



การเตือนภัยดินถล่ม

รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์

16 พฤษภาคม 2557



หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจัดการภัยดินถล่ม

ปัญหา

เกิดที่ใด ระดับโอกาสในการเกิด

ผลกระทบเป็นอย่างไร

พื้นที่ใดเสี่ยง

ลำดับพื้นที่เสี่ยง

เกิดเมื่อไร

การเตือนภัยและอพยพ

การป้องกัน/ลดผลกระทบ

เกิดเมื่อไรและที่ไหน

เครื่องมือ

Hazard and Susceptibility map

Flow model, Flood Model

Risk map

Risk prioritization

Direct and indirect warning

Community corporation

Engineering Structures

Dynamic hazard map

มาตรการ

จำกัดการก่อสร้างในพื้นที่

zoning

zoning/ ประกัน

การจัดสรรงบประมาณ

กำหนดเกณฑ์การเตือนภัย

ขบวนการกำหนดจากชุมชน

บำรุงรักษา

การเตือนภัยทางตรง

การตรวจจับดินถล่ม โดยวิธีทางตรง

- เหมาะสมกับพื้นที่จำกัด
- ต้องประกอบกับการสำรวจทางธรณีวิทยาและธรณีวิศวกรรมอย่างละเอียด
- ต้องประกอบกับการวิเคราะห์แบบจำลองทางธรณีวิศวกรรมเพื่อสร้างเกณฑ์สำหรับเครื่องมือวัดแต่ละตัว
- ส่วนใหญ่ใช้กับพื้นที่ไหล่เขาหรือร่องเขาที่เคยมีเหตุการณ์มาก่อนแล้ว
- การตรวจวัดอาจถูกยกเลิกเมื่อไม่มีพฤติกรรมที่ผิดปกติในระยะหนึ่ง

ตัวแปรที่ตรวจวัด

- การเคลื่อนที่ของผิวมวลดินที่เกิดการเคลื่อนที่และแตกร้าอยู่แล้ว
- การเคลื่อนที่ระดับลึกของมวลดิน
- การเพิ่มขึ้นของแรงดันน้ำใต้ดินระดับตื้นและระดับลึก
- การเปลี่ยนแปลงความชื้นในมวลดินระดับตื้น
- การเปลี่ยนแปลงแรงคูดน้ำในมวลดิน
- การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำในร่องน้ำ
- การสั่นสะเทือนของพื้นดิน
- การไหลของซากมวลพิบัติ

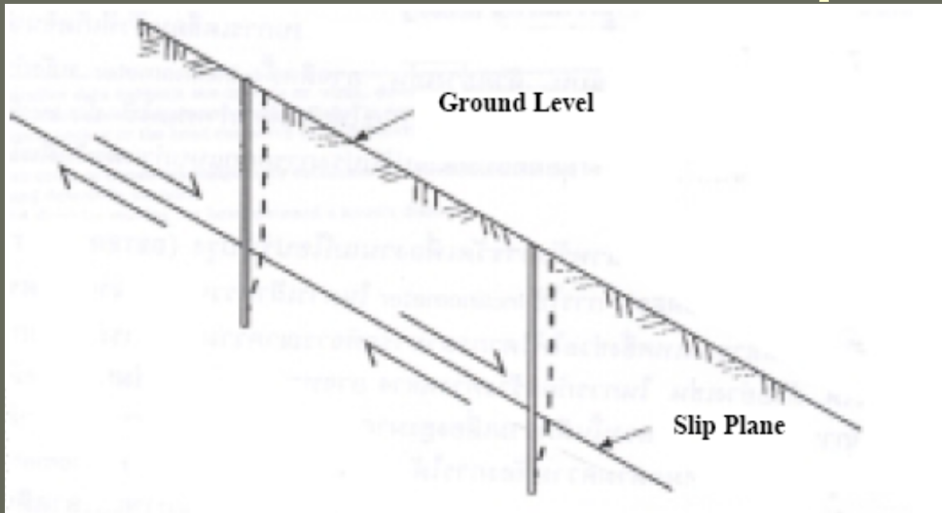
ระบบการส่งสัญญาณ

- GPRS
- radio transmission (high/low frequency)
- fiber optic
- telephone line

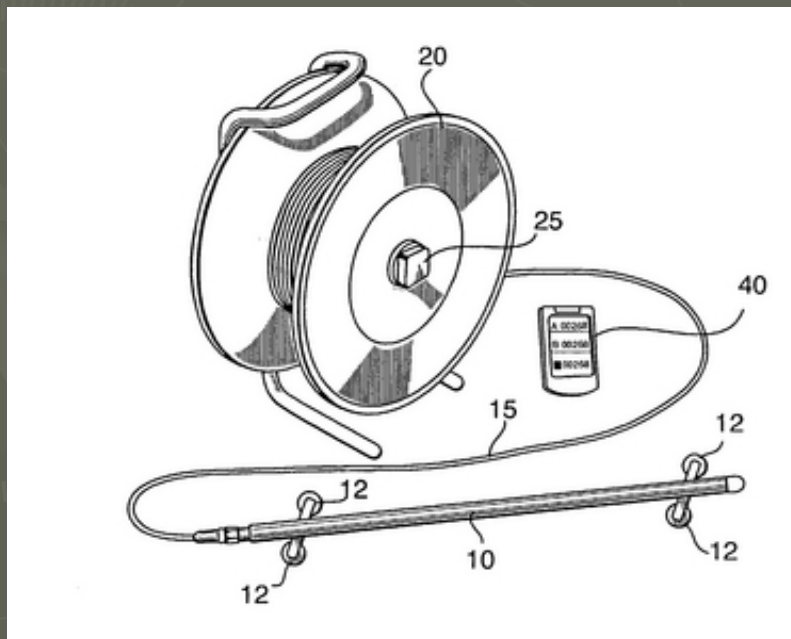
ระบบการแจ้งเตือน

- จากส่วนกลาง แจ้งผ่านสื่อสารมวลชน และระบบราชการ
- หอสัญญาณไฟและเสียง สำหรับที่มีการประมวลผลในพื้นที่
- SMS
- wireless box

เครื่องมือวัดพฤติกรรมของลาดดิน



Inclinometer (torpedo type)



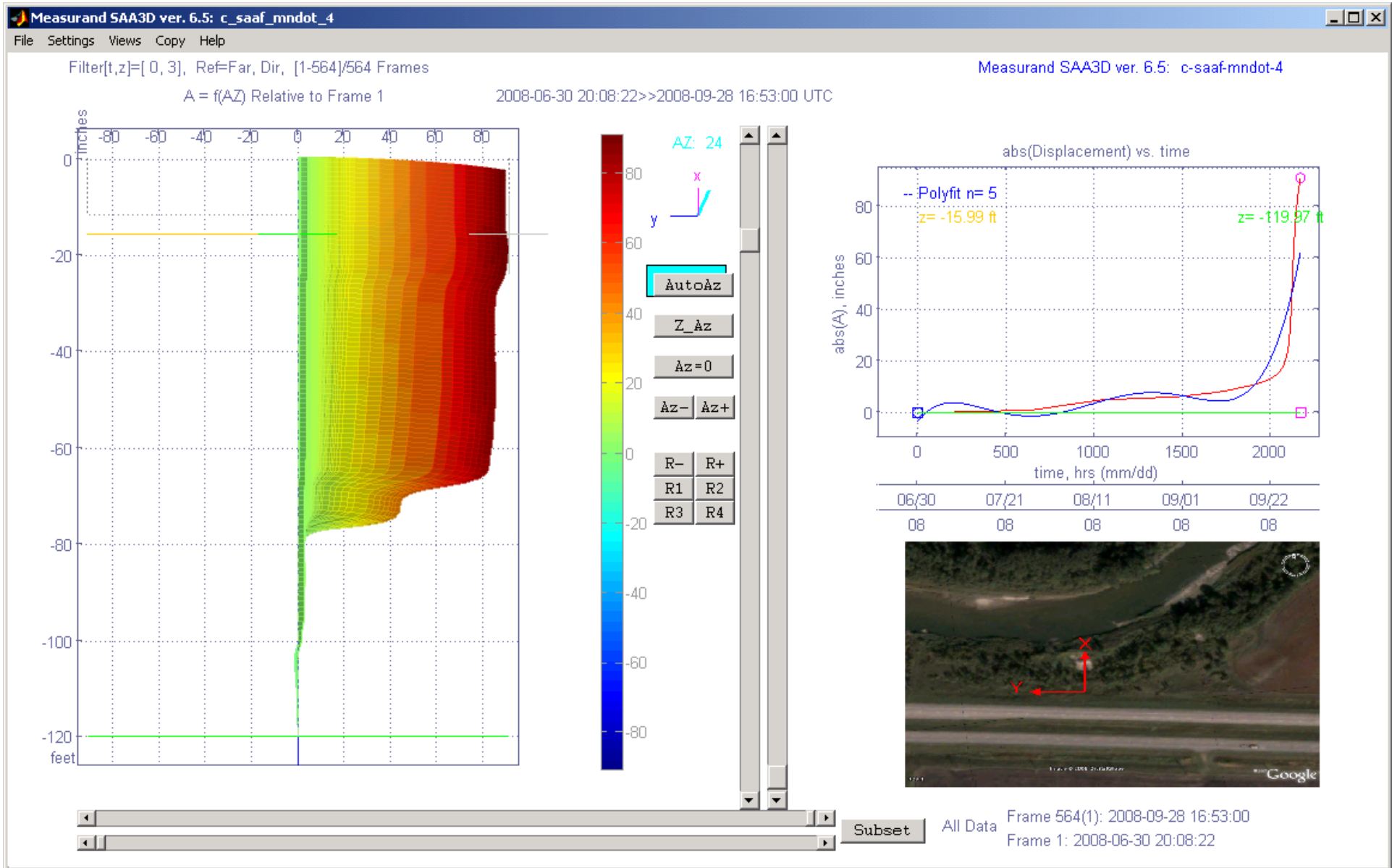
SAA Sensor

River, ~SSW



Measurand SAA
MNDOT_1

Courtesy MNDOT





Rain gauge

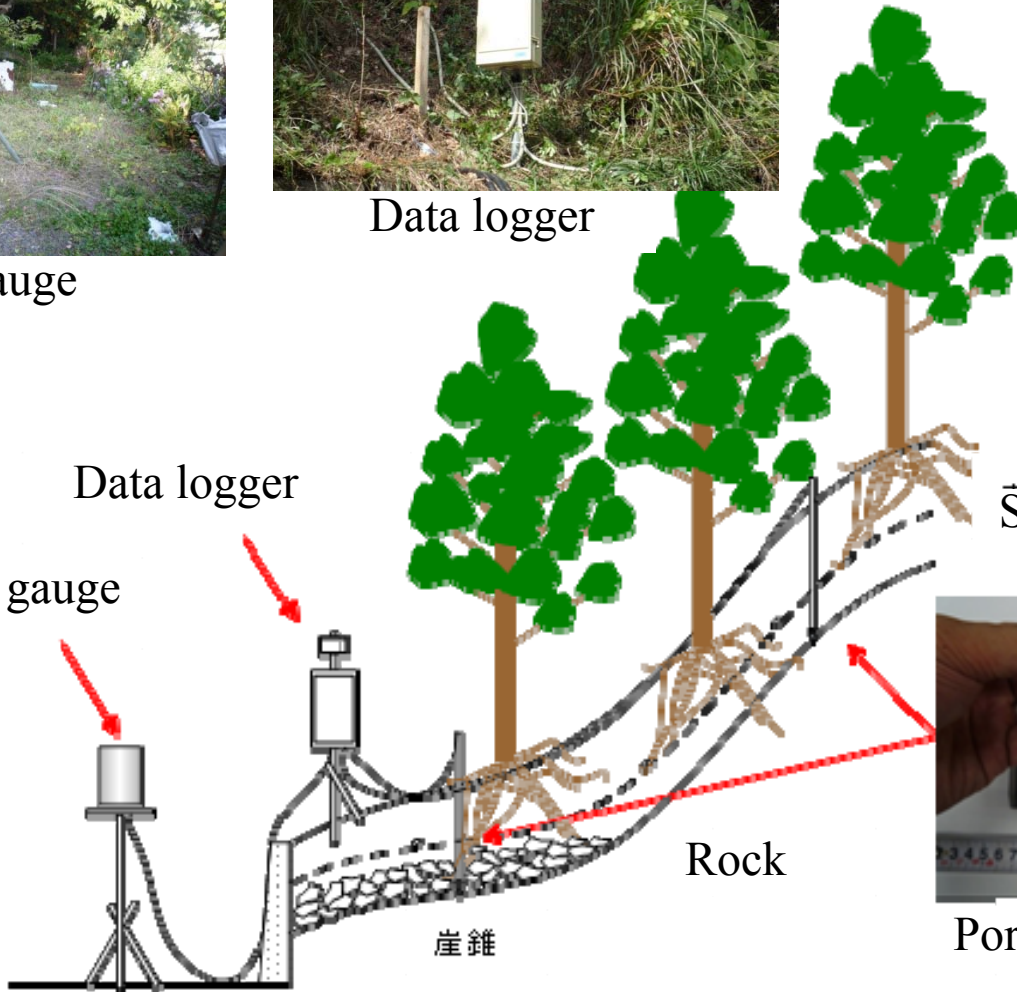


Data logger



Setting pore pressure meter

Rain gauge
Data logger



Pore pressure meter

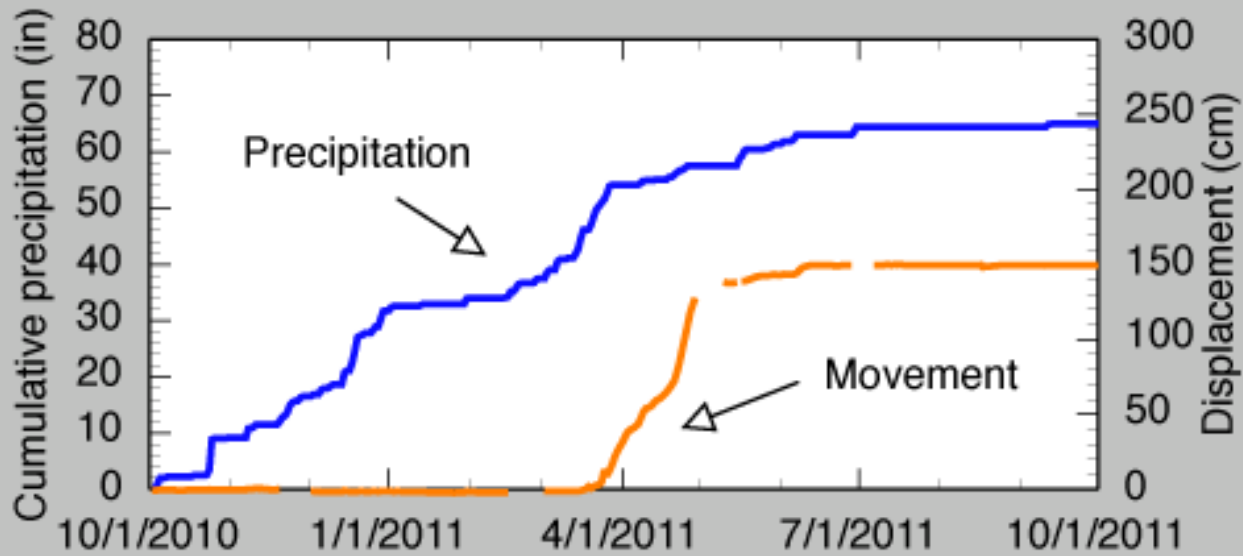
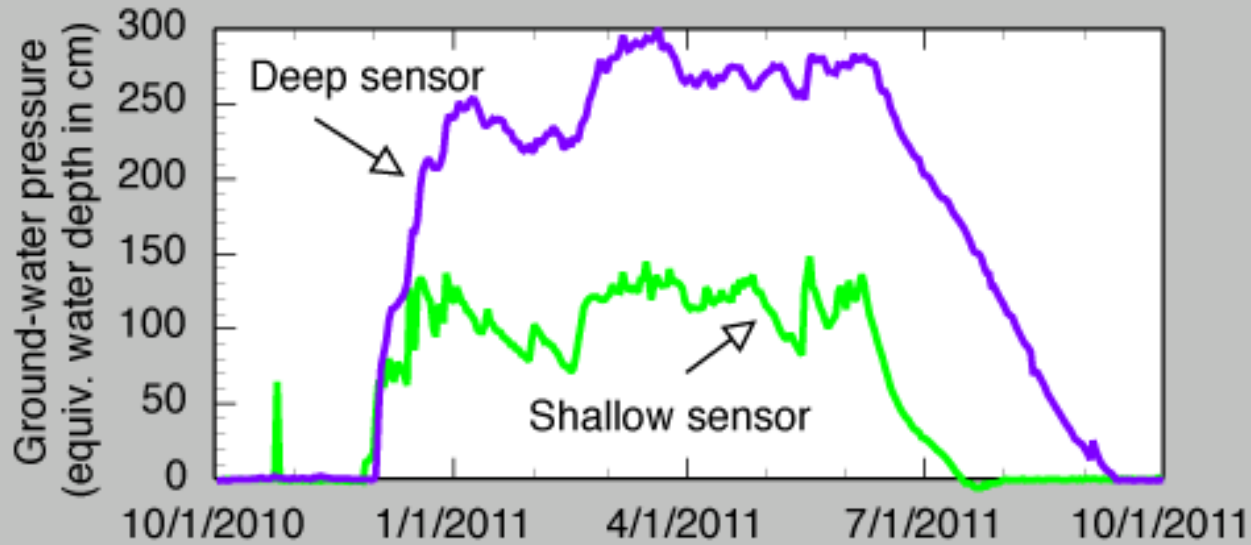




Highway 50 Landslide - Summary

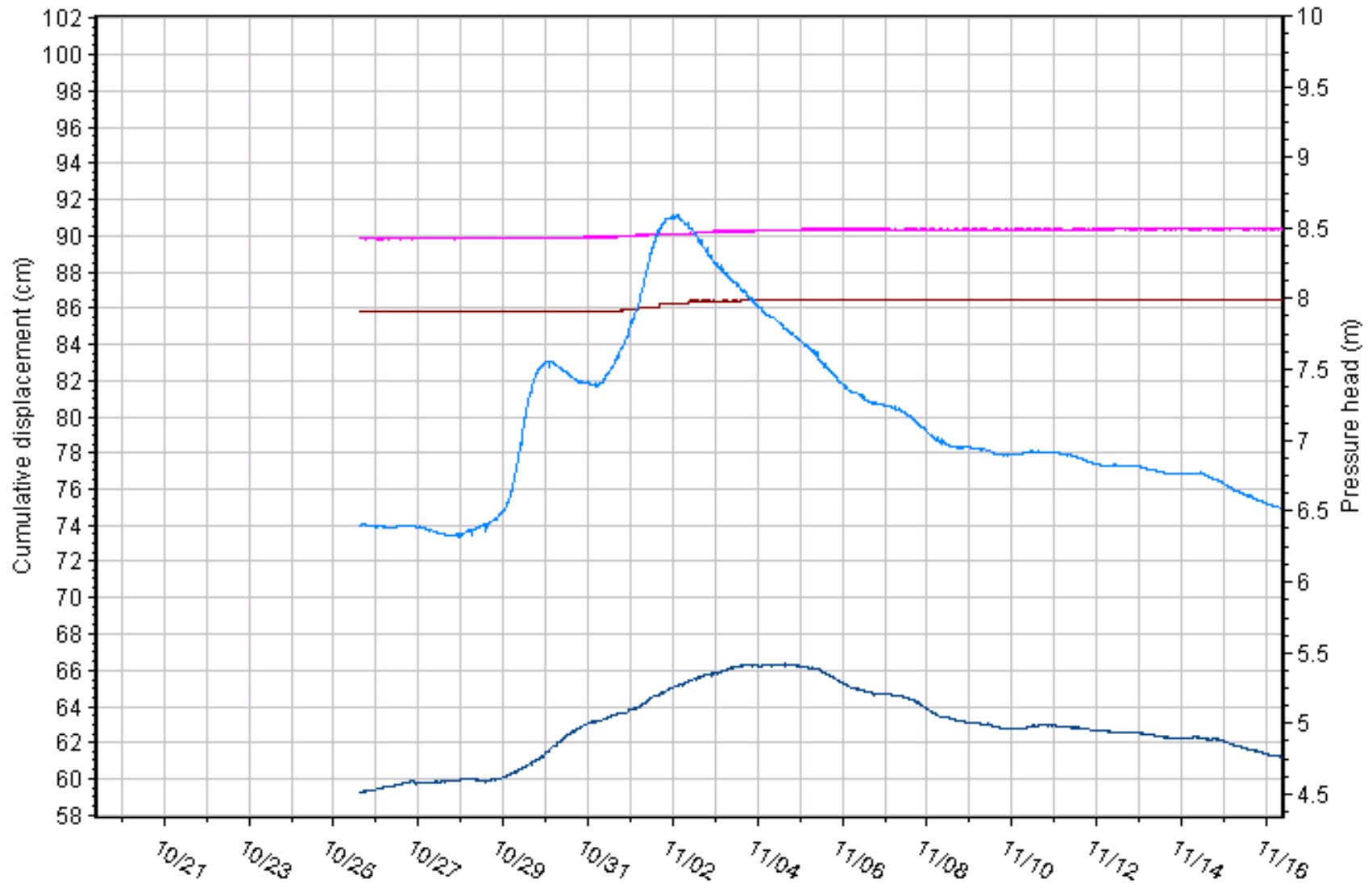
2010-2011 Water Year

U. S. Geological Survey Provisional Data



DISPLACEMENT AND PRESSURE HEAD

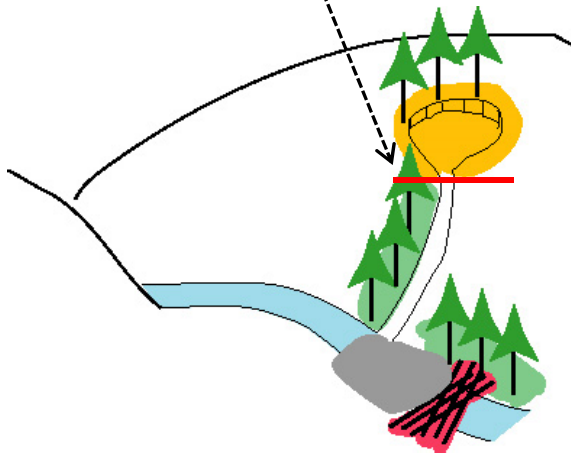
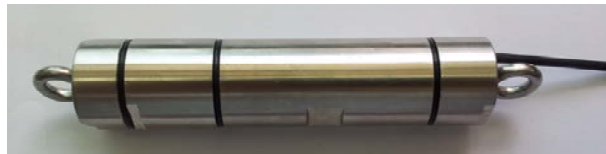
— Site 1 displacement — Site 3 displacement — Site 1 pressure — Site 2 pressure



Debris flow sensor Warning System

เครื่องตรวจวัดการไหลของมวลดินถล่มแบบ
ลวด ตรวจจับการไหลของ Debris flow ตามร่อง
น้ำสำคัญ

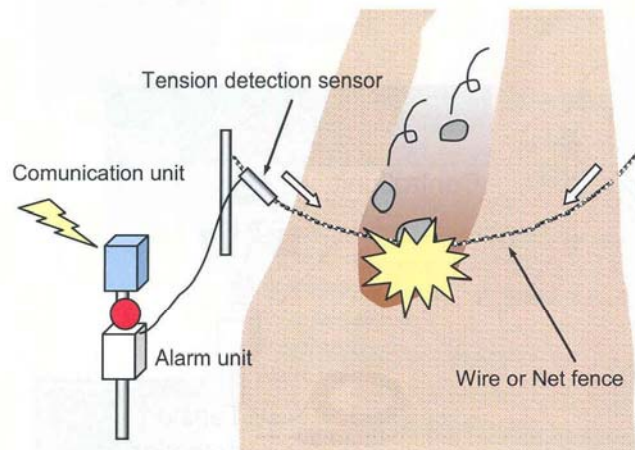
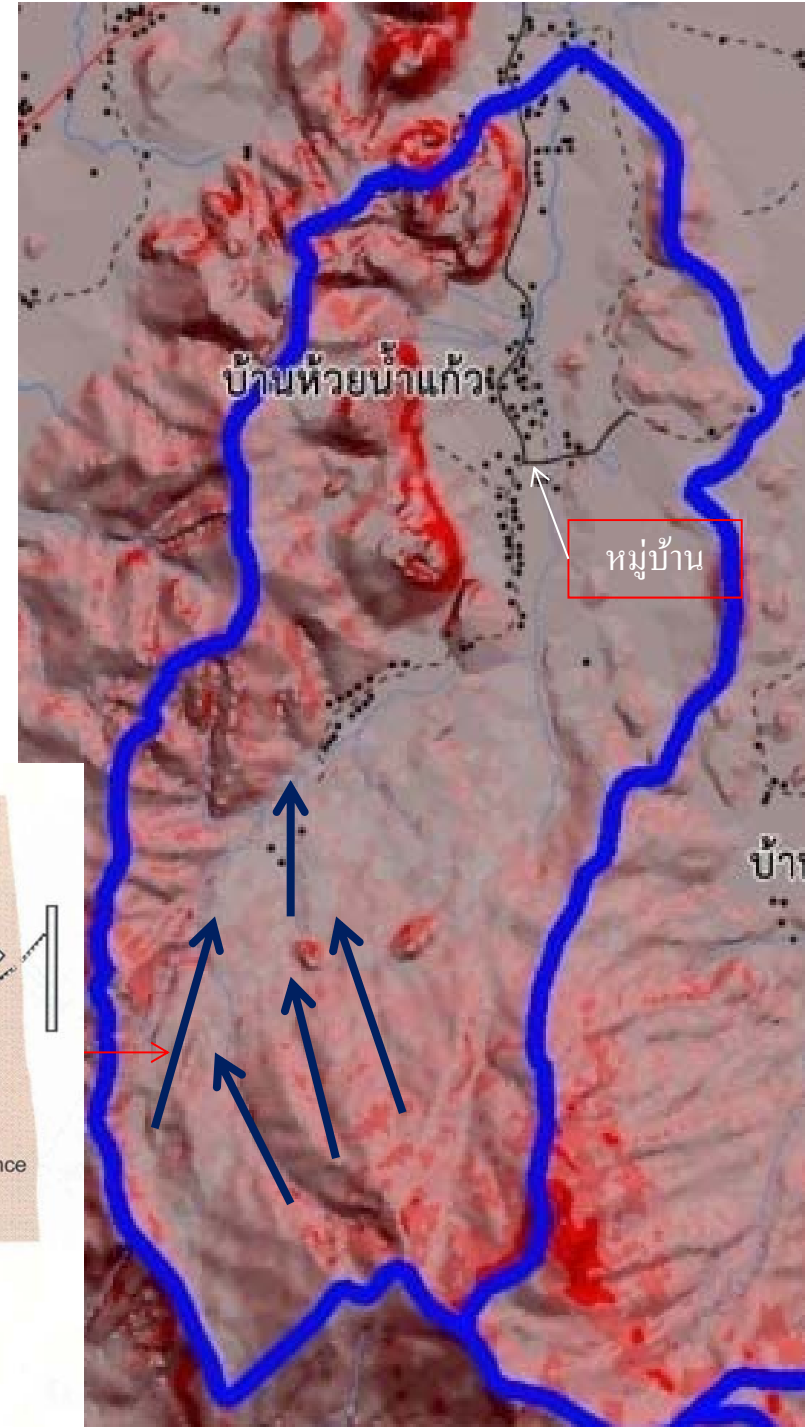
Debris Flow Detector sensor (Gerd Type)



Installation Debris flow detection



Debris Flow Detector Sensor
Installation
Khao Phanom, Kribi, Thailand



① Wire sensor type

ส่วนใหญ่การติดตั้งเครื่องมือเตือนภัยแบบทางตรง จะติดตั้งในพื้นที่ที่จำกัดและเป็นพื้นที่ที่เคยมีการเคลื่อนตัวของดินมาก่อนแล้ว

การติดตั้งต้องควบคู่ไปกับการสำรวจทางธรณีวิศวกรรมอย่างละเอียดเพื่อที่จะต้องนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในแบบจำลองเพื่อประเมินตำแหน่งและเกณฑ์การเตือนภัย

การเฝ้าระวังเชิงพื้นที่ที่กว้างโดย **dynamic landslide hazard map** จะประหยัดกว่า และจะทำให้ทราบตำแหน่งที่ควรติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดในอนาคต

Debris Monitoring



Debris Monitoring

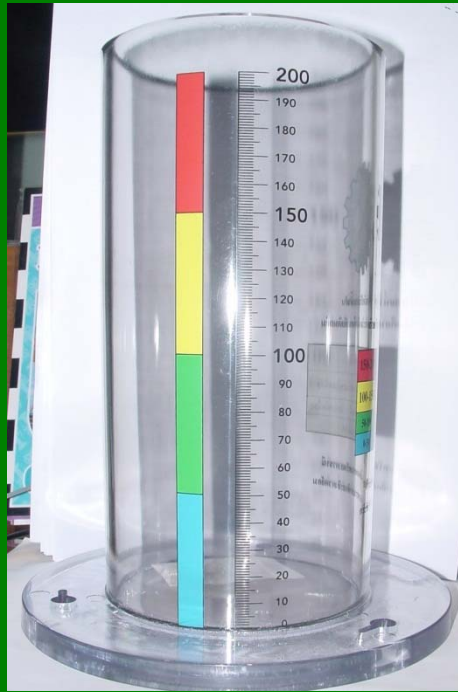
4 day accumulated Rainfall 600 mm In July 2008

Jioufen-Ershan Site



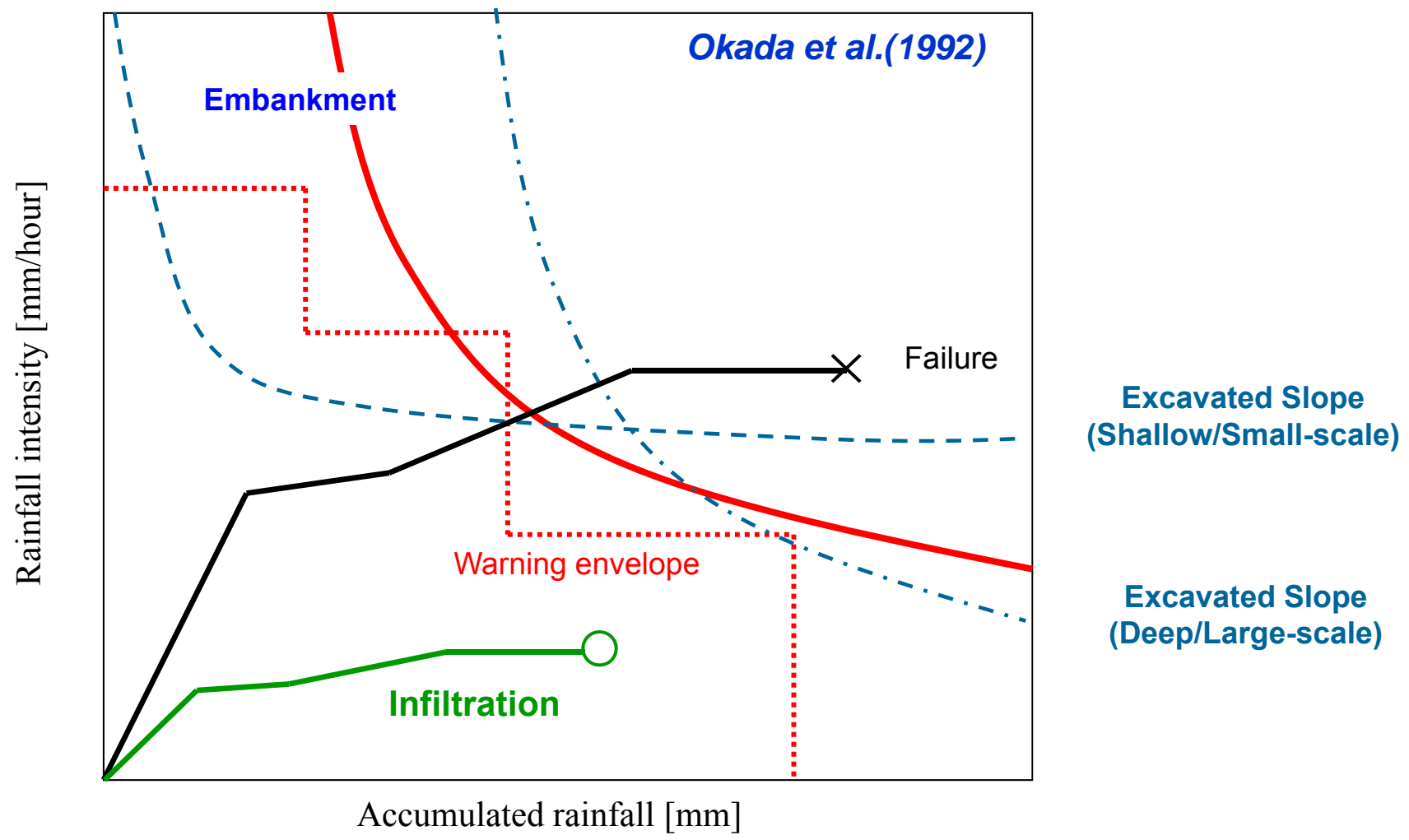
การเตือนภัยทางอ้อมจากปริมาณน้ำฝน

- เหมาะสมกับพื้นที่กว้างกรณีฝนตกหนักเกินปกติ
- ตรวจวัดจากค่าปริมาณน้ำฝน
- เกณฑ์วิกฤติสามารถคำนวณได้จากทางสถิติหรือวิธีทางวิศวกรรม
- ปัญหาหลักคือ ไม่มีเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ต้นกำเนิดดินถล่ม

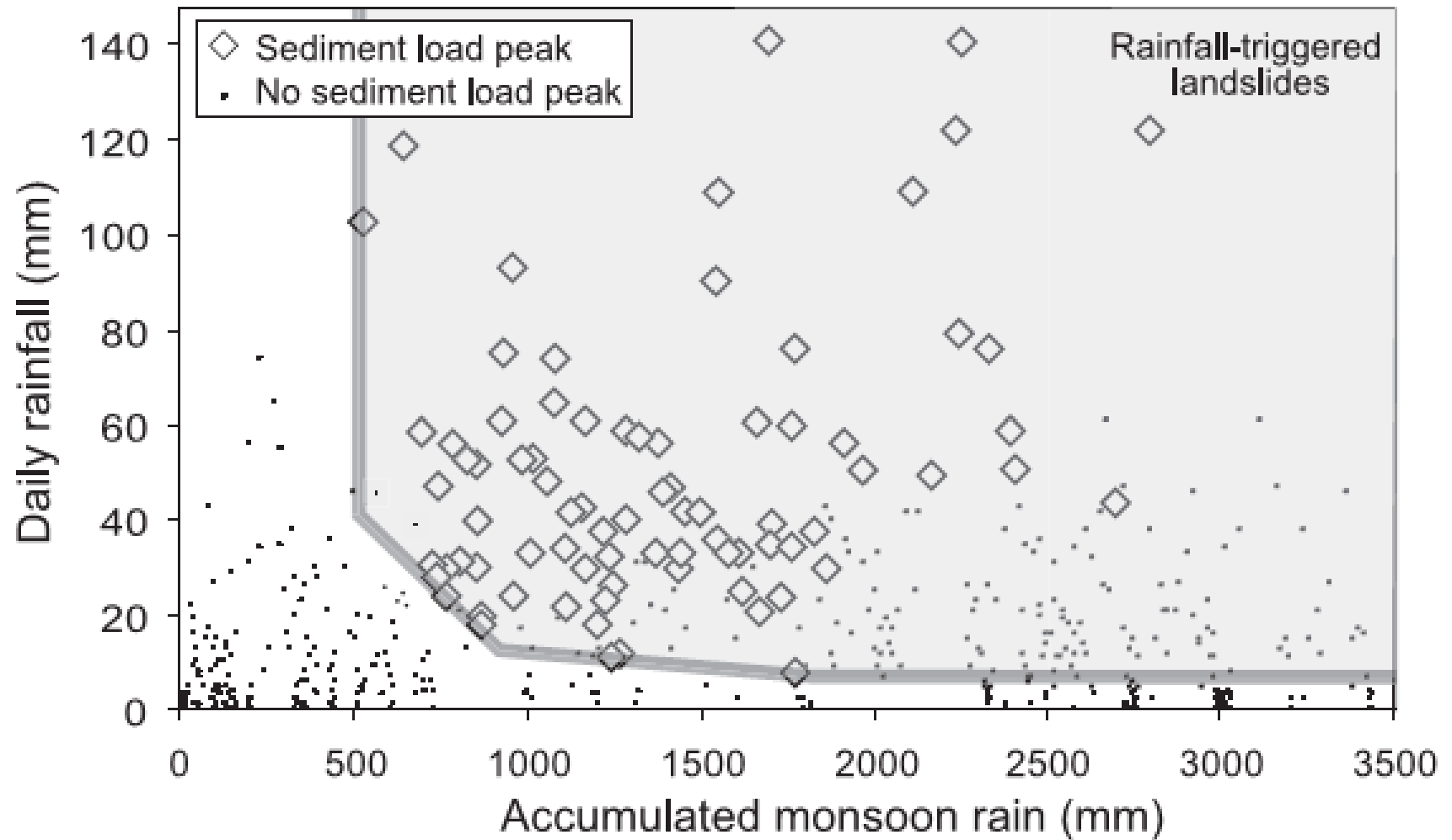


ผศ.ดร.สุทธศักดิ์ ศรีลัมพ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาระบบประปาและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

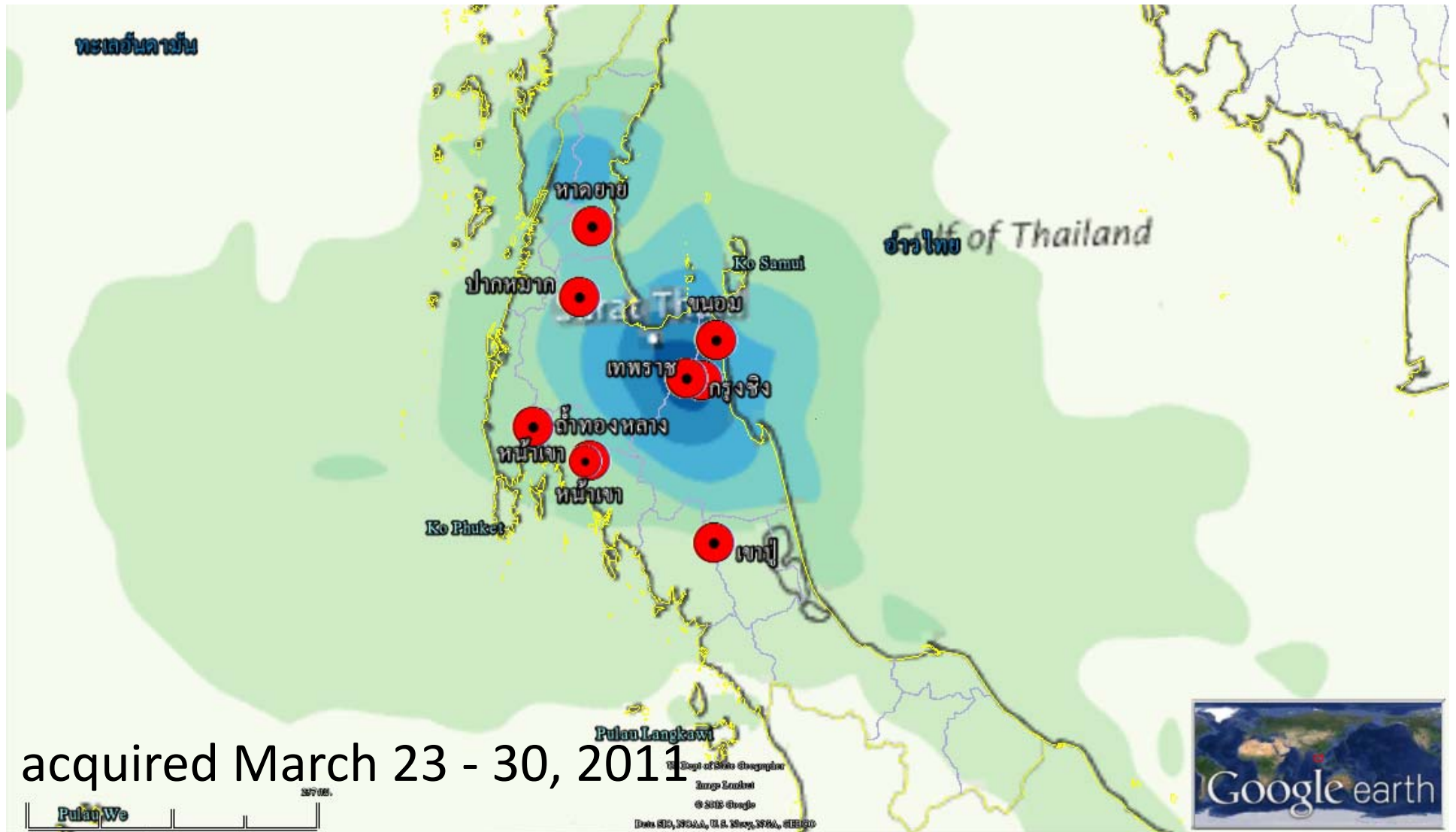
วิธีทางสถิติ การเตือนภัยจากปริมาณน้ำฝน



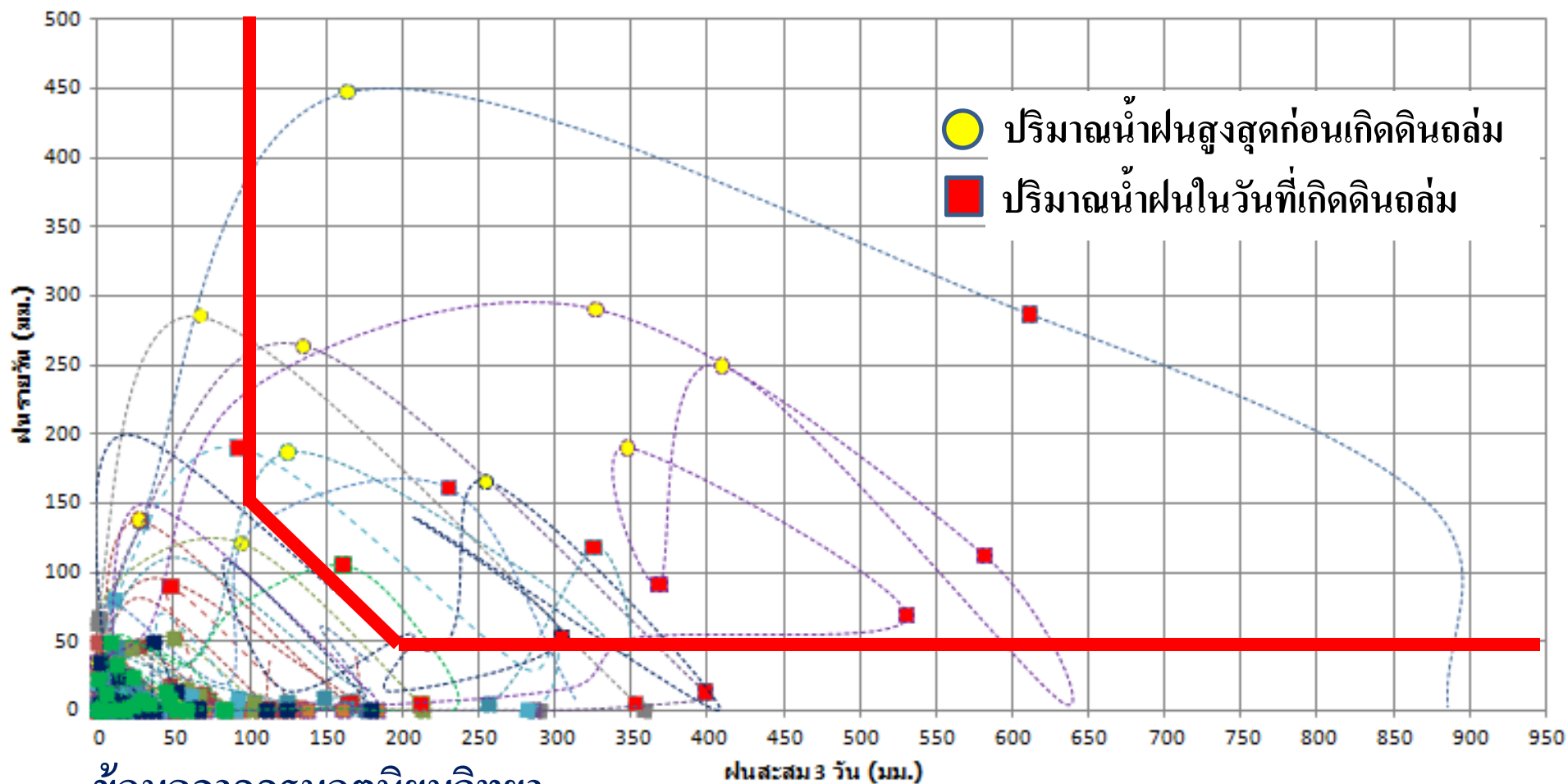
Rainfall thresholds for landsliding in the Himalayas of Nepal



E. J. Gabet et. al. (2004)



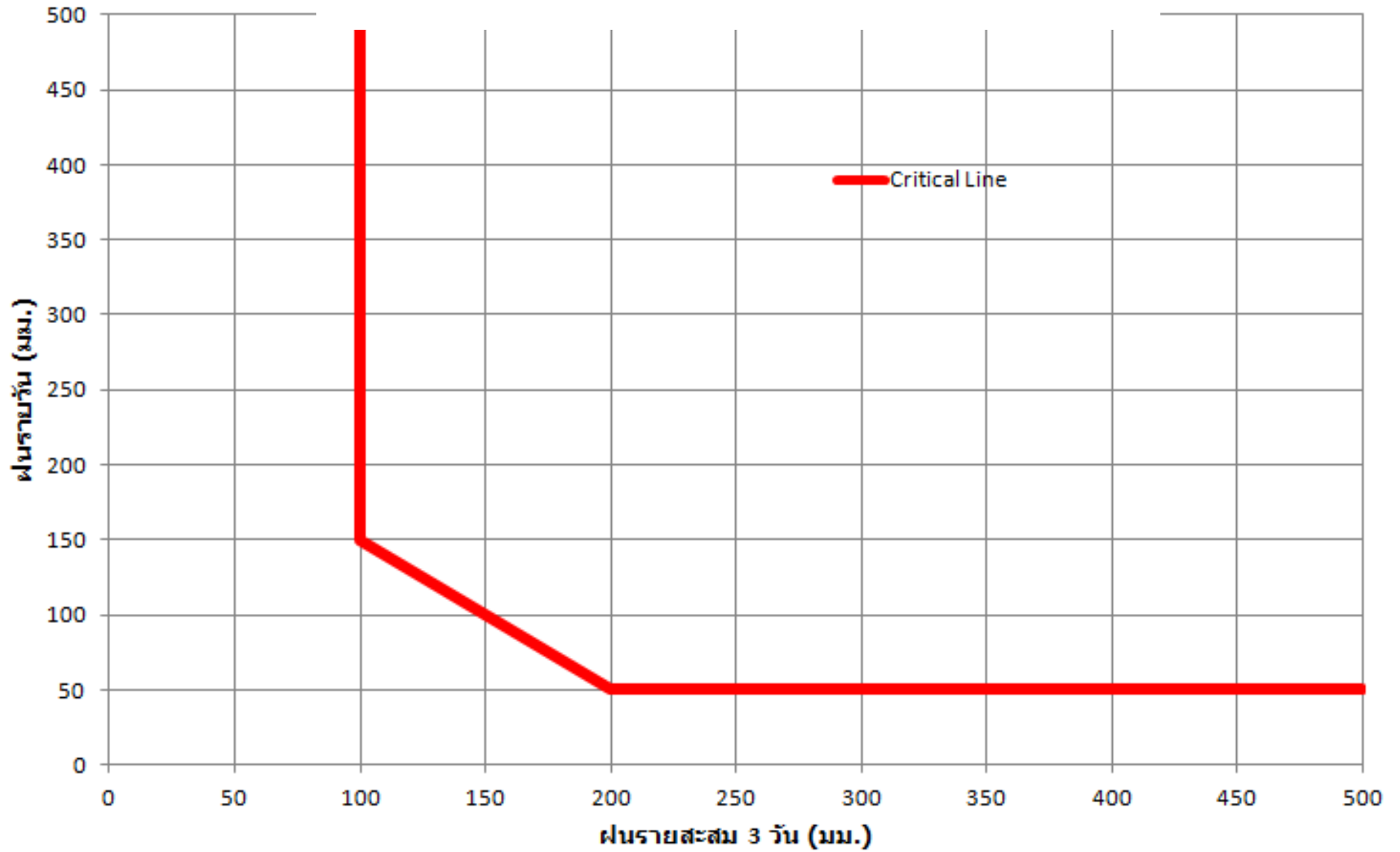
ข้อมูลน้ำฝนในช่วงเกิดดินถล่มในอดีต



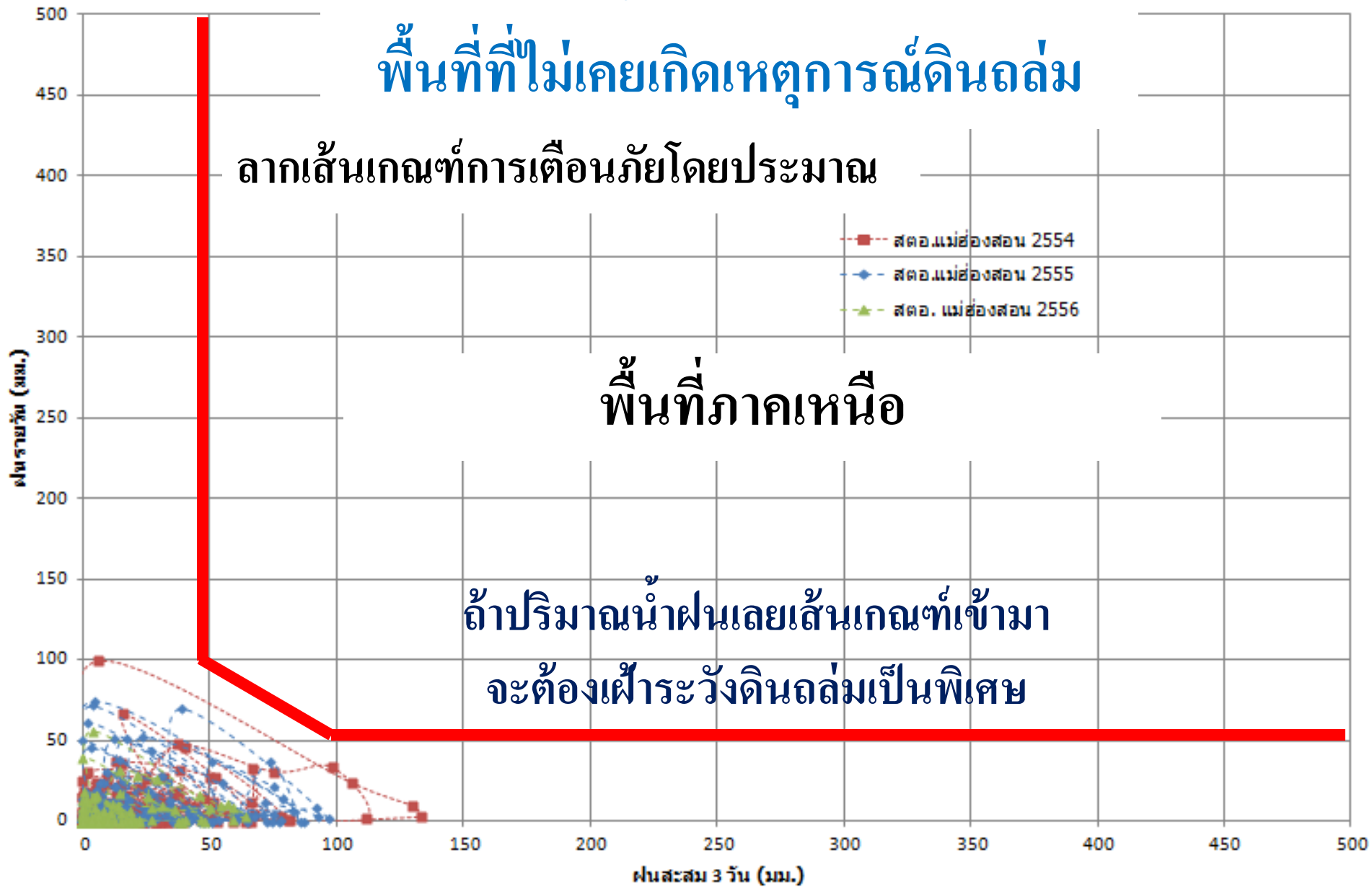
ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| --■-- พฤศจิกายน 2531 - นครศรีธรรมราช | --■-- กรกฎาคม 2542 - จันทบุรี | --■-- สิงหาคม - กันยายน 2543 - เพชรบูรณ์ |
| --■-- เมษายน - พฤษภาคม 2544 - เกอร์ | --■-- พฤษภาคม 2547 - ตาก, เชียงใหม่ | --■-- พฤษภาคม 2549 - สุพรรณบุรี |
| --■-- พฤษภาคม 2549 - สุโขทัย | --■-- ตุลาคม - พฤศจิกายน 2553 - นครศรีธรรมราช | --■-- มีนาคม 2554 - นครศรีธรรมราช |
| --■-- มีนาคม 2554 - กระบี่ | --■-- มีนาคม 2554 - ทากอง | --■-- มีนาคม 2554 - พังงา |

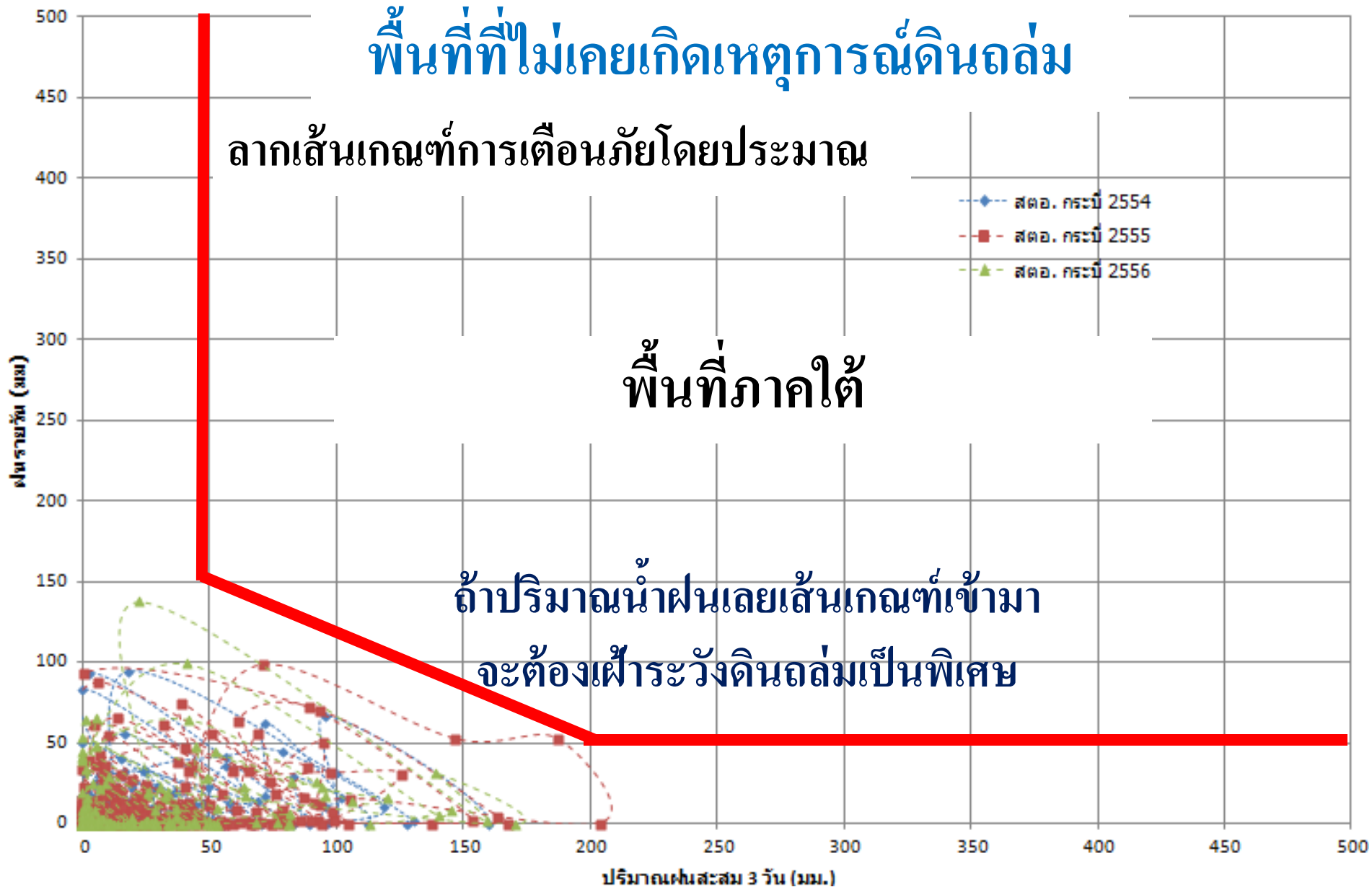
เส้นเกณฑ์น้ำฝนสะสมเตือนภัยดินถล่ม

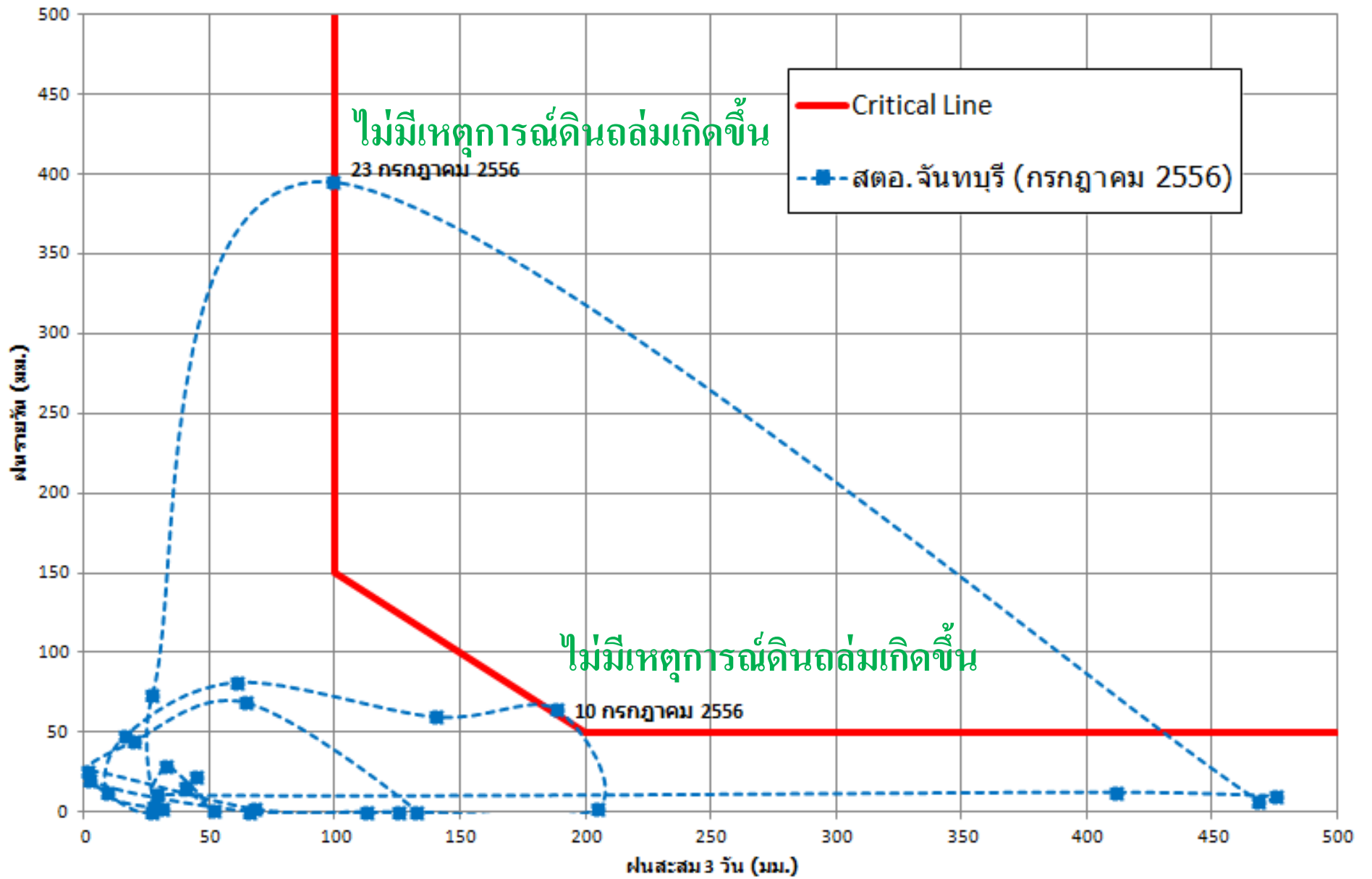


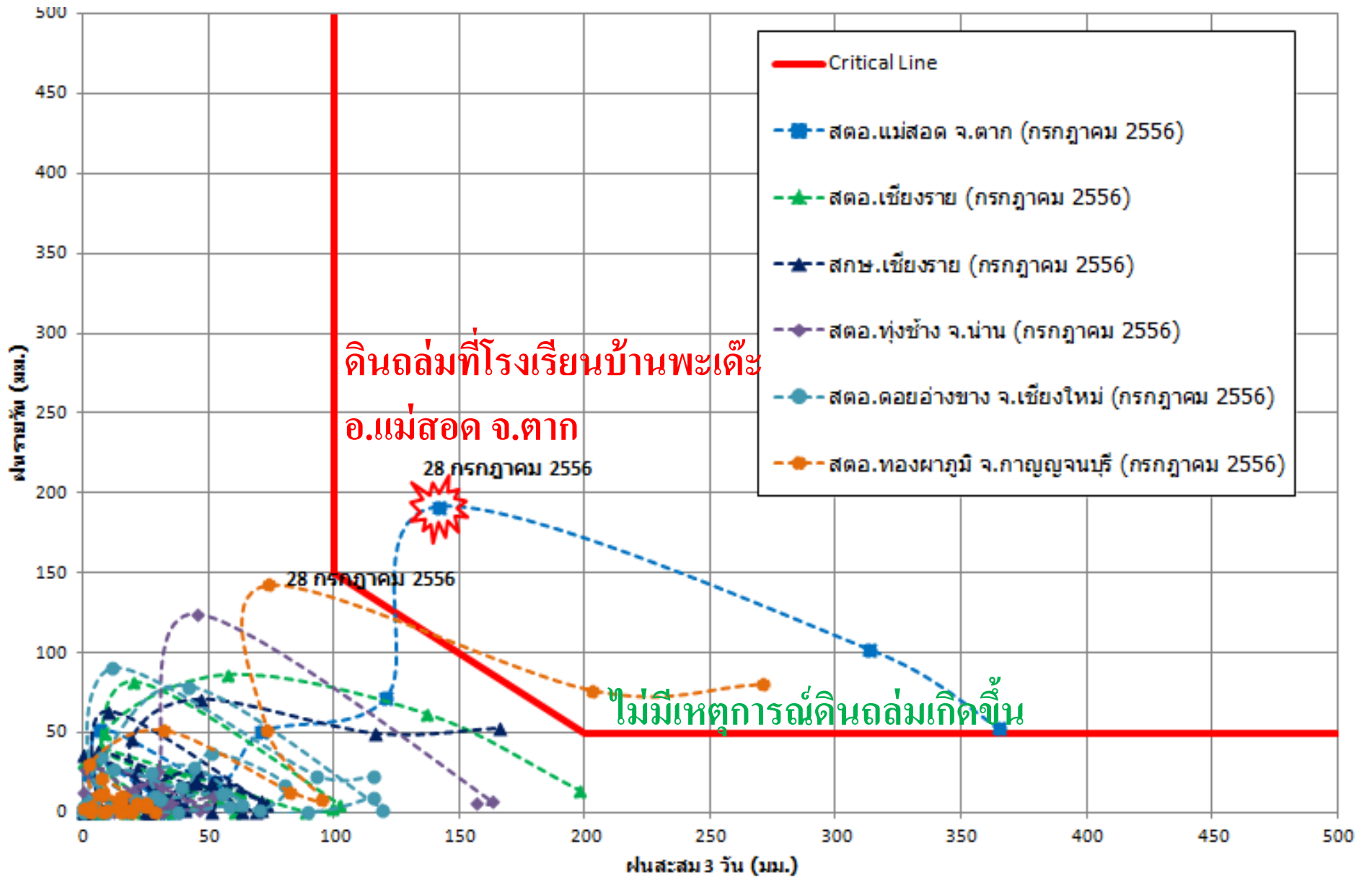
การสร้างเกณฑ์น้ำฝนสะสมเตือนภัย พื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม



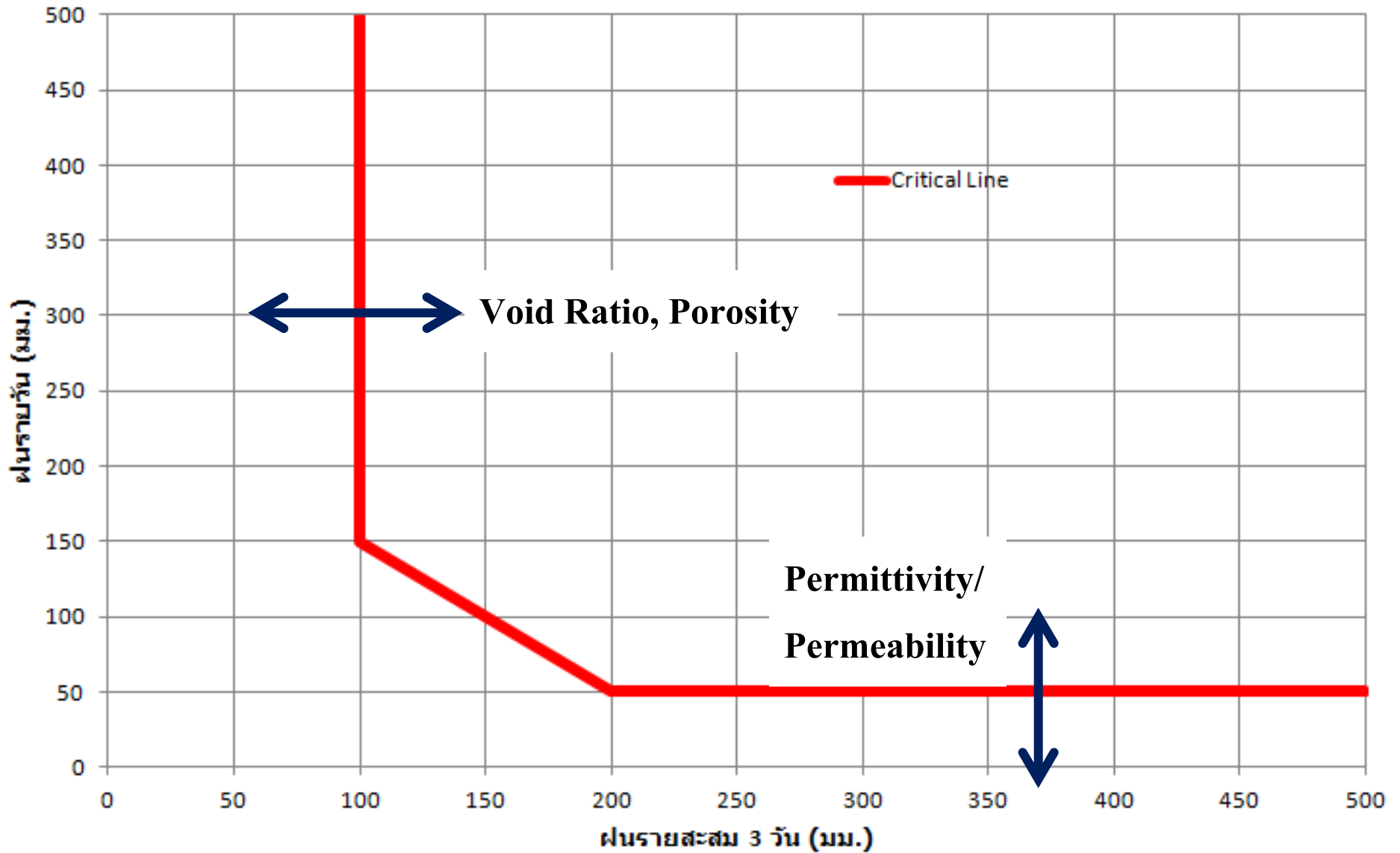
การสร้างเกณฑ์น้ำฝนสะสมเตือนภัย พื้นที่ที่ไม่เคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม





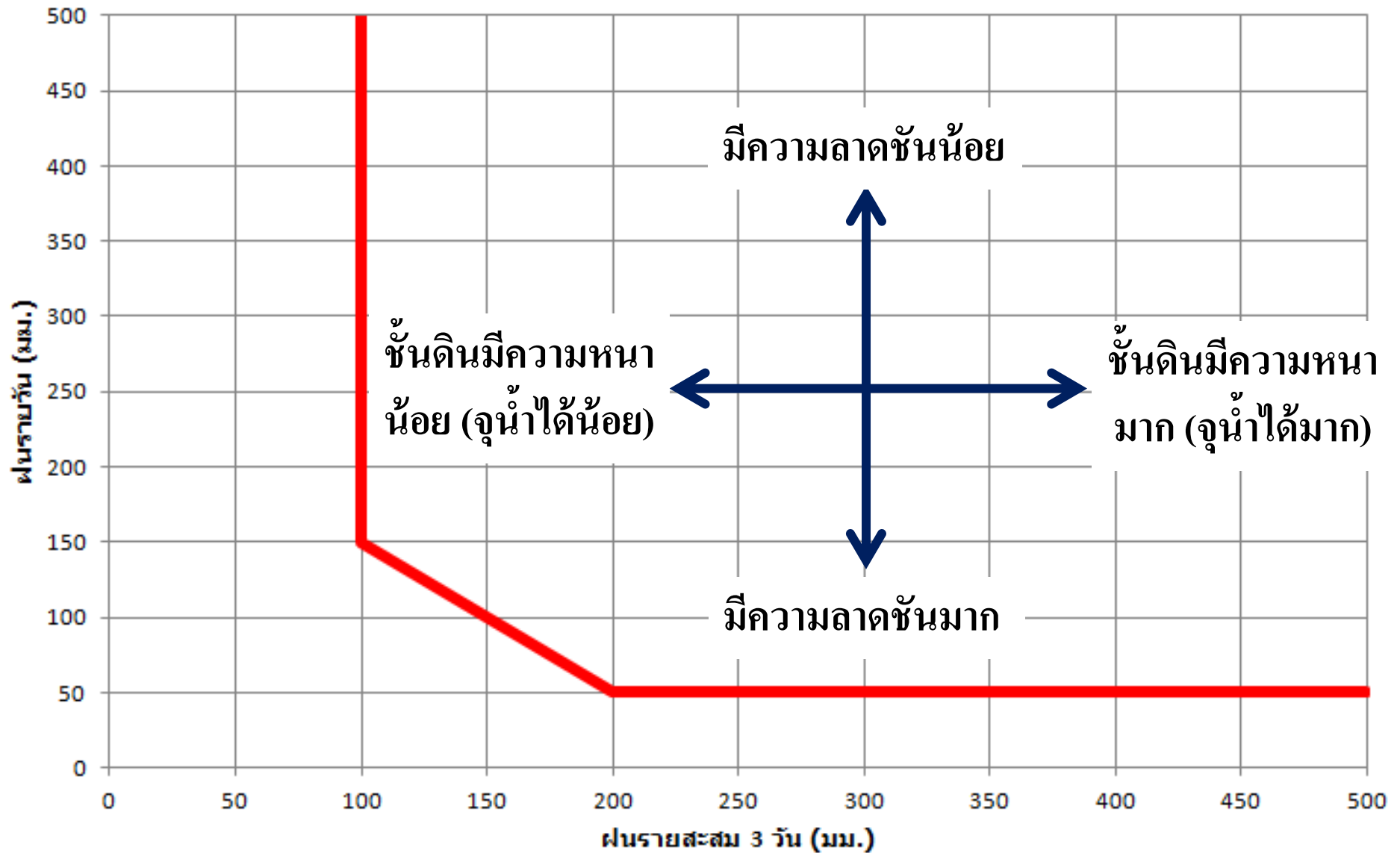


ปัจจัยด้านคุณสมบัติทางธรณีวิศวกรรม



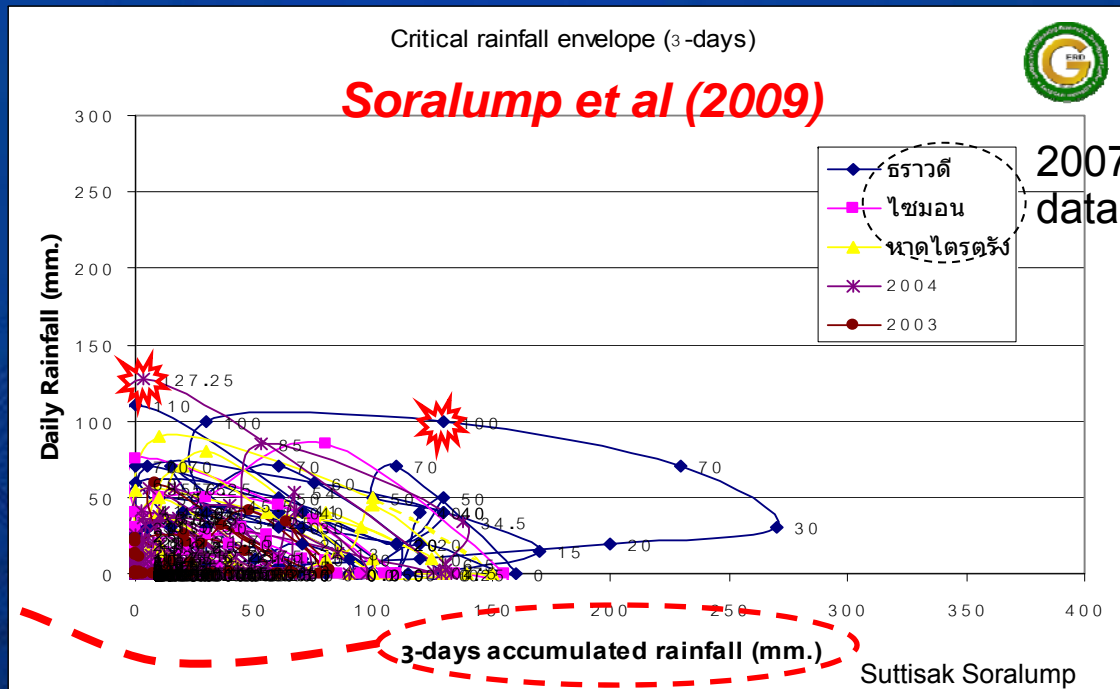
E. J. Gabet et. al. (2004)

ปัจจัยด้านคุณสมบัติทางธรณีวิทยา



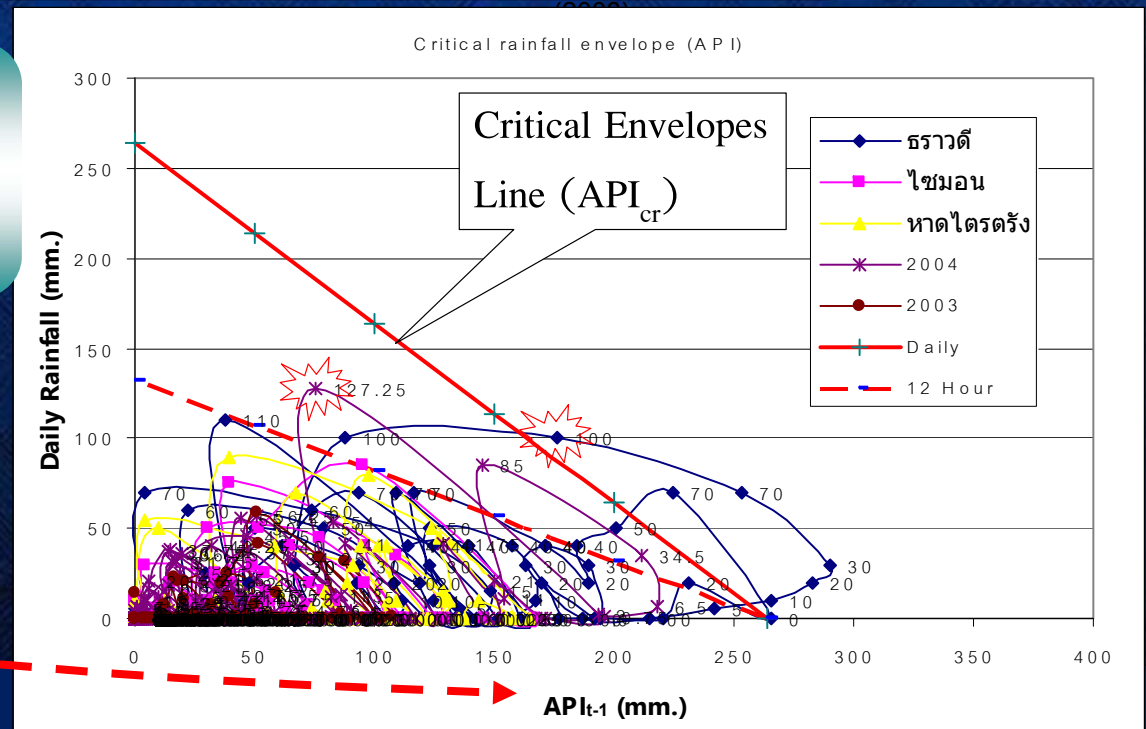
E. J. Gabet et. al. (2004)

วิธีทางสถิติ



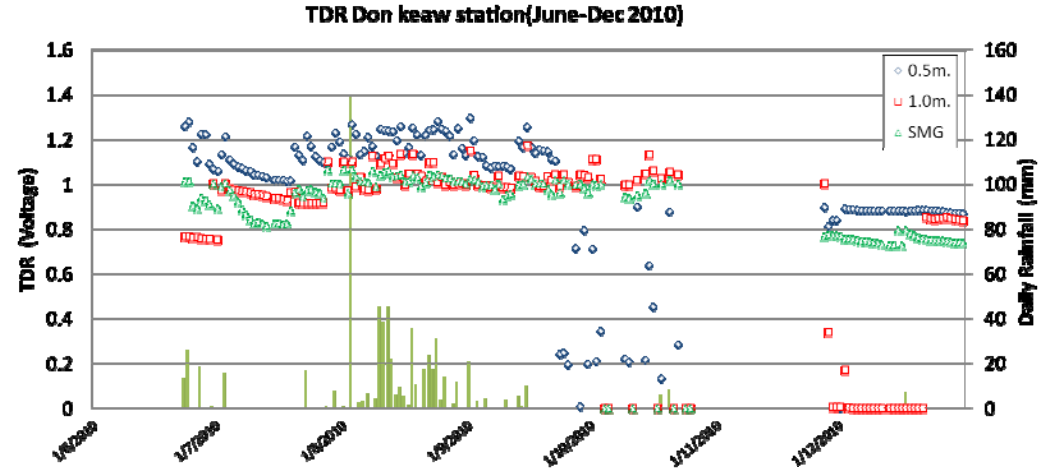
Antecedence Precipitation Index (API)

$$API_t = (K_t * API_{t-1}) + P_t$$

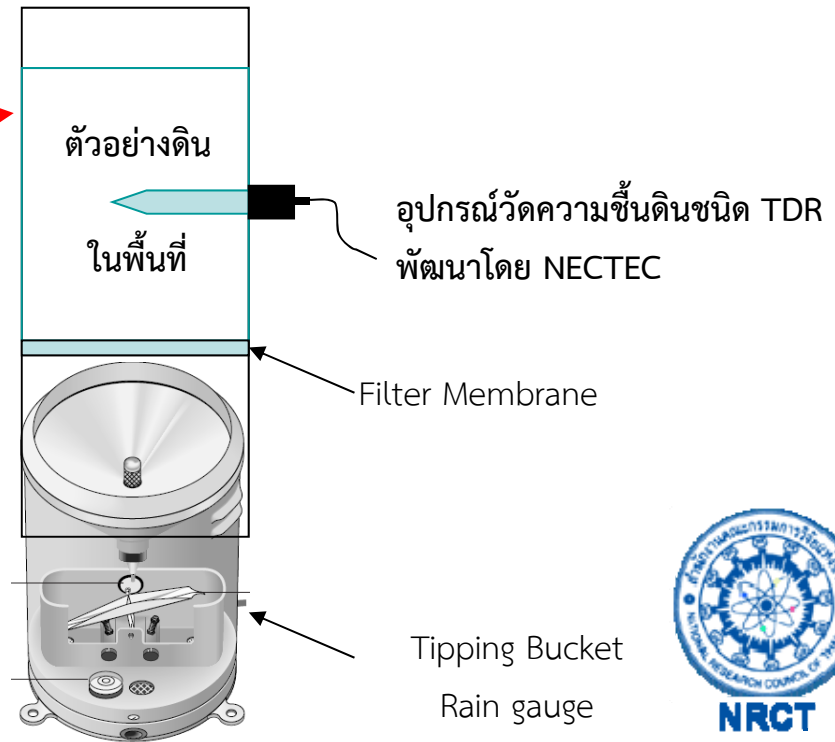
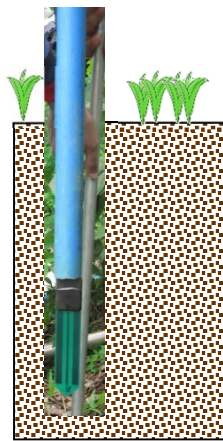




TDR



In place TDR



AVERAGE $API_{CR} = 1003$ mm.

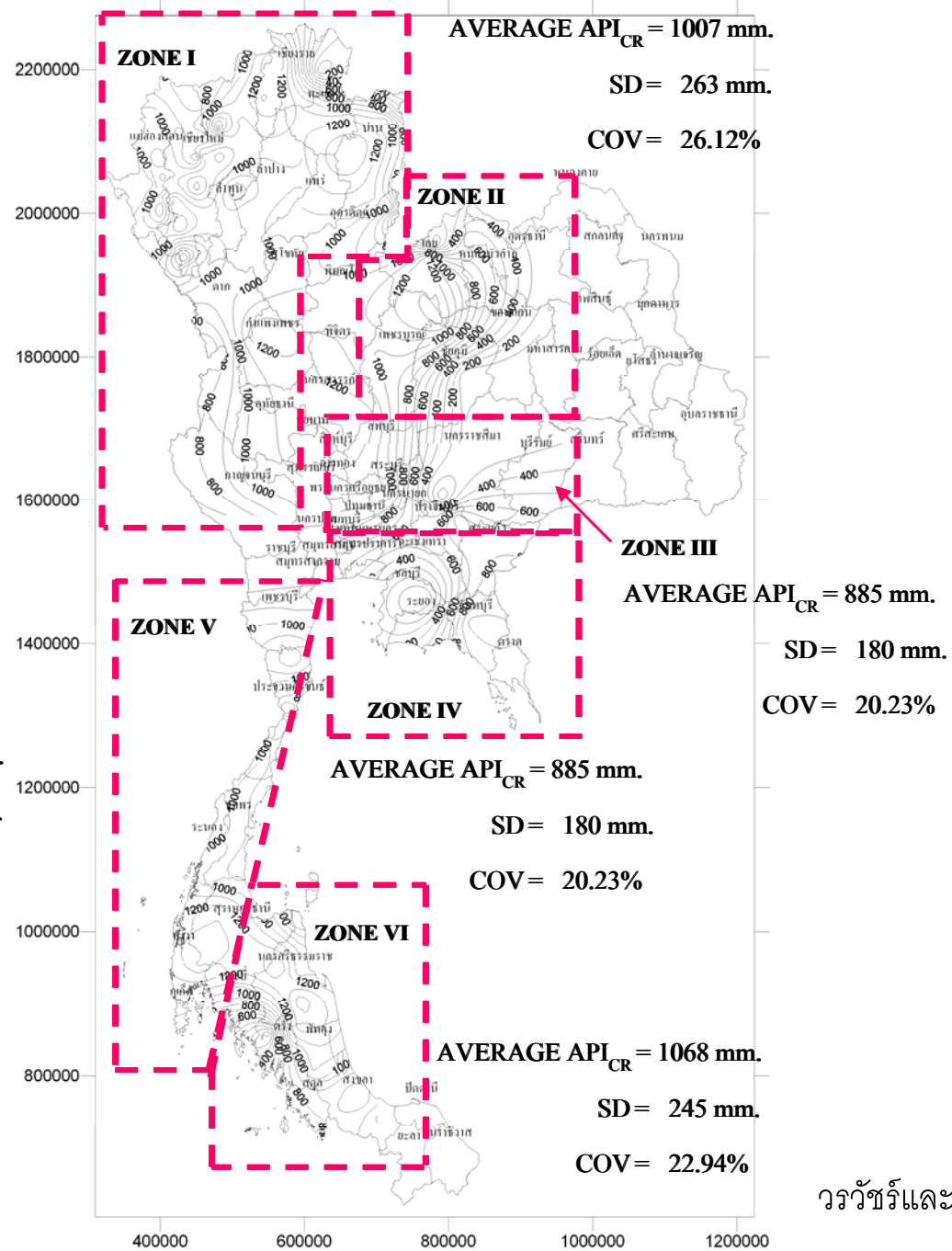
SD = 234 mm.

COV = 23.33%

AVERAGE $API_{CR} = 1022$ mm.

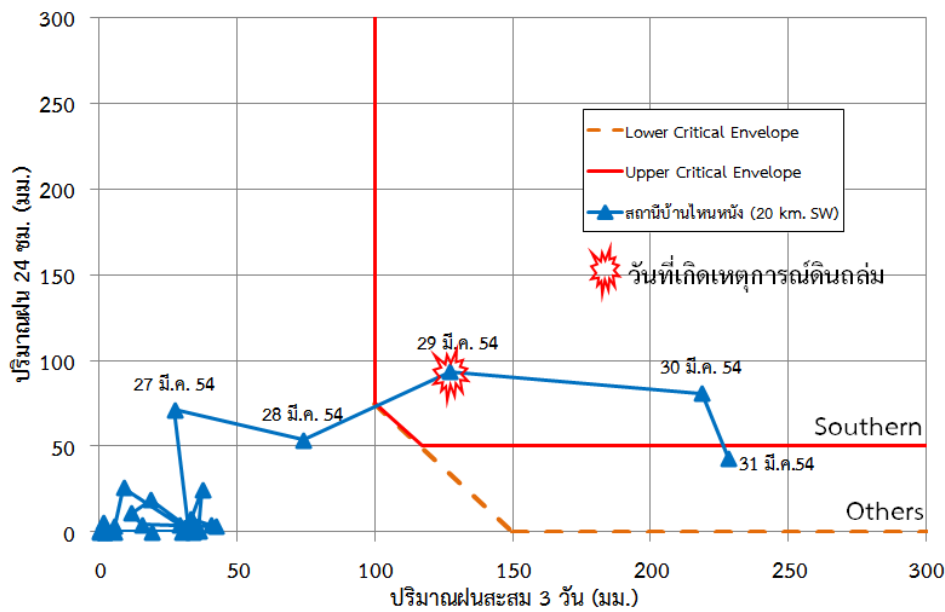
SD = 235 mm.

COV = 22.99%

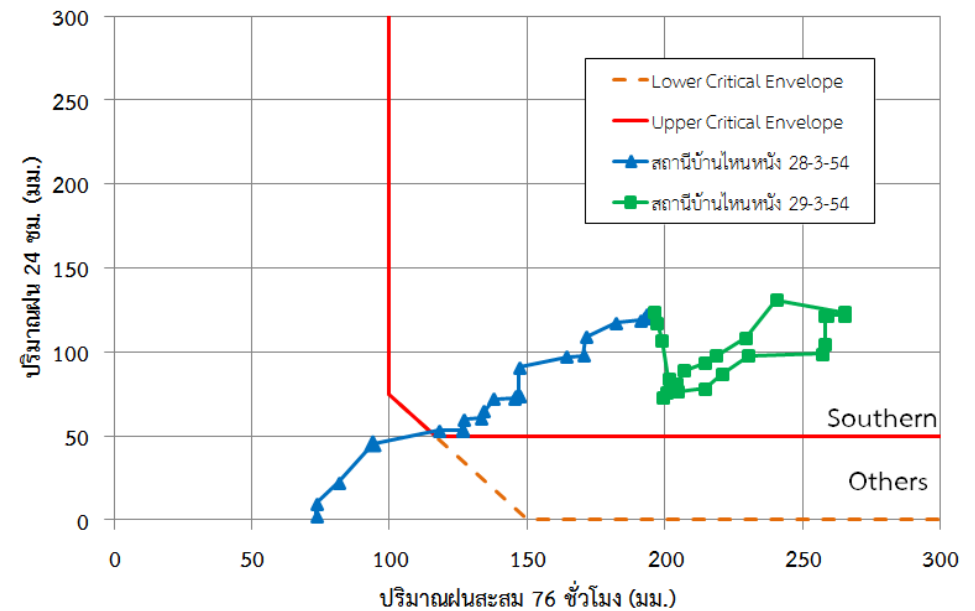


วรวัชรและสุพัตร์ศักดิ์

เปรียบเทียบการใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวันกับรายชั่วโมง

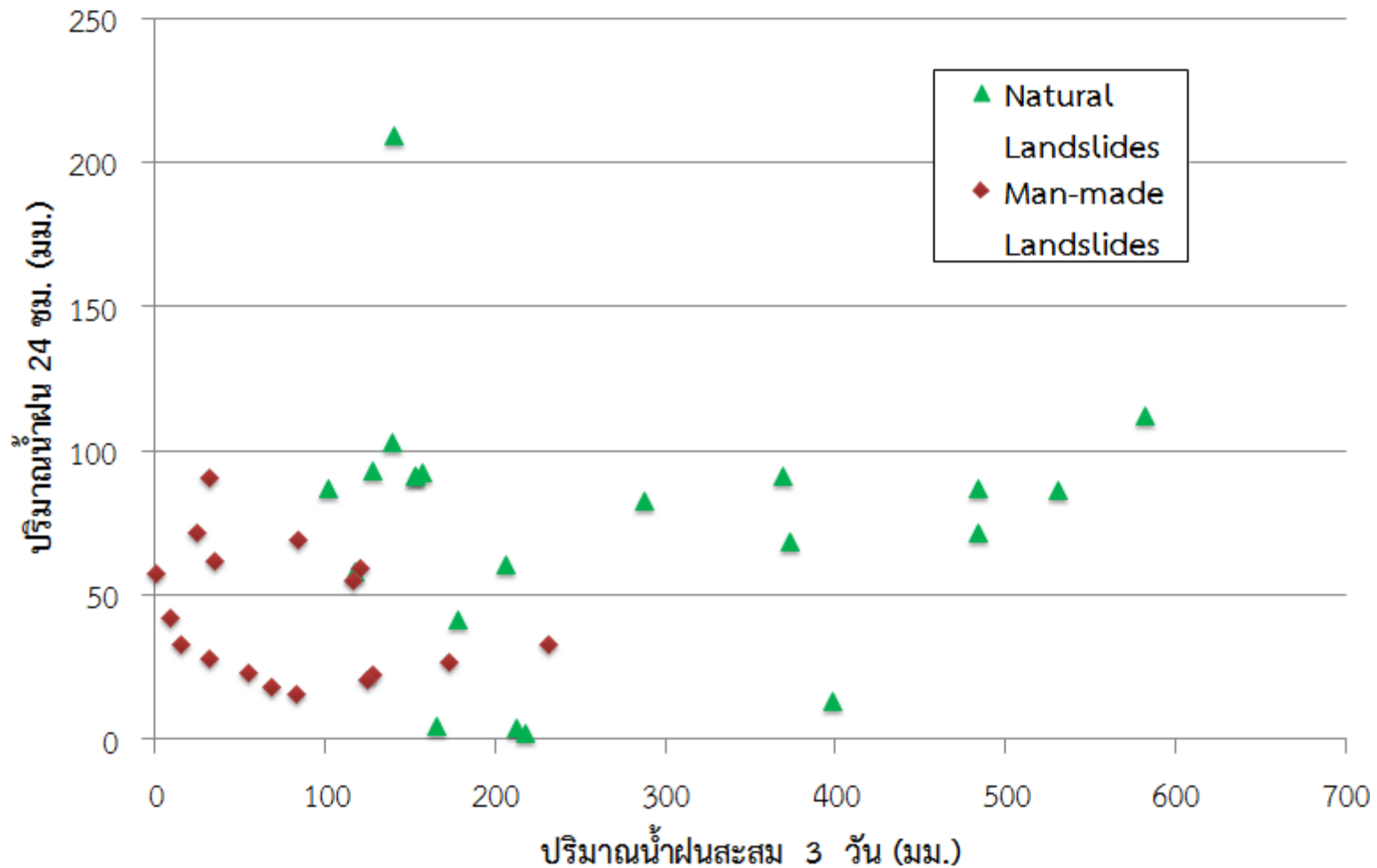


ใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวัน

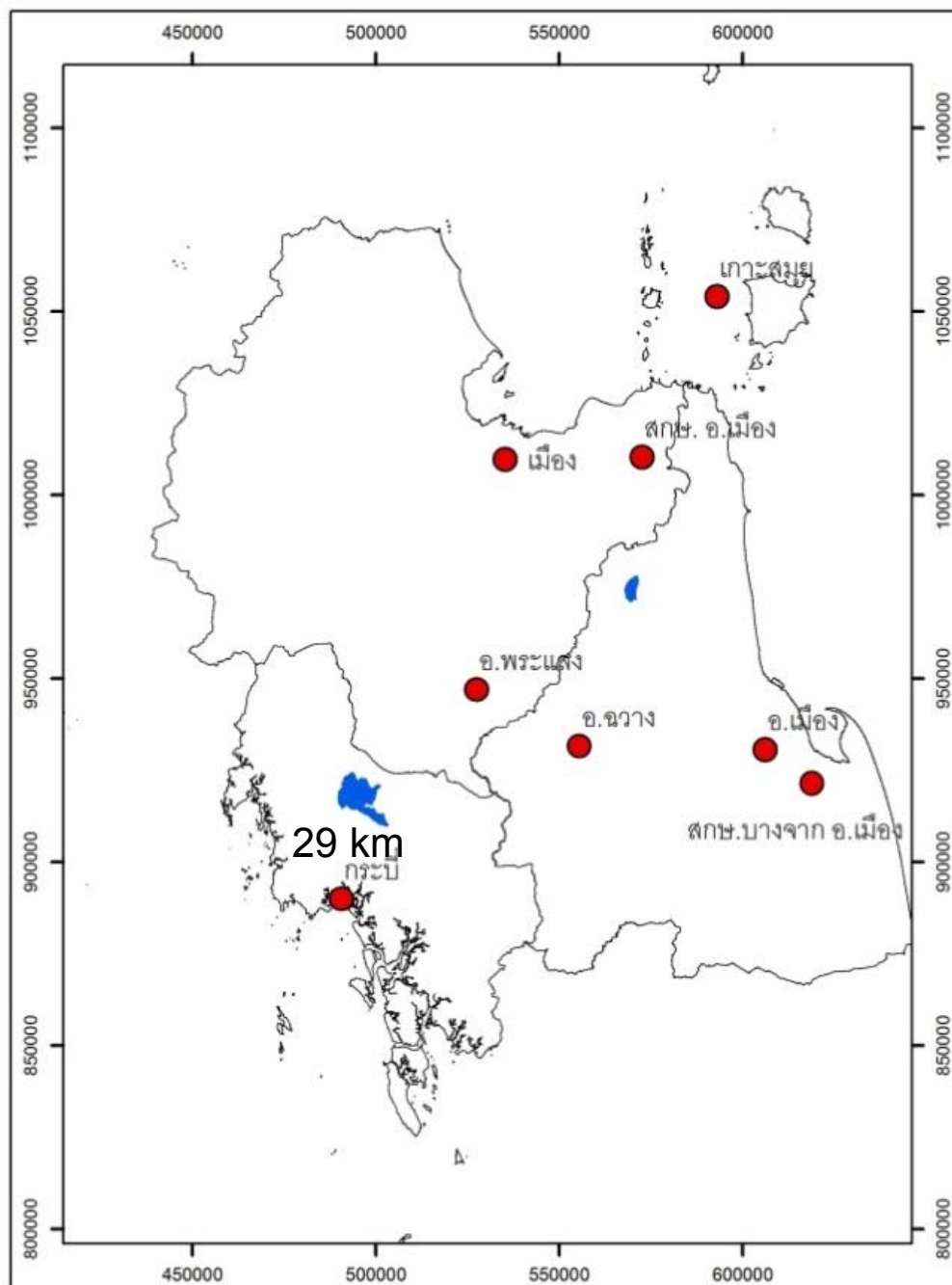


ใช้ข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง

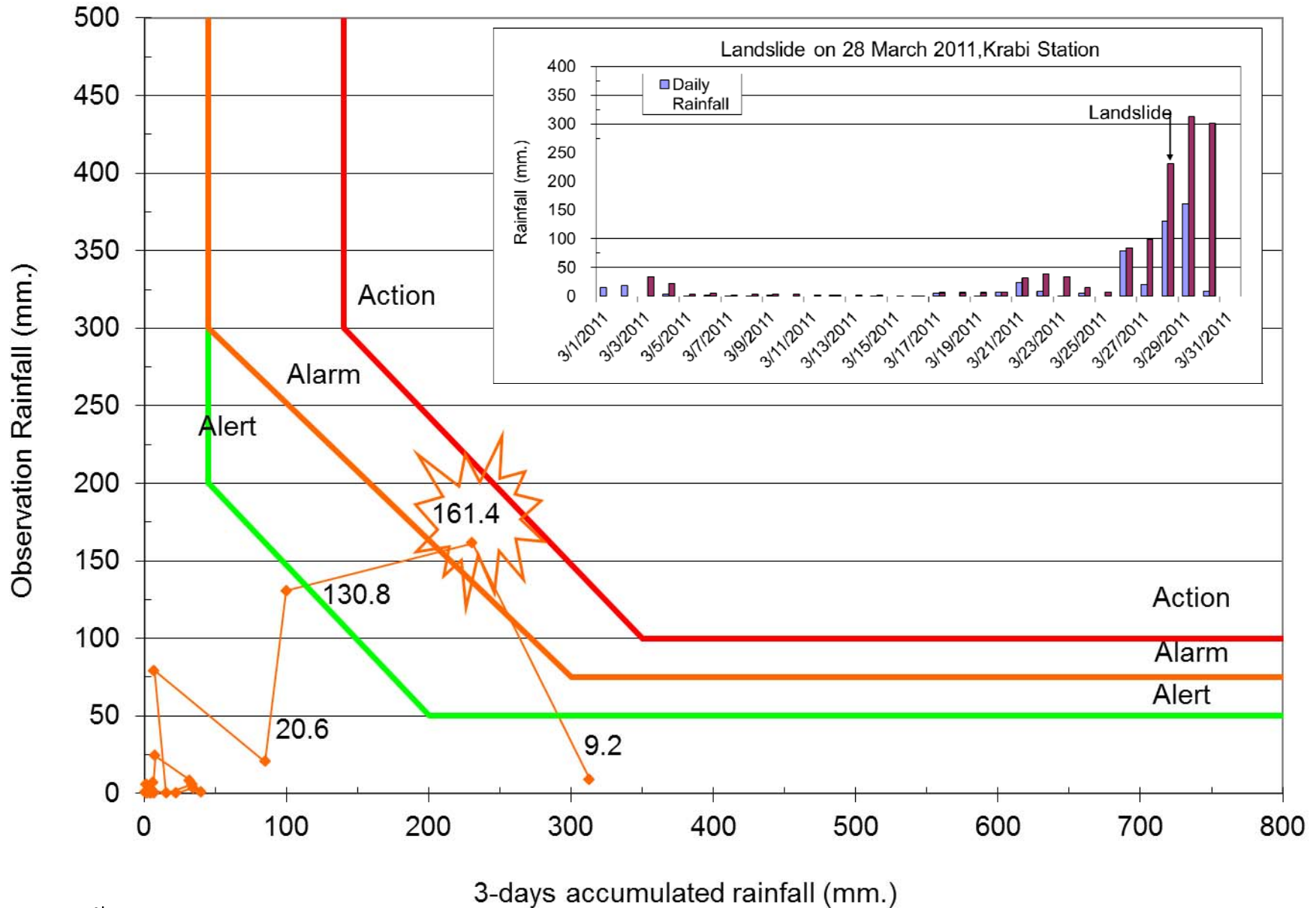
ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเชิงสถิติ



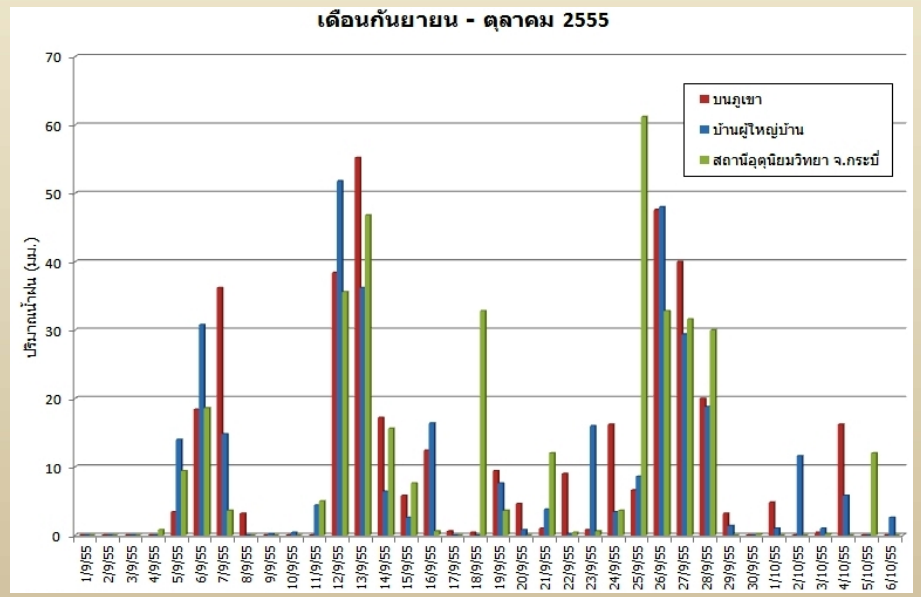
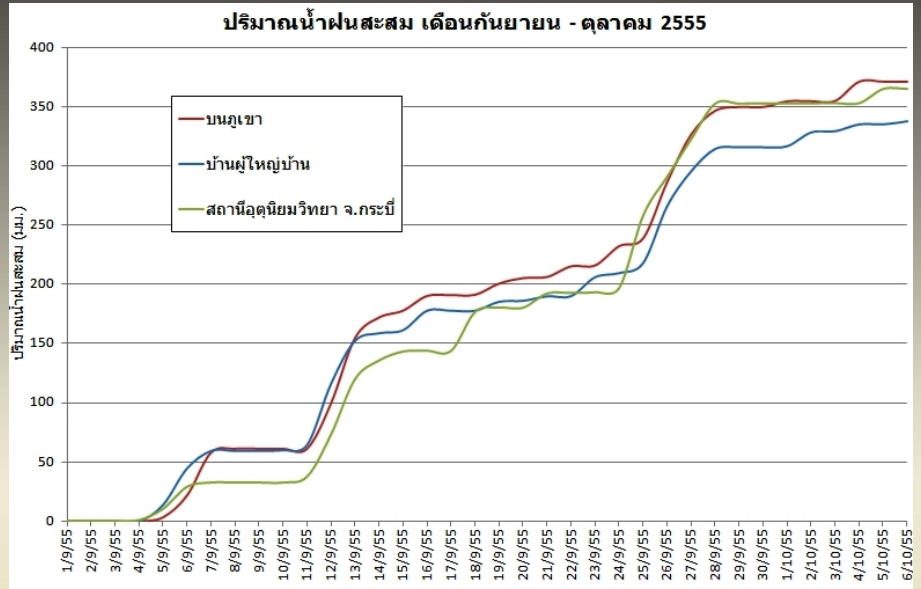
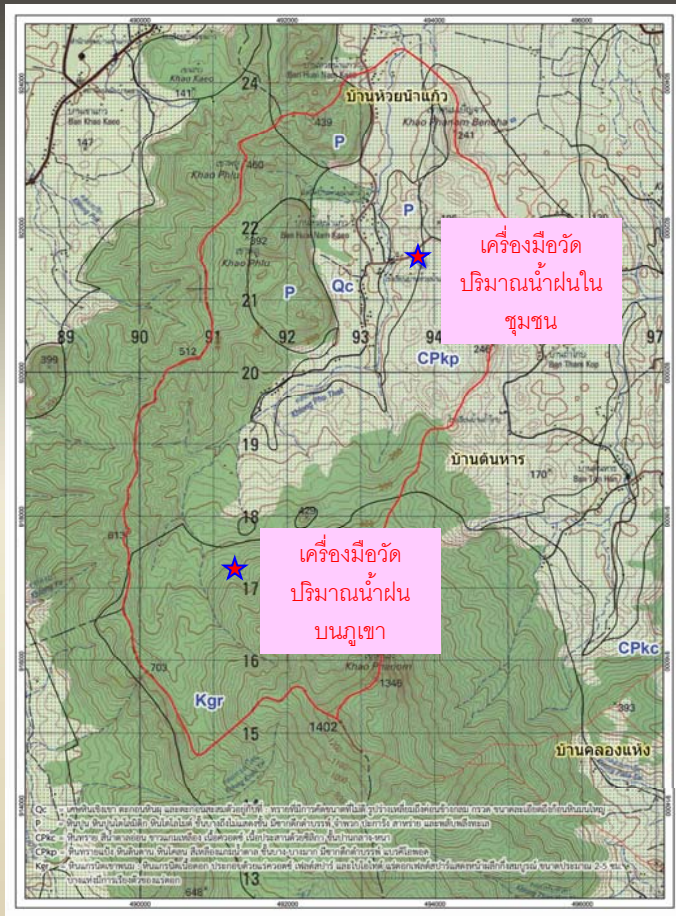
อิทธิพลของตำแหน่ง เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน



Critical rainfall envelope (3-days) Warning Issued by Local Authorities



การเปรียบเทียบพฤติกรรมการตกของฝนในพื้นที่ศึกษา (ลุ่มน้ำห้วยน้ำแก้ว ต.หน้าเขา อ.เขาพนม จ.กระบี่)



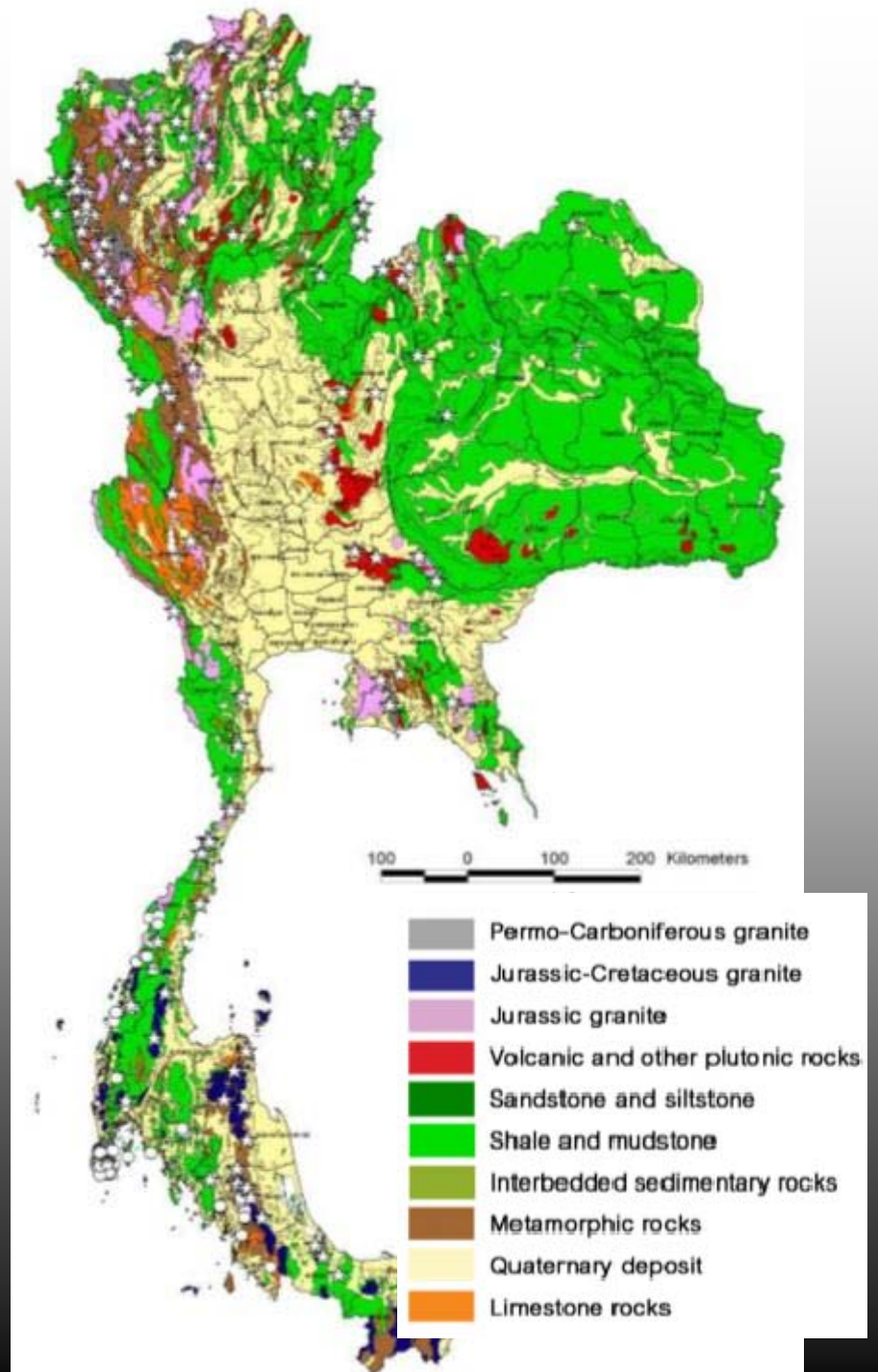
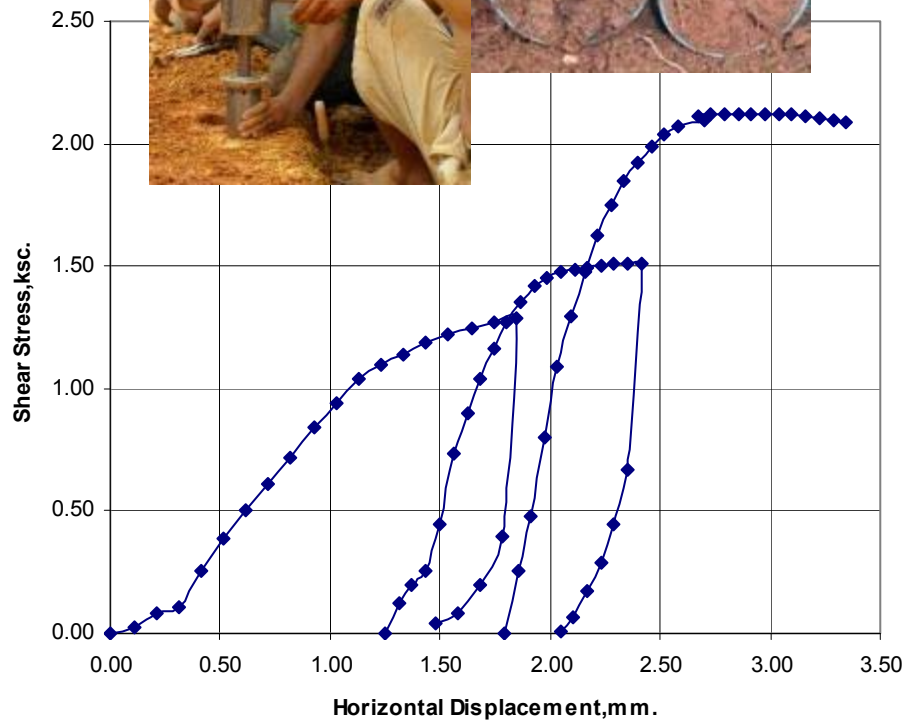
ผลการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำฝนในพื้นที่ภูเขาและพื้นที่ราบ
ปริมาณน้ำฝนบนภูเขามีแนวโน้มสูงกว่าพื้นที่ราบ

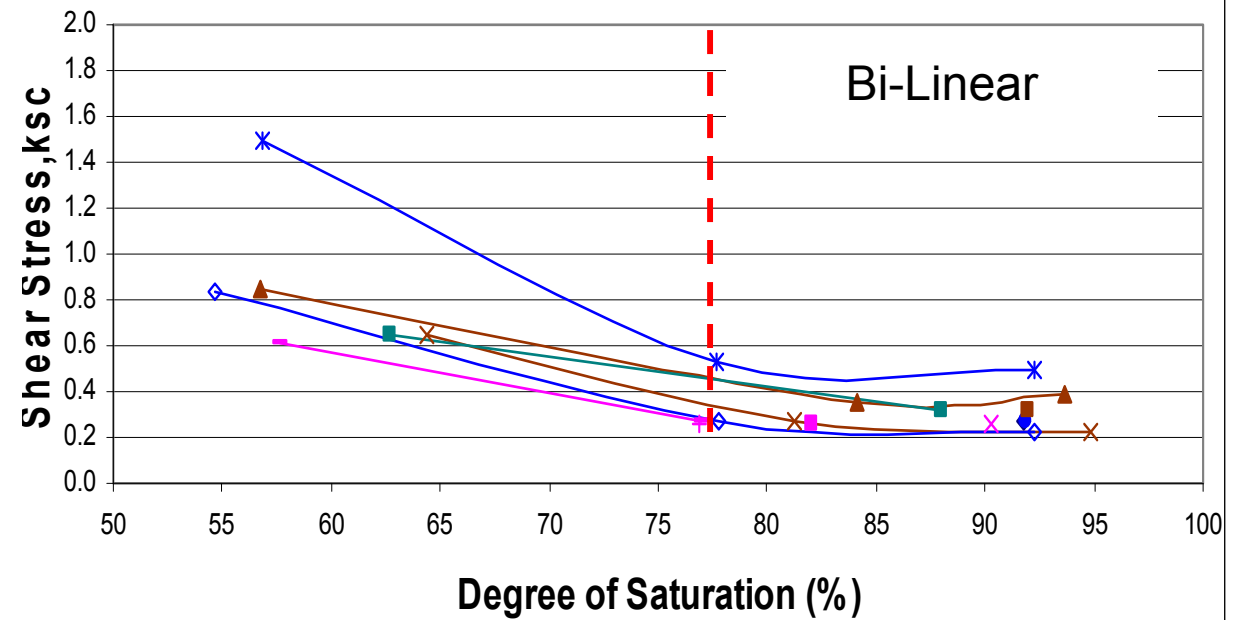
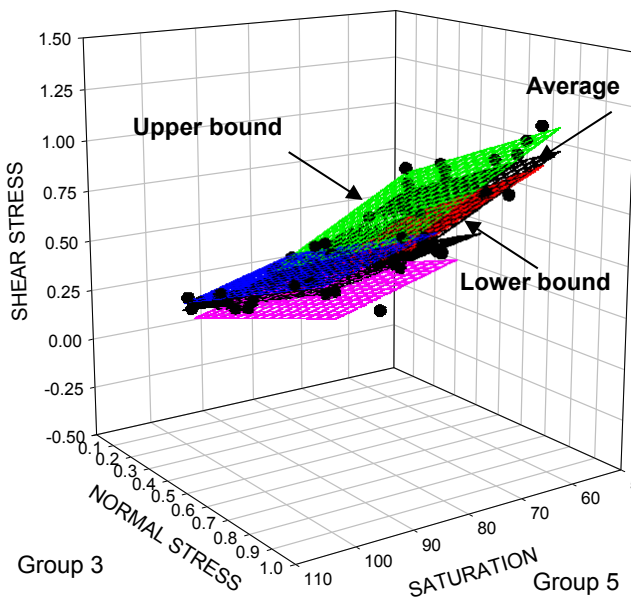
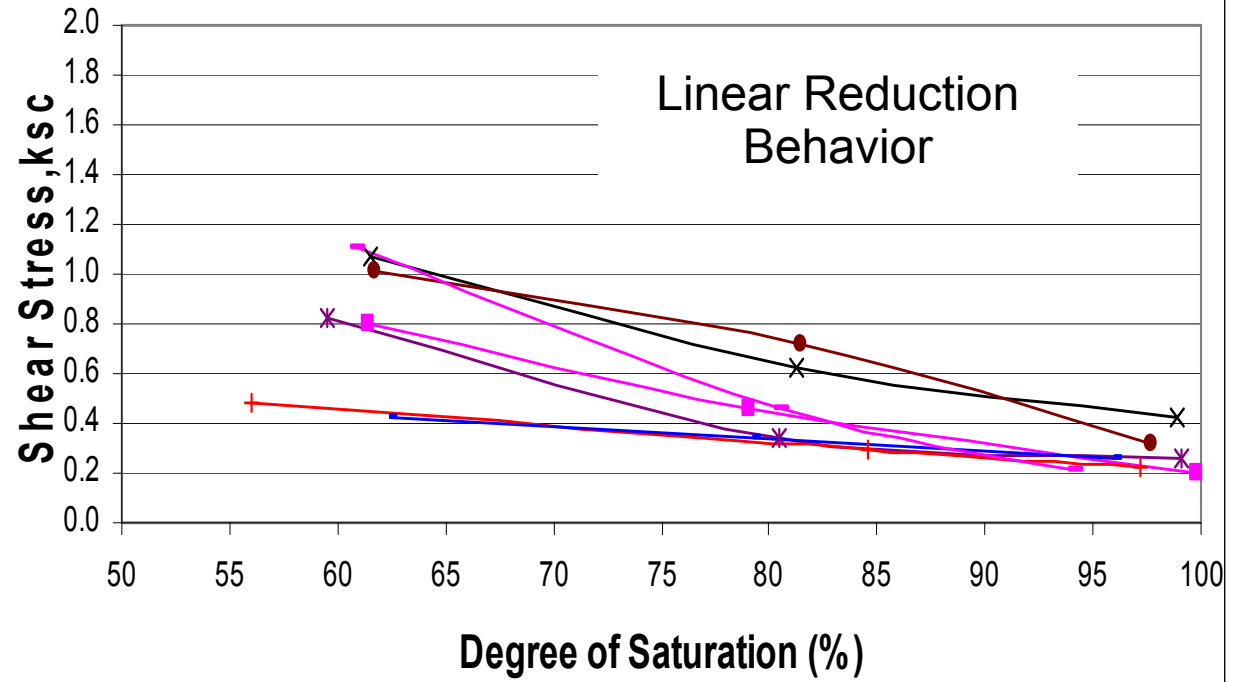
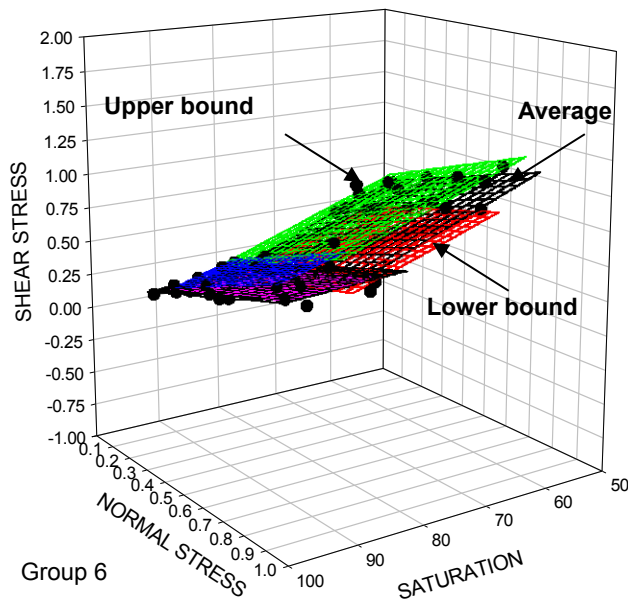
Dynamic landslide hazard map

- ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ไม่ใช่เป็นตำแหน่งหรือจุด
- เช่น ข้อมูลฝนเป็นพื้นที่และข้อมูลคุณสมบัติดินเป็นพื้นที่
- ไม่รวมข้อมูลโครงสร้างทางธรณีวิทยาทั้งหมดเข้าไปในการวิเคราะห์เพราะไม่สามารถทำข้อมูลเป็นเชิงพื้นที่ได้ ดังนั้นจึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่ามาใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นในการตัดสินใจ

Engineering properties of residual soil from each geologic rock group

Suttisak and Worawat (2009)



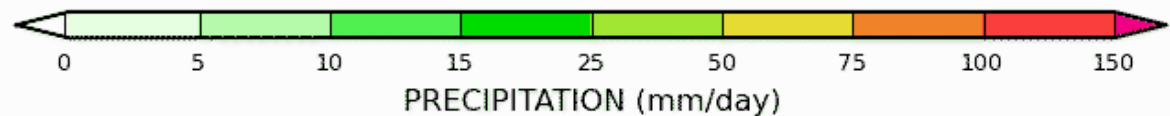
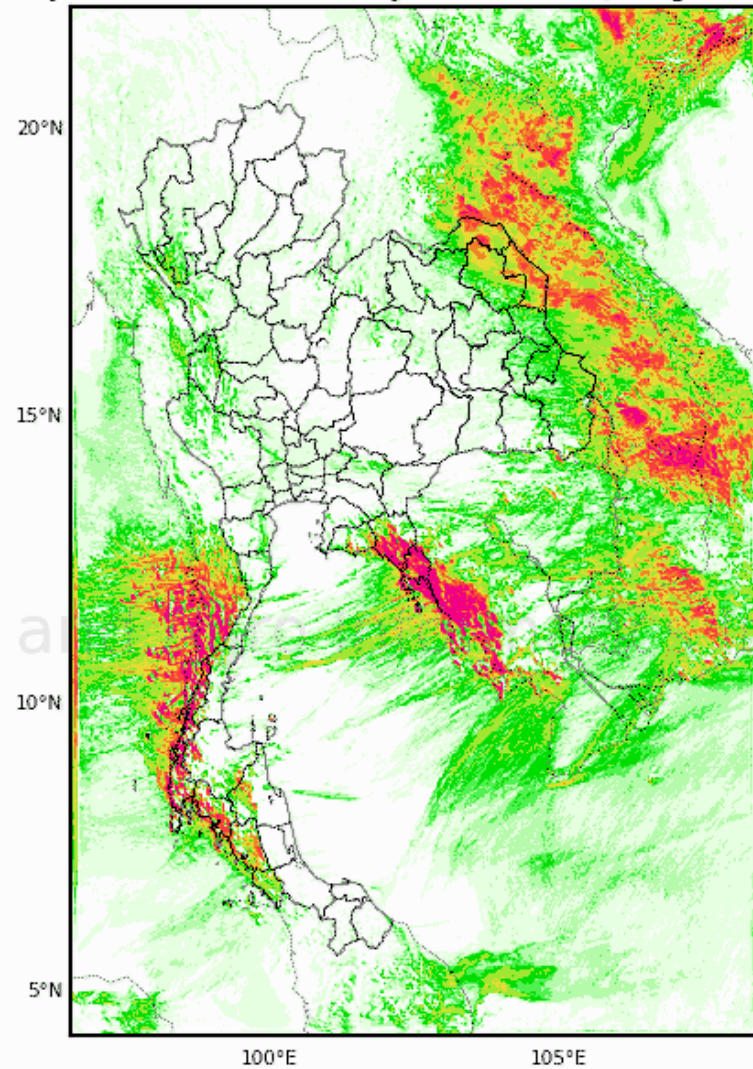


Suttisak and Worawat (2009)

Rainfall Prediction

Hydro and Agro
Informatics Institute

24-Hour Precipitation, Thailand Model (3km x 3km)
25-May-2012 07:00 to 26-May-2012 07:00 (Bangkok Time)



Created by HAI

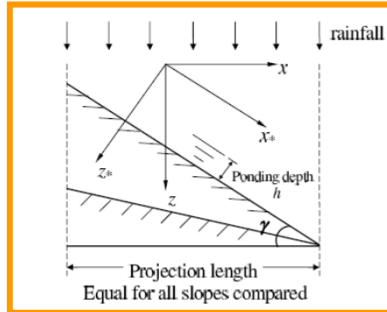
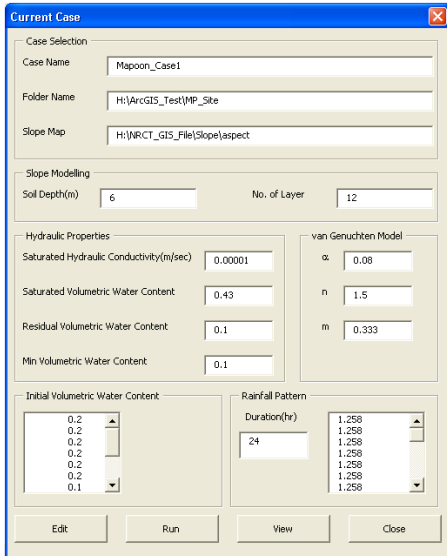
initial date 23-May-2012 07:00 (Bangkok Time)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

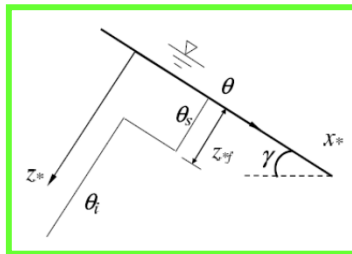
Infiltration Model Green and Ampt Model



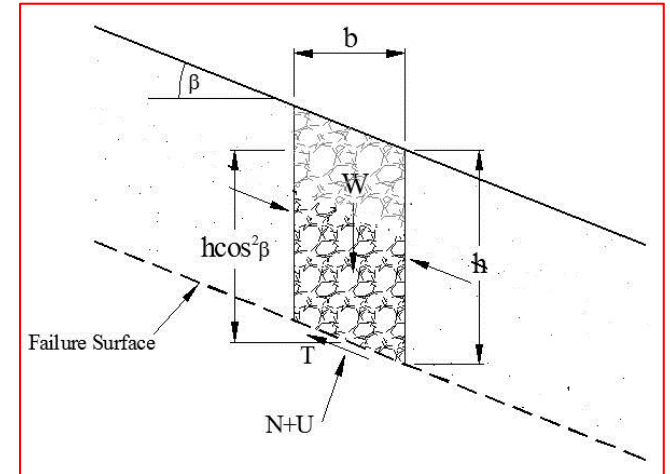
Infinite Slope



$$\Delta\theta \frac{dZ_{*f}}{dt} = K_e \frac{Z_{*f} \cos \gamma + S_f + H}{Z_{*f}}$$

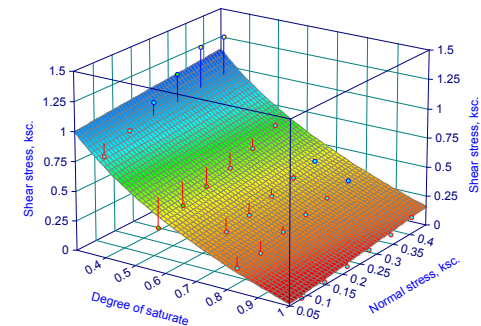
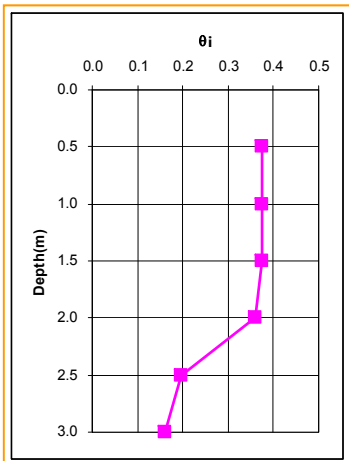


$$Z_{*f} = \frac{K_e \cos \gamma t}{\Delta\theta} + \frac{(S_f + H)}{\cos \gamma} \ln \left[\frac{Z_{*f} \cos \gamma + S_f + H}{S_f + H} \right]$$

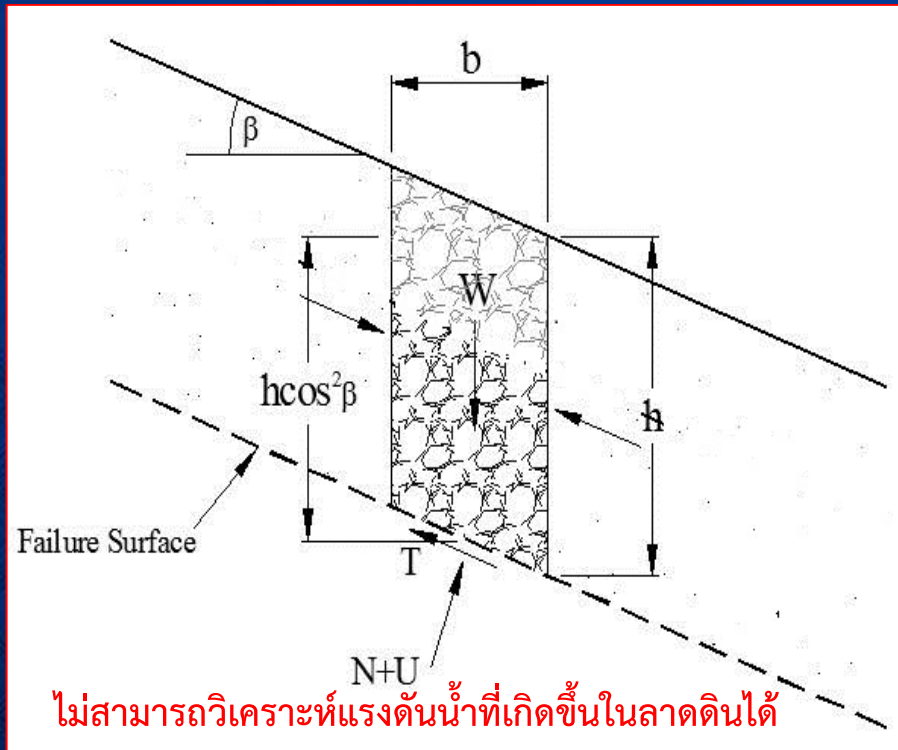


$$F.S. = \frac{m(\theta) + c_{initial}}{h \sin \beta \cos \beta (\gamma_m)} + \frac{\tan \phi'}{\tan \beta}$$

ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือน
ที่เปลี่ยนไปตามความชื้น



ข้อจำกัดและการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



$$F.S. = \frac{m(\theta) + c_{initial}}{h \sin \beta \cos \beta (\gamma_m)} + \frac{\tan \phi'}{\tan \beta}$$

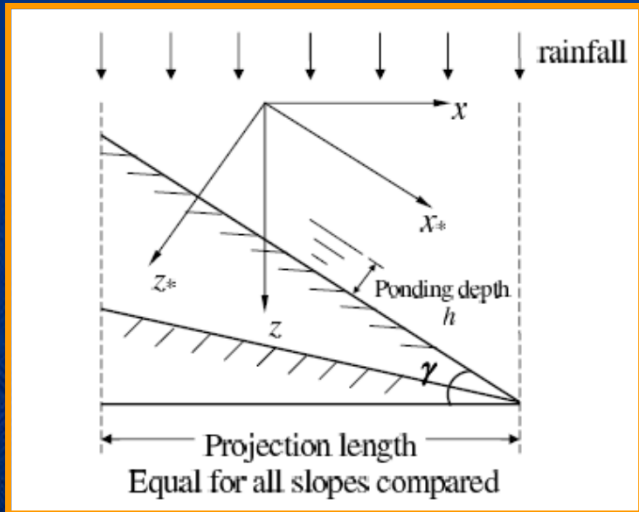
แบบจำลองเสถียรภาพของลาดดินที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมนั้น มีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ **ในสภาวะธรรมชาตินั้น เมื่อชั้นดินมีระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำใกล้เคียงกับ 90% จะเกิดระดับน้ำเสมือน (perched water table) ส่งผลให้เกิดแรงดันน้ำขึ้นในลาดดิน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลาดดินเกิดการพิบัติ ซึ่งในแบบจำลองปัจจุบันไม่สามารถวิเคราะห์ในสภาวะนี้ได้**

ดังนั้น จึงจำเป็นต้องปรับแก้แบบจำลองให้สามารถวิเคราะห์แรงดันน้ำที่เกิดขึ้นในลาดดินขณะเกิดฝนตกได้

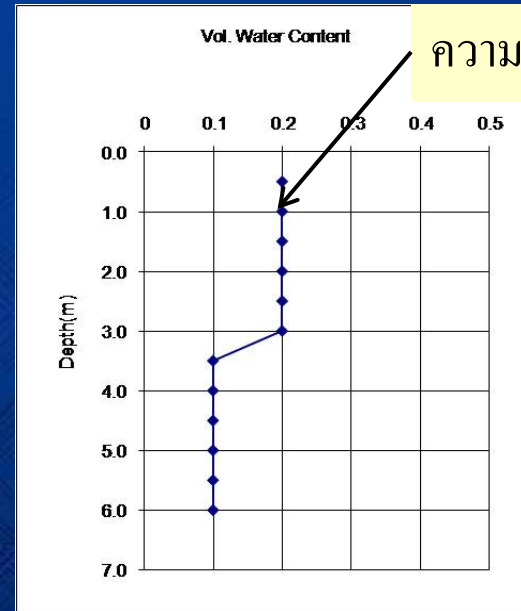
ปรับแก้สมการเสถียรภาพที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนไป โดยทำการแปลงความชื้นที่เกิดขึ้นในชั้นดินเป็นแรงดันน้ำที่เกิดขึ้นในลาดดิน

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Green and Ampt Model



$$\Delta\theta \frac{dZ_{*f}}{dt} = K_e \frac{Z_{*f} \cos \gamma + S_f + H}{Z_{*f}}$$



ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป

คำนวณหา Pore water pressure จากสมการความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

Equations

$$\psi_f = \int_0^1 \psi dk_r \quad \text{Pore water pressure}$$

$$\psi_f = \int_0^{\psi_i} k_r d\psi \quad \text{ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความชื้น}$$

$$\psi_f = \frac{1}{2} \int_0^{\psi_i} \left(1 + \frac{\theta - \theta_i}{\theta_s - \theta_i} \right) k_{rv} d\psi$$

$$\psi_f = \psi_e + \int_{\psi_e}^{\psi_i} k_r d\psi$$

$$\psi_f = \left[\frac{n}{(n-1)} \right] \cdot \psi_e ; \text{ where } n = 2 + 3\lambda$$

Reference

Mein & Larson (1973)

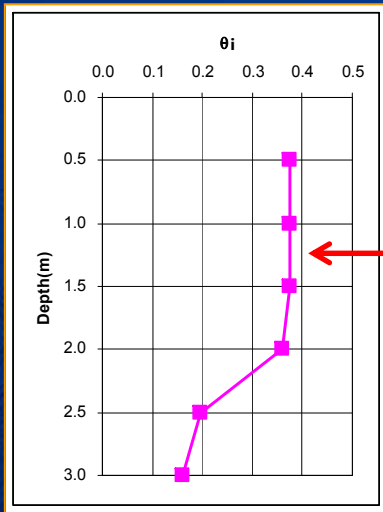
Morel-Seytoux & Khanji (1974)

Neuman (1976)

Brakensiek (1977)

Brakensiek (1977)

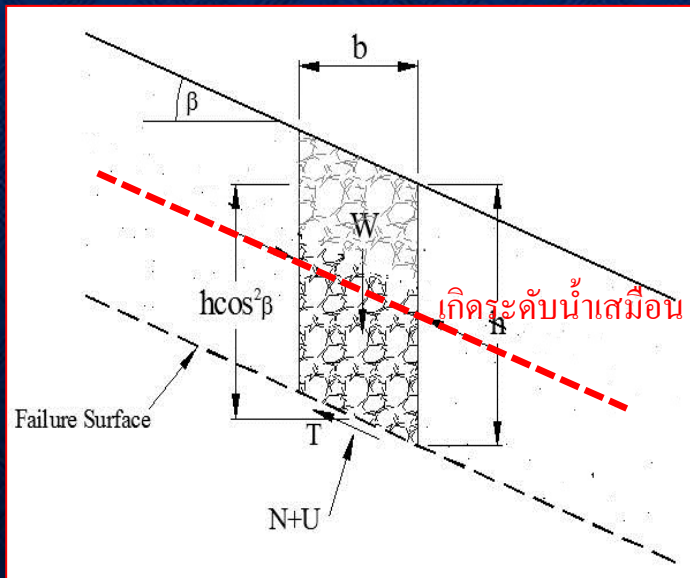
การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



Infiltration model
 $S_r > 90\%$

ปรับแก้สมการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินให้สามารถวิเคราะห์แรงดันน้ำที่เกิดขึ้นได้ โดยแบ่งสมการในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วง ประกอบไปด้วย

- 1) ระดับความอิ่มตัwn้อยกว่า 90 % ในช่วงนี้จะใช้สมการที่พัฒนาจากความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่ลดลงตามความชื้น
- 2) ระดับความอิ่มตัwnอกกว่าหรือใกล้เคียง 90 % ในช่วงนี้จะใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แรงดันน้ำที่เกิดขึ้นในลาดดินตามความชื้นที่เปลี่ยนไป



ระดับความอิ่มตัwnอกกว่าร้อยละ 90


$$FS = \frac{c' - \psi(\gamma_w) \tan \phi'}{h \sin \beta \cos \beta (\gamma_s)} + \frac{\tan \phi'}{\tan \beta}$$

Redirect to Secure Zone >> x localhost/uttaradit/complete x Store x https://login12.ku.ac.th/v2/ x

localhost/uttaradit/autogetdata.php

localhost/uttaradit/autogetdata.php

localhost/uttaradit/a - Google ค้นหา



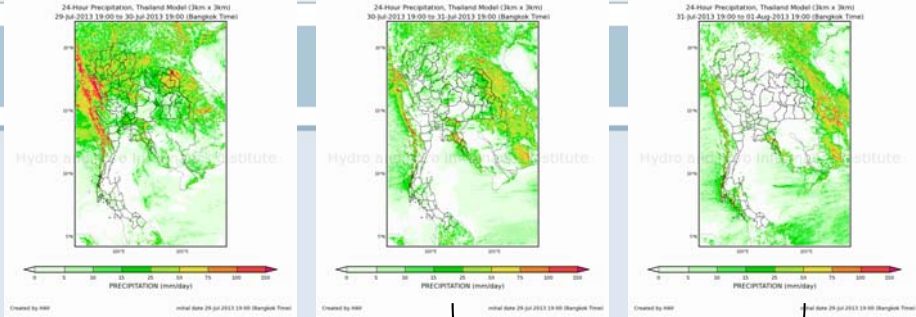
Landslide Susceptibility Model

Home Model Map

Model Progress | Import Data -> Saturation & Factor Safety -> Grouping & Merge -> Complete

Complete.....

0-24 Hr 25-48 Hr 48-72 Hr



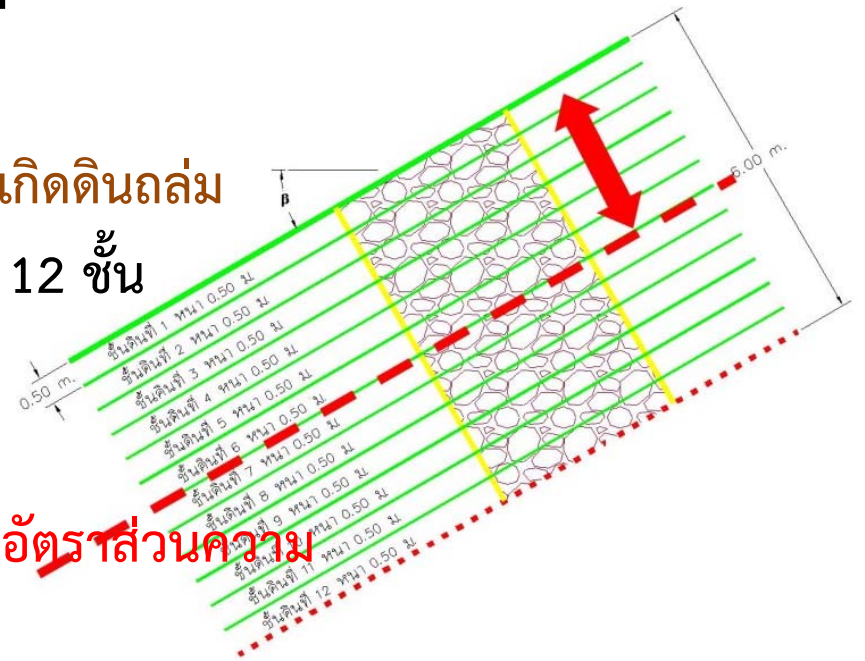
Hydro & Environmental Institute

PRECIPITATION (mm/day)

Present Day Forecast 48 Hr

เงื่อนไข ข้อกำหนดของการวิเคราะห์

- พิจารณาความลาดชันสูงกว่า 20 degree
- ธรณีวิทยาสำหรับ 8 กลุ่มชุดหินศักยภาพการเกิดดินถล่ม
- แบ่งความหนาชั้นดินทุก ๆ 0.50 m. ทั้งหมด 12 ชั้น
- ลักษณะชั้นดินสม่ำเสมอตลอดหน้าตัด
- Grid การวิเคราะห์ขนาด 30x30 ม.
- เกณฑ์การจัดระดับความอ่อนไหวดินถล่มจากอัตราส่วนความปลอดภัย (FS) ในชั้นดินที่มีความน้อยที่สุด



ระดับความอ่อนไหว	ช่วงอัตราส่วนความปลอดภัย
สูงมาก	$FS < 1.1$
สูง	$1.1 < FS < 1.3$
ปานกลาง	$1.3 < FS < 1.5$
ต่ำ	$1.5 < FS < 1.8$
ต่ำมาก	$FS > 1.8$





คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับจังหวัด จังหวัดอุดรดิตถ์

วันที่ 15 มิถุนายน 2556 เวลา 7.00 น.

วันที่ 15



คำอธิบายสัญลักษณ์

- ตำแหน่งอำเภอ
- ขอบเขตตำบล
- ถนน
- ทางน้ำ

พื้นที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม

- ระดับสูงมาก
- ระดับสูง
- ระดับปานกลาง
- ระดับต่ำ
- ระดับต่ำมาก



พัฒนาโดย

หน่วยวิจัยดินถล่ม

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนพื้นที่ที่ใช้ทำการวิเคราะห์ (ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)

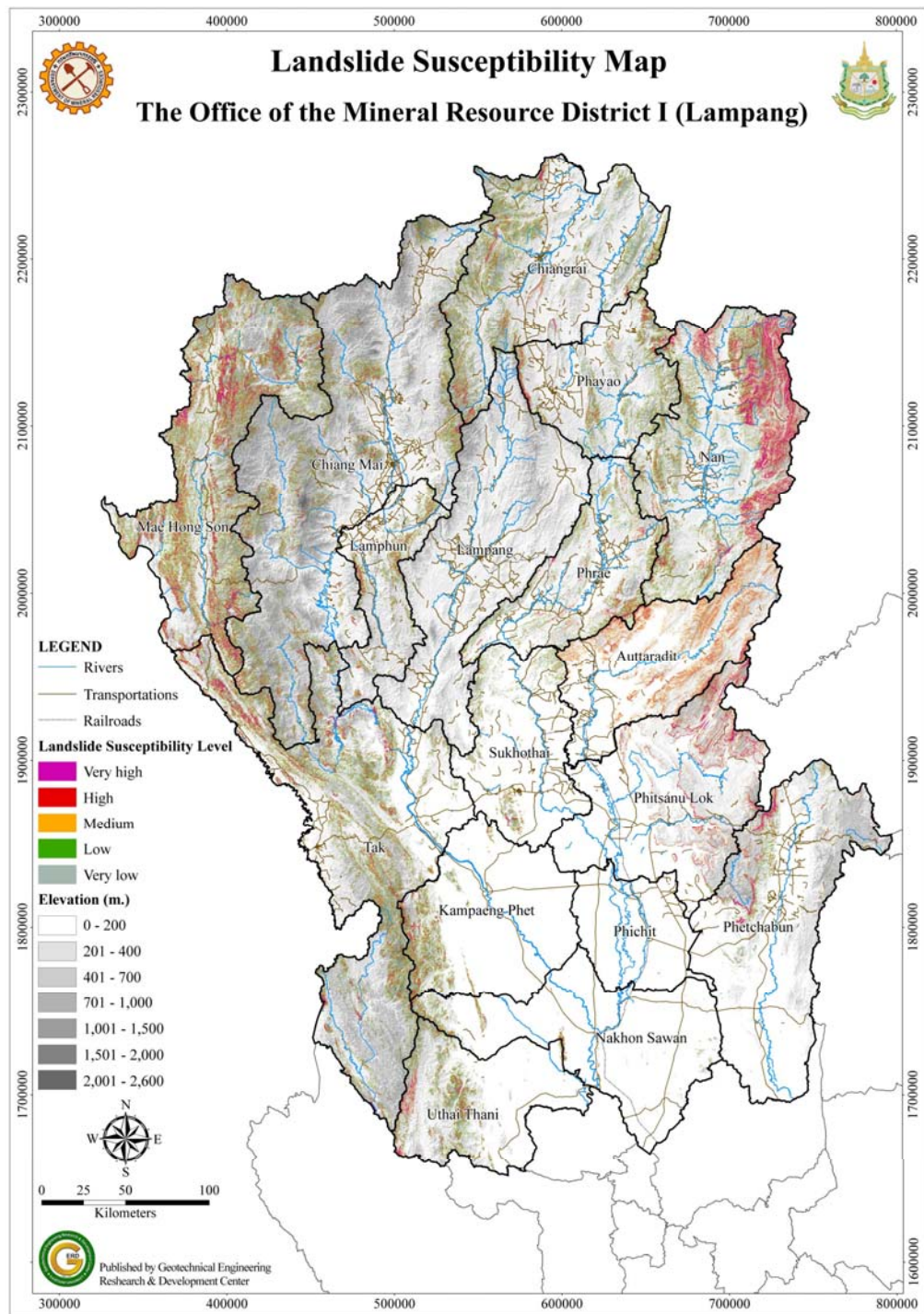
ลำดับ	จังหวัด	ขนาดพื้นที่	จำนวนกริด	จำนวนกริด	จำนวนกริด
		(ตร.กม.)	3x3 ตร.กม.	20x20 ตร.ม.	30x30 ตร.ม.
1	กำแพงเพชร	8,512	946	21,280,125	9,457,778
2	เชียงใหม่	11,578	1,286	28,944,000	12,864,444
3	เชียงใหม่	22,041	2,449	55,102,500	24,490,000
4	ตาก	17,304	1,923	43,259,250	19,226,667
5	นครสวรรค์	9,526	1,058	23,814,200	10,584,444
6	น่าน	12,163	1,351	30,407,500	13,514,444
7	พะเยา	6,188	688	15,469,400	6,875,556
8	พิจิตร	4,319	480	10,797,525	4,798,889
9	พิษณุโลก	10,596	1,177	26,489,000	11,773,333
10	เพชรบูรณ์	12,340	1,371	30,849,250	13,711,111
11	แพร่	6,483	720	16,207,675	7,203,333
12	แม่ฮ่องสอน	12,781	1,420	31,951,250	14,201,111
13	ลำปาง	12,488	1,388	31,220,500	13,875,556
14	ลำพูน	4,478	498	11,196,000	4,975,556
15	สุโขทัย	6,664	740	16,661,100	7,404,444
16	อุดรดิตถ์	7,872	875	19,680,825	8,746,667
17	อุทัยธานี	6,649	739	16,622,375	7,387,778
	รวม		19,109	429,952,475	191,091,111

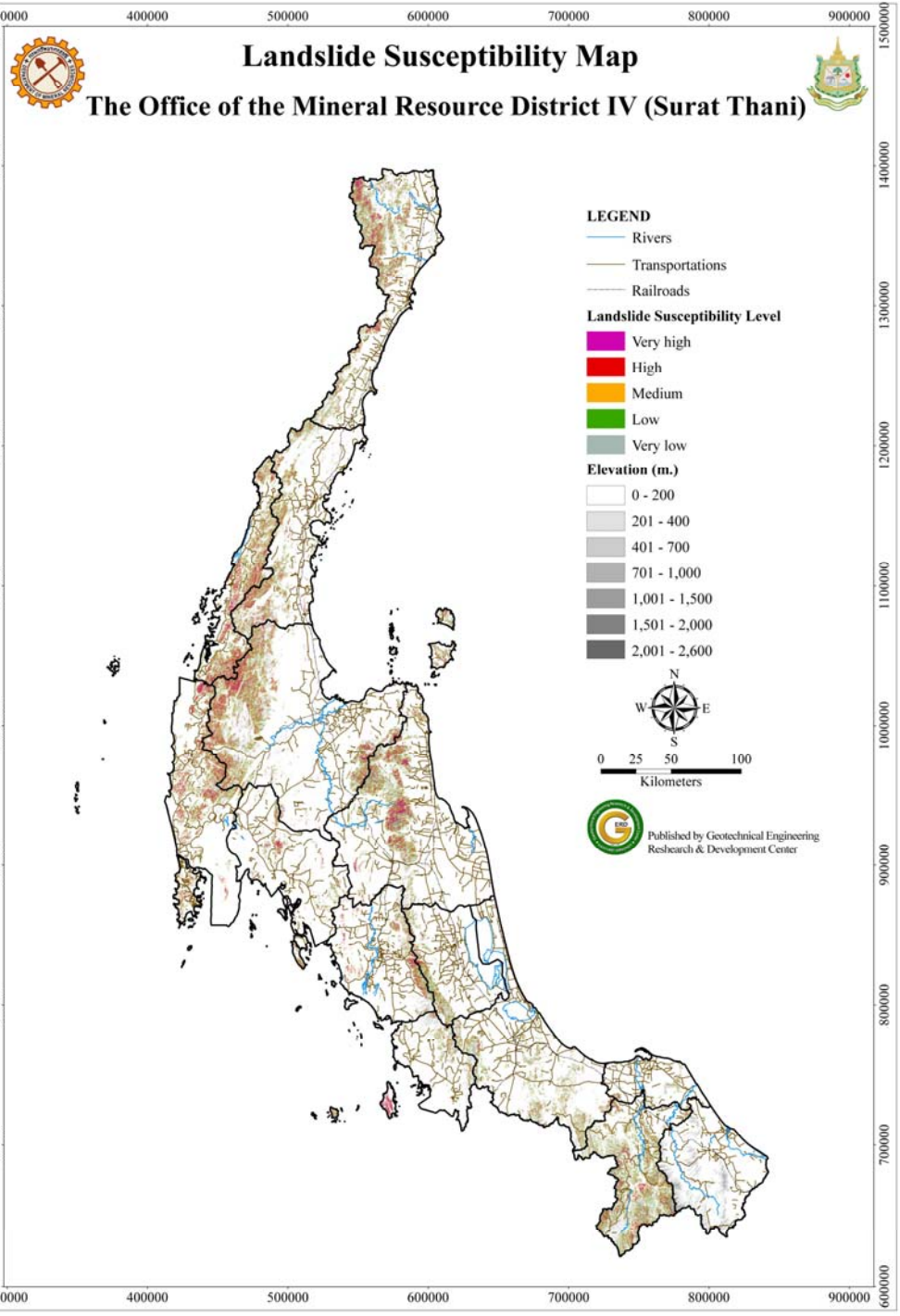
ลำดับ	จังหวัด	ขนาดพื้นที่	จำนวนกริด	จำนวนกริด	จำนวนกริด
		(ตร.กม.)	3x3 ตร.กม.	20x20 ตร.ม.	30x30 ตร.ม.
1	กระบี่	5,323	591	13,307,975	5,914,444
2	ชุมพร	5,996	666	14,990,425	6,662,222
3	ตรัง	4,730	526	11,825,125	5,255,556
4	นครศรีธรรมราช	9,881	1,098	24,701,775	10,978,889
5	นราธิวาส	4,491	499	11,227,875	4,990,000
6	ประจวบคีรีขันธ์	6,413	713	16,032,975	7,125,556
7	ปัตตานี	1,977	220	4,941,875	2,196,667
8	พังงา	5,494	610	13,733,875	6,104,444
9	พัทลุง	3,860	429	9,651,225	4,288,889
10	ภูเก็ต	549	61	1,371,353	610,000
11	ยะลา	4,475	497	11,187,400	4,972,222
12	ระนอง	3,225	358	8,062,500	3,583,333
13	สงขลา	7,741	860	19,353,200	8,601,111
14	สตูล	3,020	336	7,550,450	3,355,556
15	สุราษฎร์ธานี	13,080	1,453	32,698,750	14,533,333
	รวม		8,917	200,636,778	89,172,222

ลำดับ	จังหวัด	ขนาดพื้นที่	จำนวนกริด	จำนวนกริด
		(ตร.กม.)	3x3 ตร.กม.	30x30 ตร.ม.
1	กรุงเทพมหานคร	1,568.00	174.22	1,742,222
2	สมุทรปราการ	967.12	107.46	1,074,580
3	นนทบุรี	636.4	70.71	707,116
4	ปทุมธานี	1,521.21	169.02	1,690,233
5	พระนครศรีอยุธยา	2,547.36	283.04	2,830,400
6	อ่างทอง	950.5	105.61	1,056,114
7	ลพบุรี	6,502.76	722.53	7,225,289
8	สิงห์บุรี	817.23	90.8	908,029
9	ชัยนาท	2,507.21	278.58	2,785,789
10	สระบุรี	3,488.20	387.58	3,875,778
11	สุพรรณบุรี	5,406.71	600.75	6,007,456
12	นครปฐม	2,142.34	238.04	2,380,378
13	สมุทรสาคร	866.45	96.27	962,727
14	สมุทรสงคราม	413.39	45.93	459,327
15	ราชบุรี	5,190.08	576.68	5,766,756
16	กาญจนบุรี	19,388.00	2,154.22	21,542,222
17	เพชรบุรี	6,171.90	685.77	6,857,667
18	ชลบุรี	4,507.81	500.87	5,008,674
19	ระยอง	3,665.31	407.26	4,072,566
20	จันทบุรี	6,414.85	712.76	7,127,606
21	ตราด	2,865.80	318.42	3,184,217
22	ฉะเชิงเทรา	5,169.82	574.42	5,744,244
23	ปราจีนบุรี	5,025.34	558.37	5,583,711
24	นครนายก	2,140.96	237.88	2,378,844
25	สระแก้ว	6,831.34	759.04	7,590,378
	รวม	97,706.09	10,856.23	108,562,321.67

Grid_30x30 m.			
ภาคเหนือ	ภาคใต้	ภาคกลาง	รวม
191,091,111.00	89,172,222.00	108,562,321.67	388,825,654.67

แบบจำลองภาพรวมทั้งประเทศ








Landslide Susceptibility Map

The Office of the Mineral Resource District III (Pathum Thani)










LEGEND

-  Rivers
-  Transportations
-  Railroads

Landslide Susceptibility Level

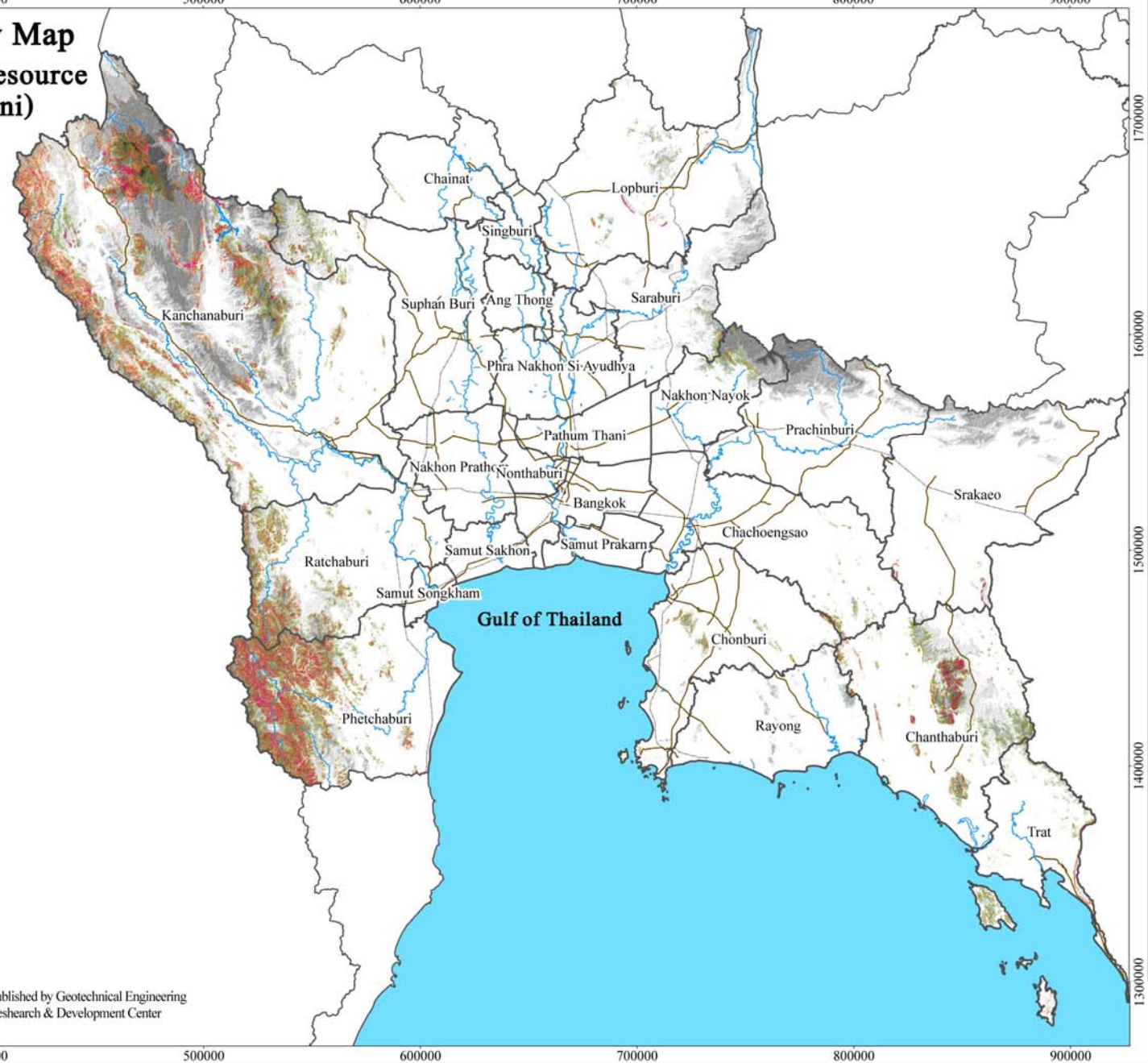
-  Very high
-  High
-  Medium
-  Low
-  Very low

Elevation (m.)

-  0 - 200
-  201 - 400
-  401 - 700
-  701 - 1,000
-  1,001 - 1,500
-  1,501 - 2,000
-  2,001 - 2,600



Published by Geotechnical Engineering
Research & Development Center



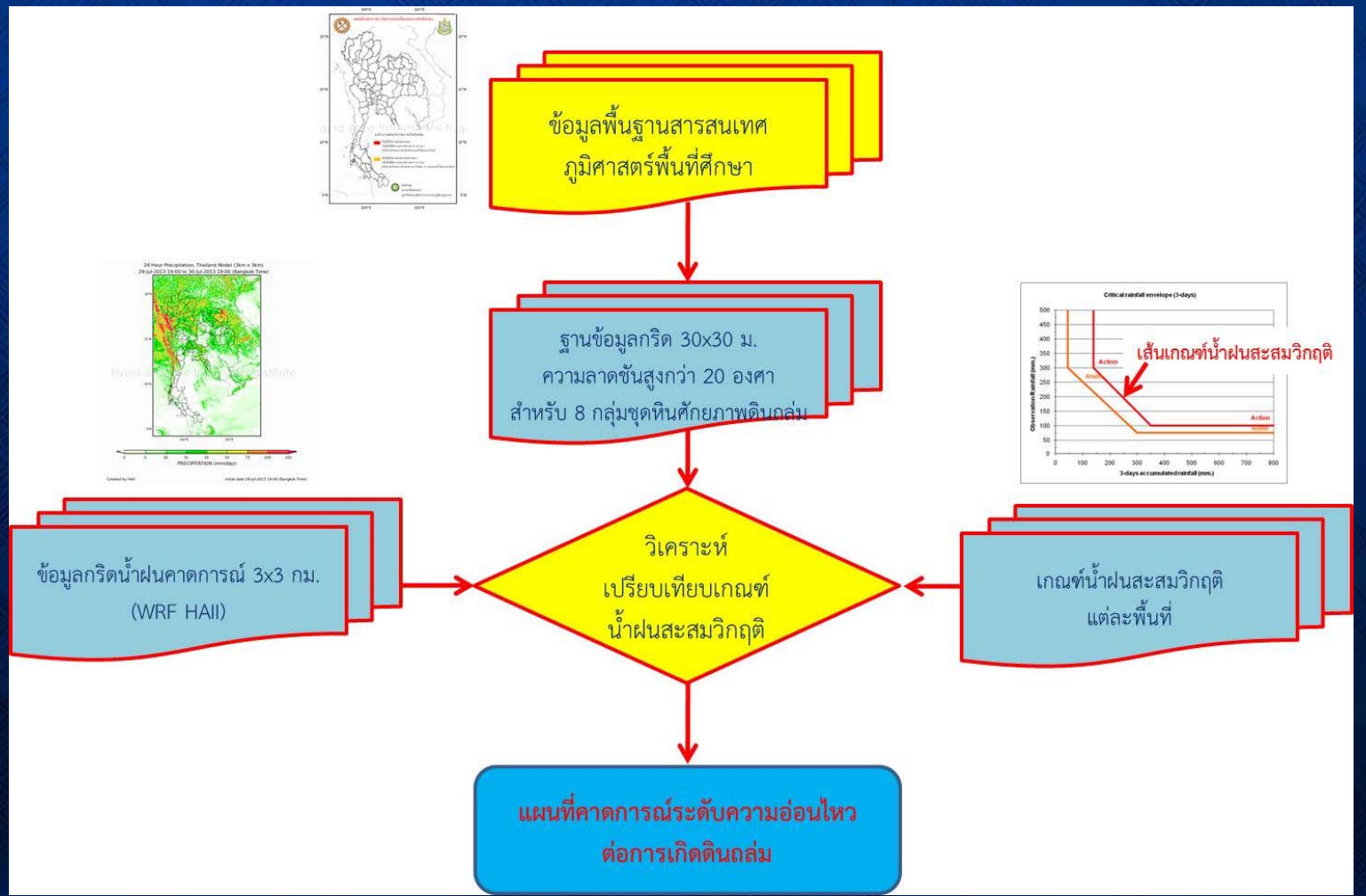
ข้อมูลพื้นฐานในการสร้างแผนที่

ประกอบไปด้วย

เกณฑ์เตือนภัยดินถล่ม จากค่าน้ำฝนสะสมด้วยวิธีทางสถิติ

ฐานข้อมูลกริด 30X30 เมตร ที่มีความลาดชันสูงกว่า 20 องศาของจุดหินที่มีศักยภาพการเกิดดินถล่ม

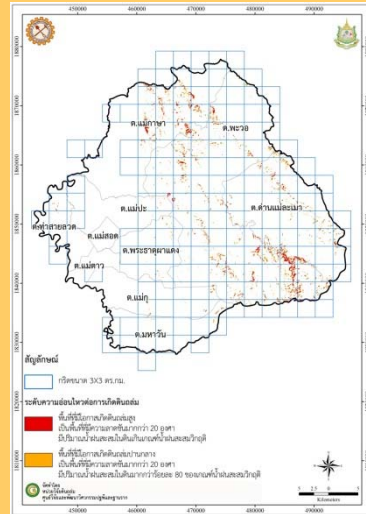
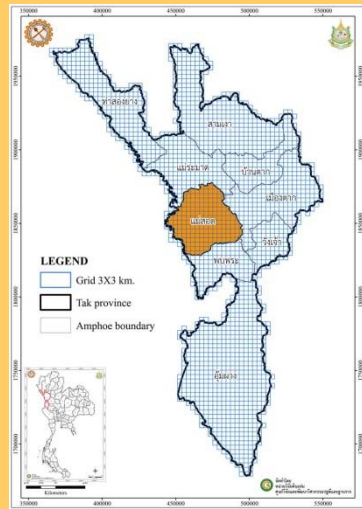
กริดน้ำฝนคาดการณ์ล่วงหน้า 3 วัน ขนาด 3x3 km. จากข้อมูล WRF HAI เพื่อนำไปใช้ในการเตือนภัยล่วงหน้า



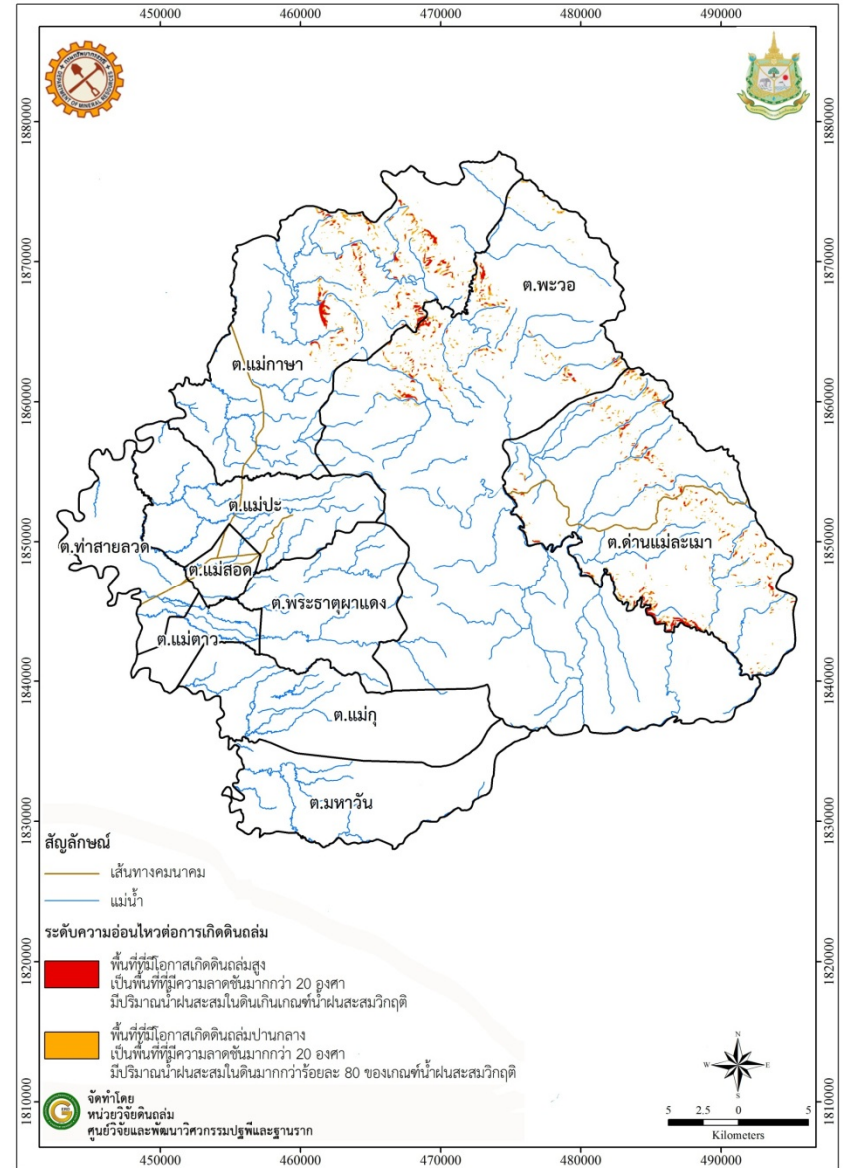
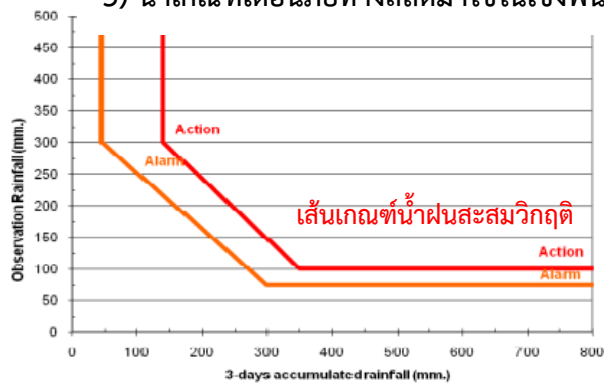
ตัวอย่างการสร้างแผนที่พื้นที่เตือนภัยดินถล่มจากเกณฑ์น้ำฝน

1) กำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

2) กำหนดกริดขนาด 30x30 m. ที่มีความลาดชันสูงกว่า 20 องศา

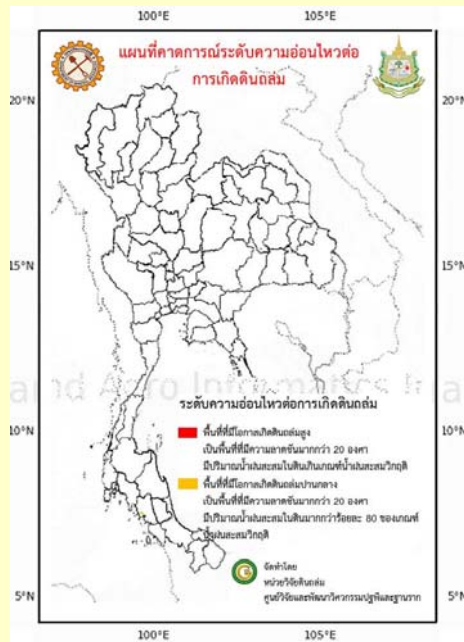


3) นำเกณฑ์เตือนภัยทางสถิติมาใช้ในเชิงพื้นที่

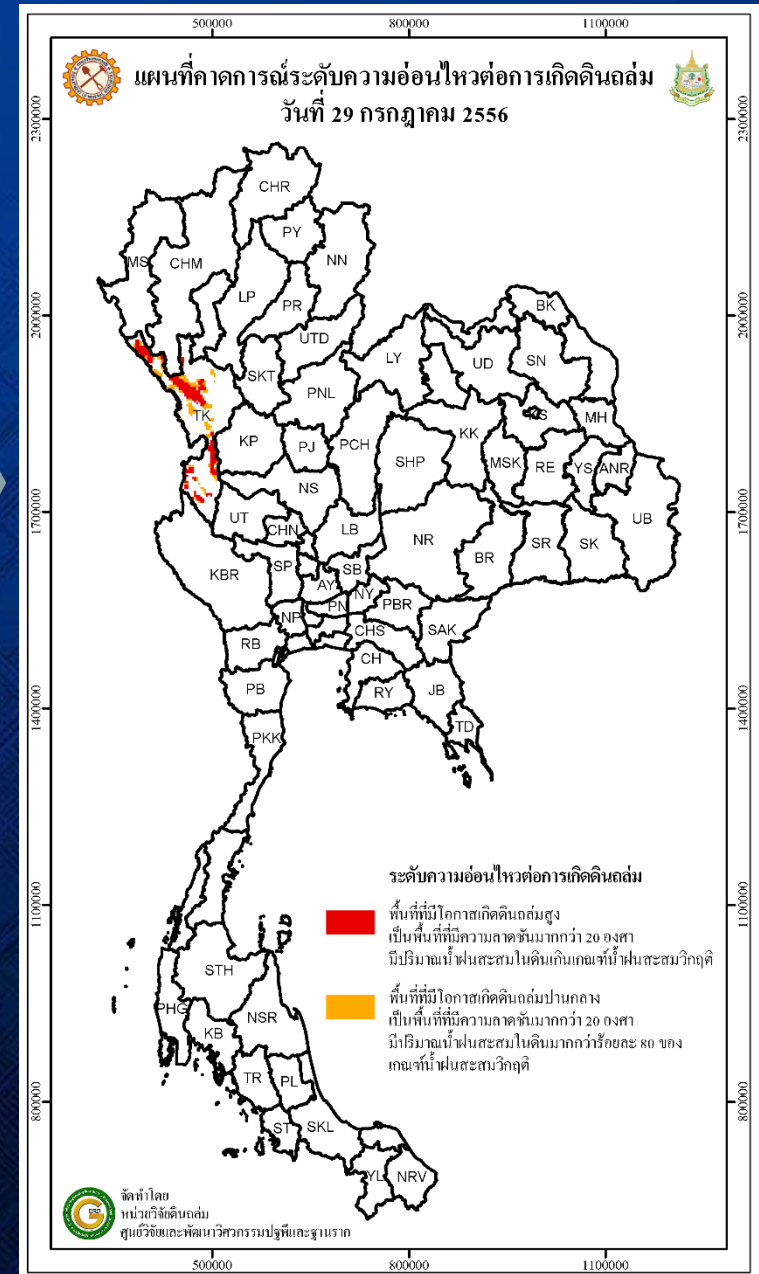
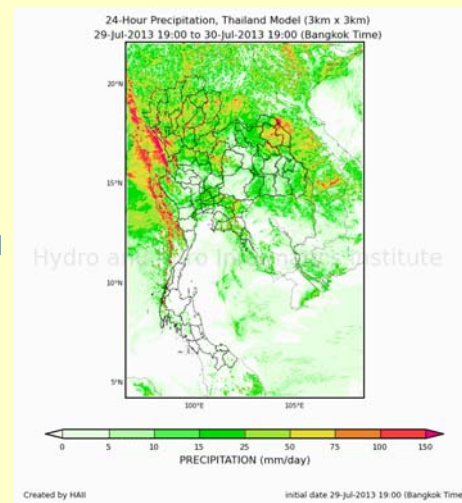


แนวคิดในการสร้างแผนที่พื้นที่เตือนภัยดินถล่มจากข้อมูลน้ำฝนคาดการณ์

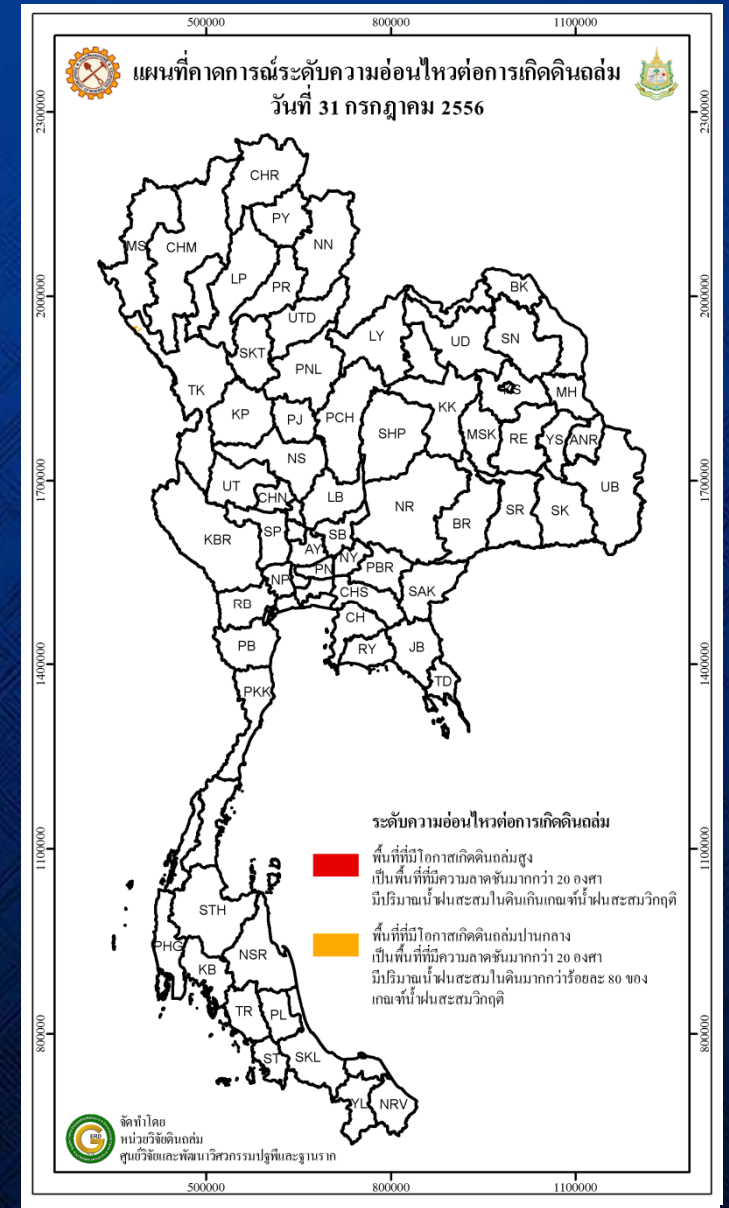
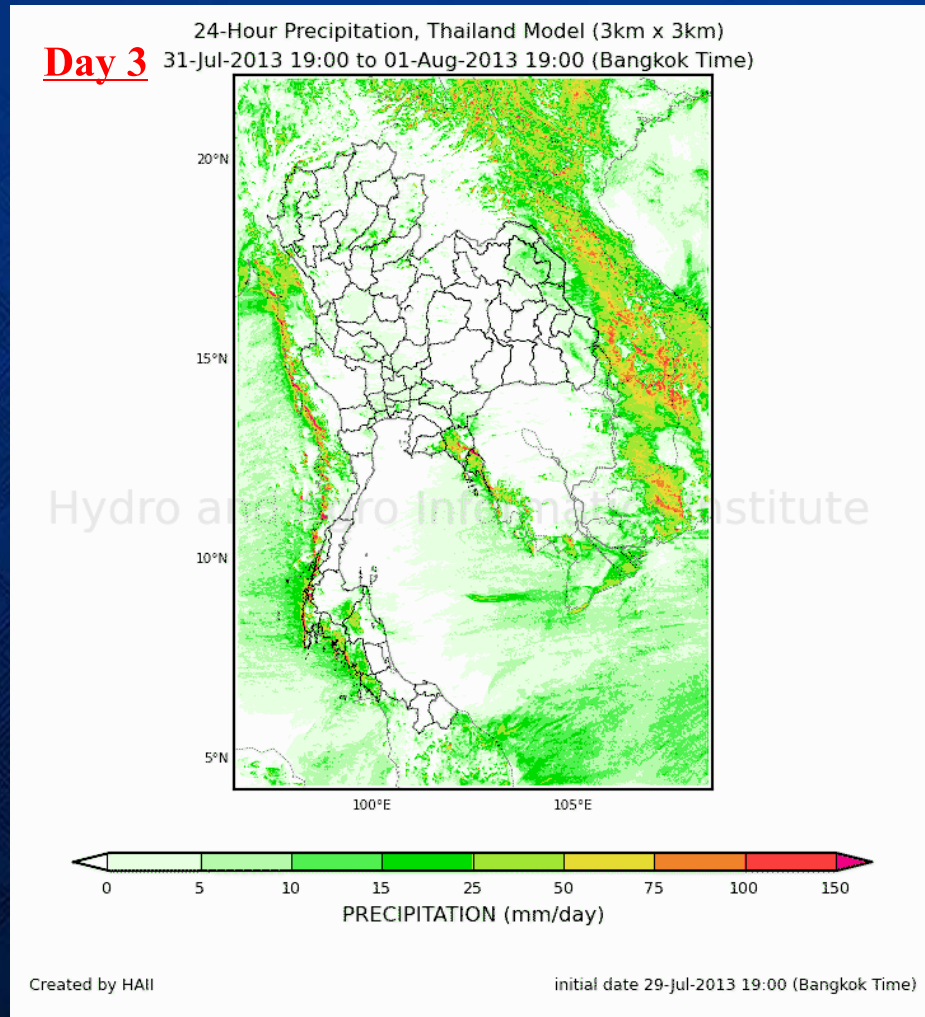
แผนที่พื้นที่เตือนภัยดินถล่มที่
ได้ทำการกำหนดเกณฑ์เตือนภัย



ข้อมูลน้ำฝนที่ได้จากการ
คาดการณ์ล่วงหน้า



ตัวอย่างผลการสร้างแผนที่พื้นที่เตือนภัยดินถล่มจากข้อมูลน้ำฝนคาดการณ์



จบการบรรยาย



www.gerd.eng.ku.ac.th



ผศ.ดร. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์