



การศึกษาระบบสะสมพลังงานความร้อนชนิดแออร์-รอกเบด
ตอนที่ 2

การศึกษามรรตนะของหน่วยสะสมพลังงานความร้อน

โดย

น.ส. สมศรี จรุงเรือง
นาย วิทยา บงเจริญ

โครงการวิจัย เลขที่ 97-ERD-2528
ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยบริการ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

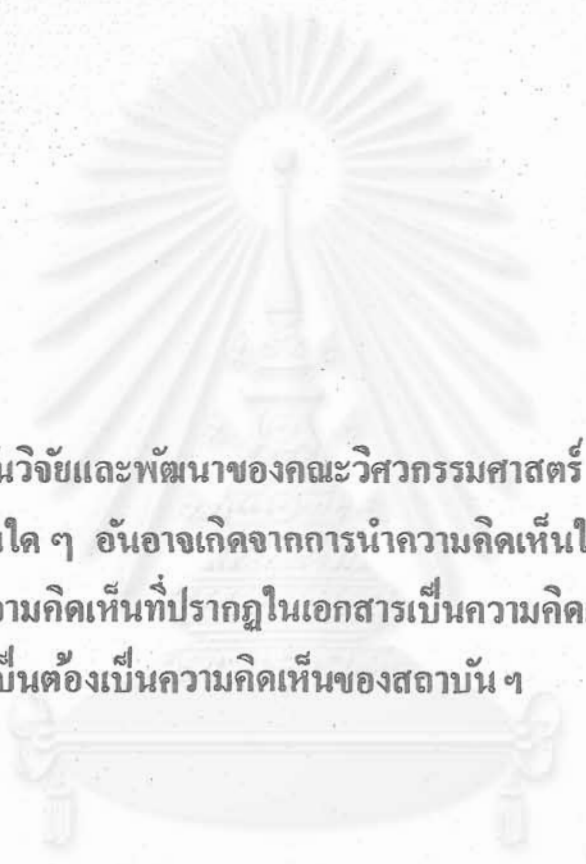
คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

งท
วศ 15
004348

มกราคม 2530



สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ไม่รับผิดชอบต่อ
ผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสารฉบับนี้ไป
ใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียน ซึ่ง
ไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบันฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาระบบสะสมพลังงานความร้อนชนิดแอโร-รอก เบด

ตอนที่ ๒



การศึกษามรรณนะของหน่วยสะสมพลังงานความร้อน

โดย

หัวหน้าโครงการและผู้วิจัย

รศ.ดร. สมศรี จรุงเรือง Ph.D (Missouri-Rolla)

ผู้ร่วมวิจัย

รศ.ดร. วิทยา ยงเจริญ Ph.D (Iowa)

โครงการวิจัยเลขที่ 97-ERD-2528

ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

มกราคม 2530



	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สัญลักษณ์	ข
รายการตารางประกอบ	ง
รายการรูปประกอบ	จ
บทคัดย่อ	ช
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 ขอบ เขตของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
บทที่ 2. ทฤษฎี	
2.1 การวิเคราะห์แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของรอกเบต	4
2.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร h_v	6
2.3 ความดันลดของรอกเบต	6
บทที่ 3. ตั้งเก็บสะสมความร้อนและเครื่องมือ	
3.1 การออกแบบและสร้างถัง	8
3.2 ระบบท่อ	8
3.3 ระบบควบคุม	8
3.4 เครื่องมือวัด	9
บทที่ 4. การทดลอง	
4.1 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร h_v ของเบต	13
4.2 การเลือก stepsize Δx และ Δt	18

	หน้า
4.3 การปรับค่าอุณหภูมิอากาศก่อน เข้าชั้นดิน	18
4.4 การปรับค่าอัตราการใช้ของอากาศ	19
4.5 การทดลองหาค่าความดันลด ΔP ในรอกเบด	19
บทที่ 5. ผลการทดลองและวิจารณ์	
5.1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร	29
5.2 ความดันลดในถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด	45
บทที่ 6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการวิจัย	67
6.2 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดลองสำหรับหาค่า h_v	70
ภาคผนวก ข. ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อน เข้า เบดกับ เวลา	127
ภาคผนวก ค. โปรแกรมคอมพิวเตอร์	131
ภาคผนวก ง. คุณสมบัติของอากาศที่ความดันบรรยากาศ	138
ภาคผนวก จ. ศัพท์บัญญัติ	139

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่	๐๓ ๐๓ ๑๕
เลขทะเบียน	๐๐๔๓๔๘
วัน.เดือน.ปี	16 ก.พ.๖๓

กิติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จได้ตามกำหนดเวลาก็ เพราะความร่วมมือร่วมใจกันของคณะผู้ทำการวิจัยประการหนึ่ง และอีกประการหนึ่งก็คือ เงินทุนเพื่อใช้จ่ายในการทำการวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทางด้าน เงินทุน คณะผู้วิจัยจึงขอกล่าวขอบพระคุณกรรมการวิจัยทุกท่านที่ได้สนับสนุนให้ทุนแก่งานวิจัยนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สัญลักษณ์

A_b	พื้นที่หน้าตัดของเบต, m^2
$C_p, C_{pa}, C_{pb}, C_{pw}$	ความร้อนจำเพาะ, ความร้อนจำเพาะของอากาศ, ของเบต, ของน้ำ : $J/kg^{\circ}K$
$D; D_b$	เส้นผ่านศูนย์กลาง, เส้นผ่านศูนย์กลางของเบต, m
D_e	เส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลม, m
f, \hat{f}	ฟริกชันแฟคเตอร์, ฟริกชันแฟคเตอร์ค่าดคะเน
g	ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก, m/s^2
G_o	ความเร็วมวลต่อพื้นที่, kg/m^2s
h_a	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงผิว, $W/m^2^{\circ}K$
h_v	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตร, $W/m^3^{\circ}K$
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน, $kW/m^{\circ}K$
L	ความยาวของเบต, m
$m; m_r$	น้ำหนัก, น้ำหนักก้อนหิน, kg
\dot{m}_a	อัตราการไหลของอากาศ, kg/s
Nu_m	โมติฟายน์สเซลท์นัมเบอร์
\hat{Nu}_m	โมติฟายน์สเซลท์นัมเบอร์ค่าดคะเน
$\Delta P, P_{Db}$	ความดันลด, kN/m^2
Pr	เพรนต์ลันัมเบอร์
Pre	เพรสเซลท์นัมเบอร์
\hat{Pre}	เพรสเซลท์นัมเบอร์ค่าดคะเน
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน, อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ, ก้อนหิน, kW
R	รัศมีของวงกลม, m
Re	เรโนลด์นัมเบอร์

สัญลักษณ์ (ต่อ)

St_m	โมดิฟายสแตนต์นัมเบอร์
\hat{St}_m	โมดิฟายสแตนต์นัมเบอร์ค่าคะเน
t	เวลา, s
T, T_{wf}, T_{wi}	อุณหภูมิ, อุณหภูมิของน้ำตอนสุดท้าย, อุณหภูมิของน้ำตอนเริ่มต้น, $^{\circ}C, ^{\circ}K$
Ψ	ปริมาตร, m^3
V, \bar{V}, V_b	ความเร็ว, ความเร็วเฉลี่ย, ความเร็วเบค, m/s
W	น้ำหนัก, kg
α	ค่าการฟุ้งกระจายของความร้อน, m^2/s
ϵ	ความพรุนของเบค
$\mu; \mu_a$	ความหนืดสัมบูรณ์, ความหนืดสัมบูรณ์ของอากาศ, N-s/m ²
ρ, ρ_a, ρ_r	ความหนาแน่น, ความหนาแน่นอากาศ, ความหนาแน่นของก้อนหิน, kg/m ³
τ	เวลาคงที่, s

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
4.1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ในถังสะสมความร้อนชนิด แอร์-รอกเบตตอน charge, $\dot{m} = 300 \text{ kg/hr}$, $De = 0.0285 \text{ m}$	16
4.2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ในถังสะสมความร้อนชนิด แอร์-รอกเบตตอน discharge, $\dot{m} = 300 \text{ kg/hr}$, $De = 0.0285 \text{ m}$	17
4.3	อิทธิพลของการเปลี่ยน Δx และ Δt ที่มีต่อ h_v เมื่ออัตราการไหล ของอากาศเท่ากับ 300 kg/hr ผ่านก้อนหินขนาด $3/4-1''$ ในเบต สูง 70 cm	20
4.4	ค่า h_v ที่ได้จากการปรับค่าอัตราการไหลของอากาศสำหรับก้อนหินขนาด $3/4-1''$ อัตราการไหลของอากาศ = 300 kg/hr ความสูงของเบต เท่ากับ 70 cm	20
4.5-4.14	ข้อมูลแสดงความดันลดตอน charge สำหรับก้อนหินขนาดต่าง ๆ	22
	เมื่อความสูงเบตต่าง ๆ เมื่ออัตราการไหลของอากาศมีค่าต่าง ๆ	26
4.15-4.18	ข้อมูลแสดงความดันลดตอน discharge สำหรับก้อนหินขนาดต่าง ๆ	27
	เมื่อความสูงเบตต่าง ๆ และอัตราการไหลของอากาศมีค่าต่าง ๆ	28
5.1-5.4	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อัตราการไหลต่าง ๆ สำหรับ charge	46
	และ discharge ที่ความสูงเบต 70 และ 105 cm	47
5.5ก-5.18ก	Polynomial Prediction	53
5.5ข-5.18ข	Geometric Prediction	60

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพของอากาศไหลผ่านรอกเบต	4
3.1 ดัง เก็บสะสมความร้อนและตำแหน่งวัดอุณหภูมิและความดัน	10
3.2 ระบบดังสะสมความร้อนที่ใช้ในการทดลอง	11
3.3 ภาพถ่ายของระบบดังสะสมความร้อนที่ใช้ในการทดลอง	12
4.1 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ เมื่อเบตมีความสูง 0.7 เมตร	14
4.2 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ เมื่อเบตมีความสูง 1.05 เมตร	15
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชั้นดินกับเวลาคอน charge สำหรับก้อนดินขนาด $3/4-1''$, เบตสูง 105 cm และ $\dot{m} = 227 \text{ kg/hr}$	21
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชั้นดินกับเวลาคอน discharge สำหรับก้อนดินขนาด $1/2-3/4''$, เบตสูง 105 cm และอัตราการไหลของอากาศ = 300 kg/hr	21
5.1 อุณหภูมิก้อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$, L = 105 cm และ De = 0.0167 m	30
5.2 อุณหภูมิก้อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$, L = 105 cm และ De = 0.0167 m	31
5.3 อุณหภูมิก้อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$, L = 105 cm, De = 0.0235 m	32
5.4 อุณหภูมิก้อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$, L = 105 cm, De = 0.0235 m	33
5.5 อุณหภูมิก้อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 224.1 \text{ kg/hr}$, L = 105 cm และ De = 0.0285 m	34
5.6 อุณหภูมิก้อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 256 \text{ kg/hr}$, L = 105 cm, De = 0.0285 m	35

รูปที่	หน้า
5.7 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$, $L = 105 \text{ cm}$, $De = 0.0167 \text{ m}$	36
5.8 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 255.6 \text{ kg/hr}$, $L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0167 \text{ m}$	37
5.9 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$, $L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0235 \text{ m}$	38
5.10 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$, $L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0235 \text{ m}$	38
5.11 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$, $L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0285 \text{ m}$	40
5.12 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$, $L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0285 \text{ m}$	41
5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างหลังงานที่สะสมในรอกเบตกับเวลาตอน charge	42
5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างหลังงานที่ออกจากรอกเบตกับเวลาตอน discharge	43
5.15 ความสัมพันธ์ของ Nu_m กับ Re สำหรับก้อนหินขนาด 0.0167 m , $L = 70$ และ 105 cm	48
5.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu_m กับ Re สำหรับก้อนหินขนาด 0.0235 m เบต สูง 70 และ 105 cm	48
5.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu_m กับ Re สำหรับก้อนหินขนาด 0.0285 m เบต สูง 70 และ 105 cm	49
5.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง St_m กับ Re สำหรับก้อนหินขนาด 0.0167 m เบต สูง 70 และ 105 cm	49

รูปที่	หน้า
๕.1๙ ความสัมพันธ์ระหว่าง St_m กับ Re สำหรับก้อนหินขนาด 0.0235 m เบดสูง 70 และ 105 cm	50
๕.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง St_m กับ Re สำหรับก้อนหินขนาด 0.0285 m เบดสูง 70 และ 105 cm	50
๕.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง h_v กับ Go/De สำหรับก้อนหิน 3 ขนาด คือ $De = 0.0167, 0.0235$ และ 0.0285 m เบดสูง 70 และ 105 cm	51
๕.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pre กับ Re ของก้อนหิน 3 ขนาด และ Polynomial Prediction curve	51
๕.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pre กับ Re ของก้อนหิน 3 ขนาด และ Geometric Prediction curve	52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

คุณสมบัติทางกายภาพของแอร์-รอกเบด ความดันลดในเบดและสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตรได้ศึกษาไว้ในการวิจัยตอนที่ 1 (1) ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติของเบดนี้ทั้งตอน charge และตอน discharge โดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนี้ได้ขยายความสูงของเบดจากเดิมสูง 0.175 เมตรไปจนกระทั่งถึงความสูง 1.05 เมตร เบดยังคงใช้ลักษณะเดิมคือ เป็นแบบทรงกระบอกตั้งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.76 เมตร และใส่หินก่อสร้าง (limestone) แบบแรนดอม ซึ่งทำให้เกิดความพรุนของเบดมีค่า 0.463 ในการทดลองได้ใช้หิน 3 ขนาดคือ 1/2-3/4", 3/4-1" และ 1-1 1/2" และเปลี่ยนความสูงของเบด 3 ขนาดคือ 0.35, 0.7 และ 1.05 เมตร ในแต่ละการทดลองได้เปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศระหว่าง 176 ถึง 421 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ผลการทดลองและการวิเคราะห์พบว่า สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตรมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของอากาศ และขนาดของก้อนหินตามสูตร $h_v = 0.29 (Go/De)^{1.03}$ และความดันลดในเบดในรูปของเพรสเชอร์นัมเบอร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเรโนลด์นัมเบอร์ดังสมการ คาคะเน $Pre = 95 \times 10^{-6} Re^{1.89}$ นอกจากนี้ยังได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบแอร์-รอกเบดต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

The physical properties of the air-rock bed, the pressure drop across the bed and the convective volumetric heat transfer coefficient were investigated in the Research Part I (1). In this research these bed properties were examined more precisely by using a computer for both charge and discharge of the bed. Also the bed height is expanded from 0.175 metres up to 1.05 metres. Again the bed is a vertical cylinder type having a diameter of 0.76 metres and was filled randomly with the structure rock (limestone) resulting in a void fraction of 0.463. The experiments were conducted for three different rock sizes, 1/2-3/4", 3/4-1" and 1-1 1/2" and for three different bed height; 0.35, 0.7 and 1.05 metres. For each experiment, the air mass flow rate were varied between 176 and 421 kg/hr.

The results shown that the volumetric heat transfer coefficient was related to the mass flow rate and the equivalent rock diameter by the formula $h_v = 0.29 (G_o/D_e)^{1.3}$. Also, the pressure drop in term of pressure number depended on Reynolds number according to the predicted equation $\hat{P}_{re} = 95 \times 10^{-6} Re^{1.89}$. Finally, the computer program was developed to design the air-rock bed.



บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

งานวิจัยที่กระทำในครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่ทำต่อจากตอนที่ 1 (1) ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของเบต สัมประสิทธิ์การพาความร้อนและความดันลดของถังสะสมความร้อนรูปทรงกระบอกตั้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.76 เมตร และใส่หินก่อสร้าง (limestone) แบบแรนดอมสูง 0.175 เมตร หินที่ใช้มี 3 ขนาดคือ 1/2-3/4", 3/4-1" และ 1-1 1/2" ซึ่งให้ค่าความพรุนของเบต 0.463 อุณหภูมิของอากาศตอนเข้าเบตถูกควบคุมให้คงที่ที่ 60 °C อัตราการไหลของอากาศมีค่าเปลี่ยนแปลง 8 ค่าซึ่งทำให้เรโนลด์นัมเบอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 80 ถึง 260 จากการทดลองพบว่า เพรสเชอร์นัมเบอร์ขึ้นอยู่กับเรโนลด์นัมเบอร์เท่านั้น คือ

$$\hat{P}_{re} = 1559 Re + 120.5 Re^2$$

$$\Delta x = 0.0875 \text{ เมตร}$$

$$80 < Re < 260$$

$$0.0167 \leq De \leq 0.0285 \text{ เมตร}$$

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของแอร์-รอกเบตในรูปของกลุ่มไรมิติ คือ

$$\left. \begin{aligned} \hat{Nu}_m &= 4.79 Re^{0.66} \\ \hat{St}_m &= 6.85 Re^{-0.34} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta x &= 0.0875 \text{ เมตร} \\ 80 &< Re < 260 \\ 0.0235 &< De \leq 0.0285 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \hat{Nu}_m &= 4.66 Re^{0.55} \\ \hat{St}_m &= 7.31 Re^{-0.47} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \Delta x &= 0.0875 \text{ เมตร} \\ 80 &< Re < 260 \\ De &= 0.0167 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

การวิจัยตอนที่ 1 ที่ได้ทำไปแล้วนั้นเป็นการวิจัยที่กระทำเพื่อหาสมการคาดคะเนความดันลด และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรโดยประมาณ สำหรับความสูงของเบตเท่ากับ 0.175 เมตรเพียงชั้นเดียว และใช้ $\Delta x = 0.0875$ เมตร, $\Delta t = 2$ นาที จุดประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ก็คือ

1.1.1. ศึกษาความดันลด (ΔP) ของถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบต สำหรับความสูงของเบต 35, 70 และ 105 เซนติเมตร

1.1.2 ศึกษาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (h_V) ของถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด เมื่อเบดมีความสูง 105 เซนติเมตร และใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ทั้งตอน charge และ discharge โดยใช้ $\Delta x = 2.2$ เซนติเมตร และ $\Delta t = 1$ นาที

1.1.3. ทาสัมการคาดคะเนของ ΔP และ h_V

1.1.4. ศึกษาสมรรถนะของหน่วยสะสมพลังงานความร้อน

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 ทำการทดลองวัดความดันลด (ΔP) ของถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด สำหรับความสูงของเบด 35, 70 และ 105 เซนติเมตร เมื่อมีอัตราการไหลของอากาศระหว่าง 176-421 kg/hr.

1.2.2. ทำการทดลองวัดอุณหภูมิของอากาศและก้อนหินที่ชั้นต่าง ๆ โดยแบ่งเบดออกเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นมีความหนา 17.5 เซนติเมตร

1.2.3 ใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมวิเคราะห์หาค่า h_V ที่อัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ กัน โดยวิธี minimizing error

1.2.4 ใช้วิธี least square หาค่าสัมการคาดคะเนของ h_V และ ความดันลด

1.2.5 แสดงสมรรถนะของถังสะสมความร้อน เช่น อุณหภูมิของเบดที่ชั้นต่าง ๆ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาสำหรับการสะสมความร้อนและการนำความร้อนไปใช้งาน อัตราการสะสมพลังงานความร้อนและอัตราการนำพลังงานความร้อนออกมาใช้งาน

1.3 ประโยชน์ที่ได้มาจากการวิจัย

1.3.1 ได้สัมการคาดคะเนความดันลดเพื่อใช้ในการออกแบบ และเลือกพัดลมของระบบสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด เมื่อเบดมีความสูงระหว่าง 35 ถึง 105 เซนติเมตร เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอบแห้งในประเทศไทย

1.3.2. ได้สัมการคาดคะเน h_V ของระบบสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด เพื่อใช้ในการออกแบบถังเก็บสะสมความร้อนที่มีเบดสูง 35 ถึง 105 เซนติเมตรไว้ใช้ในอุตสาหกรรมอบแห้งสำหรับประเทศไทย

1.3.3. ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ทำการทดลองวัดค่าความดันลวดและจุดข้อมูลต่าง ๆ ในการทดลองเพื่อหาค่าของความดันลวดและ h_v เมื่อเบตมีความสูง 35, 70 และ 105 เซนติเมตรที่อัตราการไหลต่าง ๆ

1.4.2 หาสูตรเอมไพริคัลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1.4.3. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการออกแบบถังสะสมความร้อนชนิด แอร์-รอกเบต

1.4.4. สรุปผลการวิจัย

1.4.5. ตีพิมพ์และ เผยแพร่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 การวิเคราะห์แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของรอกเบค

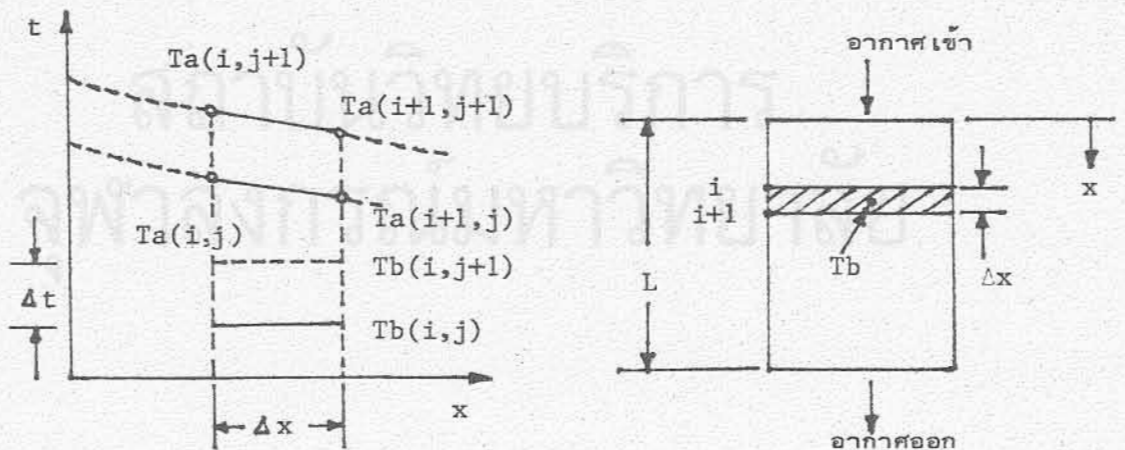
ในการคำนวณหาพลังงานความร้อนที่เก็บสะสมไว้ในรอกเบค หรือการนำพลังงานความร้อนจากรอกเบคไปใช้งานนั้น อุณหภูมิภายในรอกเบคจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณหาสมรรถนะของถังสะสมความร้อน สมการที่ใช้ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเบคคือ

$$\frac{(\dot{m} C_p)_a}{A_b} \frac{\partial T_a}{\partial x} = -Q \quad (2.1)$$

$$(\rho C_p)_b (1-\epsilon) \frac{\partial T_b}{\partial t} = Q \quad (2.2)$$

$$h_v (T_a - T_b) = Q \quad (2.3)$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณหาสมรรถนะของถังสะสมความร้อน เป็นแบบเชิงเส้น เมื่อให้ Δx และ Δt มีค่าน้อย ๆ และอุณหภูมิของหินในชั้นหนา Δx มีค่าเท่ากันตลอดทั้งชั้นดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภาพของอากาศไหลผ่านรอกเบค

สมการ (2.1), (2.2) และ (2.3) สามารถเขียนอยู่ในรูปของไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ สำหรับชั้น
 หินขนาด Δx ภาคตัด i , ภาคตัด $i + 1$ และที่เวลา j และ $j + 1$ ดังนี้

$$\frac{(\dot{m} C_p)_a}{A_b \Delta x} [T_a(i+1, j+1) - T_a(i, j+1)] = -Q \quad (2.4)$$

$$\frac{(\rho C_p)_b (1-\epsilon)}{\Delta t} [T_b(i, j+1) - T_b(i, j)] = Q \quad (2.5)$$

$$\frac{h_v}{2} [T_a(i, j+1) + T_a(i+1, j+1) - T_b(i, j+1) - T_b(i, j)] = Q \quad (2.6)$$

จากสมการ (2.4), (2.5) และ (2.6) จัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$T_a(i+1, j+1) = \frac{D}{E} (T_a(i, j+1)) + \frac{h_v}{E} (T_b(i, j)) \quad (2.7)$$

$$T_b(i, j+1) = \frac{B}{A} [T_a(i, j+1) - T_a(i+1, j+1)] + T_b(i, j) \quad (2.8)$$

เมื่อ

$$A = (\rho C_p)_b (1-\epsilon) / \Delta t$$

$$B = (\dot{m} C_p)_a / (A_b \Delta x)$$

$$D = B - h_v/2 + \frac{B}{A} (h_v/2)$$

$$E = B + h_v/2 + \frac{B}{A} (h_v/2)$$

จากสมการ (2.7) และ (2.8) จะเห็นว่าเมื่อทราบค่า A , B , D , E , อุณหภูมิของชั้นดินที่เวลา j
 และอุณหภูมิของอากาศตอนเข้าที่ภาคตัด i ก็จะสามารถคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศตอนออกที่ภาคตัด
 $i+1$ ได้แล้ว ก็หาอุณหภูมิของก้อนหินที่เวลา $j+1$ ได้ จากนั้นสามารถคำนวณหาพลังงานความร้อน
 ที่ได้ หรือออกจากชั้นหิน Δx ในเวลา Δt ได้ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากชั้นหิน Δx นี้ ก็จะไป
 เป็นอุณหภูมิของอากาศตอนเข้าของชั้นหิน Δx ถัดไป นั่นคือเมื่อทราบอุณหภูมิของอากาศตอนเข้าเขต
 และอุณหภูมิของชั้นหินเริ่มแรกในเขต ก็จะสามารถหาอุณหภูมิของอากาศตอนออกจากเขตและอุณหภูมิ
 ของหินในแต่ละชั้นของเขตที่เวลาต่าง ๆ ได้

2.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร h_v

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร h_v หาได้จากการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ตามสมการที่ (2.7) และ (2.8) ในการทดลองจะวัดอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของหินในแต่ละชั้นของเบดที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยให้อัตราการไหลของอากาศผ่านรอกเบดคงที่ตลอดเวลา แต่อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเบดเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณหาค่า h_v เขียนด้วยภาษา FORTRAN 77 และใช้คอมพิวเตอร์ IBM PC ในการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ รายละเอียดของโปรแกรมได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ค่า h_v ที่ได้จะเป็นค่าที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับอุณหภูมิที่คำนวณได้จากสมการ (2.7) และ (2.8) มีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ

$$\sum_{i=1}^n e^2 = \sum_{i=1}^n (T_m - T_c)^2 \quad \text{มีค่าน้อยที่สุด} \quad (2.9)$$

เมื่อ T_m = อุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลอง

T_c = อุณหภูมิที่คำนวณได้จากสมการ (2.7) และ (2.8)

$e = T_m - T_c$

2.3 ความดันลดของรอกเบด

เมื่ออากาศไหลผ่านชั้นหินในรอกเบด ความเสียดทานระหว่างก้อนหินกับอากาศ รูปร่างของก้อนหินตลอดจนลักษณะการเรียงตัวของก้อนหินจะทำให้อากาศไหลปั่นป่วน และสูญเสียความดันในทิศทางของการไหล โดยทั่วไปจะได้ความดันลดในรูปของกลุ่มไร้มิติ ซึ่งแสดงโดยสมการ

$$\frac{\Delta P}{\rho_a V_b^2} = f \left(\frac{De}{Db}, \epsilon, Re, \frac{De}{L}, \dots \right) \quad (2.10)$$

เมื่อ $\Delta P / (\rho_a V_b^2)$ คือออฟเลอร์นัมเบอร์ $Re = G_0 De / \mu_a$ คือเรโนลด์นัมเบอร์ และอัตราส่วนของรูปทรงเรขาคณิต (Geometric ratio) เช่น ϵ , De/L , De/Db และอื่น ๆ จากผลงานวิจัยของ P. Chanda และ D.H. Willits (2) จะได้ความสัมพันธ์ความดันลดภายในเบด คือ

$$\frac{\Delta P}{\rho_a V_b^2} = \left(\frac{L}{De} \right) Re^{-2} [C_1 Re + C_2 Re^2] \quad (2.11)$$

โดยค่า C_1 และ C_2 หาได้จากการทดลอง ดังนั้นในการวิจัยตอนที่ 1 จึงได้นิยามกลุ่มไร้มิติใหม่ เป็นเพรสเชอร์นัมเบอร์ (pressure number)

$$Pre = \frac{\Delta P \rho_a De^3}{\mu_a^2 L}$$

และได้สมการความดันลดของรอกเชคในรูปแบบเดียวกันกับ P. Chanda และ D.H. Willits

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถึงเก็บสะสมความร้อนและเครื่องมือ

3.1 การออกแบบและสร้างถึง

การออกแบบถึง เก็บสะสมความร้อน เพื่อใช้ในการทดลองหาคุณสมบัติของถึง เก็บสะสมความร้อนชนิดเอร์-รอกเบตได้คำนึงถึงความง่ายในการสร้างและราคาเป็นหลัก และเพื่อนำไปใช้กับเครื่องอบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งต้องการเก็บพลังงานไว้ 15 MJ ในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่าง 50 - 60 °C ดังนั้นตัวถึงจึงทำจากท่อคอนกรีตซึ่งใช้สำหรับทำท่อส้วมและสามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 เซนติเมตร สูง 175 เซนติเมตร และหนา 2 เซนติเมตร นำมาวางต่อกัน 5 ท่อ แล้วฉาบด้วยปูนซีเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ตอนล่างของถึงจะหล่อฐานติดกับตะแกรงคอนกรีตเพื่อรองรับน้ำหนักของก้อนหินโดยมีช่องว่างให้อากาศผ่านได้ 33% ที่ตอนล่างและตอนบนของถึงจะมีท่อสำหรับให้อากาศผ่านเข้าและออกจากถึง ผนังของถึงทุกด้านจะหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว ซึ่งจะทำให้ความร้อนสูญเสียให้กับบรรยากาศภายนอกไม่เกิน 5% ของความร้อนที่จะเก็บสะสมไว้

3.2 ระบบท่อ

ระบบท่อทำด้วยท่อใยหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 เซนติเมตร ต่อไว้สำหรับทดลองการเก็บสะสมและการนำพลังงานความร้อนออกมาใช้งาน โดยในการเก็บสะสมพลังงานอากาศจะเข้าทางด้านบนและออกทางด้านล่าง ส่วนในการนำพลังงานออกมาใช้งานอากาศจะเข้าทางด้านล่างและออกทางด้านบนของเบต ระบบที่ใช้ในการทดลองจะเป็นระบบเปิด กล่าวคือ อากาศภายนอกจะถูกพัดลมดูดเข้ามาแล้วส่งไปยังหน่วยทำความร้อนและส่งไปเข้าทางด้านบน หรือด้านล่างของถึงซึ่งบังคับทิศทางได้โดยการปิด/เปิดแควมเปอร์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ รูปที่ 3.2 จะแสดงทิศทางการไหลของอากาศตอนเก็บสะสมพลังงานไว้ในรอกเบต รูปที่ 3.3 แสดงภาพถ่ายของระบบที่ใช้ทดลอง

3.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

อุณหภูมิของอากาศก่อน เข้าถึง เก็บสะสมความร้อนจะถูกควบคุมให้คงที่ โดยใช้ตัว

ควบคุม (controller) ของ Eurotherm รุ่น $\epsilon 10$ ซึ่งมีตัววัดอุณหภูมิเป็นเทอร์โมคัพเบิลชนิด K ติดอยู่ที่ท่ออากาศเข้า ตัวทำความร้อนประกอบด้วยขดลวดทำความร้อนขนาด 2000 วัตต์ 1 ตัว 1500 วัตต์ 2 ตัว และ 900 วัตต์ 1 ตัว

3.4 เครื่องมือวัด

อุณหภูมิ ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิของ Omeka รุ่น 2176A-K มีรีโซลูชัน 0.1°C สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิของก้อนหิน เมื่อวัดอุณหภูมิอากาศใช้สายเทอร์โมคัพเบิลชนิด K ที่มีขั้วเปลี่ยนวัด ส่วนเมื่อวัดอุณหภูมิของก้อนหินใช้สายเทอร์โมคัพเบิลชนิด K ผึงตรงจุดกึ่งกลางของก้อนหิน แล้ววัดด้วยกาวอีพอกซี E5 ของบริษัท Woodhil Chemical Saler.

ความดันลด ใช้มาโนมิเตอร์แบบเชิงของ Airflow Developments Ltd. มีรีโซลูชัน 0.1 มม. น้ำ

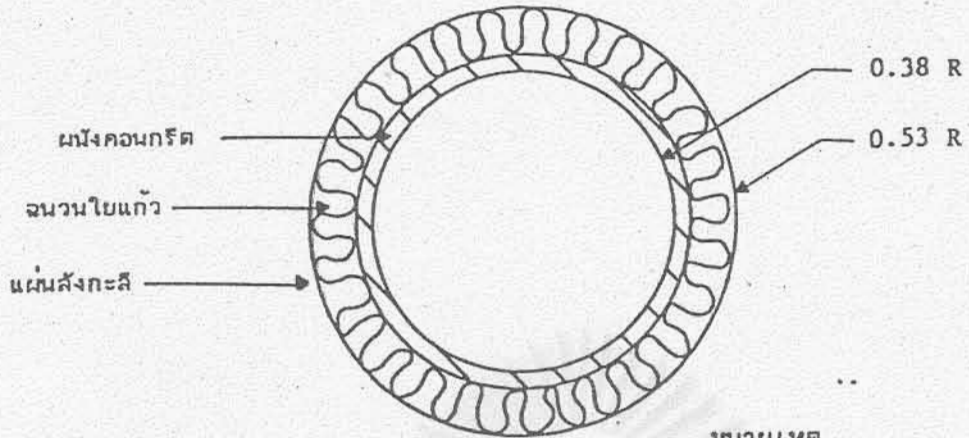
ความเร็วอากาศ ใช้ท่อปีโตร่วมกับมาโนมิเตอร์

เวลา ใช้นาฬิกาจับเวลาของ Seiko มีรีโซลูชัน 0.01 วินาที

อัตราการไหลของอากาศ ใช้แผ่นออร์ทิสร่วมกับมาโนมิเตอร์

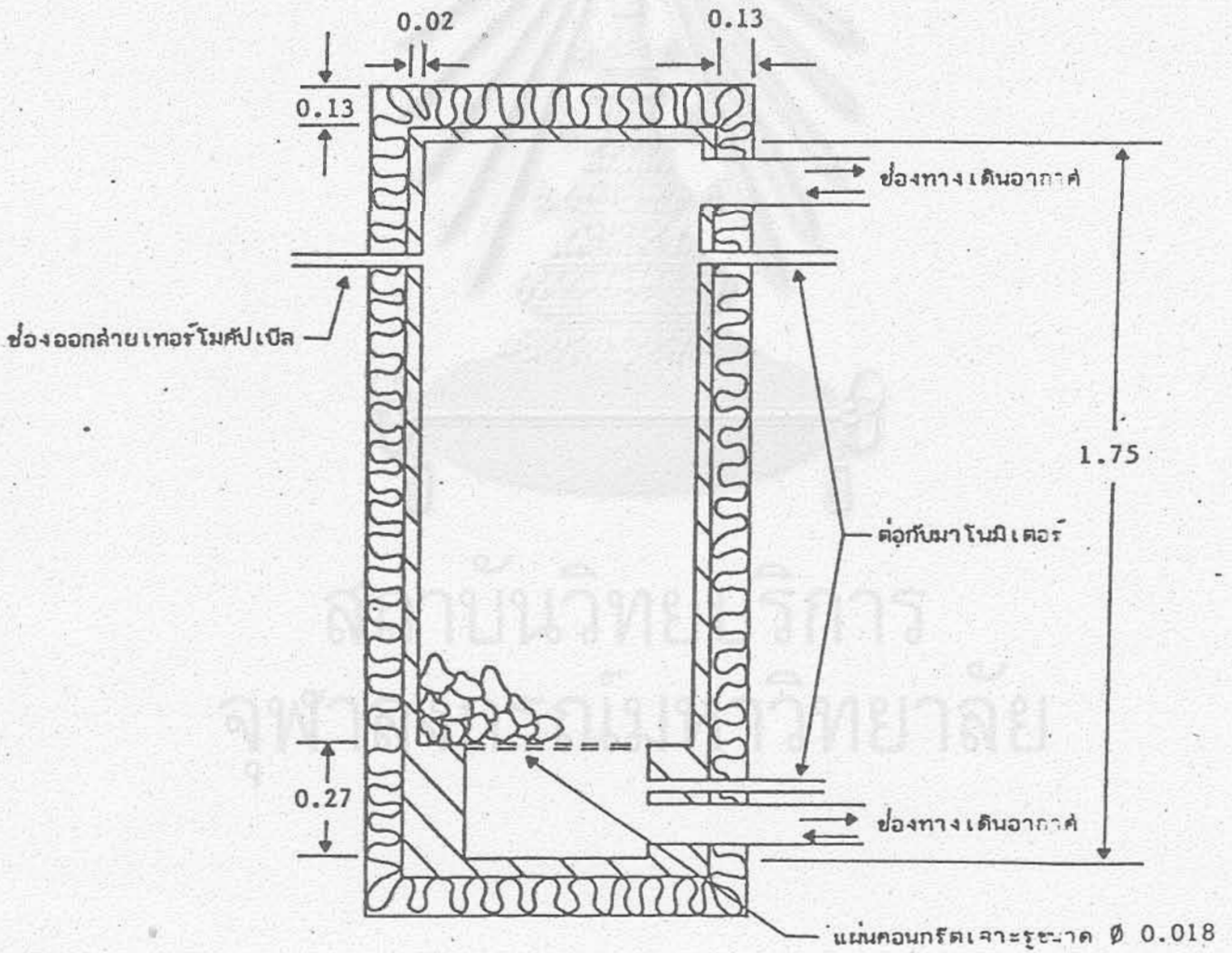
สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



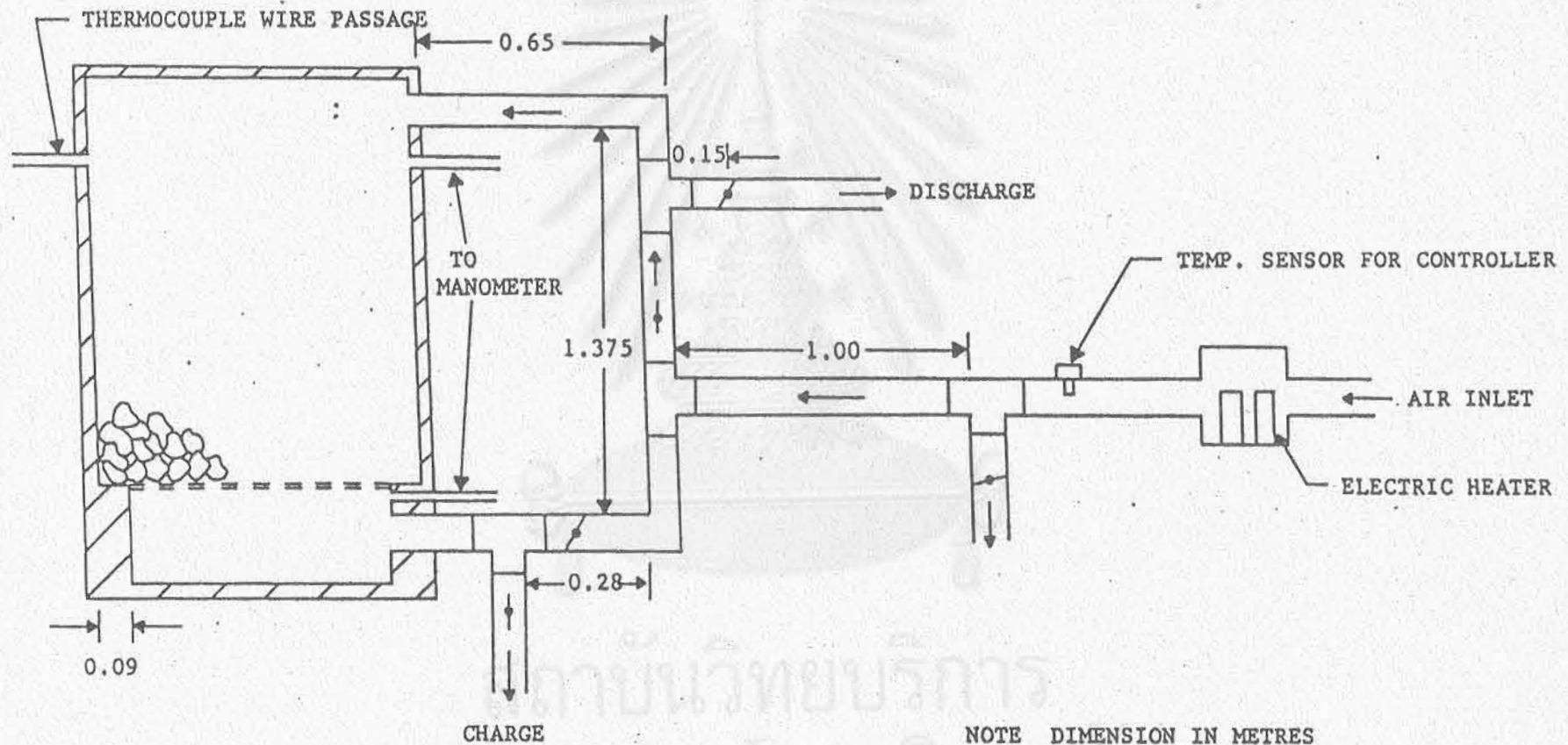
ขนาดเหตุผล

ช่องทางเดินอากาศมีขนาด ϕ 0.165

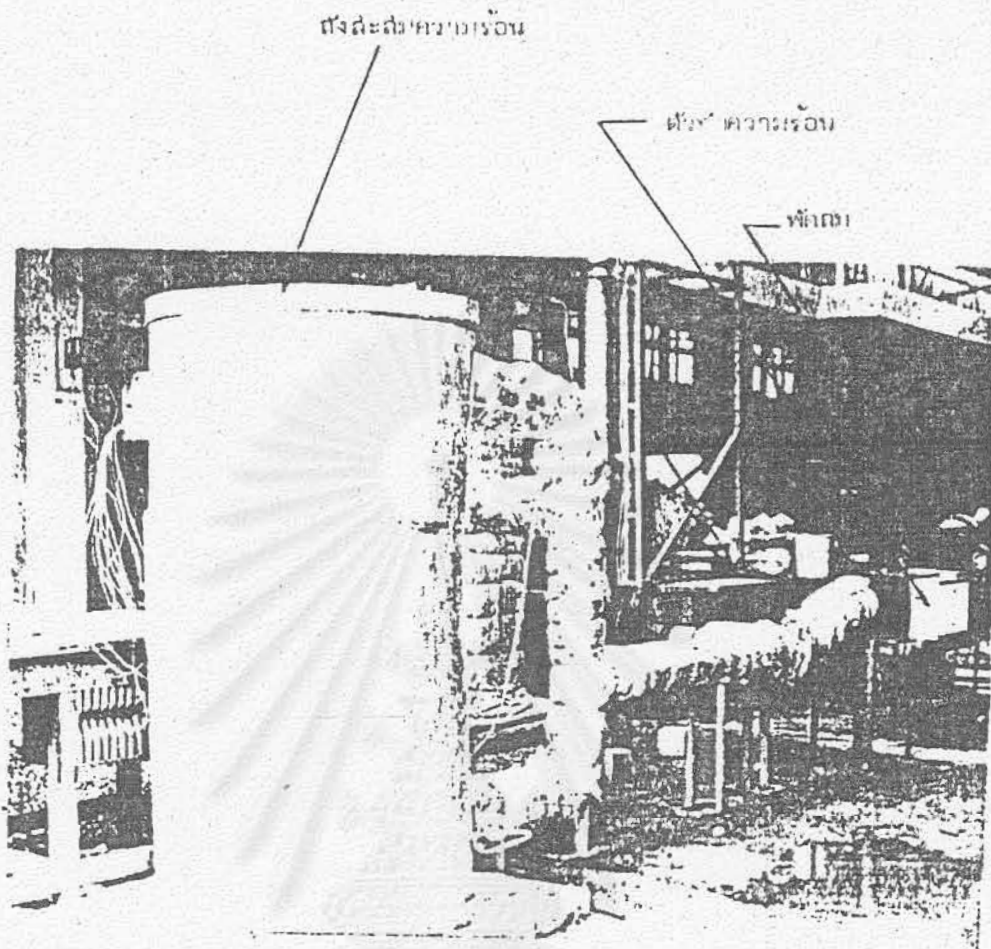


จำนวน 342 รู

รูปที่ 3.1 แสดงรูปถึงสละล้มความร้อน



รูปที่ 3.2 แสดงระบบตั้งค่าสภาวะความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายของระบบถังสะสมความร้อนที่ใช้ในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร h_V ของเบด

ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของรอกเบดได้ทดลองโดยเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 ความสูงของชั้นหินในเบด L 2 ค่าคือ 70 และ 105 เซนติเมตร

4.1.2 ขนาดของก้อนหิน D 3 ค่าคือ $1/2 - 3/4$ " , $3/4 - 1$ " และ $1 - 1 1/2$ "

4.1.3 อัตราการไหลของอากาศ 5 ค่าคือ $\dot{m} = 227, 249, 268, 284$ และ 300 kg/hr

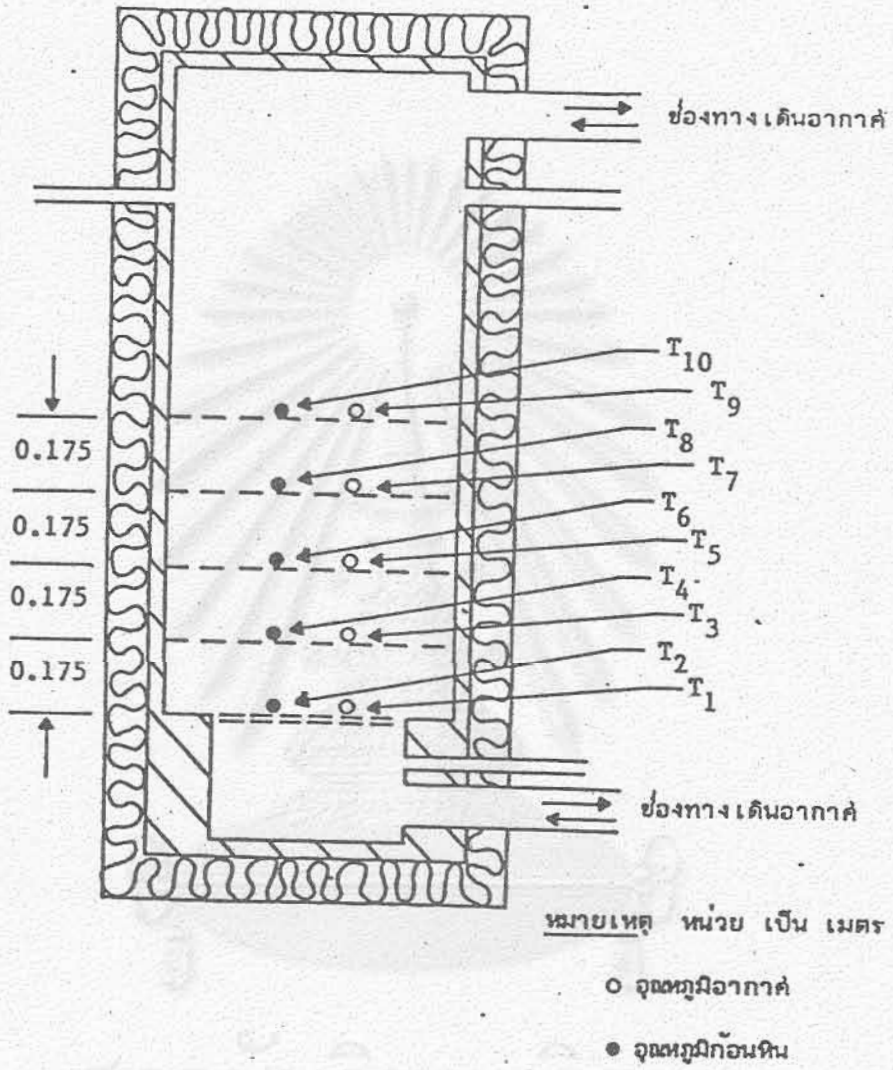
ในการทดลองตอน charge แต่ละครั้ง อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเบด จะถูกควบคุมให้คงที่ $\pm 2^\circ \text{C}$ เมื่ออากาศมีอุณหภูมิตามต้องการแล้ว อากาศร้อนจะถูกปล่อยผ่านเข้าสู่เบดอย่างทันทีทันใดโดยการปิดแคมเปอร์แยกและเปิดแคมเปอร์ให้อากาศผ่านเข้าตอนบนของเบดและไหลออกทางตอนล่างของเบด จดบันทึกอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของก้อนหิน ในแต่ละชั้นของเบดทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ในการทดลองตอน discharge ได้ทำการทดลองต่อจากตอน charge โดยการดูดอากาศจากภายนอกผ่านเข้าตอนล่างของเบดและปล่อยออกทางตอนบนของเบด จดบันทึกอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของก้อนหินในแต่ละชั้นทุก ๆ 15 นาที จนกระทั่งความร้อนถ่ายเทออกจากเบดหมด

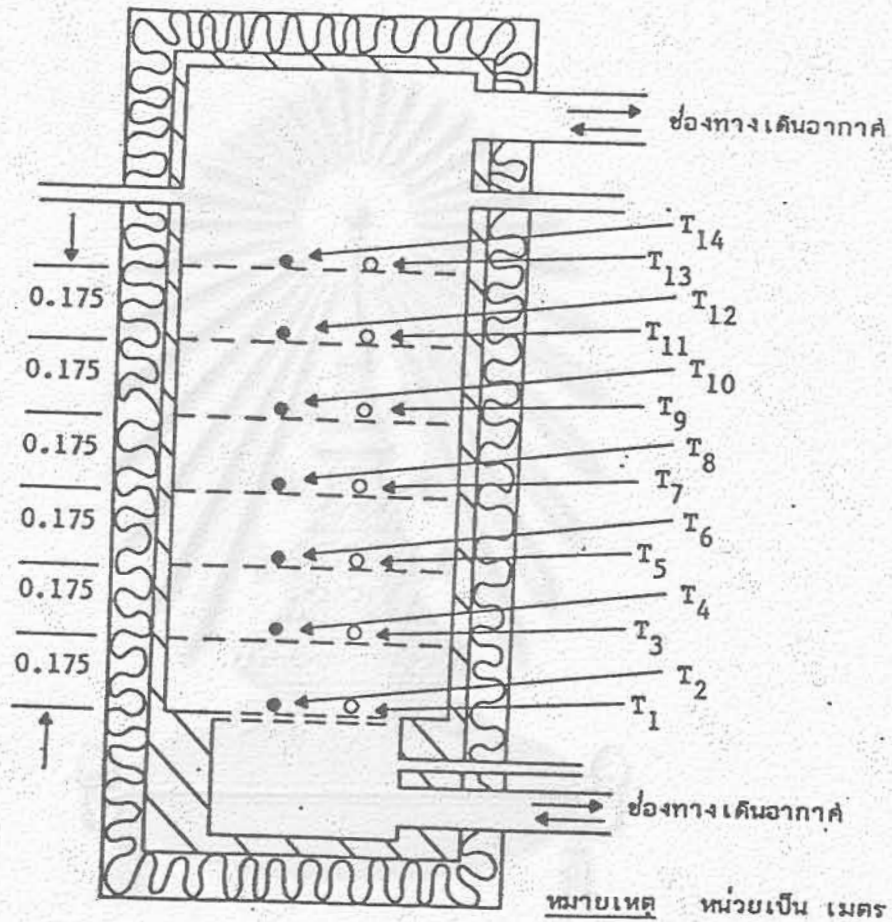
รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิภายในถังสะสมความร้อน เมื่อเบดมีความสูง 0.7 เมตร

รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิภายในถังสะสมความร้อน เมื่อเบดมีความสูง 1.05 เมตร

ตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลตอน charge และ discharge ของก้อนหินขนาด $1 - 1 1/2$ " ที่อัตราการไหล 300 kg/hr ผ่านเบดสูง 105 cm ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งที่วัดจุดตรวจ เมื่อเบตมีความสูง 0.70 เมตร



หมายเหตุ หน่วยเป็น เมตร

- จุดหมุมิอากาศ
- จุดหมุมิก่อนหิน

รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่วัดจุดหมุมิ เมื่อเบตมีความสูง 1.05 เมตร

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ในถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบด

คอน Charge

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ "

flow rate = 300 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0.00	29.8	29.7	30.4	30.5	31.1	30.9	31.3	31.3	31.4	31.5	30.5	30.9	28.6	28.7
0.15	29.7	29.7	30.4	30.5	31.1	30.8	31.1	31.0	31.0	31.0	33.0	31.3	52.3	46.6
0.30	30.2	30.1	30.8	30.8	31.2	31.0	31.1	31.1	32.0	31.8	40.3	36.5	54.7	52.4
0.45	30.9	30.8	31.3	31.3	31.7	31.6	32.2	31.9	36.6	35.7	47.5	44.0	57.2	56.2
1.00	31.0	31.0	31.5	31.5	32.3	31.9	35.0	33.5	42.1	40.7	51.8	49.6	57.6	56.9
1.15	31.5	31.5	31.9	31.9	34.1	33.2	39.6	36.6	47.2	45.8	54.8	53.4	57.9	57.6
1.30	32.8	32.7	33.0	33.0	35.3	35.9	44.0	41.2	51.5	50.3	56.5	55.7	58.0	57.7
1.45	34.7	34.5	35.2	35.1	41.4	39.5	48.4	45.7	54.2	53.4	57.3	57.0	58.4	58.2
2.00	37.5	37.3	38.2	38.0	45.3	43.6	51.6	49.5	55.8	55.3	57.7	57.5	59.1	58.7
2.15	40.9	40.6	41.9	41.7	49.0	47.4	54.0	52.6	56.8	56.6	58.5	58.0	59.2	58.8
2.30	44.2	44.1	45.4	45.2	52.0	50.6	55.5	54.6	57.6	57.4	58.7	58.5	59.2	58.8
2.45	47.4	47.1	48.6	48.5	55.9	52.9	56.5	55.8	57.9	57.9	58.7	58.1	59.0	58.7
3.00	50.2	50.0	51.3	51.2	55.7	54.8	57.3	57.0	58.5	58.5	58.9	58.5	59.1	58.9
3.15	52.5	52.2	53.7	53.7	55.9	56.1	57.7	57.7	58.6	58.6	59.0	58.9	59.3	59.0
3.30	54.1	53.8	55.2	55.2	57.7	56.9	58.2	58.0	58.9	58.8	59.2	59.0	59.2	59.2
3.45	55.3	55.1	56.3	56.3	55.2	57.8	58.6	58.5	58.9	58.9	59.3	59.1	59.4	59.2
4.00	56.7	56.5	57.5	57.5	55.6	58.6	58.8	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ในถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-ร็อค เบด

คอน Discharge

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " ,

flow rate = 300 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0.00	56.7	56.5	57.5	57.5	58.6	58.6	58.8	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6
0.15	38.5	42.2	51.5	54.8	57.2	57.7	58.6	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6
0.30	35.4	36.6	43.3	47.3	53.7	55.7	58.4	58.6	59.4	59.4	59.5	59.4	59.7	59.6
0.45	35.2	35.5	38.6	41.1	48.2	51.1	56.7	57.5	59.0	59.3	59.5	59.4	59.7	59.6
1.00	34.9	35.2	36.2	37.4	42.9	45.6	53.3	54.7	57.6	58.1	59.4	59.4	59.7	59.6
1.15	35.1	35.2	35.3	35.7	38.9	41.1	48.9	50.8	55.3	56.4	58.6	58.6	59.1	59.3
1.30	35.1	35.1	34.9	35.0	36.6	37.8	44.1	46.0	51.4	52.9	56.9	57.4	58.1	58.5
1.45	34.8	35.0	34.7	34.8	35.4	36.1	40.3	41.9	47.2	48.8	53.6	55.4	56.9	57.5
2.00	34.7	34.7	34.7	34.6	35.0	35.2	37.8	38.9	43.2	44.7	50.4	52.2	54.4	55.1
2.15	34.6	34.6	34.6	34.6	34.8	34.9	36.1	36.7	39.8	40.9	46.2	48.1	52.4	53.2
2.30	34.7	34.7	34.6	34.6	34.8	34.8	35.4	35.8	37.6	38.4	43.6	44.6	49.0	49.9
2.45	34.8	34.9	34.7	34.6	34.7	34.7	35.1	35.3	36.4	37.0	40.6	42.1	45.8	46.7
3.00	34.5	34.5	34.5	34.4	34.4	34.3	34.5	34.6	35.2	35.5	38.9	41.0	44.8	45.0
3.15	34.2	34.2	34.3	34.1	34.3	34.3	34.3	34.4	34.6	34.8	36.3	37.2	40.3	40.8
3.30	33.8	33.9	34.0	33.9	34.1	34.0	34.0	34.1	34.4	34.5	35.8	36.6	39.2	39.7
3.45	33.4	33.4	33.7	33.7	33.7	33.7	33.8	33.9	34.1	34.1	34.6	35.2	37.0	37.4
4.00	33.2	33.1	33.4	33.3	33.4	33.5	33.5	33.6	33.6	33.7	34.2	34.8	35.9	36.2

ส่วนข้อมูลชุดอื่น ๆ แสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

4.2 การเลือก stepsize Δx และ Δt

ในการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศ และอุณหภูมิของก้อนหินในเวลาที่ต่าง ๆ กันนั้น ค่าที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับ การเลือก stepsize ของ Δx และ Δt ตามทฤษฎี ค่าที่ได้จะถูกต้อง เมื่อ Δx และ Δt มีค่าเข้าสู่ศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติเราจะเลือกค่า Δx และ Δt ให้มีค่าพอเหมาะ ถ้ามีค่าน้อยเกินไปคอมพิวเตอร์จะต้องเสียเวลาในการคำนวณมาก แต่ถ้ามีค่ามากผลที่คำนวณได้ก็จะผิดพลาดมาก ในการเลือกขนาด Δx ยังต้องคำนึงถึงขนาดของก้อนหินที่ใช้ในการทดลองด้วย เพราะอุณหภูมิที่คำนวณได้จะต้องนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของก้อนหิน ตารางที่ 4.3 แสดงผลของการเปลี่ยนขนาดของ Δx และ Δt ต่อ h_V จากตารางจะเห็นว่าค่าของ Δt ไม่มีผลต่อ $\sum e^2$ หรือ h_V มากนักจึงเลือกใช้ $\Delta t = 1$ นาที แต่ Δx มีผลต่อ h_V มาก จึงเลือกใช้ Δx ที่มีค่าน้อยซึ่งไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดก้อนหินที่ใช้ในการทดลอง คือ Δx

2.2 เซ็นติเมตร

4.3 การปรับค่าอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชั้นหิน

ในการทดลองตอน charge ได้มีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศตรงต่อก่อนเข้าสู่รอกเบด ให้คงที่ที่ $60 \pm 2^\circ \text{C}$ แต่เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากอากาศสู่ท่อคอนกรีต และตัวถังของรอกเบด จึงทำให้อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าชั้นก้อนหินมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงได้วัดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าชั้นหินที่เวลาต่าง ๆ แล้วนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศกับเวลาได้สมการโพลีโนเมียล คือ

$$T_a = C_0 + C_1 t + C_2 t^2 + C_3 t^3 + C_4 t^4 \quad (4.1)$$

$$\text{เมื่อ } T_a = \text{อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าชั้นหิน, } ^\circ \text{C}$$

$$t = \text{เวลา, min}$$

ในตอน discharge อุณหภูมิของอากาศภายนอกก็เปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วย จึงได้หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับเวลาในรูปของสมการโพลีโนเมียล เช่นเดียวกับตอน charge

รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าชั้นหินกับ

เวลาตอน charge และ discharge ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของอากาศกับเวลาที่ได้นี้จะเป็นค่า Input ให้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้หาค่าอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของก้อนหินของชั้นถัดไปที่เวลาต่อ ๆ ไป ภาคผนวก ข. จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อน เข้าสู่ก้อนหินกับเวลา

4.4 การปรับค่าอัตราการไหลของอากาศ

จากสมการที่ (2.7) และ (2.8) ในบทที่ 2 จะเห็นว่าอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของก้อนหินที่คำนวณได้นั้นขึ้นอยู่กับค่า h_v และอัตราการไหลของอากาศ ถ้าเราสามารถกำหนดค่าอัตราการไหลของอากาศได้ถูกต้อง เราก็สามารถหาค่า h_v ได้โดยดูจากค่าที่ทำให้ อุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของก้อนหินที่คำนวณได้มีค่าเท่ากัน หรือใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง แต่เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศเป็นค่าที่วัดได้จากการทดลองซึ่งต้องมีความผิดพลาดเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดด้วย จึงเป็นตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่จะทำให้ค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ด้วยการปรับอัตราการไหลของอากาศ ตารางที่ 4.4 แสดงค่า h_v ที่ได้จากการปรับค่าอัตราการไหลของอากาศสำหรับก้อนหินขนาด $3/4 - 1''$ ที่อัตราการไหล 300 kg/hr ความสูงของเบต 70 เซนติเมตร เมื่อไม่มีการปรับค่าอัตราการไหลจะได้ $\sum e^2 = 839$ เมื่อปรับค่าแล้วจะทำ $\sum e^2$ ลดลงเหลือเพียง 603

4.5 การทดลองหาค่าความดันลด ΔP ในรอกเบต

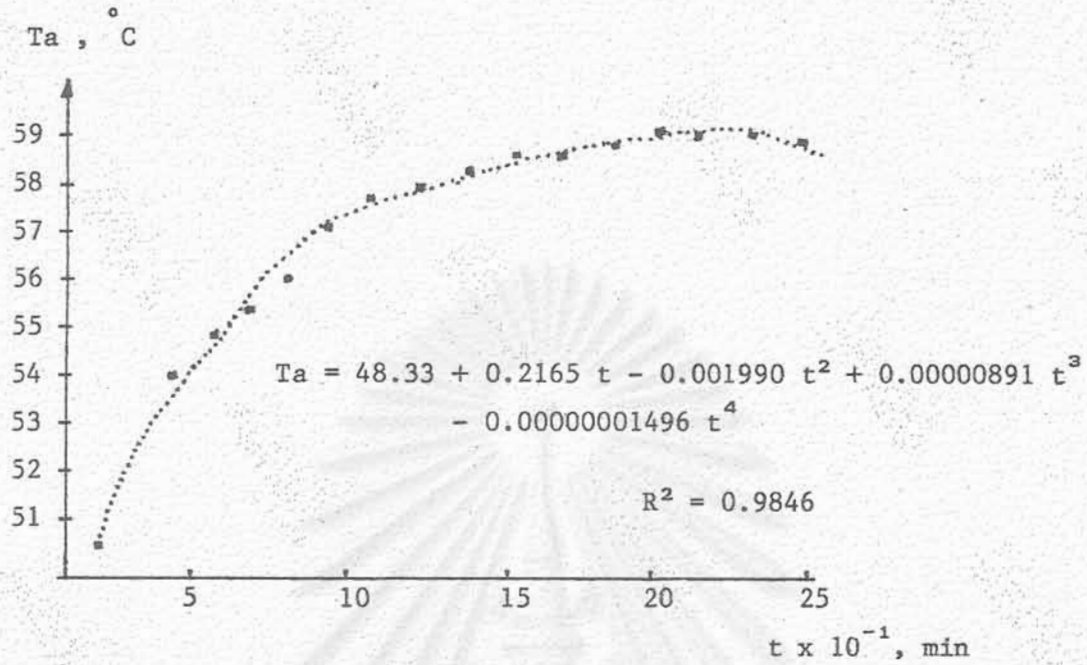
ในการทดลองหาความดันลดของแอร์-รอกเบตนี้ จะเปลี่ยนขนาดของก้อนหินที่บรรจุในเบต 3 ขนาดด้วยกัน คือ $De = 0.0167, 0.0235$ และ 0.0285 เมตร ในแต่ละขนาดของก้อนหินจะเปลี่ยนความสูงของเบตที่จะนำมาใช้งานด้วยกัน 3 ค่า คือ เบตสูง 35, 70 และ 105 เซนติเมตร และแต่ละความสูงของเบตจะเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านเบตด้วยกัน 5-8 ค่า และทำการบันทึกข้อมูลการทดลอง คือ ความสูงของเบต ΔP และอัตราการไหลของอากาศไว้ดังตารางที่ 4.5 ถึง 4.18 และได้มีการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น Re, f, Pre ฯลฯ ไว้สำหรับหาสมการคาดคะเนของความดันลดไว้ในตารางเหล่านี้ด้วย

ตารางที่ 4.3 อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลง ΔX และ Δt ที่มีต่อ h_v เมื่ออัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 300 กก./ชม. ผ่านก้อนหินขนาด $\frac{3''}{4} - 1''$ ในเบดที่สูง 70 เซนติเมตร

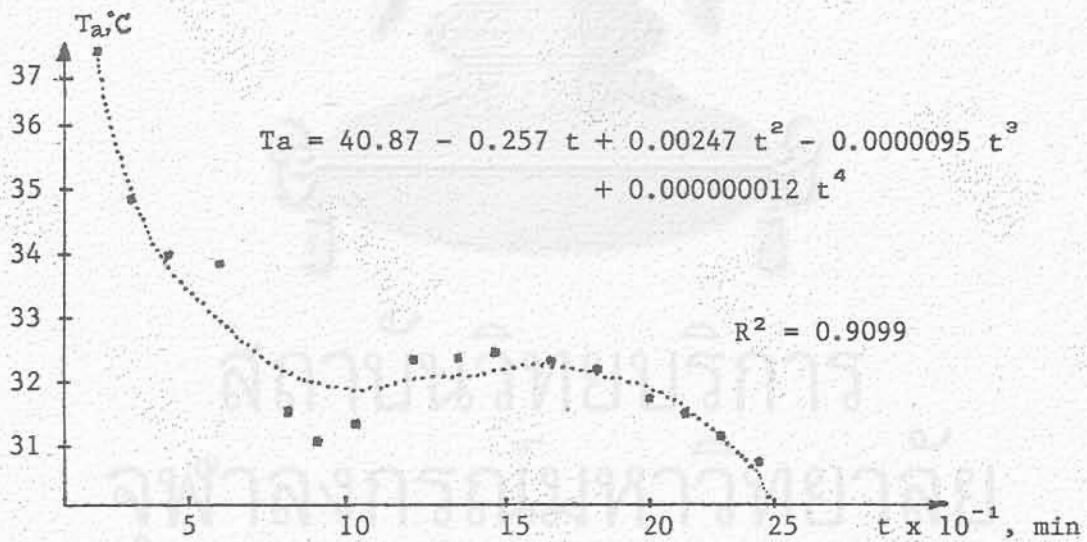
ความหนา ΔX ของชั้นหิน, ซม.	ระยะเวลา Δt , นาที	h_v kJ/(hr.m . C)	$\sum e^2$ C
4.4	0.5	4.8	839
4.4	1	4.7	839
4.4	3	4.4	839
2.2	1	4.4	799
4.4	1	4.7	839
8.8	1	3.8	943

ตารางที่ 4.4 ค่า h_v ที่ได้จากการปรับค่าอัตราการไหลของอากาศสำหรับก้อนหินขนาด $\frac{3''}{4} - 1''$
อัตราการไหลของอากาศ = 300 กก./ชม. ความสูงของเบด = 70 เซนติเมตร

% การเพิ่มอัตราการไหล ของอากาศ	h_v kJ/(hr.m . C)	$\sum e^2$ C
0	4.7	839
5	4.8	698
10	4.9	603



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชั้นหินกับเวลาตอน charge สำหรับก้อนหินขนาด 3/4-1", เบดสูง 105 cm และอัตราการไหลของอากาศ = 227 kg/hr



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชั้นหินกับเวลาตอน discharge สำหรับก้อนหินขนาด 1/2-3/4", เบดสูง 105 cm และอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 300 kg/hr

ตารางที่ 4.5

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

CHARGE DATA

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.55	15.20	.1078	176.13	94.75	69.89	.6274	6621.63	4884.61
3.00	29.42	.1515	247.63	133.16	68.49	1.2144	9119.85	4690.88
4.30	42.16	.1850	302.24	162.60	65.82	1.7402	10702.33	4332.27
5.55	54.42	.2131	348.14	187.30	64.04	2.2466	11994.66	4101.12
6.75	66.19	.2378	388.50	209.01	62.55	2.7325	13073.53	3912.5
7.05	69.13	.2447	399.78	215.07	61.69	2.8535	13267.77	3805.65

ตารางที่ 4.6

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.15	11.27	.1078	176.13	133.33	72.92	1.2963	9722.49	5317.32
2.20	21.57	.1515	247.63	187.38	70.67	2.4813	13242.07	4994.24
3.20	31.38	.1850	302.24	228.81	68.94	3.6093	15774.22	4752.72
4.15	40.69	.2131	348.14	263.57	67.38	4.6808	17759.22	4540.06
5.05	49.52	.2378	388.50	294.12	65.85	5.6965	19367.94	4336.22
5.45	53.44	.2508	409.85	310.19	63.88	6.1464	19814.95	4080.65

ตารางที่ 4.7

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
.75	7.35	.1078	176.13	161.69	57.63	1.5080	9326.48	3326.98
1.45	14.21	.1515	247.63	227.24	56.46	2.9155	12830.04	3187.73
2.15	21.08	.1850	302.24	277.49	56.17	4.3251	15586.50	3155.06
2.70	26.47	.2131	348.14	319.64	53.15	5.4303	16988.79	2824.92
3.40	33.34	.2378	388.50	356.69	53.76	6.8398	19175.75	2890.13
4.00	39.22	.2579	421.42	386.84	53.77	8.0464	20800.33	2891.21

ตารางที่ 4.8

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 22-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 28/2/29-5/3/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
4.00	39.22	.1389	226.96	122.08	54.31	.8094	6630.07	2949.57
4.60	45.11	.1525	249.14	134.03	51.82	.9309	6945.45	2685.31
5.10	50.01	.1640	268.05	144.14	49.68	1.0322	7161.09	2468.10
5.70	55.89	.1740	284.36	152.93	49.32	1.1535	7542.66	2432.46
6.40	62.76	.1834	299.75	161.19	49.35	1.2952	8035.23	2485.02

ตารางที่ 4.9

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 25-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 27/1/29-1/2/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
3.10	30.40	.1389	226.96	171.79	59.24	1.7483	10176.95	3509.37
3.50	34.32	.1525	249.14	188.61	55.48	1.9736	10463.92	3078.03
4.00	39.22	.1640	268.05	202.84	54.82	2.2555	11119.60	3005.23
4.30	42.16	.1740	284.36	215.21	52.35	2.4246	11266.20	2740.52
4.70	46.09	.1834	299.75	226.83	51.52	2.6508	11686.28	2654.31

ตารางที่ 4.10

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 27-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 6/8/29-18/8/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.50	14.71	.1078	176.13	161.69	57.72	1.5090	9332.67	3331.59
2.60	25.49	.1515	247.63	227.24	50.64	2.6149	11507.21	2564.40
3.60	35.30	.1850	302.24	277.49	47.03	3.6213	13050.20	2211.82
4.45	43.63	.2131	348.14	319.64	43.81	4.4761	14003.56	1919.31



ตารางที่ 4.11

กอนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 29-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 31/7/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.40	13.72	.1078	176.13	161.69	53.83	1.4073	8703.69	2897.66
1.80	17.65	.1226	200.37	183.89	53.54	1.8105	9845.55	2866.53
2.15	21.08	.1379	225.29	206.84	50.54	2.1622	10453.49	2554.29
2.50	24.51	.1515	247.63	227.24	48.69	2.5143	11064.51	2370.71
3.00	29.42	.1691	276.33	253.64	46.91	3.0179	11898.53	2200.54
3.50	34.32	.1850	302.24	277.49	45.72	3.5205	12686.94	2090.31
4.10	40.20	.1995	326.03	299.24	46.05	4.1235	13779.90	2120.60
4.60	45.11	.2131	348.14	319.64	45.29	4.6273	14476.59	2051.18
5.95	58.34	.2492	407.13	373.79	42.83	5.9842	16009.52	1834.40

ตารางที่ 4.12

กอนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., Ta = 27-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 10/3/29-19/3/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
6.20	60.80	.1389	226.96	122.08	56.13	.8365	6852.06	3150.57
6.70	65.70	.1525	249.14	134.03	50.32	.9040	6744.75	2532.10
7.40	72.56	.1640	268.05	144.14	48.05	.9983	6925.90	2308.80
8.10	79.43	.1740	284.36	152.93	46.73	1.0929	7146.40	2183.69
8.80	86.29	.1834	299.75	161.19	45.69	1.1871	7364.60	2087.57

ตารางที่ 4.13

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., Ta = 27-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 14/4/29-23/4/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
2.70	26.47	.1104	180.41	136.54	54.43	1.0147	7431.52	2962.62
3.30	32.36	.1260	205.97	155.84	51.09	1.2408	7962.01	2610.18
3.80	37.26	.1389	226.96	171.79	48.40	1.4284	8314.80	2342.56
4.60	45.11	.1525	249.14	188.61	48.62	1.7296	9170.24	2363.90
5.20	50.99	.1640	268.05	202.84	47.52	1.9552	9639.12	2258.15
5.90	57.85	.1740	284.36	215.21	47.89	2.2180	10306.21	2293.45
6.50	63.74	.1834	299.75	226.83	47.50	2.4440	10774.58	2256.25
7.10	69.62	.1916	313.17	236.97	47.53	2.6690	11263.02	2259.10

ตารางที่ 4.14

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 105cm., Ta = 28-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 27/8/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.90	18.63	.1078	176.13	161.69	48.73	1.2740	7879.27	2374.61
2.45	24.02	.1226	200.37	183.89	48.58	1.6428	8933.60	2360.01
3.00	29.42	.1379	225.29	206.84	47.03	2.0121	9727.80	2211.82
3.50	34.32	.1515	247.63	227.24	45.45	2.3469	10327.84	2065.70
4.25	41.67	.1691	276.33	253.64	44.30	2.8500	11236.39	1962.49
5.00	49.03	.1850	302.24	277.49	43.55	3.3534	12084.75	1896.60
5.70	55.89	.1995	326.03	299.24	42.68	3.8218	12771.68	1821.58
6.40	62.76	.2131	348.14	319.64	42.01	4.2922	13428.23	1764.84

ตารางที่ 4.15

ก๊อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 22/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.60	15.69	.1078	176.13	94.75	72.15	.6477	6835.88	5205.62
2.95	28.92	.1515	247.63	133.16	67.33	1.1939	8965.90	4533.32
4.35	42.65	.1850	302.24	162.60	66.59	1.7606	10827.79	4434.22
5.60	54.91	.2131	348.14	187.30	64.61	2.2666	12101.44	4174.45
6.80	66.68	.2378	388.50	209.01	63.01	2.7526	13169.70	3970.26
7.15	70.11	.2447	399.78	215.07	62.57	2.8942	13457.01	3915.00

ตารางที่ 4.16

ก๊อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.10	10.78	.1078	176.13	133.33	69.75	1.2399	9299.48	4865.06
2.25	22.06	.1515	247.63	187.38	72.27	2.5375	13542.00	5222.95
3.10	30.40	.1850	302.24	228.81	66.79	3.4967	15282.11	4460.90
4.20	41.18	.2131	348.14	263.57	68.19	4.7371	17972.83	4649.87
5.00	49.03	.2378	388.50	294.12	65.20	5.6402	19176.52	4251.04
5.40	52.95	.2508	409.85	310.19	63.30	6.0906	19635.06	4006.89

ตารางที่ 4.17

ก่อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 29.5-60 °C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 16/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
0.85	8.33	.1078	176.13	161.69	65.37	1.7090	10569.60	4273.23
1.55	15.20	.1515	247.63	227.24	60.39	3.1184	13722.93	3646.95
2.25	22.06	.1850	302.24	277.49	38.78	4.5261	16310.85	3455.08
2.85	27.94	.2131	348.14	319.64	56.11	5.7327	17934.86	3148.33
3.50	34.32	.2378	388.50	356.69	55.35	7.0421	19742.91	3063.62
4.00	39.22	.2492	407.13	373.79	57.59	8.0464	21526.52	3316.60
4.15	40.69	.2568	419.66	385.19	56.27	8.3489	21674.75	3166.31

ตารางที่ 4.18

ก่อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 30-60 °C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 16/8/29

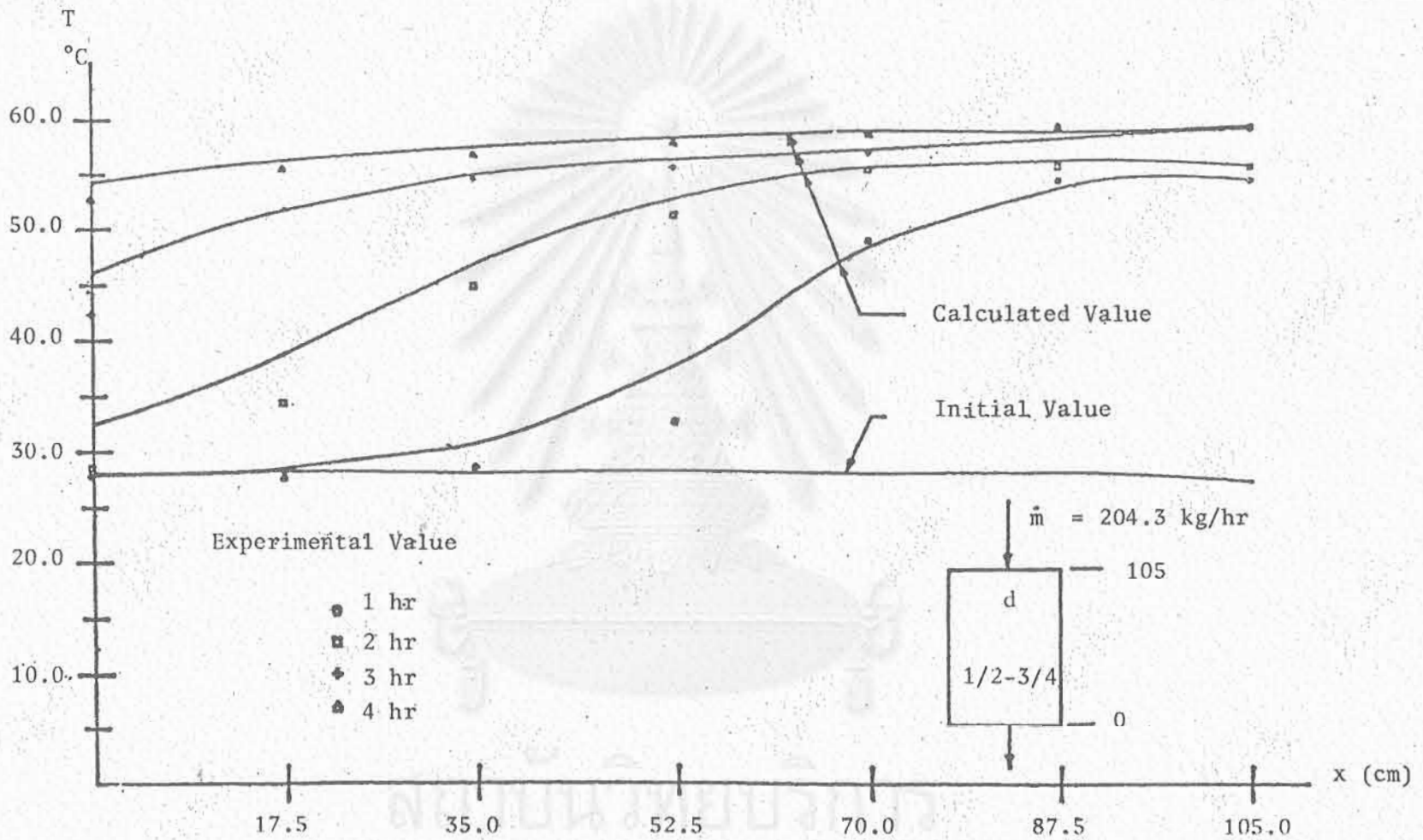
	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre/Re	f ²
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6		
1.45	14.21	.1078	176.13	161.69	55.75	1.4575	9014.16	3108.06
1.85	18.14	.1226	200.37	183.89	55.03	1.8609	10119.63	3028.30
2.20	21.57	.1379	225.29	206.84	51.72	2.2127	10697.64	2674.95
2.40	23.53	.1515	247.63	227.24	46.74	2.4136	10621.36	2184.62
2.90	28.43	.1691	276.33	253.64	45.33	2.9162	11497.39	2054.80
3.40	33.34	.1850	302.24	277.49	44.42	3.4204	12326.20	1973.13
3.95	38.73	.1995	326.03	299.24	44.37	3.9731	13277.30	1968.69
4.45	43.63	.2131	348.14	319.64	43.81	4.4761	14003.56	1919.31
6.00	58.84	.2492	407.13	373.79	43.20	6.0359	16147.83	1866.24

ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร

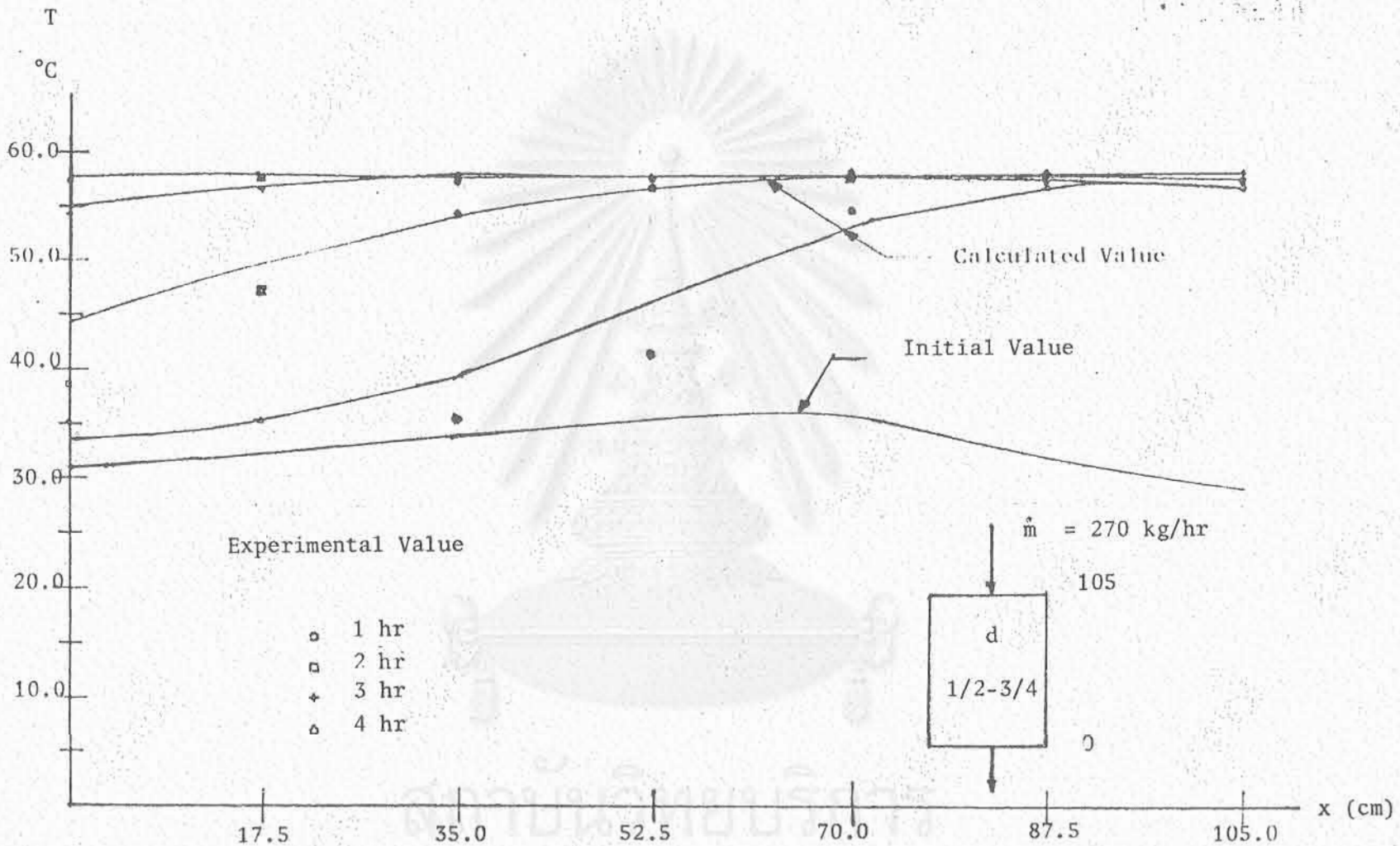
5.1.1. อุณหภูมิในถังเก็บสะสมความร้อน เวลา charge ให้อากาศร้อนผ่านชั้นของก้อนหินในถังเก็บสะสมความร้อนจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่าง อากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับก้อนหิน ก้อนหินก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยในชั้นบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าชั้นล่าง ในขณะที่เดียวกันอากาศก็จะมีอุณหภูมิลดลง เมื่อผ่านชั้นหินดังแสดงในรูปที่ 5.1 ถึงรูปที่ 5.6 ในรูปคำที่วัดได้จากการทดลอง แสดงด้วยจุด ส่วนค่าที่ใช้คำนวณจากคอมพิวเตอร์จะแสดงด้วยเส้น เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นการถ่ายเทความร้อนก็จะดีขึ้นด้วยจึงทำให้อุณหภูมิของก้อนหินเพิ่มเร็วขึ้นด้วย ส่วนในตอน discharge เมื่อให้อากาศเย็นผ่านชั้นของก้อนหินจากชั้นล่างขึ้นสู่ชั้นบน ก้อนหินจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ก้อนหินจะมีอุณหภูมิลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5.7 ถึงรูปที่ 5.12 และเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของก้อนหินก็จะลดลงเร็วด้วย จากรูปจะเห็นว่าอุณหภูมิของก้อนหินในแต่ละชั้นเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งตอน charge และตอน discharge

5.1.2. พลังงานความร้อนสะสมในเบค เมื่อให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของก้อนหินในเบคไหลผ่านเข้าไปในเบค พลังงานความร้อนจากอากาศร้อนจะถ่ายเทให้กับก้อนหินตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ในช่วงเวลาแรก ๆ ก้อนหินจะสามารถรับพลังงานความร้อนได้มาก แต่เมื่ออุณหภูมิของก้อนหินเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ ก้อนหินก็ไม่สามารถรับพลังงานได้อีก แสดงว่าพลังงานความร้อนถูกสะสมไว้เต็มเบคแล้วที่อุณหภูมิอากาศร้อนนั้น ๆ ในการทดลองวิจัยนี้ เมื่อให้อากาศร้อนที่มีอุณหภูมิ 60°C ไหลผ่านเบคที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 32°C จะใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง พลังงานความร้อนจึงจะสะสมได้เต็มเบค ส่วนตอน discharge หรือคือนำพลังงานความร้อนที่สะสมไว้ในเบคออกมาใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 5.14 อากาศเย็นจะไหลผ่านเข้าไปในเบค และรับพลังงานความร้อนจากก้อนหินร้อน ถ้าเบคมีอุณหภูมิสูงมาก เราก็จะสามารถนำพลังงานความร้อน ออกไปใช้ได้มาก ในการทดลองนี้ เมื่อให้อากาศเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 30°C ไหลผ่านเบคสูง 1.05 เมตร จะใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง จึงจะดึงพลังงานออกจากเบคหมด



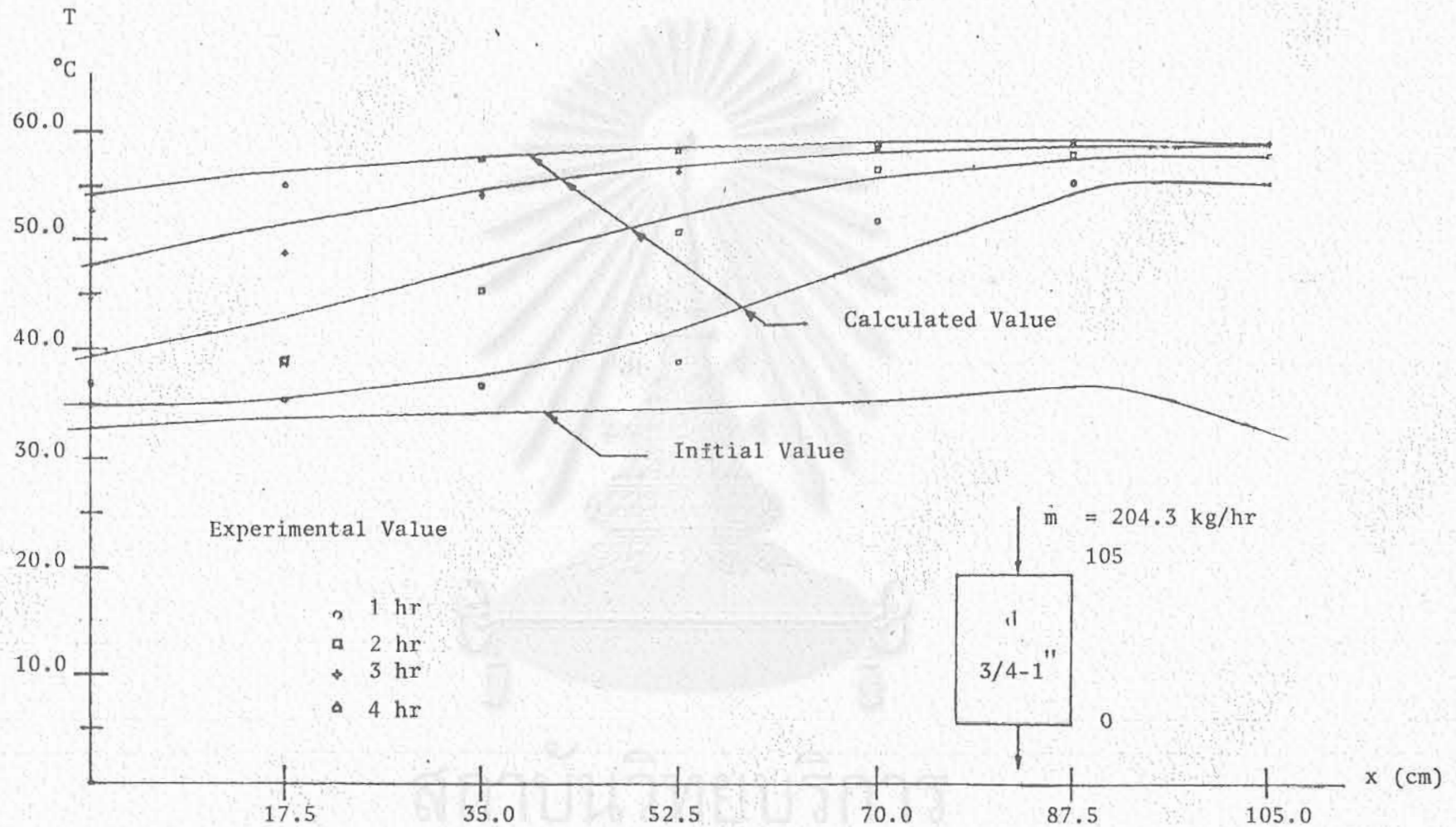
รูปที่ 5.1 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$

$L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0167 \text{ m}$.



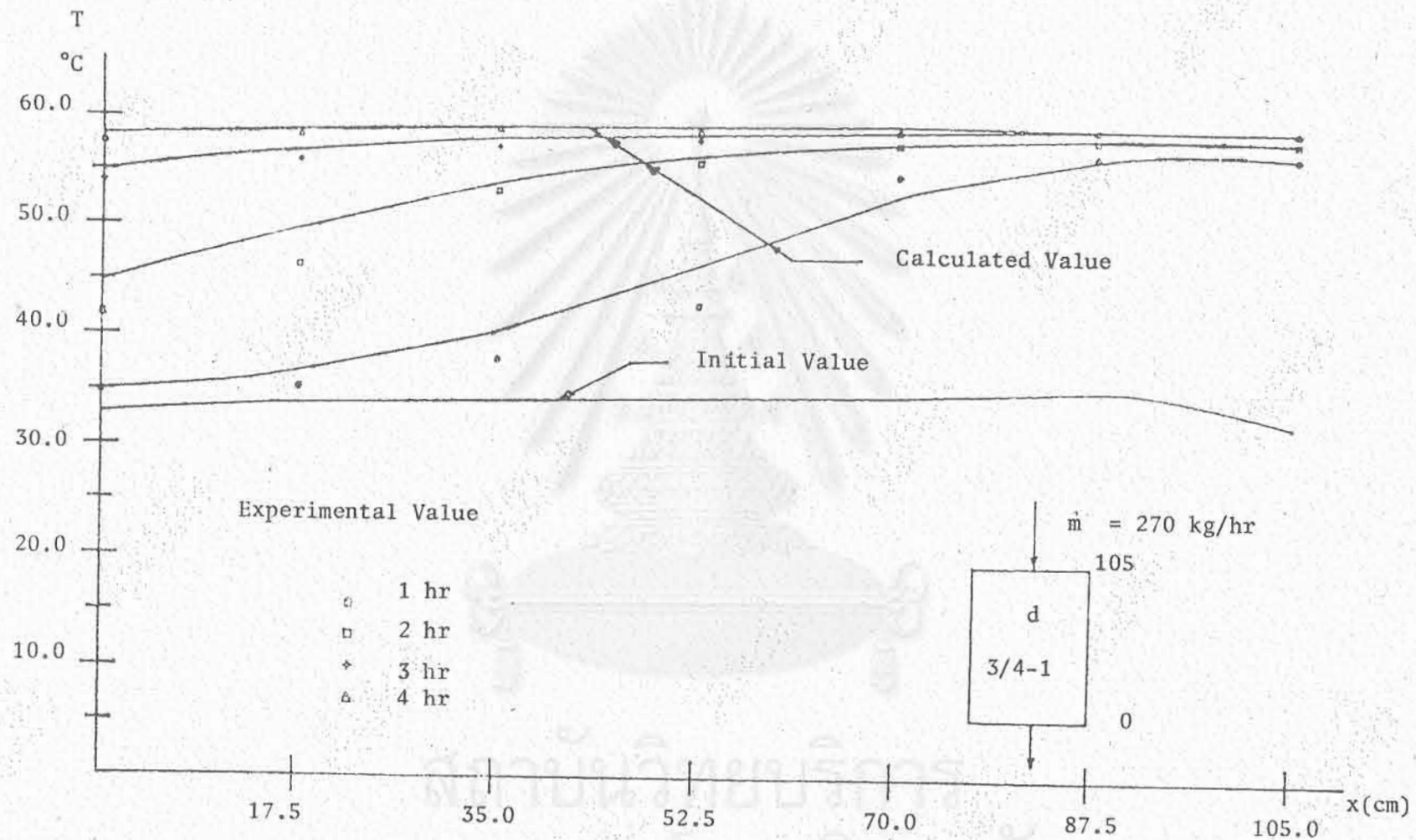
รูปที่ 5.2 อุณหภูมิก่อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$

$L = 105 \text{ cm}$ และ $De = 0.0167 \text{ m}$.



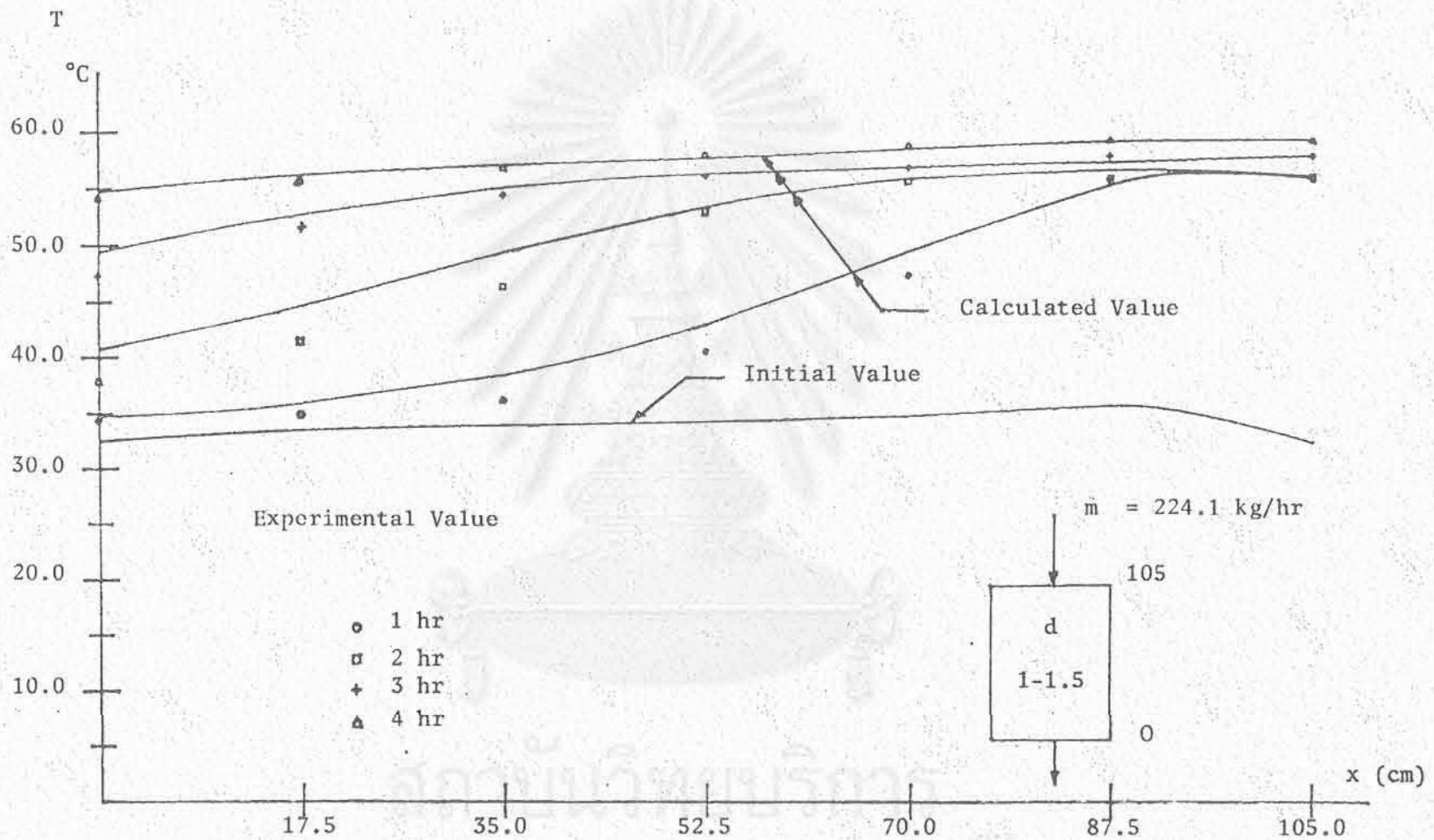
รูปที่ 5.3 จุดอุณหภูมิก่อนดินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กันตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 204.3$ kg/hr

$L = 105$ cm, $D_e = 0.0235$ m.



รูปที่ 5.4 อุณหภูมิก่อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 270$ kg/hr

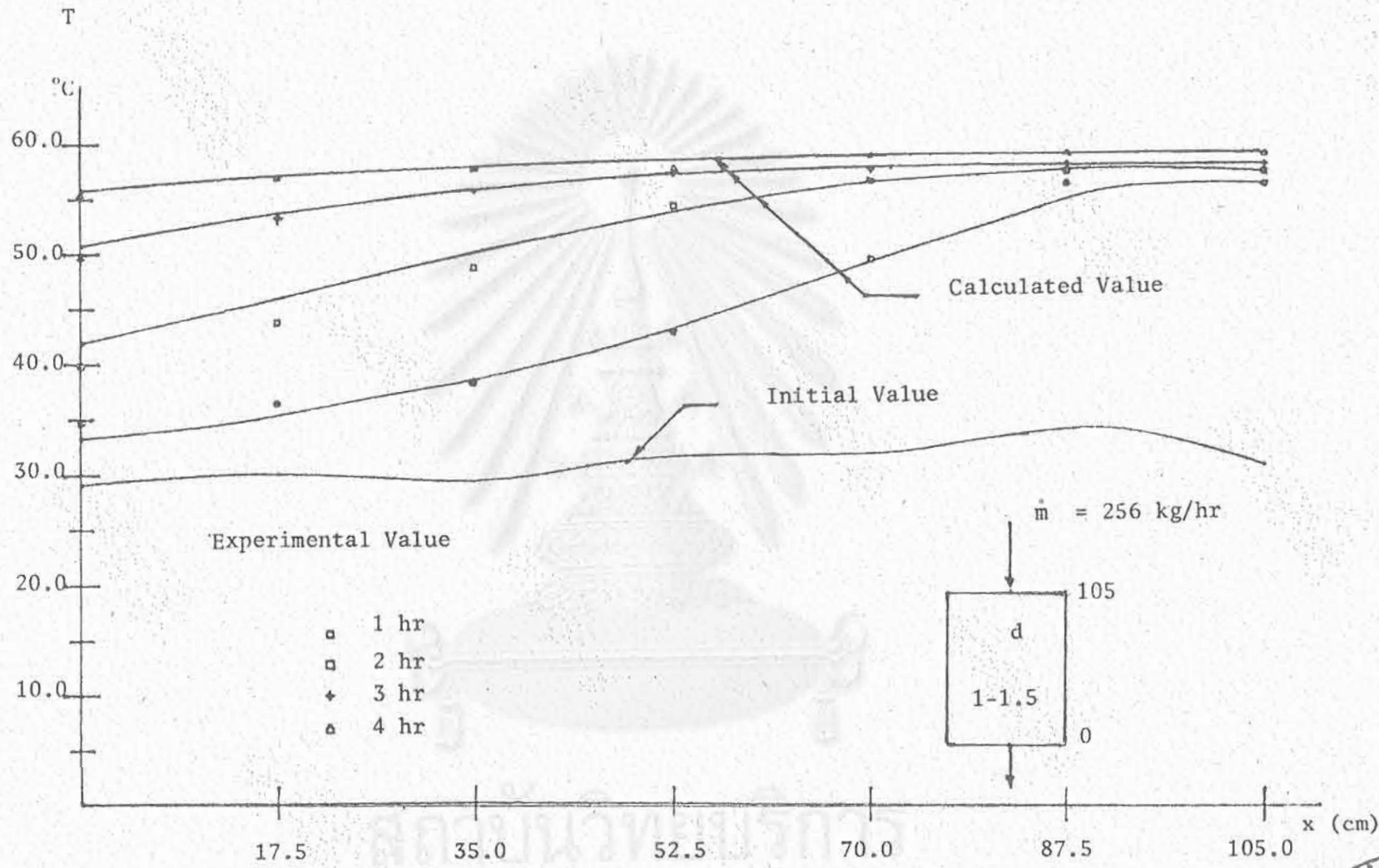
$L = 105$ cm, $D_e = 0.0235$ m.



รูปที่ 5.5 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 224.1 \text{ kg/hr}$

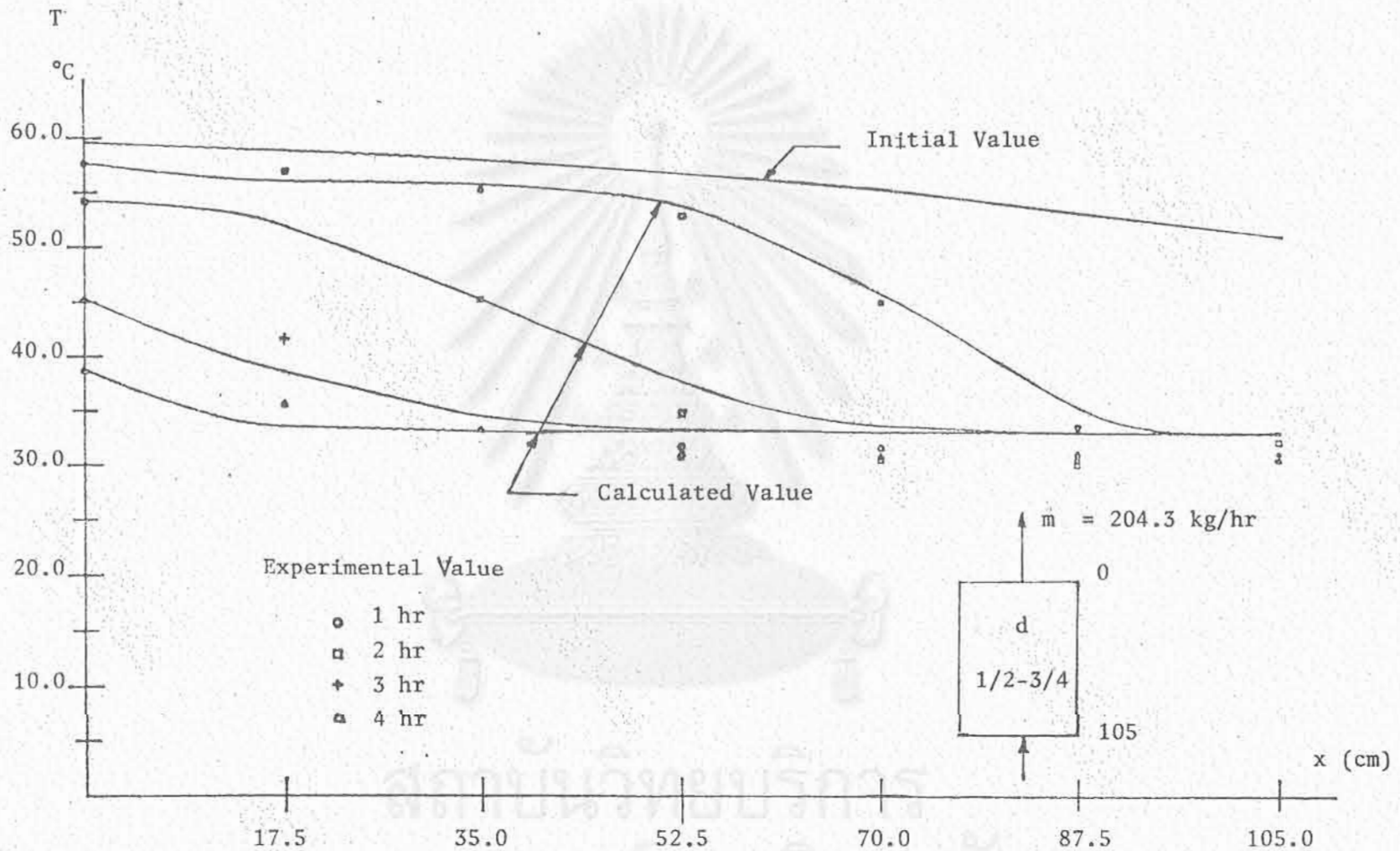
$L = 105 \text{ cm}$, $D_e = 0.0285 \text{ m}$.

043177



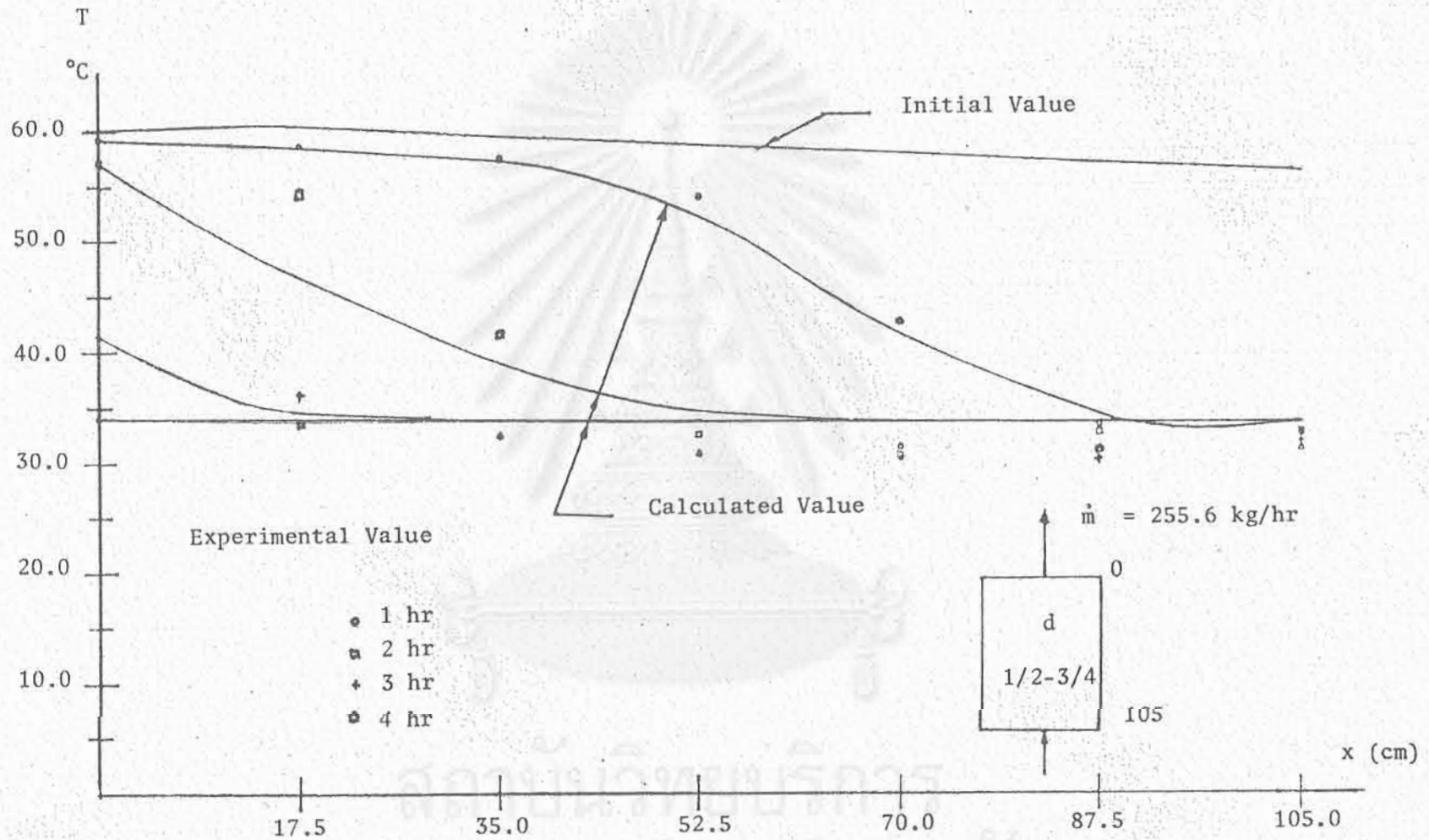
รูปที่ 5.6 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละขั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน charge สำหรับ $\dot{m} = 256 \text{ kg/hr}$
 $L = 105 \text{ cm}$, $De = 0.0285 \text{ m}$.



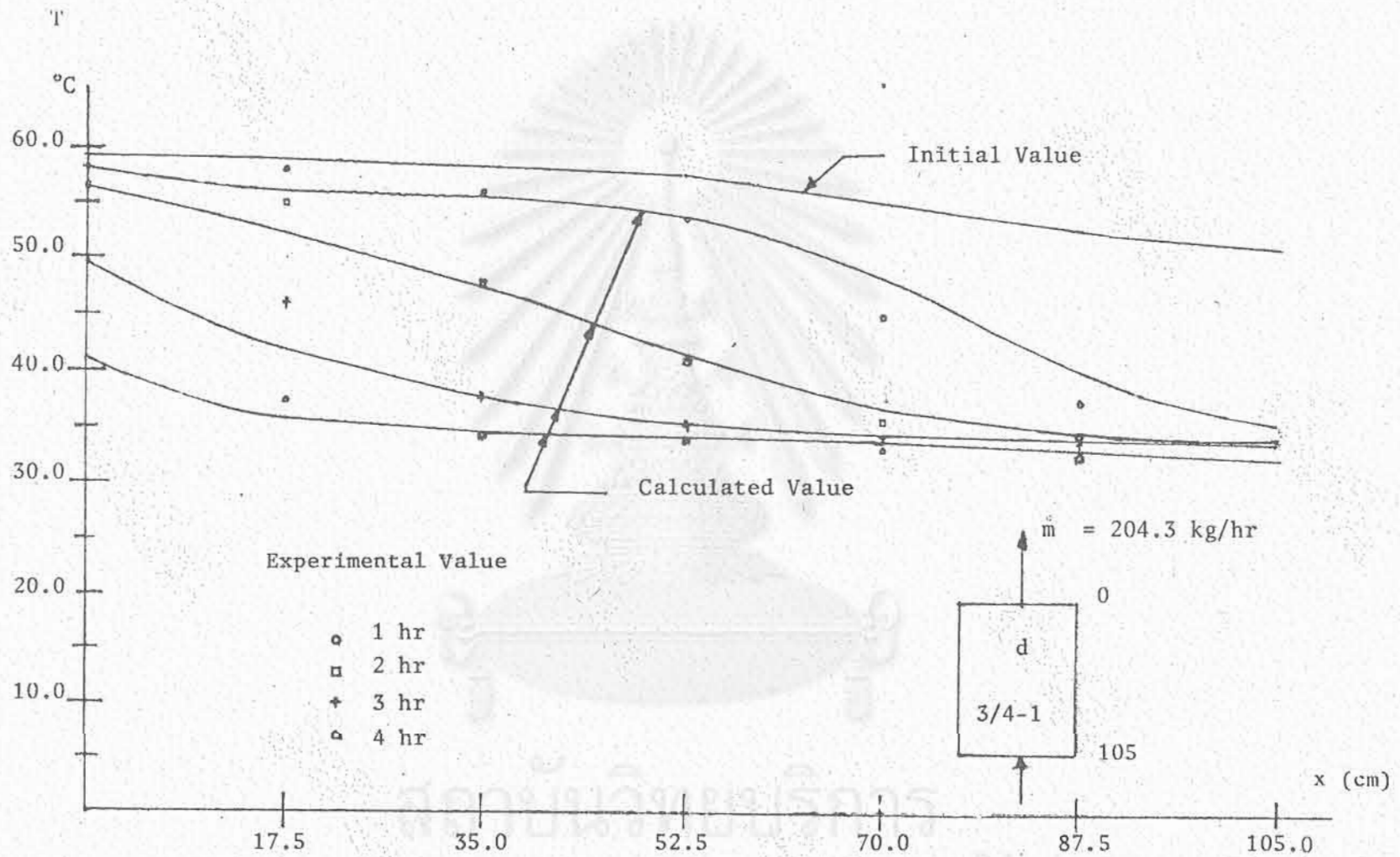


รูปที่ 5.7 อุณหภูมิก่อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 204.3$ kg/hr

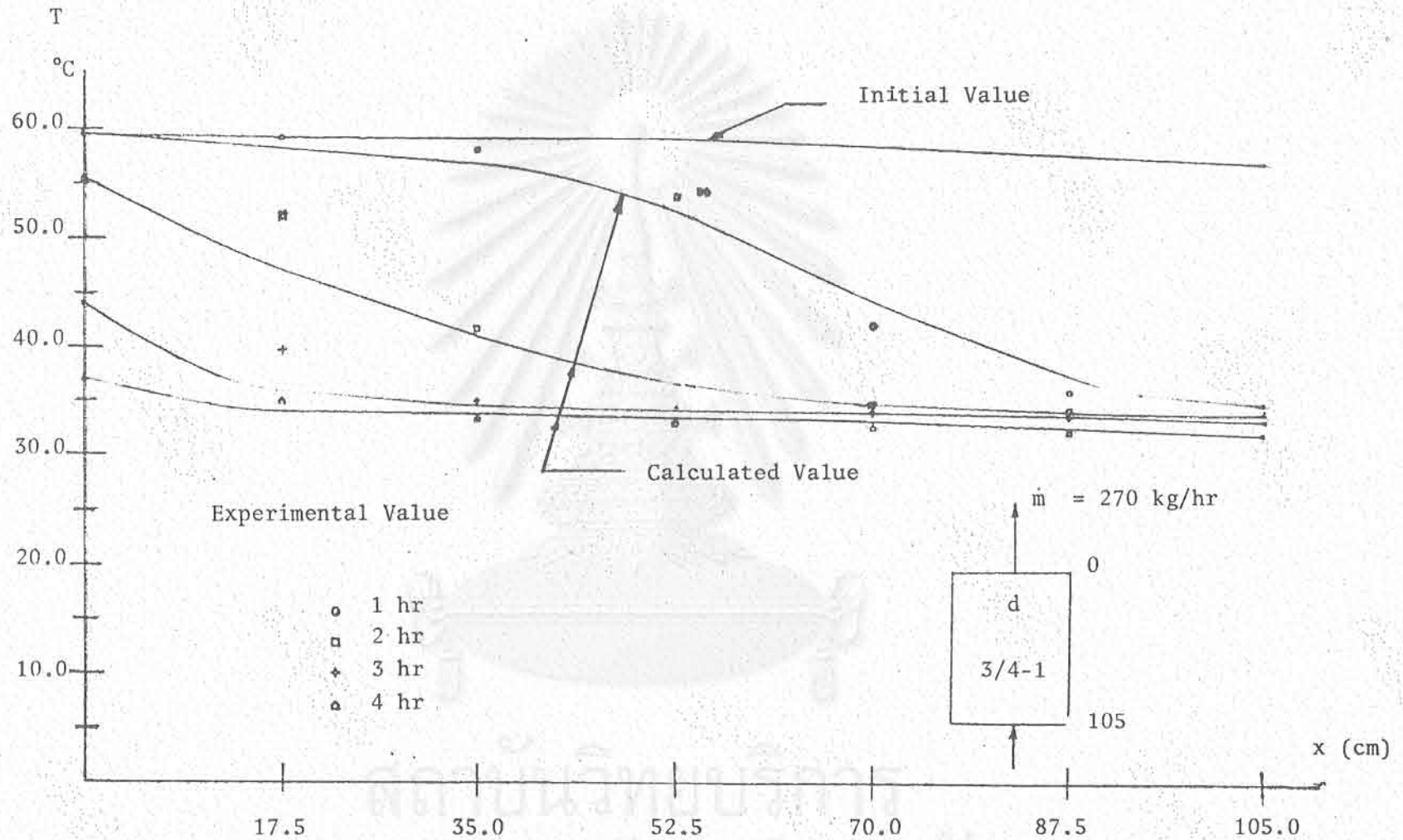
$L = 105$ cm, $De = 0.0167$ m.



รูปที่ 5.8 อุณหภูมิก่อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 255.6 \text{ kg/hr}$
 $L = 105 \text{ cm}$, $D_e = 0.0167 \text{ m}$.

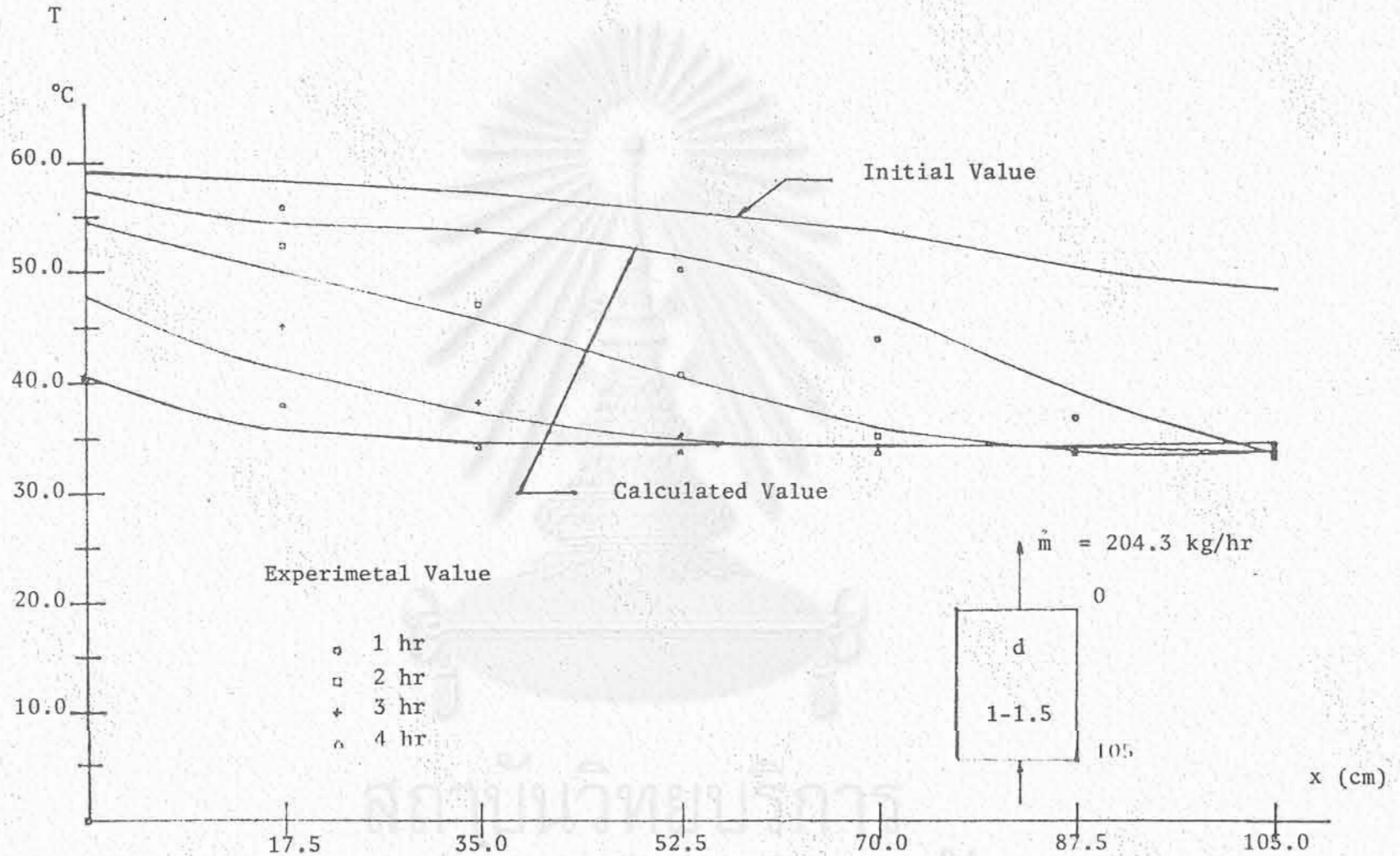


รูปที่ 5.9 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 204.3$ kg/hr
 $L = 105$ cm, $D_e = 0.0235$ m.



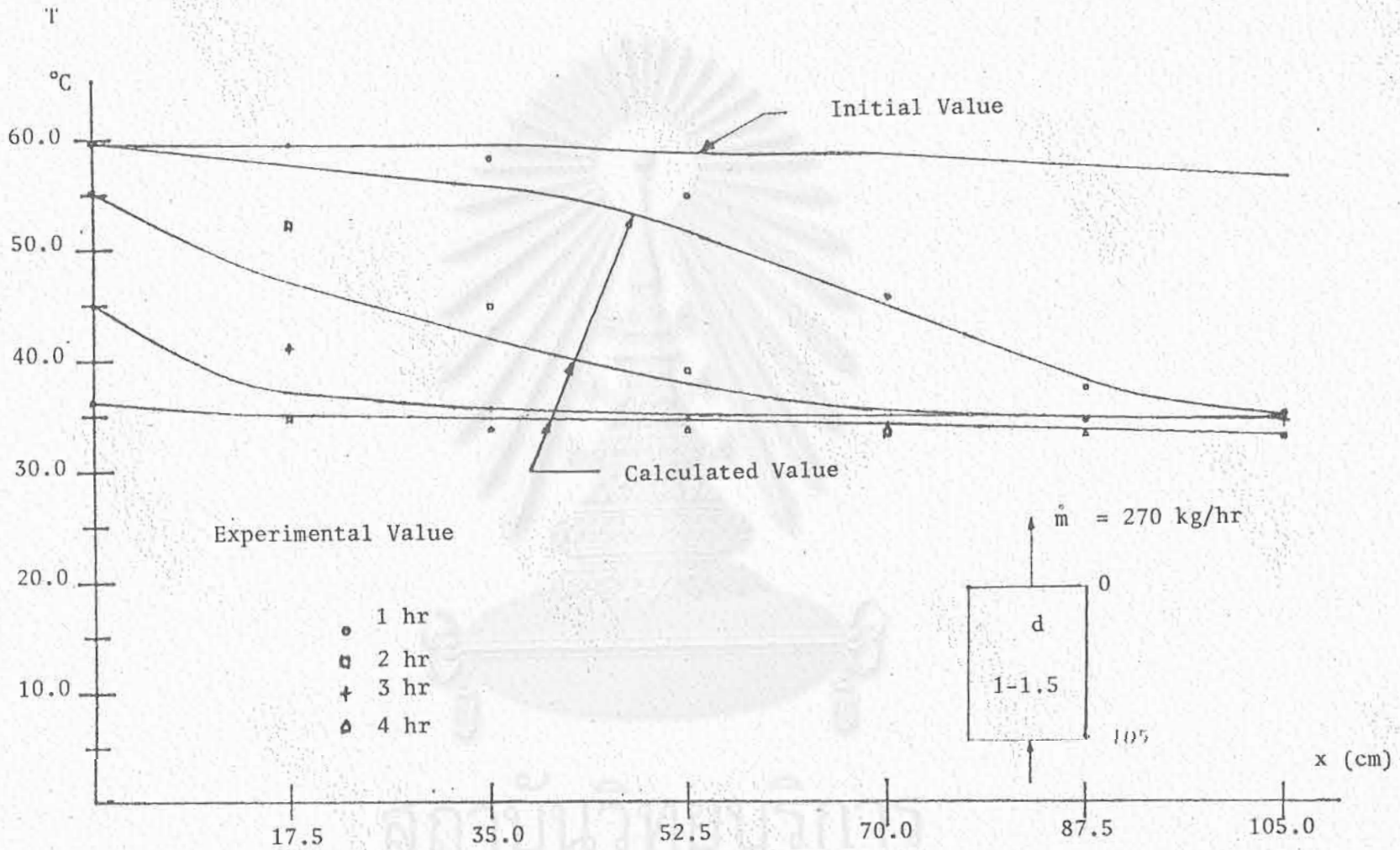
รูปที่ 5.10 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$

$L = 105 \text{ cm}$, $D_e = 0.0235 \text{ m}$.

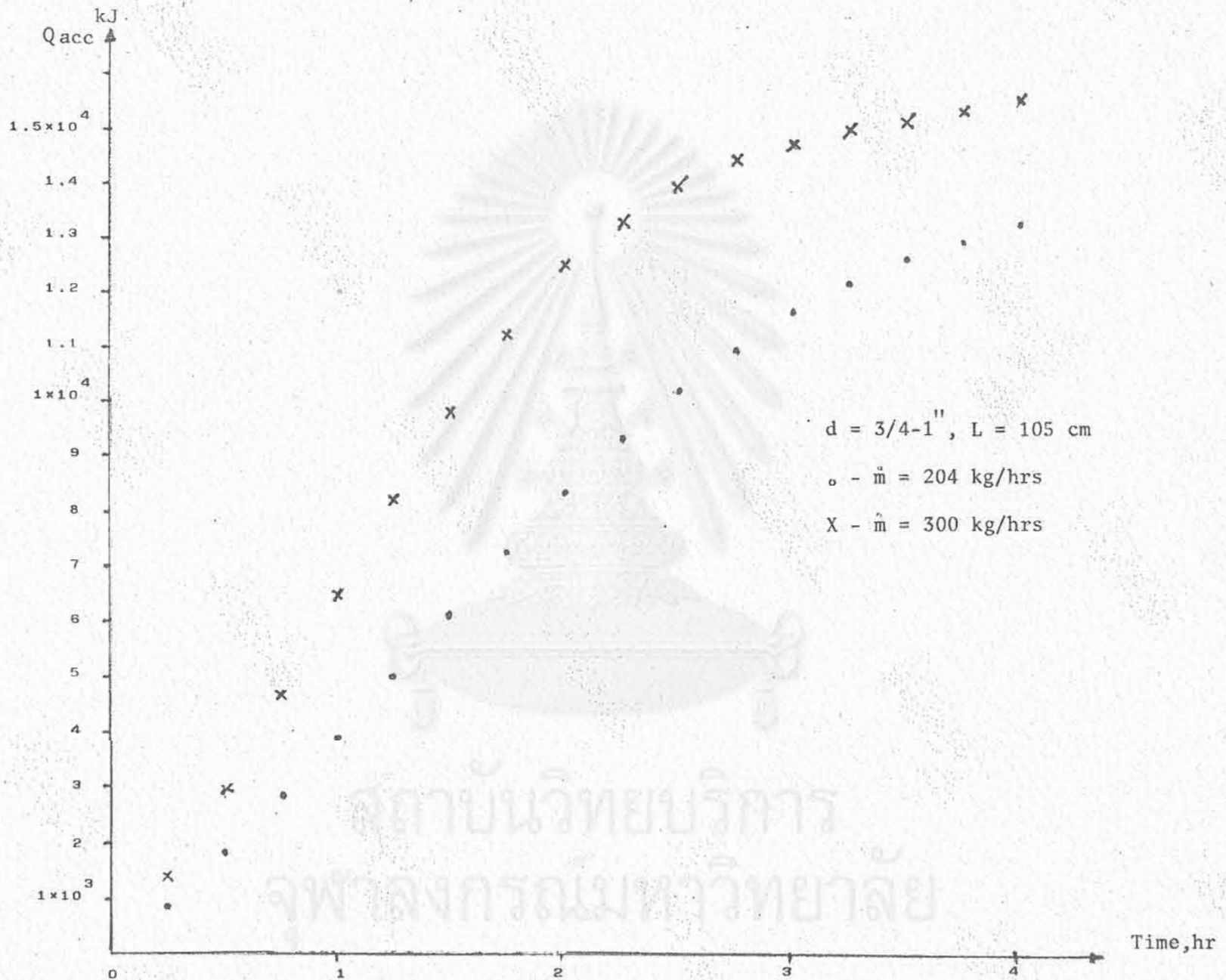


รูปที่ 5.11 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 204.3 \text{ kg/hr}$

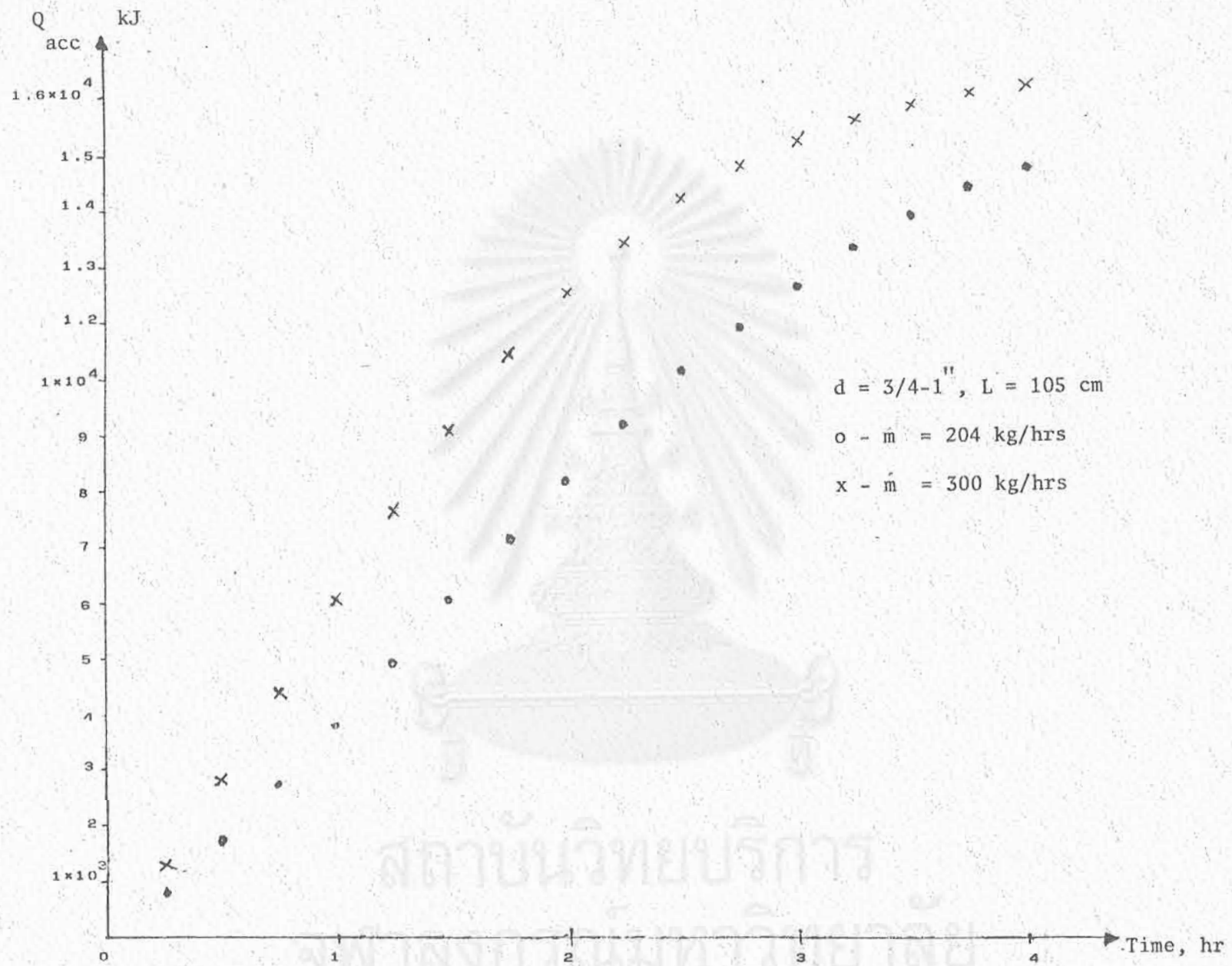
$L = 105 \text{ cm}$, $D_e = 0.0285 \text{ m}$.



รูปที่ 5.12 อุณหภูมิก้อนหินในแต่ละชั้นที่เวลาต่าง ๆ กัน ตอน discharge สำหรับ $\dot{m} = 270 \text{ kg/hr}$
 $L = 105 \text{ cm}$, $De = .0285 \text{ m}$.



รูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่สะสมในรอกเบตกับเวลาตอน charge



รูปที่ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ออกจากรอคเบดกับเวลา ตอน discharge

5.1.3 สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ตารางที่ 5.1 ถึง 5.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_v ที่อัตราการไหลต่าง ๆ ของก้อนหินทั้ง 3 ขนาด เมื่อเบตสูง 70 และ 105 เซนติเมตร จากตารางจะเห็นว่าค่า h_v มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นซึ่งก็เป็นไปตามทฤษฎี เพราะเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ก้อนหินก็จะสัมผัสกับอากาศได้เร็วขึ้นด้วย ก้อนหินขนาดเล็กจะมีค่า h_v สูงกว่าก้อนหินขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะก้อนหินขนาดเล็กมีจำนวนก้อนมากกว่าก้อนหินขนาดใหญ่จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า

5.1.4 สมการสำหรับคาดคะเนสัมประสิทธิ์การพาความร้อน กลุ่มไร้มิติที่มีบทบาทในการถ่ายเทความร้อนในรอกเบต คือ $Re = \frac{Go De}{\mu}$, $Nu_m = \frac{h_v De}{ka}$, $St_m = \frac{h_v De}{Go Ca}$ และ geometric ratios (L/D_b) รูปที่ 5.15 ถึงรูปที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ของ Nu_m กับ Re รูปที่ 5.18 ถึงรูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ของ St_m กับ Re และรูปที่ 5.21 แสดงความสัมพันธ์ของ h_v กับ $\frac{Go}{De}$ จากรูปที่ 5.15 ถึง 5.20 จะเห็นว่าไม่สามารถรวมความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มไร้มิติในรูปของ Nu_m และ St_m สำหรับก้อนหินทั้ง 3 ขนาดได้ ซึ่งแสดงว่ายังขาด geometric ratios ที่สำคัญอยู่ สำหรับก้อนหินทั้ง 3 ขนาดนั้น เรามียัง De ตัวเดียวเท่านั้นซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะมี shape factor ของก้อนหินแต่ละขนาดมารวมบทบาทด้วย แต่ในทางปฏิบัติยังไม่มีวิธีการหา shape factor ของก้อนหิน จึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ สำหรับความพรุนของเบต ϵ ซึ่งผู้วิจัยอื่น ๆ ได้นำมาใช้ นั้น ในการวิจัยนี้ก็ไม่สามารถใช้ได้ เพราะก้อนหินทั้ง 3 ขนาดให้ค่า ϵ ที่ใกล้เคียงกันมากจึงไม่น่าจะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ อย่างไรก็ตามค่า h_v ในช่วงของการทดลองสามารถคาดคะเนได้ด้วยสมการเอมไพริคัล คือ

$$h_v = 0.29 \left(\frac{Go}{De} \right)^{1.3} \quad R^2 = 0.59 \quad (5.1)$$



$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad & 0.0167 \leq De \leq 0.0285 \quad \text{เมตร} \\ & 200 < \dot{m} \leq 300 \quad \text{kg/hr} \end{aligned}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับ Lof และ Hawley (3) โดยแปลงหน่วยในระบบเดียวกันจะให้ความสัมพันธ์

$$h_v = 2.11 \left(\frac{Go}{De} \right)^{0.7} \quad (5.2)$$

ซึ่งก็จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างกันเนื่องจากมีลักษณะก้อนหินที่ผิวดัน

5.2 ความดันลดในถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอก เบด

จากการทดลองเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจะให้ความดันลดในเบดเพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อก้อนหินมีขนาดเล็กลง เมื่อจัดกลุ่มไร้มิติของความดันลดให้อยู่ในรูปของสมการเพรสเซอร์นัมเบอร์ (Pre) เช่นเดียวกับการวิจัยตอนที่ 1 (1) จะให้ความสัมพันธ์ของเพรสเซอร์นัมเบอร์กับเรโนลด์นัมเบอร์ดังแสดงในรูปที่ 5.22 และ 5.23 จากรูปจะได้ Pre มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ Re มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อหาสมการคาดคะเนความดันลดของก้อนหินทั้ง 3 ขนาด ซึ่งมีความสูงของเบดอยู่ระหว่าง 35 เซนติเมตร ถึง 105 เซนติเมตรจะได้

$$\hat{Pre} = 918 Re + 49.1 Re^2 \quad R^2 = 0.78 \quad (5.3)$$

$$\hat{Pre} = 0.000095 Re^{1.89} \quad R^2 = 0.945 \quad (5.4)$$

เมื่อเปรียบเทียบสมการ (5.3) กับผลงานวิจัยของ P. Chandra และ D.H. Willits จะให้ความสัมพันธ์ลักษณะคล้ายกัน

ตารางที่ 5.5 ก. ถึงตารางที่ 5.18 ก. จะแสดงค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองและที่คำนวณได้จากสมการคาดคะเน (5.3) ส่วนตารางที่ 5.5 ข. ถึงตารางที่ 5.18 ข. จะแสดงค่าความดันลดที่ได้จากการทดลอง และที่คำนวณได้จากสมการคาดคะเน (5.4) รูปที่ 5.22 และรูปที่ 5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pre กับ Re สำหรับก้อนหินทั้ง 3 ขนาด

ตารางที่ 5.1 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อัตราการใช้พลังงานต่าง ๆ ตอน discharge

L = 70 เซนติเมตร

De,m	Hv	Re	Num	Stm	Go/De
.0167	6.4	109.86	65.62	.84	7.48
.0167	4.5	129.73	46.13	.50	8.83
.0167	5	133.95	51.26	.54	9.12
.0167	7.3	152.76	74.84	.69	10.40
.0285	3.9	208.34	116.46	.79	4.87
.0285	3.4	221.40	101.53	.65	5.17
.0285	3.6	228.59	107.5	.66	5.34
.0285	3.6	234.59	107.50	.65	5.48
.0285	3.5	247.79	104.51	.59	5.79

ตารางที่ 5.2 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อัตราการใช้พลังงานต่าง ๆ ตอน charge

L = 70 เซนติเมตร

De,m	Hv	Re	Num	Stm	Go/De
.0167	3.7	109.86	37.93	.49	7.48
.0167	4.9	120.85	50.24	.59	8.23
.0167	5.9	129.11	60.49	.66	8.79
.0167	3.9	129.73	39.98	.43	8.83
.0167	5.6	137.73	57.41	.59	9.38
.0235	3.8	188.49	77.15	.58	6.48
.0235	3.4	188.98	69.03	.51	6.50
.0235	3.9	223.12	79.18	.50	7.67
.0235	4.3	236.48	87.30	.52	8.13
.0235	4.6	249.71	93.39	.53	8.59
.0285	1.7	187.49	50.76	.38	4.38
.0285	2.1	205.64	62.71	.43	4.81
.0285	1.9	221.40	56.73	.36	5.17
.0285	2.3	234.59	68.68	.41	5.48
.0285	2.1	247.79	62.71	.35	5.79

ตารางที่ 5.3 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อัตราไหลต่าง ๆ ตอน discharge,

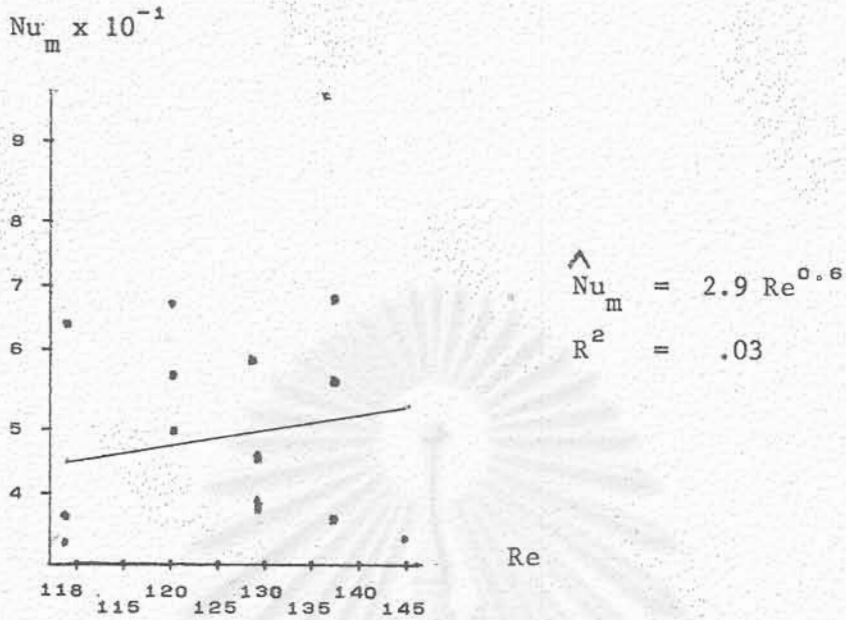
L = 105 เซ็นติเมตร

De,m	Hv	Re	Num	Stm	Go/De
.0167	3.3	109.86	33.83	.43	7.48
.0167	5.7	120.50	58.44	.68	8.20
.0167	4.6	129.73	47.16	.51	8.83
.0167	6.8	137.46	69.72	.72	9.36
.0235	3.2	154.60	64.97	.59	5.31
.0235	3.9	169.57	79.18	.66	5.83
.0235	3.7	182.55	75.12	.58	6.28
.0235	4.3	193.44	87.30	.64	6.65
.0235	4.9	204.32	99.48	.69	7.02
.0285	2.2	187.49	65.69	.49	4.38
.0285	2.8	205.64	83.61	.57	4.81
.0285	2.6	221.40	77.64	.49	5.17
.0285	2.7	234.59	80.62	.48	5.48
.0285	3.1	247.79	92.57	.53	5.79

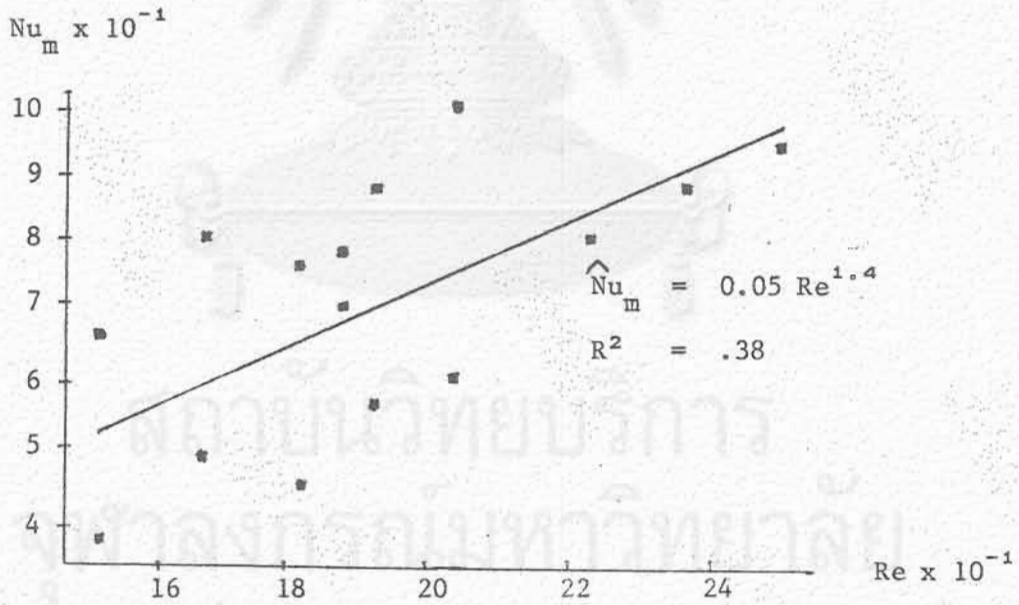
ตารางที่ 5.4 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่อัตราไหลต่าง ๆ ตอน charge,

L = 105 เซ็นติเมตร

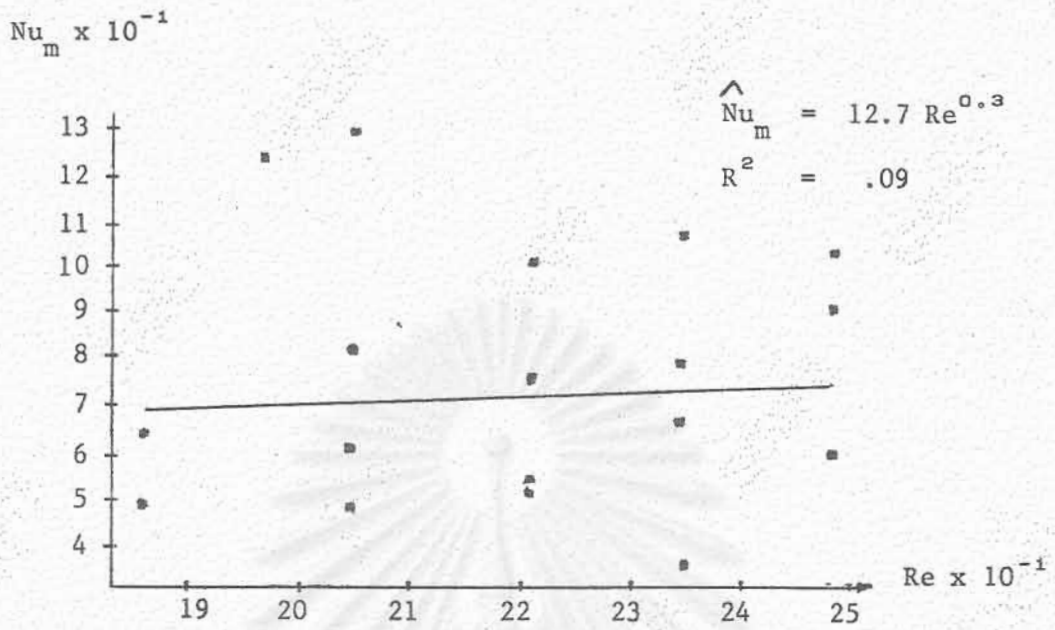
De,m	Hv	Re	Num	Stm	Go/De
.0167	3.7	109.86	37.93	.49	7.48
.0167	3.8	129.73	38.96	.42	8.83
.0167	3.7	137.73	37.93	.39	9.38
.0235	1.7	154.60	34.51	.31	5.31
.0235	2.3	169.57	46.69	.39	5.83
.0235	2.1	182.55	42.63	.33	6.28
.0235	2.7	193.44	54.81	.40	6.65
.0235	2.9	204.32	58.87	.40	7.02
.0285	1.7	205.64	50.76	.35	4.81
.0285	1.8	221.40	53.75	.34	5.17
.0285	1.3	235.04	38.82	.23	5.49



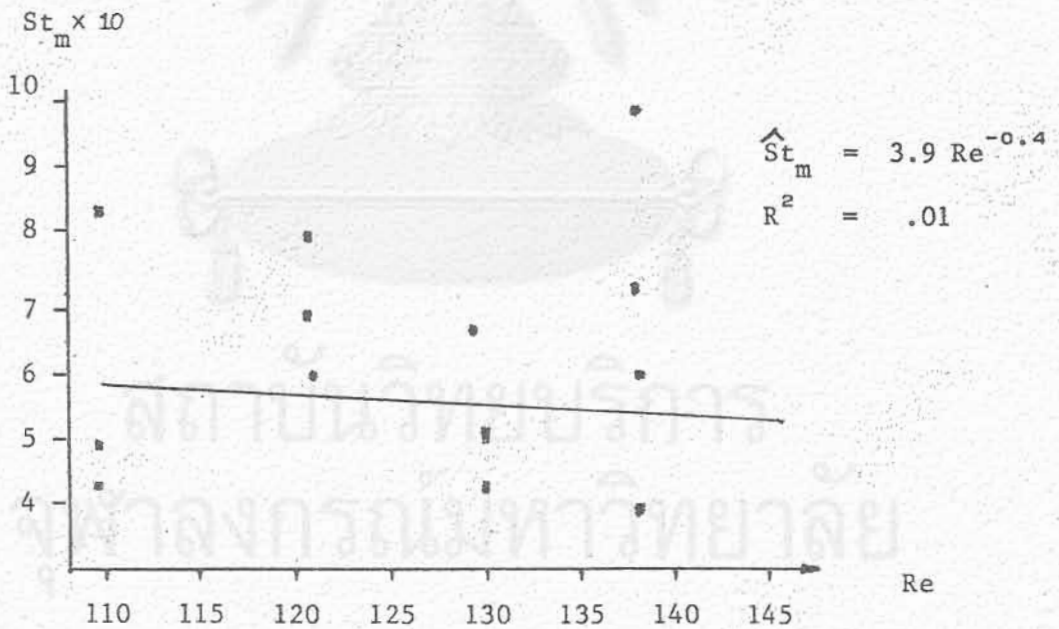
รูปที่ 5.15 แสดงความสัมพันธ์ของ Nu_m กับ Re สำหรับ $De = .0167$ เมตร



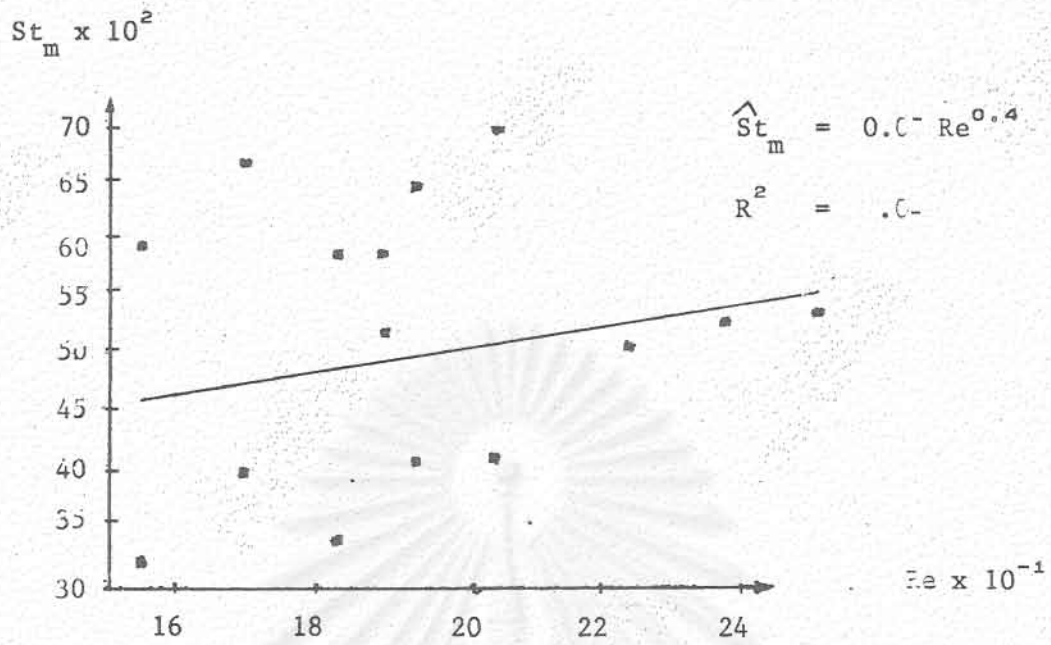
รูปที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ของ Nu_m กับ Re สำหรับ $De = .0235$ เมตร



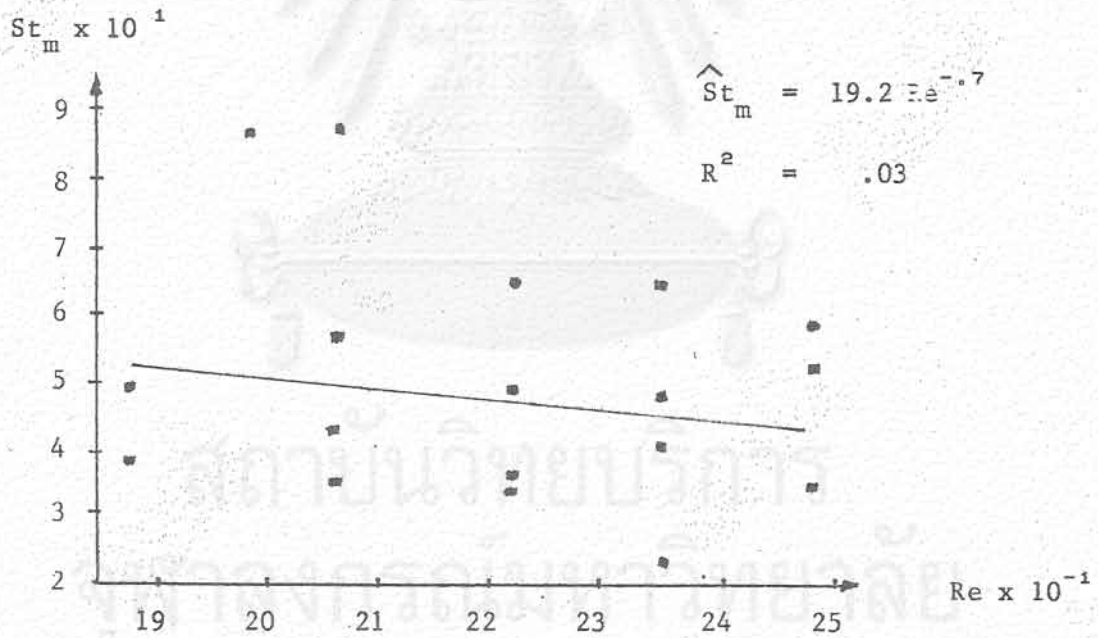
รูปที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ของ Nu_m กับ Re สำหรับ $De = .0285$ เมตร



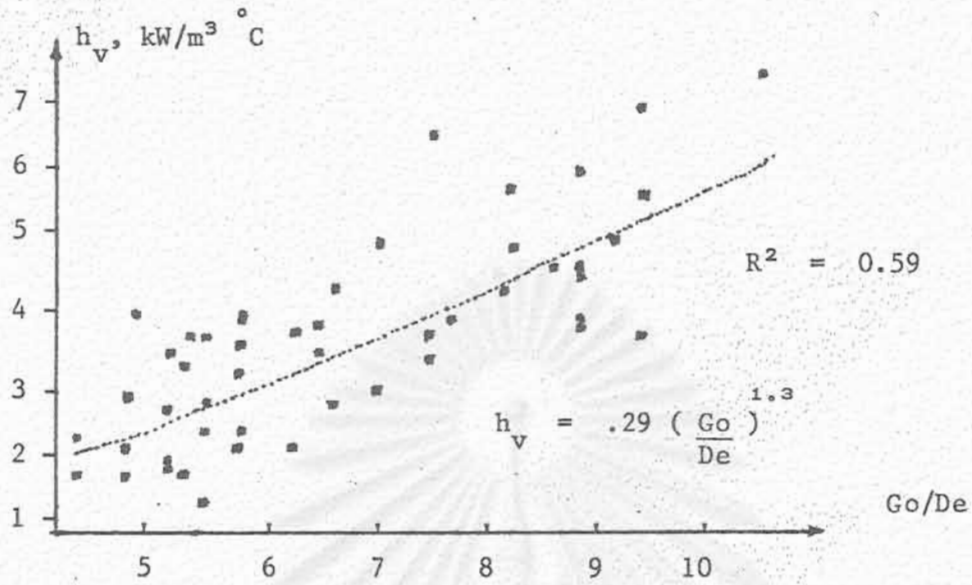
รูปที่ 5.18 แสดงความสัมพันธ์ของ St_m กับ Re สำหรับ $De = .0167$ เมตร



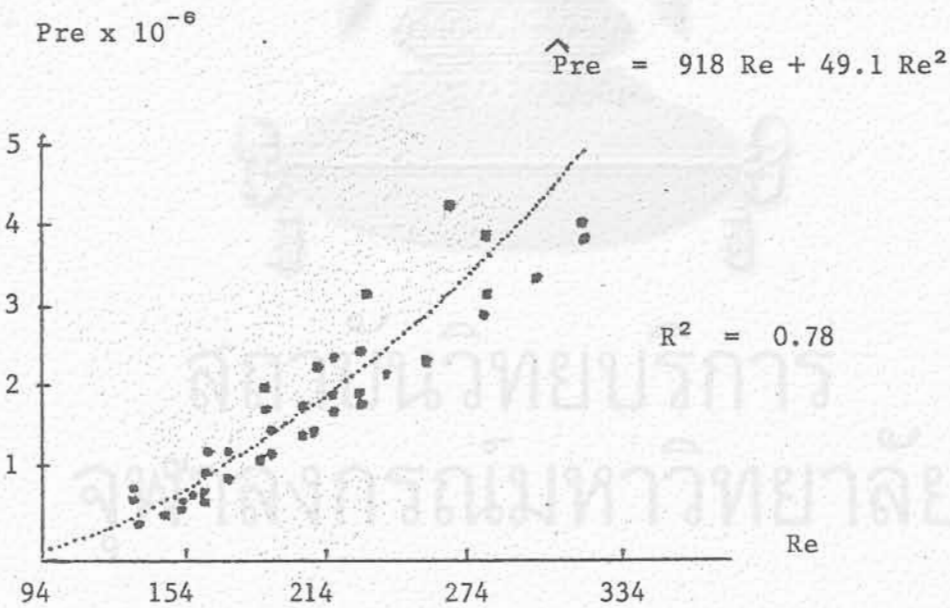
รูปที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ของ St_m กับ Re สำหรับ $De = .0235$ เมตร



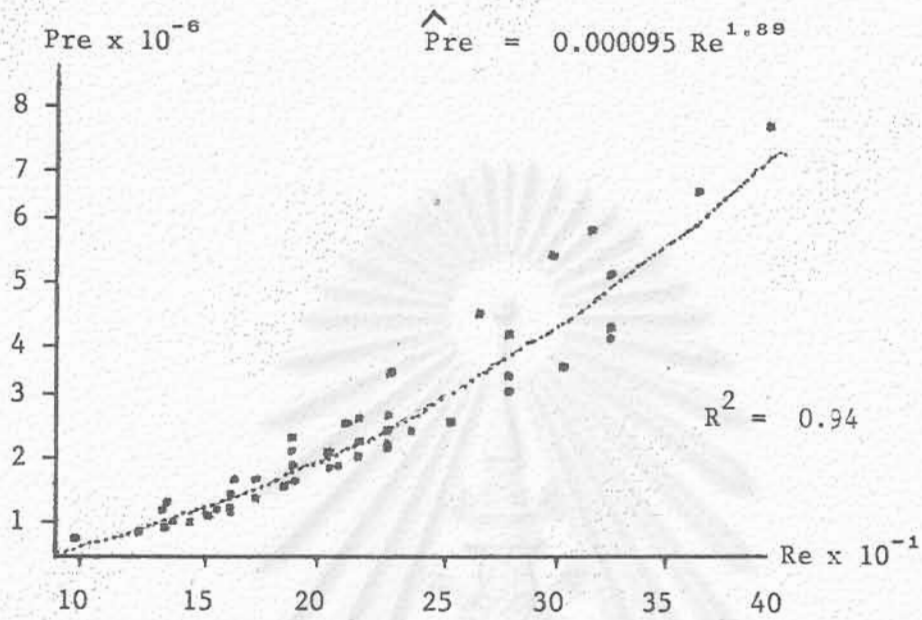
รูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ของ St_m กับ Re สำหรับ $De = .0285$ เมตร



รูปที่ 5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง h_v กับ Go/De สำหรับ $De = 0.0167, 0.0235$ และ 0.0285 ม



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pre กับ Re ของก้อนหิน 3 ขนาด และ Polynomial Prediction Curve



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pre กับ Re ของก้อนหิน 3 ขนาด และ Geometric Prediction Curve

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

CHARGE DATA 22/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
1.55	15.20	.1078	176.13	94.75	69.89	.6274	.5278	-18.87
3.00	29.42	.1515	247.63	133.16	68.49	1.2144	.9929	-22.31
4.30	42.16	.1850	302.24	162.60	65.82	1.7402	1.4474	-20.23
5.55	54.42	.2131	348.14	187.30	64.04	2.2466	1.8944	-18.59
6.75	66.19	.2378	388.50	209.01	62.55	2.7325	2.3368	-16.93
7.05	69.13	.2447	399.78	215.07	61.69	2.8535	2.4685	-15.60

ตารางที่ 5.6 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
1.15	11.27	.1078	176.13	133.33	72.92	1.2963	.9952	-30.26
2.20	21.57	.1515	247.63	187.38	70.67	2.4813	1.8959	-30.88
3.20	31.38	.1850	302.24	228.81	68.94	3.6093	2.7806	-29.80
4.15	40.69	.2131	348.14	263.57	67.38	4.6808	3.6528	-28.14
5.05	49.52	.2378	388.50	294.12	65.85	5.6965	4.5174	-26.10
5.45	53.44	.2508	409.85	310.19	63.88	6.1464	5.0089	-22.71

ตารางที่ 5.7 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., $T_a = 30-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
0.75	7.35	.1078	176.13	161.69	57.68	1.5080	1.4321	-5.30
1.45	14.21	.1515	247.63	227.24	56.46	2.9155	2.7440	-6.25
2.15	21.08	.1850	302.24	277.49	56.17	4.3251	4.0354	-7.18
2.70	26.47	.2131	348.14	319.64	53.15	5.4303	5.3099	-2.27
3.40	33.34	.2378	388.50	356.69	53.76	6.8398	6.5742	-4.04
4.00	39.22	.2579	421.42	386.84	53.77	8.0464	7.7025	-4.46

ตารางที่ 5.8 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., $T_a = 22-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 28/2/29-5/3/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
4.00	39.22	.1389	226.96	122.08	54.31	.8094	.8438	4.08
4.60	45.11	.1525	249.14	134.03	51.82	.9309	1.0051	7.38
5.10	50.01	.1640	268.05	144.14	49.68	1.0322	1.1524	10.43
5.70	55.89	.1740	284.36	152.93	49.32	1.1535	1.2887	10.49
6.40	62.76	.1834	299.75	161.19	49.85	1.2952	1.4237	9.03

ตารางที่ 5.9 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก่อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 70 cm, Ta = 25-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 27/1/29-1/2/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	\hat{P}_{re}	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
3.10	30.40	.1389	226.96	171.79	59.24	1.7483	1.6067	-8.81
3.50	34.32	.1525	249.14	188.61	55.48	1.9736	1.9198	-2.80
4.00	39.22	.164	268.05	202.84	54.82	2.2555	2.2063	-2.23
4.30	42.16	.1740	284.36	215.21	52.35	2.4246	2.4716	1.90
4.70	46.09	.1834	299.75	226.83	51.52	2.6508	2.7345	3.06

ตารางที่ 5.10 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก่อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 27-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 6/8/29-18/8/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	\hat{P}_{re}	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
1.50	14.71	.1078	176.13	161.69	57.72	1.5090	1.4321	- 5.37
2.60	25.49	.1515	247.63	227.24	50.64	2.6149	2.7440	4.70
3.60	35.30	.1850	302.24	277.49	47.03	3.6213	4.0354	10.26
4.45	43.63	.2131	348.14	319.64	43.81	4.4761	5.3099	15.70

ตารางที่ 5.11 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก่อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., $T_a = 29-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 31/7/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
1.40	13.72	.1078	176.13	161.69	53.83	1.4073	1.4321	1.73
1.80	17.65	.1226	200.37	183.69	53.54	1.8105	1.8291	1.02
2.15	21.08	.1379	225.29	206.84	50.54	2.1622	2.2905	5.6
2.50	24.51	.1515	247.63	227.24	48.69	2.5143	2.7440	8.37
3.00	29.42	.1691	276.33	253.64	46.91	3.0179	3.3915	11.02
3.50	34.32	.1850	302.24	277.49	45.72	3.5205	4.0354	12.76
4.10	40.20	.1995	326.03	299.24	46.05	4.1235	4.6712	11.73
4.60	45.11	.2131	348.14	319.64	45.29	4.6273	5.3099	12.86
5.95	58.34	.2492	407.13	373.79	42.83	5.9842	7.2032	16.92

ตารางที่ 5.12 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก่อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., $T_a = 27-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 10/3/29-19/3/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
6.20	60.80	.1389	226.96	122.03	56.13	.8365	.8438	.87
6.70	65.70	.1525	249.14	134.03	50.32	.9040	1.0051	10.06
7.40	72.56	.1640	268.05	144.24	48.05	.9983	1.1524	13.37
8.10	79.43	.1740	284.36	152.93	46.73	1.0929	1.2887	15.19
8.80	86.29	.1834	299.75	161.19	45.69	1.1871	1.4237	16.62

ตารางที่ 5.13 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., $T_a = 27-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 14/4/29-23/4/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
2.70	26.47	.1104	180.41	136.54	54.43	1.0147	1.0407	1.50
3.30	32.36	.1260	205.97	155.84	51.09	1.2408	1.3355	7.09
3.80	37.26	.1389	226.96	171.79	48.40	1.4284	1.6067	11.10
4.60	45.11	.1525	249.14	188.61	48.62	1.7296	1.9198	9.91
5.20	50.99	.1640	268.05	202.84	47.52	1.9552	2.2063	11.38
5.90	57.85	.1740	284.36	215.21	47.89	2.2180	2.4716	10.26
6.5	63.74	.1834	299.75	226.83	47.50	2.4440	2.7345	10.62
7.10	69.62	.1916	313.17	236.97	47.53	2.6690	2.9747	10.28

ตารางที่ 5.14 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., $T_a = 28-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 27/8/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
1.90	18.63	.1078	176.13	161.69	48.73	1.2740	1.4321	11.04
2.45	24.02	.1226	200.37	183.89	48.58	1.6428	1.8291	10.19
3.00	29.42	.1379	225.29	206.84	47.03	2.0121	2.2905	11.15
3.50	34.32	.1515	247.63	227.24	45.45	2.3469	2.7440	11.47
4.25	41.67	.1691	276.33	253.64	44.30	2.850	3.3915	15.97
5.00	49.03	.1850	302.24	277.49	43.55	3.3534	4.0354	16.90
5.70	55.89	.1995	326.03	299.24	42.68	3.8218	4.6712	18.18
6.40	62.76	.2131	348.14	319.64	42.01	4.2922	5.3099	19.17

ตารางที่ 5.15 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

กอนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 22/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	\hat{Pre}	ERROR
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6	x1E-6	%
1.60	15.69	.1078	176.13	94.75	72.15	.6477	.5278	-22.72
2.95	28.92	.1515	247.63	133.16	67.33	1.1939	.9929	-20.24
4.35	42.65	.1850	302.24	162.60	66.59	1.7606	1.4474	-21.64
5.60	54.91	.2131	348.14	187.30	64.61	2.2666	1.8944	-19.65
6.80	66.68	.2378	388.50	209.01	63.01	2.7526	2.3368	-17.79
7.15	70.11	.2447	399.78	215.07	62.57	2.8942	2.4685	-17.25

ตารางที่ 5.16 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

กอนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	\hat{Pre}	ERROR
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6	x1E-6	%
1.10	10.78	.1078	176.13	133.33	69.75	1.2399	.9952	-24.59
2.25	22.06	.1515	247.63	187.38	72.27	2.5375	1.8959	-33.84
3.10	30.40	.1850	302.24	228.81	66.79	3.4967	2.7806	-25.75
4.20	41.18	.2131	348.14	263.57	68.19	4.7371	3.6528	-29.68
5.00	49.03	.2378	388.50	294.12	65.20	5.6402	4.5174	-24.86
5.40	52.95	.2508	409.85	310.19	63.30	6.0906	5.0089	-21.6

ตารางที่ 5.17 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก่อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 29.5-60°C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 16/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
0.85	8.33	.1078	176.13	161.69	65.37	1.7090	1.4321	-19.34
1.55	15.20	.1515	247.63	227.24	60.39	3.1184	2.7440	-13.64
2.25	22.06	.1850	302.24	277.49	58.78	4.5261	4.0354	-12.16
2.85	27.94	.2131	348.14	319.64	56.11	5.7327	5.3099	- 7.96
3.50	34.32	.2378	388.50	356.69	55.35	7.0421	6.5742	- 7.12
4.00	39.22	.2492	407.13	373.79	57.59	8.0464	7.2032	-11.71
4.15	40.69	.2568	419.66	385.19	56.27	8.3489	7.6385	- 9.30

ตารางที่ 5.18 ก. POLYNOMIAL PREDICTION

ก่อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 30-60°C

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 16/8/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	Pre	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
1.45	14.21	.1078	176.13	161.69	55.75	1.4575	1.4321	- 1.77
1.85	18.14	.1226	200.37	183.89	55.03	1.8609	1.8291	- 1.74
2.20	21.57	.1379	225.29	206.84	51.72	2.2127	2.2905	3.40
2.40	23.53	.1515	247.63	227.24	46.74	2.4136	2.7440	12.04
2.90	28.43	.1691	276.33	253.64	45.33	2.9162	3.3915	14.01
3.40	33.34	.1850	302.24	277.49	44.42	3.4204	4.0354	15.24
3.95	38.73	.1995	326.03	299.24	44.37	3.9731	4.6712	14.94
4.45	43.63	.2131	348.14	319.64	43.81	4.4761	5.3099	15.70
6.00	58.84	.2492	407.13	373.79	43.20	6.0359	7.2032	16.21

ตารางที่ 5.5 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 35, $T_a = 30-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 22/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
1.55	15.20	.1078	176.13	94.75	69.89	.6274	.520	-20.65
3.00	29.42	.1515	247.63	133.16	68.49	1.2144	.9897	-22.70
4.30	42.16	.1850	302.24	162.60	65.82	1.7402	1.4440	-20.51
5.55	54.42	.2131	348.14	187.30	64.04	2.2466	1.8868	-19.07
6.75	66.19	.2378	388.50	209.01	62.55	2.7325	2.3217	-17.69
7.05	69.13	.2447	399.78	215.07	61.69	2.8535	2.4506	-16.44

ตารางที่ 5.6 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., $T_a = 30-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
1.15	11.27	.1078	176.13	133.33	72.92	1.2963	.9921	-30.66
2.20	21.57	.1515	247.63	187.38	70.67	2.4813	1.8883	-31.40
3.20	31.38	.1850	302.24	228.81	68.94	3.6093	2.7551	-31
4.15	40.69	.2131	348.14	263.57	67.38	4.6808	3.60	-30.02
5.05	49.52	.2378	388.50	294.12	65.85	5.6965	4.4297	-28.60
5.45	53.44	.2508	409.85	310.19	63.88	6.1464	4.8986	-25.47

ตารางที่ 5.7 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., Ta = 30-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
0.75	7.35	.1078	176.13	161.69	57.68	1.5080	1.4288	-5.54
1.45	14.21	.1515	247.63	227.24	56.46	2.9155	2.7195	-7.21
2.15	21.08	.1850	302.24	277.49	56.17	4.3251	3.9680	-9
2.70	26.47	.2131	348.14	319.64	53.15	5.4303	5.1846	-4.74
3.40	33.34	.2378	388.50	356.69	53.76	6.8398	6.3796	-7.21
4.00	39.22	.2579	421.42	386.84	53.77	8.0464	7.4377	-8.18

ตารางที่ 5.8 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., Ta = 22-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 28/2/29-5/3/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr		x1E-6	x1E-6	%	
4.00	39.22	.1389	226.96	122.08	54.31	.8094	.8398	3.62
4.60	45.11	.1525	249.14	134.03	51.82	.9309	1.0020	7.10
5.10	50.01	.1640	268.05	144.14	49.68	1.0322	1.1497	10.22
5.70	55.89	.1740	284.36	152.93	49.32	1.1535	1.2859	10.30
6.40	62.76	.1834	299.75	161.19	49.85	1.2952	1.4204	8.81

ตารางที่ 5.9 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., $T_a = 25-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 27/1/29-1/2/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
3.10	30.40	.1389	226.96	171.79	59.24	1.7483	1.6022	19.12
3.50	34.32	.1525	249.14	188.61	55.48	1.9736	1.9118	-3.23
4.00	39.22	.1640	268.05	202.84	54.82	2.2555	2.1938	-2.81
4.30	42.16	.1740	284.36	215.21	52.35	2.4246	2.4536	1.18
4.70	46.09	.1834	299.75	226.83	51.52	2.6508	2.7102	2.19

ตารางที่ 5.10 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., $T_a = 27-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 6/8/29-18/8/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
1.50	14.71	.1078	176.13	161.69	57.72	1.5090	1.4288	- 5.61
2.60	25.49	.1515	247.63	227.24	50.64	2.6149	2.7195	3.85
3.60	35.30	.1850	302.24	277.49	47.03	3.6213	3.9680	8.74
4.45	43.63	.2131	348.14	319.64	43.81	4.4761	5.1846	13.67

ตารางที่ 5.11 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., $T_a = 29-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 31/7/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
1.40	13.72	.1078	176.13	161.69	53.83	1.4073	1.4288	1.5
1.80	17.65	.1226	200.37	183.89	53.54	1.8105	1.8224	.65
2.15	21.08	.1379	225.29	206.84	50.54	2.1622	2.2763	5.01
2.50	24.51	.1515	247.63	227.24	48.69	2.5143	2.7195	7.55
3.00	29.42	.1691	276.33	253.64	46.91	3.0179	3.3478	9.85
3.50	34.32	.1850	302.24	277.49	45.72	3.5205	3.9680	11.28
4.10	40.20	.1995	326.03	299.24	46.05	4.1235	4.5767	9.9
4.60	45.11	.2131	348.14	319.64	45.29	4.6273	5.1846	10.75
5.95	58.34	.2492	407.13	373.79	42.83	5.9842	6.9704	14.15

ตารางที่ 5.12 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., $T_a = 27-60^\circ \text{C}$

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 10/3/29-19/3/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{\text{Pre}}$	ERROR
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr			$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%
6.20	60.80	.1389	226.96	122.08	56.13	.8365	.8398	.39
6.70	65.70	.1525	249.14	134.03	50.32	.9040	1.0020	9.78
7.40	72.56	.1640	268.05	144.14	48.05	.9983	1.1497	13.17
8.10	79.43	.1740	284.36	152.93	46.73	1.0929	1.2859	15.01
8.80	86.29	.1834	299.75	161.19	45.69	1.1871	1.4204	16.42

ตารางที่ 5.13 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., Ta = 27-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 14/4/29-23/4/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6	x1E-6	%
2.70	26.47	.1104	180.41	136.54	54.43	1.0147	1.0378	2.23
3.30	32.36	.1260	205.97	155.84	51.09	1.2408	1.3326	6.89
3.80	37.26	.1389	226.96	171.79	48.40	1.4284	1.6022	10.85
4.60	45.11	.1525	249.14	188.61	48.62	1.7296	1.9118	9.53
5.20	50.99	.1640	268.05	202.84	47.52	1.9552	2.1938	10.88
5.90	57.85	.1740	284.36	215.21	47.89	2.2180	2.4536	9.6
6.50	63.74	.1834	299.75	226.83	47.50	2.4440	2.7102	9.82
7.10	69.62	.1916	313.17	236.97	47.53	2.6690	2.9439	9.34

ตารางที่ 5.14 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้อนหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 105 cm., Ta = 28-60 °C

CHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 27/8/29

	PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR
mm.water	N/m ²	kg/m ² s	kg/hr			x1E-6	x1E-6	%
1.90	18.63	.1078	176.13	161.69	48.73	1.2740	1.4288	10.83
2.45	24.02	.1226	200.37	183.89	48.58	1.6428	1.8224	9.86
3.00	29.42	.1379	225.29	206.84	47.03	2.0121	2.2763	11.61
4.25	41.67	.1691	276.33	253.64	44.30	2.850	3.3478	14.87
5.00	49.03	.1850	302.24	277.49	43.55	3.3534	3.9680	15.49
5.70	55.89	.1995	326.03	299.24	42.68	3.8218	4.5767	16.49
6.40	62.76	.2131	348.14	319.64	42.01	4.2922	5.1846	17.21

ตารางที่ 5.15 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้นหินขนาด = 1/2-3/4 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., $T_a = 30-60^\circ \text{C}$

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 22/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
1.60	15.69	.1078	176.13	94.75	72.15	.6477	.520	-24.56
2.95	28.92	.1515	247.63	133.16	67.33	1.1939	.9897	-20.63
4.35	42.65	.1850	302.24	162.60	66.59	1.7606	1.4440	-21.93
5.60	54.91	.2131	348.14	187.30	65.61	2.2666	1.8868	-20.13
6.80	66.68	.2378	388.50	209.01	63.01	2.7526	2.3217	-18.56
7.15	70.11	.2447	399.78	215.07	62.57	2.8942	2.4506	-18.1

ตารางที่ 5.16 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้นหินขนาด = 3/4-1 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., $T_a = 30-60^\circ \text{C}$

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 20/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
1.10	10.78	.1078	176.13	133.33	69.75	1.2399	.9921	-24.98
2.25	22.06	.1515	247.63	187.38	72.27	2.5375	1.8883	-34.38
3.10	30.40	.1850	302.24	228.81	66.79	3.4967	2.7551	-26.92
4.20	41.18	.2131	348.14	263.57	68.19	4.7371	3.60	-31.59
5.00	49.03	.2378	388.50	294.12	65.20	5.6402	4.4297	-27.33
5.40	52.95	.2508	409.85	310.19	63.30	6.0906	4.8986	-24.33

ตารางที่ 5.17 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้นหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 35 cm., $T_a = 29.5-60^\circ \text{C}$

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 16/9/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
.85	8.33	.1078	176.13	161.69	65.37	1.7090	1.4288	-19.61
1.55	15.20	.1515	247.63	227.24	60.39	3.1184	2.7195	-14.67
2.25	22.06	.1850	302.24	277.49	58.78	4.5261	3.9680	-14.07
2.85	27.94	.2131	348.14	319.64	56.11	5.7327	5.1846	-10.57
3.50	34.32	.2378	388.50	356.69	55.35	7.0421	6.3796	-10.38
4.00	39.22	.2492	407.13	373.79	57.59	8.0464	6.9704	-15.44
4.15	40.69	.2568	419.66	385.19	56.27	8.3489	7.3779	-13.16

ตารางที่ 5.18 ข. GEOMETRIC PREDICTION

ก้นหินขนาด = 1-1.5 นิ้ว, LENGTH = 70 cm., $T_a = 30-60^\circ \text{C}$

DISCHARGE DATA, EXPERIMENTAL DATE 16/8/29

PDb	Go	Fr	Re	f	Pre	$\hat{P}re$	ERROR	
mm.water	N/m^2	$\text{kg/m}^2\text{s}$	kg/hr		$\times 1\text{E}-6$	$\times 1\text{E}-6$	%	
1.45	14.21	.1078	176.13	161.69	55.75	1.4575	1.4288	-2.01
1.85	18.14	.1226	200.37	183.89	55.03	1.8609	1.8224	-2.11
2.20	21.57	.1379	225.29	206.84	51.72	2.2127	2.2763	2.79
2.40	23.53	.1515	247.63	227.24	46.74	2.4136	2.7195	11.25
2.90	28.43	.1691	276.33	253.64	45.33	2.9162	3.3478	12.89
3.40	33.34	.1850	302.24	277.49	44.42	3.4204	3.9680	13.80
3.95	38.73	.1995	326.03	299.24	44.37	3.9731	4.5767	13.19
4.45	43.63	.2131	348.14	319.64	43.81	4.4761	5.1846	13.67
6.00	58.84	.2492	407.13	373.79	43.20	6.0359	6.9704	13.41

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ความดันลดของเบค และสมรรถนะของถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบค

6.1.1. สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของแอร์-รอกเบค

$$h_v = 0.29 (Go/De)^{1.9} \quad R^2 = 0.59$$
$$0.0167 \leq De \leq 0.0285 \text{ m}$$
$$200 < \dot{m} \leq 300 \text{ kg/hr}$$
$$L = 1.05 \text{ m}$$

6.1.2. ความดันลดในถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบค

$$\hat{P}_{re} = 918 Re + 49. Re^2 \quad R^2 = 0.78$$
$$\hat{P}_{re} = 0.000095 Re^{1.89} \quad R^2 = 0.945$$

สำหรับก้อนหินที่มี $De = 0.0167, 0.0235$ และ 0.0285 เมตร

ความสูงของเบคอยู่ระหว่าง 35 ถึง 105 เซนติเมตร และอัตราการไหลของอากาศอยู่ระหว่าง 176 ถึง 422 kg/hr

6.1.3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบถังสะสมความร้อนชนิดแอร์-รอกเบค

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นสำหรับรอกเบคนี้ เราสามารถนำมาหาสมรรถนะของถังสะสมความร้อนชนิดนี้ได้ เช่นหาอุณหภูมิของก้อนหิน และอากาศที่ขึ้นต่าง ๆ ในเบคได้ หาอัตราการสะสมพลังงานความร้อนและหาจำนวนความร้อนที่สะสมไว้ในเบคที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ และสามารถทราบจำนวนความร้อนที่ดึงออกจากเบคไปใช้งานได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบอัตโนมัติหลาย ๆ จุดเพื่อวัดค่าอุณหภูมิของอากาศและก้อนหินทุกตำแหน่งได้ในเวลาเดียวกัน จะได้ลดข้อผิดพลาดในการวัด

6.2.2. สำหรับก้อนหินที่มีรูปร่างลักษณะอื่นควรทำการทดลองหาค่า h_v ใหม่

6.2.3. ควรมีการวิจัยและพัฒนาทางด้านสะสมความร้อนแอร์-รอก เบดไปเก็บสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง ก้อนนำมาประยุกต์ใช้งานกับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. สมศรี จรุงเรือง และ วิทยา ยงเจริญ, "การศึกษาระบบสะสมพลังงานความร้อนชนิด แอร์-รอกเบด ตอนที่ 1. การหาสูตรหาความดันลดและสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเชิงปริมาตร", โครงการวิจัยเลขที่ 90 - ERD - 2527 ทูลงเสริมการวิจัย วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ฯ พฤศจิกายน 2528.
2. P. Chandra and D.H. Willits, Pressure Drop and Heat Transfer Characteristics of Air - Rockbed Thermal Storage System. Solar Energy Vol. 27, No. 6 pp 547-553, 1981.
3. G.O.G. Lof and R.W. Hawley, Unsteady - State Heat Transfer between Air and Loose Solids. Indust. Engng. Chem. 40(6), 1061-1070 (1948)
4. Duffie, J.A., and Beckman, W.A. (1980), Solar Engineering of Thermal Process. 2nd Edition, John Wiley & Son., New York.

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดลองสำหรับหาค่า h_v

ตารางที่ ผ. 1

ทึบ $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 ซม. flow rate = 227 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	28.9	28.9	29.1	29.4	29.5	29.4	29.3	29.4	27.2	27.3
0:15	29.1	29.1	29.2	29.5	29.5	29.4	29.3	29.4	46.4	41.9
0:30	29.3	29.3	29.4	29.5	29.5	29.4	34.4	33.8	49.3	46.5
0:45	29.3	29.3	29.4	29.5	30.8	30.0	41.3	40.7	51.4	50.2
1:00	29.4	29.3	29.4	29.5	35.1	33.6	46.8	46.5	51.9	50.8
1:15	29.5	29.4	30.2	30.2	40.8	39.0	49.9	49.8	52.2	51.1
1:30	30.9	30.3	33.1	33.1	45.5	44.0	51.3	51.3	52.9	51.9
1:45	33.7	32.6	37.3	37.1	48.7	47.7	52.0	52.0	53.3	52.6
2:00	37.5	36.0	41.7	41.5	50.5	49.9	52.6	52.6	54.4	53.4
2:15	41.9	40.3	45.7	45.7	51.7	51.3	53.3	53.4	55.1	54.1
2:30	45.2	44.1	48.4	48.4	52.4	52.1	54.0	54.1	56.0	55.1
2:45	48.0	47.0	50.2	50.3	53.1	52.8	54.7	54.8	56.1	55.4
3:00	49.7	49.1	51.4	51.5	53.9	53.5	55.4	55.4	56.4	56.1
3:15	51.0	50.6	52.3	52.3	54.6	54.2	55.9	55.9	57.3	56.8
3:30	51.9	51.5	53.0	53.0	55.1	54.8	56.3	56.3	57.2	56.8
3:45	52.6	52.3	53.6	53.6	55.6	55.3	56.6	56.6	57.2	56.9
4:00	53.4	53.1	54.3	54.3	56.2	55.9	57.0	57.0	57.9	57.5

ตารางที่ ผ.2

หิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 249 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	29.0	29.1	29.5	29.4	29.8	29.2	29.4	29.4	25.2	27.3
0:15	29.5	29.5	30.2	30.1	30.8	30.7	30.8	30.8	46.9	44.7
0:30	30.0	30.0	30.4	30.4	30.9	30.7	37.5	36.8	51.1	49.5
0:45	30.1	30.1	30.4	30.4	34.1	32.9	45.5	45.0	53.1	52.2
1:00	30.5	30.4	31.1	31.1	40.4	38.6	50.4	50.2	54.2	53.4
1:15	31.8	31.2	33.9	33.8	46.1	44.7	52.8	52.8	54.7	54.2
1:30	35.3	33.9	39.1	38.9	50.4	49.5	54.1	54.2	55.6	54.9
1:45	39.6	38.0	43.9	43.6	52.6	51.9	54.8	54.9	56.4	55.8
2:00	44.4	42.8	48.2	48.0	53.9	53.6	55.6	55.6	57.1	56.6
2:15	48.3	46.9	51.1	50.9	54.8	54.6	56.4	56.4	57.5	57.1
2:30	51.0	50.1	53.0	53.0	55.2	55.3	57.0	57.1	58.0	57.6
2:45	52.7	52.2	54.1	54.2	56.3	56.1	57.4	57.5	58.0	57.7
3:00	54.0	53.6	55.0	55.0	56.9	56.7	57.8	57.9	58.2	57.9
3:15	54.8	54.6	55.8	55.9	57.1	57.0	57.9	58.0	58.7	58.3
3:30	55.6	55.4	56.5	56.5	57.3	57.6	58.2	58.2	58.3	58.2
3:45	56.3	56.1	57.0	57.1	57.9	57.8	58.3	58.4	58.5	58.3
4:00	56.8	56.7	57.3	57.5	58.1	58.1	58.4	58.5	58.5	58.4

ตารางที่ ผ.3

ทึบ $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 268 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	25.3	25.3	27.4	27.6	28.0	28.1	28.4	28.4	27.8	27.9
0:15	27.4	27.3	28.0	28.0	28.5	28.4	29.6	29.5	46.1	43.2
0:30	27.9	27.8	28.1	28.1	28.9	28.5	36.4	35.7	49.9	48.2
0:45	28.1	28.0	28.3	28.4	32.6	31.6	44.2	43.8	52.2	51.0
1:00	28.4	28.2	29.4	29.4	38.9	37.3	49.1	48.9	54.0	53.0
1:15	30.3	29.5	32.6	32.5	44.8	43.5	51.9	51.9	55.5	54.6
1:30	33.5	32.2	37.4	37.1	48.5	47.9	53.7	53.7	56.2	55.5
1:45	38.3	36.7	42.8	42.5	51.7	51.1	55.1	55.2	57.3	56.6
2:00	43.0	41.3	46.9	46.8	53.4	53.0	56.1	56.2	57.0	56.5
2:15	47.1	45.6	50.1	50.0	54.9	54.3	56.6	56.8	57.7	57.2
2:30	50.3	49.2	52.5	52.5	55.7	55.7	57.0	57.2	58.1	57.7
2:45	52.4	51.7	54.1	54.3	56.6	56.3	57.5	57.6	58.3	58.1
3:00	53.9	53.4	55.2	55.3	56.9	56.6	57.9	58.1	58.8	58.4
3:15	55.0	54.7	56.0	56.2	57.5	57.3	58.2	58.3	57.7	57.6
3:30	55.8	55.5	56.5	56.8	57.8	57.7	58.0	58.1	57.7	57.4
3:45	56.5	56.3	56.9	56.9	58.0	57.9	58.2	58.1	57.7	57.6
4:00	57.0	56.8	57.4	57.5	58.0	57.9	58.2	58.1	57.9	57.7

ตารางที่ ผ. 4

หิน $\frac{1''}{2}$ - $\frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 284 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	25.9	25.7	26.4	26.7	26.9	26.7	27.4	27.5	22.3	25.0
0:15	26.3	26.3	26.5	26.7	26.9	26.9	28.9	28.5	46.0	43.6
0:30	26.4	26.3	26.6	26.7	28.0	27.6	37.6	36.9	49.9	48.4
0:45	26.5	26.4	27.0	27.0	33.7	31.9	45.5	45.0	52.0	50.9
1:00	27.6	27.1	29.2	29.1	41.1	39.0	49.8	49.6	53.6	52.2
1:15	30.6	29.4	34.1	33.8	46.7	45.3	52.1	52.1	54.3	53.1
1:30	36.1	34.3	40.5	40.4	50.5	49.7	53.5	53.5	54.7	53.4
1:45	41.7	39.3	45.8	45.7	52.4	52.1	54.2	54.2	55.3	54.5
2:00	46.4	44.9	48.6	48.4	53.4	53.4	54.8	54.8	56.1	55.6
2:15	49.5	48.3	51.6	51.6	54.4	53.8	55.3	55.3	56.3	55.9
2:30	51.7	51.1	52.9	52.9	54.9	54.5	55.9	55.9	56.7	56.5
2:45	53.2	52.8	54.0	54.0	55.6	55.4	56.4	56.4	57.7	57.4
3:00	54.0	53.8	54.5	54.5	55.8	55.8	57.0	57.0	57.9	57.5
3:15	54.6	54.4	55.2	55.2	56.6	56.3	57.3	57.4	57.3	57.2
3:30	55.1	55.0	55.8	55.9	57.1	56.9	57.3	57.5	57.5	57.4
3:45	56.0	55.8	56.4	56.5	57.3	57.2	57.3	57.6	57.8	57.5
4:00	56.5	56.3	56.7	56.8	57.4	57.1	57.3	57.6	58.1	57.7

ตารางที่ ผ.5

หิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 300 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	26.6	26.5	27.1	27.1	27.3	27.4	28.0	28.0	23.5	26.0
0:15	27.0	26.9	27.1	27.1	27.7	27.6	29.6	29.2	46.0	43.6
0:30	27.1	27.0	27.2	27.2	28.9	28.3	37.6	36.8	50.0	48.5
0:45	27.2	27.1	27.6	27.6	34.0	32.3	45.3	44.9	52.0	51.0
1:00	28.2	27.7	29.8	29.6	41.1	38.8	49.8	49.6	53.3	52.5
1:15	30.8	29.8	33.9	33.9	46.7	45.2	52.0	52.0	54.2	53.6
1:30	36.2	34.2	40.6	40.3	50.5	49.2	53.3	53.3	55.7	54.9
1:45	41.1	39.3	45.2	45.0	52.1	51.6	54.3	54.3	56.4	55.7
2:00	46.1	44.6	49.2	49.2	53.7	52.9	55.5	55.6	57.0	56.4
2:15	49.3	48.3	51.6	51.5	54.8	54.3	56.3	56.4	57.9	57.1
2:30	51.6	51.0	53.2	53.1	55.2	55.4	57.2	57.3	58.2	57.7
2:45	53.0	52.6	54.4	54.5	56.5	56.3	57.8	57.9	58.3	58.0
3:00	54.2	53.8	55.2	55.3	57.0	57.0	58.0	58.2	58.5	57.9
3:15	55.4	55.0	56.2	56.6	57.9	57.7	58.2	58.3	59.3	58.6
3:30	56.2	55.9	57.0	56.9	58.0	57.7	58.5	58.6	58.5	58.2
3:45	56.9	56.7	57.5	57.5	58.3	57.8	58.5	58.6	58.2	58.0
4:00	57.3	57.1	57.8	57.9	58.4	58.1	58.3	58.5	58.2	57.8



ตารางที่ ผ. 6

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 70 ซม. flow rate = 227 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	27.2	26.9	30.8	30.7	30.6	29.7	30.2	30.2	26.0	27.0
0:15	28.1	27.8	31.2	31.0	31.4	30.9	31.6	30.9	45.7	42.1
0:30	29.1	28.8	32.1	31.3	36.7	33.8	37.9	34.9	48.6	46.7
0:45	29.8	29.7	36.5	33.8	42.6	39.3	44.2	41.2	52.5	50.8
1:00	30.5	30.4	41.8	38.2	47.2	44.4	48.8	46.5	53.7	52.8
1:15	31.5	31.1	46.7	43.1	50.6	48.6	52.1	50.3	56.8	55.4
1:30	33.4	32.5	50.3	47.5	53.2	51.6	54.4	53.2	56.3	55.9
1:45	36.3	34.8	53.2	51.1	54.7	53.7	55.8	55.1	56.9	56.6
2:00	40.4	38.4	55.1	53.8	55.8	55.3	56.6	56.2	57.1	56.8
2:15	43.5	41.6	56.0	55.1	56.3	56.0	56.9	56.7	57.7	57.3
2:30	46.6	44.9	56.5	56.1	56.7	56.4	57.3	57.1	58.1	58.0
2:45	49.5	48.0	57.1	56.7	57.2	57.1	57.6	57.6	56.7	57.3
3:00	51.7	50.5	57.3	57.0	57.2	57.2	57.5	57.6	58.2	57.8
3:15	53.3	52.4	57.5	57.4	57.4	57.4	57.8	57.7	59.2	58.6
3:30	54.6	54.5	57.7	57.6	58.1	57.8	58.4	58.2	59.1	59.3
3:45	55.5	55.0	58.1	57.9	58.5	58.4	58.9	58.7	59.3	59.3
4:00	55.9	55.6	58.6	58.3	58.7	58.7	59.0	58.9	59.1	59.0

ตารางที่ ผ. 7

ทึน $\frac{3''}{4}$ - 1'', สูง 70 cm. flow rate = 249 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	28.7	28.6	29.4	29.5	28.1	28.9	27.0	28.8	25.2	25.4
0:15	29.0	29.0	28.2	28.5	30.5	28.7	30.9	28.8	48.5	44.3
0:30	29.1	29.1	31.2	29.3	38.1	34.0	39.9	35.7	51.7	49.8
0:45	29.1	29.1	38.1	33.9	45.2	41.4	47.1	43.8	53.6	52.4
1:00	29.2	29.1	44.3	40.1	49.6	47.0	51.3	49.1	55.3	54.3
1:15	30.6	29.6	49.3	45.9	52.4	50.8	53.8	52.5	56.0	55.5
1:30	33.6	32.0	52.3	50.2	54.2	53.2	55.4	54.6	56.8	56.3
1:45	37.9	35.7	54.5	53.1	55.4	54.8	56.3	55.8	57.1	56.7
2:00	42.0	39.7	55.7	54.7	56.1	55.6	56.8	56.5	57.9	57.4
2:15	46.0	43.9	56.3	55.9	56.7	56.4	57.4	57.1	58.2	57.9
2:30	49.2	47.5	57.1	56.6	57.4	57.0	57.9	57.7	59.1	58.6
2:45	51.7	50.5	57.6	57.3	57.9	57.7	58.3	58.2	58.0	58.0
3:00	53.3	52.5	58.0	57.7	57.8	57.8	58.1	58.2	57.9	57.9
3:15	54.6	54.1	58.0	58.0	57.7	57.9	57.9	58.1	57.8	57.9
3:30	55.6	55.2	57.9	57.9	57.7	57.9	57.7	58.0	57.9	57.8
3:45	56.3	56.1	57.8	57.9	57.7	57.8	57.8	57.9	57.6	57.8
4:00	56.7	56.6	57.8	57.8	57.7	57.8	57.8	57.8	58.5	58.2

ตารางที่ ม. 8

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1'', สูง 70 cm. flow rate = 268 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	27.9	27.8	29.2	29.3	27.9	28.7	28.0	28.9	25.4	25.7
0:15	28.2	28.2	29.2	29.3	31.4	29.1	32.3	29.9	47.5	44.1
0:30	28.6	28.5	33.1	30.6	39.7	35.5	41.5	37.5	51.5	49.7
0:45	28.9	28.8	40.6	36.5	46.7	43.3	48.5	45.6	54.4	52.9
1:00	29.9	29.3	46.7	42.5	50.8	48.5	52.4	50.6	55.3	54.7
1:15	32.6	31.2	51.0	48.3	53.3	51.9	54.6	53.6	56.6	55.8
1:30	36.8	34.6	53.7	52.0	54.9	54.1	55.9	55.3	56.9	56.7
1:45	41.4	39.0	55.2	54.2	55.7	55.3	56.5	56.3	57.0	56.7
2:00	45.8	43.6	55.7	55.5	56.1	55.8	56.8	56.6	57.5	57.2
2:15	49.4	47.8	56.3	56.3	56.7	56.5	57.3	57.2	58.0	57.7
2:30	51.8	50.6	57.0	56.7	57.2	56.9	57.7	57.6	58.5	58.2
2:45	53.6	52.9	57.6	57.3	57.6	57.5	58.0	57.9	57.6	57.8
3:00	55.0	54.3	57.8	57.7	57.7	57.6	58.0	58.1	58.6	58.3
3:15	55.9	55.6	57.9	57.8	57.9	57.8	58.2	58.2	58.5	58.4
3:30	56.5	56.3	58.1	58.0	58.2	58.0	58.5	58.5	59.6	59.0
3:45	56.9	56.8	58.4	58.3	58.4	58.3	58.7	58.7	59.0	59.0
4:00	57.1	57.1	58.5	58.3	58.4	58.4	58.6	58.7	58.7	58.7

ตารางที่ ผ. 9

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 70 cm. flow rate = 284 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	29.4	28.9	31.0	30.9	30.2	30.4	30.0	30.4	26.6	29.3
0:15	29.9	29.8	31.0	30.9	33.3	31.1	34.0	31.7	48.9	45.3
0:30	30.1	30.1	34.7	32.3	41.3	37.3	42.9	39.2	52.0	50.6
0:45	30.4	30.3	41.6	37.7	47.4	44.4	49.1	46.5	53.6	52.6
1:00	31.5	30.9	47.8	44.3	51.0	49.1	52.4	51.0	54.9	54.0
1:15	34.4	33.0	51.4	49.2	53.1	51.9	54.1	53.4	55.2	54.8
1:30	39.4	37.3	53.7	52.5	54.5	53.9	55.3	54.9	55.9	55.7
1:45	42.9	40.9	54.6	53.9	55.0	54.5	55.7	55.4	56.1	56.0
2:00	47.0	45.3	55.5	55.0	55.6	55.4	56.2	56.0	55.7	55.7
2:15	49.9	48.6	55.8	55.6	55.8	55.8	56.1	56.1	57.2	56.5
2:30	51.9	50.9	56.0	55.8	56.2	56.0	56.6	56.3	56.9	57.4
2:45	53.3	52.8	56.5	56.2	56.9	56.5	57.2	57.0	58.7	58.0
3:00	54.2	54.0	57.2	56.8	57.6	57.3	57.9	57.7	58.0	58.2
3:15	54.8	54.8	57.7	57.4	57.9	57.8	58.2	58.1	58.1	58.0
3:30	55.4	55.2	57.8	57.7	58.0	57.9	58.1	58.1	58.4	58.3
3:45	55.6	53.4	58.0	58.0	58.1	58.2	58.0	58.1	56.1	56.7
4:00	56.1	55.9	57.6	57.8	57.1	57.5	57.1	57.4	57.8	57.1

ตารางที่ พ.10

ทิน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 70 cm. flow rate = 300 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	29.5	29.3	30.3	30.4	30.9	30.6	30.8	30.9	26.4	28.2
0:15	29.5	29.5	30.7	30.6	34.1	31.8	34.8	32.4	47.7	44.5
0:30	29.7	29.7	35.4	33.0	42.0	38.2	43.6	40.0	52.2	50.4
0:45	30.3	30.1	42.8	38.9	48.3	45.3	49.9	47.3	54.3	53.4
1:00	32.2	31.3	48.8	45.7	52.1	50.2	53.4	52.0	55.6	54.9
1:15	35.7	34.1	52.5	50.4	54.1	53.0	55.2	54.4	56.3	55.8
1:30	40.4	38.3	54.6	53.4	55.3	54.7	56.1	55.8	56.8	56.5
1:45	45.0	43.0	55.8	55.1	56.0	55.6	56.8	56.5	57.7	57.2
2:00	48.8	47.1	56.5	56.1	56.7	56.3	57.3	57.1	57.4	57.2
2:15	51.8	50.7	57.1	56.9	57.1	56.9	57.6	57.5	57.7	57.6
2:30	53.6	52.8	57.4	57.3	57.3	57.2	57.7	57.6	58.2	58.0
2:45	54.9	54.5	57.6	57.5	57.6	57.4	58.0	57.9	59.3	58.8
3:00	55.7	55.6	58.1	57.8	58.4	58.1	58.9	58.6	59.6	59.6
3:15	56.4	56.3	58.7	58.3	59.1	58.8	59.5	59.2	61.0	60.5
3:30	56.7	56.6	59.5	59.0	59.9	59.5	60.3	60.0	61.3	61.0
3:45	57.3	57.1	60.3	59.8	60.6	60.3	61.1	60.8	62.3	61.9
4:00	57.8	57.7	61.1	60.5	61.4	61.1	61.8	61.6	62.5	62.4

ตารางที่ ผ.11

หิน 1" - $1\frac{1}{2}$ " , สูง 70 cm. flow rate = 227 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	27.6	27.5	28.9	28.7	30.5	30.5	32.0	32.0	29.8	29.4
0:15	28.3	27.9	29.6	29.2	31.1	31.0	32.3	31.9	46.9	42.1
0:30	28.8	28.5	30.2	29.8	31.6	31.4	35.8	34.2	50.6	47.5
0:45	29.4	29.1	30.7	30.4	32.9	32.4	40.9	38.7	51.9	50.1
1:00	30.5	30.0	31.9	31.3	35.7	34.8	45.5	43.5	52.9	51.8
1:15	32.0	31.4	33.8	32.9	39.6	38.4	49.0	47.5	54.8	53.4
1:30	34.5	33.2	36.5	35.2	43.6	42.4	51.4	50.4	55.0	54.1
1:45	37.2	35.9	39.8	38.3	47.0	46.1	53.1	52.4	55.9	55.0
2:00	40.6	38.4	42.9	41.1	49.4	48.6	54.1	53.6	55.7	55.4
2:15	42.9	41.3	45.9	44.3	51.4	50.9	54.8	54.4	56.1	55.7
2:30	45.6	43.9	48.5	47.1	53.0	52.6	55.4	55.1	56.5	56.2
2:45	47.8	46.2	50.6	49.4	54.0	53.7	55.9	55.7	57.5	56.7
3:00	49.8	48.3	52.2	51.3	54.8	54.7	56.4	56.3	57.4	57.4
3:15	51.3	50.0	53.3	52.6	55.3	55.2	56.6	56.5	57.1	56.9
3:30	52.0	50.8	54.0	53.4	55.6	55.5	56.7	56.6	57.2	57.0
3:45	52.8	52.1	54.8	54.3	56.1	56.0	57.0	57.0	57.8	57.3
4:00	53.8	53.0	55.4	55.1	56.5	56.5	57.2	57.2	58.0	57.7

ตารางที่ ส.12

หิน 1" - $1\frac{1}{2}$ " , สูง 70 cm. flow rate = 249 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	29.8	29.7	31.2	31.0	31.6	31.6	32.1	32.0	28.7	31.0
0:15	30.3	30.2	31.2	31.0	31.6	31.6	33.4	32.5	49.1	44.6
0:30	30.8	30.4	31.3	31.1	32.4	32.1	38.9	36.7	52.5	50.1
0:45	31.3	31.1	31.9	31.6	34.9	34.1	44.6	42.2	54.2	52.5
1:00	32.6	32.0	33.7	32.9	39.2	37.9	49.2	48.0	55.0	54.1
1:15	34.7	33.8	36.6	35.1	43.6	42.2	52.0	50.7	55.8	54.8
1:30	37.8	36.4	40.2	38.4	47.5	46.3	53.7	53.0	56.1	55.4
1:45	41.2	39.6	44.0	42.1	50.6	49.6	54.8	54.5	56.8	56.1
2:00	44.6	42.9	47.5	45.8	52.7	52.2	55.8	55.5	57.7	57.0
2:15	47.4	45.7	50.3	48.8	54.2	53.8	56.3	56.1	57.8	57.2
2:30	49.5	48.4	52.4	51.3	55.2	55.0	56.7	56.7	58.1	57.4
2:45	51.7	50.3	53.9	53.1	55.9	55.8	57.1	57.1	58.7	58.3
3:00	53.1	52.0	55.1	54.4	56.5	56.4	57.6	57.5	59.0	58.6
3:15	54.1	53.3	55.8	55.3	56.9	56.9	57.9	57.9	59.5	59.0
3:30	55.0	54.3	56.5	56.0	57.3	57.3	58.5	58.5	59.9	59.5
3:45	55.7	55.1	57.0	56.5	57.8	57.8	58.9	58.9	60.0	59.5
4:00	56.2	55.6	57.4	57.1	58.2	58.1	59.1	59.1	60.3	59.9

ตารางที่ ส.13

หิน 1" - $1\frac{1}{2}$ " , สูง 70 cm. flow rate = 268 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	31.4	31.1	32.9	32.7	33.6	33.6	34.1	34.0	29.5	32.4
0:15	32.1	31.8	35.0	32.8	33.6	33.6	34.8	34.1	48.8	44.4
0:30	32.5	32.2	35.2	33.0	34.0	33.8	39.0	37.1	51.8	49.7
0:45	33.0	32.8	35.7	33.4	35.9	35.3	44.2	42.1	53.1	51.4
1:00	34.0	33.5	35.0	34.3	39.4	38.3	48.3	46.7	54.0	52.7
1:15	35.6	34.8	37.1	36.0	43.1	41.8	50.9	49.8	54.7	53.7
1:30	38.3	37.2	40.4	38.8	46.9	45.8	52.8	52.1	55.2	54.2
1:45	41.2	39.9	45.7	42.2	49.7	48.9	54.1	53.6	55.6	55.1
2:00	44.2	42.8	46.8	45.2	51.8	51.3	55.0	54.6	55.7	55.5
2:15	46.8	45.4	49.4	48.0	53.2	53.0	55.5	55.2	56.4	56.1
2:30	49.0	47.7	51.4	50.2	54.3	54.1	56.0	55.7	56.8	56.3
2:45	50.8	49.6	52.9	52.0	55.0	55.0	56.5	56.1	58.1	57.2
3:00	52.2	51.2	54.0	53.3	55.6	55.7	56.9	56.7	59.2	58.1
3:15	53.3	52.4	54.8	54.2	56.1	56.0	57.6	57.3	58.9	58.3
3:30	54.1	53.3	55.5	55.1	56.7	56.6	58.4	58.2	58.7	58.9
3:45	54.9	54.1	56.1	55.6	57.1	57.1	58.6	58.6	58.1	58.1
4:00	55.5	54.8	56.7	56.2	57.6	57.6	58.7	58.7	57.7	57.8

ตารางที่ ๘.14

หิน 1" - $1\frac{1}{2}$ " , สูง 70 cm. flow rate = 284 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	31.6	31.5	31.8	31.8	32.3	32.3	32.8	32.7	28.4	29.9
0:15	31.7	31.6	31.8	31.8	32.3	32.3	34.3	33.3	49.5	45.2
0:30	31.7	31.7	32.2	31.9	33.4	33.0	39.9	37.7	52.2	50.4
0:45	32.3	32.2	33.1	32.5	36.5	35.5	46.0	43.8	54.5	52.9
1:00	33.9	33.5	35.2	34.1	41.0	39.6	50.3	48.7	56.0	54.7
1:15	36.9	35.9	38.9	37.2	46.0	44.6	53.4	52.3	57.0	56.0
1:30	40.7	39.3	43.1	41.0	49.8	48.8	55.2	54.5	56.9	56.4
1:45	44.2	42.8	47.0	45.0	52.7	52.0	56.2	55.8	57.5	57.0
2:00	47.6	46.2	50.3	48.7	54.6	54.2	57.0	56.7	57.9	57.5
2:15	50.2	48.9	52.6	51.3	55.7	55.3	57.2	57.0	57.9	57.7
2:30	52.3	51.3	54.5	53.5	56.6	56.4	57.7	57.6	58.4	58.0
2:45	53.9	53.0	55.7	54.9	57.2	57.0	57.9	57.9	58.3	58.0
3:00	55.1	54.5	56.4	55.9	57.4	57.3	58.0	57.9	58.7	58.5
3:15	55.7	55.2	57.1	56.7	57.8	57.8	58.4	58.5	59.5	59.1
3:30	56.4	56.0	57.5	57.2	58.0	58.1	58.7	58.6	59.2	59.1
3:45	56.7	56.4	57.8	57.5	58.3	58.3	58.8	58.7	59.6	59.2
4:00	57.2	56.9	58.2	57.9	58.6	58.6	59.1	59.1	60.1	59.7

ตารางที่ ผ.15

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , สูง 70 ซม. flow rate = 300 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	30.7	30.6	31.8	31.6	32.1	32.2	32.5	32.4	29.1	31.0
0:15	31.1	31.0	31.8	31.6	32.1	32.2	34.8	33.4	50.9	46.6
0:30	31.5	31.4	31.9	31.6	33.5	33.0	41.2	38.7	54.2	51.4
0:45	32.3	32.0	33.0	32.3	37.0	35.8	47.1	44.9	55.3	53.5
1:00	34.1	33.5	35.6	34.3	42.1	40.6	51.4	49.9	56.4	55.3
1:15	37.2	36.2	39.5	37.6	46.8	45.4	54.0	53.0	56.8	55.6
1:30	41.1	39.5	43.8	41.6	50.6	49.5	55.3	54.8	56.8	55.8
1:45	44.8	43.2	47.7	45.8	53.1	52.4	56.0	55.7	57.1	56.4
2:00	48.1	46.6	50.9	49.3	54.7	54.2	56.6	56.4	57.8	57.3
2:15	50.7	49.4	52.9	51.9	55.7	55.5	57.0	56.8	57.8	57.6
2:30	52.5	51.4	54.6	53.7	56.2	56.1	57.5	57.3	58.0	57.7
2:45	53.8	53.1	55.4	55.0	56.8	56.6	57.8	57.5	58.3	58.0
3:00	55.0	54.3	56.5	56.0	57.6	57.5	58.4	58.3	59.1	58.9
3:15	55.9	55.1	57.2	56.7	58.0	57.9	58.8	58.8	59.4	59.0
3:30	56.5	56.0	57.7	57.3	58.4	58.3	59.0	59.0	58.7	58.8
3:45	57.0	56.6	58.1	57.7	58.7	58.7	59.0	59.1	58.4	58.4
4:00	57.5	57.1	58.5	58.2	58.8	58.9	58.9	59.0	58.2	58.4

ตารางที่ ส.16

หิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 105 ซม. flow rate = 227 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	27.7	27.9	27.8	28.2	28.1	28.0	28.1	28.2	28.1	28.1	28.5	28.2	27.3	27.4
0:15	27.7	27.9	27.8	28.2	28.1	28.0	28.1	28.2	28.1	28.1	29.6	28.8	49.6	48.2
0:30	27.8	27.8	27.6	27.8	27.6	27.7	27.9	28.0	28.3	28.1	37.9	35.9	52.0	51.3
0:45	27.7	27.8	27.6	27.9	27.7	27.7	28.0	28.0	30.6	29.3	45.8	44.3	52.8	52.5
1:00	27.8	27.8	27.6	27.9	27.9	27.7	28.7	28.6	35.5	32.7	49.9	49.0	54.1	54.5
1:15	27.7	27.7	27.6	27.8	28.4	28.0	31.0	30.7	41.9	38.5	52.0	51.8	55.9	55.4
1:30	27.7	27.7	27.7	27.9	29.8	28.8	35.3	34.8	47.0	44.2	53.6	53.4	55.8	55.7
1:45	28.0	27.9	27.9	28.3	32.9	30.9	40.6	40.2	50.5	48.6	54.9	54.9	56.1	56.0
2:00	28.7	28.4	28.9	28.6	37.1	34.4	45.1	44.8	52.5	51.2	55.5	55.5	55.8	55.8
2:15	30.6	29.7	31.5	31.1	41.8	38.5	49.0	48.8	54.3	53.4	56.0	56.1	56.5	56.4
2:30	33.2	32.0	34.7	34.4	46.0	43.6	51.4	51.3	54.9	54.4	56.1	55.9	57.0	56.7
2:45	36.7	35.2	38.8	38.5	49.1	47.5	53.2	53.3	55.5	55.3	56.4	56.2	59.1	58.6
3:00	40.6	38.9	42.7	42.4	51.6	50.2	54.4	54.4	55.7	55.6	57.2	57.0	59.4	59.2
3:15	44.0	42.5	46.2	46.0	53.2	52.2	55.1	55.1	56.1	56.0	58.1	58.1	59.0	59.1
3:30	47.2	45.9	49.2	48.9	54.3	53.7	55.5	55.6	56.7	56.4	58.7	58.7	58.6	58.7
3:45	49.6	48.6	51.3	51.1	55.0	54.6	55.9	56.0	57.4	57.0	58.7	58.8	58.6	58.5
4:00	54.6	51.0	53.1	52.8	55.5	55.3	56.6	56.7	58.1	57.9	58.8	58.8	59.2	59.5

ตารางที่ น.17

พืชม $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, flow rate = 249 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	30.4	30.5	31.1	31.7	32.5	32.4	32.6	32.5	32.3	32.4	33.8	33.6	29.7	31.5
0:15	30.4	30.5	31.1	31.7	32.5	32.4	32.7	32.5	33.1	33.0	34.8	34.3	51.0	49.3
0:30	30.6	30.6	31.8	31.7	32.5	32.4	32.8	32.5	33.6	33.4	40.5	39.1	54.0	53.1
0:45	31.9	31.9	32.1	32.1	32.7	32.4	33.2	33.2	35.4	34.5	47.5	46.1	55.6	55.0
1:00	32.1	32.1	32.3	32.3	33.0	32.8	34.0	33.9	39.5	37.4	52.2	51.4	56.8	56.4
1:15	32.3	32.2	32.4	32.4	33.4	33.1	35.9	35.7	45.1	42.3	54.7	54.2	57.4	57.3
1:30	32.4	32.4	32.5	32.5	34.2	33.6	38.1	37.8	48.3	45.7	55.6	55.4	57.9	57.5
1:45	32.8	32.6	33.0	33.0	37.3	35.7	43.7	43.3	52.8	51.0	57.0	56.8	58.2	58.0
2:00	33.7	33.3	34.1	34.2	41.4	39.3	48.3	48.1	55.1	54.0	57.8	57.6	58.8	58.9
2:15	35.4	34.6	36.1	36.1	45.4	43.2	51.7	51.5	56.4	55.7	58.3	58.0	59.0	58.9
2:30	37.8	36.7	39.3	39.3	49.1	46.9	54.0	53.9	57.2	56.8	58.6	58.4	59.1	59.0
2:45	41.2	39.9	43.0	43.0	52.3	50.5	55.8	55.8	58.0	57.7	58.9	58.8	59.0	58.8
3:00	44.9	43.5	46.9	46.9	54.6	54.3	57.0	57.0	58.6	58.4	58.9	59.0	58.4	58.3
3:15	47.9	46.6	49.6	49.7	55.9	55.1	57.7	57.7	58.9	58.9	58.6	58.6	58.8	58.7
3:30	50.7	49.6	52.3	52.5	57.0	56.4	58.3	58.3	58.9	58.9	58.5	58.5	58.8	58.7
3:45	53.0	52.6	54.3	54.5	57.8	57.3	58.5	58.7	58.6	58.6	58.4	58.4	57.9	58.0
4:00	54.7	54.0	55.7	55.7	58.3	57.8	58.7	58.8	58.5	58.7	58.4	58.5	58.6	58.5

ตารางที่ ส.18

หิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 105 ซม. flow rate = 268 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	31.4	31.4	32.2	32.0	32.5	32.5	32.7	32.7	33.0	33.0	33.7	33.0	29.2	30.4
0:15	31.4	31.4	32.2	32.0	32.5	32.5	32.7	32.7	33.1	33.1	34.3	34.1	51.2	49.
0:30	32.0	32.0	32.5	32.3	32.6	32.6	33.1	33.1	33.7	33.5	42.5	40.7	54.6	53.8
0:45	32.4	32.4	32.5	32.4	32.9	32.7	33.5	33.4	36.7	35.2	49.8	48.7	55.0	54.7
1:00	32.4	32.4	32.5	32.5	33.3	33.0	34.9	34.7	42.8	42.7	53.5	53.0	56.9	56.4
1:15	32.7	32.7	32.7	32.7	34.6	33.8	38.6	38.2	48.6	46.0	55.2	55.0	56.9	56.5
1:30	32.9	32.8	33.1	33.2	37.2	35.6	43.4	42.9	52.7	50.5	56.0	55.9	56.8	56.7
1:45	34.1	33.6	34.3	34.3	41.9	39.6	48.6	48.3	54.6	53.6	56.1	56.5	58.1	58.1
2:00	35.8	35.1	36.7	36.8	46.3	44.0	51.8	51.7	55.6	55.1	57.4	57.2	58.0	58.0
2:15	38.9	37.7	40.2	40.4	50.5	48.1	54.1	54.0	56.5	56.1	57.9	57.6	58.2	58.
2:30	42.8	41.4	44.4	44.4	52.9	51.5	55.5	55.5	57.1	56.9	58.3	58.2	59.0	59.
2:45	46.5	45.0	48.1	48.1	54.7	53.7	56.3	56.3	57.7	57.5	58.9	59.0	59.1	59.
3:00	49.6	48.4	51.1	51.3	55.8	55.1	57.0	57.0	58.0	58.0	59.2	59.0	59.2	59.
3:15	52.1	51.3	53.4	53.4	56.7	56.1	57.6	57.6	58.8	58.5	59.6	59.5	58.6	58.
3:30	54.6	54.0	55.4	55.6	57.6	57.2	58.5	58.5	59.6	59.5	59.5	59.5	59.8	59.
3:45	55.2	54.8	56.0	56.0	58.0	57.6	58.9	58.9	59.7	59.7	59.3	59.4	59.5	59.
4:00	56.1	55.8	56.7	56.7	58.5	58.1	59.3	59.3	59.4	59.5	59.3	59.2	59.5	59.0

ตารางที่ ๘.19

ท่อน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$, flow rate = 284 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	31.2	31.2	31.5	31.6	32.0	32.0	32.4	32.5	32.8	32.7	34.1	33.4	29.4	30.9
0:15	31.2	31.2	31.5	31.6	32.0	32.0	32.4	32.5	33.2	33.2	34.8	34.0	52.2	50.7
0:30	31.2	31.2	31.6	31.6	32.6	32.4	32.9	32.9	33.5	33.4	43.4	41.6	55.7	54.9
0:45	32.0	32.0	32.4	32.4	32.8	32.6	33.4	33.3	37.3	35.5	51.1	50.0	56.4	55.8
1:00	32.2	32.2	32.4	32.4	33.1	33.0	35.2	34.8	43.9	40.9	54.5	54.1	56.5	56.3
1:15	32.5	32.5	33.0	33.0	35.1	34.1	40.1	39.5	50.5	47.9	56.0	55.8	56.7	56.7
1:30	32.9	32.8	33.2	33.2	38.4	36.5	45.2	44.8	53.6	52.1	56.1	56.0	56.9	56.8
1:45	34.3	33.8	34.9	35.0	43.4	41.0	50.2	49.9	55.2	54.7	56.3	56.2	58.2	58.1
2:00	36.8	35.7	37.9	37.9	48.1	45.6	53.1	53.0	55.7	55.4	57.0	56.8	58.5	58.3
2:15	40.8	39.4	43.4	43.4	51.8	50.2	54.9	54.9	56.3	56.1	57.9	57.5	58.5	58.4
2:30	44.9	43.3	46.8	46.8	54.1	53.1	55.8	55.8	57.1	56.9	58.0	58.0	58.8	58.8
2:45	48.7	47.4	50.4	50.4	55.3	54.7	56.5	56.5	57.5	57.5	58.5	58.4	59.0	58.9
3:00	51.6	50.7	52.9	52.9	56.1	55.7	57.1	56.9	57.9	57.8	58.7	58.6	59.1	59.1
3:15	53.6	53.0	54.8	54.8	56.9	56.5	57.7	57.6	58.2	58.2	59.2	59.0	59.3	59.3
3:30	54.9	54.5	55.7	55.8	57.4	57.2	58.1	58.1	58.7	58.7	59.7	59.7	59.8	59.7
3:45	55.7	55.5	56.4	56.4	57.9	57.6	58.3	58.3	59.1	59.0	59.7	59.7	59.8	59.8
4:00	56.6	56.4	57.1	57.1	58.3	58.0	58.8	58.8	59.7	59.5	60.5	60.4	60.1	60.1

ตารางที่ ส.20

หิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 105 ซม. flow rate = 300 มม./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	31.1	31.0	32.0	32.3	34.1	34.1	35.4	35.6	35.6	35.8	31.2	32.0	29.2	29.
0:15	31.1	31.0	32.0	32.2	34.1	34.1	35.4	35.6	35.6	35.8	31.2	32.0	51.9	51.3
0:30	33.6	33.3	34.5	34.5	35.1	35.3	35.4	35.6	35.6	35.8	43.7	42.2	55.3	55.2
0:45	34.0	33.9	35.0	35.1	35.1	35.3	35.4	35.6	36.3	35.8	51.0	50.5	56.7	56.5
1:00	34.3	34.2	35.0	35.1	35.1	35.3	35.4	35.6	44.6	41.4	54.8	54.8	57.1	56.7
1:15	34.4	34.4	35.2	35.1	35.1	35.3	39.4	39.0	50.7	48.1	56.5	56.4	57.6	56.4
1:30	34.7	34.6	35.4	35.5	38.7	36.4	46.2	45.8	54.5	53.1	57.0	57.0	57.6	56.6
1:45	35.0	34.9	35.7	35.7	44.2	41.4	51.0	50.8	56.1	55.5	57.6	57.6	57.7	56.3
2:00	37.3	36.1	38.6	38.6	49.6	47.1	54.4	54.3	57.0	56.7	57.6	57.6	57.7	56.2
2:15	42.0	40.4	43.7	43.7	53.3	51.7	56.2	56.1	57.4	57.3	57.7	57.3	57.7	57.
2:30	46.4	44.7	48.3	48.2	55.2	54.3	56.8	56.9	57.4	57.3	57.7	57.4	58.8	58.
2:45	50.2	40.8	51.7	51.7	56.3	55.8	57.0	57.0	57.4	57.3	58.0	57.9	58.7	58.
3:00	53.0	52.1	54.3	54.3	56.8	56.6	57.2	57.2	57.5	57.5	58.4	58.1	58.1	58.
3:15	54.7	54.2	55.8	55.7	57.2	57.0	57.3	57.4	57.8	57.8	58.4	58.1	57.6	57.
3:30	55.7	55.4	56.6	56.4	57.3	57.1	57.6	57.5	58.0	58.0	58.5	58.4	58.1	57.
3:45	56.3	56.2	56.8	57.1	57.4	57.2	57.8	57.6	57.8	58.0	57.3	57.4	57.6	57.
4:00	56.8	56.7	57.2	57.4	57.8	57.6	57.9	58.0	58.0	57.7	57.7	57.7	57.7	57.7

ตารางที่ ๘.21

ทิม $\frac{3''}{4}$ - 1'', สูง 105 ซม. flow rate = 227 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	32.9	32.8	33.8	33.8	34.3	34.3	34.7	34.7	35.6	35.4	36.5	36.8	31.1	32.5
0:15	33.0	33.0	33.9	33.8	34.2	34.3	35.0	34.8	35.8	35.6	37.4	37.1	50.7	48.9
0:30	33.9	33.8	34.3	34.3	34.8	34.7	35.8	35.6	36.6	36.4	42.7	42.6	54.0	53.3
0:45	34.3	34.2	34.6	34.6	35.2	35.1	36.5	36.1	37.8	37.2	48.3	48.3	55.1	54.7
1:00	34.5	34.4	34.9	34.8	35.5	35.4	36.9	36.7	40.0	38.9	51.8	51.8	55.5	55.4
1:15	34.8	34.6	35.2	35.1	35.9	35.8	38.4	37.8	43.8	41.8	53.9	53.9	56.2	56.1
1:30	35.3	35.1	35.7	35.5	36.8	36.5	40.8	40.1	47.3	45.5	54.8	55.0	57.1	56.7
1:45	35.8	35.6	36.4	36.1	38.0	37.6	43.9	43.0	50.2	48.8	55.9	55.9	57.8	57.8
2:00	36.6	36.2	37.3	36.8	39.5	38.9	46.6	45.4	52.0	50.8	56.7	56.6	58.0	58.0
2:15	37.9	37.5	39.0	38.1	42.1	41.3	49.4	48.5	53.9	53.0	57.6	57.6	58.4	58.4
2:30	39.5	39.0	40.9	39.8	44.6	43.6	51.3	50.8	55.0	54.3	58.0	58.0	58.7	58.7
2:45	41.5	40.9	43.3	42.0	47.1	46.1	53.3	52.5	55.8	55.3	58.3	58.1	58.7	58.6
3:00	43.8	43.3	45.8	44.5	49.5	48.7	54.8	54.2	56.8	56.4	58.7	58.5	59.0	58.9
3:15	45.9	45.4	48.0	46.7	51.4	50.7	55.7	55.2	57.4	57.0	59.0	58.7	59.4	59.4
3:30	48.0	47.6	50.3	49.3	53.3	52.6	56.6	56.2	57.8	57.6	59.2	59.2	59.3	59.3
3:45	50.1	49.5	51.8	51.0	54.3	53.8	57.3	56.8	58.2	58.0	59.1	59.1	59.4	59.3
4:00	51.6	51.2	53.4	52.7	55.5	55.1	57.7	57.6	58.6	58.4	59.0	59.0	59.3	59.2

ตารางที่ ผ.22

หิน $\frac{3}{4}$ - 1", สูง 105 ซม. flow rate = 249 มม./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	32.8	32.6	33.6	33.5	34.0	34.0	34.8	34.7	35.5	35.2	35.4	35.7	30.8	31.2
0:15	32.7	32.7	33.4	33.4	33.9	33.9	34.8	34.6	35.3	35.1	36.6	36.2	51.2	49.6
0:30	33.0	32.9	33.5	33.5	34.1	33.9	34.9	34.8	35.3	35.2	42.9	42.9	54.0	53.3
0:45	33.7	33.7	34.3	34.2	34.8	34.8	35.7	35.6	37.7	36.8	50.0	50.0	55.6	55.5
1:00	33.8	33.8	34.3	34.2	34.8	34.8	36.5	36.1	41.3	39.5	53.1	53.1	55.3	55.1
1:15	34.2	34.1	34.5	34.4	35.3	35.2	38.9	38.2	45.7	43.8	54.8	54.7	55.6	56.4
1:30	34.9	34.5	35.1	34.9	36.6	36.3	42.6	41.5	49.6	47.8	55.9	55.9	55.9	56.8
1:45	36.3	35.2	36.3	35.7	38.7	38.1	46.2	45.1	52.1	51.0	56.6	56.6	55.8	57.5
2:00	38.3	36.5	38.4	37.4	42.0	41.0	49.5	48.8	54.1	53.3	57.4	57.4	55.8	58.6
2:15	40.7	38.4	40.9	39.6	45.1	44.1	51.8	51.3	55.3	54.7	58.0	58.0	55.8	58.7
2:30	43.5	40.9	44.1	42.6	48.3	47.4	53.8	53.4	56.3	55.8	58.8	58.7	55.8	59.6
2:45	46.0	43.6	47.0	45.5	50.6	50.0	55.2	54.8	57.0	56.7	59.1	59.1	55.0	58.9
3:00	48.3	46.2	49.5	48.2	52.6	52.0	56.1	55.8	57.6	57.3	59.3	59.2	55.7	59.5
3:15	50.4	48.9	51.6	50.6	54.1	53.6	56.9	56.6	58.1	58.0	58.9	59.3	55.9	58.1
3:30	51.3	50.7	53.0	52.2	55.2	54.8	57.3	57.2	58.4	58.3	58.4	59.0	55.2	58.3
3:45	52.8	52.5	54.7	54.1	56.5	56.1	58.1	58.1	58.8	58.8	58.8	58.8	55.5	58.5
4:00	54.4	54.1	55.8	55.4	57.2	56.9	58.5	58.4	58.7	58.7	58.5	58.4	55.7	58.7

ตารางที่ น.23

ทิม $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 105 ซม. flow rate = 268 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	33.0	32.9	33.4	33.3	33.8	33.8	34.3	34.5	35.1	35.0	33.7	34.1	30.7	31.1
0:15	32.9	32.9	33.4	33.4	34.0	33.9	34.4	34.5	35.1	35.0	36.5	36.3	52.1	50.7
0:30	33.5	33.4	33.9	33.9	34.5	34.4	35.1	35.0	35.4	35.3	44.2	44.0	54.2	53.9
0:45	34.1	34.0	34.4	34.4	34.9	34.9	35.5	35.5	37.6	36.6	50.2	50.2	56.2	55.7
1:00	34.4	34.3	34.7	34.7	35.3	35.2	36.9	36.5	41.9	40.1	54.1	54.1	57.2	57.1
1:15	34.7	34.6	35.1	34.9	35.8	35.7	39.5	38.7	46.5	44.4	56.0	56.0	57.2	57.2
1:30	35.5	35.1	35.8	35.5	37.2	36.8	43.4	42.2	50.0	48.7	56.7	56.6	57.6	57.3
1:45	36.4	36.0	37.1	36.5	39.7	39.0	47.6	46.4	53.5	52.1	57.1	57.0	57.7	57.6
2:00	38.7	37.5	39.4	38.5	43.1	42.1	51.1	50.1	55.3	54.5	57.6	57.2	57.9	57.7
2:15	41.4	40.5	43.1	41.6	47.4	46.4	54.0	53.4	56.4	56.0	57.4	57.4	58.1	58.0
2:30	43.4	42.0	45.3	43.7	49.3	48.5	55.1	54.6	56.6	56.4	57.5	57.5	58.5	58.4
2:45	46.0	45.1	48.3	46.7	52.0	51.1	55.9	55.6	56.8	56.7	58.0	57.8	58.9	58.6
3:00	48.6	48.0	50.8	49.6	53.7	53.2	56.5	56.1	56.9	56.8	58.6	58.2	59.2	59.2
3:15	51.0	50.7	53.0	52.2	55.1	54.8	56.9	56.6	57.6	57.5	59.0	58.6	59.4	59.4
3:30	52.1	51.9	54.0	53.4	55.7	55.4	57.0	56.8	57.9	57.7	59.2	59.2	59.3	59.2
3:45	53.8	53.5	55.3	54.9	56.5	56.1	57.7	57.6	58.8	58.5	59.4	59.4	59.4	59.3
4:00	54.9	54.7	56.0	55.7	57.0	56.8	58.6	58.1	59.1	58.9	59.4	59.4	59.3	59.3

ตารางที่ ผ.24

ทวน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 105 ซม. flow rate = 284 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	31.3	31.1	32.0	31.9	32.7	32.6	33.2	33.2	33.5	33.3	32.1	32.4	30.3	30.4
0:15	31.3	31.3	32.1	32.1	32.7	32.7	33.0	33.0	33.0	32.9	35.8	35.3	51.5	49.8
0:30	32.0	31.9	32.6	32.6	33.0	33.0	33.2	33.2	33.4	33.0	44.0	43.8	54.4	53.7
0:45	32.7	32.5	33.1	33.1	33.3	33.3	34.1	33.8	38.0	36.3	51.8	51.8	56.4	56.2
1:00	32.9	32.7	33.3	33.8	33.5	33.4	35.9	35.1	42.2	40.1	54.3	54.3	56.9	56.7
1:15	33.4	33.2	33.6	33.5	34.6	34.3	40.2	39.1	47.9	45.8	56.4	56.4	58.1	58.0
1:30	34.4	33.9	34.7	34.2	37.0	36.3	45.0	43.6	51.8	50.2	57.3	57.3	58.1	58.0
1:45	36.7	35.3	37.2	36.1	40.6	39.6	49.3	48.1	54.5	53.4	57.6	57.5	58.3	58.0
2:00	39.0	37.5	40.2	38.6	44.6	43.3	52.6	51.4	56.0	55.2	57.7	57.6	58.3	58.0
2:15	41.9	40.4	43.8	42.0	48.2	47.1	54.7	53.9	56.8	56.4	58.0	57.8	58.5	58.5
2:30	45.2	43.8	47.5	45.7	51.5	50.6	56.0	55.6	57.3	57.1	58.2	58.1	58.9	58.8
2:45	48.7	47.7	51.1	49.8	54.3	53.5	57.0	57.0	57.6	57.6	58.3	58.3	59.1	59.0
3:00	50.7	50.1	53.1	52.0	55.3	54.9	57.5	57.2	58.0	58.0	58.9	58.9	59.3	59.2
3:15	52.7	52.4	54.8	54.1	56.3	56.0	57.8	57.6	58.6	58.5	59.2	59.0	59.2	59.1
3:30	54.0	53.8	55.9	55.5	57.0	56.9	58.3	58.0	58.7	58.7	59.2	59.1	59.1	59.1
3:45	55.5	55.3	56.6	56.4	57.5	57.5	58.7	58.5	59.2	59.1	59.2	59.1	59.1	59.0
4:00	56.3	56.2	57.2	57.1	57.9	57.6	59.0	58.8	59.2	59.1	59.1	59.0	59.0	59.0

ตารางที่ ผ.25

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1" , flow rate = 300 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	33.0	32.9	33.8	33.9	34.3	34.3	34.7	34.6	35.0	34.8	35.4	35.5	31.5	32.5
0:15	33.2	33.1	33.8	33.8	34.2	34.2	34.6	34.5	35.0	34.7	38.8	38.4	52.4	51.0
0:30	33.8	33.7	34.2	34.2	34.6	34.6	35.1	35.0	36.3	35.7	46.5	46.2	54.9	54.4
0:45	34.3	34.2	34.6	34.6	35.0	35.0	36.2	36.0	40.0	38.5	52.2	52.2	56.2	55.9
1:00	34.7	34.5	34.9	34.9	35.6	35.4	38.9	38.0	45.0	43.0	55.0	55.0	57.3	57.0
1:15	35.4	35.0	35.8	35.5	37.1	36.7	43.2	41.8	49.7	48.0	56.5	56.5	57.7	57.6
1:30	36.9	36.1	37.3	36.5	39.9	39.1	47.6	46.2	53.1	51.8	57.3	57.0	58.3	58.1
1:45	39.3	38.0	40.0	38.8	43.7	42.7	51.4	50.3	55.3	54.4	57.7	57.6	58.4	58.4
2:00	42.1	40.6	43.6	41.9	47.6	46.5	54.1	53.3	56.7	56.1	58.2	58.0	58.5	58.5
2:15	45.3	44.1	47.3	45.6	50.9	50.1	55.7	55.3	57.0	56.8	58.4	58.3	58.9	58.9
2:30	48.3	47.4	50.4	49.0	53.4	52.8	56.9	56.6	57.8	57.8	58.6	58.6	59.3	59.2
2:45	51.2	50.5	53.0	51.9	55.3	54.9	57.2	57.0	58.0	58.0	59.2	59.0	59.5	59.5
3:00	52.8	52.6	54.7	54.0	56.4	56.1	57.6	57.5	58.4	58.3	59.3	59.3	59.6	59.5
3:15	54.5	54.2	56.1	55.7	57.3	57.2	58.7	58.6	59.3	59.2	59.5	59.5	59.7	59.7
3:30	55.7	55.5	57.0	56.7	58.0	57.9	58.9	58.9	59.5	59.5	59.6	59.6	59.7	59.6
3:45	57.2	56.9	57.8	57.6	58.5	58.5	59.1	59.0	59.1	59.1	59.2	59.2	59.5	59.5
4:00	57.3	57.1	57.9	57.7	58.5	58.5	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5

ตารางที่ น. 26

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , สูง 105 ซม. flow rate = 227 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	28.9	28.9	28.8	29.2	29.2	29.1	29.3	29.3	29.6	29.6	29.8	30.0	28.8	29.0
0:15	28.9	28.9	28.8	29.2	29.2	29.1	29.3	29.3	29.6	29.6	31.3	30.1	49.6	44.2
0:30	28.9	28.9	28.8	29.2	29.2	29.1	29.3	29.3	50.0	29.9	36.7	33.2	54.1	50.4
0:45	28.9	28.9	28.8	29.2	29.2	29.1	29.3	29.3	32.0	31.5	42.1	38.3	56.1	53.8
1:00	28.9	28.9	28.8	29.2	29.4	29.1	30.6	29.9	35.6	34.6	47.1	43.5	56.2	54.7
1:15	29.0	29.0	28.9	29.2	30.1	29.6	33.0	31.5	40.2	38.9	50.8	48.2	56.3	55.3
1:30	29.3	29.2	29.4	29.5	31.3	30.6	35.9	33.7	44.2	42.9	52.9	51.1	56.5	55.6
1:45	29.9	29.9	30.0	30.0	33.4	32.2	39.7	36.9	47.9	46.7	54.5	53.1	56.9	56.4
2:00	30.9	30.8	31.0	31.0	36.0	34.6	43.3	40.5	50.6	49.7	55.2	54.5	57.0	56.3
2:15	32.5	32.3	32.8	32.8	39.2	37.5	46.5	43.9	52.5	51.9	55.8	55.3	57.0	56.3
2:30	34.7	34.1	35.0	35.0	42.3	40.6	49.1	47.0	53.8	53.4	56.0	55.7	57.7	57.0
2:45	37.1	36.6	37.7	37.7	45.5	43.8	51.2	49.4	54.5	54.3	56.5	55.8	57.7	57.2
3:00	39.9	39.1	40.5	40.5	48.1	46.6	52.8	51.5	55.2	55.1	56.9	56.4	58.0	57.6
3:15	42.5	41.7	43.4	43.4	50.4	48.9	53.9	52.9	55.6	55.6	57.3	56.7	58.4	58.2
3:30	45.2	44.3	46.3	46.2	52.1	51.1	54.9	54.1	56.3	56.2	58.1	57.4	59.7	59.1
3:45	47.2	46.6	48.4	48.4	53.4	52.5	55.5	55.0	56.7	56.7	58.4	57.7	59.2	58.9
4:00	49.0	48.5	50.4	50.4	54.4	53.8	56.1	55.6	57.3	57.3	58.7	58.3	59.2	59.1

ตารางที่ ม.27

ท่อน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , flow rate = 249 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	32.5	32.5	33.2	33.5	34.0	33.9	34.2	34.3	34.9	34.8	35.7	55.7	30.2	32.4
0:15	32.5	32.5	33.2	33.5	34.0	33.9	34.2	34.3	34.9	34.8	36.7	55.8	52.3	46.2
0:30	33.2	33.2	33.6	33.6	34.3	34.1	34.8	34.7	35.8	35.7	40.9	58.2	54.0	51.9
0:45	33.3	33.3	33.8	33.8	34.5	34.3	35.3	35.0	37.7	37.2	45.7	42.7	55.5	54.0
1:00	34.1	34.1	34.4	34.4	35.4	35.0	36.7	36.2	41.5	40.6	50.3	47.5	57.0	56.0
1:15	34.6	34.5	34.8	34.8	36.3	35.7	39.3	37.8	45.3	44.3	53.2	51.2	57.1	56.2
1:30	35.3	35.2	35.6	35.6	38.0	37.2	42.8	40.7	49.4	48.3	54.8	53.7	57.1	56.3
1:45	35.9	35.9	36.6	36.5	40.0	38.9	45.6	43.3	51.7	50.8	55.6	54.9	56.4	56.2
2:00	37.4	37.3	38.0	37.9	42.9	41.5	48.8	46.5	53.7	53.1	56.2	55.8	56.2	56.2
2:15	39.3	39.2	40.0	40.0	45.9	44.4	51.4	49.5	55.0	54.6	56.5	56.2	56.5	56.2
2:30	40.9	40.7	41.8	41.8	47.9	46.5	52.6	51.2	55.0	54.8	56.8	56.3	57.1	56.7
2:45	43.6	43.4	44.6	44.6	50.5	49.3	54.2	53.2	55.7	55.7	56.7	56.5	57.7	57.4
3:00	46.2	46.0	47.5	47.4	52.6	51.6	55.2	54.5	56.2	56.2	57.4	57.0	58.0	58.0
3:15	48.4	48.1	49.4	49.4	53.9	53.2	55.7	55.3	56.7	56.7	57.7	57.4	58.5	58.3
3:30	50.2	49.9	51.5	51.4	54.7	54.2	56.1	55.8	57.1	57.1	58.4	58.0	58.9	58.5
3:45	51.6	51.4	53.2	53.0	55.5	55.5	56.8	56.4	57.8	57.8	58.7	58.5	59.0	58.7
4:00	52.8	52.7	54.2	54.2	56.1	55.7	57.3	56.9	58.3	58.2	59.4	59.0	59.5	59.4

ตารางที่ ส.28

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ ", flow rate = 268 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	31.1	31.2	31.4	31.7	32.1	32.1	32.4	32.5	33.4	33.4	34.4	34.2	30.0	32.2
0:15	31.2	31.3	31.5	31.7	32.3	32.1	32.7	32.6	33.6	33.5	35.8	34.4	50.6	46.2
0:30	31.6	31.5	31.7	31.7	32.7	32.3	33.3	33.2	34.6	34.4	40.7	37.7	53.7	51.4
0:45	31.8	31.8	32.1	32.1	33.0	32.7	34.2	33.7	37.3	36.7	46.1	43.0	55.3	53.7
1:00	32.1	32.0	32.4	32.4	33.6	33.2	35.8	34.7	41.0	39.9	50.0	47.6	56.6	55.3
1:15	32.7	32.6	33.0	33.0	34.8	34.2	38.6	36.8	45.1	44.0	52.7	51.0	56.2	55.8
1:30	33.3	33.3	33.8	33.7	36.8	35.8	42.0	39.7	48.7	47.7	54.3	53.4	56.2	55.8
1:45	34.6	34.4	35.0	35.0	39.4	38.1	45.4	43.0	51.4	50.6	55.0	54.6	56.4	56.0
2:00	36.9	36.5	37.4	37.3	43.0	41.5	49.0	46.8	53.6	53.1	56.3	55.7	57.3	57.1
2:15	39.0	38.7	39.6	39.6	46.0	44.5	51.3	49.5	54.7	54.4	56.8	56.4	57.7	57.5
2:30	41.7	41.4	42.6	42.5	49.0	47.5	53.4	52.0	55.8	55.6	57.5	57.0	58.3	58.1
2:45	43.7	43.4	44.7	44.7	50.6	49.4	54.0	53.0	55.9	55.7	57.8	57.1	58.3	58.1
3:00	46.9	46.6	48.0	48.0	53.1	52.1	55.7	54.9	57.0	57.0	57.7	57.4	58.8	58.6
3:15	48.7	48.4	49.8	49.8	54.1	53.4	56.2	55.6	57.6	57.5	58.2	57.6	59.0	58.7
3:30	51.0	50.8	52.3	52.3	55.6	54.9	57.1	56.8	57.7	57.5	58.7	58.2	59.3	59.2
3:45	52.6	52.3	53.8	53.8	56.5	55.9	57.8	57.4	58.1	58.0	59.1	58.9	59.8	59.5
4:00	53.8	53.5	55.0	55.0	57.1	56.7	58.1	57.9	58.4	58.3	59.3	59.0	59.9	59.6

ตารางที่ ผ.29

ท่อน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , flow rate = 284 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	28.8	29.1	29.9	30.1	29.5	29.5	31.1	31.7	32.0	32.0	33.3	34.3	28.9	31.1
0:15	29.0	29.2	30.0	30.0	29.7	29.5	31.2	31.7	32.4	32.2	35.7	35.1	52.5	47.8
0:30	30.9	30.8	31.7	31.7	33.0	32.4	34.4	34.0	37.0	37.0	43.0	39.5	54.4	52.3
0:45	33.2	33.2	34.1	34.1	36.4	35.7	37.9	37.5	40.7	40.4	48.3	45.5	57.3	55.6
1:00	33.8	33.7	34.7	34.7	37.1	36.4	39.2	38.3	43.7	42.9	51.8	49.5	57.5	56.6
1:15	34.7	34.7	35.7	35.7	38.4	37.7	41.7	40.2	47.5	46.6	54.2	52.8	57.3	56.6
1:30	35.8	35.8	36.9	36.9	40.2	39.3	44.9	42.9	50.9	50.0	55.8	55.0	57.7	57.1
1:45	37.2	37.1	38.1	38.1	42.5	41.3	47.8	45.7	53.3	52.5	56.6	56.1	57.7	57.3
2:00	39.0	38.9	39.9	39.3	45.3	43.8	50.7	48.8	54.9	54.5	57.1	56.7	57.9	57.7
2:15	41.5	41.5	42.3	42.3	48.1	46.7	53.0	51.4	56.0	55.7	57.5	57.0	58.1	57.9
2:30	43.7	43.5	44.8	44.8	50.6	49.3	54.3	53.4	56.5	56.5	57.9	57.4	58.4	58.2
2:45	46.4	46.4	47.4	47.4	52.5	51.4	55.4	54.6	56.9	56.8	58.0	57.6	58.5	58.2
3:00	48.4	48.2	49.6	49.6	53.8	53.3	56.4	55.8	57.4	57.4	58.2	57.8	58.7	58.4
3:15	50.4	50.2	51.6	51.6	55.4	54.7	56.7	56.5	57.6	57.6	58.2	58.0	58.9	58.8
3:30	51.6	51.4	52.6	52.6	55.7	55.1	56.7	56.4	57.5	57.4	58.2	58.2	59.0	58.8
3:45	53.2	53.0	54.2	54.2	56.6	56.1	57.2	57.0	57.9	57.9	58.7	58.5	59.1	59.0
4:00	54.4	54.3	55.4	55.4	57.2	57.0	58.0	57.9	58.9	58.9	59.4	59.1	59.6	59.4

ตารางที่ ส.50

ทึบ $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 227 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	53.4	53.1	54.3	54.3	56.2	55.9	57.0	57.0	57.9	57.5
0:15	38.4	41.2	52.6	53.4	55.5	55.5	56.3	56.7	56.6	56.6
0:30	34.1	35.0	44.5	46.6	54.8	54.9	55.9	56.3	56.6	56.6
0:45	32.4	32.8	36.4	37.8	52.3	52.8	55.2	55.6	56.1	56.2
1:00	31.5	31.5	32.8	33.5	45.9	47.1	53.4	54.3	55.2	55.4
1:15	31.4	31.4	31.9	32.3	39.8	41.2	49.9	51.8	54.1	54.4
1:30	31.2	31.2	31.3	31.5	35.2	36.0	44.2	46.7	51.8	52.6
1:45	31.2	31.2	31.3	31.4	33.4	34.0	39.9	42.4	49.3	50.6
2:00	31.0	31.1	31.0	31.2	32.1	32.2	35.8	37.5	46.8	47.5
2:15	30.6	30.8	30.8	30.9	31.3	31.3	33.2	34.3	42.7	43.5
2:30	30.7	30.7	30.7	30.8	31.2	31.1	32.0	32.6	39.3	40.4
2:45	30.6	30.6	30.5	30.6	30.8	30.8	31.3	31.5	37.8	38.7
3:00	30.6	30.6	30.7	30.7	30.9	30.9	31.1	31.2	36.4	37.1
3:15	30.1	30.2	29.3	30.5	30.7	30.6	30.9	30.9	35.1	35.6
3:30	29.8	29.9	30.1	30.2	30.6	30.6	30.8	30.8	33.3	34.0
3:45	29.5	29.6	29.9	30.1	30.6	30.5	30.7	30.7	32.9	33.6
4:00	29.3	29.4	29.7	29.9	30.6	30.5	30.7	30.8	32.7	33.2



ตารางที่ ผ.31

ทึน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 249 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	56.8	56.7	57.3	57.5	58.1	58.1	58.4	58.5	58.5	58.4
0:15	34.1	36.3	51.7	53.7	57.8	57.8	58.2	58.4	58.2	58.2
0:30	30.2	30.9	39.1	41.8	56.8	56.9	57.9	58.1	58.1	58.1
0:45	29.0	29.1	32.1	33.5	52.4	53.3	57.2	57.6	57.9	57.9
1:00	28.9	29.0	29.7	30.2	44.7	46.4	55.1	56.4	57.4	57.4
1:15	28.4	28.5	29.2	29.6	36.9	38.4	49.9	52.5	56.2	56.6
1:30	28.3	28.4	28.6	28.8	32.0	32.8	42.6	46.1	53.5	54.4
1:45	28.3	28.3	28.3	28.4	29.5	30.0	36.5	39.6	49.1	50.8
2:00	28.3	28.3	28.3	28.4	28.6	29.3	31.9	33.7	43.9	45.9
2:15	28.3	28.3	28.3	28.4	28.5	28.5	29.2	30.4	38.5	40.8
2:30	28.3	28.3	28.3	28.4	28.4	28.4	29.0	29.7	34.7	36.3
2:45	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.4	28.5	28.8	32.4	33.3
3:00	28.2	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.4	28.4	31.1	32.0
3:15	28.2	28.2	28.2	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	30.1	30.9
3:30	28.1	28.2	28.2	28.2	28.2	28.3	28.2	28.3	29.2	30.1
3:45	28.0	28.1	28.0	28.1	28.1	28.1	28.1	28.2	29.0	29.5
4:00	28.0	28.1	28.0	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1	28.5	29.1

ตารางที่ น. 32

หิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 268 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	57.0	56.8	57.4	57.5	58.0	57.9	58.2	58.1	57.9	57.7
0:15	31.7	34.1	50.6	53.1	57.7	57.8	57.7	57.7	57.4	57.5
0:30	28.5	29.6	40.3	43.7	57.2	57.4	57.7	57.7	57.5	57.3
0:45	26.3	26.5	28.6	30.0	49.4	50.7	56.7	57.3	57.5	57.2
1:00	25.8	25.9	26.6	27.0	39.0	41.2	52.6	54.6	56.7	56.7
1:15	25.8	25.8	25.9	26.2	31.8	33.3	45.1	48.6	54.9	55.5
1:30	25.7	25.8	25.9	26.0	27.7	28.3	36.4	39.8	50.7	52.3
1:45	25.9	25.9	25.8	25.9	26.4	26.6	34.7	37.9	48.1	49.5
2:00	25.4	25.4	25.3	25.4	25.3	25.2	33.8	35.9	43.2	45.1
2:15	25.8	25.8	25.5	25.6	25.5	25.5	32.1	32.8	40.6	41.7
2:30	25.8	25.9	25.9	25.9	25.3	25.2	30.4	30.6	36.1	36.4
2:45	26.2	26.1	25.9	26.0	25.7	25.7	28.2	28.4	34.2	34.5
3:00	26.1	26.0	25.8	26.0	25.6	25.4	27.3	27.3	31.6	32.5
3:15	26.1	26.1	26.0	26.0	26.0	25.8	25.6	25.6	29.2	29.7
3:30	25.9	25.9	25.9	25.9	25.6	25.5	25.4	25.4	28.7	29.3
3:45	25.7	25.7	25.8	25.9	25.6	25.5	25.4	25.4	27.6	27.8
4:00	25.6	25.6	25.7	25.8	25.6	25.5	25.4	25.4	27.5	27.8

ตารางที่ น.33

ทึบ $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, สูง 70 cm. flow rate = 284 kg/hr

เวลา hr.	Ta, Tr, °C									
	0 cm.		17.5 cm.		35 cm.		52.5 cm.		70 cm.	
0:00	56.5	56.3	56.7	56.8	57.4	57.1	57.3	57.6	58.1	57.7
0:15	31.7	33.7	48.6	51.3	57.1	57.0	57.1	57.3	57.4	57.2
0:30	27.9	28.3	34.4	37.1	55.0	54.9	56.9	57.1	57.1	57.0
0:45	26.8	26.9	28.5	29.6	47.0	48.6	55.4	56.3	56.8	56.8
1:00	26.3	26.3	26.7	27.3	36.7	38.4	50.0	52.5	55.9	56.2
1:15	26.3	26.3	26.3	26.6	30.5	31.5	41.6	45.2	53.1	54.2
1:30	26.3	26.3	26.1	26.2	27.7	28.1	33.9	37.1	47.2	49.3
1:45	25.2	25.3	25.0	25.2	25.5	25.6	27.8	29.4	40.5	43.3
2:00	24.2	23.5	23.5	24.4	24.3	24.1	25.0	25.8	34.3	36.9
2:15	24.1	23.4	23.0	23.6	25.0	24.5	24.5	25.0	30.7	32.5
2:30	25.3	24.7	24.3	24.6	25.1	24.8	24.8	25.0	29.1	30.6
2:45	24.6	24.1	24.1	24.8	25.0	24.6	24.4	24.5	27.9	29.1
3:00	24.9	24.7	24.9	25.4	25.0	24.8	24.5	24.8	26.8	27.9
3:15	25.0	24.5	24.6	25.6	25.4	25.0	24.8	24.8	26.4	27.0
3:30	25.3	25.0	25.4	26.1	25.7	25.5	25.3	25.1	26.6	27.0
3:45	25.4	25.0	25.1	25.7	26.0	25.6	25.7	25.5	26.5	27.0
4:00	25.5	25.2	25.6	26.0	26.3	25.9	26.1	26.1	26.8	27.0

ตารางที่ ส. 34

ดิน $\frac{1''}{2}$ - $\frac{3''}{4}$, สูง 70 ซม. flow rate = 300 มม./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	57.3	57.1	57.8	57.9	58.4	58.1	58.3	58.5	58.2	57.8
0:15	32.8	34.8	49.3	52.0	57.6	58.0	58.2	58.4	57.9	57.7
0:30	29.2	29.7	35.6	38.2	55.9	56.1	57.9	58.2	58.2	57.8
0:45	28.3	28.4	30.0	30.9	47.7	49.3	56.4	57.3	57.9	57.7
1:00	28.6	28.4	29.2	29.6	41.4	42.7	53.9	55.6	57.8	57.8
1:15	28.2	28.2	28.4	28.6	35.0	36.6	48.6	51.3	56.2	56.4
1:30	28.9	28.6	28.2	28.5	31.1	32.5	42.9	46.0	53.2	54.1
1:45	28.8	28.4	27.5	27.6	28.4	29.1	36.6	39.8	50.5	51.7
2:00	28.8	28.4	28.4	28.7	28.9	29.1	32.9	35.3	45.2	47.1
2:15	29.4	29.2	29.3	29.4	29.2	29.1	32.2	33.6	40.3	41.6
2:30	29.4	29.3	29.4	29.4	29.2	29.2	31.9	32.4	37.6	39.3
2:45	29.0	29.1	29.0	29.2	28.9	28.9	30.1	30.7	35.1	35.8
3:00	28.5	28.2	28.5	28.7	28.1	28.0	29.0	29.0	33.7	34.5
3:15	28.6	28.3	28.3	28.5	28.1	28.2	28.2	28.4	30.6	31.0
3:30	28.5	28.1	28.0	28.0	28.0	28.0	29.1	28.2	29.6	30.1
3:45	28.0	28.1	28.0	28.1	28.0	27.9	28.0	28.0	29.0	29.5
4:00	28.1	28.0	28.1	28.2	28.0	28.0	28.0	28.2	29.0	28.9

ตารางที่ ผ.35

หิน $\frac{3''}{4} - 1''$, สูง 70 ซม. flow rate = 227 มม./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	55.6	55.6	58.5	58.2	58.9	58.9	58.6	58.6	58.6	58.7
0:15	34.8	38.4	57.6	57.8	58.5	58.6	58.1	58.2	58.4	58.6
0:30	31.6	32.7	55.1	55.9	57.9	58.2	57.7	58.0	58.2	58.4
0:45	30.7	31.1	48.1	49.8	56.0	56.7	56.2	56.3	57.4	57.7
1:00	29.6	29.9	41.7	43.6	53.7	55.1	54.4	54.9	56.5	56.9
1:15	29.4	29.5	35.1	36.8	48.9	51.5	50.5	51.5	55.4	55.7
1:30	29.9	29.9	31.7	52.8	43.9	47.1	46.1	47.5	52.9	53.5
1:45	29.8	29.7	29.8	30.5	38.8	42.1	41.1	42.7	49.0	49.6
2:00	29.3	29.3	29.8	29.1	34.6	37.1	36.4	37.7	46.4	47.0
2:15	29.5	29.4	29.4	29.3	32.5	34.2	33.6	34.7	43.9	44.1
2:30	29.1	29.2	29.5	29.5	31.0	32.1	31.8	32.6	41.0	41.4
2:45	29.1	29.2	29.5	29.5	30.3	30.8	30.6	31.1	38.9	39.2
3:00	29.1	29.1	29.5	29.5	30.0	30.2	30.2	30.5	37.2	37.3
3:15	29.0	29.0	29.5	29.5	29.7	29.7	29.7	29.9	36.1	36.1
3:30	28.8	28.8	29.5	29.5	29.6	29.7	29.6	29.7	34.4	34.4
3:45	28.6	28.7	29.4	29.4	29.6	29.6	29.6	29.7	32.7	32.8
4:00	28.5	28.6	29.3	29.3	29.5	29.5	29.5	29.6	31.6	31.6

ตารางที่ ม. 36

ดิน $\frac{3''}{4}$ - 1'', สูง 70 ซม. flow rate = 249 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C.									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	56.7	56.6	57.8	57.8	57.8	57.9	57.7	57.8	58.5	58.2
0:15	35.0	38.2	57.4	57.6	57.8	57.9	57.6	57.7	57.6	57.8
0:30	31.8	32.8	54.4	55.4	57.5	57.8	57.5	57.7	57.5	57.7
0:45	30.8	31.1	47.9	49.7	56.4	57.2	56.8	57.2	57.1	57.3
1:00	28.8	28.9	37.1	39.5	50.4	52.2	51.6	53.2	55.9	55.9
1:15	30.1	30.1	35.1	36.4	48.0	50.9	49.9	51.3	54.0	54.4
1:30	30.3	30.3	32.4	33.1	42.4	45.7	44.6	46.1	50.3	51.1
1:45	30.6	30.5	31.2	31.6	37.9	40.8	40.0	41.4	46.5	46.9
2:00	30.3	30.5	29.4	29.1	32.9	34.8	35.6	37.9	41.4	41.8
2:15	30.3	30.4	28.4	27.4	29.2	30.3	29.5	31.4	37.5	37.7
2:30	29.3	29.3	29.9	29.7	30.7	31.3	31.2	31.8	35.0	35.2
2:45	29.3	29.3	29.9	29.7	30.3	30.5	30.5	30.8	33.3	33.5
3:00	29.3	29.4	29.8	29.6	30.0	30.1	30.1	30.3	32.3	32.8
3:15	29.1	29.2	29.7	29.6	29.9	30.0	30.0	30.2	31.7	32.2
3:30	29.0	29.1	29.6	29.5	29.9	29.9	29.9	30.0	30.8	31.2
3:45	28.9	28.9	29.5	29.2	29.7	29.7	29.7	29.8	30.9	31.1
4:00	28.7	28.8	29.3	29.2	29.6	29.7	29.7	29.7	30.7	30.9

ตารางที่ น.37

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1'', สูง 70 ซม. flow rate = 268 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.	
0:00	57.1	57.1	58.5	58.3	58.6	58.7	58.4	58.4	58.7	58.7
0:15	34.9	38.0	57.7	57.9	58.4	58.6	58.2	58.3	58.4	58.5
0:30	32.3	32.3	53.6	54.8	58.0	58.3	57.9	58.1	58.2	58.4
0:45	30.8	30.9	45.3	47.2	55.8	57.2	56.3	56.7	57.5	57.6
1:00	29.9	29.8	37.0	38.8	50.4	53.6	52.1	53.1	56.3	56.6
1:15	29.2	29.2	33.0	33.5	43.7	47.5	46.1	47.8	52.3	52.8
1:30	29.2	29.3	30.7	31.1	37.9	41.4	40.3	42.0	48.1	48.9
1:45	29.2	29.2	29.9	30.0	33.8	36.3	35.6	36.9	45.3	45.8
2:00	29.1	29.1	28.8	29.2	31.3	32.9	32.7	33.6	42.5	43.0
2:15	29.3	29.4	30.0	29.8	30.8	31.4	31.2	31.8	40.3	40.6
2:30	29.4	29.5	30.0	30.0	30.7	31.1	31.0	31.4	37.6	37.8
2:45	29.4	29.5	29.9	29.9	30.3	30.4	30.4	30.7	36.1	36.5
3:00	29.4	29.5	29.9	29.7	30.2	30.3	30.3	30.5	34.9	34.8
3:15	29.4	29.4	29.5	29.5	30.0	30.0	30.1	30.2	33.0	33.1
3:30	29.4	29.4	29.5	29.5	29.9	30.0	30.0	30.1	32.1	32.0
3:45	29.4	29.4	29.4	29.5	29.7	29.9	29.8	29.9	30.8	31.0
4:00	29.3	29.4	29.4	29.4	29.4	29.5	29.4	29.4	29.9	29.9

ตารางที่ ส.38

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 70 ซม. flow rate = 284 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	56.4	56.4	57.3	57.4	57.0	57.1	57.0	57.0	57.3	57.6
0:15	34.1	36.9	55.3	56.0	56.3	56.9	56.6	57.1	57.6	57.4
0:30	30.9	32.0	51.0	51.5	55.2	56.5	56.6	57.1	55.7	55.5
0:45	31.0	31.3	44.7	46.7	55.4	56.7	56.3	57.0	56.1	56.4
1:00	32.4	32.3	37.1	40.3	52.5	55.1	54.4	55.8	55.6	56.5
1:15	32.4	32.2	32.3	33.0	44.0	48.7	48.6	50.7	51.6	52.6
1:30	30.5	29.7	29.9	30.4	36.6	39.3	38.8	42.2	46.3	47.0
1:45	29.9	29.8	30.5	30.6	34.8	36.5	36.2	37.2	42.6	42.7
2:00	29.4	29.6	30.0	30.2	32.4	33.8	33.4	34.3	38.8	39.3
2:15	29.4	29.5	29.9	30.2	30.9	31.6	31.4	32.0	35.3	35.7
2:30	29.3	29.4	29.9	29.8	30.4	30.6	30.6	30.9	33.5	33.7
2:45	29.3	29.3	29.8	29.8	30.1	30.2	30.3	30.5	32.3	32.4
3:00	29.0	29.1	29.3	29.6	29.8	29.9	29.9	30.0	31.2	31.5
3:15	29.0	29.0	29.3	29.3	29.8	29.8	29.9	30.0	31.0	31.3
3:30	28.6	28.7	29.1	29.2	29.6	29.7	29.8	29.8	30.9	31.0
3:45	28.5	28.6	29.0	29.1	29.4	29.6	29.6	29.7	30.8	30.9
4:00	28.3	28.4	28.7	28.7	28.9	29.0	28.9	28.9	30.0	30.1

ตารางที่ ส.39

ทึบ $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 70 ซม. flow rate = 300 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	48.9	56.4	61.0	60.8	61.7	61.7	61.3	61.2	59.3	60.1
0:15	38.5	41.1	59.6	59.8	60.9	61.0	60.4	60.6	61.1	61.1
0:30	36.1	36.8	55.0	56.2	59.8	60.2	59.5	59.8	60.7	60.9
0:45	31.6	33.0	47.4	49.4	57.4	58.6	57.7	58.3	59.7	60.1
1:00	30.3	30.7	40.5	42.1	52.6	54.8	53.7	54.8	57.7	58.2
1:15	29.8	29.9	35.3	36.3	45.8	48.7	47.6	48.9	53.5	54.3
1:30	29.5	29.7	32.4	32.8	39.9	42.5	41.5	42.9	48.3	49.1
1:45	29.4	29.5	30.7	30.8	35.2	37.1	36.5	37.5	42.8	43.6
2:00	29.5	29.6	29.0	28.5	31.0	32.3	32.0	33.0	41.3	42.1
2:15	25.7	26.6	25.7	25.6	26.6	27.2	26.9	28.1	40.1	40.6
2:30	26.9	27.1	27.2	26.7	27.2	27.3	27.2	28.5	38.3	37.7
2:45	27.4	27.7	29.8	28.0	27.5	27.7	27.6	28.9	35.6	35.6
3:00	29.2	29.2	30.3	30.0	29.1	28.7	28.9	29.7	33.5	32.9
3:15	28.8	28.9	28.4	28.3	28.4	27.8	27.3	28.2	31.6	31.7
3:30	28.3	28.4	29.0	28.5	28.5	28.5	28.6	29.0	30.5	30.5
3:45	28.3	28.4	29.0	28.5	28.5	28.5	28.4	29.0	29.7	29.7
4:00	29.0	29.1	29.1	29.4	29.2	29.3	29.3	29.4	29.5	29.3

ตารางที่ ส.40

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , สูง 70 ซม. flow rate = 227 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	53.8	53.0	55.4	55.1	56.5	56.5	57.2	57.2	58.0	57.7
0:15	37.5	39.7	50.7	52.5	55.5	56.0	56.7	57.0	57.2	57.2
0:30	34.4	35.1	43.8	46.5	53.1	54.4	56.1	56.4	56.7	56.8
0:45	33.4	33.5	38.2	40.3	48.7	51.1	54.9	55.5	56.0	56.3
1:00	32.8	33.3	35.3	36.6	44.0	46.7	52.5	53.6	54.9	55.5
1:15	33.0	32.8	33.8	34.4	39.6	42.1	49.0	50.7	52.8	53.9
1:30	31.7	31.2	32.8	33.1	36.3	38.7	45.7	47.5	49.1	50.6
1:45	28.2	27.6	30.4	30.1	31.2	31.7	37.6	40.4	44.9	43.9
2:00	29.4	28.5	30.6	30.3	30.7	31.1	35.6	38.4	44.1	45.9
2:15	29.5	29.4	30.1	30.1	30.2	30.2	32.6	35.5	41.6	42.8
2:30	31.4	30.2	30.0	30.0	30.2	30.2	32.5	35.0	38.7	40.6
2:45	31.0	30.1	30.4	30.2	30.2	30.2	32.1	35.0	37.9	38.5
3:00	31.5	30.7	31.7	31.0	30.9	30.7	31.4	32.5	35.2	36.0
3:15	29.6	29.1	31.2	30.0	30.3	29.9	30.5	31.7	34.4	34.6
3:30	28.6	28.4	31.2	30.0	29.9	29.9	30.8	30.8	33.4	34.2
3:45	28.8	28.8	31.2	30.1	30.1	30.2	30.0	30.1	31.4	32.9
4:00	28.7	28.7	30.8	29.8	29.9	29.9	29.8	30.0	31.1	32.5

ตารางที่ ส.41

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , สูง 70 ซม. flow rate = 268 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	56.2	55.6	57.4	57.1	58.2	58.1	59.1	59.1	60.3	59.9
0:15	36.6	39.2	51.6	54.0	57.1	57.7	58.4	58.8	59.3	59.3
0:30	33.2	34.0	42.9	46.2	53.9	55.6	57.6	58.0	58.5	58.7
0:45	31.9	32.2	36.9	39.1	48.3	51.1	55.6	56.6	57.4	58.0
1:00	31.7	32.0	33.7	35.0	42.2	45.4	52.3	53.7	56.1	57.0
1:15	31.5	31.7	32.4	33.0	37.6	40.1	47.7	49.5	53.5	55.0
1:30	31.5	31.5	31.8	32.2	34.8	36.5	43.0	44.9	50.1	52.3
1:45	30.8	30.7	31.4	31.7	33.0	33.4	37.5	38.7	46.6	49.3
2:00	29.6	29.6	30.8	31.2	32.0	32.0	34.5	35.7	43.7	46.3
2:15	30.1	30.1	30.9	31.2	31.7	31.6	33.1	33.8	40.8	43.2
2:30	30.4	30.4	31.2	31.5	31.7	31.7	32.4	32.9	39.1	41.0
2:45	30.9	30.7	31.1	31.4	31.5	31.4	31.9	32.0	38.0	38.6
3:00	31.3	31.2	31.1	31.2	31.4	31.1	31.3	31.2	36.9	37.8
3:15	31.2	31.3	30.7	30.7	30.7	30.5	30.4	30.4	35.1	35.8
3:30	31.5	31.5	31.2	31.3	31.3	31.1	31.0	31.1	34.1	34.7
3:45	31.2	31.4	30.8	30.6	30.5	30.4	30.2	30.4	32.3	32.8
4:00	31.2	31.3	31.3	31.3	31.3	31.4	31.3	31.4	32.1	32.6

ตารางที่ ส.42

หิน 1" - 1 $\frac{1}{2}$ " , สูง 70 ซม. flow rate = 284 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	57.2	56.9	58.2	57.9	58.6	58.6	59.1	59.1	60.2	59.7
0:15	35.7	38.0	50.0	52.9	57.1	57.7	58.3	58.5	58.8	58.9
0:30	33.0	33.6	40.6	43.7	52.4	54.7	57.4	57.9	58.4	58.5
0:45	32.0	32.4	35.5	37.4	46.1	49.4	55.1	56.4	57.7	58.1
1:00	31.4	31.5	32.8	33.8	39.6	42.6	50.1	52.1	55.0	56.1
1:15	31.3	31.5	32.1	32.3	35.5	37.6	44.6	47.0	51.5	53.7
1:30	31.3	31.5	31.6	31.8	33.3	34.4	39.4	41.3	46.7	49.0
1:45	31.3	31.5	31.6	31.6	32.4	33.1	36.3	37.7	42.9	45.7
2:00	31.9	32.1	31.6	31.7	32.3	32.6	34.4	35.2	39.8	42.2
2:15	32.0	32.2	31.8	31.9	32.3	32.6	33.6	34.0	39.1	40.9
2:30	31.8	31.9	31.6	31.6	31.7	31.8	32.4	32.7	36.0	37.5
2:45	31.8	31.9	31.5	31.5	31.4	31.5	31.6	32.2	35.0	36.0
3:00	32.1	32.1	31.8	31.6	31.6	31.9	31.7	32.2	34.9	36.0
3:15	31.9	32.1	31.7	31.8	31.7	31.9	31.8	32.1	34.8	35.3
3:30	31.6	31.7	31.6	31.6	31.5	31.4	31.4	31.6	33.6	33.7
3:45	31.6	31.7	31.6	31.6	31.5	31.5	31.6	31.7	33.2	33.6
4:00	31.0	31.1	30.9	30.9	30.8	30.7	30.9	30.9	31.7	32.0

ตารางที่ ส.43

หิน 1"- $\frac{1}{2}$ " , สูง 70 ซม. flow rate = 300 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C									
	0 ซม.		17.5 ซม.		35 ซม.		52.5 ซม.		70 ซม.	
0:00	57.5	57.1	58.5	58.2	58.8	58.9	58.9	59.0	58.2	58.4
0:15	36.1	38.7	51.2	54.1	57.8	58.4	58.7	58.9	58.3	58.3
0:30	32.9	33.5	41.3	44.7	53.3	55.6	58.0	58.5	58.3	58.3
0:45	32.0	32.2	35.5	37.6	46.5	49.8	55.4	56.7	57.5	58.0
1:00	31.3	31.4	32.9	33.7	39.7	42.8	50.4	52.4	54.8	56.0
1:15	31.7	31.6	32.0	32.4	35.7	38.0	45.3	47.5	51.8	53.8
1:30	31.4	31.4	31.4	31.5	33.1	34.3	39.7	41.8	47.7	49.9
1:45	31.4	31.4	30.9	31.1	31.8	32.5	36.0	38.1	42.8	45.4
2:00	33.6	33.5	31.7	31.7	32.3	32.7	34.7	36.1	41.7	42.1
2:15	33.4	33.4	31.9	32.1	32.5	32.9	34.1	35.2	39.0	40.7
2:30	32.1	32.0	31.8	31.8	32.1	32.3	33.0	33.8	37.9	39.2
2:45	30.7	30.6	31.4	31.1	31.2	31.1	31.3	31.6	36.8	36.7
3:00	32.8	32.7	31.3	31.4	31.8	32.1	32.9	33.6	35.2	35.8
3:15	32.9	32.8	31.2	31.4	31.8	32.3	33.0	33.7	32.7	33.1
3:30	32.3	32.2	31.2	31.3	31.8	32.3	33.0	33.7	32.3	32.6
3:45	31.8	31.7	30.8	30.8	31.2	31.6	32.2	32.5	31.5	31.9
4:00	30.7	30.8	30.5	30.6	30.9	31.2	31.5	31.9	31.9	32.1

ตารางที่ ผ.44

หิน $\frac{1''}{2}$ - $\frac{3''}{4}$, flow rate = 227 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	51.6	51.0	52.8	53.1	55.5	55.3	56.6	56.7	58.1	57.9	58.8	58.8	59.2	59.6
0:15	36.2	37.7	48.1	49.6	54.4	54.5	55.6	56.0	57.2	57.2	58.6	58.6	58.6	58.6
0:30	33.4	34.0	39.9	41.6	53.0	52.9	54.7	55.3	56.3	56.4	58.0	57.9	58.3	58.3
0:45	32.5	32.7	34.9	36.1	49.5	49.8	53.7	54.4	55.7	55.8	57.2	57.3	58.0	58.0
1:00	32.2	32.2	33.1	33.6	43.9	45.0	51.5	52.9	55.1	55.2	56.6	56.9	57.6	57.7
1:15	31.9	32.0	32.2	32.5	38.4	39.3	47.5	49.5	53.6	53.9	56.1	56.5	57.1	57.2
1:30	31.3	31.3	30.9	31.1	33.5	33.9	41.2	43.3	49.6	51.2	55.6	55.5	55.4	56.8
1:45	29.5	29.0	29.1	29.9	31.3	31.5	36.0	37.8	45.2	47.8	54.3	54.7	54.3	54.8
2:00	30.1	30.1	29.8	30.1	29.8	30.5	33.0	34.7	41.9	45.2	54.1	54.0	53.5	54.2
2:15	29.0	28.7	28.7	29.8	30.1	29.8	31.1	31.2	35.9	38.9	49.8	49.9	50.5	52.0
2:30	29.9	30.1	31.0	30.6	31.2	31.1	31.5	31.2	33.7	36.0	48.3	48.6	49.7	51.4
2:45	32.0	31.3	30.4	31.1	31.0	31.6	31.4	31.4	33.3	35.2	43.3	43.9	46.0	47.9
3:00	31.3	31.1	31.2	30.6	31.2	30.9	31.3	30.9	31.8	33.2	39.5	41.6	43.1	45.3
3:15	31.2	31.3	31.5	31.2	30.9	30.9	31.1	30.9	31.4	32.3	37.5	38.0	40.4	43.7
3:30	30.8	30.9	31.3	31.5	31.3	31.3	31.4	31.1	32.7	32.9	36.6	37.9	39.8	42.3
3:45	31.0	1.0	31.4	31.3	31.4	31.3	31.5	31.7	32.7	32.4	35.7	36.5	38.7	39.7
4:00	30.5	30.6	30.9	31.1	31.8	31.7	31.7	31.6	32.6	32.9	35.6	35.6	37.0	38.8

ตารางที่ ผ.45

ท่อน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$, flow rate = 249 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	54.7	54.0	55.7	55.7	58.3	57.8	58.7	58.8	58.5	58.7	58.4	58.5	58.6	58.5
0:15	36.6	38.2	50.1	52.0	57.2	57.3	58.2	58.5	58.5	58.7	58.4	58.5	58.2	58.1
0:30	33.3	34.0	40.5	42.9	55.6	55.8	57.5	57.9	58.3	58.4	58.4	58.5	58.1	57.9
0:45	32.8	32.9	35.1	36.3	51.5	52.4	56.4	57.2	58.3	58.4	58.4	58.4	58.1	57.9
1:00	32.5	32.5	33.1	33.5	44.6	46.0	53.8	55.3	57.5	57.8	58.4	58.4	58.1	57.9
1:15	32.1	32.1	32.3	32.7	38.4	39.5	48.7	51.1	55.8	56.4	58.1	57.6	57.6	57.7
1:30	32.1	32.1	32.2	32.5	34.8	35.2	42.6	45.5	52.5	53.9	57.9	57.5	57.3	57.4
1:45	32.0	32.0	32.0	32.2	33.0	33.2	37.6	39.8	47.4	49.6	57.4	57.2	56.8	57.1
2:00	32.1	32.1	32.0	32.2	32.5	32.5	34.2	35.5	41.9	44.5	55.5	55.5	56.1	56.7
2:15	31.9	31.9	31.9	32.1	32.0	32.1	32.7	33.4	37.4	39.9	51.9	51.9	54.8	55.6
2:30	31.5	31.6	31.5	31.8	31.7	31.4	31.7	31.8	34.0	35.6	47.8	47.9	51.6	53.3
2:45	31.8	31.8	31.7	31.8	31.7	31.5	31.5	31.5	32.6	33.5	43.4	43.2	48.1	50.3
3:00	31.9	32.0	31.8	31.8	31.6	31.5	31.5	31.5	32.0	32.6	39.8	39.8	44.4	47.0
3:15	32.0	32.0	31.9	31.9	31.8	31.7	31.6	31.5	31.8	32.1	36.7	37.2	40.6	43.0
3:30	32.0	32.0	32.0	32.1	31.9	31.7	31.6	31.4	31.5	31.6	35.1	35.5	37.0	40.0
3:45	31.9	32.1	31.9	32.1	32.0	31.9	31.9	31.7	31.7	31.8	33.9	33.9	35.8	37.4
4:00	31.5	31.6	32.1	32.3	32.2	32.0	31.8	31.7	31.7	31.8	33.6	33.6	35.2	36.4

ตารางที่ น.46

ท่อน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$, flow rate = 268 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	56.1	55.8	56.7	56.7	58.5	58.1	59.3	59.3	59.4	59.5	59.3	59.2	59.5	59.4
0:15	37.2	39.1	51.6	53.5	57.6	57.6	58.6	58.9	59.4	59.5	59.3	59.2	59.0	58.9
0:30	34.0	34.7	40.9	43.3	56.5	56.6	57.9	58.2	59.0	59.1	59.3	59.2	58.8	58.8
0:45	33.0	33.2	35.2	36.4	51.5	52.5	56.9	57.5	58.6	58.6	59.3	59.2	58.8	58.8
1:00	32.7	32.7	33.3	33.8	44.0	45.3	53.8	55.3	57.8	58.0	59.3	59.2	58.8	58.8
1:15	32.5	32.5	32.7	33.0	37.9	39.0	48.1	50.9	55.8	56.7	58.5	58.5	58.7	58.8
1:30	32.2	32.3	32.6	32.7	34.7	35.3	42.0	44.8	52.7	54.0	57.1	57.1	57.8	58.1
1:45	32.5	32.4	32.5	32.5	32.7	33.0	36.4	38.2	45.5	48.1	55.6	55.6	57.5	57.8
2:00	31.9	31.9	31.9	32.1	31.9	31.9	33.4	34.4	41.8	44.5	54.8	54.8	56.5	57.3
2:15	32.2	32.1	32.1	32.2	32.0	31.4	32.0	32.6	35.8	38.0	50.8	51.0	53.9	55.2
2:30	31.3	31.4	31.3	31.5	31.6	31.3	31.6	31.8	34.6	37.0	45.8	48.7	50.0	52.1
2:45	31.5	31.3	31.6	31.5	31.2	31.2	31.4	32.0	33.2	37.0	39.7	44.1	45.8	47.9
3:00	31.3	31.3	31.7	31.6	31.4	31.4	31.4	31.8	33.1	36.8	37.6	41.2	42.8	46.2
3:15	31.7	31.7	31.7	31.7	31.4	31.3	31.2	31.3	31.7	32.5	36.0	36.6	40.2	42.4
3:30	31.5	31.6	31.6	31.7	31.4	31.3	31.3	31.3	31.6	32.0	34.2	36.5	38.7	41.6
3:45	31.1	31.2	31.4	31.6	31.9	31.8	31.8	31.8	31.9	32.0	33.6	34.9	37.9	40.1
4:00	30.8	31.0	31.2	31.3	31.7	31.6	31.7	31.7	31.8	32.0	33.4	34.7	36.8	39.1

ตารางที่ ส.47

ท่อน $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$, flow rate = 284 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	56.6	56.4	57.1	57.1	58.3	58.0	58.8	58.8	59.7	59.5	60.5	60.4	60.1	60.1
0:15	36.9	38.7	50.9	53.1	57.6	57.6	58.1	58.4	59.1	59.1	60.1	60.1	60.1	60.1
0:30	33.8	34.2	39.1	41.3	55.8	56.1	57.6	58.0	58.6	58.7	59.5	59.6	60.1	60.0
0:45	33.1	33.1	34.5	35.4	49.3	50.6	56.3	57.1	58.2	58.3	59.2	59.2	59.8	59.9
1:00	32.5	32.6	33.1	33.4	41.3	42.7	51.9	54.0	57.1	57.5	58.6	58.6	59.1	59.2
1:15	32.5	32.6	32.7	33.0	37.4	38.5	47.5	50.2	55.5	56.5	58.4	58.2	58.8	59.0
1:30	33.8	33.5	31.4	31.6	33.0	33.3	38.4	40.9	48.5	51.1	57.7	57.2	58.4	58.5
1:45	31.3	31.4	31.3	31.4	29.2	29.4	31.4	33.2	40.8	44.8	56.7	56.6	57.1	57.4
2:00	33.2	32.8	32.5	32.7	30.5	30.6	32.0	32.5	37.8	41.4	54.7	54.6	56.9	57.1
2:15	34.1	33.9	33.2	32.6	30.6	30.9	32.4	33.3	34.4	36.9	47.7	47.3	51.2	53.4
2:30	32.1	31.5	30.6	30.2	30.1	30.5	31.4	31.6	33.0	35.0	43.0	43.9	49.2	51.6
2:45	31.3	30.8	30.3	31.2	29.7	30.0	30.8	31.1	31.9	33.7	39.1	39.7	43.8	46.9
3:00	31.9	31.9	30.8	30.3	30.5	30.2	30.3	30.7	31.0	32.2	34.7	36.0	38.9	41.4
3:15	30.8	30.5	30.2	29.8	30.5	30.6	31.1	31.6	32.3	33.3	33.9	34.8	36.6	38.5
3:30	30.9	30.5	30.2	30.0	30.6	30.7	30.8	31.1	31.8	32.7	33.6	33.6	34.9	36.5
3:45	31.4	31.2	31.1	30.7	31.0	31.4	31.5	31.8	32.6	32.4	33.2	33.5	34.3	35.2
4:00	31.4	31.3	31.4	31.1	31.4	31.4	31.6	31.8	32.3	32.4	33.2	33.5	34.2	34.0

ตารางที่ ผ.48

พิน $\frac{1''}{2} - \frac{3''}{4}$, อัตราการไหลของอากาศ = 300 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	56.8	56.7	57.2	57.4	57.8	57.6	57.9	58.0	57.7	58.0	57.7	57.7	57.7	57.7
0:15	37.5	39.2	51.5	53.6	57.4	57.4	57.6	57.8	57.7	57.9	57.5	57.5	57.4	57.4
0:30	34.7	35.1	39.9	42.2	55.6	56.1	57.2	57.5	57.7	57.9	57.5	57.5	57.3	57.4
0:45	33.9	33.9	35.4	36.3	49.9	51.0	56.1	56.9	57.5	57.8	57.5	57.9	57.3	57.4
1:00	33.8	33.8	34.1	34.3	41.8	43.3	52.2	54.3	57.2	57.7	57.4	57.5	57.3	57.4
1:15	31.2	31.8	33.0	33.3	36.6	37.2	43.6	46.0	51.5	52.4	56.5	56.5	56.4	56.5
1:30	30.7	30.9	32.6	32.8	34.0	33.9	36.6	36.5	43.7	46.5	55.6	55.6	55.7	56.5
1:45	31.1	30.8	32.6	32.8	33.8	33.9	36.0	37.0	43.1	45.7	53.6	53.6	55.2	56.0
2:00	32.2	32.3	32.2	32.3	33.6	33.8	34.7	35.5	38.9	41.1	52.8	52.8	54.4	55.6
2:15	32.3	32.2	32.1	32.1	33.6	33.8	34.1	34.4	38.2	38.7	47.4	47.4	50.9	52.9
2:30	32.4	32.3	32.2	32.1	33.5	33.6	34.1	34.3	37.0	37.7	44.7	44.7	47.0	49.8
2:45	32.1	32.1	32.0	32.0	33.2	33.3	33.9	34.2	35.5	35.9	40.0	40.1	44.2	47.6
3:00	32.1	32.0	31.9	31.9	32.9	33.0	33.1	34.3	34.4	34.7	38.8	38.9	43.0	45.1
3:15	31.5	31.5	31.7	31.7	31.8	31.9	32.0	32.2	34.0	34.2	37.0	37.1	40.3	41.7
3:30	31.3	31.3	31.3	31.4	31.8	31.8	31.9	32.1	34.0	34.2	36.0	36.9	39.1	40.1
3:45	30.9	30.9	31.0	31.1	31.5	31.6	31.8	32.0	33.1	33.2	34.4	34.4	36.5	37.2
4:00	30.5	30.6	30.8	30.9	31.3	31.4	31.7	31.9	33.0	33.1	33.9	33.9	35.4	35.6

ตารางที่ น.49

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1'' , flow rate = 227 kg hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	51.6	51.2	53.4	52.7	55.5	55.1	57.7	57.6	58.6	58.4	59.0	59.0	59.3	59.2
0:15	38.7	38.8	48.9	50.1	53.5	54.0	56.5	57.1	58.1	58.1	58.7	58.9	58.9	58.9
0:30	36.8	36.9	44.4	45.7	51.9	51.9	55.6	56.4	57.6	57.7	58.5	58.8	58.5	58.6
0:45	35.9	35.9	39.8	40.7	48.3	49.1	54.6	55.3	57.0	57.0	58.5	58.8	58.5	58.6
1:00	34.9	35.0	36.7	37.3	43.8	44.8	52.1	53.3	55.8	56.0	57.7	58.0	58.1	58.1
1:15	34.8	34.8	35.8	36.0	40.1	41.0	49.7	50.8	54.4	54.9	57.6	57.7	58.0	58.0
1:30	34.4	34.5	35.0	35.2	37.5	38.2	46.7	47.3	52.1	52.6	57.3	57.3	57.7	57.8
1:45	34.3	34.3	34.4	34.5	35.9	36.5	41.9	43.8	49.4	50.6	55.0	55.6	56.6	56.9
2:00	34.2	34.2	34.2	34.3	35.2	35.5	39.6	40.8	46.3	47.7	54.1	54.9	56.0	56.4
2:15	34.1	34.2	34.2	34.3	34.9	35.0	37.6	38.5	43.1	44.6	50.9	52.1	54.3	54.7
2:30	34.0	34.0	34.1	34.2	34.5	34.7	36.2	37.0	40.8	42.1	49.6	51.2	53.4	54.0
2:45	33.9	33.8	33.9	34.1	34.4	34.5	35.3	35.9	38.4	39.5	46.3	47.6	49.9	50.7
3:00	33.7	33.7	33.6	33.7	34.1	34.1	34.7	35.2	36.9	37.6	44.5	46.0	48.8	49.5
3:15	33.5	33.5	33.6	33.6	34.0	34.0	34.4	34.8	35.9	36.4	41.0	42.0	45.7	46.6
3:30	33.0	33.0	33.3	33.5	33.9	33.9	34.0	34.5	35.3	35.6	40.1	40.9	44.3	45.2
3:45	32.8	32.8	33.0	33.2	33.6	33.6	33.8	34.2	34.9	35.0	37.8	38.5	41.5	42.4
4:00	32.3	32.3	32.5	32.6	33.0	33.0	33.4	33.8	34.2	34.5	36.5	37.4	40.3	41.0

ตารางที่ ส.50

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 105 ซม. flow rate = 249 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	54.4	54.1	55.8	55.4	57.2	56.9	58.5	58.4	58.7	58.7	58.5	58.4	58.7	58.7
0:15	39.2	39.4	51.9	53.1	56.3	56.5	58.1	58.4	58.7	58.7	58.5	58.4	58.7	58.7
0:30	36.8	36.8	44.8	46.4	53.2	54.6	57.5	58.0	58.7	58.7	58.5	58.4	58.6	58.6
0:45	35.6	35.6	39.6	40.6	49.1	50.5	56.2	57.1	58.3	58.4	58.5	58.4	58.6	58.6
1:00	35.1	35.1	36.8	37.2	43.7	44.9	53.7	55.0	57.4	57.6	58.4	58.4	58.6	58.6
1:15	35.0	35.1	45.6	35.8	39.5	40.4	50.1	51.4	55.7	56.3	58.4	58.4	58.5	58.5
1:30	34.8	34.8	35.1	35.2	36.7	37.2	46.0	46.7	52.4	53.7	57.2	57.4	58.2	58.3
1:45	34.7	34.8	34.8	34.9	35.8	35.8	41.8	43.1	49.3	50.9	56.4	57.2	57.4	57.7
2:00	34.6	34.6	34.7	34.8	35.1	35.3	38.4	39.4	44.8	46.7	53.5	54.5	56.7	57.1
2:15	34.3	34.4	34.6	34.7	34.9	35.0	36.9	37.6	42.0	43.6	51.6	52.7	55.1	55.7
2:30	34.2	34.3	34.5	34.6	34.7	34.9	35.9	36.3	39.3	40.5	48.2	49.6	52.8	53.6
2:45	34.1	34.1	34.2	34.2	34.6	34.8	35.3	35.6	37.9	38.7	45.6	46.9	49.7	50.7
3:00	33.8	33.8	34.0	34.1	34.5	34.5	34.8	35.2	36.3	36.8	43.7	44.8	46.7	47.7
3:15	33.6	33.6	33.8	33.9	34.1	34.4	34.7	34.9	35.6	35.9	39.6	40.4	44.0	45.0
3:30	33.4	33.5	33.4	33.5	33.9	33.9	34.3	34.6	35.1	35.3	38.1	38.9	41.9	42.8
3:45	33.1	33.1	33.1	33.1	33.4	33.5	34.0	34.2	34.6	35.0	37.0	37.4	40.0	40.7
4:00	32.9	32.9	33.0	33.0	33.0	33.1	33.5	35.8	34.0	34.3	36.1	36.6	38.9	39.2

ตารางที่ น.51

ท่อน $\frac{3}{4}$ - 1", flow rate = 268 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	54.9	54.7	56.0	55.7	57.0	56.8	58.6	58.1	59.1	58.9	59.4	59.4	59.3	59.3
0:15	39.6	39.8	52.5	53.7	56.2	56.6	57.5	58.1	58.7	58.7	59.2	59.4	59.3	59.3
0:30	35.8	35.9	43.7	45.2	53.3	54.2	56.7	57.4	58.1	58.1	58.9	59.2	59.0	59.0
0:45	34.9	35.0	38.6	39.6	48.4	49.6	55.7	56.5	57.6	57.6	58.7	59.0	59.0	59.0
1:00	34.7	34.8	36.0	36.4	42.1	43.3	52.5	53.7	56.5	56.8	58.2	58.7	58.7	58.8
1:15	34.4	34.4	35.0	35.2	38.0	39.0	48.2	49.4	54.2	55.1	57.3	57.3	58.1	58.3
1:30	34.3	34.2	34.3	34.6	36.5	36.6	44.0	45.1	50.7	52.1	57.0	57.6	57.8	57.9
1:45	34.3	34.3	34.3	34.5	35.1	35.5	39.9	41.4	47.5	49.3	54.3	55.2	56.3	56.6
2:00	34.1	34.1	34.2	34.3	34.7	35.1	37.3	38.1	43.0	44.7	52.8	54.0	55.5	56.2
2:15	34.2	34.2	34.2	34.3	34.6	34.7	35.8	36.4	39.8	41.3	47.9	49.3	52.3	53.1
2:30	33.9	33.9	34.0	34.0	34.4	34.5	35.1	35.5	37.7	38.7	45.4	47.7	50.3	51.8
2:45	33.8	33.8	34.0	34.0	34.1	34.1	34.7	35.1	36.2	36.9	41.1	42.2	46.1	47.1
3:00	33.7	33.7	33.7	33.8	33.7	33.9	34.5	34.8	35.5	35.8	39.7	41.6	45.1	46.0
3:15	33.7	33.7	33.7	33.7	33.7	33.8	34.2	34.5	35.0	35.2	39.0	39.7	41.8	42.7
3:30	33.5	33.5	33.6	33.6	33.6	33.8	34.0	34.2	34.8	34.9	37.9	38.3	40.9	41.8
3:45	33.2	33.2	33.3	33.4	33.4	33.5	33.9	34.0	34.5	34.5	36.2	36.5	38.7	39.2
4:00	33.0	33.0	33.1	33.1	33.1	33.2	33.6	33.7	33.9	34.0	35.5	35.9	37.6	38.1

ตารางที่ น.52

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1", สูง 105 ซม. flow rate = 284 กก./ชม.

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	56.3	56.2	57.2	57.1	57.9	57.6	59.0	58.8	59.2	59.1	59.1	59.0	59.0	59.0
0:15	38.7	39.0	52.2	53.7	57.4	57.6	58.8	58.8	59.2	59.1	59.1	59.0	59.0	59.0
0:30	36.3	36.5	44.3	45.8	54.7	55.4	58.1	58.4	58.9	58.9	59.0	59.0	59.0	59.0
0:45	35.5	35.6	38.3	39.1	47.7	49.1	56.4	57.0	58.2	58.2	59.0	59.0	59.0	59.0
1:00	35.0	35.0	36.2	36.6	42.0	43.6	53.3	54.4	57.2	57.5	59.0	59.0	58.9	59.0
1:15	34.7	34.8	35.2	35.4	38.0	38.7	47.8	49.2	54.6	55.6	58.5	58.5	58.5	58.6
1:30	34.5	34.6	34.9	34.9	36.2	36.6	43.3	44.3	50.6	52.3	56.9	56.9	57.8	58.1
1:45	34.6	34.6	34.7	34.8	35.4	35.5	39.4	40.4	46.3	48.3	54.6	55.5	56.8	57.2
2:00	34.2	34.3	34.4	34.5	35.1	35.1	37.1	37.8	42.4	44.2	51.9	53.0	55.3	56.0
2:15	34.1	34.2	34.2	34.3	34.7	34.7	35.5	35.8	38.1	39.1	46.6	48.1	51.6	52.7
2:30	33.9	33.9	34.0	34.0	34.2	34.3	35.0	35.1	37.4	38.1	44.2	45.6	49.4	50.5
2:45	33.6	33.7	33.5	33.5	33.7	33.8	34.8	34.9	36.4	36.8	41.3	42.4	46.2	47.4
3:00	33.4	33.5	33.5	33.5	33.6	33.6	34.3	34.5	35.8	36.0	38.8	39.5	42.9	43.8
3:15	33.4	33.4	33.6	33.6	33.6	34.1	34.2	35.0	35.1	35.2	37.5	37.9	40.8	41.6
3:30	33.5	33.4	33.5	33.5	33.5	33.6	33.8	34.0	34.7	34.9	36.6	36.9	39.2	39.9
3:45	33.3	33.3	33.4	33.5	33.5	33.5	33.7	33.8	33.8	34.1	36.1	36.3	38.0	38.4
4:00	33.4	33.4	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.6	33.7	33.9	35.5	35.8	37.1	37.5

ตารางที่ ผ.53

หิน $\frac{3''}{4}$ - 1", flow rate = 300 kg/hr

เวลา ชม.	Ta, Tr, °C													
	0 ชม.		17.5 ชม.		35 ชม.		52.5 ชม.		70 ชม.		87.5 ชม.		105 ชม.	
0:00	57.3	57.1	57.9	57.7	58.5	58.5	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5
0:15	39.3	39.5	53.2	54.7	58.2	58.5	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5
0:30	36.3	36.4	43.5	45.1	54.3	55.4	59.1	59.1	59.3	59.1	59.3	59.2	59.5	59.5
0:45	35.5	35.6	39.3	40.4	49.6	51.2	57.4	58.3	59.3	59.2	59.3	59.2	59.5	59.5
1:00	34.7	34.7	35.8	36.1	40.9	42.2	52.3	53.9	57.5	58.1	59.3	59.2	59.5	59.5
1:15	34.4	34.5	35.0	35.1	36.7	37.5	46.3	47.6	53.7	55.2	58.4	58.1	58.9	59.0
1:30	34.3	34.4	34.6	34.7	35.2	35.5	41.5	42.2	50.7	52.8	57.8	57.9	58.2	58.6
1:45	34.1	34.2	34.4	34.5	34.6	34.9	37.9	38.8	44.1	46.1	53.1	54.3	56.3	56.9
2:00	33.9	34.0	34.2	34.3	34.5	34.7	36.0	36.6	40.1	41.7	49.9	52.0	54.5	55.5
2:15	33.8	33.8	34.1	34.2	34.4	34.6	35.0	35.5	37.6	38.6	45.4	46.8	50.7	51.9
2:30	33.5	33.5	34.0	34.0	34.2	34.3	34.7	34.9	36.1	36.7	43.0	44.2	47.3	49.5
2:45	33.3	33.3	33.7	33.8	34.0	34.0	34.4	34.6	35.2	35.5	39.2	40.2	44.8	45.9
3:00	33.3	33.3	33.5	33.6	33.8	33.9	34.2	34.4	34.8	35.0	38.0	39.5	43.0	43.9
3:15	33.2	33.2	33.4	33.4	33.6	33.8	34.0	34.2	34.5	34.6	37.5	38.0	41.3	42.0
3:30	32.9	32.9	33.1	33.1	33.2	33.3	32.7	34.0	34.3	34.3	36.6	37.0	40.2	41.0
3:45	32.2	32.2	32.6	32.6	32.8	32.9	33.0	33.3	33.6	33.7	35.9	36.2	38.6	39.0
4:00	31.9	31.9	32.2	32.3	32.6	32.6	32.7	33.0	33.3	33.3	34.5	34.9	36.9	37.1

ตารางที่ ม.54

หิน 1-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว. สูง 105 ซม. flow rate = 227 kg/hr

เวลา ชม.	T _a , T _r °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35.0 ซม.		52.5 ซม.		70.0 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	49.0	48.5	50.4	50.4	54.4	53.8	56.1	55.6	57.3	57.3	58.7	58.3	59.2	59.1
0:15	36.5	39.6	45.6	48.5	51.8	52.5	54.7	54.7	56.0	55.5	58.0	58.0	58.6	58.6
0:30	34.6	35.7	41.2	44.7	49.6	50.8	53.8	53.9	55.5	55.1	57.5	57.5	58.4	58.4
0:45	33.7	34.3	37.8	40.8	46.6	48.2	52.5	52.7	54.8	55.3	57.2	57.2	58.1	58.2
1:00	33.1	33.4	34.9	37.0	42.1	44.0	49.9	50.3	53.1	53.8	55.9	55.9	57.2	57.4
1:15	33.7	33.7	34.3	35.2	39.3	41.1	47.8	48.7	52.4	53.4	55.6	55.9	56.5	56.9
1:30	33.4	33.4	33.3	33.8	36.4	37.5	43.2	43.5	47.5	49.1	54.5	54.5	55.5	55.9
1:45	34.0	34.1	33.8	33.8	35.5	36.5	42.1	43.3	47.4	49.0	52.5	52.5	54.7	55.2
2:00	34.4	34.4	34.0	33.8	34.7	35.3	39.6	40.8	45.6	47.1	52.4	52.4	54.0	54.5
2:15	34.3	34.2	33.9	33.7	34.1	34.6	37.6	38.6	43.0	44.5	50.2	50.2	52.4	53.1
2:30	34.5	34.4	34.2	34.0	34.3	34.5	36.4	37.2	40.8	42.1	48.5	49.8	51.4	52.1
2:45	34.9	34.8	34.4	34.0	34.3	34.5	35.8	36.3	39.2	40.2	45.1	46.7	49.1	50.0
3:00	34.7	34.6	34.2	33.9	34.3	34.4	35.0	35.4	37.4	38.3	42.5	45.1	47.0	47.8
3:15	34.7	34.6	34.4	34.3	34.4	34.3	34.6	34.8	36.1	36.6	40.3	42.3	45.4	46.1
3:30	34.4	34.5	34.3	34.3	34.3	34.2	34.3	34.4	35.3	35.7	39.8	41.2	43.3	44.0
3:45	33.8	34.0	34.0	33.9	33.9	33.8	33.8	33.9	34.4	34.6	38.1	39.3	41.4	41.9
4:00	33.7	33.9	34.0	34.0	33.9	33.8	33.8	33.9	34.2	34.3	37.4	38.1	39.9	40.6

ตารางที่ ผ.55

หิน 1-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว สูง 105 ซม. flow rate = 249 kg/hr

เวลา ชม.	T _a , T _r °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35.0 ซม.		52.5 ซม.		70.0 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	52.8	52.7	54.2	54.2	56.1	55.7	57.3	56.9	58.3	58.2	59.4	59.0	59.5	59.4
0:15	36.0	39.4	48.0	51.0	53.7	54.3	55.7	55.8	56.8	57.2	58.3	58.3	58.8	58.9
0:30	33.8	35.2	42.4	46.5	51.8	53.1	55.4	55.5	56.5	57.0	58.3	58.3	58.8	58.9
0:45	33.1	33.5	37.4	40.5	47.4	49.6	54.1	54.4	56.0	56.5	58.0	58.1	58.7	58.8
1:00	33.0	33.1	34.9	36.8	42.8	45.1	51.8	52.6	55.0	55.7	57.5	57.6	58.3	58.5
1:15	33.4	33.3	33.6	34.4	38.4	40.4	48.1	49.5	53.2	54.2	56.6	57.1	57.6	57.9
1:30	33.3	33.3	33.2	33.5	35.7	37.1	44.1	45.7	50.7	52.0	55.4	56.1	57.1	57.5
1:45	33.3	33.3	33.0	32.9	34.1	35.0	40.8	42.4	47.9	49.6	54.0	54.8	56.6	57.0
2:00	32.8	32.7	32.5	32.2	33.1	33.4	37.3	38.6	43.6	45.7	52.2	54.0	55.1	55.5
2:15	32.9	33.0	32.9	32.9	32.9	33.2	35.6	36.6	40.7	41.7	49.3	49.9	52.4	52.9
2:30	32.6	32.8	32.8	32.8	33.0	33.1	34.6	35.2	38.5	39.4	46.4	47.4	50.2	50.7
2:45	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	33.8	34.2	36.4	37.4	43.2	44.5	47.8	48.6
3:00	32.2	32.4	32.4	32.5	32.8	32.8	33.5	33.8	35.4	36.1	40.8	42.1	45.6	46.4
3:15	31.7	31.9	32.1	32.3	32.6	32.6	32.9	33.2	34.2	35.7	38.3	39.3	42.9	43.7
3:30	31.8	31.7	32.1	32.4	32.5	32.7	33.0	33.7	34.0	35.5	37.5	38.2	40.8	41.5
3:45	31.0	31.1	31.3	31.4	31.7	31.8	32.3	32.4	32.9	33.0	35.2	35.9	38.8	39.3
4:00	30.6	30.7	30.9	30.9	31.2	31.3	32.0	32.2	32.5	32.7	34.5	35.0	37.5	38.1

ตารางที่ พ.56

หิน 1-1½ นิ้ว. สูง 105 ซม. flow rate 268 kg/hr

เวลา ชม.	T _a , T _r °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35.0 ซม.		52.5 ซม.		70.0 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	53.8	53.5	55.0	55.0	57.1	56.7	58.1	57.9	58.4	58.3	59.3	59.0	59.9	59.6
0:15	36.9	40.4	48.8	51.9	54.7	55.4	56.8	56.8	57.8	58.3	59.3	59.0	59.8	59.6
0:30	34.6	35.9	42.5	46.6	52.2	53.8	56.3	56.5	57.6	58.1	59.3	59.0	59.8	59.6
0:45	33.6	34.2	37.5	40.6	47.3	49.7	54.6	55.0	56.7	57.3	58.7	58.7	59.5	59.5
1:00	33.2	33.5	35.0	36.9	42.5	44.9	51.8	52.7	55.4	56.2	58.5	58.5	59.0	59.2
1:15	33.4	33.4	34.0	34.9	38.5	40.5	48.1	49.5	53.5	54.6	57.6	57.6	58.6	58.9
1:30	33.5	33.5	33.8	34.1	36.1	37.6	44.2	45.8	50.9	52.1	57.0	57.2	57.5	57.9
1:45	33.3	33.4	33.5	33.5	34.5	35.4	40.3	41.9	47.3	48.7	55.0	55.0	55.7	56.2
2:00	33.4	33.4	33.4	33.4	33.9	34.5	37.9	39.1	43.9	45.4	52.9	53.0	54.7	55.4
2:15	33.3	33.3	33.3	33.2	33.6	33.9	36.0	36.9	40.7	42.1	48.7	49.5	51.5	52.3
2:30	33.1	33.1	33.0	33.0	33.2	33.5	34.9	35.6	38.4	39.4	46.5	47.6	49.8	51.0
2:45	33.2	33.1	32.9	32.9	33.1	33.4	34.3	34.7	36.6	37.4	42.2	43.5	46.3	47.2
3:00	32.9	32.9	32.7	32.6	32.9	33.1	33.8	34.1	35.4	35.9	40.7	41.6	44.5	45.1
3:15	32.9	32.9	32.7	32.7	32.8	33.0	33.3	33.6	34.4	34.8	39.4	40.5	41.9	42.7
3:30	32.8	32.8	32.7	32.7	32.7	32.7	33.0	33.1	33.7	33.9	38.1	38.5	40.9	41.6
3:45	32.2	32.3	32.1	32.1	32.2	32.2	32.4	32.5	32.8	33.0	35.6	36.1	38.7	39.4
4:00	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.3	32.4	32.6	32.7	34.8	35.4	37.3	38.0

ตารางที่ ม.57

ดิน 1-1 $\frac{1}{2}$ นิ้ว สูง 105 ซม. flow rate = 284 kg/hr

เวลา	T _a , T _r °C													
	0 ซม.		17.5 ซม.		35.0 ซม.		52.5 ซม.		70.0 ซม.		87.5 ซม.		105 ซม.	
0:00	54.4	54.3	55.4	55.4	57.2	57.0	58.0	57.9	58.9	58.9	59.4	59.1	59.6	59.4
0:15	37.0	40.6	49.7	53.0	55.6	56.2	57.4	57.5	58.3	58.7	59.4	59.1	59.6	59.4
0:30	33.1	34.3	40.4	44.3	50.0	51.6	56.2	56.8	57.7	57.9	59.0	59.0	59.4	59.4
0:45	33.1	33.4	36.8	40.0	47.2	49.6	54.7	55.3	56.9	57.4	58.6	58.7	59.4	59.4
1:00	32.4	32.7	34.1	36.0	41.6	44.1	51.4	52.5	55.3	56.0	57.9	57.7	58.6	58.8
1:15	32.0	32.2	32.9	33.9	37.6	39.5	47.4	49.0	53.2	54.3	57.1	57.1	58.1	58.3
1:30	32.1	32.2	32.5	33.0	35.0	36.4	43.1	44.9	50.2	51.6	55.7	56.3	57.3	57.6
1:45	32.2	32.3	32.4	32.6	33.6	34.3	39.1	40.3	44.9	46.2	54.0	54.2	55.7	56.0
2:00	31.9	32.3	32.3	32.3	32.6	33.0	36.1	36.7	40.8	42.3	51.0	51.0	53.8	54.2
2:15	32.2	32.2	32.1	32.2	32.1	32.0	33.7	33.7	38.0	39.9	47.3	47.3	50.9	51.6
2:30	32.2	32.1	32.1	32.1	32.0	31.9	32.8	32.6	35.1	36.5	44.0	44.5	48.4	48.6
2:45	31.9	31.9	31.8	31.9	31.9	31.9	32.6	32.6	34.5	35.3	40.5	42.3	45.7	46.6
3:00	31.7	31.8	31.8	31.9	31.9	32.0	32.4	32.6	33.8	34.4	38.5	39.3	43.4	44.2
3:15	31.7	31.8	31.8	31.9	31.9	32.0	32.3	32.4	33.1	33.4	36.5	37.2	40.9	41.5
3:30	31.8	31.8	31.7	31.9	31.9	31.9	32.2	32.3	32.7	32.9	35.2	35.6	38.7	39.3
3:45	31.7	31.8	31.6	31.8	31.8	31.8	32.1	32.2	32.5	32.6	34.5	34.6	37.3	37.8
4:00	31.6	31.7	31.5	31.7	31.7	31.7	31.8	32.0	32.2	32.3	33.9	34.1	36.7	37.0

ภาคผนวก ข.

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเบดกับเวลา

$$T_a = C_0 + C_1 t + C_2 t^2 + C_3 t^3 + C_4 t^4$$

$$T_a = \text{อุณหภูมิ } ^\circ\text{C}, t = \text{เวลา; นาที}$$

ตอน charge ที่ความสูงเบด = 70 เซนติเมตร

ขนาดหิน	อัตราการไหล	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	R^2
นิ้ว	kg/hr	x1	x10	x10 ³	x10 ⁵	x10 ⁸	
0.75-1.0	227	39.6	4.33	-4.03	1.69	-2.57	.979
	249	45.7	2.28	-1.40	0.30	-0.01	.984
	268	42.6	4.12	-4.36	2.04	-3.45	.992
	284	45.6	2.77	-2.88	1.42	-2.59	.938
	300	42.4	4.40	-4.91	2.40	-4.04	.996
1.0-1.5	227	43.7	2.70	-2.30	0.92	-1.38	.986
	268	45.8	2.80	-2.80	1.31	-2.22	.993
	284	45.4	3.10	-2.97	1.27	-1.95	.994
	300	47.5	2.93	-3.37	1.73	-3.17	.981
0.5-0.75	227	43.7	2.36	-2.32	1.15	-2.04	.985
	249	43.3	3.15	-2.93	1.30	-2.17	.988
	268	42.1	3.16	-2.42	0.86	-1.19	.992
	284	42.0	3.31	-3.12	1.38	-2.27	.988
	300	42.5	2.93	-2.42	1.03	-1.75	.992

ตอน charge ที่ความสูงเบด 105 เซนติเมตร

ขนาดหิน นิ้ว	อัตราการไหล kg/hr	C ₀ x1	C ₁ x10	C ₂ x10 ³	C ₃ x10 ⁵	C ₄ x10 ⁸	R ²
1.0-1.5	227	45.0	4.08	-5.00	2.55	-4.47	.969
	249	48.4	2.94	-3.64	1.85	-3.19	.972
	268	47.3	2.90	-3.30	1.65	-2.88	.976
	284	49.1	2.72	-3.02	1.43	-2.37	.964
	300	49.3	2.47	-2.38	1.00	-1.53	.974
.75-1.0	227	48.3	2.17	-1.99	8.91	-1.50	.985
	249	50.2	1.12	-2.55	-0.13	0.44	.938
	268	48.7	2.68	-2.98	1.47	-2.57	.992
	284	47.5	3.08	-3.26	1.52	-2.56	.990
	300	49.5	2.32	-2.34	1.09	-1.86	.995
0.5-1.0	227	46.7	2.29	-2.34	1.20	-2.21	.960
	249	48.2	2.23	-1.90	0.69	-0.96	.983
	268	48.5	2.37	-2.36	1.08	-1.82	.965
	284	50.4	1.94	-1.96	0.92	-1.55	.949
	300	49.0	2.68	-2.92	1.37	-2.33	.931

ตอน discharge ที่ความสูงเบต 70 เซ็นติเมตร

ขนาดหิน	อัตราการไหล	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	R ²
นิ้ว	kg/hr	x1	x10	x10 ³	x10 ⁵	x10 ⁸	
0.5-0.75	227	42.7	-3.76	4.26	-2.01	3.32	.979
	249	37.4	-3.07	3.55	-1.69	2.81	.955
	268	35.6	-3.25	3.61	-1.62	2.55	.970
	284	33.8	-2.23	2.09	-0.89	1.43	.905
	300	36.2	-3.18	4.22	-2.17	3.79	.902
0.75-1.0	227	37.9	-2.76	3.17	-1.52	2.53	.965
	249	38.8	-3.31	4.22	-2.17	3.83	.906
	268	38.2	-2.64	2.70	-1.15	1.75	.997
	284	33.8	-0.51	0.22	0.66	0.01	.809
	300	42.7	-3.18	2.51	-0.89	1.21	.909
1.0-1.5	227	39.5	-1.71	0.92	-0.07	-0.42	.837
	249	38.9	-2.60	3.02	-1.56	2.85	.955
	268	38.5	-1.94	1.62	-0.55	-0.65	.894
	284	38.6	-2.51	2.87	-1.30	2.00	.969
	300	39.2	-2.81	3.40	-1.57	2.46	.668

ตอน discharge ที่ความสูงเบต 105 เซ็นติเมตร

ขนาดหิน นิ้ว	อัตราการไหล kg/hr	C_0 x1	C_1 x10	C_2 x10 ³	C_3 x10 ⁵	C_4 x10 ⁸	R^2
0.5-0.75	227	37.2	-1.05	1.01	0.37	1.0	0.985
	249	38.7	-2.10	2.27	1.02	2.0	0.996
	268	39.6	-2.32	2.56	1.20	2.0	0.953
	284	40.4	-3.09	4.20	2.30	4.0	0.941
	300	40.9	-2.57	2.47	0.95	1.0	0.995
0.75-1.0	227	40.9	-1.79	1.77	-0.75	1.0	0.965
	249	41.8	-2.21	2.49	-1.19	2.0	0.892
	268	42.5	-2.80	3.26	-1.57	3.0	0.921
	284	40.9	-1.98	2.23	-1.10	2.0	0.96
	300	41.8	-2.26	2.37	-1.06	2.0	0.983
1.0-1.5	277	39.0	-2.12	2.60	-1.19	2.0	0.991
	249	37.6	-1.68	2.10	-1.07	2.0	0.870
	268	38.9	-1.89	2.16	-1.02	2.0	0.912
	284	39.7	-2.65	3.15	-1.54	3.0	0.895
	300	40.5	-2.04	2.47	-1.20	2.0	0.987

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

```

C *****
C HV AND TEMPERATURE CALCULATION
C *****
C
  DIMENSION TAC(49,241),TBC(49,241),TAM(7,17),TBM(7,17),QR(7,17),
+QA(7,17)
  CHARACTER * 12 FNAME1,FNAME2,FNAME3,ROCKSIZE
  COMMON TAC,TBC,TAM,TBM
C
C *****
C Input file name for reading data
C FNAME is a string variable
C *****
C
  WRITE(*,'(A)') 'Input data file name? : '
  READ(*,'(A)')FNAME1
  WRITE(*,'(A)') 'Output temperature measurement file name? : '
  READ(*,'(A)')FNAME2
  WRITE(*,'(A)') 'Output calculation file name? : '
  READ(*,'(A)')FNAME3
  OPEN(1,FILE=FNAME1)
  OPEN(2,FILE=FNAME2,STATUS='NEW')
  OPEN(3,FILE=FNAME3,STATUS='NEW')
C
C *****
C Reading constant data from the given file name
C *****
C
  READ(1,11)ROCKSIZE
  11 FORMAT(1X,A)
  READ(1,15)N
  15 FORMAT(I3)
  READ(1,15)K
  READ(1,15)NM
  READ(1,15)KM
  READ(1,25)H
  25 FORMAT(F8.4)
  READ(1,25)EPS
  READ(1,25)T
  READ(1,35)RHQB
  35 FORMAT(F10.4)
  READ(1,35)CPB
  READ(1,35)CPA
  READ(1,35)AMASS
  READ(1,35)ABED
  DO 52 I=1,NM+1
  DO 52 J=2,KM+1
  READ(1,45)TAM(I,J)
  45 FORMAT(F5.3)
  52 WRITE(2,934)I,J,TAM(I,J)
  934 FORMAT(1X,'TAM',1X,I3,1X,I3,2X,F7.2)
  DO 53 I=1,NM+1
  DO 53 J=1,KM+1
  READ(1,45)TBM(I,J)
  53 WRITE(2,939)I,J,TBM(I,J)

```

```

939 FORMAT(1X, 'TBM', 1X, I3, 1X, I3, 2X, F7.2)
      CLOSE(1)
      CLOSE(2)
C
C *****
C Input coefficient of polynomial
C *****
C
      WRITE(*,55)
55 FORMAT(1X, 'Input coefficient (C0) of x^0 = '\)
      READ(*,65)C0
65 FORMAT(F18.5)
      WRITE(*,75)
75 FORMAT(1X, 'Input coefficient (C1) of x^1 = '\)
      READ(*,65)C1
      WRITE(*,76)
76 FORMAT(1X, 'Input coefficient (C2) of x^2 = '\)
      READ(*,65)C2
      WRITE(*,796)
796 FORMAT(1X, 'Input coefficient (C3) of x^3 = '\)
      READ(*,65)C3
      WRITE(*,476)
476 FORMAT(1X, 'Input coefficient (C4) of x^4 = '\)
      READ(*,65)C4
C
C *****
C Calculate air temperature at section 1 by vary time only
C *****
C
      DELX=H/N
      DELT=T/K
      KK=K/KM
      NN=N/NM
      DO 78 J=1,K+1
      TIME=REAL(J-1)*DELT
      TAC(1,J)=C0+C1*TIME+C2*TIME**2+C3*TIME**3+C4*TIME**4
78 CONTINUE
      M1=1
      NM1=NN
      SUM=0
      DO 994 I=1,NM+1
      SUM=SUM+TBM(I,1)
994 CONTINUE
      TEMPER=SUM/(NM+1)
      WRITE(*,777) TEMPER
777 FORMAT(1X, 'The average temperature is ',F9.4)
      DO 886 I=1,N+1
      TBC(I,1)=TEMPER
886 CONTINUE
      TAM(1,1)=TAC(1,1)
C
C *****
C Input data for searching minimum error
C *****
C

```



```

80 WRITE(*,82)
82 FORMAT(1X,'Input heat transfer coefficient = '\)
   READ(*,25)HV
   WRITE(*,83)
83 FORMAT(1X,'Input range of error = '\)
   READ(*,25)DELTA
   WRITE(*,85)
85 FORMAT(1X,'Input step for searching = '\)
   READ(*,25)STEP
   WRITE(*,87)
87 FORMAT(1X,'Input a number of iteration = '\)
   READ(*,15)ITERA
   ITERA1=0
   HV1=HV
   CALL CONST (DELX,DELT,RHOB,CPB,EPS,AMASS,CPA,ABED,HV,A,B,D,E)
   CALL CTEMP (HV,A,B,D,E,N,K)
   CALL ERROR (ERROR1,N,NN,NM,K,KK,KM)
   IF (ERROR1.LE.DELTA) GOTO 160
   HV=HV1+STEP
   WRITE(*,551)
551 FORMAT(1X,/)
   WRITE(*,92)HV
   CALL CONST (DELX,DELT,RHOB,CPB,EPS,AMASS,CPA,ABED,HV,A,B,D,E)
   CALL CTEMP (HV,A,B,D,E,N,K)
   CALL ERROR (ERROR2,N,NN,NM,K,KK,KM)
   IF (ERROR2.LE.DELTA) GOTO 160
   IF (ERROR1.GT.ERROR2) GOTO 100
   HV=HV1
90 WRITE(*,551)
   HV1=HV
   HV=HV1-STEP
   WRITE (*,92)HV
92 FORMAT(1X,'The new value of HV = ',F10.4)
   ITERA1=ITERA1+1
   WRITE(*,97)ITERA1
97 FORMAT(1X,'ITERATION = ',I3)
   IF (ITERA1.GT.ITERA) GOTO 154
   CALL CONST (DELX,DELT,RHOB,CPB,EPS,AMASS,CPA,ABED,HV,A,B,D,E)
   CALL CTEMP (HV,A,B,D,E,N,K)
   CALL ERROR (ERROR2,N,NN,NM,K,KK,KM)
   IF (ERROR2.LE.DELTA) GOTO 160
   IF (ERROR1.LE.ERROR2) GOTO 150
   ERROR1=ERROR2
   GOTO 90
100 ERROR1=ERROR2
110 WRITE(*,551)
   HV1=HV
   HV=HV1+STEP
   WRITE (*,92)HV
   ITERA1=ITERA1+1
   WRITE(*,97)ITERA1
   IF (ITERA1.GT.ITERA) GOTO 154
   CALL CONST (DELX,DELT,RHOB,CPB,EPS,AMASS,CPA,ABED,HV,A,B,D,E)
   CALL CTEMP (HV,A,B,D,E,N,K)
   CALL ERROR (ERROR2,N,NN,NM,K,KK,KM)

```

```

      IF (ERROR2.LE.DELTA) GOTO 160
      IF (ERROR1.LE.ERROR2) GOTO 150
      ERROR1=ERROR2
      GOTO 110
C
C *****
C Printing result of calculation
C *****
C
150 WRITE(*,551)
    WRITE(*,152)
152 FORMAT(1X,'End by error-increasing')
    IIK=0
    GOTO 163
154 WRITE(*,551)
    WRITE(*,156)ITERA1
156 FORMAT(1X,'End by iteration = ',I3)
    IIK=0
    GOTO 163
160 WRITE(*,551)
    WRITE(*,162)DELTA
162 FORMAT(1X,'End by given error = ',F10.4)
    IIK=1
163 WRITE(*,164)STEP
164 FORMAT(1X,'Step for searching = ',F8.4)
180 WRITE(*,182)HV
182 FORMAT(1X,'The heat transfer coefficient = ',F8.4)
    WRITE(*,183)ERROR2
183 FORMAT(1X,'The minimum error = ',F15.4)
    ERROR3=ABS(ERROR2-DELTA)
    WRITE(*,184)ERROR3
184 FORMAT(1X,'The range of error = ',F15.4)
    WRITE(*,156)ITERA1
    IF (IIK.EQ.0) GOTO 187
C
C *****
C Write information into diskette
C *****
C
    WRITE(3,1543)ROCKSIZE
1543 FORMAT(1X,'The rock size is ',A)
    WRITE(3,493)N
493 FORMAT(1X,'The number of section is ',I3)
    WRITE(3,771)K
771 FORMAT(1X,'The number of time is ',I4)
    WRITE(3,599)H
599 FORMAT(1X,'The height of rock is ',F10.4)
    WRITE(3,601)AMASS
601 FORMAT(1X,'The mass flow rate is ',F10.4)
    WRITE(3,777)TEMPER
    WRITE(3,1433)CO
1433 FORMAT(1X,'Coefficient of (C0) x^0 is ',F12.6)
    WRITE(3,1434)C1
1434 FORMAT(1X,'Coefficient of (C1) x^1 is ',F12.6)
    WRITE(3,1435)C2

```

```

1435 FORMAT(1X,'Coefficient of (C2) x^2 is ',F12.8)
WRITE(3,1436)C3
1436 FORMAT(1X,'Coefficient of (C3) x^3 is ',F12.8)
WRITE(3,1437)C4
1437 FORMAT(1X,'Coefficient of (C4) x^4 is ',F12.8)
WRITE(3,1438)A,B,D,E
1438 FORMAT(1X,'A = ',F10.5,' B = ',F10.5,' D = ',F10.5,' E = ',F10.5)
WRITE(3,164)STEP
WRITE(3,182)HV
WRITE(3,162)DELTA
WRITE(3,183)ERROR1
ERROR3=ABS(ERROR1-DELTA)
WRITE(3,184)ERROR3

```

```

C
C *****
C Write rock and air heat transfer
C *****
C

```

```

QR1=0
QA1=0
C=A*ABED*DELX*DELT*60
DO 337 J=1,KM
DO 337 I=1,NM
QR(I,J)=0
337 QA(I,J)=0
DO 812 J=1,KM
M1=KK*(J-1)+1
M2=KK*J
DO 811 I=1,NM
M3=NN*(I-1)+1
M4=NN*I
DO 802 JJ=M1,M2
DO 802 II=M3,M4
QR(I,J)=QR(I,J)+C*(TBC(II,JJ+1)-TBC(II,JJ))
802 CONTINUE
QA1=QA1+QA(I,J)
QR1=QR1+QR(I,J)
811 CONTINUE
812 CONTINUE
DO 841 I=1,NM
DO 841 J=2,KM
QA(I,J)=QA(I,J)+QA(I,J-1)
QR(I,J)=QR(I,J)+QR(I,J-1)
841 CONTINUE
WRITE(*,186)QR1
186 FORMAT(1X,'The convective heat transfer Qr = ',F10.2)

```

```

C
C *****
C Write rock and air temperatur into diskette
C *****
C

```

```

WRITE(*,551)
WRITE(*,234)
234 FORMAT(1X,'SEC.',1X,'TIME',3X,'TAC',3X,'TAM',4X,'ERR',8X,'TBC',3X,
+'TBM',4X,'ERR',8X,'Qr')

```



```

WRITE(3,234)
MT=1
JJ1=INT(KK*DELT)
DO 420 J=2,KM+1
M2=KK*(J-1)+1
DO 410 I=1,NM+1
IF (I.NE.1) GOTO 632
ER1=TAC(1,M2)-TAM(1,J)
ER2=TBC(1,M2)-TBM(1,J)
WRITE(*,382)MT,JJ1,TAC(1,M2),TAM(1,J),ER1,TBC(1,M2),TBM(1,J),ER2,Q
+R(1,J-1)
382 FORMAT(2X,I2,3X,I3,1X,F5.1,1X,F5.1,2X,F5.1,6X,F5.1,1X,F5.1,2X,F5.1
+,3X,F10.2)
WRITE(3,382)MT,JJ1,TAC(1,M2),TAM(1,J),ER1,TBC(1,M2),TBM(1,J),ER2,Q
+R(1,J-1)
GOTO 889
632 M1=NN*(I-1)+1
M3=NN*(I-1)+1
ER1=TAC(M1,M2)-TAM(I,J)
IF (I.EQ.NM+1) GOTO 884
ER2=TBC(M3,M2)-TBM(I,J)
WRITE(*,382)MT,JJ1,TAC(M1,M2),TAM(I,J),ER1,TBC(M3,M2),TBM(I,J),ER2
+,QR(I,J-1)
WRITE(3,382)MT,JJ1,TAC(M1,M2),TAM(I,J),ER1,TBC(M3,M2),TBM(I,J),ER2
+,QR(I,J-1)
GOTO 889
884 WRITE(*,382)MT,JJ1,TAC(M1,M2),TAM(I,J),ER1
WRITE(3,382)MT,JJ1,TAC(M1,M2),TAM(I,J),ER1
889 IF (MT.EQ.NM+1) GOTO 901
MT=MT+1
GOTO 410
901 MT=1
410 CONTINUE
JJ1=JJ1+INT(KK*DELT)
420 CONTINUE
WRITE(3,551)
WRITE(3,186)QR1
GOTO 500
187 WRITE(*,551)
WRITE(*,188)
188 FORMAT(1X,'Do you want to try again! [y/n] : '\)
READ(*,192)ANS
192 FORMAT(A1)
WRITE(*,551)
IF (ANS.EQ.'y'.OR.ANS.EQ.'Y') GOTO 80
500 CLOSE(3)
END

```

```

C
C *****
C Begin Subprogram or Subroutine
C *****
C
C *****
C SUBROUTINE for calculating rock and air temperature
C *****

```

```

C
SUBROUTINE CTEMP (HV,A,B,D,E,N,K)
DIMENSION TAC(49,241),TBC(49,241)
COMMON TAC,TBC
DO 240 J=1,K
DO 240 I=1,N
TAC(I+1,J+1)=(D*TAC(I,J+1)+HV*TBC(I,J))/E
TBC(I,J+1)=B/A*(TAC(I,J+1)-TAC(I+1,J+1))+TBC(I,J)
240 CONTINUE
RETURN
END

C
C *****
C SUBROUTINE for calculating constant
C *****
C
SUBROUTINE CONST (DELX,DELT,RHOB,CPB,EPS,AMASS,CPA,ABED,HV,A,B,D,
+E)
A=RHOB*CPB*(1-EPS)/(DELT*60)
B=AMASS*CPA/(ABED*DELX*3600)
D=(B-HV/2)+(B*HV/2/A)
E=B+HV/2+B*HV/2/A
WRITE(*,2)A,B,D,E
2 FORMAT(1X,'A = ',4F12.4)
RETURN
END

C
C *****
C SUBROUTINE for finding sum of error
C *****
C
SUBROUTINE ERROR (ERR,N,NN,NM,K,KK,KM)
DIMENSION TAC(49,241),TBC(49,241),TAM(7,17),TBM(7,17)
COMMON TAC,TBC,TAM,TBM
ERR=0
DO 330 J=2,KM+1
M2=KK*(J-1)+1
DO 330 I=1,NM
M1=NN*(I-1)+1
ER1=(TAM(I,J)-TAC(M1,M2))**2
ER2=(TBM(I,J)-TBC(M1,M2))**2
ERR=ERR+ER1+ER2
330 CONTINUE
DO 113 J=2,KM+1
M2=KK*(J-1)+1
ER1=(TAM(NM+1,J)-TAC(N+1,M2))**2
113 ERR=ERR+ER1
WRITE(*,335)ERR
335 FORMAT(1H0,'The value of error = ',F12.4)
RETURN
END

```

ภาคผนวก ง.

คุณสมบัติของอากาศที่ความดันบรรยากาศ (4)

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$C_p, \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	$k, \frac{\text{W}}{\text{m K}}$	$\mu, \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$	$\alpha, \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	Pr
0	1.292	1006	0.0242	1.72×10^{-5}	1.86×10^{-5}	0.72
20	1.204	1006	0.0257	1.81	2.12	0.71
40	1.127	1007	0.0272	1.90	2.40	0.70
60	1.059	1008	0.0287	1.99	2.69	0.70
80	0.999	1010	0.0302	2.09	3.00	0.70
100	0.946	1012	0.0318	2.18	3.32	0.69
120	0.898	1014	0.0333	2.27	3.66	0.69
140	0.854	1016	0.0345	2.34	3.98	0.69
160	0.815	1019	0.0359	2.42	4.32	0.69
180	0.779	1022	0.0372	2.50	4.67	0.69
200	0.746	1025	0.0386	2.57	5.05	0.68
220	0.715	1028	0.0399	2.64	5.43	0.68
240	0.688	1032	0.0412	2.72	5.80	0.68
260	0.662	1036	0.0425	2.79	6.20	0.68

ภาคผนวก จ.

ศัพท์บัญญัติ

Coefficient of Determination	สัมประสิทธิ์การหา
Equivalent Spherical Diameter of Rock	เส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลมของ ก้อนหิน
Euler Number	ออยเลอร์ นัมเบอร์
Friction Factor	แฟกเตอร์ความเสียดทาน
Geometric Ratio	อัตราส่วนเรขาคณิต
Heat Capacity	ความจุความร้อนต่อมวล
Latent Heat Storage	ระบบสะสมความร้อนแฝง
Limestone	หินปูน
Moody Diagram	มูดีไดอะแกรม
Nusselt Number	นัสเซิลท์ นัมเบอร์
Prandtl Number	พรานด์ทล์ นัมเบอร์
Pressure Drop	ความดันลด
Porosity	ความพรุน
Random	แรนดอม
Reynold Number	เรย์โนลด์ นัมเบอร์
Rockbed Porosity	ความพรุนของรอกเบด
Specific Heat	ความร้อนจำเพาะ
Sensible Heat Storage	ระบบสะสมความร้อนสัมผัส
Stanton Number	สแตนตัน นัมเบอร์

