รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ประวัติและรายละเอียดโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร. สิงห์บุรี, 2546.

กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. รายงานสรุปโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชัณสูตร. สิงห์บุรี, 2547.

ฉลอง บัวผัน. น้ำบาดาล GROUNDWATER. พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ ,2538.

ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เอกสารการอบรม เรื่อง การประยุกต์ใช้ GMS/MODFLOW ในงานจำลองการไหลน้ำใต้ดิน, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ ฯ 2541.

ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาศักยภาพและความต้องการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการจัดการน้ำใต้ดินในพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง เสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพมหานคร 2545.

มานิศา วีรวิกรม. การจำลองน้ำใต้ดินและพัฒนาฐานข้อมูลในพื้นที่โครงการชลประทานชัณสูตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

วินัย เชาวน์วิวัฒน์. การจำลองสภาพการรุกล้ำของน้ำเค็มในชั้นน้ำนนทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

วินัย ศรีอำพร. วิศวกรรมน้ำใต้ดิน ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2540.

วิภารัตน์ สฤษฎ์ชัยกุล การเชื่อมต่อระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์ กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

วีระพล แต้สมบัติ. หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพมหานคร ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2528.

วีระพล แต้สมบัติ. หลักอุทกวิทยาประยุกต์ กรุงเทพมหานคร ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2528.

สณฑ์ จินดาสงวน. การจำลองสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สุเพชร จิรขจรกุล, เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วย PC ARCVIEW. พิมพ์ครั้งที่ 1 อุบลราชธานี : ศิริธรรมออฟเซ็ท, 2544.

อรนุช หล่อเพ็ญศรี, กรมทรัพยากรธรณี กองน้ำบาดาล สัมภาษณ์,19 สิงหาคม 2546.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Dresser, Camp & McKee. Evaluation of Integrate Surface water and Groundwater Modeling Tool, Camp Dresser &McKee Inc.2001.

Heinzer, Thomas and others , The Building of a Geographic Information System Interface to Modflow Utilizing Arc/Info Grid 7.0 [Online] Available from : http://www.mp.usbr.gov/mp400/geopage/www.gmi/p261.html [27/1/2003]

Kim, Julie B.S. Developing Spatial Environment Modelling System For Risk-Based Decision Making. (Master of Science in Enginerring, The University of Texas at Austin, 2000.

Maeda,Shieya and others, GIS-Aided Zoning of Natural Groundwater Recharge Potential in Yasu River Basin Japan, Journal of Rainwater Catchment System,Vol.6 No.2,15-20, 2001.

McDonald, M.G and A.W. Harbaugh. A Modular Three-Dimensional Finite Difference Grounwater Flow Model. U.S.Geological Survey Techniques of Water Resource Investigation Book A3,1988.

Niazi, Shiva CE, GIS and MODFLOW for Modelling Geographically Referenced Subsurface System [Online] Available from : http://www.crwr.utexas.edu/gis/gissenv99/class/Projects/Regional/niazi/project.html [27/1/2003]

Tsou Ming-Shu, Donald O. Whittlemore,User Interface for Ground-Water Modelling Arcview Extension, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 251- 257, 2001.

University of Wyoming, GW Modeller version 1.0 Ground Water Modeler for Arcview3.1 Tutorial [Online] Available from : http://www.sdvc.uwyo.edu [27/1/2003]

Watkins, D.W., D.R.Maidment and Min-Der Lin. USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN GROUND-WATER FLOW MODELING, Journal of Water Resources Planning and Management,88-96,1996.

Weaver, S.D., Integration of Subsurface Data Management and GIS to Facilitate Model Calibration [Online] Avaiable from http://www.environmentalcenter.com/articles/article117/article117.htm [23/1/2003]

ภาคผนวก ก

โครงสร้างของ Input Parameter โปรแกรม MODFLOW

โครงสร้างของ Input Parameter โปรแกรม MODFLOW นั้นประกอบด้วย 3 ส่วน ด้วยกัน คือ

1.Name File บอกรายละเอียดของไฟล์ได้แก่ ไฟล์ package ต่าง ๆ จำนวน 12 package

2. Output Control Option บอกรายละเอียดข้อกำหนดของ Output เพื่อสร้าง List ไฟล์ออกมา

3. Utility Modules ซึ่งได้จัดแบ่งเป็นหมวดหมู่ไว้โดยกำหนดด้วยตัวเลข

รายละเอียดมีดังนี้

1. Name File ตามโครงสร้างหลักของโปรแกรม ซึ่งมักถูกกำหนดไว้ใน Basic Package ในส่วนของ Name File ประกอบด้วย มีค่าประจำ package ตั้งแต่ 0 – 99 หากค่า = 0 แสดงว่าไม่มีการเลือกใช้ Package นั้น หาก > 0 แสดงว่า Package นั้นถูกเรียกใช้เพื่อทำการคำนวณสำหรับการจำลองสถานการณ์แต่ละครั้ง

1. Ftype Nunit Fname

Ftype เป็นการบอกถึง Package ที่เลือกใช้ โดยจะทำการ Save File ตามนามสกุลของ Package เพื่อให้ทราบ โดยสามารถใช้ได้ทั้งตัวอักษรตัวเล็กและตัวใหญ่ไม่มีข้อจำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 คำย่อแสดงชุดการคำนวณในแบบจำลองคณิตศาสตร์ MODFLOW

*.LIST	List ไฟล์
*.BAS	Basic Package File
*.OC	Output Control Option
*.BCF	Block Centered Flow Package
*.RCH	Recharge Package
*.RIV	River Package
*.WEL	Well Package
*.DRN	Drain Package
*,GHB	General-Head Boudary Package
*.EVT	Evapotranspiration
*.SIP	Strongly Implicit Procedured Package
*.SOR	Slice –Successive Over-Relaxation Package
*.PCG	The Pre-Conditioned Conjugate Gradient Solver

Nunit เป็น Fortran Unit ที่บอกว่าจะเลือกใช้เมื่อจะอ่านหรือเขียนไฟล์ legal unit number สามารถใช้ได้ตั้ง0-96 ยกเว้น Unit 97-99 แต่ละไฟล์ต้องมี Unit Number ไม่ซ้ำกัน

Unit 99 ใช้เพื่อบอกชื่อ Name File สำหรับอ่านข้อมูลที่เป็น Array และเป็น option ในการ OPEN/CLOSE Option

Unit 97 และ 98 ใช้สำหรับ Batch File (modbatch.rpt) ก่อนทำการจำลองสถานการณ์น้ำเพื่ออ่านไฟล์ทั้งหมด ก่อนที่จะทำการRun MODFLOW ในการสร้าง Report ไฟล์ขึ้นมา และแจ้งข้อความผิดพลาดเมื่อไฟล์ที่จะ RUN ไม่ครบ ไปยังไฟล์ modflow.bf.

Fname เป็นชื่อของไฟล์ที่เป็นตัวอักษร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INPUT MODFLOW

ตาราง ก.2 ข้อมูล Input Modflow

Input File	ข้อมูลที่ต้องการ
BAS	จำนวนชั้น แถว หลักของ Aquifer เวลา ค่าระดับน้ำเริ่มต้น จำนวน Stress period จำนวน time step การกำหนดขอบเขต ฯลฯ
BCF	สภาพของการจำลอง ชนิดของ Aquifer ค่า Transmissivity ค่า Storage Coefficeient ค่า Hydraulic Conductivity
WEL	จำนวนของบ่อบาดาล อัตราการสูบน้ำ ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อบาดาล ฯลฯ
RCH	พื้นที่ในการเติมน้ำ อัตราการเติมน้ำให้กับ Aquifer ฯลฯ
RIV	ระดับน้ำในแม่น้ำ ความกว้างของลำน้ำ ระดับของท้องน้ำ ฯลฯ
GHB	ค่าระดับน้ำบาดาลในชั้น Aquifer ต่าง ๆ ฯลฯ
SIP	กำหนดค่า Iteratiomในแต่ละ Time Step การกำหนดค่าความละเอียดของการคำนวณ ฯลฯ
Output	กำหนดค่า Output ที่ต้องการ

BASIC PACKAGE(ชุดการคำนวณพื้นฐาน)

ข้อมูลในชุดการคำนวณพื้นฐาน ได้แก่ จำนวนชั้นน้ำ หลักและแถวของระบบกริด ค่าระดับน้ำเริ่มต้น (Starting head) จำนวน stress period จำนวนช่วงเวลา และขอบเขตของแบบจำลอง

Input Records

1. Heading	text character ไม่เกิน 80 อักษร
2. Heading	text character ไม่เกิน 52 อักษร
3 NLAY, NROW, NCOL, NPER, ITMUNI	(จำนวนชั้นน้ำ, จำนวนแถว, จำนวนคอลัมน์, จำนวน STRESS PERIOD, TIME STEP)
4 (IUNIT TABLE)	INUNIT LOCATION MAJOR OPTION
	1 BLOCK-CENTERED FLOW PACKAGE
	2 WELL PACKAGE
	3 DRAIN PACKAGE
	4 RIVER PACKAGE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	5 EVAPOTRANSIPRATION PACKAGE
	6 RESERVED FOR TRANSIENT LEAKAGE PACKAGE
	7 GENERAL-HEAD BOUNDARY PACKAGE
	8 RECHARGE PACKAGE
	9 SIP PACKAGE
	10 RESERVED FOR ADDITIONAL SOLVER
	11 SSOR PACKAGE
	12 OUTPUT CONTROL OPTION
	ถ้า IUNIT(n) $\leq$0 major option ไม่ถูกใช้
	IUNIT (n) $\geq$0 major option ถูกใช้มีค่าตั้งแต่ 1 – 99
5. (IAPART, ISTRT)	IAPART = 0 Arrays BUFF และ RHS มี Space เท่ากัน
	IAPART = 1 Arrays BUFF และ RHS มี Space ไม่เท่ากัน
	ISTART = 0 strart head ไม่ save
	ISTART $\neq$0 strart head ถูก save
6. IBOUND	IBOUND(I, J, K) < 0 cell I,J,K มี constant head
	IBOUND (I, J, K) = 0 cell I,J,K inactive ไม่นำมาคิด
	IBOUND(I, J, K) > 0 cell I,J,K มี constant head
7.HNOFLO	ค่า head ของ inactive cell
8. Shead	ค่า head เริ่มต้น
9. PERLEN	ค่าความยาวของ Stress Period
10. NSTP	ค่าความยาวของ Time Step
11. TSMULT	DELT(1) PERLEN (1- TSMULT)/(1-TSMULT**NSTP)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Output Control Unit

เป็น Major Option ที่แยกออกมาจาก Basic Package

For Each Simulation

BAS1RP

1.	Data : IHDFM	IDDNFM	IHEDUN	IDDNUN
	Format : I10	I10	I10	I10

FOR EACH TIME STEP

BAS10C

2.	Data : INCODE	IHDDFL	IBUDFL	ICBCFL
	Format : I10	I10	I10	I10
3.	Data : Hdpr	Ddpr	Hdsv	Ddsv
	Format : I10	I10	I10	I10

IDHFM : เป็นรหัสของรูปแบบที่มีการพิมพ์ Head

IDDNFM : เป็นรหัสของรูปแบบที่มีการพิมพ์ drawdowns

IHEDUN : เป็น Unit number ซึ่งมีการเขียนค่า head ถ้ามีการ save

IDDNU : เป็น unit number ที่มีการเขียนค่า drawdowns ถ้ามีการ save

INCODE : เป็น head/drawdown output code

INCODE < 0

INCODE = 0

INCODE > 0

IHDDFL head and drawdown output flag

IHDDFL = 0 ไม่มีการ print ค่า head และ drawdowns

IHDFL $\geq$ 0 ทำการ print และ save ค่า head หรือ drawdowns

ICBCFL cell-by-cell flow-term flag

ICBCFL = 0 cell by cell flow term ไม่ถูก save และ print

Hdpr output flag สำหรับ head printout

Hdpr = 0 head ไม่มีการ print สำหรับ corresponding layer

Hdpr $\geq$0 head มีการ print สำหรับ corresponding layer

Hdsv output flag สำหรับ head saved

Hdpr = 0 head ไม่มีการ print สำหรับcorresponding layer

Hdpr = 1 head ไม่มีการ print สำหรับcorresponding layer

Ddsv output flag สำหรับ drawdown saved

Ddsv = 0 drawdown ไม่มีการ print สำหรับcorresponding layer

Ddsv = 1 drawdownไม่มีการ print สำหรับcorresponding layer

BCF PACKAGE

BLOCK-CENTERED FLOW PACKAGE INPUT

ชุดการคำนวณสภาพการไหล (Block Centered Flow package)

ข้อมูลในชุดการคำนวณสภาพการไหลได้แก่ การกำหนดสภาวะการไหลว่าเป็นการไหลคงตัวหรือไม่คงตัว คุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลแต่ละชั้น เช่นเป็นชั้นน้ำแบบมีความดันหรือไม่ รวมทั้งการกำหนดค่าระดับของชั้นน้ำบาดาล และค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมในแนวดิ่ง ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ และค่าSpecific Yield ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแบบจำลองนั้น ๆ ว่าต้องการใช้ค่าพารามิเตอร์ใดบ้าง เช่นหากทำการคำนวณการไหลในสภาวะคงตัวก็ไม่จำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ เป็นต้น

BCF1AL

1. DATA : ISS IBCFCB

format : I10 I10

2. DATA : LAYCON (NLAY) (Maximum or 80 layers)

format: 40I2

BCF1RP

3. Data : TRPY (NLAY)

Module U1DREL

4. Data DELR (NCOL)

Module U1DREL

5. Data DELC (NROW)

Module U1DREL

THE SIMULATION เป็นแบบ transient

6. Data sf1(NCOL, NROW)

Module U2DREL

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณี LAYER TYPE CODE เป็น 0 หรือ 2

7. Data Tran(NCOL, NROW)

Module U2DREL

กรณี LAYER TYPE CODE เป็น 0 หรือ 3

8. Data HY(NCOL) IS ONE OR THREE

Module U2DREL

9. Data BOT(NCOL, NROW)

Module U2DREL

กรณี ไม่มี Bottom Layer

10. Data Vcont (NCOL, NROW)

Module U2DREL

กรณี Simulation เป็น Transient และ Layer type COD (LAYCOD) เป็น 2 หรือ 3

11. Data sf2(NCOL, NROL)

Module U2DREL

กรณี Layer type COD (LAYCOD) เป็น 2 หรือ 3

12. Data TOP (NCOL, NROW)

Module U2DREL

ISS Steady –state flag

ISS $\neq$ 0 Simulation เป็นแบบ Steady state

ISS = 0 Simulation เป็นแบบ transient

IBCFCB - flag และ unit number

IBCFCB >0 unit number cell by cell flow ถูกบันทึก

IBCFCB = 0 unit number cell by cell flow ไม่ถูกบันทึกหรือพิมพ์

IBCFCB <0 flow แต่ละ constant head ถูกพิมพ์มากกว่าบันทึกลงดิสก์

LAYCON เป็น layer type table แต่ละ element เก็บรหัสสำหรับแต่ละ layer

0 – confined ค่า Transmissivity และ storage coeffient สำหรับชั้นน้ำเป็นค่าคงที่

1 – unconfined ค่า Transmissivity ของแต่ละชั้นน้ำมีค่าไม่เท่ากัน โดยคำนวณจากความหนาของชั้นน้ำ

2 – confined/unconfined ค่า Transmissivity เป็นค่าคงที่ ค่า storage coeffient อาจจะสลับระหว่างชั้นอิ่มตัวและชั้นน้ำไม่อิ่มตัว vertical leakage จากด้านบนถูกจำกัดถ้าชั้นน้ำไม่อิ่มตัว

3 confined/unconfined ค่า Transmissivity ของแต่ละชั้นน้ำคำนวณจาก saturate thickness และ hydraulic conductivity ค่า vertical leakage จากด้านบนถูกจำกัดถ้า aquifer ไม่อิ่มตัว

TRPY เป็น array 1 มิติประกอบด้วย anisotropy factor สำหรับแต่ละ layer เป็นอัตราส่วนของของค่า Transmissivity ตามคอลัมน์ หรือ hydraulic conductivity ตามแถว ค่าจะถูกอ่าน 1 ค่าสำหรับแต่ละ 1 layer กำหนดให้ 1.0 สำหรับ isotropic condition 1 array มีได้ 1 ค่าในแต่ละ layer

DELR ความกว้างของเซลล์ตามแถว อ่านได้ 1 ค่าสำหรับ NCOL 1 คอลัมน์

DELC ความกว้างของเซลล์ตามคอลัมน์ อ่านได้ค่าสำหรับ NROW

Sfl primary storage coefficient (strady-state flag, ISS = 0) ถ้า Laycon = 1 sf1 จะให้ค่าเฉพาะ ขณะที่ Laycon เป็น 2 หรือ 3, sf1 จะเป็น confined storage coefficient

Tran ค่า transmissivity ตามแถว Tran หารด้วย TRPY เพื่อแสดงค่า transmissivity ตามคอลัมน์

HY ค่า Hydraulic conductivity ตามแถว HY หารด้วย TRPY เพื่อแสดงค่า Hydraulic conductivity ตามคอลัมน์

BOT ค่า elevation ของ aquifer bottom Read only เมื่อ LAYCON มีค่า 1 หรือ 3

Vcont ค่า Vertical hydraulic conductivity หารด้วย ความหนาของแต่ละ layer

Sf2 เป็นค่า secondary strorage coefficient จะมีค่าเป็น Read only เมื่อ Laycon มีค่า 2 หรือ 3 ถ้าเป็น transient simulation (steady- state flage, ISS เป็น 0) ค่า secondary strorage coefficient จะเป็นค่าเฉพาะ

TOP ค่า elevation ของ aquifer Top Read only เมื่อ LAYCON มีค่า 2 หรือ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

River Package (RIV)

River Package Input

For Each Simulation

RIVIAL

1. Data:	MXRIVR	IRIVCB
Format	I10	I10

For Each Stress Period

2. Data	ITMP					
Format	I10					
3. Data	Layer	Row	Column	Stage	Cond	Rbot
Format	I10	I10	I10	F10.0	F10.0	F10.0

MXRIVR ค่าระดับน้ำสูงสุด

IRIVCB เป็นค่า flag และ Unit number

IRIVCB > 0 เป็น unit number cell by cell flow terms จะถูกบันทึก เมื่อ ICBCFL ถูกกำหนดค่า

IRIVCB = 0 cell by cell flow terms จะไม่มีการพิมพ์และบันทึก

IRIVCB < 0 river leakage สำหรับแต่ละ ตอนของแม่น้ำจะถูกพิมพ์ เมื่อ ICBCFL ถูกกำหนดค่า

ITMP เป็นค่า flag และ Counter

ITMP <0 ข้อมูลแม่น้ำจาก stress period ที่แล้วจะถูกนำมาใช้

ITMP≥0 ค่าของแม่น้ำปัจจุบันจะถูกนำมาใช้ใน stress period ปัจจุบัน

Layer จำนวนชั้นของเซลล์ของแม่น้ำ

Row จำนวนแถวของเซลล์ของแม่น้ำ

Column เป็นจำนวนคอลัมน์ของเซลล์แม่น้ำ

Stage เป็นค่า Head ของแม่น้ำ

Cond เป็นค่า riverbed hydraulic conductance

Rbot เป็นค่า elevation ของ bottom ของ Riverbed

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Recharge Package

Recharge Package Input

ชุดข้อมูลอัตราการเติมน้ำบาดาล หมายถึง อัตราการเติมโดยการซึมผ่านจากผิวดินลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ซึ่งวิธีการนำเข้าข้อมูลคล้ายกับการนำเข้าข้อมูลพารามิเตอร์ในชุดการคำนวณสภาพการไหล แต่ข้อมูลมีมิติของเวลาเช่นเดียวกับกับข้อมูลอัตราการสูบน้ำ

RCH1 AL

For Each Simulation

1. Data	NRCHOP	IRCHCB
Format	I10	I10

For Each Stress Period

RCH1RP

2. Data:	INRECH	INIRCH
Format	I10	I10
3. Data	RECH(NCOL, NROW)	
Module:	U2DREL	

ถ้า Recharge option = 5

4. Data	IRCH (NCOL, NROW)
Module:	U2DINT

NRCHOP เป็น Recharge option code โดย Recharge flux ถูกกำหนดเป็น array 2 มิติ RECH ให้ค่า 1 ค่าสำหรับ vertical column ค่า recharge ถูกปรับตามเซลล์ในแต่ละ Vertical column และ option code พิจารณาตาม cell ที่ถูกเลือก

1. Recharge เป็นค่า Top grid layer
2. Vertical distribution ของ Recharge
3 Recharge ถูกกำหนดที่ active cell บนสุดในแต่ละ vertical column ค่า constant-head node กั้นระหว่าง recharge และป้องกัน prevents deeper infiltration

IRCHCB เป็นค่า flag และ unit number

IRCHCB > 0 เป็นค่า unit number cell-by-cell flow terms จะถูกบันทึกเมื่อ ICBCFL ถูกกำหนดค่า

IRCHCB $\leq$0 cell-by-cell flow terms ไม่มีการบันทึก และพิมพ์

INRECH เป็นค่า RECH read flag

INRECH ≥ 0 array of recharge fluxed ,RECH ถูกอ่านค่า

INRECH < 0 recharge rate จาก preceding stress period

INIRCH เป็นค่า IRCH read flag เมื่อ NRCHOP = 2

INIRCH≥ 0 array of layer recharge fluxes, RECH

INIRCH < 0 array (IRCH) ถูกใช้ใน preceding stress period ถูกนำมาใช้อีก

หมายเหตุ ถ้า NRCHOP มีค่าเท่ากับ 1 หรือ 3 INIRCH ก็ไม่ต้องใช้

RECH เป็นค่า Recharge flux(Lt-1) มีค่าเป็น Read only เมื่อค่า INRECH มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

IRCH เป็นจำนวนชั้นของ array ที่ถูกกำหนดในแต่ละ Vertical column เมื่อ recharge ถูกใช้ มีค่า Read only ถ้า NRCHOP มีค่า 2 และ INIRCH มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

Well Package

Well Package Input

ข้อมูลอัตราการสูบน้ำมีลักษณะที่แตกต่างจากชุดการคำนวณพื้นฐาน และชุดการคำนวณสภาพการไหลเนื่องจากเป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (สำหรับสภาวะการไหลแบบไม่คงตัว) ดังนั้นข้อมูลในส่วนนี้จึงเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และมีขนาดแปรผันตามช่วงเวลาของแบบจำลอง ดังนั้นหากต้องทำการจำลองสภาพการไหลที่ครอบคลุมระยะเวลายาวนานมาก ๆ เช่น 10 ปีขึ้นไป อาจทำการตัดตอนแบบจำลองลงให้เป็น 2 – 3 ช่วงเพื่อช่วยประหยัดทรัพยากรของระบบการคำนวณและช่วยลดระยะเวลาในการทำงานของแบบจำลอง

ข้อมูลที่นำเข้าสู่ชุดการคำนวณนี้ได้มาจากการประเมินอัตราการสูบน้ำในแต่ละช่วงเวลาตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 4.2.4 จากข้อมูลเหล่านั้น จะต้องระบุชั้นน้ำและตำแหน่ง (กริดเซลล์) ของการสูบน้ำที่เกิดขึ้น การกำหนดตำแหน่งของการสูบน้ำอาศัยพิกัดภูมิศาสตร์ (utm) ของตำแหน่งที่ตั้งของบ่อบาดาล หรือพิกัดของหมู่บ้านที่เป็นที่ตั้งของการสูบน้ำแต่ละประเภทเป็นเครื่องมือในการระบุค่าการสูบน้ำลงในกริดเซลล์ ส่วนการระบุว่าการสูบน้ำนั้นเป็นการสูบน้ำจากชั้นน้ำบาดาลชั้นใด อาศัยสมมติฐาน และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกันไปตามประเภทของข้อมูล

For Each Simulation

	WEL1AL	
1. Data :	MXWEL	IWELCB
Format	I10	I10

For Each Stress Period

	WEL1RP			
2. Data	Layer	Row	Column	Q
Format:	I10	I10	I10	F10.0

MXWELL เป็นจำนวนบ่อที่ใช้ในการคำนวณ

IWELCB เป็น flag และ unit number

IWELCB >0 ค่า Unit number ที่ cell by cell flow จะถูกบันทึกเมื่อ ICBCFL ถูกกำหนด

IWELCB = 0 cell by cell flow term จะไม่ถูกพิมพ์หรือบันทึก

IWELCB < 0 well recharge จะถูก print หรือบันทึก เมื่อ ICBCFL ถูกกำหนดให้

ITMP เป็น flag และ counter

ITMP < 0 , ข้อมูล Well จาก stress period จะถูกนำมาใช้อีกครั้งหนึ่ง

ITMP ≥0 , ข้อมูล Well active ในขณะ stress period ปัจจุบัน

Layer เป็นจำนวนชั้นของโมเดลเซลที่บรรจุอยู่ใน well

Row เป็นจำนวนแถวของโมเดลเซลที่บรรจุอยู่ใน well

Column เป็นจำนวนคอลัมน์ที่บรรจุอยู่ใน well

Q เป็นค่า volumetric recharge rate มีทั้งค่า + และ –

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Drain Package

Drain Package Input

ข้อมูลเกี่ยวกับทางน้ำ คือการคำนวณการไหลเชื่อมต่อระหว่างชั้นน้ำบาดาลกับทางน้ำ ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับทางน้ำต้องถูกนำมาสร้างเป็นแผนที่แสดงทางน้ำสายหลักเพื่อกำหนดให้กริดเซลล์นั้น ๆ ในแบบจำลองทำหน้าที่เป็นทางน้ำ และรับข้อมูลเกี่ยวกับทางน้ำ ซึ่งได้แก่ ระดับน้ำ อัตราการซึมของน้ำผ่านวัสดุท้องน้ำ และค่าระดับท้องน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีมิติของเวลาด้วย

For Each Simulation

DRN1AL

1. Data :	MXDRN	IDRNCB
Format	I10	I10

For Each Stress Period

2. Data:	ITMP				
Format	I10				
3. Data:	Layer	Row	Col	Elevation	Cond
Format	I10	I10	I10	F10.0	F10.0

(หมายเหตุ Input ส่วนที่ 3 ขึ้นกับส่วนแรก ถ้า ITMP มีค่า – หรือ เป็น 0 ส่วนที่3 ก็จะไม่นำมาคิด)

MXDRN เป็นค่า maximum drain cell active ในเวลาหนึ่ง ๆ

IDRNCB เป็นค่า flag และ unit number

IDRNCB > 0 unit number cell – by – cell flow จะถูกบันทึกเมื่อเทอม ICBCFL ถูกกำหนดค่า

IDRNCB = 0 cell –by-cell flow term ไม่ถูกพิมพ์หรือบันทึก

IDRNCB < 0 drain leakage สำหรับแต่ละ cell จะถูกพิมพ์เมื่อเทอม ICBCFL ถูกกำหนดค่า

ITMP เป็นค่า flag และ counter

ITMP < 0 Drain data จาก stress period จะถูกนำมาใช้ใหม่

ITMP $\geq$0 ITMP เป็นจำนวน drain ที่ active ใน stress period ปัจจุบัน

Layer เป็นจำนวน layer number ของ cell ที่อยู่ใน drain

Row เป็นจำนวน row number ของ cell ที่อยู่ใน drain

Column เป็นจำนวน Column number ของ cell ที่อยู่ใน drain

Elevation ค่าต่างระดับของ drain

Cond ค่า hydraulic conductance ระหว่าง aquifer กับ drain

Evapotranspiration Package

Evaporatranspiration Package (EVT)

EVT1AL

1. Data : NEVTOP	IEVTCB			
Format I10	I10			
EVT1RP				
2. Data : INSURF	INEVTR	INEXDP	INIEVT	
Format I10	I10	I10	I10	

3. Data : SURF

Module : U2DREL

4. Data : EVTR

Module: U2DREL

5. Data : EXDP

Module : U2DREL

ถ้า ET OPTION เท่ากับ 2

6. Data : IEVT

Module : U2DINT

NEVTOP evapotranspiration (ET) option code ET parameter ได้แก่ ET surface, maximum ET rate และ extinction depth) สำหรับ array 2 มิติ, SURF, EVTR, และ EXDP แต่ละค่าสำหรับแต่ละ vertical column ค่า ET พารามิเตอร์คำนวณจากแต่ละเซลล์ในแต่ละ vertical column option code พิจารณาจาก cell ในคอลัมน์ ET จะถูกคำนวณ

1 – ET คำนวณเฉพาะ cell ใน grid layer บนสุด

2 – cell ในแต่ละ vertical column

IEVTCB เป็น flag และ unit number

IEVTCB > 0 unit number cell – by- cell flow term ถูกบันทึกเมื่อ ICBCFL ถูกกำหนดค่า

IEVTCB $\leq$0 cell-by-cell flow terms จะไม่มีการพิมพ์หรือบันทึก

INSURF เป็น ET surface(SURF) read flag

INSURF $\geq$0 array containing ET surface elevation จะถูกอ่าน

INSURF<0 ET surface จาก preceding stress period จะถูกนำมาใช้อีกครั้ง

INEVTR เป็นค่า maximum ET rate(EVTR) read flag

INEVTR $\geq$ 0 array containing maximum ET rate จะถูกอ่าน

INEVTR < 0 maximum ET rate จาก preceding stress period จะถูกนำมาใช้อีกครั้ง

INEXDP extinction depth (EXDP) read flag

INEXDP $\geq$ 0 array ที่อยู่ใน the extinction depth (EXDP) จะถูกอ่านค่า

INEXDP< 0 the extinction dept จาก preceding stress period จะถูกนำมาใช้อีกครั้ง

INIEVT layer indicator (IEVT) read flag จะถูกนำมาใช้เมื่อ ET option มีค่าเท่ากับ 2

INIET $\geq$ 0 array บรรจุอยู่ใน layer indicator (IEVT)

SURF เป็นค่าต่างระดับของ ET surface

EVTR เป็นค่า maximum ET rate (volumne of water per unit area (LT^{-1})

EXDP เป็นค่า ET extinction depth

IEVT เป็นค่า layer indicator array สำหรับ แต่ละ horizontal location จะเป็นตัวชี้ layer เมื่อ ET ถูก remove จะใช้เมื่อ ET option = 2

General – Head Boundary Package Input

For Each Simulation

1. Data :	MXBND	IGHBCB
Format	I10	I10

สำหรับแต่ละ STRESS PERIOD

2. Data	ITMP				
Format	I10				
3. Data	Layer	Row	Column	Boundary head	Cond
Format	I10	I10	I10	F10.0	F10.0

(หมายเหตุ Input ส่วนที่ 3 ขึ้นกับส่วนแรก ถ้า ITMP มีค่า – หรือ เป็น 0 ส่วนที่3 ก็จะไม่นำมาคิด)

MXBND maximum number of general head boundary cell at one time

IGHBCB is flag และ unit number

IGHBCB > 0, เป็น unit number cell by cell flow terms จะถูกบันทึก เมื่อ ICBCFL ถูกกำหนดค่า

IGHBCB = 0 cell –by-cell flow term ไม่ถูกพิมพ์หรือบันทึก

IGHBCB < 0 boundary leakage สำหรับแต่ละ cell จะถูกบันทึกเมื่อ ICBCFL ถูกกำหนด

ITMP เป็นค่า flag และ counter

ITMP < 0 GHB data จาก preceding stress period จะถูกนำมาใช้

ITMP $\geq$ 0 ITMP เป็นจำนวน general head boundaries ตลอด current stress period

Layer เป็นจำนวน layer number ของ cell ที่ได้รับผลกระทบจาก head-dependent

Row เป็นจำนวนแถวของ Cell ที่ได้รับผลกระทบจาก head-dependent boundary

Column เป็นจำนวน Layer number ของเซลที่ได้ผลกระทบจาก head-dependent boundary

Boundary head เป็นค่า head บน boundary

Cond เป็นค่า hydraulic conductance ระหว่าง Interface ระหว่าง aquifer cell and boundary

STRONGLY IMPLICIT PROCEDURE PACKAGE

SIP1AL

1. Data:	MXITER	NPARM
Format	I10	I10

SIP1RP

2. Data:	ACCL	HCLOSE	IPCALC	WSEED	IPRSIP
Format	F10.0	F10.0	I10.0	F10.0	I10

MXITER maximum number of times through the iteration loop ในแต่ละ step

NPARM จำนวน iteration parameter

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACCL	จำนวน acceleration parameter มากกว่า 0 และโดยปกติมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าค่าเป็น 0 จะมีผลต่ออันอื่น
HCLOSE	จำนวน head change criterion for convergence เมื่อ maximum absolute value ของ head เปลี่ยนจาก nodes
IPCALC	flag ที่ช่วยชี้ iteration parameter seed มาจาก 0 – seed will be enter by user 1 – seed will be calculated at start of simulation จาก problem parameter
WSEED	เป็นค่า Seed สำหรับ calculation iteration parameter จะเป็นค่าเฉพาะถ้า IPCALC เท่ากับ 0
IPRSIP	printout interval สำหรับ SIP ถ้า IPRSIP เท่ากับ 0 จะเปลี่ยนเป็น 999 ค่า maximum head (+/-) 0จะถูกพิมพ์ในแต่ละ iteration ของ time step เมื่อ time step หารด้วย IPRSIP ค่า printout จะเกิดขึ้นในตอนท้ายของ stress period maximum head change (+/-) และพิมพ์ในแต่ละ iteration ของ time step เมื่อ time step หารด้วย IPRSIP การพิมพ์ออกมักจะเกิดขึ้นในแต่ละ stress period โดยไม่คำนึงถึงค่า IPRSIP

SLICE-SUCCESSIVE OVERRELAXATION PACKAGE

For Each Simulation

SOR1AL

1. Data :	MXITER		
Format:	I10		

SOR1RP

2. Data :	ACCL	HCLOSE	IPRSOR
Format	F10.0	F10.0	I10

MXITER	Maximum number of iteration ในแต่ละ time step
ACCL	acceleration parameter มีค่าตั้งแต่ 1.0 ถึง 2.0
HCLOSE	เป็นค่า head chage criterion สำหรับ convergence เมื่อ maximum absolute value ของ head change จาก node ทั้งหมดตลอด iteration ซึ่งน้อยกว่าหรือเท่ากับ HCLOSE , iteration stop

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IPRSOR เป็นค่า printout interval สำหรับ SOR ถ้า IPRSOR มีค่าเท่ากับ 0 จะถูกเปลี่ยนเป็น 999 ค่า maximum head change (+/-) ซึ่งถูกพิมพ์ในแต่ละ time step เมื่อ time step หารด้วย IPRSOR การพิมพ์จะเกิดขึ้นที่ จุดปลาย stress period โดยไม่นำค่า IPRSOR มาคิด

The Pre-Conditioned Conjugate Gradient Solver

เป็นชุดการคำนวณที่มี option ในการช่วยคำนวณ สมการ Finite Differrence มีอยู่ 2 วิธี คือ วิธี Modified Incomplete Cholesky หรือวิธี Polynomial วิธี Polynomial สามารถช่วยลดขนาดไฟล์ในการบันทึก File ในเครื่อง

Maximum Outer Iteration ค่าบอกถึงค่ามากที่สุดสำหรับ outer iteration ต่อ time step

Maximum Inner Iteration คล้ายกับค่า Maximum Outer Iterations แต่ inner iteration เกิดขึ้นภายในระหว่างแต่ละ outer iteration

Preconditioning Method เป็นวิธีที่ใช้ในการคำนวณสมการ Finite Difference

Head Change Convergence Criterion เมื่อค่าเปลี่ยนมากที่สุดของ head ระหว่าง 2 iteration น้อยกว่าค่านี้ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบค่า Residual Convergence Criterion ถ้าค่าทั้งสองยอมรับได้ โปรแกรมจะไป Run iteration ต่อไป

Residual Convergence Criterion

Residual Convergence Criterion เมื่อค่า Residual มีค่าน้อยกว่าค่านี้ โปรแกรมจะทำ iteration ต่อไปโดยปกติจะเท่ากับค่า Head Change Convergence Criterion

Printing ในแต่ละ time step มีตัวคูณเป็นอย่างไร

Interval เป็นค่า maximum change ของ head ระหว่าง iteration ที่ถูกพิมพ์ขึ้น หรืออาจจะเลือกที่จะ กำหนดprint ไปยัง file

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการน้ำ

วันที่สัมภาษณ์.....

ผู้สัมภาษณ์.....

ผู้ถูกสัมภาษณ์.....

ตำแหน่ง.....สังกัด.....

1.ภารกิจของหน่วยงานที่ท่านสังกัดอยู่

.....

.....

.....

2. ในปัจจุบันหน่วยงานของท่านมีระบบสารสนเทศเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำหรือไม่ อย่างไร

☐ มี

ได้แก่

.....

.....

.....

☐ ไม่มี

.....

.....

3. ท่านคิดว่าระบบสารสนเทศดังกล่าว สามารถมาช่วยอำนวยความสะดวกหรือมีประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำหรือไม่อย่างไร

.....

.....

4. ท่านคิดว่าระบบสารสนเทศที่ใช้ในปัจจุบันมีความง่ายต่อการใช้งานและตอบสนองกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานในหน่วยงานของท่านหรือไม่

.....

.....

5. ระบบสารสนเทศที่ใช้ในปัจจุบัน มีปัญหาหรือขีดจำกัดในการใช้งานอย่างไร

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ท่านมีแนวทางหรือข้อเสนอแนะใดที่จะร่วมกันพัฒนาปรับปรุงสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการน้ำในปัจจุบัน

.....

.....

7.ในวงรอบการปฏิบัติงาน ต้องทำการรายงานสรุปข้อมูลใดบ้างเสนอต่อหน่วยงานต้นสังกัด การจัดทำรายงานสรุปทำเป็นรูปแบบใด และได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือแผนที่นำมาประกอบเอกสารรายงานหรือไม่อย่างไร (กรุณาแนบตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานมาให้พร้อมกับแบบสอบถามดังกล่าวด้วย)

.....

.....

.....

8. แผนที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงานในโครงการประกอบด้วยแผนที่อะไรบ้าง และมาตราส่วนที่ใช้ รวมถึงการได้มาของแผนที่ดังกล่าวผลิตจากหน่วยงานใด หรือทำการผลิตเอง

1. .....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

2. .....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

3. .....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

4. .....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

5.....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

6.....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

7.....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

8.....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

9.....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.....มาตราส่วน.....

แหล่งที่มาของข้อมูล.....ปี พ.ศ.....

อื่น ๆ ได้แก่

.....

.....

.....

9. ในปัจจุบันพบว่าเกษตรกรมีการใช้น้ำใต้ดิน หน่วยงานของท่านได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินไว้หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี ข้อมูลที่ทำการรวบรวมหรือสำรวจได้แก่

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

6.....

7.....

8.....

9.....

10.....

10. ในปัจจุบันทางโครงการได้ทำการรวบรวมฐานข้อมูลน้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการ ในส่วนของเจ้าหน้าที่ต้องการข้อมูลใดประกอบการปฏิบัติงาน

☐ หมายเลขบ่อ, ที่ตั้ง, ตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์, ประเภทของบ่อ, ชนิดของบ่อ, วัตถุประสงค์การใช้งาน

☐ ระดับน้ำใต้ดิน จากการบันทึกข้อมูลภาคสนามและจากหน่วยงาน

☐ คุณภาพของน้ำใต้ดิน

☐ กราฟแสดงระดับน้ำใต้ดิน

☐ ตำแหน่งของบ่อน้ำใต้ดินกับพื้นที่โครงการในแต่ละโซน

☐ สถานีวัดน้ำฝนกับตำแหน่งของบ่อน้ำใต้ดิน

☐ ชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูกกับน้ำใต้ดิน

อื่น ๆ ได้แก่

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

11. ในหน่วยงานของท่านมีโปรแกรมคำนวณด้านน้ำใต้ดินหรือไม่

☐ ไม่มี (ตอบคำถามข้อ 14) ☐ มี (กรุณาตอบคำถามข้อที่ 12 – 13)

12. กรณีที่มีท่านพบปัญหาอย่างไรในการใช้งาน

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

13. ความต้องการของท่านในการใช้งานโปรแกรมคำนวณน้ำใต้ดินมีลักษณะแบบใด

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

14. กรณีที่ยังไม่มีท่านต้องการโปรแกรมคำนวณด้านน้ำใต้ดินในลักษณะรูปแบบใด

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

14. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

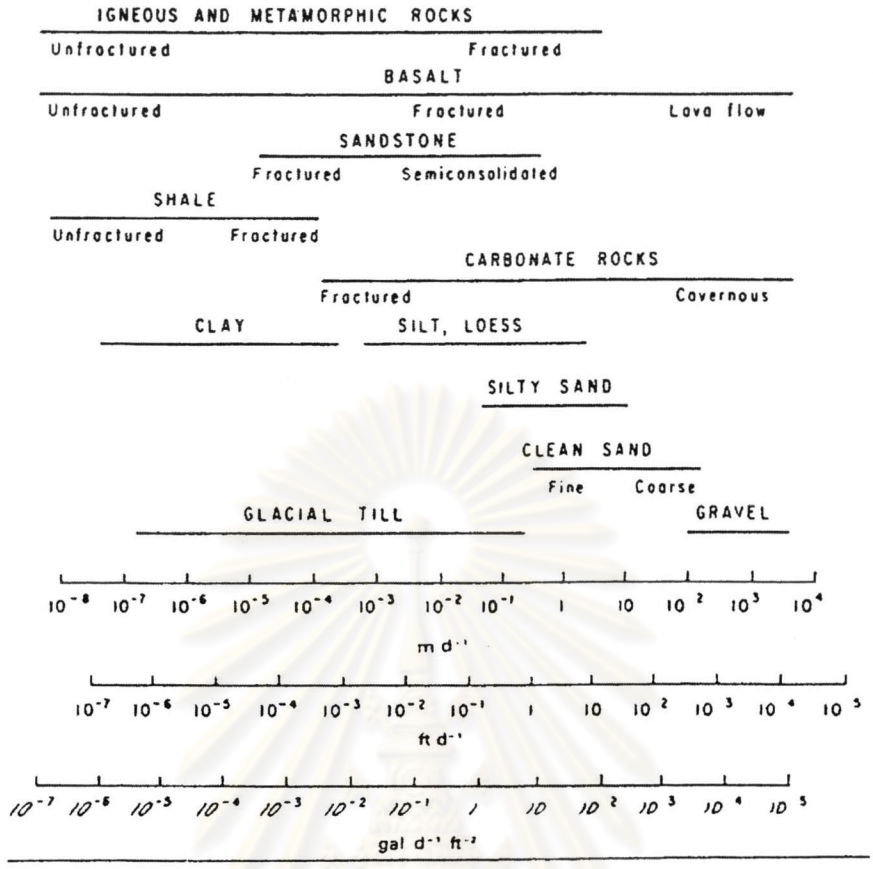
ภาคผนวก ค

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองน้ำใต้ดิน MODFLOW

ตารางที่ ค.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองน้ำใต้ดิน MODFLOW

ลำดับ	พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
1	สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient)	$5.0 \times 10^{-4} - 1.5 \times 10^{-3}$
2	สัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ (Specific Storage)	0.25 เฉพาะชั้นน้ำชั้นที่ 1 เพราะเป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน
3	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (Hydraulic Conductivity)	5.0 - 1.0×10^{-3} เมตรต่อวัน สำหรับ Q_{cp} และ 1.0×10^{-1} - 5.0×10^{2} เมตรต่อวัน สำหรับ Q_{cr}
4	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำในแนวดิ่ง (Vertical Hydraulic Conductivity)	2.0×10^{-5} เมตรต่อวัน
5	ระดับของชั้นน้ำใต้ดินแต่ละชั้น (Top and Bottom Elevations)	รูปที่ 5.1
6	ประเภทของชั้นน้ำใต้ดิน (Type of Each Layer)	ชั้นที่ 1 เป็นชั้นน้ำแบบกึ่งมีความดัน ส่วนชั้นน้ำชั้นที่ 2, 3 และ 4 เป็นชั้นน้ำแบบมีความดัน
7	อัตราการเติมน้ำ (Recharge Rate)	5.0×10^{-5} - 5.0×10^{-4} เมตรต่อวัน (18-180 มิลลิเมตรต่อปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา: Anderson M. P., and Woessner W. W. (1992)

รูปที่ ค.1ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำเสนอโดยHeath (1983)

ตารางที่ ค.2 การจำแนกประเภทของวัสดุท้องน้ำตามขนาด เสนอโดยMorris and Johnson(1967) อ้างอิงใน Todd,1980)

Material	Porosity, Percent	Material	Porosity, Percent
Gravel, coarse	28[a]	Loess	49
Gravel, medium	32[a]	Peat	92
Gravel, fine	34[a]	Schist	38
Sand, coarse	39	Siltstone	35
Sand, medium	39	Claystone	43
Sand, fine	43	Shale	6
Silt	46	Till,	
Clay	42	predominantly silt	34
Sandstone,		Till,	
fine-grained	33	predominantly sand	31
Sandstone,		Tuff	41
medium-grained	37	Basalt	17
Limestone	30	Gabbro, weathered	43
Dolomite	26	Granite, weathered	45
Dune sand	45		

[a]These values are for repacked samples; all others are undisturbed. ที่มา : Todd(1980)

ตารางที่ ค.3 ค่าความพรุนของวัสดุท้องน้ำ เสนอโดย Morris and Johnson(1967)

Material	Particle Size, mm
Clay	<0.004
Silt	0.004–0.062
Very fine sand	0.062–0.125
Fine sand	0.125–0.25
Medium sand	0.25–0.5
Coarse sand	0.5–1.0
Very coarse sand	1.0–2.0
Very fine gravel	2.0–4.0
Fine gravel	4.0–8.0
Medium gravel	8.0–16.0
Coarse gravel	16.0–32.0
Very coarse gravel	32.0–64.0

ที่มา : Todd(1980)

ตารางที่ ค.4 ค่า Specific Storage ของวัสดุชั้นน้ำ ปรับปรุงโดย Domenico(1972)

Material	Specific storage (S_s) (m^{-1})
Plastic clay	2.0×10^{-2}–2.6×10^{-3}
Stiff clay	2.6×10^{-3}–1.3×10^{-3}
Medium-hard clay	1.3×10^{-3}–9.2×10^{-4}
Loose sand	1.0×10^{-3}–4.9×10^{-4}
Dense sand	2.0×10^{-4}–1.3×10^{-4}
Dense sandy gravel	1.0×10^{-4}–4.9×10^{-5}
Rock, fissured, jointed	6.9×10^{-5}–3.3×10^{-6}
Rock, sound	Less than 3.3×10^{-6}

Adapted from Domenico, 1972.

ที่มา: Anderson M. P., and Woessner W. W. (1992)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ เรืออากาศเอกหญิง งามเพ็ญ วงศ์วัฒนะ

เกิด 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2516 กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2539 - 2542 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สถาบันราชภัฏจันทรเกษม

พ.ศ. 2534 - 2537 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์แผนที่ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2540 - ปัจจุบัน ประจำแผนกจัดการและพัฒนาระบบ ศูนย์ข้อมูลทางแผนที่ กรมแผนที่ทหาร

พ.ศ. 2538 - 2540 นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 3 กองสารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

พ.ศ. 2537 - 2538 กองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย