ภาคผนวก E

ข้อมูลเกี่ยวกับสมุทรศาสตร์

ภาคผนวก E1 รายละเอียดของ Mini current meter

ภาคผนวก E2 การสำรวจความลึกของน้ำ และการวิเคราะห์ความลาดชันบริเวณชายฝั่ง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในอดีต

ภาคผนวก E3 ข้อมูลพายุในอ่าวไทย

ภาคผนวก E4 รูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำชายฝั่ง

ภาคผนวก E5 ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำขึ้น-น้ำลง (Tide)

ภาคผนวก E6 อัตราส่วนร้อยละการผ่านตะแกรงเบอร์ต่างๆ ของตะกอนชายฝั่งบริเวณพื้นที่ศึกษา

ภาคผนวก E7 กราฟแสดงการกระจายขนาดของตะกอนชายฝั่งบริเวณพื้นที่ศึกษา

ภาคผนวก E8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมชายฝั่ง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

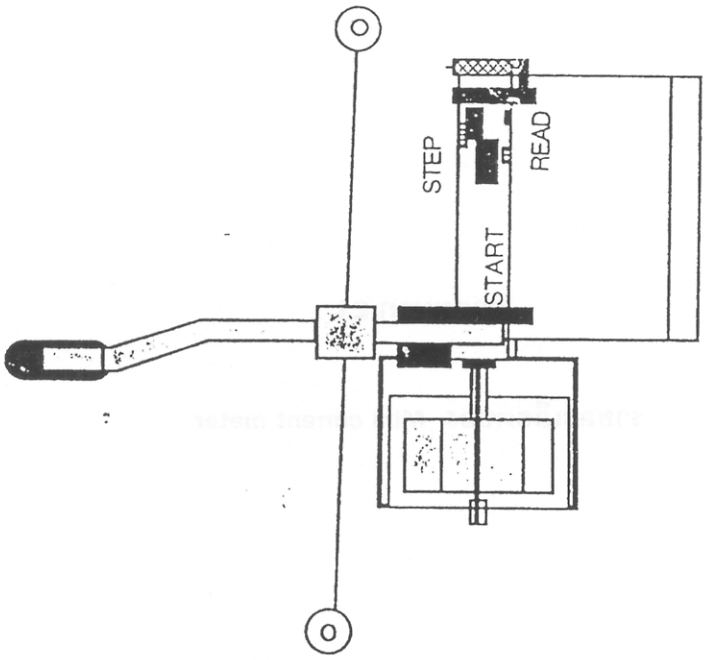
ภาคผนวก E9 การวิเคราะห์การพัดพาของตะกอนในทะเล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

ภาคผนวก E1

รายละเอียดของ Mini current meter

MINI CURRENT METER MODEL SD-4 (4A)

User`s instructions



Sensordata a.s
P.O. Box 88
N 5095 Bergen Ulset
Norway
Fax + 47-55-181857
Email sxx005@aft.sn.no

MINI CURRENT METER
Model SD-4

Model SD-4 MINI Current meter is designed for short term sampling of the current speed and direction in one depth and for making fast vertical current profiles.
The instrument consists of a compact mechanical unit (pressure tube,vane, rotor and gimballed balance) and an electronic unit which is plugged into the pressure tube. The electronic unit sticks to the pressure tube by two O- rings in the instrument top cap.
During measurements the instrument must hang in the gimballed balance in the water depth where you want to measure the current. You can moor the instrument in a fixed vertical position. Alternatively you can hold the instrument in one depth for one recording period and then use the interval time between two measuring periods to bring it down to a new depth thus obtaining a vertical current profile with up to 16 points.

PRINCIPLE OF OPERATION

The current meter is started by briefly holding a magnet outside a marked command point START. After START the instrument stays insensitive for current speed and direction for a period Ps
Then it measures the current speed speed by counting the rotor revolutions during 1,2,3.....up to 16 during fixed recording periods T which are all equal to 50s. During each 50 s recording period the compass is sampled 4 times.
After each recording period the instrument will load the measured data into the instrument memory and enter passive mode for Nx50 s. N is a fixed number between 01 and 99 which the user can program prior to measurements by setting two program switches on the electronic unit.
If the user programs N= 01, the instrument will measure the current speed and direction during 50s, load the data in the memory position 1 and become passive for the following 50x1 = 50 s. Then it will measure current speed and direction for new 50 s, load the data into memory position 2 and pause for another 50x1 = 50 s. Then it measures for another 50 s etc..... until a total number of 16 data sets have been recorded. When 16 data sets have been recorded in the memory, the instrument will stop measuring and wait in a passive state until data are read out or until the instrument is started again.

IN SHORT:

If the user sets a number N on the program switch the SD-4A current meter measures for 50 s and waits for Nx 50 s before next measurement. This means that the time between start of each recording period is 50 + NX50s = 50(N+1) s.
NB 1: It is not allowed to set N=00!

NB 2 : In order to reduce waiting time during function contols, the insensitiveperiod Ps after START has been made 25 s less than the interval timeNx50 between each recording period. That is: If you have programmed N= 01, the first measuring period will begin 50 - 25 s = 25s after START. If you have programmed N= 71, the time from start of one measurement to start of next measurement within the series is 72x50s = 3600 s = 1 h. The very first recording period after START with a magnet will begin after (3600-25) s = 3575 s.

NB 3 : It is not necessary to wait until all 16 memory positions have been loaded with data before readout. The instrument may well be used for 1 or two data sets if that is all you need. If you are busy. just pull up the instrument and read out what you have got. If you cannot read the data after the measurementshave been made,.just leave the instrument and read out when you have the time. The data will stay unchanged in the memory and wait to be clocked out.

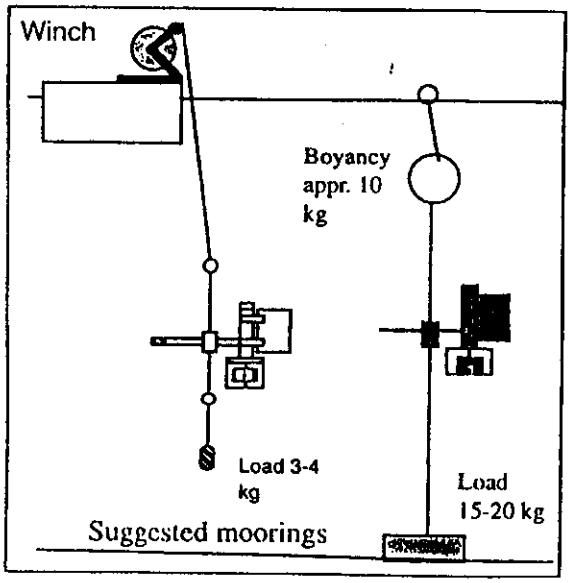
INSTRUCTIONS FOR USE

1 Pull out the electronic unit and insert (if necessary) 4 alkaline penlight (A4) batteries. Rotate the batteries in the holder to make a good electrical contact.

2 Using a small screwdriver, select a wanted time interval between each measurement by setting the two red ,square program switches to a number N between 01 and 99. (Remember N= 00 is forbidden!) The resulting time beween start of two successive measurements will be T= 50(N+1) seconds.

3 Insert the electronic unit into the mechanical unit again and fix the lock that prevents the the electronic unit from falling out. This will also automatically orient the electronic unit in correct position versus the vane.

4 Mount the mechanical unit in the gimballed balance(if not already done) and hold a magnet outside the START position on the instrument.Make sure that the START lamp shines,
Move the magnet outside STEP and see that the STEP lamp shines
Move the magnet outside READ and see that the current speed display shows 000 and that none of the 24 compass lamps along the electronic unit shines.



5 Place the instrument in water at wanted depth or depths.

6 Leave the instrument in masuring position for as long time as wanted

7 Take the instrument to the surface. Hold a magnet outside READ and note data from measurement no. 1
The measured current speed will be shown as a current between 000 and 999 cm/s. The direction will be indicated by one or several shining lamps along the electronic unit body. Each lamp represents a sector of 15 degrees, and a shining lamp indicates that the direction it represents has been measured by the compass at one or several of the four compass samplings that were made during the measurements.
Write down the results. The data will disappear from the display forever as soon as you proceed with point 8. Use f. inst the SD-4 form.

8 Hold the magnet outside STEP and then outside READ again. The display will now show the results from measurement no 2. Write down the results.

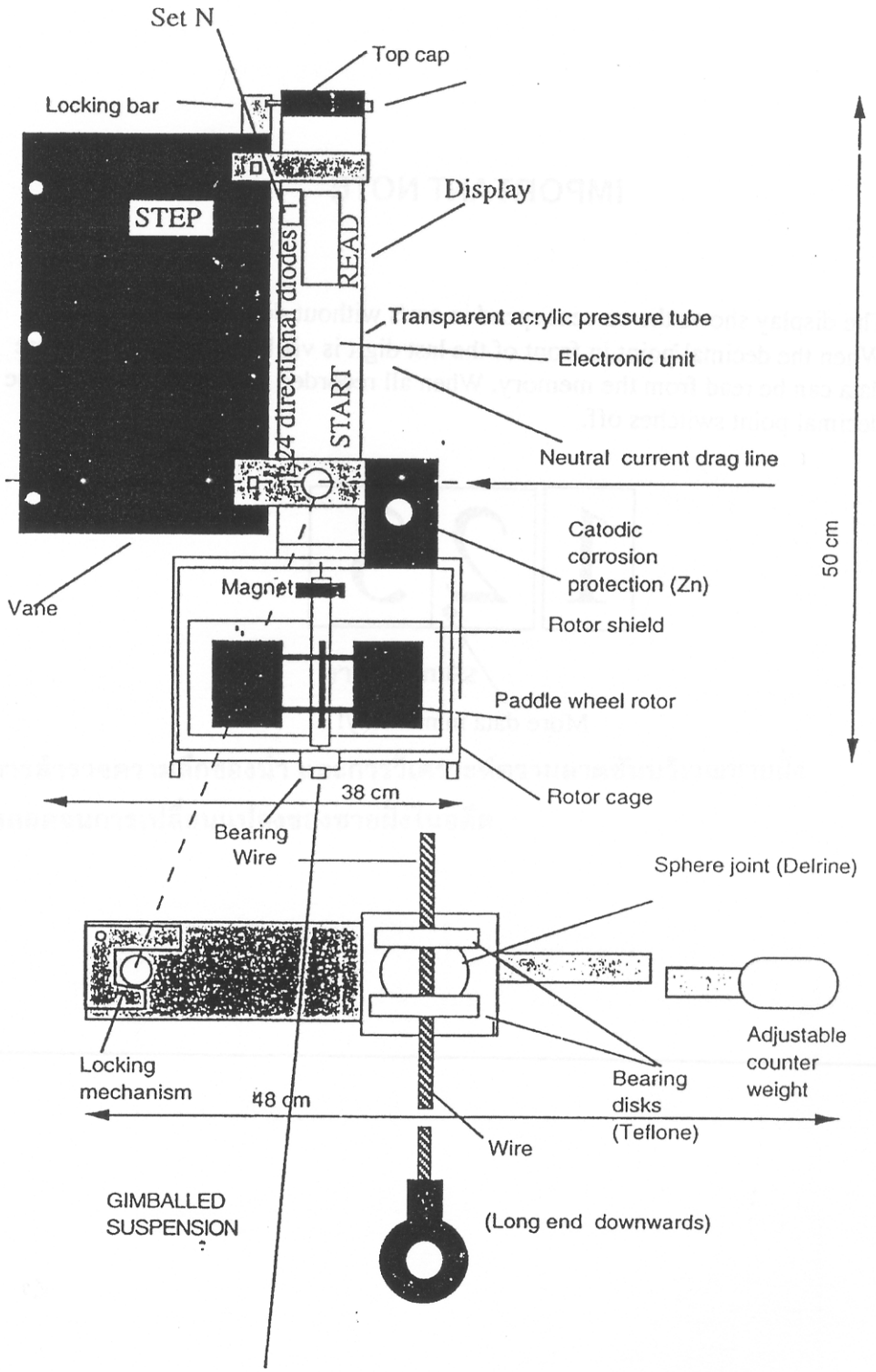
9 Continue to move the magnet between STEP and READ until all data have beed read out from the memory.

10 If you are finished with the measurements- flush the instrument with fresh water to prevent deposits of salt on the bearings. Pack the instrument in its case.

11 If you want new measurements with unchanged time interval, return to point 4.

12 If you want new measurements with new time interval, return to point 2

13 When the display starts to shine faintly- change batteries. Rotate the batteries in the holder to make good electric contact .

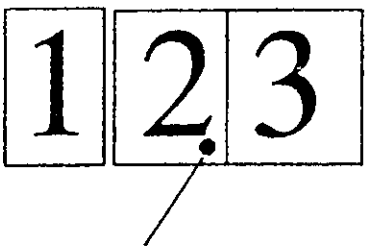


Adjust rotor bearing to make appr 0.2 mm vertical clearing

SD-4 design

IMPORTANT NOTE

The display shows the current speed in cm/s without decimals.
When the decimal point in front of the last digit is visible, it means that more data can be read from the memory. When all recorded data have been read,the decimal point switches off.



ภาคผนวก E2

การสำรวจความลึกของน้ำ และการวิเคราะห์ความลาดชันบริเวณชายฝั่ง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในอดีต

การสำรวจความลึกของน้ำ บริเวณชายฝั่ง

คณะผู้ศึกษา ได้ดำเนินการสำรวจและจัดทำแผนที่แสดงความลึกของน้ำบริเวณแนวท่อส่งก๊าซขึ้นฝั่ง และบริเวณใกล้เคียง เมื่อวันที่ 9-15 เมษายน 2544 โดยมีรายละเอียดดังนี้

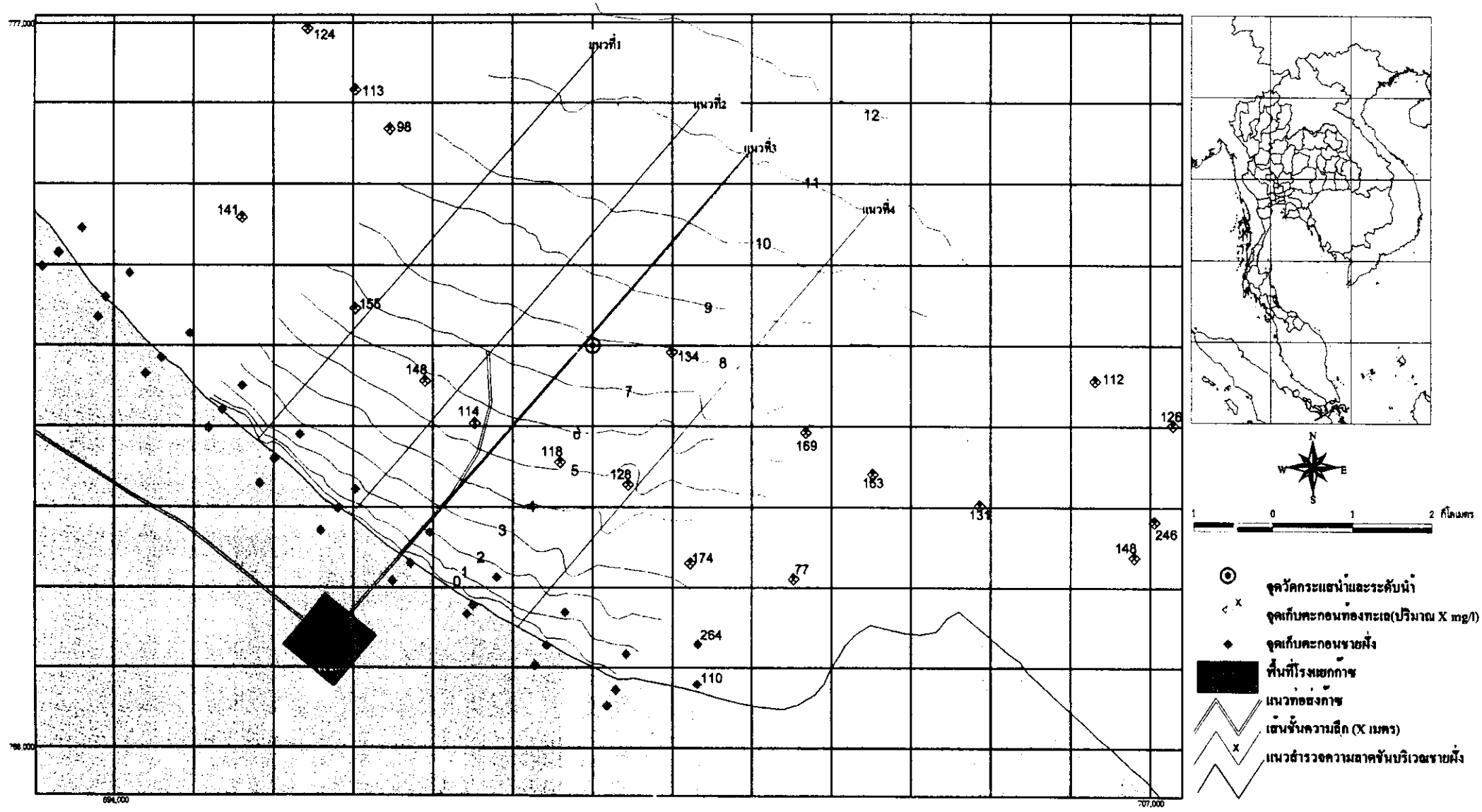
(1) ขอบเขตและมาตราส่วนที่ใช้ในการสำรวจ กว้างด้านละ 3 กิโลเมตร จากจุดที่แนวท่อส่งก๊าซขึ้นฝั่ง และออกจากขอบฝั่งไปตามแนวท่อส่งก๊าซ 8 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 48 ตารางกิโลเมตร รวมทั้งเก็บรายละเอียดขอบฝั่งเพื่อนำไปเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของขอบฝั่งกับแผนที่ในอดีตและที่จะสำรวจใหม่ ด้วยมาตราส่วน 1:25,000

(2) รูปแบบโครงร่างแผนที่ที่ใช้ในการสำรวจ สำรวจโดยอ้างอิงตำบลที่ระบบ UTM Grid (Universal Transverse Mercator Grid) โดยใช้รูปโลกสมมุติแบบ Everest Spheroid 1830, Indian Datum 1975

(3) เครื่องมือที่ใช้สำรวจ

- *ความลึกน้ำ* ใช้ เครื่องวัดความลึกน้ำด้วยเสียงสะท้อน Echotrac เก็บข้อมูลความลึกน้ำอย่างต่อเนื่องด้วยระบบ Digital
- *ตำบลที่วัดความลึก* ใช้เครื่องหาตำบลด้วยดาวเทียมแบบ Differential Global Positioning Satellite System (DGPS) โดยแปลงพิกัดจากลูกโลกสมมุติ World Geodetic System 1984 (WGS-84) เป็น Everest Spheroid 1830, Indian Datum 1975 ส่วนตำบลที่รายละเอียดของฝั่งใช้กล้อง Theodolite Total Station

ผลการสำรวจได้ถูกนำมาวิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบของเส้นชั้นความลึก ดังแสดงในรูป E2.1



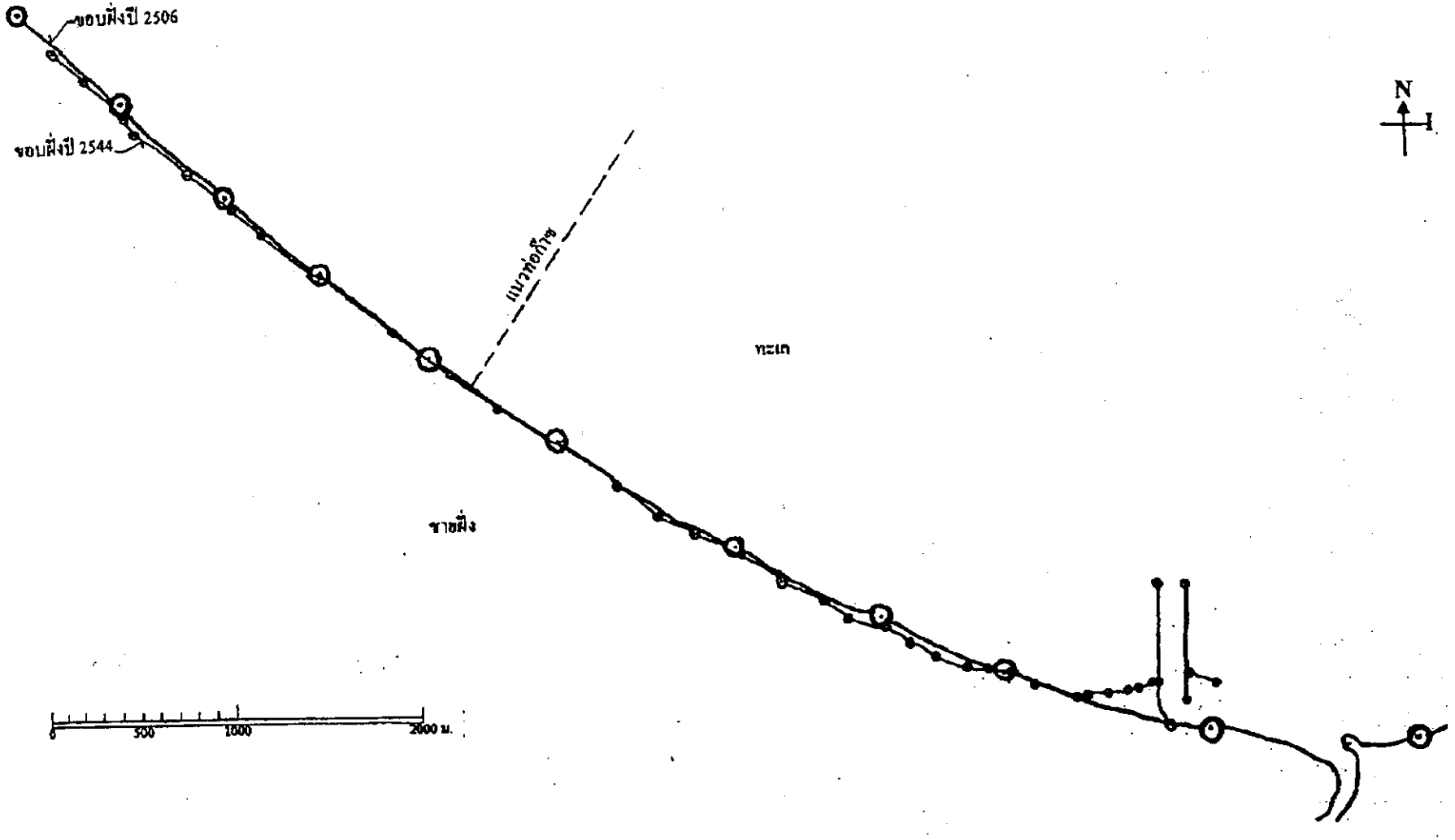
รูป E2.1 พื้นที่ชายฝั่งบริเวณจุดท่อส่งก๊าซขึ้นฝั่ง สำรวจโดยเครื่อง Echo Sounder

การวิเคราะห์ความลาดชันบริเวณชายฝั่ง และการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอดีต

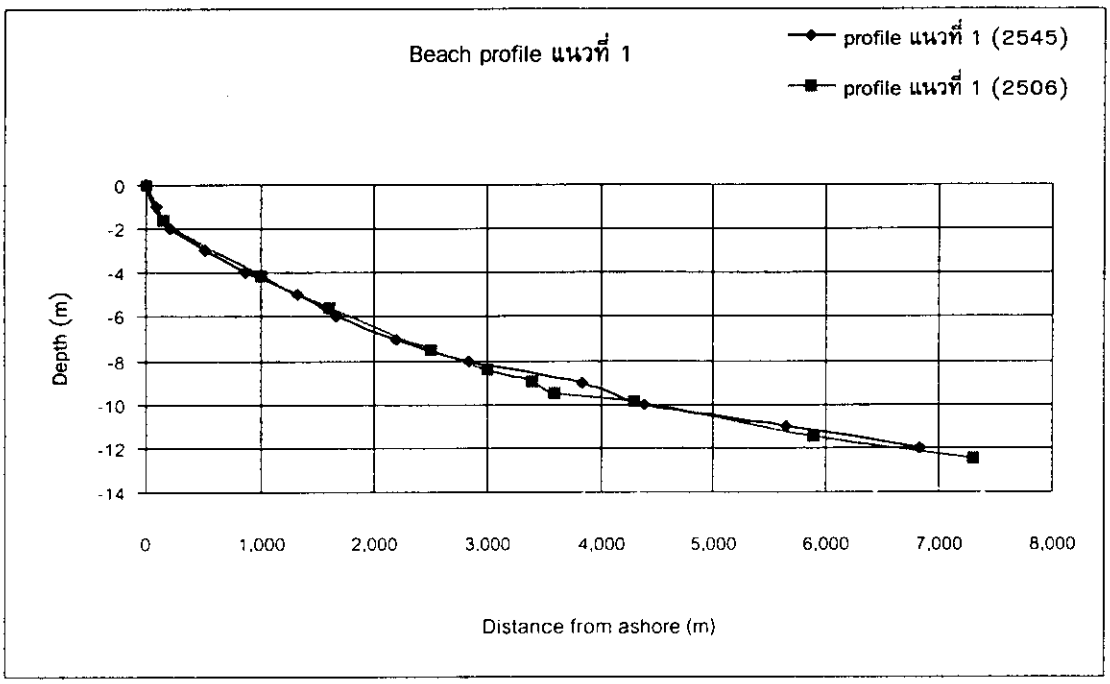
คณะผู้ศึกษาได้วิเคราะห์ความลาดชันบริเวณชายฝั่ง โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความลึกข้างต้นและเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต คณะผู้ศึกษาได้ขอความอนุเคราะห์แผนที่สำรวจความลึกน้ำเก่าจากกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ ซึ่งสำรวจไว้เมื่อปี พ.ศ. 2506 เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้สำรวจใหม่ ผลการเปรียบเทียบเป็นดังนี้

- ในช่วงเวลาประมาณ 38 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2506-2544) แม้จะมีการเกิดพายุในอ่าวไทยหลายครั้ง แต่ชายฝั่งบริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยคือ ถูกกัดเซาะลึกเข้าไปในแผ่นดินระหว่าง 0-20 เมตร ดังรูป E2.2 หรือประมาณ 0-50 เซนติเมตรต่อปี โดยบริเวณที่ถูกกัดเซาะมากอยู่ทางด้านปลายน้ำ (Down drift) ของเขื่อนปากคลองสะกอม
- จากการพล็อตและเปรียบเทียบค่าความลึกน้ำจำนวน 4 แนว (แนวในรูป E2.1) และรูป E2.3 จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 38 ปี ทะเลในบริเวณนี้มีความลึกเพิ่มขึ้นประมาณ 0-0.7 เมตร หรือเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 0-2 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบสภาพของขอบฝั่งและพื้นท้องทะเลบริเวณนี้ พบว่ามีความสมดุลย์ การกัดเซาะบริเวณชายฝั่งมีเพียงเล็กน้อย โดยบริเวณที่ถูกกัดเซาะมากอยู่ทางด้านปลายน้ำ (Down drift) ของเขื่อนปากคลองสะกอม ซึ่งเป็นลักษณะปกติของชายฝั่งทั่วไปที่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างยื่นออกจากชายฝั่งในรูปของกรอยน์ (groin) หรือ Jetty ซึ่งจะมีการสะสมของตะกอนทางด้านต้นน้ำ (Up drift) ส่วนด้านปลายน้ำ (Down drift) จะถูกกัดเซาะ อย่างไรก็ตาม ตรงจุดขึ้นบกของท่อส่งก๊าซ ซึ่งอยู่ห่างจากเขื่อนปากคลองสะกอม ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ประมาณ 4 กิโลเมตร ในรอบ 38 ปี ชายฝั่งถูกกัดเซาะเพียง 3-5 เมตร หรือเฉลี่ยปีละประมาณ 10 เซนติเมตร ในขณะที่ตรงจุดที่ท่อส่งก๊าซขึ้นจากพื้นดิน จะอยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินถึง 150 เมตร ส่วนจุดที่ท่อส่งก๊าซโผล่พ้นพื้นดินในทะเลอยู่ห่างฝั่งประมาณ 1,000 เมตร ณ ระดับน้ำลึกประมาณ 3.5 เมตร ซึ่งมีการตกตะกอนปีละประมาณ 20 เซนติเมตร การตกตะกอนดังกล่าว จะช่วยกลบทับท่อส่งก๊าซ ให้อยู่ลึกจากผิวดินมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น ท่อส่งก๊าซไม่น่าจะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งที่ต่างไปจากธรรมชาติ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

อันที่จริง ประเด็นปัญหาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเนื่องจากการก่อสร้างท่อส่งก๊าซบริเวณชายฝั่งด้วยวิธีการตอกเข็มพืด (Sheet piles) จะไม่ใช่ปัญหาสำคัญอีกต่อไป เนื่องจากเจ้าของโครงการได้เลือกใช้เทคนิคการวางท่อส่งก๊าซโดยวิธีเจาะลอด (HDD: Horizontally directional drilling) แทนแล้ว จึงไม่มีส่วนใดที่กีดขวางชายฝั่ง และไม่มีผลกระทบกับการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งแต่อย่างใด

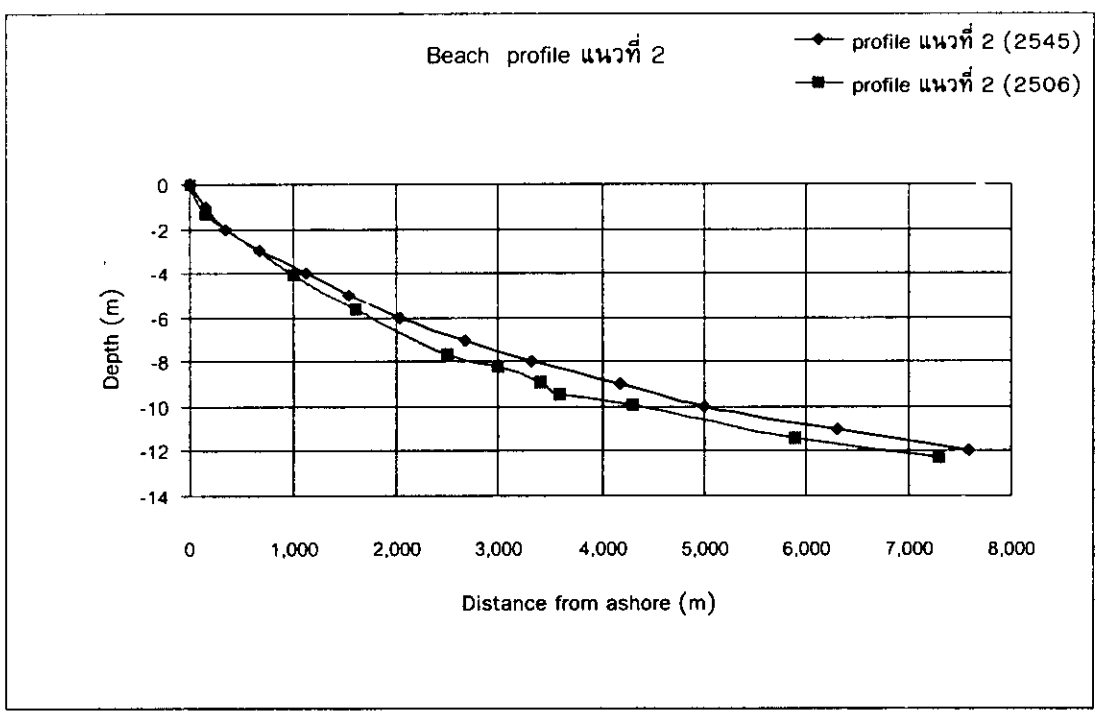


รูป E2.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจุดท่อชี้นฝั่งและบริเวณใกล้เคียง ในรอบ 38 ปี



หมายเหตุ : S_1 = Slope $_{(1\text{-}1,000\ \text{เมตร})}$ = 3-6 x 10^{-3}

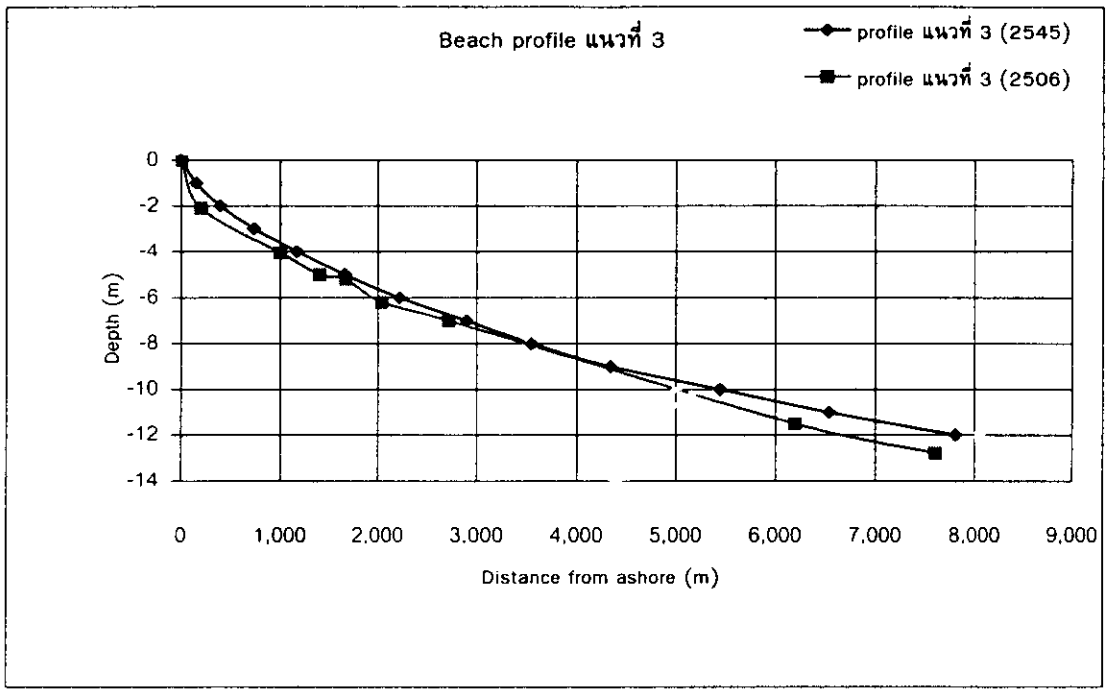
S_2 = Slope $_{(>\ 1,000\ \text{เมตร})}$ = 1.25 x 10^{-3}



หมายเหตุ : S_1 = Slope $_{(0\text{-}1,000\ \text{เมตร})}$ = 3.33 x 10^{-3}

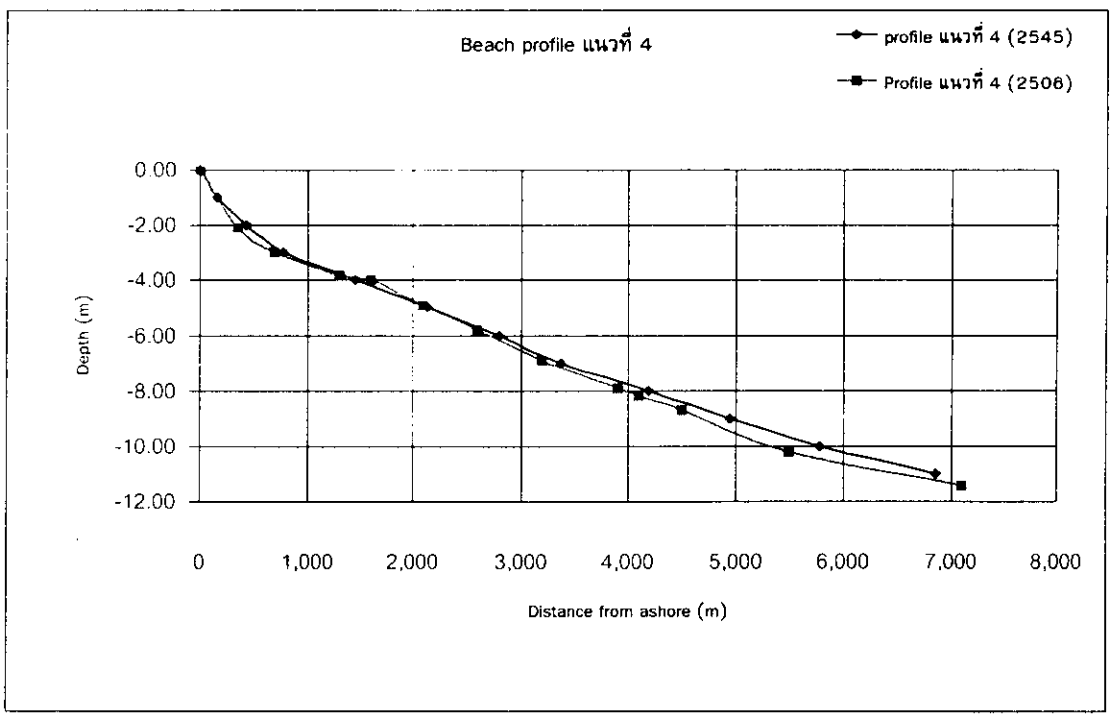
S_2 = Slope $_{(>\ 1,000\ \text{เมตร})}$ = 1.25 x 10^{-3}

รูป E2.3 เปรียบเทียบความลาดชันบริเวณชายฝั่ง ระหว่างข้อมูลจากกรมอุทกศาสตร์ (ปี 2506) และ ข้อมูลการสำรวจในปัจจุบัน (ปี 2544)



หมายเหตุ : S_1 = Slope $_{(0\text{-}1,000\ \text{เมตร})}$ = 3.16×10^{-3}

S_2 = Slope $_{(>\ 1,000\ \text{เมตร})}$ = 1.25×10^{-3}



หมายเหตุ : S_1 = Slope $_{(0\text{-}1,000\ \text{เมตร})}$ = 3.1×10^{-3}

S_2 = Slope $_{(>\ 1,000\ \text{เมตร})}$ = 1.35×10^{-3}

รูป E2.3 เปรียบเทียบความลาดชันบริเวณชายฝั่ง ระหว่างข้อมูลจากกรมอุทกศาสตร์ (ปี 2506) และ ข้อมูลการสำรวจในปัจจุบัน (ปี 2544) (ต่อ)

ภาคผนวก E3

ข้อมูลพายุในอ่าวไทย

โครงการวางท่อส่งก๊าซในทะเลนี้ จะไม่มีส่วนในการทำให้ Storm surge เกิดรุนแรงขึ้น เพราะบริเวณพื้นที่นี้มีความถี่ของการเกิดพายุรุนแรงต่ำ จากการตรวจสอบข้อมูลพายุโซนร้อน และพายุใต้ฝุ่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 ซึ่งได้จากเอกสารประกอบการสัมมนา "ผลกระทบของพายุใต้ฝุ่นลินดา ในอ่าวไทยและบริเวณชายฝั่ง" เมื่อ 5 มิถุนายน 2541 ณ ห้องประชุมนานาชาติ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่องการเกิดพายุโซนร้อนและพายุใต้ฝุ่นในประเทศไทย ในระยะเวลาที่ผ่านมา 10 ปี โดยนายศิริบูรณ์ เล็กผลิผล ผู้อำนวยการกองพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา หน้า 1-3 ไม่พบว่ามีพายุโซนร้อนหรือใต้ฝุ่นขึ้นสู่ฝั่งบริเวณแนวท่อส่งก๊าซหรือพื้นที่ใกล้เคียงโครงการฯ แต่อย่างใดก็ตาม ในแง่ของการออกแบบโครงสร้างและการวางท่อส่งก๊าซได้มีการออกแบบเผื่อสำหรับการไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นเนื่องจาก Storm surge แล้ว

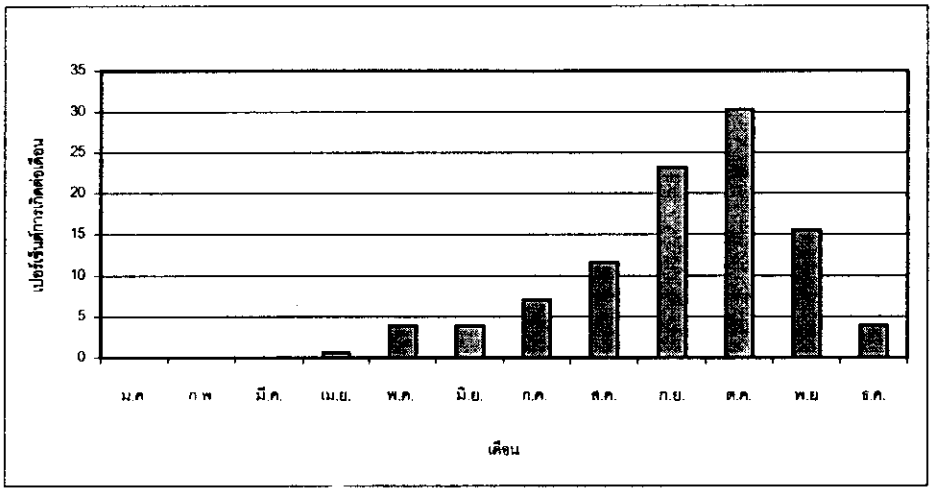
ข้อมูลพายุที่พัดเข้าสู่อ่าวไทย และข้อมูลด้านสมุทรศาสตร์อื่นๆ ได้มีการศึกษาโดยบริษัทที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมการออกแบบท่อส่งก๊าซในทะเล เนื่องจากเป็นข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบท่อส่งก๊าซในทะเล การศึกษาและการสำรวจข้อมูลด้านสมุทรศาสตร์นี้ทำโดยบริษัท FUGRO SURVEY PTE LTD. เมื่อเดือนสิงหาคม 2542 เพื่อเสนอต่อบริษัท BECHTEL INTERNATIONAL INC. สำหรับใช้ในการออกแบบท่อส่งก๊าซในทะเล

ในรายงานดังกล่าว มีข้อมูลพายุ กระแสน้ำ ความสูงคลื่น ความเร็วลม และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นในการพิจารณาใช้ออกแบบท่อส่งก๊าซในทะเล ข้อมูลทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลปฐมภูมิ (ข้อมูลสภาพท้องทะเลปัจจุบัน ซึ่งสำรวจเมื่อเดือนสิงหาคม 2542) และข้อมูลทุติยภูมิ (ข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งต่างๆ ที่มีการศึกษาด้านสมุทรศาสตร์) ข้อมูลเหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ในการออกแบบความแข็งแรงของท่อ และในการกำหนดแผนงานการก่อสร้างให้เหมาะสมกับสภาพท้องทะเลของอ่าวไทย

ข้อมูลพายุที่พัดเข้าสู่อ่าวไทยในช่วงปี พ.ศ. 2494-2537 จากการศึกษาในรายงานข้างต้น ได้สรุปไว้ในตาราง E3.1 และรูป E3.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความถี่ของพายุจะมากในช่วงฤดูฝนคือ ระหว่างเดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน

ตาราง E3.1 ความถี่ของพายุที่พัดเข้าสู่อ่าวไทยในช่วง พ.ศ. 2494-2537

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
รวม (ครั้ง)	-	-	-	1	6	6	11	18	36	47	24	6	155
ค่าเฉลี่ย (ครั้ง/เดือน)	-	-	-	0.02	0.14	0.14	0.25	0.41	0.82	1.07	0.55	0.14	3.52
% การเกิด/เดือน	-	-	-	0.6	3.9	3.9	7.1	11.6	23.2	30.3	15.5	3.9	100



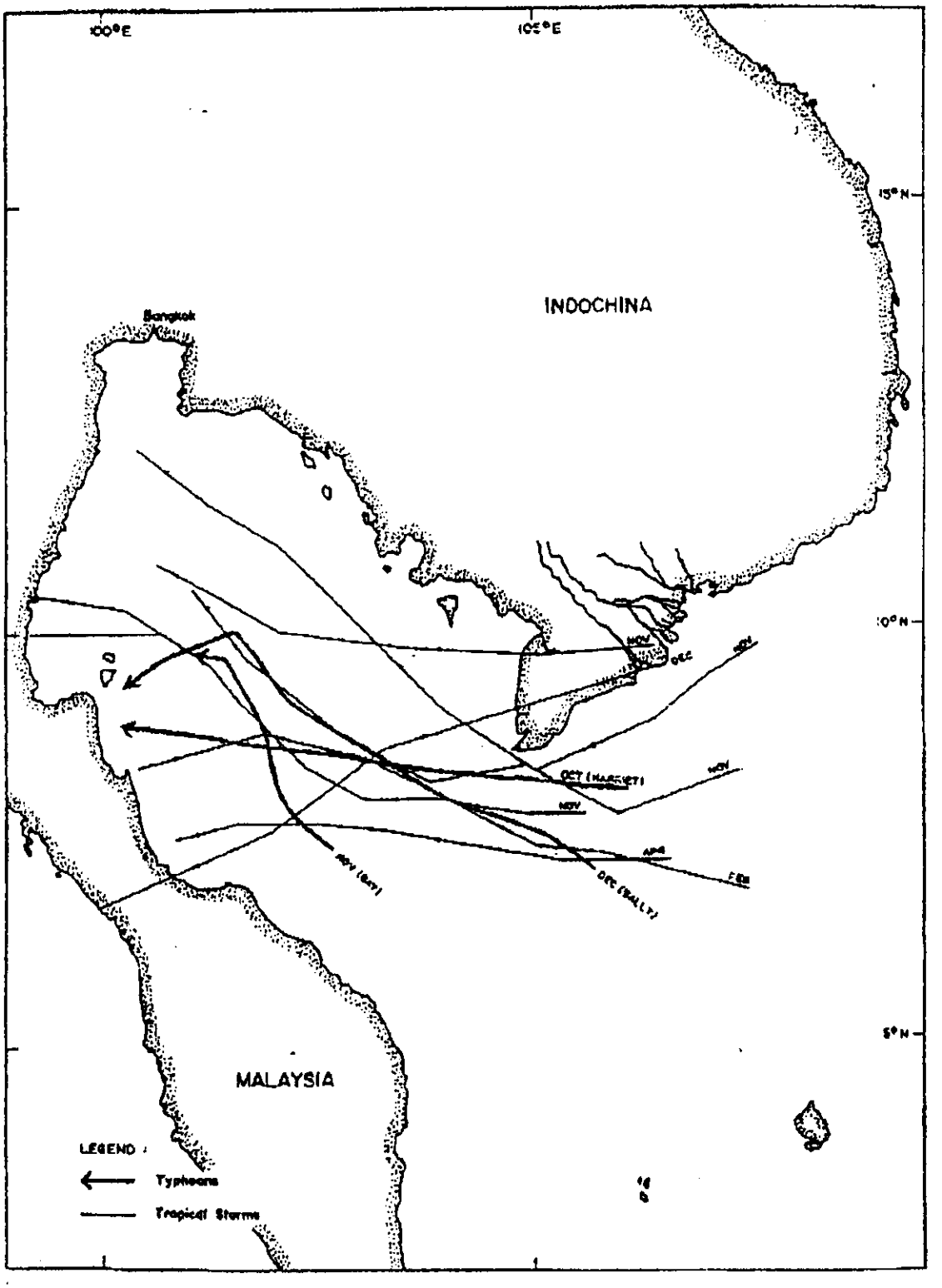
รูป E3.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดต่อเดือนของพายุที่พัดเข้าสู่อ่าวไทยในแต่ละเดือน

อนึ่ง พายุใต้ฝุ่น (Typhoon) ซึ่งมีความเร็วลมมากกว่า 64 น็อต ขึ้นไป ที่พัดผ่านอ่าวไทยในช่วงปี พ.ศ. 2494-2540 มี 3 ลูก ได้แก่

- ใต้ฝุ่นเอลลา (Ella) ในปี พ.ศ. 2505
- ใต้ฝุ่นเกย์ (Gay) ในปี พ.ศ. 2532
- ใต้ฝุ่นลินดา (Linda) ในปี พ.ศ. 2540

นอกจากนี้ ยังมีพายุโซนร้อน (Tropical storm) ซึ่งมีความเร็วลมระหว่าง 34-47 น็อต จำนวน 7 ลูก รูป E3.2 แสดงเส้นทาง (Tracks) ของพายุใต้ฝุ่นและพายุโซนร้อนทั้งหมด 10 ลูก ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งทั้งหมดมีเส้นทางพาดผ่านอ่าวไทยในระดับเหนือพื้นที่โครงการทั้งสิ้น

อนึ่ง พายุใต้ฝุ่นเกย์จัดได้ว่าเป็นใต้ฝุ่นที่รุนแรงที่สุด ด้วยลักษณะการเคลื่อนของพายุที่ช้ากว่าพายุลูกอื่นๆ จึงทำให้มีความรุนแรงมาก ทำให้เรือขุดเจาะก๊าซของ UNOCAL เกิดความเสียหายและมีคนเสียชีวิต อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของพายุไม่ได้สร้างความเสียหายกับท่อส่งก๊าซในทะเลที่มีอยู่ในขณะนั้นแต่อย่างใด



รูป E3.2 แนวพายุใต้ฝุ่นและพายุโซนร้อนที่พาดผ่านอ่าวไทย ในช่วงปี 2494 - 2540

October : Transition Season
Commencing in September, the "heat low" pressure area over south Asia weakens and eventually dissipates because of decreasing solar heating of the south Asian land mass. As this heat low weakens and drifts southward, the southwest monsoon wind flow diminishes and is displaced to the south. Simultaneously, the "Siberian High" pressure area is intensifying and extending further southward, causing the northeast monsoon winds to penetrate to the Gulf of Thailand.

By late October, the southwest monsoon has virtually ceased and the northeast monsoon dominates the wind circulation. October is the secondary calm season, with winds offshore exceeding 10 m/sec for only 3.6% of the time.

The above discussion is a description of the normal situation. From year to year, departures from these average conditions occur with the seasonal changes taking place sooner or later, but by no more than a month in most cases.

4.5 Storm Winds

There are four wind storm types in the Gulf of Thailand that effect the planning of daily operations:

Tropical Storms

These are intense depressions which develop in low latitudes and comprise a low pressure centre around which the winds rotate in a counterclockwise, inward spiral (satellite view). Depending upon their intensity they are classified as:

Tropical depression	- Winds less than 33 knots
Tropical storm	- Winds from 34 to 47 knots
Severe tropical storm	- Winds from 48 to 63 knots
Typhoon/hurricane/cyclone	- Winds above 64 knots (33 m/sec)

The diameter of the storms ranges from a maximum of about 1600 km (18 m/sec wind circle) to 160 km or less. In most cases the most severe wind, tide and wave action occurs in a band about 80 to 160 km across. Speed movement varies from zero to about 9 m/sec.

Mature storms enter the South China Sea, generally after crossing the Philippines. The are spawned in the equatorial waters of the Western Pacific in an area between 5°N and 20°N and 130°E to 160°E. Their frequency is greatest during the summer months, with August being the peak. Their speed of propagation is usually 5 to 15 knots, but can be up to 25 knots.

As the storms approach the Philippines from the east their courses fall into two main categories : the majority curve north towards Japan, with the remainder heading west into the South China Sea.

The typical tracks, which show clear seasonal variations based upon the position of the inter-tropical Convergence Zone (ITCZ). This is the boundary between the southern and northern hemisphere air masses, and in Southeast Asia it moves with the seasons from about 20°N in August to 10°S in January. In summer, the ITCZ is to the north of Thailand and the prevailing southwest monsoonal flows deflect tropical disturbances northward. By the late fall, when the boundary is over the Gulf, the Pacific storms have a tendency to propagate westward. Thus, November and December are the months with the highest probability of Pacific storms travelling towards the southern half of Vietnam or into the Gulf of Thailand.

Records of the frequency of tropical cyclones entering Thailand from 1851 to 1994 shown the following monthly distribution :

TABLE 4.1 FREQUENCY OF TROPICAL CYCLONES ENTERING THAILAND, 1951-1994

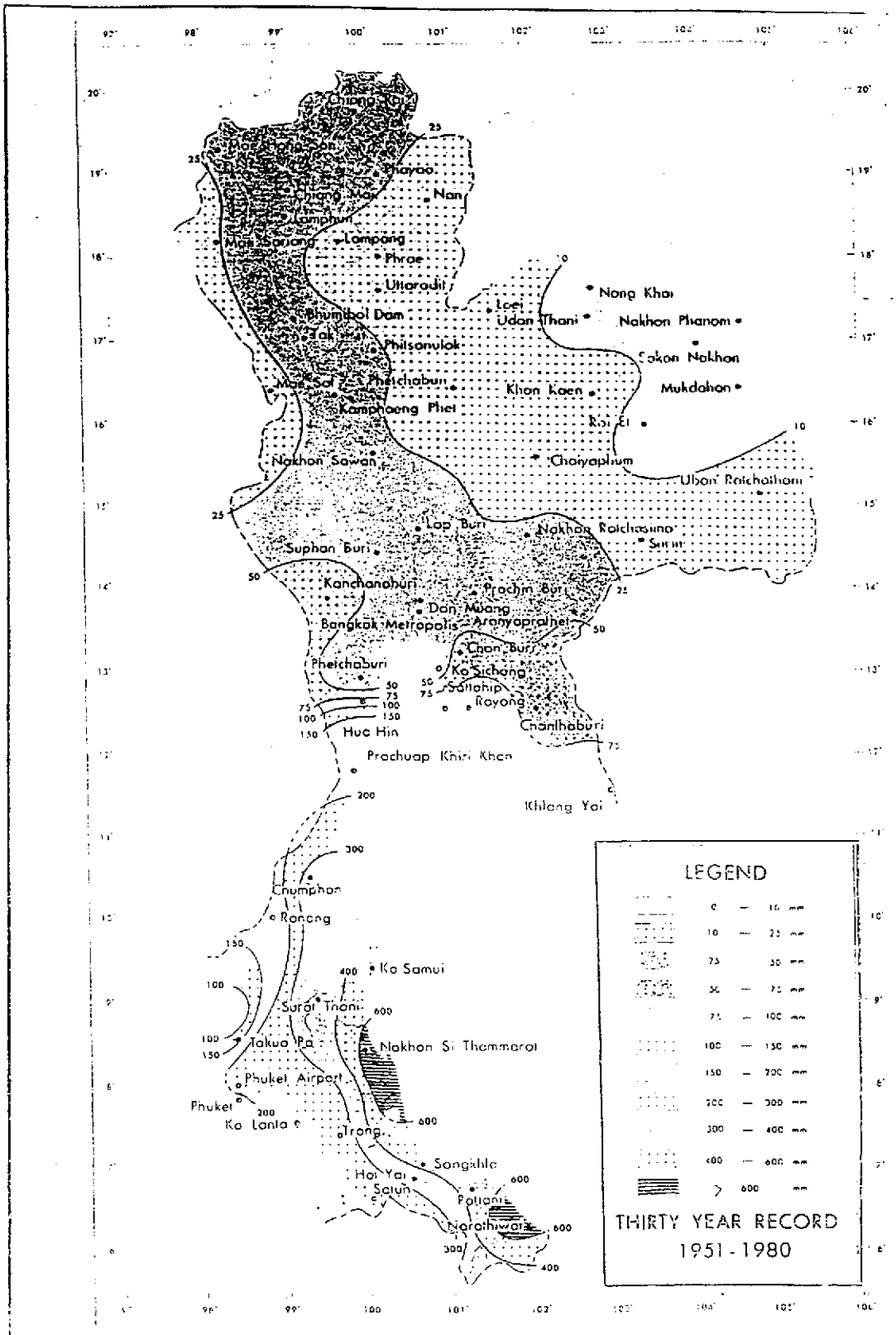
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
Total	-	-	-	1	6	6	11	18	36	47	24	6	155
Average	-	-	-	0.02	0.14	0.14	0 25	0.41	0.82	1.07	0.55	0.14	3.52
%	-	-	-	0.6	3.9	3.9	7.1	11.6	23.2	30.3	15.5	3.9	100.0

The storms usually develop their greatest strength while over water, as moisture from the ocean feeds their activity. If the tracks move westwards through Vietnam, Laos and Cambodia, they tend to lose much of their strength. Thus, nearly all of the events listed above are classified as "tropical depressions", the least severe of all the categories. Occasionally, however, and particularly late in the year, cyclones will pass into the Gulf of Thailand without any significant previous land transit. These are the strongest storms and may reach typhoon strength. Recent unusual storms that have entered the Gulf Of Thailand, such as Typhoon Ella in 1962, Typhoon Gay in 1989 and Tropical Storm Linda in 1997, caused massive destruction to coastal areas of the peninsular east coast and to offshore constructions and fishing fleets in the Gulf. These storms also created generally low air pressure over the Gulf and caused unusually high seal level and flooding in several areas.

Storms impinging onto the east coast of the Gulf of Thailand will again lose much of their strength as they continue westwards across the Peninsular.

Figure 4.9 shows the tracks of the seven tropical storms and three typhoons, all of which passed through the Gulf of Thailand north of 6°N. Typhoon "Gay", which caused considerable loss of life in the Unocal fields, moved much more slowly than the other storms, allowing the intensity to build.

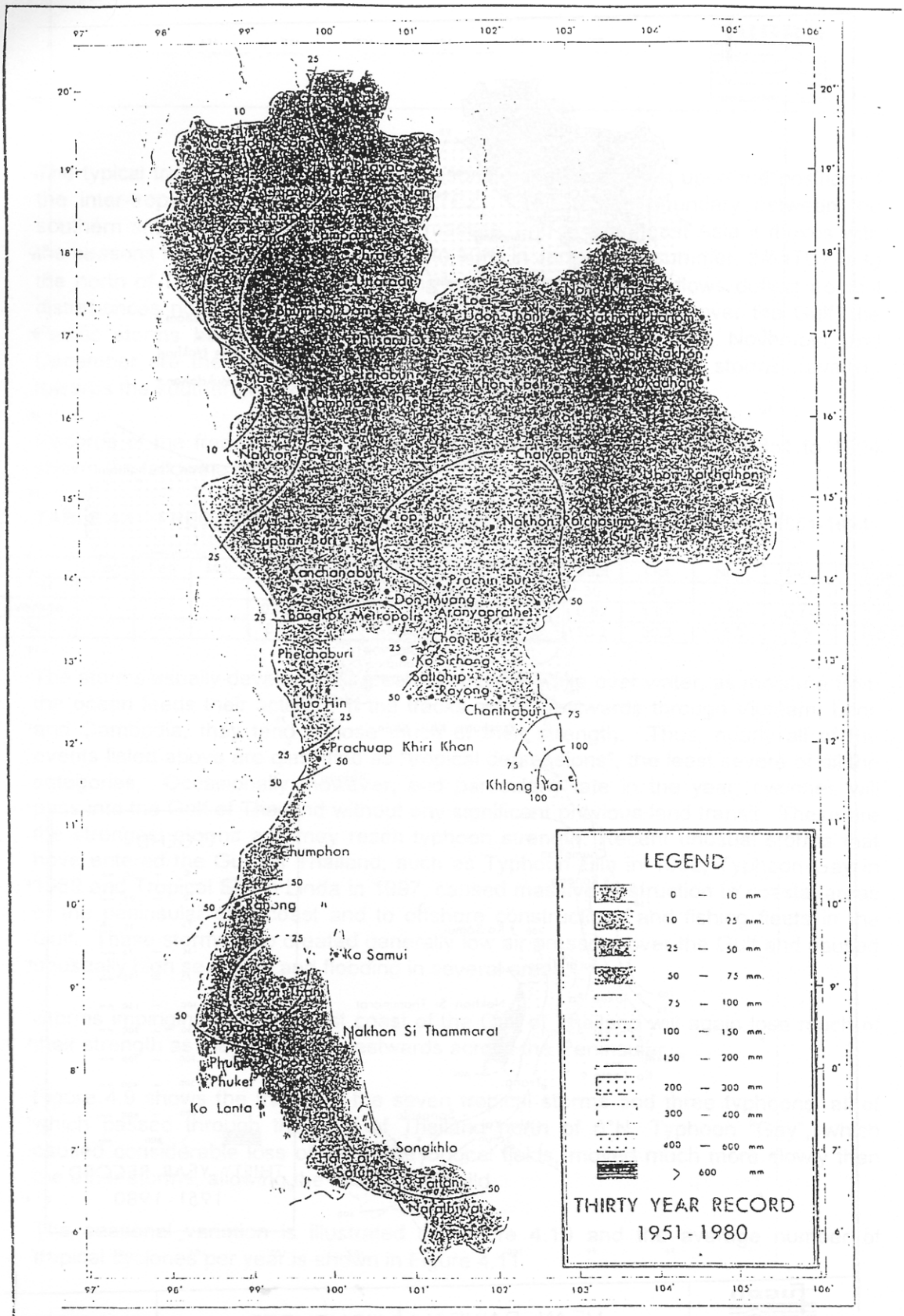
The seasonal variation is illustrated on Figure 4.10 and the average number of tropical cyclones per year is shown in Figure 4.11.



FUGRO

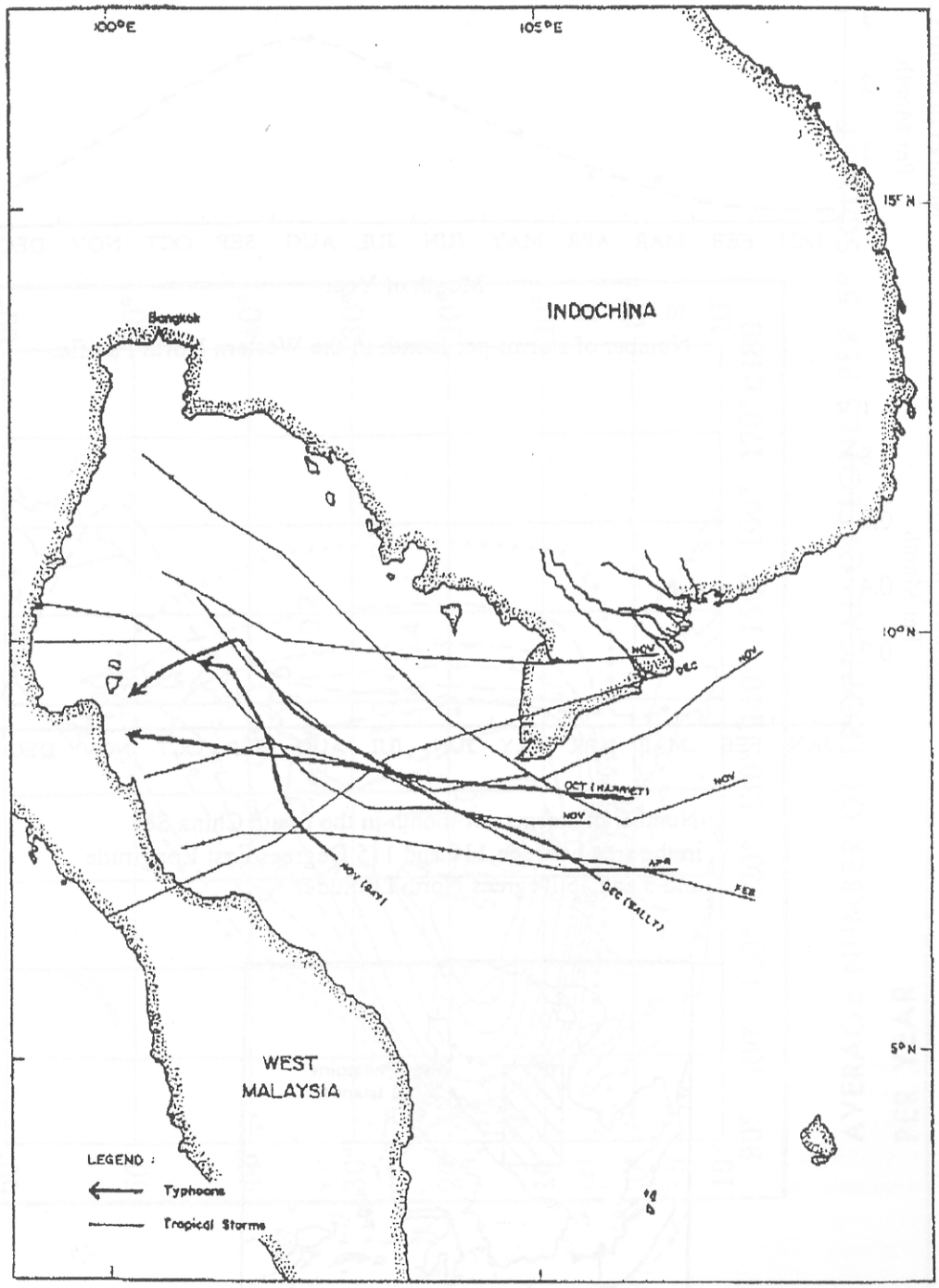
MEAN RAINFALL NOVEMBER

FIGURE 4.4



MEAN RAINFALL, MARCH

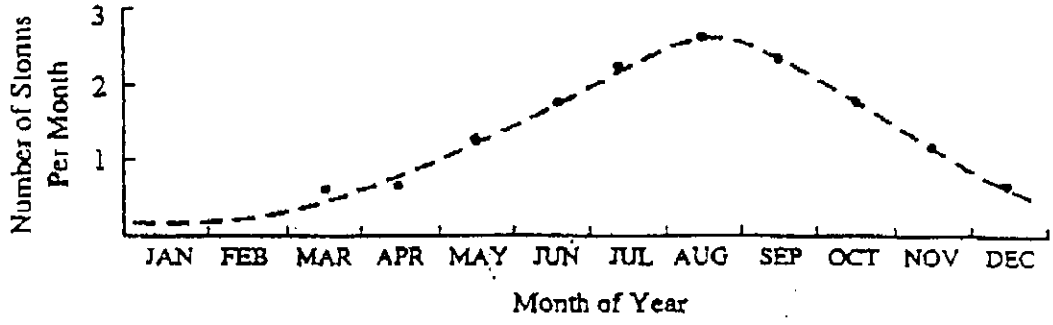
FIGURE 4.



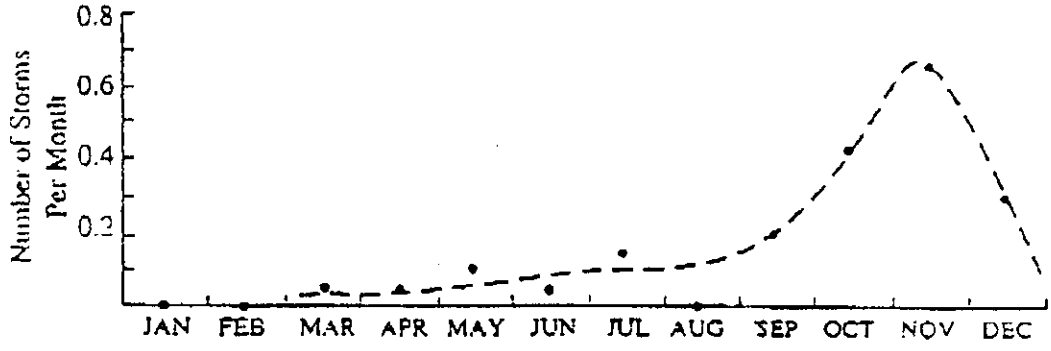
fugro

TROPICAL STORMS AND TYPHOONS IN GULF OF THAILAND, 1950-1992

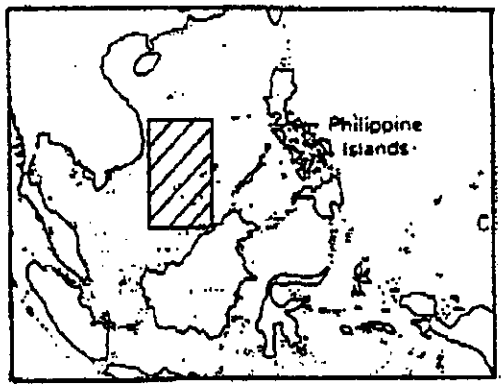
FIGURE 4.9



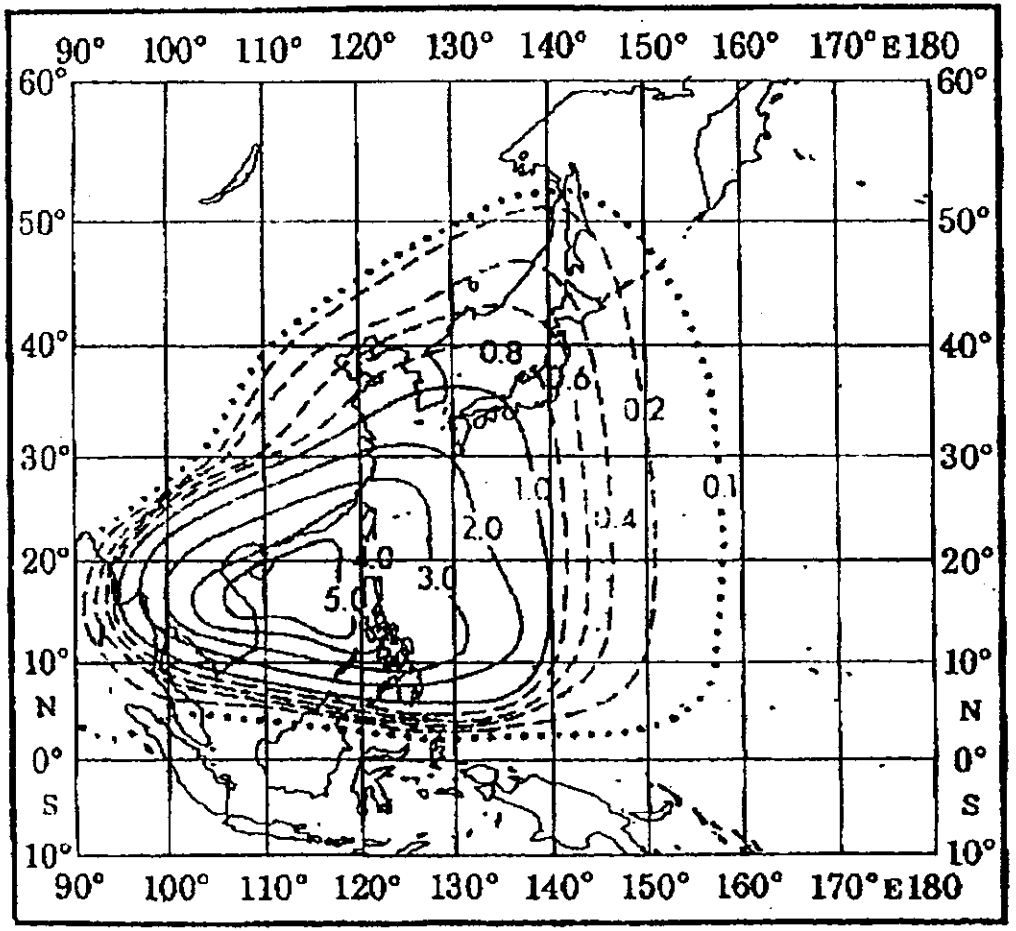
Number of storms per month in the Western North Pacific.



Number of storms per month in the South China Sea
in the area between 110 and 115 Degrees East Longitude
and 5 and 15 Degrees North Latitude.



	MONTHLY STORM FREQUENCY IN SOUTH CHINA SEA	FIGURE 4.10



AVERAGE NUMBER OF TROPICAL CYCLONES PER 5° SQUARE PER YEAR

FUGRO	YEARLY CYCLONE FREQUENCY IN SOUTH CHINA SEA	FIGURE 4.11

Extra-tropical Cyclones

Extra-tropical cyclones are the common storms (low pressure areas) that occur in temperate latitudes. They consist of a wind circulation around a low pressure centre in a counterclockwise, inward spiral (satellite view) in the northern hemisphere. The diameter of the wind circulation ranges from a minimum of a few hundreds kilometres to a maximum of approximately 1600 km. The storms usually originate as a low pressure area on a "front" (boundary zone between cold and warm air masses), and the frontal system remains imbedded in the wind circulation thereafter, although it may eventually become indistinguishable in the later phases of the existence of the storm. In the Gulf of Thailand area these storms occur on infrequent occasions in the months from November through February.

The storms usually move east of northeast to the north of the Gulf of Thailand. The northeast passage of one of these storms to the north of the Gulf would typically result in a period of southeast, south or southwest winds (7 to 11 m/sec), possibly followed by a shift to northeast, north or northwest winds (9 to 13 m/sec) if the cold front ("norther") associated with the storm penetrates as far south as the Gulf of Thailand.

Northers

These storms result from the movement of polar air masses (cold high pressure areas) southward or south-eastward off the Asian mainland. During the months from November to February, (but more likely December - January), these cool high pressure areas occasionally penetrate as far south as the Gulf of Thailand. A typical sequence of wind and weather in a norther over the Gulf of Thailand is :

Norther Approaches
Winds shift to east or southeast (5 to 10 m/sec), and humidity, cloudiness and shower/thunderstorm activity increase as the norther approaches.

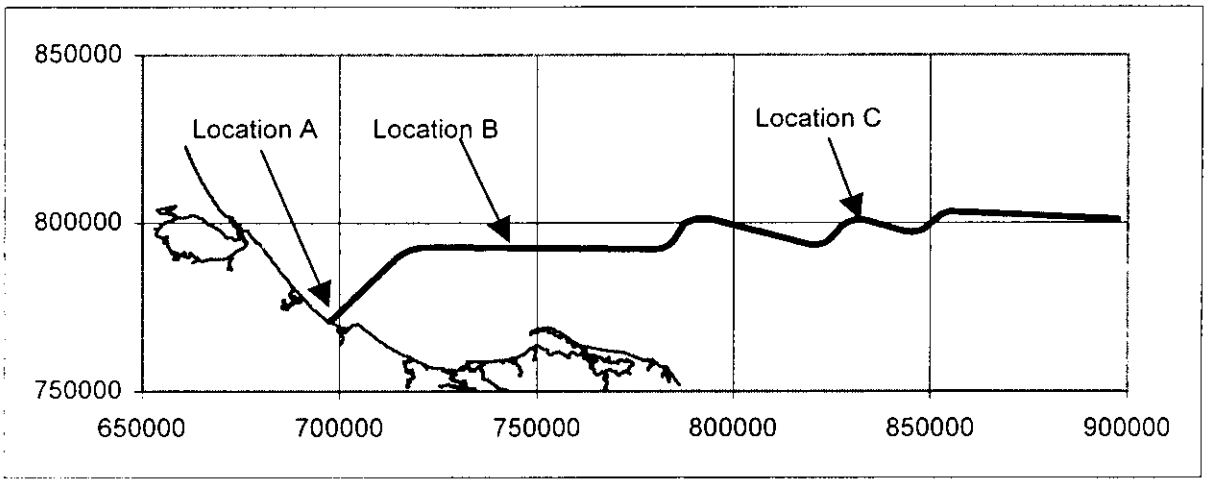
Norther Passes
Winds shift to east or southeast (usually over 1 to 2 hours, but occasionally in 10 to 30 minutes) to northwest, north or northeast, at 10 to 20 m/sec. Shower and thunderstorm activity is likely during the four hour period before and after the norther's passage. Occasionally, a line of thunderstorms develops, approximately paralleling the cold front of the norther (forward edge of the cold air). This "line squall" may extend 320 to 480 km along the cold front of the norther, and move south or southwest with the cold front causing strong gusting winds when it passes - at generally 15 to 20 m/sec, but occasionally reaching 25 to 30 m/sec.

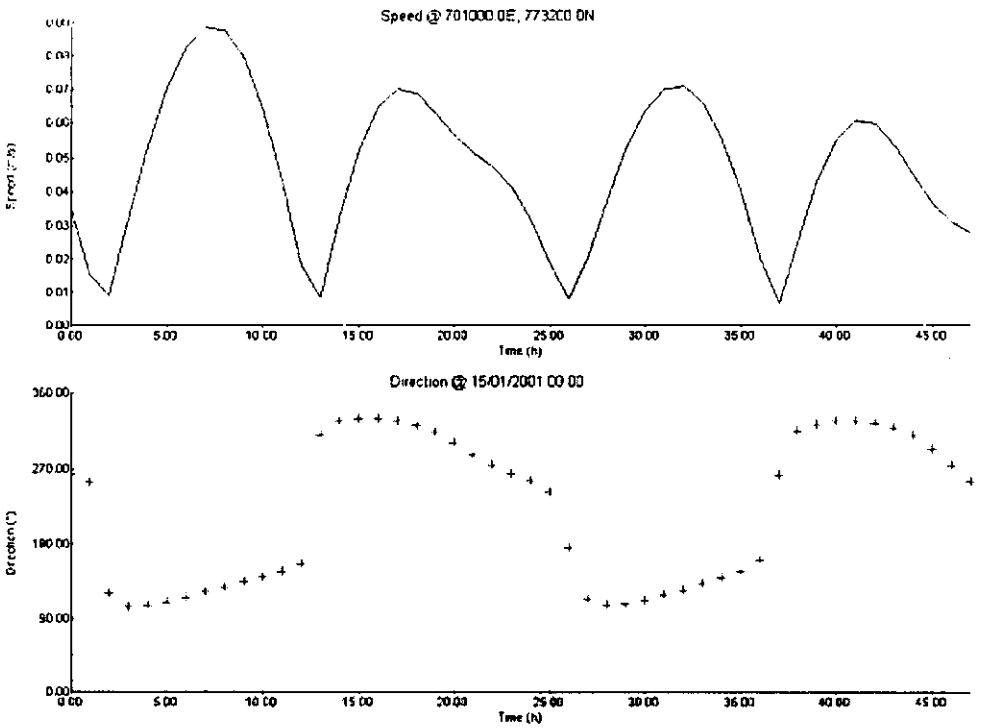
Norther Subsides
One or two days of north or northeast, 10 to 15 m/sec winds follow the passage of the norther, and then a gradual decrease in wind speeds occurs.

ภาคผนวก E4

รูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำชายฝั่ง

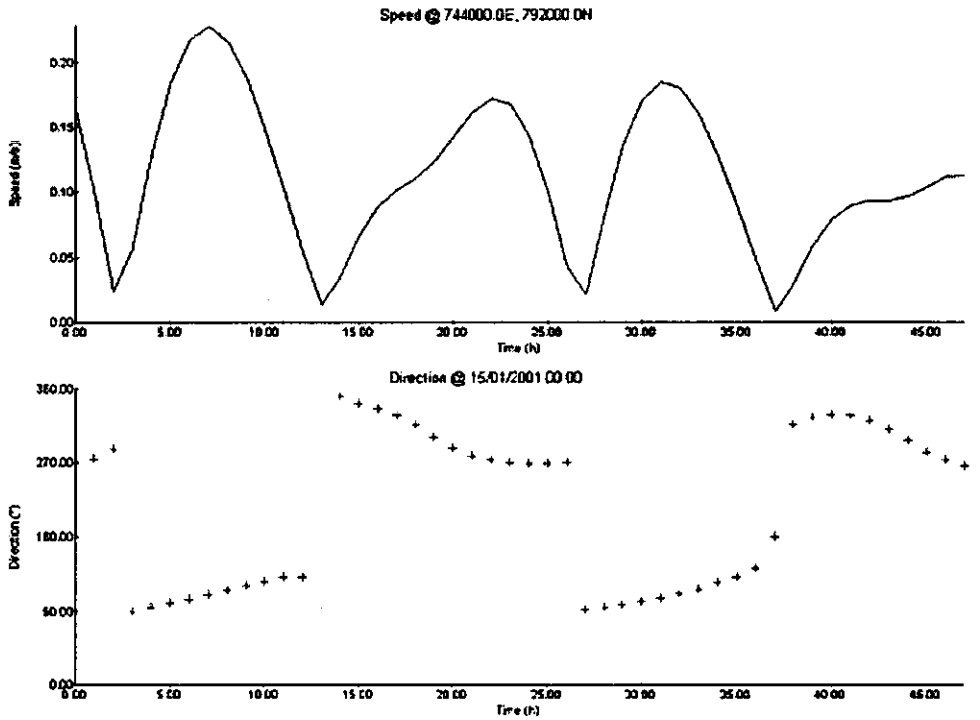
รูป E4.1 - E4.4 แสดงข้อมูลทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในรูปของ Time series ในเดือนมกราคมและกรกฎาคม ที่จุด A, B, C ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนแปลงวิธีการวางท่อ และตลอดแนวท่อ (แนวท่อมิได้แสดงไว้ในรูป)



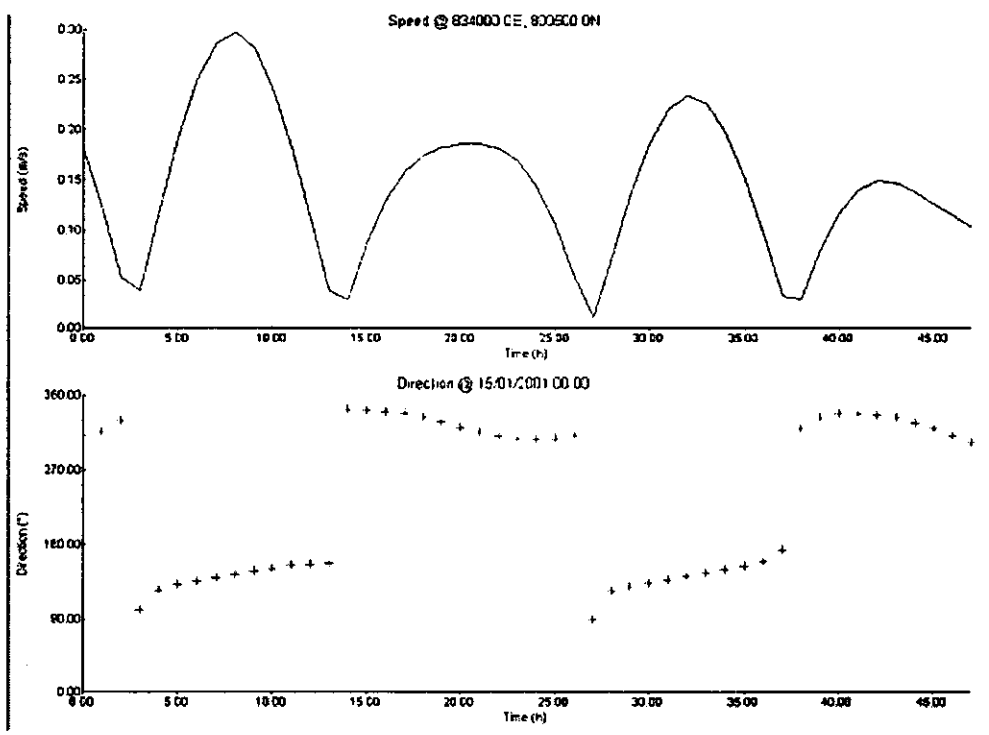


LOCATION A

รูป E4.1 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในรูป Time Series ในเดือนมกราคมที่จุดเปลี่ยนแปลงวิธีวางท่อ

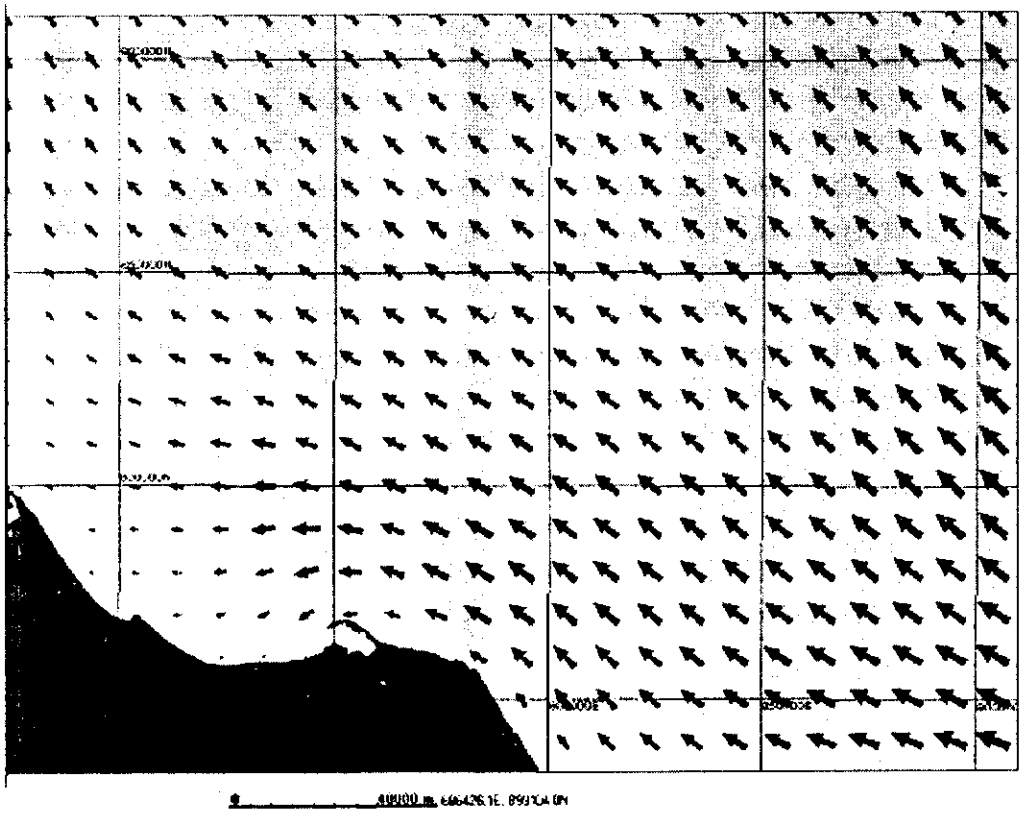


LOCATION B

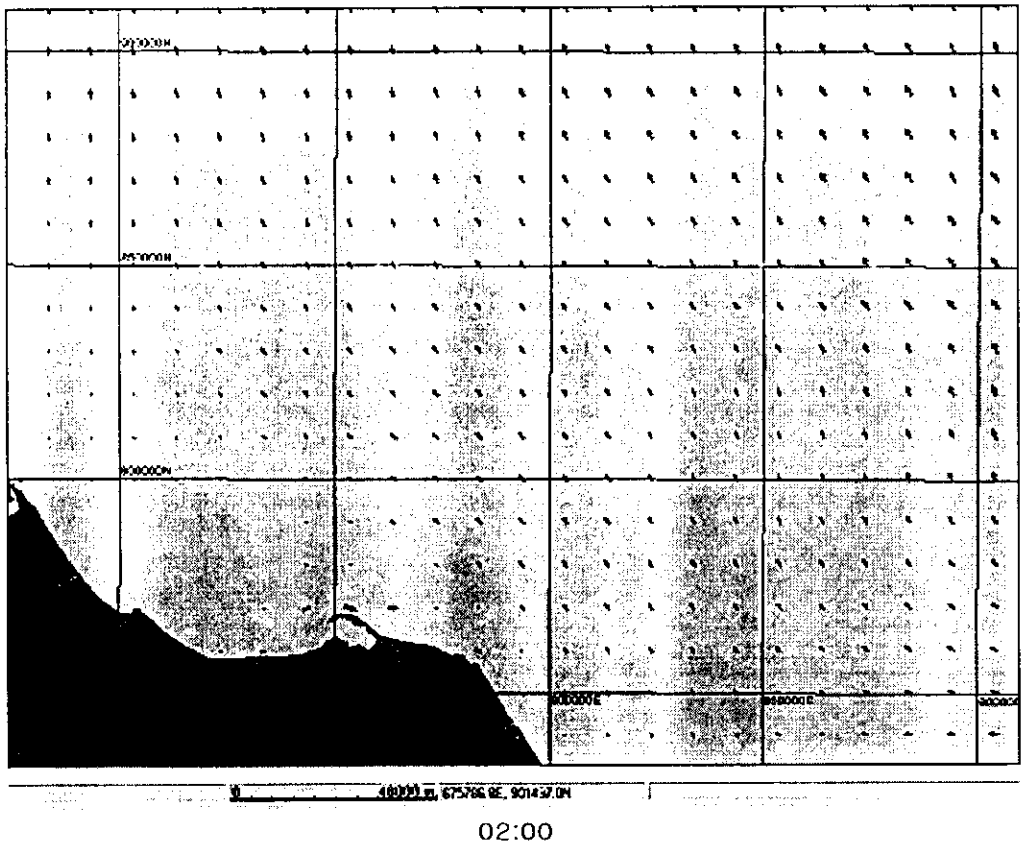


LOCATION C

รูป E4.1 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในรูป Time Series ในเดือนมกราคมที่จุดเปลี่ยนแปลงวิธีวางท่อ (ต่อ)



00:00



02:00

รูป E4.2 ขนาดและทิศทางของกระแสน้ำในเดือนมกราคม ตลอดแนวท่อ