หยดน้ำมีขนาด 50 ไมครอน

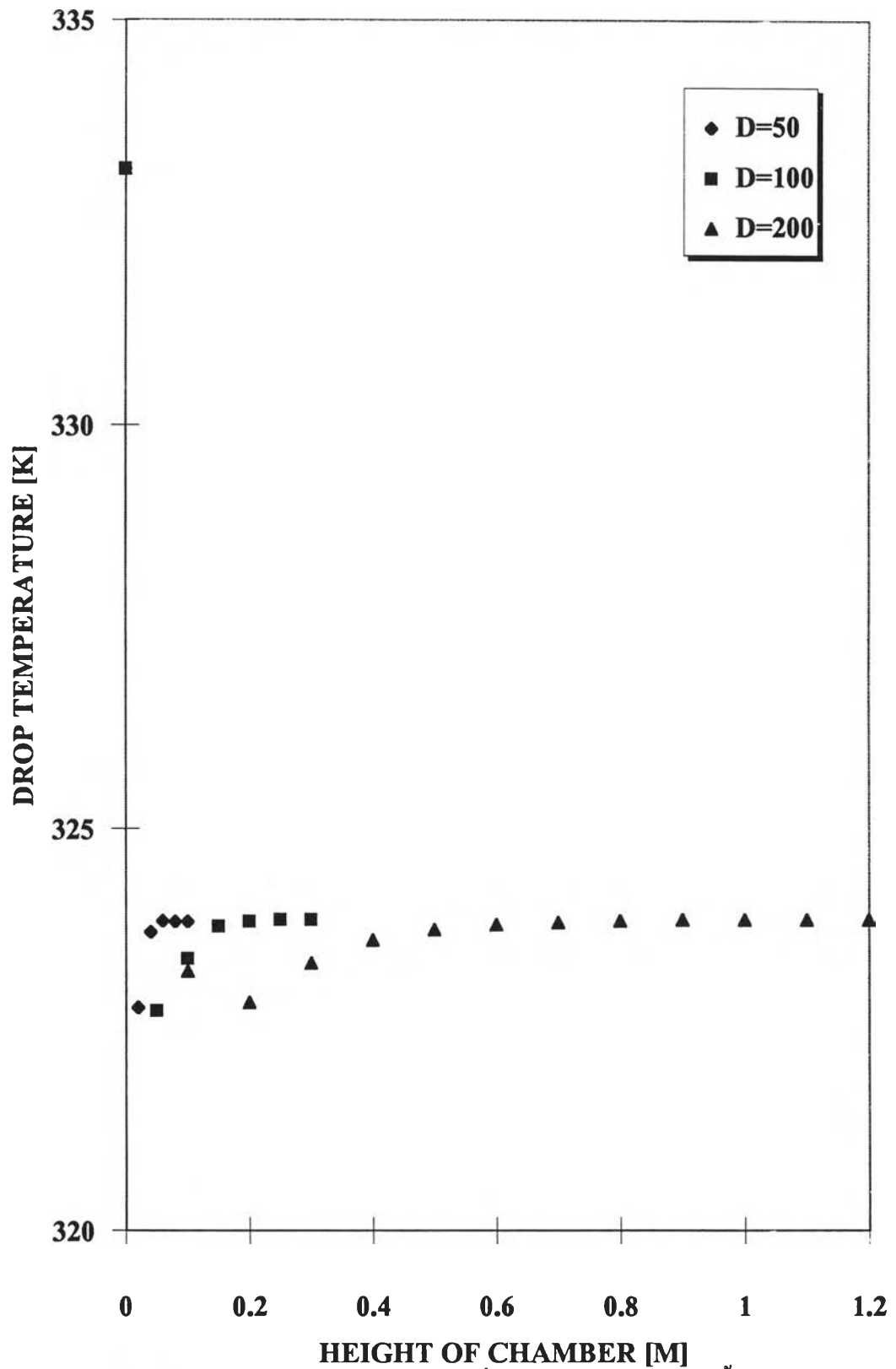
4.2.1.2 หยดน้ำมีขนาด 100 ไมครอน

4.2.1.3 หยดน้ำมีขนาด 200 ไมครอน

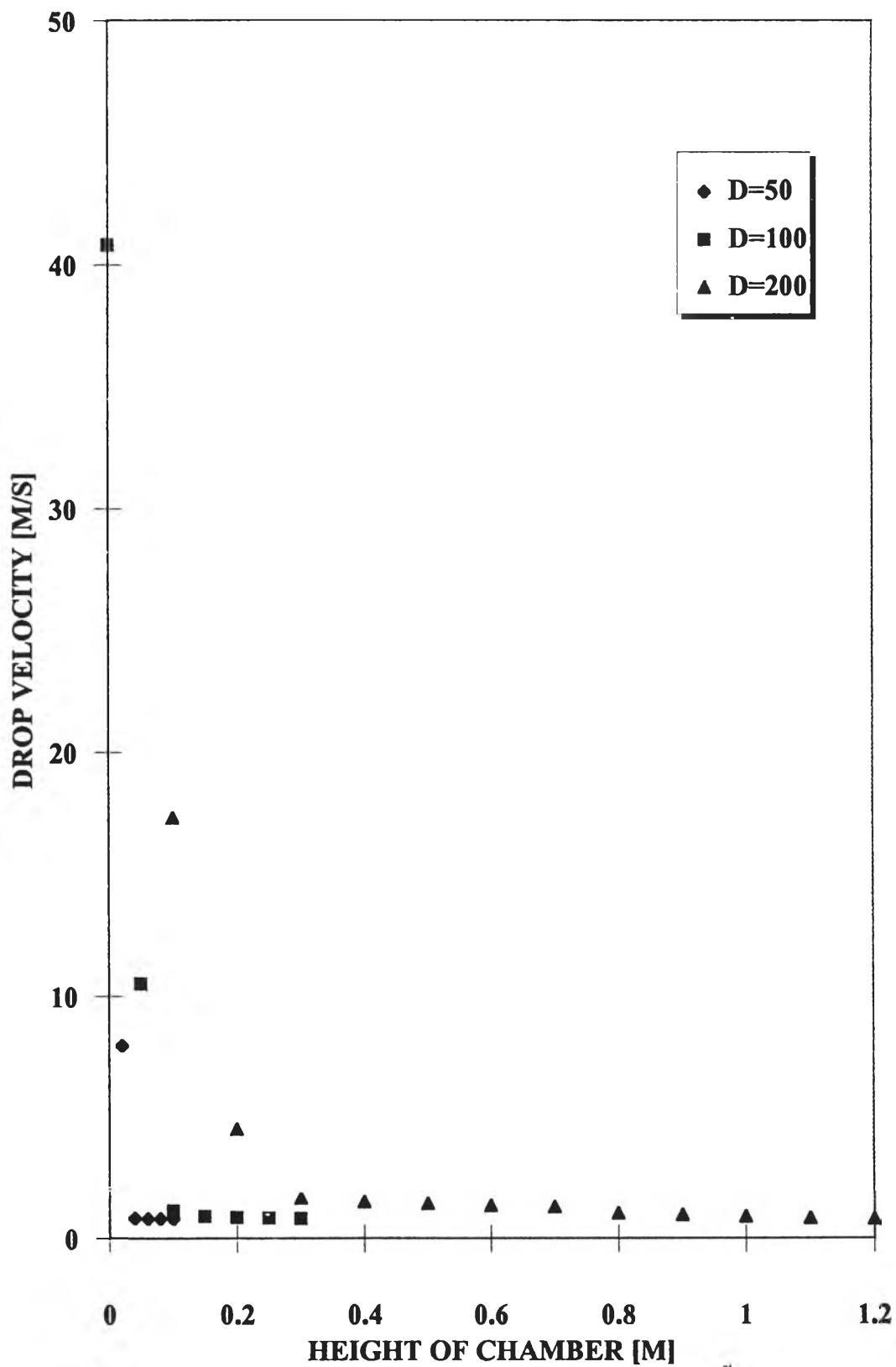
ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำกรณีของหยดน้ำทั้ง 3 ขนาดแสดงไว้ในตาราง 4.6



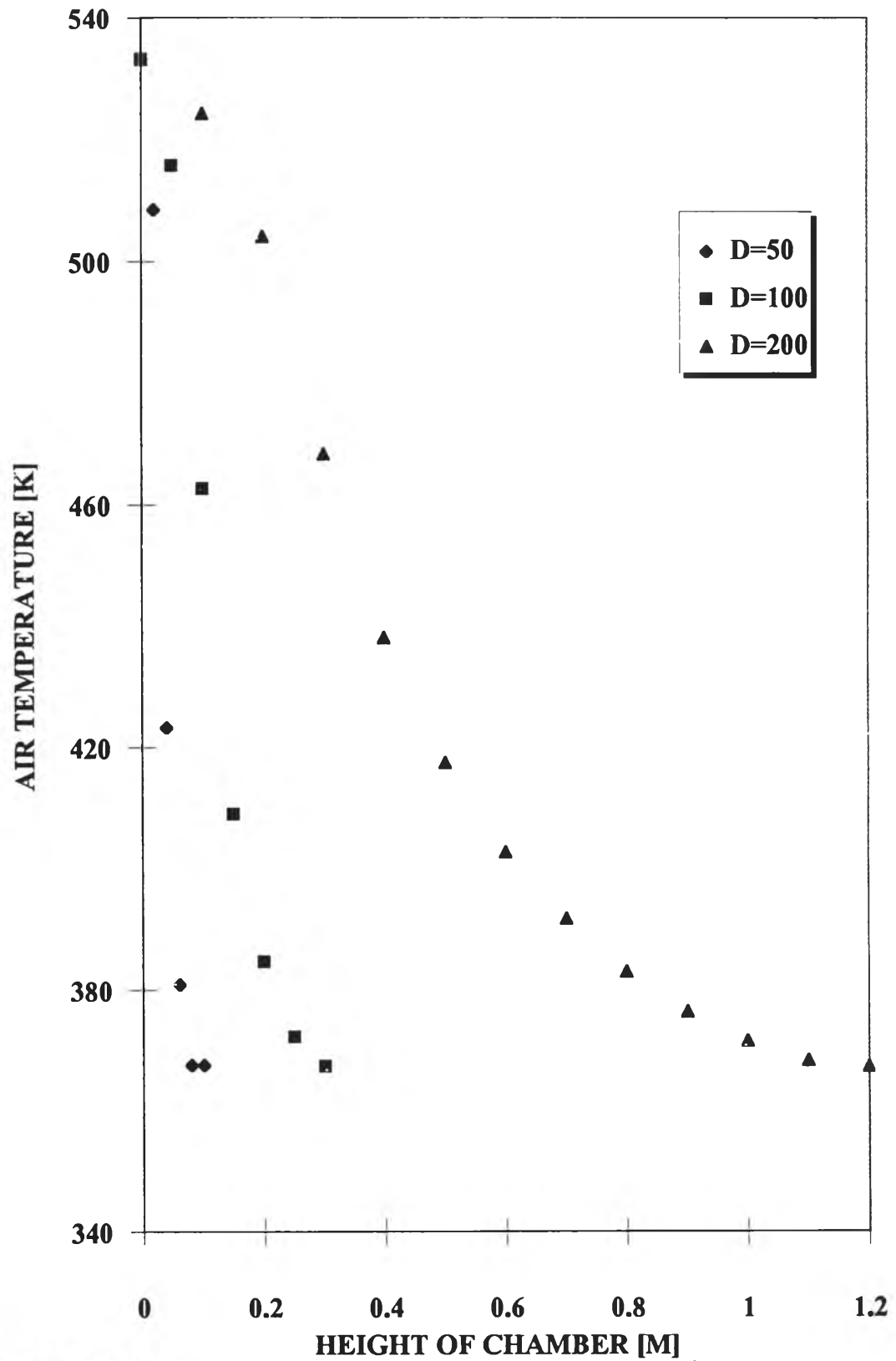
รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำ
ที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray



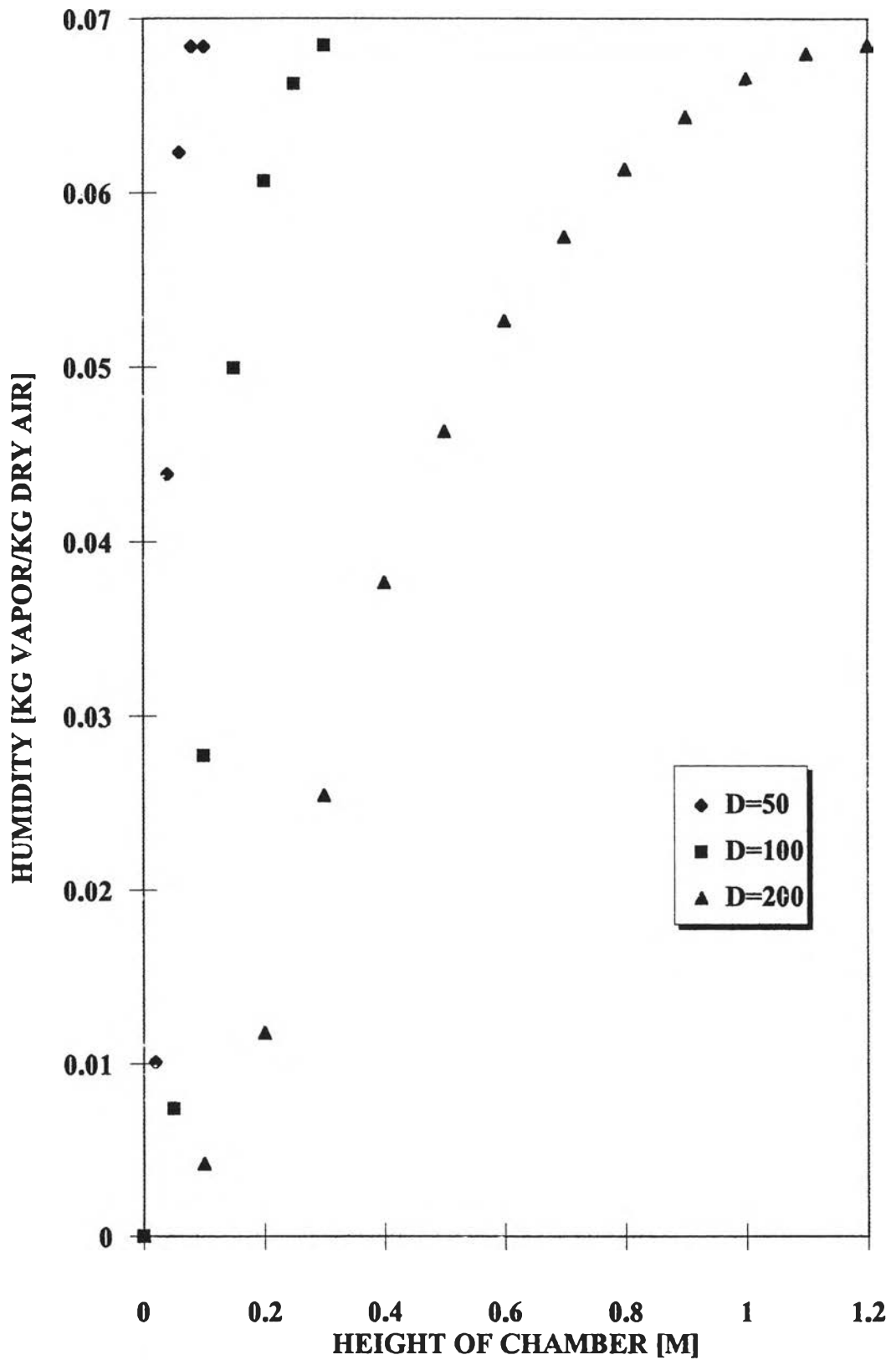
รูป 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิของหยดน้ำ
 ที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray



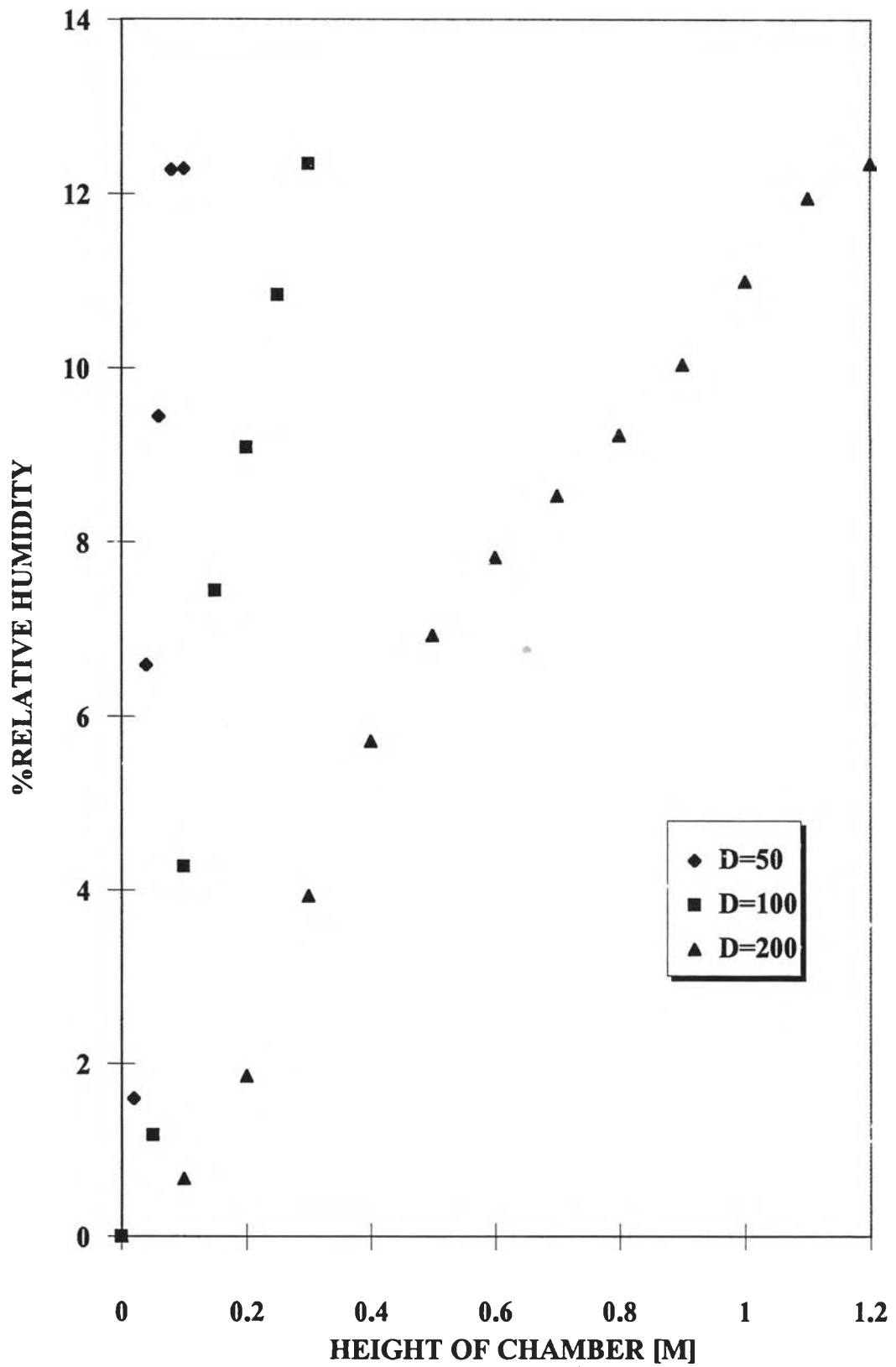
รูป 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับความเร็วของหยดน้ำ
ที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray



รูป 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิของลมร้อนที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray



รูป 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับความชื้นของลมร้อนที่สัมผัส
กับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray



รูป 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับ%ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อน
ที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray

จากรูป 4.1 ในขณะที่หยคน้ำมีขนาดใหญ่อัตราการลดลงของขนาดจะมีค่าน้อย เมื่อหยคน้ำมีขนาดเล็กอัตราการลดลงของขนาดจะมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ หยคน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะลดขนาดลงเร็วกว่าหยคน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยคน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยคน้ำขนาดใหญ่

จากรูป 4.2 หยคน้ำจะมีอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิกำหนึ่งอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิกำหนึ่งหยคน้ำจะมีอุณหภูมิกำที่ ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ หยคน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีอุณหภูมิลดลงเร็วกว่าหยคน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยคน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยคน้ำขนาดใหญ่

จากรูป 4.3 ช่วงแรกหยคน้ำจะมีอัตราการลดลงของความเร็วเร็วมาก จากนั้นจะมีอัตราการลดลงของความเร็วน้อยลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีความเร็วเท่ากับความเร็วของลมร้อนเมื่อหยคน้ำระเหยหมด หยคน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะลดความเร็วลงเร็วกว่าหยคน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยคน้ำขนาดเล็กเกิดสมดุลระหว่างแรงจากน้ำหนัก แรงลอยตัว และแรงต้านทานการไหล เร็วกว่าหยคน้ำขนาดใหญ่

จากรูป 4.4 ช่วงแรกลมร้อนจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิน้อย จากนั้นจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิกำขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิกำหนึ่งจึงเริ่มมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิน้อยลงและน้อยลงเรื่อยๆ จนกระทั่งหยคน้ำระเหยหมด หยคน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีอุณหภูมิลดลงเร็วกว่าผลจากหยคน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยคน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยคน้ำขนาดใหญ่

จากรูป 4.5 ช่วงแรกลมร้อนจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงความชื้นค่าหนึ่ง จากนั้นจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นน้อยลง และน้อยลงเรื่อยๆ จนกระทั่งหยคน้ำระเหยหมด หยคน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีความชื้นเพิ่มขึ้นเร็วกว่าผลจากหยคน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยคน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยคน้ำขนาดใหญ่

จากรูป 4.6 ช่วงแรกลมร้อนจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์มากขึ้นเรื่อยๆ จากนั้นจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์น้อยลง และน้อยลงเรื่อยๆ จนกระทั่งหยคน้ำระเหยหมด หยคน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเร็วกว่าผลจากหยคน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยคน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยคน้ำขนาดใหญ่

4.2.2 หยดน้ำมีหลายขนาด (polydisperse)

4.2.2.1 หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma = 0.2$

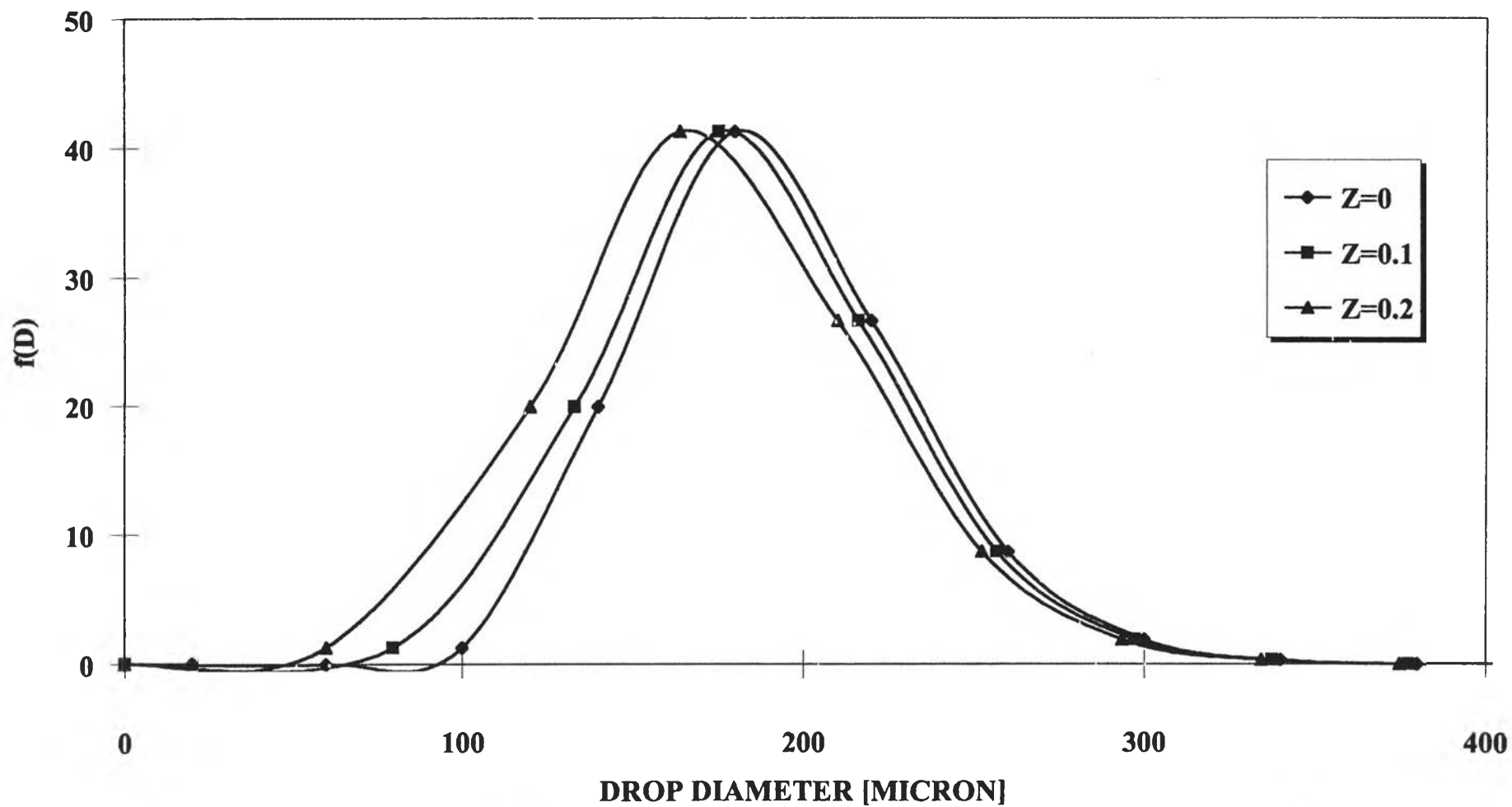
4.2.2.2 หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma = 0.4$

ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำ
กรณีการกระจายขนาดของหยดน้ำทั้ง 2 กรณี แสดงไว้ในตาราง 4.7

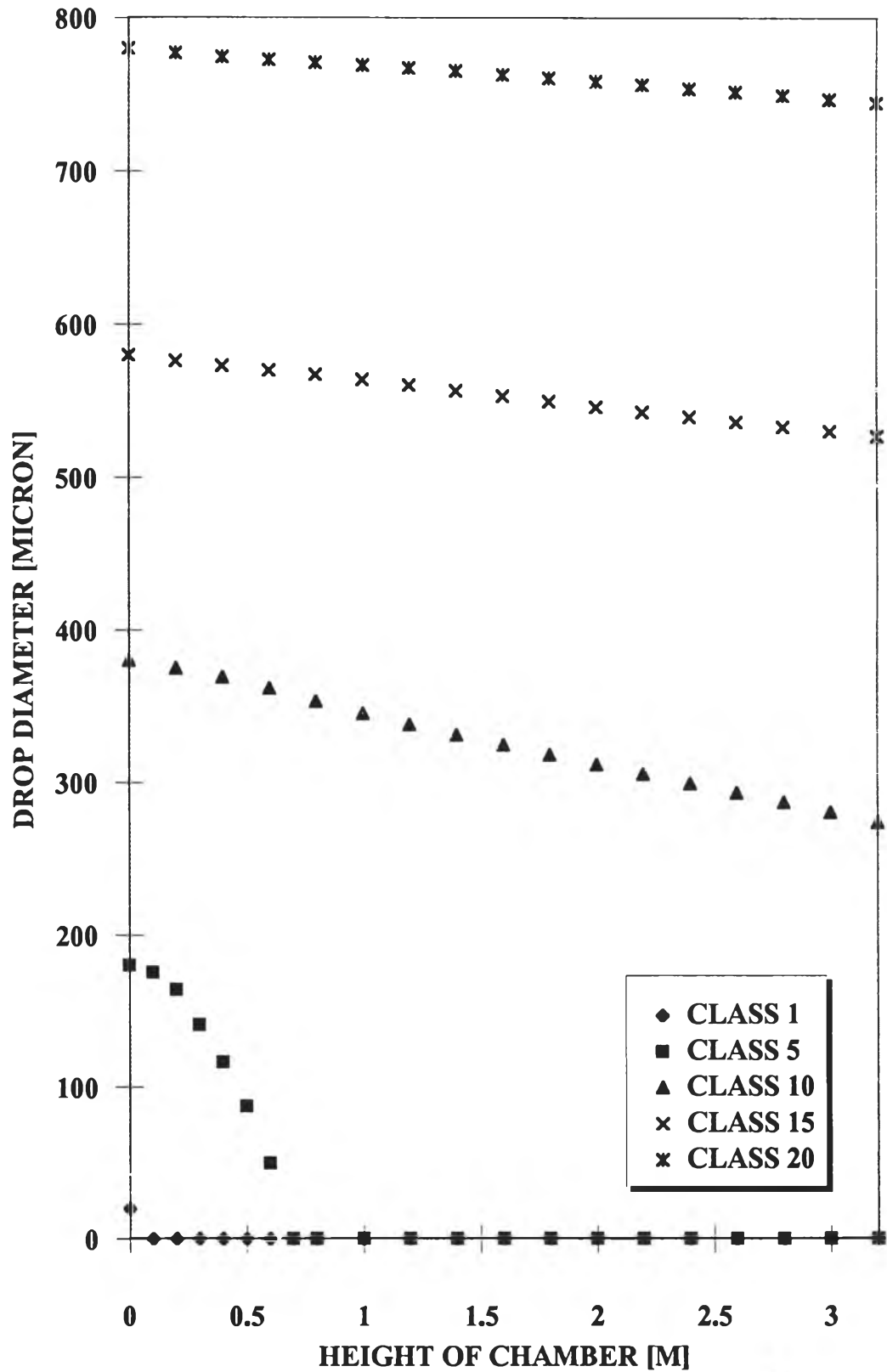
ตาราง 4.7 ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำกรณินที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma = 0.2, 0.4$ และ uniform spray โดยมีขนาดเฉลี่ย 200 ไมครอน

| | $\sigma = 0.2$ | $\sigma = 0.4$ | |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|
| <u>ขนาดของเครื่อง</u> | | | |
| ความสูงของเครื่อง | 10 | 10 | m |
| เส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่อง | 4 | 4 | m |
| <u>ลักษณะสมบัติของหยดน้ำ</u> | | | |
| จำนวนหยดน้ำทั้งหมด | 8767245 | 8767245 | drop/m ² s |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด | 800 | 800 | micron |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด | 0.0 | 0.0 | micron |
| อุณหภูมิของหยดน้ำ | 333.16 | 333.16 | K |
| ความเร็วของหยดน้ำ | 40.8 | 40.8 | m/s |
| <u>ลักษณะสมบัติของลมร้อน</u> | | | |
| อุณหภูมิของลมร้อน | 533.16 | 533.16 | K |
| ความชื้นของลมร้อน | 0.0 | 0.0 | kg vapor/kg dry air |
| อัตราการไหลเชิงมวลของลมร้อน | 0.5298 | 0.5298 | kg dry air/m ² s |
| <u>เงื่อนไขของการจำลอง</u> | | | |
| จำนวนวงแหวนของเครื่อง | 1 | 1 | annulus |
| จำนวนช่วงขนาดของหยดน้ำ | 20 | 20 | class |
| ความสูงเริ่มต้นของการจำลอง | 0.0 | 0.0 | m |
| สัดส่วนหยดน้ำที่ใช้หยุดการจำลอง | 0.01 | 0.01 | |
| Step size ที่ใช้ในการจำลอง | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | m |
| ความถี่ที่แสดงผลของการจำลอง | 5000 | 5000 | |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 1 | 100.00 | 100.00 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 1 | $0.53281 \cdot 10^{-12}$ | 0.03152 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 2 | 0.0001 | 4.5650 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 3 | 1.2597 | 20.494 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 4 | 19.934 | 26.806 | % |

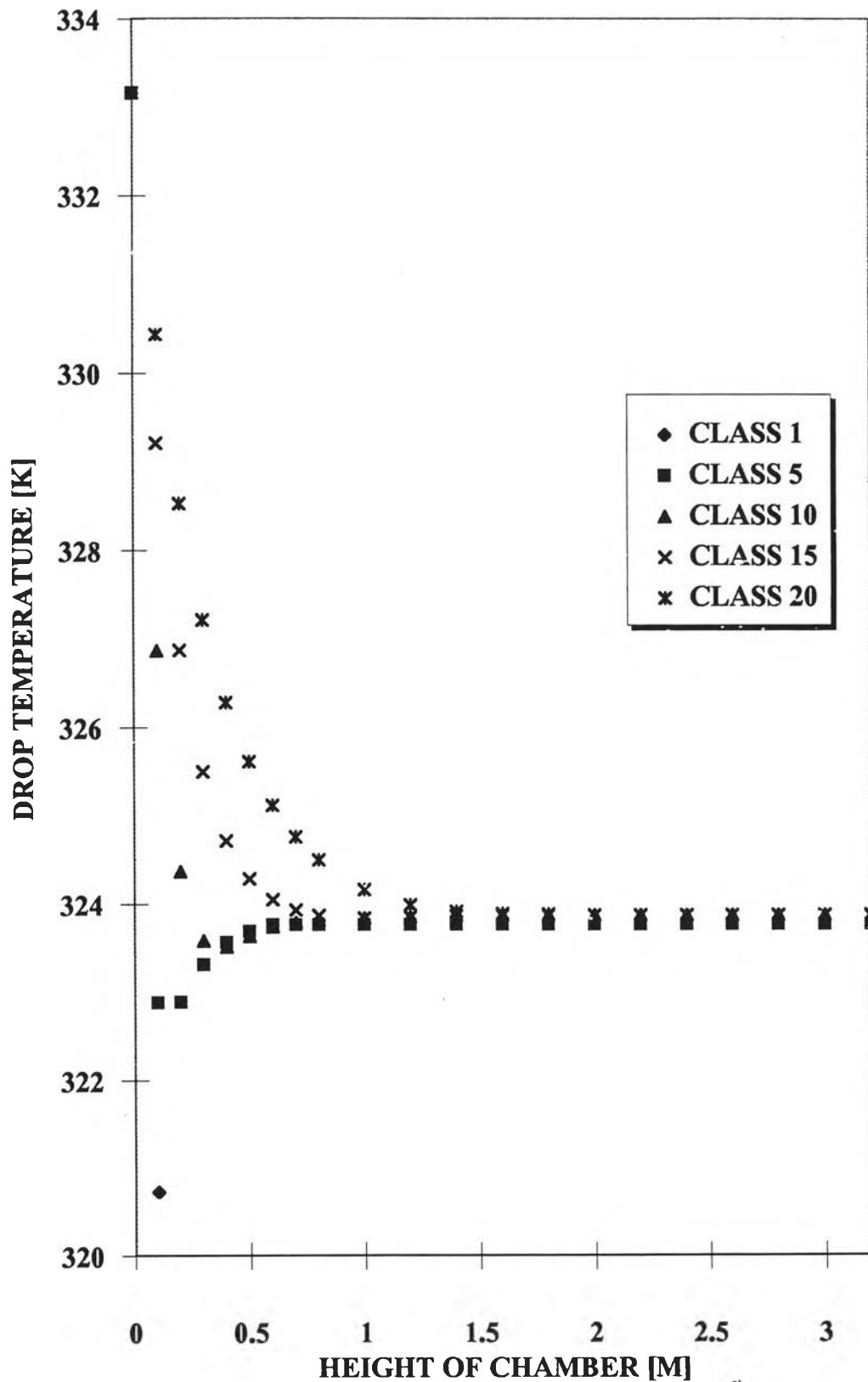
| | | | |
|-----------------------------|------------------------|----------|---|
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 5 | 41.207 | 20.858 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 6 | 26.620 | 12.815 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 7 | 8.6956 | 7.0290 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 8 | 1.9000 | 3.6501 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 9 | 0.32705 | 1.8504 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 10 | 0.04892 | 0.93123 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 11 | 0.00676 | 0.46967 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 12 | 0.00090 | 0.23871 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 13 | 0.00012 | 0.12264 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 14 | $.15242 \cdot 10^{-4}$ | 0.063810 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 15 | $.20120 \cdot 10^{-5}$ | 0.033650 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 16 | $.27063 \cdot 10^{-6}$ | 0.017993 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 17 | $.37274 \cdot 10^{-7}$ | 0.009755 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 18 | $.52735 \cdot 10^{-8}$ | 0.005362 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 19 | $.76789 \cdot 10^{-9}$ | 0.002987 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 20 | $.11521 \cdot 10^{-9}$ | 0.001686 | % |



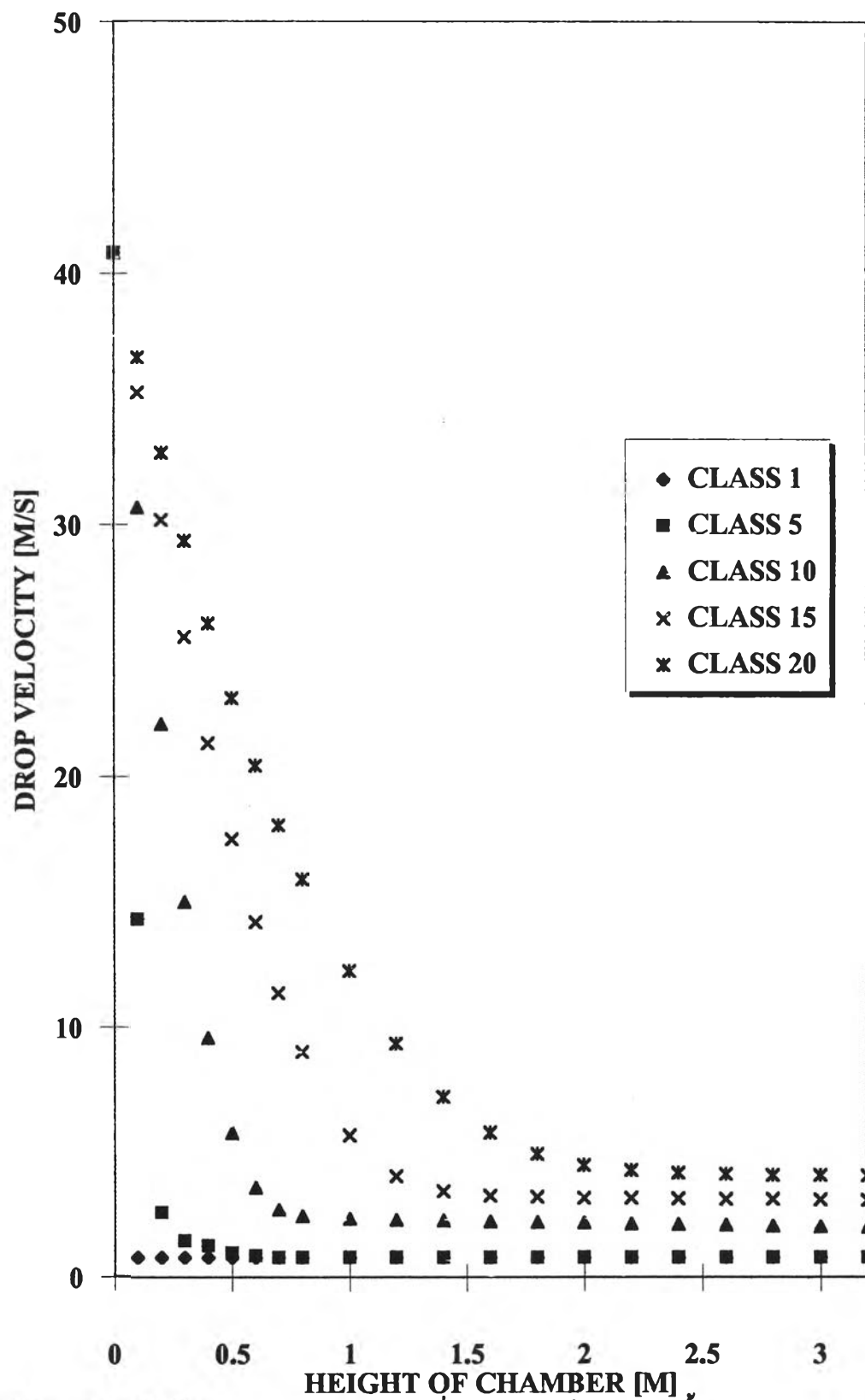
รูป 4.7 การกระจายขนาดของหยดน้ำแบบ log-normal, $\sigma=0.2$ และ uniform spray ที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องระเหยหยดน้ำ



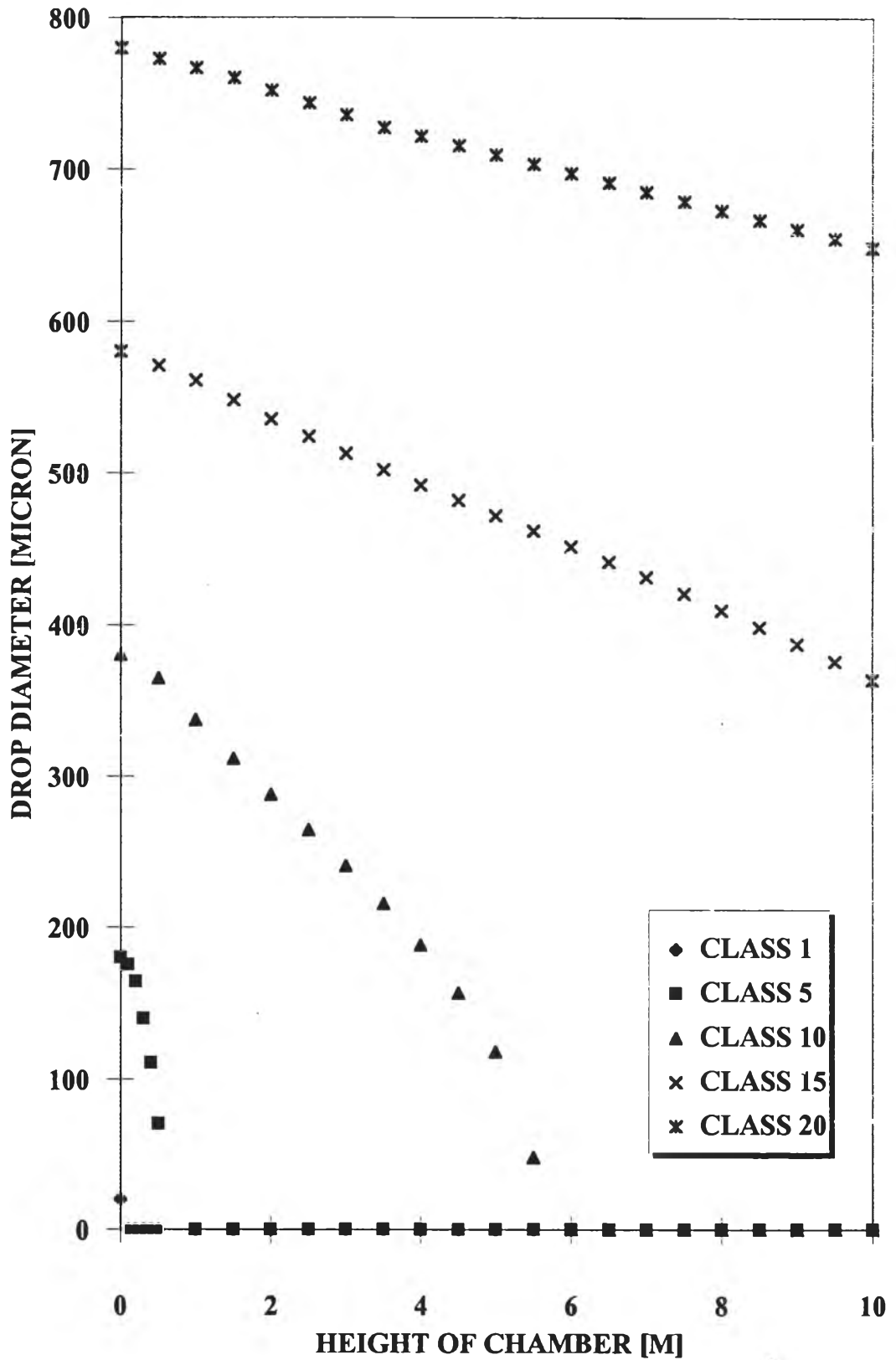
รูป 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำ
ขนาดต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.2$ และ uniform spray



รูป 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิของหยดน้ำ
ขนาดต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.2$ และ uniform spray



รูป 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับความเร็วของหยดน้ำขนาดต่างๆ
 ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.2$ และ uniform spray



รูป 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำขนาดต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.4$ และ uniform spray

จากรูป 4.7 การกระจายขนาดของหยดน้ำในขณะระเหยที่ความสูงต่างๆ ของเครื่องจะเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่หยดน้ำมีขนาดเฉลี่ยเล็กลงเมื่อความสูงของเครื่องเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการระเหยของหยดน้ำ

จากรูป 4.8 หยดน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีอัตราการลดลงของขนาดเร็วกว่าหยดน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า หยดขนาดเล็กจะระเหยหมดอย่างรวดเร็ว ในขณะที่หยดขนาดใหญ่จะใช้ระยะความสูงในการระเหยมากกว่าจึงจะระเหยหมด เนื่องจากหยดน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยดน้ำขนาดใหญ่

จากรูป 4.9 หยดน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิเร็วกว่าหยดน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากหยดน้ำขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากกว่าหยดน้ำขนาดใหญ่ ทำให้หยดน้ำขนาดเล็กกว่ามีอุณหภูมิต่ำกว่าหยดน้ำขนาดใหญ่กว่า หยดน้ำทุกขนาดจะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิจำกัด จากนั้นหยดน้ำจะมีอุณหภูมิก่อนจะเท่ากันและคงที่ตลอดจนกระทั่งหยดน้ำระเหยหมด ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

จากรูป 4.10 หยดน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีอัตราการลดลงของความเร็วยุติเร็วกว่าหยดน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า หยดน้ำขนาดเล็กกว่าจะมีความเร็วต่ำกว่าหยดน้ำขนาดใหญ่กว่า หยดน้ำจะลดความเร็วลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีความเร็วเท่ากับความเร็วของอากาศ

จากรูป 4.11 พบว่าหยดน้ำมีพฤติกรรมเหมือนกับกรณี $\sigma=0.2$ ในรูป 4.8

4.2.2.3 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำ กรณีที่สเปรย์กระจายแบบสม่ำเสมอ

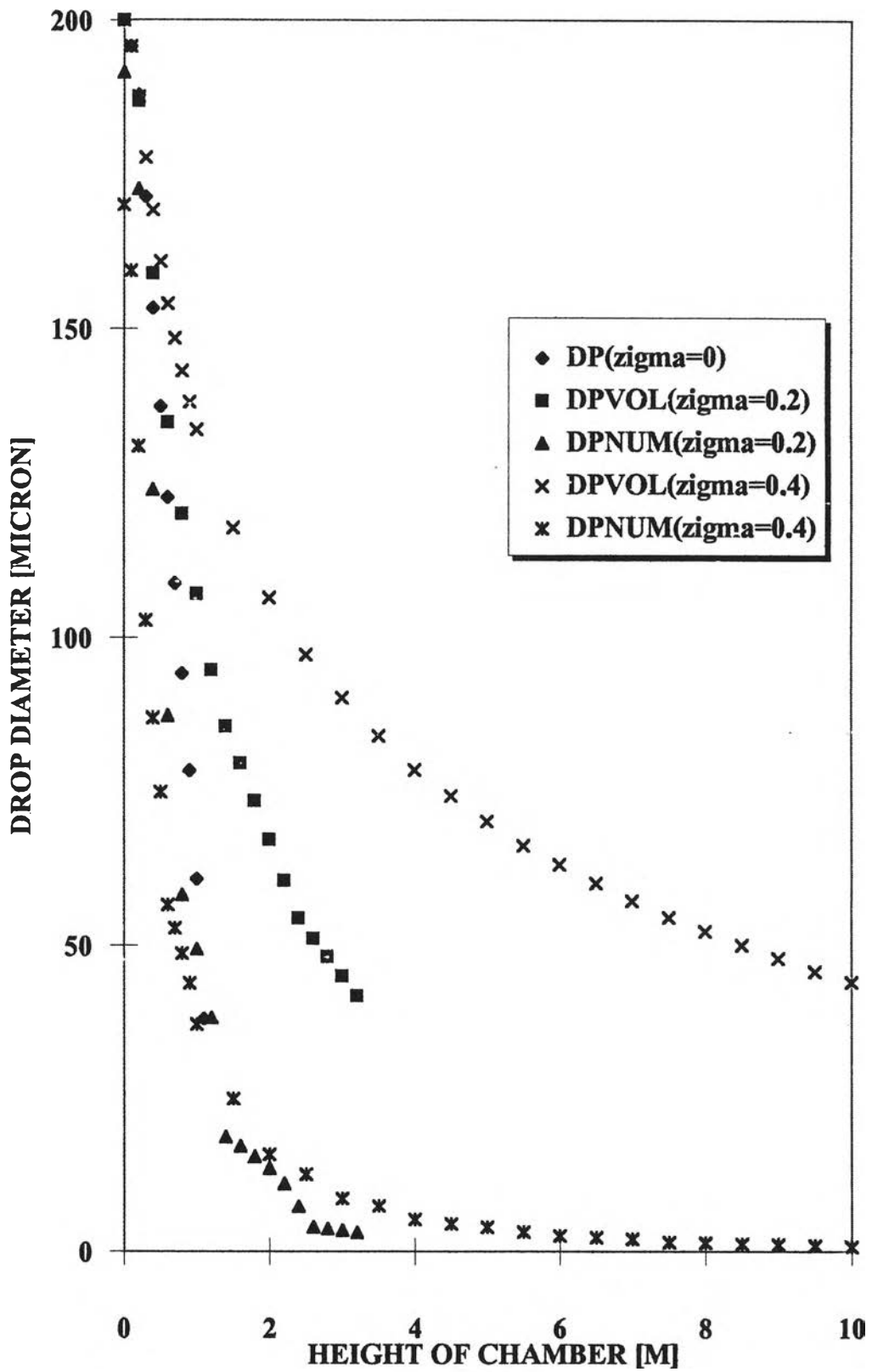
จากรูป 4.12 หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแคบกว่าจะมีอัตราการลดลงของขนาดหยดน้ำเฉลี่ยมากกว่าหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดกว้างกว่า เนื่องจากหยดน้ำขนาดใหญ่ที่มีอยู่จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยจึงส่งผลให้เกิดอัตราการระเหยที่น้อยกว่า ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยปริมาตรจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยจำนวน

จากรูป 4.13 หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแคบกว่าจะมีอุณหภูมิของหยดน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดกว้างกว่าในช่วงแรกของการระเหย เนื่องจากหยดน้ำขนาดใหญ่ที่มีอยู่จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยจึงส่งผลให้เกิดอัตราการระเหยที่น้อยกว่า จากนั้นหยดน้ำจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันและเกือบคงที่ เนื่องจากเข้าสู่สมดุลของการระเหยและมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

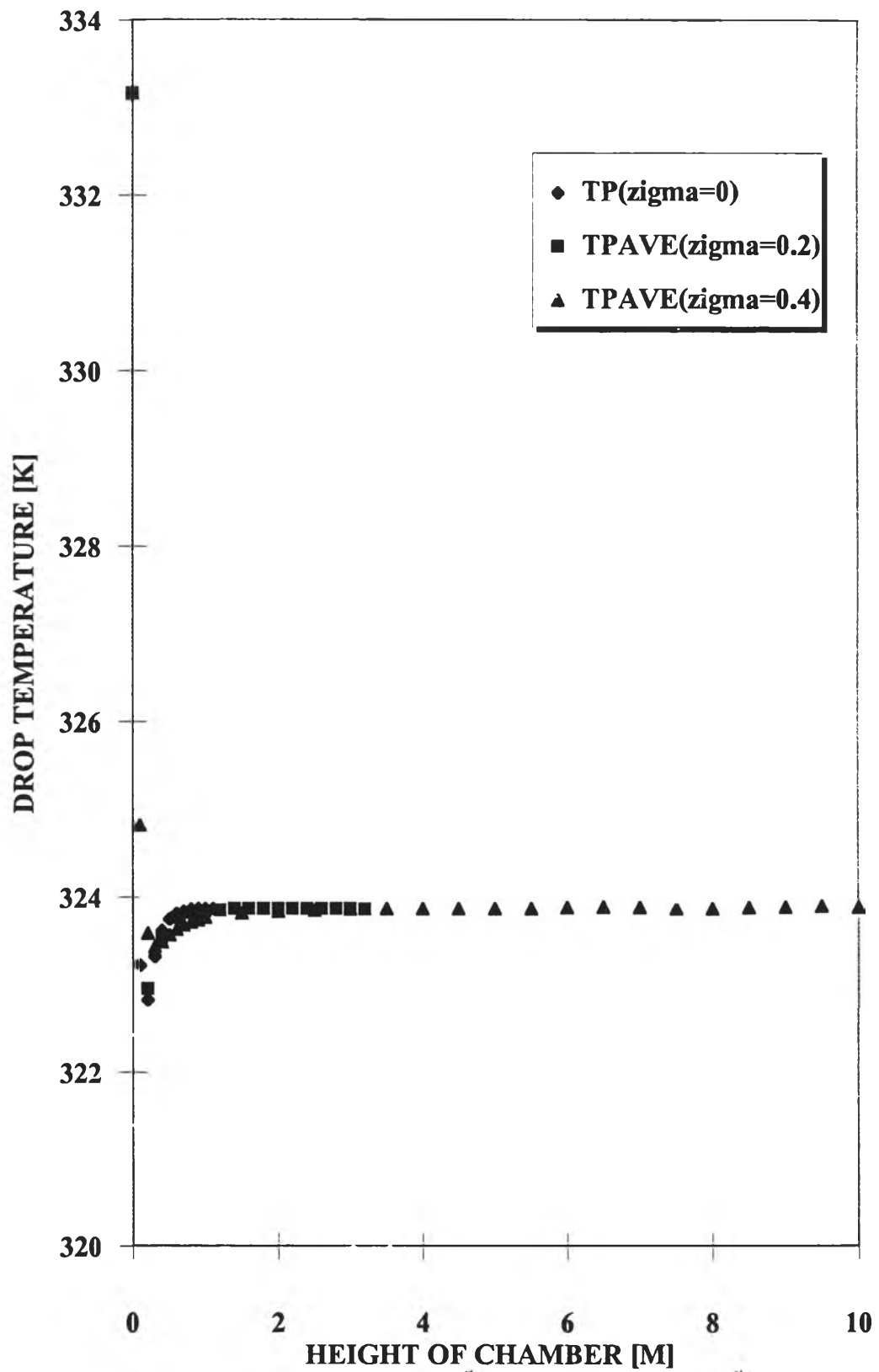
จากรูป 4.14 หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแคบกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิของลมร้อนมากกว่าผลจากหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดกว้างกว่า เนื่องจากหยดน้ำขนาดใหญ่ที่มีอยู่จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยจึงส่งผลให้เกิดอัตราการระเหยที่น้อยกว่า

จากรูป 4.15 หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแคบกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นของลมร้อนมากกว่าผลจากหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดกว้างกว่า เนื่องจากหยดน้ำขนาดใหญ่ที่มีอยู่จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยจึงส่งผลให้เกิดอัตราการระเหยที่น้อยกว่า

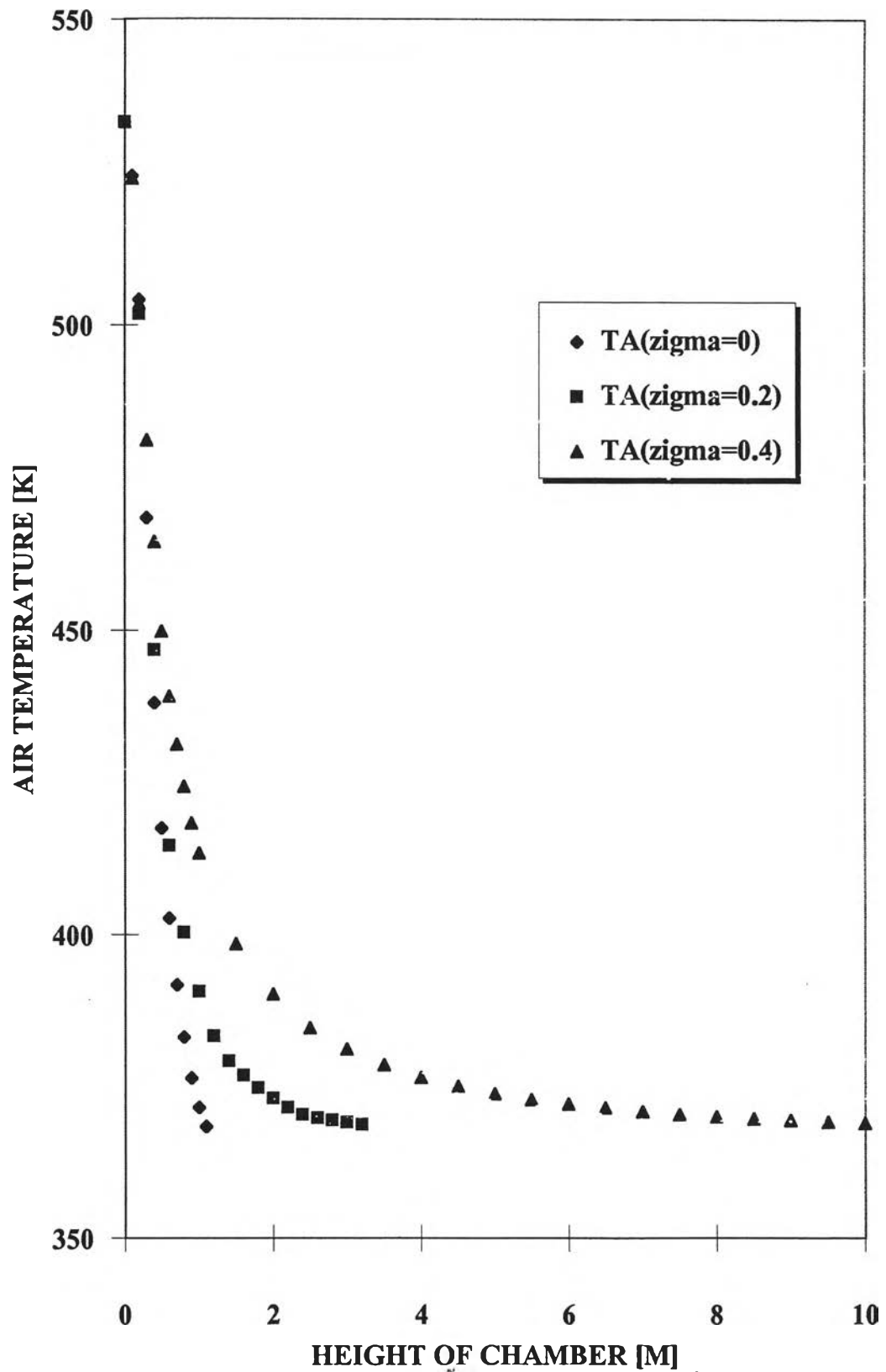
จากรูป 4.16 หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแคบกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนมากกว่าผลจากหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดกว้างกว่า เนื่องจากหยดน้ำขนาดใหญ่ที่มีอยู่จะมีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยจึงส่งผลให้เกิดอัตราการระเหยที่น้อยกว่า



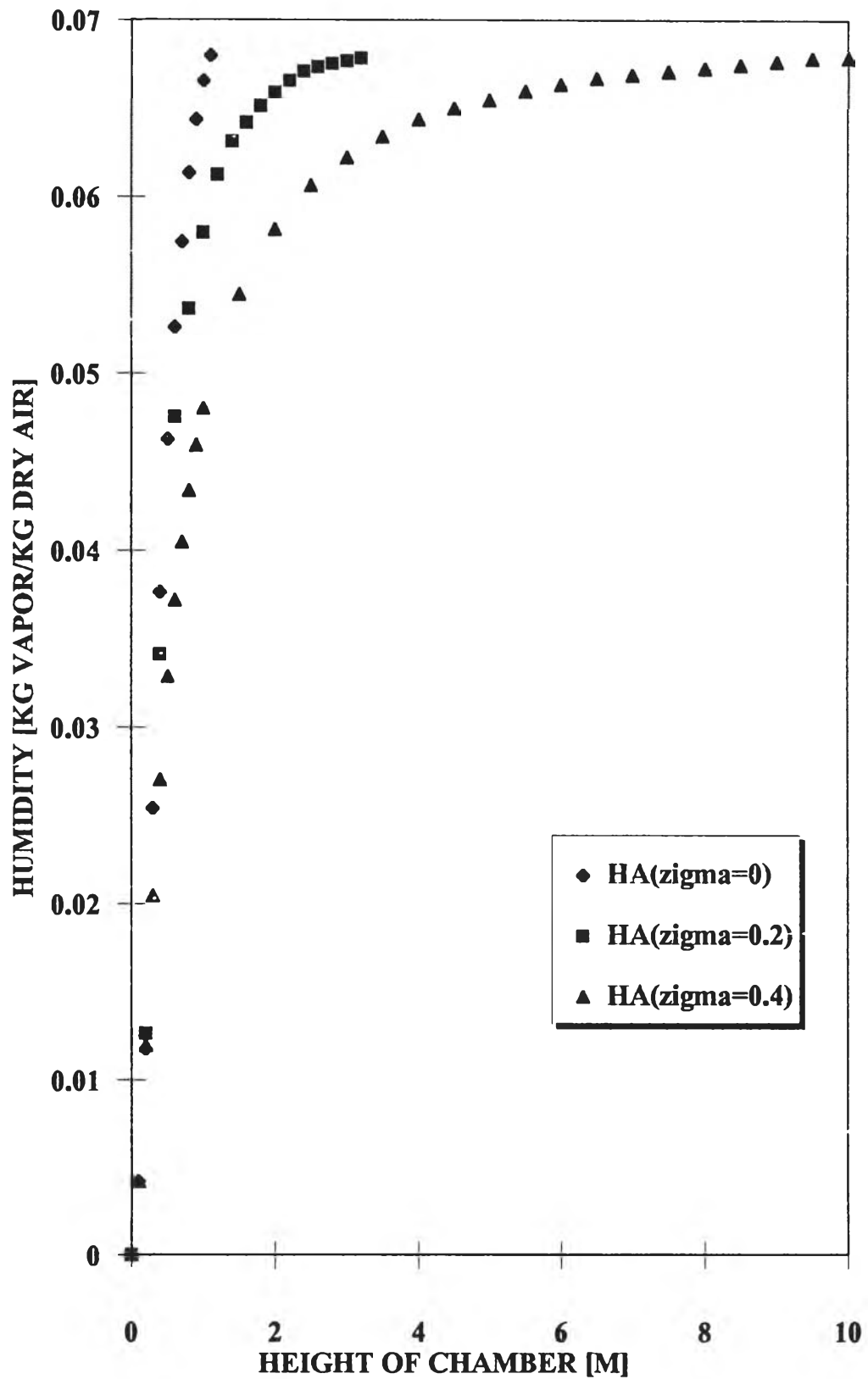
รูป 4.12 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ uniform spray



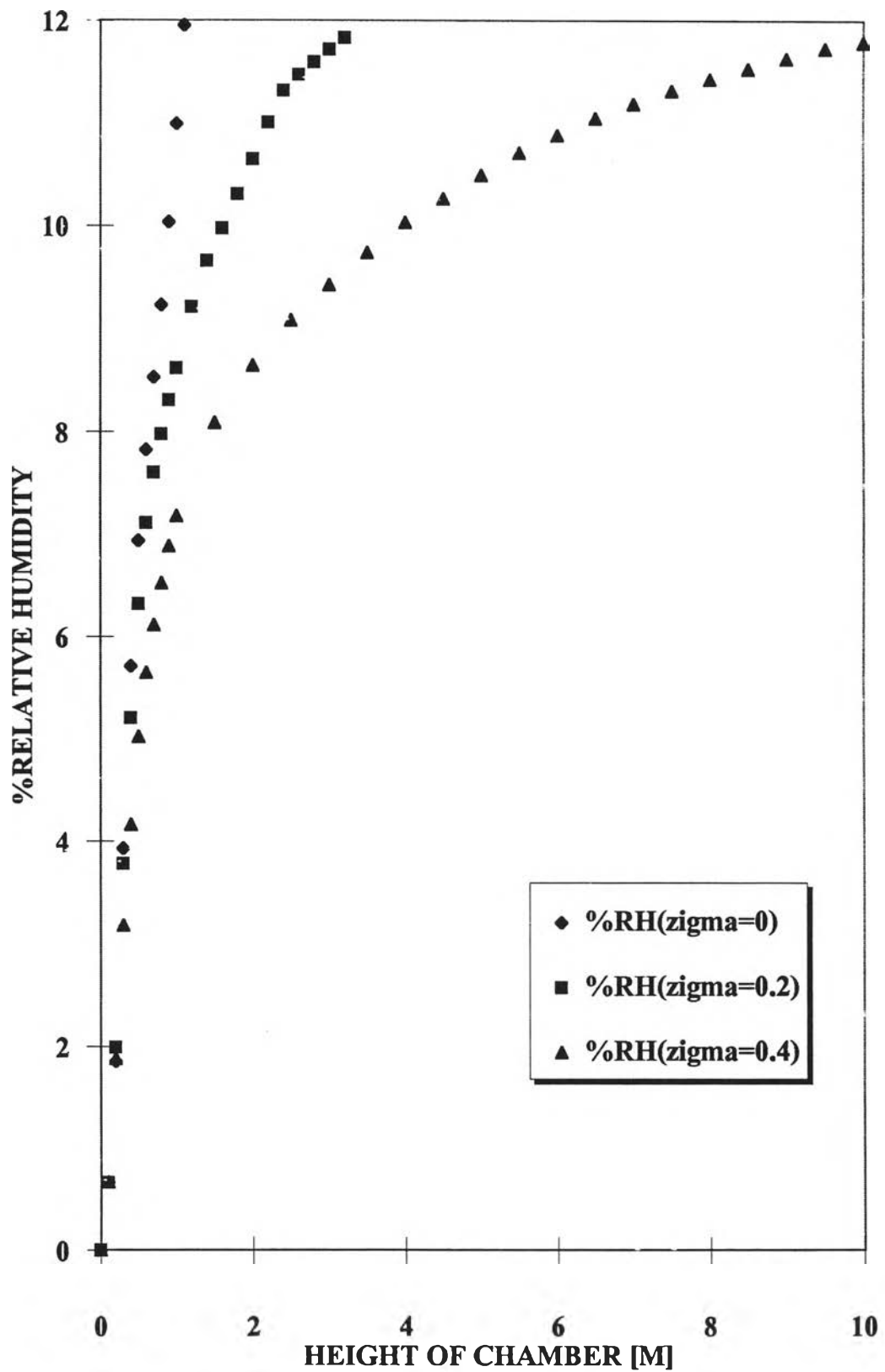
รูป 4.13 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของหยดน้ำ
ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ uniform spray



รูป 4.14 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่ออุณหภูมิของลมร้อนที่สัมผัส
กับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ uniform spray



รูป 4.15 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อความชื้นของลมร้อนที่สัมผัส
กับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ uniform spray



รูป 4.16 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อ%ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อน
ที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ uniform spray

4.3 อิทธิพลของการกระจายของสเปรย์ต่อเครื่องระเหยหยคน้ำ

4.3.1 สเปรย์กระจายสม่ำเสมอ (uniform spray)

ดูหัวข้อ 4.2

4.3.2 สเปรย์กระจายไม่สม่ำเสมอ (non-uniform spray)

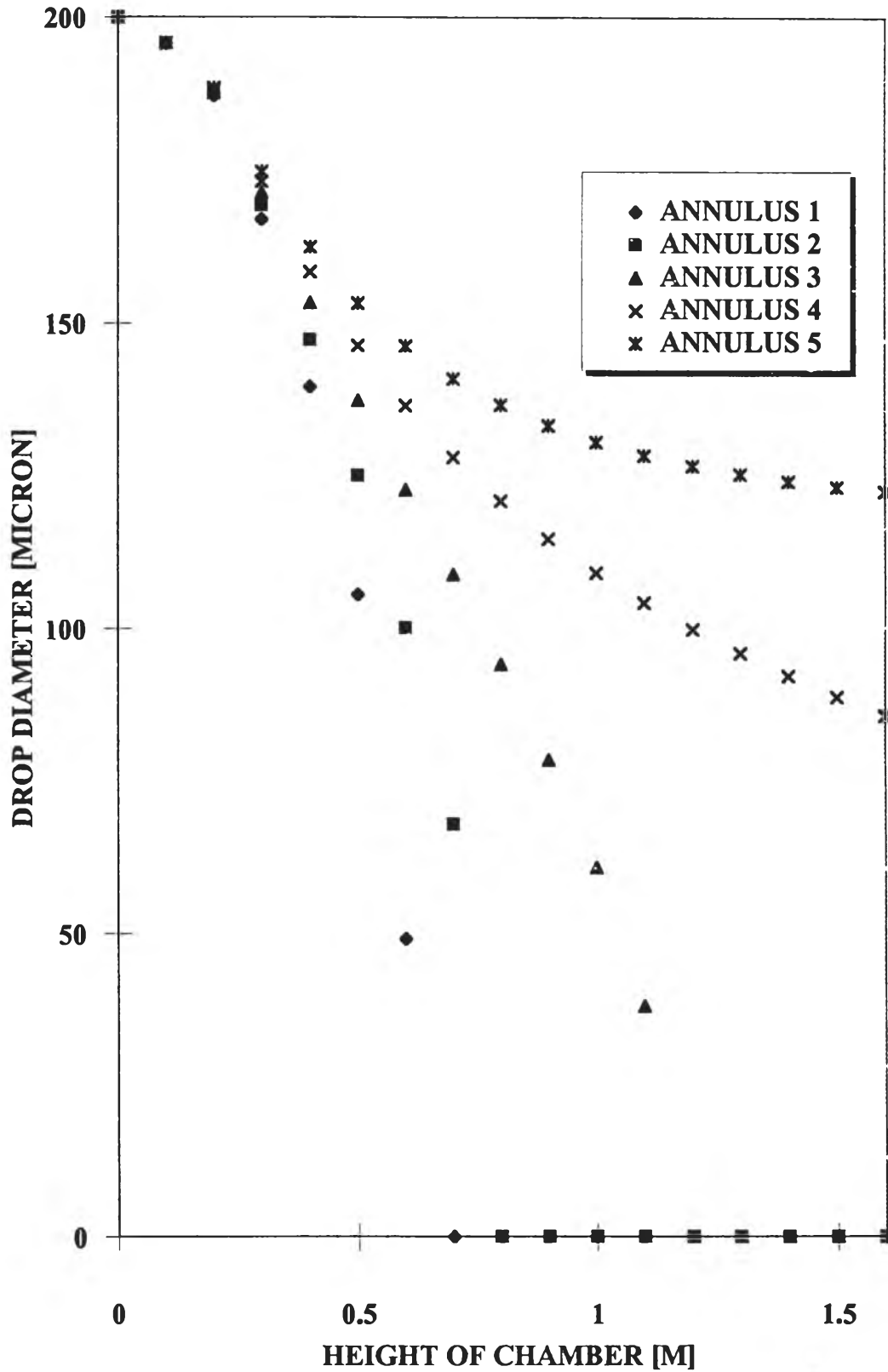
4.3.2.1 สเปรย์มีการกระจายเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีของเครื่องและการกระจายขนาดของหยคน้ำเป็นแบบ monodisperse

ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยคน้ำแสดงไว้ในตาราง 4.8

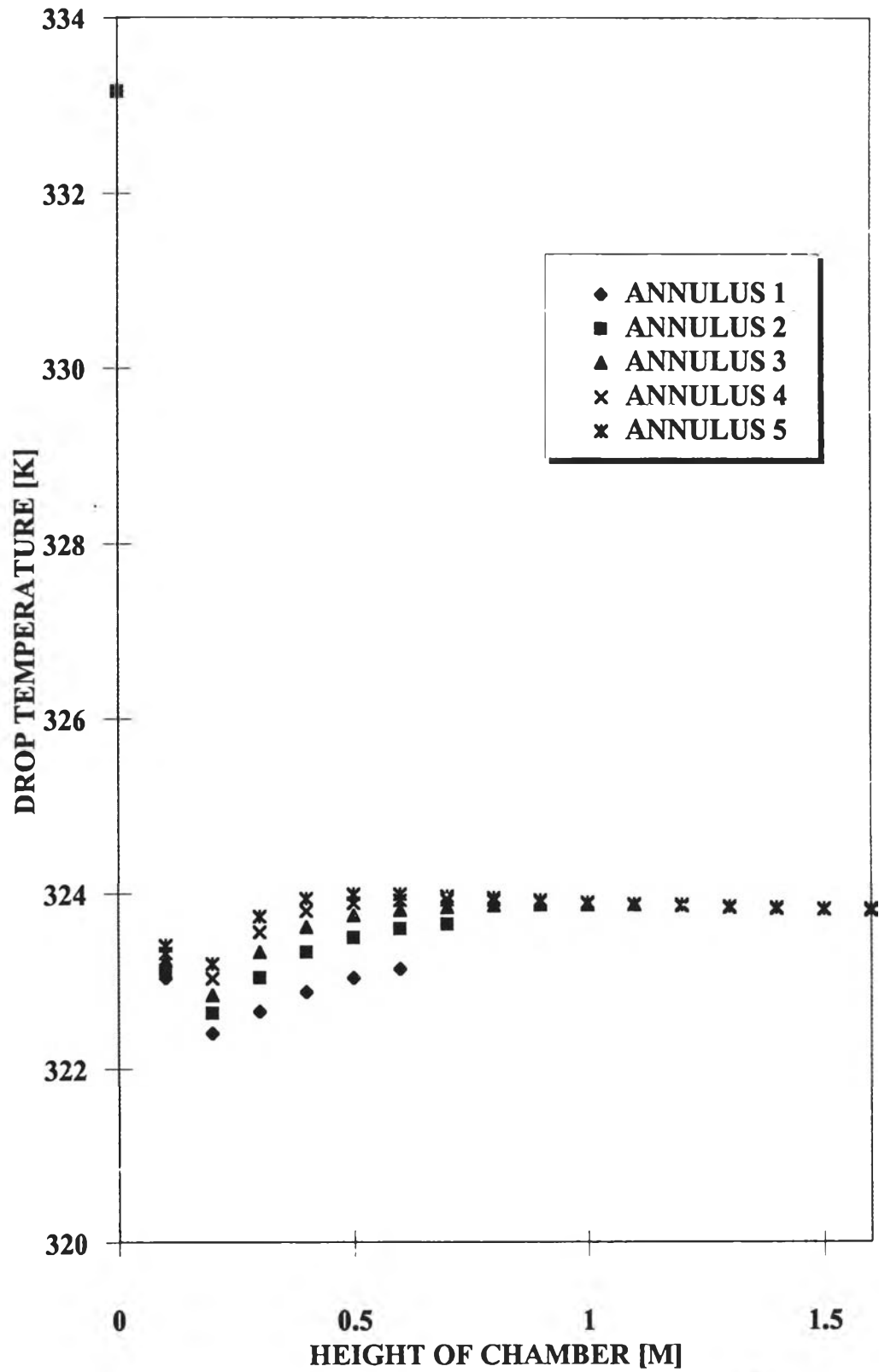
ตาราง 4.8 ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยคน้ำกรณที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และแบบ log-normal, $\sigma = 0.2, 0.4$ และ non-uniform spray โดยมีขนาดเฉลี่ย 200 ไมครอน

| | monodisperse | $\sigma = 0.2$ | $\sigma = 0.4$ | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| <u>ขนาดของเครื่อง</u> | | | | |
| ความสูงของเครื่อง | 10 | 10 | 10 | m |
| เส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่อง | 4 | 4 | 4 | m |
| <u>ลักษณะสมบัติของหยดน้ำ</u> | | | | |
| จำนวนหยดน้ำทั้งหมด | 8767245 | 8767254 | 8767245 | drop/m ² s |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด | 200 | 800 | 800 | micron |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด | 200 | 0.0 | 0.0 | micron |
| อุณหภูมิของหยดน้ำ | 333.16 | 333.16 | 333.16 | K |
| ความเร็วของหยดน้ำ | 40.8 | 40.8 | 40.8 | m/s |
| <u>ลักษณะสมบัติของลมร้อน</u> | | | | |
| อุณหภูมิของลมร้อน | 533.16 | 533.16 | 533.16 | K |
| ความชื้นของลมร้อน | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kg vapor/kg dry air |
| อัตราการไหลเชิงมวลของลมร้อน | 0.5298 | 0.5298 | 0.5298 | kg dry air/m ² s |
| <u>เงื่อนไขของการจำลอง</u> | | | | |
| จำนวนวงแหวนของเครื่อง | 5 | 5 | 5 | annulus |
| จำนวนช่วงขนาดของหยดน้ำ | 1 | 20 | 20 | class |
| ความสูงเริ่มต้นของการจำลอง | 0.0 | 0.0 | 0.0 | m |
| สัดส่วนหยดน้ำที่ใช้หตุการจำลอง | 0.1 | 0.1 | 0.1 | |
| Step size ที่ใช้ในการจำลอง | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | m |
| ความถี่ที่แสดงผลของการจำลอง | 5000 | 5000 | 5000 | |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 1 | 6.6667 | 6.6667 | 6.6667 | % |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 2 | 13.333 | 13.333 | 13.333 | % |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 3 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | % |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 4 | 26.667 | 26.667 | 26.667 | % |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 5 | 33.333 | 33.333 | 33.333 | % |

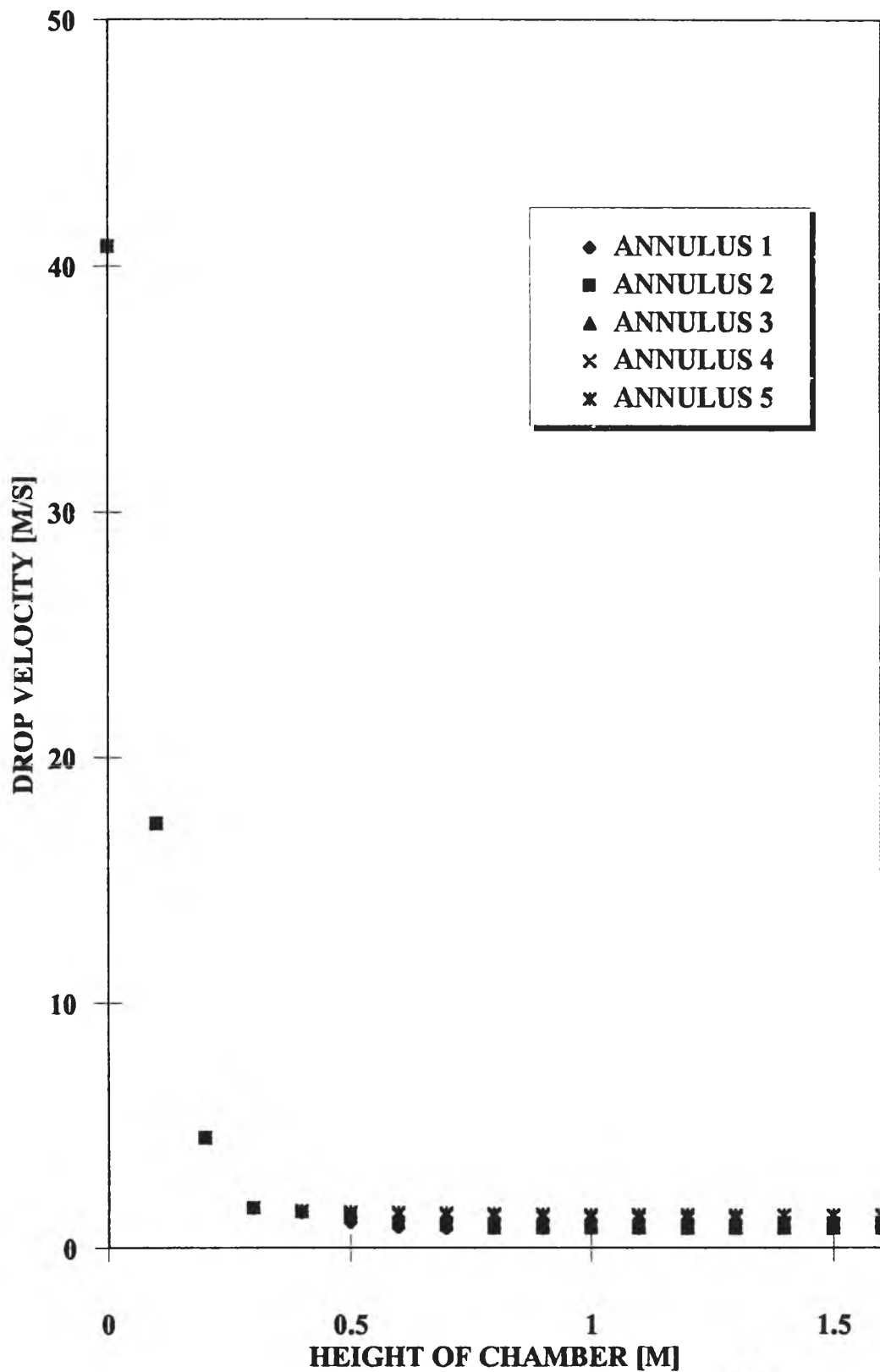
| | | | | |
|-----------------------------|--------|-------------------------|----------|---|
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 1 | 100.00 | $.53281 \cdot 10^{-12}$ | 0.03152 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 2 | | 0.0010 | 4.5650 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 3 | | 1.2597 | 20.494 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 4 | | 19.934 | 26.806 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 5 | | 41.207 | 20.858 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 6 | | 26.620 | 12.815 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 7 | | 8.6956 | 7.0290 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 8 | | 1.9000 | 3.6501 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 9 | | 0.32705 | 1.8504 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 10 | | 0.04892 | 0.93123 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 11 | | 0.00676 | 0.46967 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 12 | | 0.00090 | 0.23871 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 13 | | 0.00012 | 0.12264 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 14 | | $.15242 \cdot 10^{-4}$ | 0.063810 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 15 | | $.20120 \cdot 10^{-5}$ | 0.033650 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 16 | | $.27063 \cdot 10^{-6}$ | 0.017993 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 17 | | $.37274 \cdot 10^{-7}$ | 0.009755 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 18 | | $.52735 \cdot 10^{-8}$ | 0.005362 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 19 | | $.76789 \cdot 10^{-9}$ | 0.002987 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 20 | | $.11521 \cdot 10^{-9}$ | 0.001686 | % |



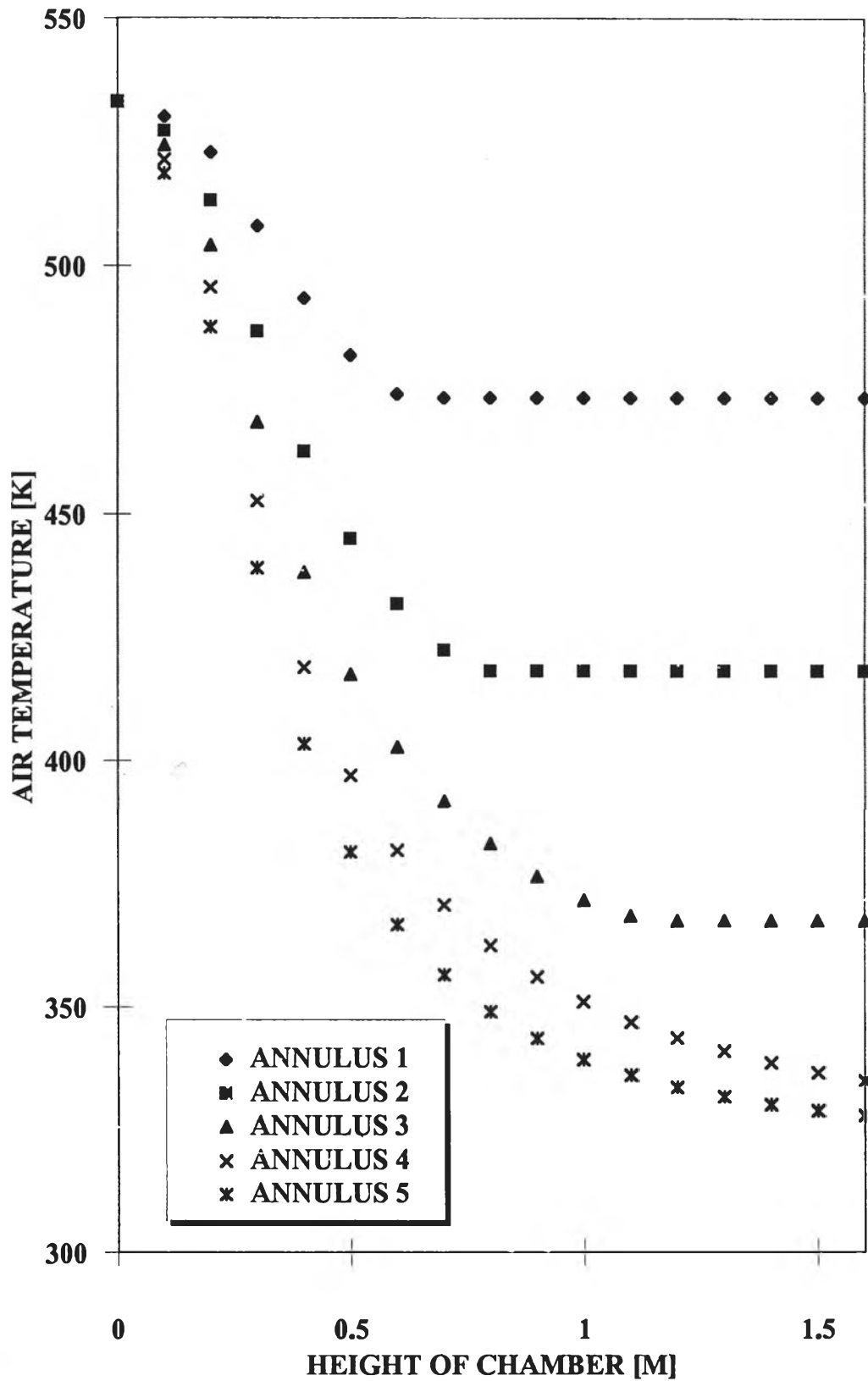
รูป 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของหยดน้ำ
 ในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ non-uniform spray



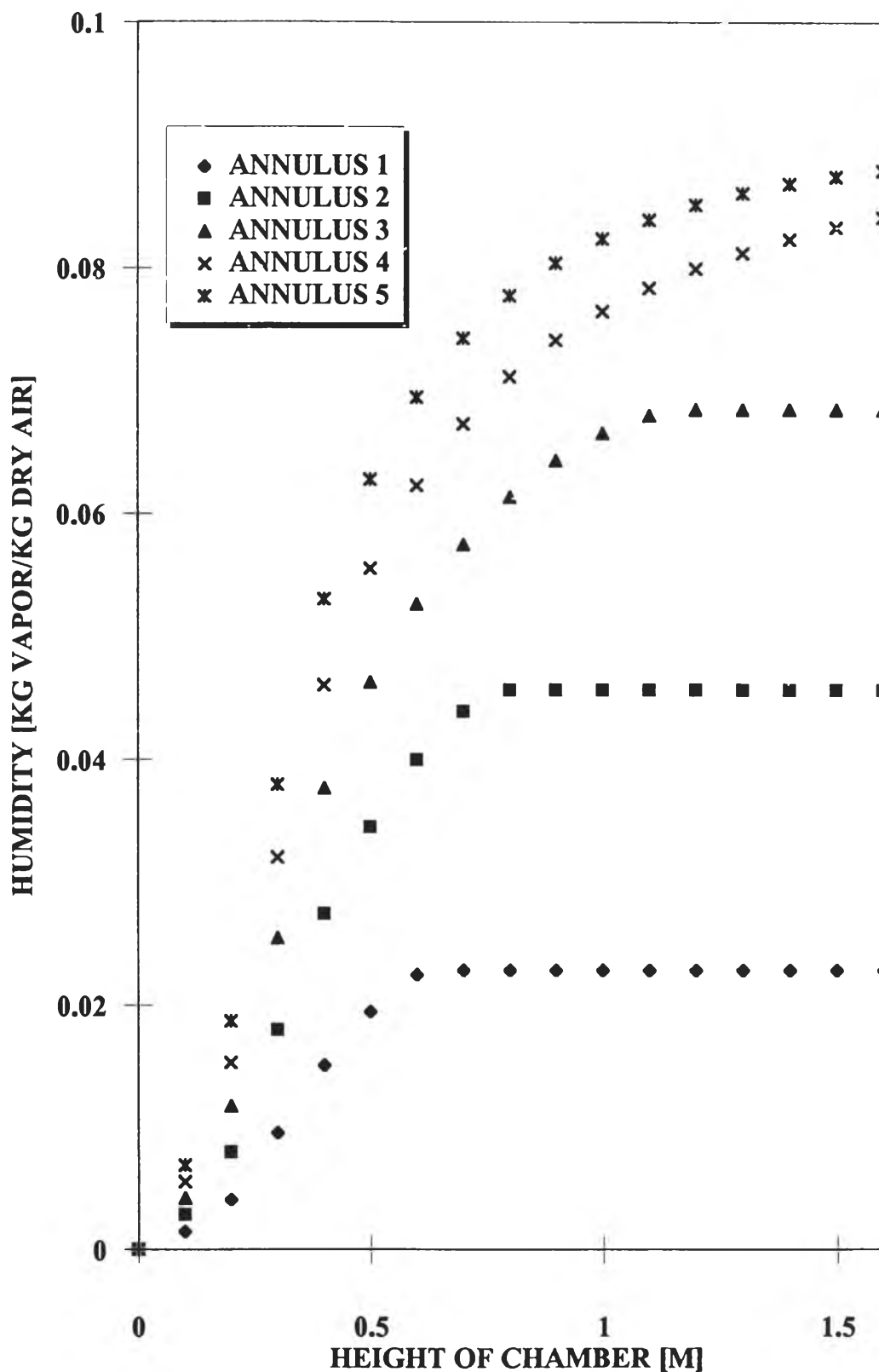
รูป 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิเฉลี่ยของหยดน้ำในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ non-uniform spray



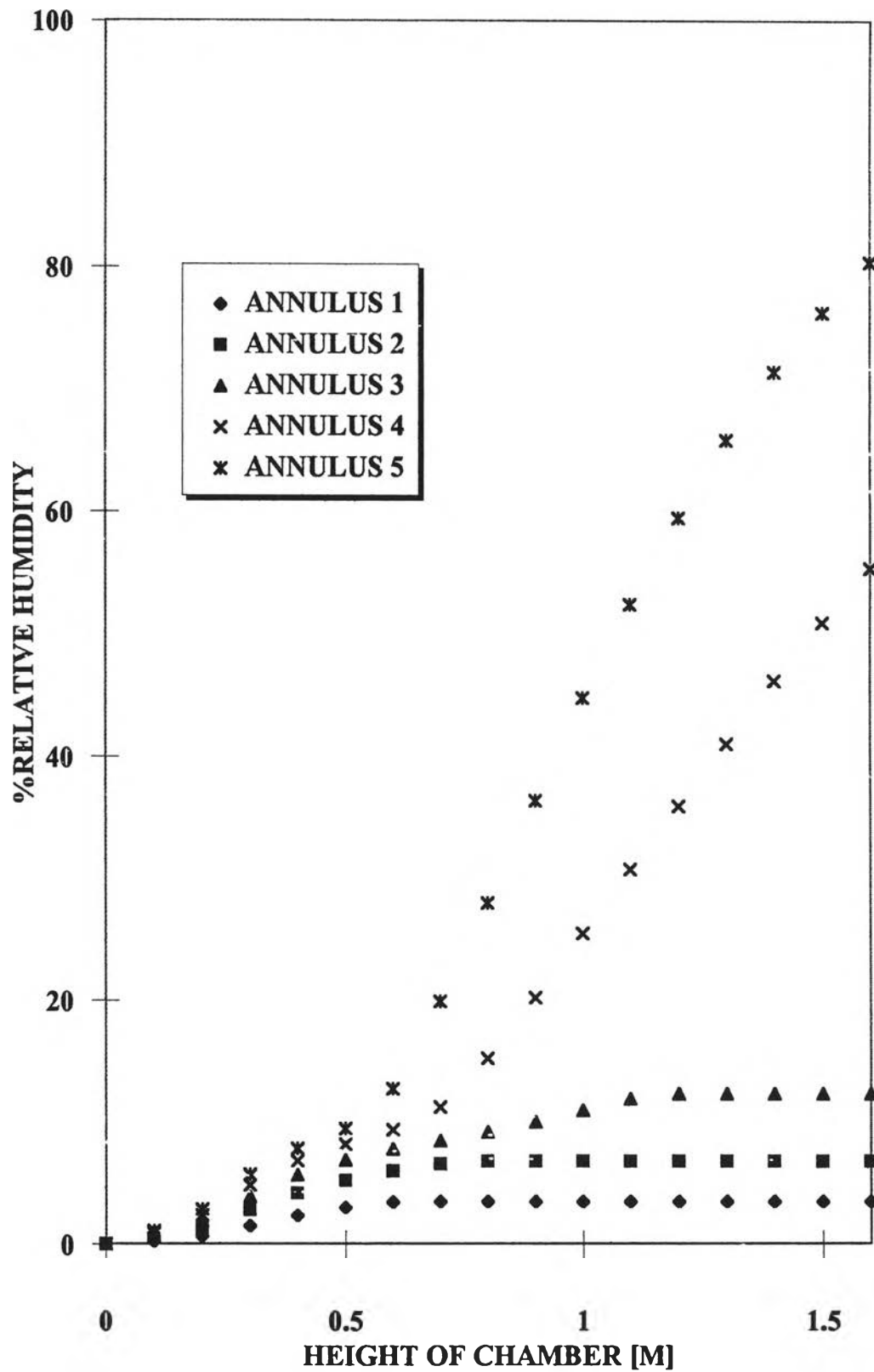
รูป 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับความเร็วเฉลี่ยของหยดน้ำในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ non-uniform spray



รูป 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิของลมร้อนในวงแหวนต่างๆ ที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ non-uniform spray



รูป 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับความชื้นของลมร้อนในวงแหวนต่างๆ ที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ non-uniform spray



รูป 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับ%ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนในวงแหวนต่างๆ ที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ non-uniform spray

จากรูป 4.17 วงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีอัตราการลดลงของขนาดหยคน้ำเฉลี่ยมากกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า และวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีขนาดหยคน้ำเฉลี่ยเล็กกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า เนื่องจากวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า ในขณะที่ทุกวงแหวนมีปริมาณของลมร้อนเท่าๆกัน ดังนั้นอัตราการระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยจะมากกว่าอัตราการระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมาก

จากรูป 4.18 วงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิหยคน้ำเฉลี่ยมากกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่าในช่วงแรกของการระเหย จากนั้นหยคน้ำจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันและเกือบคงที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ เนื่องจากเข้าสู่สมดุลของการระเหย วงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า ในขณะที่ทุกวงแหวนมีปริมาณของลมร้อนเท่าๆกัน ดังนั้นอัตราการระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยจะมากกว่าอัตราการระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมาก

จากรูป 4.19 ช่วงแรกหยคน้ำในทุวงแหวนจะลดความเร็วเฉลี่ยลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะมีความเร็วเฉลี่ยเกือบเท่ากันและคงที่ใกล้เคียงกับความเร็วของลมร้อน วงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีอัตราการลดลงของความเร็วของหยคน้ำเฉลี่ยมากกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า เนื่องจากวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า ในขณะที่ทุกวงแหวนมีปริมาณของลมร้อนเท่าๆกัน ดังนั้นอัตราการระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยจะมากกว่าอัตราการระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมาก เมื่อเกิดการระเหยมากความเร็วของหยคน้ำขนาดเล็กจึงมีค่าน้อย

จากรูป 4.20 วงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมिन้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า ลมร้อนที่อยู่ในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าลมร้อนที่อยู่ในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า เนื่องจากวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า ในขณะที่ทุกวงแหวนมีปริมาณของลมร้อนเท่าๆกัน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยจะน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมาก

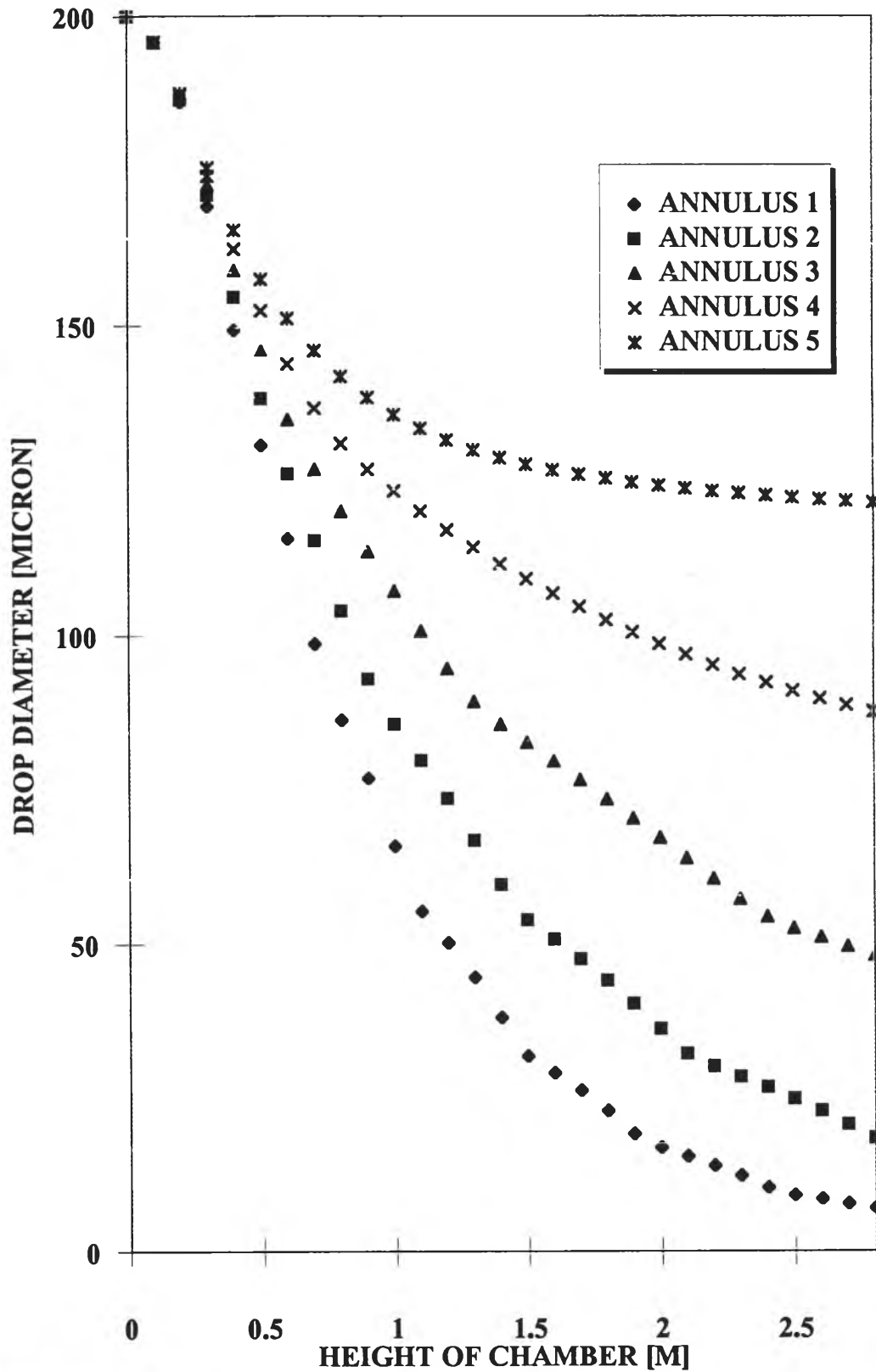
จากรูป 4.21 และ 4.22 วงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยความชื้นและอัตราการเพิ่มขึ้นของความชื้นน้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า เนื่องจากวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยกว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมากกว่า ในขณะที่ทุกวงแหวนมีปริมาณของลมร้อนเท่าๆกัน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำน้อยจะน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ระเหยในวงแหวนที่มีจำนวนหยคน้ำมาก

4.3.2.2 สเปรย์มีการกระจายเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีของเครื่องและการกระจายขนาดของหยดน้ำเป็นแบบ polydisperse, $\sigma = 0.2$

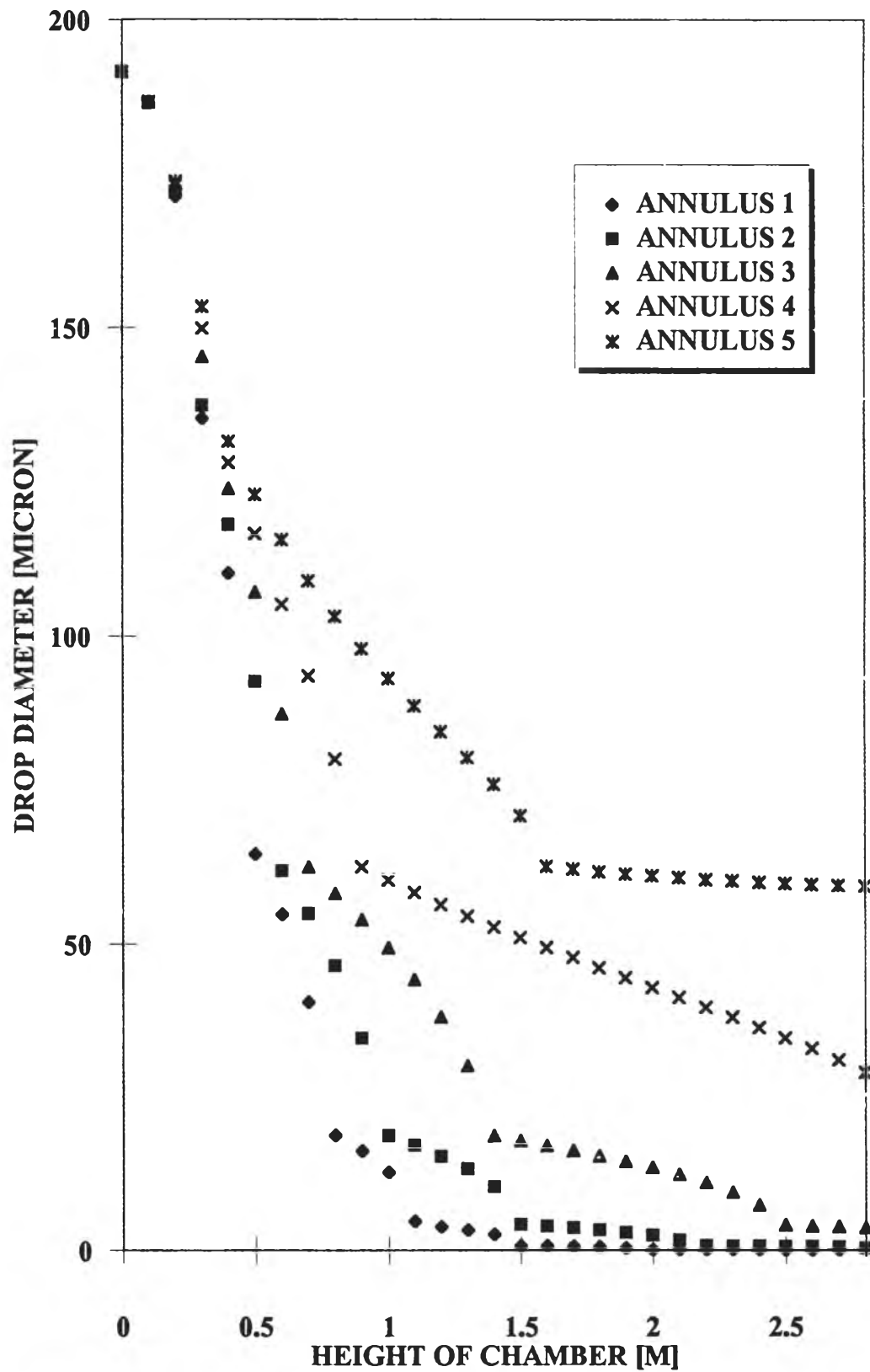
4.3.2.3 สเปรย์มีการกระจายเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีของเครื่องและการกระจายขนาดของหยดน้ำเป็นแบบ polydisperse, $\sigma = 0.4$

ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำทั้ง 2 กรณีแสดงไว้ในตาราง 4.8

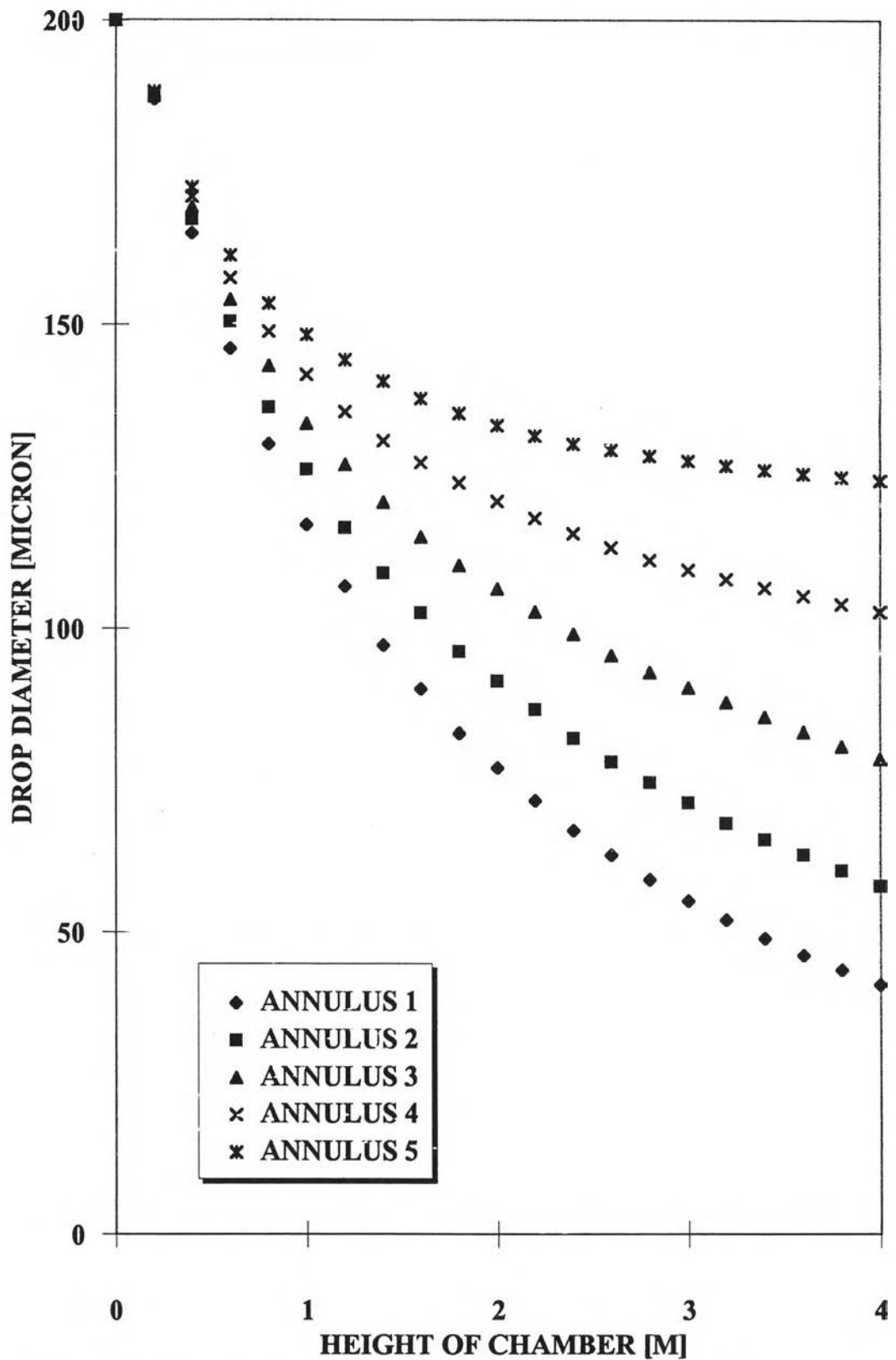
จากรูป 4.23-4.26 พบว่าการลดลงของขนาดหยดน้ำเฉลี่ยทั้งโดยปริมาตรและโดยจำนวนในกรณีที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma = 0.2$ และ 0.4 จะมีลักษณะเหมือนกับกรณีที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ monodisperse ในรูป 4.17



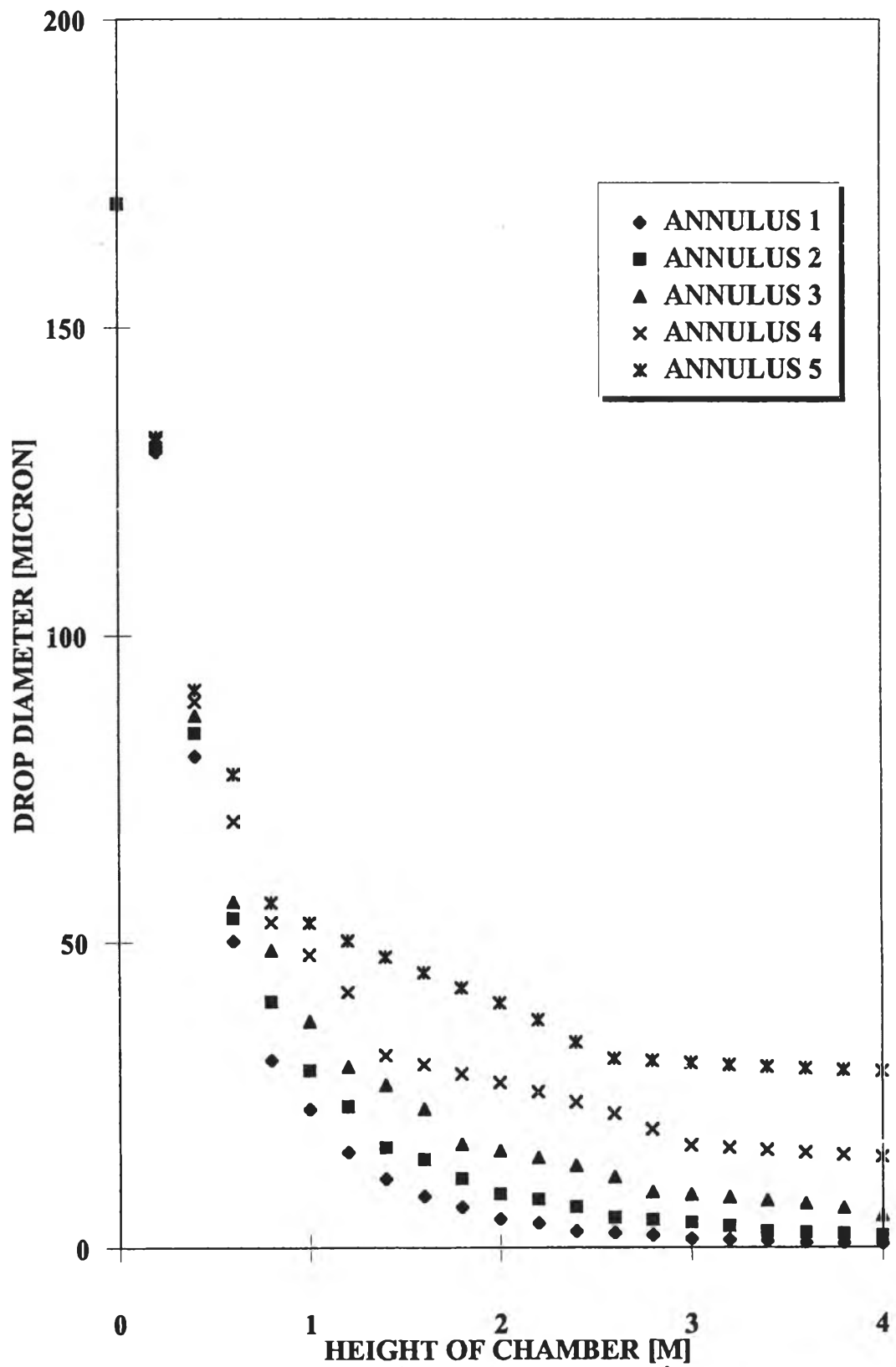
รูป 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยปริมาตรของหยดน้ำในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.2$ และ non-uniform spray



รูป 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยจำนวนของหยดน้ำในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.2$ และ non-uniform spray



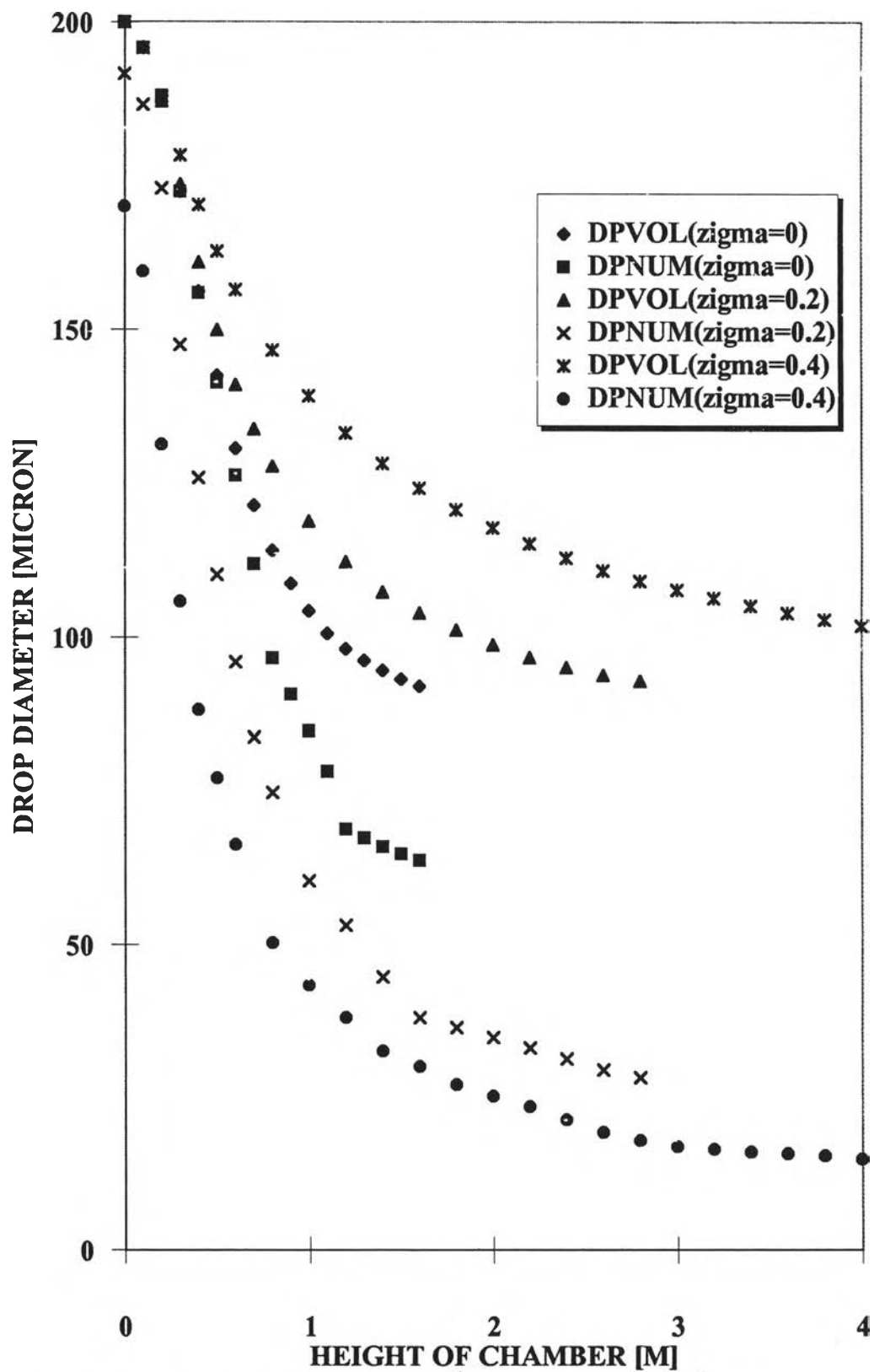
รูป 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยปริมาตรของหยดน้ำในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.4$ และ non-uniform spray



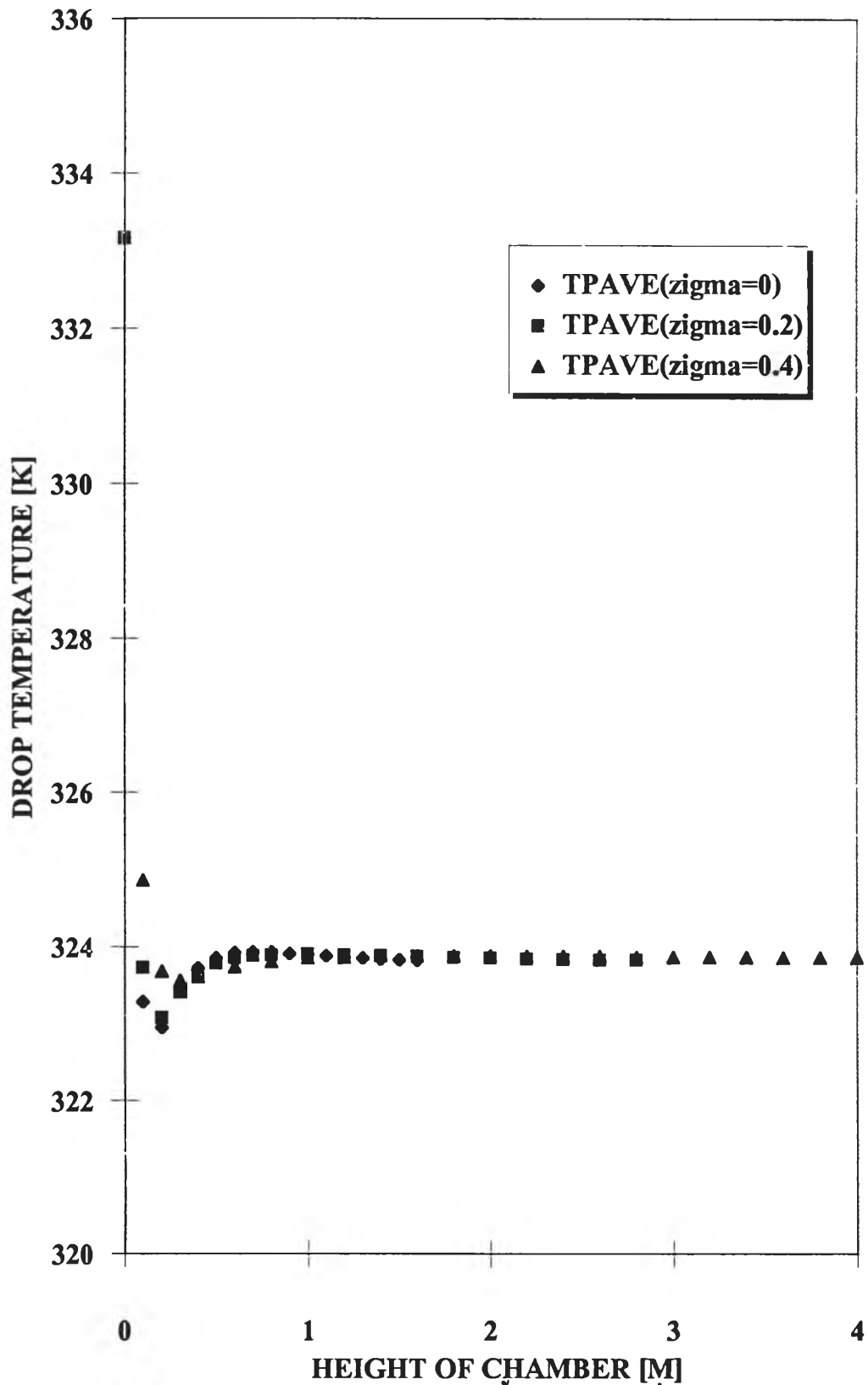
รูป 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยจำนวนของหยดน้ำในวงแหวนต่างๆ ที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal, $\sigma=0.4$ และ non-uniform spray

4.3.2.4 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำ กรณีที่สเปรย์กระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

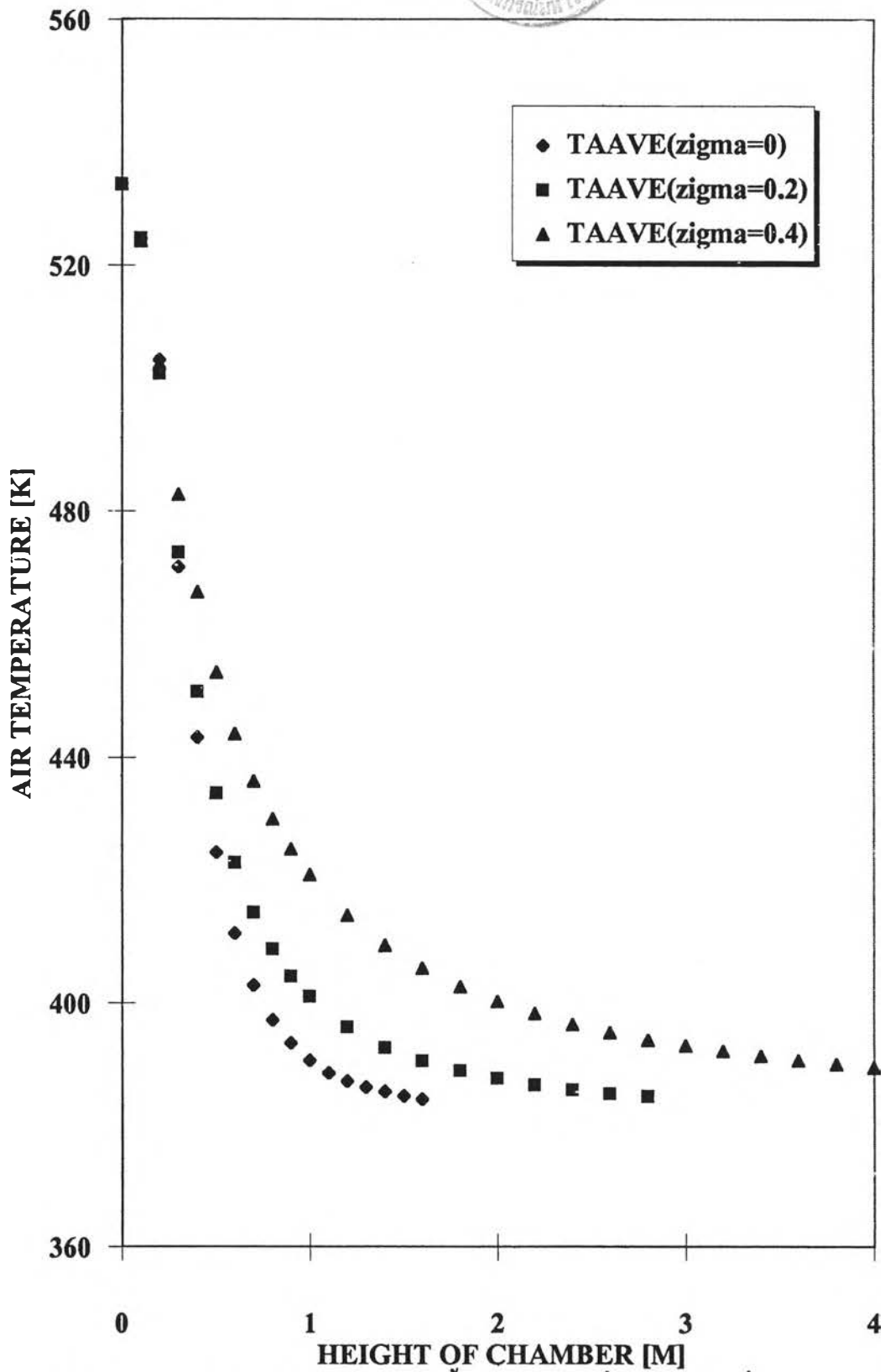
จากรูป 4.27-4.31 พบว่าการกระจายขนาดของหยดน้ำกรณีที่สเปรย์กระจายแบบไม่สม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่องระเหยหยดน้ำจะให้ผลเหมือนกับกรณีที่สเปรย์กระจายแบบสม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่องในรูป 4.12-4.16



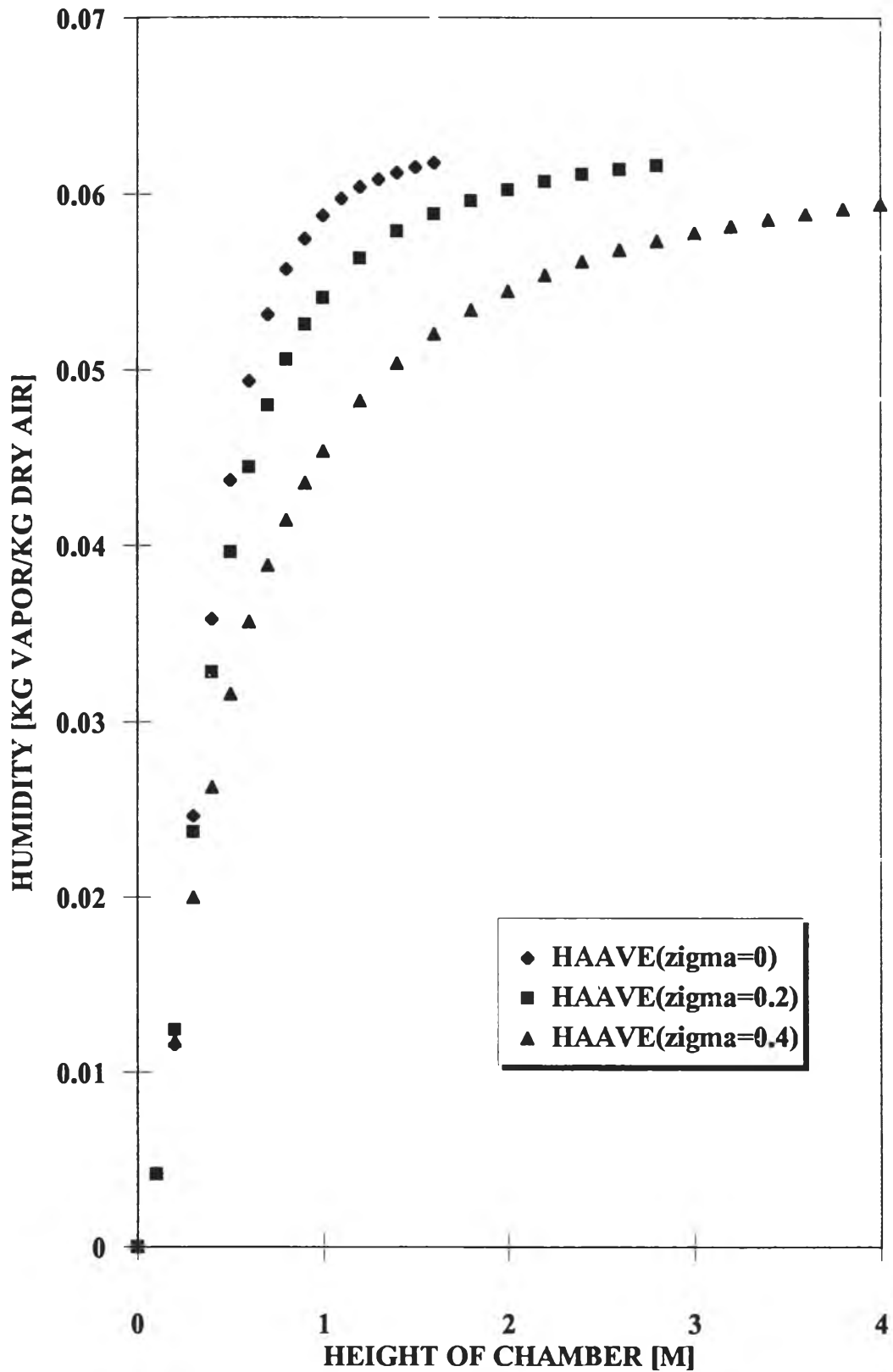
รูป 4.27 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของ
หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ non-uniform spray



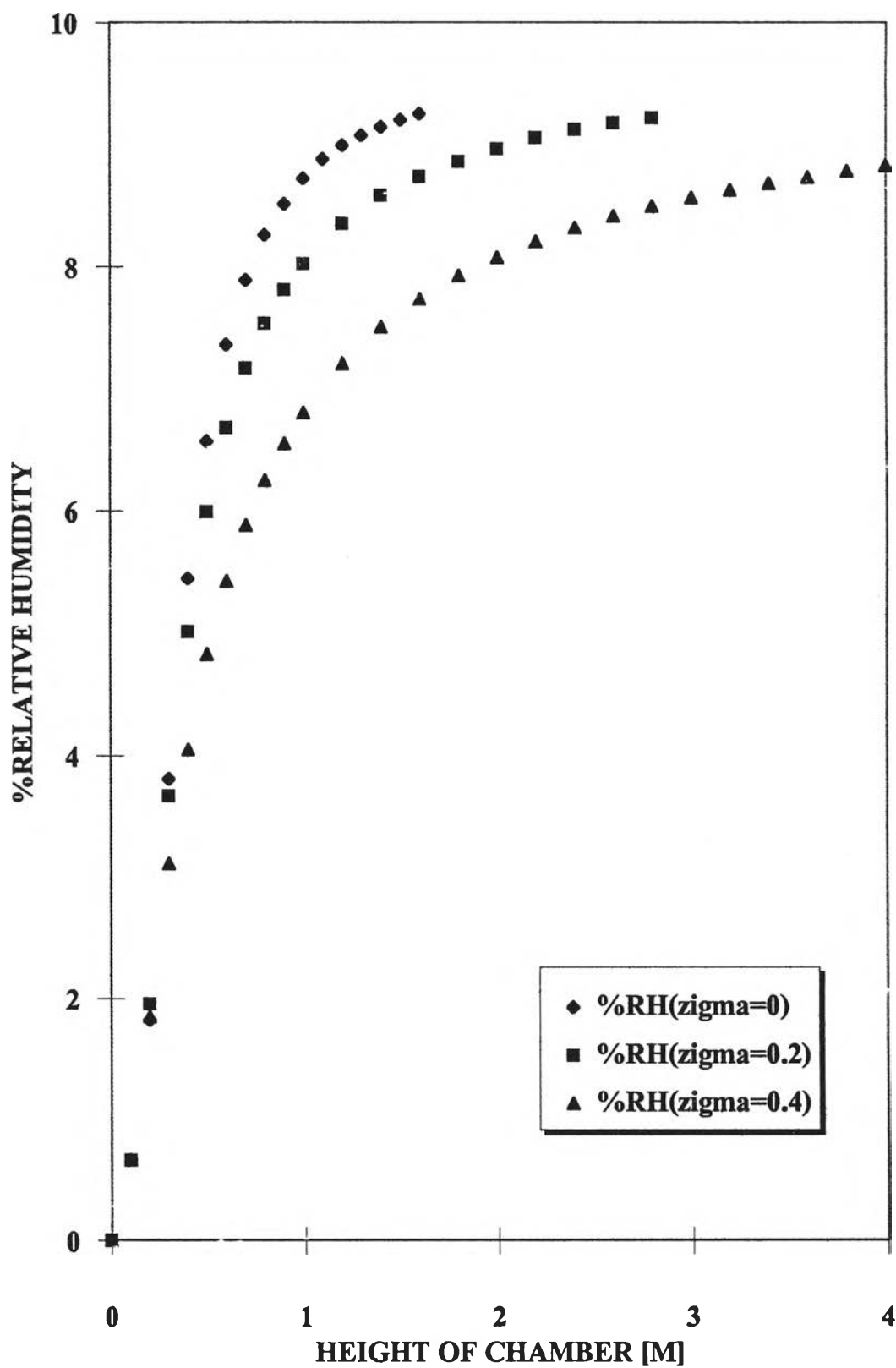
รูป 4.28 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของ
หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ non-uniform spray



รูป 4.29 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของลมร้อนที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ non-uniform spray



รูป 4.30 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อความชื้นเฉลี่ยของลมร้อนที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ non-uniform spray



รูป 4.31 ผลของการกระจายขนาดของหยดน้ำต่อ%ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแบบ log-normal และ non-uniform spray

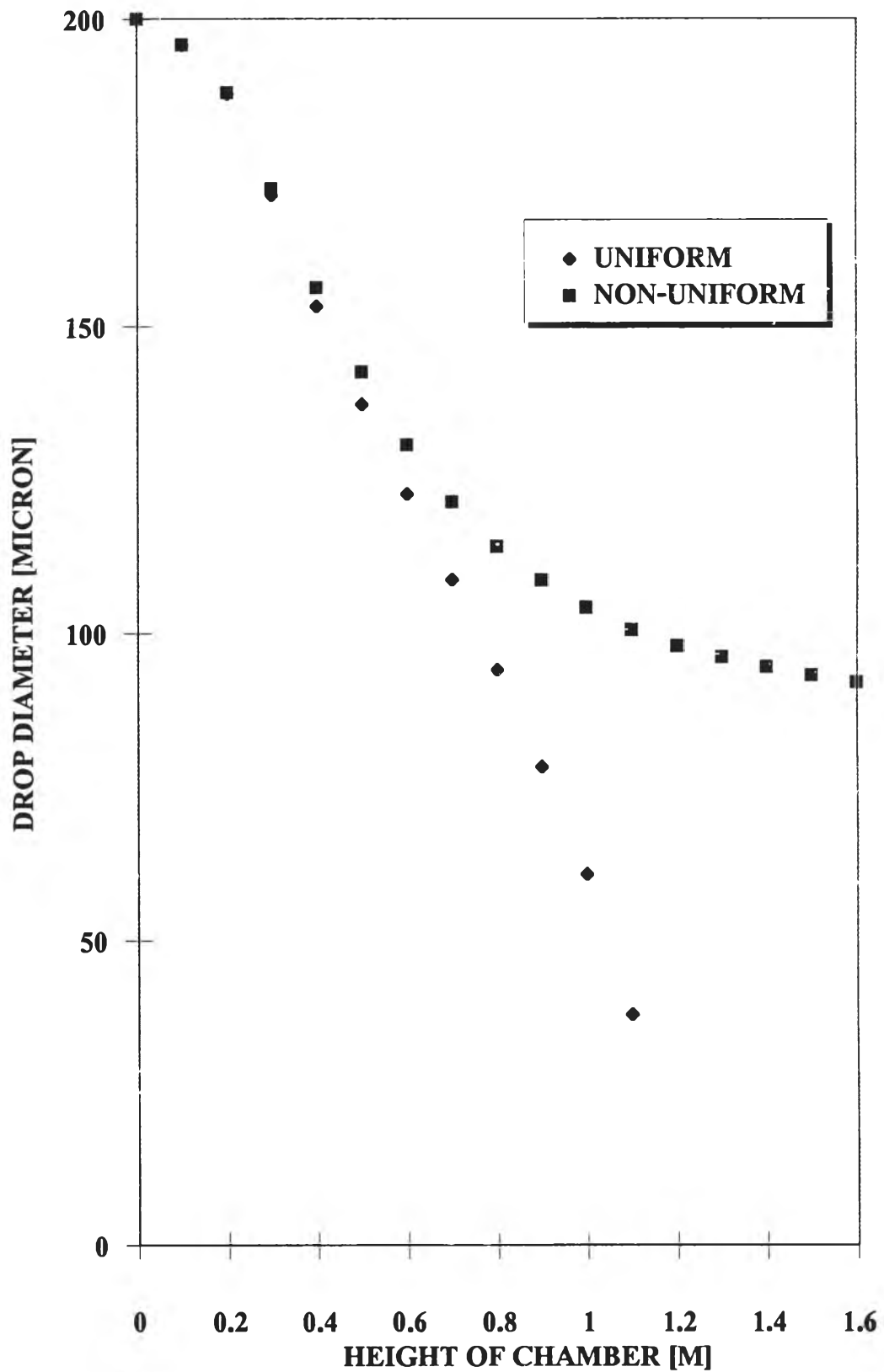
4.3.2.5 ผลของการกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ

จากรูป 4.32 หยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะมีขนาดเล็กลงเร็วกว่าหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากกรณีที่การกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะเกิดการระเหยในอัตราที่เท่ากันตลอดแนวรัศมีของเครื่องระเหยหยดน้ำ ต่างจากกรณีที่การกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอซึ่งจะเกิดการระเหยในอัตราที่ไม่เท่ากัน วงแหวนที่มีจำนวนหยดน้ำน้อยจะเกิดการระเหยมากขณะที่วงแหวนที่มีจำนวนหยดน้ำมากจะเกิดการระเหยน้อย และหากมีจำนวนหยดน้ำมากๆ การระเหยอาจไม่เกิดขึ้นเลยในวงแหวนนั้น

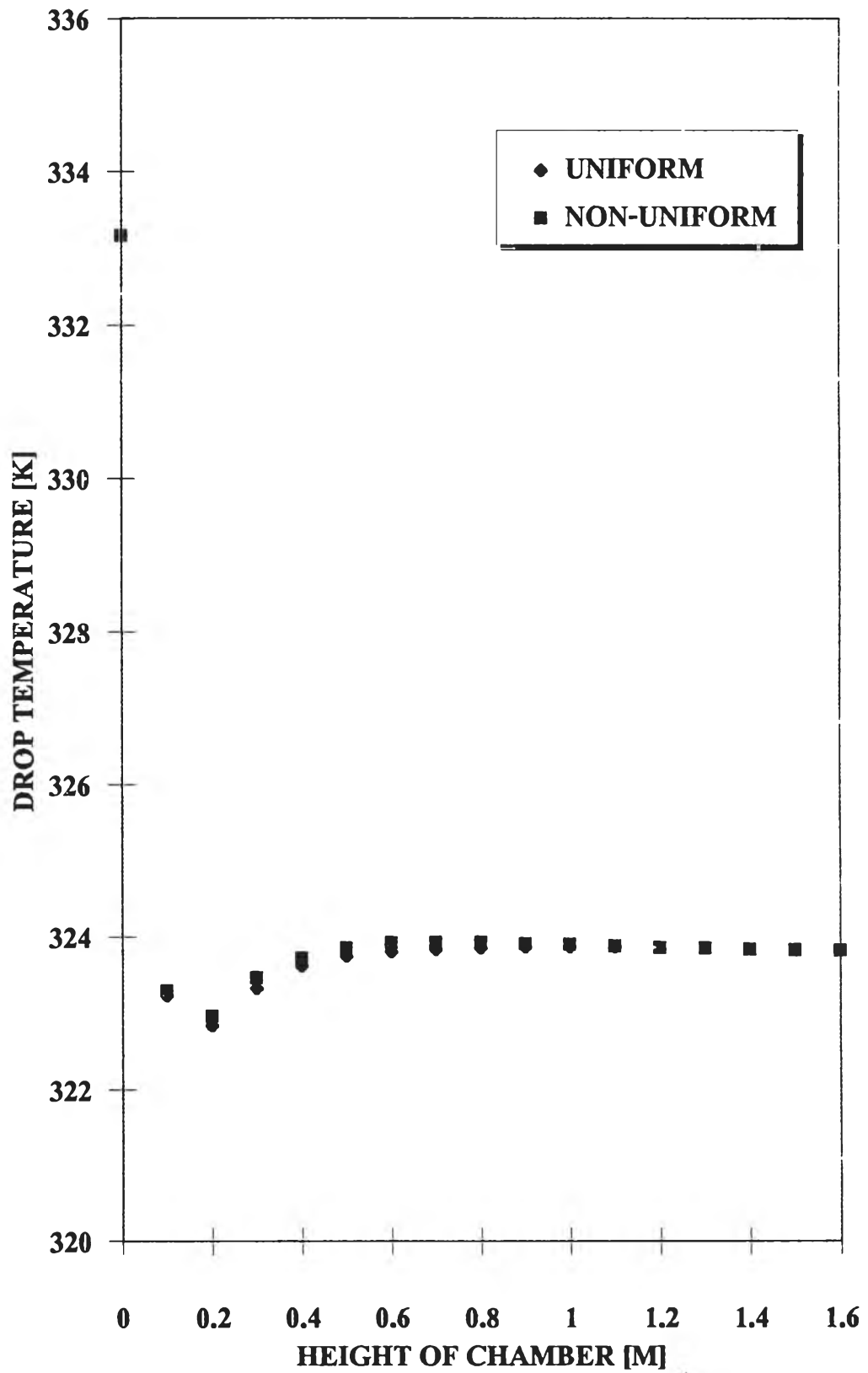
จากรูป 4.33 หยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิจากหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากหยดน้ำทั้ง 2 กรณีได้เข้าสู่สมดุลของการระเหย หยดน้ำจึงมีอุณหภูมิต่ำและมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

จากรูป 4.34 หยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีอุณหภูมิต่ำเร็วกว่าหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากกรณีที่การกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะเกิดการระเหยในอัตราที่เท่ากันตลอดแนวรัศมีของเครื่องระเหยหยดน้ำ ต่างจากกรณีที่การกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอซึ่งจะเกิดการระเหยในอัตราที่ไม่เท่ากัน วงแหวนที่มีจำนวนหยดน้ำน้อยจะเกิดการระเหยมากขณะที่วงแหวนที่มีจำนวนหยดน้ำมากจะเกิดการระเหยน้อย และหากมีจำนวนหยดน้ำมากๆ การระเหยอาจไม่เกิดขึ้นเลยในวงแหวนนั้น

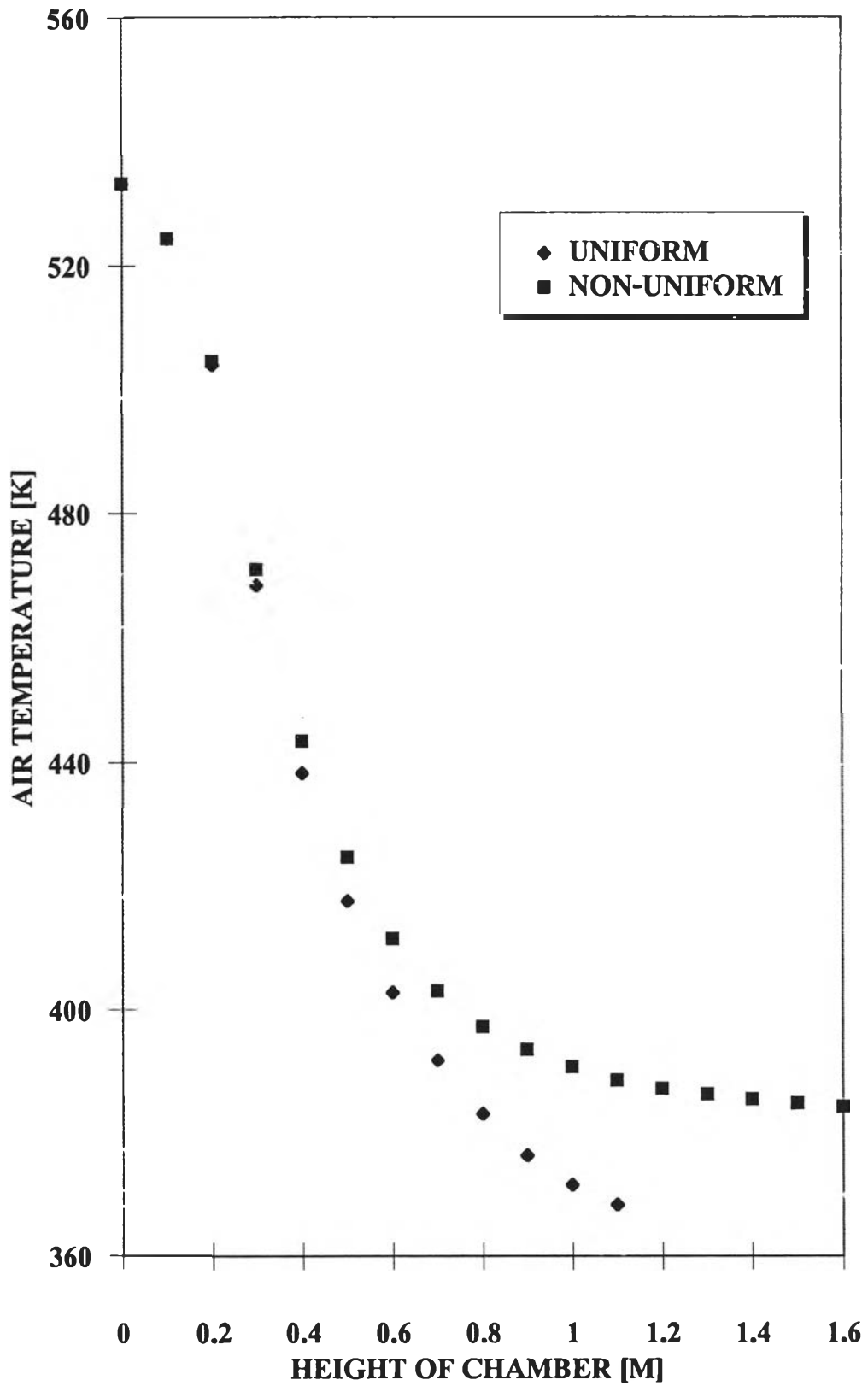
จากรูป 4.35 และ 4.36 หยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะส่งผลให้ลมร้อนที่สัมผัสด้วยมีความชื้นและร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเร็วกว่าหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากกรณีที่การกระจายของสเปรย์แบบสม่ำเสมอจะเกิดการระเหยในอัตราที่เท่ากันตลอดแนวรัศมีของเครื่องระเหยหยดน้ำ ต่างจากกรณีที่การกระจายของสเปรย์แบบไม่สม่ำเสมอซึ่งจะเกิดการระเหยในอัตราที่ไม่เท่ากัน วงแหวนที่มีจำนวนหยดน้ำน้อยจะเกิดการระเหยมากขณะที่วงแหวนที่มีจำนวนหยดน้ำมากจะเกิดการระเหยน้อย และหากมีจำนวนหยดน้ำมากๆ การระเหยอาจไม่เกิดขึ้นเลยในวงแหวนนั้น



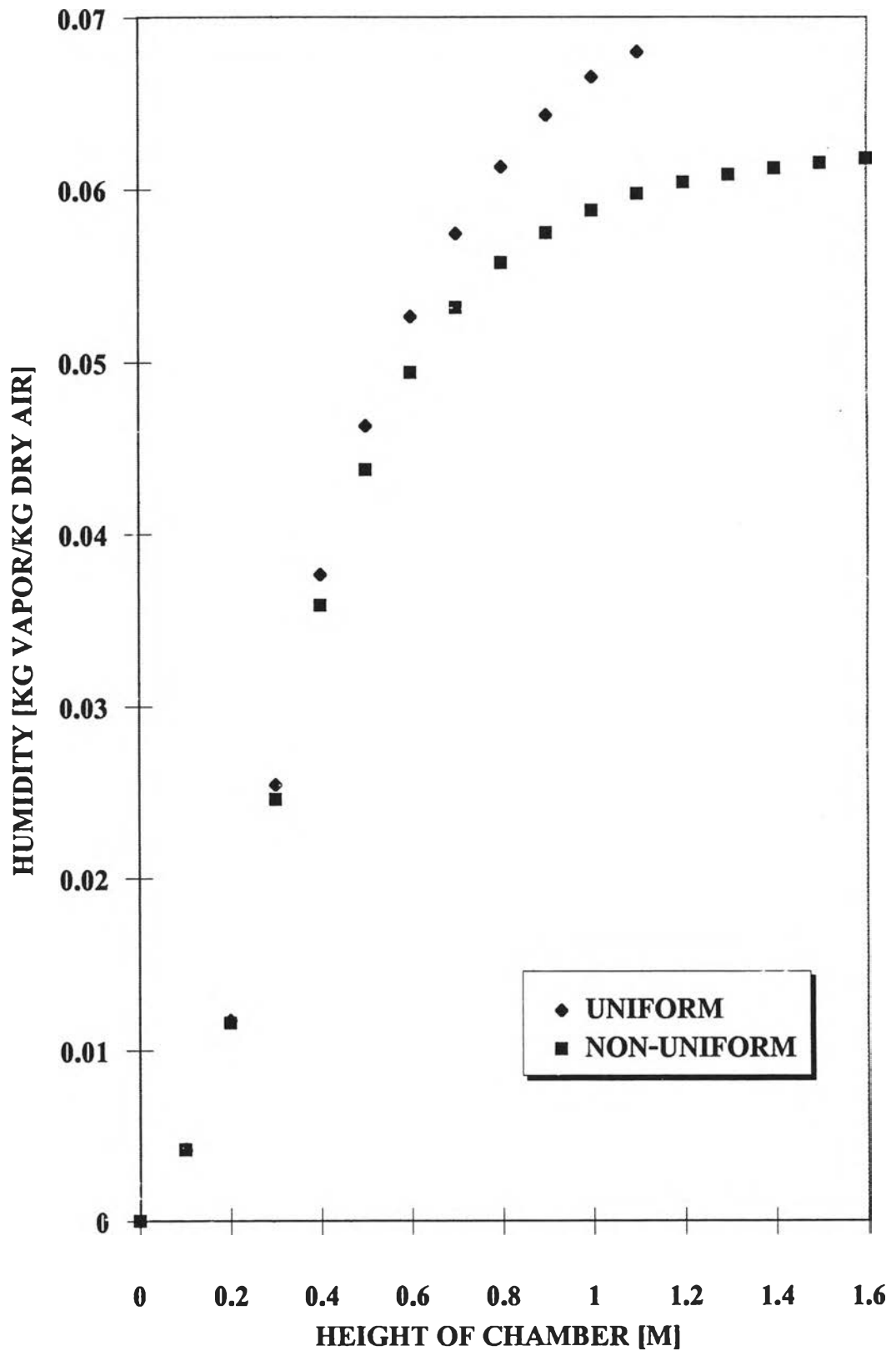
รูป 4.32 ผลของการกระจายของสเปรย์ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของ
หยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบ uniform และ non-uniform



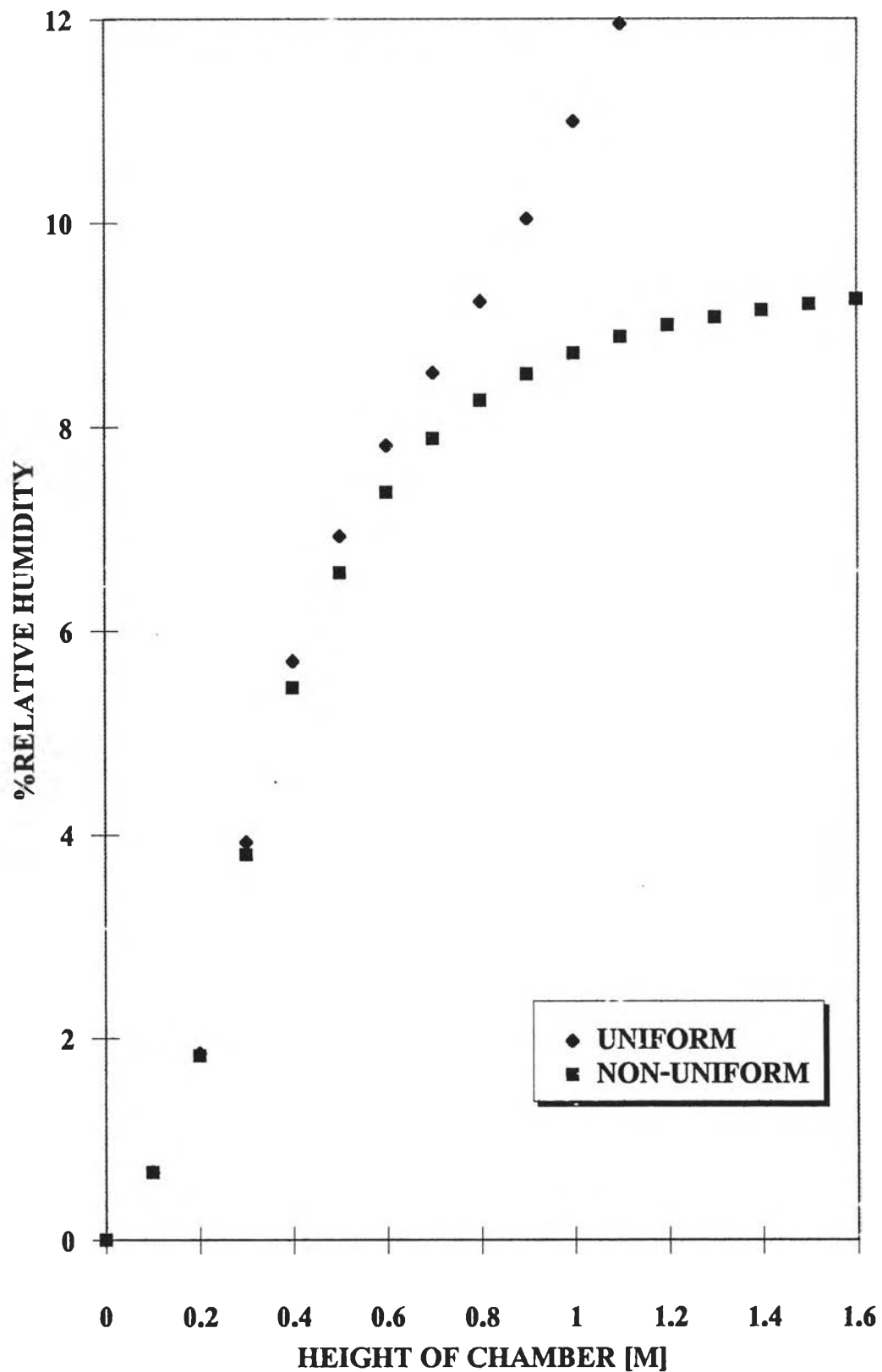
รูป 4.33 ผลของการกระจายของสเปรย์ต่ออุณหภูมิของหยดน้ำ
ที่มีการกระจายของสเปรย์แบบ uniform และ non-uniform



รูป 4.34 ผลของการกระจายของสเปรย์ต่ออุณหภูมิของลมร้อนที่สัมผัส
กับหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบ uniform และ non-uniform



รูป 4.35 ผลของการกระจายของสเปรย์ต่อความชื้นของลมร้อนที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบ uniform และ non-uniform



รูป 4.36 ผลของการกระจายของสเปรย์ต่อ%ความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนที่สัมผัสกับหยดน้ำที่มีการกระจายของสเปรย์แบบ uniform และ non-uniform

4.4 การจำลองเครื่องเพิ่มความชื้นอากาศ (Humidifier)

ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองแสดงไว้ในตาราง 4.9

จากรูป 4.37 ช่วงแรกหยดน้ำจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากความชื้นในอากาศควบแน่นรวมตัวกับหยดน้ำ จากนั้นหยดน้ำจะมีขนาดเล็กลงในอัตราการลดลงที่คงที่และลดขนาดลงเรื่อยๆ เนื่องจากหยดน้ำเกิดการระเหยในอัตราที่คงที่

จากรูป 4.38 หยดน้ำจะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จนถึงอุณหภูมิต่ำหนึ่งหยดน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำที่ เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.39 ช่วงแรกอากาศจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากสัมผัสกับหยดน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จากนั้นจะลดอุณหภูมิต่ำและลดลงเรื่อยๆในอัตราการลดลงที่คงที่ เนื่องจากความร้อนในอากาศถูกใช้ไปในการระเหยหยดน้ำในอัตราที่คงที่

จากรูป 4.40 อากาศจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในอัตราการเพิ่มขึ้นที่คงที่เนื่องจากหยดน้ำเกิดการระเหยในอัตราที่คงที่

จากรูป 4.41 ช่วงแรกอากาศจะมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเนื่องจากความชื้นในอากาศบางส่วนควบแน่นรวมตัวกับหยดน้ำ จากนั้นอากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอัตราการเพิ่มขึ้นที่คงที่ เนื่องจากหยดน้ำเกิดการระเหยในอัตราที่คงที่

ตาราง 4.9 ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิน้ำ กรณีที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ monodisperse และ uniform spray โดยมีความละเอียด 200 ไมครอน

| | Humidifier | Dehumidifier | Cooling tower | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| <u>ขนาดของเครื่อง</u> | | | | |
| ความสูงของเครื่อง | 10 | 10 | 10 | m |
| เส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่อง | 4 | 4 | 4 | m |
| <u>ลักษณะสมบัติของหยดน้ำ</u> | | | | |
| จำนวนหยดน้ำทั้งหมด | 2458868 | 9743573 | 38961488 | drop/m ² s |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด | 200 | 200 | 200 | micron |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุด | 200 | 200 | 200 | micron |
| อุณหภูมิของหยดน้ำ | 343.16 | 293.16 | 323.16 | K |
| ความเร็วของหยดน้ำ | 40.8 | 40.8 | 40.8 | m/s |
| <u>ลักษณะสมบัติของลมร้อน</u> | | | | |
| อุณหภูมิของลมร้อน | 293.16 | 323.16 | 303.16 | K |
| ความชื้นของลมร้อน | 0.00145 | 0.07703 | 0.00528 | kg vapor/kg dry air |
| อัตราการไหลเชิงมวลของลมร้อน | 0.96122 | 0.77768 | 0.92383 | kg dry air/m ² s |
| <u>เงื่อนไขของการจำลอง</u> | | | | |
| จำนวนวงแหวนของเครื่อง | 1 | 1 | 1 | annulus |
| จำนวนช่วงขนาดของหยดน้ำ | 1 | 1 | 1 | class |
| ความสูงเริ่มต้นของการจำลอง | 0.0 | 0.0 | 0.0 | m |
| สัดส่วนหยดน้ำที่ใช้หยุดการจำลอง | 0.1 | 0.1 | 0.1 | |
| Step size ที่ใช้ในการจำลอง | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | m |
| ความถี่ที่แสดงผลของการจำลอง | 5000 | 5000 | 5000 | |
| จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ 1 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | % |
| จำนวนหยดน้ำในช่วงขนาดที่ 1 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | % |

4.5 การจำลองเครื่องลดความชื้นอากาศ (Dehumidifier)

ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองแสดงไว้ในตาราง 4.9

จากรูป 4.37 ช่วงแรกหยดน้ำจะมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยเนื่องจากหยดน้ำเกิดการระเหยบางส่วน จากนั้นหยดน้ำจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากความชื้นในอากาศควบแน่นรวมตัวกับหยดน้ำจนถึงขนาดค่าหนึ่งหยดน้ำจะมีขนาดคงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.38 หยดน้ำจะเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จนถึงอุณหภูมิกำหนดหนึ่งหยดน้ำจะมีอุณหภูมิกงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.39 ช่วงแรกอากาศจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากสัมผัสกับหยดน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จากนั้นอากาศจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นในอากาศควบแน่นรวมตัวกับหยดน้ำ จนถึงอุณหภูมิกำหนดหนึ่งอากาศจะมีอุณหภูมิกงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.40 ช่วงแรกอากาศจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากความชื้นในอากาศยังไม่อิ่มตัว จากนั้นอากาศจะมีความชื้นลดลงเนื่องจากความชื้นในอากาศควบแน่นรวมตัวกับหยดน้ำ จนถึงความชื้นค่าหนึ่งอากาศจะมีความชื้นคงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.41 ช่วงแรกอากาศจะมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเนื่องจากความชื้นในอากาศยังไม่อิ่มตัว จากนั้นอากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงและลดลงเรื่อยๆเนื่องจากความชื้นในอากาศควบแน่นรวมตัวกับหยดน้ำ จนถึงความชื้นสัมพัทธ์ค่าหนึ่งอากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์คงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

4.6 การจำลองเครื่องลดอุณหภูมิน้ำแบบสเปร์ย์ (Cooling tower)

ค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองแสดงไว้ในตาราง 4.9

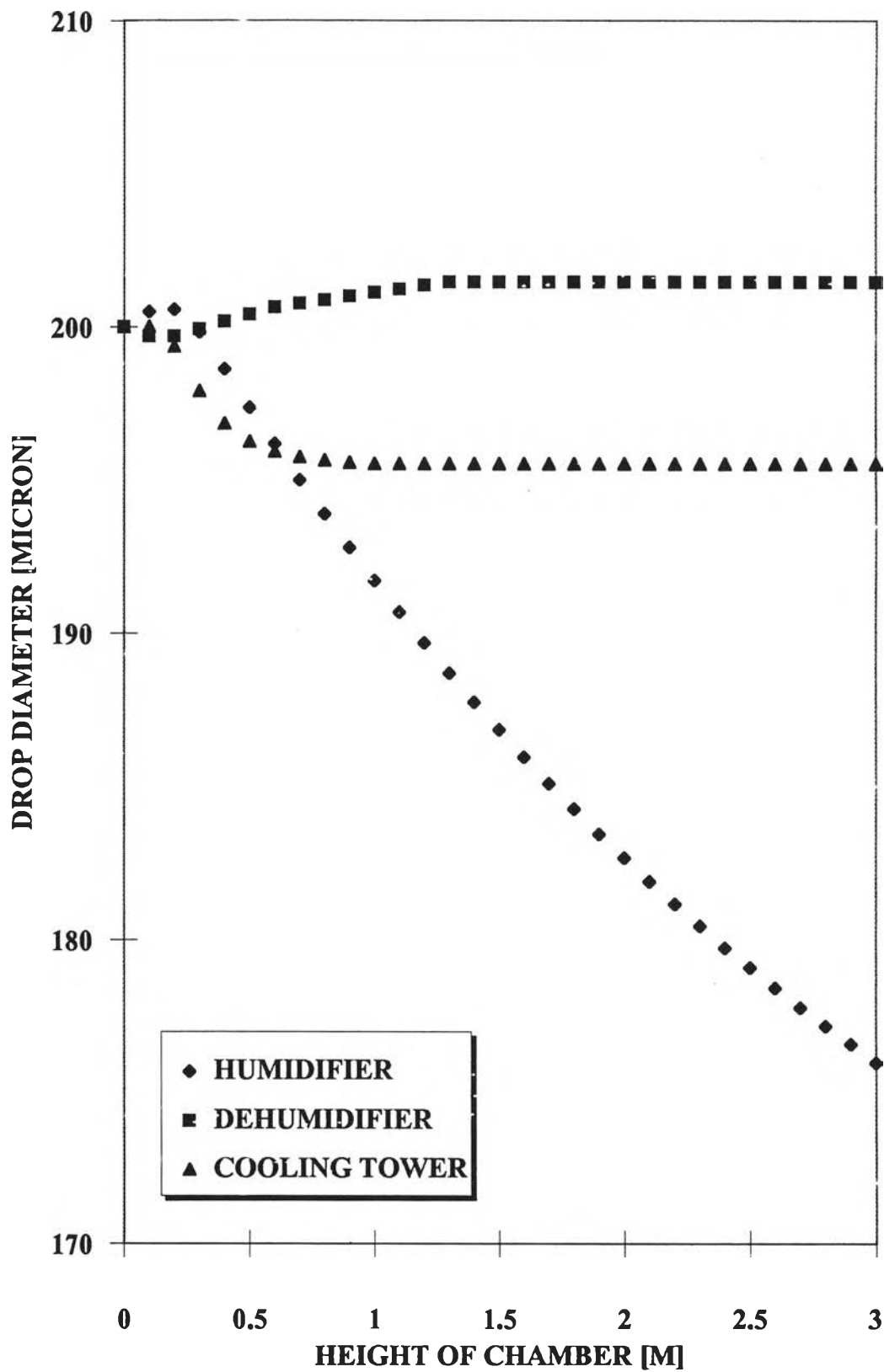
จากรูป 4.37 หขคน้ำจะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆเนื่องจากหขคน้ำเกิดการระเหย จนถึงขนาดค่าหนึ่งหขคน้ำจะมีขนาดคงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.38 หขคน้ำจะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากสัมผัสกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จนถึงอุณหภูมิกำหนดหขคน้ำจะมีอุณหภูมิกงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

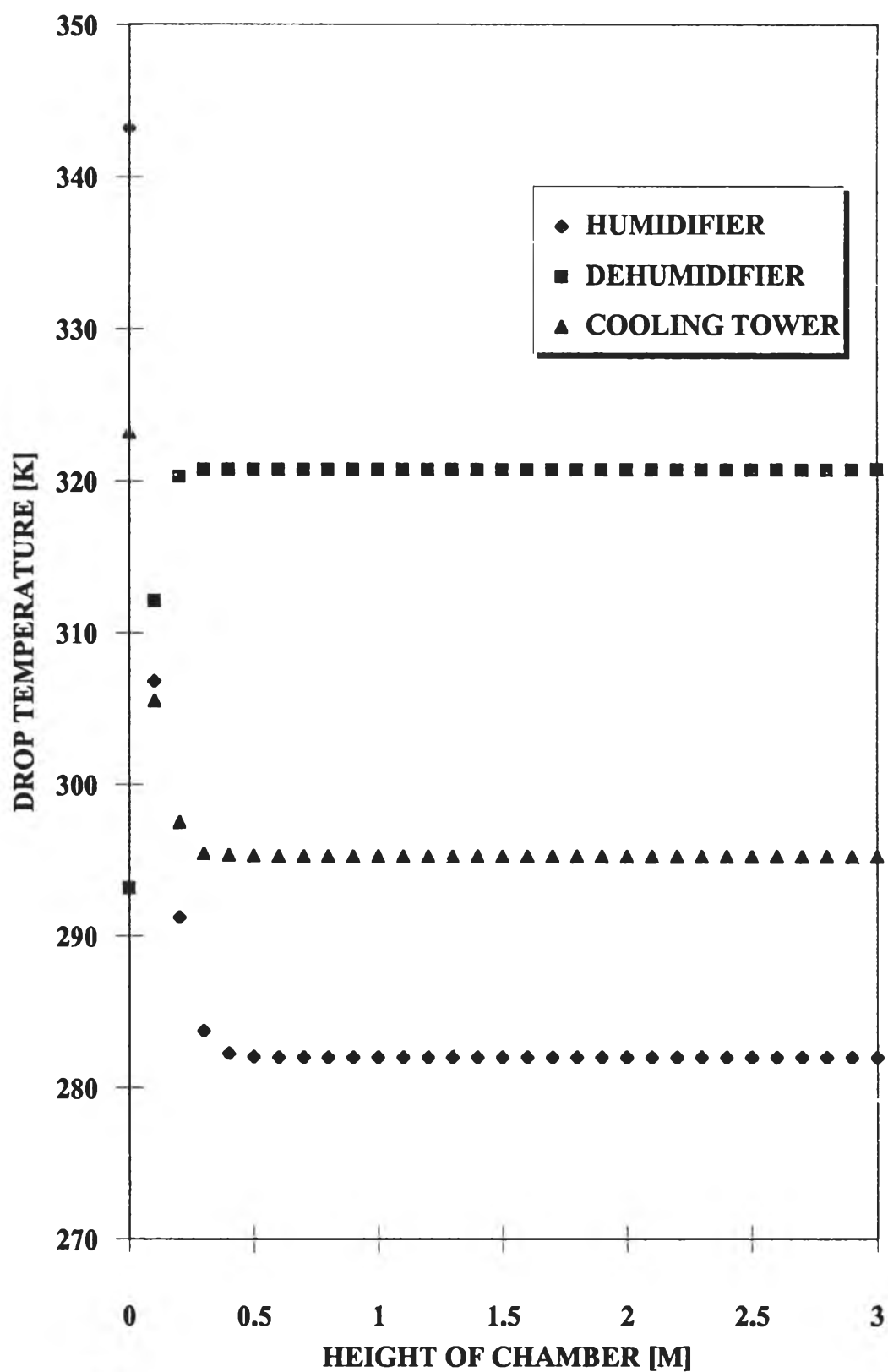
จากรูป 4.39 อากาศจะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความร้อนในอากาศถูกใช้ในการระเหยหขคน้ำ จนถึงอุณหภูมิกำหนดอากาศจะมีอุณหภูมิกงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

จากรูป 4.40 อากาศจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากการระเหยของหขคน้ำ จนถึงความชื้นค่าหนึ่งอากาศจะมีความชื้นคงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล

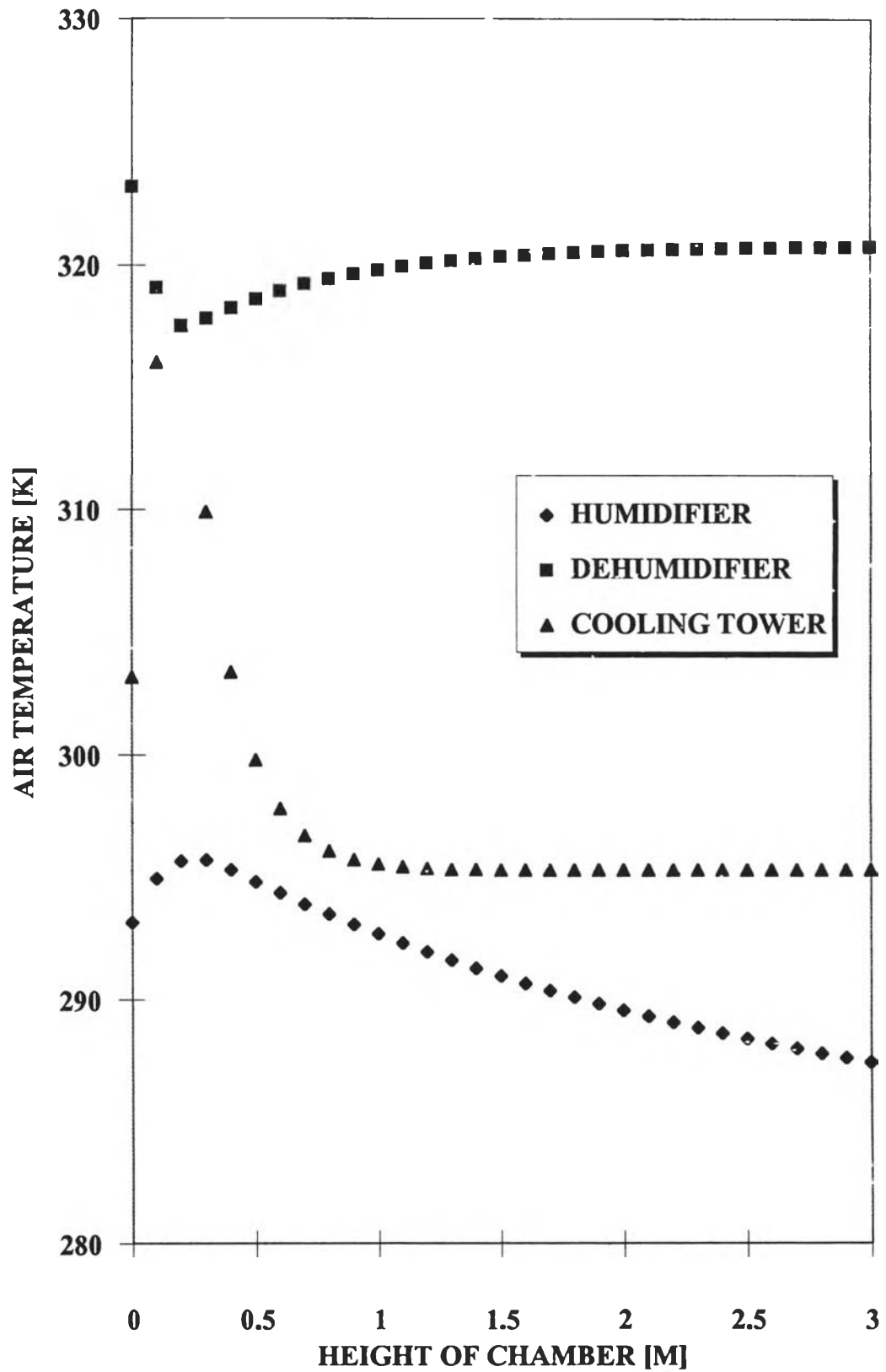
จากรูป 4.41 ช่วงแรกอากาศจะมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากการระเหยของหขคน้ำ จนถึงความชื้นสัมพัทธ์ค่าหนึ่งอากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์คงที่เนื่องจากเข้าสู่สมดุล



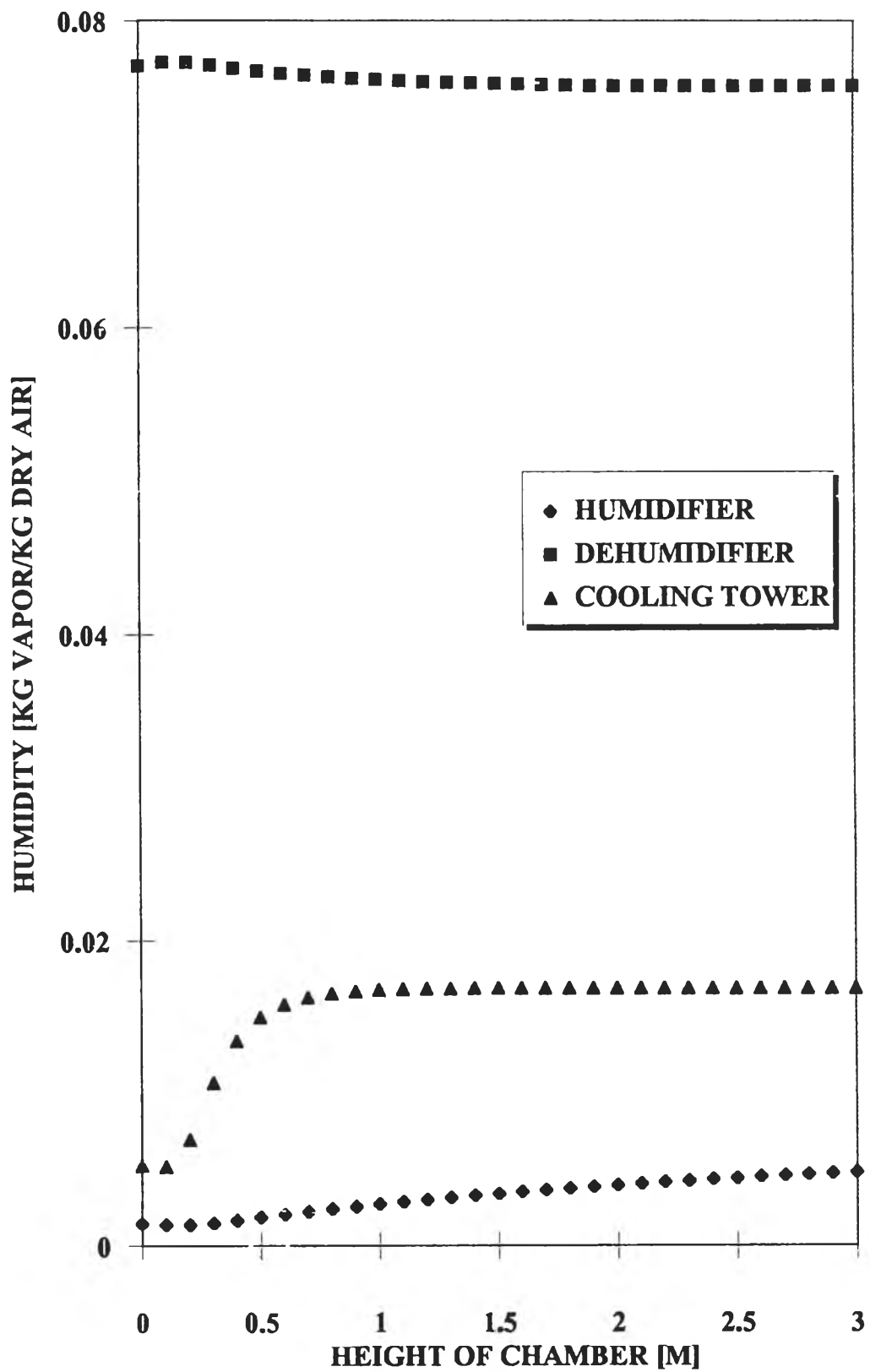
รูป 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำในเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิ



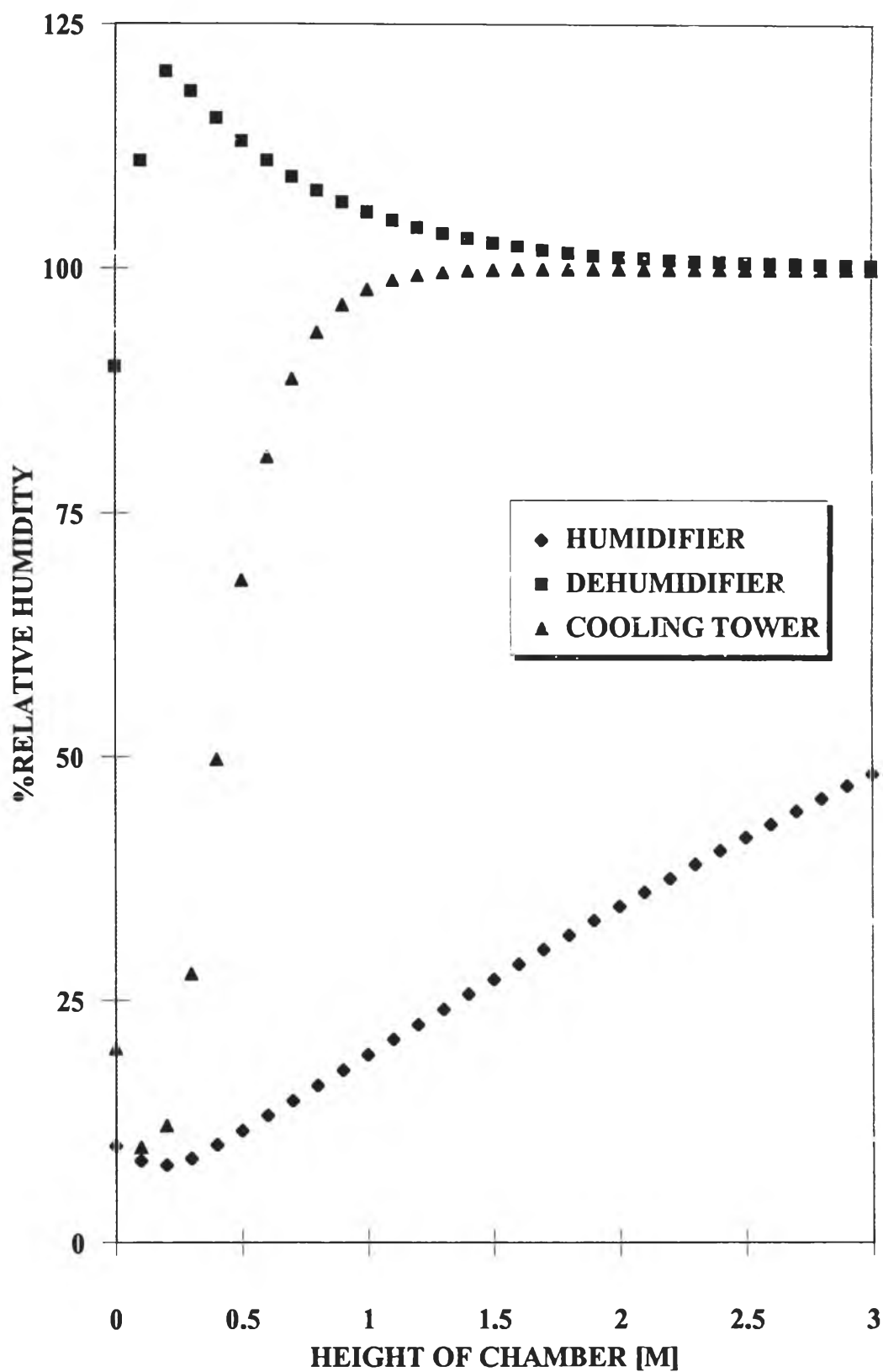
รูป 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิของหยดน้ำในเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิ



รูป 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับอุณหภูมิของอากาศในเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิน้ำ



รูป 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับความชื้นของอากาศในเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิ



รูป 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเครื่องกับ%ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิ