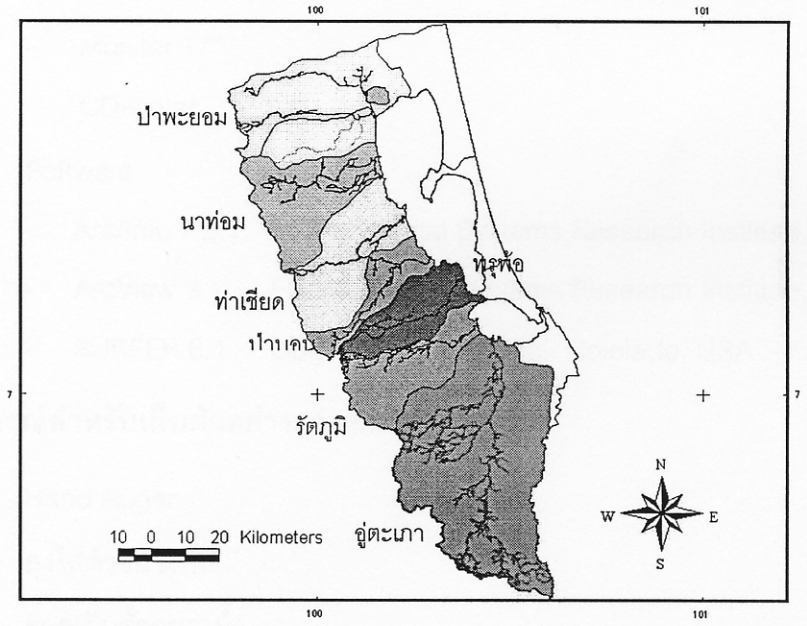
บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1. ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาฝั่งตะวันตกที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในช่วงปี พ.ศ. 2534-2543 โดยใช้การแบ่งพื้นลุ่มน้ำจากกรมชลประทานออกเป็นลุ่มน้ำย่อย 7 ลุ่มน้ำ (ภาพประกอบ 2-1) พร้อมทั้งได้จัดทำระบบข้อมูลของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้กับแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำไปปรับใช้ได้ในอนาคต ลุ่มน้ำย่อยทั้ง 7 ลุ่มน้ำ คือ



ภาพประกอบ 2-1 ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทางฝั่งตะวันตก

1) ลุ่มน้ำย่อยคลองป่าพะยอม มีพื้นที่ประมาณ 1,149 ตารางกิโลเมตร
2) ลุ่มน้ำย่อยคลองนาท่อม มีพื้นที่ประมาณ 747 ตารางกิโลเมตร
3) ลุ่มน้ำย่อยคลองท่าเชียด มีพื้นที่ประมาณ 759 ตารางกิโลเมตร
4) ลุ่มน้ำย่อยคลองป่าบอน มีพื้นที่ประมาณ 323 ตารางกิโลเมตร
5) ลุ่มน้ำย่อยคลองพรุพ้อ มีพื้นที่ประมาณ 500 ตารางกิโลเมตร
6) ลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ มีพื้นที่ประมาณ 617 ตารางกิโลเมตร
7) ลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา มีพื้นที่ประมาณ 2,383 ตารางกิโลเมตร

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

2.1 อุปกรณ์สำหรับทดลองแบบจำลอง

- เครื่อง Computer Pentium 3 ความเร็ว 800 MHz
  - Hard Disk 60 GB
  - Ram 512 MB
  - Monitor 17"
  - CD-writer
- Software
  - Arc/Info 7.2.1 Environmental Systems Research Institute, Inc. USA
  - ArcView 3.1 Environmental Systems Research Institute, Inc. USA
  - SURFER 6.1 Golden Sofeware, Inc. Cololado, USA

2.2 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างภาคสนาม

- Hand Auger
- ถุงใส่ตัวอย่างดิน
- ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

2.3 **อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ขนาดตะกอน**

- ชุดวิเคราะห์ขนาดอนุภาคโดยการร่อน
  - เครื่องเขย่าตะแกรง (Sieve Shaker)
  - ตะแกรงขนาดตา 2, 1 มิลลิเมตร 600, 250, 125, 106, 75 และ 45 ไมครอน
- ชุดวิเคราะห์ขนาดอนุภาคโดยการตกตะกอน
  - Hydrometer
  - เครื่องปั่นดิน
  - กระบอกแก้ว 1,000 มิลลิลิตร
  - นาฬิกาจับเวลา

3. วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 การจัดเตรียมข้อมูล

จัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลองสามารถเรียกใช้ได้ ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) ข้อมูลของแบบจำลอง
   - ข้อมูลแบบจำลอง VIC-2L
   - ข้อมูลแบบจำลอง Routing
2) ข้อมูลจากภาคสนาม

3.2 การ Run แบบจำลอง

3.3 การปรับค่าตัวแปรของแบบจำลอง

4. ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง

4.1 ข้อมูลแบบจำลอง VIC-2L และแหล่งที่มา ประกอบด้วย

1. Forcing Data เป็นข้อมูลรายวันระหว่างปี พ.ศ. 2534-2543 ประกอบด้วย ข้อมูลฝน จำนวน 99 สถานี จากกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยา (ภาคผนวก ก) ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความเร็วลม จำนวน 8 สถานี จากกรมอุตุนิยมวิทยา (ภาคผนวก ข)

2. การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land use and Land cover) ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2534 จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นข้อมูลปีที่ทันสมัยที่สุดที่หาได้ในขณะที่ทำการวิจัยครั้งนี้
3. สมบัติต่าง ๆ ของดิน ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2524, 2530 และ 2542 จากกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2524; กรมพัฒนาที่ดิน, 2530; อิสรา, 2539; วุฒิชาติ, 2542)
4. ความสูงของพื้นที่ มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมแผนที่ทหาร จังหวัดสงขลา, พัทลุง และนครศรีธรรมราช นำเข้าโดยกรมทรัพยากรธรณี

4.2 **ข้อมูลของแบบจำลอง Routing ประกอบด้วย**

1. ความสูงของพื้นที่ มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมแผนที่ทหาร จังหวัดสงขลา, พัทลุง และนครศรีธรรมราช นำเข้าโดยกรมทรัพยากรธรณี
2. ขอบเขตลุ่มน้ำ จากการแบ่งของกรมชลประทาน
3. ขนาด grid : ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ เลือกขนาด 1 กิโลเมตร ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 5.1 บทที่ 1
4. ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำ ข้อมูลจากกรมชลประทานจำนวน 6 สถานี คือ สถานี X68, X129, ฝายท่าเชียด, X67, ฝายชะมวง และ X90 ดังรายละเอียดในตาราง 2-1
5. โครงข่ายลำน้ำ

ตาราง 2-1 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำที่ใช้ในงานวิจัย

สถานี	เขตการปกครอง	ละติจูด	ลองจิจูด	ลุ่มน้ำ
X68	บ้านท่าแค อ.เมือง จ.พัทลุง	7.566	100.051	นาท่อม
X129	บ้านคลองอ้ายโต อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง	7.388	100.112	ท่าเชียด
ฝายท่าเชียด	ฝายท่าเชียด อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง	7.360	100.120	ท่าเชียด
X67	บ้านกำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	7.143	100.288	รัตภูมิ
ฝายชะมวง	ฝายชะมวง อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	7.130	100.230	รัตภูมิ
X90	บ้านบางศาลา อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา	6.927	100.443	อู่ตะเภา

ที่มา : กรมชลประทาน

5. การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลอง VIC-2L

เนื่องจากแบบจำลอง VIC-2L ต้องใช้ข้อมูล 4 ชนิด ข้อมูลแต่ละชนิดก็มีรูปแบบแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องมีการจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลองเรียกไปใช้ได้ โดยสามารถสรุปขั้นตอนการเตรียมข้อมูลทั้งหมดได้ดังภาพประกอบ 2-2

กรอบหมายเลขต่าง ๆ ในภาพประกอบ 2-2 แสดงขั้นตอนในการเตรียมข้อมูล สำหรับแบบจำลอง VIC-2L ดังนี้

- กรอบหมายเลข 1 คือ ขั้นตอนการเตรียม Forcing files
- กรอบหมายเลข 2 คือ ขั้นตอนการเตรียม Vegfile
- กรอบหมายเลข 3 คือ ขั้นตอนการเตรียม Veg_lib
- กรอบหมายเลข 4 คือ ขั้นตอนการเตรียม Soilfile
- กรอบหมายเลข 5 คือ ขั้นตอนการเตรียม Digital Elevation Model (DEM)
- กรอบหมายเลข 6 คือ vic_global file

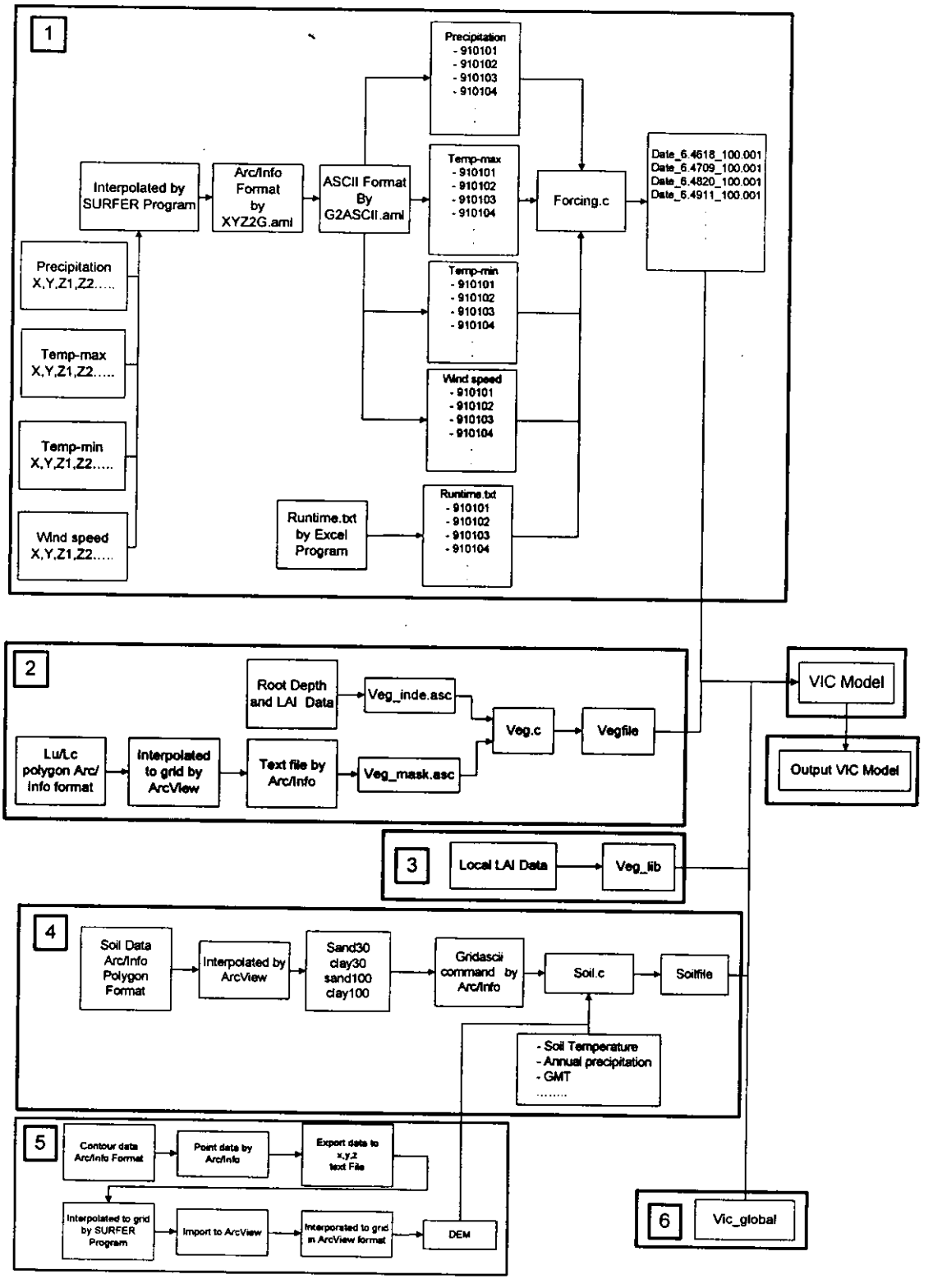
ข้อมูลแต่ละชนิดมีวิธีการเตรียมข้อมูล ดังรายละเอียดในหัวข้อ 6 ถึง หัวข้อ 8

6. การเตรียม Forcing Data

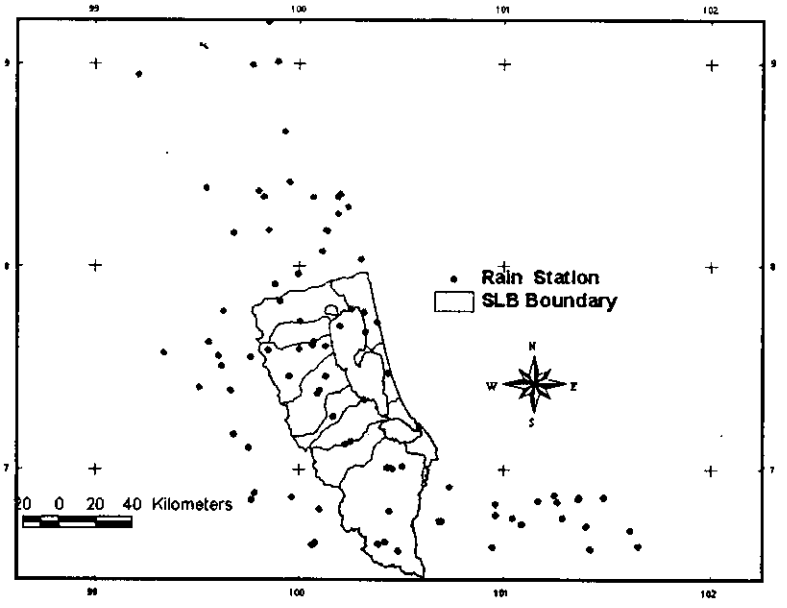
6.1 การจัดรูปแบบ

6.1.1 ข้อมูลฝน

จัดรูปแบบข้อมูลปริมาณฝนรายวัน จำนวน 99 สถานี (ภาพประกอบ 2-3) ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและบริเวณโดยรอบ ดังตัวอย่างในตาราง 2-2 โดยในแต่ละปีจะแยกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ หกเดือนแรก กับ หกเดือนหลัง เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรม SURFER ที่สามารถอ่านข้อมูลได้เพียง 255 สดมภ์ จากนั้นทำการประมาณค่าในช่วง (interpolate) ข้อมูล ด้วยวิธี Krigging โดยใช้ชุดคำสั่งชื่อ "interpolate.bas" (ภาคผนวก ค) ในโปรแกรม SURFER 6.1 ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลฝนรายวันที่มีค่าละติจูด ลองติจูด และปริมาณฝน ใน file ข้อมูลที่มีชื่อเป็น ปีปีเดือนเดือนวันวัน ดังนี้ "yymmdd" และมีอักษร p นำหน้า file ดังนี้ "pyymmdd.txt" เพื่อให้แตกต่างจากข้อมูลอุณหภูมิและข้อมูลลมที่จะทำการจัดเตรียมต่อไป



ภาพประกอบ 2-2 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลของแบบจำลอง VIC-2L

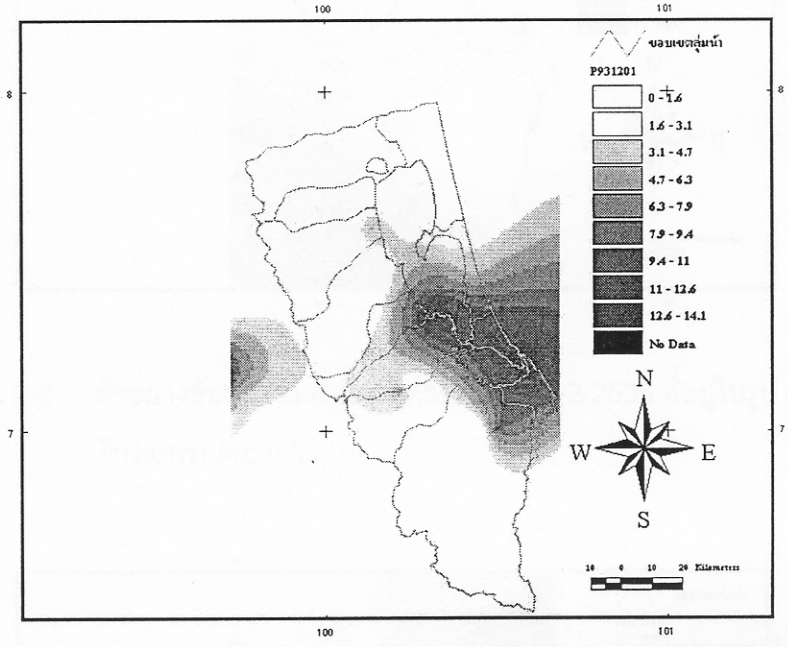


ภาพประกอบ 2-3 ตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนจำนวน 99 สถานี ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและบริเวณโดยรอบ

ตาราง 2-2 ตัวอย่างการจัดรูปแบบข้อมูลปริมาณฝนรายวัน สำหรับครึ่งปีแรกของปี พ.ศ. 2534

ID	X	Y	วัน-เดือน-ปี				
			1-ม.ค.-34	2-ม.ค.-34	3-ม.ค.-34	4-ม.ค.-34	.....
27013	8.4093	99.9595	29.1	12.1	0	0.7	.....
27022	8.3542	100.2053	0	0	0	0	.....
27032	8.1752	99.8543	0	0	0	0	.....
27042	8.6590	99.9338	0	19	0	6	.....
27052	9.0033	99.9012	5.2	4	0	0	.....
27062	8.1575	99.6833	51.8	0	0	0	.....
27082	8.3680	99.8048	22.2	3	0	0	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

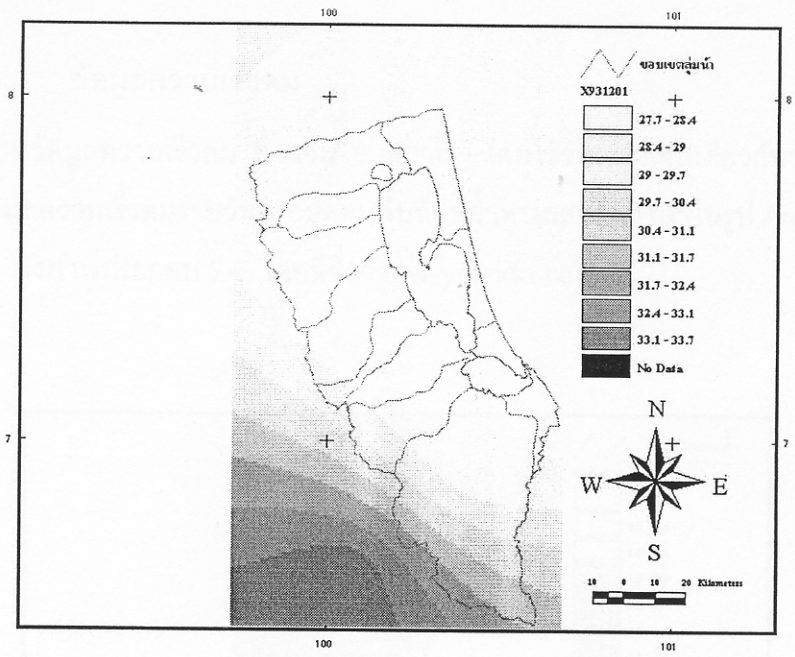
เปลี่ยน file รายวันทั้งหมดที่ได้ ให้อยู่ในรูป grid โดยใช้ชุดคำสั่ง Arc Macro ชื่อ "xyz2g.aml" ในโปรแกรม Arc/Info Version 7.2.1 (ภาคผนวก ง) จะได้ข้อมูลฝนรายวันครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในรูป Arc/Info grid ละ 1 ตารางกิโลเมตร ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2-4



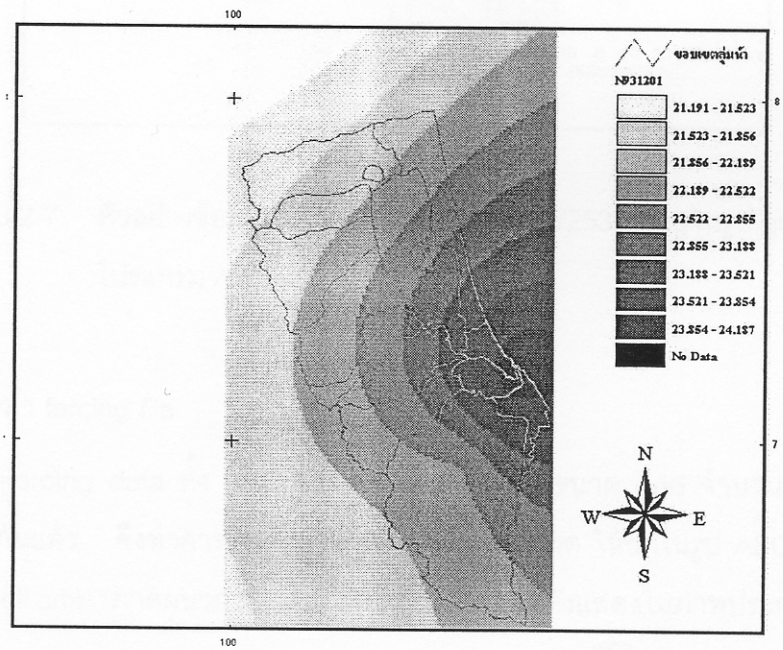
ภาพประกอบ 2-4 ตัวอย่างข้อมูลฝนของวันที่1/12/2535 ที่อยู่ในรูป grid ของโปรแกรม Arc/Info

6.1.2 ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน

จัดเตรียมข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน จำนวน 8 สถานี โดยใช้ขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อมูลปริมาณฝนรายวัน จะได้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวันครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในรูป Arc/Info grid ละ 1 ตารางกิโลเมตร ดังภาพประกอบ 2-5 และภาพประกอบ 2-6 ตามลำดับ โดยมีชื่อ file ว่า "xyymmdd.txt" สำหรับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด และ "nyymmdd.txt" สำหรับข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด



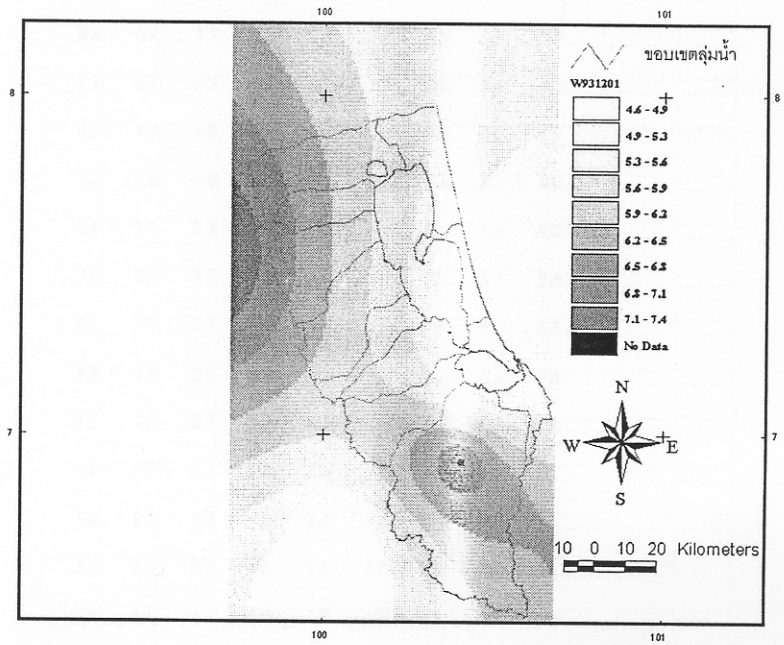
ภาพประกอบ 2-5 ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดของวันที่ 1/12/2535 ที่อยู่ในรูป grid ของโปรแกรม Arc/Info



ภาพประกอบ 2-6 ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดของวันที่ 1/12/2535 ที่อยู่ในรูป grid ของโปรแกรม Arc/Info

6.1.3 ข้อมูลความเร็วลม

จัดเตรียมข้อมูลความเร็วลม จำนวน 8 สถานี โดยใช้ขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อมูลปริมาณฝนรายวัน จะได้ข้อมูลความเร็วลมรายวันครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในรูป Arc/Info grid ละ 1 ตารางกิโลเมตร ดังภาพประกอบ 2-7 โดยมีชื่อว่า "wyymmdd.txt"



ภาพประกอบ 2-7 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วลมของวันที่ 1/12/2535 ที่อยู่ในรูป grid ของโปรแกรม Arc/Info

6.2 การทำ forcing file

เมื่อได้ Forcing data ทั้ง 4 ชนิด ในรูป Arc/Info ซึ่งมีขนาด grid จำนวนแถว และจำนวนสดมภ์ เหมือนกันแล้ว จึงทำการส่งถ่าย (export) ข้อมูลทั้งหมด ให้อยู่ในรูป ASCII file โดยใช้ชุดคำสั่งชื่อ "g2ascii.aml" (ภาคผนวก จ) ข้อมูลที่ได้จะมีรูปแบบ ดังแสดงในภาพประกอบ 2-8

ncols	106										
nrows	192										
xllcorner	99.7235										
yllcorner	6.45725										
cellsize	0.0091										
NODATA_value	-9999										
161	151	145	137	162	162	161	159	155	.....	.....	.....
136	125	119	111	137	137	136	134	130	.....	.....	.....
114	103	96	88	115	115	114	112	108	.....	.....	.....
94	84	77	69	96	96	95	92	89	.....	.....	.....
77	67	61	54	79	79	78	76	72	.....	.....	.....
63	55	49	42	65	65	64	62	59	.....	.....	.....
52	45	40	34	53	54	53	51	48	.....	.....	.....
44	37	33	28	45	45	44	43	40	.....	.....	.....
38	32	29	25	39	39	38	37	35	.....	.....	.....
34	30	27	24	34	35	34	33	32	.....	.....	.....
32	29	27	25	32	32	32	31	30	.....	.....	.....
31	29	28	27	31	31	31	31	30	.....	.....	.....
31	31	31	30	30	32	32	32	32	.....	.....	.....
33	35	35	35	33	34	34	34	34	.....	.....	.....
35	39	39	40	36	37	37	38	38	.....	.....	.....
39	44	45	46	39	40	41	42	43	.....	.....	.....
43	50	51	53	44	45	46	47	48	.....	.....	.....
47	56	58	60	48	50	51	53	55	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ภาพประกอบ 2-8 ตัวอย่าง file ข้อมูลฝนบางส่วนที่ใช้สร้าง Forcing file ซึ่งได้จากชุดคำสั่ง "g2ascii.aml"

จากนั้นใช้โปรแกรม forcing.c เรียก file ทั้ง 4 files คือ ข้อมูลฝน, อุณหภูมิสูงสุด, อุณหภูมิต่ำสุด และความเร็วลม ที่ได้จากใช้ชุดคำสั่ง "g2ascii.aml" มาจัดให้อยู่ในรูปที่แบบจำลอง VIC-2L สามารถนำไปใช้ได้ โดยมี file ชื่อ "runtime.txt" เป็นตัวกำหนด "จำนวนวัน" ที่ต้องการ ซึ่งจะได้ file ชื่อ "data_lat_long" ที่มีข้อมูลฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และความเร็วลม ในแต่ละ Grid ตามจำนวนวันที่กำหนด

ภาพประกอบ 2-9 เป็นตัวอย่าง forcing file ชื่อ "data_6.4618_100.0011" สำหรับขั้นตอนการทำ forcing file ทั้งหมด แสดงไว้ในกรอบที่ 1 ในภาพประกอบ 2-2

0.0	31.9	24.8	7.0
0.0	31.7	23.3	8.4
0.1	31.4	25.3	7.3
0.0	31.7	25.3	5.4
5.2	31.7	24.9	5.2
0.1	32.3	23.6	6.1
4.7	31.8	23.8	5.3
0.1	32.1	23.2	5.2
2.9	33.3	22.6	6.3
1.3	30.6	22.2	5.3
0.1	33.5	24.6	8.0
0.0	33.4	25.0	5.3
0.0	33.6	23.2	2.8
0.0	33.7	21.7	4.4
0.0	33.8	21.9	4.7
0.0	32.8	22.3	6.3
0.0	31.9	22.8	6.5
0.2	32.6	23.5	7.9
0.0	33.5	23.0	6.5
0.0	33.8	23.5	7.1
0.0	33.1	24.2	7.4
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

ภาพประกอบ 2-9 ตัวอย่าง file ชื่อ "data_6.4618_100.0011" ที่ถูก forcing.c จัดรูปแบบแล้ว
โดย สดมภ์ 1 คือ ข้อมูลฝน สดมภ์ 2 คือ ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด
สดมภ์ 3 คือ ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด สดมภ์ 4 คือ ข้อความเร็วลม
จำนวนแถวจะเท่ากับจำนวนวันที่กำหนดใน "runtime.txt"

7. การเตรียม Vegetation file (vegfile) และ Vegetation library (veg_lib)

Vegetation file หรือ "vegfile" เป็น file ที่บรรจุข้อมูล การใช้ประโยชน์ที่ดิน ดัชนีพื้นที่ใบรายเดือน และความลึกของราก ในแต่ละ grid ส่วน vegetation library หรือ "veg_lib" เป็น file ที่บรรจุ parameter ต่าง ๆ ของชนิดพืชแต่ละชนิด ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

7.1 การเตรียม Vegetation file (vegfile)

Vegetation file (vegfile) ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่

1) การใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (Land used/Land Cover ; LU/LC)
2) ดัชนีพื้นที่ใบรายเดือน (Leaf Area Index ; LAI)
3) ความลึกของรากพืช

ในการสร้าง "vegfile" ต้องเตรียม file ข้อมูล 2 files คือ

1) veg_mask.asc
2) veg_inde.asc

แต่ละ file มีวิธีการเตรียมข้อมูล ดังนี้

7.1.1 การเตรียม veg_mask.asc

นำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่เป็น polygon ในรูปแบบ Arc/Info มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูป gird ขนาด 1 ตารางกิโลเมตร โดยใช้โปรแกรมเสริมของ ArcView 3.1 Spatial Analyst คำสั่ง "convert to grid" ให้มีตำแหน่งซ้อนทับกับข้อมูล forcing และทำการจัดชนิด (class) ของพืชของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ตรงกับชนิดหรือ class ในระบบของ University of Maryland (UMD) เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลบางส่วนจาก University of Maryland ตาราง 2-3 แสดงชนิดของพืชที่จัดแบ่งโดย University of Maryland เปรียบเทียบกับการแบ่ง class ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้

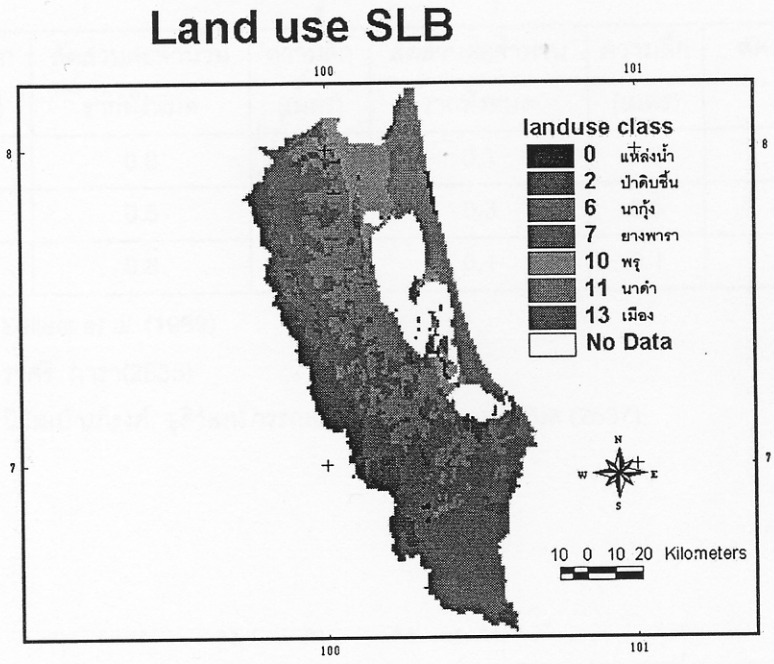
ตาราง 2-3 การแบ่งชนิด (class) ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน

University of Maryland	กรมพัฒนาที่ดิน	Class
Cropland	นาดำ	11
Wooded Grassland	ยางพารา	7
Water	แหล่งน้ำ	0
Evergreen Broadleaf Forest	ป่าดิบชื้น	2
Grassland	ป่าพรุ	10
Woodland	สวนมะพร้าว	6
Urban and Built-Up	เมือง	13

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ประกอบด้วยพืช 3 ประเภทหลัก คือ ป่าดิบชื้น นาดำ และยางพารา ซึ่งมีพื้นที่รวมกันมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จึงลดชนิดของพืชให้เหลือเพียง 3 ชนิด เพื่อลดความซับซ้อนในการเตรียมข้อมูล ส่วนอีก 5 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือแทนที่ด้วยชนิดพืชหลักที่อยู่ใกล้เคียง โดยใช้ชนิด (class) ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน เป็นค่าของแต่ละ grid ดังภาพประกอบ 2-10 จากนั้นส่งถ่ายไปเป็น ASCII file โดยใช้โปรแกรม Arc/Info 7.2.1 คำสั่ง "gridascii" แล้วบันทึกเป็น file ชื่อ veg_mask.asc

7.1.2 การเตรียม Veg_inde.asc

เมื่อได้แผนที่ในรูปแบบของ grid ของ class ที่สำคัญ 3 ชนิดแล้ว จึงนำข้อมูลดัชนีพื้นที่ใบและความลึกของรากพืชของแต่ละ class มาจัดรูปแบบดังตาราง 2-4 และ 2-5 ตามลำดับ เพื่อสร้าง file ข้อมูลพื้นที่ใบและความลึกของรากสำหรับแต่ละ grid จากนั้นจัดรูปแบบ แล้วบันทึก โดยตั้งชื่อ file เป็น "veg_inde.asc" ดังภาพประกอบ 2-11



ภาพประกอบ 2-10 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ตาราง 2-4 ดัชนีพื้นที่ใบรายเดือนของพืชแต่ละชนิด

Classes	ดัชนีพื้นที่ใบ											
	ม.ค.	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
2[(1)]	5.157	5.205	4.462	3.934	4.366	3.572	3.479	3.552	4.042	4.238	4.364	4.997
7[(2)]	3.6	3	0.9	0.5	1.5	2.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
11[(3)]	3	3.1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.12	0.38	1.25	2.8

หมายเหตุ : (1) Sellers *et al.* (1989)

(2) สมเจตน์ และคณะ (2544)

(3) รังสรรค์ อาภาคัพภะกุล (2541)

ตาราง 2-5 ความลึกและสัดส่วนของรากพืช

Classes	ความลึก (เมตร)	สัดส่วนต่อจำนวนรากทั้งหมด	ความลึก (เมตร)	สัดส่วนต่อจำนวนรากทั้งหมด	ความลึก (เมตร)	สัดส่วนต่อจำนวนรากทั้งหมด
2[(1)]	1	0.8	0.3	0.1	0.2	0.1
7[(2)]	0.2	0.5	0.5	0.3	0.5	0.2
11[(3)]	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1

หมายเหตุ : (1) Sellers *et al.* (1989)

(2) ราตรี ภารา(2535)

(3) นิวัฒน์ นภีรงค์, ชุติวัฒน์ วรรณสาย และวิญญู วงศ์อุบล (2537)

2	1	1	0.8	0.3	0.1	0.2	0.1					
	5.157	5.205	4.462	3.934	4.366	3.572	3.479	3.552	4.042	4.238	4.364	4.997
7	1	0.2	0.5	0.5	0.3	0.5	0.2					
	4	3	0.9	0.5	1.5	2.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
11	1	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1					
	3	3.1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.12	0.38	1.25	2.8

เมื่อแต่ละสดมภ์ คือ

Class สัดส่วนของ class ใน Grid ความลึก สัดส่วนของราก ความลึก สัดส่วนของราก ความลึก สัดส่วนของราก

(LAI) ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค

ภาพประกอบ 2-11 รูปแบบ "veg_inde.asc" file

7.1.3 วิธีการสร้าง vegfile

ใช้โปรแกรม veg.c เรียก file ที่ชื่อ "veg_mask.asc" และ "veg_inde.asc" ที่เตรียมในหัวข้อ 7.1.1 และ 7.1.2 ตามลำดับ มาสร้างเป็น vegfile ขั้นตอนการทำ vegfile แสดงไว้ในกรอบที่ 2 ในภาพประกอบ 2-2

7.2 การเตรียม Vegetation library (veg_lib)

Vegetation library (veg_lib) ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังตาราง 2-6 ในการสร้างจึงต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งส่วนหนึ่ง Download จาก http://www.ce.washington.edu/pub/HYDRO/cherkaue/VIC-NL/Veg/veg_lib ซึ่งมี Class ตรงกัน ในส่วนของดัชนีพื้นที่ใบได้จากข้อมูลที่ใช้สร้าง vegfile ซึ่งเมื่อจัดรูปแบบแล้ว "veg_lib" จะมีรูปแบบ ดังภาพประกอบ 2-12 โดยมีค่าของแต่ละสดมภ์แสดงไว้ในตาราง 2-6

ตาราง 2-6 องค์ประกอบข้อมูลของ Vegetation library

Column	Variable Name	Units	Number of Values	Description
1	veg_class	N/A	1	Vegetation class identification number (reference index for library table)
2	overstory	N/A	1	Flag to indicate whether or not the current vegetation type has an overstory (TRUE for overstory present [*e.g.* trees], FALSE for overstory not present [*e.g.* grass])
3	rarc	s/m	1	Architectural resistance of vegetation type (~2 s/m)
4	rmin	s/m	1	Minimum stomatal resistance of vegetation type (~100 s/m)
5 -16	LAI		12	Leaf-area index of vegetation type
17-28	albedo	fraction	12	Shortwave albedo for vegetation type
29-40	rough	m	12	Vegetation roughness length (typically 0.123 * vegetation height)
41-52	displacement	m	12	Vegetation displacement height (typically 0.67 * vegetation height)
53	Wind_h	m	1	Height at which wind speed is measured.
54	RGL	W/m^2	1	Minimum incoming shortwave radiation at which there will be transpiration. For trees this is about 30 W/m^2, for crops about 100 W/m^2.
55	rad_atten	fract	1	Radiation attenuation factor. Normally set to 0.5, though may need to be adjusted for high latitudes.
56	wind_atten	fract	1	Wind speed attenuation through the overstory. The default value has been 0.5.
57	trunk_ratio	fract	1	Ratio of total tree height that is trunk (no branches). The default value has been 0.2.
58	comment	N/A	1	Comment block for vegetation type. Model skips end of line so spaces are valid entrys.

NClass	OvrStry	Rarc	Rmin	JAN-LAI	FEB-LAI	MAR-LAI	APR-LAI	MAY-LAI	JUN-LAI	JUL-LAI	AUG-LAI	SEP-LAI	OCT-LAI	NOV-LAI	DEC-LAI	JAN-ALB	FEB_ALB	MAR-ALB	APR-ALB
2	1	60	250	5.157	5.205	4.462	3.934	4.366	3.572	3.479	3.552	4.042	4.238	4.364	4.997	0.12	0.12	0.12	0.12
7	0	40	125	3.6	3	0.9	0.5	1.5	2.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	0.19	0.19	0.19	0.19
11	0	25	120	3	3.1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.12	0.38	1.25	2.8	0.1	0.1	0.1	0.1

MAY-ALB	JUN-ALB	JUL-ALB	AUG-ALB	SEP-ALB	OCT-ALB	NOV-ALB	DEC-ALB	JAN-ROU	FEB-ROU	MAR-ROU	APR-ROU	MAY-ROU	JUN-ROU	JUL-ROU	AUG-ROU	SEP-ROU	OCT-ROU	NOV-ROU	DEC-ROU
0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476	1.476
0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.006	0.006	0.006	0.006	0.012	0.062	0.123	0.185	0.215	0.215	0.006	0.006

JAN-DIS	FEB-DIS	MAR-DIS	APR-DIS	MAY-DIS	JUN-DIS	JUL-DIS	AUG-DIS	SEP-DIS	OCT-DIS	NOV-DIS	DEC-DIS	WIND_H	RGL	SoilAtn	WndAtn	Trunk	COMMENT
8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	50	30	0.5	0.5	0.2	Tropical rain forest
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	75	0.5	0.5	0.2	Para rubber
0.034	0.034	0.034	0.034	0.067	0.335	0.67	1.005	1.173	1.173	0.034	0.034	10	100	0.5	0.5	0.2	Paddy Field

ภาพประกอบ 2-12 รูปแบบ "veg_lib" file

8. การเตรียม soilfile

8.1 องค์ประกอบของข้อมูล soilfile

"soilfile" ในแบบจำลอง VIC-2L ประกอบด้วย ตัวแปร 38 ตัวแปร ซึ่งจะเป็นค่าของแต่ละ grid ในลุ่มน้ำ ดังตาราง 2-7

8.2 การเตรียมข้อมูลเปอร์เซ็นต์ sand, silt, clay

นำแผนที่ดินลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาจากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งครอบคลุม 3 จังหวัด คือ สงขลา พัทลุง และนครศรีธรรมราช ซึ่งอยู่ในรูป polygon ของโปรแกรม Arc/Info แต่ละ polygon จะระบุชื่อชุดดินแต่ละชนิด จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์ sand, silt, clay ของชุดดินแต่ละชนิด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2524; กรมพัฒนาที่ดิน, 2530; อิสรา, 2539; วุฒิชาติ, 2542) มาบันทึกค่าใส่ตาราง Excel โดยแบ่งความลึกของดินเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นบนลึก 30 เซนติเมตร ชั้นล่างลึก 70 เซนติเมตร ตามข้อมูลที่มีอยู่ จากนั้นบันทึก file ให้เป็นนามสกุล "dbf" เพื่อให้นำไปเชื่อมกับตารางของโปรแกรม ArcView ได้ โดยใช้สดมภ์ชื่อชุดดินเป็นตัวเชื่อมโยง โดยใช้คำสั่ง "join" ในโปรแกรม ArcView เมื่อเชื่อมตารางแล้ว จึงใช้คำสั่ง "convert to grid" ใน menu "Theme" เปลี่ยนสดมภ์แต่ละสดมภ์ให้เป็น grid coverage โดยให้พื้นที่ซ้อนทับกับข้อมูล forcing และตั้งชื่อ coverage ดังนี้

ตาราง 2-7 องค์ประกอบของข้อมูล soilfile

Column	ชื่อตัวแปร	หน่วย	คำอธิบาย
1		N/A	1 = Run Grid Cell, 0 = ไม่ Run
2	gridcel	N/A	Grid ที่ Grid cell number
3	Lat	degrees	Latitude ของ grid cell
4	Lon	degrees	Longitude ของ grid cell
5	infilt	N/A	ค่าตัวแปรการซึม (b_{infilt})
6	Ds	fraction	สัดส่วนของ Dsmax เมื่อ baseflow เริ่มต้นไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง
7	Dsmax	mm/day	ความเร็วสูงสุดของ baseflow
8	Ws	fraction	สัดส่วนของความชื้นสูงสุด เมื่อ baseflow เริ่มต้นไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง
9	C	N/A	เลขยกกำลังที่ใช้กับ infiltration curve ปกติ = 2
10-11	expt	N/A	ตัวแปรที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของกับความชื้นของดินชั้นบนและชั้นล่าง
12-13	Ksat	mm/day	สภาพนำน้ำ (Saturated hydrologic conductivity) ของดินชั้นบนและชั้นล่าง
14–15	phi_s	mm/mm	ตัวแปรการแพร่ความชื้นในดินของดินชั้นบนและชั้นล่าง
16-17	init_moist	mm	ความชื้นเริ่มต้นในดินของดินชั้นบนและชั้นล่าง
18	Elev	m	ความสูงของแต่ละ grid cell
19-20	depth	m	ความสูงของดินชั้นบนและชั้นล่าง
21	avg_T	C	อุณหภูมิเฉลี่ยของดิน
22	dp	m	Soil thermal damping depth (depth at which soil temperature remains constant through the year, ~4 m)
23-24	Bubble	cm	Bubbling pressure of soil ของดินชั้นบนและชั้นล่าง
25-26	quartz	fraction	Quartz ที่มีในดินของดินชั้นบนและชั้นล่าง
27-28	bulk_density	kg/m^3	ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของดินชั้นบนและชั้นล่าง
29-30	soil_density	kg/m^3	ความหนาแน่นอนุภาค (Soil particle density) ปกติ = 2685 kg/m^3 ของดินชั้นบนและชั้นล่าง
31	off_gmt	hours	โซนเวลา GMT
32-33	Wcr_FRACT	fraction	สัดส่วนของความชื้นในดินที่จุดวิกฤต ~70% of field capacity ของดินชั้นบนและชั้นล่าง
34-35	Wpwp_FRACT	fraction	สัดส่วนของความชื้นในดินที่จุด wilting ของดินชั้นบนและชั้นล่าง
36	rough	m	ผิวขรุขระของดินโล่ง
37	snow_rough	m	ผิวขรุขระของ snowpack
38	annual_prec	mm	ฝนเฉลี่ยรายปี
39-40	resid_moist	fraction	ความชื้นของดินที่เหลือของดินชั้นบนและชั้นล่าง
41	fs_active	1 or 0	ถ้า = 1 แล้ว frozen soil algorithm จะทำงาน ถ้าเท่ากับ 0 แสดงว่า จะไม่คำนวณ frozen soils แม้อุณหภูมิของดินต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส.

หมายเหตุ : เมื่อดินชั้นบนลึก 0-30 เซนติเมตร และดินชั้นล่างลึก 30-100 เซนติเมตร

- sand30 คือ เปอร์เซ็นต์ sand ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร
- clay30 คือ เปอร์เซ็นต์ clay ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร
- sand100 คือ เปอร์เซ็นต์ sand ที่ระดับความลึก 30-100 เซนติเมตร
- clay100 คือ เปอร์เซ็นต์ clay ที่ระดับความลึก 30-100 เซนติเมตร

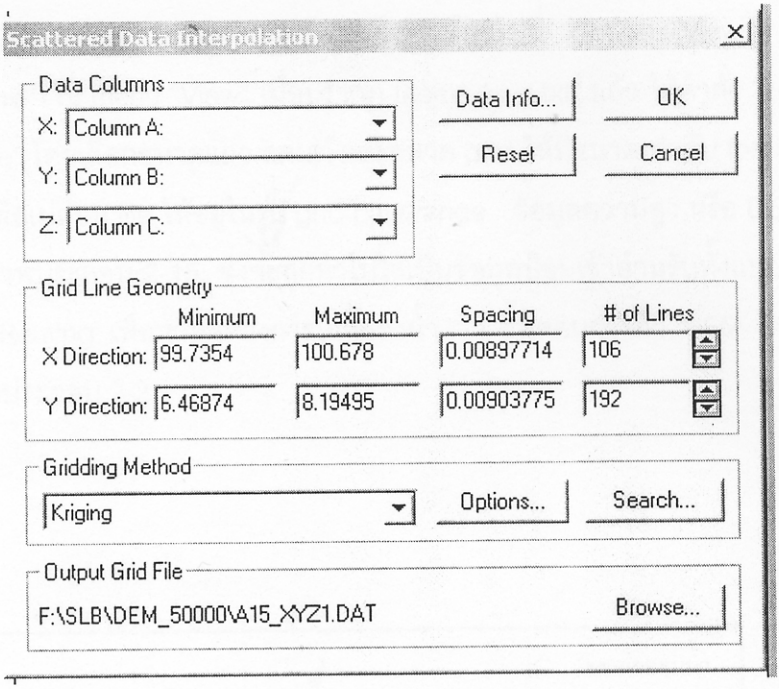
ส่วน เปอร์เซ็นต์ silt นั้น จะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติจากค่าเปอร์เซ็นต์ sand และ clay เมื่อเสร็จแล้วส่งถ่ายให้อยู่ในรูป ASCII file เพื่อนำไปสร้าง "soilfile" ต่อไป

8.3 การเตรียมข้อมูลความสูง (Digital Elevation Model; DEM)

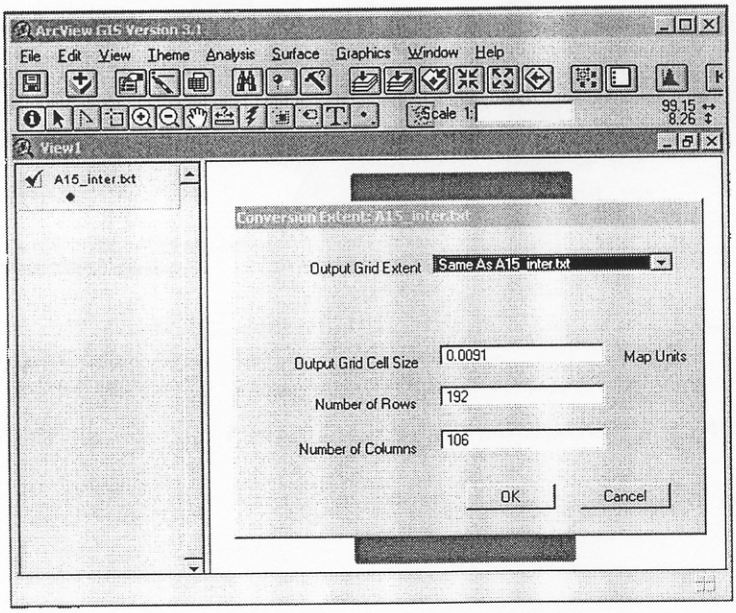
นำเส้นชั้นความสูง ของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งอยู่ในรูปโปรแกรม Arc/Info มาแปลงให้เป็นข้อมูลจุด (point) โดยใช้คำสั่ง "arcpoint" ในโปรแกรม Arc/Info เมื่อได้ข้อมูลที่เป็นจุดแล้วใช้คำสั่ง "ungenerate" ให้เป็น text file ซึ่งจะได้เฉพาะค่า ละติจูดและลองกิจูดของแต่ละจุด จากนั้นใช้โปรแกรม ArcView ส่งถ่ายตารางค่าความสูงของ point coverage โดยใช้คำสั่ง "export" ใน Menu "Table" เป็น text File ในโปรแกรม ArcView ซึ่งจะได้ตารางที่มีค่าความสูงของแต่ละจุดออกมา

จากนั้นนำตารางทั้ง 2 ตาราง มาเปิดในโปรแกรม SURFER 6.1 แล้วทำการรวมตารางทั้งสองเข้าเป็นตารางเดียวกัน โดยจะประกอบด้วย 3 สดมภ์ คือ ละติจูด ลองกิจูด และความสูง โดยใช้คำสั่ง "merge" ใน โปรแกรม SURFER 6.1 แล้วจึง interpolate ข้อมูลโดยใช้วิธี Kriging โดยใช้ Menu "Grid" คำสั่ง "data" แล้ว "add" ตารางที่เตรียมไว้ในขั้นตอนข้างต้นเข้ามา ซึ่งหน้าจอของโปรแกรมจะมีลักษณะดังภาพประกอบ 2-13

ขั้นตอนต่อไป ทำการเลือกค่าใน Grid Line Geometry ช่องต่าง ๆ ให้ตรงกับค่าใน forcing file เช่น spacing, # of Line แล้วบันทึก file ที่ได้ให้เป็น "xyz.txt" เพื่อให้โปรแกรม ArcView สามารถอ่านค่าได้ เมื่อโปรแกรมทำงานแล้วเสร็จ จะได้ file ที่ interporate แล้วที่ประกอบด้วย 3 สดมภ์ คือ ละติจูด ลองกิจูด และความสูง ที่มีขนาด grid เท่ากับข้อมูล forcing จากนั้นเพิ่มชื่อสดมภ์ x, y, z ในแถวที่ 1 เพื่อให้เป็นรูปแบบที่โปรแกรม ArcView สามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง แล้วจึงใช้โปรแกรม ArcView นำเข้า (import) file โดยเลือก Untitled Tables ใน Main menu

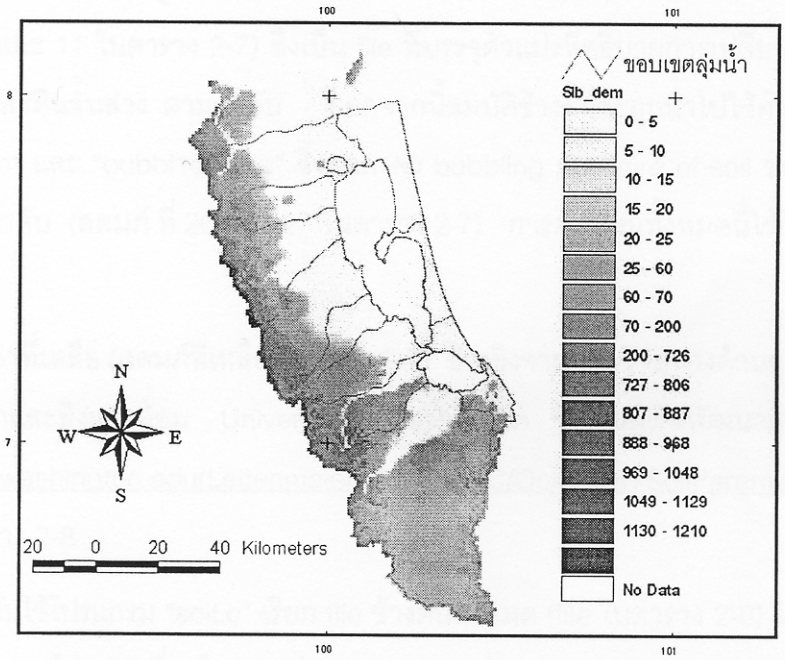


ภาพประกอบ 2-13 หน้าจอของโปรแกรม SURFER ขณะทำการ Interpolate



ภาพประกอบ 2-14 หน้าจอโปรแกรม ArcView ขณะทำการนำเข้าข้อมูลจากโปรแกรม SURFER

เมื่อได้ file มาอยู่ใน “Untitled Table” แล้ว เลือกไปที่ “Untitled Views” จากนั้นใช้คำสั่ง “add event theme” ใน menu “View” เมื่อปรากฏ theme “xyz.txt” แล้ว ใช้คำสั่ง “convert to grid” ใน menu “Theme” โดยเลือกขนาดแถว สดมภ์ และขนาด grid ให้มีขนาดเท่ากับ forcing data (ภาพประกอบ 2-14) เพื่อเปลี่ยน file ให้อยู่ในรูป grid coverange ข้อมูลความสูง หรือ DEM ที่ได้จะอยู่ในรูปของ grid ดังภาพประกอบ 2-15 ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าสำหรับทั้งแบบจำลอง VIC-2L และแบบจำลอง Routing เพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำ ขั้นตอนการทำ DEM สามารถสรุปไว้ในกรอบที่ 5 ในภาพประกอบ 2-2



ภาพประกอบ 2-15 ความสูงในรูป DEM ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

8.4 วิธีสร้าง soilfile

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ sand, silt, clay ของดินทั้ง 2 ชั้น มาคำนวณ โดยใช้วิธีของ Saxton *et al.* (1986) เพื่อหาสมบัติของดิน ดังต่อไปนี้

- Wilting Point
- Field Capacity
- Available Water (AW)
- Bulk density (BD)
- Saturation
- Saturate hydraulic conductivity

ซึ่งสมบัติข้างต้นจะถูกนำไปใช้คำนวณเพื่อให้ได้ file "expt30.asc" และ "expt100.asc" (สดมภ์ที่ 10 และ 11 ในตาราง 2-7) ซึ่งเป็น file ที่บรรจุตัวแปรที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ตามลำดับ นอกจากนี้สมบัติข้างต้นจะถูกนำไปใช้คำนวณเพื่อให้ได้ file "bubbl30.asc" และ "bubbl100.asc" ซึ่งแสดงค่า bubbling pressure of soil ของดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ตามลำดับ (สดมภ์ ที่ 26 และ 27 ในตาราง 2-7) การคำนวณทั้งหมดนี้ใช้วิธีของ Rawls *et al* (1992)

ส่วนค่าที่เหลือ (สดมภ์ที่เหลือในตาราง 2-7) อ้างอิงจากกลุ่มวิจัยทางด้านอุทกวิทยา ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม University of Washington ซึ่งเป็นผู้เริ่มพัฒนาแบบจำลอง VIC-NL (www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/Operation/SoilParameterFile.html ซึ่งจะได้ file ดังตาราง 2-8

จากนั้นใช้โปรแกรม "soil.c" เรียก file ข้างต้นทั้งหมด (file ในตาราง 2-8) ให้สร้าง soilfile ดังขั้นตอนการทำงานในกรอบที่ 4 ในภาพประกอบ 2-2 ตัวอย่างของ Soil Parameter File แสดงไว้ในภาพประกอบ 2-16

ตาราง 2-8 File ข้อมูลที่ใช้ในการสร้าง soilfile

ลำดับ	File	ลำดับ	File
1	ID.asc	20	bubbl30.asc
2	B_INFILT.asc	21	bubbl100.asc
3	DS.asc	22	quart30.asc
4	DSMAX.asc	23	quart100.asc
5	WS.asc	24	Bulk30.asc
6	C.asc	25	Bulk100.asc
7	expt30.asc	26	Soild30.asc
8	expt100.asc	27	Soild100.asc
9	Ks30.asc	28	OFF_GMT.asc
10	Ks100.asc	29	Wcr30.asc
11	Phis30.asc	30	Wcr100.asc
12	Phis100.asc	31	Wpwp30.asc
13	Initm30.asc	32	Wpwp100.asc
14	Initm100.asc	33	ROUGH.asc
15	Eleva.asc	34	SNOW.asc
16	Depth30.asc	35	PRECIP.asc
17	Depth100.asc	36	Remoi30.asc
18	AVG_TEMP.asc	37	Remoi100.asc
19	DP.asc	38	FS.asc

1	167	2.1202	100.2761	0.002	0.0	0.01	0.0	2	16.6702	19.664	83.1464	123.1230	-999	-999	200.91	496.70	1	0.3	0.7		
1	168	2.1202	100.2812	0.002	0.0	0.01	0.0	2	16.6702	19.664	83.1464	123.1230	-999	-999	200.91	496.70	1	0.3	0.7		
1	169	2.1202	100.2823	0.002	0.0	0.01	0.0	2	16.6702	19.664	83.1464	123.1230	-999	-999	200.91	496.70	1	0.3	0.7		
1	272	2.1217	100.266	0.002	0.0	0.01	0.0	2	16.6702	19.664	83.1464	123.1230	-999	-999	200.91	496.70	1	0.3	0.7		
1	273	2.1217	100.2761	0.002	0.0	0.01	0.0	2	16.6702	19.664	83.1464	123.1230	-999	-999	200.91	496.70	1	0.3	0.7		
1	274	2.1217	100.2812	0.002	0.0	0.01	0.0	2	16.6702	19.664	83.1464	123.1230	-999	-999	200.91	496.70	1	0.3	0.7		

27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	
27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	
27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	
27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	
27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	
27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	
27	4	94.1429	96.3134	0.02	0.02	1156.674	1132.0647	268%	268%	7	0.8166	0.8999	0.7166	0.7999	0.001	0	2400	0.1201	0.1120	0	

หมายเหตุ : ตัวเลขในแต่ละสดมภ์ ได้อธิบายไว้ในตาราง 2-7

ภาพประกอบ 2-16 ตัวอย่าง soilfile บางส่วน ที่ใช้ในงานวิจัย

9. การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลอง Routing

แบบจำลอง Routing ต้องการ parameter ที่อยู่ในรูป file ต่างๆ ดังนี้

9.1 Flow direction file

Flow direction คือ ทิศทางการไหลของน้ำในแต่ละ grid ซึ่งแต่ละ grid จะสามารถไหลได้ 8 ทิศทาง โดยจะไหลไปทาง grid ที่อยู่ต่ำที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 1-9 ในบทที่ 1

การสร้าง Flow direction file เริ่มจากนำขอบเขตของแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ในรูป polygon มาเปลี่ยนรูปให้เป็น grid โดยใช้คำสั่ง "convert to grid" ในโปรแกรม ArcView และกำหนดให้มีขนาดแถว และ สดมภ์ เท่ากับขนาดของลุ่มน้ำใหญ่ เพื่อนำไป clip กับ DEM ของลุ่มน้ำใหญ่ที่สร้างไว้แล้วในหัวข้อ 8.3 ซึ่งจะได้ DEM ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย แล้วหาทิศทางการไหลของน้ำในแต่ละลุ่มน้ำ โดยใช้คำสั่ง "flowdirection" ใน Arc/Info จะได้ grid coverage ที่เป็นทิศทางการไหลของน้ำ จากนั้นส่งถ่ายไปให้อยู่ในรูป ASCII file โดยใช้คำสั่ง "gridascii" ได้ Flow direction file

9.2 Flow velocity file

Flow velocity คือ ความเร็วในการไหลของน้ำในแต่ละ grid และขึ้นอยู่กับความชันของพื้นที่ โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 1-3 เมตร/วินาที (Lomann *et al.* 1996)

การสร้าง Flow velocity file เริ่มต้นจากการนำ DEM ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากหัวข้อ 8.3 มาหาความชัน โดยใช้คำสั่ง "slope" ในโปรแกรม Arc/Info ได้ grid coverage ที่บรรจุค่าความชัน จากนั้นเปรียบเทียบความชันกับความเร็วโดยประมาณจากตาราง 2-9

ตาราง 2-9 ความเร็วการไหลเฉลี่ยโดยประมาณของน้ำท่าในพื้นที่ต่าง ๆ (หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที)

Description of Water course	Slope in percent			
	0-3	4-7	8-11	12-
Woodlands	0-0.45	0.45-0.75	0.75-0.975	0.975
Pastures	0-0.75	0.75-1.05	1.05-1.275	1.275
Cultivated	0-0.9	0.9-1.35	1.35-1.65	1.65
Pavements	0-2.55	2.55-4.05	4.05-5.1	5.1

ดัดแปลงมาจาก : Chow *et al.* (1988)

เนื่องจาก Chow *et al.* (1988) ใช้ชนิด (class) ของพืชร่วมความชันของพื้นที่ มากำหนดความเร็วของการไหลโดยประมาณของน้ำท่า ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงได้นำชนิดของพื้นที่ที่น้ำไหลผ่านดังแสดงในตาราง 2-9 มาเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งจัดชนิดของพืชตามแบบ University of Maryland (ดังตาราง 2-3) โดยจัดให้ป่าดิบชื้น (class 2) และยางพารา (class 7) อยู่ในจำพวก Woodlands (กลุ่ม 1) และให้นาดำ (class 11) อยู่ในจำพวก Pastures (กลุ่ม 2) แล้วใช้คำสั่ง "con" ในโปรแกรม Arc/Info แยกทั้ง 2 กลุ่ม ให้เป็น 2 grid coverage โดยแต่ละ grid มีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นนำ grid coverage ของแต่ละกลุ่ม ไปคูณกับ slope coverage ที่เตรียมไว้ในโปรแกรม Arc/Info จะได้ slope coverage ของแต่ละกลุ่ม แล้วใช้คำสั่ง "con" กำหนดเงื่อนไขให้ค่า slope ในแต่ละ grid เปลี่ยนเป็นความเร็ว โดยใช้ความสัมพันธ์ในตาราง

2-9 ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ความเร็วการไหลเป็น 2 coverage หลังจากนั้นใช้โปรแกรม Arc/Info บวก grid coverage ทั้ง 2 กลุ่ม (แต่ละ grid บรรจุค่าความเร็ว) เข้าด้วยกัน ในที่สุดก็จะได้ grid coverage ที่มีค่าความเร็วครอบคลุมทั้งลุ่มน้ำ จากนั้นส่งถ่ายข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูป ASCII file โดยใช้คำสั่ง "gridascii" ในโปรแกรม Arc/Info ก็จะได้ Flow velocity file

9.3 Flow diffusion file

Flow diffusion คือ การแพร่ของน้ำในแต่ละ grid ประมาณค่าได้ จากสมการ 2-1 (Lohmann *et al.*, 1996)

$$D < L*C/100 \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ L = ขนาดของ grid (เมตร) (ในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 1,000)

C = ความเร็วของน้ำใน grid (เมตร/วินาที)

D = การแพร่ของน้ำใน grid (ตารางเมตร/วินาที)

การสร้าง Flow diffusion file เริ่มต้นจากการนำ grid coverage ที่บรรจุค่าความเร็วการไหบของน้ำท่าในแต่ละ grid ที่ได้ในหัวข้อ 9.2 มากำหนดเงื่อนไข ตามสมการ 2-1 โดยใช้คำสั่ง "Con" ในโปรแกรม Arc/Info ก็จะได้ grid coverage ที่แต่ละ grid บรรจุค่า diffusion จากนั้นจึงทำการส่งถ่ายให้อยู่ในรูป ASCII file โดยใช้คำสั่ง "gridascii" ในโปรแกรม Arc/Info ก็จะได้ Flow diffusion file

9.4 Xmask file

Xmask คือ ขนาดของ grid มีหน่วยเป็น เมตร ในงานวิจัยชิ้นนี้เท่ากับ 1000 สร้างโดยนำ Flow diffusion grid coverage มากำหนดเงื่อนไขให้ grid แต่ grid เปลี่ยนค่าเป็น 1000 โดยใช้คำสั่ง "con" ในโปรแกรม Arc/Info ได้ grid coverage ที่แต่ละ grid บรรจุค่า 1000 จากนั้นส่งถ่ายให้อยู่ในรูป ASCII file โดยใช้คำสั่ง "gridascii" ในโปรแกรม Arc/Info ได้ Xmask file

9.5 Contributing fraction file

Contributing fraction เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนของพื้นที่จริงของ grid ที่อยู่ขอบลุ่มน้ำ ค่านี้จะมีความสำคัญเมื่อ grid มีขนาดใหญ่ เช่น 50 กิโลเมตร แต่การสร้างแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ grid ขนาด 1 กิโลเมตร ซึ่งจัดว่าเป็น grid ขนาดเล็ก ดังนั้นค่า Contributing fraction สามารถตั้งให้มีค่า

เพียง 2 ค่า คือ มีค่าเท่ากับ 0 เพื่อบอกว่า grid นั้นทั้ง grid อยู่นอกลุ่มน้ำ และมีค่าเท่ากับ 1 เพื่อบอกว่า grid นั้นทั้ง grid อยู่ในลุ่มน้ำ

การสร้าง Contributing fraction file ทำโดย นำ Flow diffusion grid coverage มากำหนดเงื่อนไขให้ grid แต่ grid ที่อยู่ในลุ่มน้ำเปลี่ยนค่าเป็น 1 โดยใช้คำสั่ง "con" ในโปรแกรม Arc/Info ได้ grid coverage ที่แต่ละ grid ที่อยู่ในลุ่มน้ำบรรจุค่า 1 จากนั้นส่งถ่ายให้อยู่ในรูป ASCII file โดยคำสั่ง "Gridascii" ในโปรแกรม Arc/Info ก็จะได้ Contributing fraction file

9.6 Station location file

Station location คือ ตำแหน่งของ grid ที่ต้องการหาปริมาณน้ำท่า มีรูปแบบ ดังนี้

```
1 X90    18  52  -9999
NONE
```

เมื่อ 1 คือ ค่าที่แสดงสถานะการทำงาน

X90 คือ ชื่อสถานี

18 คือ แถวของ grid นับจากมุมซ้ายล่าง

52 คือ สดมภ์ของ grid นับจากมุมซ้ายล่าง

-9999 คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ไม่ถูกใช้ในการคำนวณ)

NONE แสดงถึงการมีหรือไม่มีของ Unit Hydrograph ของตำแหน่งดังกล่าว

9.7 UH file

UH คือ กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วย (Unit hydrograph) ของลุ่มน้ำ สามารถ Download ได้จาก www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/Operation/Routing.html มีรูปแบบดังในภาพประกอบ 2-17

0	0.0100
1	0.2400
2	0.3300
3	0.1800
4	0.1200
5	0.0500
6	0.0200
7	0.0100
8	0.0100
9	0.0100
10	0.0100
11	0.0100

ภาพประกอบ 2-17 กราฟน้ำท่าหนึ่งหน่วยที่ใช้ในงานวิจัย

จากความเร็วในการไหลของน้ำดังที่กล่าวในหัวข้อก่อน ๆ สามารถอนุมานได้ว่า เมื่อฝนตกแล้ว น้ำจะใช้เวลาเดินทางออกจากลุ่มน้ำเป็นเวลา 12 วัน (สดมภ์แรก คือ วัน) โดยในวันแรกปริมาณคลื่นน้ำเท่ากับ 0.01 ส่วนของคลื่นน้ำทั้งหมด (สดมภ์สอง คือ สัดส่วนของคลื่นน้ำต่อคลื่นน้ำ 1 หน่วย) (ภาพประกอบ 2-17)

10. วิธีการ run แบบจำลอง

10.1 วิธีการ run แบบจำลอง VIC-2L

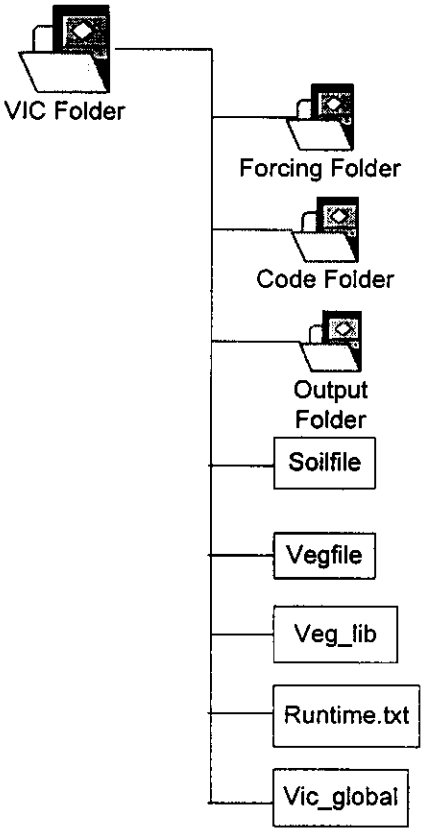
หลังจากเตรียมข้อมูลของแบบจำลอง VIC-2L (ดังรายละเอียดในหัวข้อ 6 ถึง 8) เสร็จแล้ว จะได้ file 4 files คือ

1) forcing file
2) soilfile
3) vegfile
4) veg_lib

จากนั้นสร้าง Vic_global file เพื่อควบคุม file 4 files ข้างต้น โดย download ต้นแบบ file มาจาก www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/VIC/Operation/ ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

```
# This text file contains information used by the vicNl model to define
# needed global variables, and model parameters, as well as allowing the
# user to control the features of the model to be used in the current
# model run.
# Model parameter or options name must be followed by TRUE or FALSE (TRUE)
# meaning the option is to be used), or the appropriate information.
# Modified:     May, 2000 by Nattapol for VIC ver.4.0.0
##############################################################################
# Define Global Parameters
##############################################################################
NLAYER                  2       # number of layers
TIME_STEP   24          # model time step in hours (= 24 for water balance)
STARTYEAR  1997         # starting year
STARTMONTH              1       # starting month
STARTDAY   1            # starting day
STARTHOUR 0             # hour model simulation starts
ENDYEAR      1997   # End year
ENDMONTH      12    # End month
ENDDAY       31     # End day
SKIPYEAR    0           # number of startup years to skip before writing output
WIND_H                  10.0        # height of wind speed measurement
MEASURE_H 2.0           # height of humidity measurement
NODES                   5           # number of soil thermal nodes
MAX_SNOW_TEMP       0.5         # maximum temperature at which snow can fall
MIN_RAIN_TEMP       -0.5        # minimum temperature at which rain can fall
##############################################################################
# Define Global Parameters
##############################################################################
FULL_ENERGY             FALSE   # calculate full energy balance
FROZEN_SOIL             FALSE   # calculate frozen soils
DIST_PRCP   FALSE   # use distributed precipitation
COMPRESS    FALSE   # compress input and output files when done
CORRPREC    FALSE   # correct precipitation for gauge undercatch
GRID_DECIMAL            4           # number of decimals to use in gridded file names
PRT_SNOW_BAND   FALSE   # print snow variables
ARC_SOIL      FALSE  # read soil parameters from ARC/INFO ASCII grids
SNOW_STEP   1     # time step in hours to solve snow bands
ROOT_ZONES              3           # number of root zones in veg parameter file
BINARY_OUTPUT   FALSE   # default is ASCII, unless LDAS format
MIN_WIND_SPEED 0.1    # minimum allowable wind speed
PREC_EXPT   0.6         # fraction of grid cell receiving precip
GRND_FLUX     FALSE   # true for full energy, false for water balance
QUICK_FLUX    FALSE   # true uses Liang (1999), false uses finite diff.
NOFLUX        FALSE   # false uses const. T at damping depth
##############################################################################
# Define (Meteorological) Forcing Files
##############################################################################
FORCING1    ../forcing_vic/output/data_
N_TYPES     4
FORCE_TYPE    PREC
FORCE_TYPE    TMAX
FORCE_TYPE    TMIN
FORCE_TYPE    WIND
FORCE_FORMAT    ASCII
FORCE_ENDIAN            LITTLE  # LITTLE for PC arch., BIG for Sun or HP-UX
FORCE_DT    24          # time step of two input met files
FORCEYEAR  1997         #starting year of forcing files
FORCEMONTH              1           # starting month forcing files
FORCEDAY   1            # starting day forcing files
FORCEHOUR               0           # hour meteorological forcing files start
FORCING2    FALSE
##############################################################################
# Define Input and Output Data Files
##############################################################################
SOIL                    soilfile
VEGPARAM   vegfile
GLOBAL_LAI    TRUE    # true if veg param file has monthly LAI
VEGLIB      veg_lib
RESULT_DIR output/
SNOW_BAND               FALSE
```

ทำการดัดแปลง file ที่ download มา โดยแก้ไขวันเดือนปีเริ่มต้นและสิ้นสุดให้ตรงกับข้อมูลที่ต้องการ run แล้วจึง upload ขึ้นระบบ UNIX โดยจัด VIC-2L folder ดังภาพประกอบ 2-18 จากนั้นเข้าไปใน folder code ใช้คำสั่ง "Make clean" และ "Make model" ซึ่งระบบจะทำการ compile file ทั้งหมดของ VIC-2L จากนั้นออกจาก Folder code แล้วใช้คำสั่ง "Code/vicNl –g vic_global" เพื่อ run แบบจำลอง Output ในการ run จะได้เป็น file ของแต่ละ grid ที่มีจำนวนวันตามที่กำหนดไว้ใน Vic_global file



ภาพประกอบ 2-18 การจัด VIC-2L folder

10.2 วิธีการ run แบบจำลอง Routing

หลังจากเตรียมข้อมูลของแบบจำลอง Routing (ตามวิธีการในหัวข้อ 9) เสร็จแล้ว จะได้ file ดังนี้

1) Flow direction
2) Flow velocity
3) Flow diffusion
4) Xmask file
5) Fraction file
6) Station Location file
7) UH file

ทำการ download output ของแบบจำลอง VIC-2L (ที่ได้จากหัวข้อ 10.1) บนระบบ UNIX เข้าสู่ระบบ PC เพื่อใช้เป็น Input file ของแบบจำลอง Routing แล้วสร้าง mainfile ในการ run แบบจำลอง Routing ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

```
#INPUT FOR UTAPAO SUBBASIN
#NAME OF FLOW DIRECTION FILE
fd_utapao.asc
#NAME OF VELOCITY FILE
.true.
velo_u.asc
#NAME OF DIFFUSION FILE
.true.
diffu_u.asc
#NAME OF XMASK FILE
.true.
xmask_u.asc
#NAME OF FRACTION FILE
.true.
frac_u.asc
#NAME OF STATION FILE
utaphao.txt
#PATH OF INPUT FILES AND PRECISION
F:\vic_output\output\fluxes_
4
#PATH OF OUTPUT FILES
e:\rout_model\u-tapao\x90_
#NUMBER OF DAYS TO PROCESS
1461
1996  1999
1996  1999
#NAME OF UH_FILE
uhimpulse
```

ทำการ compile แบบจำลอง Routing โดยใช้โปรแกรม Visual Fortran 5 แล้วสั่ง run ซึ่งจะได้ file ทั้งสิ้น 6 files จากการ run ดังนี้

1) UTAPOA.day ปริมาณ discharge (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
2) UTAPOA.day_mm ปริมาณน้ำท่า (มิลลิเมตร/วัน)
3) UTAPOA.month ปริมาณ discharge (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
4) UTAPOA.month_mm ปริมาณน้ำท่า (มิลลิเมตร/เดือน)
5) UTAPOA.year ปริมาณ discharge (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

11. วิธีการปรับค่าตัวแปร

การปรับค่าตัวแปร (adjust parameters) ทำได้ในทั้ง 2 แบบจำลอง (ภาพประกอบ 1-5 ในบทที่1)

ค่าตัวแปรของแบบจำลอง VIC-2L ที่ปรับค่าได้ (Liang *at al*, 1994) มีดังนี้

- ค่าตัวแปรการซึม (infiltration) (β)
- ความเร็วสูงสุดของ Baseflow (Dm)
- สัดส่วนของ Dm เมื่อ baseflow เริ่มต้นไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง (Ds)
- สัดส่วนของความชื้นสูงสุด เมื่อ baseflow เริ่มต้นไหลแบบไม่เป็นเส้นตรง (Ws)

ส่วนค่าตัวแปรของแบบจำลอง Routing ที่ปรับค่าได้ มีดังนี้

- R คือ สัดส่วนของ Runoff ในแต่ละ Grid ที่สามารถไหลได้ นอกเหนือจากส่วนที่ถูกจำกัดโดยปัจจัยอื่น ๆ เช่น ฝาย อ่างเก็บน้ำ และการนำไปใช้
- B คือ สัดส่วนของ Baseflow ในแต่ละ Grid ที่สามารถไหลได้ นอกเหนือจากส่วนที่ถูกจำกัดโดยปัจจัยอื่น ๆ เช่น ฝาย อ่างเก็บน้ำ และการนำไปใช้

ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง หากพบว่ามีความแตกต่างกันอยู่มาก ให้ทดลองปรับค่าตัวแปรข้างต้นนี้ใหม่ แล้ว run แบบจำลองอีกครั้ง ตามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้น จนกว่าค่าทั้งสองใกล้เคียงกัน

12. **ข้อมูลจากภาคสนาม**

เนื่องจากข้อมูลดินมีความสำคัญต่อแบบจำลองเพราะใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นในการ run ดังนั้น จึงได้ออกเก็บข้อมูลในภาคสนามเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่มีอยู่ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด

12.1 **วิธีการเลือกจุดเก็บและการเก็บตัวอย่างดิน**

จากแผนที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ได้ทำการเลือกจุดในการเก็บตัวอย่างดิน โดยใช้ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งดินออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

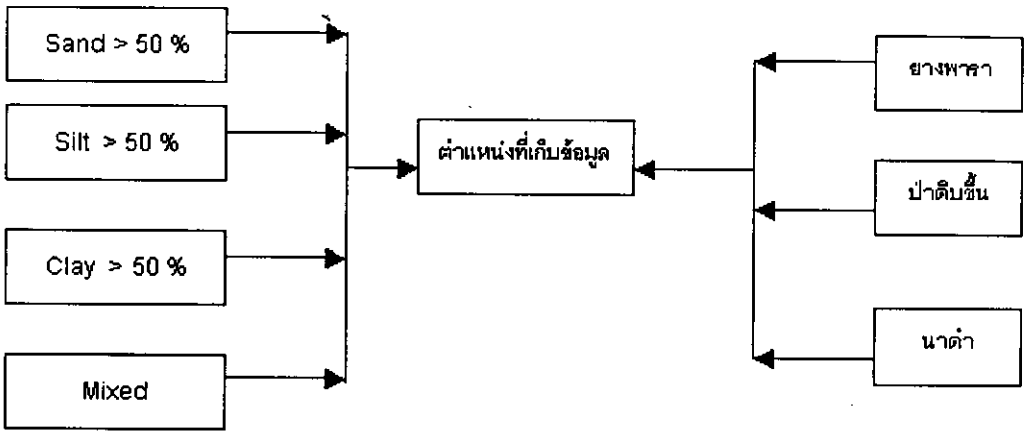
- กลุ่มดินที่มีร้อยละของ sand มากกว่าร้อยละ 50
- กลุ่มดินที่มีร้อยละของ silt มากกว่าร้อยละ 50
- กลุ่มดินที่มีร้อยละของ clay มากกว่าร้อยละ 50
- กลุ่มดินที่มีร้อยละของ sand, silt, clay น้อยกว่าร้อยละ 50

ขั้นที่ 2 แบ่งตามชนิดของพืชคลุมดินในดินแต่ละกลุ่มตามการแบ่งในขั้นตอนที่ 1

- กลุ่ม 1 ยางพารา
- กลุ่ม 2 นาดำ
- กลุ่ม 3 ป่าดิบชื้น

จากนั้นนำเกณฑ์ทั้งสองมาใช้ในการเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง (ภาพประกอบ 2-19) จะได้จุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 12 ประเภท ภาพประกอบ 2-20 แสดงจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 21 จุด ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำฝั่งตะวันตกของทะเลสาบสงขลา และประเภทตัวอย่างทั้ง 12 ประเภท เกณฑ์ในการคัดเลือกของแต่ละจุด มีรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ

เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Hand Auger (ภาพประกอบ 2-21) ทำการขุดเจาะดิน และใช้กระบอกอลูมิเนียมยาวประมาณ 20 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของแต่ละชั้น (ภาพประกอบ 2-22 และ 2-23) โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เป็นตัวแทนดินชั้นบน (0-30 เซนติเมตร) และที่ระดับความลึก 50-70 เซนติเมตร เป็นตัวแทนดินชั้นล่าง (30-100 เซนติเมตร)



ภาพประกอบ 2-19 การใช้เกณฑ์กำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน

ภาพประกอบ 2-20 ตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างดิน

ภาพประกอบ 2-21 อุปกรณ์ Hand Auger

ภาพประกอบ 2-22 การใช้อุปกรณ์ Hand Auger ขณะการเก็บตัวอย่างดิน

ภาพประกอบ 2-23 กระบอกอลูมิเนียมที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดิน

12.2 วิธีการหาค่าเปอร์เซ็นต์ sand, silt, clay

วิธีการหาขนาดอนุภาคดินใช้วิธีการ Seive analysis ร่วมกับ Sedimentation ซึ่งรวบรวมโดย คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2539) ดังมีรายละเอียด คือ

ชั่งตัวอย่างละ 200 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ทำการแยกอนุภาคทุติยภูมิให้เป็นอนุภาคปฐมภูมิโดย การเติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 100-150 มิลลิลิตร คนให้เข้ากับดินแล้วค่อย ๆ เติม H_2O_2 ลงไป 5 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ (organic matter) ทำแบบนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครั้งสุดท้ายที่ใส่ H_2O_2 ลงไปในดินแล้ว ไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้นอีก นำดินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่งโมง จากนั้นแยกดินให้เป็นอนุภาคปฐมภูมิ โดยนำเข้าเครื่องเขย่าตะแกรง (Sieve Shaker) ที่เรียงตะแกรงขนาดต่าง ๆ ดังนี้ 2000, 1000, 600, 250, 125 และ 75 ไมครอน ตามลำดับจากบนลงล่าง หลังการเขย่าตะแกรง บันทึกน้ำหนักของดินในแต่ละชั้นตะแกรง

จากนั้นนำดินที่ผ่านตะแกรง 75 ไมครอน ซึ่งมีขนาด silt กับ clay รวมกันอยู่ มาแยกโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) ดังนี้

1) เติมสารละลาย 5% Calgon (Sodium Hexa-Metaphosphate 50 กรัม และ Carbonate 8.3 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร) 100 มล. และน้ำ 50 มล. นำตัวอย่างไปปั่นนาน 5 นาที
2) ถ่ายตัวอย่างดินที่ปั่นแล้วลงกระบอกตกตะกอน ปรับปริมาตรของสารละลายดินให้เป็น 1000 มล.
3) ใช้ไม้คนคนสารแขวนลอยจนกระทั่งอนุภาคดินฟุ้งกระจายอย่างสม่ำเสมอ เริ่มจับเวลาเมื่อดึงไม้คนออก เมื่อครบเวลา 15 วินาที จับปลายไฮโดรมิเตอร์ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในสารแขวนลอยเบา ๆ จัดไฮโดรมิเตอร์อย่าให้กระเพื่อม เมื่อครบเวลา 50 วินาที อ่านค่าบนก้านไฮโดรมิเตอร์ ดึงไฮโดรมิเตอร์ออก แล้ววัดอุณหภูมิของสารแขวนลอย หลังจากนั้นปล่อยสารแขวนลอยทิ้งไว้อย่าให้ได้รับการกระทบกระเทือน
4) เมื่อครบ 2 ชั่วโมง วัดค่าไฮโดรมิเตอร์ และอุณหภูมิของสารแขวนลอยที่มีเฉพาะอนุภาคดินเหนียว
5) ทำการทดลองเหมือนขั้นตอนข้อ 2 และ 3 แต่ไม่ใช้ดิน ใช้เฉพาะ สารละลาย 5% Calgon 100 มล. และเติมน้ำกลั่นถึงขีดปริมาตร 1,000 มล. ซึ่งจะนำไปหักออกจากความหนาแน่นสารแขวนลอยรวม

คำนวณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอนุภาค sand, silt และ clay โดยใช้สมการ 2-2

$$R_s' = R - R_c \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ R_s' = ค่าความหนาแน่นของสารแขวนลอยดินเมื่อหัก Calgon ออก ณ อุณหภูมิ T (กรัม/ลิตร)

R = ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ เมื่อสิ้นสุดเวลา 50 วินาที หรือ 2 ชั่วโมง แล้วแต่กรณี (กรัม/ลิตร)

R_c = ค่าความหนาแน่นของ Calgon ออกที่อุณหภูมิ T (กรัม/ลิตร)

การที่ต้องหักความหนจแน่น Calgon ออกเพราะค่าความหนาแน่นของสารละลายที่วัดได้เมื่อสิ้นสุดเวลา 50 วินาที และ 2 ชั่วโมง เป็นความหนาแน่นของ Calgon รวมกับอนุภาคดิน

เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์จะถูกต้องที่สุด เมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยเท่ากับอุณหภูมิที่ระบุบนก้านไฮโดรมิเตอร์ ดังนั้น ในกรณีที่อุณหภูมิของสารแขวนลอยไม่เท่ากับอุณหภูมิที่ระบุไว้บนก้านไฮโดรมิเตอร์จะต้องปรับค่า R_s' ที่ได้ หลักการทั่วไปให้เพิ่มค่าขึ้น 0.36 ทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นจาก 20 องศาเซลเซียส หรือใช้สมการ 2-3

$$R_s = R_s' + 0.36\,(T-20) \qquad (2\text{-}3)$$

เมื่อ R_s = ค่าที่ควรอ่านได้ของสารแขวนลอยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

หลังจากนั้นนำค่า R_s มาคำนวณ %sand, %silt และ %clay จากสมการ 2-4, 2-5 และ 2-6

$$\%\text{clay} = R_s2*100/m \qquad (2\text{-}4)$$

$$\%\text{silt} = (R_s1-R_s2)*100/m \qquad (2\text{-}5)$$

$$\%\text{sand} = 100 - \%\text{silt} - \%\text{clay} \qquad (2\text{-}6)$$

เมื่อ m = มวลของตัวอย่างดินแห้งที่ใช้ (กรัม)

R_s1 = R_s ที่ 50 วินาที

R_s2 = R_s ที่ 2 ชั่วโมง