專刊第 163 號

台中港港口第二期擴建工程規劃

— 操船模擬試驗報告書 —

附冊參

委託單位：台灣省政府交通處台中港務局

承辦單位：台灣省政府交通處港灣技術研究所

中華民國 八十八 年 五 月

「台中港港口第二期擴建工程規劃」
— 操船模擬試驗報告書 —

計劃總召集人：張金機　所長

計劃總主持人：簡仲璟　研究員兼組長

計劃主持人：　陳明宗　副研究員

參 與 人 員：陳毓清　技工

操船模擬試驗報告書

目 錄

操船模擬試驗報告書

圖 目 錄

操船模擬試驗報告書

表 目 錄

壹、概　述

「台中港港口第二期擴建規劃」計畫中爲了探討港口擴建後船舶操航的安全性，故研擬操船模擬試驗工作。由於本所無操船模擬相關設備，故該工作項目本所於八十七年三月經公開甄選後與丹麥海事研究所(Danish Maritime Institute)合作辦理。DMI 是一個獨立自主非營利的技術服務機構，提供流體動力、空氣動力、船舶、離岸及海事結構物等工業技術研究及顧問服務。該所成立於一九五五年，有將近四十年之歷史。

操船模擬研究一般可包括快速(Fast Time)及真時(Real Time)操船兩種模擬。快速操船模擬係直接利用電腦做二度空間數值模擬顯像，以「本船」及「港域環境」輸入後利用程式來模擬船隻進出港之情況。由於它去除了人爲的可能操控錯誤因素，並能在短時間內進行模擬，故可在研擬各項改善佈置方案時，供作真時操船模擬方案篩選之參考。真時操船模擬則是將「本船」「港域環境」及「操船者」三項結合成一體的三度空間操船模擬。由於此種模擬已把實際操船的領港人爲因素帶入，加上操船者係在實物景像相近之環境下進行，可充分反應操船者之行爲特性；故除可作爲操船安全評估外，亦可作爲評選方案之確認依據。

本項研究包含上述之「快速操船模擬」、「真時操船模擬」及「領港登輪研究」等三個工作項目。

貳、Fast-Time 快速操船模擬

本試驗爲探討各替選方案船舶操航安全相對差異性，以期可研選較佳方案進行 Real-Time 操船模擬試驗。現階段擬利用本試驗探討之課題爲南、北外堤不同佈置對船舶進港安全助益做相對性比較，以及船舶操航安全所需之南內堤拆除長度。

2-1 計算模式及條件

1.主要試驗方案

本計畫共研擬十個替選方案(含現況佈置)如表 2-2。爲了瞭解各方案南、北外堤不同佈置操船安全之相對差異性，在快速操船模擬選擇現況佈置、方案一、方案六、方案七及方案八進行試驗，各試驗方案港口佈置詳圖 2-1～圖 2-5 所示。

Fast-Time 操船模擬方法乃以丹麥海事研究所(DMI)之數學船型模式軟體 DEN-Mark1 爲基礎，而操船部份則以 DMI 新發展之"numerical navigator"模式進行模擬計算。本模式之基礎爲下列四組係數：

- 軌跡計畫係數(包含內部船型模式)
- 軌跡追蹤係數
- 航行者決定係數
- 狀態估計係數

本模式將配合海況環境調整船舶位置及速度，假如需要保持船舶航行路徑或舵效將增加船速，操控性足夠後將減速。但此船速將不低於啓始點速度。

2-2 模擬條件

1.試驗船型

本研究 Fast-time 模擬採用四種船型進行試驗，各試驗船舶條件如表 2-1：

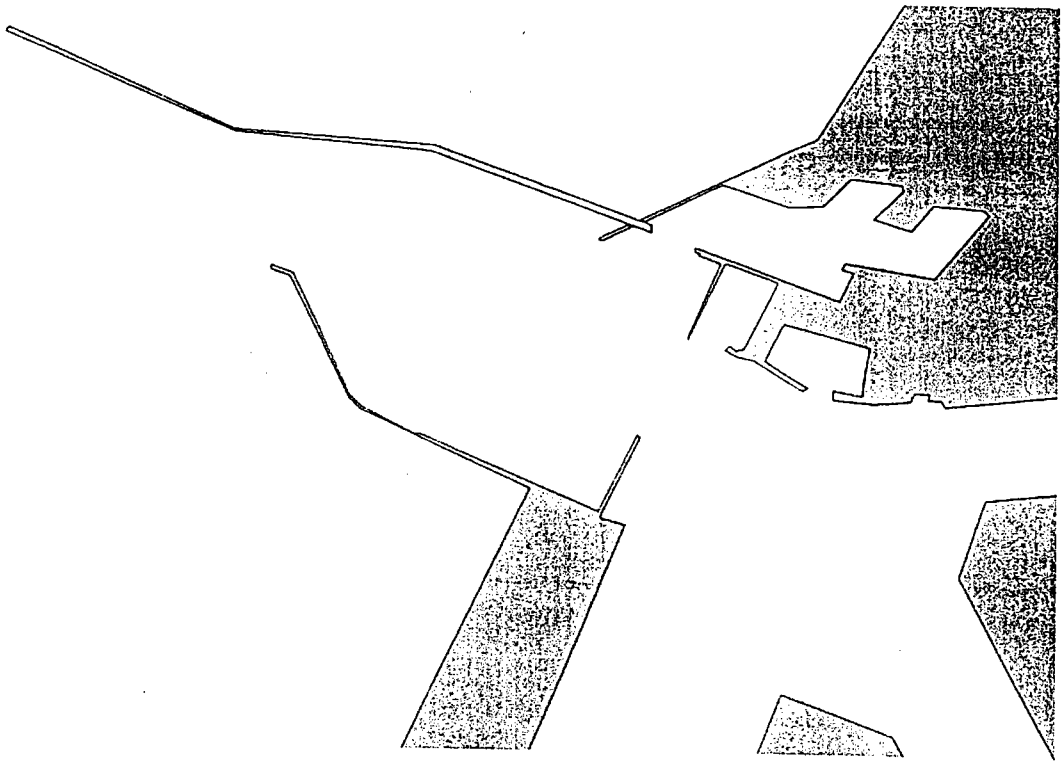


圖 2-1 台中港一港口現況佈置

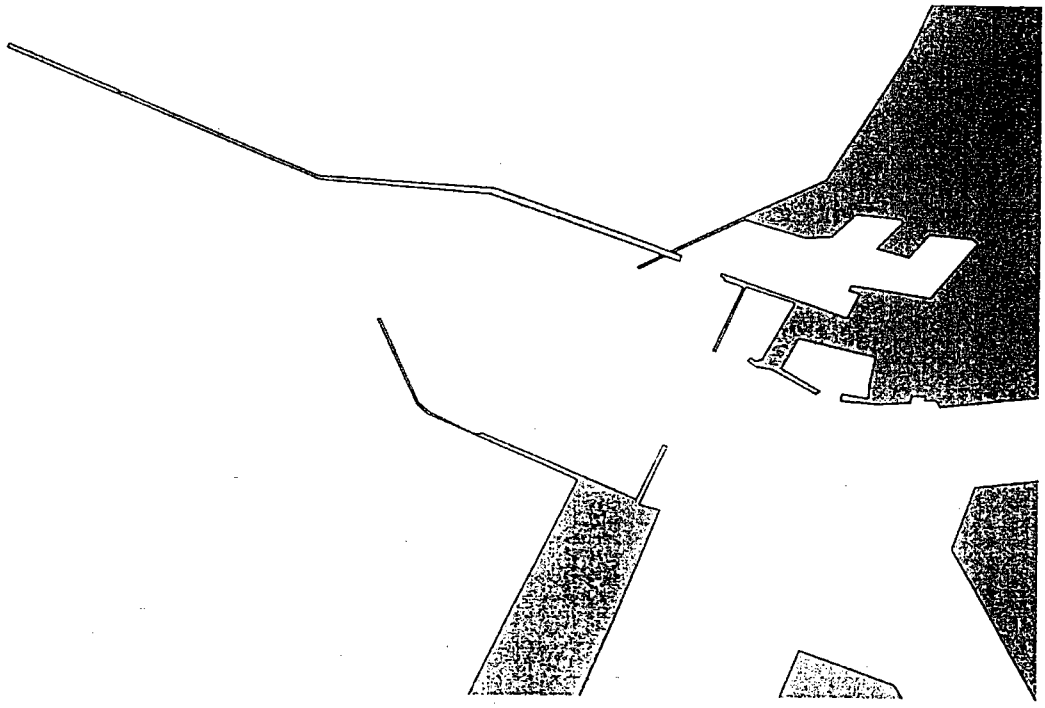


圖 2-2 港口二期擴建替選方案一平面佈置

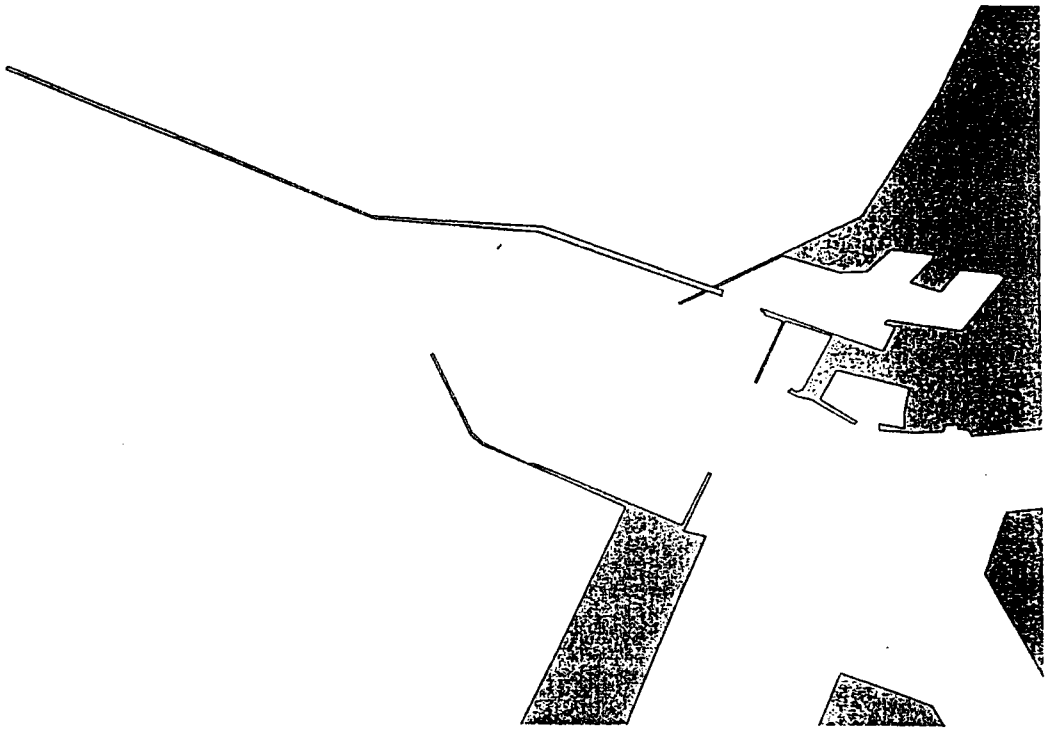


圖 2-3 港口二期擴建替選方案六平面佈置

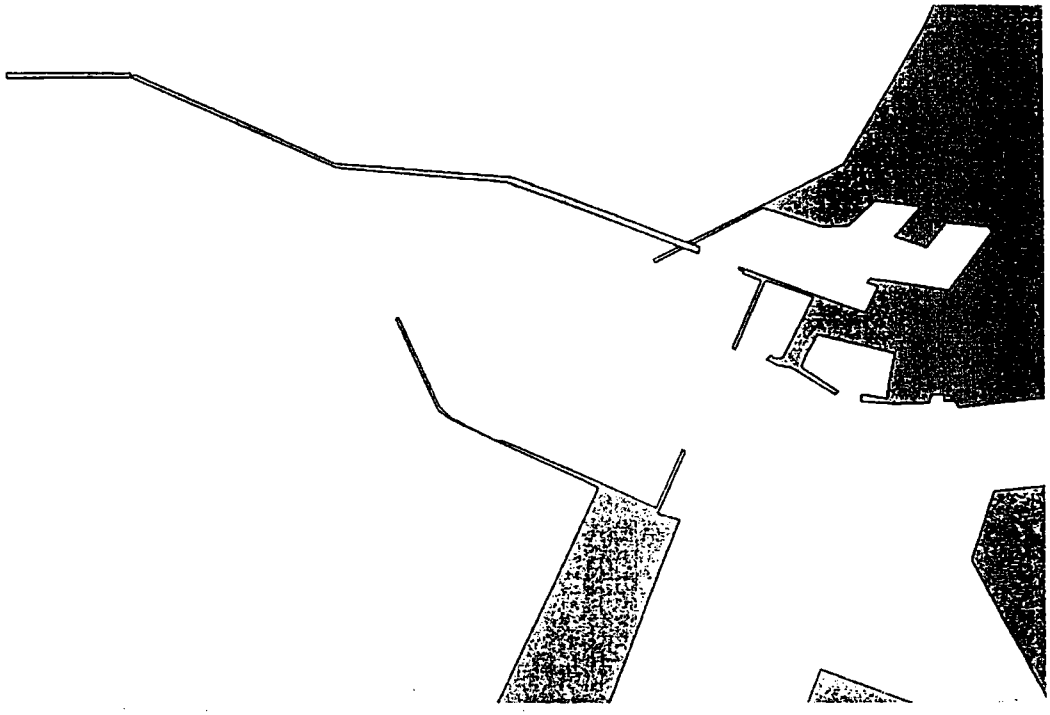


圖 2-4 港口二期擴建替選方案七平面佈置

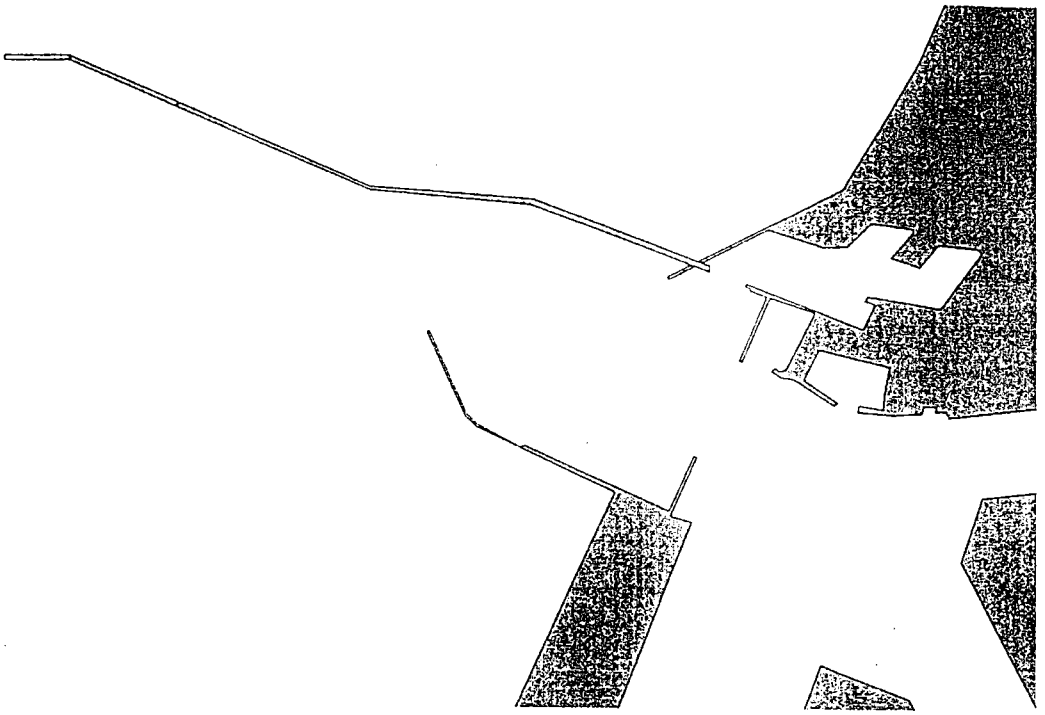


圖 2-5 港口二期擴建替選方案八平面佈置

表 2-1 Fast-time 模擬試驗船舶條件

編號	船型/載重條件	船 長 (Lpp,m)	船 寬 (m)	吃 水 (前/後, m)	排水量 (m^3)	軸力 (mw)
3115	貨櫃輪/滿載	245.0	32.2	12.80/12.80	63,919	35.0
3011	貨櫃輪/滿載	280.0	32.2	11.45/11.45	65,366	36.8
3082	散貨輪/空載	226.5	39.9	5.64/8.64	48,851	10.7
3110	散貨輪/滿載	265.0	43.0	16.00/16.00	145,000	13.6

2.試驗方案

Fast-time 操船模擬試驗採用現況佈置(零方案)，方案一、方案六、方案七及方案八共五種平面配置，各方案北外堤之配置詳表 2-2。而各試驗方案除現況佈置外南外堤皆以拆除七座沉箱（約 170m），南內堤拆除 50m 進行試驗。

表 2-2 港口二期擴建工程替選方案一覽表

替選方式	南外堤拆除長度	南內堤拆除長度	北外堤		備註
			延伸長度	延建方向	
零方案*	0m	0m	0m	--	現況佈置
方案一*	170m	50m	480m	WNW 向	
方案二	170m	100m	480m	WNW 向	
方案三	170m	150m	480m	WNW 向	
方案四	170m	150m	480m	W 向	
方案五	170m	100m	750m	WNW 向 480m 轉 W 向 270m	
方案六*	170m	50m	750m	WNW 向	
方案七*	170m	50m	480m	W 向	
方案八*	170m	50m	750m	WNW 向 480m 轉 W 向 270m	
方案九**	93m	50m	480m	WNW 向	

* 表進行快速操船模擬試驗

**表進行真時操船模擬試驗

3.環境條件

本試驗所採用之海象環境條件，包括現況佈置及四個不同替選方案，兩組潮位條件(滿潮前一小時(1HBHW)及滿潮後三小時(3HAHW))，以及 15m/s 及 20m/s 兩組風速條件，組合成 20 組環境條件；使用的水流模擬，詳附錄A。

由於各替選方案港口前皆爲平靜遮蔽區域，在試驗時暫不考慮波浪對船舶影響，以簡化各替選方案評估因子。

4.試驗條件

(1)貨櫃輪及半載散貨輪試驗條件

本研究初步先針對編號 3082(船長 226.5m，散貨輪)、編號 3115(船長 245m，貨櫃輪)及編號 3011(船長 280m，貨櫃輪)三種船型，試驗條件如表 2-3。共計執行 150 次試驗(50 次/船型×3 船型=150 次)。

(2)滿載散貨輪試驗條件

編號 3110(船長 265m，散貨輪，吃水深 16m)船型在滿潮後三小時(3HAHW)之潮位條件下無法進港。因此，只採用滿潮前一小時(1HBHW)之潮位條件，試驗條件如表 2-4。此船型水深增加 1m，亦即 C.D.+6m。

表 2-3 貨櫃輪及半載散貨輪試驗條件

風 速	潮 位	試驗方案	進港次數	出港次數
15m/s	1HBHW[1]	現況佈置	2	0
15m/s	3HAHW[2]	現況佈置	2	0
15m/s	1HBHW	一	2	0
15m/s	3HAHW	一	2	0
15m/s	1HBHW	七	2	0
15m/s	3HAHW	七	2	0
15m/s	1HBHW	六	2	0
15m/s	3HAHW	六	2	0
15m/s	1HBHW	八	2	0
15m/s	3HAHW	八	2	0
20m/s	1HBHW	現況佈置	2	1
20m/s	3HAHW	現況佈置	2	1
20m/s	1HBHW	一	2	1
20m/s	3HAHW	一	2	1
20m/s	1HBHW	七	2	1
20m/s	3HAHW	七	2	1
20m/s	1HBHW	六	2	1
20m/s	3HAHW	六	2	1
20m/s	1HBHW	八	2	1
20m/s	3HAHW	八	2	1
			總計 40 (3 種船型)	總計 10 (3 種船型)

(註 1) 1HBHW：滿潮前一小時，約爲 C.D.+4.5m
(註 2) 3HAHW：滿潮後三小時，約爲 C.D.+3.0m

表 2-4 滿載散貨輪試驗條件

風 速	潮 位	試驗方案	進港次數	出港次數
15m/s	1HBHW	現況佈置	2	0
15m/s	1HBHW	一	2	0
15m/s	1HBHW	七	2	0
15m/s	1HBHW	六	2	0
15m/s	1HBHW	八	2	0
20m/s	1HBHW	現況佈置	2	1
20m/s	1HBHW	一	2	1
20m/s	1HBHW	七	2	1
20m/s	1HBHW	六	2	1
20m/s	1HBHW	八	2	1
			總計 20	總計 5

(註 3) 1HBHW：滿潮前一小時，約 C.D.+6.0m

船舶啓始航行位置參考「台中港進出港指南」研定進港航行安全指南及注意事項，起點位於南防波堤外約 1 海浬處 (24°17.17N 120° 28.00E)，船艏朝 55 ° 方向前進，航行速度設定於半速與慢速之間，離開備便區後即進入港內。

進港船舶停船方式爲當船舶通過內堤口時，則下右滿舵(full starboard)，及主機半速倒車(half astern)指令，當船速降低至 1 節時則停止操航。

出港操航則由北迴船池(24°16.67N 120°30.42E)開始，船艏朝港口方向進行模擬。以維持基本舵效所需最小速度。當出港船舶通過外堤堤口時，則停止操航作業。

所有進港操航均使用本模式中統計變異數。控制修正平均時間爲 20 秒，並呈常態分佈，其標準偏差爲 2 秒。本模式中應用變異數於每一時間航線偏差(wheel-over-line error)，在模擬中標準偏差爲 10m，並呈常態分佈。

2-3 評選標準

爲評選操航安全性最佳方案，乃研擬評選標準如下：

1.操航軌跡包絡線圖。

2.操航過程舵角之平均值及標準差。

3.操航過程推進器轉數之平均值及標準差。

4.船舶通過如圖 2-6 所示三條控制線之船速及位置。

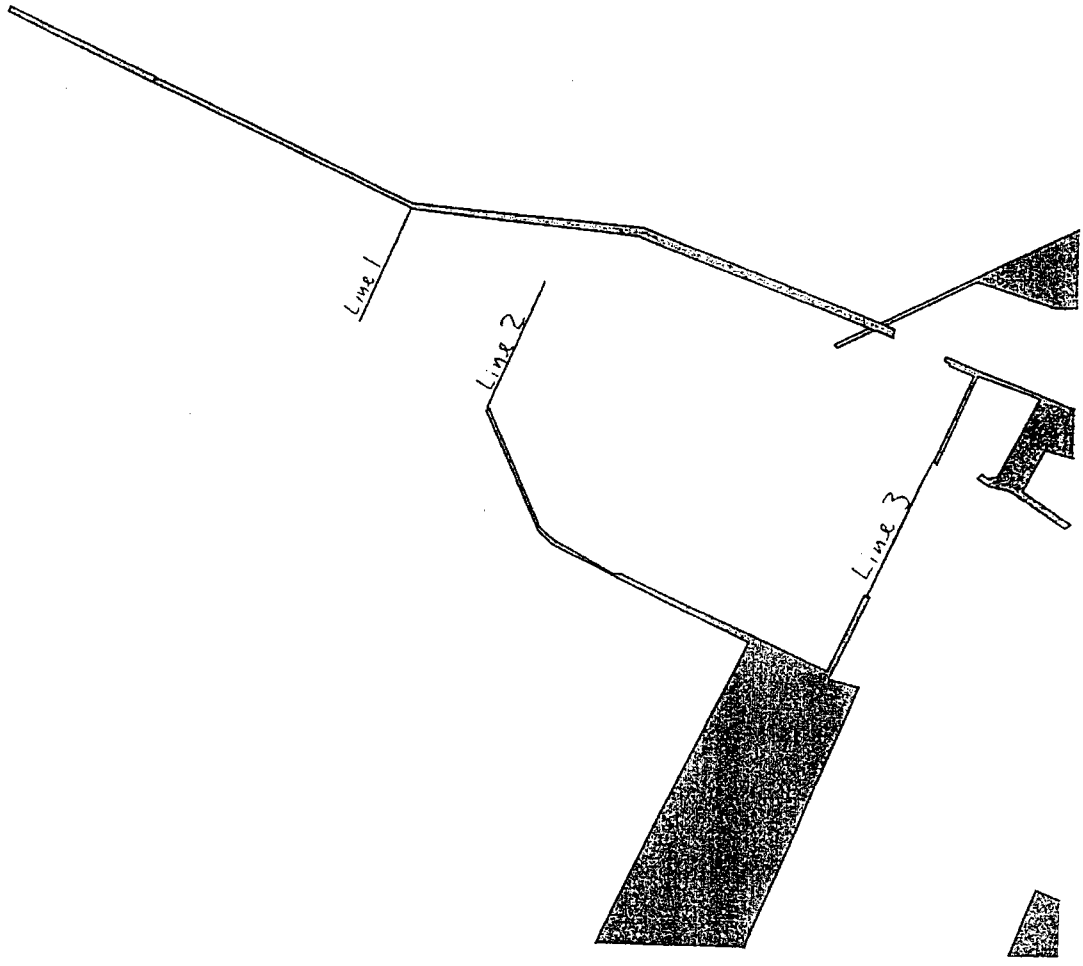


圖 2-6 快速操船模擬評選控制線示意圖

2-4 進港航行模擬結果

進港操船模擬之結果分別以各方案之平面配置圖配合航行軌跡圖示，以及統計分析結果之表格表示。

1.各配置方案船跡圖

圖 2-7~圖 2-11 表示現況佈置及各替選方案進港操航船跡圖，依此結果，方案一及方案六似乎略有較大之包絡線範圍；現況佈置、方案七及方案八包絡線範圍則較爲集中，其原因可能爲港口流況分佈所致。

依所有操航成果，各方案船舶航跡皆可控制在狹窄包絡線範圍內，其原因主要爲潮汐所引起海流；基本上，爲平行進港主航道方向，船舶操縱並無太大困難。

2.統計結果

表 2-5 及表 2-6 爲各替選方案在進港操航之舵角、推進器轉速及船跡位置統計結果。

表 2-5 進港操航之舵角及推進器轉速

試驗方案	舵　角		推進器轉速(rad/s)	
	平均值	標準差	平均值	標準差
現況佈置	-13.1	20.3	0.469	0.371
方案一	-12.9	20.3	0.471	0.375
方案六	-13.5	19.6	0.467	0.364
方案七	-12.3	20.9	0.465	0.367
方案八	-12.7	20.6	0.470	0.378

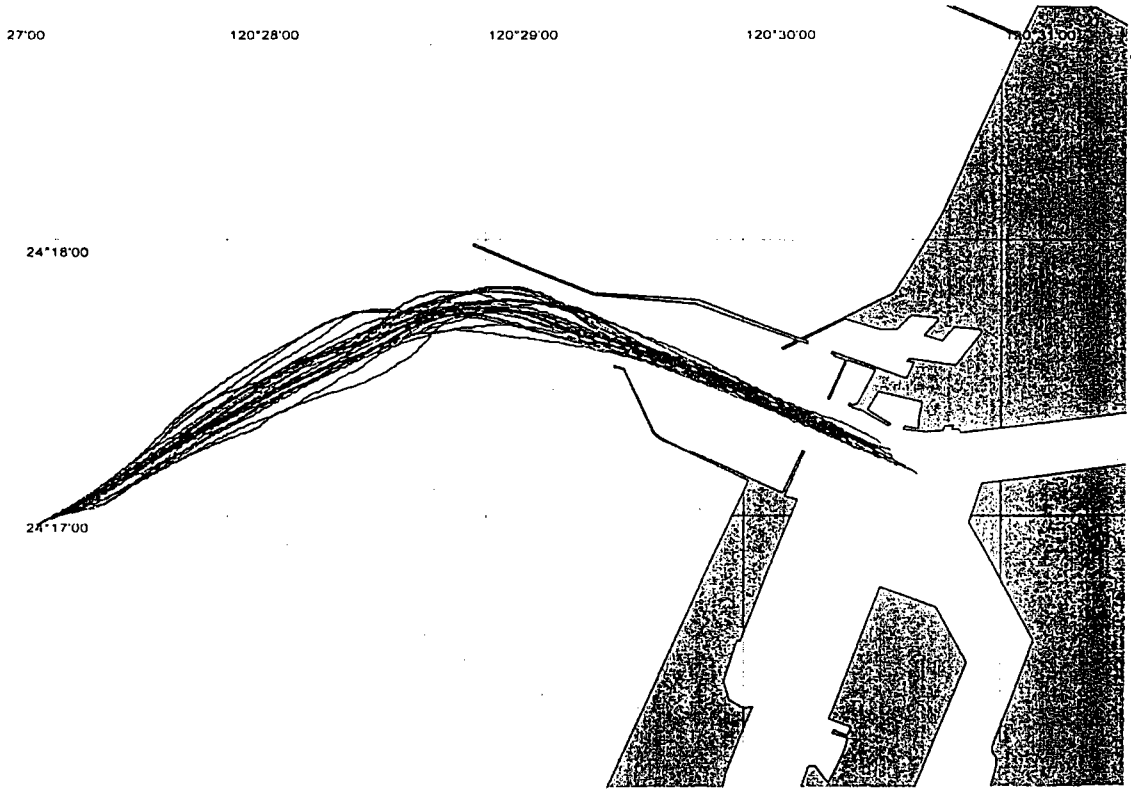


圖 2-7 現況佈置進港快速操航船跡圖

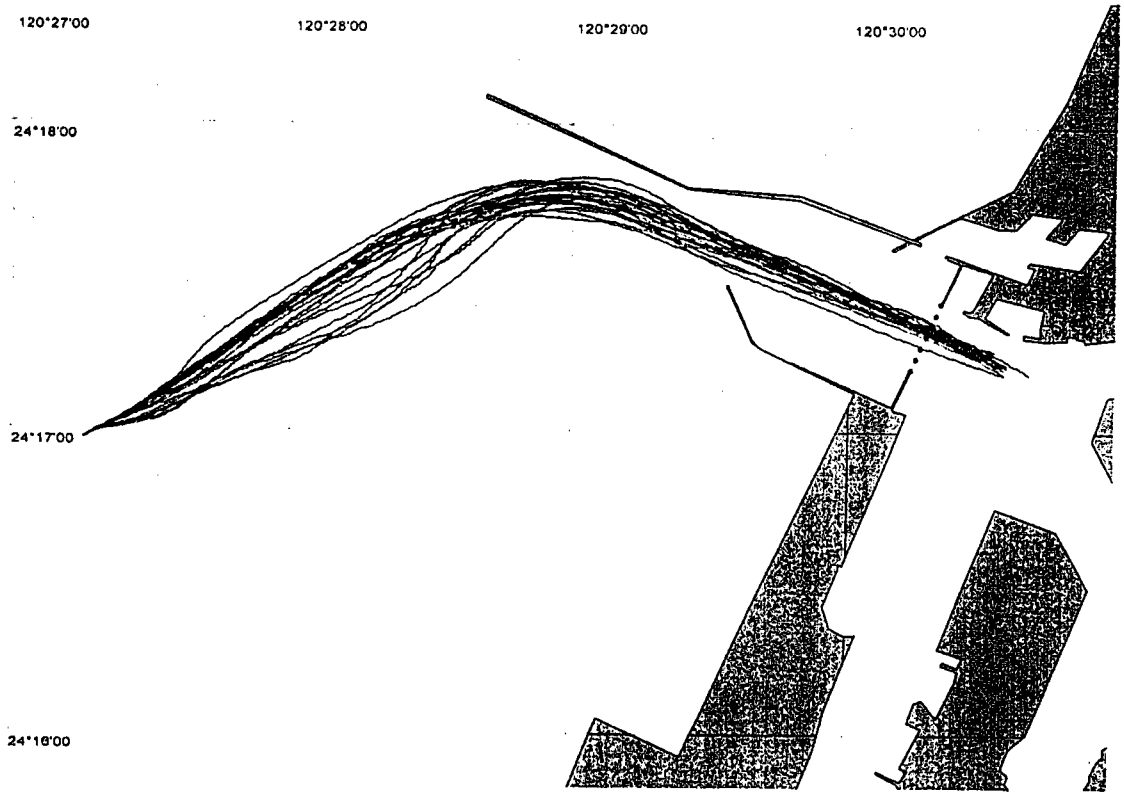


圖 2-8 替選方案一進港快速操航船跡圖

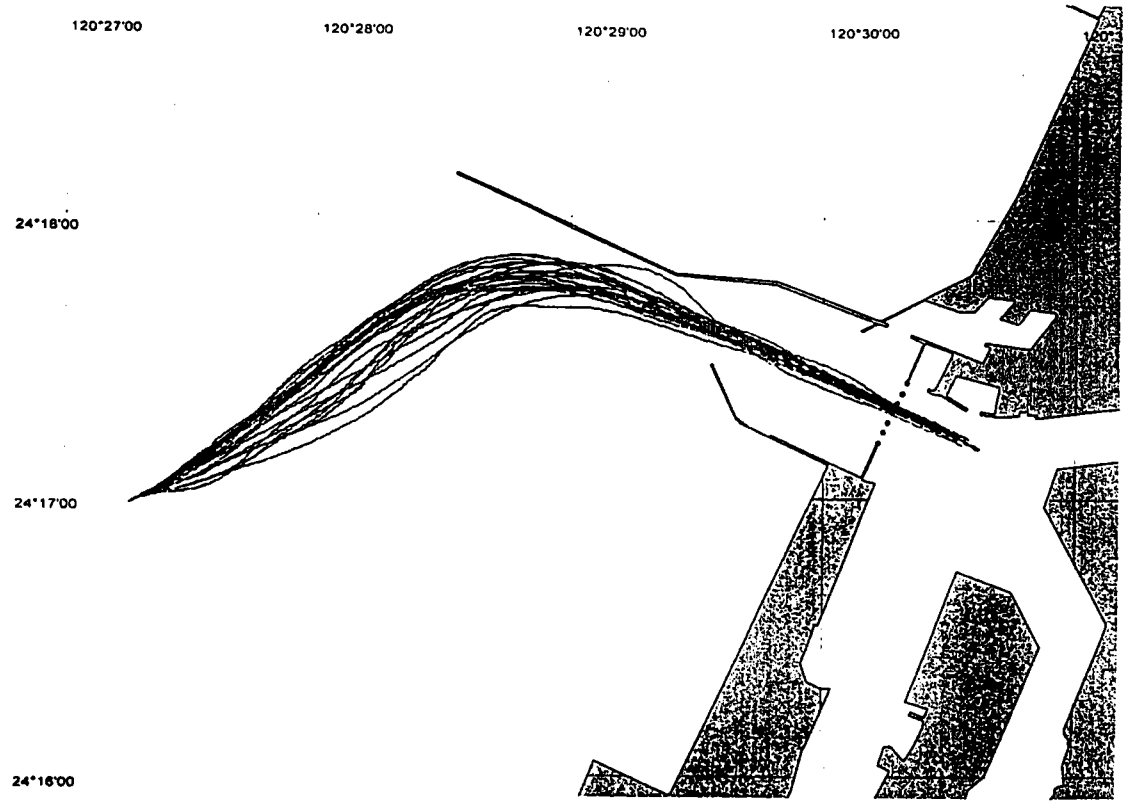


圖 2-9 替選方案六進港快速操航船跡圖

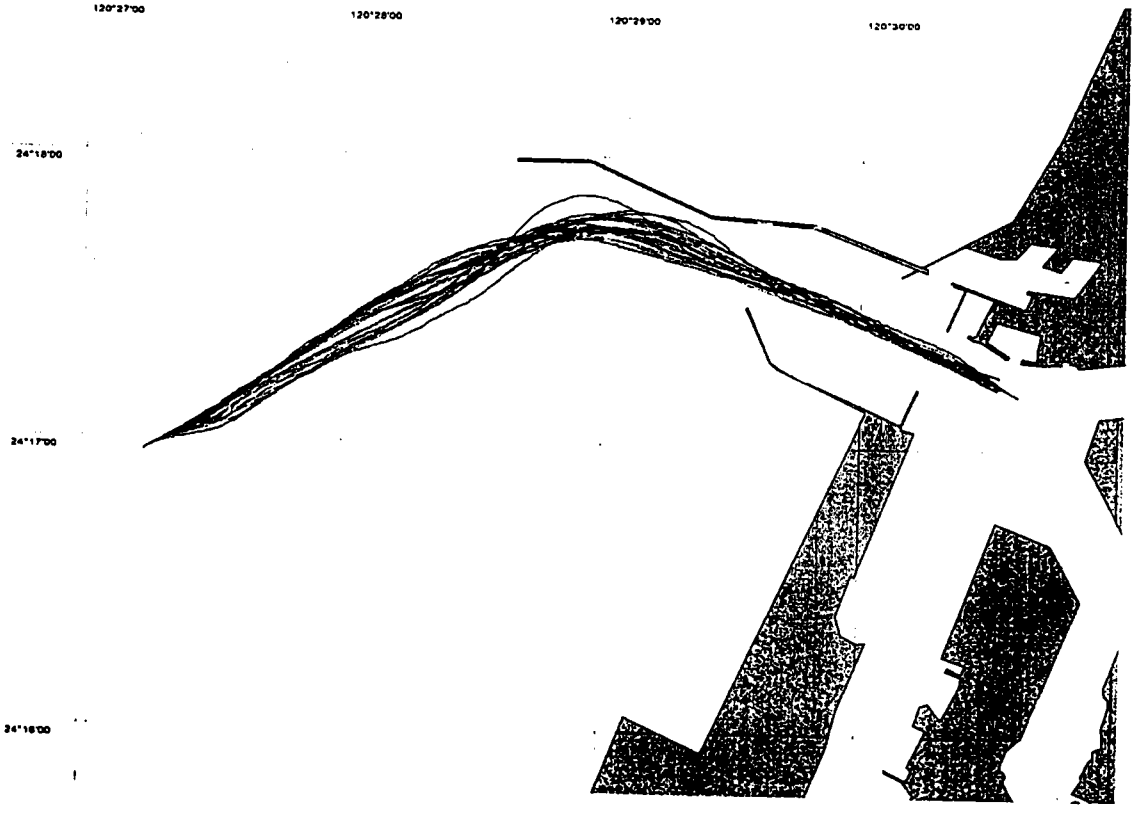


圖 2-10 替選方案七進港快速操航船跡圖

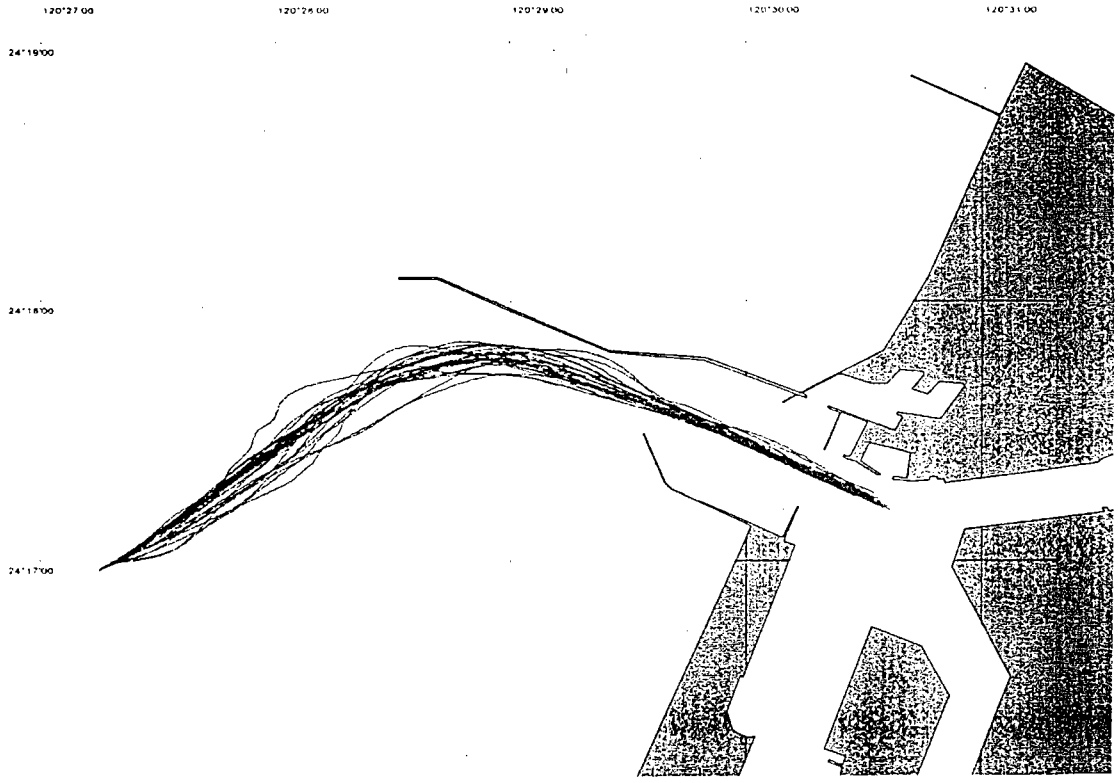


圖 2-11 替選方案八進港快速操航船跡圖

表 2-6 進港操航之船跡位置統計結果

試驗方案		控制線 1		控制線 2		控制線 3	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
現況佈置	距離(m)	230.3	69.9	208.3	39.4	179.1	24.7
	航速(kn)	5.7	1.6	5.8	1.7	6.0	1.8
方案一	距離(m)	232.0	57.5	211.8	48.7	180.8	29.7
	航速(kn)	6.0	1.6	5.8	1.6	5.9	1.6
方案六	距離(m)	234.0	57.3	209.6	33.0	183.7	16.8
	航速(kn)	5.9	1.6	5.9	1.7	5.9	1.8
方案七	距離(m)	234.1	60.4	215.4	33.3	182.2	20.2
	航速(kn)	5.7	1.6	5.6	1.6	5.9	1.6
方案八	距離(m)	229.6	65.1	206.0	33.5	174.1	22.1
	航速(kn)	5.9	1.6	5.9	1.5	6.0	1.6

依以上統計結果，各替選方案之舵角標準偏差十分相近。就船舶進港所需要馬力，可依據推進器之平均轉速來表示(the mean value of the propeller RPM's)。其中方案一最高值與方案七最低值相差 0.006rev/s 或 0.36rpm's。假設所需馬力與轉速成正比，則所需要動差相當於 2.5%左右。方案六及方案七就此參數有較佳之效果。

推進器轉速之標準差愈大，表示航行過程中需要調整偏移(setting)之次數愈多。對領港操航而言，所保留之操控彈性也就愈小。故就此觀點，以方案六與方案七對進出港船舶有較佳之操控性。

由船舶通過三條控制線之位置及速度亦可研判操船進港之難易度。對操航者而言，爲保留在停船前有較大航行能力，應儘量設法減小轉速(RPM's)。轉速平均值之標準偏差應儘可能降低。依此方案六及方案七將有較爲良好操船效果。而現況佈置，方案一及方案八操航之穩定性則較差。

本計畫試驗航道三個控制線將可呈現船舶通過最窄斷面之分佈。領港將選擇最直之路徑，以及早控制船向。同時，在港口應儘可能採較低速度通過，以期在進入內堤口可及早減速右轉進入南北主航道。故通過各控制線之標準差越低越好。依試驗成果，現況佈置及方案一標準差最高，較不理想；方案

六及方案七成效十分良好；而方案八除在外在第一條控制線稍差外，其餘均十分良好；此外，船舶通過三控制線之平均速度愈低愈好，方案六明顯較其他方案爲佳。

通過各控制線之航速標準差應愈小愈佳，以避免突然需要額外速度。但此因子在方案研選時重要性較低，依各方案試驗結果，仍以方案六及方案七較佳，現況佈置、方案一及方案八則較差。

2-5 出港航行模擬結果

出港操船模擬之結果分別以各方案之平面配置圖配合航行軌跡圖示，以及統計分析結果之表示。

1.各配置方案船跡

出港時四種船型其啓始(基本)操控設定(handle setting)爲表 2-7

表 2-7 出港時 Fast-time 試驗船型啟始操控設定

船型	操控設定(m/s)
3011 大型貨櫃輪	4.0
3082 散貨輪/空載	4.0
3110 散貨輪/滿載	4.8
3115 貨櫃輪	4.0

圖 2-12~圖 2-16 表示現況佈置及各替選方案出港操航船跡圖。

2.統計結果

由於各替選方案僅進行 7 次出港模擬，經整理各方案在出港航行舵角、操推進器轉速及船跡位置，並作統計結果如表 2-8 及表 2-9 所示。

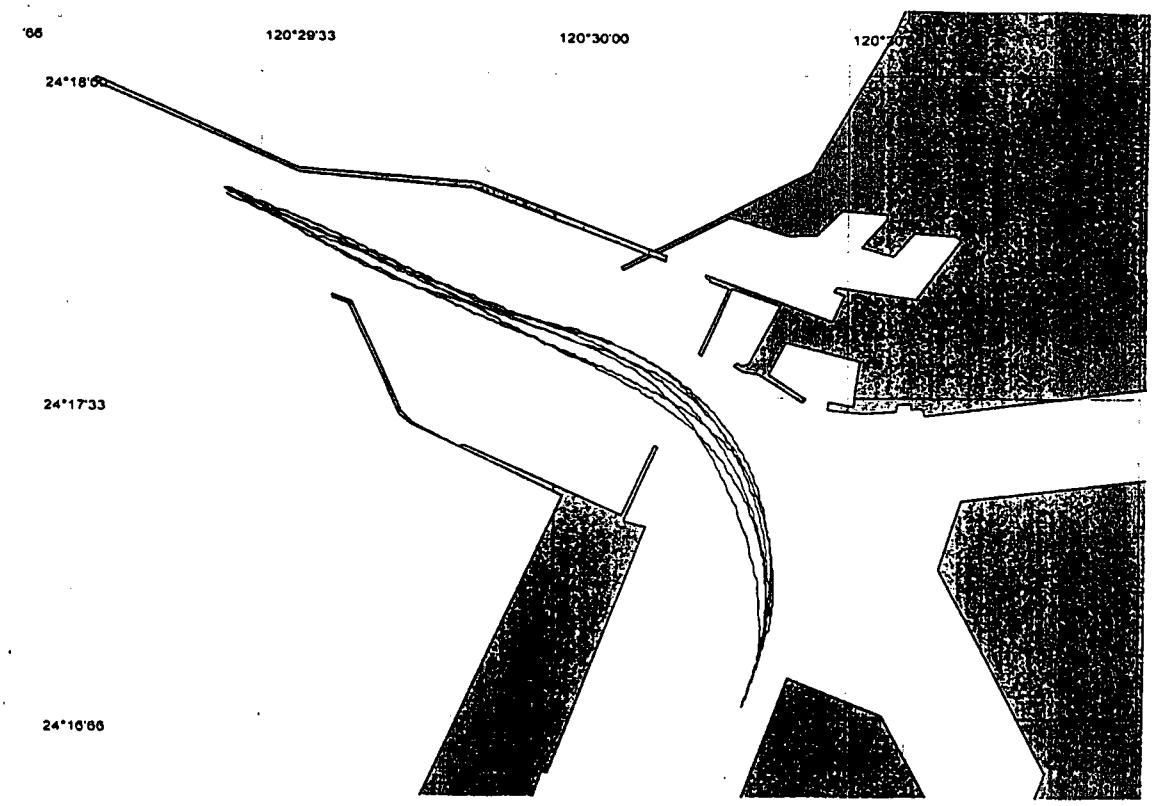


圖 2-12 現況佈置出港快速操航船跡圖

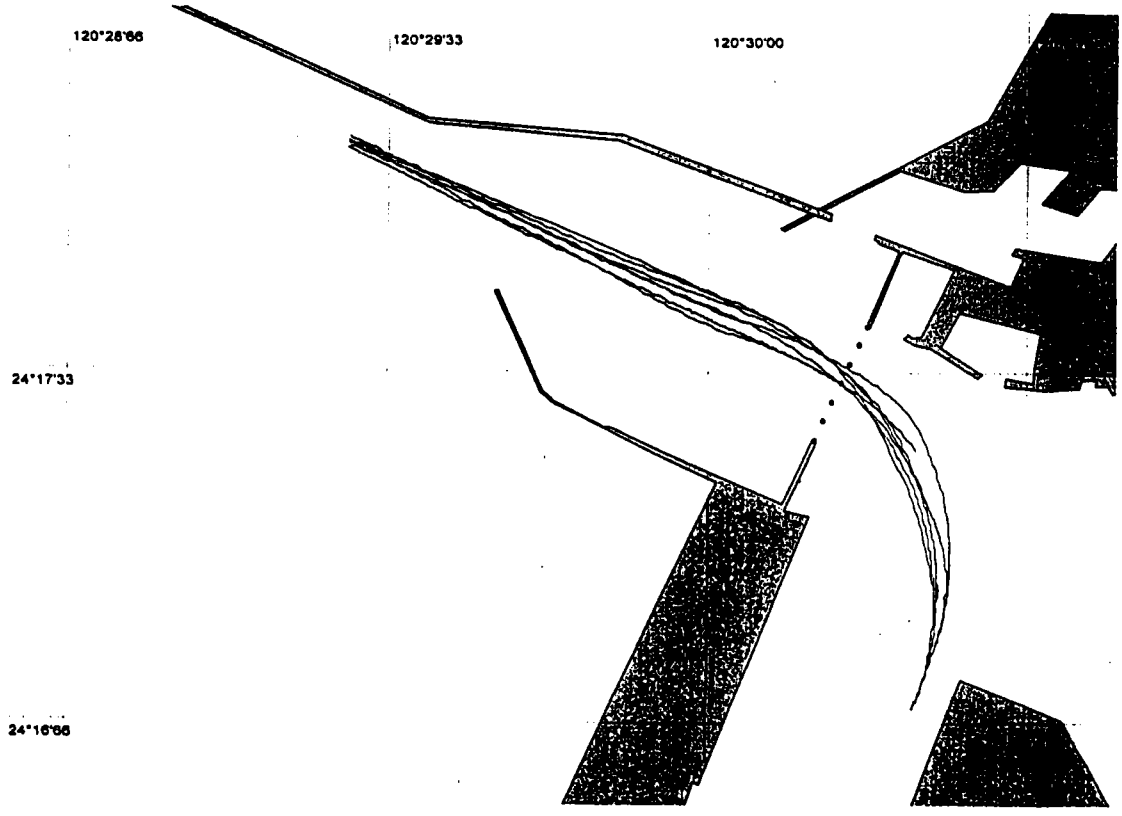


圖 2-13 替選方案一出港快速操航船跡圖

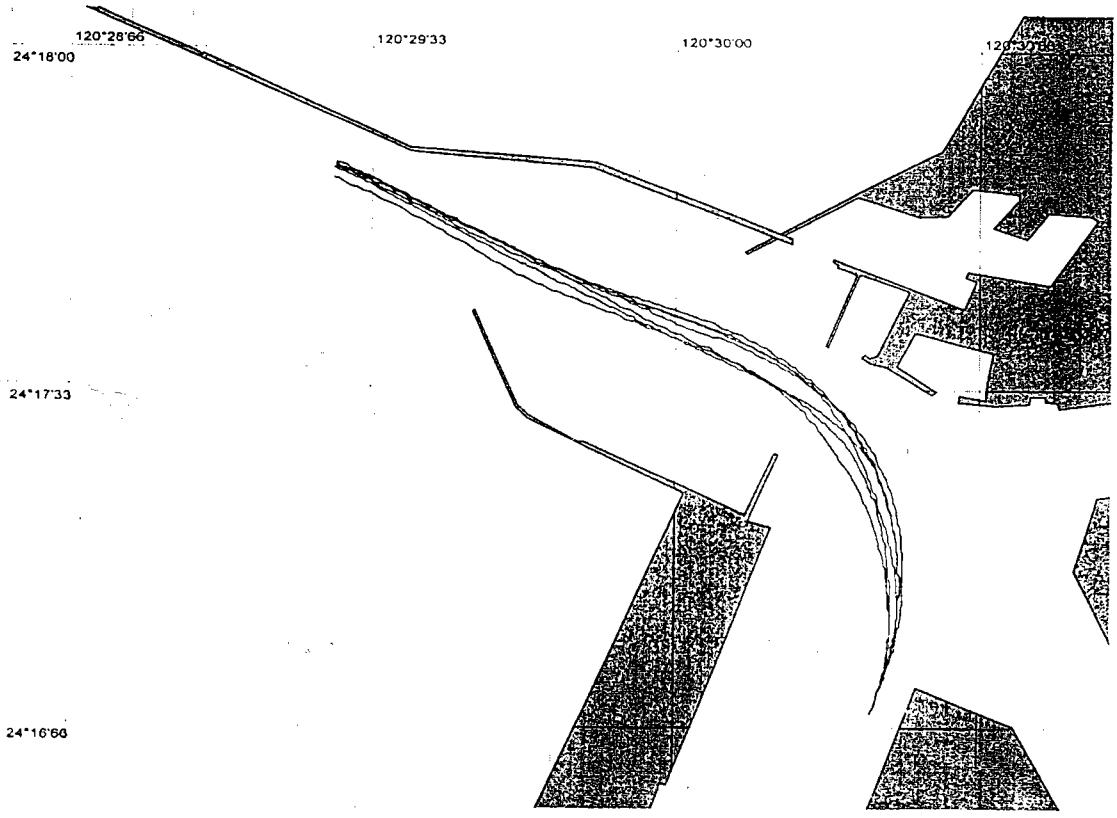


圖 2-14 替選方案六出港快速操航船跡圖

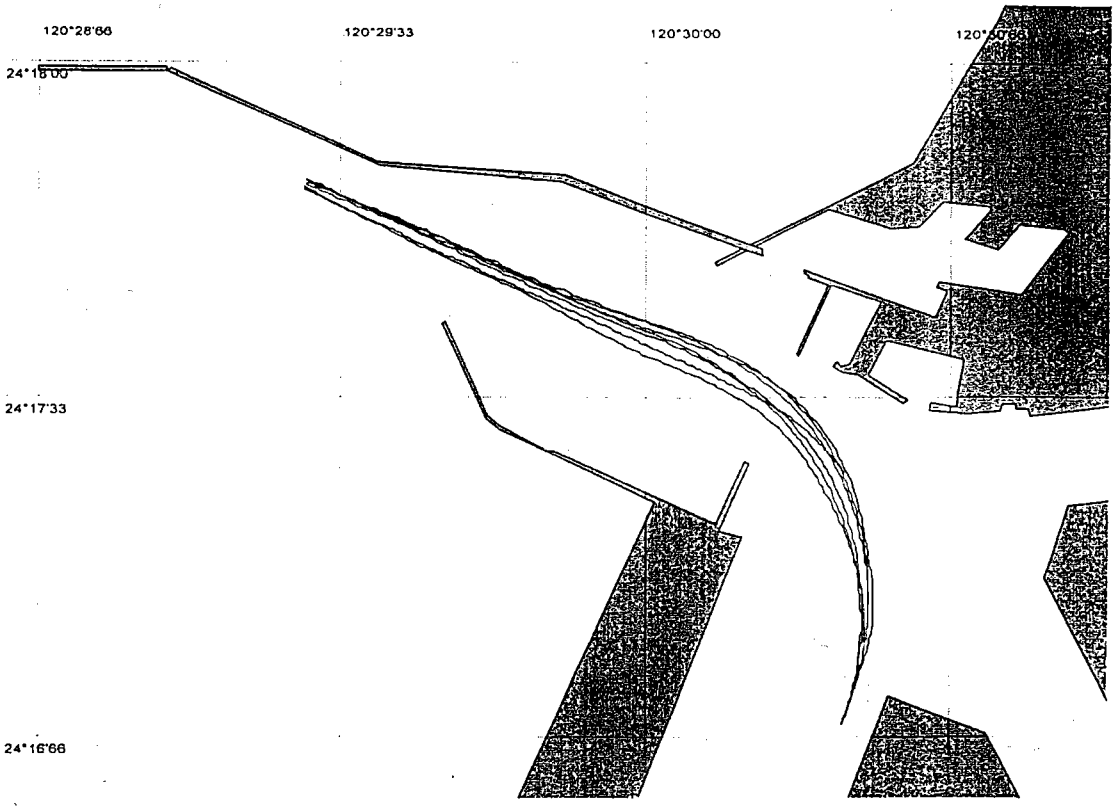


圖 2-15 替選方案七出港快速操航船跡圖

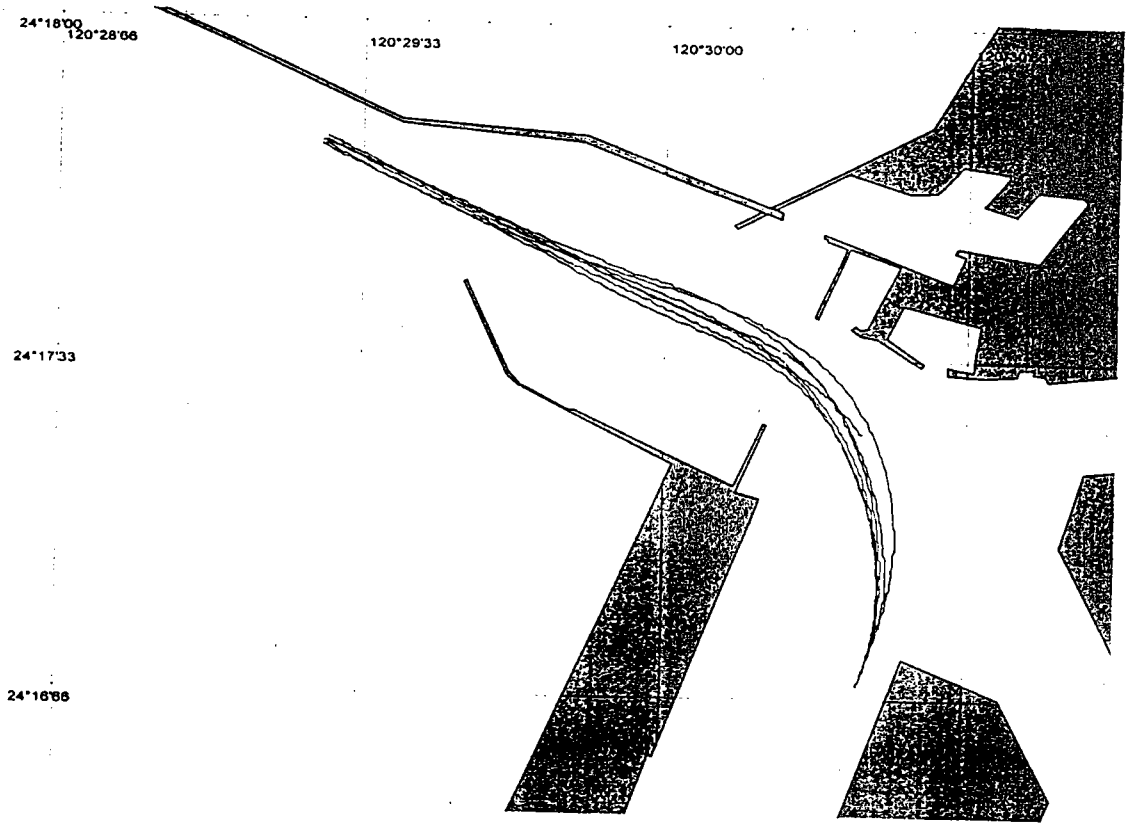


圖 2-16 替選方案八出港快速操航船跡圖

表 2-8 出港操航之舵角及推進器轉速

試驗方案	舵　角		推進器轉速(rad/s)	
	平均值	標準差	平均值	標準差
現況佈置	11.7	15.1	0.743	0.107
方案一	11.8	14.2	0.791	0.136
方案六	12.8	14.4	0.764	0.120
方案七	12.3	13.6	0.772	0.112
方案八	12.6	13.5	0.728	0.112

表 2-9 出港操航之船跡位置統計結果

試驗方案		控制線 1		控制線 2		控制線 3	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
現況佈置	距離(m)	175.6	11.1	179.2	22.1	182.9	39.4
	航速(kn)	7.80	1.52	7.55	1.57	6.51	1.55
方案一	距離(m)	171.8	13.4	172.6	20.4	195.6	21.7
	航速(kn)	8.31	2.01	8.21	2.17	7.35	2.16
方案六	距離(m)	169.6	17.2	178.9	26.1	184.3	42.2
	航速(kn)	7.72	1.15	7.60	1.16	6.71	1.09
方案七	距離(m)	168.0	17.0	169.0	22.2	191.2	42.8
	航速(kn)	7.89	0.91	7.77	1.09	6.77	1.20
方案八	距離(m)	179.9	13.1	184.7	15.3	197.3	38.31
	航速(kn)	7.74	1.04	7.51	1.12	6.50	1.16

依上表各替選方案舵角之標準偏差差異均非常小，其中以方案七及方案八相對較小。

爲避免船舶偏移(setting)所需最小平均速度，以現況佈置及方案八相對最小。而其標準差則以方案七及方案八相對較小。

依上述統計結果，方案八相對其他方案出港操航安全性較佳。但在方案評選時應注意，各替選方案僅進行 7 次操航，此結果僅適於初步之參考。

2-6 小結

綜合上述140次進港操航及35次出港操航模擬結果，就進港安全性而言，各替選方案並無明顯之差異性。由進港操航之各方案的航行軌跡圖可發現其統計差異相當小。而差異小主要原因就是由目視即可見各方案的流場差異性並不大，故操航結果也近似。

利用進港操航統計的結果和所模擬產生的各航行軌跡圖目視來研判，整理出其比較結果，詳表 2-10。

表 2-10 比較重要的評估結果

項次	比較項	較佳港口	較差港口	權 重
1	控制線 1 距離的標準差	六、一、七	八、現況	高
2	轉彎後的船跡包絡線	七、六、現況	八、一	高
3	推進器轉速(平均值)	七、六	現況、八、一	高
4	推進器轉速(標準差)	六、七	現況、一、八	高
5	控制線 3 航速的平均值	一、七、六	八、現況	中

至於選擇這些項次來做爲評估結果的依據，乃由於船跡的包絡線(項次 2)最能顯示出操航過程中的各種困難度及操控結果。而控制線 1 距離的標準差(項次 1)則能表現出船隻如何接近港口或轉彎的情況。推進器轉速平均值(項次 3)和標準差(項次 4)則是反應出操控的難易度。控制線 3 航速的平均值(項次 5)的重要性在於能顯現出船隻在港口內停車的能力。至於其權重較低的原因乃由於在所有的替選佈置停車都沒有任何問題。

依據表 2-10 的比較評估結果，可得方案六和方案七較佳，方案八在所有的佈置中結果最差；現況佈置和方案一則依不同的評估方式有不同的優劣點。

由於評估的差異相當小，因此其結果僅適做初步的參考。但是非常明顯的是北堤的延長絕對會增加操船的安全度，此乃由於引水人員在進港時可提前登輪，增加作業時間。而南堤的拆除會增加操船的空間，亦會提昇安全度。

參、Real-time 真時操船模擬

3-1 操船模擬工作人員

丹麥海事研究所實際參與本次真時操船模擬人員，計有 Jorgen 船長、Keld 船長以及軟體工程師 Frank。兩位資深船長自身的航海經驗都相當的豐富，對於模擬機的操控更是駕輕就熟。其中一位船長主觀性較強，常主動提供操船時之建議，另一位則是配合性較高，能同時獲得兩種不同類型船長配合，對於整個操船模擬的客觀性相當有幫助。軟體工程師 Frank 更是如同千手如來，一個人同時應付兩個操船模擬機室；舉凡船型的更換，流場或風速的設定，以及拖船的配合，試驗過程的記錄，執行起來都是有條不紊。也因此試驗一結束馬上就有分析結果可以進行討論，提昇不少工作效率。

除了海事研究所的工作人員外，台中港引水人辦事處選派兩位資深領港會同進行操船模擬試驗，一位是趙主任毓麟；另一位是蔡領港長衛先生。兩位領港都是二十餘年的領港經歷，同時也都具有台中港實地領港的經驗，對於現況操航的困難點或應注意事項都非常清楚，此對本次試驗結果，更具完善性與可靠性。

全體工作人員從早上八時三十分先進行操航計畫的工作討論。九時起分別於兩個模擬機室進行試驗，中午約 1 小時的午餐及休息後，繼續工作到下午五時左右結束；然後進行當日操航結果的綜合討論。海事研究所工作人員全程的投入工作精神令人感佩。

3-2 操船模擬機

本次真時操船最難得的就是 DMI 同時提供本所兩座最新式的操船模擬機室來執行操船模擬，其中就包括了該所最新式 360 度視角的模擬機室。不過由於此次操船模擬並不須要使用到全部的視角，因此實際的視野仍只顯現出大約 210 度的視角景窗。若要觀察兩側及後側的景物時，則可隨時利用備用螢幕來切換監測，非常方便。

兩座模擬機室完成的期間大概只有兩年左右，無論是操控儀器或附屬設備都可說是相當的新式和進步。無論定速裝置，前後車，手轉舵或搖桿舵的切換，各種儀表的顯示，都相當的齊全。而且大部份的設備都設計成單體模組，對於儀器的更新和汰換也非常方便。

3-3 模擬船型

本次試驗主要目的爲探討第四代貨櫃輪與 12.5 萬噸散貨輪在有拖船或無拖船之協助下所需港口航道之安全寬度，爲滿足此預期目標，本所曾先進行多次之諮詢會議以選定試驗的船型。各船型基本資料如表 3-1 所示，船型規格及特性詳附錄 B 。

表 3-1　試驗船型基本資料

船型編號	型　式	船長(LOA)（公尺）	船長(LPP)（公尺）	船　寬（公尺）	吃　水（公尺）	自由度
3040	汽車船(滿載)	-	190.00	32.35	9.50	6
3060	貨櫃船(半載)	294.12	284.70	32.20	10.50	6
3082	油輪(空載)	-	284.70	39.90	7.10	6
3099	貨櫃船(滿載)	292.08	277.00	32.20	12.20	6
3110	散貨船(滿載)	-	265.00	43.00	16.00	6

3-4 港口擴建替選方案與海氣象條件設定

由於台中港一港口爲既有設施，且擴建計畫與港池及漁港水域靜穩、工程經濟性及計畫進港船舶的操航安全有關。因此可能採行之擴建方式，不外乎拆除部份防波堤以拓寬航道，以及延建北防波堤擴大港口前遮蔽水域範圍等。由此原則所研擬之眾多擴建方案中，因囿於真時操船模擬試驗之有限次數下，必須先選取一較佳之擴建替選方案。因此在先期作業中根據水工模型試驗及數值模擬計算結果，進行多次諮詢會議後，決定以北防波堤順原堤線延長 480 公尺，南外堤拆除 93 公尺，南內堤拆除 50 公尺爲真時操船模擬試驗時港口擴建方案，據此探討該佈置對於計畫船舶的操航安全性，並作進一步可能的修正。此佈置方案如圖 3-1 所示。

台中港由於海氣象狀況於冬季季節時較差，對操航也較不利，其主要影響因素爲風力及海流。根據本所進行的海氣象資料統計分析及海流數值模擬計算結果選定操船模擬試驗之海氣象條件如下表 3-2。

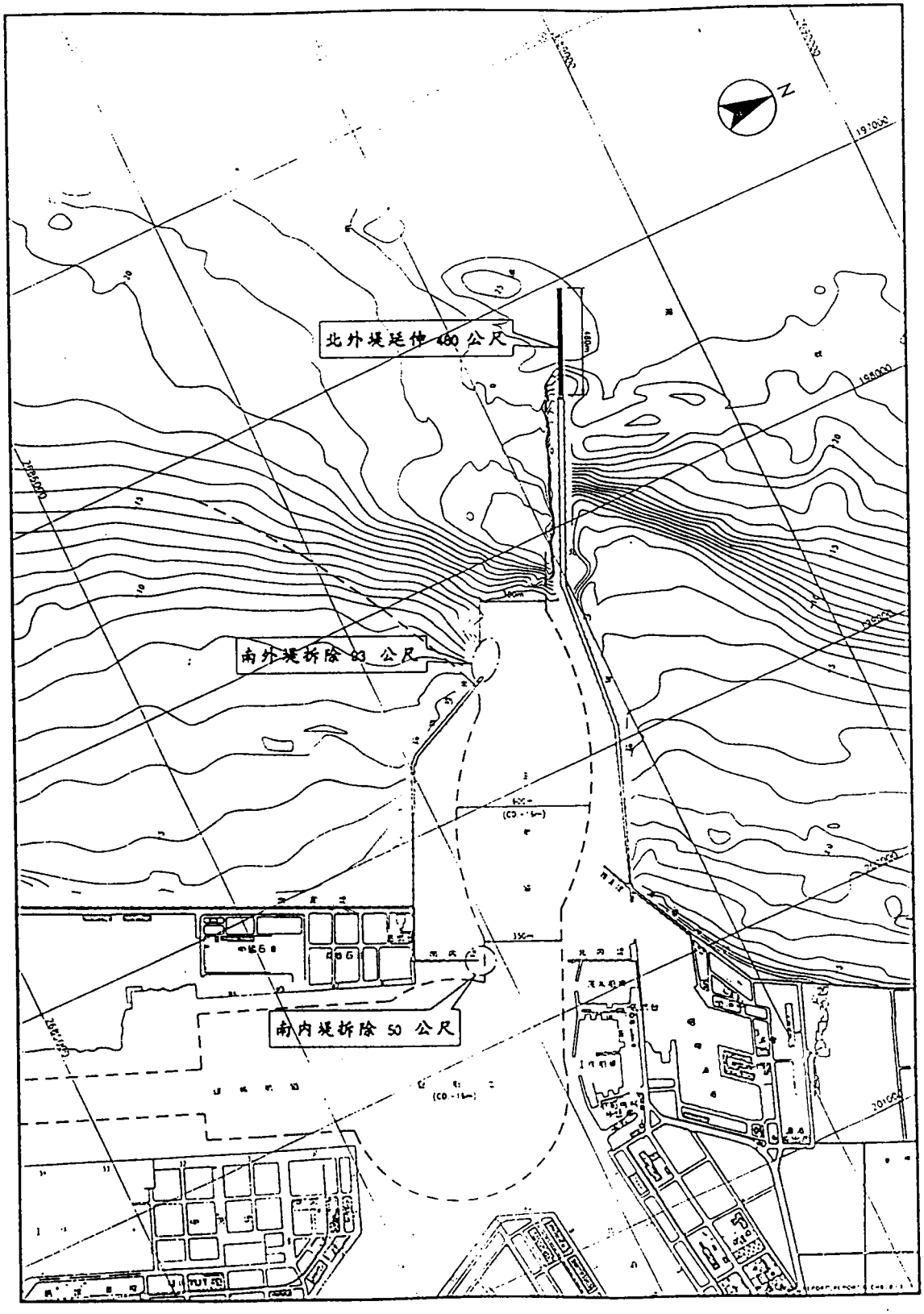


圖 3-1　港口擴建替選方案佈置圖

表 3-2 操船模擬試驗時之海氣象條件

風速(m/sec)	風向	波高(m)	波向	流場
15	NNE	3.0	NNE	漲潮及退潮時段
20	NNE	4.0	NNE	漲潮及退潮時段

上述表中之流場型態如圖 3-2 至圖 3-5。圖中顯示流場型態隨潮汐是屬漲潮或退潮時段而有所不同。此處分別選取各時段中於內堤口有較大的流速時刻資料爲依據。這樣的選取是考慮船舶進出港時於內、外堤口間是最危險的航程。上述流場爲本所利用 MIKE-21 計算所得之結果提供給海事研究所建置在操船模擬系統中。

3-5 模擬試驗過程與結果

本次試驗在全體工作人員努力下共進行 113 次(合約規定 72 次)操船模擬，詳如表 3-3。由於考量在退潮時段而風速 20m/sec 時操航較困難，因此此部份的操航次數較多，以便有較精確的操航安全性評估。此外各航次的操航軌跡圖及相對應的船向、船速、舵角等記錄也一併繪製成圖。所有 Real-time 真時操船模擬所執行的操航歷程圖和操航船跡圖整理如附錄 C，由上述圖中資料可隨時檢討及修正下一個操航計畫。

在每一個操航過程中，每次操航的設定和船隻位置等資料都予以儲存再將其繪出。其中操航的歷程圖整理在附錄 C 的左手邊，而船隻的船跡圖則置於右手邊以便互相對照。操航歷程圖包含操航過程中的各種操控資訊，包括：

- Ship heading (deg.)
- Longitudinal speed over bottom (knots)
- Drift speed fore (knots)
- Drift speed aft (knots)
- Turn rate (deg./min)
- Handle setting (fraction)

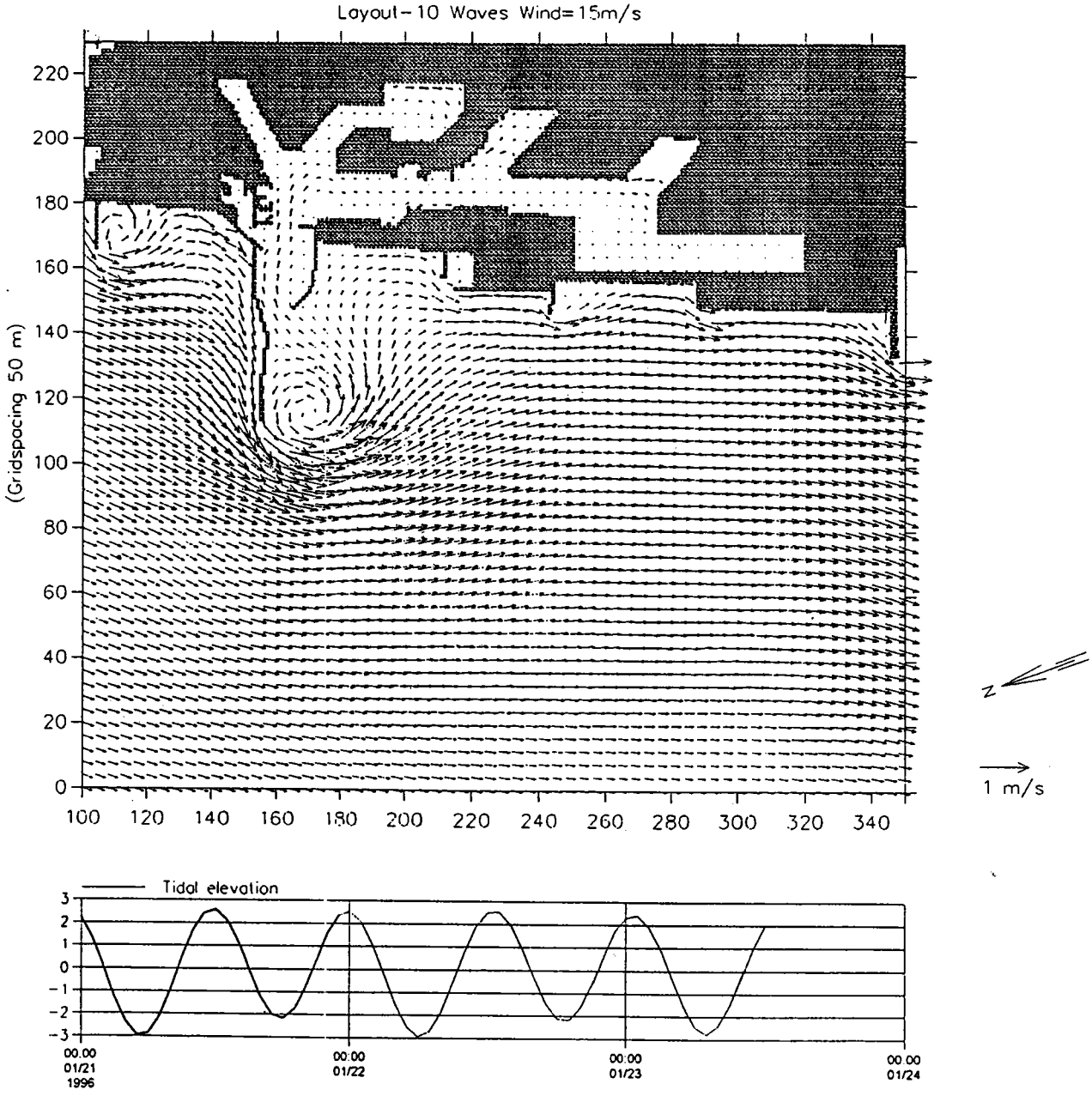


圖 3-2　港口擴建替選方案在風速 15m/s 漲潮時流場模擬

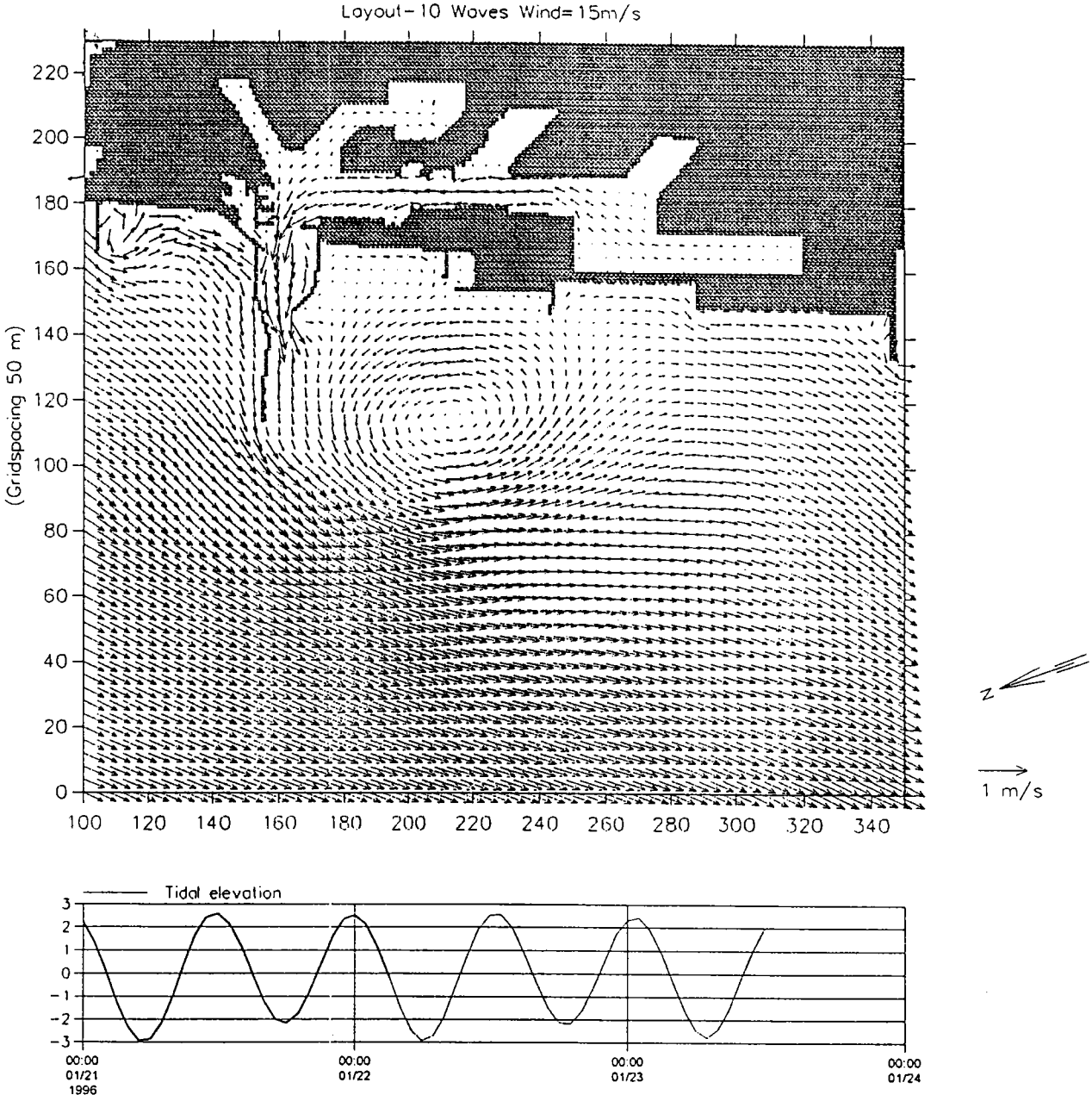


圖 3-3　港口擴建替選方案在風速 15m/s 退潮時流場模擬

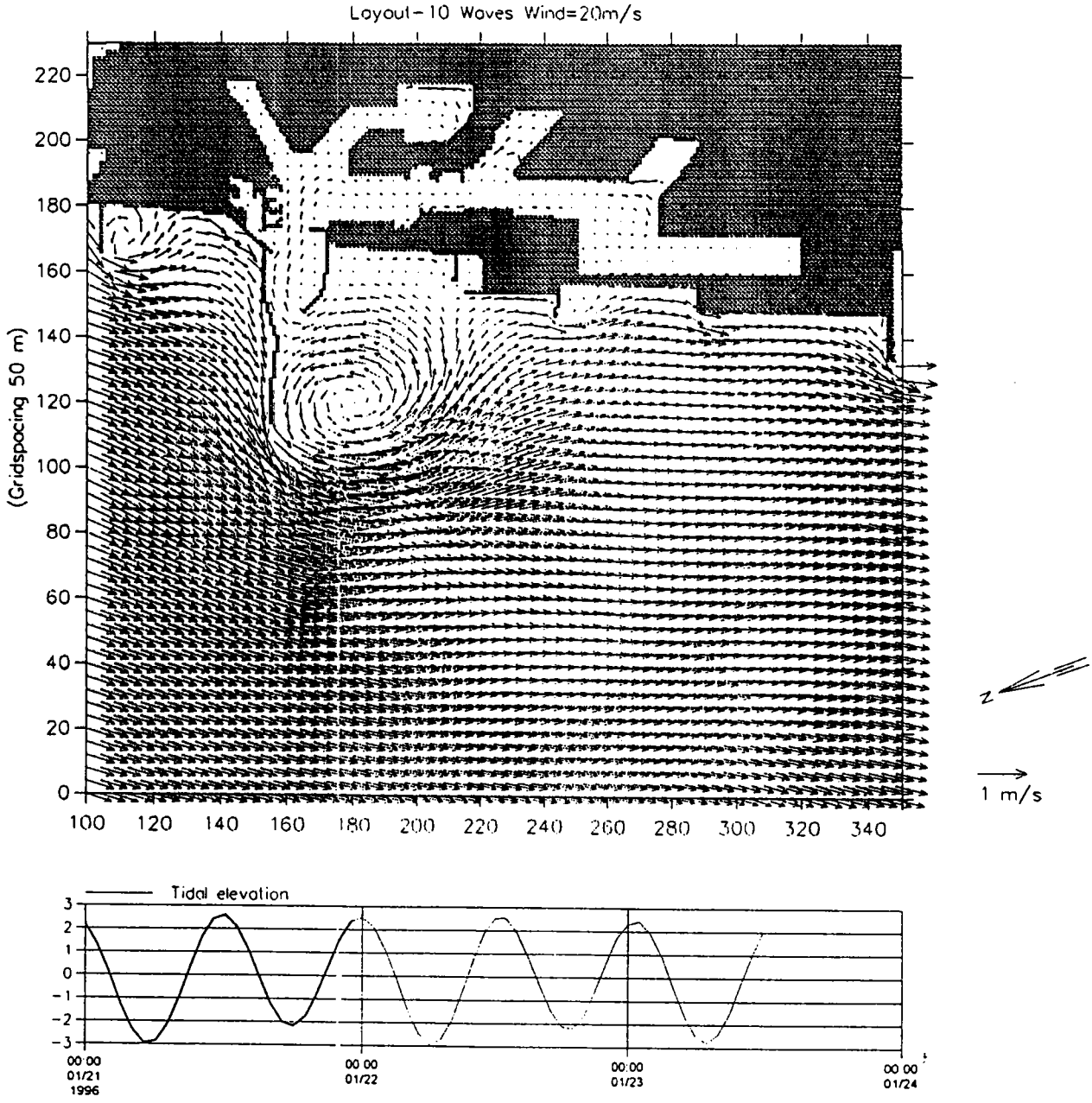


圖 3-4　港口擴建替選方案在風速 20m/s 漲潮時流場模擬

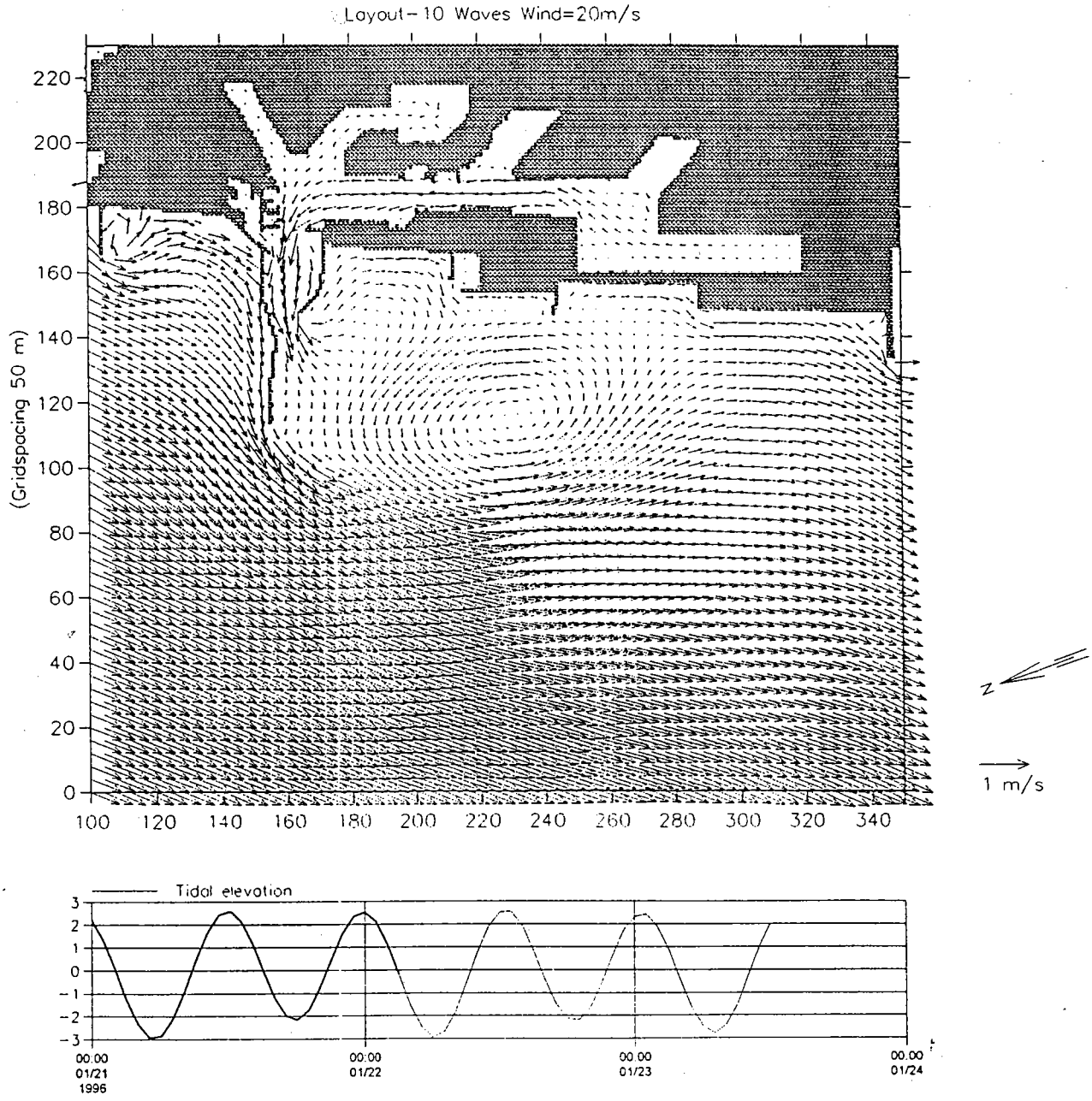


圖 3-5　港口擴建替選方案在風速 20m/s 退潮時流場模擬

表 3-3 Real-time 真時操船模擬試驗記錄表

Run nr.	Ship	Bridge	Start position				Wind	Gusts	Current	Depth	Waves	Captain	Pilot
			Lat.	Long.	Heading	Speed	(m/s)			(m)			
101	3011	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	nil	-	nil	16	nil	KOI	Tsai
102	3011	A	24 17 00 N	120 30 60 E	324	2	nil	-	nil	16	nil	KOI	Tsai
103	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	KOI	Tsai
104	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	KOI	Tsai
105	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	no	Flood	16	3 m - 203	KOI	Tsai
106	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	no	Flood	16	3 m - 203	KOI	Tsai
107	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	KOI	Tsai
108	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	KOI	Tsai
201	3110	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	nil	-	nil	16 + 1.5	nil	KOI	Tsai
202	3110	A	24 16 25 N	120 30 15 E	020	4	nil	-	nil	16 + 1.5	nil	KOI	Tsai
203	3110	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	15 - NNE	yes	Ebb	16 + 1.5	3 m - 203	KOI	Tsai
204	3110	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	15 - NNE	yes	Ebb	16 + 1.5	3 m - 203	KOI	Tsai
205	3110	A	24 16 26 N	120 30 14 E	020	1.5	15 - NNE	yes	Ebb	16 + 1.5	3 m - 203	KOI	Tsai
206	3110	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	15 - NNE	yes	Flood	16 + 1.5	3 m - 203	KOI	Tsai
207	3110	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	15 - NNE	yes	Ebb	16 + 1.5	3 m - 203	KOI	Tsai
301	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	KOI	Tsai
302	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	KOI	Tsai
303	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
304	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
305	3040	A	24 17 05 N	120 30 88 E	197	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
306	3082	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	KOI	Tsai
307	3082	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
308	3082	A	24 16 14 N	120 30 13 E	023	4	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
309	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
310	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	2	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
401	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
402	3060	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
403	3064	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
404	3064	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
405	3064	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai

Run nr.	Ship	Bridge	Start position				Wind	Gusts	Current	Depth	Waves	Captain	Pilot
			Lat.	Long.	Heading	Speed	(m/s)			(m)			
501	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
502	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
503	3040	A	24 17 05 N	120 30 88 E	018	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Tsai
504	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	KOI	Tsai
505	3040	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	KOI	Tsai
506	3099	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Flood	16	nil	KOI	Tsai
507	3099	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Flood	16	nil	KOI	Tsai
508	3099	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Ebb	16	nil	KOI	Tsai
509	3099	A	24 16 85 N	120 27 45 E	048	5	20 - NNE	no	Ebb	16	nil	KOI	Tsai
601	3110	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
602	3110	A	24 16 71 N	120 30 46 E	047	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
603	3099	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	no	Ebb	16	nil	KOI	Chao
604	3099	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	no	Ebb	16	nil	KOI	Chao
701	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
702	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	nil	KOI	Chao
703	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
704	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
705	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
706	3060	A	24 16 95 N	120 30 35 E	048	1	20 - NNE	yes	Ebb	16	1 m - 203	KOI	Chao
707	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
708	3060	A	24 17 19 N	120 30 41 E	124	1	20 - NNE	yes	Ebb	16	1 m - 203	KOI	Chao
709	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
710	3060	A	24 17 05 N	120 30 34 E	078	1	20 - NNE	yes	Ebb	16	1 m - 203	KOI	Chao
801	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	KOI	Chao
802	3060	A	24 17 11 N	120 30 58 E	038	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	1 m - 203	KOI	Chao
803	3060	A	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	KOI	Chao
804	3060	A	24 17 00 N	120 30 47 E	085	0	20 - NNE	yes	Flood	16	1 m - 203	KOI	Chao

Run nr.	Ship	Bridge	Start position				Wind (m/s)	Gusts	Current	Depth (m)	Waves	Captain	Pilot
			Lat.	Long.	Heading	Speed							
101	3040	B	24 17 00 N	120 30 60 E	324	2	nil	-	nil	16	nil	JT	Chao
102	3040	B	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	nil	-	nil	16	nil	JT	Chao
103	3040	B	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	yes	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
104	3040	B	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	yes	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
105	3040	B	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	yes	Flood	16	3 m - 203	JT	Chao
106	3040	B	24 17 00 N	120 30 60 E	324	2	15 - NNE	yes	Flood	16	3 m - 203	JT	Chao
107	3040	B	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	15 - NNE	yes	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
201	3082	B	24 17 00 N	120 30 60 E	324	2	nil	-	nil	16	nil	JT	Chao
202	3082	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	nil	-	nil	16	nil	JT	Chao
203	3082	B	24 16 66 N	120 30 32 E	020	4	15 - NNE	yes	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
204	3082	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	15 - NNE	yes	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
205	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	15 - NNE	no	Flood	16	3 m - 203	JT	Chao
206	3060	B	24 16 66 N	120 30 46 E	010	1	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
207	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
208	3060	B	24 16 69 N	120 30 49 E	023	1	15 - NNE	no	Ebb	16	3 m - 203	JT	Chao
301	3110	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16 + 1.5	4 m - 203	JT	Chao
302	3110	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16 + 1.5	4 m - 203	JT	Chao
303	3110	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16 + 1.5	4 m - 203	JT	Chao
304	3110	B	24 16 79 N	120 30 37 E	020	4	20 - NNE	yes	Ebb	16 + 1.5	4 m - 203	JT	Chao
305	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Chao
306	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
366	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
307	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
308	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
401	3040	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
402	3040	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
403	3040	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
404	3040	B	24 16 85 N	120 26 90 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
405	3040	B	24 17 052 N	120 30 88 E	018	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
501	3099	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
502	3099	B	24 16 59 N	120 30 16 E	043	2	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
503	3099	B	24 18 30 N	120 27 90 E	115	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
504	3099	B	24 16 63 N	120 30 33 E	043	1	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
505	3099	B	24 18 30 N	120 27 90 E	115	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
506	3099	B	24 16 63 N	120 30 37 E	030	2	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Chao
507	3099	B	24 16 85 N	120 27 45 E	062	5	20 - NNE	no	Flood	16	4 m - 203	JT	Chao
508	3099	B	24 16 58 N	120 30 35 E	040	2	20 - NNE	no	Flood	16	4 m - 203	JT	Chao
509	3099	B	24 18 30 N	120 27 90 E	115	5	20 - NNE	no	Flood	16	4 m - 203	JT	Chao
510	3099	B	24 19 275 N	120 27 00 E	135	5	25 - NNE	no	Flood	16	4 m - 203	JT	Chao

Run nr.	Ship	Bridge	Start position				Wind	Gusts	Current	Depth	Waves	Captain	Pilot
			Lat.	Long.	Heading	Speed	(m/s)			(m)			
601	3082	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
602	3082	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
603	3082	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai
604	3082	B	24 16 519 N	120 30 25 E	021	2	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai
605	3099	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
606	3099	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	no	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
701	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
702	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
703	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
704	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai
705	3060	B	24 16 452 N	120 30 37 E	014	1	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai
706	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai
707	3060	B	24 16 391 N	120 30 31 E	024	0	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai
708	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
709	3060	B	24 16 391 N	120 30 31 E	024	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
801	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
802	3060	B	24 16 391 N	120 30 31 E	020	0	20 - NNE	yes	Ebb	16	4 m - 203	JT	Tsai
803	3060	B	24 16 85 N	120 27 20 E	062	5	20 - NNE	yes	Flood	16	4 m - 203	JT	Tsai

- Rudder angle (deg.)
- Bow thruster force (kN)
- Stern thruster force (kN)

其所代表的意義爲：

- Heading：表示船隻相對於羅盤的縱向方位，角度從 0 到 360。
- Speed over bottom：船隻航行時相對於地面的速度，單位爲 knots。
- Drift speed force：表示船艏之橫向速度，右舷是正，單位爲 knots。
- Drift speed aft：表示船艉之橫向速度，右舷是正，單位爲 knots。
- Turn rate：船隻延著自身船軸轉動的速率，右舷是正，單位爲每分鐘多少角度。
- Handle：表示引擎的位置，向前爲正，單位從 0 到 1。
- Rudder：船舵相對於船隻縱向軸的角度，單位爲 Degrees。
- Thruster fore force：船艏橫向推力，右舷爲正，單位爲 Kilo Newton。
- Thruster aft force：船艉橫向推力，右舷爲正，單位爲 Kilo Newton。

爲了更清楚的瞭解整個操船模擬的結果，將各單次操航的船跡加以描繪重疊，以便得出在不同船型相同海象條件下之操船模擬結果(附錄 D)及相同船型不同海象條件下之操船模擬結果(附錄 E)

在試驗過程中發現船隻若以航向 60° 進港，則整個航行路線近似作一個 U 型迴轉，而且分別在內、外堤口作大角度的轉彎，此對中小型的船舶可能較無影響，但對船長近 300 公尺的大型船舶而言，則是一項困難挑戰，尤其是在冬季較惡劣的天候下。因此海事研究所的船長曾提議以航向 90° 進港，以避免作大角度的轉彎，不過操航結果顯示，船舶受到橫向東北季風的風壓作用，明顯有往南漂移的現象，船位的保持不易；此外北防波堤堤頭的流速急劇變化，使得船舶接近堤頭時操控不易，因爲假設一艘船長 300 公尺的貨船以 10 節高速進港，其通過北防波堤頭約需 60 秒，當船首進入堤頭內，而船尾仍在堤頭外時由於堤頭內、外流速大小明顯的差異，造成船首向左偏轉，船向不易控制，很容易撞上北防波堤。另外以 90° 進港船隻必須先繞至外海然後設定航向（必須考量船隻往南漂移距離），如此領港登輪地點勢必在船舶進入北防波堤頭後，如此進港船舶的船長必須獨立將船駛進北防波堤內，這

這對一個不熟悉台中港流及風力狀況的船長是否能克服前述船位與船向的維持困難，是一大疑問。經過大家討論後，還是以 60°爲進港主要航向。

船舶以 60°進港時在通過外堤口時就必須有較好的船位(船道中)及航向(至少 90°)，否則在外堤口至內堤口間短短的 1,600 公尺距離內要再修正船位與船向，已無充裕的空間與時間，正如俗語說「好的開始是成功的一半」。此外船舶通過內堤口時除了航向與船位要注意外航速也必須有適當的控制，否則進入迴船池後若無適當的拖船協助，則船舶無法轉入內港主航道，或停船於迴船池。事實上內堤口的流速於退潮時段相當大約達 1.5 節(流向西北)，再加上東北季風的橫向作用，船隻易向左偏轉，而無法順利右轉進內港航道，除非有較高的船速，以增強舵效，使其右轉，但太高的船速則發生不易停船的可怕情況。因此領港進內堤口航速的控制是非常重要，過高或過低的船速都可能發生操航失敗，所以領港必須在此窄小的水域空間內全神貫注隨時注意船位，船向與船速，以便迅速作正確的操作反應，稍一疏忽或不留神則容易發生事故。

在本次操航試驗中發現海氣象外力條件如海流流速、流向及風速、風向對操航結果有明顯影響，尤其是受風面積較大的汽車船及半載貨櫃船。以本次試驗所選用之港口佈置方案而言對於計畫進出港之各船型，在風速小於 20m/sec 之退潮時段，由熟悉台中港之資深領港以精純之操船技巧與最大之警覺注意力及馬力足夠之拖船護衛協助，應可順利進出。換言之本計畫所研擬之擴建方案經真時操船模擬試驗評估其操航安全初步認爲可行。

3-6 困難或較危險之操航探討

在試驗操航中，部份操演領港尚無法完全掌握船舶操縱特性以及海況環境，曾有 24 次過於接近結構物或主航道邊界之狀況，各種可能出現困難或危險狀況典型案例如圖 3-6～圖 3-12 所示。茲將各困難及危險操航問題整理如表 3-4 所示。

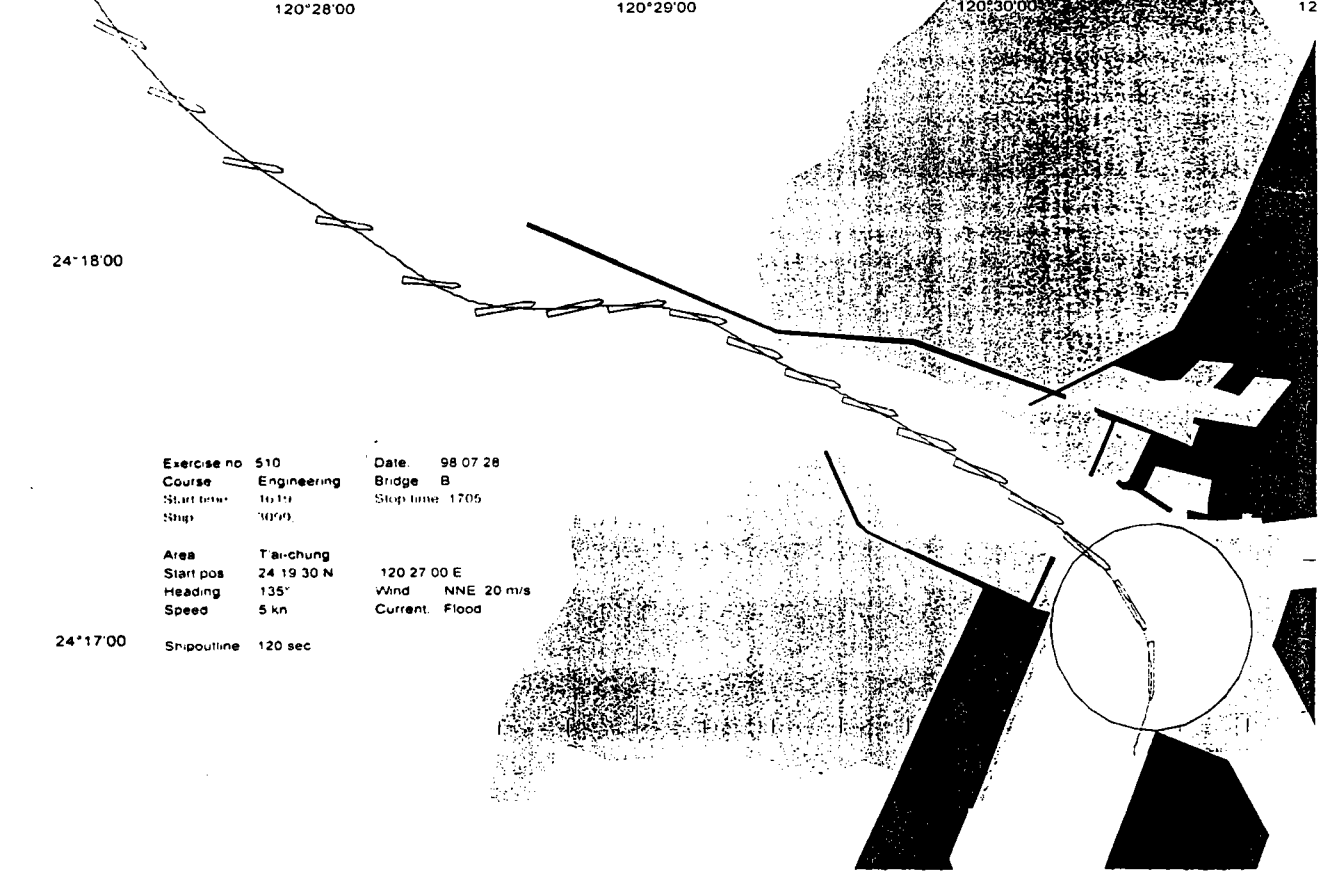


圖 3-6 船舶進港時發生接近北外堤情況之船跡圖

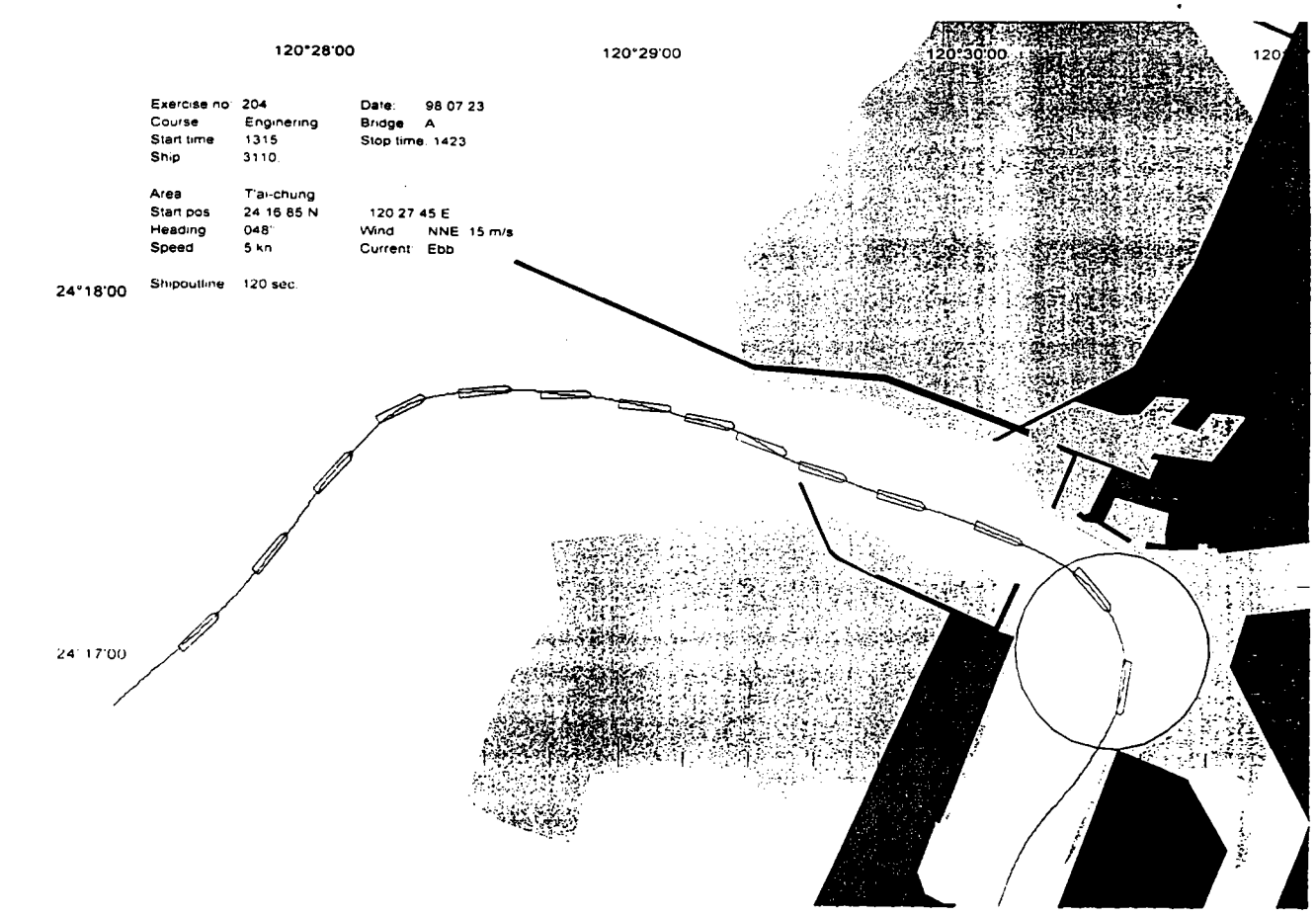


圖 3-7 船舶進港時發生接近南外堤情況之船跡圖

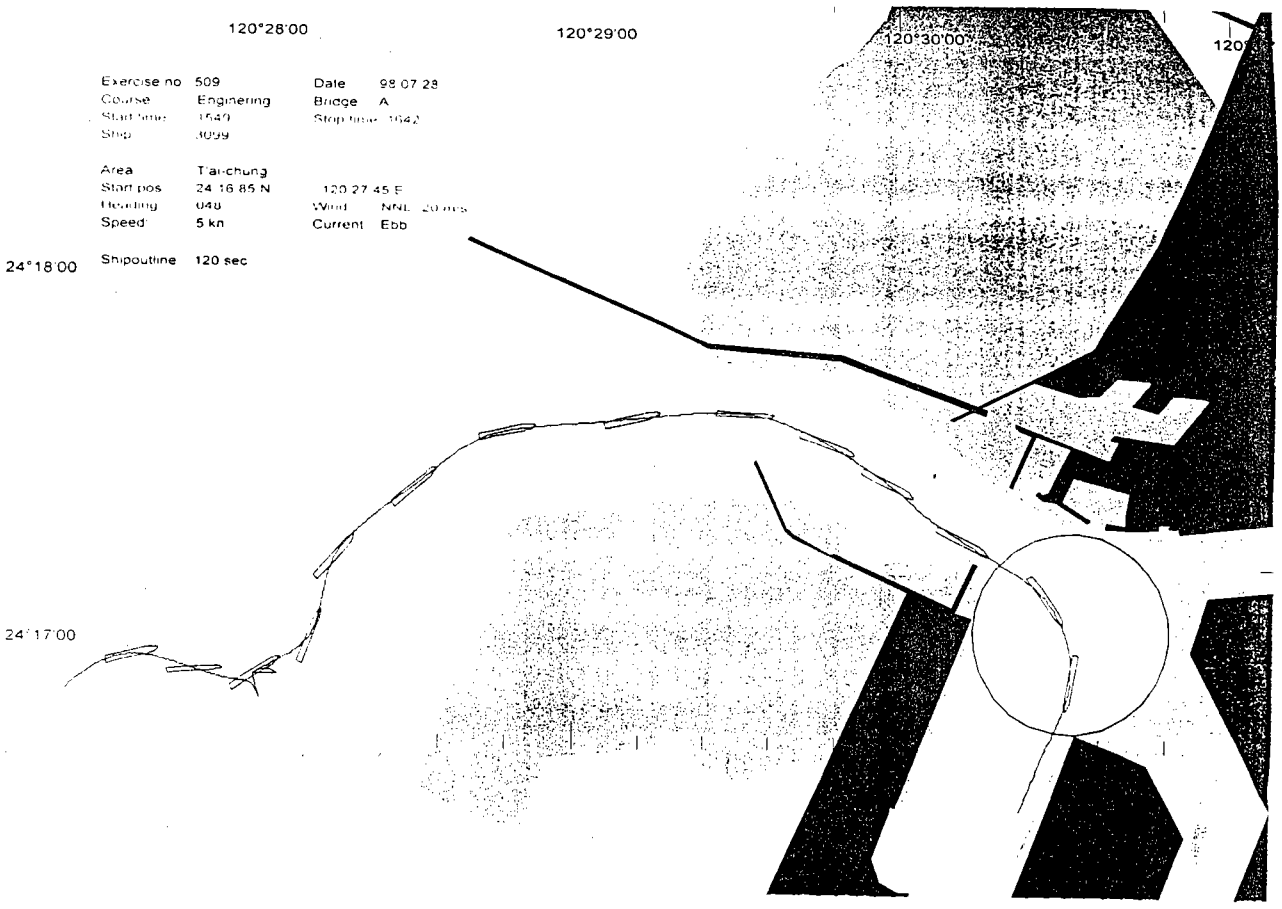


圖 3-8 船舶進港時發生接近南內堤情況之船跡圖

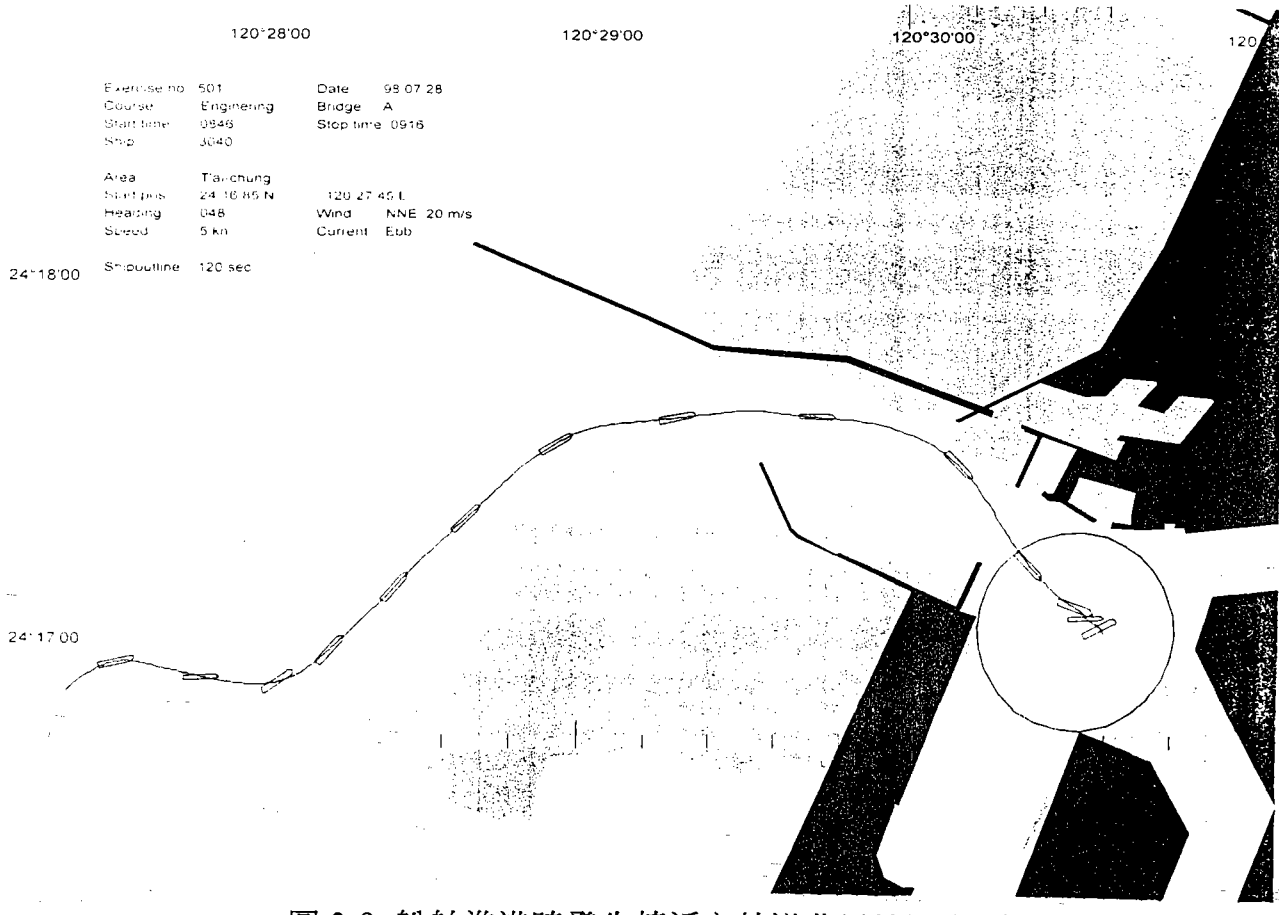


圖 3-9 船舶進港時發生接近主航道北界情況之船跡圖

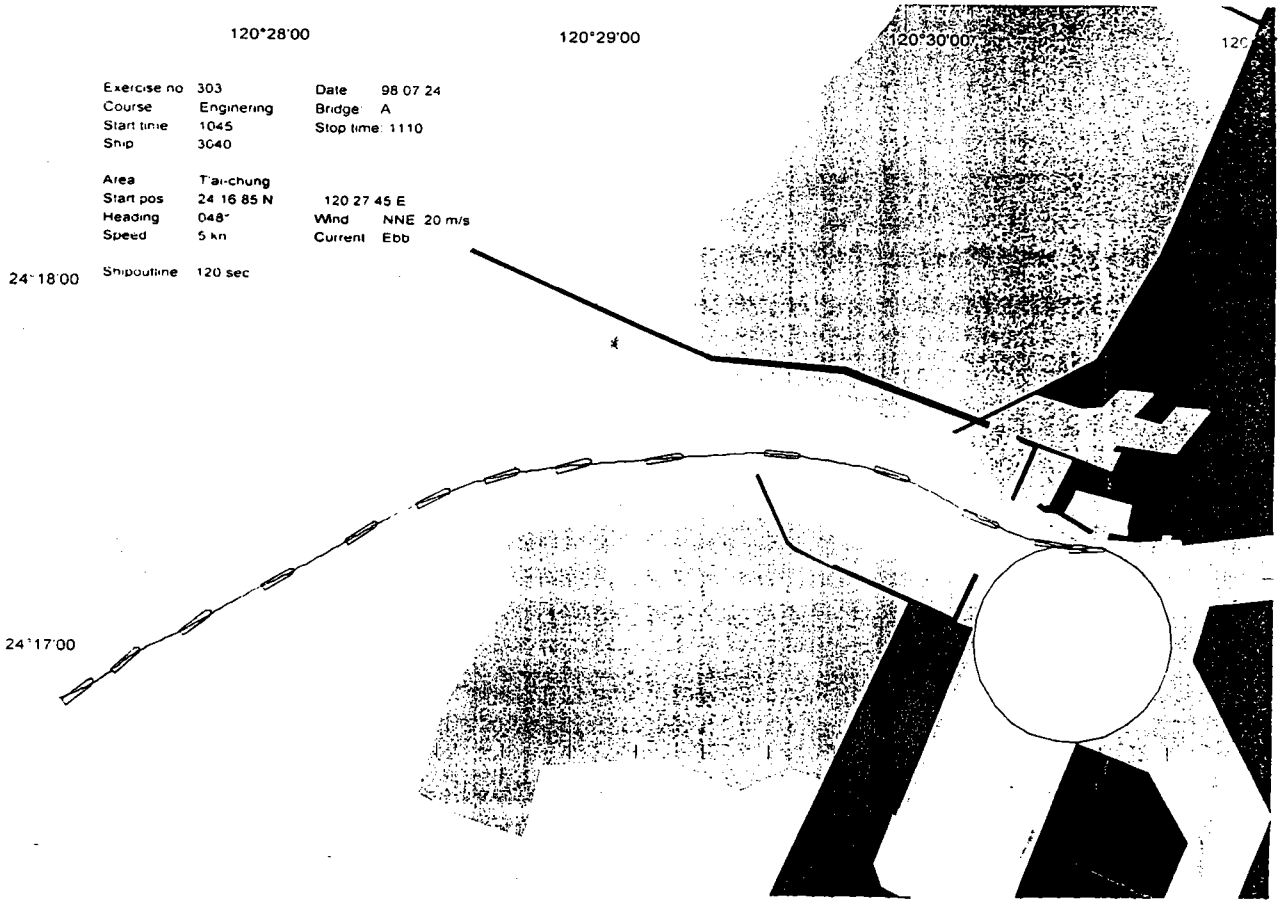


圖 3-10 船舶進港時發生接近迴船池北界情況之船跡圖

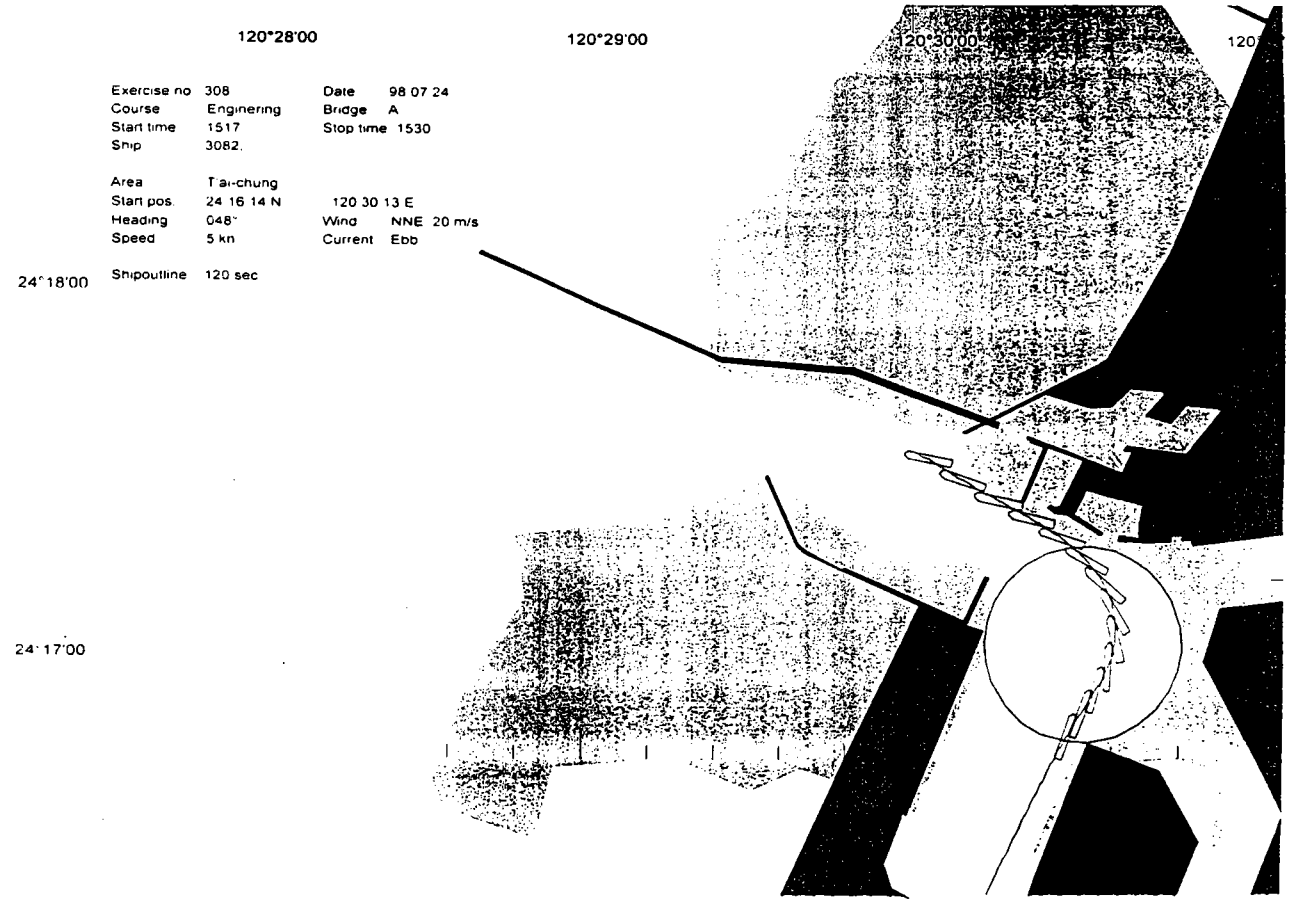


圖 3-11 船舶出港時發生接近北外堤頭情況之船跡圖

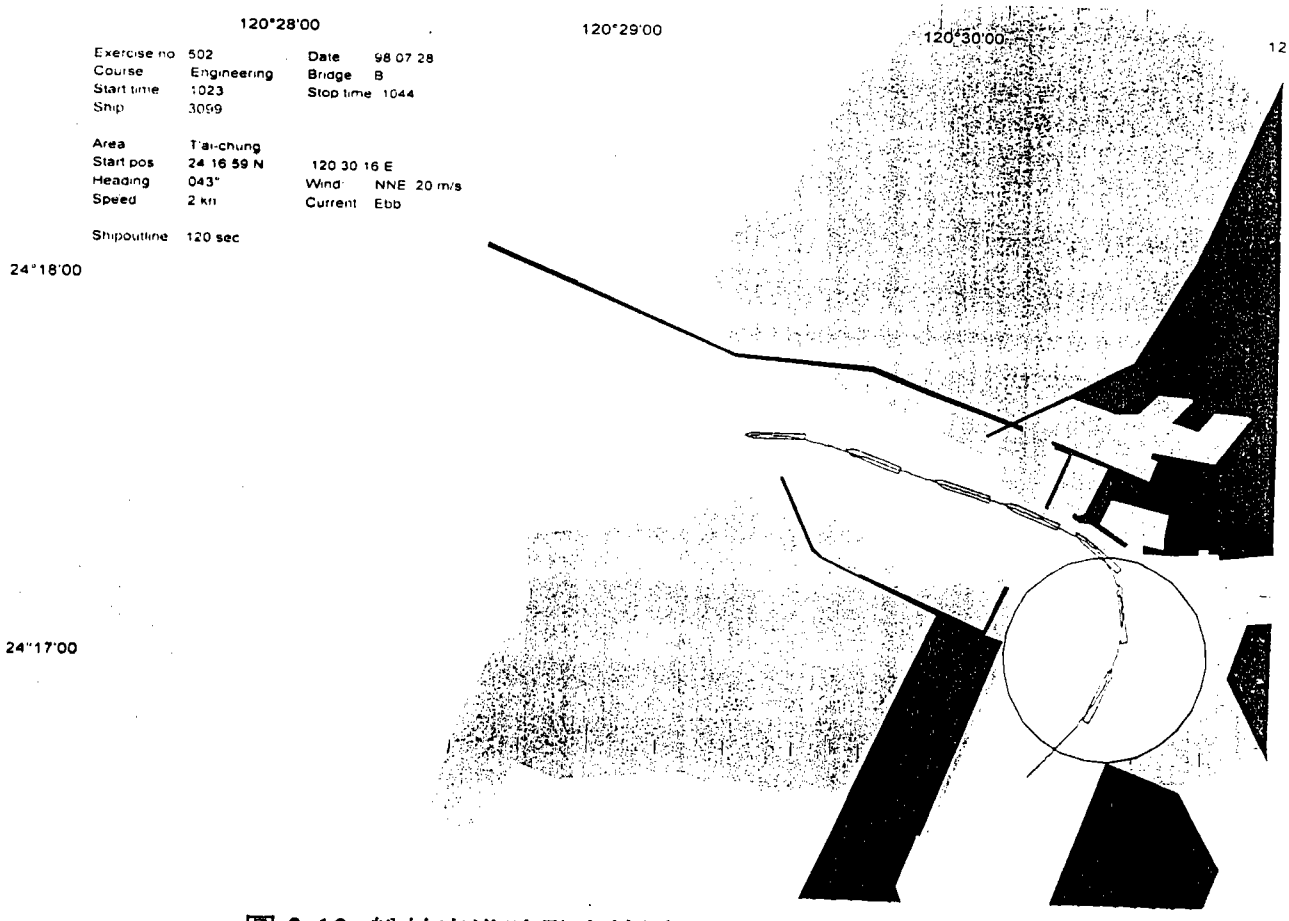


圖 3-12 船舶出港時發生接近迴船池北界情況之船跡圖

表 3-4 操航困難及危險狀況表

	困難及危險狀況	操航編號
進港	接近北外堤	510
	接近南外堤頭	107、108、204、405、701、704、204
	接近南內堤頭	509、503、706
	接近主航道北界	103、104、301、302、401、501、703、402
	接近迴船池北界	303
出港	接近北外堤頭	308
	接近迴船池北界	804、502、705

由上述資料可知，進港船舶最主要發生危險狀況爲接近港口時，必須自 060(T)航向轉向至 110(T)航向。在船舶轉向過程如使用舵效過大，將易接近南外堤頭；轉向舵效不足，則向北偏離 110(T)航向，而有接近主航道北側邊界之危險。故將來領港必須熟悉大型船舶在強風作用下之旋轉舵效特性，方可將使進港船舶穩定轉向進入主航道航向。

出港船舶出現較危險之狀況，多發生於接近迴船池北界，此因素多爲船舶在迴船池轉向過慢所致。

在上述操船模擬中，雖出現 24 次危險狀況。其主要原因仍係領港仍在試驗過程累積船舶及海況特性，在各試驗中未選定固定進港航線，不斷嘗試各種可能操船方式。同時，縱使船舶無法穩定操控時，領港仍刻意未請求拖船支援，以致相對出現危險之操航比例甚高。

領港在試驗過程嘗試各種失敗操航經驗，旨在發覺港口航道困難癥結所在，以便研擬因應對策。上述操船所可能出現困難，在實際船舶進港作業中，僅要拖船可出港完成帶纜作業，皆可利用拖船協助，化解可能出現之危險。

故本試驗如直接將所有成功及失敗之進出港船舶航行軌跡，進行通過內、外堤口截面之機率分佈並無實質意義。但經完成本案 Real-time 操船模擬試驗後，參與本試驗之各領港經累積多次試驗經驗後，已能掌握操船技巧，咸認本計畫依所擬港口擴建方案，在其他輔助措施配合下，惡劣天候仍應可安全進泊計畫進港之大型船舶。

3-7 小結

1.操船是項專門的技術，同時也是一項藝術，因爲每位領港的操航策略雖然相似，但並不完全一樣，仍有些差異，而這些差異大部份表現在危機的處理上。近年來船舶大型化，及造船技術的日新月異，相對的領港人員的在職訓練也變得相當重要，透過再訓練可使其對新船舶的操控特性能有較深入的了解與熟悉。

3.操船模擬時船舶的操控性能是根據設計資料及該船建造後的試航記錄輸入模擬系統中，因此其性能是屬設計之理想狀況；然而實際情形，即使同樣的船型與建造年代，由於保養維護狀況的不同其性能也就不一致，所以操船模擬與實際仍有些差異。

4.進港的主要航向經操船模擬試驗結果與現場的共同討論，仍以 60° 爲進港的主要航向。

5.本次操航試驗的困難處在外堤口和內堤口處，船舶以 60° 進港時在外堤口時就必須要有較好的船位(船道中)及航向(至少 90°)。通過內堤口時除了航向與船位要注意外船速也須有適當的控制，否則就須要有拖船的協助。

6.本計畫研選之較佳擴建配置方案經 Real Time 操船模擬試驗驗證結果，顯示第四代貨櫃輪及 12.5 萬噸級散貨輪等大型船仍可安全進出港口。而由模擬操演中亦發現北防波堤延長 480m 後，雖可有效降低港口海域流速，但須配合拆除南內堤 50m 以及南外堤 93m，方能確保大型船操航安全目標。

7.由各試驗船舶模擬試驗軌跡圖可看出，無論散貨輪或貨櫃輪在進入外堤口時，受風、浪、流影響，明顯偏向南外堤，其船跡位置相當接近本計畫擬拆除之 93m 堤段，該堤段如不拆除，大型船將無法安全進入港口段

主航道。

8.而當大型船舶通過外堤口後，爲克服 NNE 向(約與港口段航道垂直)強盛風力影響，船速必須保持在一定之速度方能維持航向，尤其是受風面大之半載貨櫃輪更須維持在 8～9 節航速，此一航行速度導致船舶無法沿進港航線直接停泊在迴船池內，而需在通過內堤口附近即開始轉向，使船舶駛向迴船池以及內航道間水域，以爭取足夠之衝止距離。

9.從模擬船跡圖中可看出，大型船在通過內堤口時已偏向南內堤，因此將南內堤堤頭段拆除 50m 是有相當的必要性。

肆、領港登輪作業研究

爲確保船舶進出港安全，先決條件必須領港可安全登輪，以引領船舶進港。依台中港進出港指南，夏季時船舶應駛近南防波堤燈塔西南西方約1.0浬處接引領港登輪；冬季時，則要求船舶駛近南防波堤燈塔西南西方約0.5浬處接引領港。若因夜間或遇風浪惡劣等特殊情況，致領港無法出海登輪時，如船長熟悉海況環境，領港則在防波堤下風側等候，當進港船駛近港口後，領港在防波堤遮蔽區內登輪。

在海況平靜時，一般中、小型船舶之船長皆可遵照「台中港進出港指南」指示，將船舶駛至指定地點接引領港。但就大型商船而言，船舶接近港口防波堤或近岸淺水區即潛伏危險性。船長如不瞭解本港海況特性，大多無法配合將船舶駛近防波堤遮蔽區內，以致在海況惡劣時，領港登輪仍存相當困難度。

影響領港登輪因素主要受到海域風、浪等條件影響，惟各領港及領港艇船員忍受能力不同，如何克服風、浪影響程度，鼓勵作業人員工作熱忱及勇氣，將爲港務局後續努力之重點。茲將各可能改善措施檢討如下：

4-1 減輕風力對領港登輪影響

4-1-1 主要作業困難

風力對領港登輪之影響，主要在領港攀爬繩梯途中，如受到強風吹襲產生之擺動，可能導致領港落海。領港所能承受風力大小視船舷高度與風向角度而定。有關領港登輪可承受最大之風力因人而異，但通常風力到達 8 級，已接近所能忍受極限。

台中港冬季風面過境時，陸域觀測所得十分鐘平均風速多集中於 15m/s～20m/s 之間。依目前領港出海作業風力限制，大部份在六級風力以下始出海作業。如以氣象局梧棲測站爲基準，由於該測站位置較靠近內陸，而海域中實際風力強度將較陸域爲高，同時進港船舶爲採 60° 航向，略爲頂風行駛，此時船艏向與 NNE～NE 主要季風方向夾角

僅約 15～35° ，領港攀爬領港梯時，將因船速與風速相對作用影響，領港所遭遇風力可能達到 7～8 級以上強風，領港攀爬繩梯將存在極大危險性。

4-1-2 可能改善措施

在開闊海域並無法藉助設置防波堤或擋風設施以消減風力。實務上唯有船長調整船舶進港航向，在船體下風側形成較爲平靜之遮蔽區域接引領港。惟船舶行駛近接引領港地點時，距港口僅約 0.5～1.0 浬，此時船長已不可能調整船舶航向，以構成有利遮風區域接引領港登輪。將來縱使延長北防波堤或拓寬航道，仍將無法改善風力對領港登輪之影響。

藉由船體擋風將爲唯一可能減輕風力對領港登輪影響之措施。就大型船舶而言，領港在防波堤遮蔽區以外之備便區(離港口約 2.0 浬處)登輪，船舶有較寬闊調整船艏向之空間，船長方有可能利用船體擋風，便利領港登輪。但領港船擬駛至備便區登輪，必須先克服外海波浪顛簸之困難。

4-2 減輕波浪對領港登輪影響

4-2-1 主要作業困難

海面波浪起伏將造成領港船與大船間產生相對運動，如領港攀上爬梯後，領港船不能立刻移開，下一波波浪將可能發生領港船夾傷領港之事件。領港登輪所能承受波浪條件限制，將視船長製造遮蔽水域(making a lee)之技巧、領港船操縱性能以及領港個人膽識而定。

依國外領港登輪作業經驗，在波高 1.0m 以下領港登輪應無任何問題。當浪高大於 1.5m 以上時，領港登輪將十分困難。如大船船長操航技術良好，可配合調整船艏向利用船體遮蔽波浪，通常外海 3～4m 浪高時，船體遮蔽區浪高將可能降低至 1m 左右。如船長配合度良好，惡劣天候時領港在外海登輪技術上仍有可能。

本港在完成一期擴建工程，北外堤延長 850m 以後，在距離南防

波堤西南西方約 0.5 浬以內海域，已可形成浪流靜穩之遮蔽水域，如進港船舶駛進遮蔽區，對領港登輪安全性助益極大。

惟船舶駛近岸邊危險性增高，除非船長熟悉港口海況特性，否則大型船舶船長多不敢冒然將船舶駛近登輪區。同時，船長在港務局所指定登輪位置之近岸水域，船長亦無可能調整船向製造船體遮蔽區。故一期港口擴建北外防波堤延伸，已改善了大部份中、小型船舶領港登輪困難。但對大型船舶而言，領港仍需冒惡劣風浪前往外海登輪作業。

4-2-2 可能改善措施

爲改善領港登輪困難，可能採行之改善措施可能有以下兩項，茲將其成效檢討如下：

1.擴大遮蔽區規模，以期大型船舶駛近遮蔽區

北外防波堤延長以擴大遮蔽區範圍，將爲最有效改善波浪對領港登輪影響之措施。但防波堤興建所需投資工程費用昂貴，且防波堤突出海岸愈長，將破壞海岸漂沙運行平衡。故除非計畫進港船舶操航安全需求，否則不應爲領港登輪需求而延建防波堤。

2.改善領港登輪交通工具

改善領港登輪交通工具之措施，除提供性能良好之領港船以外，尚可考慮使用拖船或直升機載送領港，有關此配合措施改善成效檢討另詳下節說明。

4-3 領港船性能及船員出海意願

4-3-1 主要作業困難

台中港過去領港船爲港務局自營，船員與領港之配合度並不理想。領港船船員經常畏於外海風浪而不願出海。爲此，港務局已於民國 83 年 2 月將領港船業務開放民營，並由互力船舶股份有限公司經營。

互力船舶公司現有領港船三艘，分別爲互明號、互華號、與互祥號。前兩艘領港船登記尺寸爲 16.36m(長)×4.2m(寬)×2.15m(深)，吃水 1.1m，航速可達 15.18 節。此兩艘船性能皆能適合外海作業，可耐八級之風浪。

依互力船舶公司表示，只要領港要求，領港船將全力配合，船員出海意願低落問題，已獲得徹底改善。受限於領港船原始設計能力，海上風浪大於八級時，領港船與相關作業人員安全仍有顧忌。惟此船舶作業之風浪限制，已滿足領港所能承受極限。將來尚待改善之處，爲如何加強領港船操縱性能，以確保領港安全。

4-3-2 可能採行改善措施

領港登輪可能潛在之危險，主要在波浪所造成大船與小船間相對運動，如領港攀上爬梯後，領港船未能迅速駛離，可能發生小船夾傷領港事件。

領港船屬人員交通船之一種，必須具備較高航速、靈活操縱性，以及適合外海航行能力。目前領港所使用之領港船性能良好，已可因應正常天候領港出海需求。

將來本港如擬提高計畫船舶進港天候限制條件，並開放拖船至外海協助大型船舶進港，則可考慮利用拖船載送領港之可行性。拖船噸級大，船舷高，航行穩定性較領港船爲佳。但載送領港之拖船，其側向動力(bow trust)必須充足，操縱性能靈活，以期領港攀爬繩梯後，可迅速離開大船。目前台灣各工業專用港皆以拖船替代領港船，以降低波浪對領港登輪之影響。

由於拖船航行速度較爲緩慢，並不適合取代國際商港之領港船業務。將來唯有大型船舶在風浪惡劣，需要拖船至外海協助進港時，方適合順便載送領港登輪。

將來進出本港船舶數頻繁後，利用直升機載送領港亦可能爲有效

改善措施之一。此措施在國外亦實施多年，將可縮短領港交通時間，提高作業效率。同時，領港無需再冒海面波浪巔頗之危險。

4-4 領港出海作業意願

台中港現有領港共十二名，個個鬥志高昂，與航商之配合度較其他港口爲高。依目前領港作業規定，領港於夜間或遇風浪條件惡劣等特殊狀況時可拒絕出港。但何謂「風浪惡劣」，各港均未有明文規定及依據，實務上僅能依據領港個人膽識及經驗，綜合海、氣象條件研判之。

如排除個人因素，領港無法出港之原因主要基於海況條件惡劣，「人員」及「船舶」安全有所顧慮，確實不宜出港作業。故爲提高領港出海登輪意願，最根本措施應爲提高各項作業之安全標準。

4-4-1 提高領港登輪安全

爲降低領港對登輪安全之疑慮，最重要措施爲提高領港船配合度，此方面港務局已作諸多努力並已獲良好成效。有關提高領港安全之課題，除需船長協助製造船體遮蔽區之外，港務局及其他相關單位所可能提供之協助如下：

1.擴大港口前緣遮蔽區範圍

本計畫如因應大型船舶進港安全需求，以延建北防波堤，擴大港口前緣遮蔽區範圍，附帶可提供更大型船舶駛進遮蔽區範圍，實際上佔本港進出港船數極大比例之中、小型船舶，領港登輪問題將可獲得極大之改善。

2 風浪惡劣時，實施拖船出海載送領港

就大型船舶而言，船長雖不敢直接將大船駛近遮蔽水域。將來如可配合拖船出海帶纜作業，則利用拖船載送領港將可解決領港船外海航行之困難。在寬闊海域中，船長亦較可能配合製造船體遮蔽水域，以協

助領港登輪。

3.建立即時海氣象資訊系統

台中港在冬季鋒面過境期間，由於海況瞬時萬變，如未能充份掌握短暫平靜時間引船進港，將使得船舶等待進港時間增加。本港未來如建立海氣象資訊蒐集回報系統，即時提供領港充份海況資料，將可降低風、浪對領港登輪及船舶操航安全之影響程度。

4.建立完善引水管理體系

台灣地區爲實施強制引水制度，領港獨立執行職務。如領港與航商配合不良，將嚴重影響港埠營運與發展。由於領港工作需與大自然搏鬥，如何激勵領港服務航商之熱忱，涉及整體引水制度建立，非本計畫探討內容。惟近年來交通部已十分重視此問題，並積極研提制度變革，可預期未來將獲得良好成效。

4-4-2 降低船舶進港安全疑慮

1.提升拖船作業效率

在海況條件惡劣，船舶進港安全有疑慮時，領港當不可能冒險引船進港。爲提高船舶操航安全，除港口條件必須完善以外，拖船充份配合亦爲必須措施。

台中港港口條件之改善，將爲本計畫研究主要重點。至於拖船協助方面，目前拖船尚未實施出港引船作業，領港將獨自承擔船舶進港安全之重責，在進港船舶安全無法確保時，將嚴重影響領港帶船意願。故將來擬提供大型船舶進泊本港，應積極研究拖船出海作業之可行性，方可確保船舶進港安全。

2.港口航道段設置減風設施

本港航道方向由於與強烈東北季風方向垂直，船舶進出港航行通過狹窄航道時，受到橫風作用操航十分困難。如可在此航道上風側設置減風設施，將可提高船舶操航安全性。

基此，港務局於民國 86 年 6 月委託港灣技術研究所辦理「台中港港口段設置減風設施可行性研究」。依該項研究結果，在北防波

堤北側設置擋風牆雖具有消減風力效果，但在海域設置高聳擋風結構物，技術上仍十分困難。

此外港務局爲減輕漁港區飛沙危害問題，另提出「台中港漂飛沙第二期整治計畫」，擬在內堤口北側以抽沙填地方式，先行整治39.3 公頃新生地，該區將加強栽植防風林，仍將可達到降低風速之效果。

3.改善導助航設施

港務局爲因應進出港船隻日益繁忙，目前已著手推動「台中港船舶交通管制系統」建立之工作。本工作將所有船舶動態配合雷達及電腦管理，將可減少船舶海事事件發生。另將來仍需致力導助航系統，及夜航輔助燈誌設施，以提高船舶進出港安全。

伍、結論與建議

1.航道浚深至 16 公尺深，就本階段計劃船型來說，已是相當合理而足夠，但對某些大型散雜貨輪（超過 10 萬噸以上）在滿載時其吃水深可達 16 公尺，此時進出港就得候潮進港。若進港船數數量增多時，就得再考慮浚深之可能。

2.建議能建立船舶性能資料庫。在本次真時操船模擬中發生數次未能成功進港或非常困難進港的狀況。其原因大致是在強風、強流時，舵效較差（舵板面積較小）或迴轉半徑較大的半載貨櫃輪無法順利的操控。由於其舵效較差，若未能於適當地點即時轉向，則慢速前進時沒舵效，高速前進時又迴轉不及，則無法順利進港。因此建議若有超過某級數的船隻要進出港時，能將其主要規範、性能傳真建檔，提供引水人員參考，以便能先行研判操控困難度及操控策略。

3.就拖船而言：

A.馬力性能：

本次操船使用 40T, 30T 各兩艘拖船，在某些情況下可發現馬力似嫌不足；在強風下，甚至無法停靠碼頭。因此建議拖船馬力應提昇至 50T 以上，或是比照麥寮港之拖船規格來建置。

B.拖船訓練

建議能要求拖船人員定期赴國內外相關機構接受拖船帶纜及操控訓練，以提昇拖船作業品質。尤其是建造新型拖船時，於監造完成之時，更應派遣相關人員赴造船廠實地測試性能，並學習相關技巧；既可使技能提昇，更能加強驗收品質。

C.作業方式：

拖船在內港最主要的作業爲轉向及幫助船隻靠泊，在防波堤內可幫助船隻減速及轉向。若拖船馬力加大，則應可要求拖船至港外作業，對於船隻進港當更有助益。

4.本次操船模擬所使用之風力已達到 20m/s 以上(以海平面上 10 公尺之標準測量)，若依此標準計算在大約 35 公尺高度之風速則可達 23-27m/s。

5.在操航中測試過三個不同的領港登輪點：

A.海圖原先登輪點

B.依原登輪點沿 WNW，即沿著防波堤延長方向 480 公尺之位置。

C.依原登輪點沿著西向 480 公尺之位置

三個登點都可接受，但 A 點對於領港無法提供提早登輪之效益。由於防波堤延長 480 公尺，其遮蔽區相對的往外延伸，在 B 點和 C 點登輪，以船速 6 knots 估計，對於領港登輪都能提供數分鐘的時間餘裕，對船隻進港有相當大的助益。在實際模擬中 DMI 船長及領港人員認爲 C 登輪似乎較適合作爲防波堤延長480公尺後之領港登輪點。至於未來實際登輪點，仍建議須於延堤完成後，在 B 和 C 點附近，依真正操航之結果來研判訂定之。

6.在模擬中，利用漲退潮情況來操航，可發現於漲潮時，對於各型船隻之操控較無問題，進出港也都較順利。但是在風速較強，而又是退潮時，則操控困難度增加許多，尤其是堤頭附近的水流影響，因此建議較困難操控的船隻(大型半載貨櫃輪)進港時應儘量選擇風速較低，漲潮時刻進港。

7.建議在惡劣天候下(風速大於 17.5m/s 以上或其他待確認環境下)大型船隻進港時，能實施雙領港制，一方面可提高船隻進港的安全度，一方面也可加強領港對於惡劣天候下操控大型船舶之技能。

8.要想在短時間即要求大型船隻在惡劣天候下進港，對於引水人員來說可能是相當大的考驗。建議能依船型大小及天候狀況，由小而大，風速由小而強，按部就班的訓練引水人員處理惡劣天候之操控技能。

9.本次試驗過程中曾抽空到丹麥卡倫波港(Kalundborg)參訪領港登輪作業。由於該港地處北海冬季海水溫度極低，人員若不幸落海不到五分鐘可能因體溫過低而休克，因此海上危難救生訓練與設備非常重視，其人命的尊重態度值得學習。

10.就台中港第二期擴建之建議改善方案佈置之操船模擬結果來研判，北防波堤延長 480 公尺後可增加相當範圍的遮蔽區，並可讓引水人員提前數分鐘的登輪時間，如此就操航而言，可提昇不少安全度。南外堤拆除 93 公尺，在模擬中可發現進港時船隻可獲得較佳的視野，也較容易保持一個較佳的進港角度。南內堤拆除 50 公尺對於船隻進港後之轉向可獲得較佳之轉向

路徑，減少擦撞之可能，具體而言，三項改變對船隻之操控都能提供相當的助益，提昇安全度。

11.進港的主要航向經操船模擬試驗結果與現場的共同討論，仍以 60° 爲進港的主要航向。

12.本次操航試驗的困難處在外堤口和內堤口處，船舶以 60° 進港時在外堤口時就必須要有較好的船位(船道中)及航向(至少 90°)。通過內堤口時除了航向與船位要注意外船速也須有適當的控制，否則就須要有拖船的協助。

13.本計畫所研擬之擴建方案對於計畫進出港之各船型，在風速小於 20m/sec 的海況下，由資深領港配合足夠馬力之拖船協助，應可順利進出。

14.由於影響操船的最主要因素爲天候及海象，因此能提供即時海氣象資料給進港船隻是相當必要的。

A.風速資料：建議在新建北堤頭設置風速計，以提供較接近進港時之風速資料。

B.潮汐資料：由於電腦已能非常準確的預報潮汐資料，因此提前提供潮汐預報是非常容易之事。另外由已建立之潮汐測站量測實際潮汐資料來修正預測資料仍是例行須進行之事。

C.波浪資料及海流資料：這兩種資料由於都無法獲得具參考性位置的即時資訊，但可能的話仍應儘量蒐集記錄，將其結果與數值計算結果做校正，如此可將兩種資料提供相關人員參考。

15.VTMS 之輔助：台中港的 VTMS 已在建置中，利用 VTMS 的相關設施、器材及管制人員的引導，對於船舶的進出港可提供更多的資訊、指引和警示。陸上引水人員更可直接在管制塔上配合海上引水人員來輔助船隻進港，增加操控的容易度和安全度。

16.輔助設施：船隻航行海上，其航向的設定是依雷達顯像輔助和目視判別來操控，因此在視覺上能提供船長或引水人員明顯且正確的參考點或信號，對於操控的判定或航向的設定是有絕對性的助益。因此在防波堤上(包括新建或拆除之防波堤)其頂端或轉角處都應裝置符合導航標準之燈塔和導標。在領港登輪點和經評估後訂定之參考航線可放置浮球指標或類似設施讓操船人員參考。透過 VTMS 之建立，更須提供高亮度之指示板和高傳真之通訊設備來隨時引導或警示相關人員。

附錄 A　Fast-time 模擬機場作業用之旅運作業流程說明

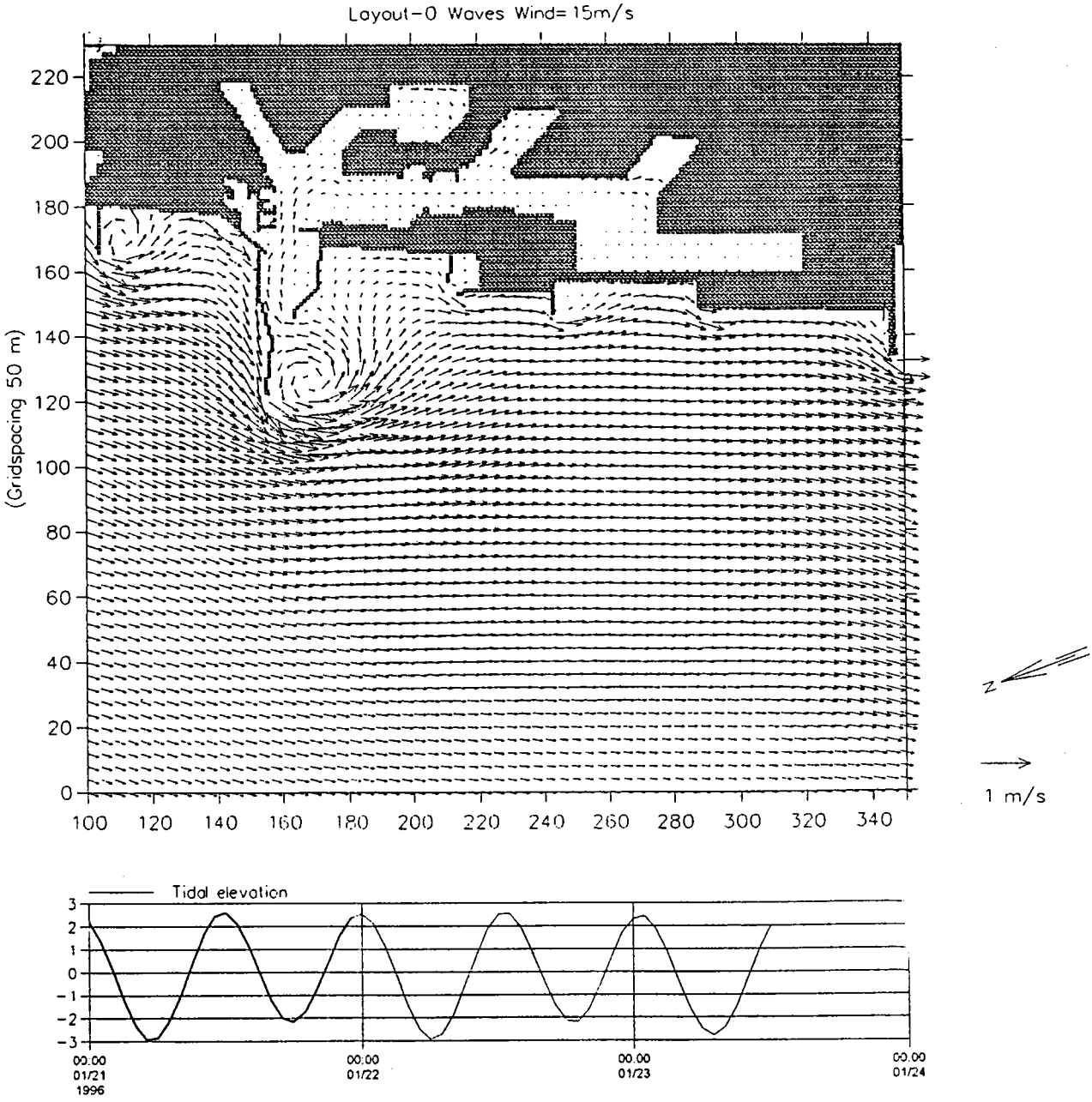


圖 A-1 現況佈置在風速 15m/s 漲潮時之水流模擬

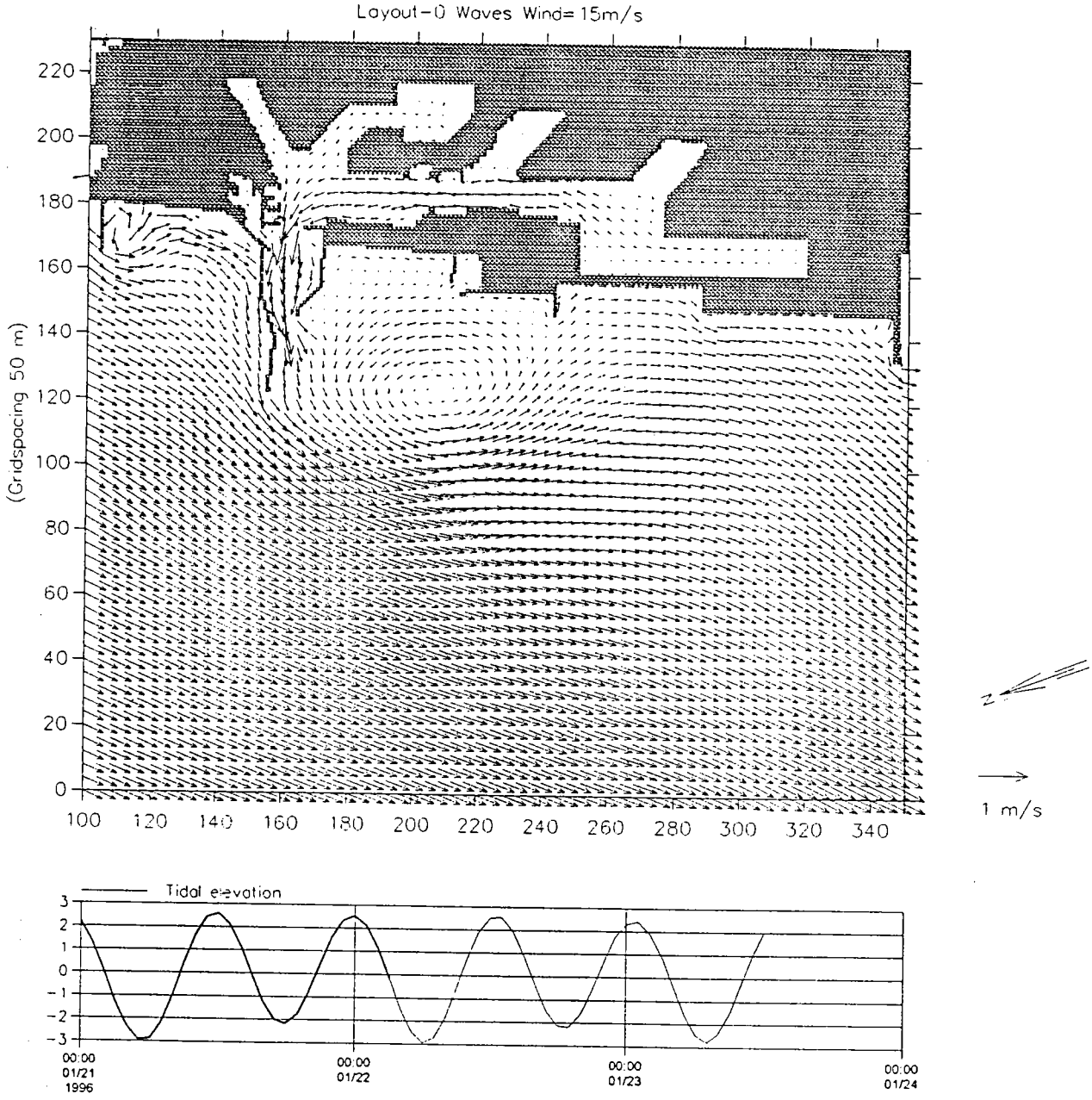


圖 A-2 現況佈置在風速 15m/s 退潮時之水流模擬

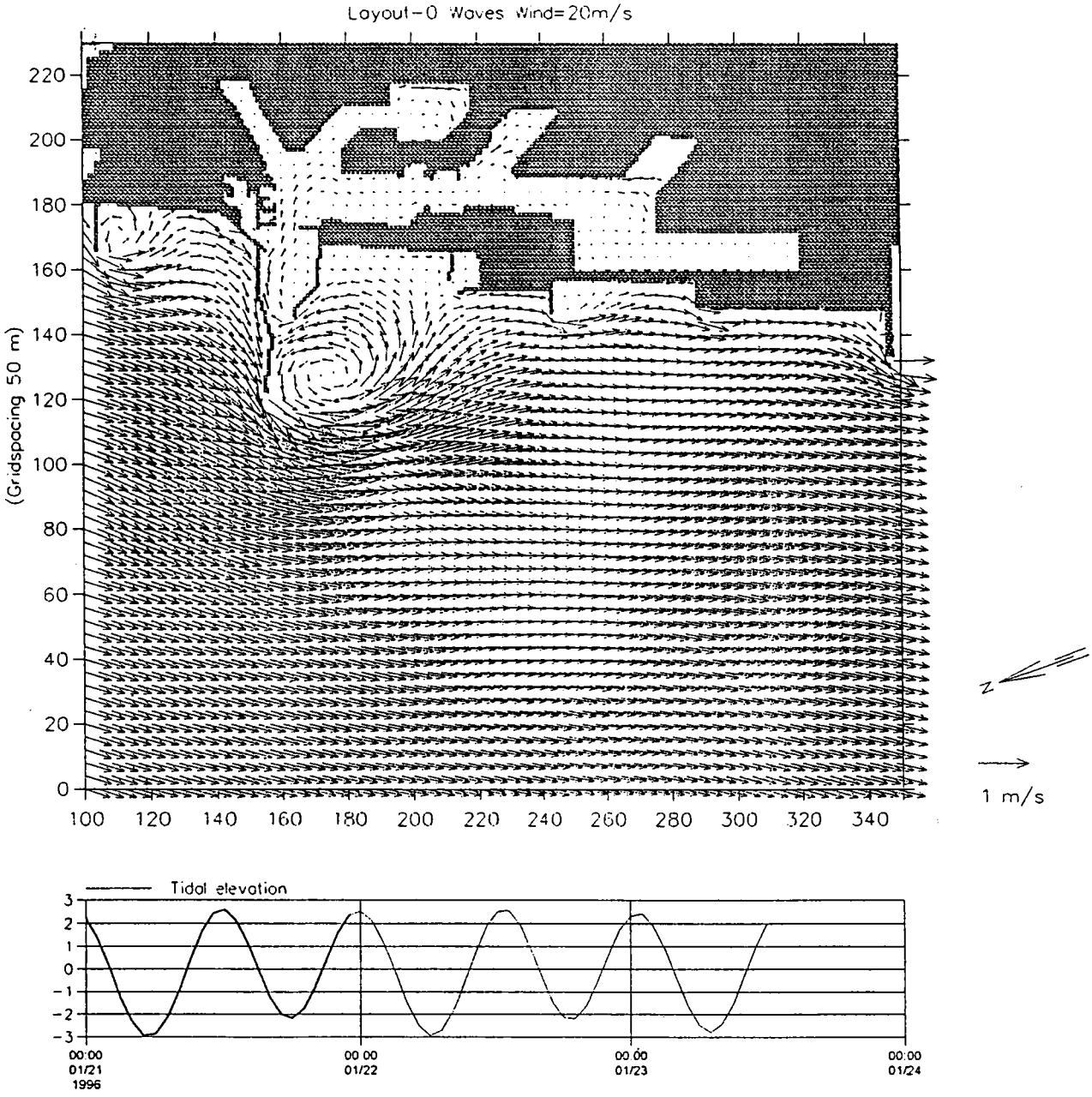


圖 A-3 現況佈置在風速 20m/s 漲潮時之水流模擬

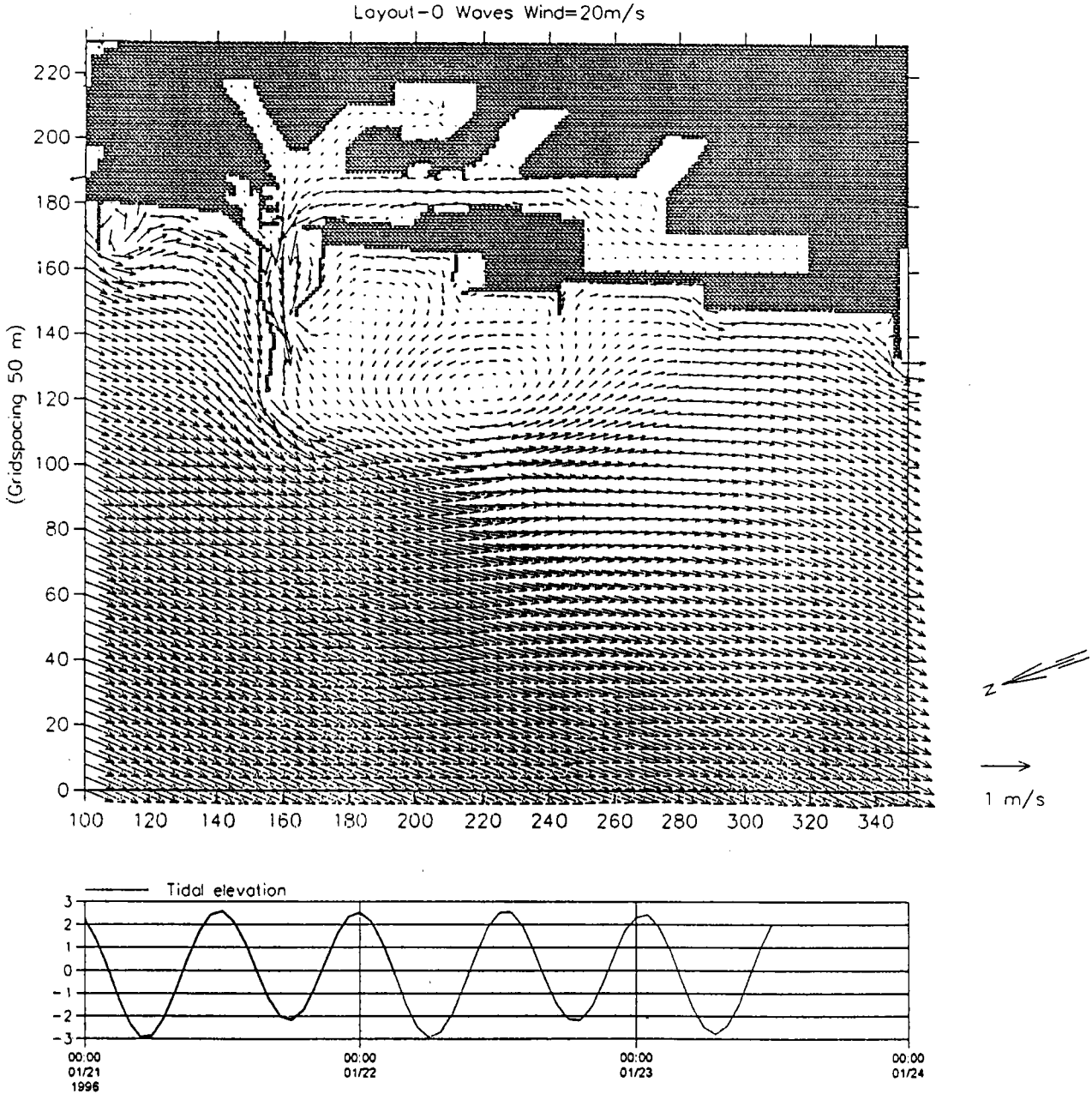


圖 A-4 現況佈置在風速 20m/s 退潮時之水流模擬

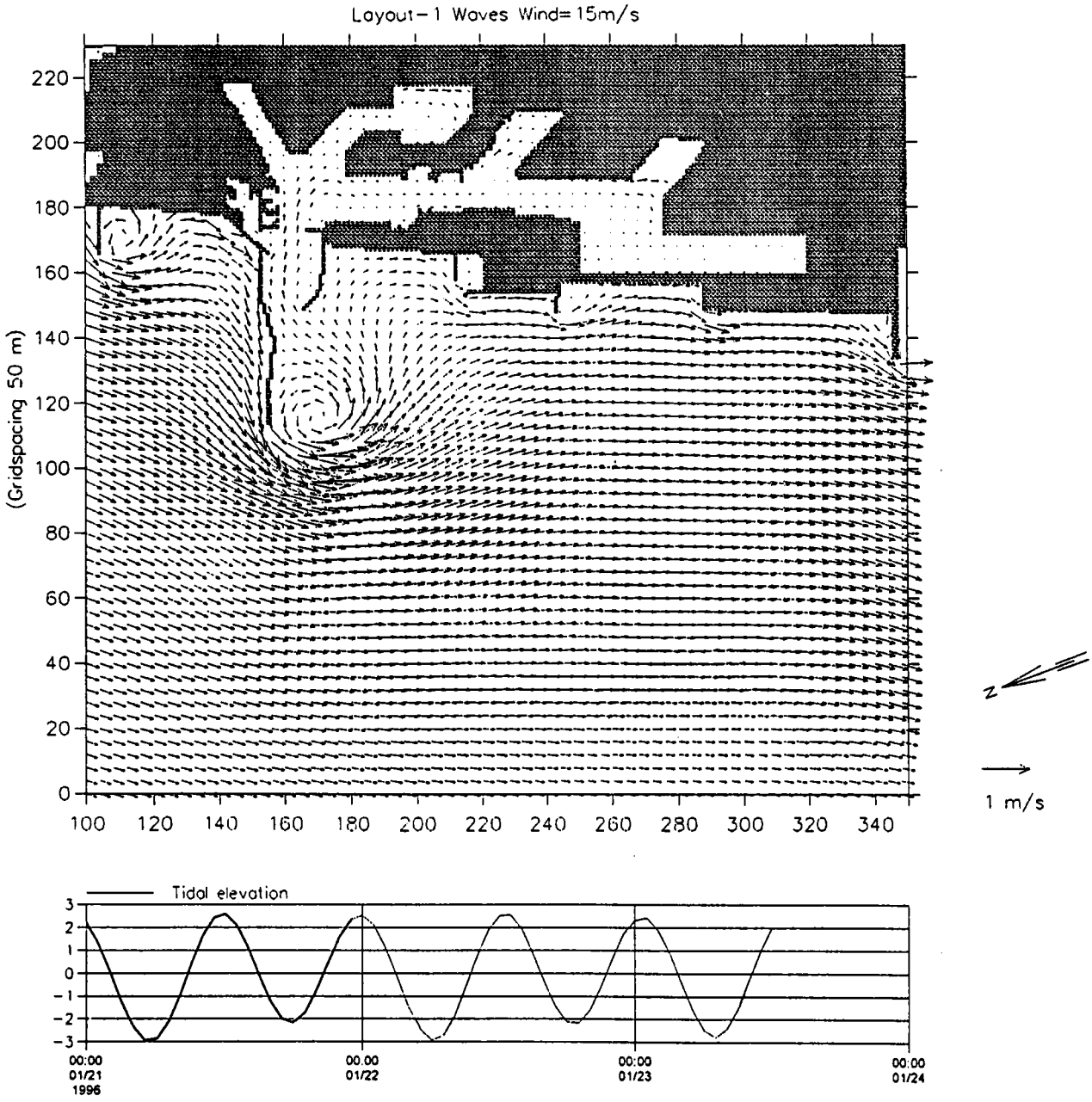


圖 A-5 替選方案一佈置在風速 15m/s 漲潮時之水流模擬

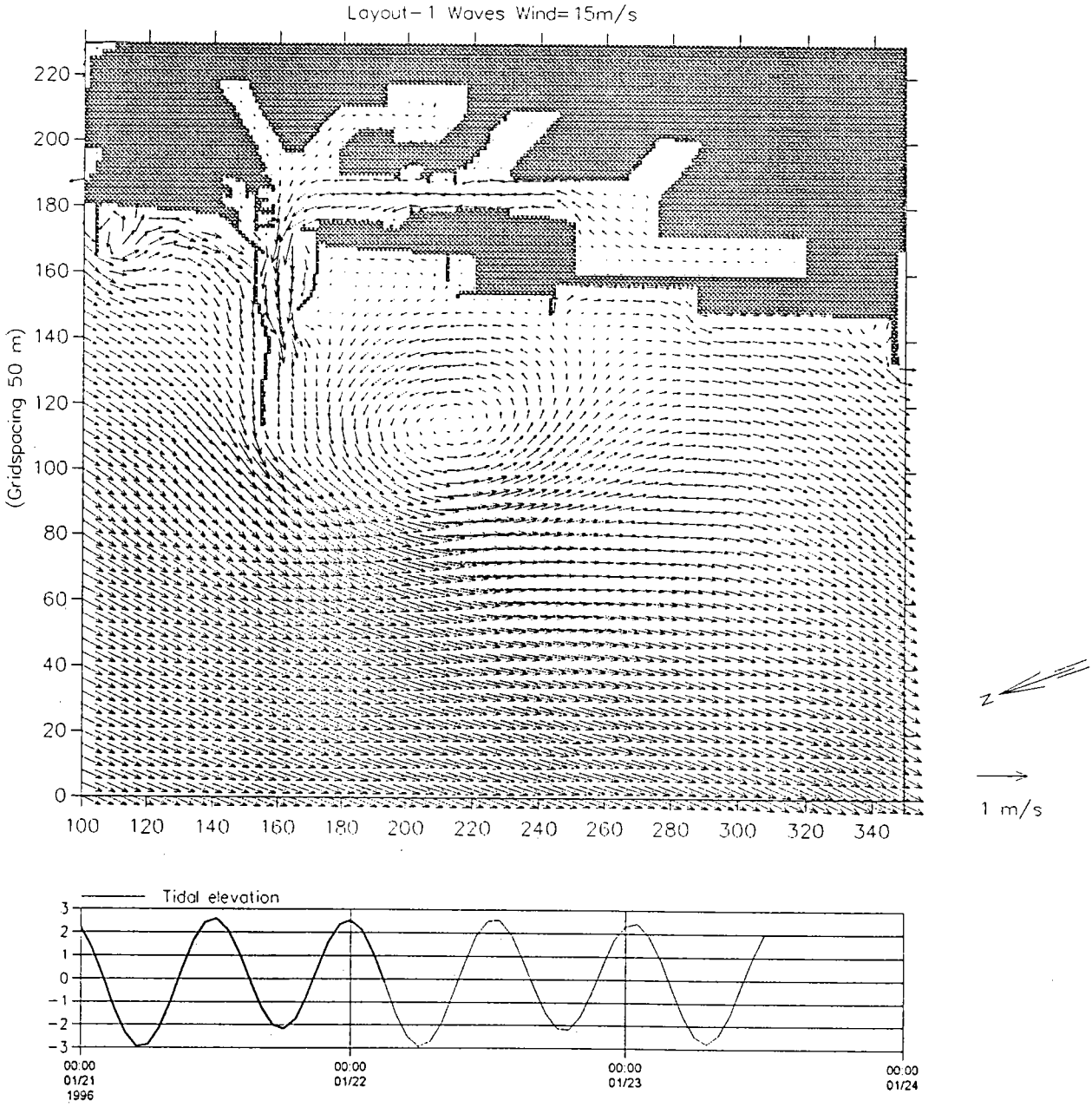


圖 A-6 替選方案一佈置在風速 15m/s 退潮時之水流模擬

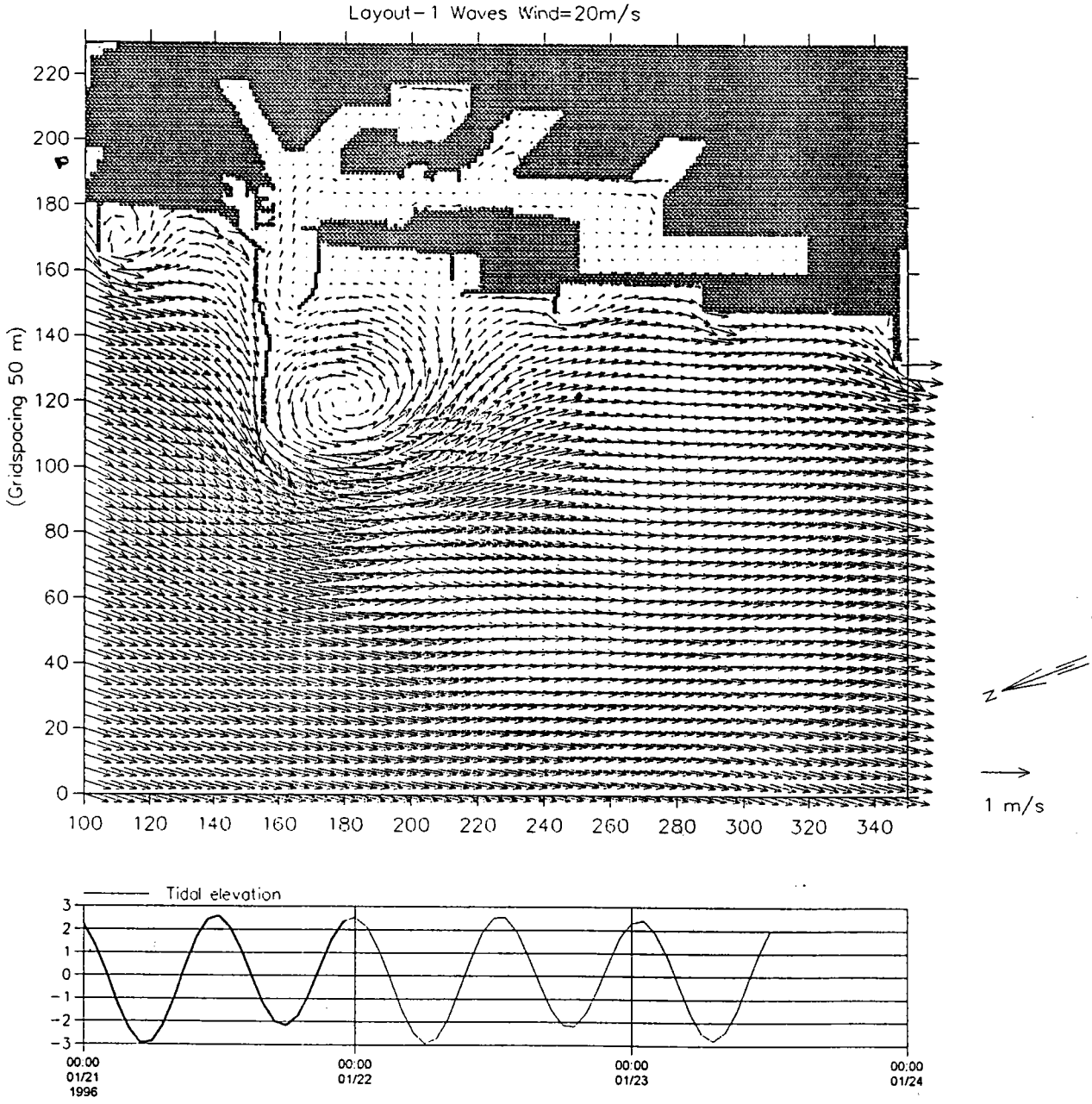


圖 A-7 替選方案一佈置在風速 20m/s 漲潮時之水流模擬

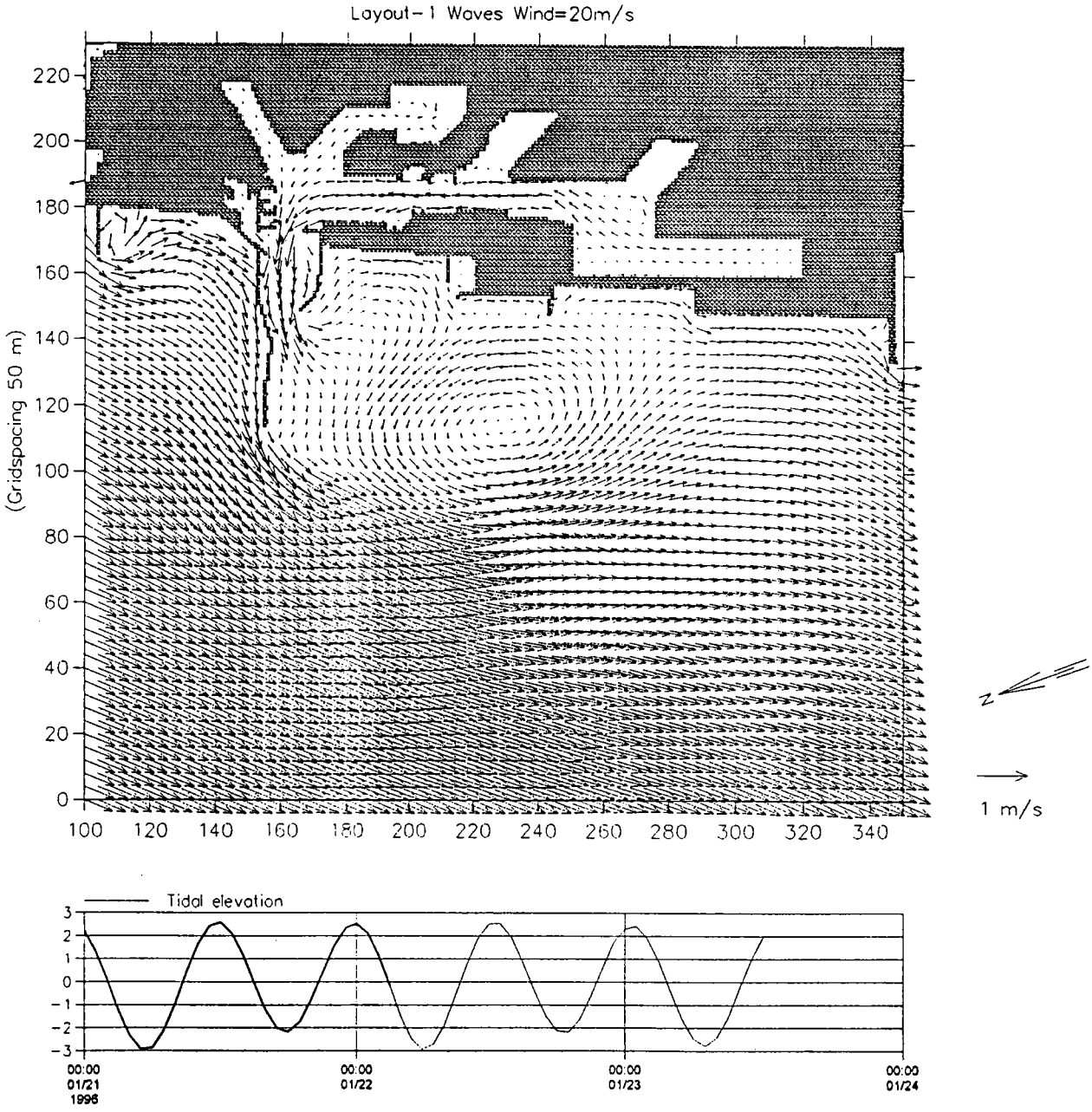


圖 A-8 替選方案一佈置在風速 20m/s 退潮時之水流模擬

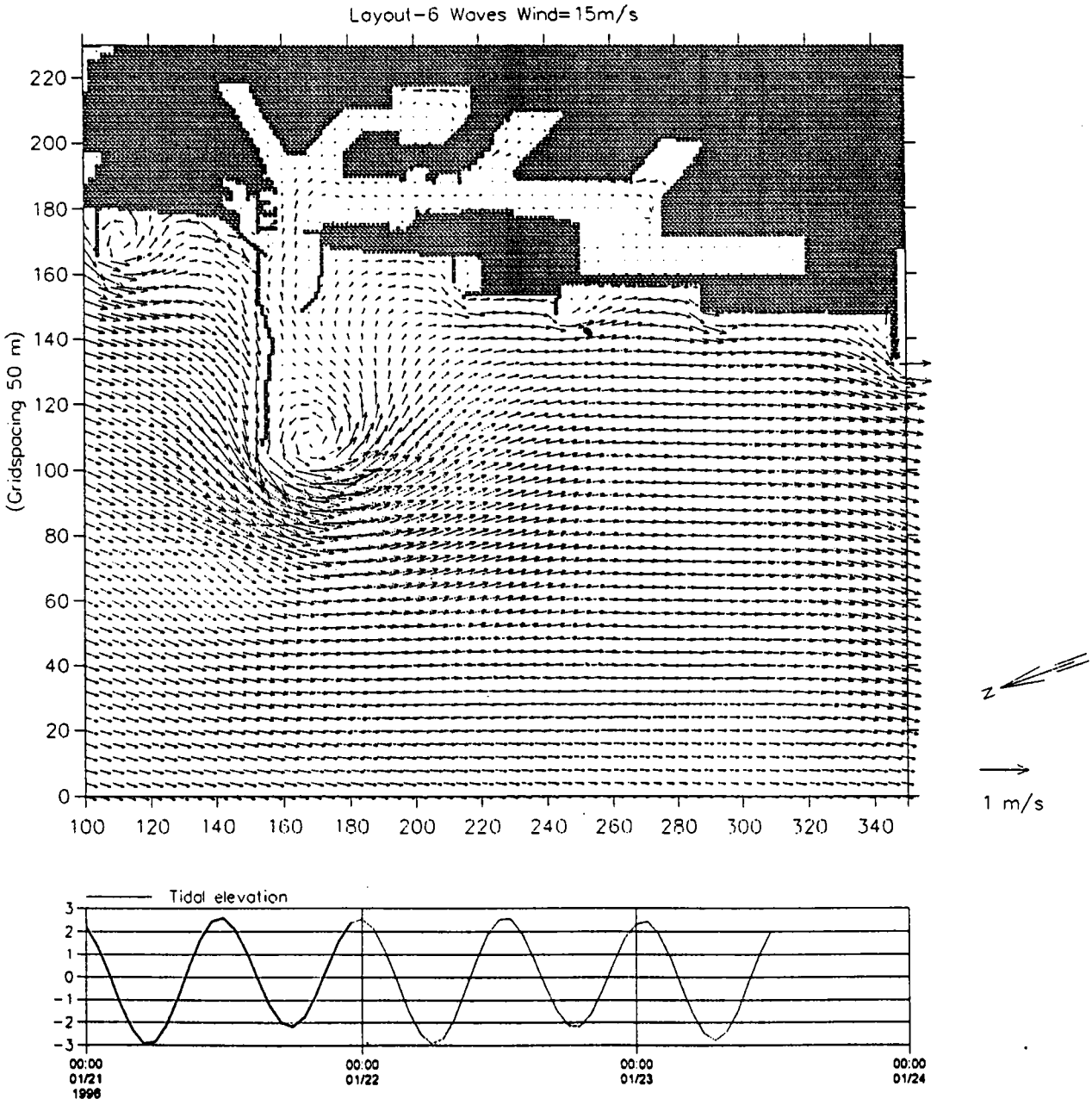


圖 A-9 替選方案六佈置在風速 15m/s 漲潮時之水流模擬

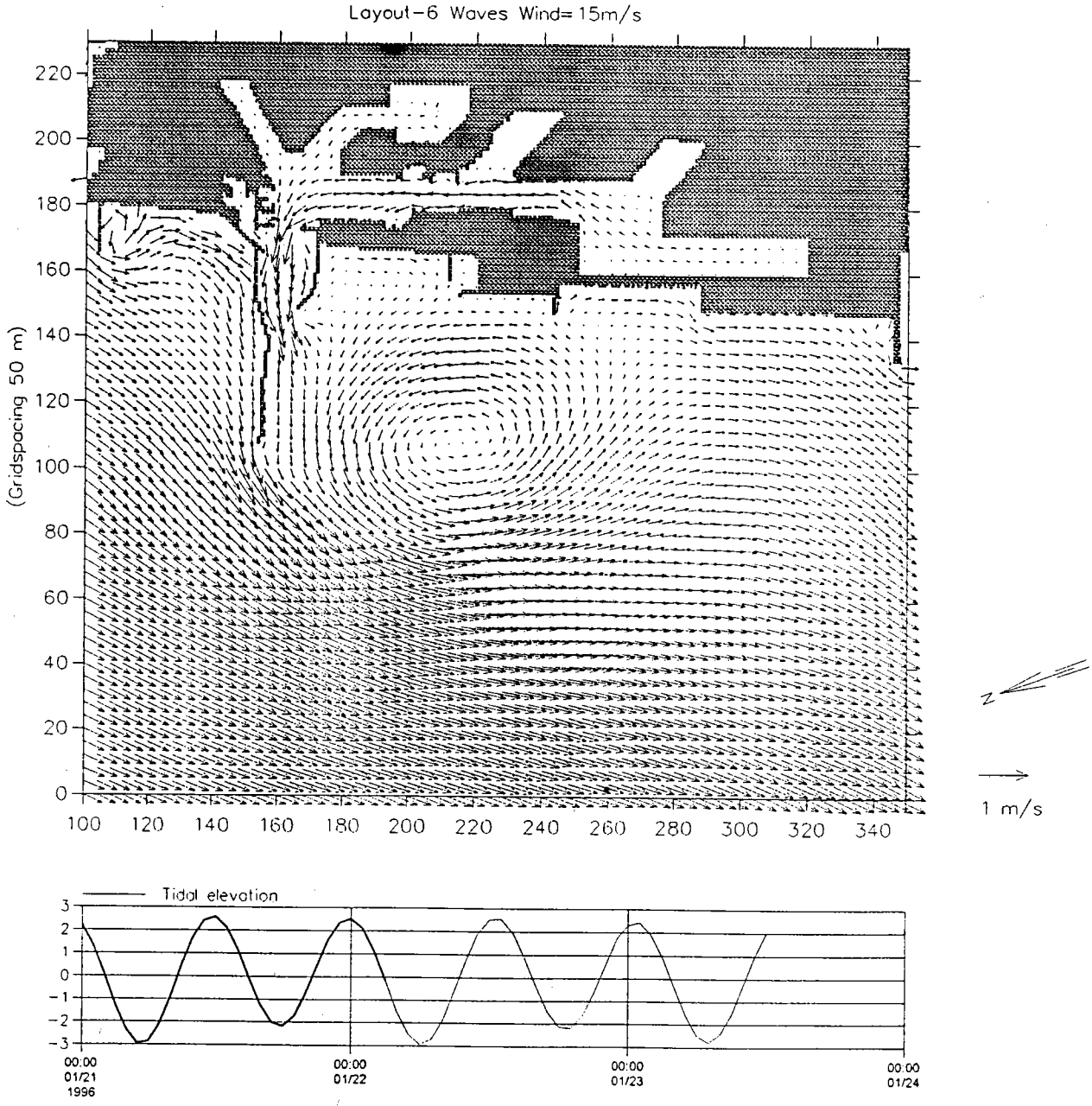


圖 A-10 替選方案六佈置在風速 15m/s 退潮時之水流模擬

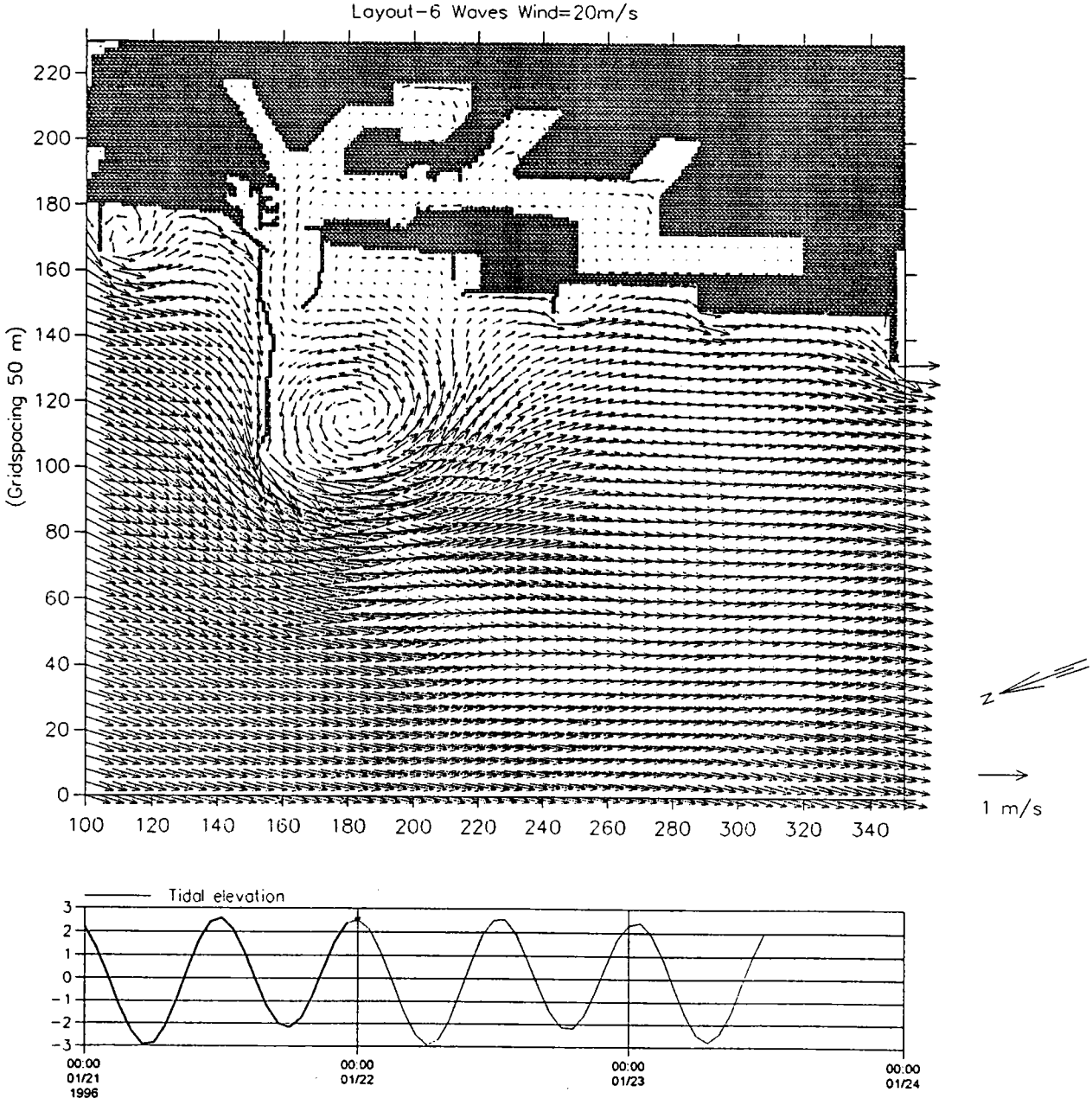


圖 A-11 替選方案六佈置在風速 20m/s 漲潮時之水流模擬

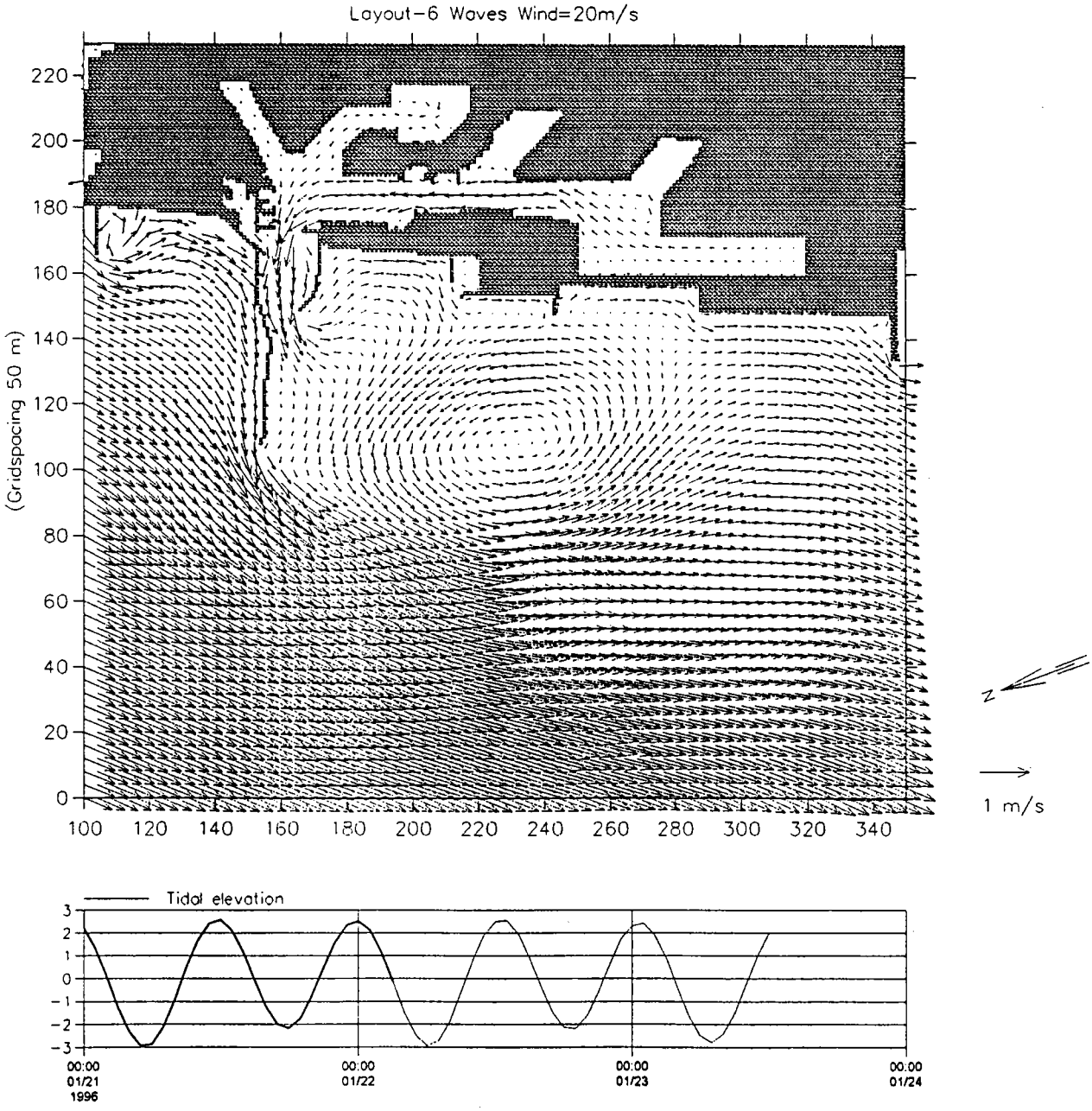


圖 A-12 替選方案六佈置在風速 20m/s 退潮時之水流模擬

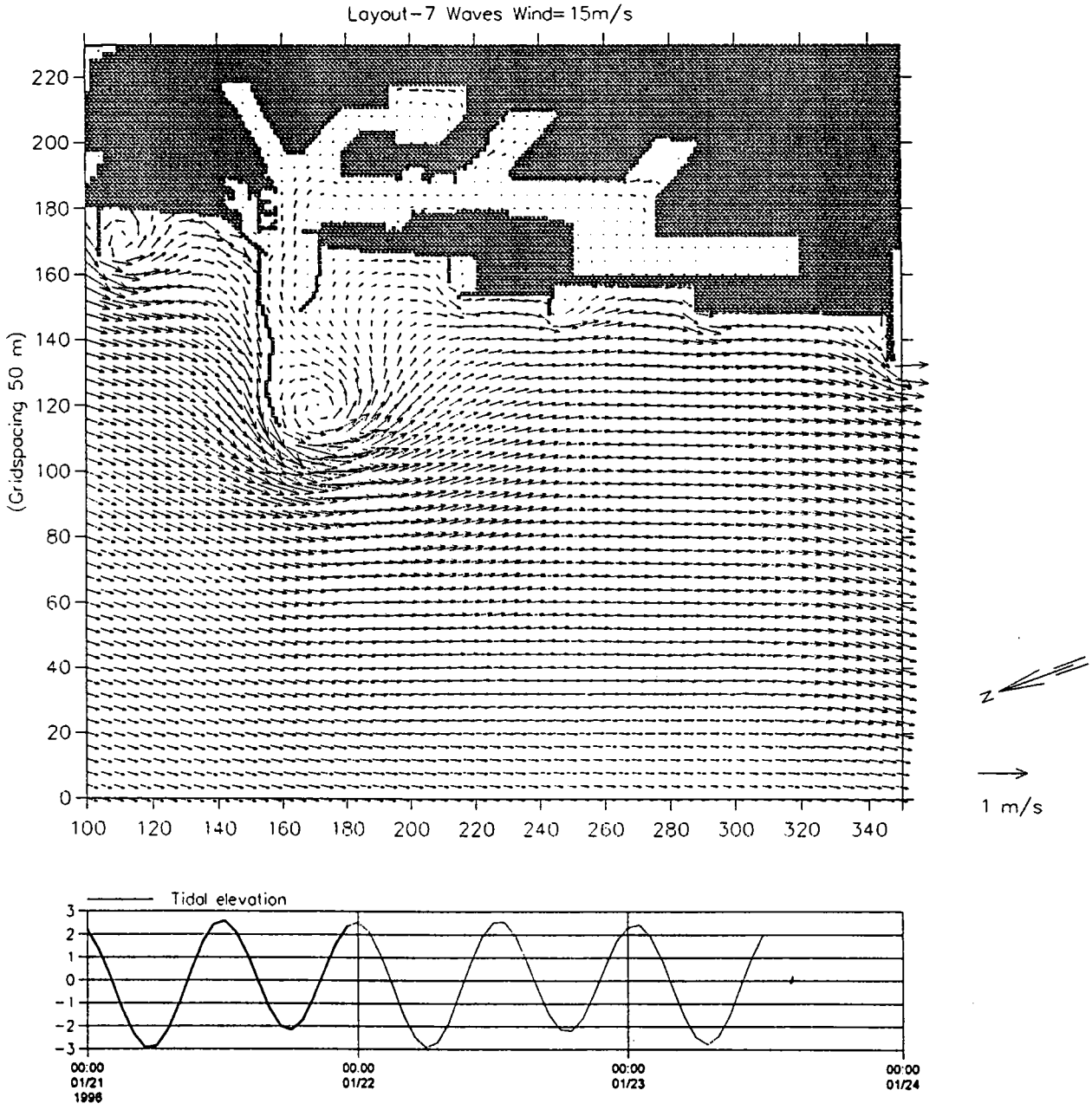


圖 A-13 替選方案七佈置在風速 15m/s 漲潮時之水流模擬

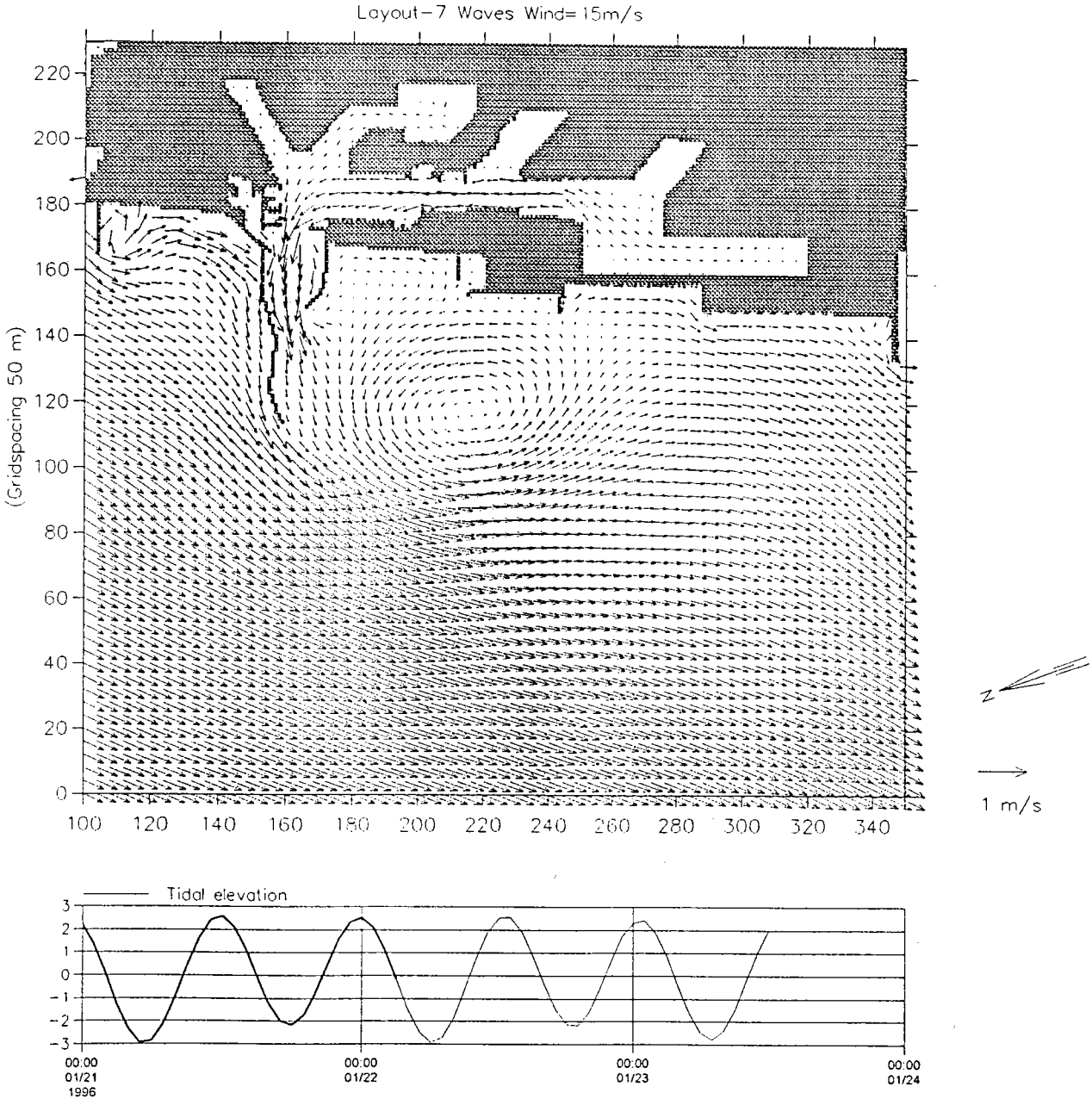


圖 A-14 替選方案七佈置在風速 15m/s 退潮時之水流模擬

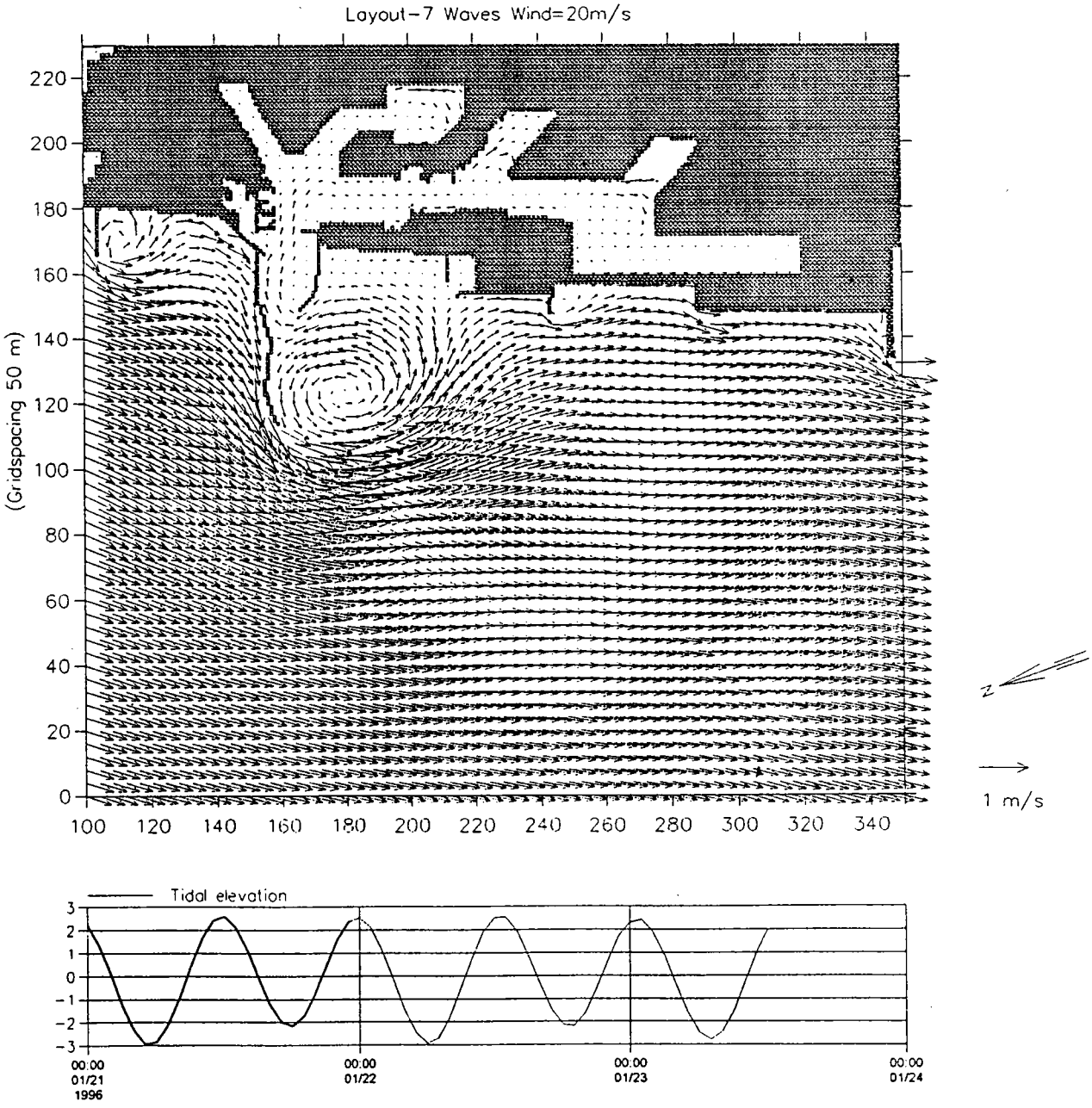


圖 A-15 替選方案七佈置在風速 20m/s 漲潮時之水流模擬

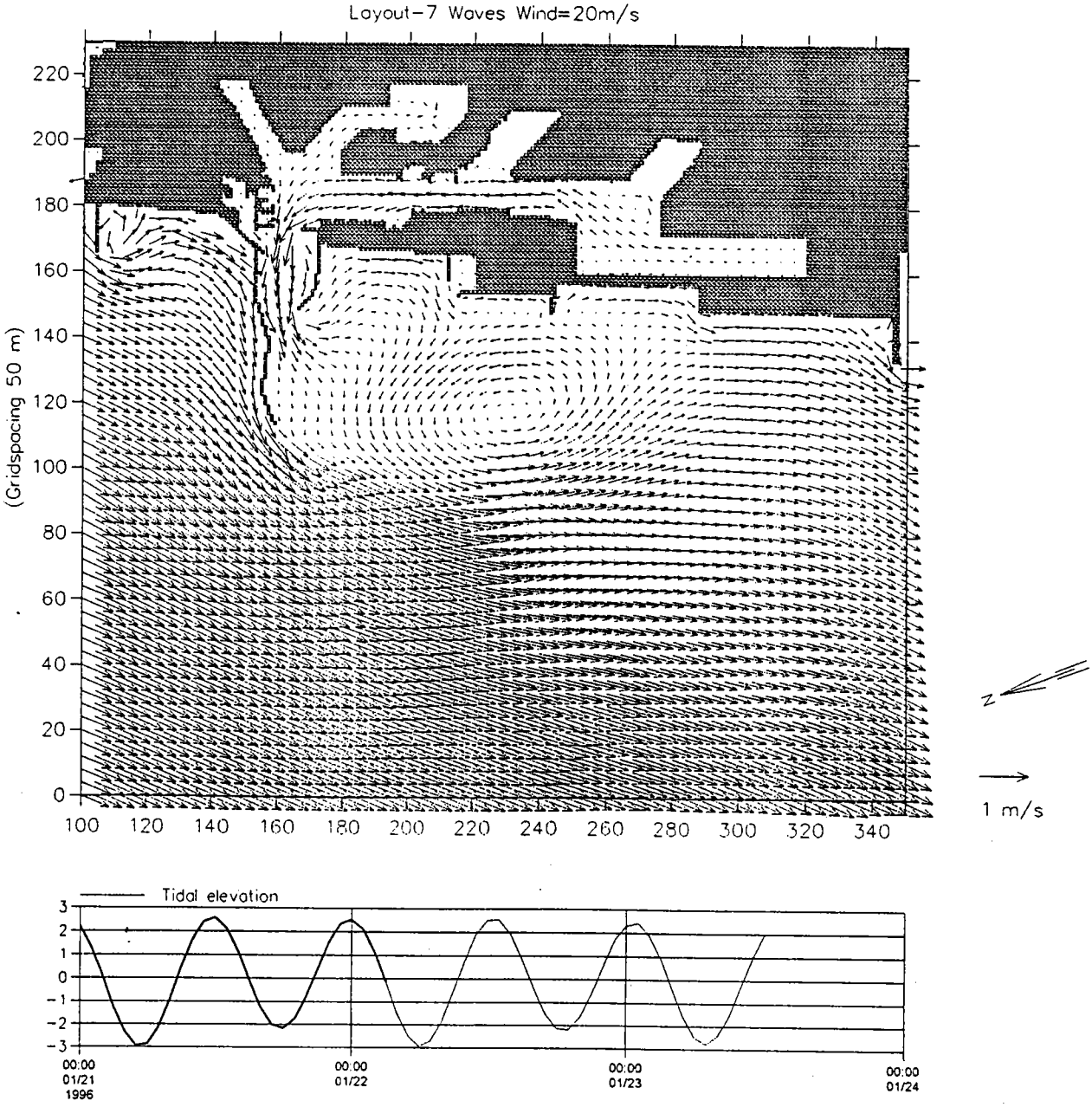


圖 A-16 替選方案七佈置在風速 20m/s 退潮時之水流模擬

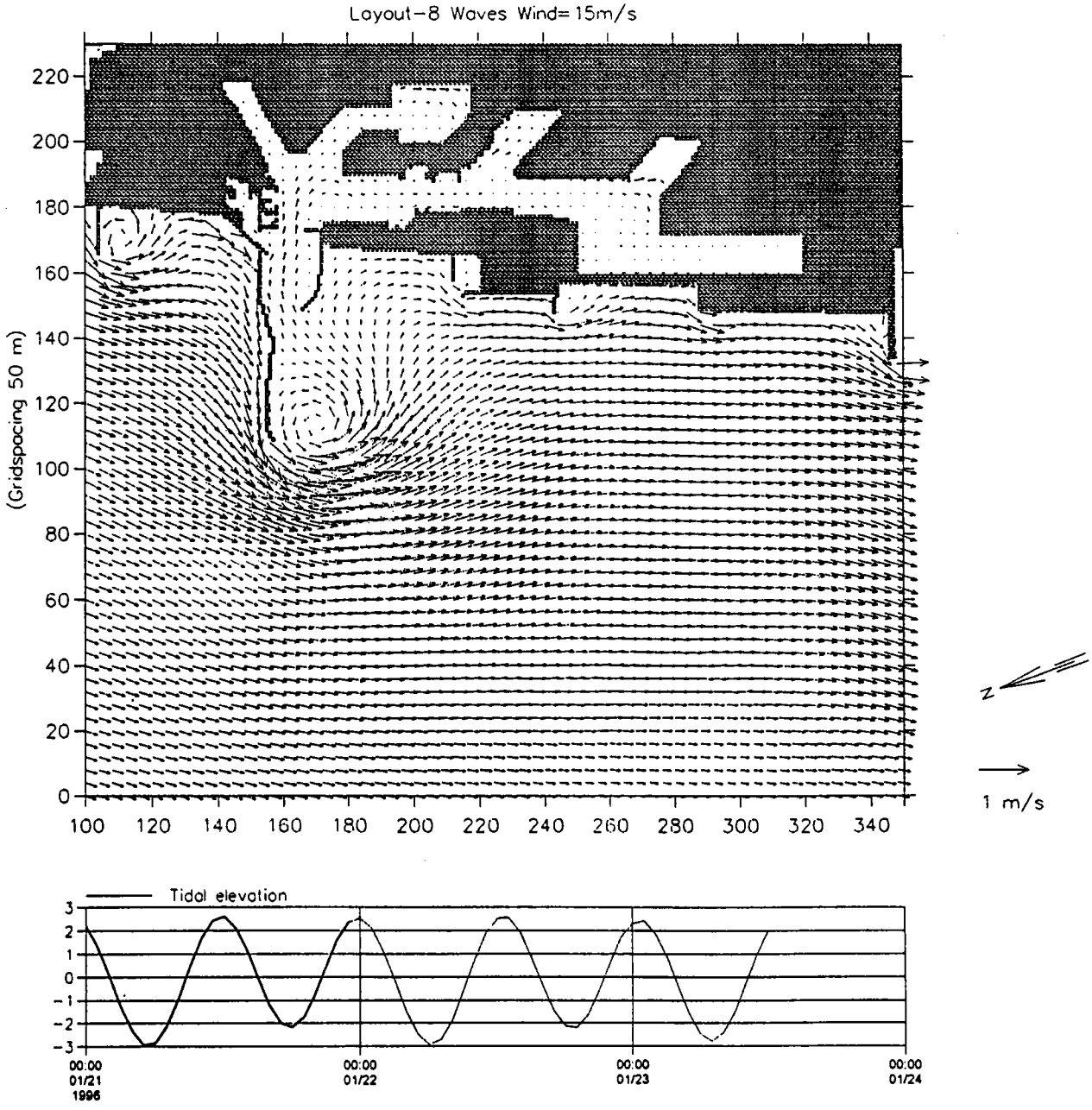


圖 A-17 替選方案八佈置在風速 15m/s 漲潮時之水流模擬

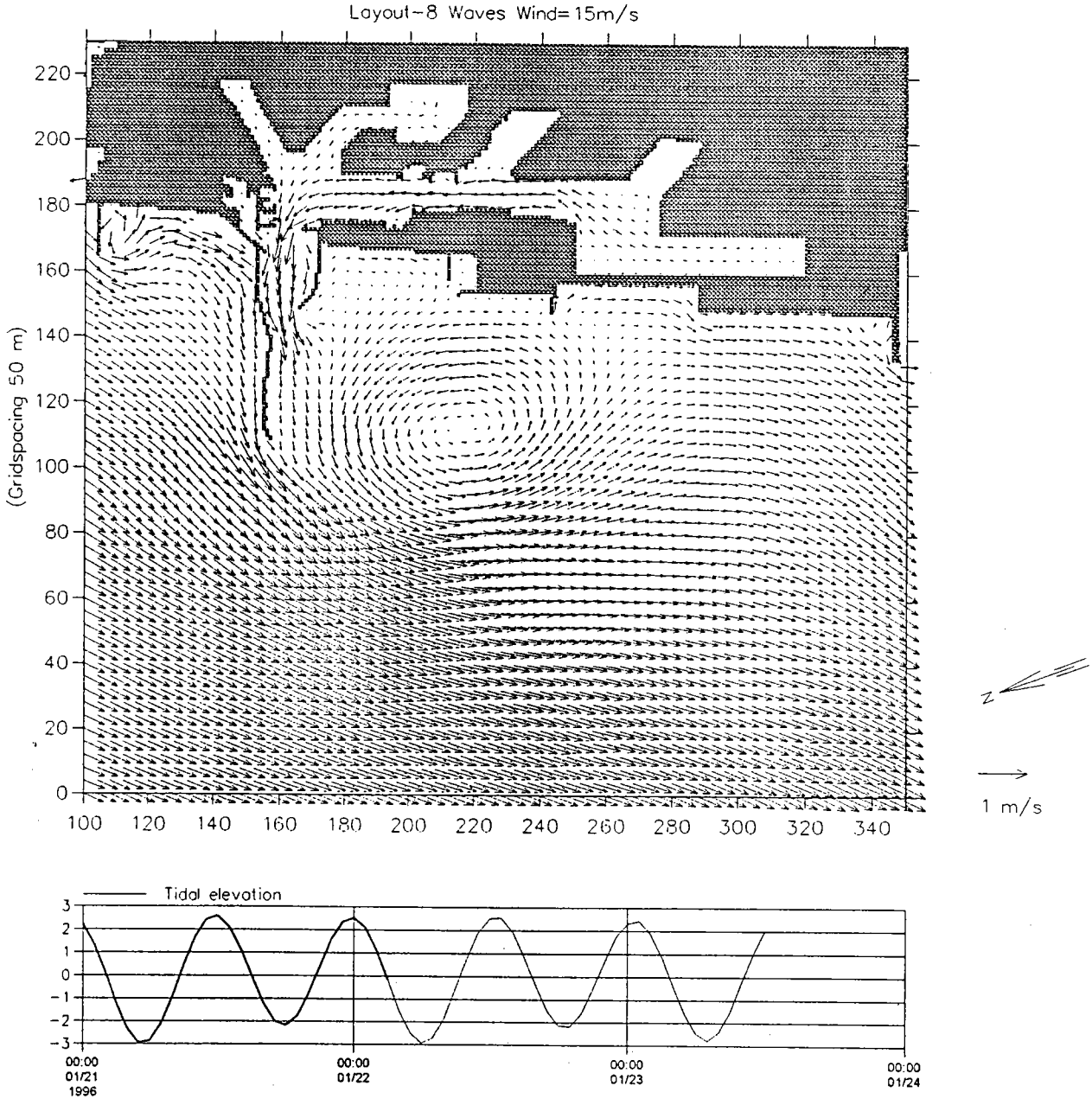


圖 A-18 替選方案八佈置在風速 15m/s 退潮時之水流模擬

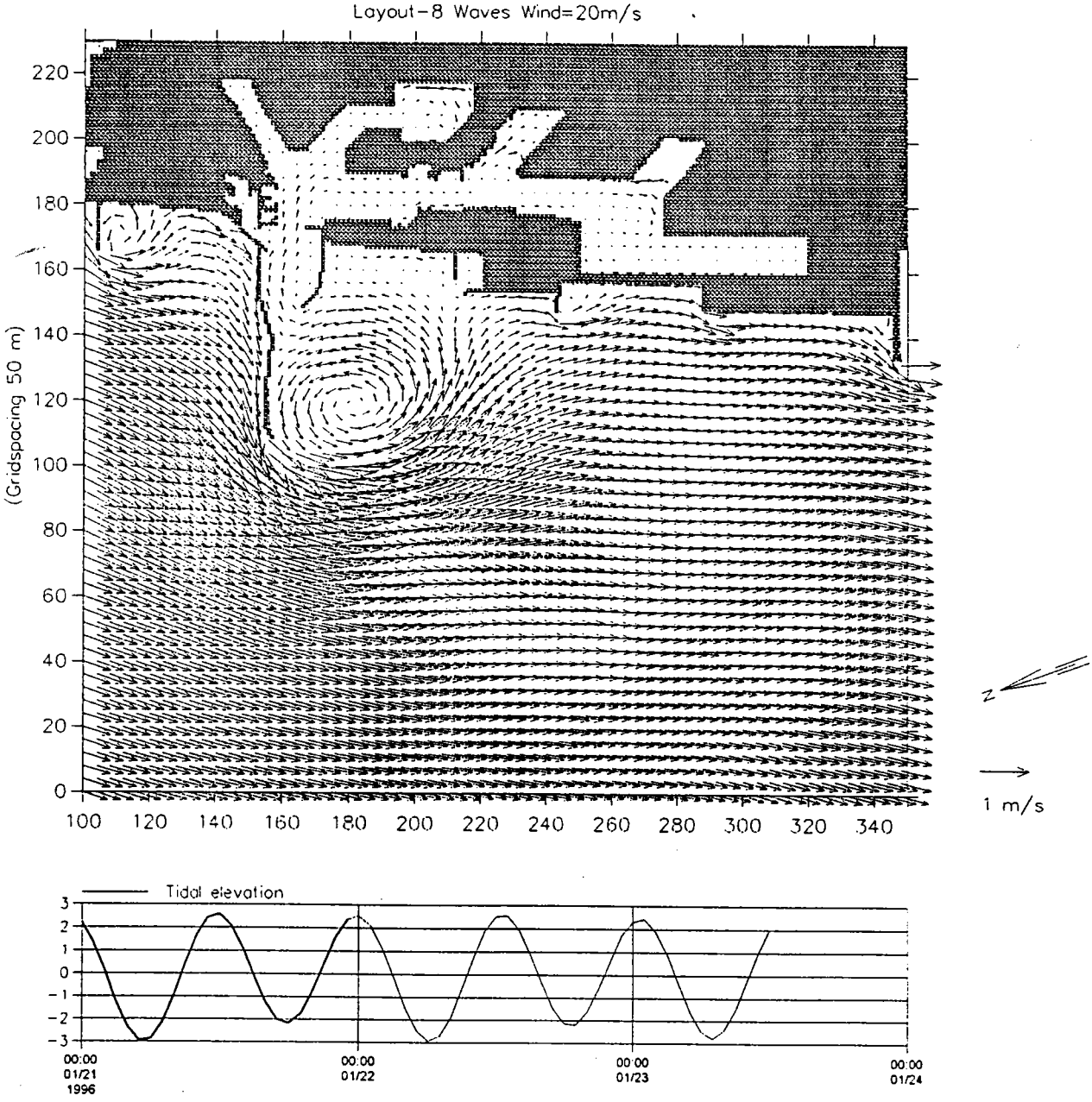


圖 A-19 替選方案八佈置在風速 20m/s 漲潮時之水流模擬

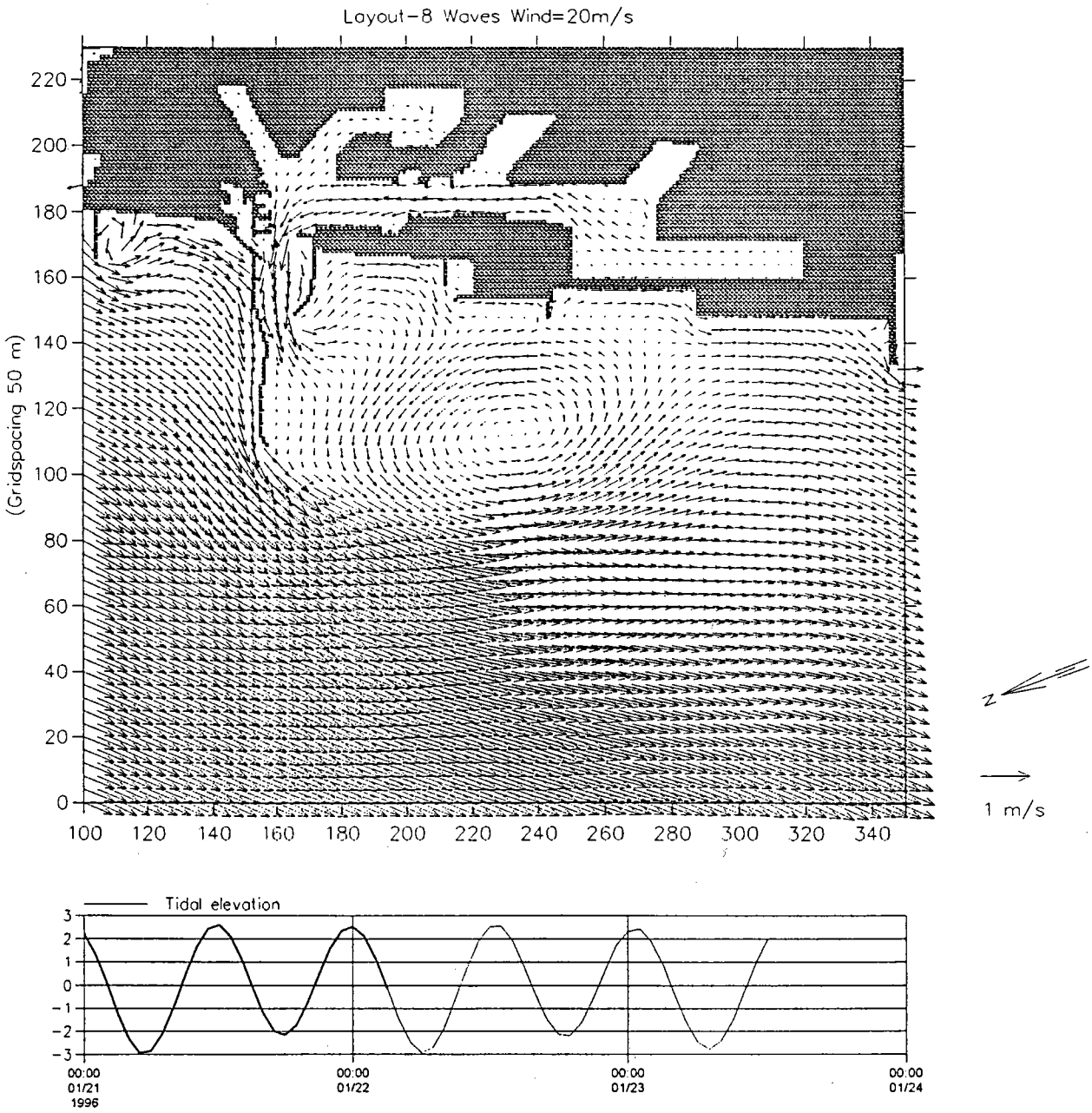
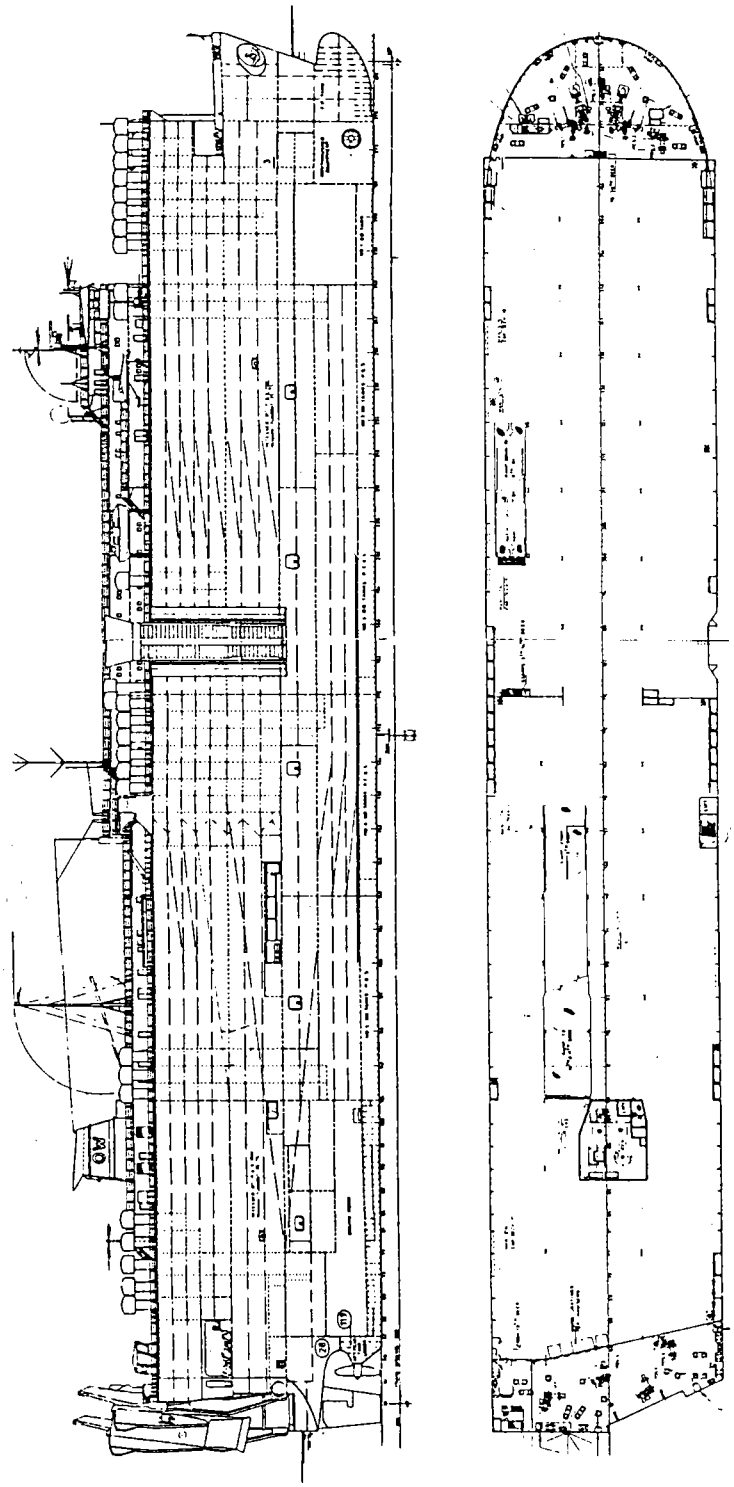


圖 A-20 替選方案八佈置在風速 20m/s 退潮時之水流模擬

附錄 B　Real-time 操船模擬所採用之各種船型規格及特性

Ship Dimensions

Type of ship Condition Ship No.		Carcarrier Loaded 3040
Displacement	m^3	33551
Length between perpendiculars	m	190
Length overall	m	198
Breadth moulded	m	32.25
Draught fore/aft	m	9.5/9.5
Service speed	knots	20
Wetted surface	m^2	6763
Wind side area	m^2	4410
Wind front area	m^2	1185
Block coefficient		0.5764
Trim by the stern, %		0
LCB, % of LBP forw. of LBP/2		-1.0
Radius of inertia, % of LBP		25.0
Type of engine		Diesel
Number of propellers		1
Type of propellers		Fixed Pitch
Direction of rotation		Clockwise
Propeller diameter	m	6.5
Pitch ratio at 0.7R	max.	0.925
Area ratio		0-5
Shaft power (ahead) total	MW	13.5
Numbers of stern rudders		1
Type of rudders		Semi spade
Position		In slipstream
Area of rudder, submerged part	m^2	39
100 x total rudder area/LBP x T		2.19
Turning velocity of rudder	°/sec.	2.5
Max. rudder angle	°	35
Number of bow thrusters		1
Nominal bow thruster force, total	kN	175
Number of stern thrusters		0
Nominal stern thruster force, total	kN	-

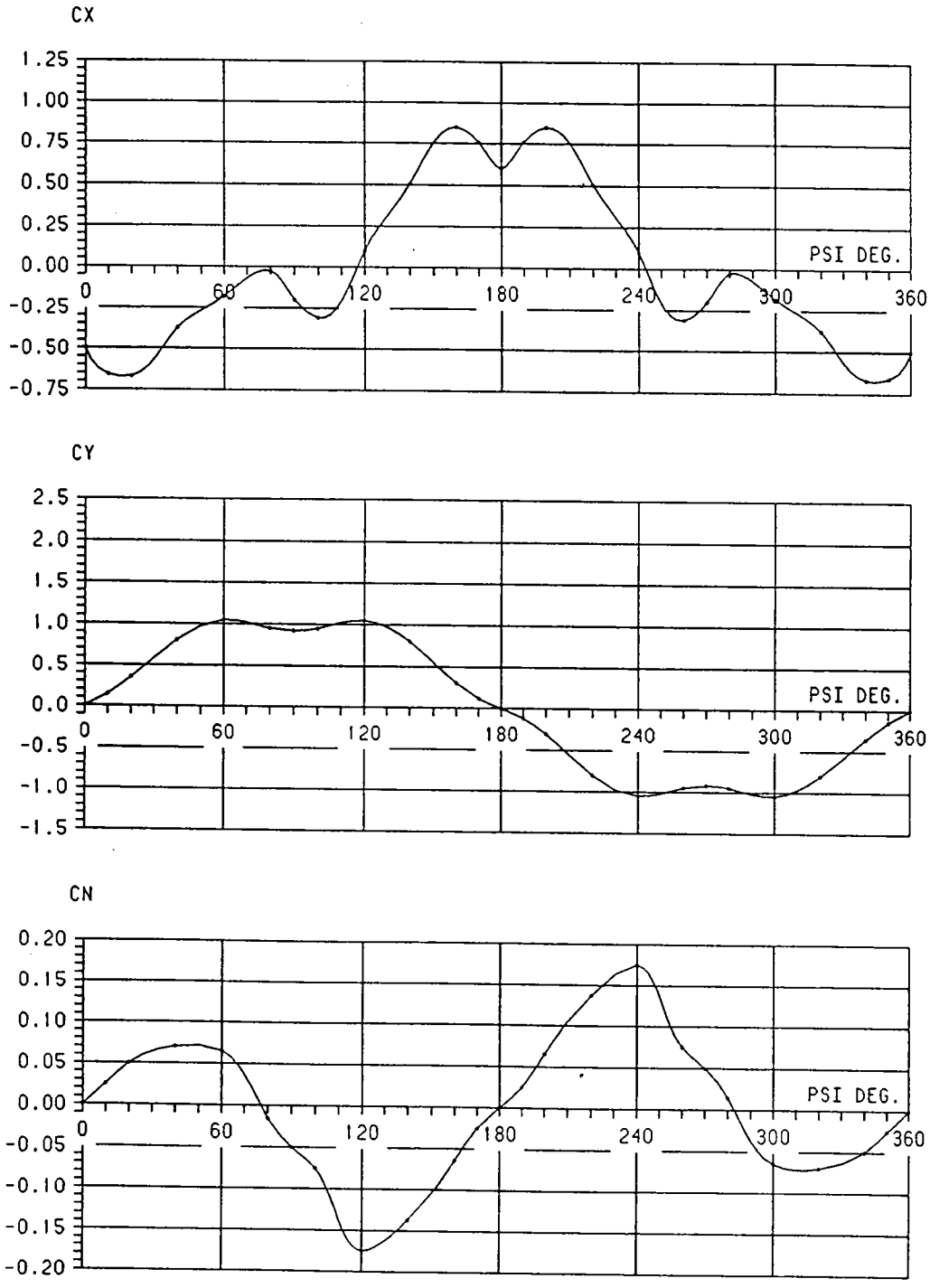


DMI

DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

190 M LPP CAR CARRIER 3040
GEN. ARR.

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 143500



WIND COEFFICIENTS

DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

CAR CARRIER LPP = 190M
SHIP 3040

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 143851

Ship 3040, revolutions and speed at 2 water depths.

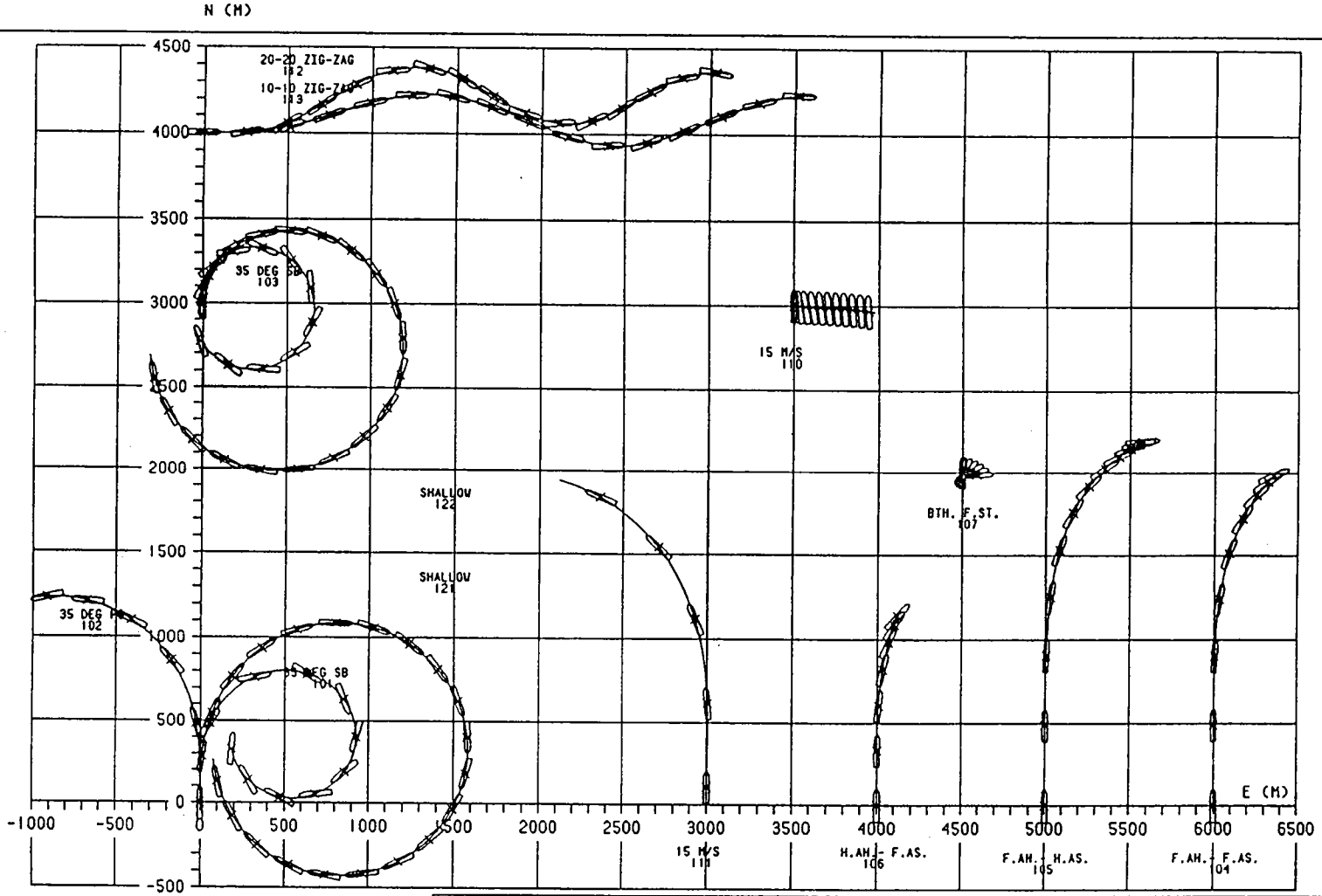
Handle	Propeller		Speed, Knots	
	Revolutions	P/D	1000 m	11.4 m
1.0	106	0.92	20.0	14.2
0.8	87	"	16.8	12.8
0.5	70	"	13.8	11.3
0.25	39	"	7.6	6.4
0.125	30	"	6.0	5.1
-0.125	-30	"	-3.9	-3.1
-0.25	-42	"	-5.3	-4.2
-0.4	-49	"	-6.2	-4.8
-0.5	-50	"	-6.7	-5.0

1.0 = Full Ahead

Ship 3040, Standard Manoeuvres

Run No.	Water m	Type of manoeuvre	Initial speed	Rudder deg.	Engine setting	Thruster bow/stern
101	1000	35° SB Turning Circle	20.0	-35	1.0	0/0
102	"	35° PS Turning Circle	20.0	35	1.0→0	0/0
103	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 →1.0	0/0
104	"	Crash Stop	20.0	0	1.0 → -1.0	0/0
105	"	Normal Stop	20.0	0	1.0 → -0.5	0/0
106	"	Stop from Half Speed	13.1	0	0.5 → -1.0	0/0
107	"	Bow Thruster Test	0	0	0	1/0
108	"	Stern Thruster Test	0	0	0	0/-1
109	"	All-Thruster Test	0	0	0	1/-1
110	"	Wind 15 m/s from side	0	0	0	0/0
111	"	Wind 15 m/s from side	20.0	0	1.0	0/0
112	"	20-20 Zig-Zag	20.0	20 → -20	1.0	0/0
113	"	10-10 Zig-Zag	20.0	10 → -10	1.0	0/0
114	"	Spiral test	20.0	-15 → 15	1.0	0/0
115	"	Course keeping in 15 m/s	7.0	Autopilot	0.25	0/0
116	11.4	Course keeping in 15m/s	5.5	Autopilot	0.25	0/0
121	"	35° SB Turning Circle	11.3	-35	0.5	0/0
122	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 →1.0	0/0

Starboard rudder angles are negative.
Starboard thruster is positive

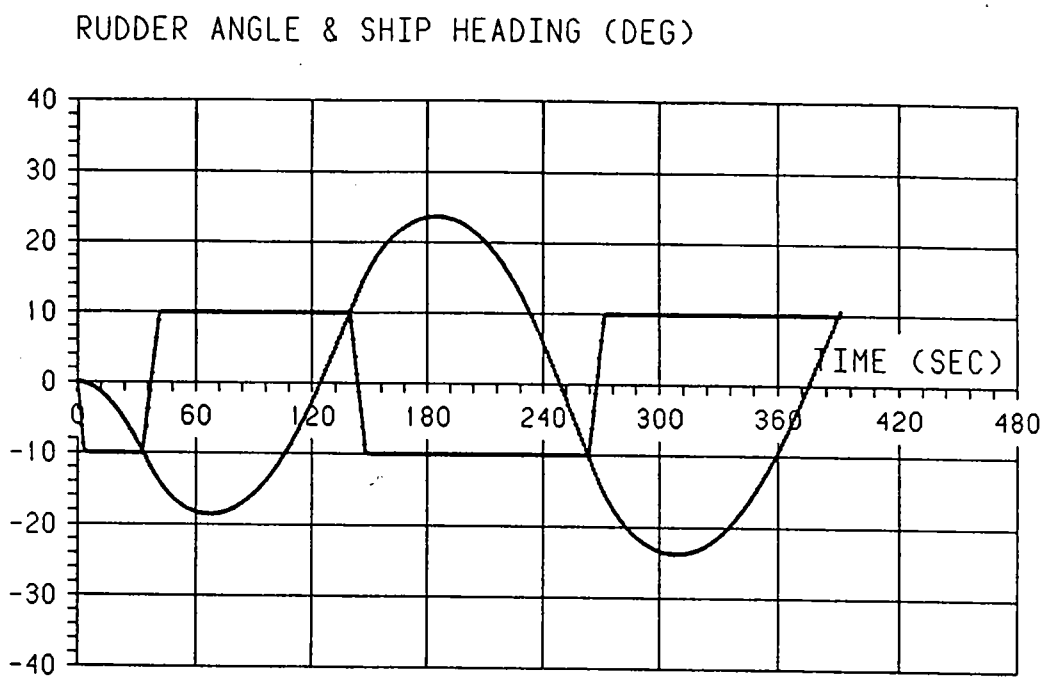


OUTLINE INTERVAL 60 SEC

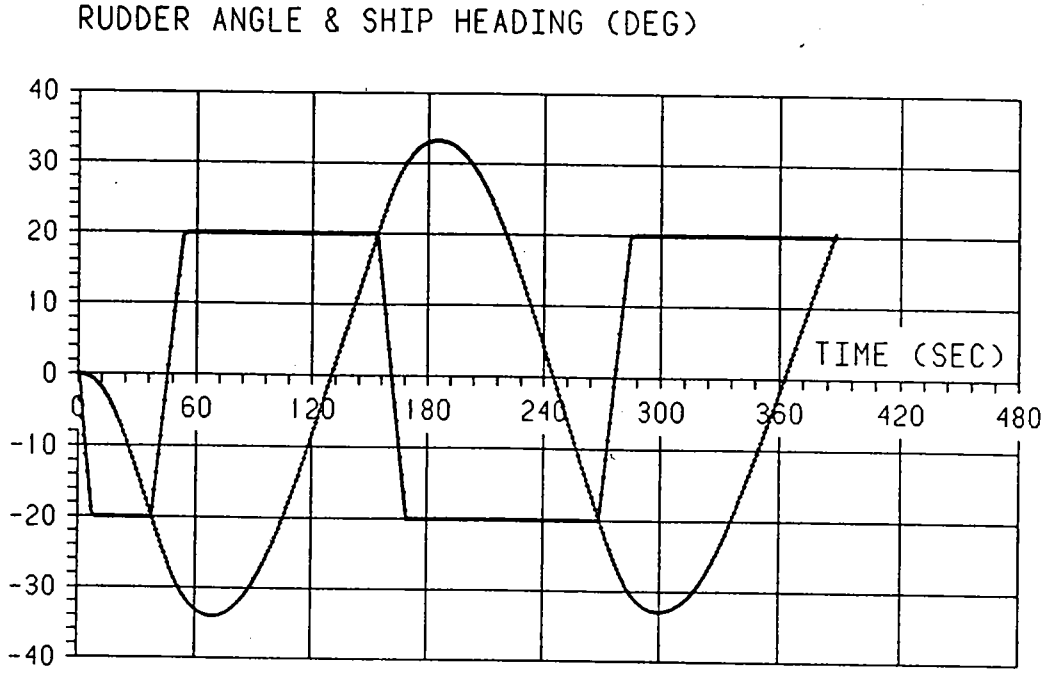
DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

CARCARRIER LPP 190 M
SHIP 3040

ORDER 98082
DATE 980506
TIME 140341



10 - 10 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

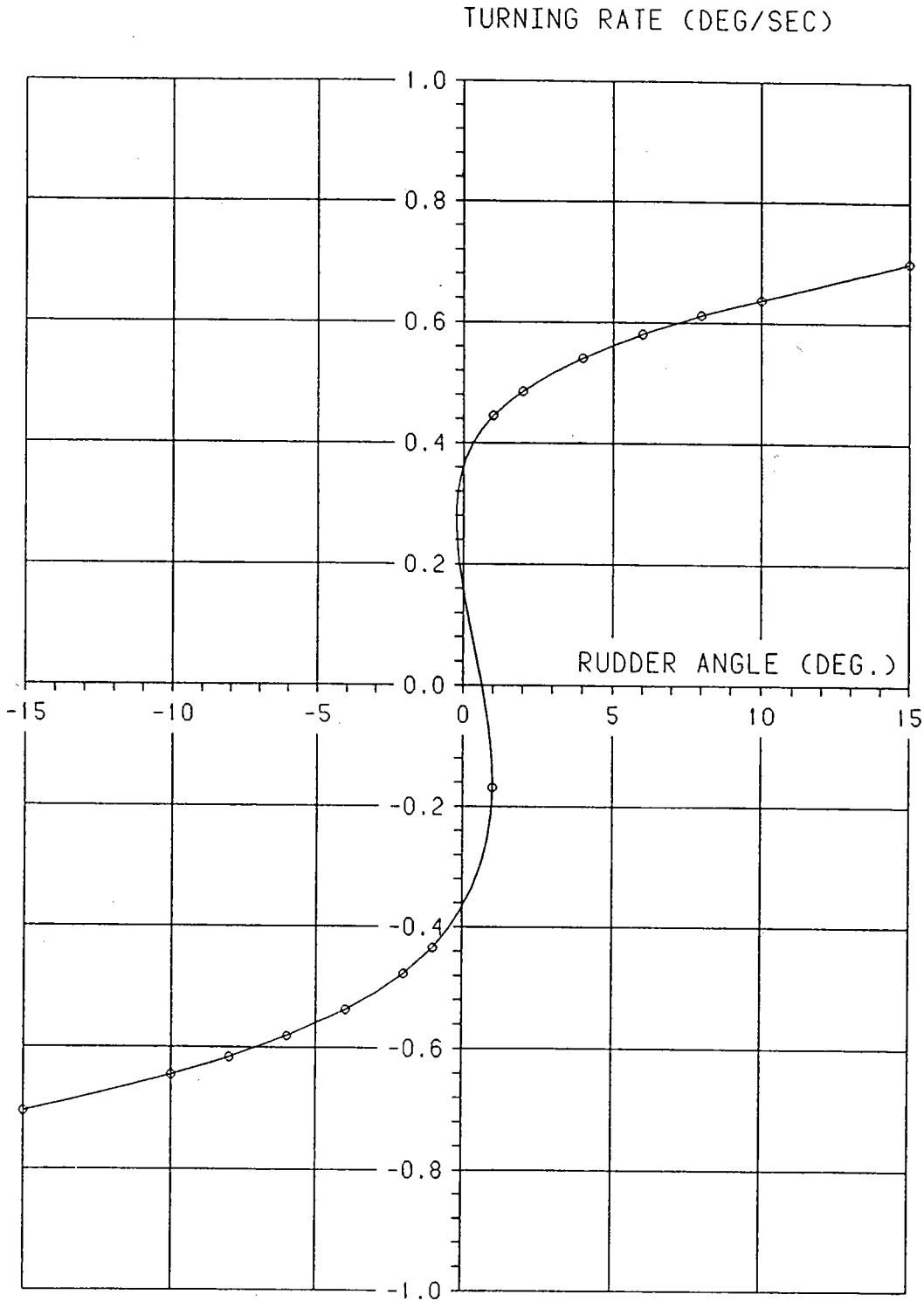


20 - 20 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

CARCARRIER LPP 190 M SHIP 3040

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 124834

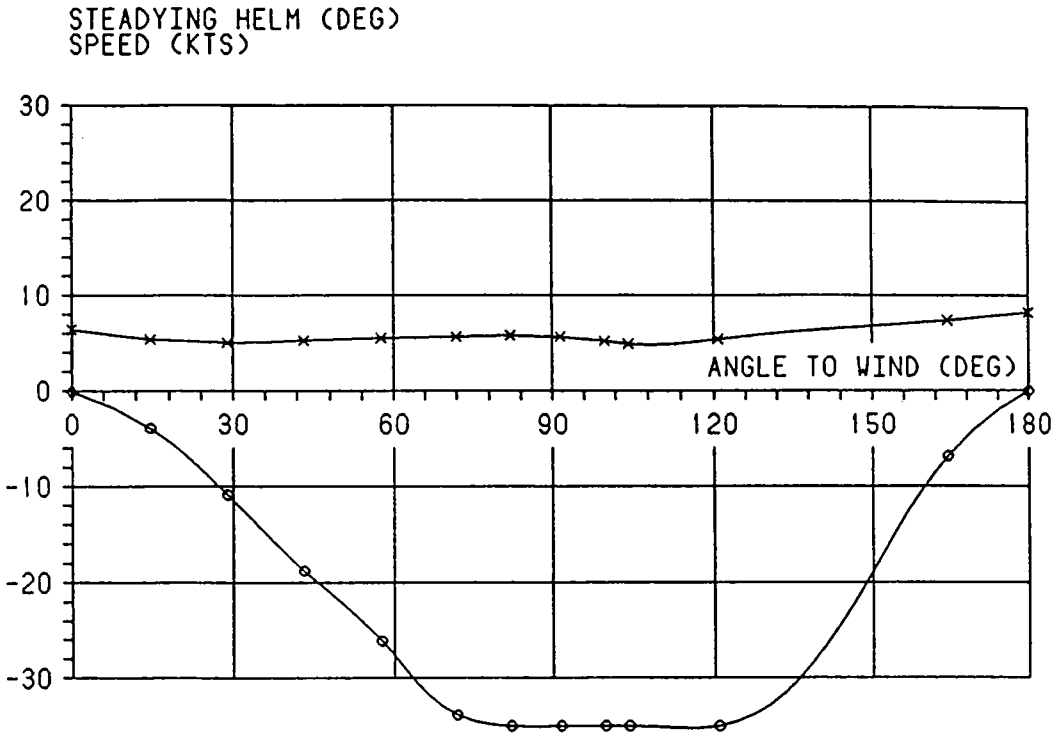


DIMENSIONAL SPIRAL

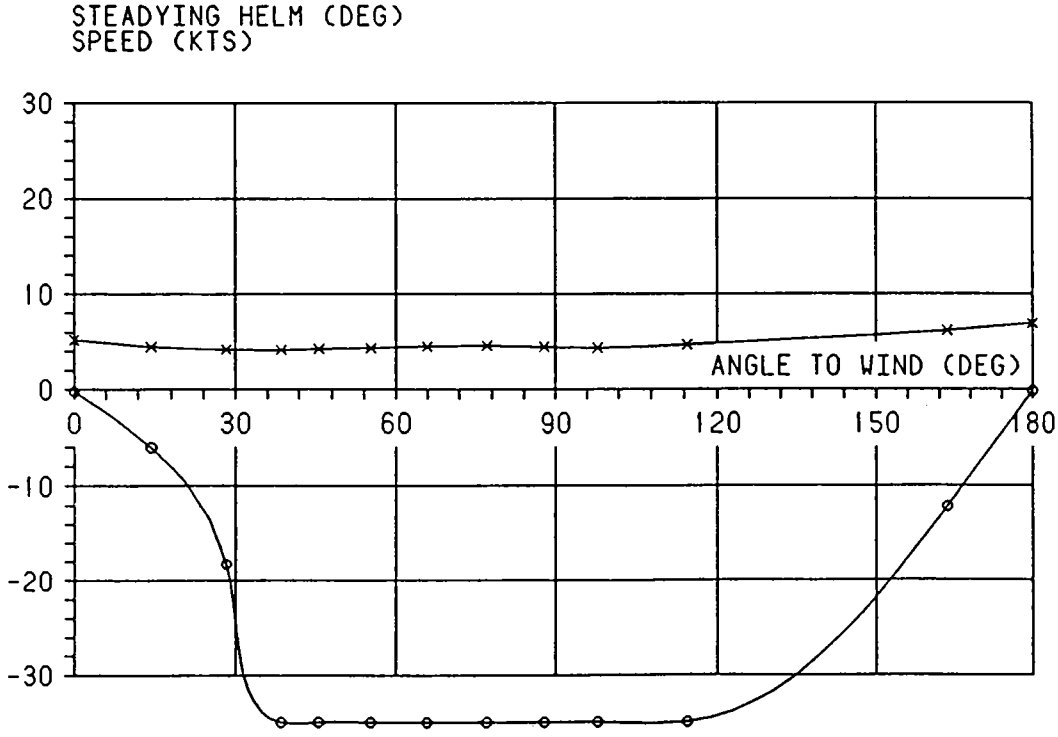
DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

CARCARRIER LPP 190 M
SHIP 3040

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 124814



COURSE KEEPING - 15 M/S - DEEP WATER



COURSE KEEPING - 15 M/S - SHALLOW WATER

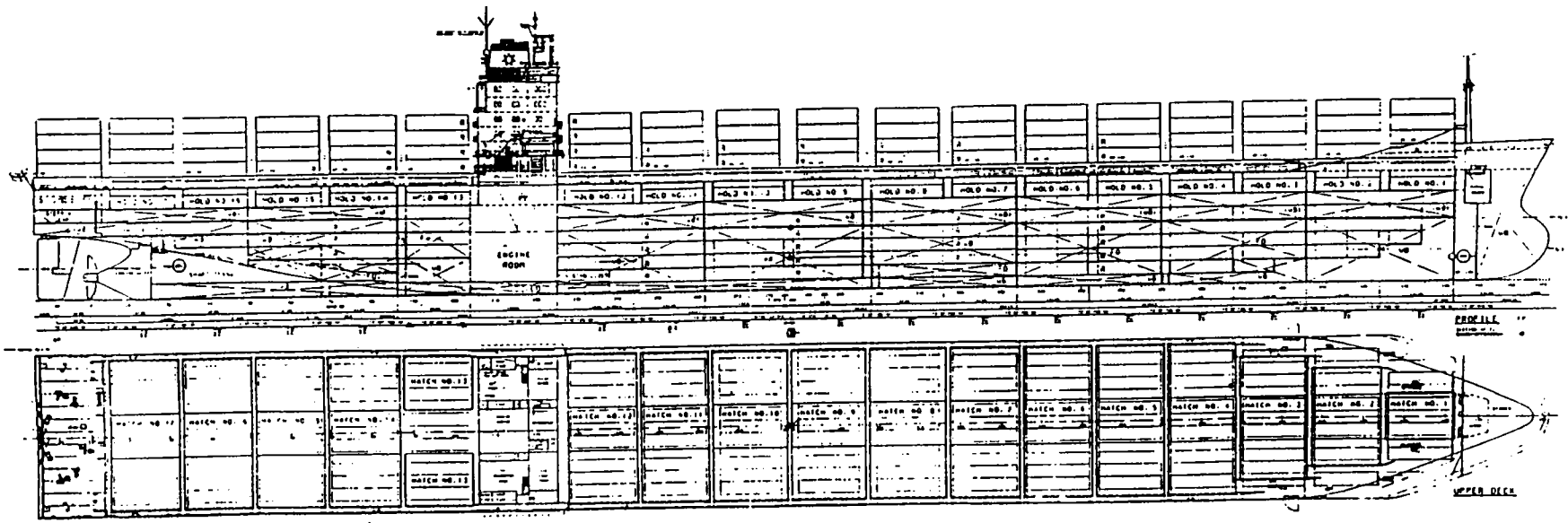
DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

CARCARRIER LPP 190 M
SHIP 3040

ORDER 98082
DATE 980506
TIME 145609

DESCRIPTION OF M/S "MARIE MÆRSK"

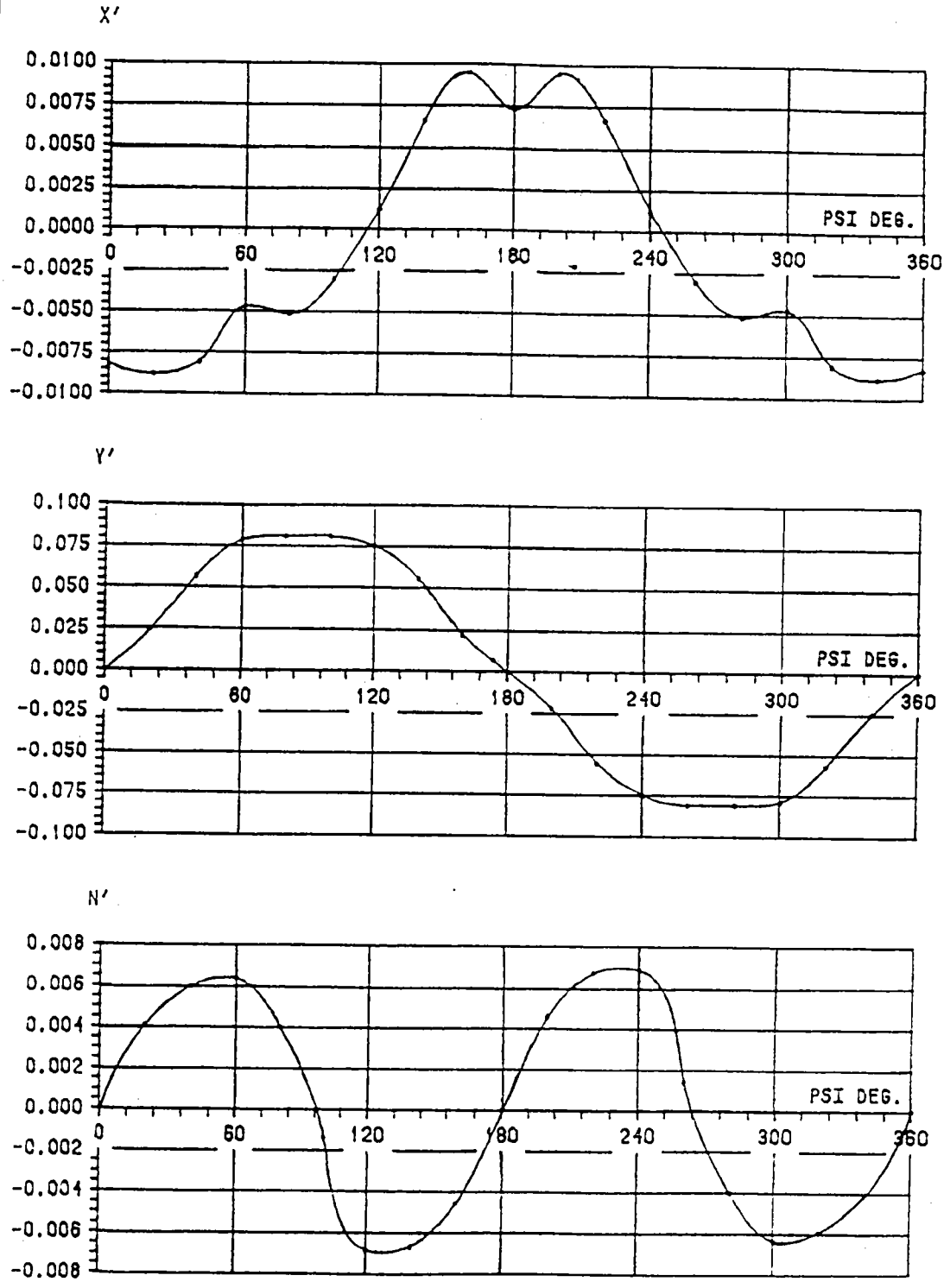
Type of ship Condition Ship No.		"Marie Mærsk" Part-loaded 3060
Displacement	m^3	60800
Length between perpendiculars	m	284.72
Length overall	m	294.12
Breadth moulded	m	32.2
Draught fore/aft	m	10.5 / 10.5
Wetted Surface	m^2	11145
Frontal wind area	m^2	6900
Side wind area	m^2	1020
Block coefficient for hull proper		0.631
Trim by the stem, for hull proper%		0
LCB, % of LPP forw. of LPP/2		0.16
Radius of inertia, % of LPP		24
Type of Engine		Diesel
Number of propellers		1
Type of propellers		Fixed Pitch
Direction of rotation		Clockwise
Number of blades		6
Propeller diameter	m	8.55
Pitch ratio at 0.7R		1.09
Area ratio A_E/A_o		0.83
Shaft Power (Ahead)	HP	57700
Number of rudders		1
Type of rudders		Semi Spade
Position		Behind Propeller
Area of each rudder incl. horn, submerged part	m^2	47.3
100 x total rudder area/LPP x T		1.58
Turning velocity of rudder (one pump)	°/sec.	2.3
Max. rudder angle	°	35
Number of bow thrusters		1
Nominal bow-thruster power	kN	200
Numbers of stern thruster		1
Nominal stern thruster power	kN	200



DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

GENERAL ARRANGEMENT
3060

ORDER 97001
DATE 970512



DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

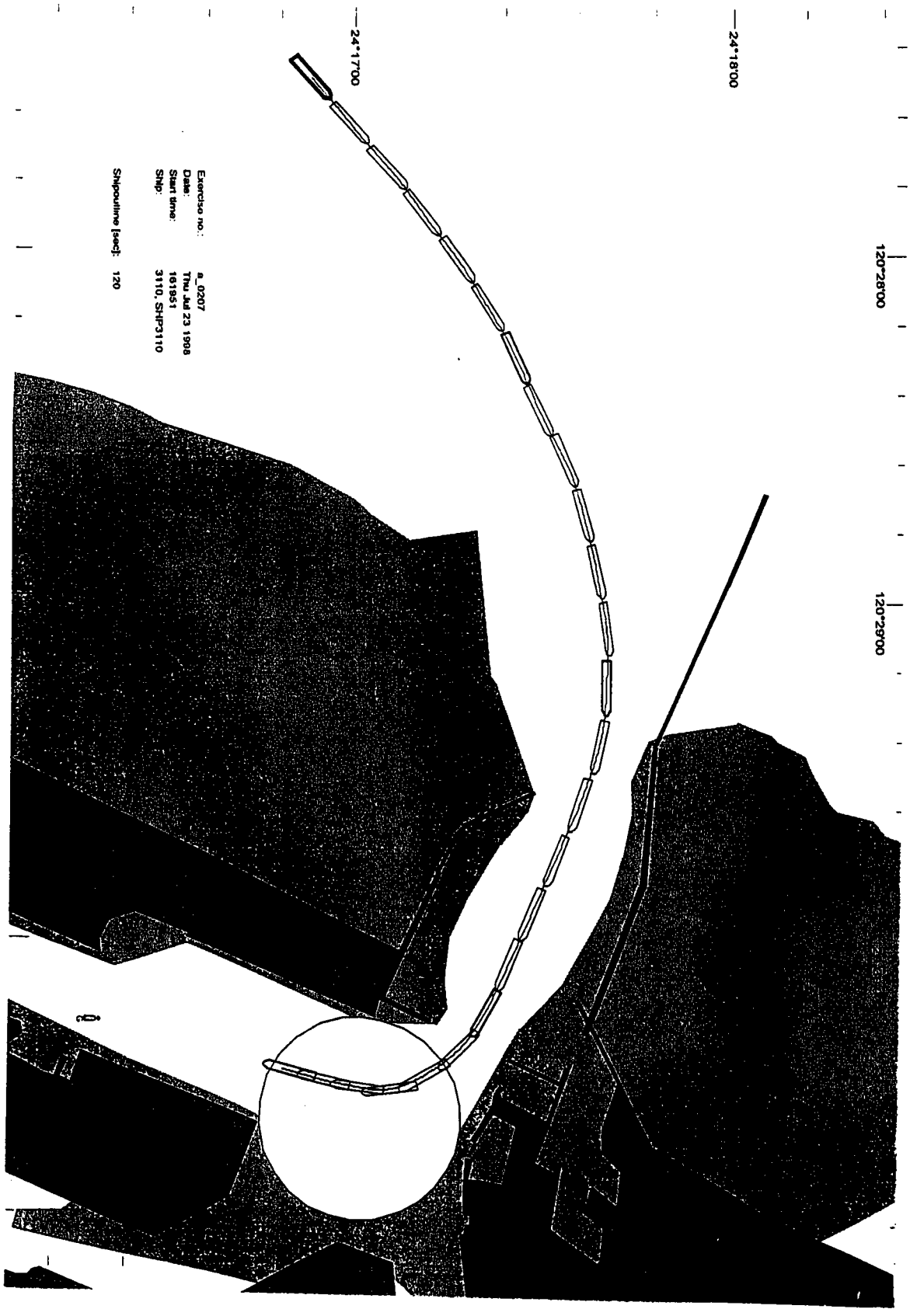
WIND COEFFICIENTS
3060

ORDER 97001
DATE 970512
TIME 142716

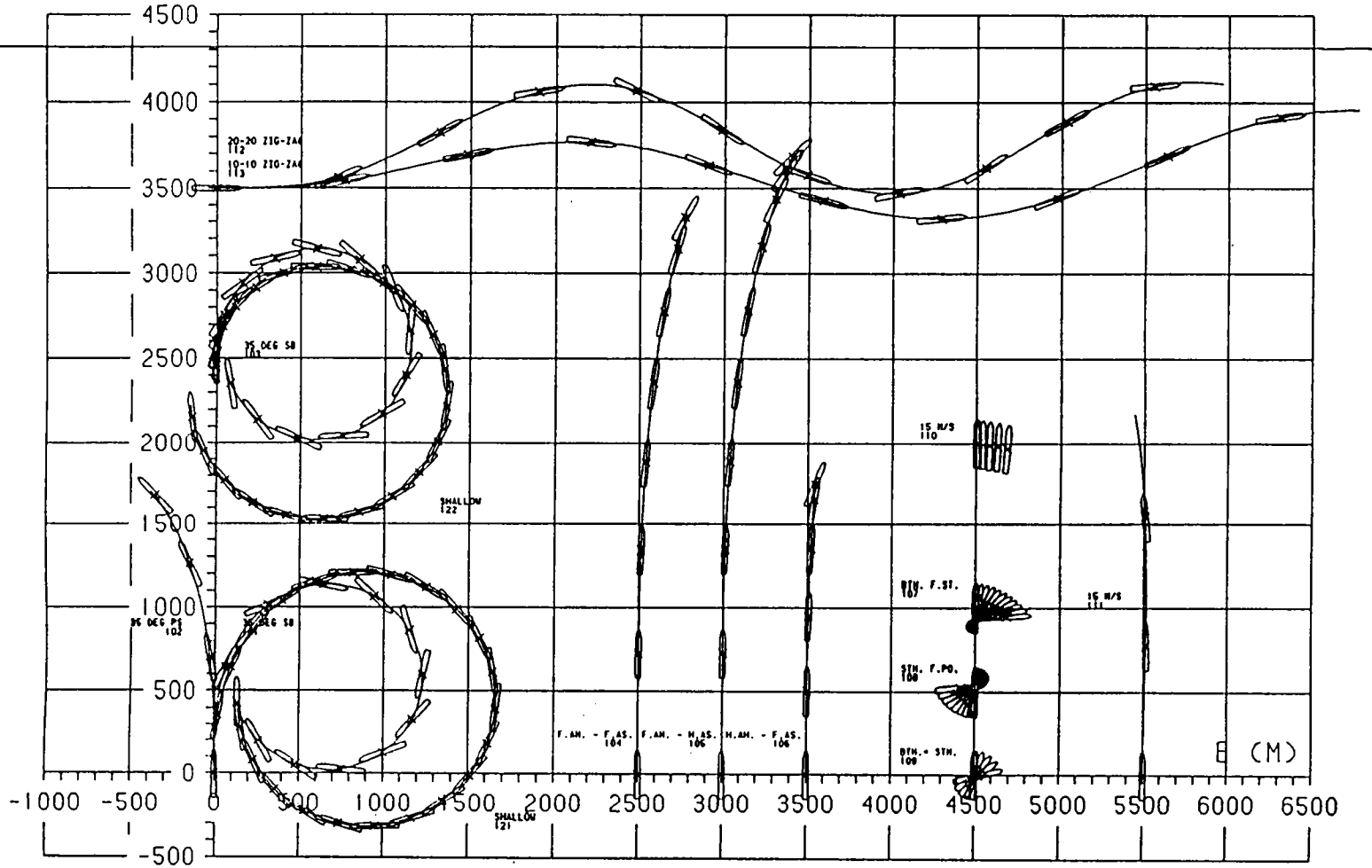
SHIP 3060 - M/S "MARIE MÆRSK"

Ship speeds as function of Engine Telegraph setting

Ship Engine Setting	Propeller RPM	Speed, Knots Water depth 1000 m	Speed, Knots 12.6 m (1.2 x T)
Full Sea Ahead 1.0	93	25.3	-
Full ahead 0.8	83	22.8	15.1
Half Ahead 0.5	62	17.0	13.2
Slow Ahead 0.25	36	9.8	7.9
Dead Slow Ahead 0.125	23	6.2	5.0
Dead Slow Astern -0.125	-23	-4.9	-4.1
Slow Astern -0.25	-30	-6.8	-5.6
Half Astern -0.5	-47	-10.8	-8.2
Full Astern -0.8	-61	-12.9	-8.8



C-26 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A207)

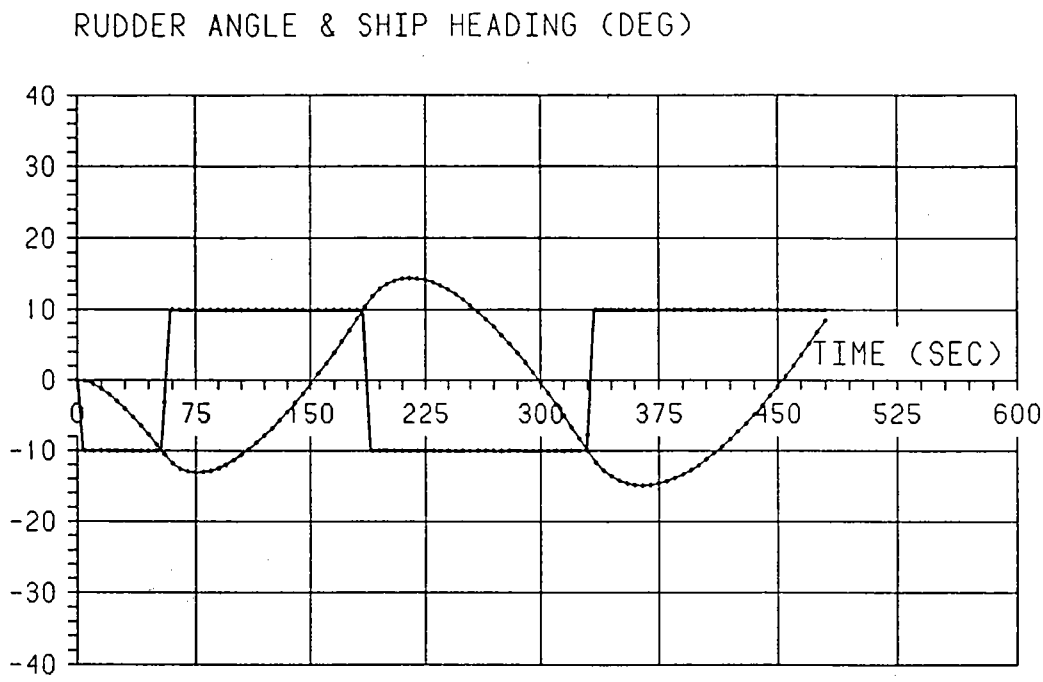


OUTLINE INTERVAL 60 SEC

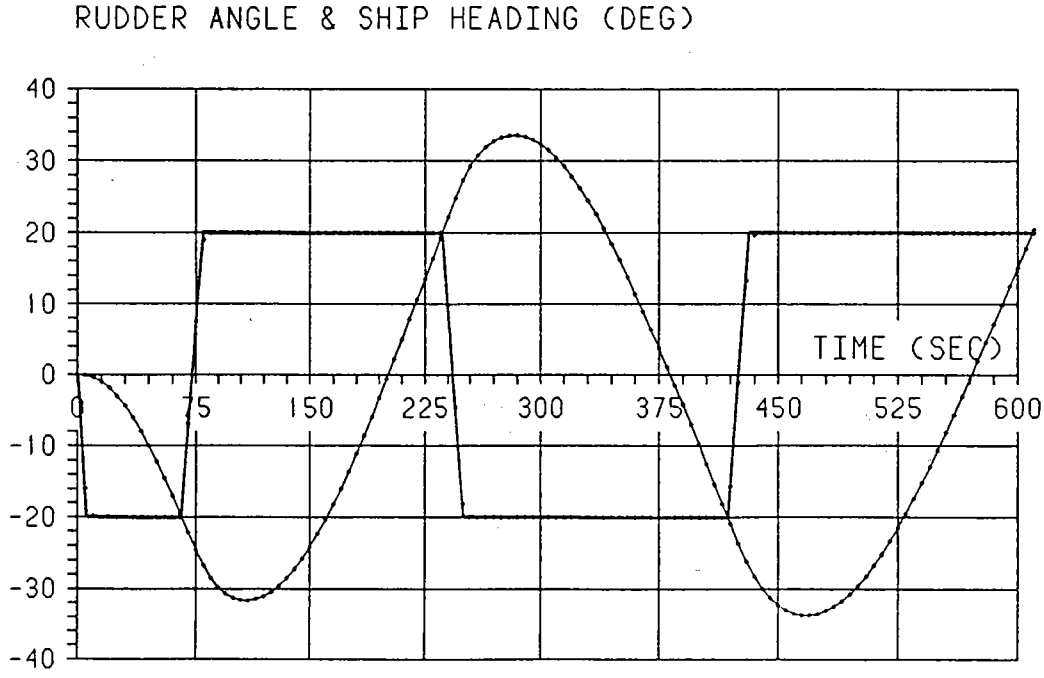
DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

284 M CONTAINER SHIP 3060

ORDER 97001
DATE 970512
TIME 141434



10 - 10 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

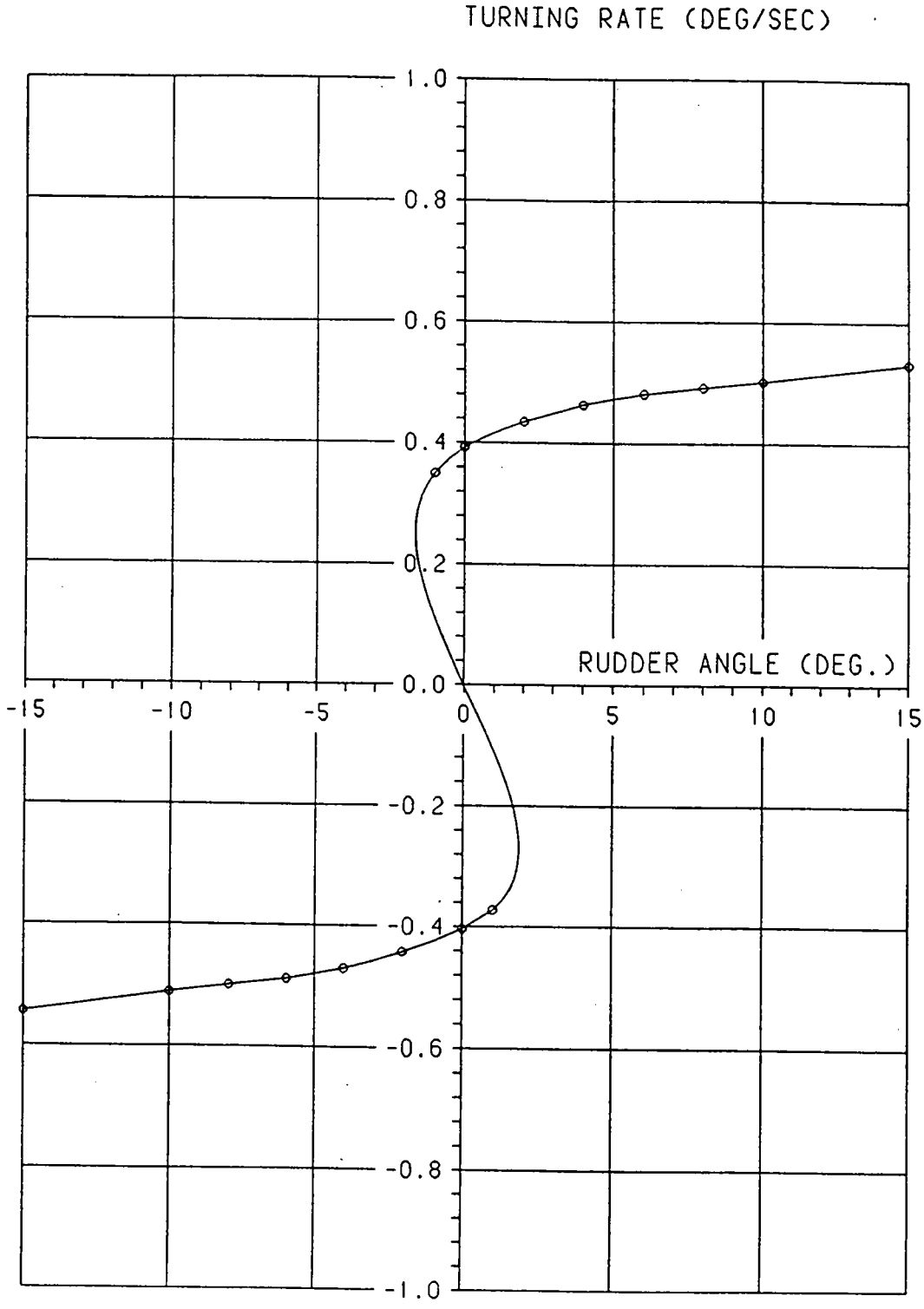


20 - 20 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

284 M CONTAINER SHIP 3060

ORDER 98046
DATE 980909
TIME 141032

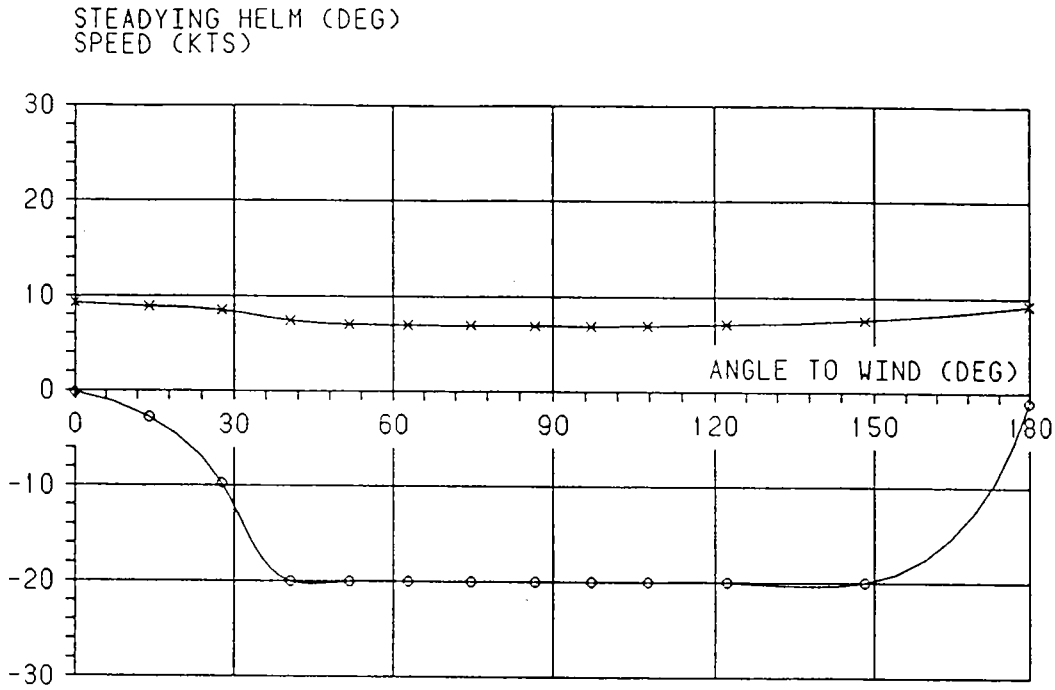


DIMENSIONAL SPIRAL

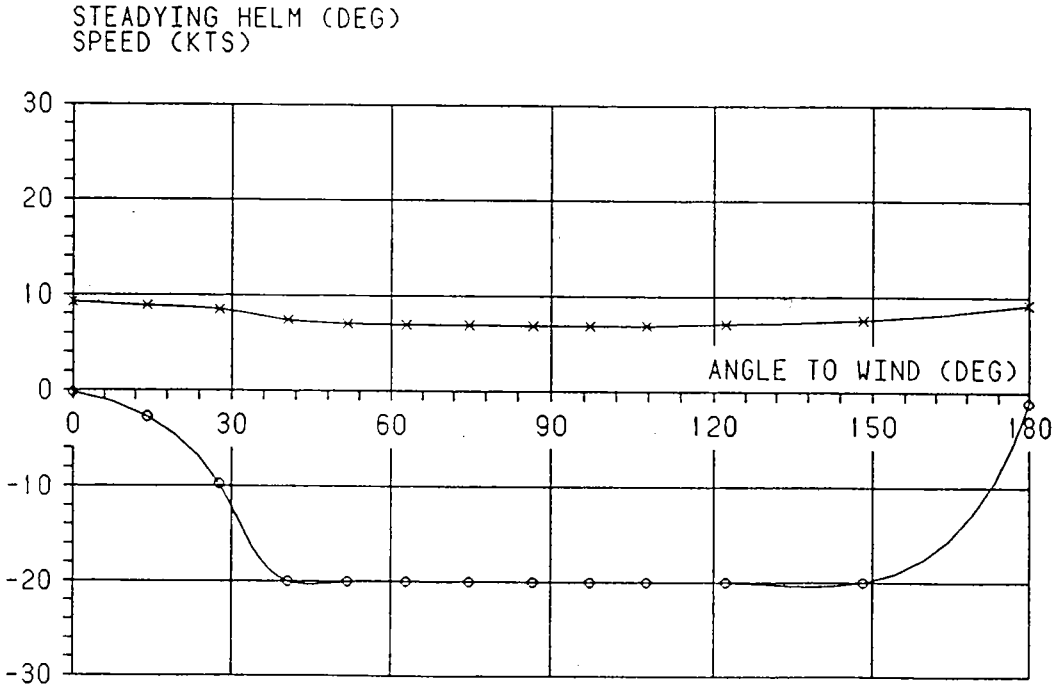
DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

284 M CONTAINER SHIP 3060

ORDER 97001
DATE 970512
TIME 141443



COURSE KEEPING - 15 M/S - DEEP WATER



COURSE KEEPING - 15 M/S - SHALLOW WATER

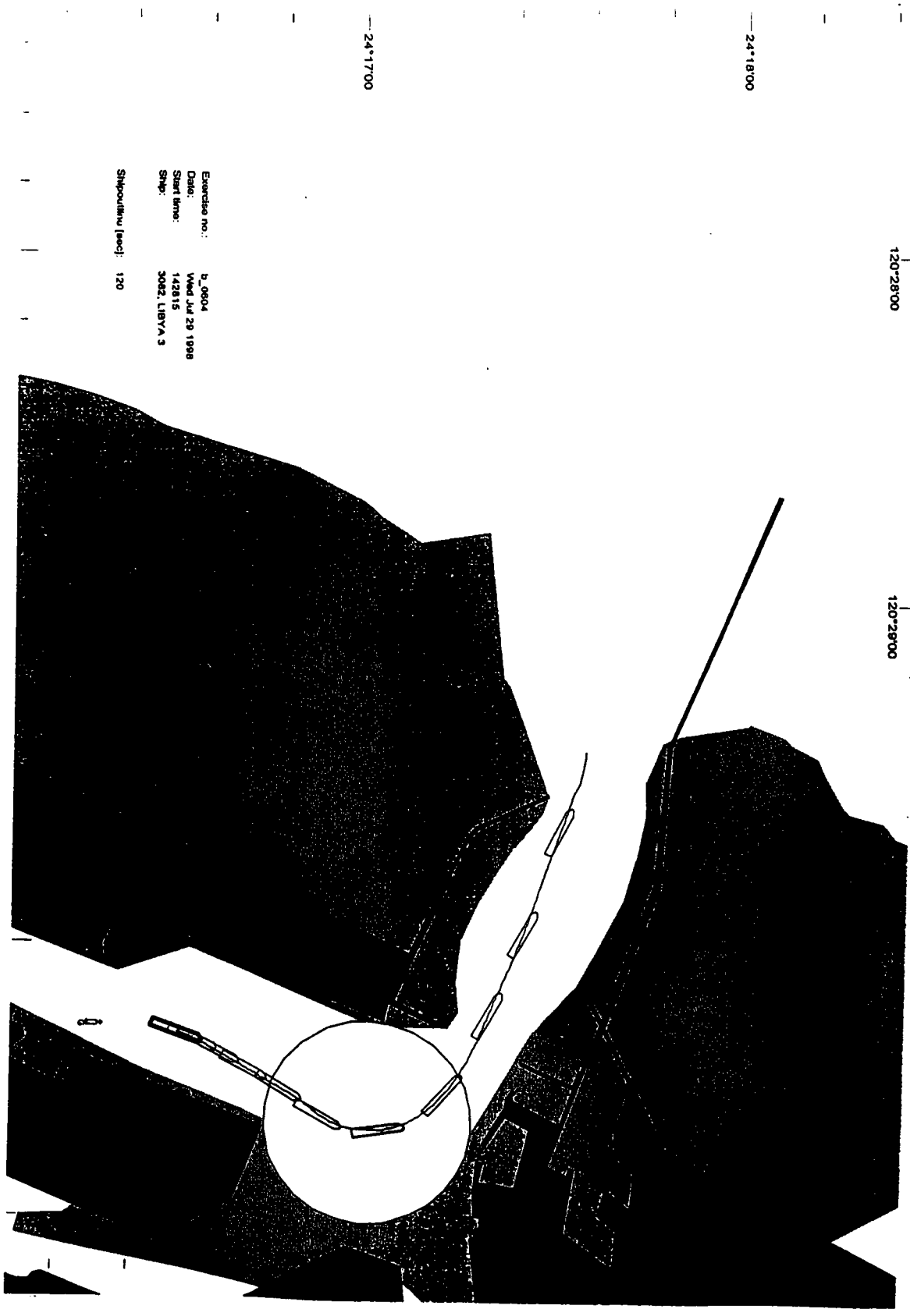
DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

284 M CONTAINER SHIP 3060

ORDER 97001
DATE 970512
TIME 141452

Ship Dimensions

Type of ship Condition Ship No.		Bulker Ballast 3082
Displacement	m^3	48851
Length between perpendiculars	m	249.15
Length overall	m	259.80
Breadth moulded	m	39.9
Draught fore/aft	m	5.6/8.64
Service speed	knots	16
Wetted surface	m^2	10747
Wind side area	m^2	4669
Wind front area	m^2	1508
Block coefficient		0.6993
Trim by the stem, %		1.22
LCB, % of LBP forw. of LBP/2		1.037
Radius of inertia, % of LBP		25.0
Type of engine		Diesel
Number of propellers		1
Type of propellers		Fixed Pitch
Direction of rotation		Clockwise
Propeller diameter	m	7.55
Pitch ratio at 0.7R	max.	0.742
Area ratio		0.5
Shaft power (ahead) total	MW	10.7
Numbers of stem rudders		1
Type of rudders		Semi spade
Position		In slipstream
Area of rudder, submerged part	m^2	62.5
100 x total rudder area/LBP x T		3.52
Turning velocity of rudder	°/sec.	5
Max. rudder angle	°	35
Number of bow thrusters		0
Nominal bow thruster force, total	kN	-
Number of stem thrusters		0
Nominal stem thruster force, total	kN	-



C-182 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮出港操航船跡圖 (B604)

Ship 3082, revolutions and speed at 2 water depths.

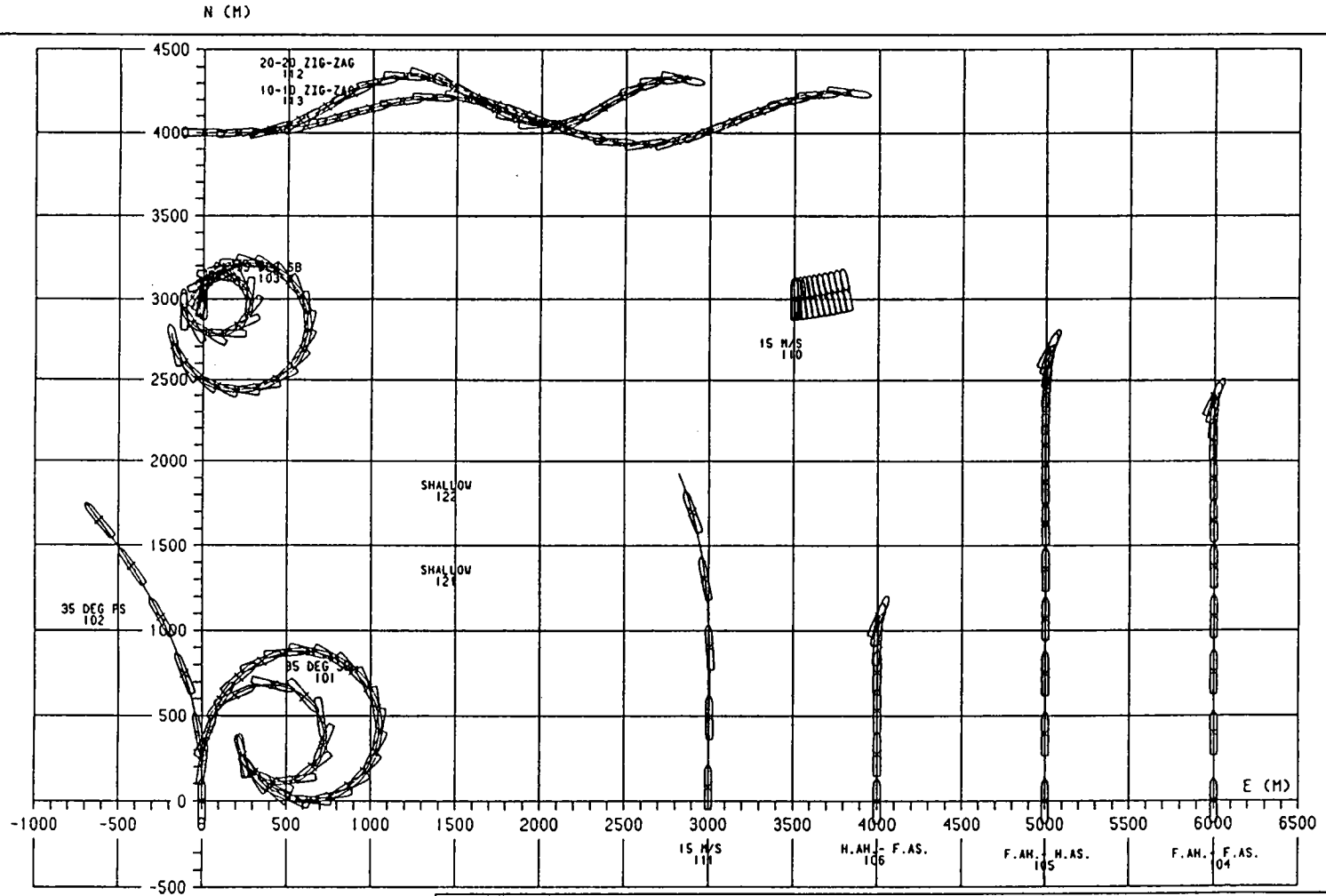
Handle	Propeller		Speed, Knots	
	Revolutions	P/D	1000 m	10.68m
1.0	90	0.734	16.3	11.3
0.8	77	"	14.3	11.1
0.5	61	"	11.4	9.2
0.2	41	"	7.7	6.2
-0.2	-41	"	-4.8	-3.8
-0.5	-57	"	-7.1	-5.6
-0.8	-72	"	-8.7	-6.5

1.0 = Full Ahead

Ship 3082 Standard Manoeuvres

Run No.	Water m	Type of manoeuvre	Initial speed	Rudder deg.	Engine setting	Thruster bow/stern
101	1000	35° SB Turning Circle	16.3	-35	1.0	0/0
102	"	35° SB Turning Circle	16.3	35	1.0→0	0/0
103	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 →1.0	0/0
104	"	Crash Stop	16.3	0	1.0 → -1.0	0/0
105	"	Normal Stop	16.3	0	1.0 → -0.5	0/0
106	"	Stop from Half Speed	10.5	0	0.5 → -1.0	0/0
110	"	Wind 15 m/s from side	0	0	0	0/0
111	"	Wind 15 m/s from side	16.3	0	1.0	0/0
112	"	20-20 Zig-Zag	16.3	20 → -20	1.0	0/0
113	"	10-10 Zig-Zag	16.3	10 → -10	1.0	0/0
114	"	Spiral test	16.3	-15 → 15	1.0	0/0
115	"	Course keeping in 15 m/s	7.8	Autopilot	0.25	0/0
116	10.68	Course keeping in 15m/s	7.0	Autopilot	0.25	0/0
121	"	35° SB Turning Circle	9.2	-35	0.5→1.0	0/0
122	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 →1.0	0/0

Starboard rudder angles are negative.
Starboard thruster is positive

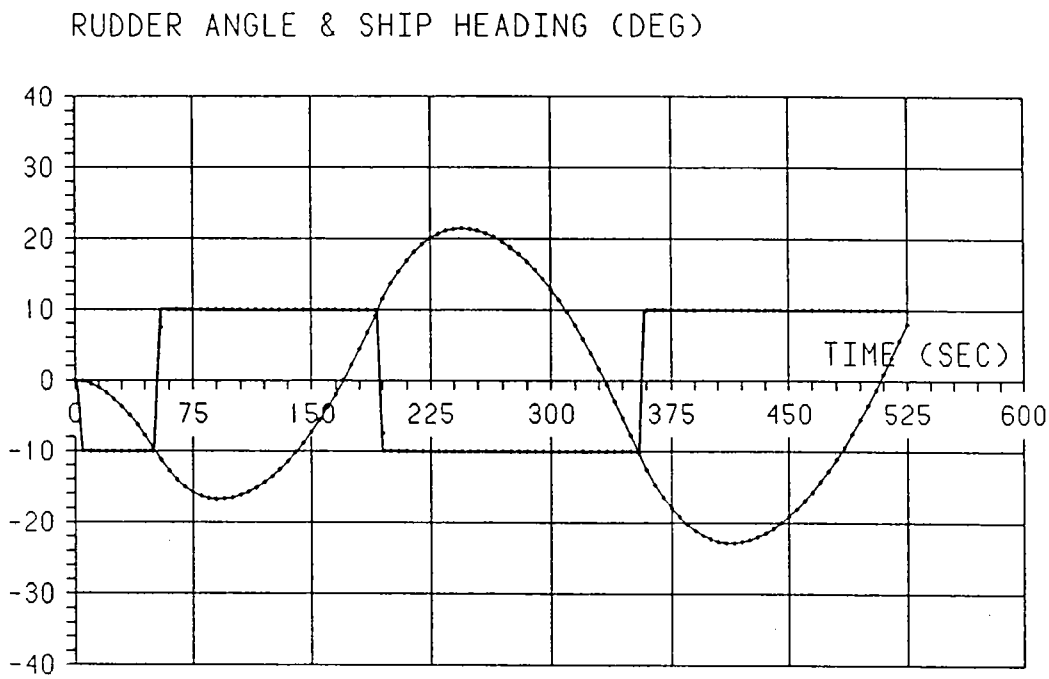


OUTLINE INTERVAL 60 SEC

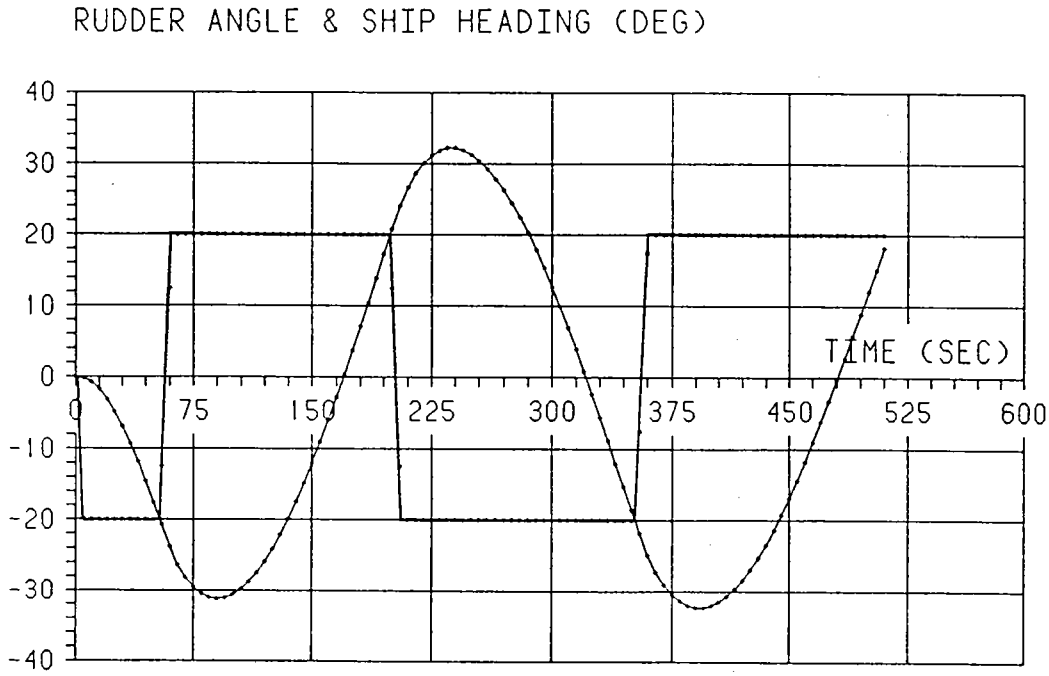
DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULK LPP 249 M
SHIP 3082

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 124940



10 - 10 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

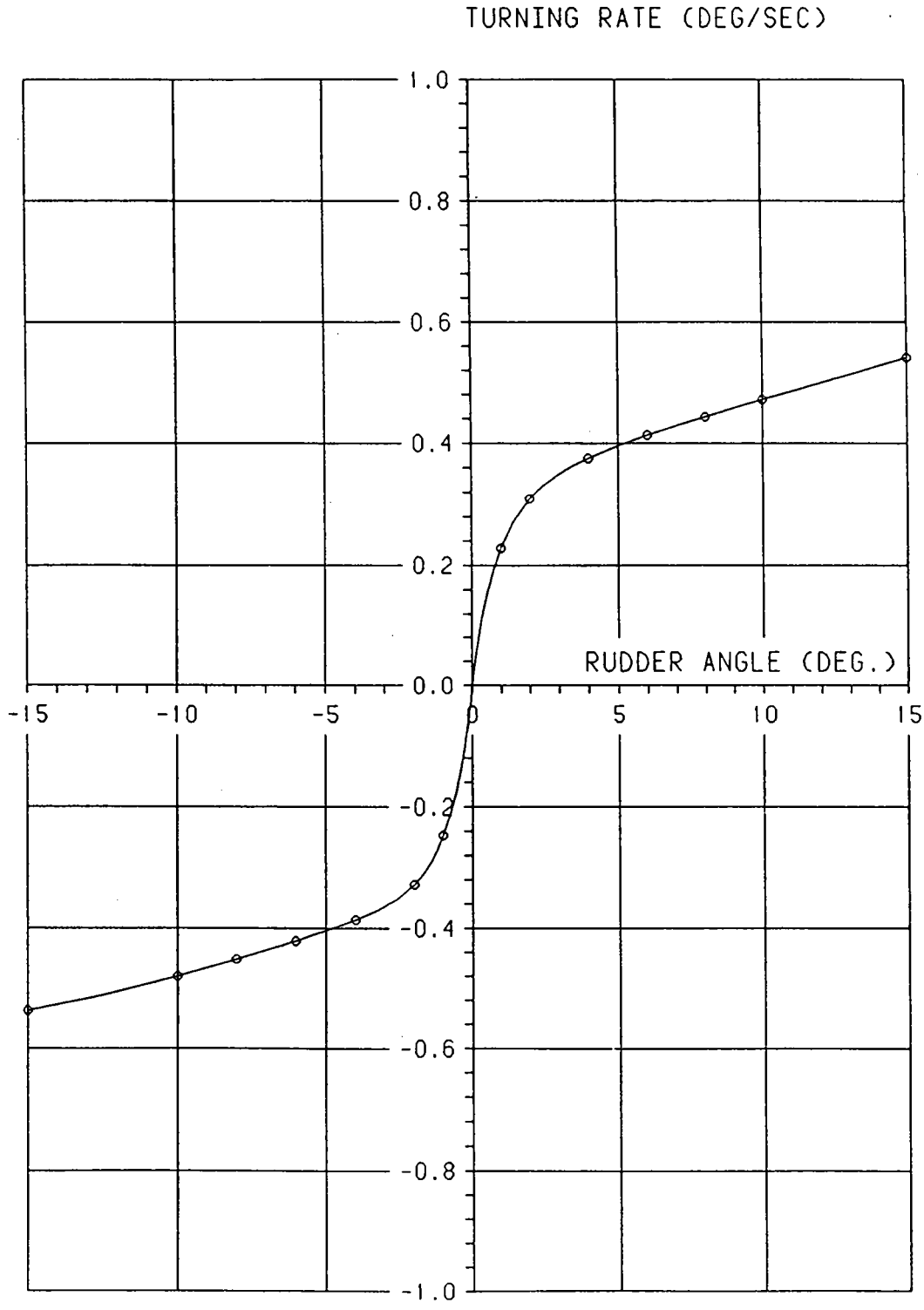


20 - 20 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULK LPP 249 M SHIP 3082

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 125001

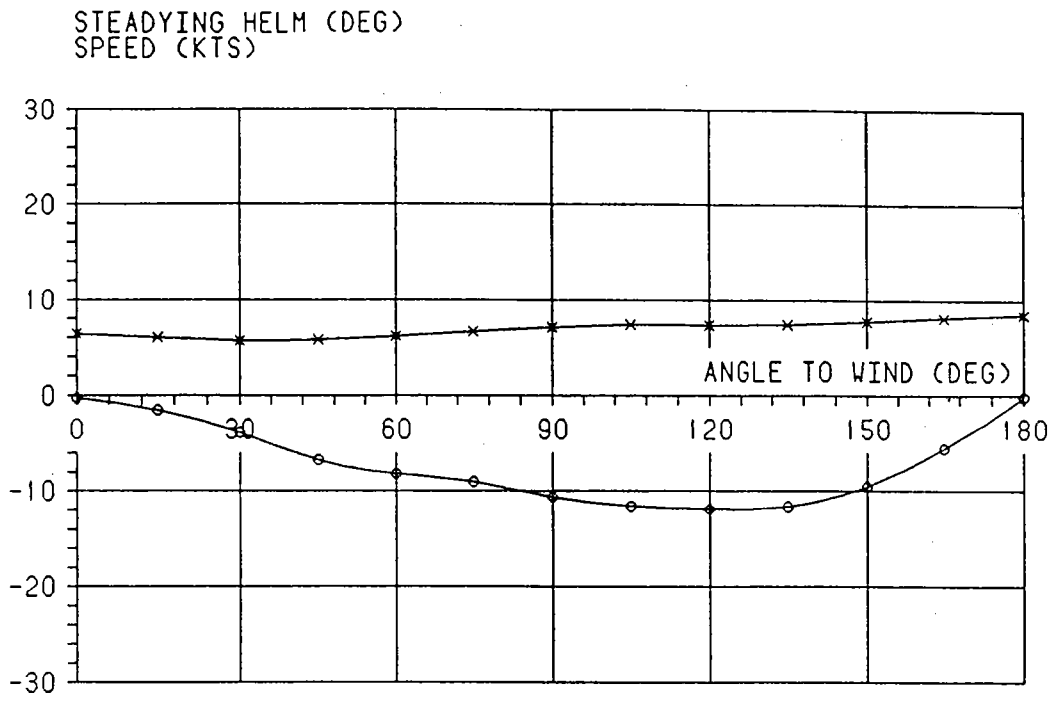


DIMENSIONAL SPIRAL

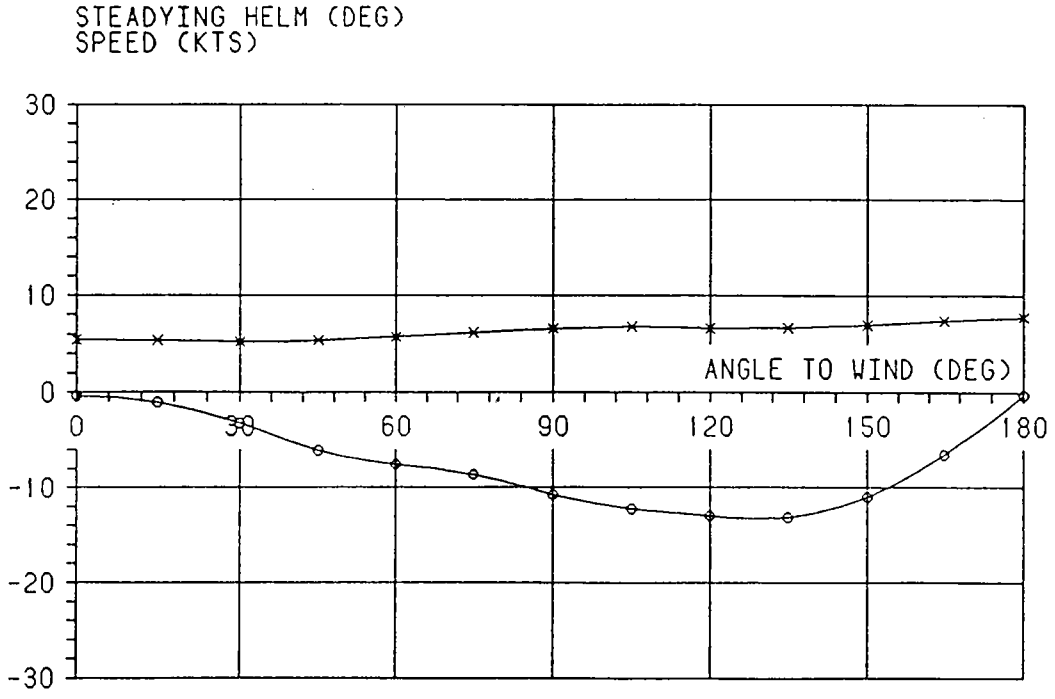
DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULK LPP 249 M
SHIP 3082

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 124949



COURSE KEEPING - 15 M/S - DEEP WATER



COURSE KEEPING - 15 M/S - SHALLOW WATER

DMI

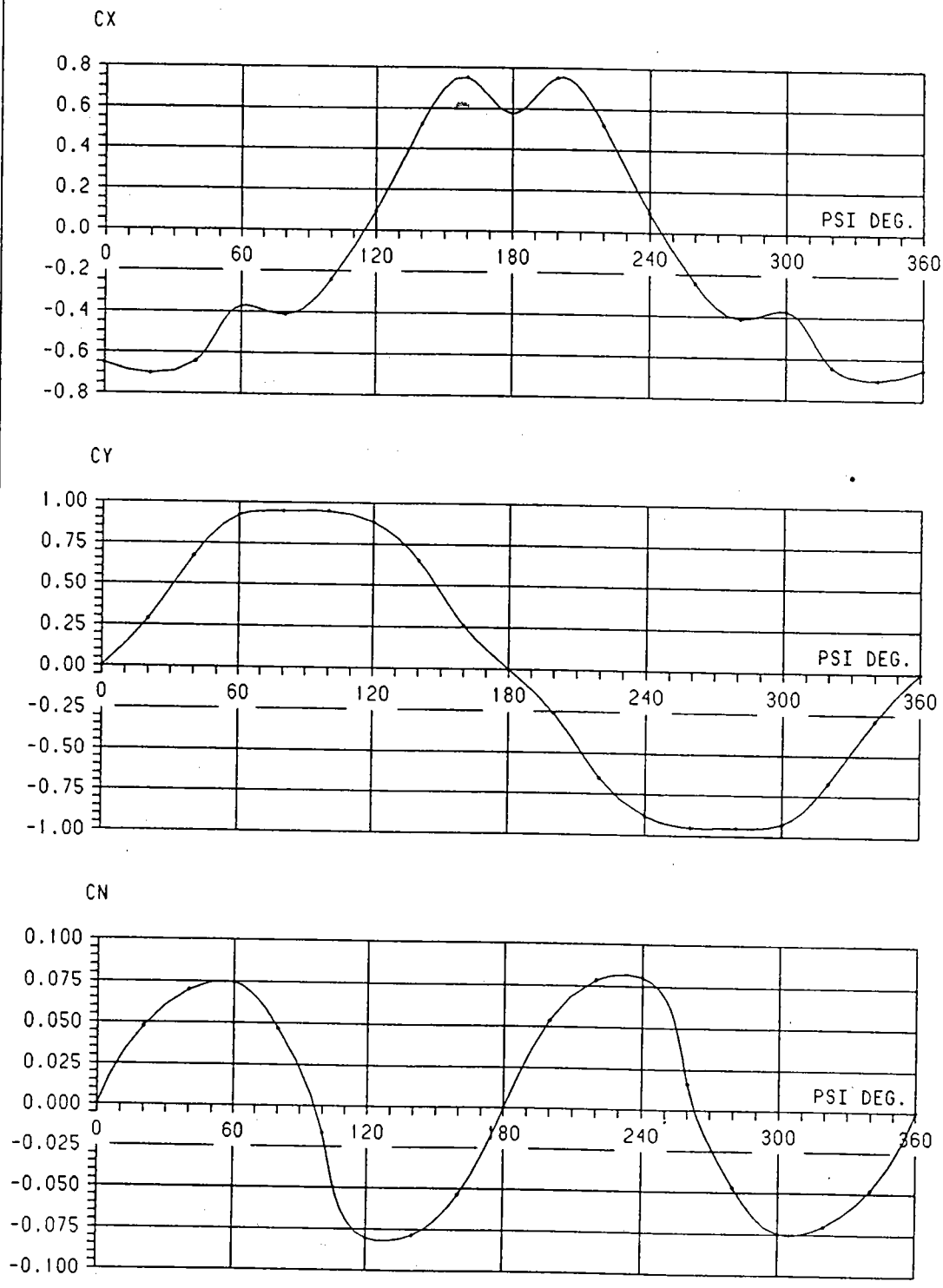
DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULK LPP 249 M
SHIP 3082

ORDER 98082
DATE 980506
TIME 105219

DESCRIPTION OF M/S "DIRCH MÆRSK"

Type of ship Condition Ship No.		"Dirch Mærsk" Loaded 3099
Displacement	m^3	70238
Length between perpendiculars	m	277.0
Length overall	m	292.08
Breadth moulded	m	32.25
Draught fore/aft	m	12.2/12.2
Wetted Surface	m^2	11879
Frontal wind area	m^2	903
Side wind area	m^2	6500
Block coefficient for hull proper		.645
Trim by the stern, for hull proper%		0
LCB, % of LPP forw. of LPP/2		-1.93
Radius of inertia, % of LPP		25
Type of Engine		Diesel
Number of propellers		1
Type of propellers		Fixed Pitch
Direction of rotation		Clockwise
Number of blades		6
Propeller diameter	m	6,80
Pitch ratio at 0.7R		1.13
Area ratio A_E/A_o		1.00
Shaft Power (Ahead)	HP	43000
Number of rudders		1
Type of rudders		Semi Spade
Position		Behind Propeller
Area of each rudder incl. horn, submerged part	m^2	61.05
100 x total rudder area/LPP x T		1.81
Turning velocity of rudder (one pump)	°/sec.	2.3
Max. rudder angle	°	35
Number of bow thrusters		1
Nominal bow-thruster power	kN	200
Numbers of stern thruster		1
Nominal stern thruster power	kN	120



WIND COEFFICIENTS

DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

D-CLASS CONTAINER SHIP
3099

ORDER 97001
DATE 971009
TIME 151336

SHIP 3099 - M/S "DIRCH MÆRSK"

Ship speeds as function of Engine Telegraph setting

Ship Engine Setting	Propeller RPM	Speed, Knots Water depth 1000 m	Speed, Knots 14.64 m (1.2 x T)
Full Sea Ahead 1.0	100	24.5	-
Full ahead 0.8	70	22.5	13.9
Half Ahead 0.5	67	17.1	12.2
Slow Ahead 0.25	39	9.8	7.4
Dead Slow Ahead 0.125	25	6.2	4.6
Dead Slow Astern -0.125	-25	-4.4	-2.9
Slow Astern -0.25	-33	-5.9	-3.9
Half Astern -0.5	-51	-9.4	-6.2
Full Astern -0.8	-66	-12.2	-8.1

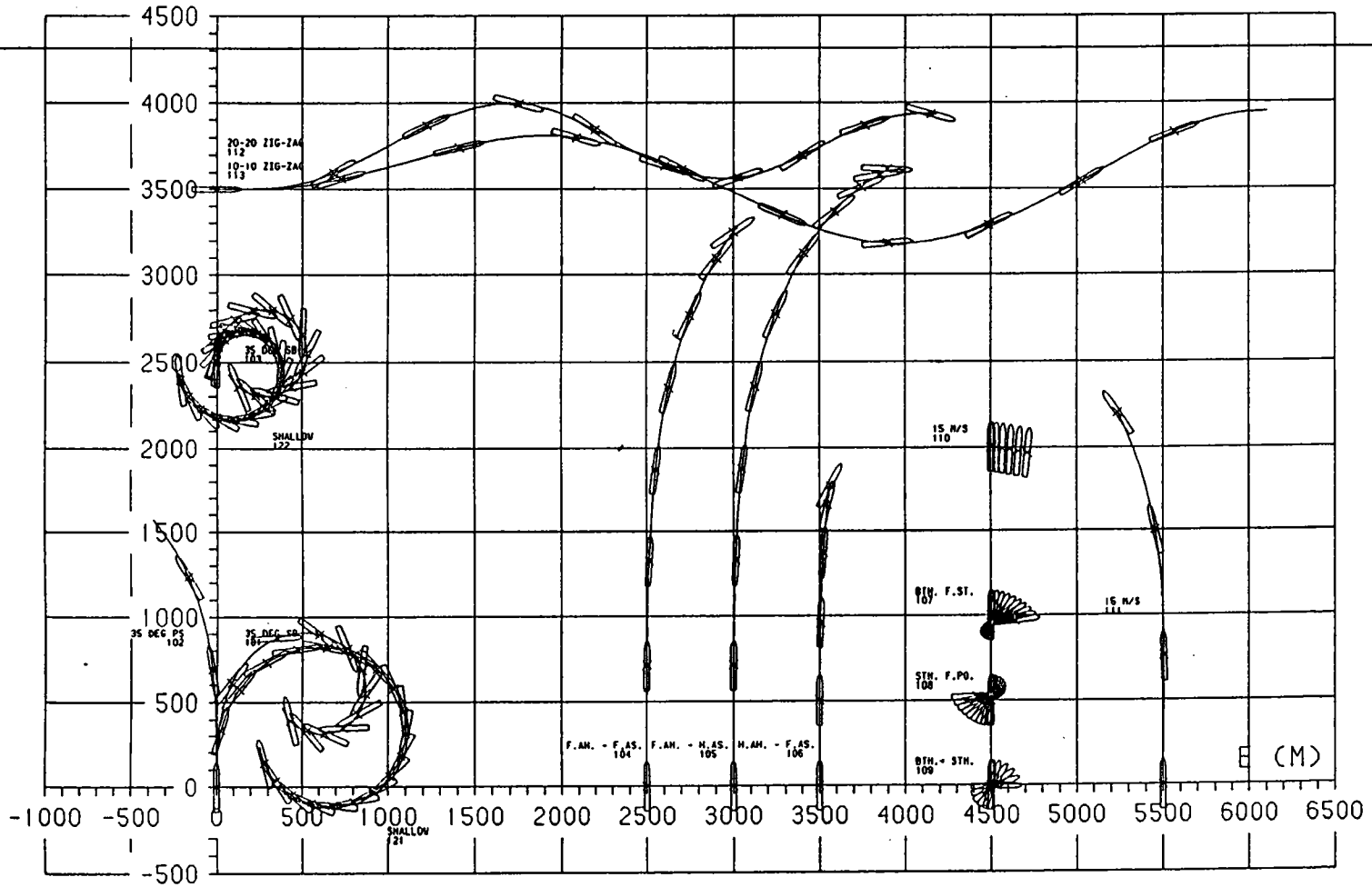
SHIP 3099

STANDARD MANOEUVRES

Run No.	Water depth m	Type of Manoeuvres	Initial speed knots	Rudder Angle deg.	Engine setting	Thruster Bow	Thruster Stern
101	1000	35° SB Turning Circle	24.5	-35	1	0	0
102	"	35° PS Turning Circle	24.5	35	1	0	0
103	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 → 1	0	0
104	"	Crash Stop	24.5	0	1 → -1	0	0
105	"	Normal Stop	24.5	0	1 → -.5	0	0
106	"	Stop from Half Speed	17.1	0	.5 → -1	0	0
107	"	Bow Thruster Test	0	0	0	1	0
108	"	Stern Thruster Test	0	0	0	0	-1
109	"	Bow & Stern Thruster Test	0	0	0	1	-1
110	"	Wind 15 m/s from side	0	0	0	0	0
111	"	Wind 15 m/s from side	24.5	0	1	0	0
112	"	20-20 Zig-Zag	24.5	-20 → 20	1	0	0
113	"	10-10 Zig-Zag	24.5	-10 → 10	1	0	0
114	"	Spiral test	24.5	-15 → 15	1	0	0
115	"	Course keeping in 15 m/s	~8	Autopilot	.25	0	0
116	14.64	Course keeping in 15 m/s	~7	Autopilot	.25	0	0
121	"	35° SB Turning Circle	12.2	-35	.50	0	0
122	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 → .50	0	0

Engine Settings 1.0 = Full Ahead

Thruster Settings 1.0 = Full Starboard



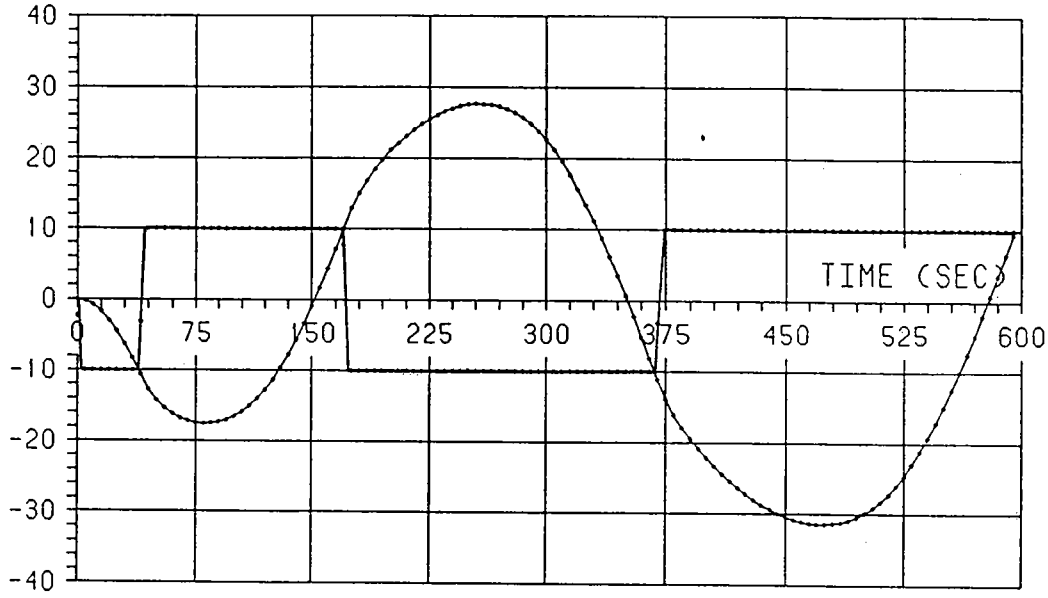
OUTLINE INTERVAL 60 SEC

DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

D-CLASS CONTAINER SHIP 3099

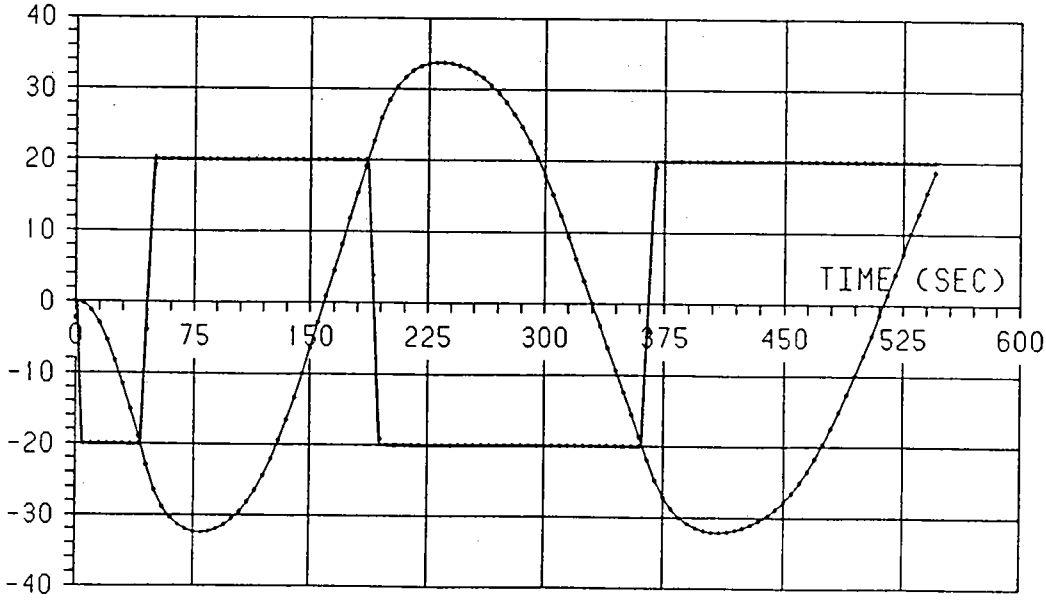
ORDER 97001
DATE 971014
TIME 125001

RUDDER ANGLE & SHIP HEADING (DEG)



10 - 10 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

RUDDER ANGLE & SHIP HEADING (DEG)

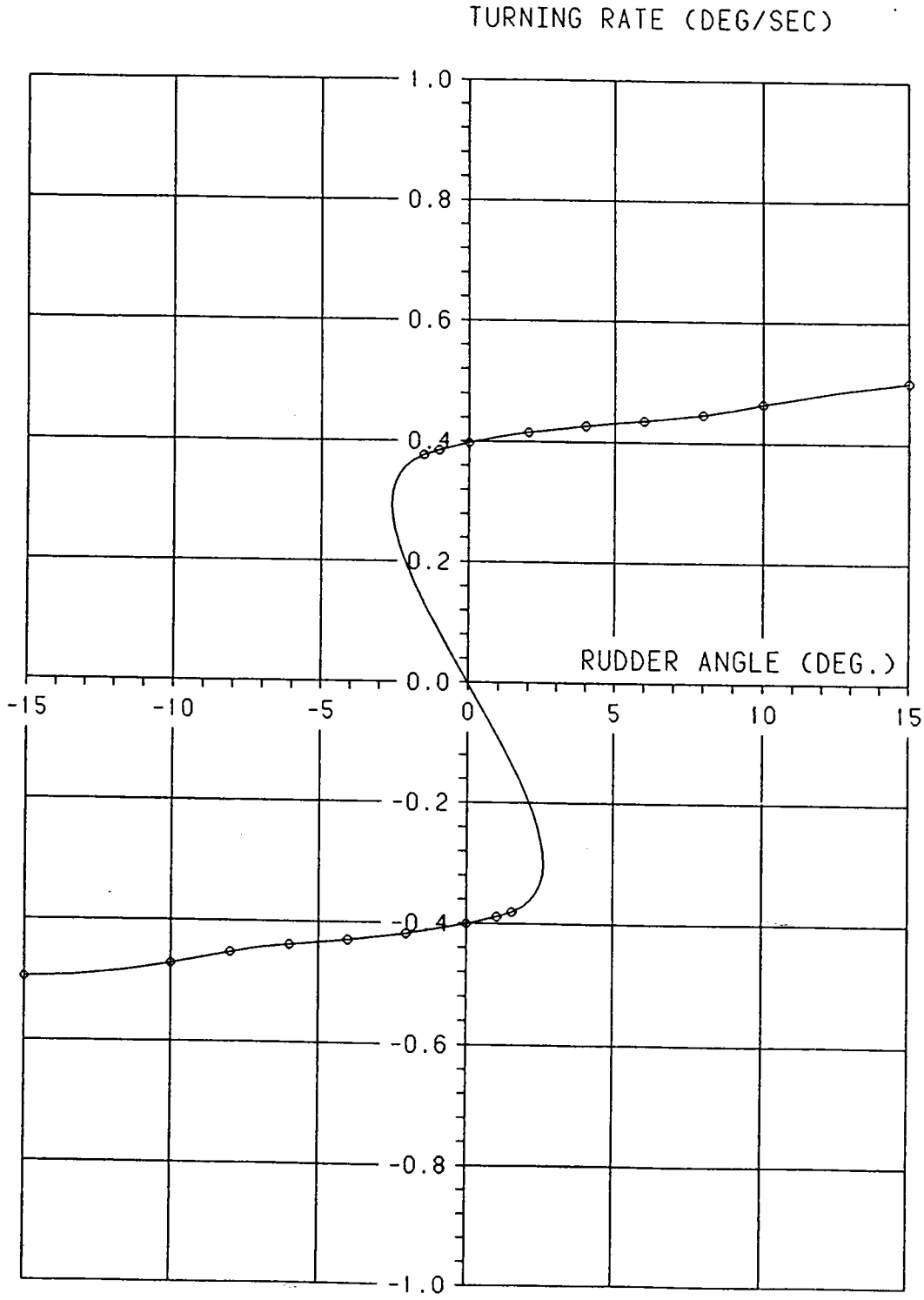


20 - 20 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

D-CLASS CONTAINER SHIP 3099

ORDER 98082
DATE 980908
TIME 91125

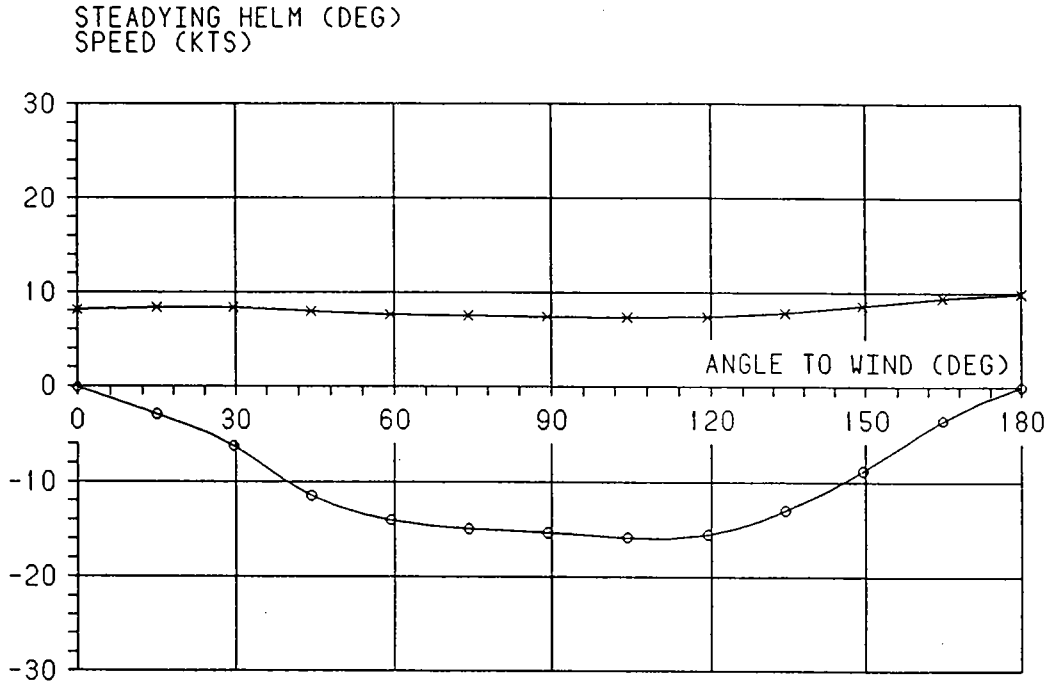


DIMENSIONAL SPIRAL

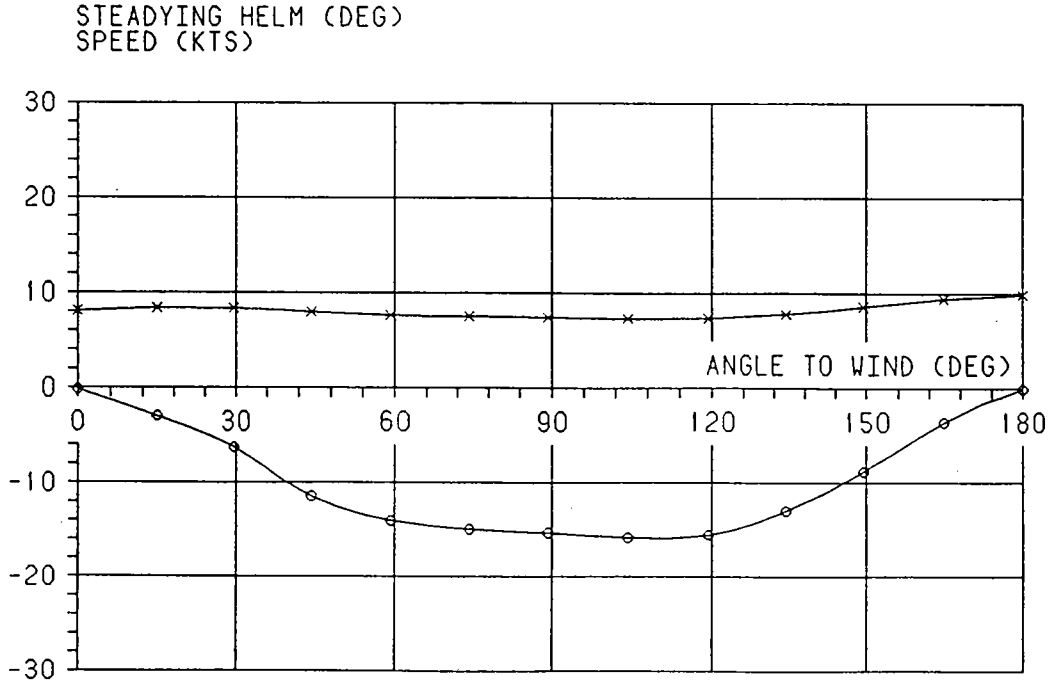
DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

D-CLASS CONTAINER SHIP 3099

ORDER 97001
DATE 980907
TIME 155217



COURSE KEEPING - 15 M/S - DEEP WATER



COURSE KEEPING - 15 M/S - SHALLOW WATER

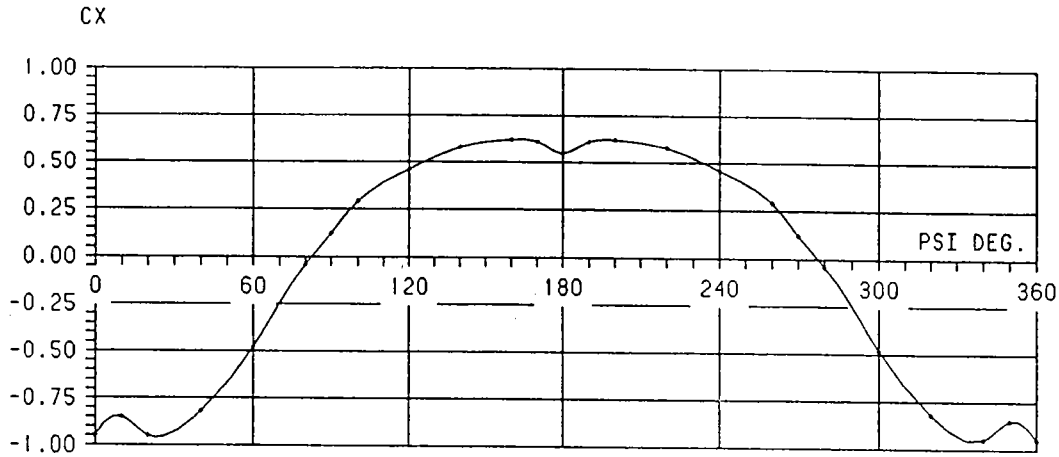
DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

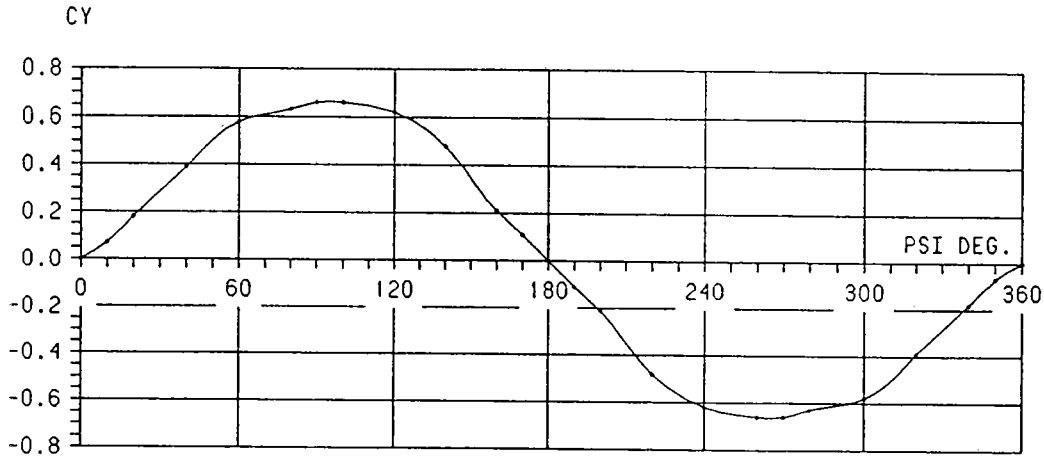
D-CLASS CONTAINER SHIP 3099

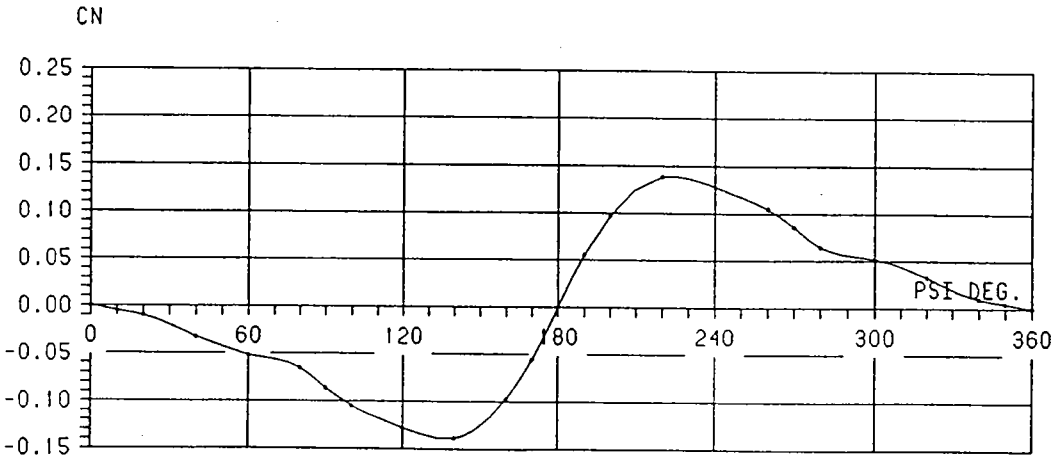
ORDER 97001
DATE 980908
TIME 85156

Ship Dimensions

Type of ship Condition Ship No.		Bulker Loaded 3110
Displacement	m^3	145000
Length between perpendiculars	m	265
Length overall	m	285
Breadth moulded	m	43
Draught fore/aft	m	16/16
Service speed	knots	15.0
Wetted surface	m^2	17437
Wind side area	m^2	2726
Wind front area	m^2	910
Block coefficient		0.7953
Trim by the stern, %		0
LCB, % of LBP forw. of LBP/2		3.01
Radius of inertia, % of LBP		25.0
Type of engine		Diesel
Number of propellers		1
Type of propellers		Fixed Pitch
Direction of rotation		Clockwise
Propeller diameter	m	8.0
Pitch ratio at 0.7R	max.	0.734
Area ratio		0.5
Shaft power (ahead) total	MW	13.6
Numbers of stern rudders		1
Type of rudders		Semi spade
Position		In slipstream
Area of rudder, submerged part	m^2	84
100 x total rudder area/LBP x T		1.98
Turning velocity of rudder	°/sec.	2.9
Max. rudder angle	°	35
Number of bow thrusters		0
Nominal bow thruster force, total	kN	-
Number of stern thrusters		0
Nominal stern thruster force, total	kN	-







WIND COEFFICIENTS

DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

125.000 DWT BULK CARRIER
SHIP 3110

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 144317

Ship 3110, revolutions and speed at 2 water depths.

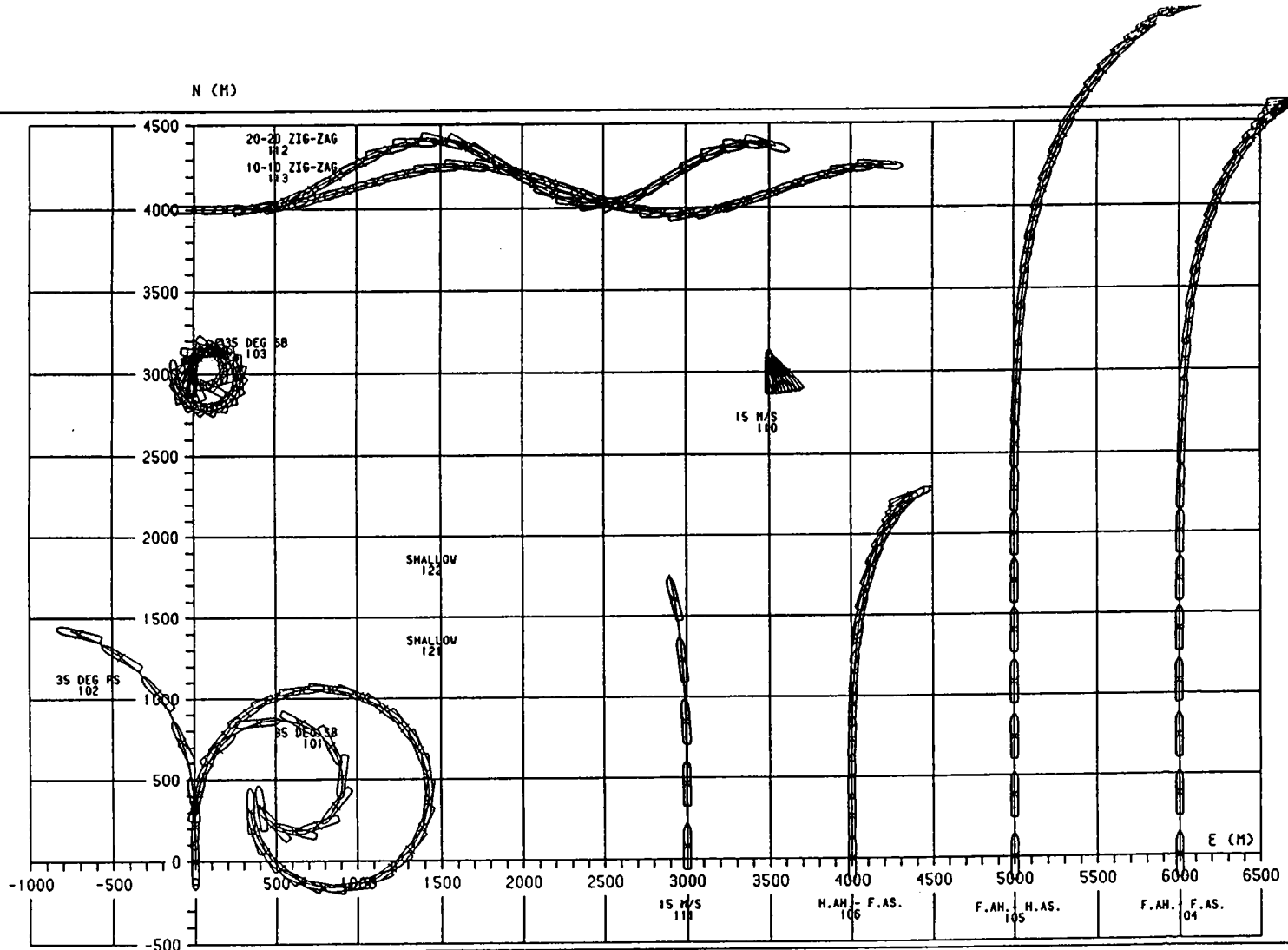
Handle	Propeller		Speed, Knots	
	Revolutions	P/D	1000 m	19.20m
1.0	84	0.734	15.0	11.4
0.8	72	"	12.9	10.4
0.5	57	"	10.2	8.3
0.25	41	"	7.3	6.2
0.125	35	"	6.1	5.4
-0.125	-35	"	-4.1	-3.1
-0.25	-41	"	-4.9	-3.7
-0.5	-57	"	-6.8	-5.3
-0.8	-66	"	-7.9	-6.1

1.0 = Full Ahead

Ship 3110 Standard Manoeuvres

Run No.	Water m	Type of manoeuvre	Initial speed	Rudder deg.	Engine setting	Thruster bow/stern
101	1000	35° SB Turning Circle	15.0	-35	1.0	0/0
102	"	35° PS Turning Circle	15.0	35	1.0→0	0/0
103	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 →1.0	0/0
104	"	Crash Stop	15.0	0	1.0 → -1.0	0/0
105	"	Normal Stop	15.0	0	1.0 → -0.5	0/0
106	"	Stop from Half Speed	10.2	0	0.5 → -1.0	0/0
110	"	Wind 15 m/s from side	0	0	0	0/0
111	"	Wind 15 m/s from side	15.0	0	1.0	0/0
112	"	20-20 Zig-Zag	15.0	20 → -20	1.0	0/0
113	"	10-10 Zig-Zag	15.0	10 → -10	1.0	0/0
114	"	Spiral test	15.0	-15 → 15	1.0	0/0
115	"	Course keeping in 15 m/s	7.0	Autopilot	0.25	0/0
116	19.20	Course keeping in 15m/s	5.0	Autopilot	0.25	0/0
121	"	35° SB Turning Circle	8.3	-35	0.5→1.0	0/0
122	"	35° SB Turning Circle	0	-35	0 →1.0	0/0

Starboard rudder angles are negative.
Starboard thruster is positive



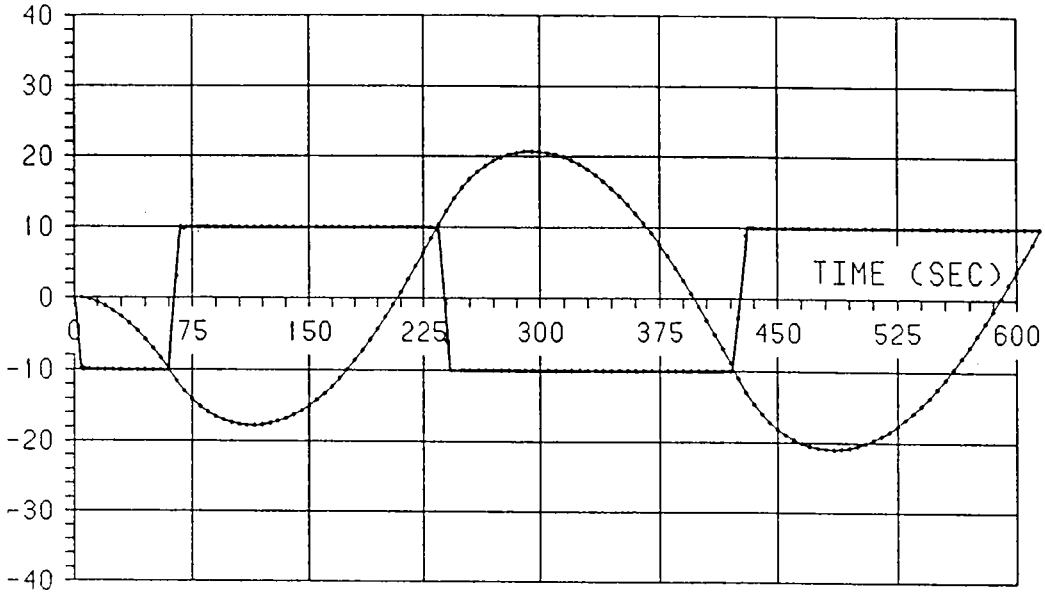
OUTLINE INTERVAL 60 SEC

DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULKER LPP 265 M
SHIP 3110

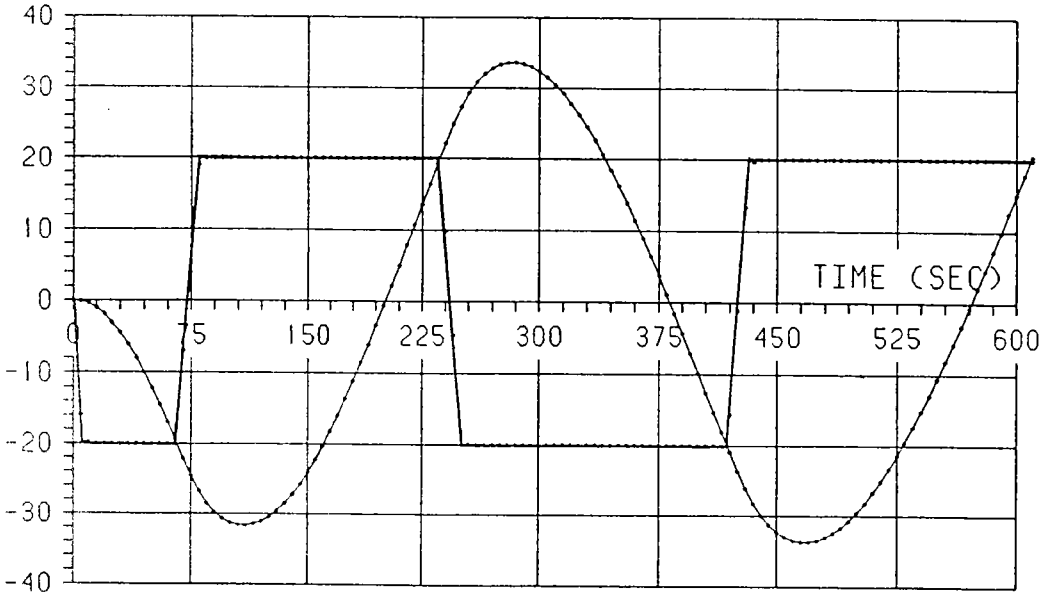
ORDER 98082
DATE 980909
TIME 130617

RUDDER ANGLE & SHIP HEADING (DEG)



10 - 10 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

RUDDER ANGLE & SHIP HEADING (DEG)

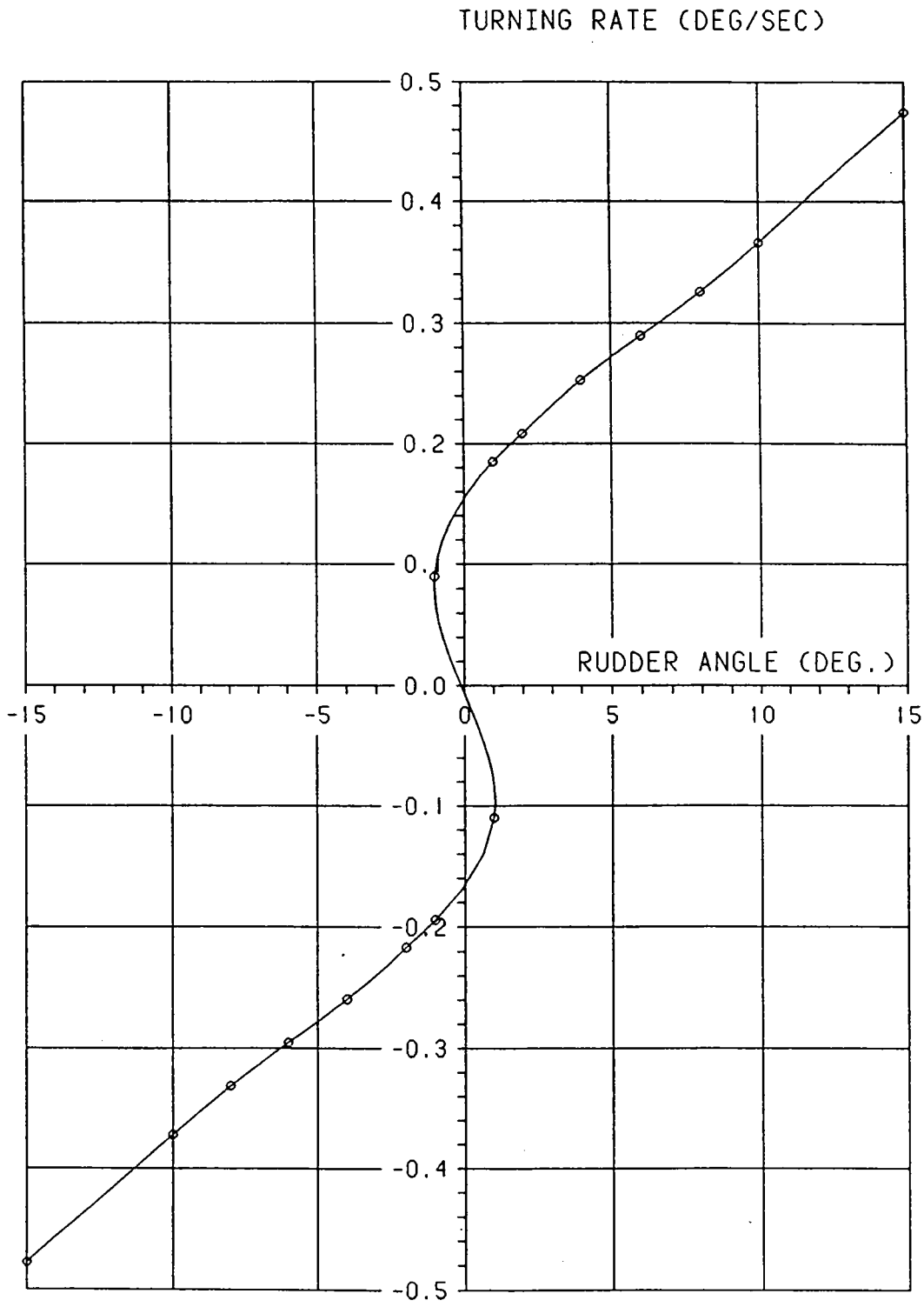


20 - 20 DEG. ZIG-ZAG MANOEUVRE

DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULKER LPP 265 M
SHIP 3110

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 125111

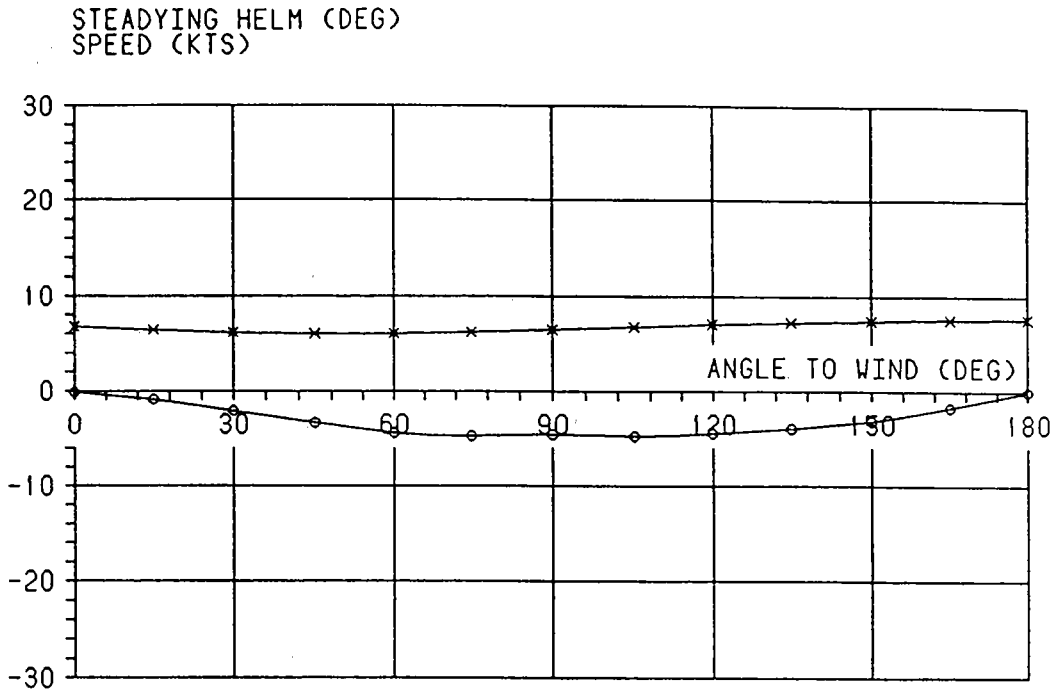


DIMENSIONAL SPIRAL

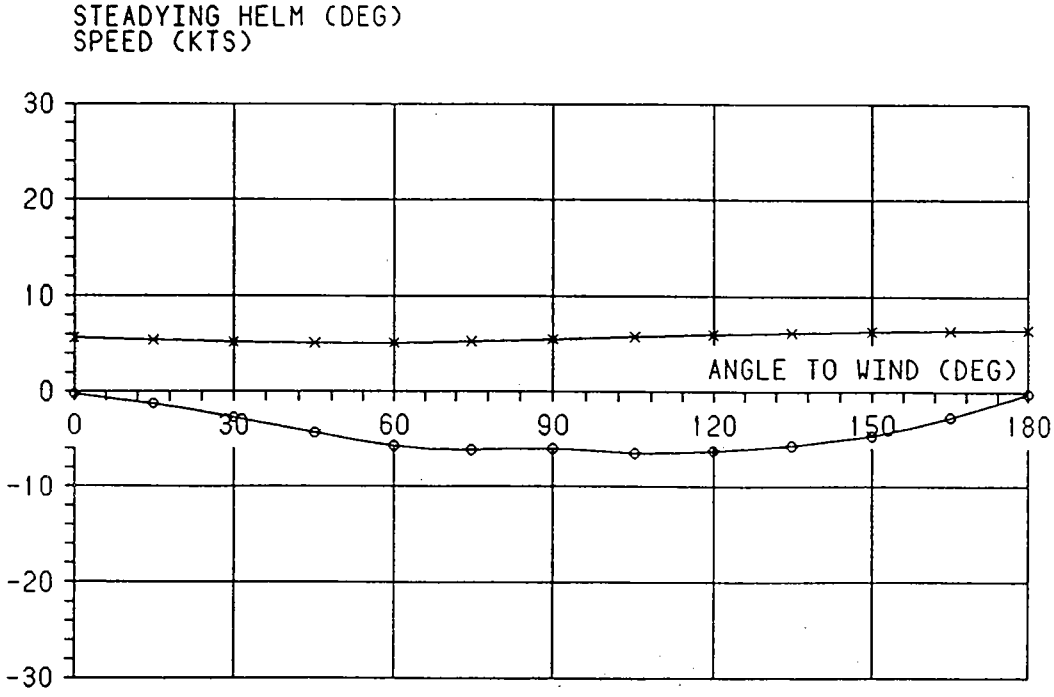
DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULKER LPP 265 M
SHIP 3110

ORDER 98082
DATE 980909
TIME 125059



COURSE KEEPING - 15 M/S - DEEP WATER



COURSE KEEPING - 15 M/S - SHALLOW WATER

DMI DANISH MARITIME INSTITUTE
LYNGBY DENMARK

BULKER LPP 265 M
SHIP 3110

ORDER 98082
DATE 980507
TIME 113003

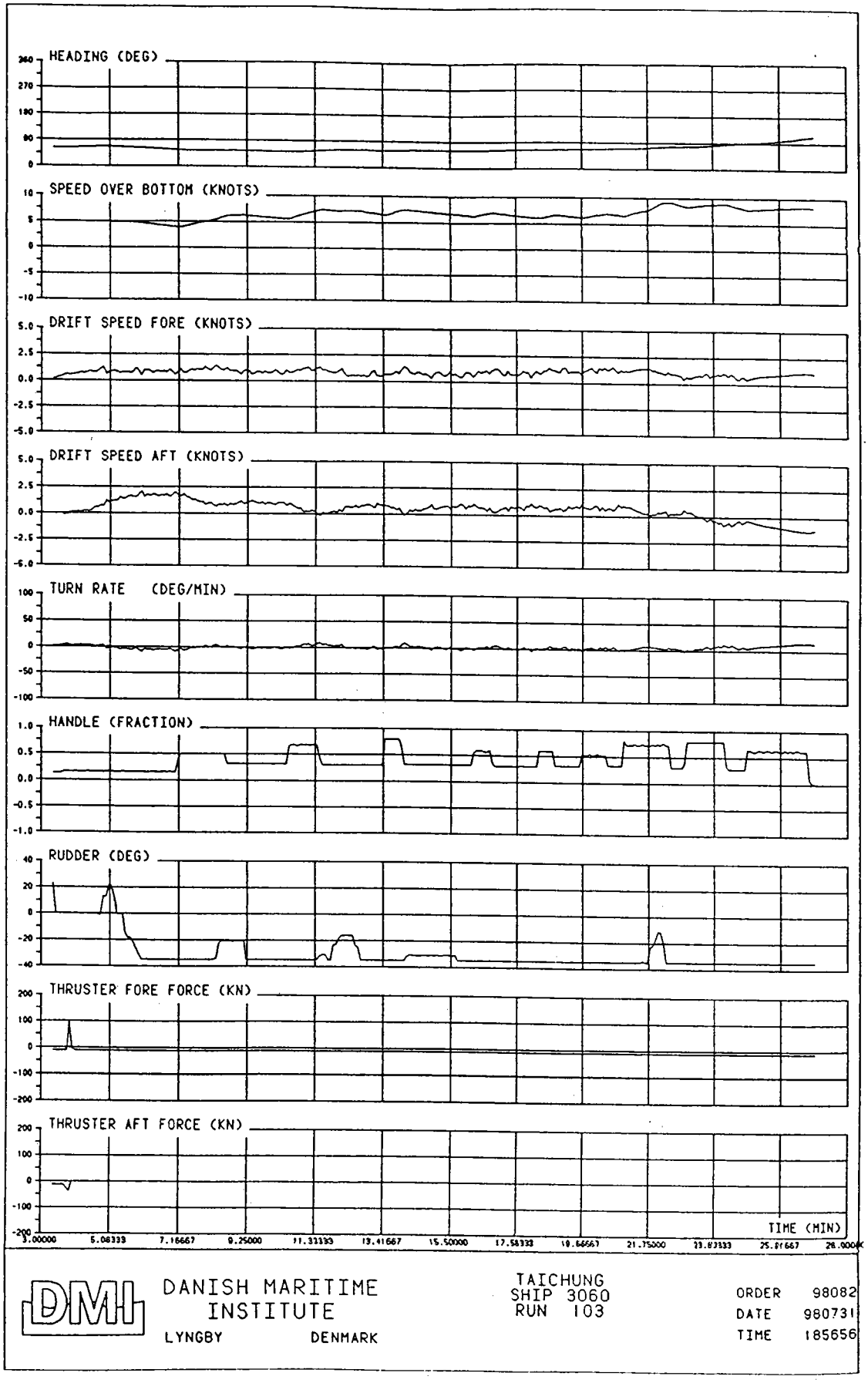
附錄 C　Real-time 操縱模擬之操航模擬圖及操航紀錄圖

試驗船型基本資料

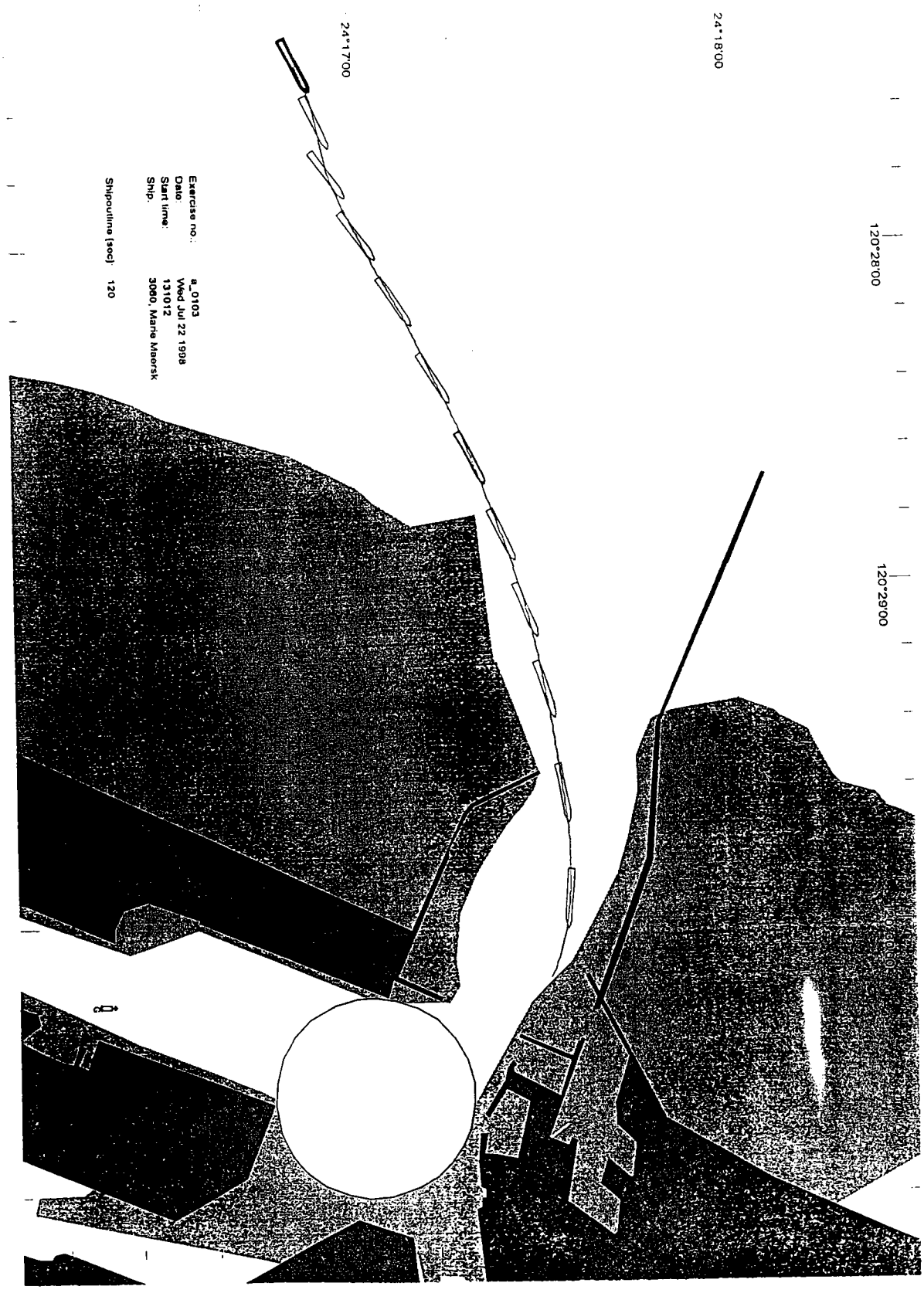
船型編號	型　式	船長(LOA)（公尺）	船長(LPP)（公尺）	船　寬（公尺）	吃　水（公尺）	自由度
3040	汽車船(滿載)	-	190.00	32.35	9.50	6
3060	貨櫃船(半載)	294.12	284.70	32.20	10.50	6
3082	油輪(空載)	-	284.70	39.90	7.10	6
3099	貨櫃船(滿載)	292.08	277.00	32.20	12.20	6
3110	散貨船(滿載)	-	265.00	43.00	16.00	6

操航歷程圖文字說明表

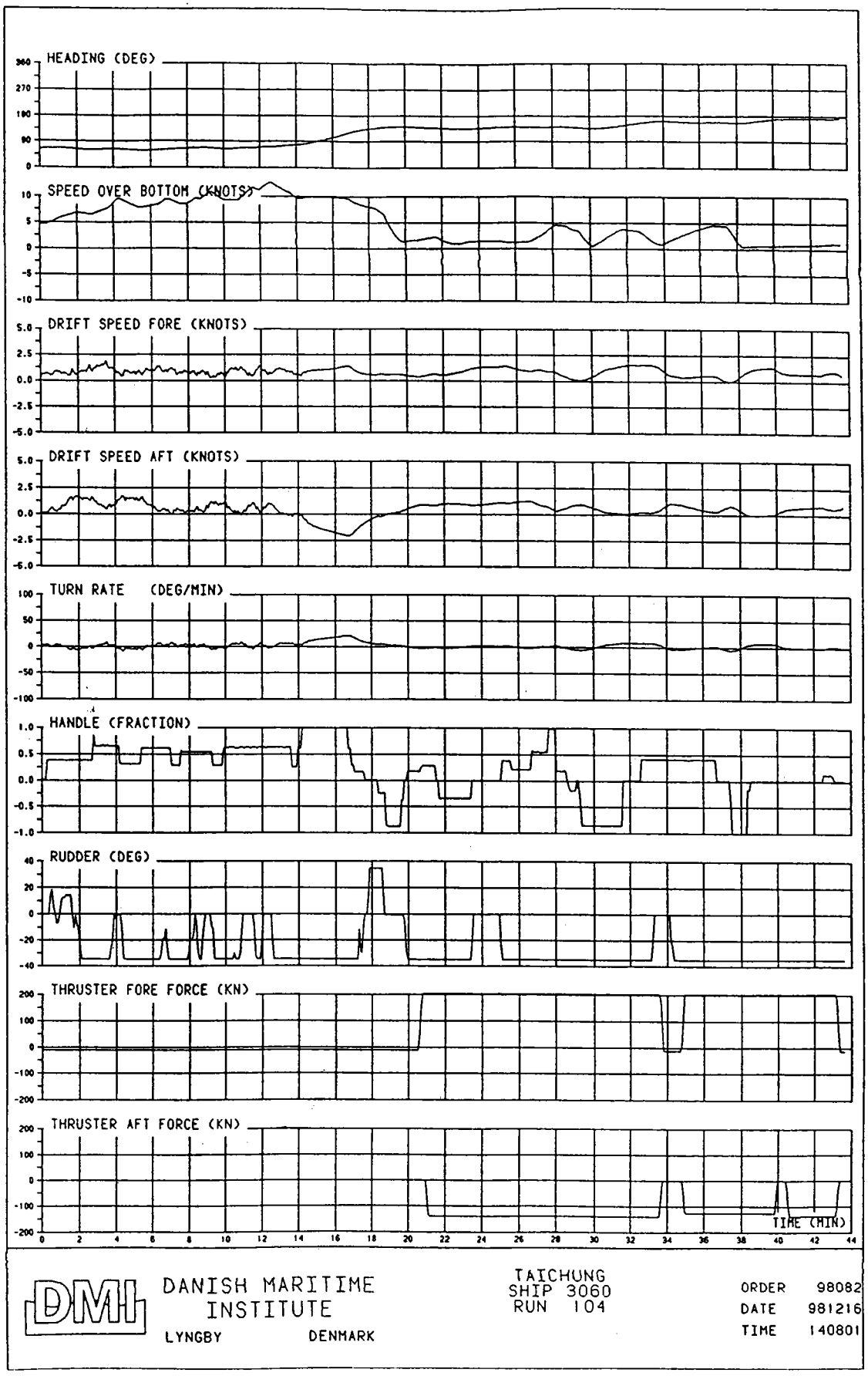
文字內容	代 表 意 義
Heading	表示船隻相對於羅盤的縱向方向，角度從 0 到 360。
Speed over borttom	船隻航行時相對於地面的速度，單位爲 knots。
Drift speed force	表示船艏之橫向速度，右舷是正，單位爲 knots。
Drift speed aft	表示船艉之橫向速度，右舷是正，單位爲 knots。
Turn rate	船隻延著自身船軸轉動的速率，右舷是正，單位爲每分鐘多少角度。
Handle	表示引擎的位置，向前爲正，單位從 0 到 1。
Rudder	船舵相對於船隻縱向軸的角度，單位爲 Degrees。
Thruster fore force	船艏橫向推向，右舷爲正，單位爲 Kilo Newton。
Thruster aft force	船艉橫向推力，右舷爲正，單位爲 Kilo Newton。



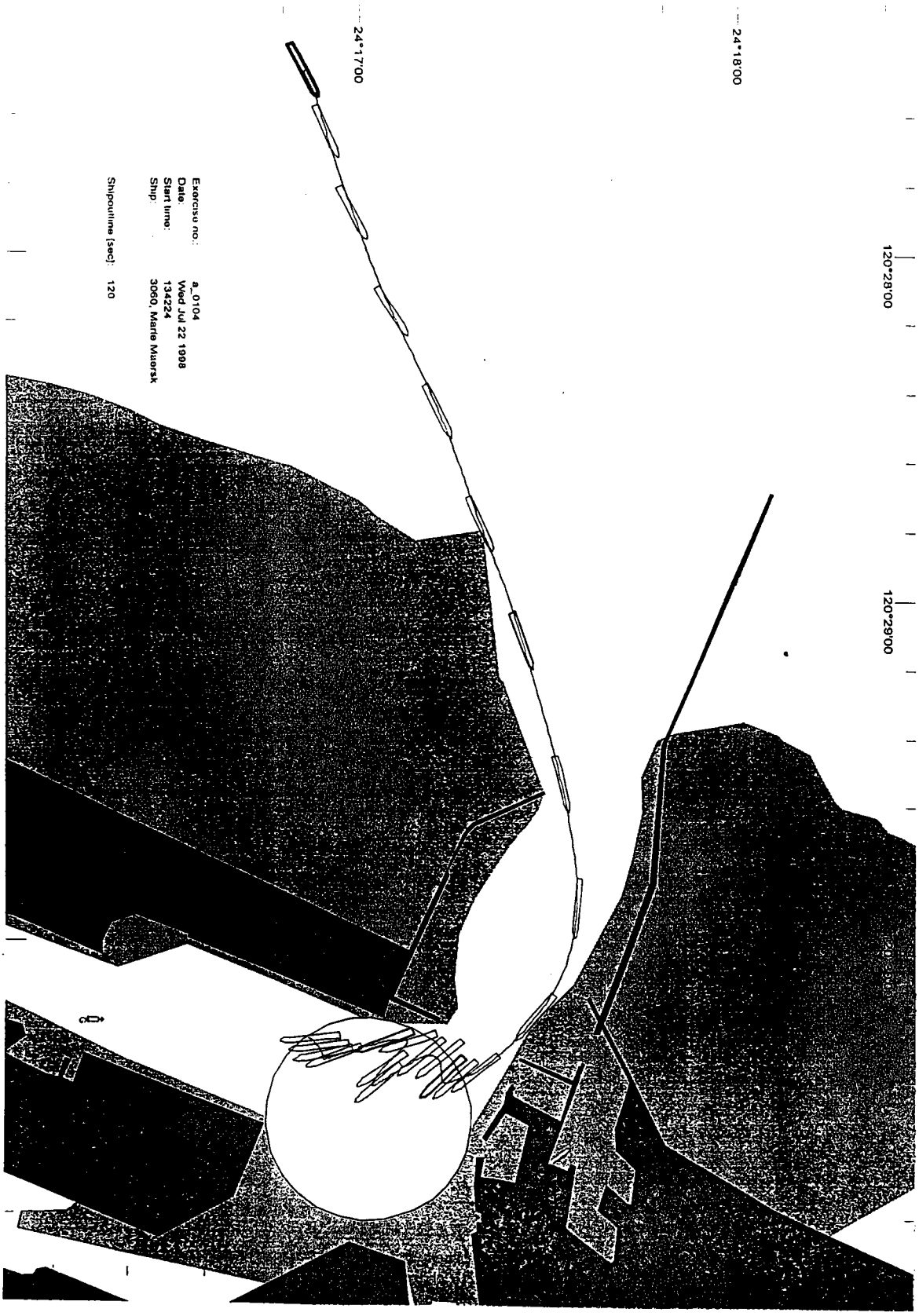
C-1 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A103)



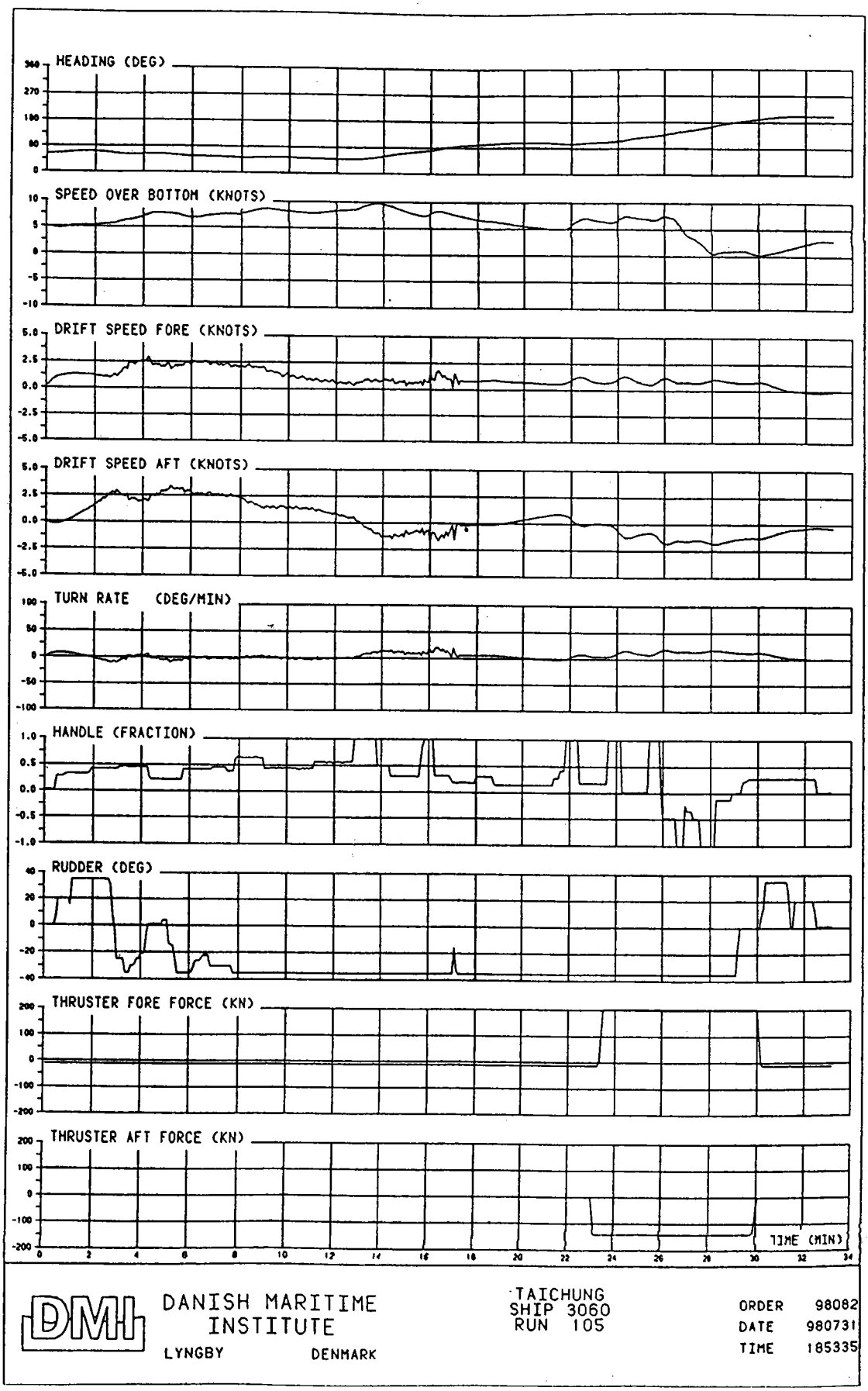
C-2 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A103)



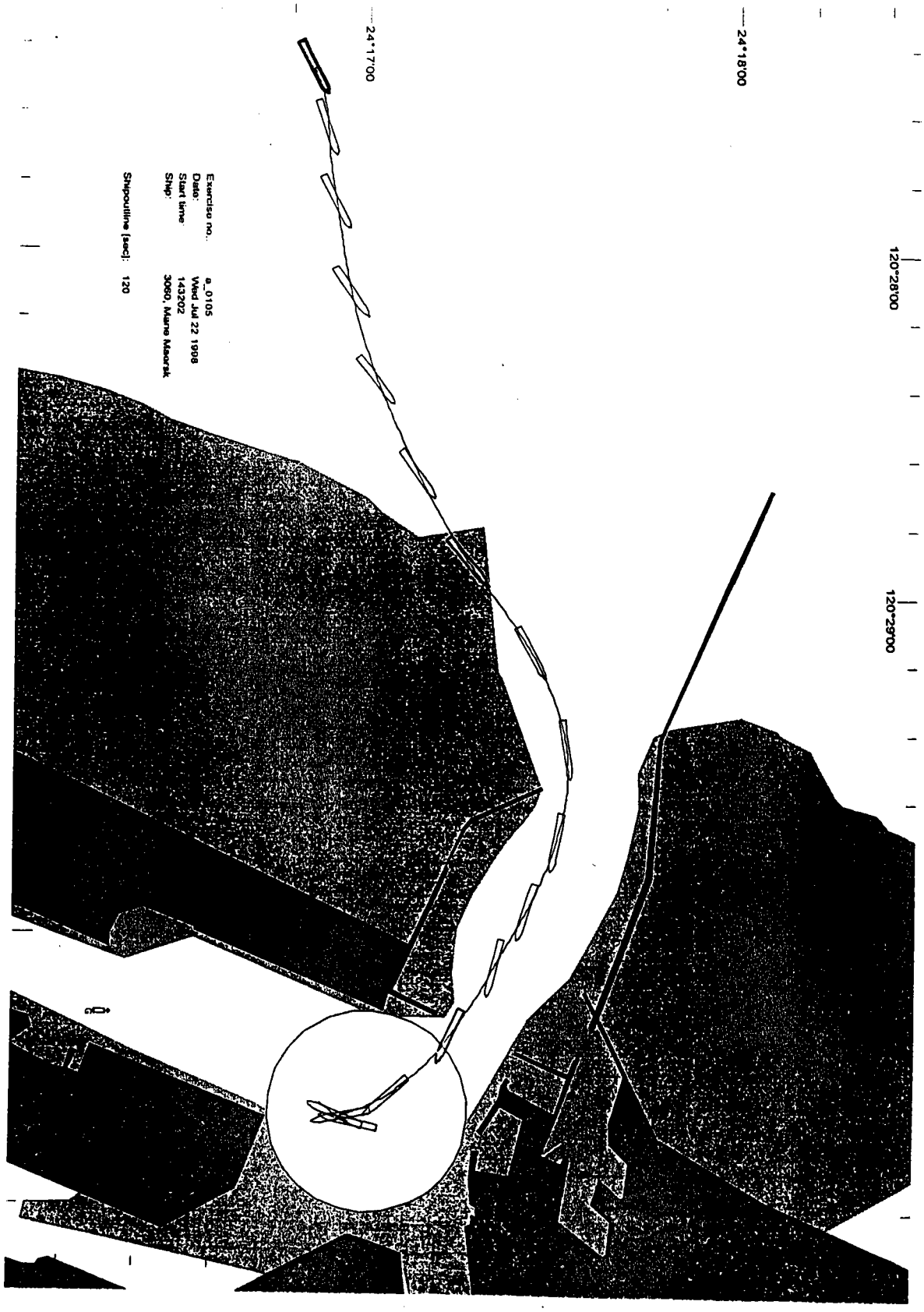
C-3 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A104)



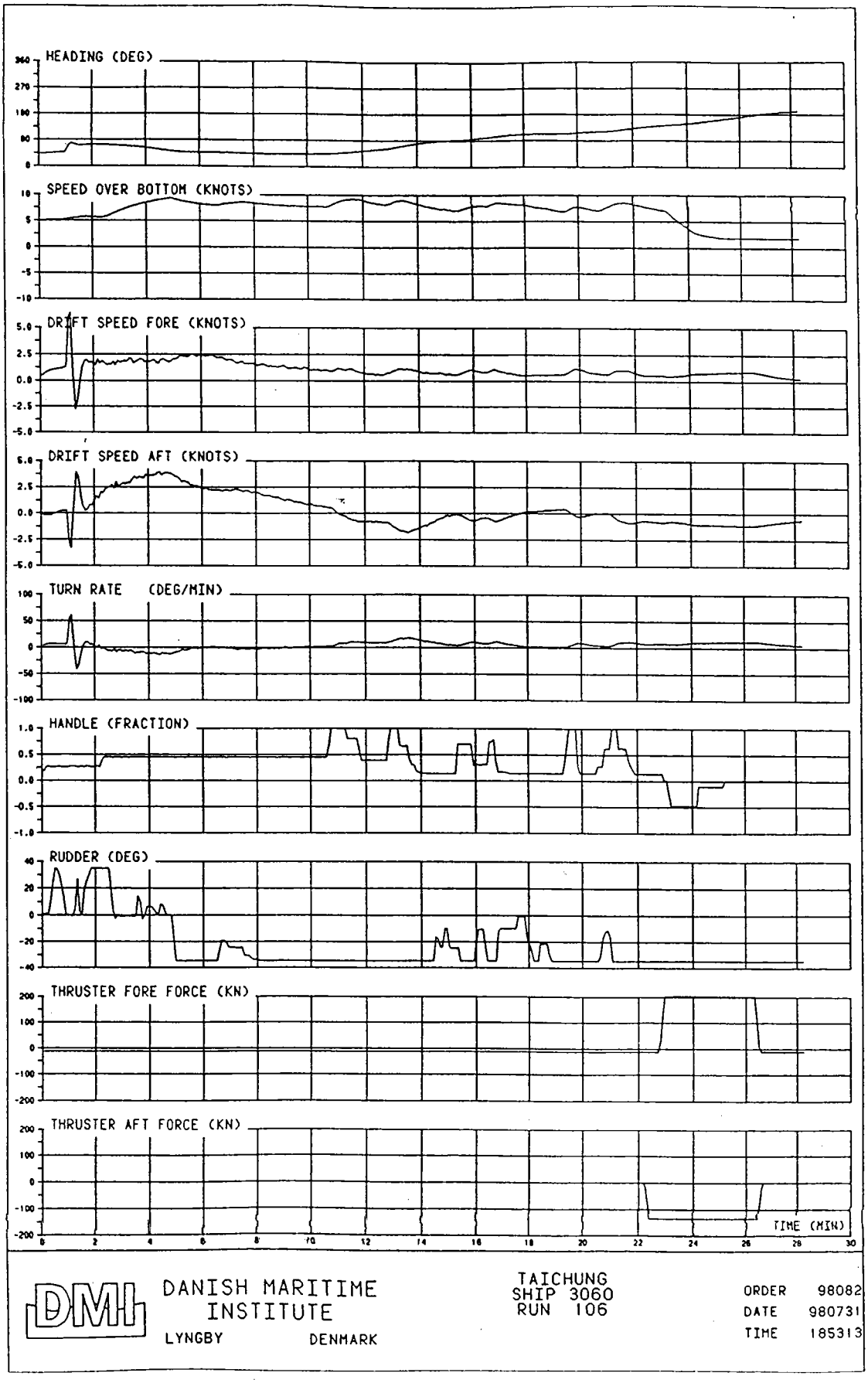
C-4 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A104)



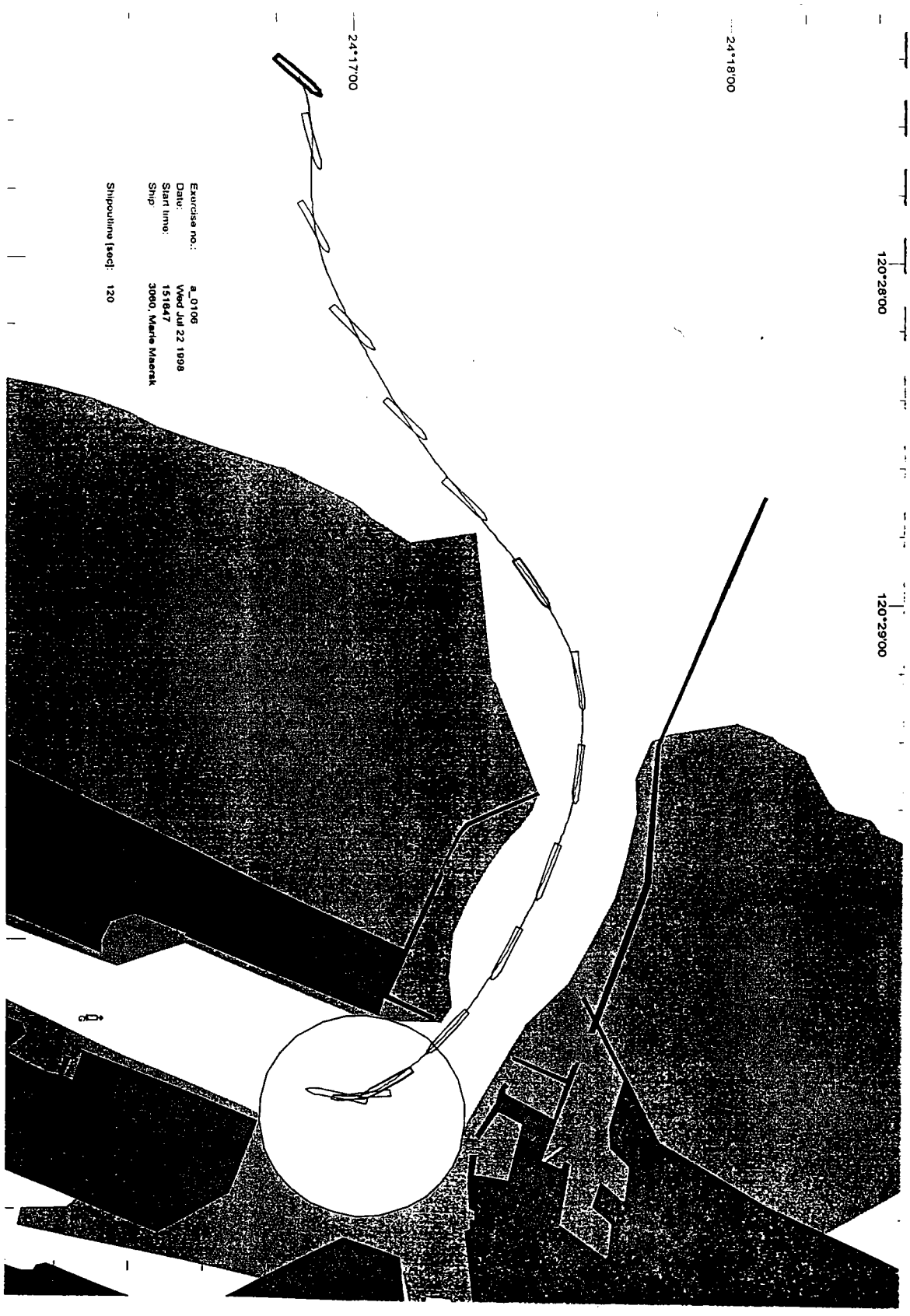
C-5 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (A105)



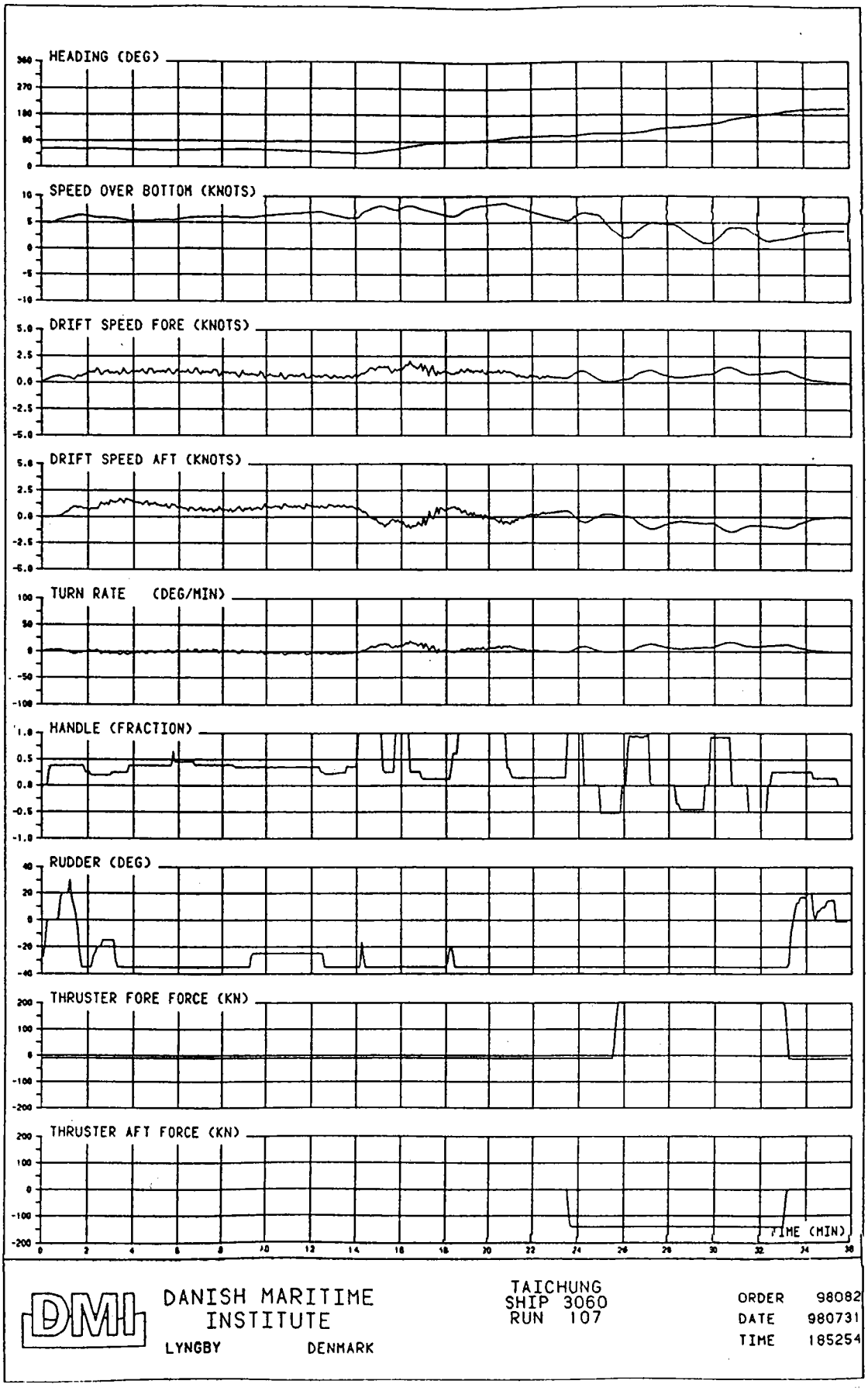
C-6 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (A105)



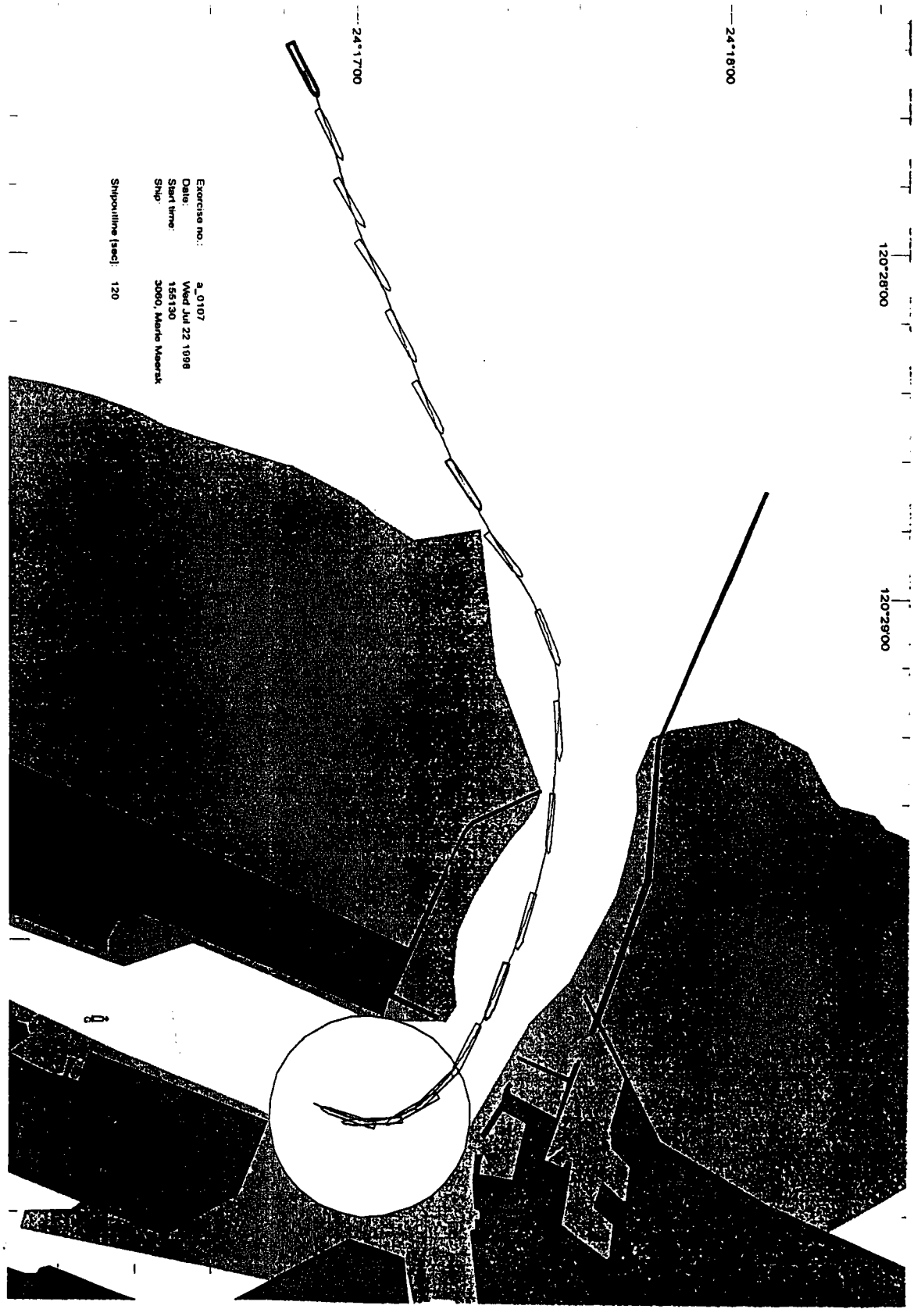
C-7 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (A106)



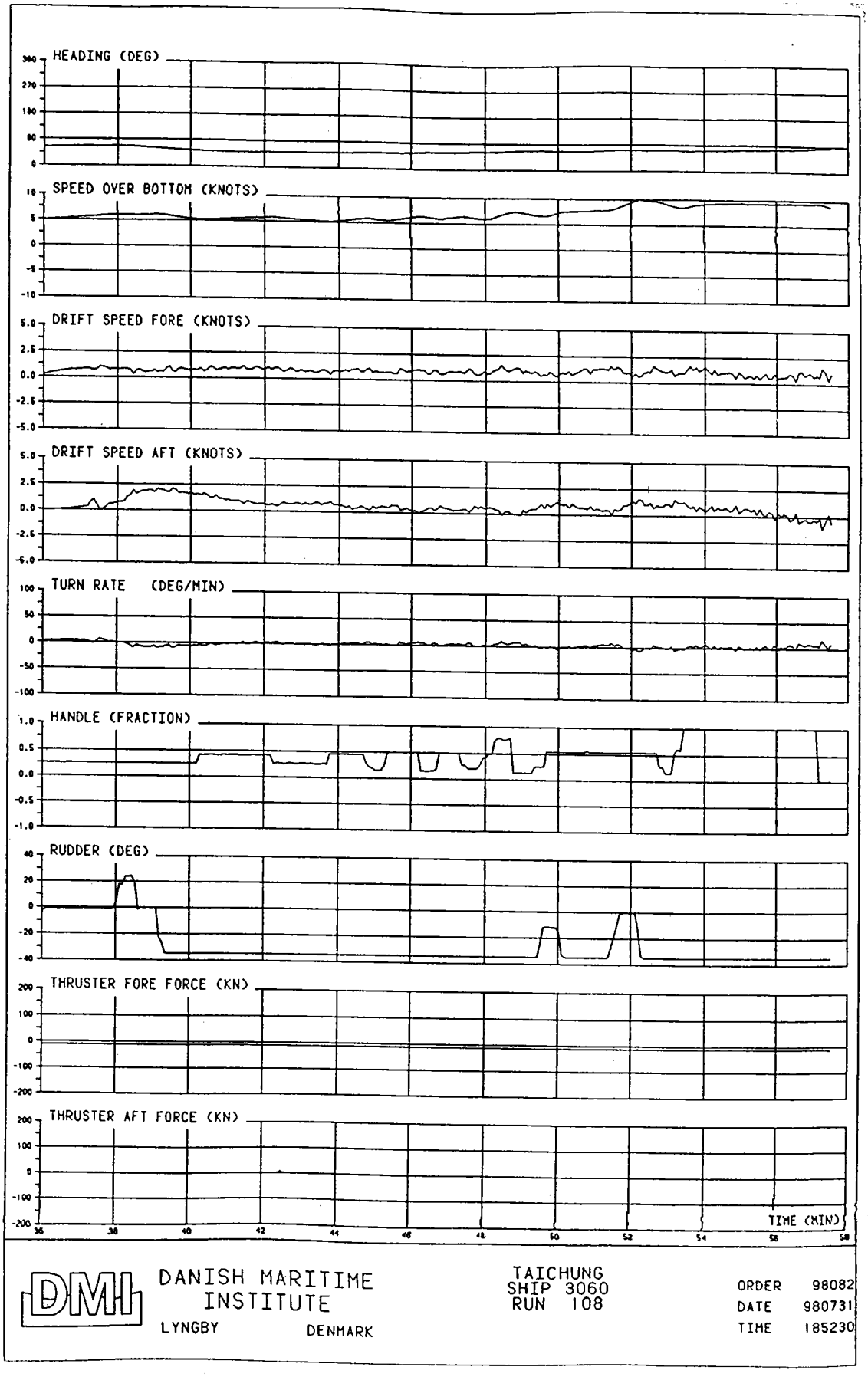
C-8 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (A106)



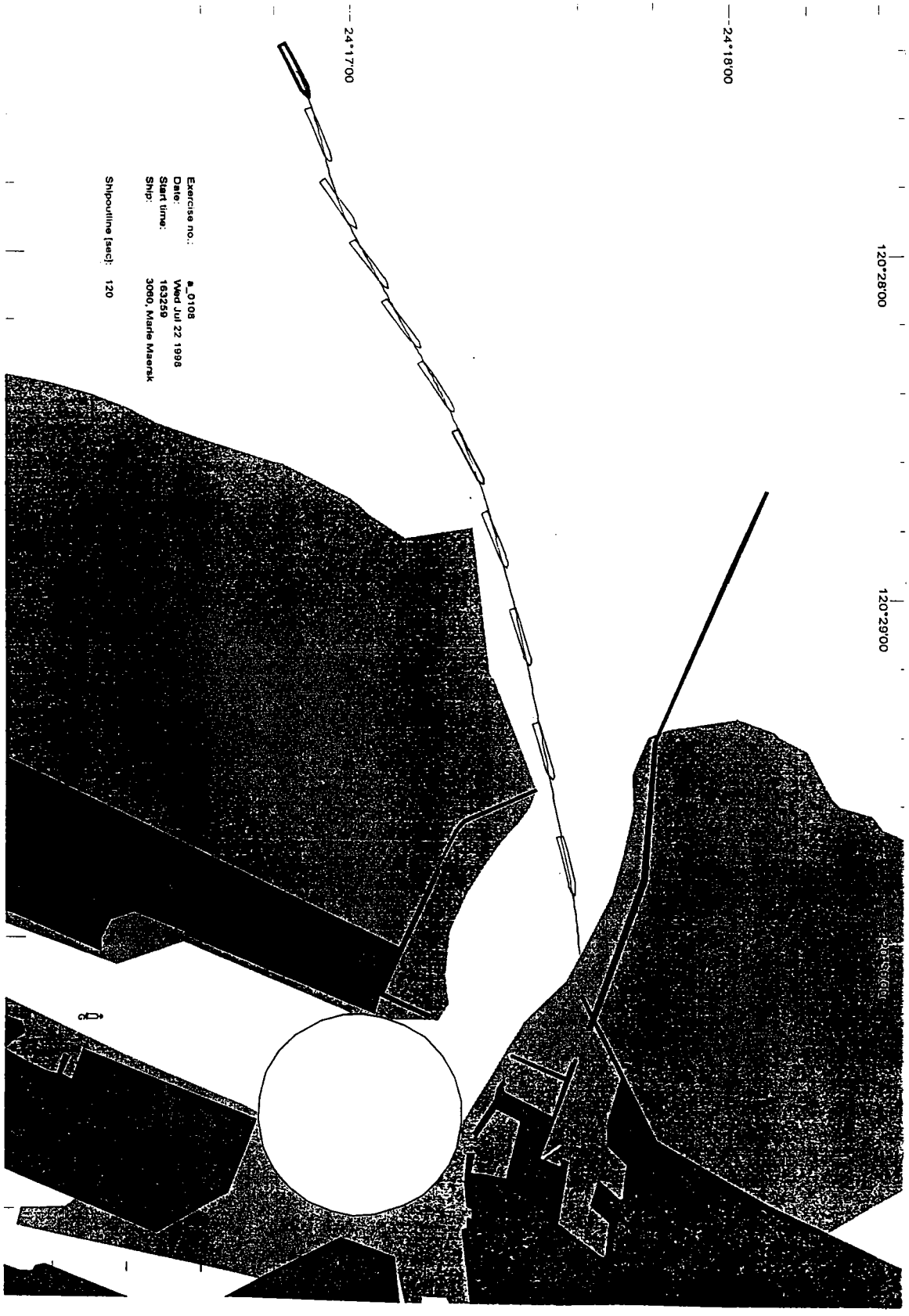
C-9 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A107)



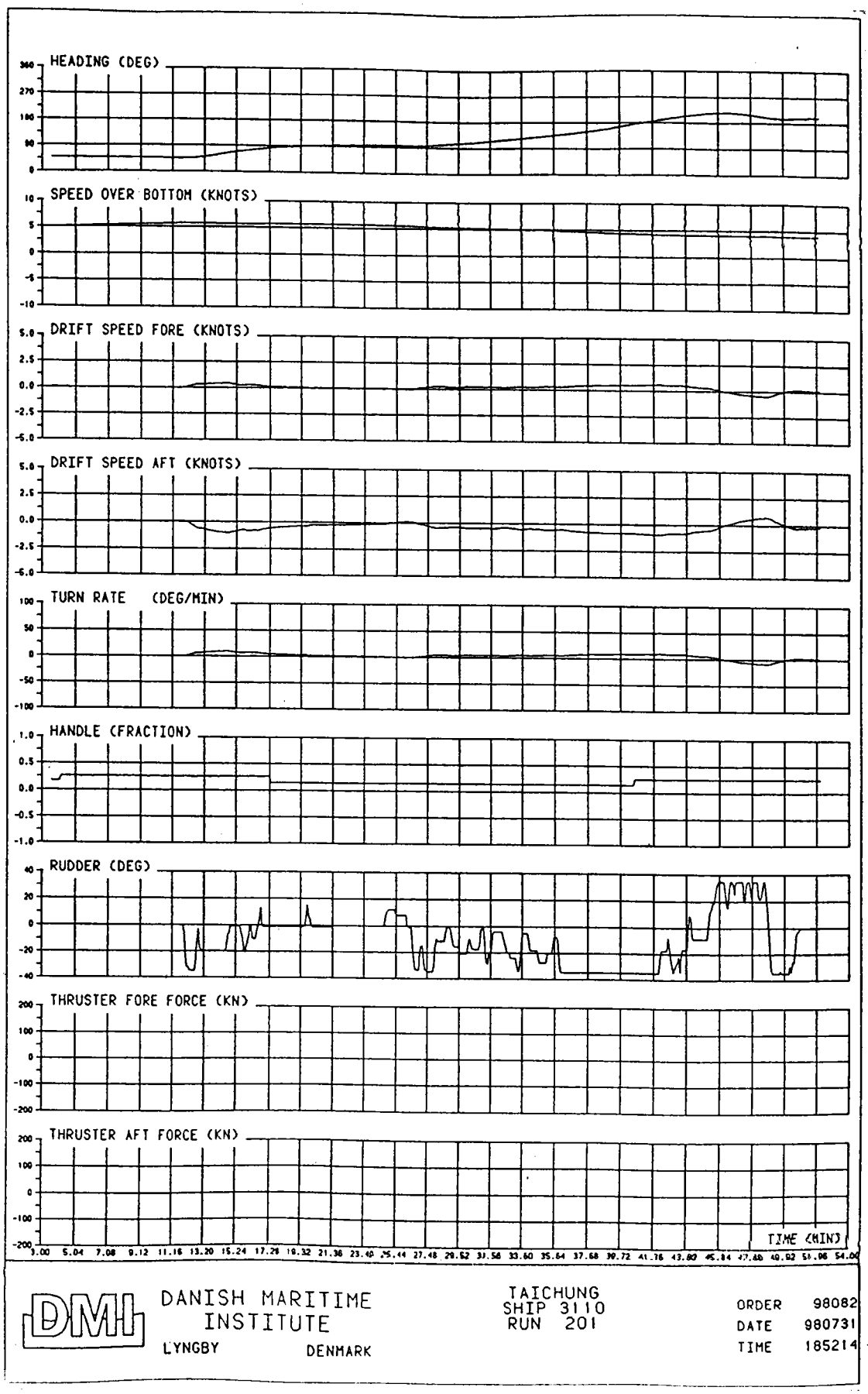
C-10 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A107)



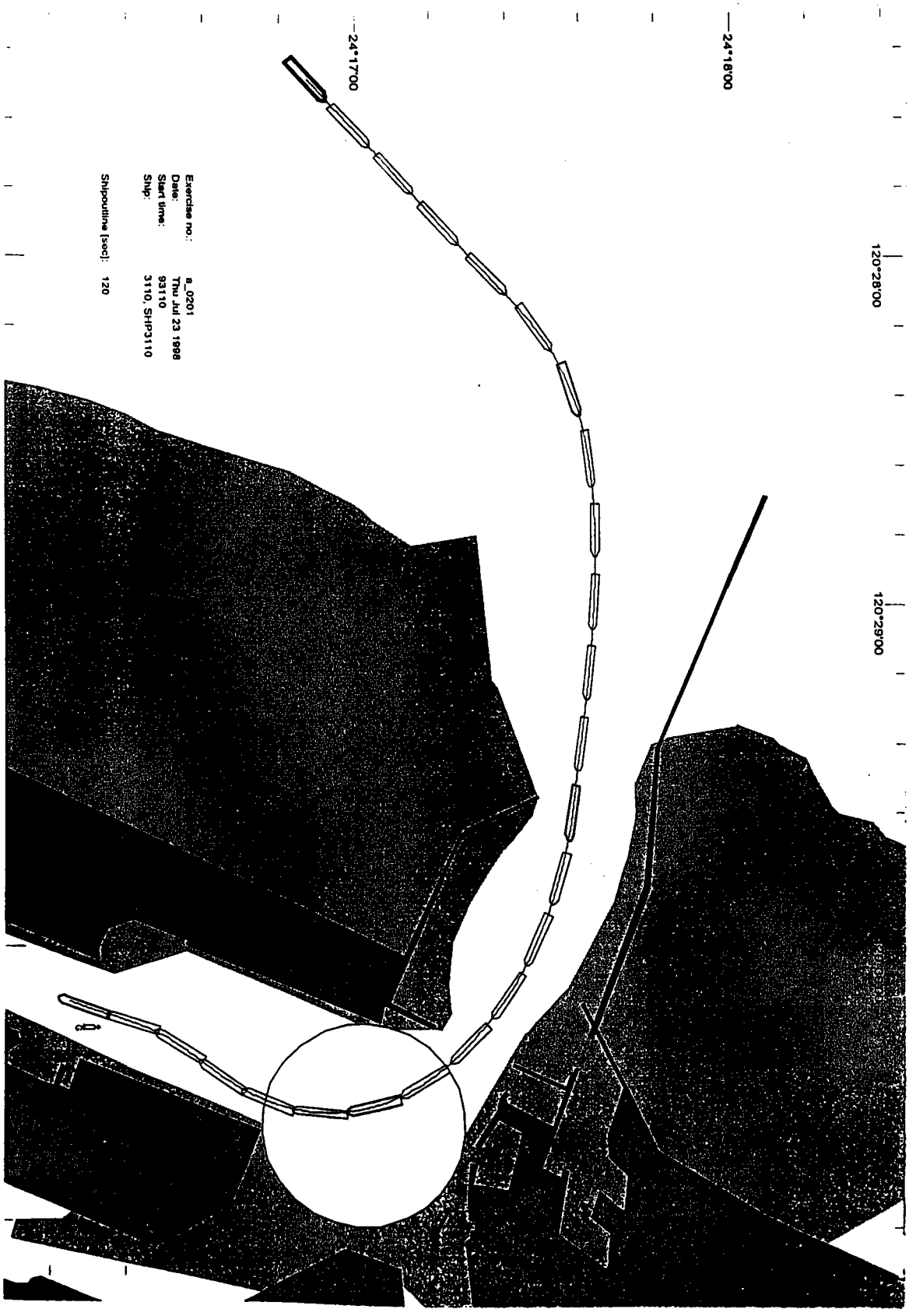
C-11 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A108)



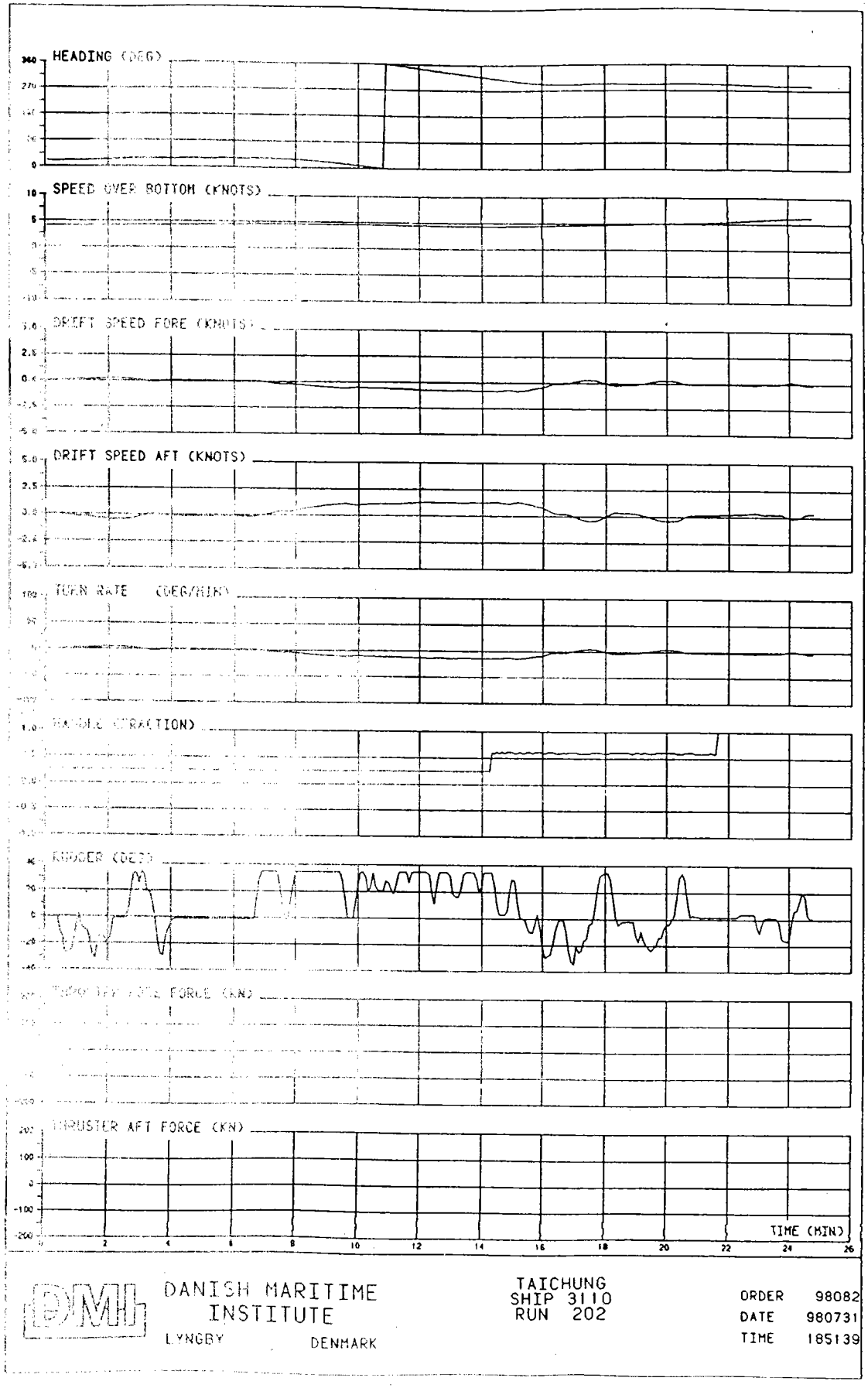
C-12 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A108)



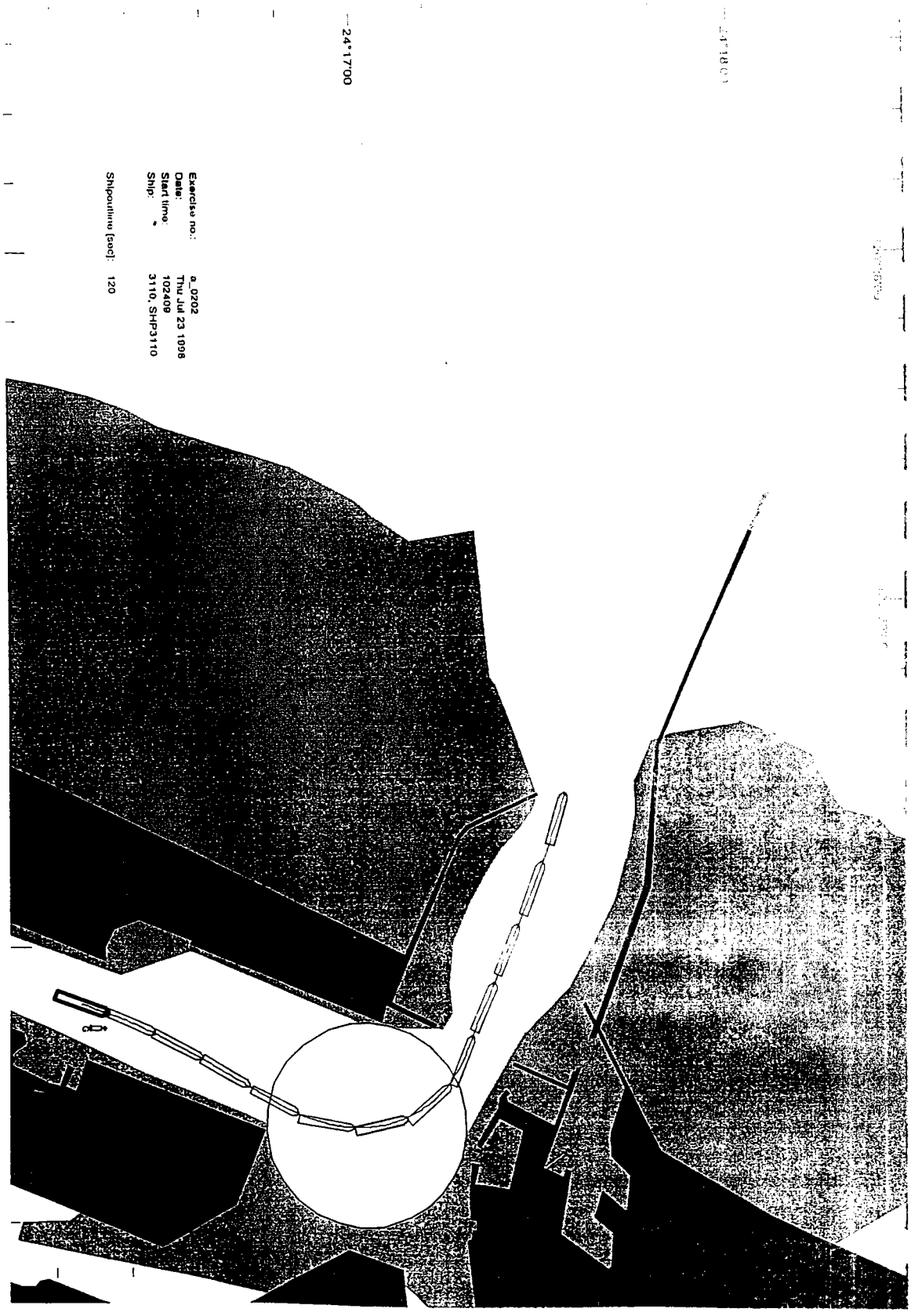
C-13 無風，3110 散貨船(滿載)進港操航歷程圖 (A201)



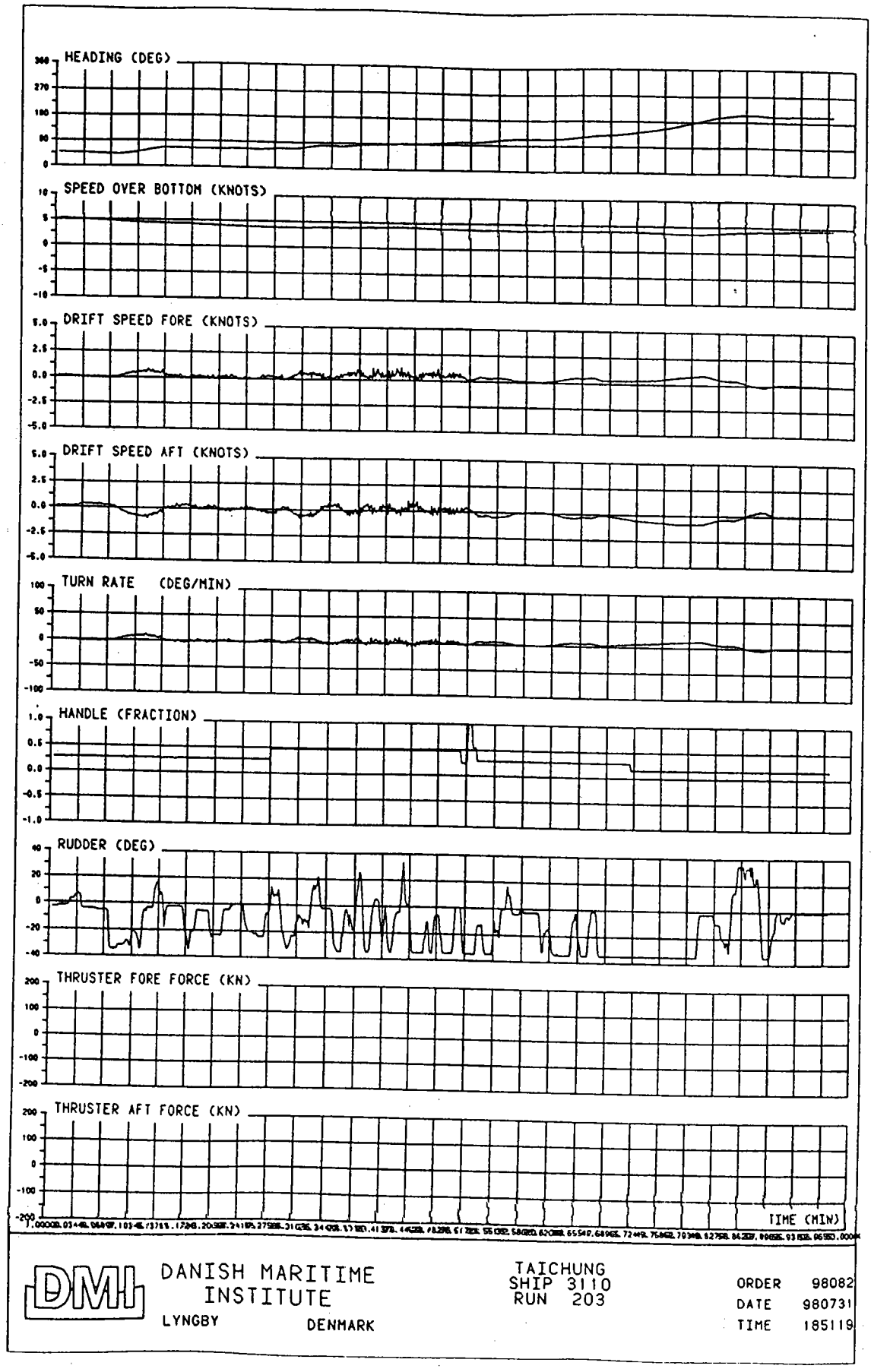
C-14 無風，3110 散貨船(滿載)進港操航船跡圖 (A201)



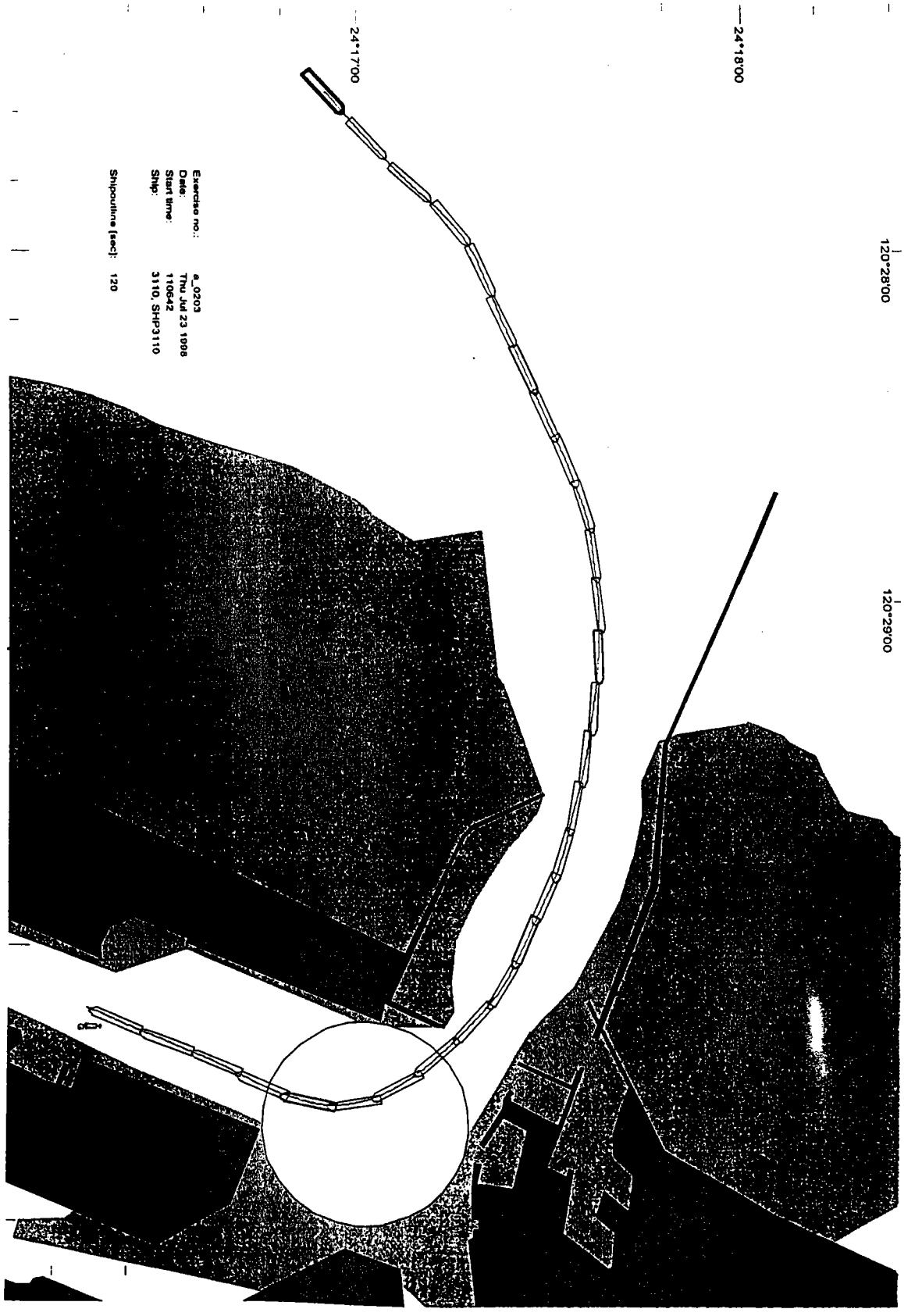
C-15 無風，3110 散貨船(滿載)出港操航歷程圖 (A202)



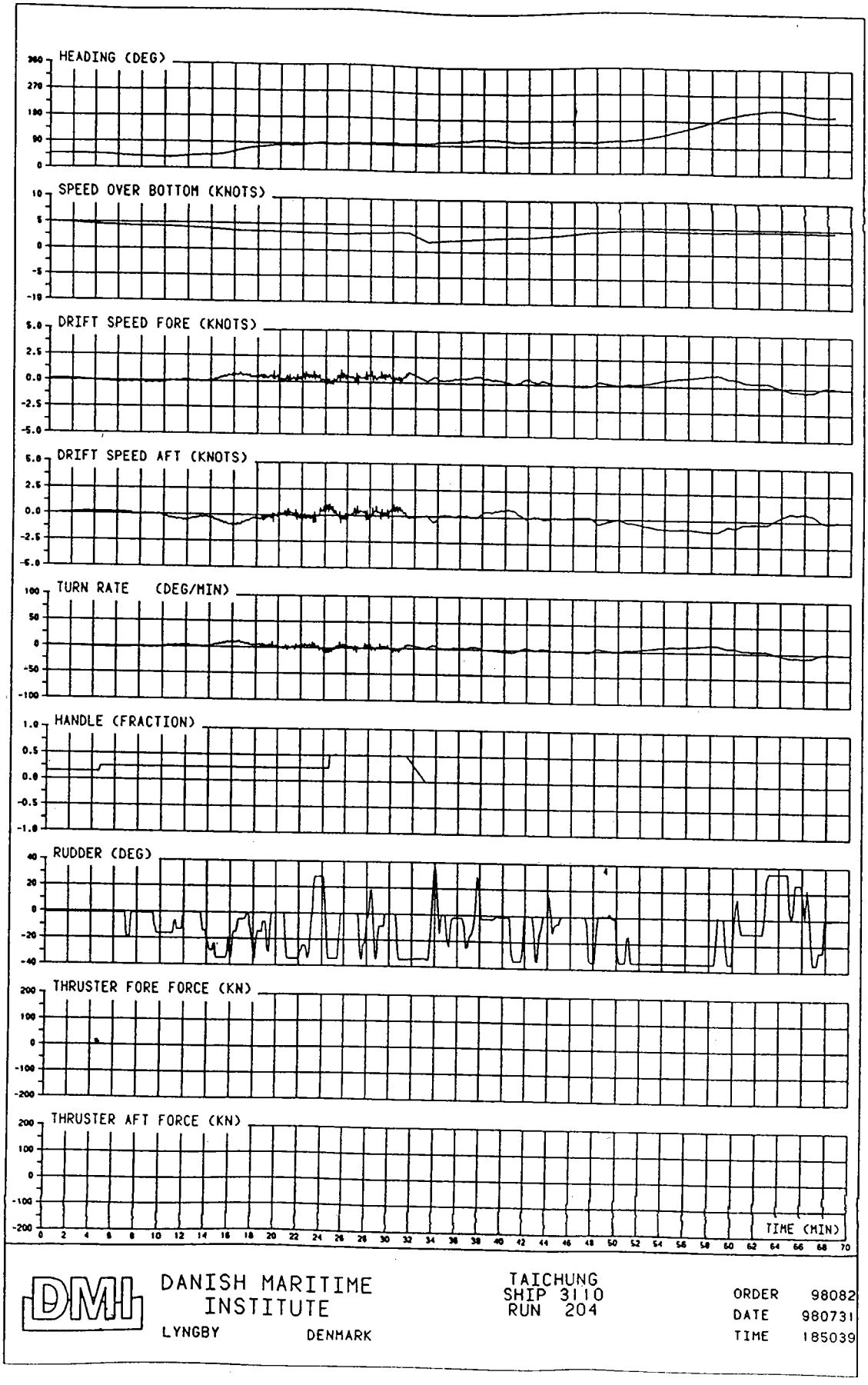
C-16 無風，3110 散貨船(滿載)出港操航船跡圖 (A202)



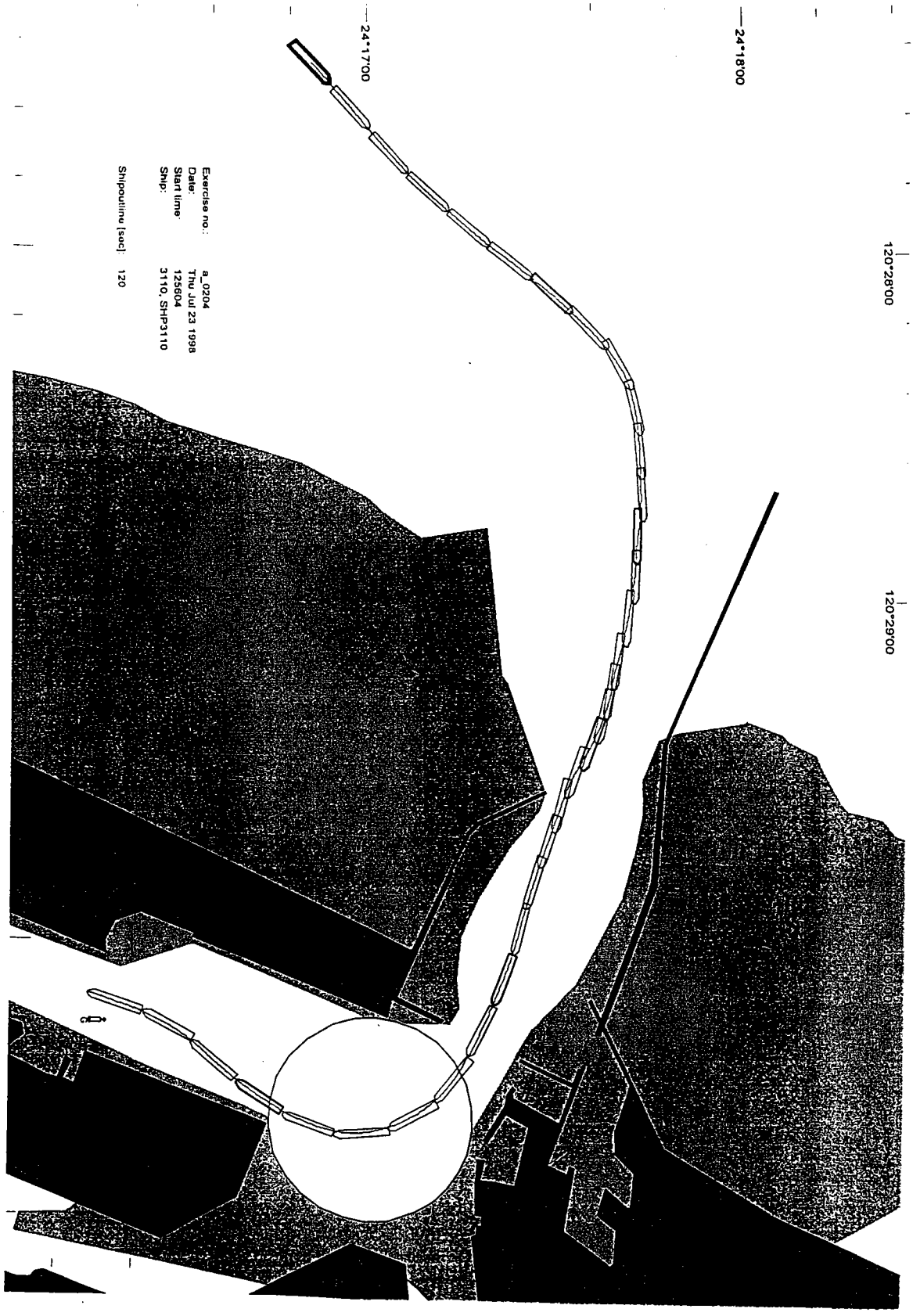
C-17 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A203)



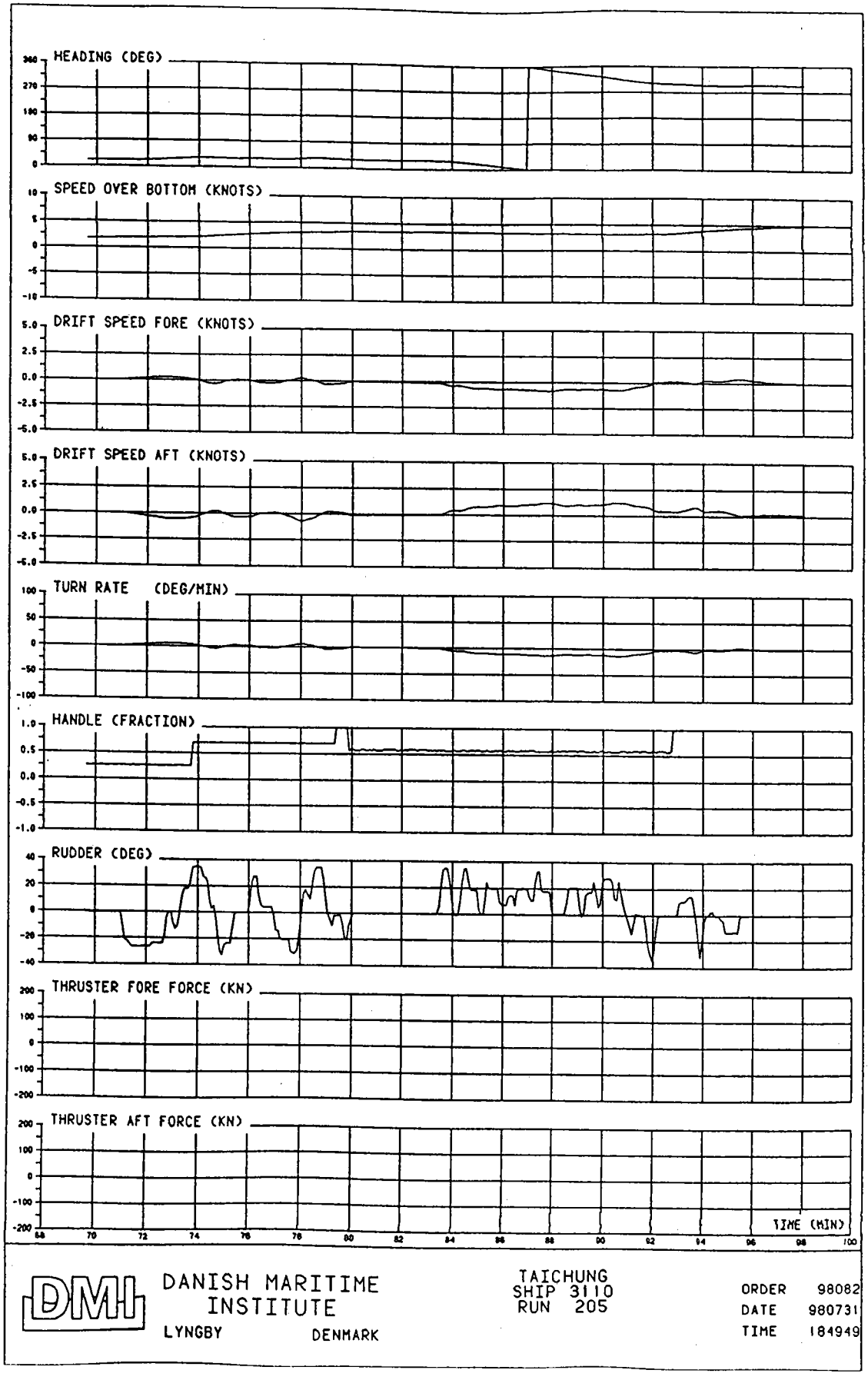
C-18 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A203)



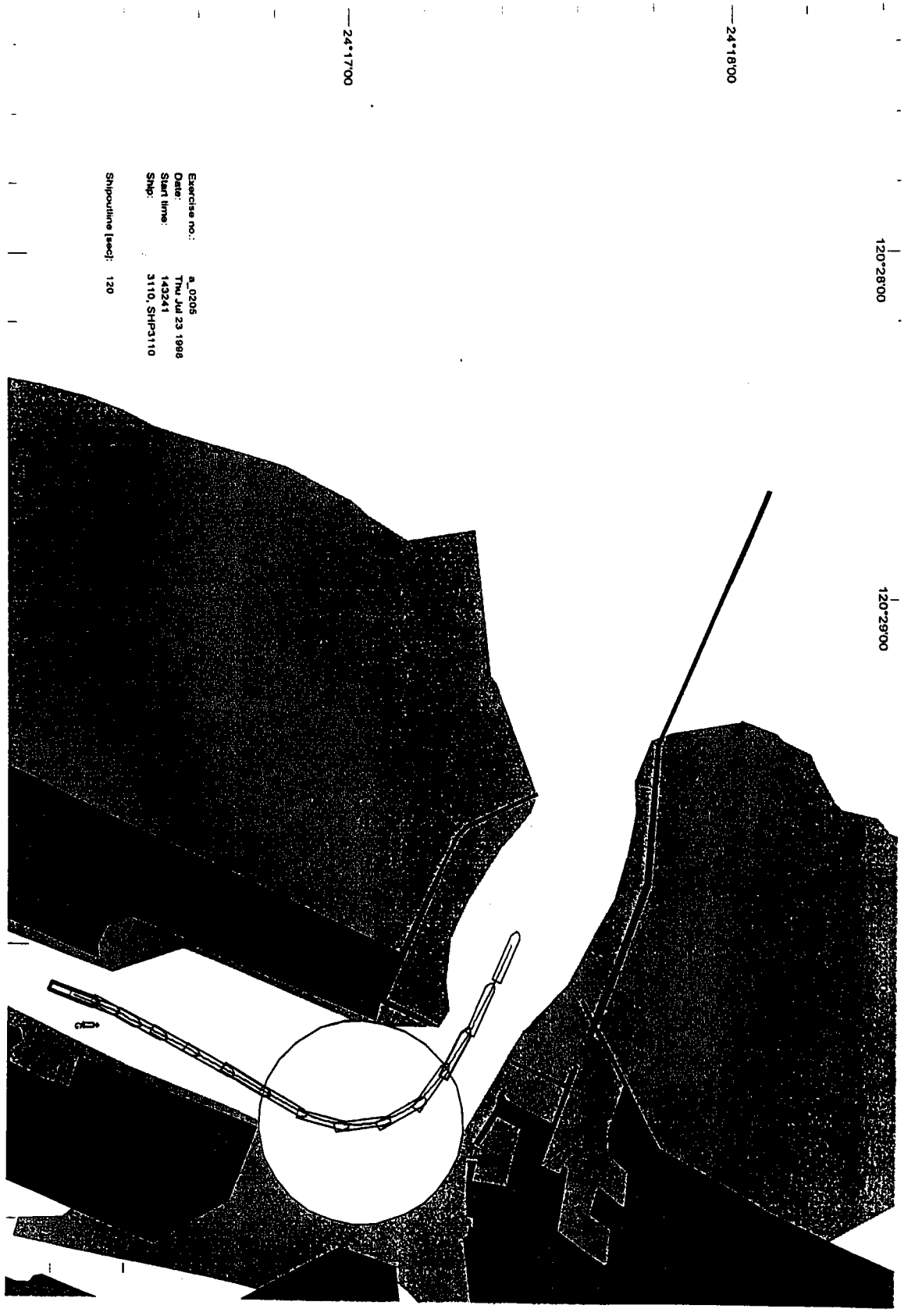
C-19 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A204)



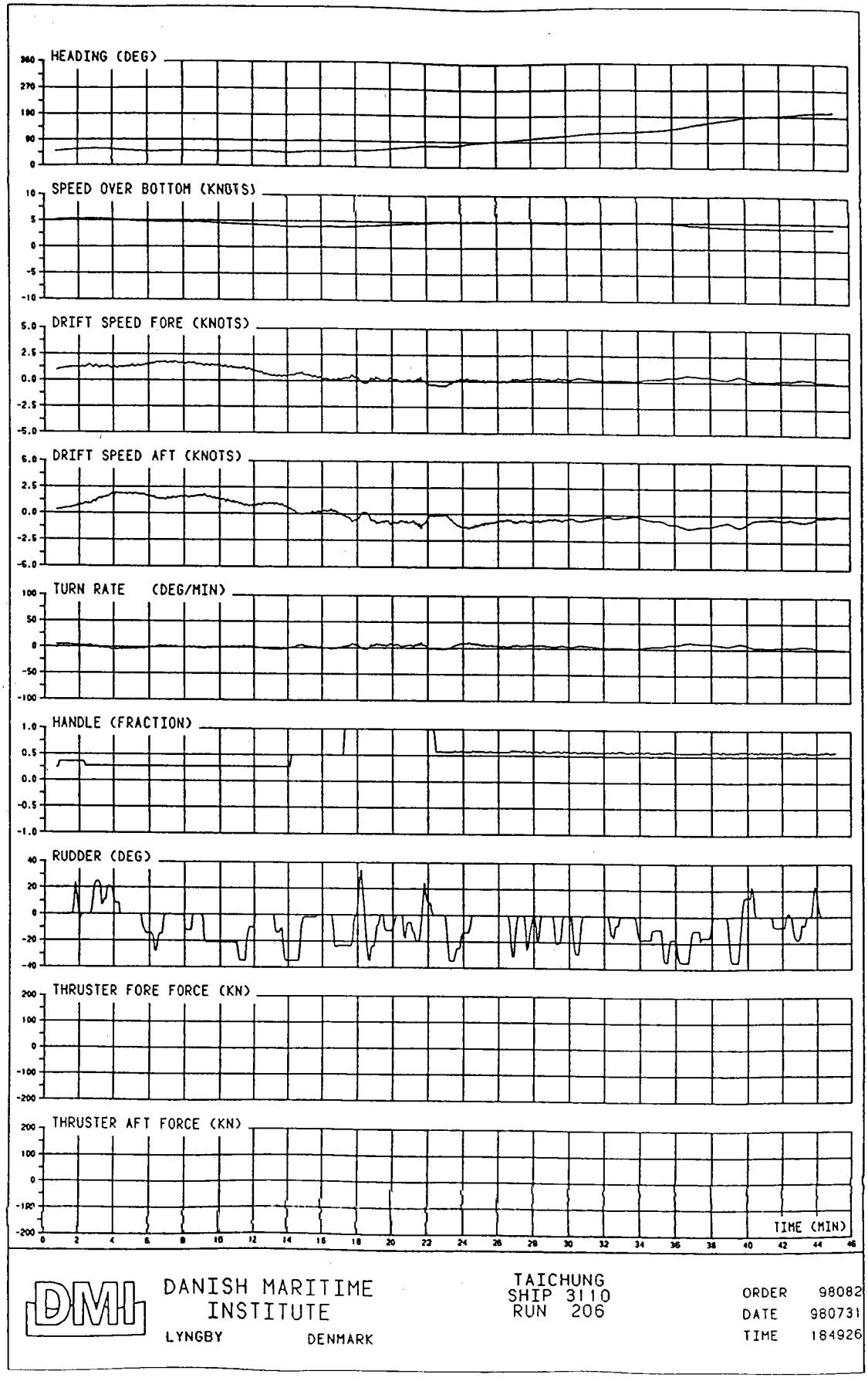
C-20 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A204)



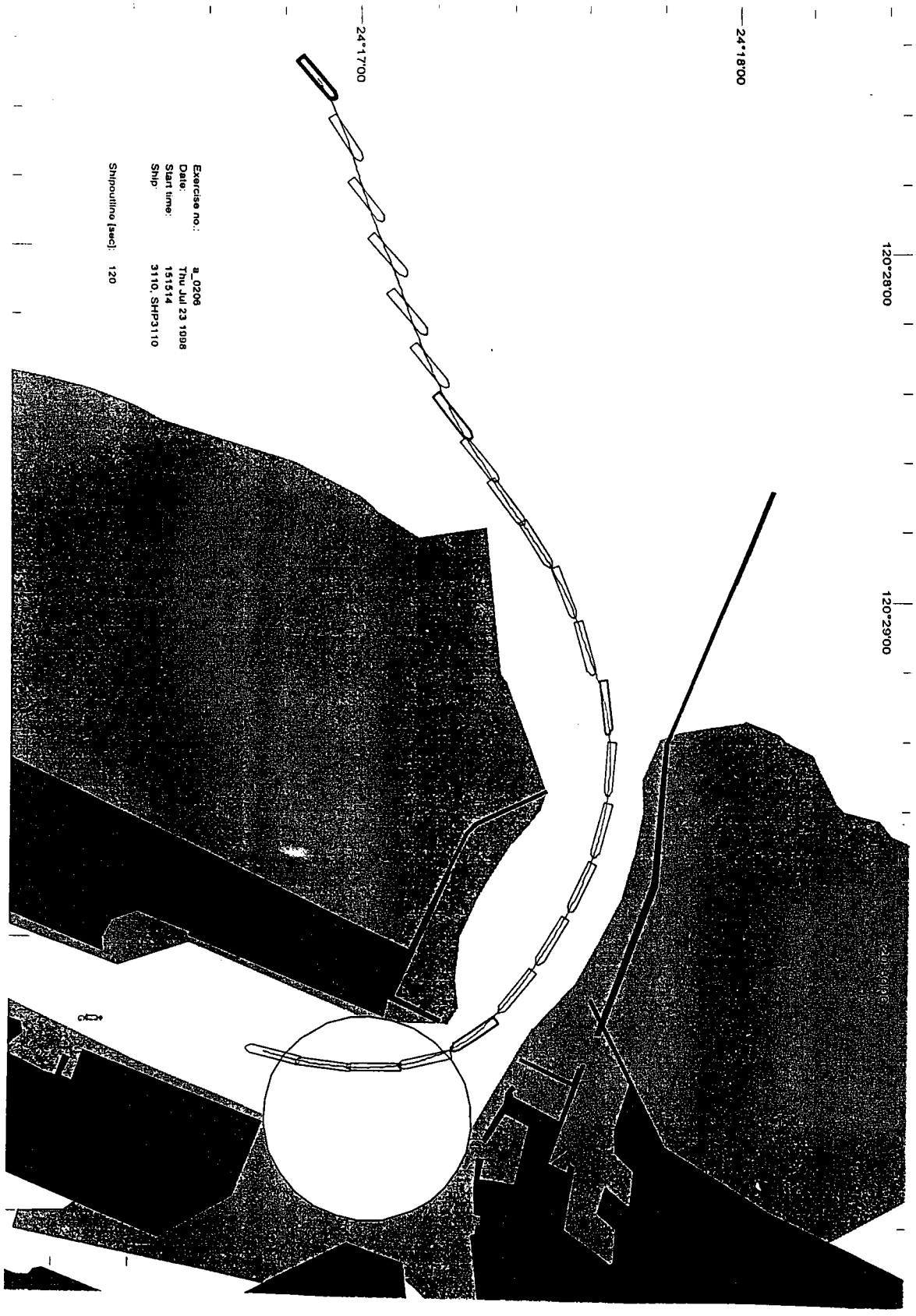
C-21 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (A205)



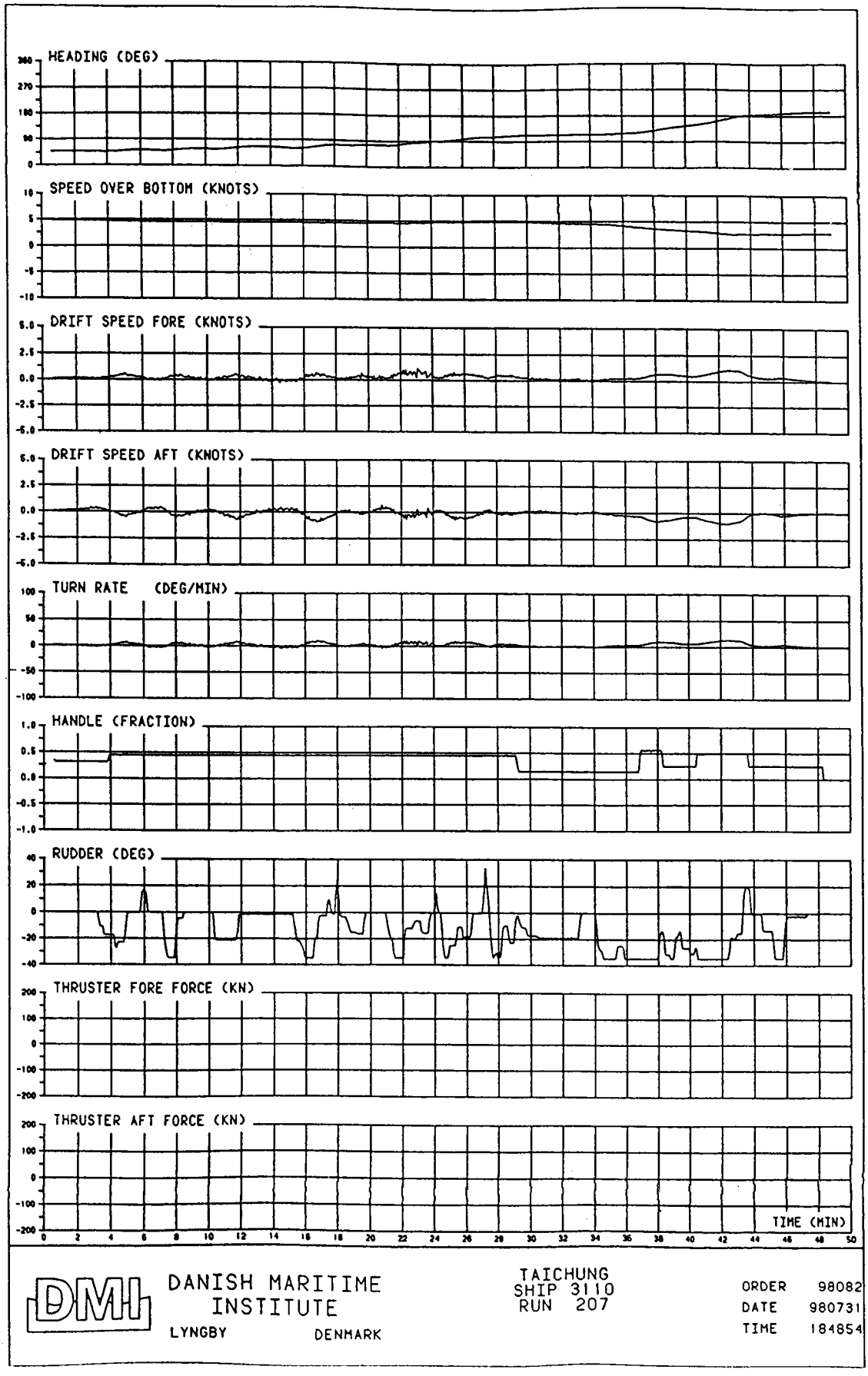
C-22 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (A205)



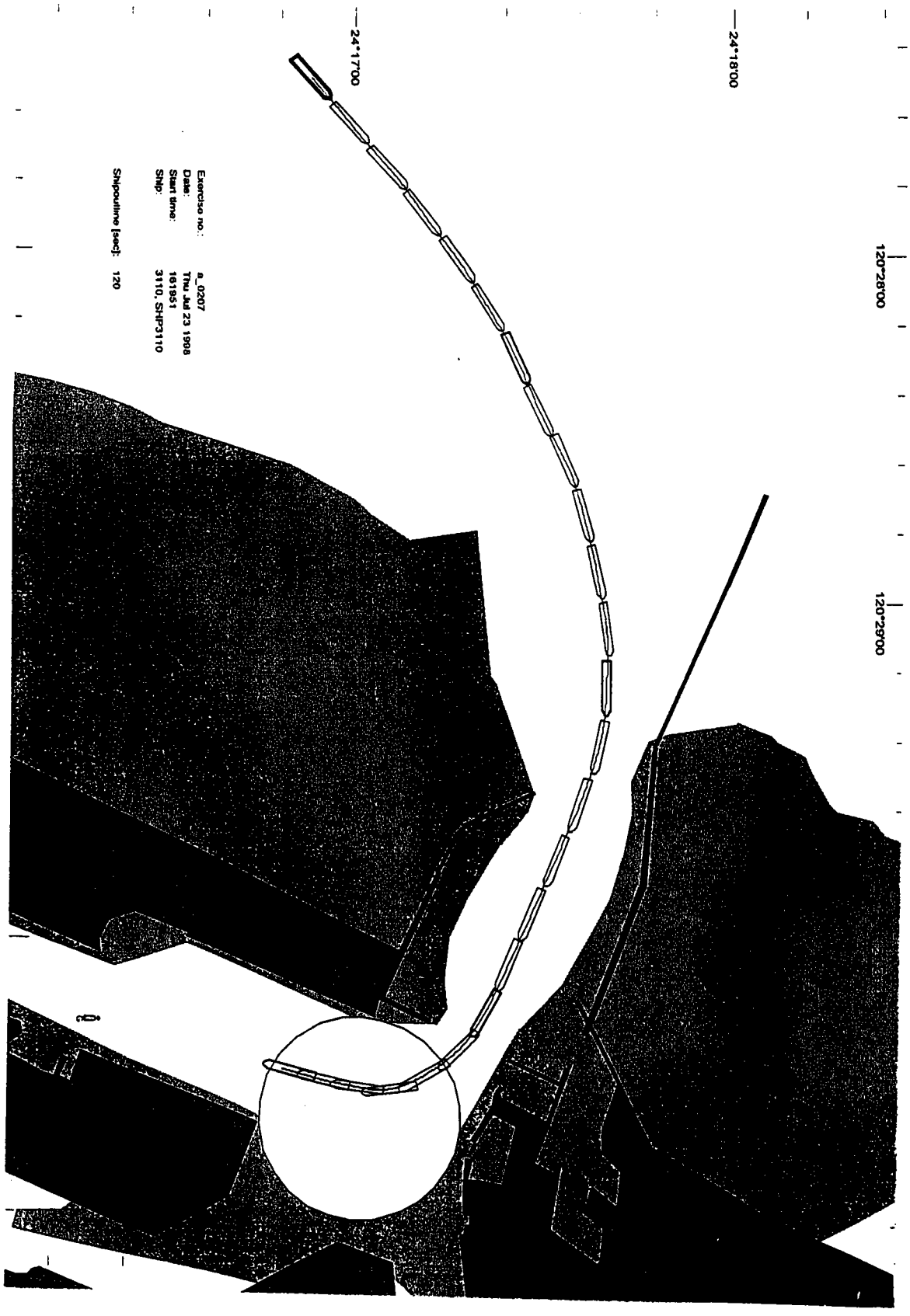
C-23 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A206)



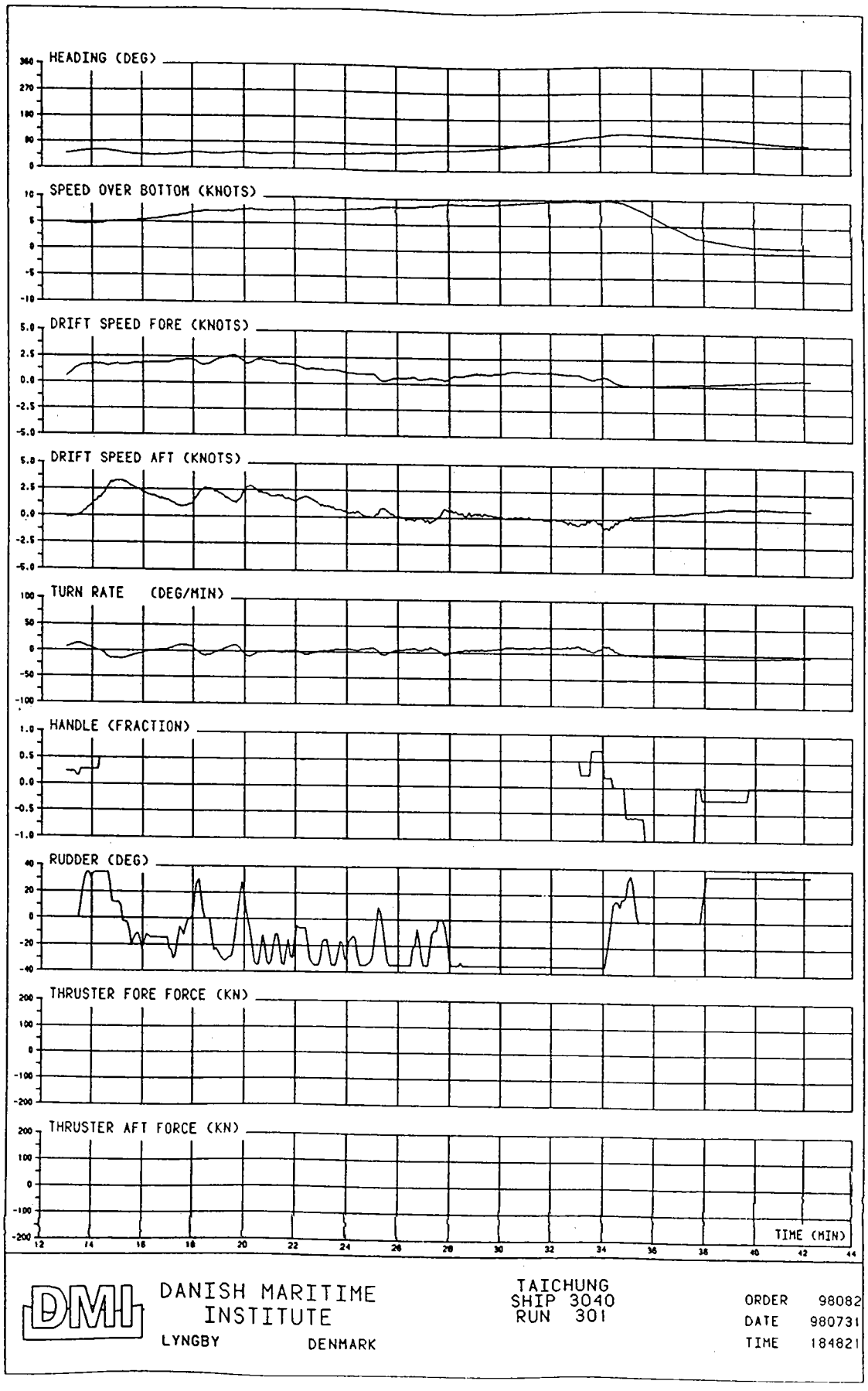
C-24 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (A206)



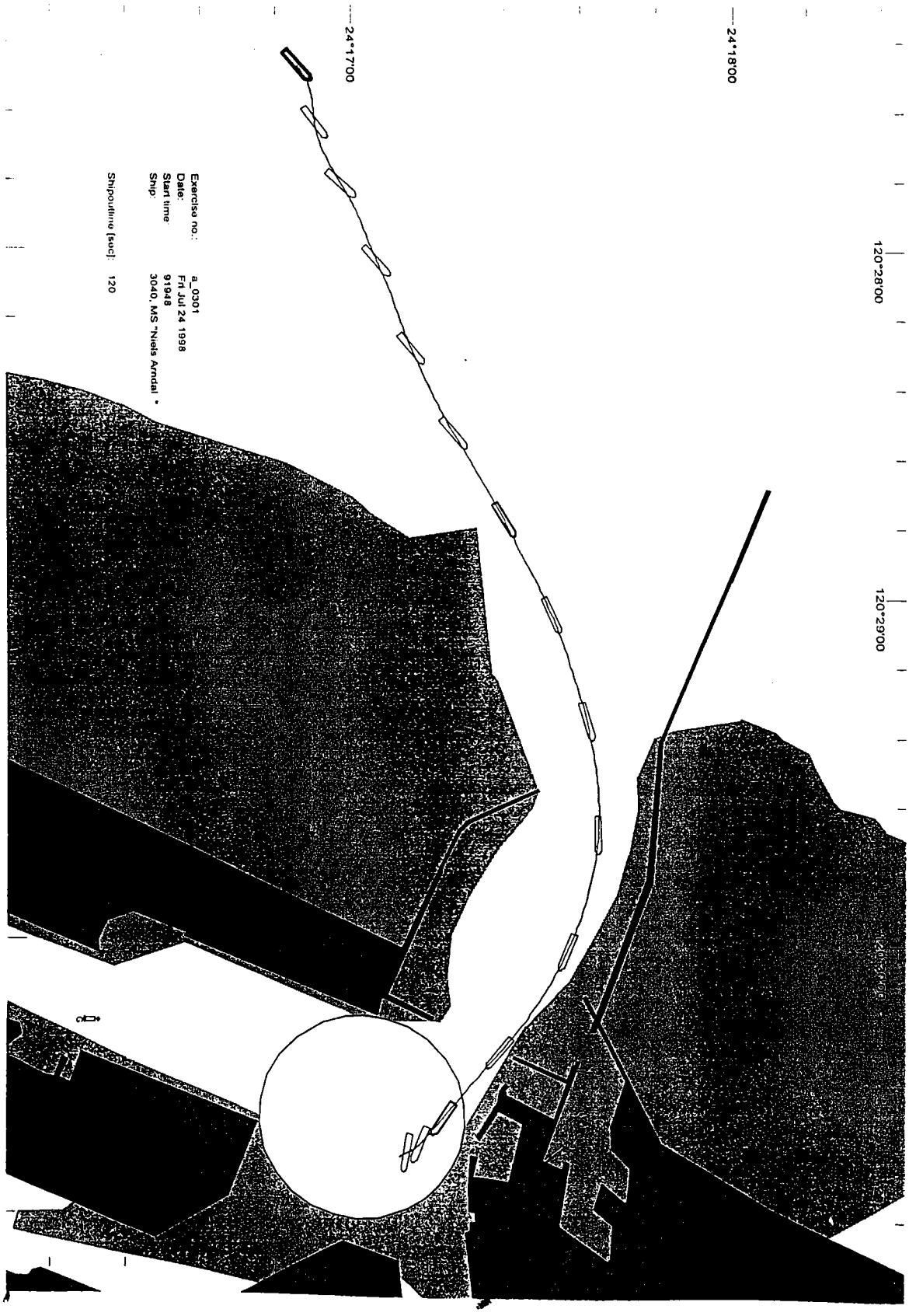
C-25 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A207)



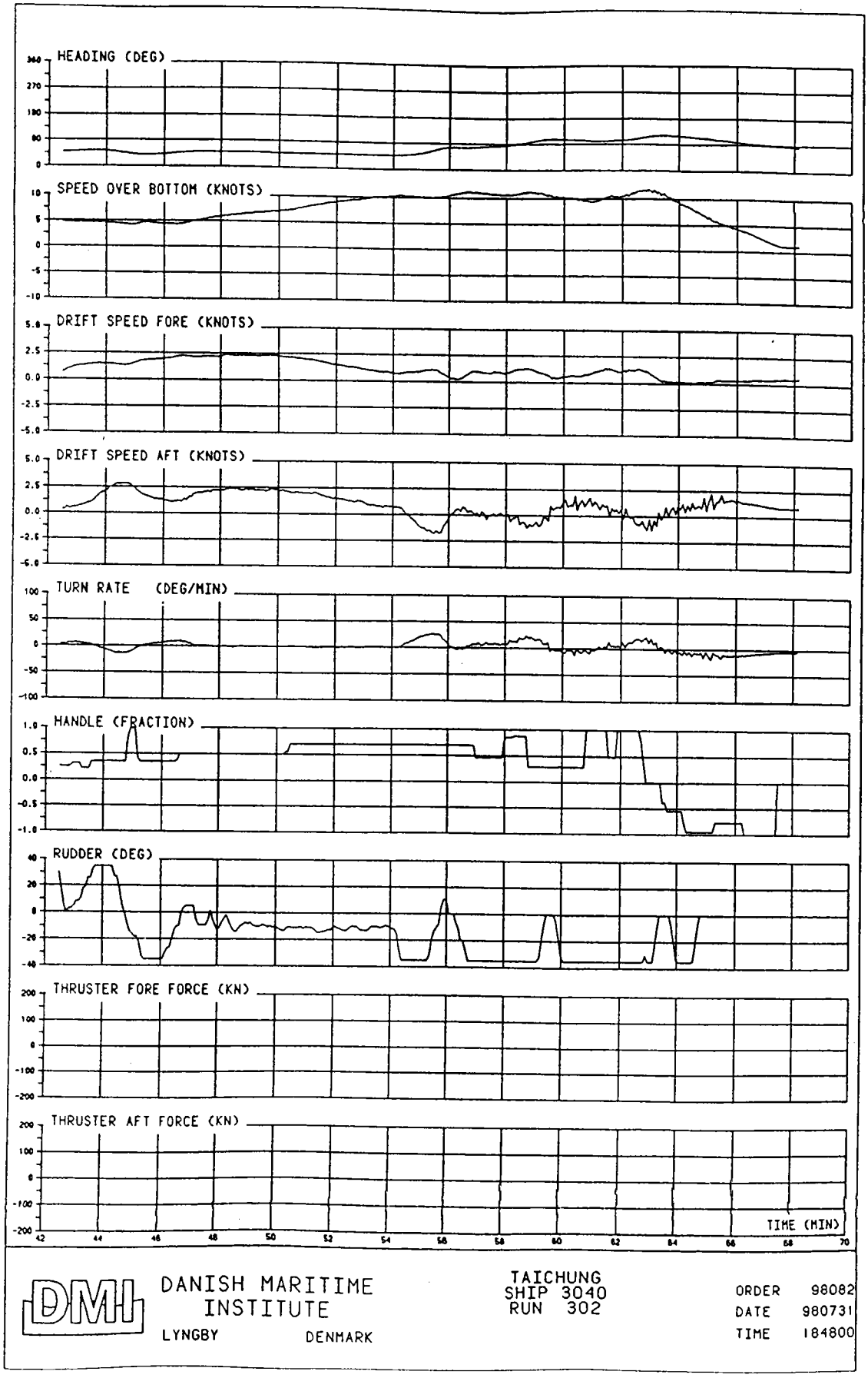
C-26 風速 15m/s，3110 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A207)



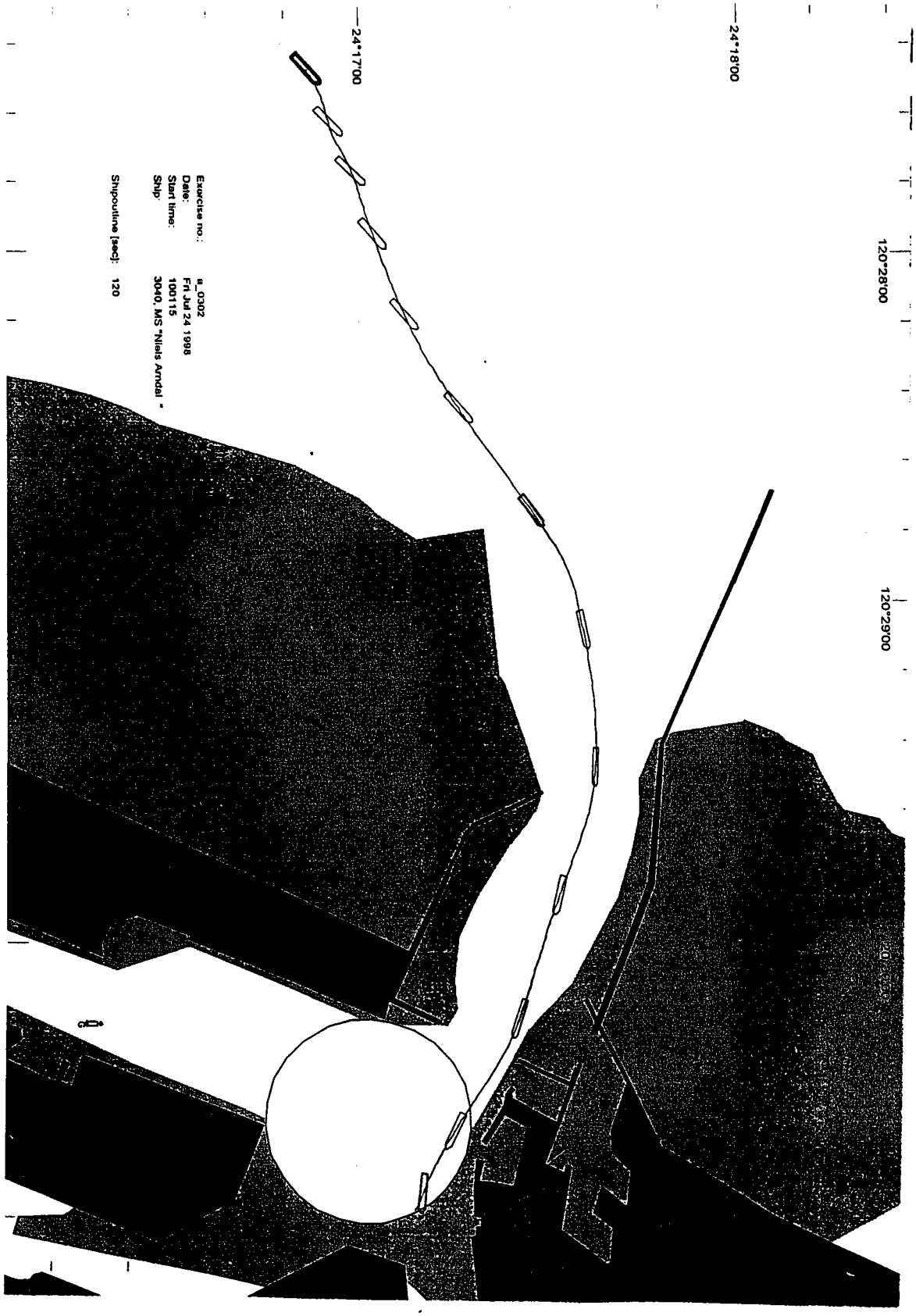
C-27 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A301)



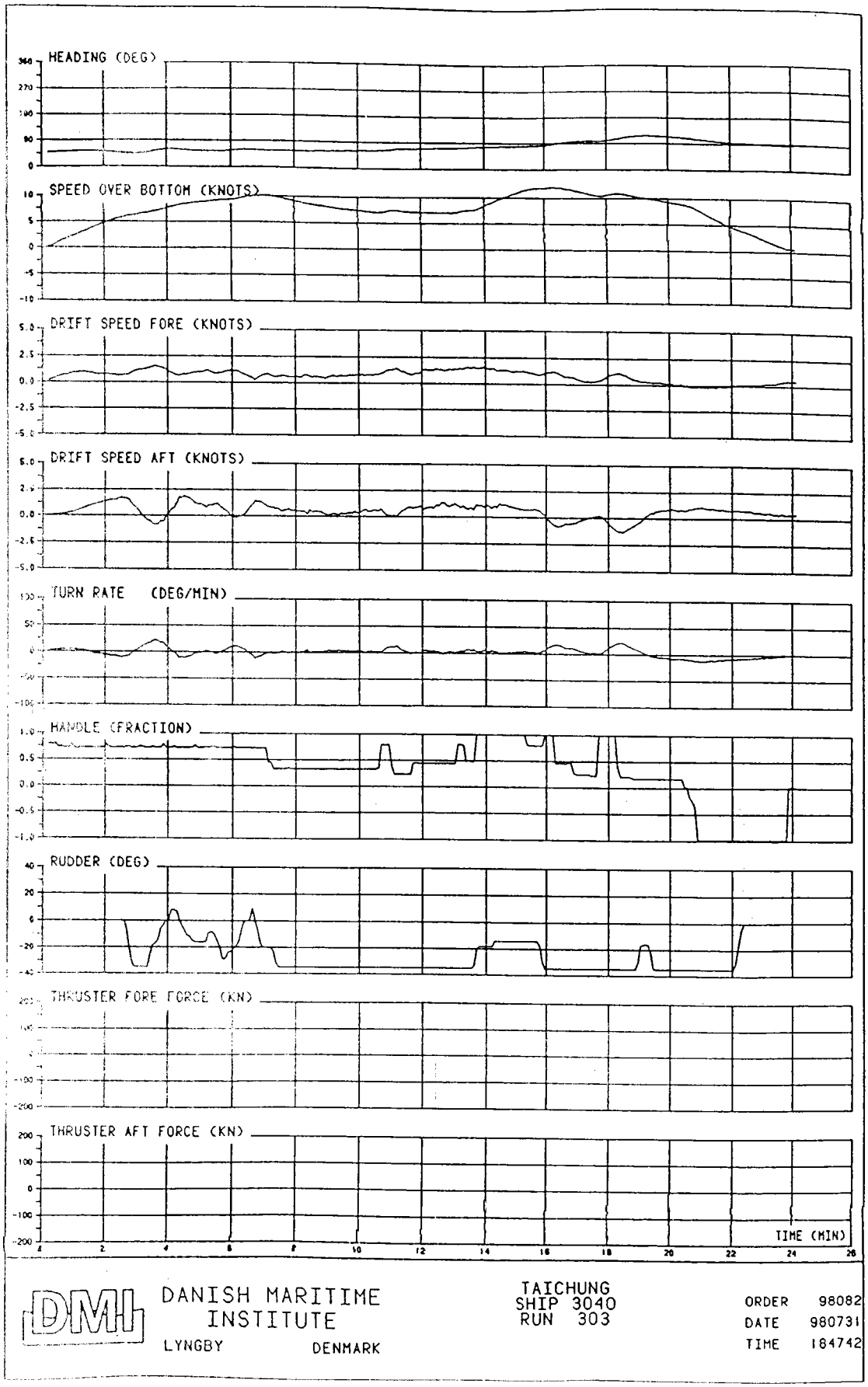
C-28 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (A301)



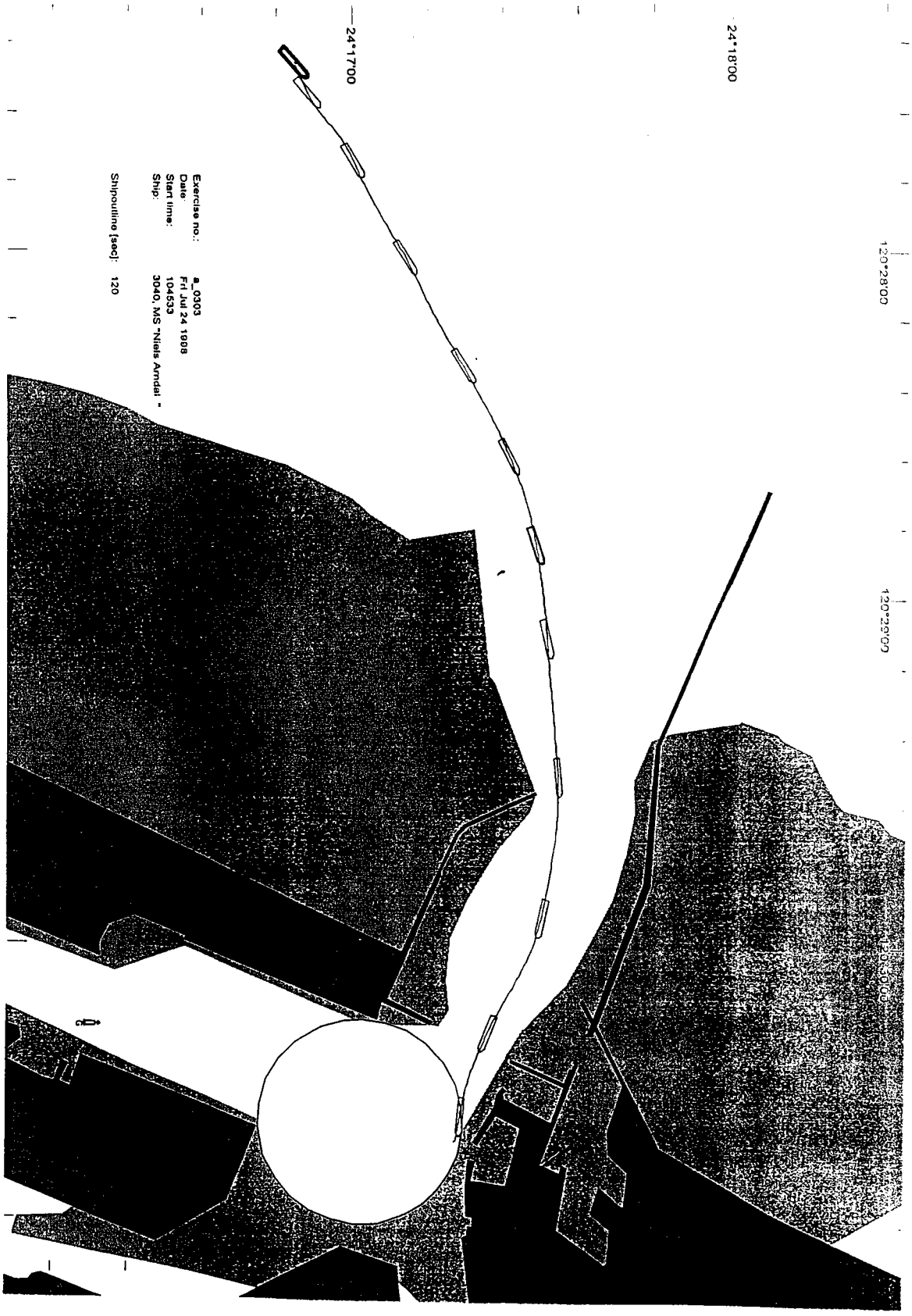
C-29 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A302)



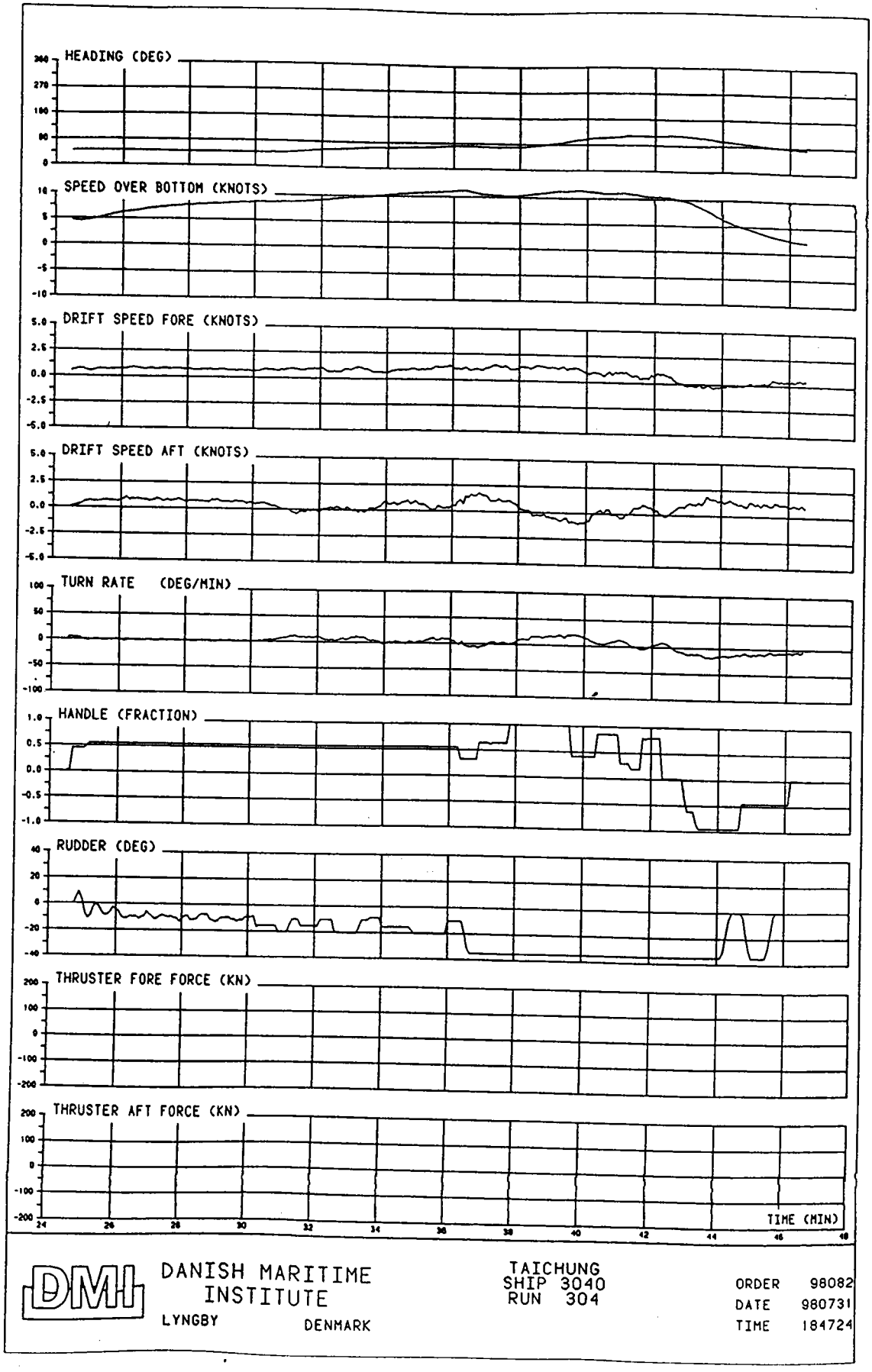
C-30 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (A302)



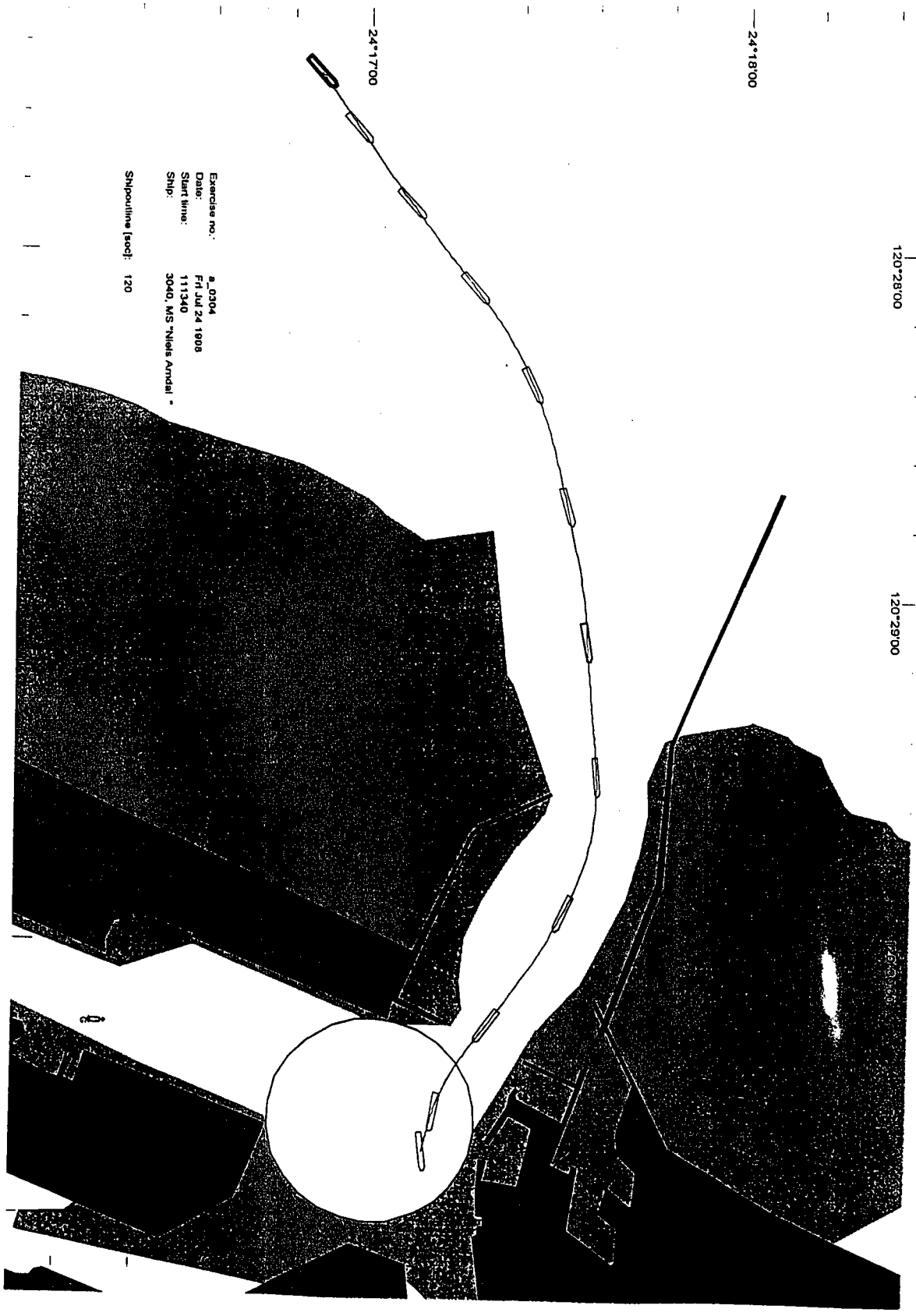
C-31 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A303)



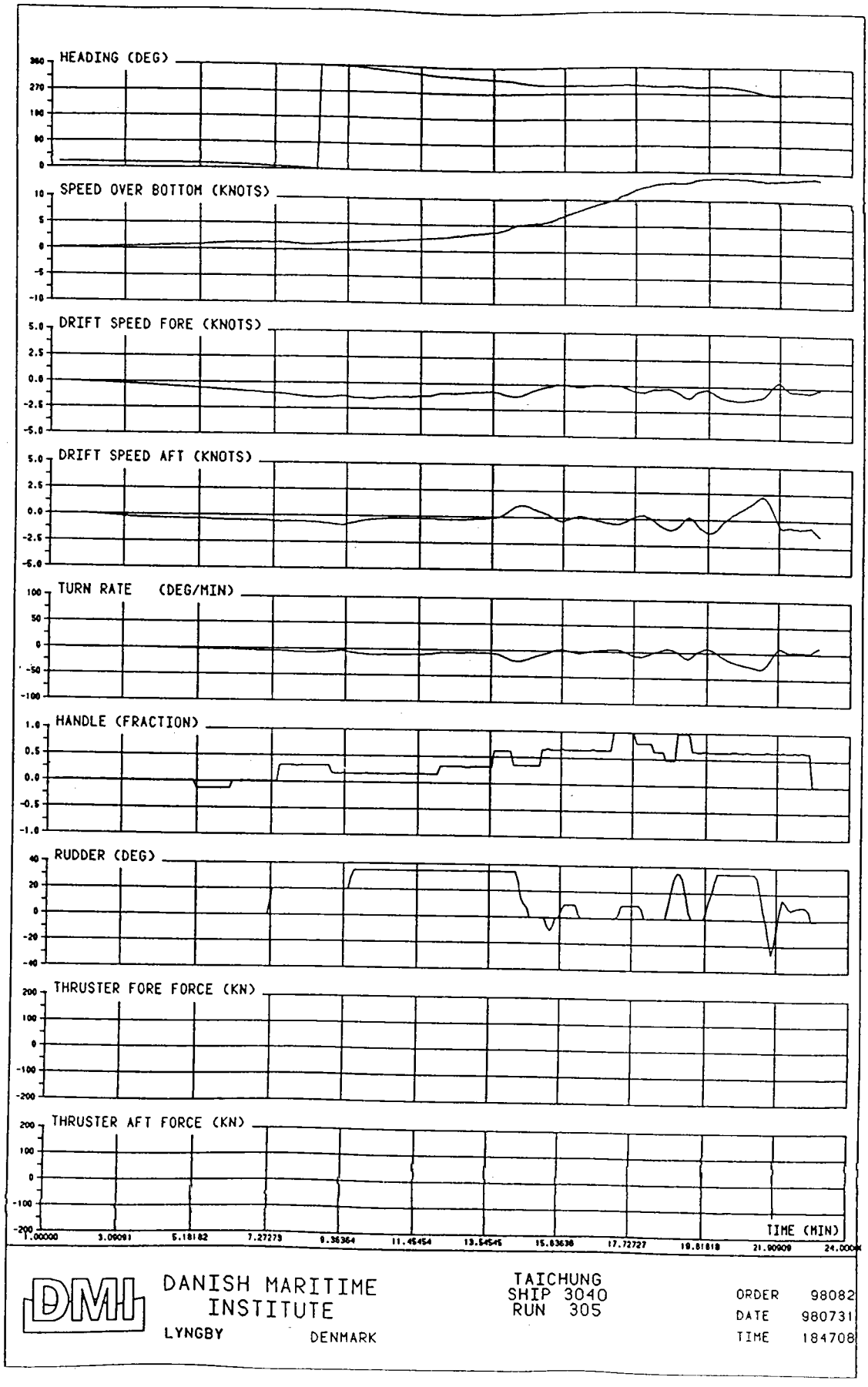
C-32 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖（A303）



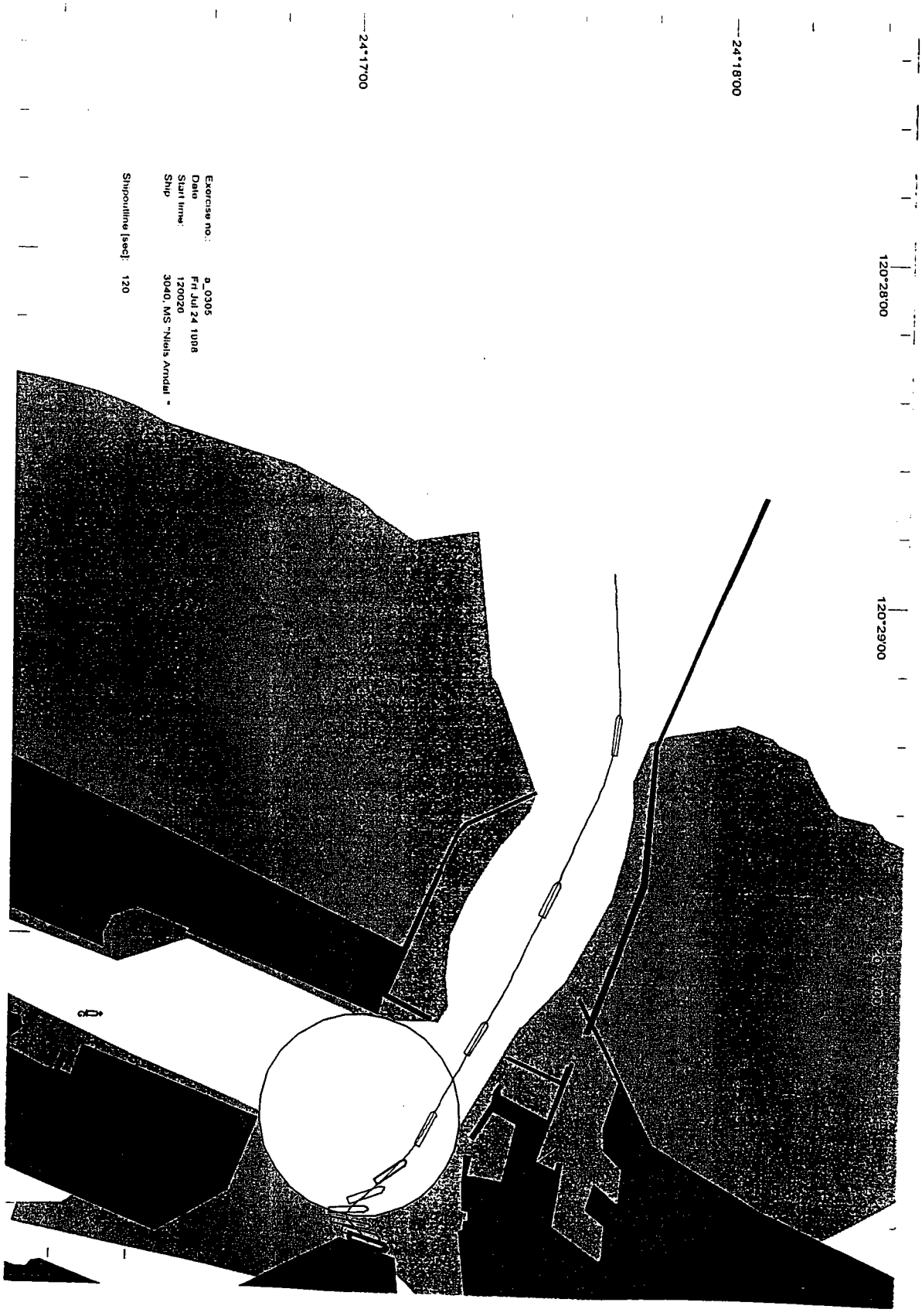
C-33 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A304)



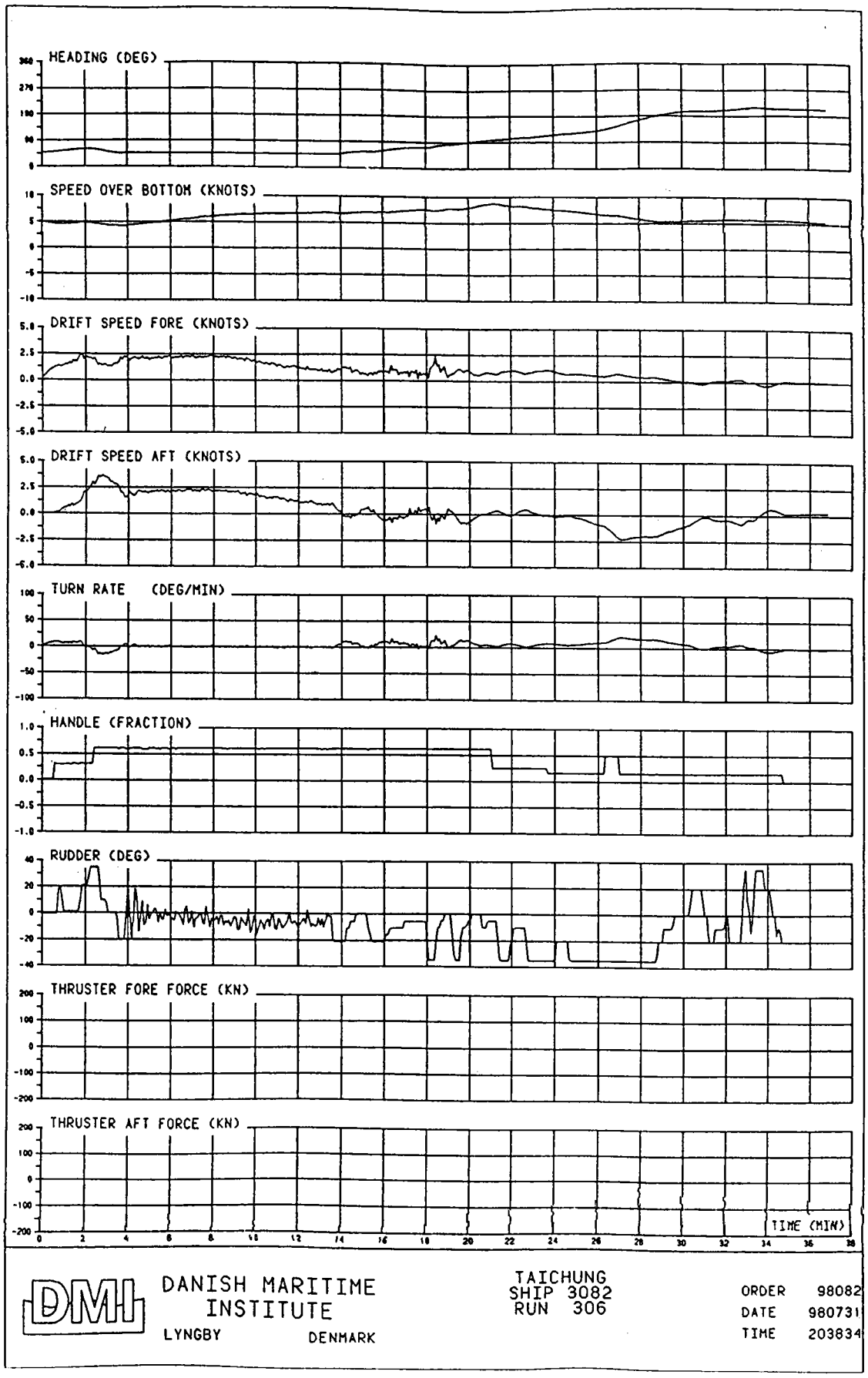
C-34 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A304)



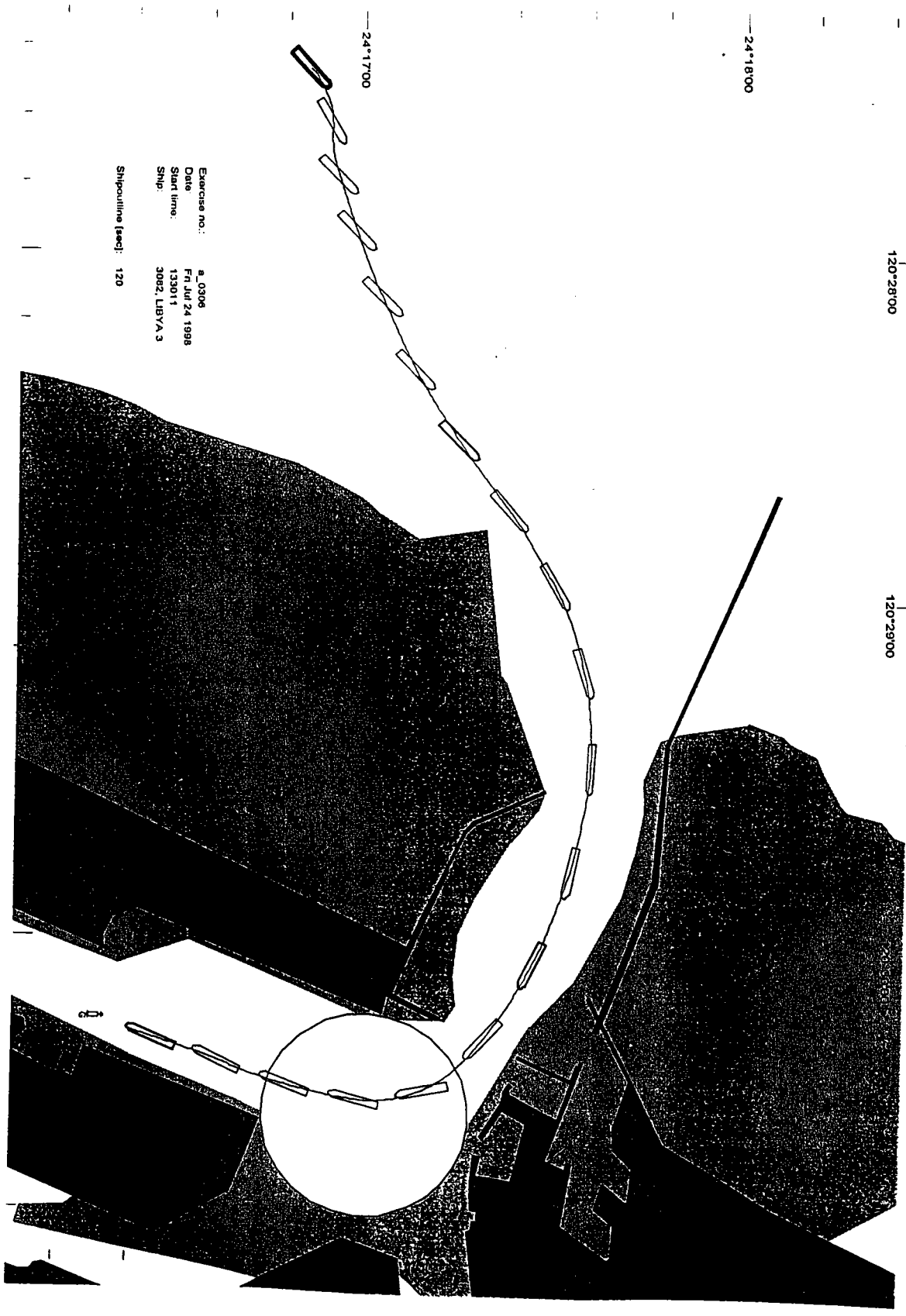
C-35 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (A305)



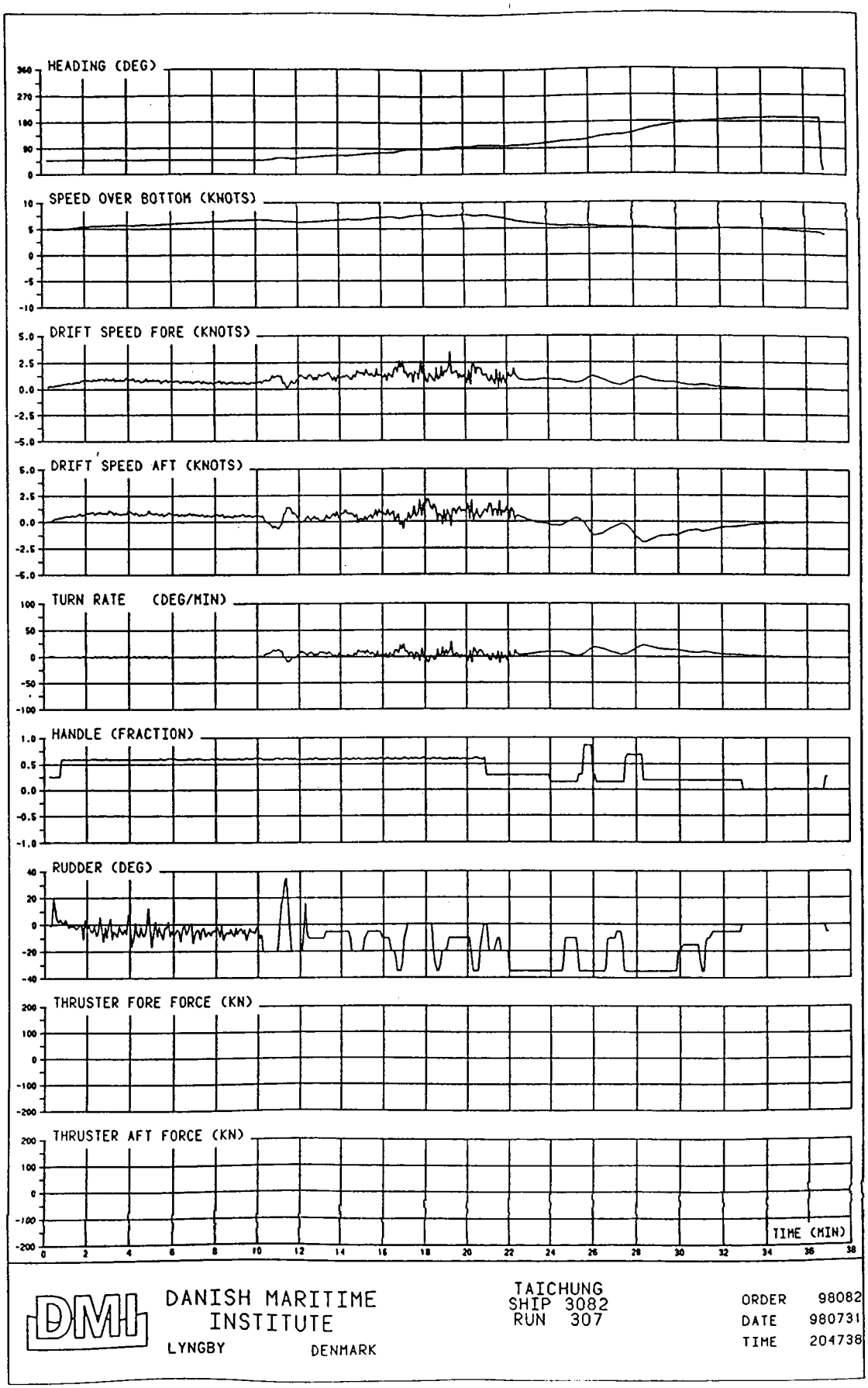
C-36 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (A305)



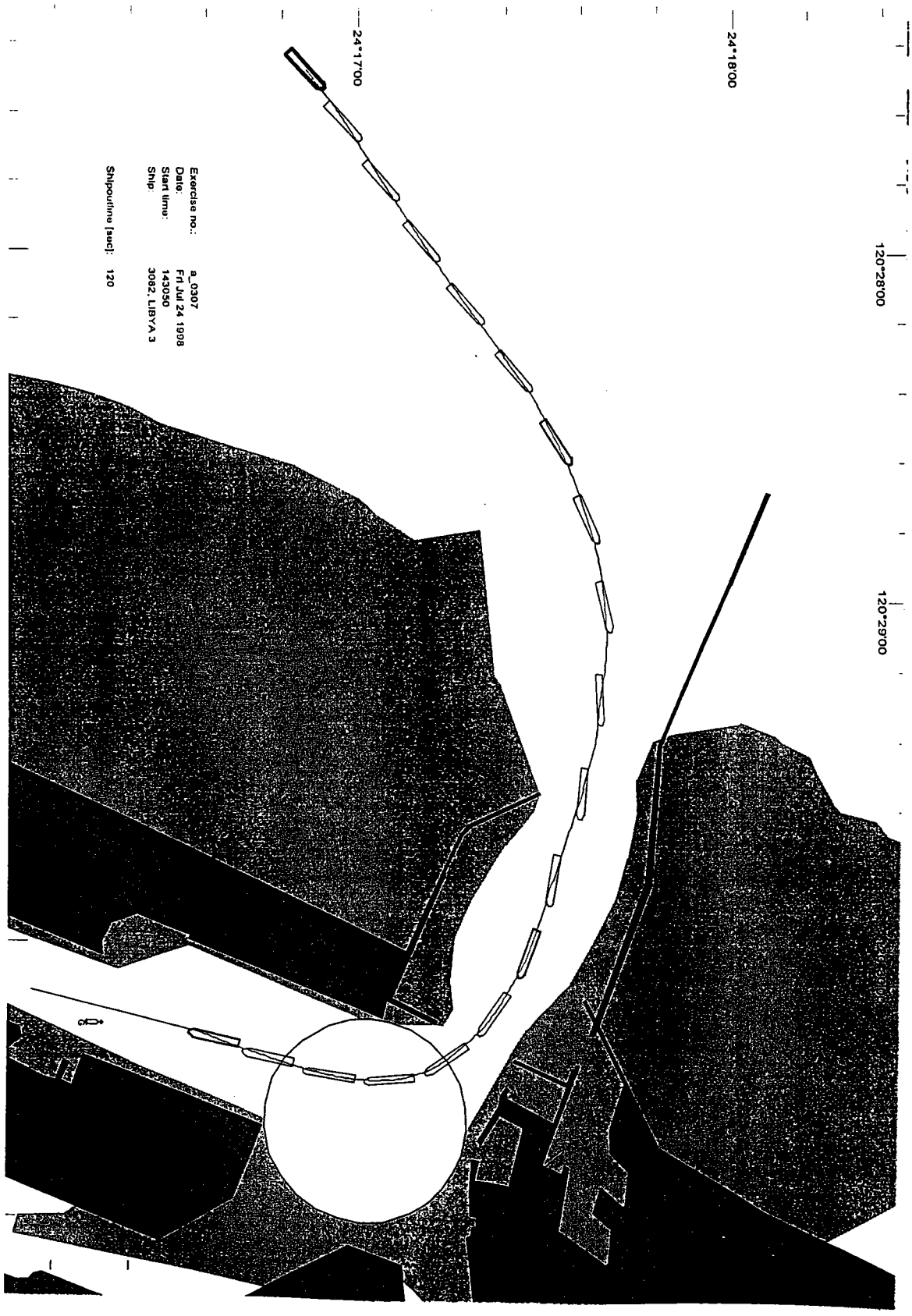
C-37 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮進港操航歷程圖 (A306)



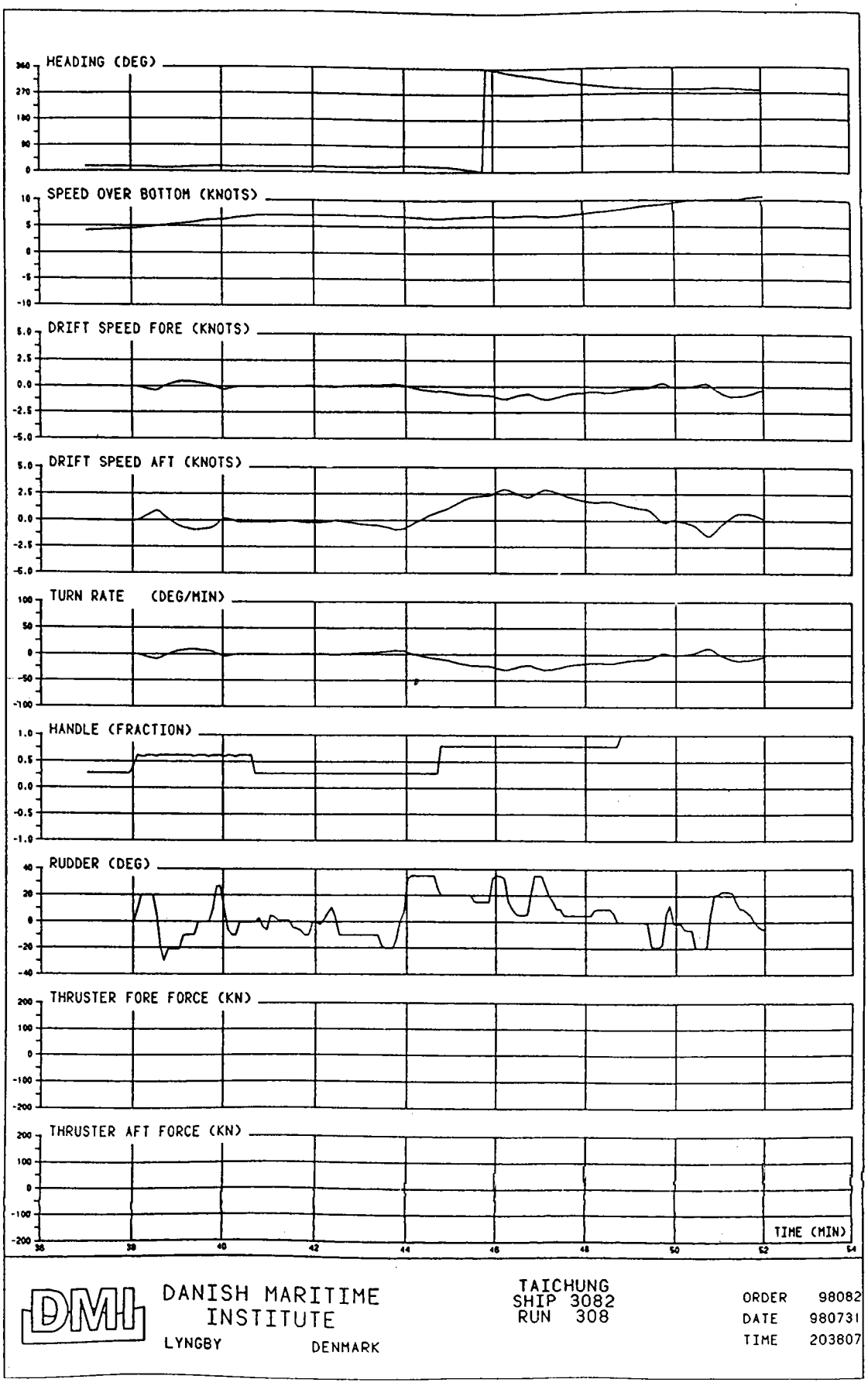
C-38 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮進港操航船跡圖 (A306)



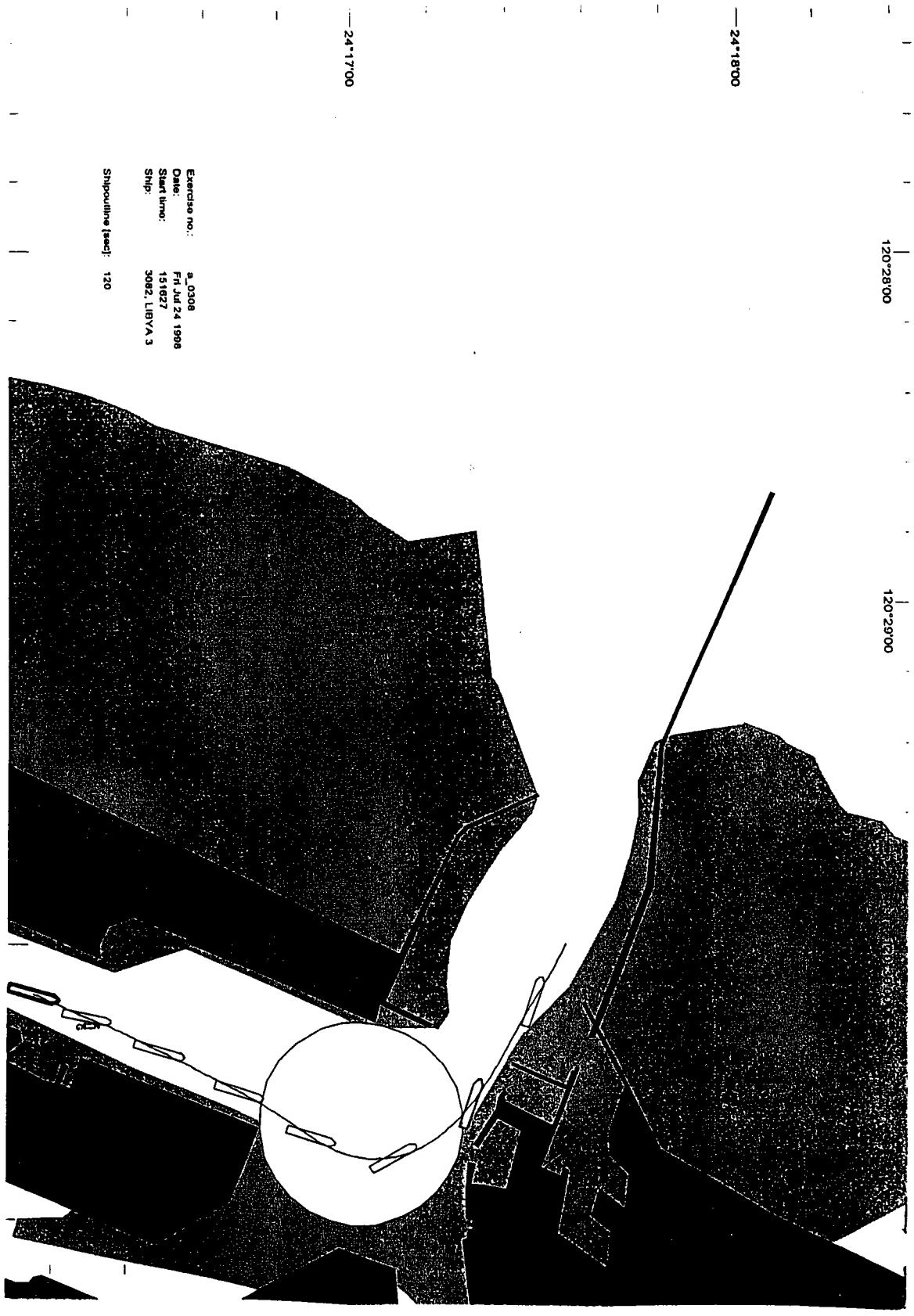
C-39 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航歷程圖 (A307)



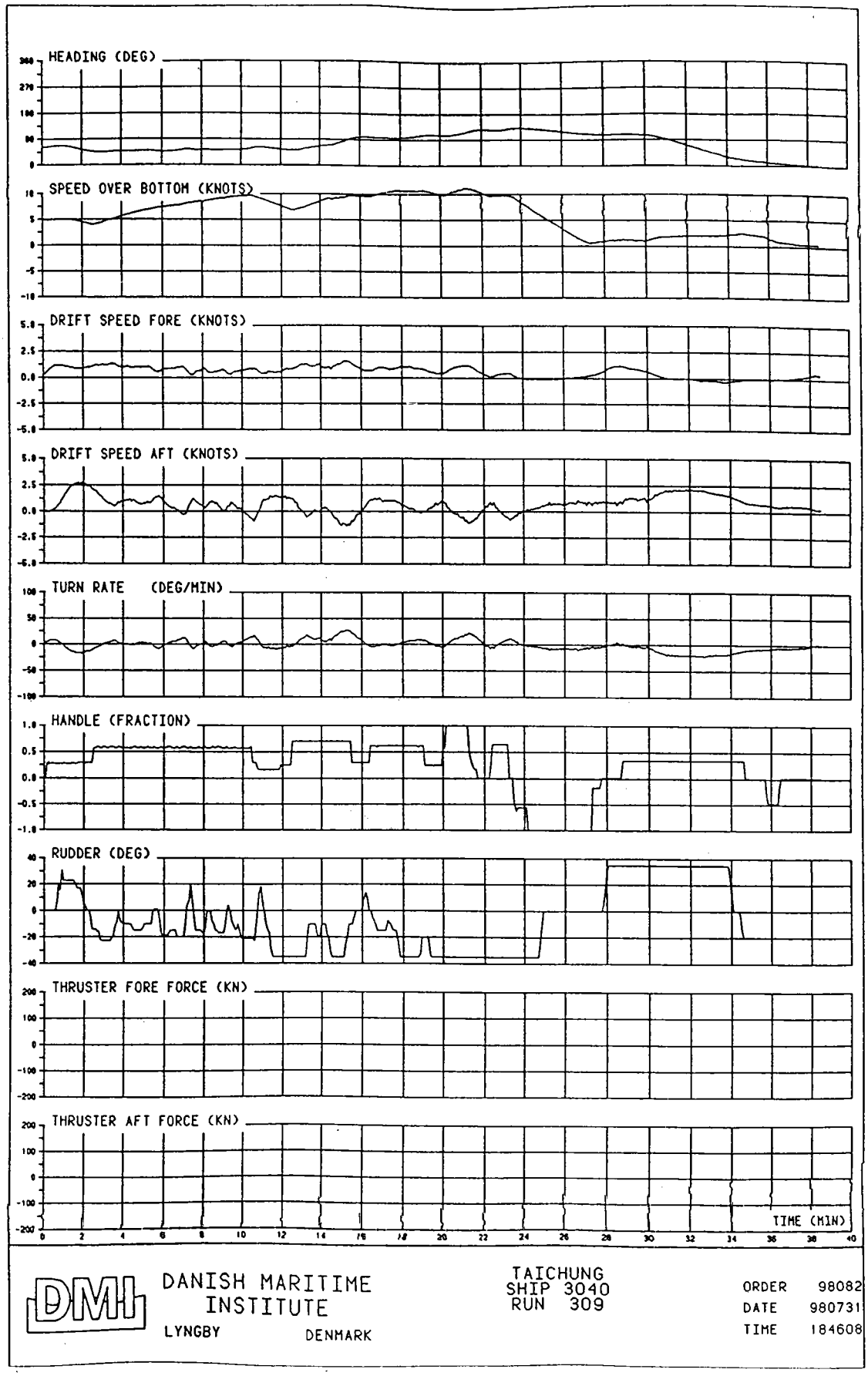
C-40 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航船跡圖 (A307)



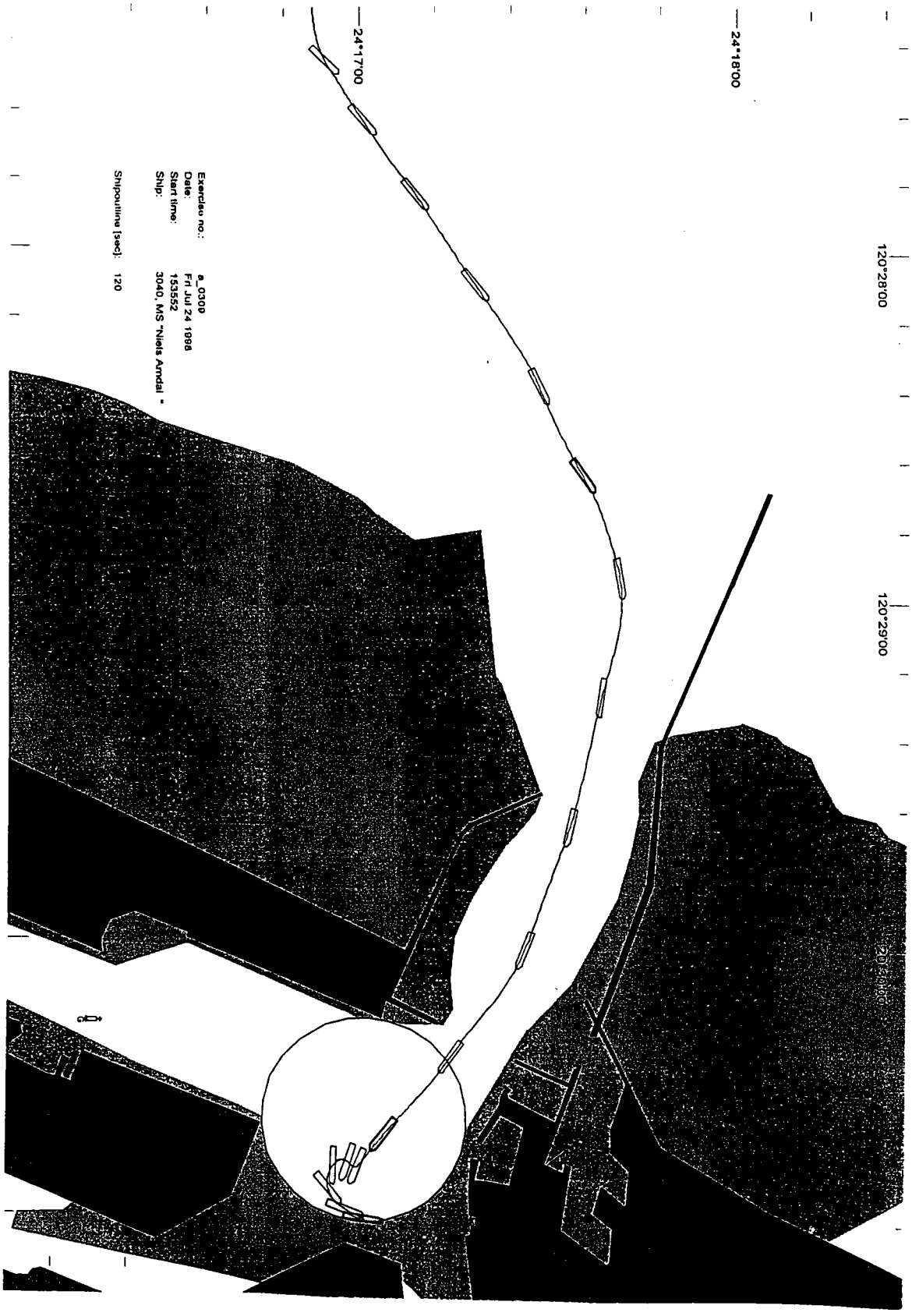
C-41 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮出港操航歷程圖 (A308)



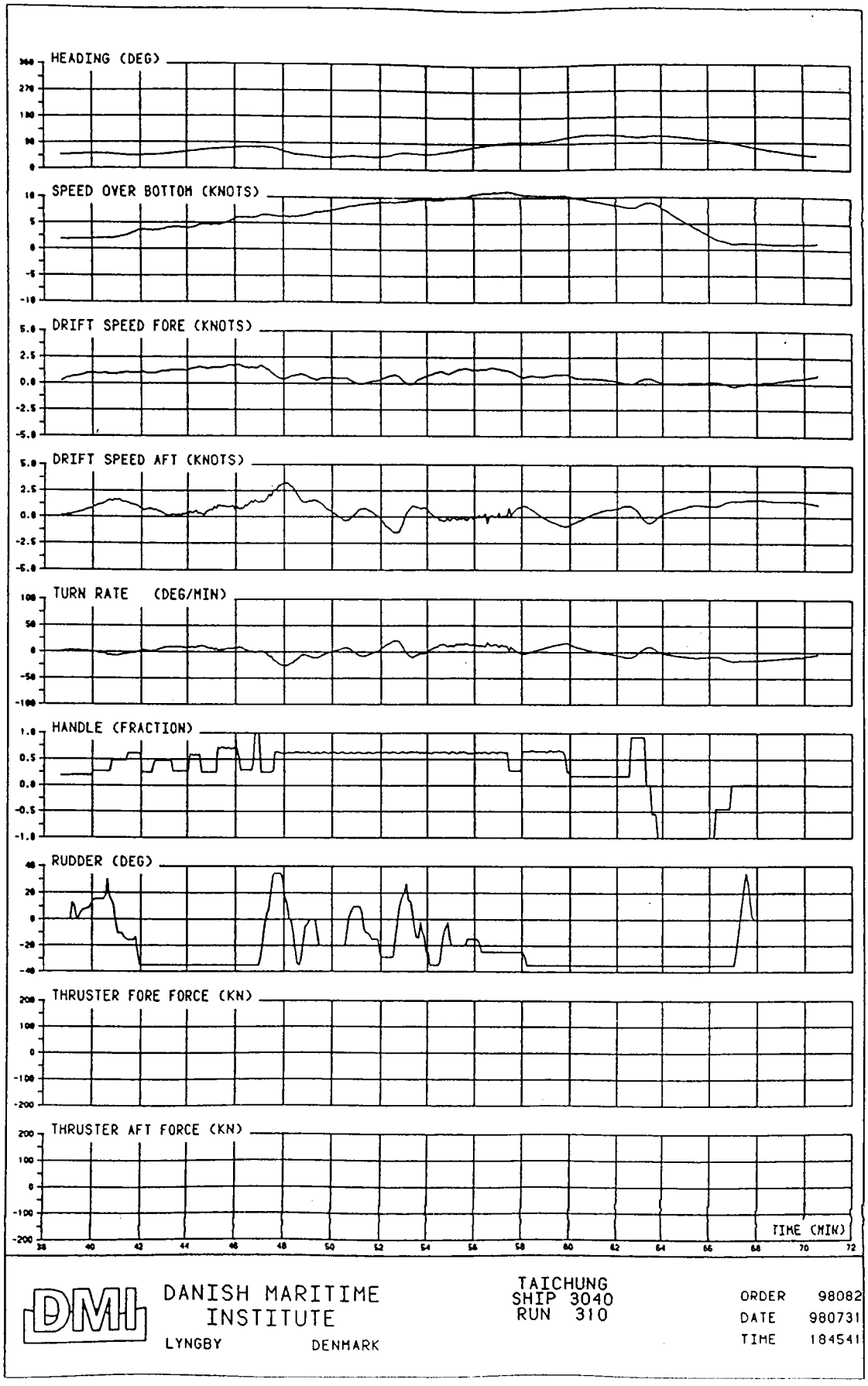
C-42 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮出港操航船跡圖 (A308)



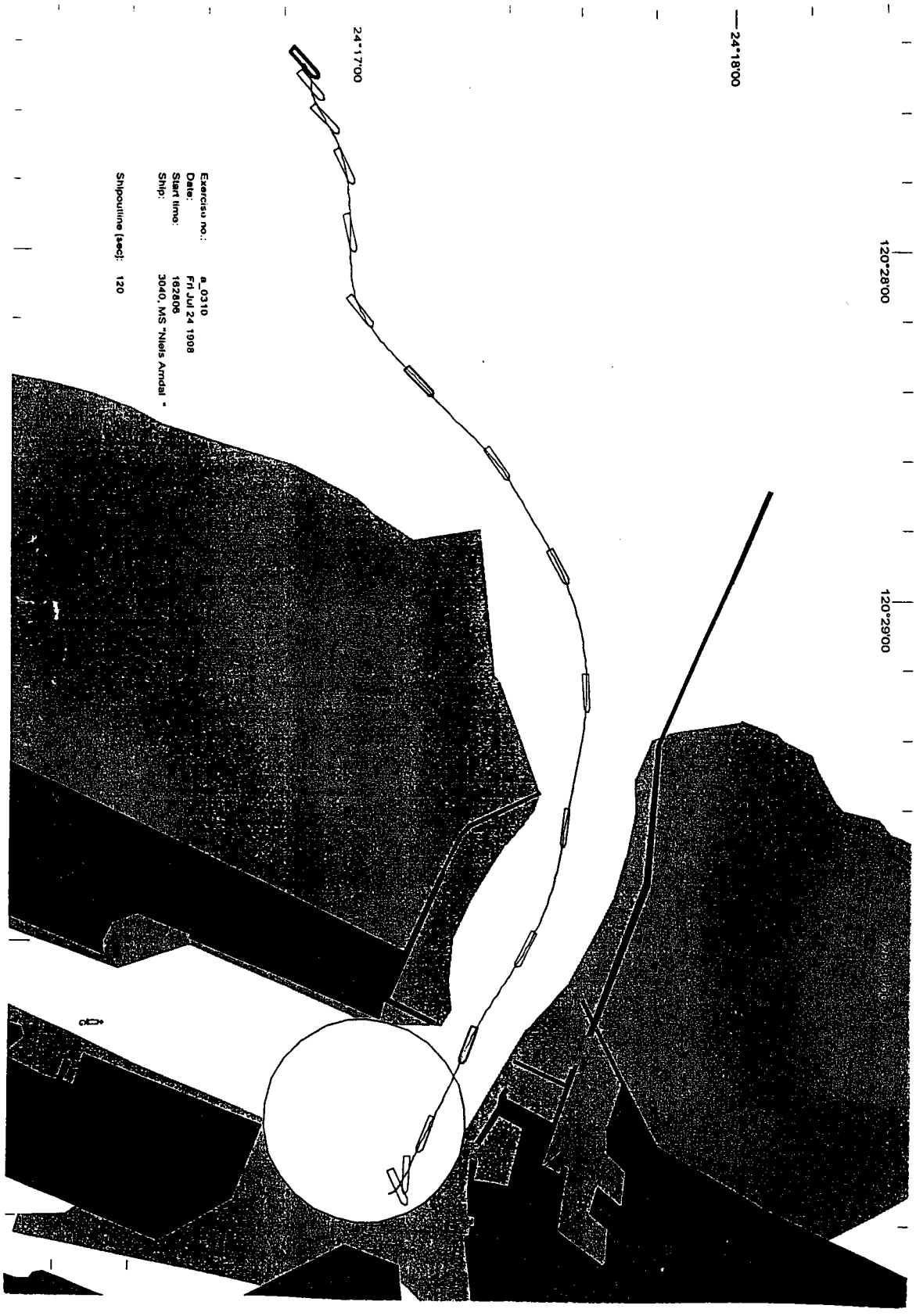
C-43 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A309)



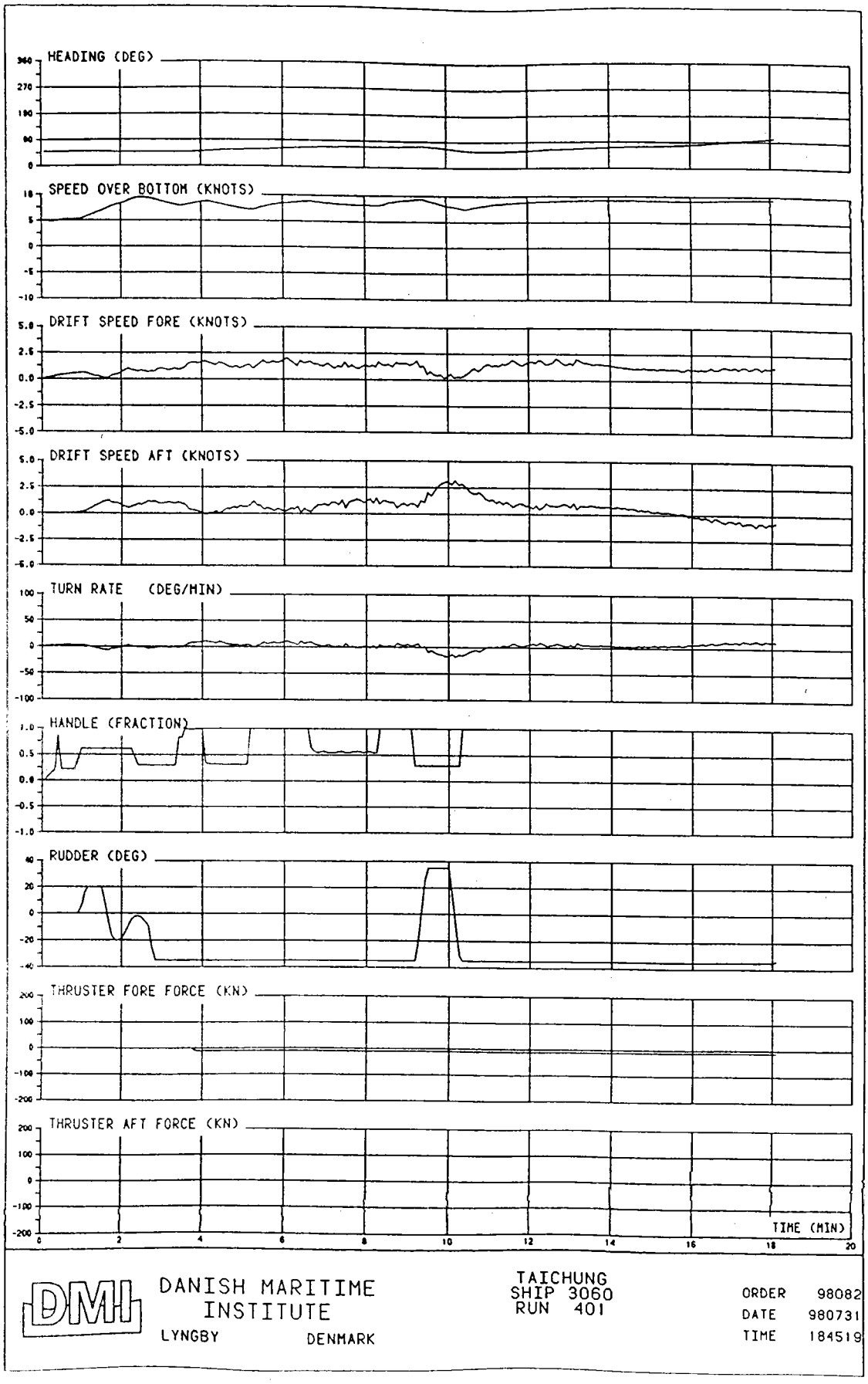
C-44 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A309)



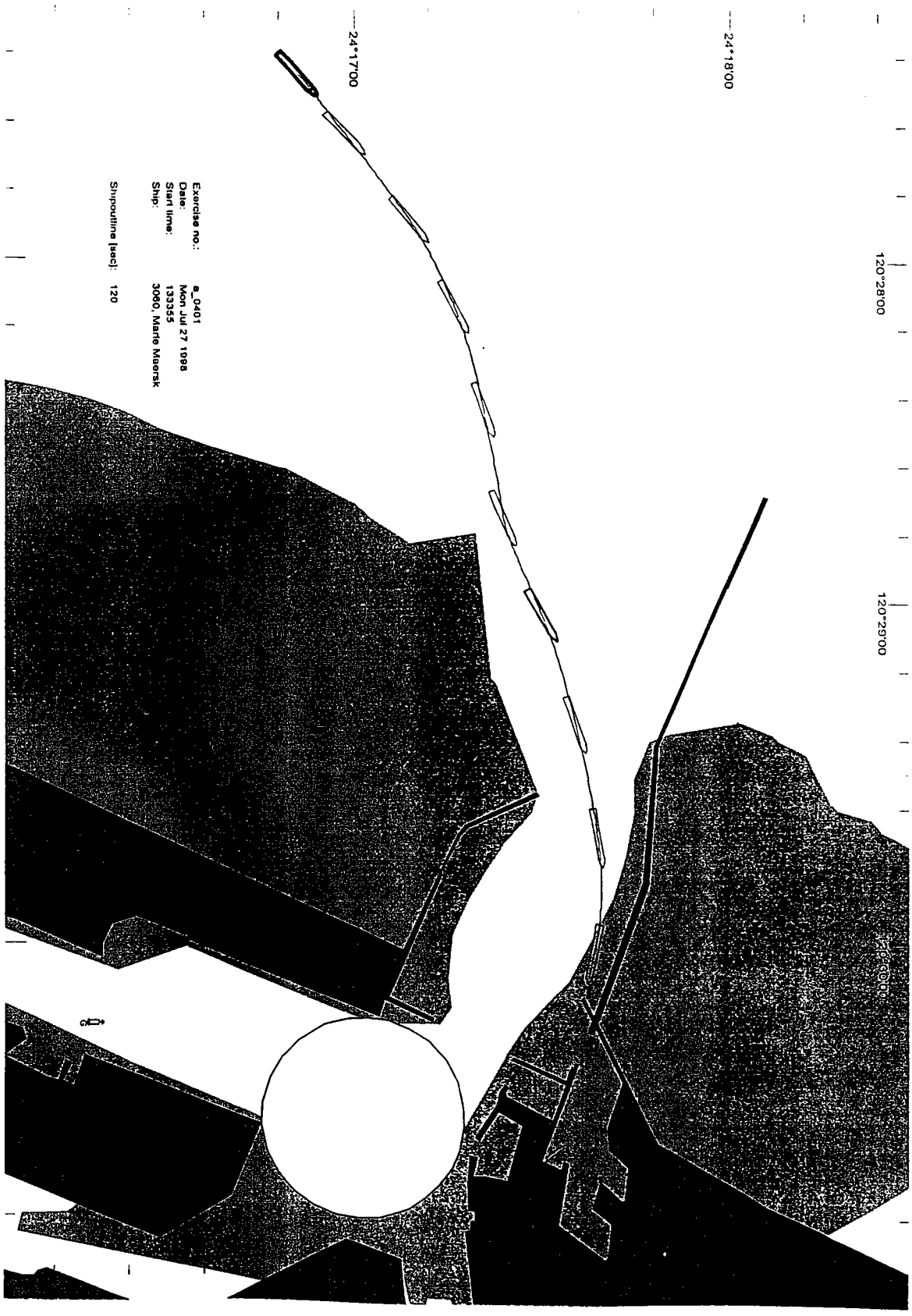
C-45 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A310)



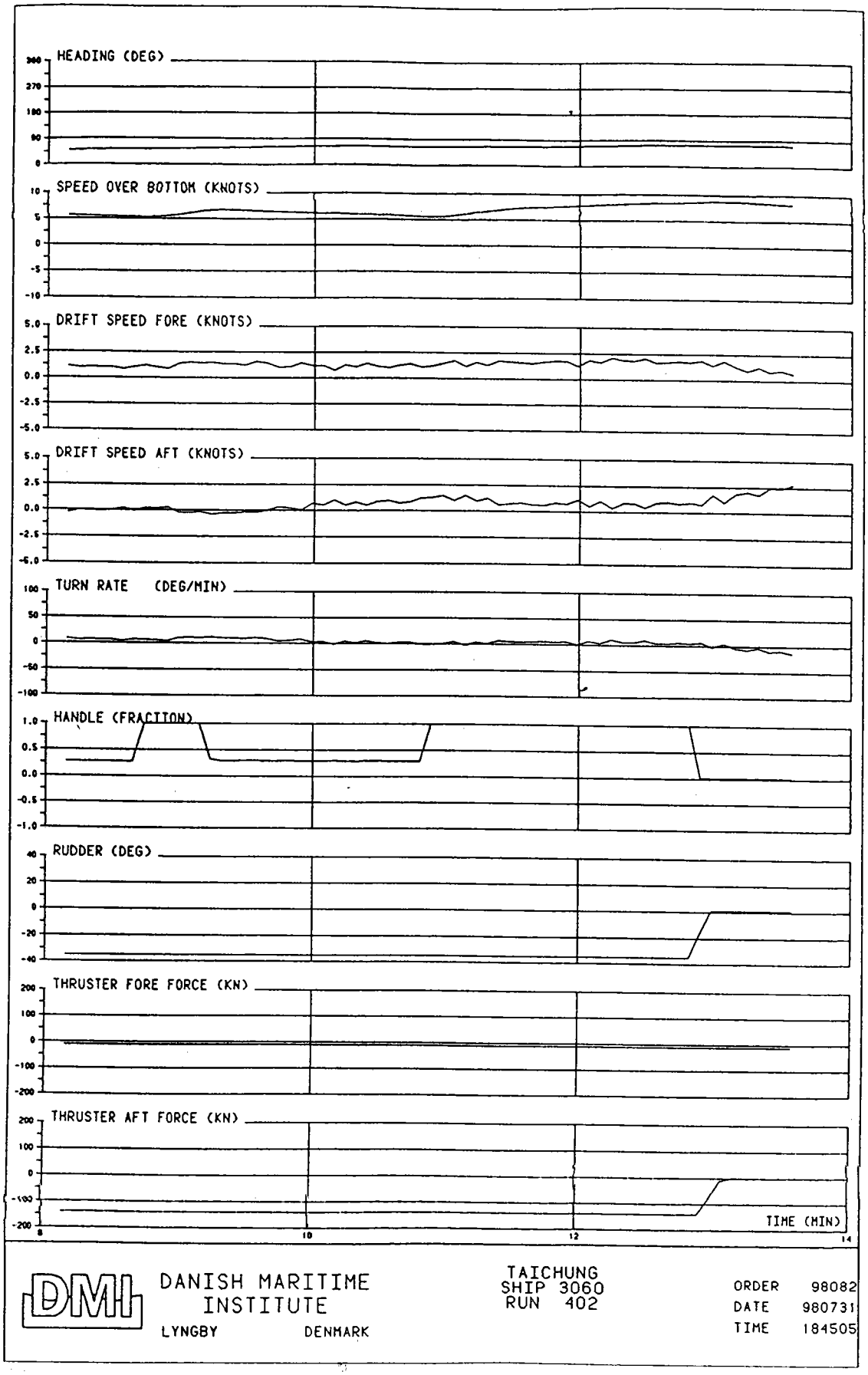
C-46 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A310)



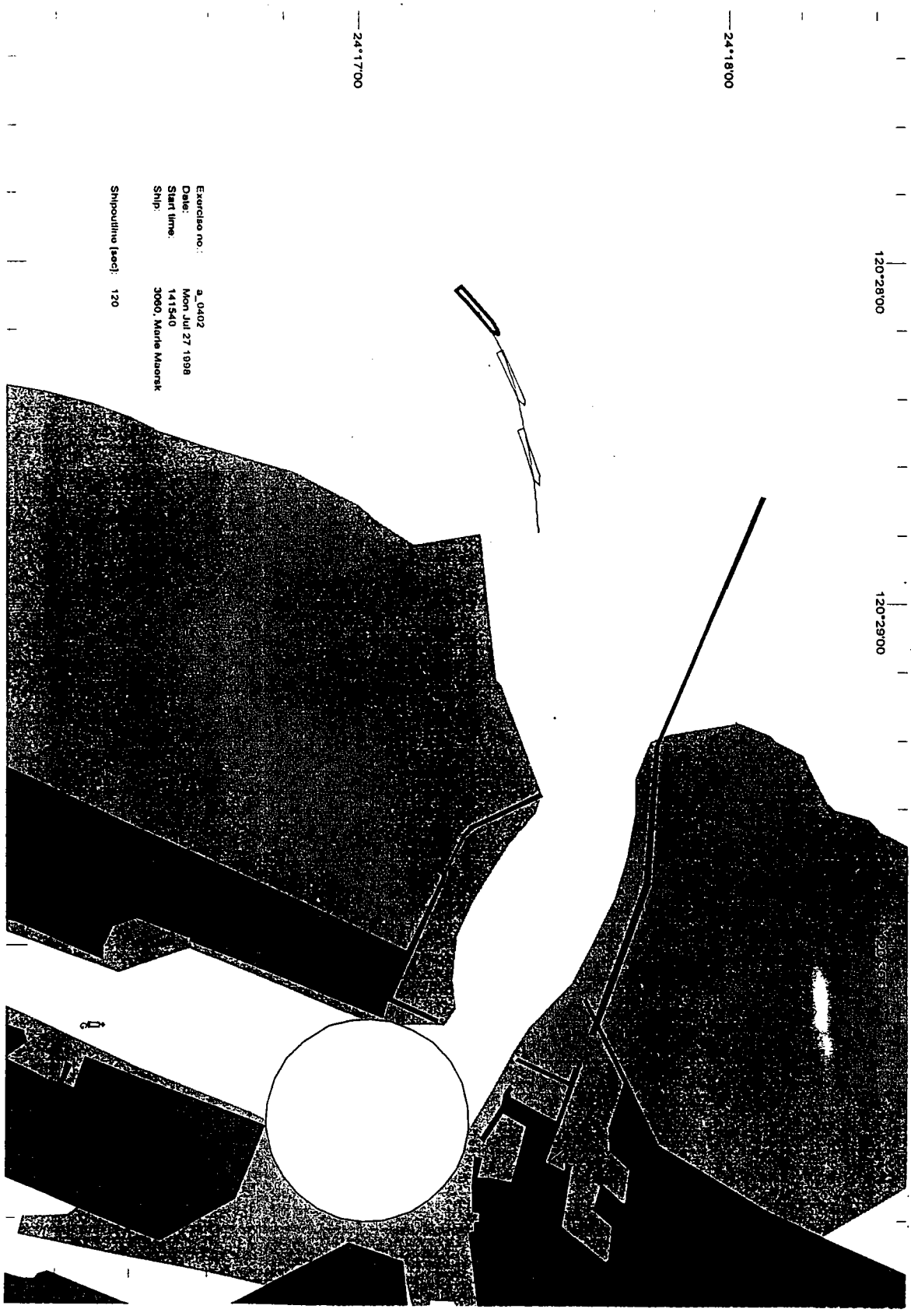
C-47 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A401)



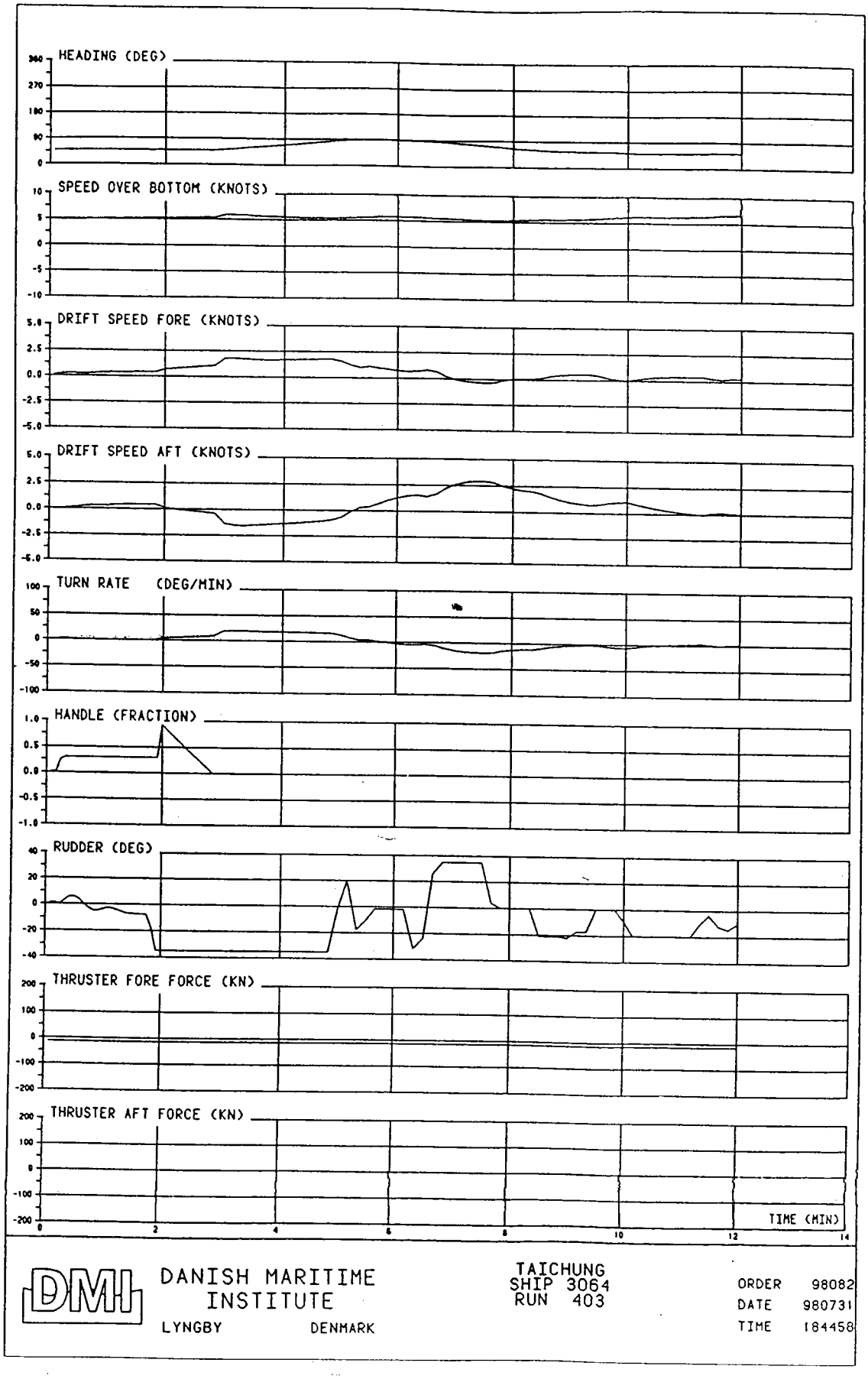
C-48 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A401)



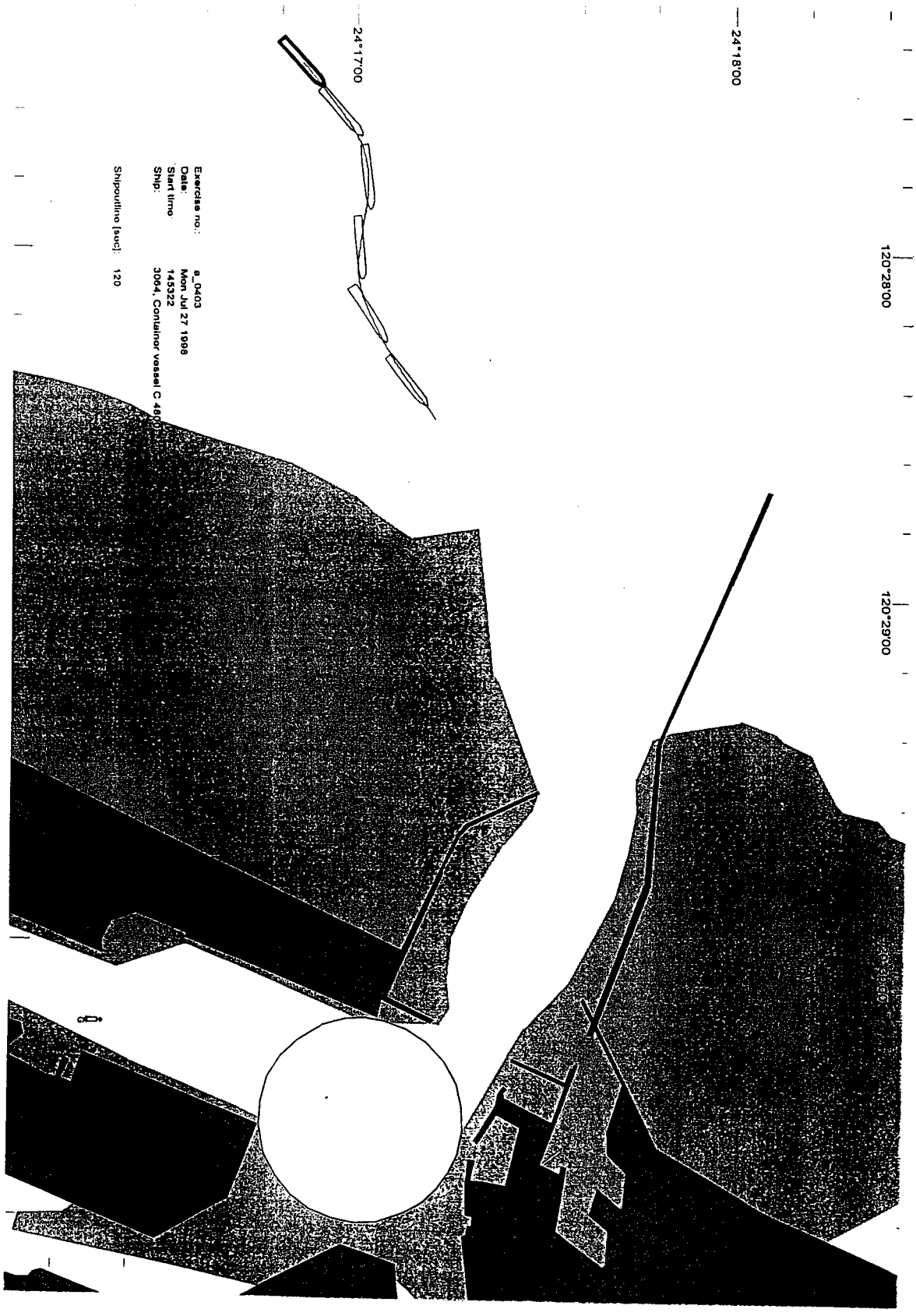
C-49 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A402)



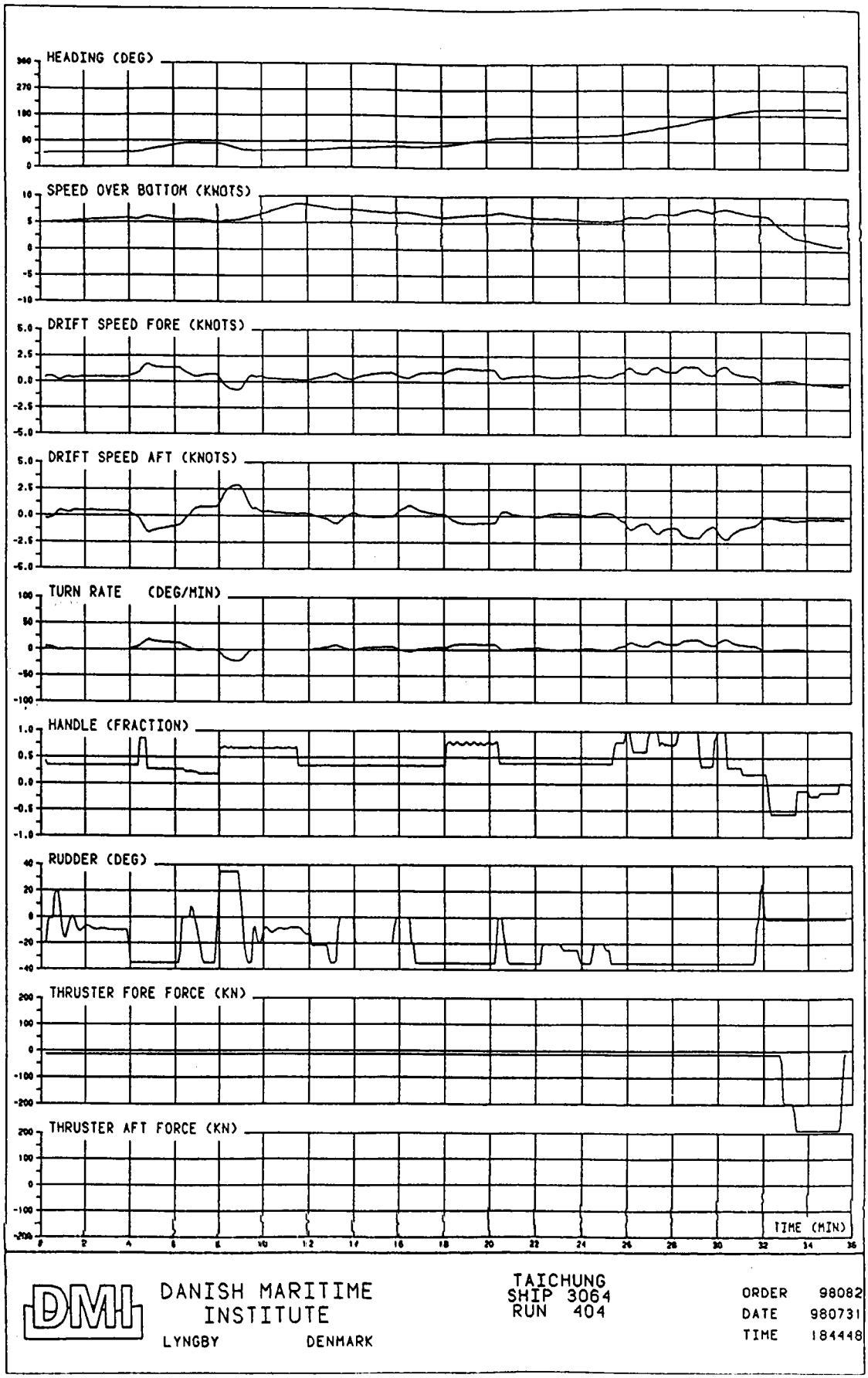
C-50 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A402)



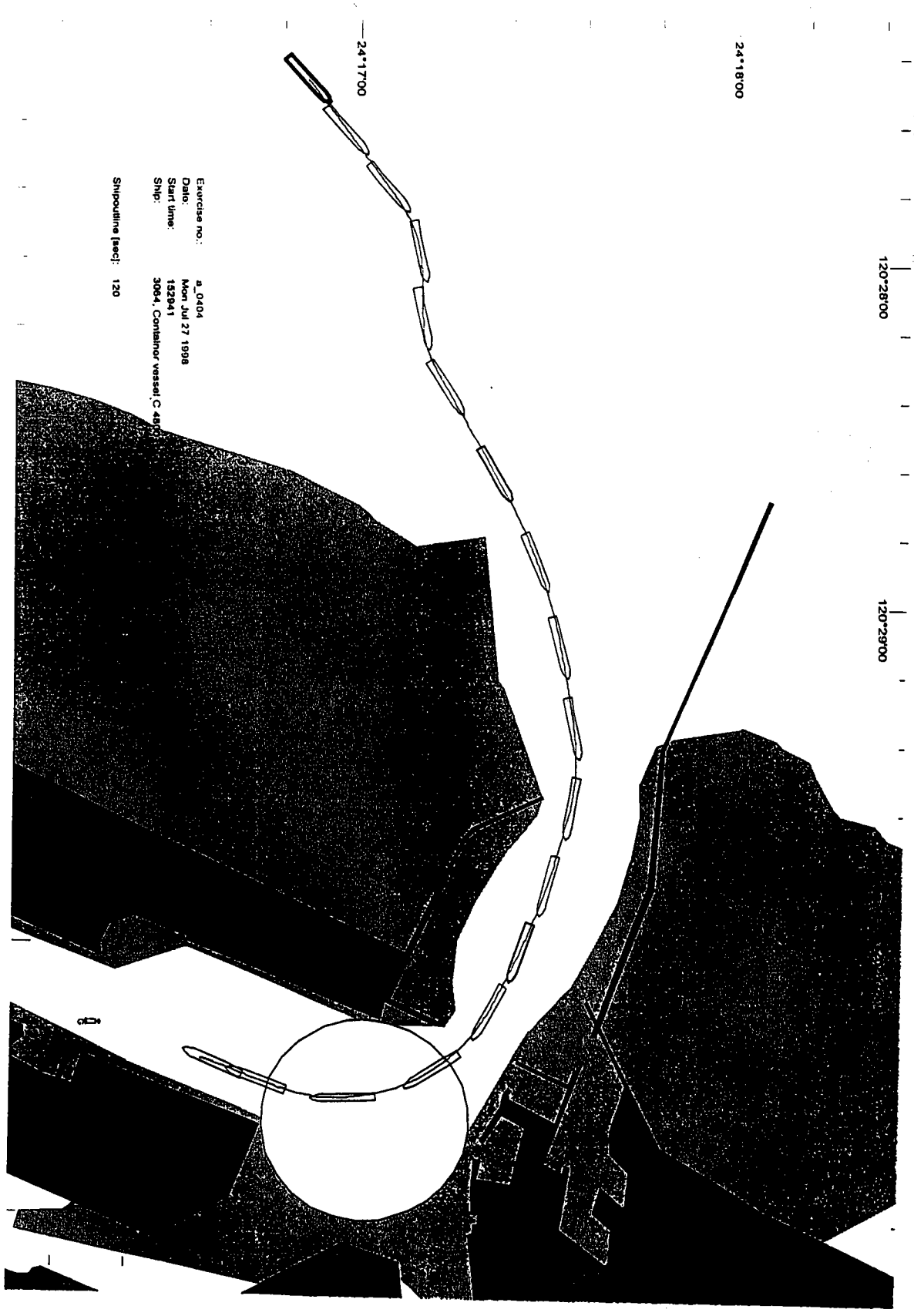
C-51 風速 20m/s，3064 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A403)



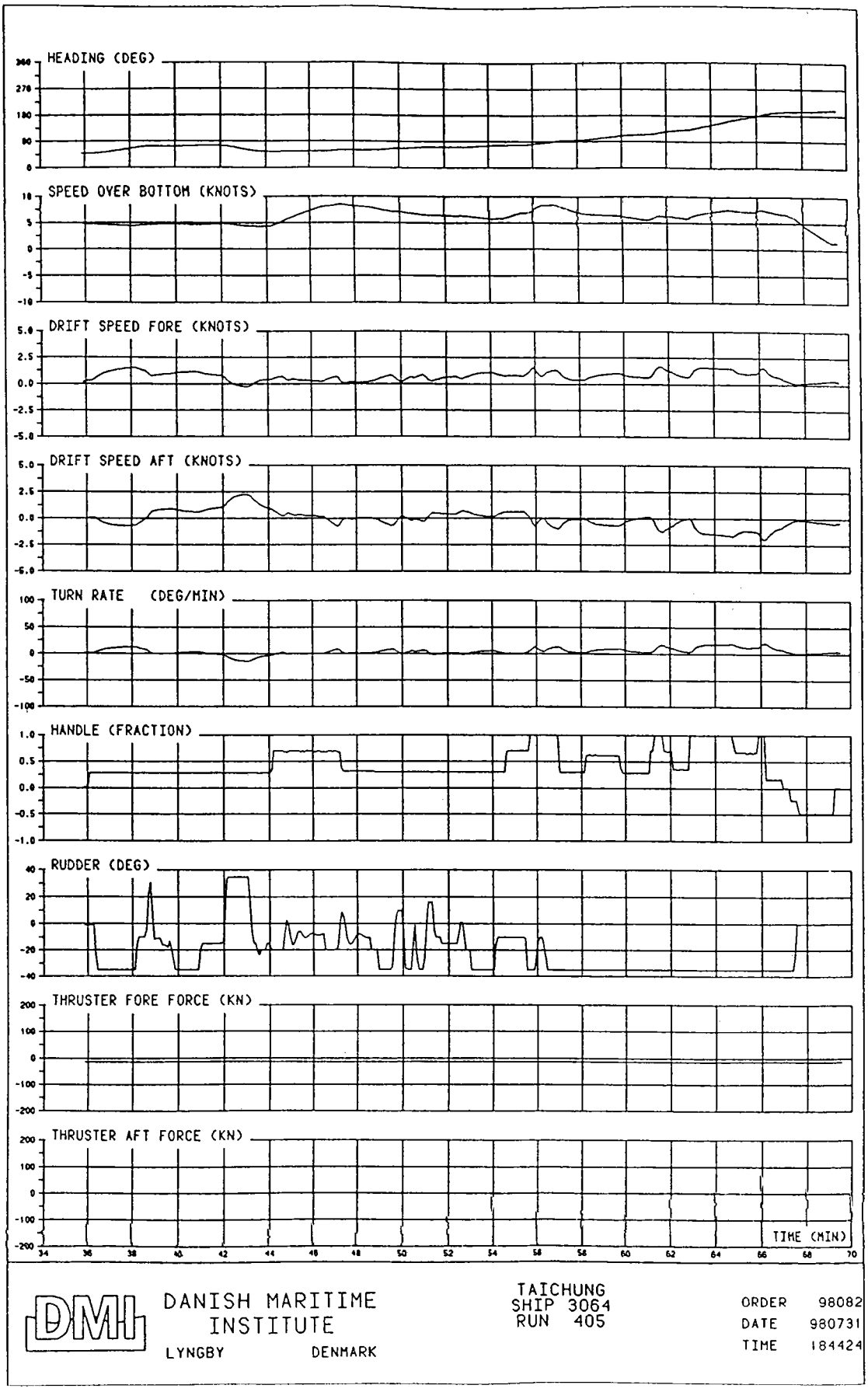
C-52 風速 20m/s，3064 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A403)



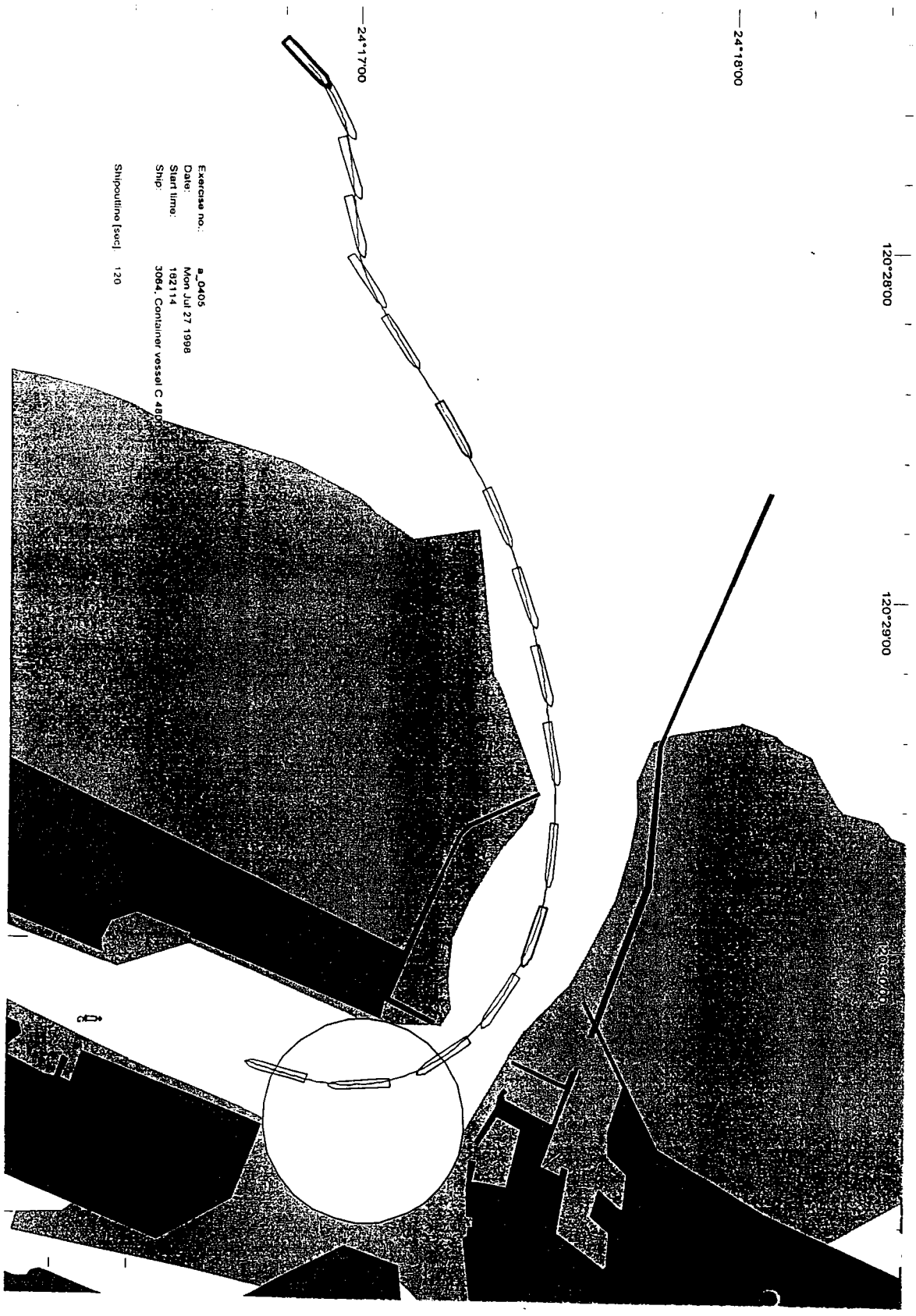
C-53 風速 20m/s，3064 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A404)



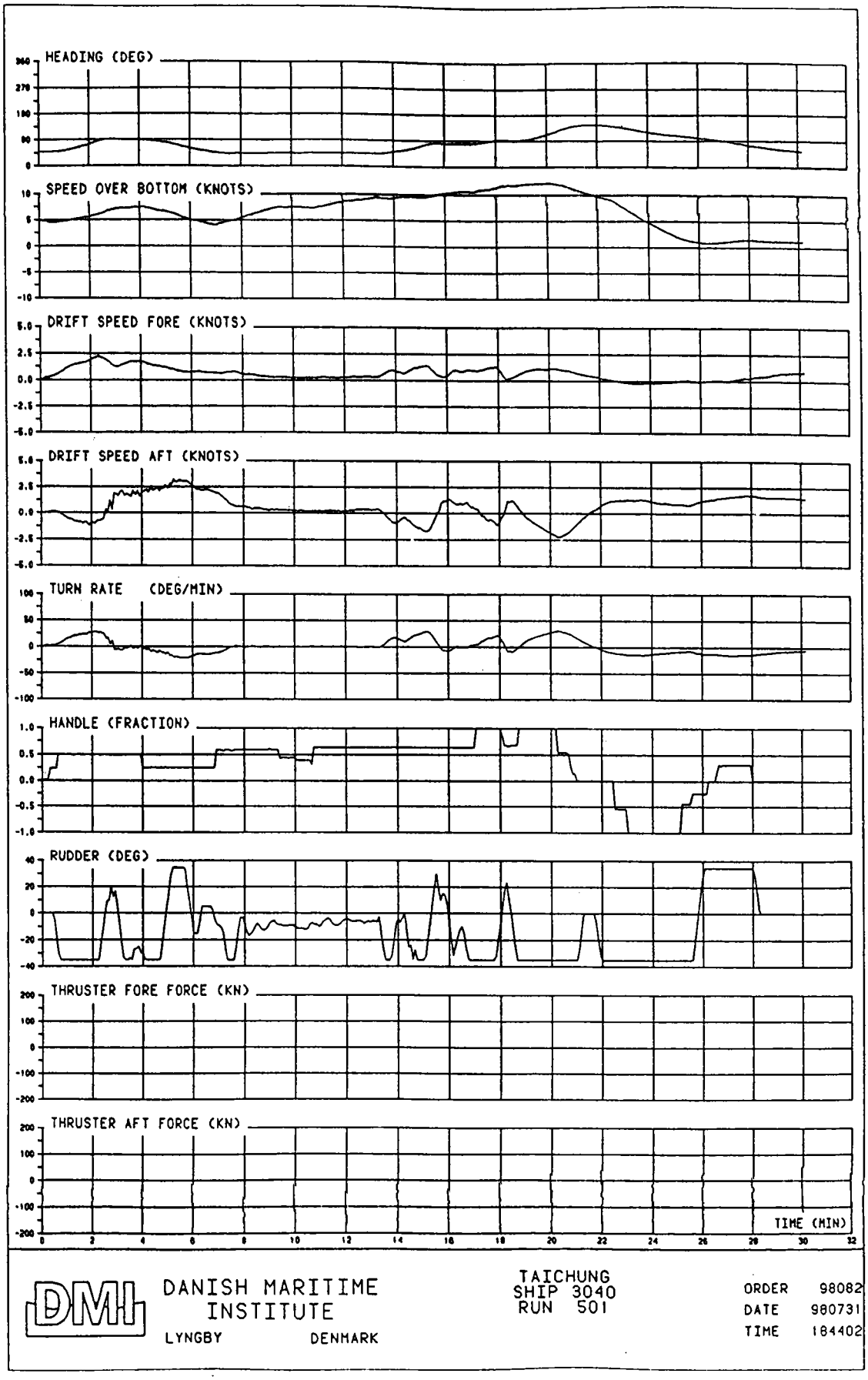
C-54 風速 20m/s，3064 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A404)



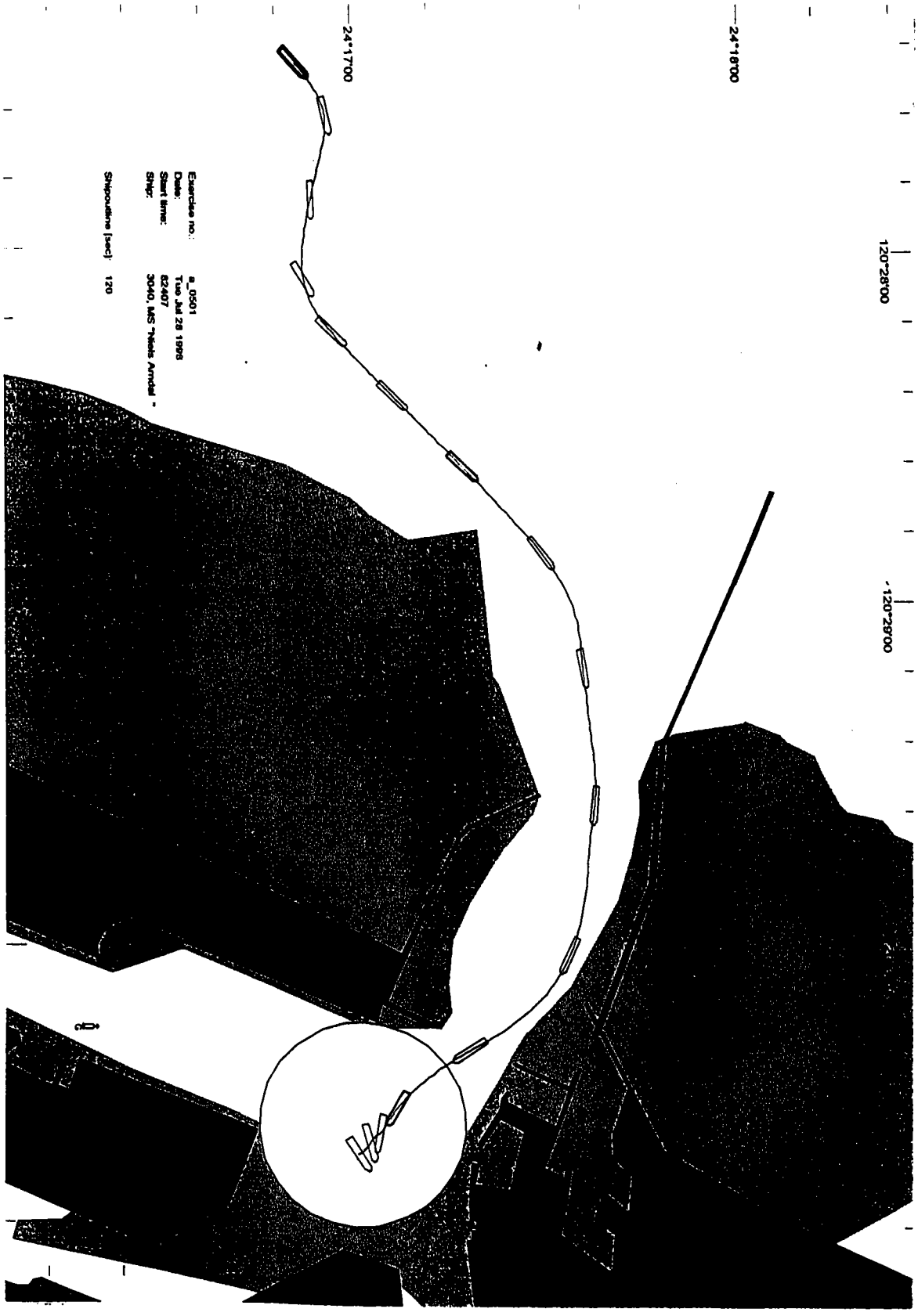
C-55 風速 20m/s，3064 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A405)



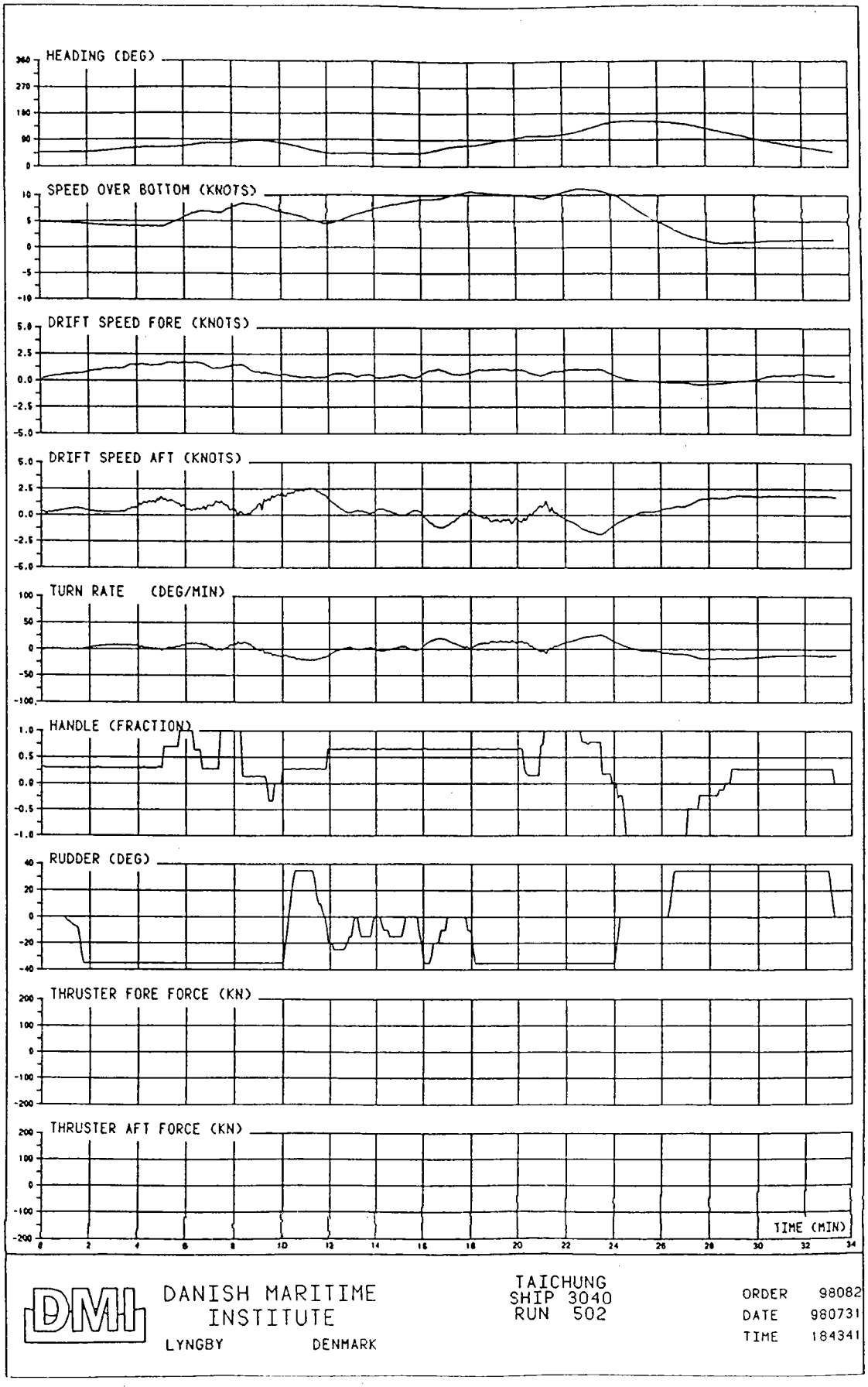
C-56 風速 20m/s，3064 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A405)



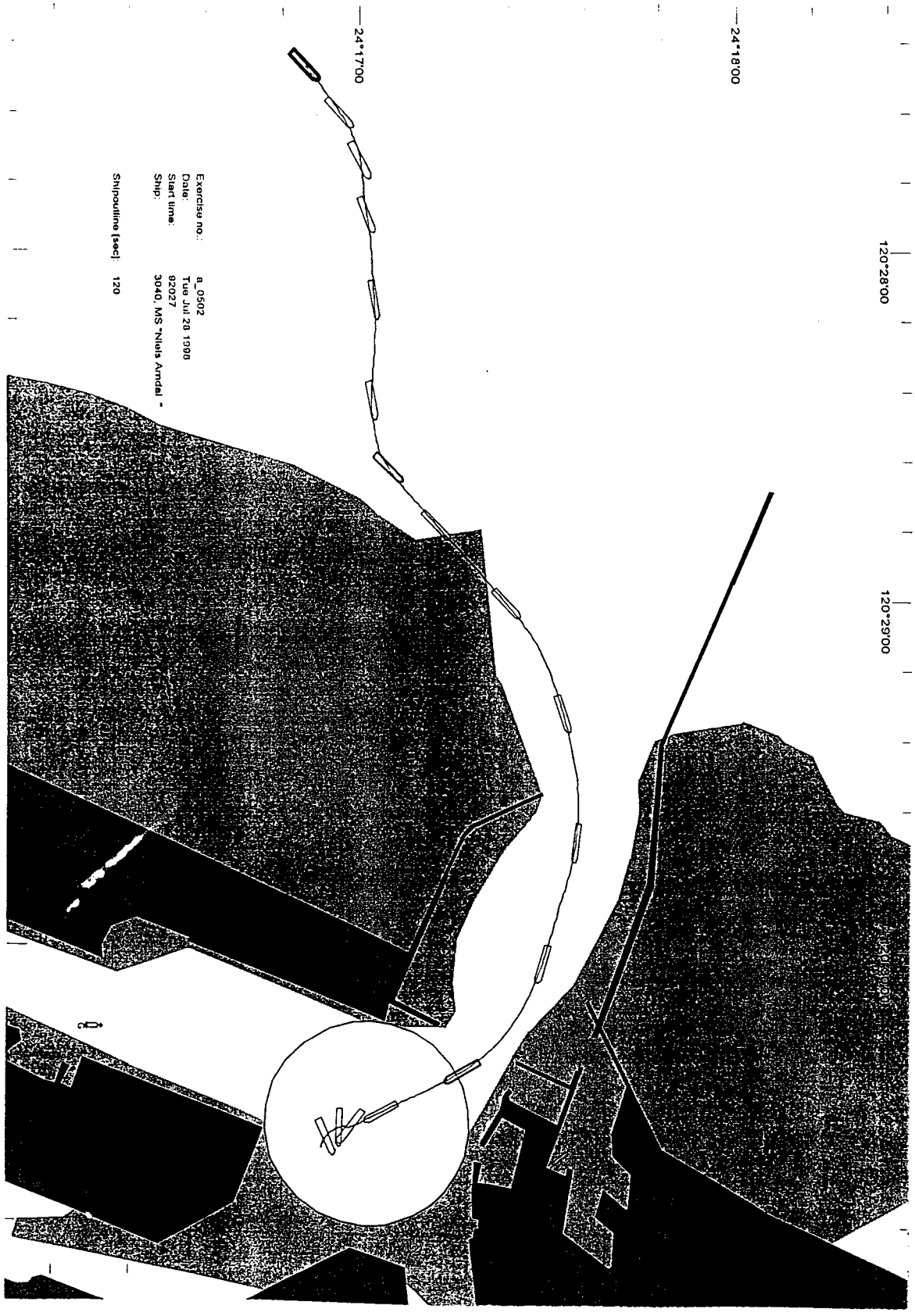
C-57 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A501)



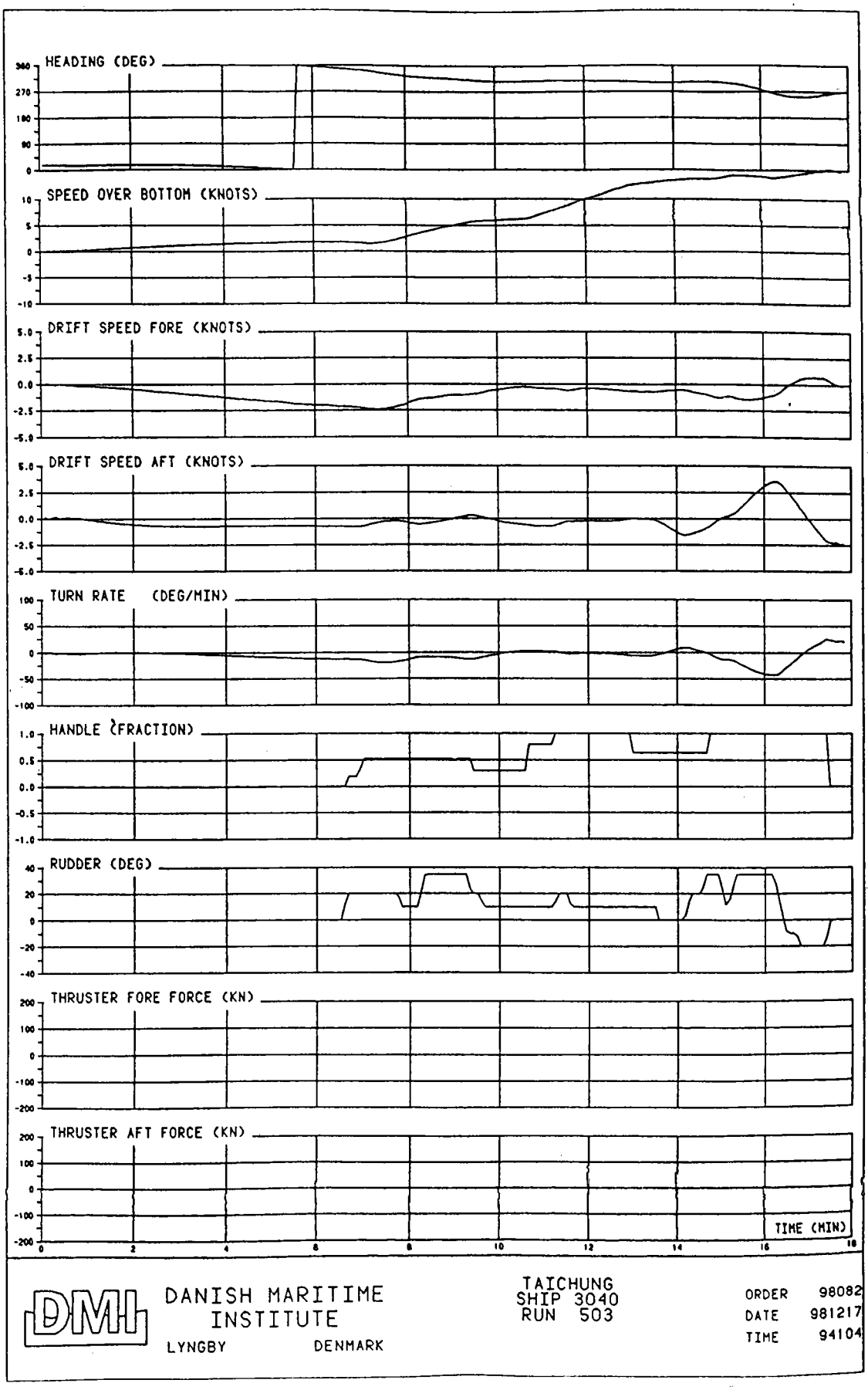
C-58 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A501)



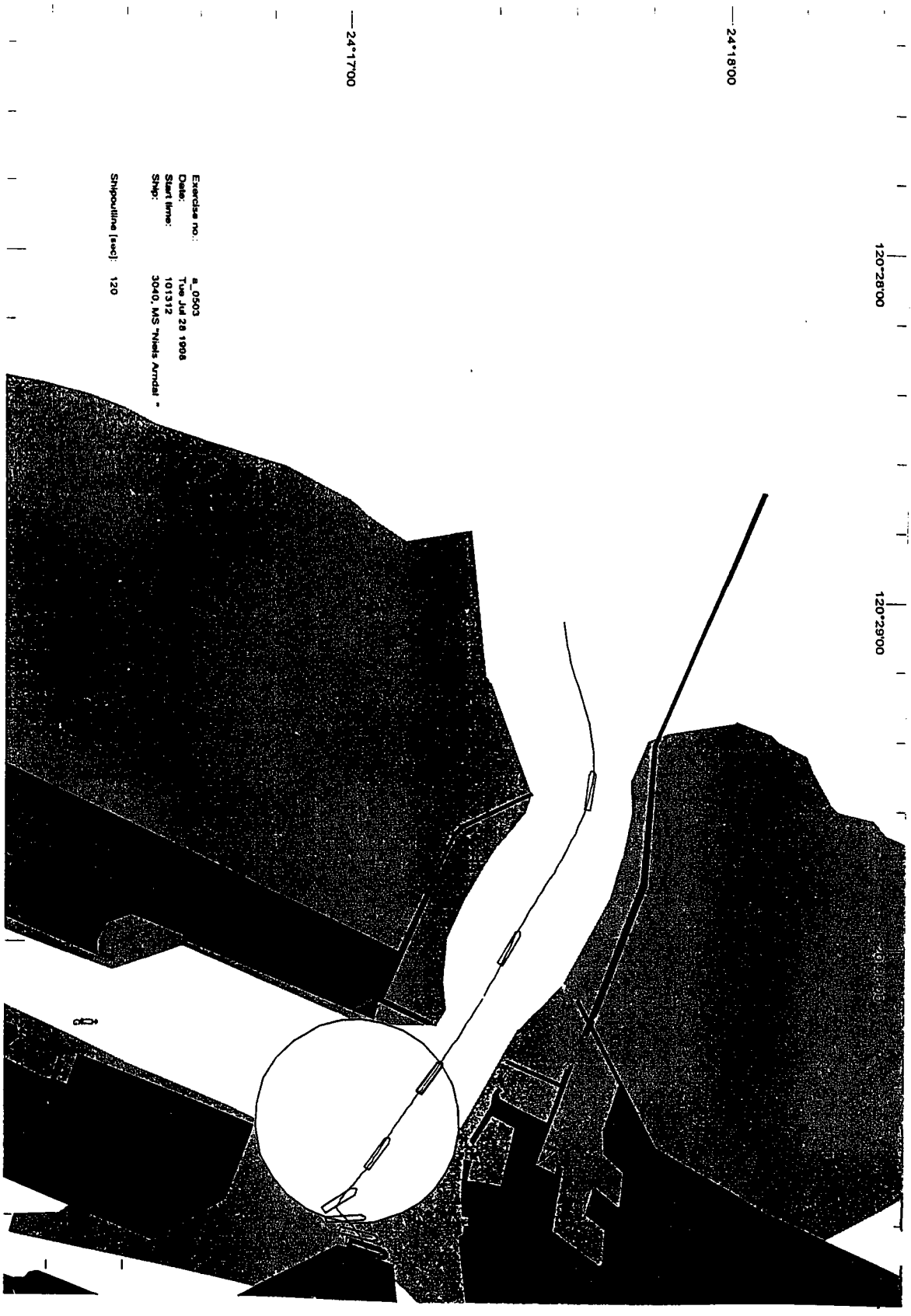
C-59 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A502)



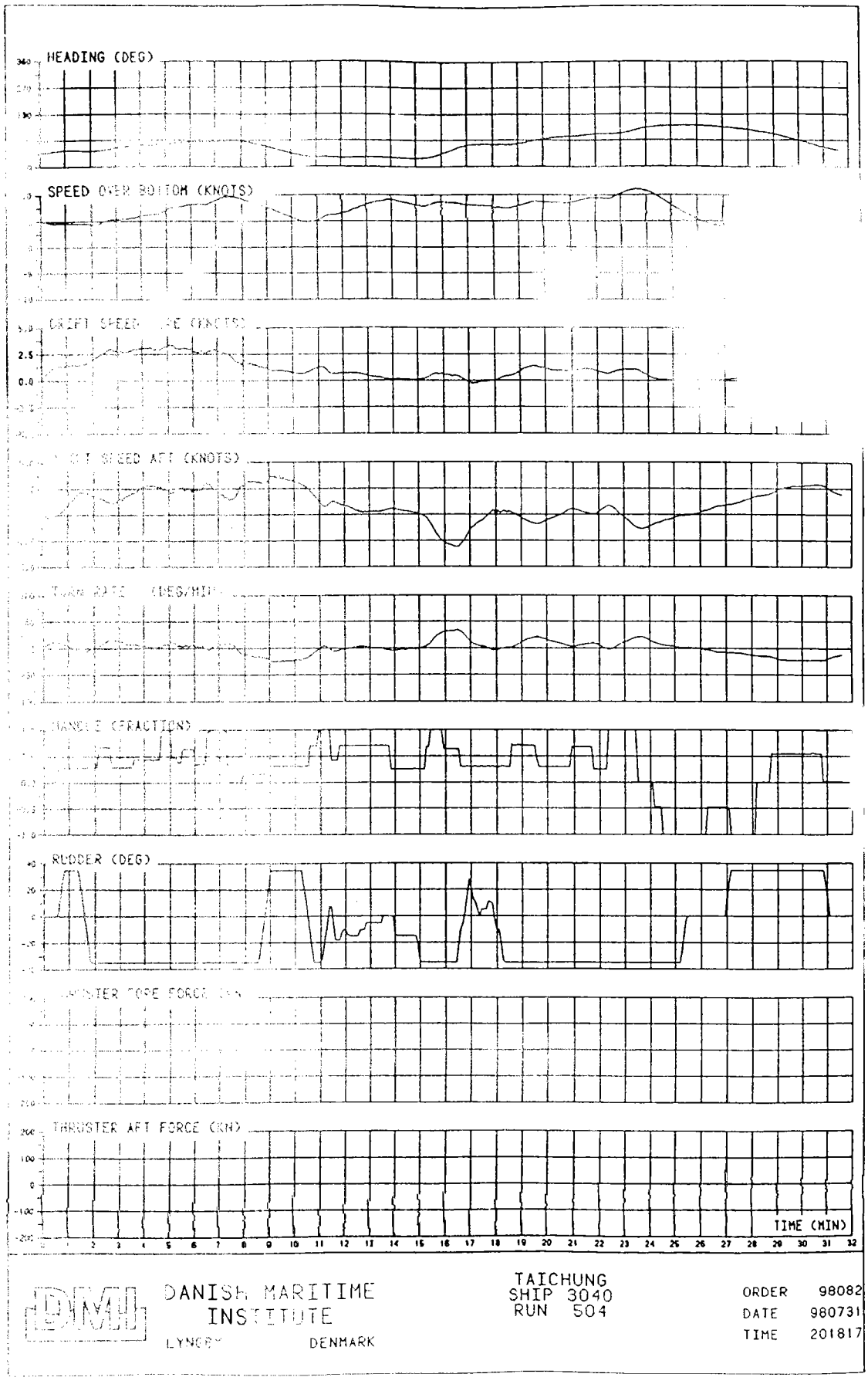
C-60 風速 20m/s，3([illegible]船(滿載)浪潮進港操航船跡圖 (A502)



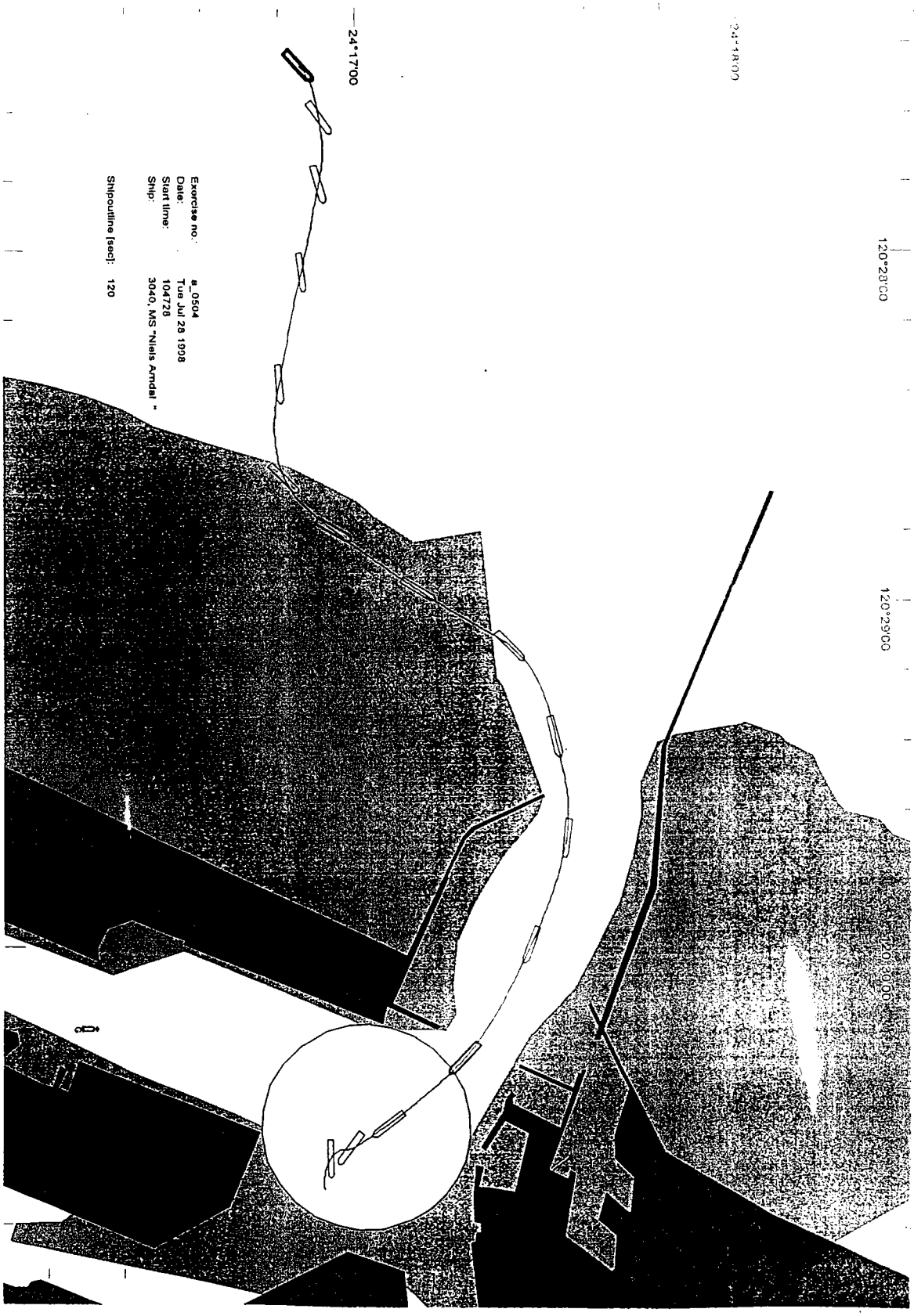
C-61 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (A503)



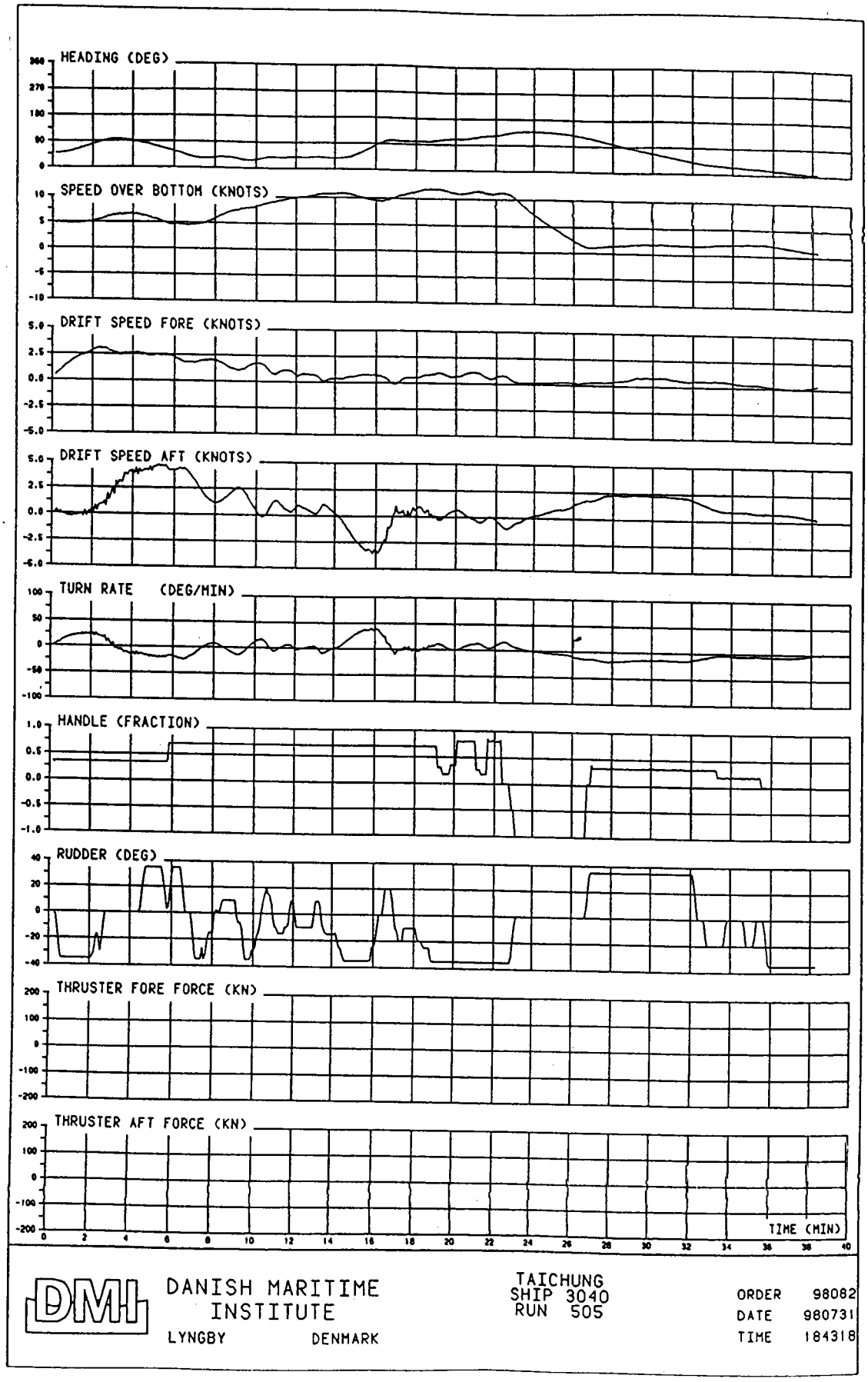
C-62 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (A503)



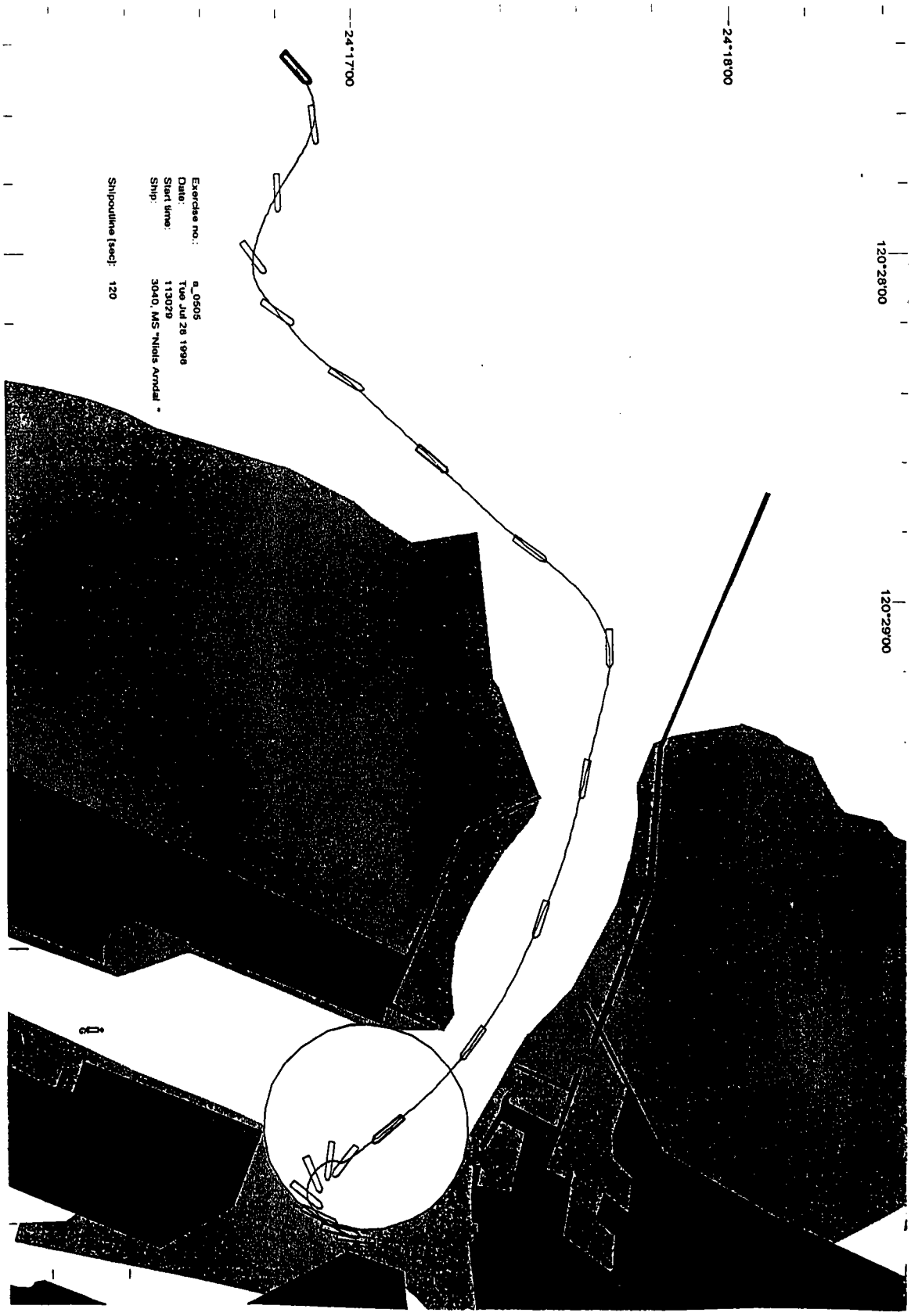
C-63 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A504)



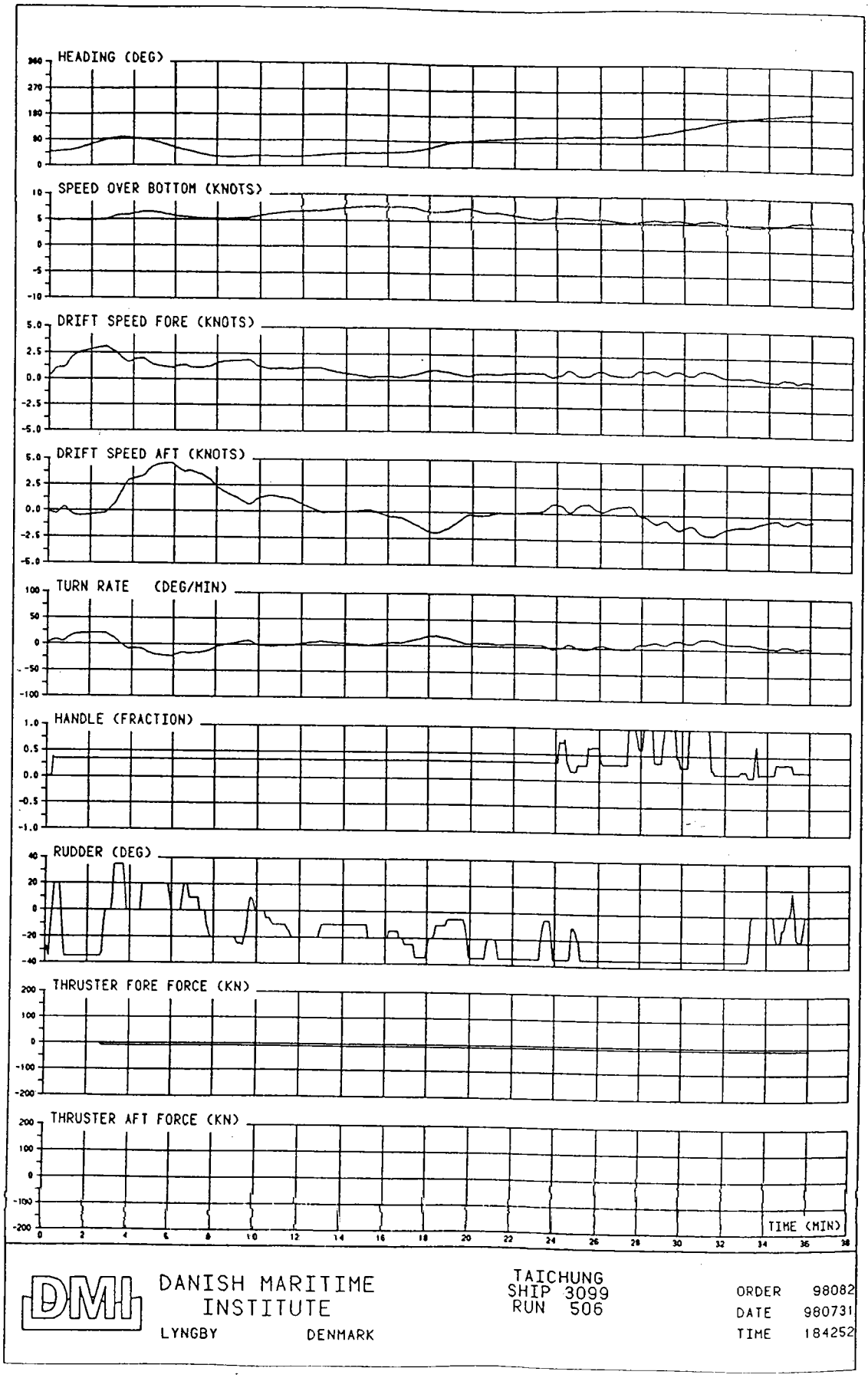
C-64 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (AC 14)



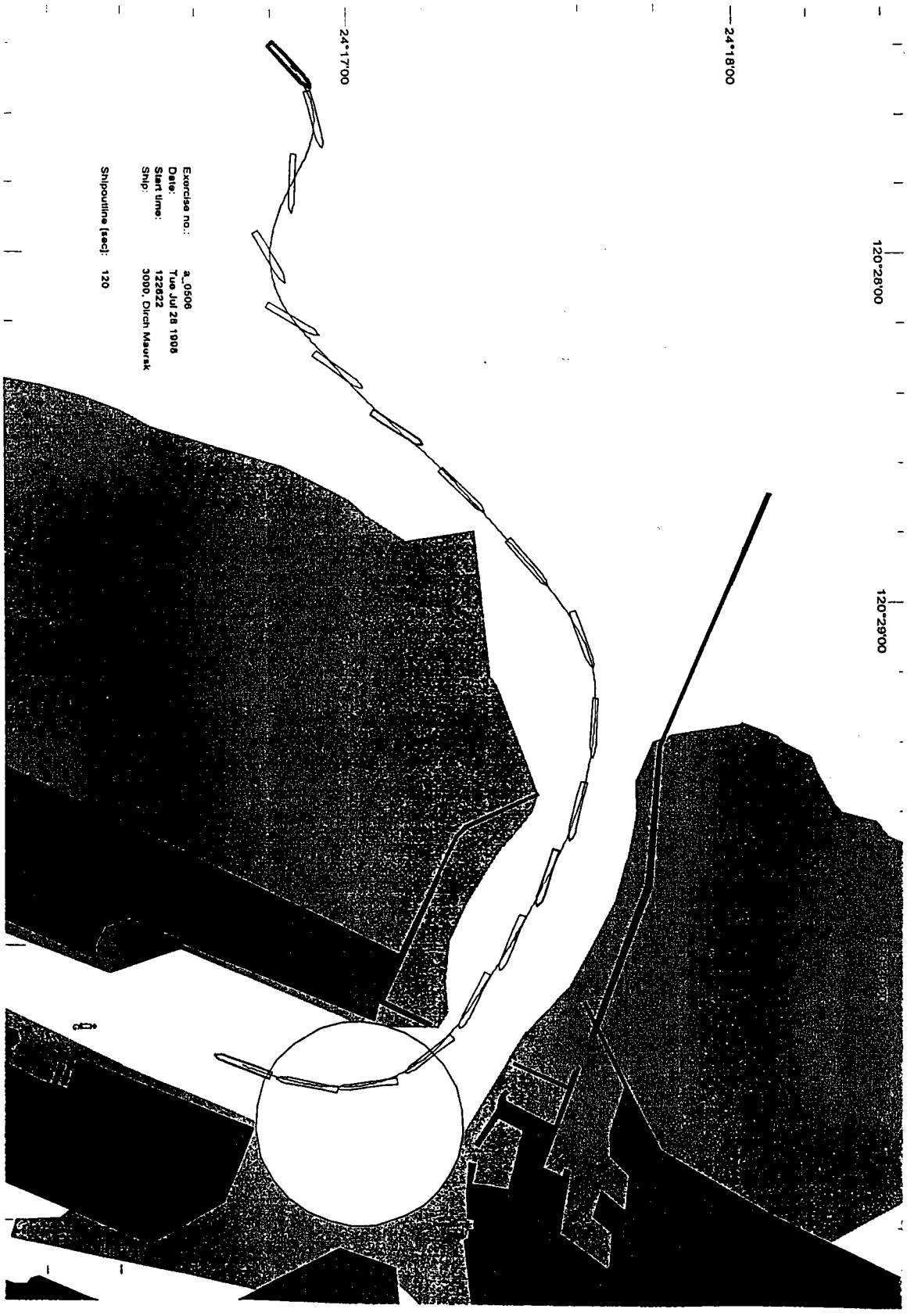
C-65 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A505)



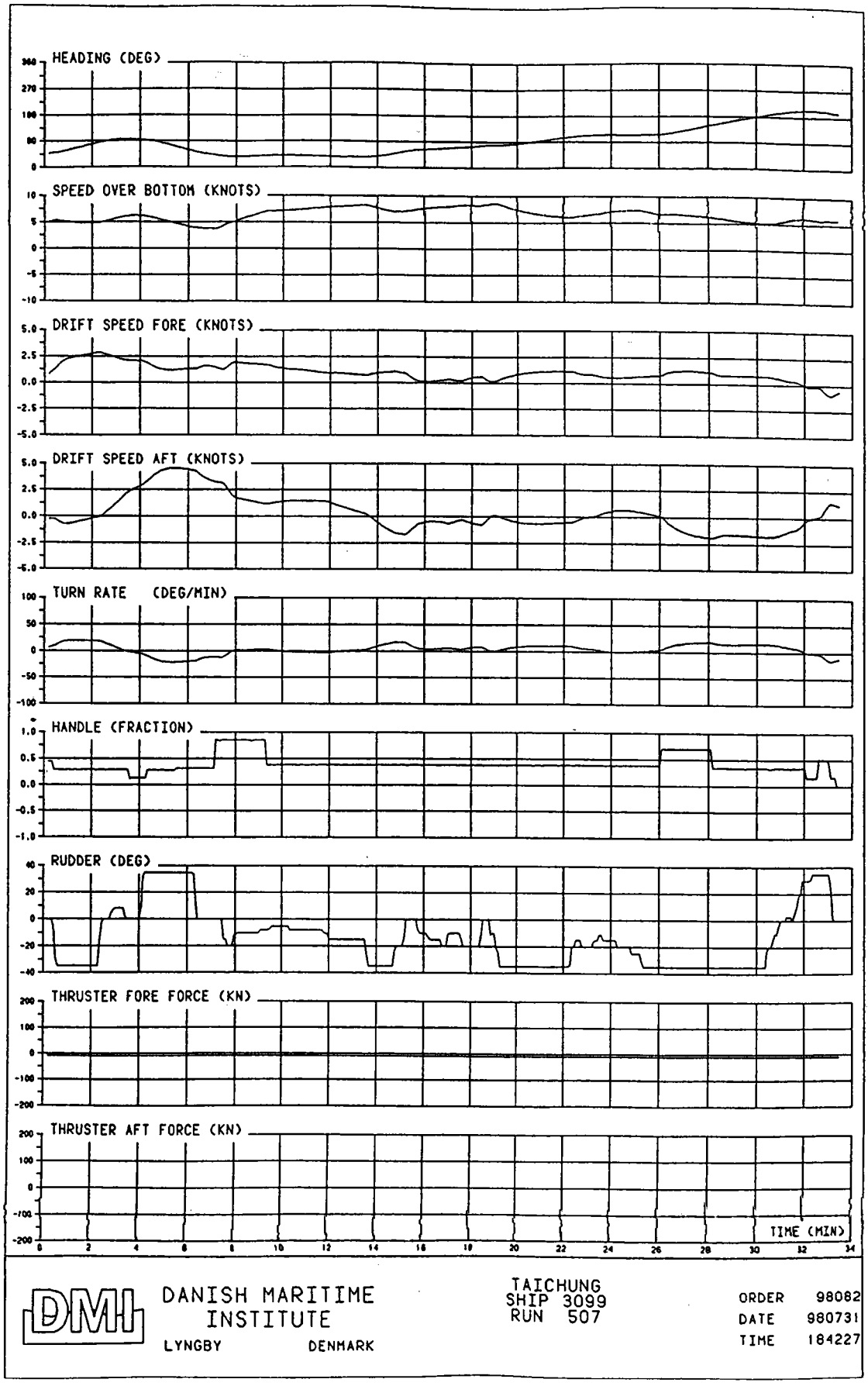
C-66 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (A505)



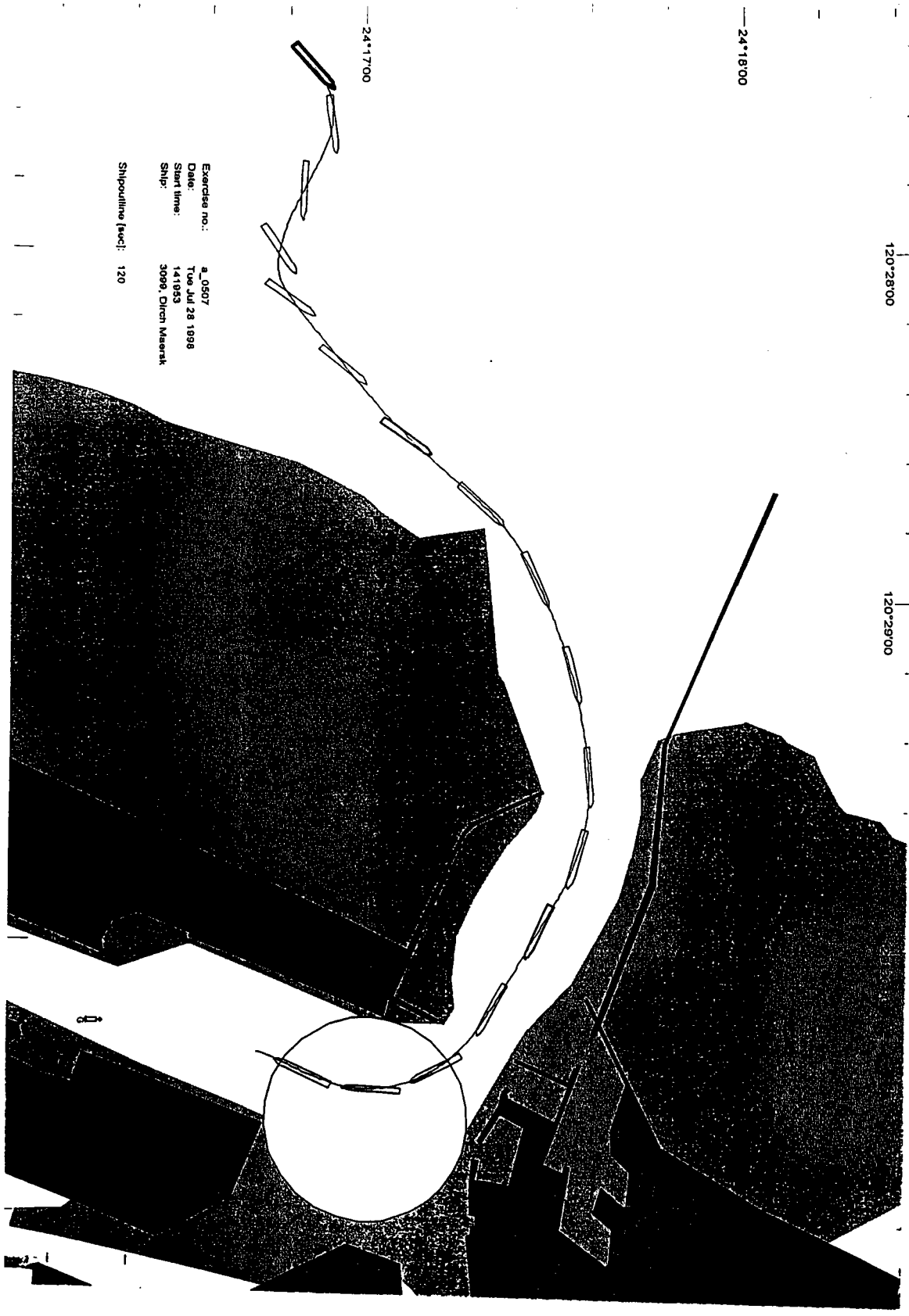
C-67 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A506)



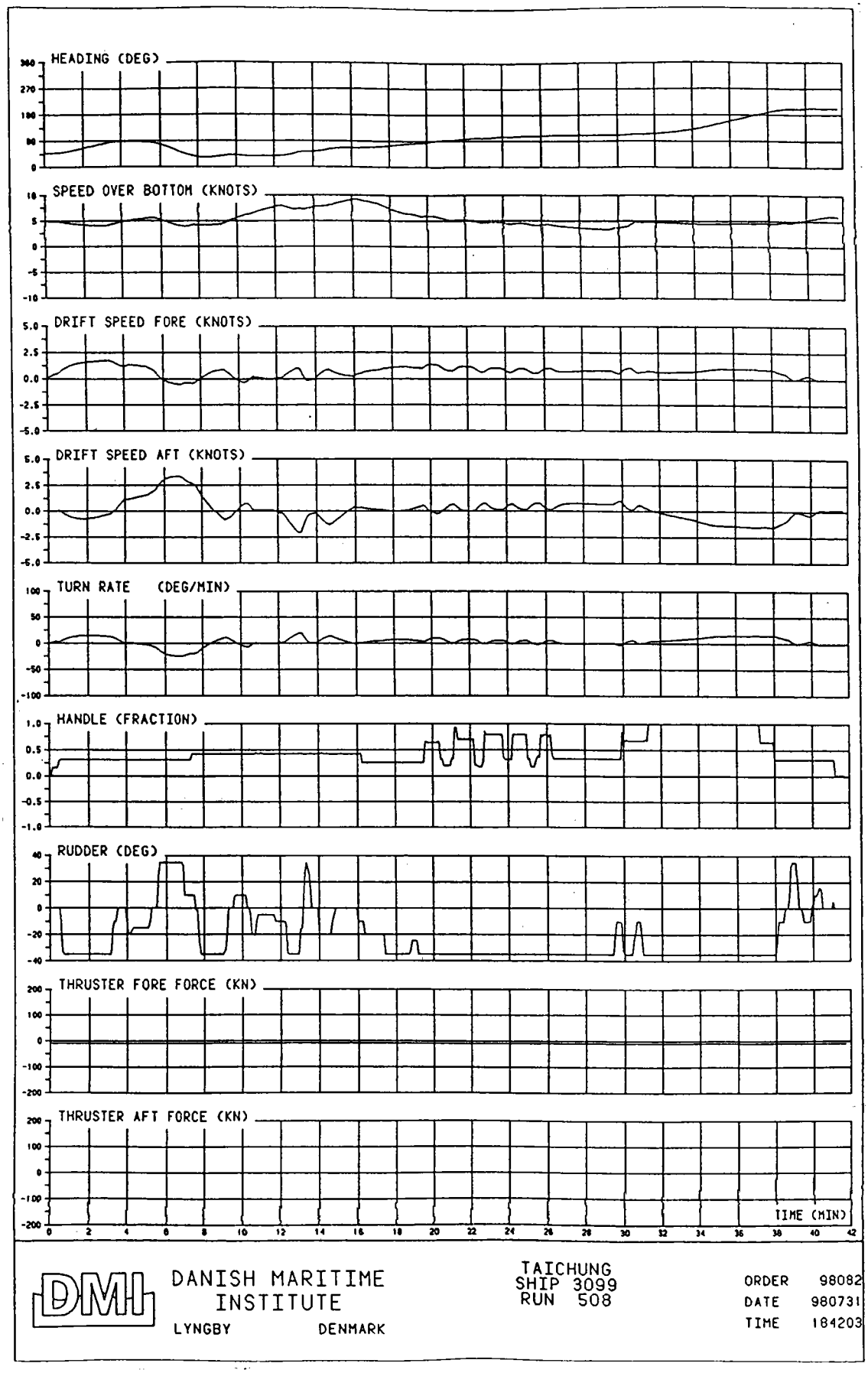
C-68 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (A506)



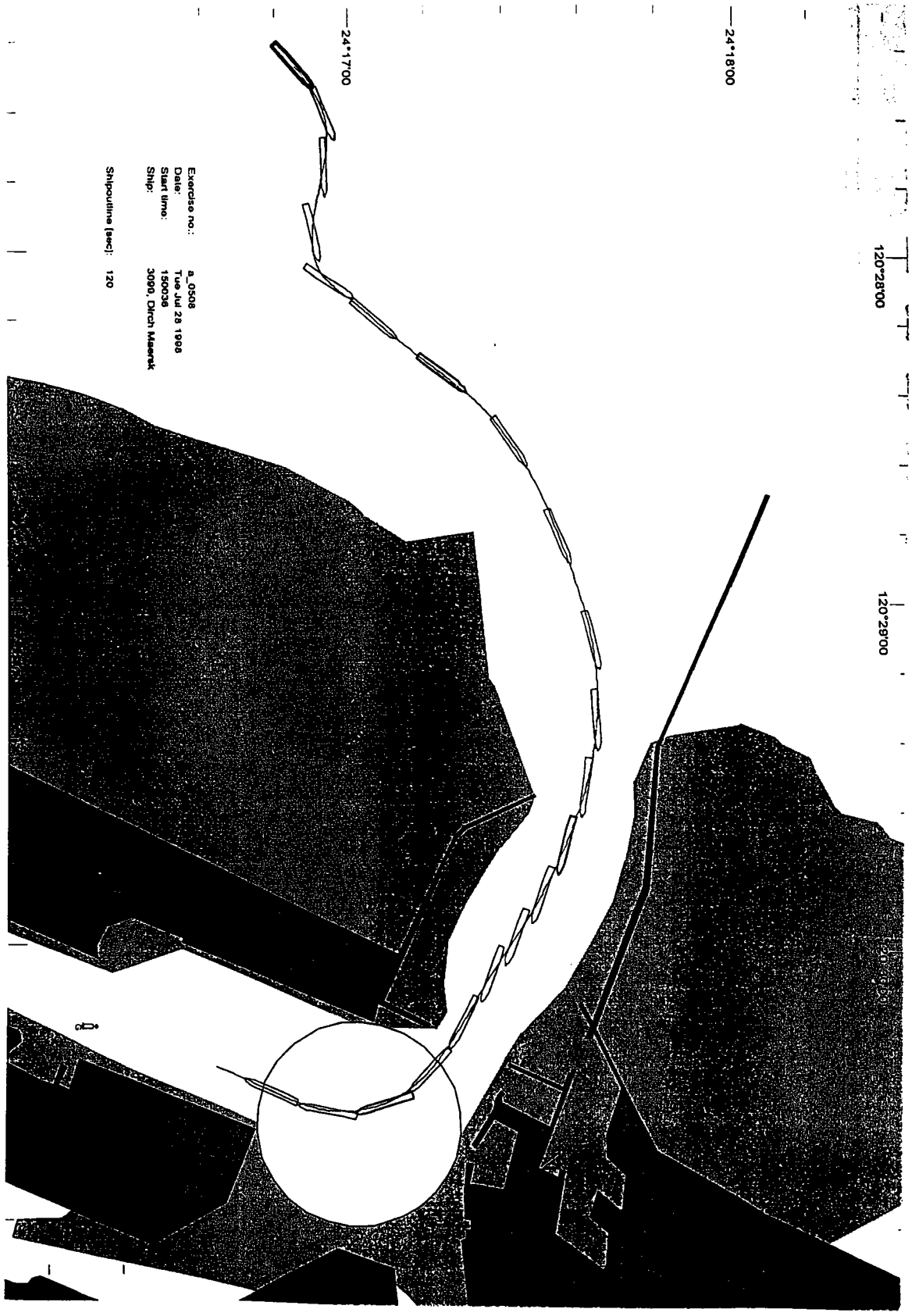
C-69 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (A507)



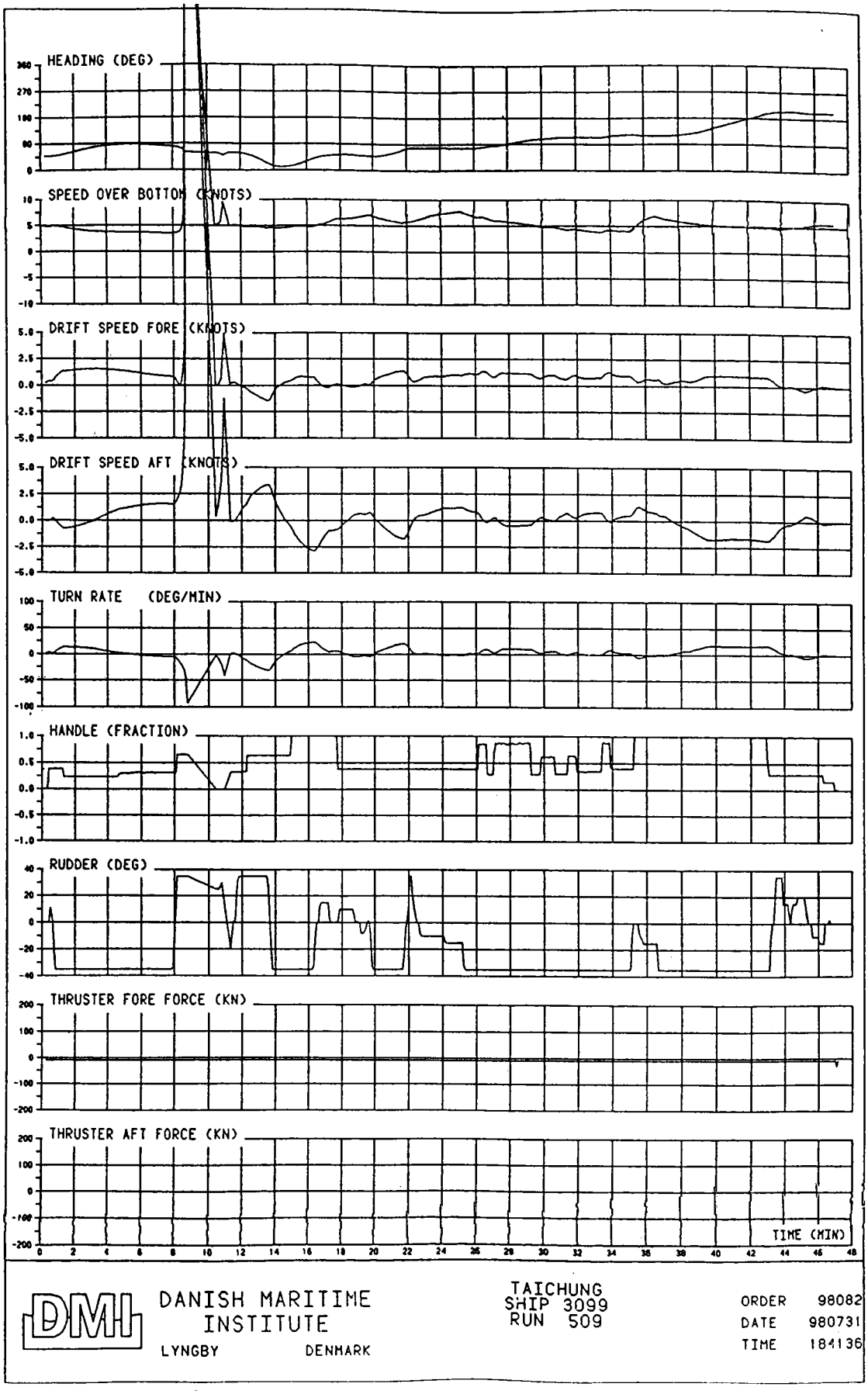
C-70 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (A507)



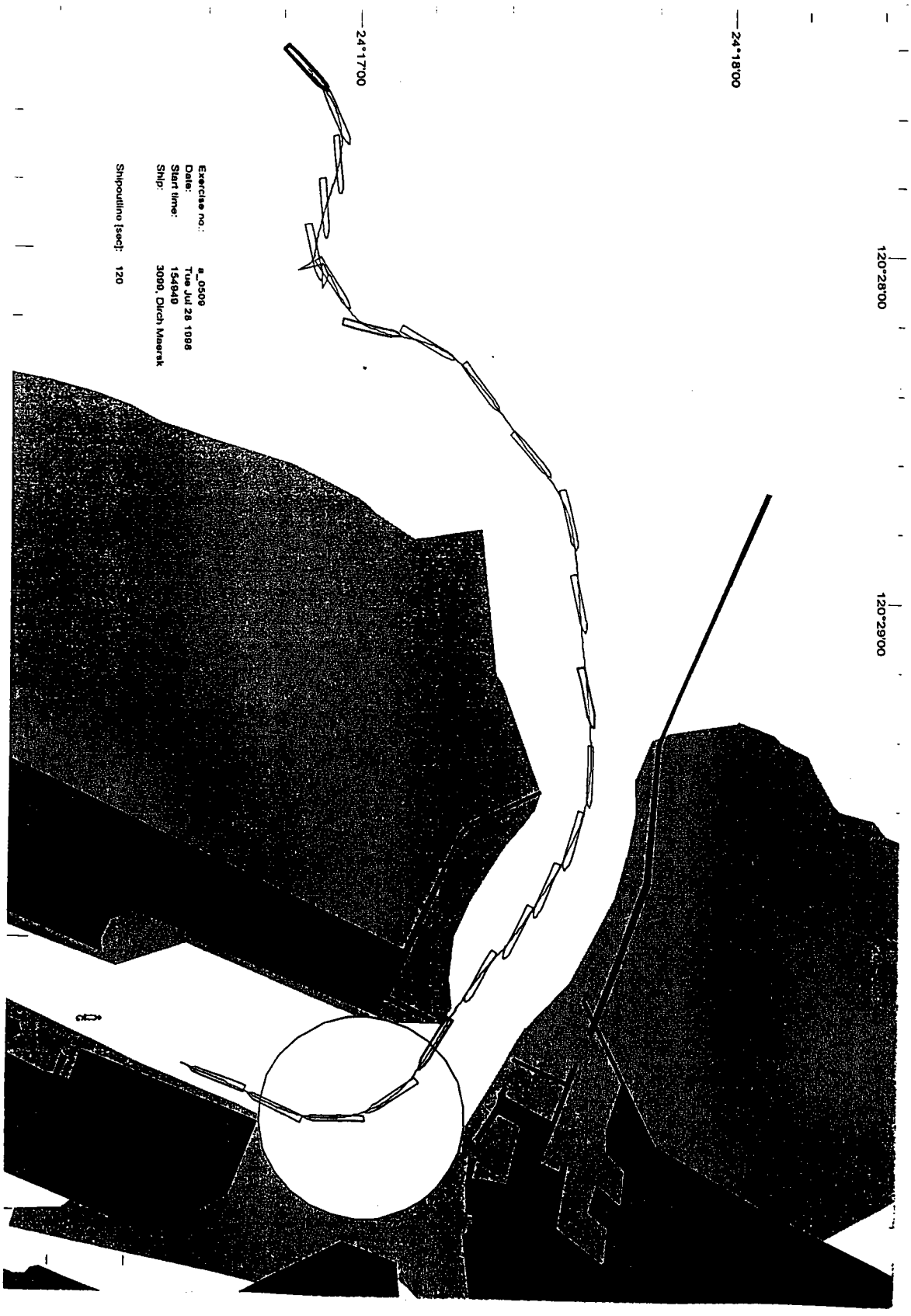
C-71 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A508)



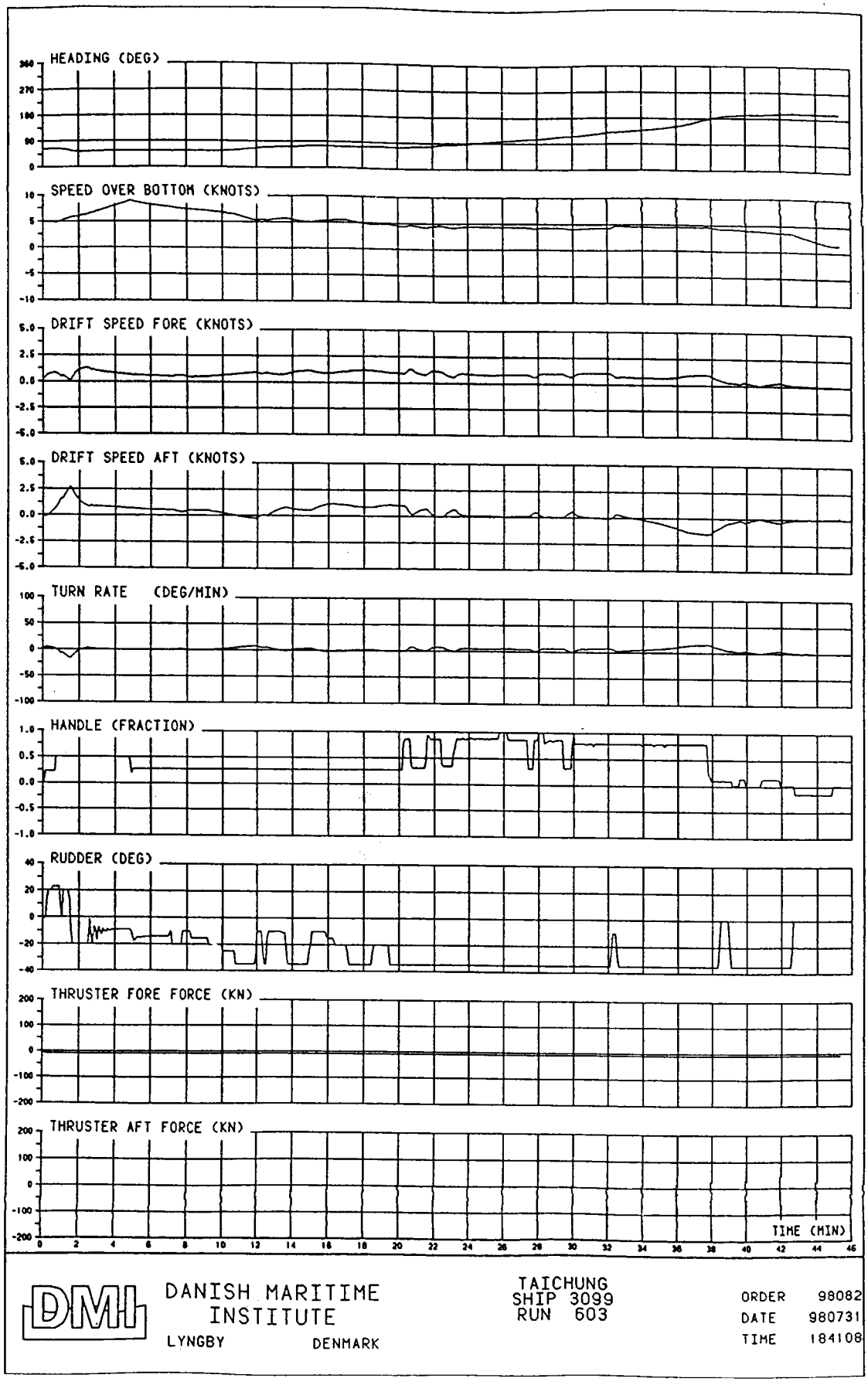
C-72 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A508)



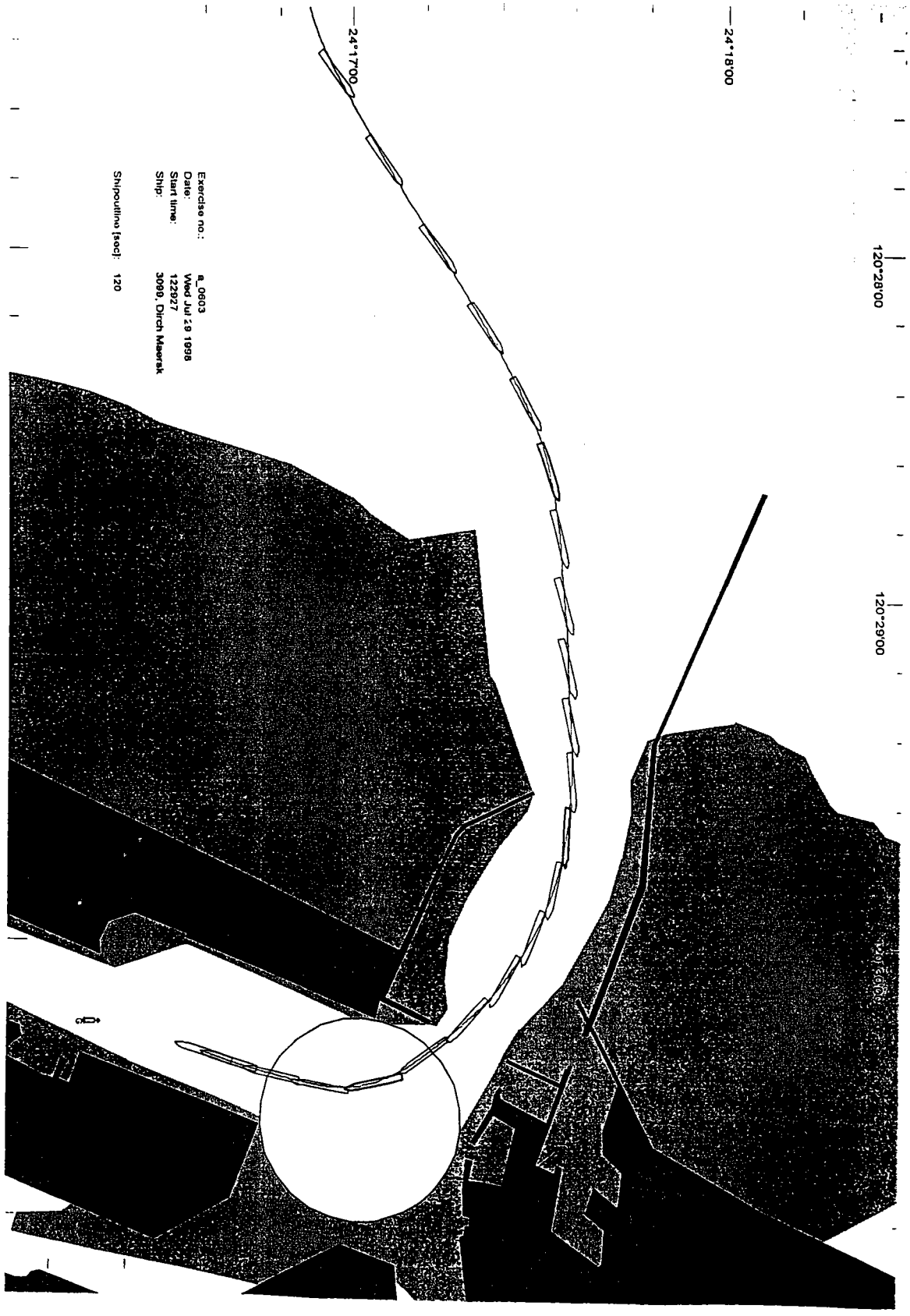
C-73 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A509)



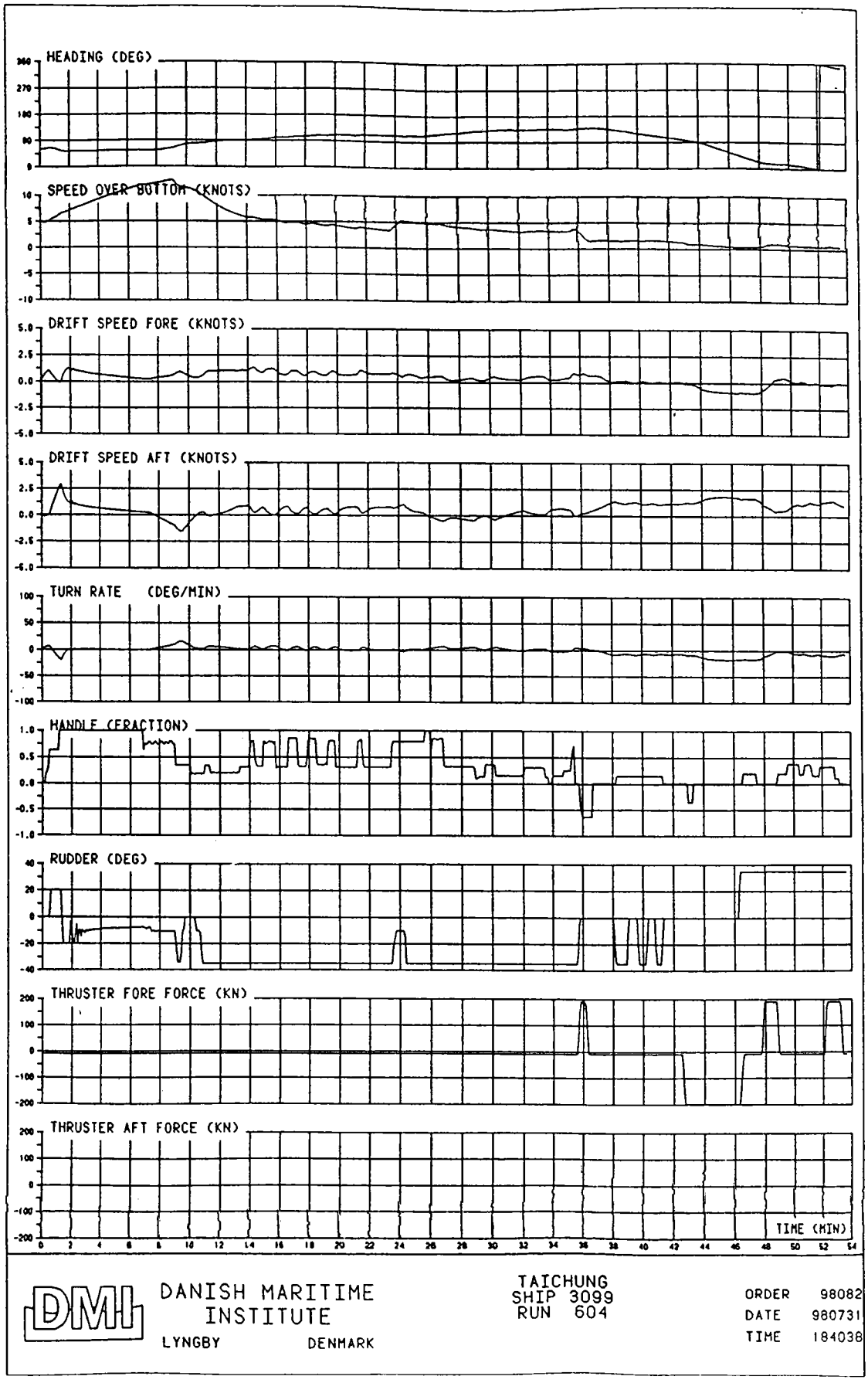
C-74 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A509)



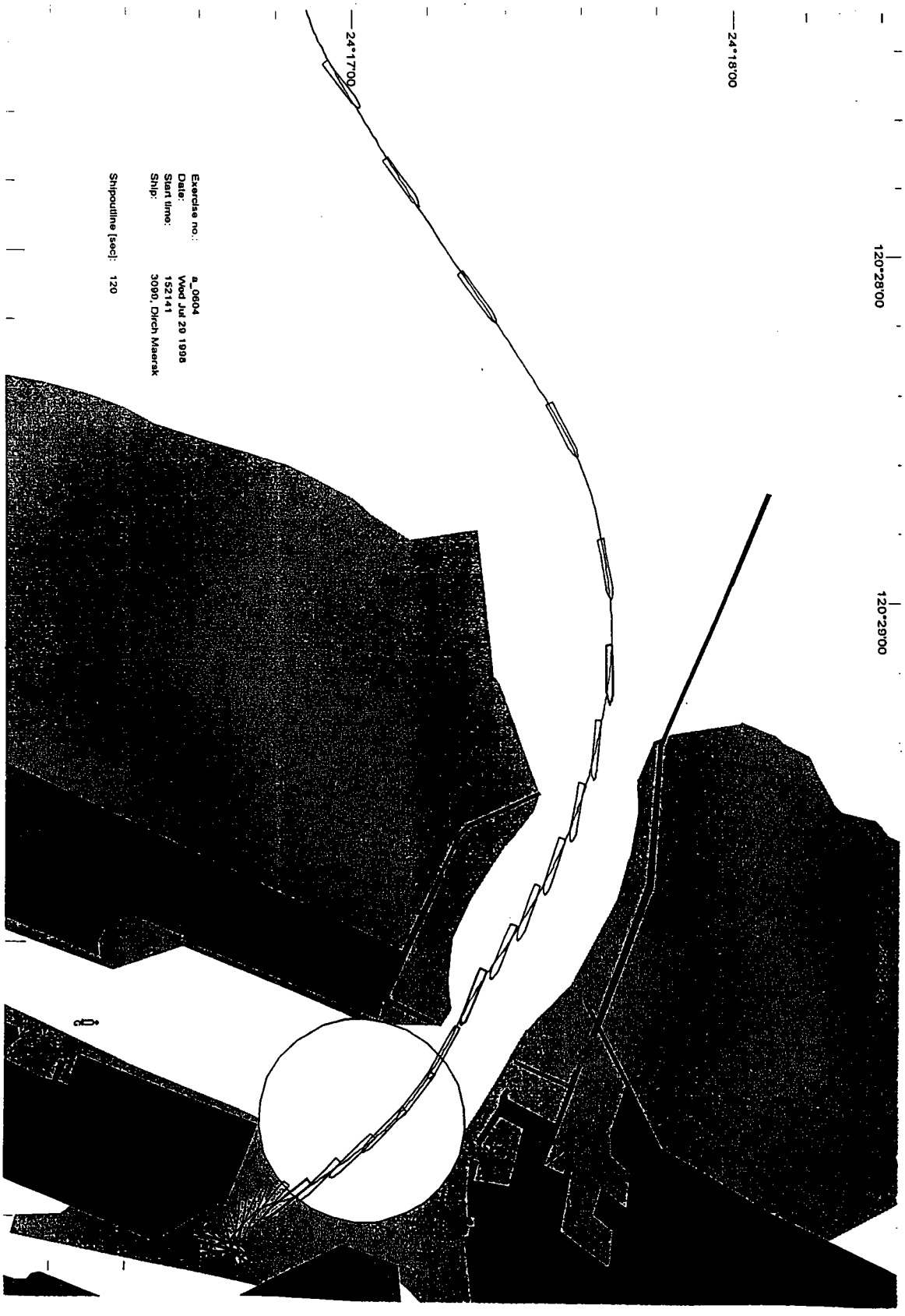
C-75 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A603)



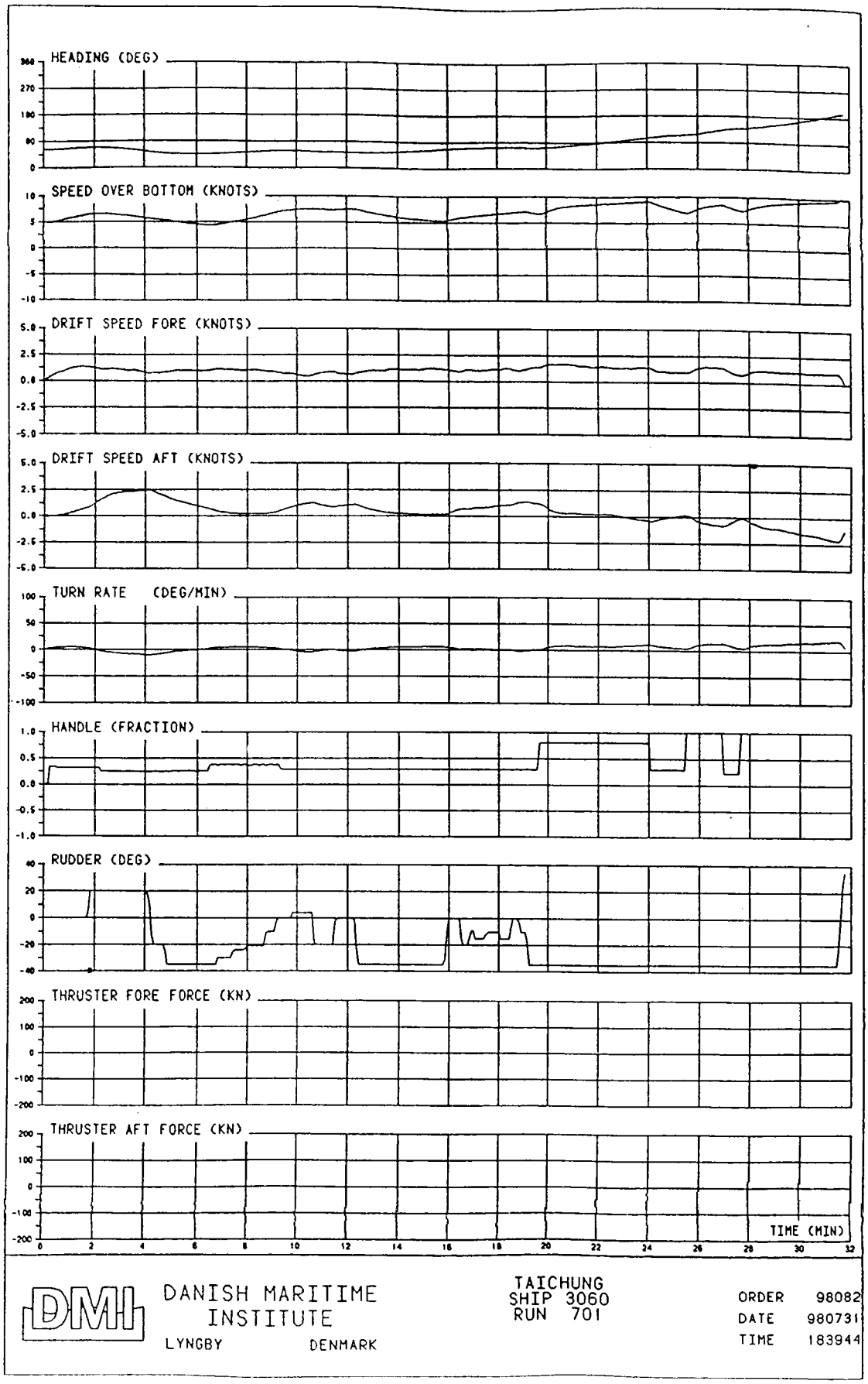
C-76 風速 20m/s，309[illegible]貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A603)



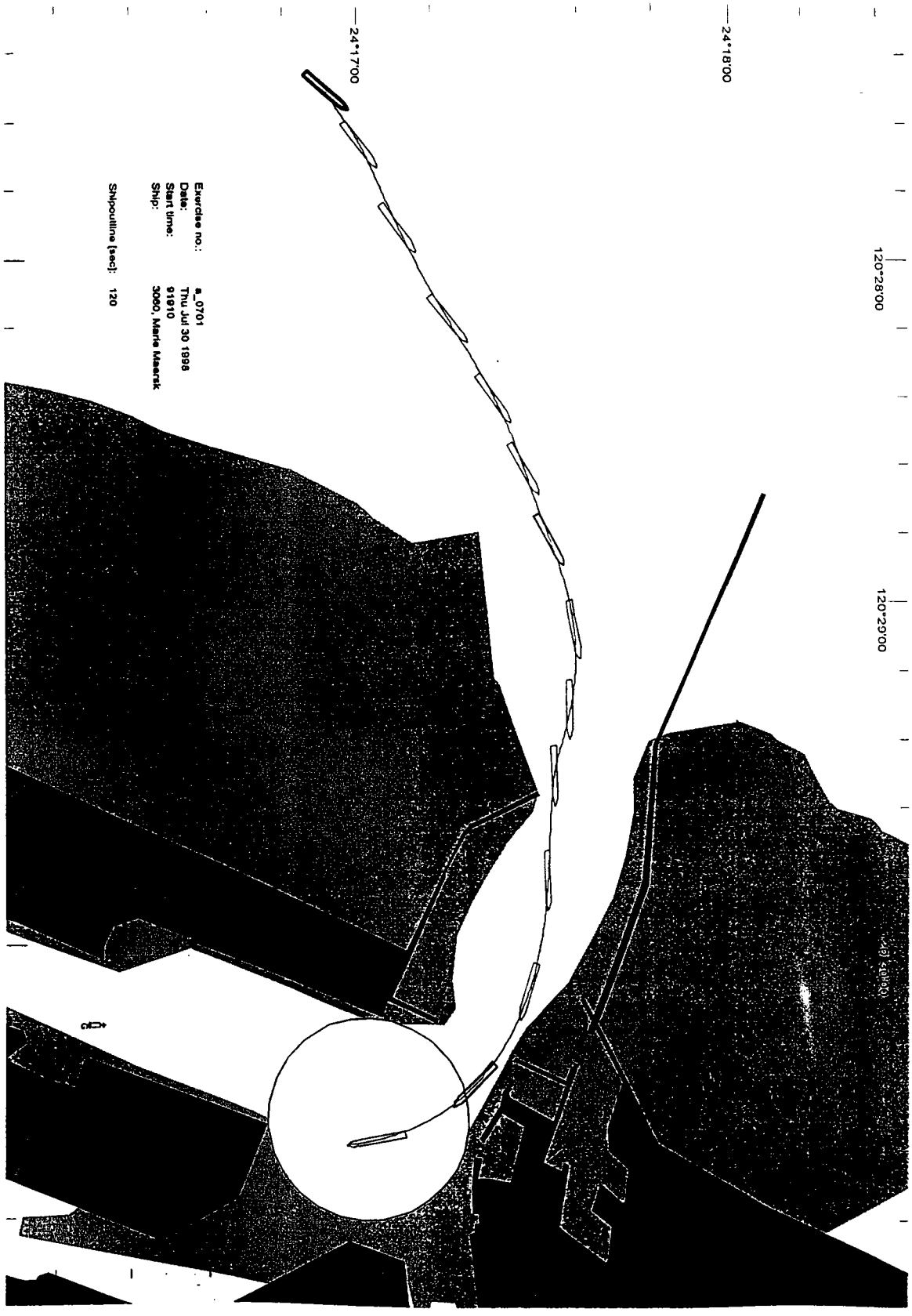
C-77 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (A604)



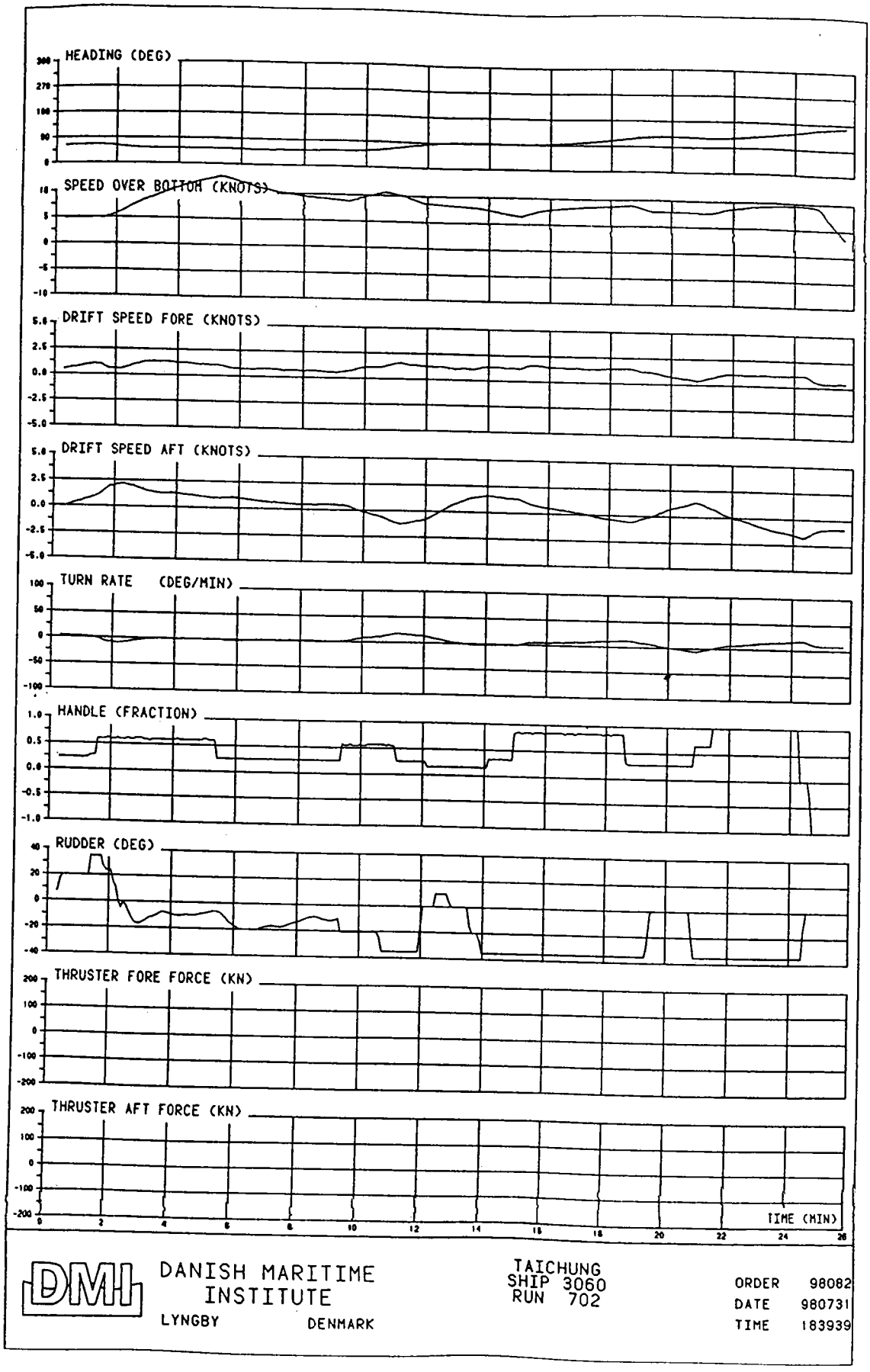
C-78 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載`退潮進港操航船跡圖 (A604)



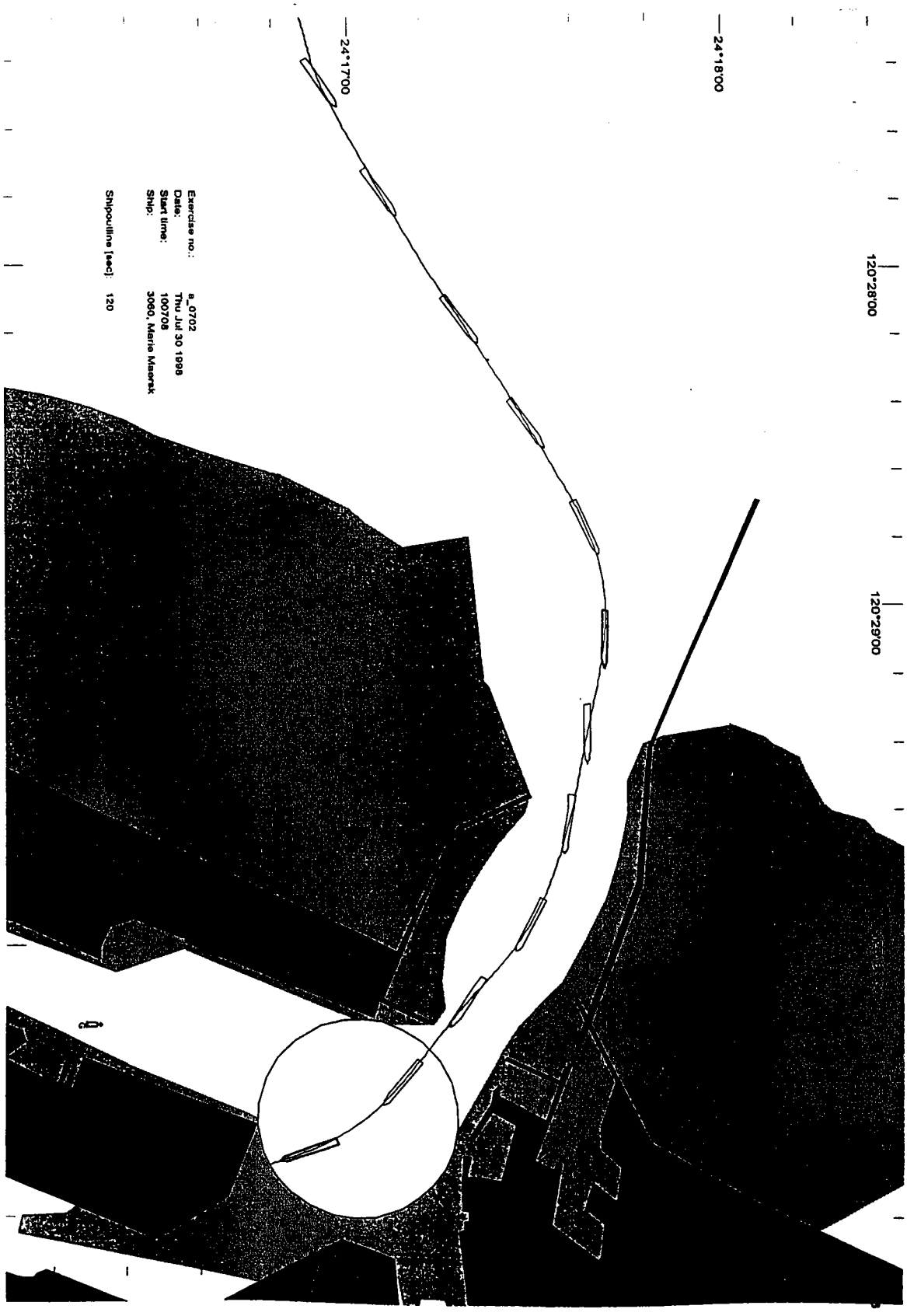
C-79 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A701)



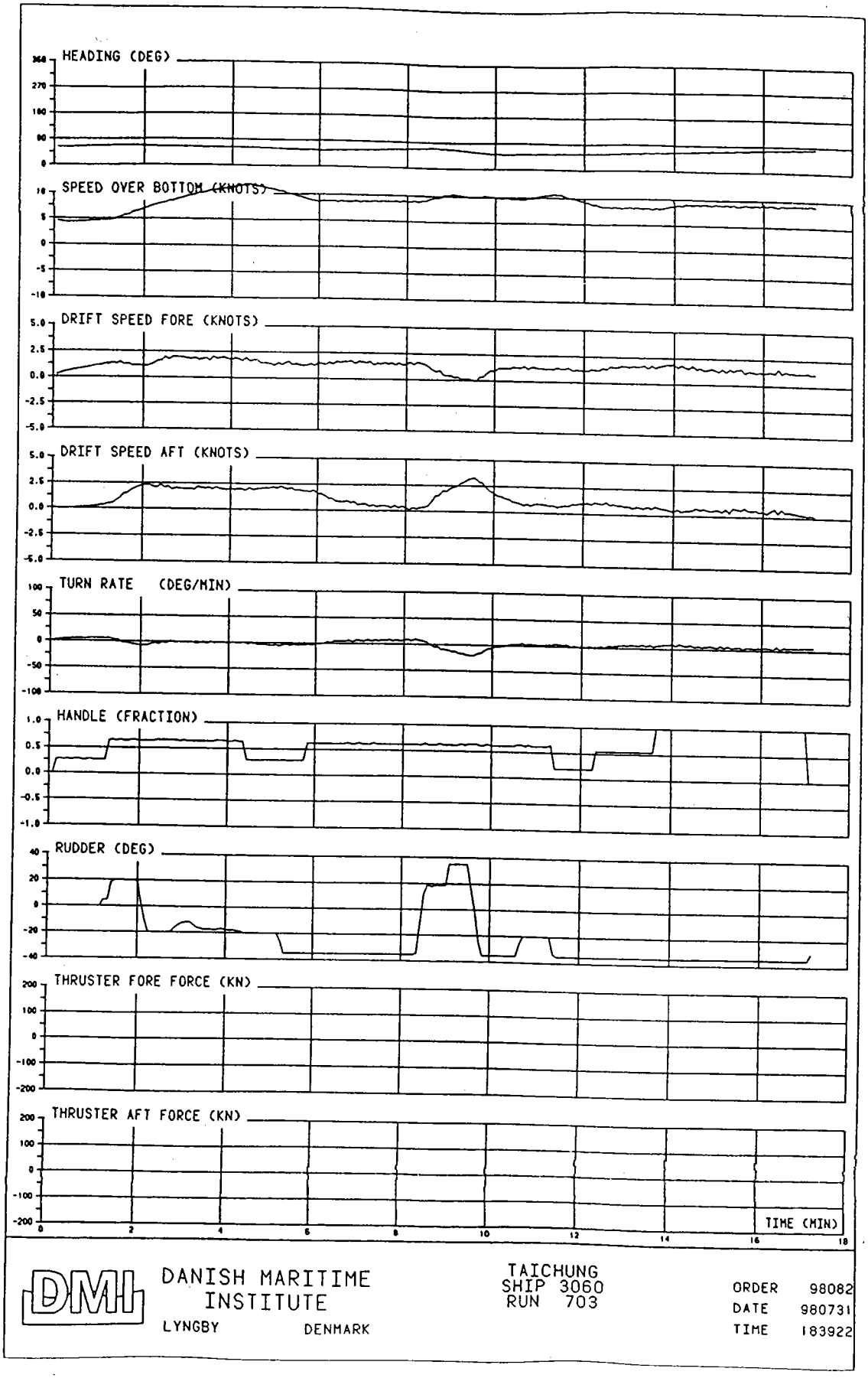
C-80 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A701)



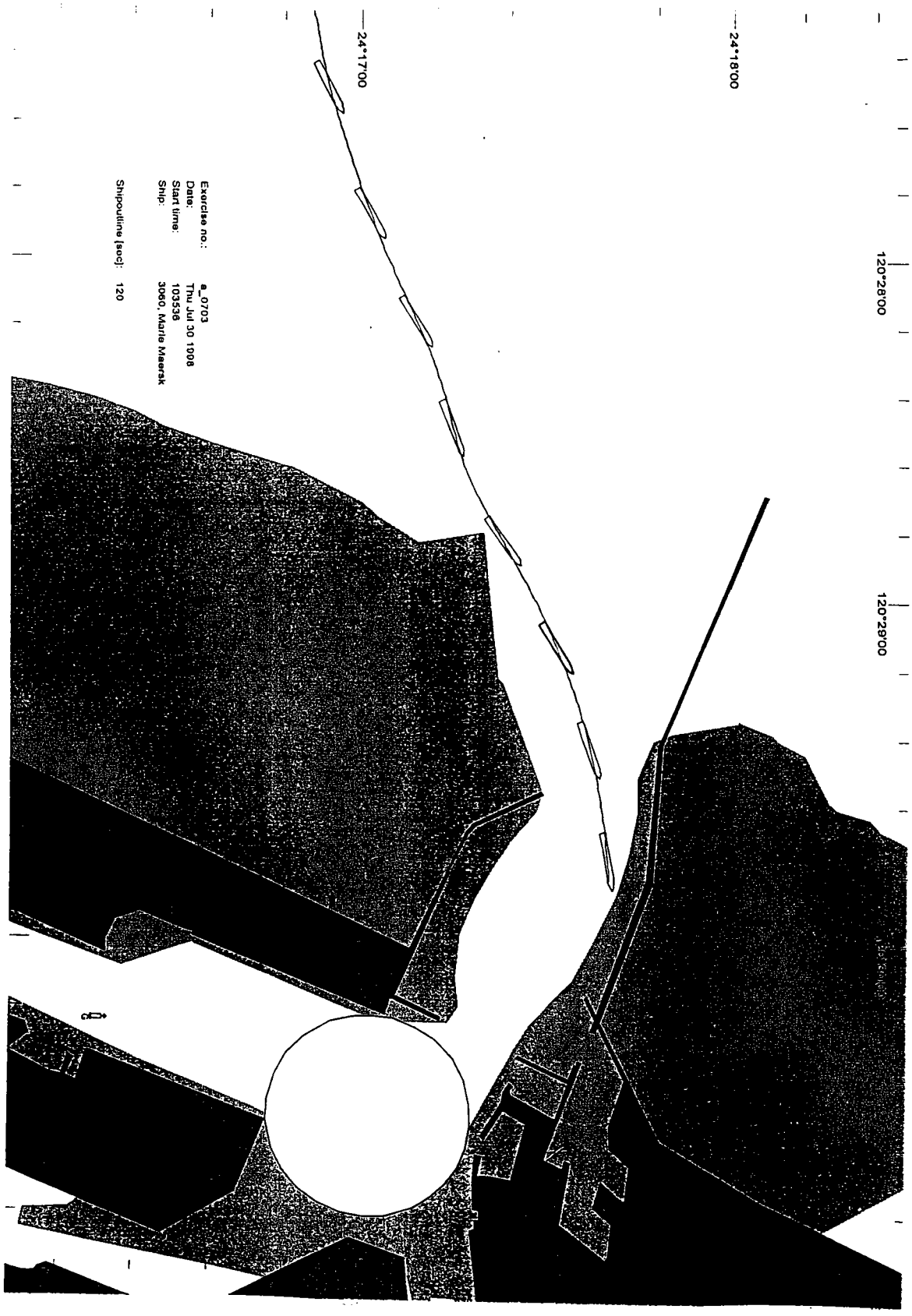
C-81 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A702)



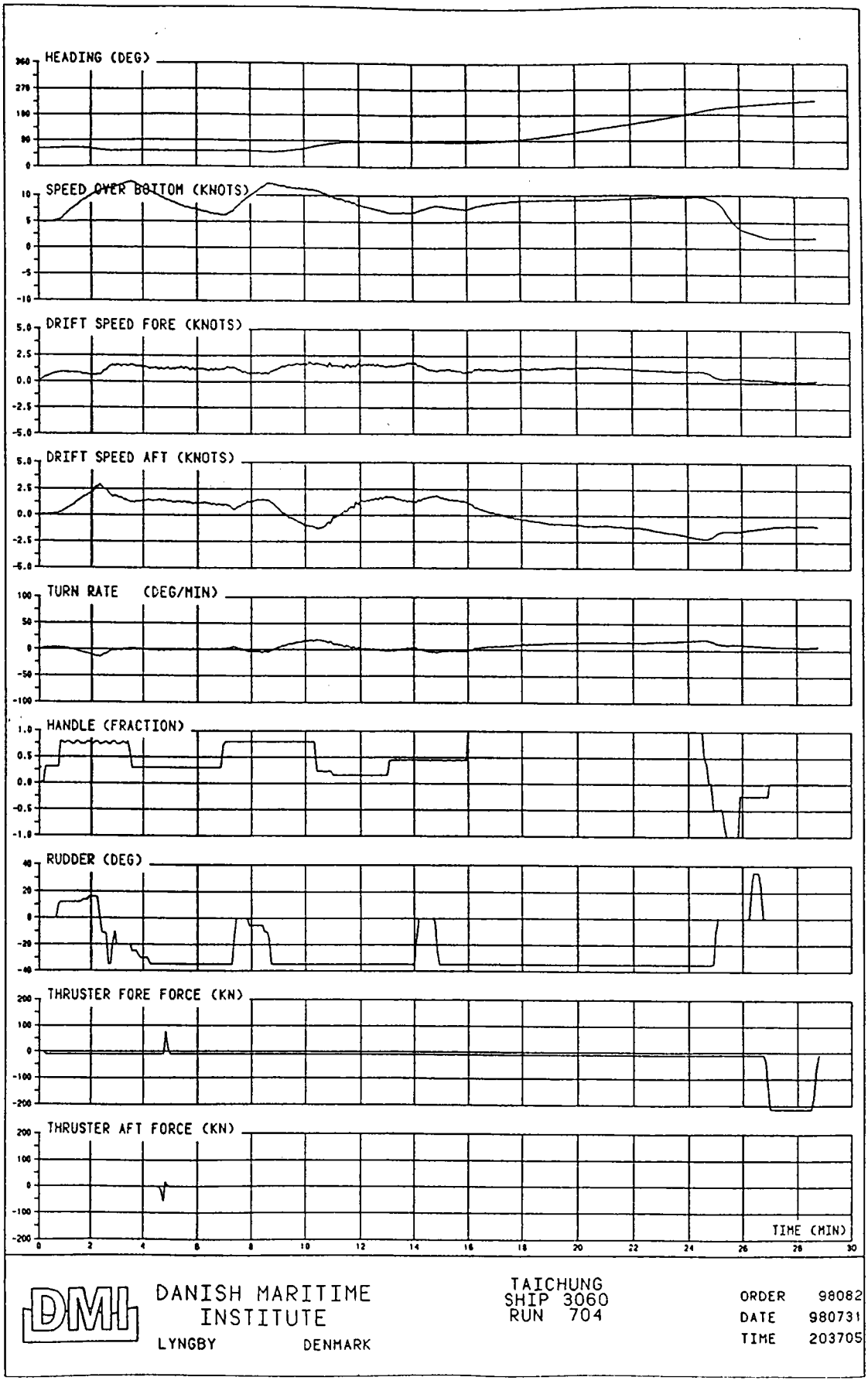
C-82 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A702)



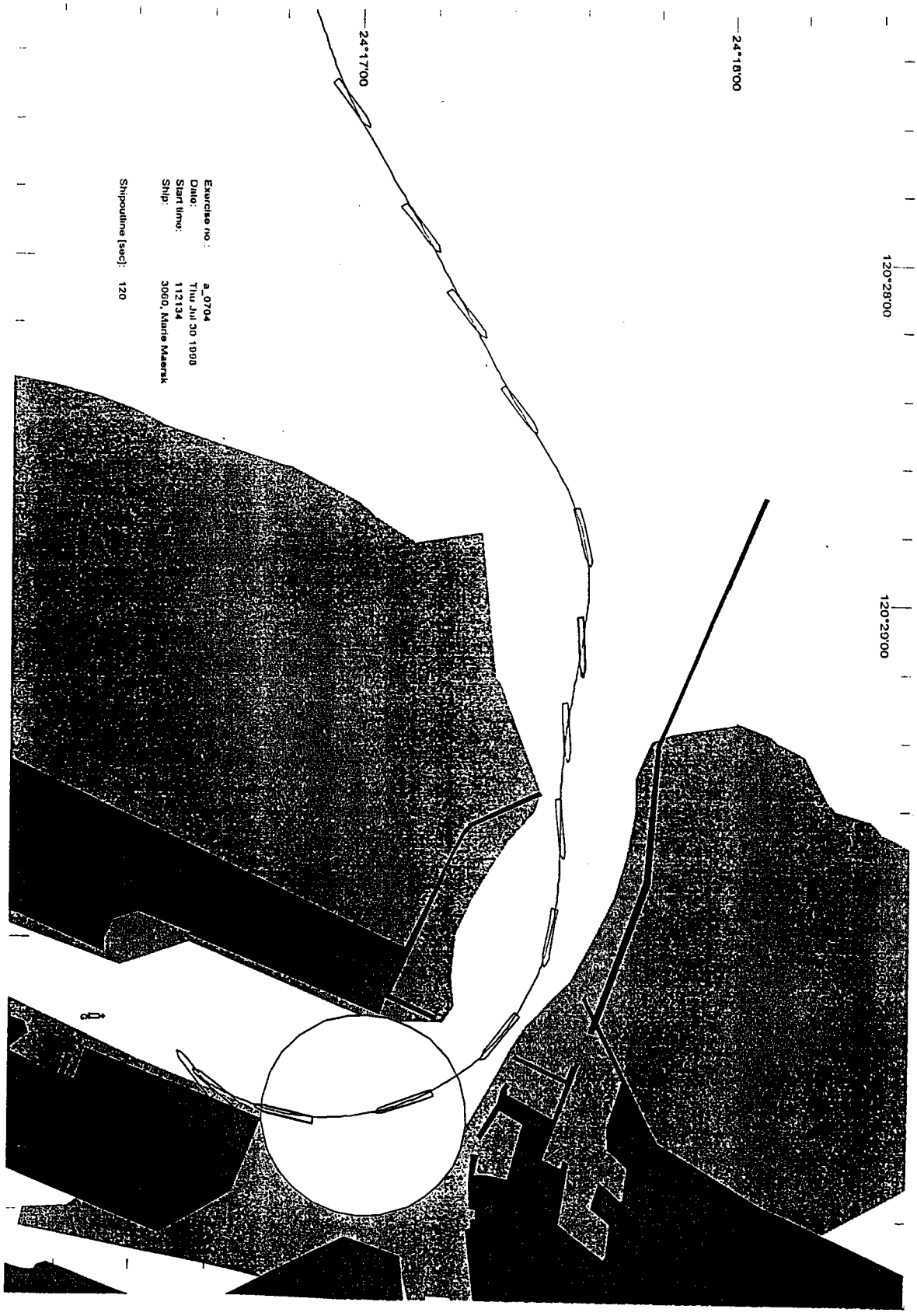
C-83 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A703)



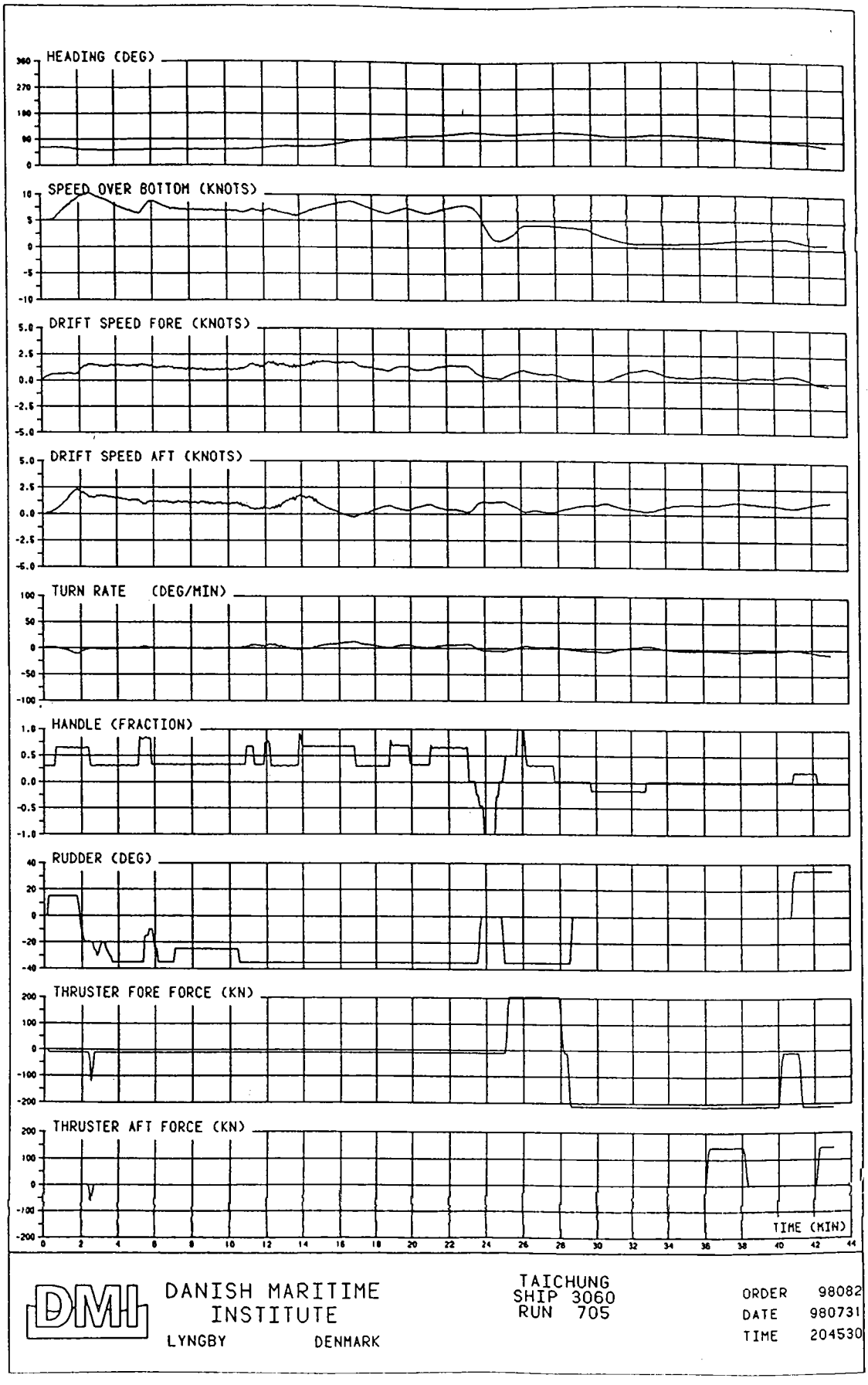
C-84 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A703)



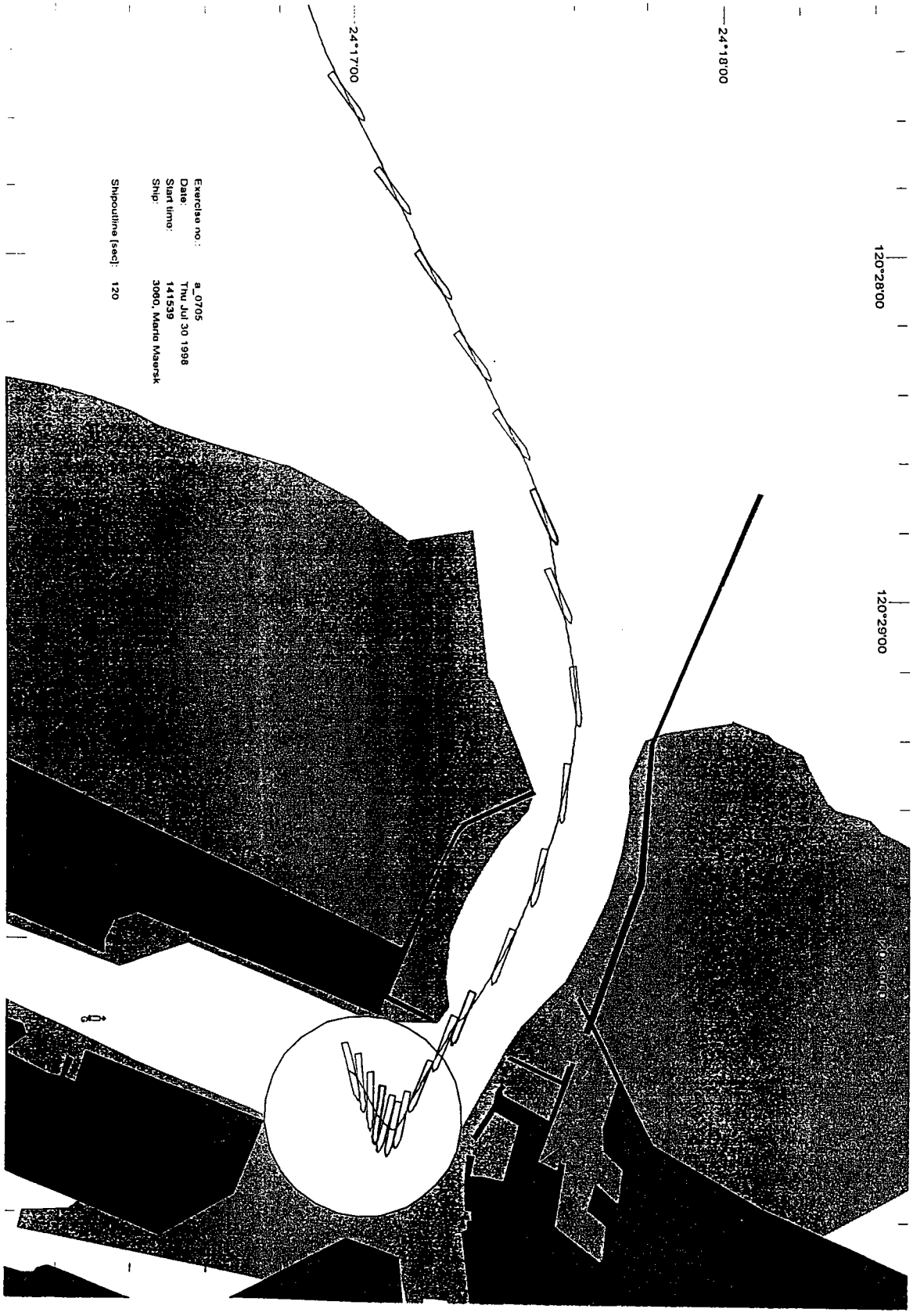
C-85 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A704)



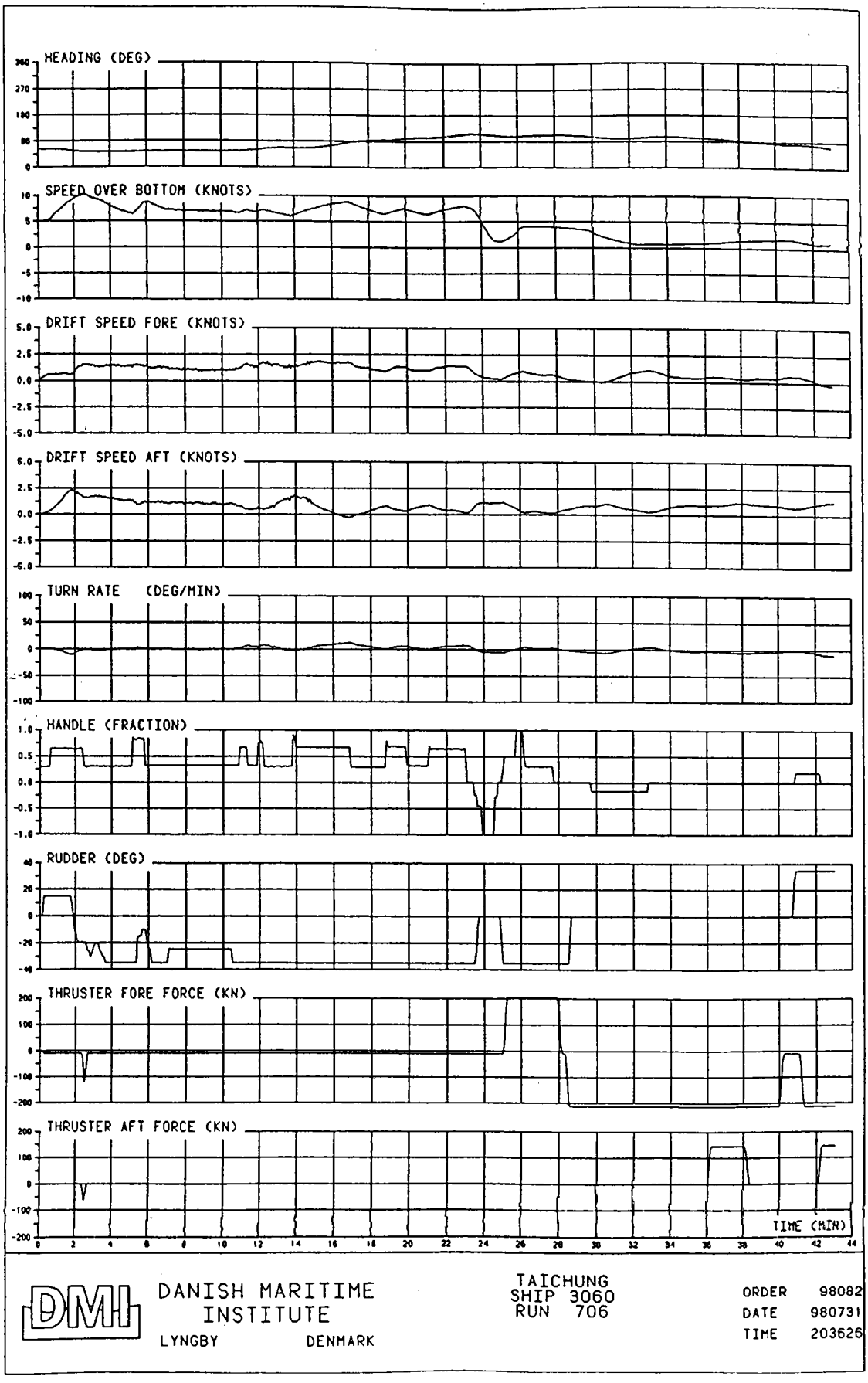
C-86 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A704)



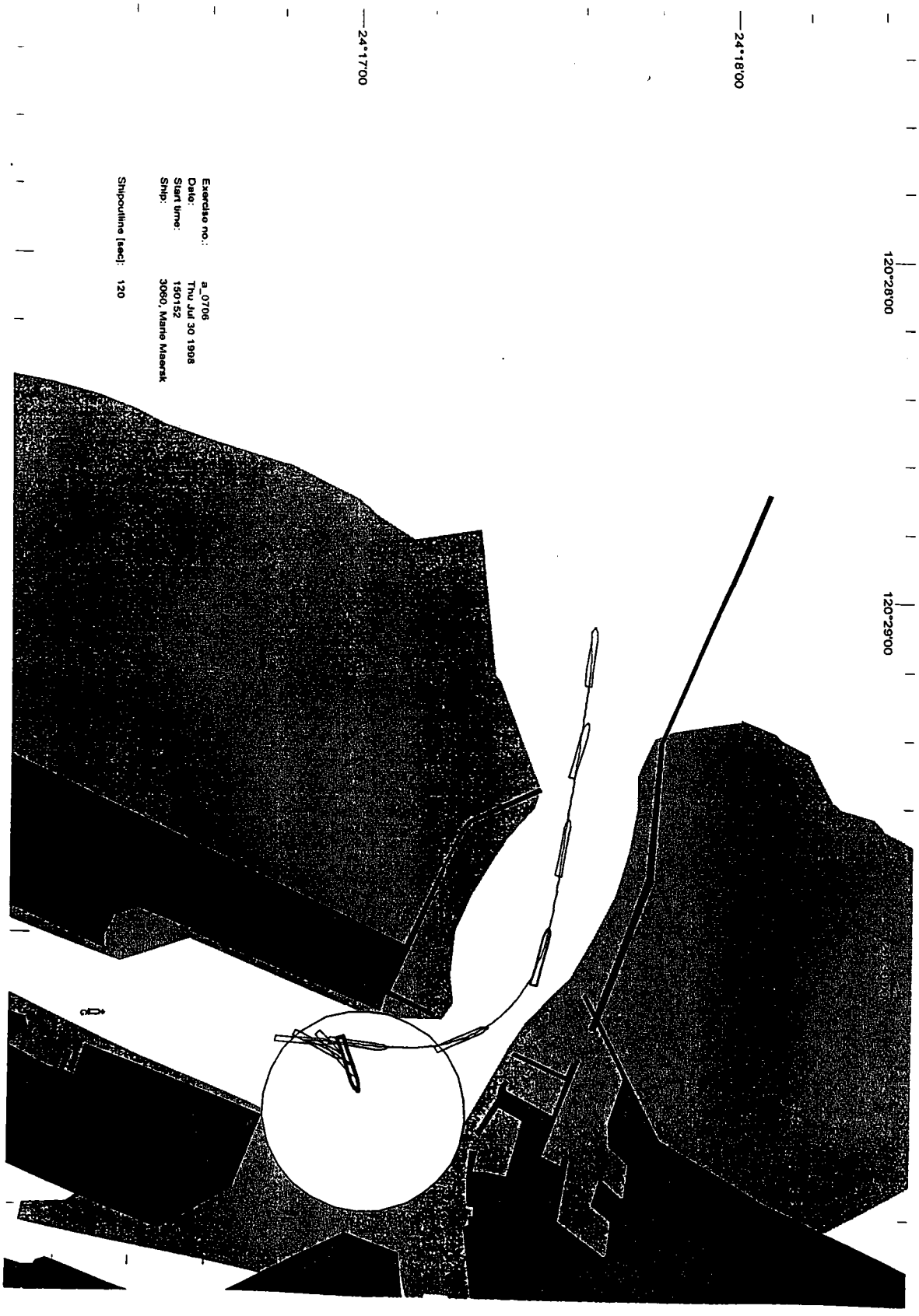
C-87 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A705)



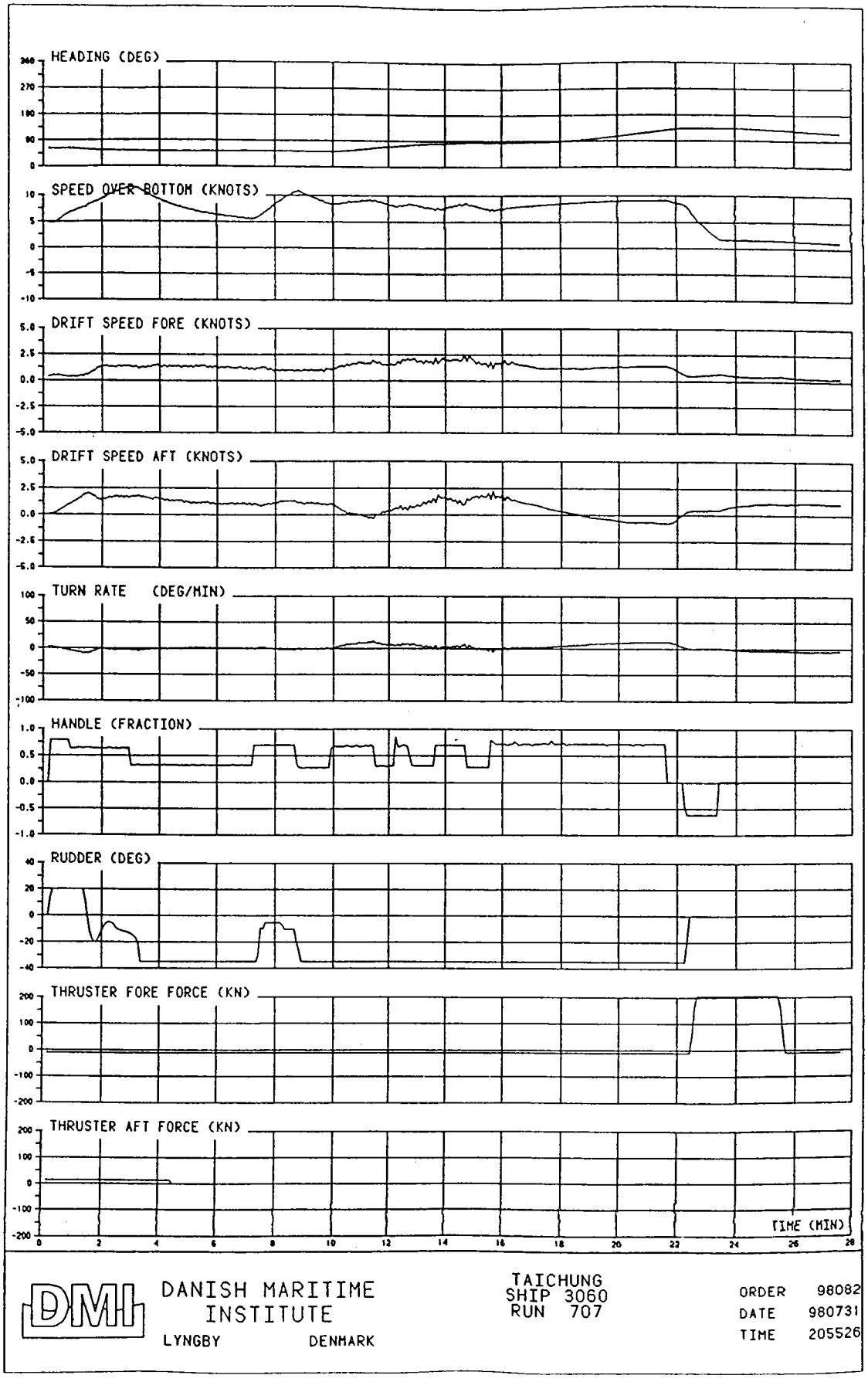
C-88 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A705)



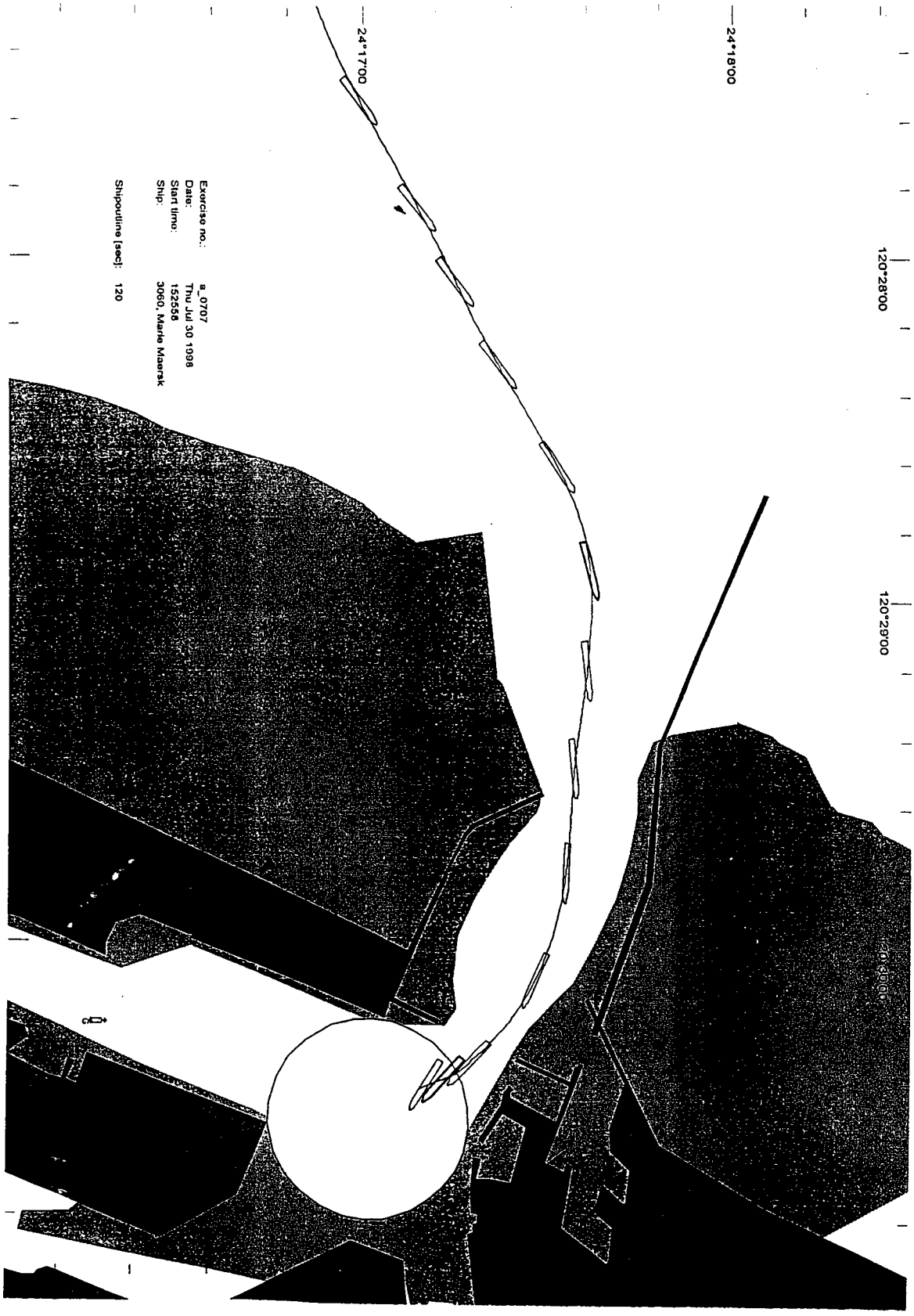
C-89 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (A706)



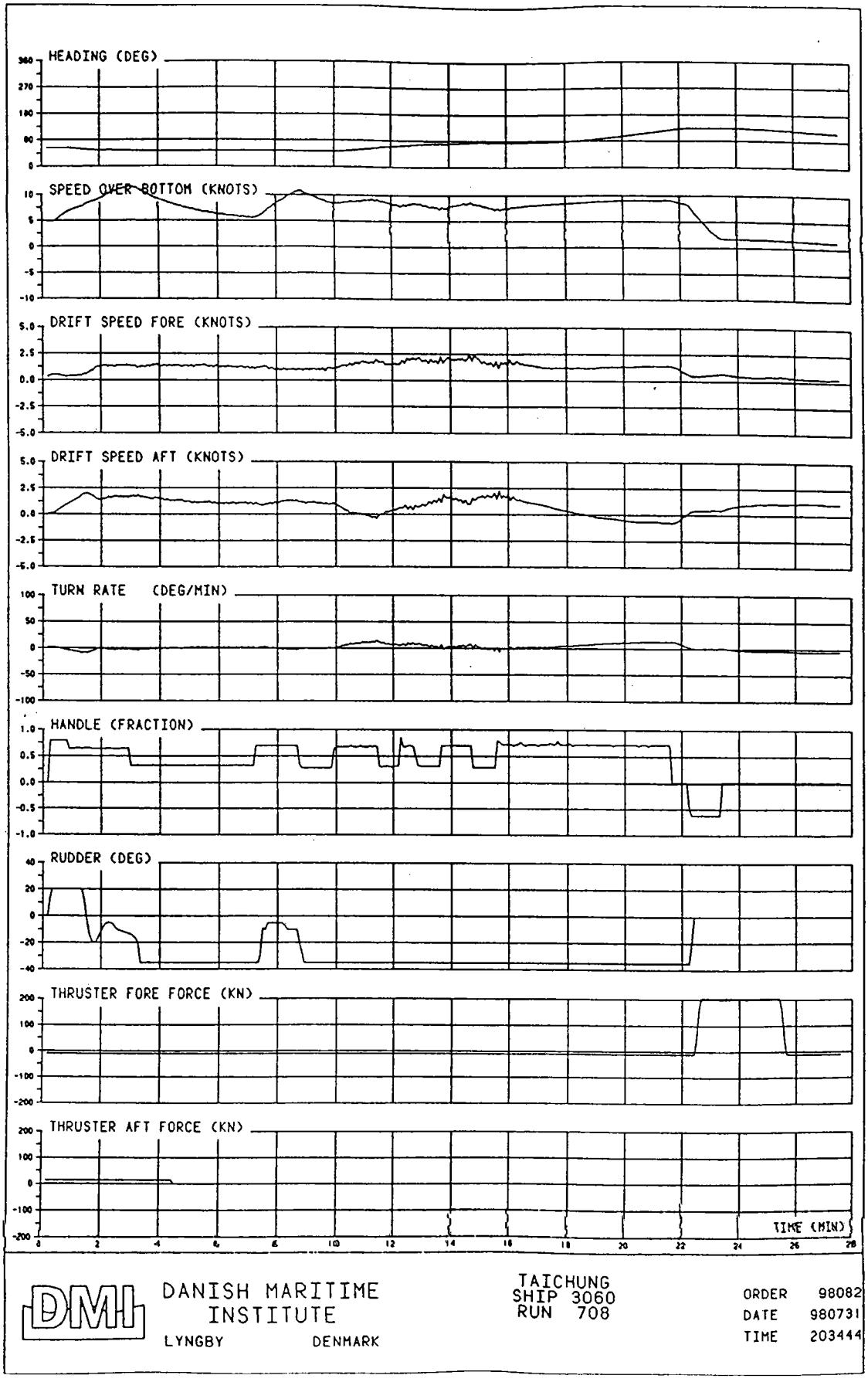
C-90 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (A706)



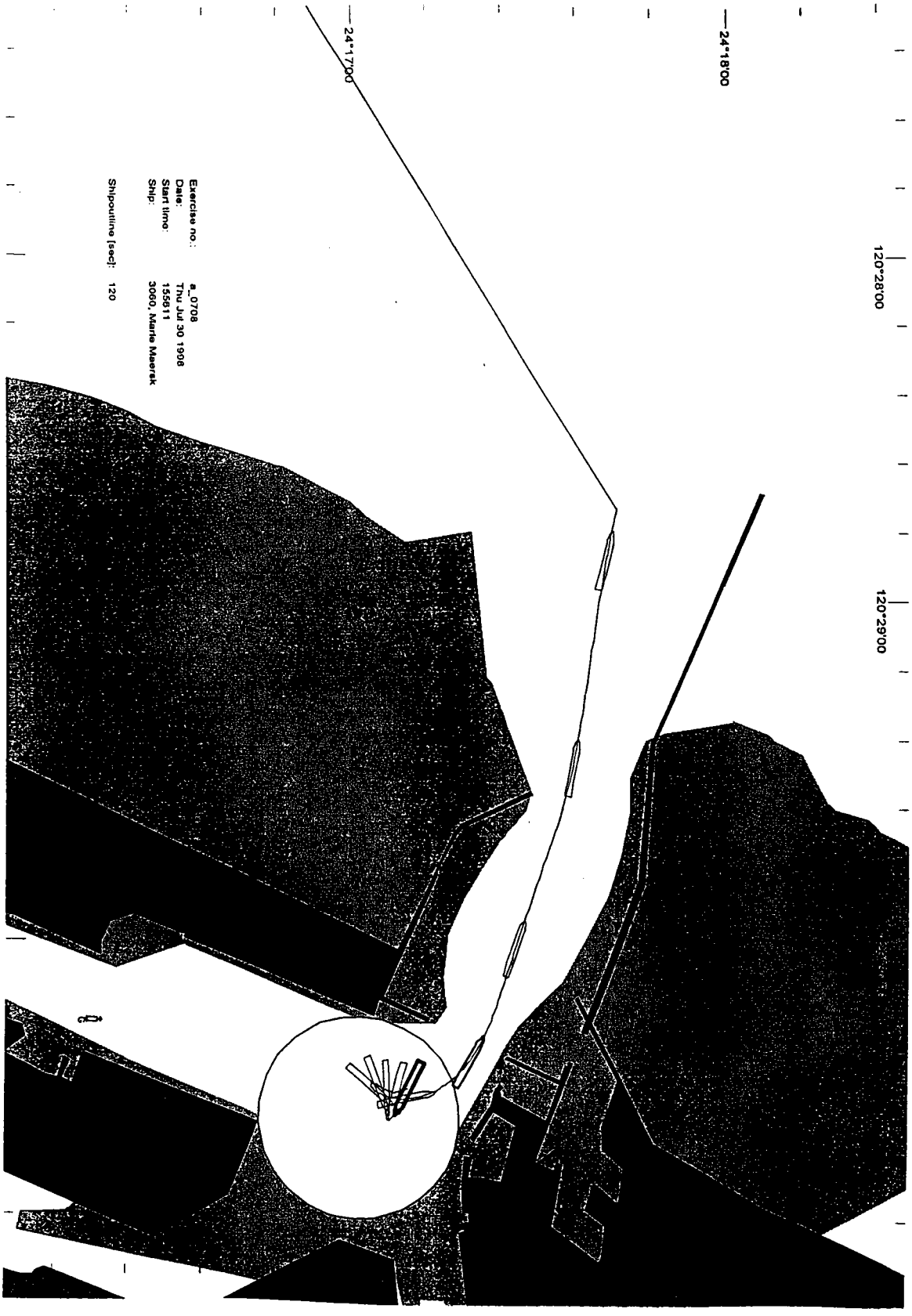
C-91 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A707)



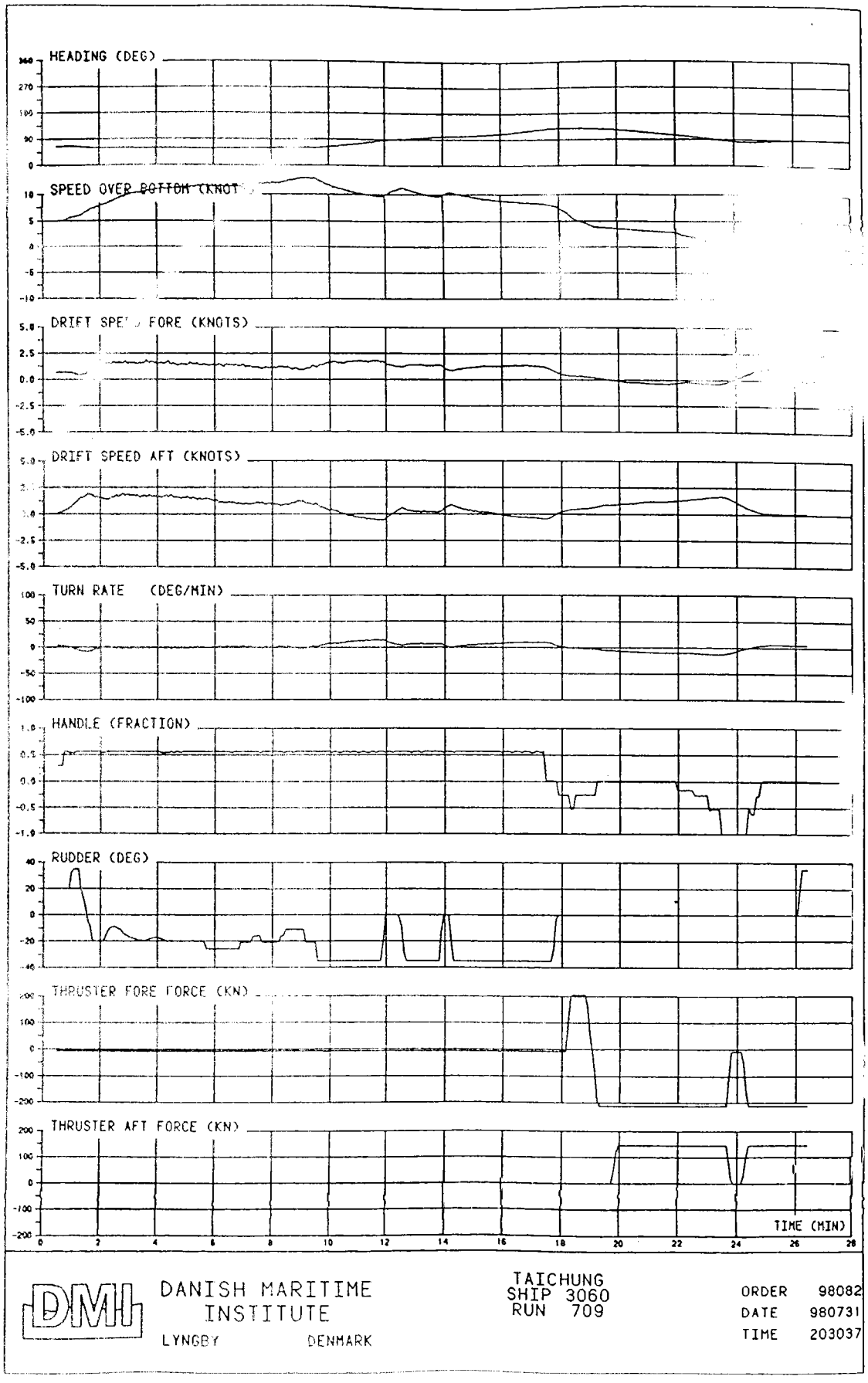
C-92 風速 20m/s，3060 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (A707)



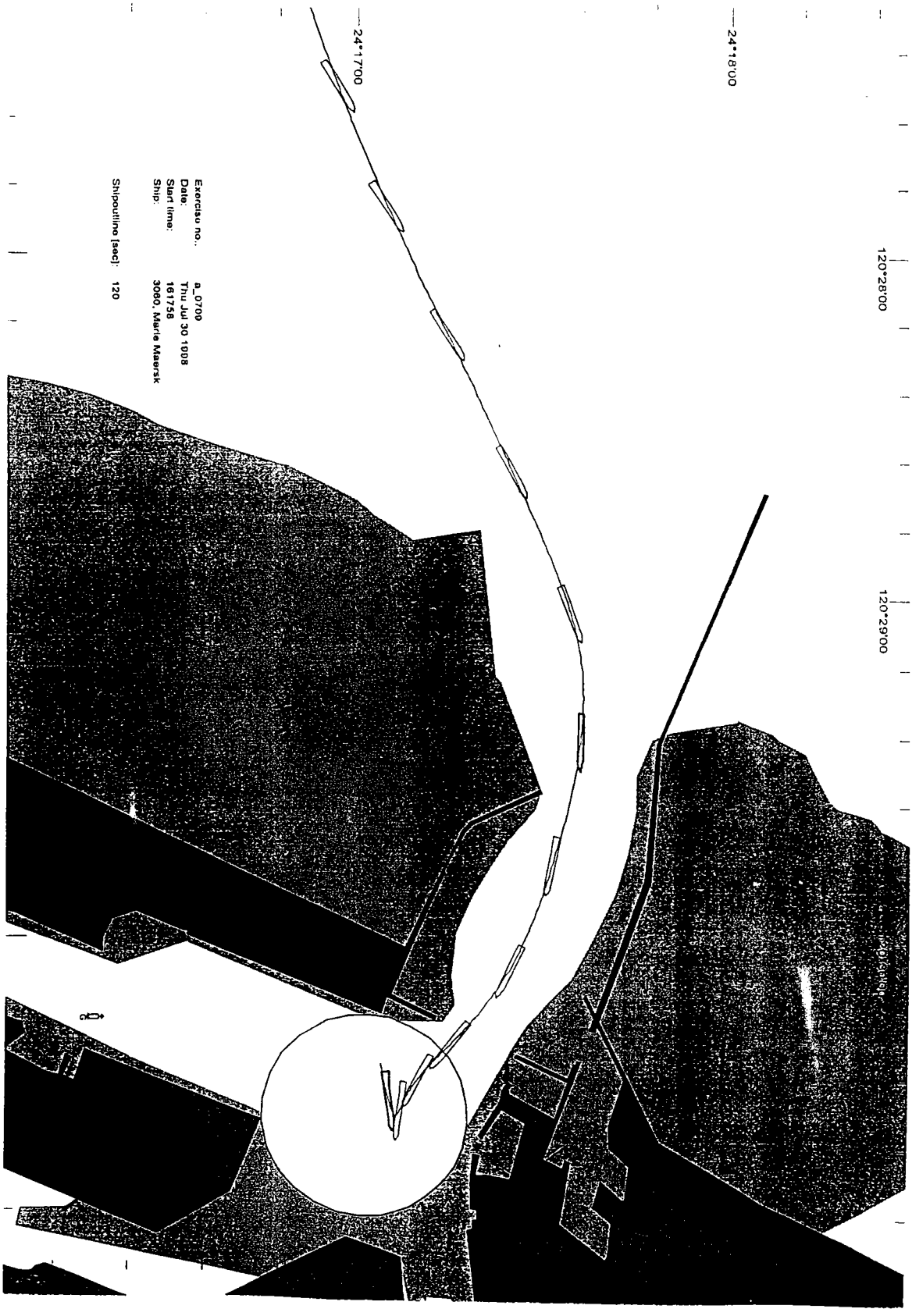
C-93 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (A708)



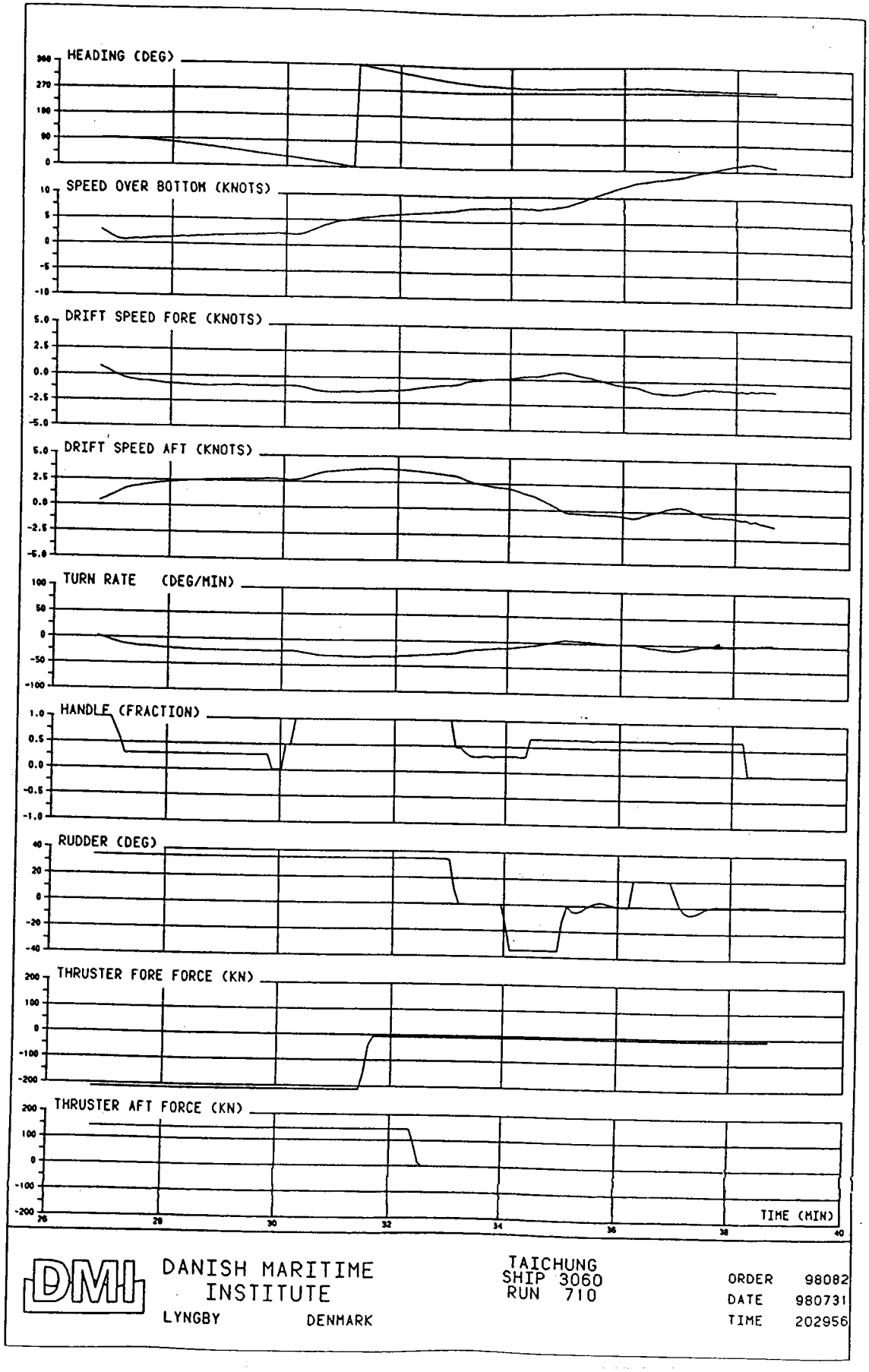
C-94 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (A708)



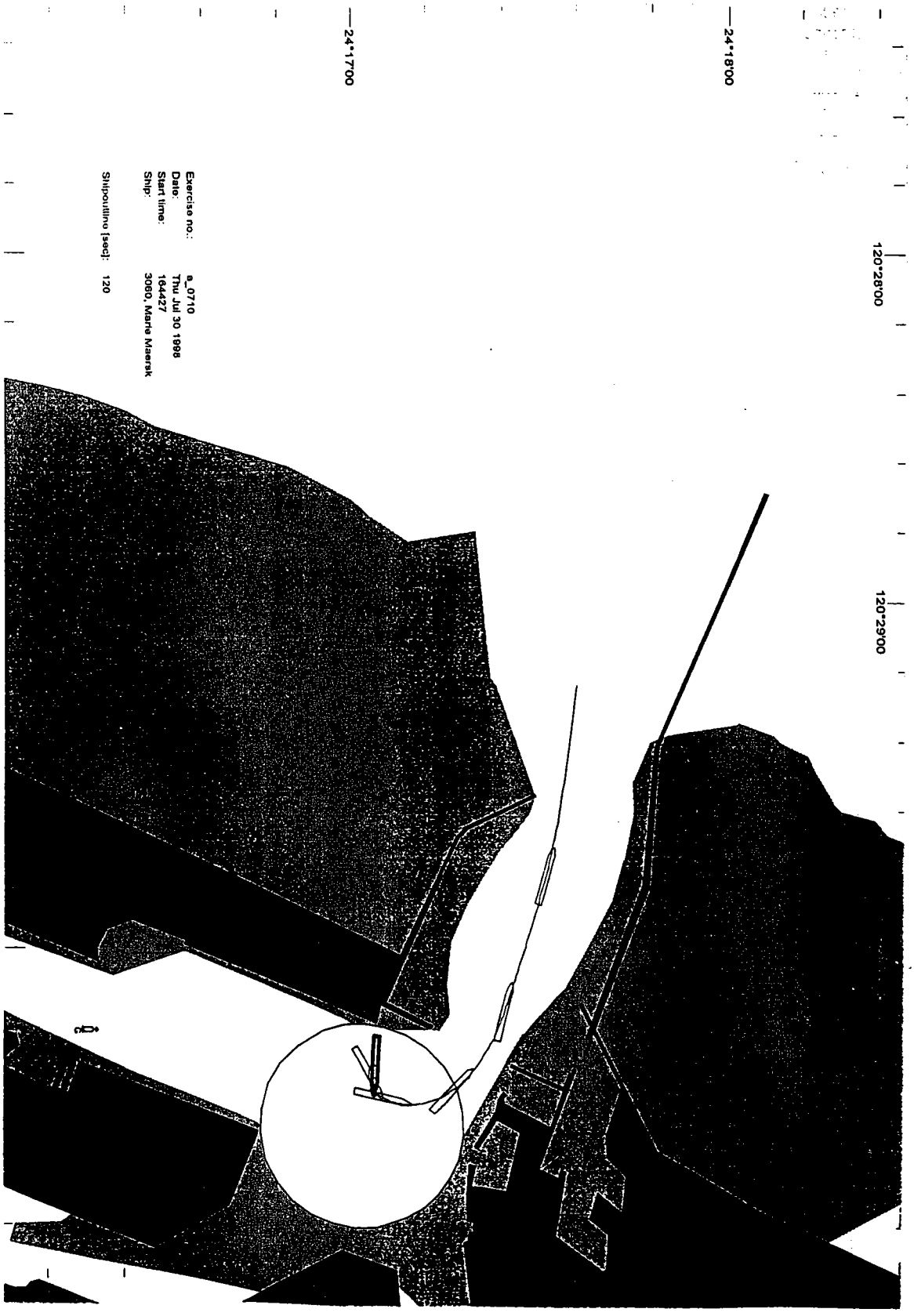
C-95 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A709)



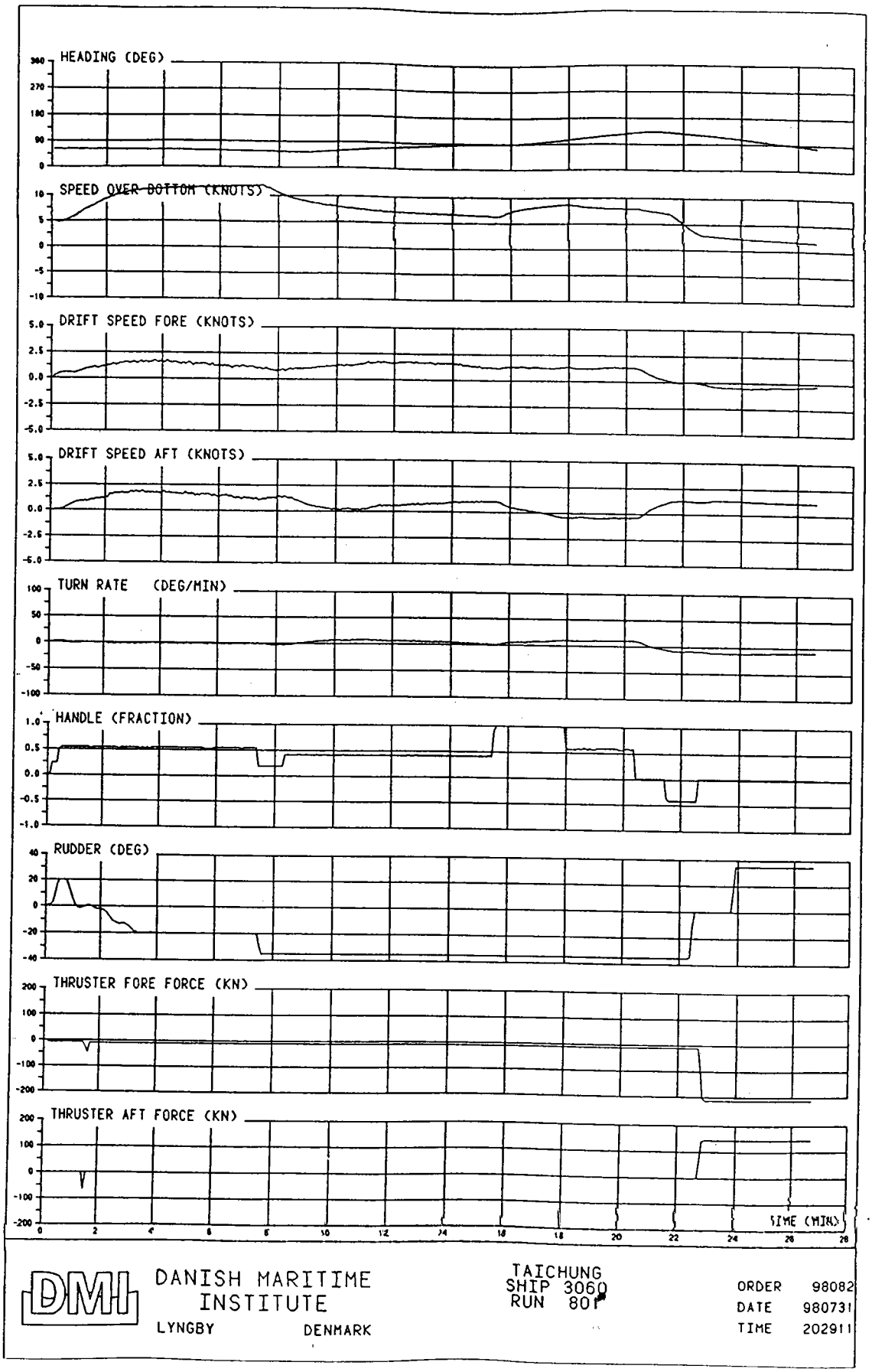
C-96 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A7-2)



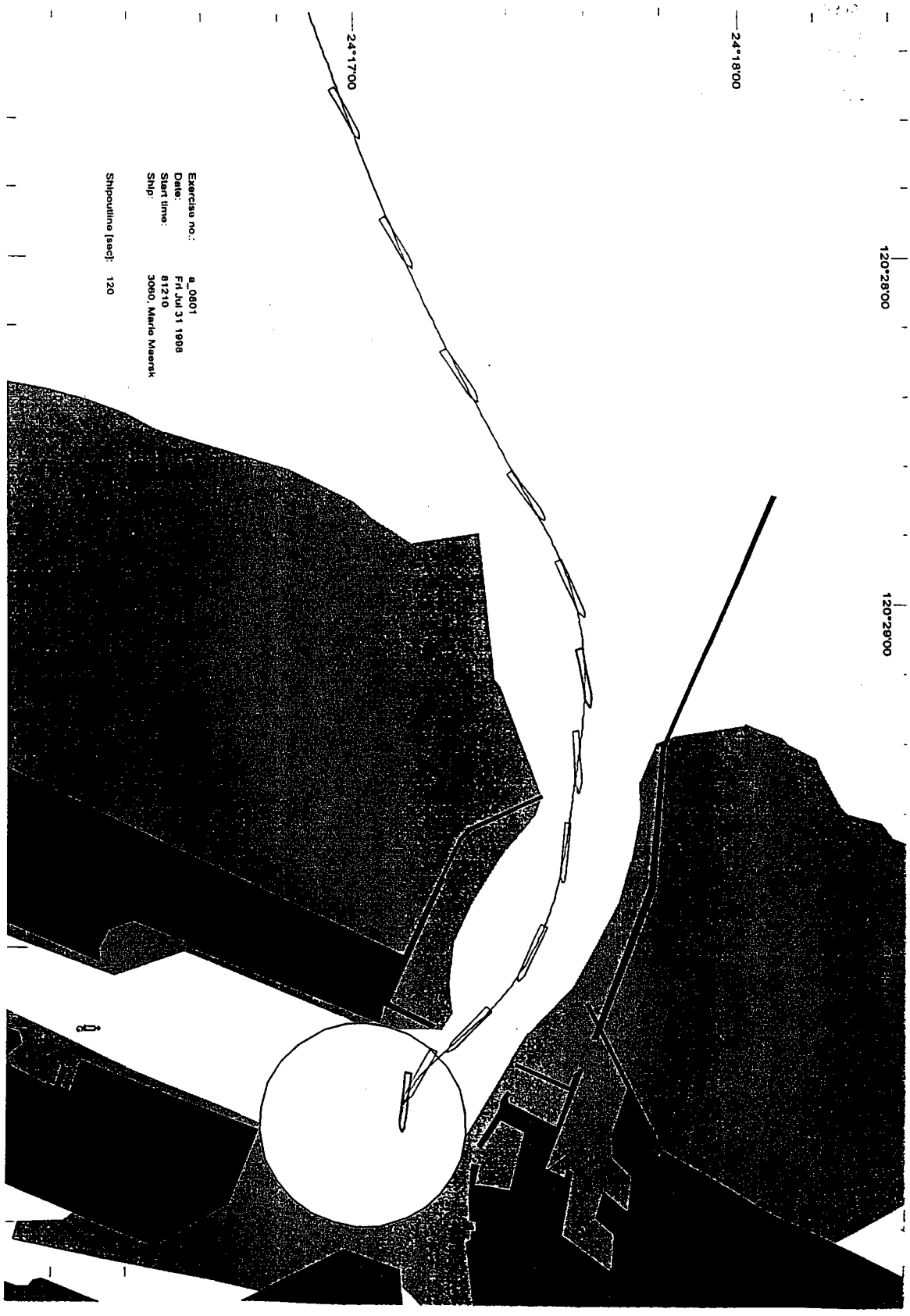
C-97 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (A710)



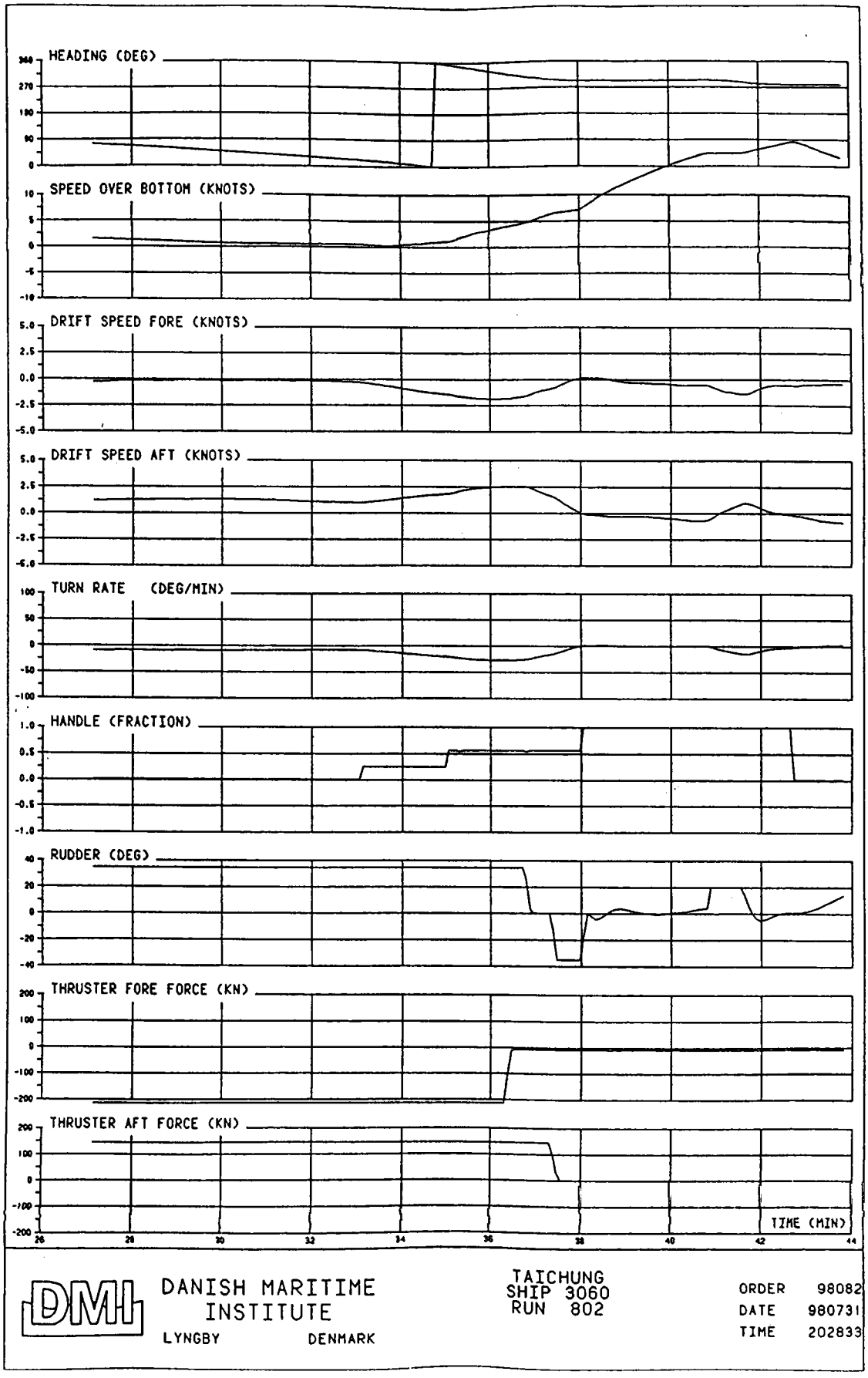
C-98 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (A710)



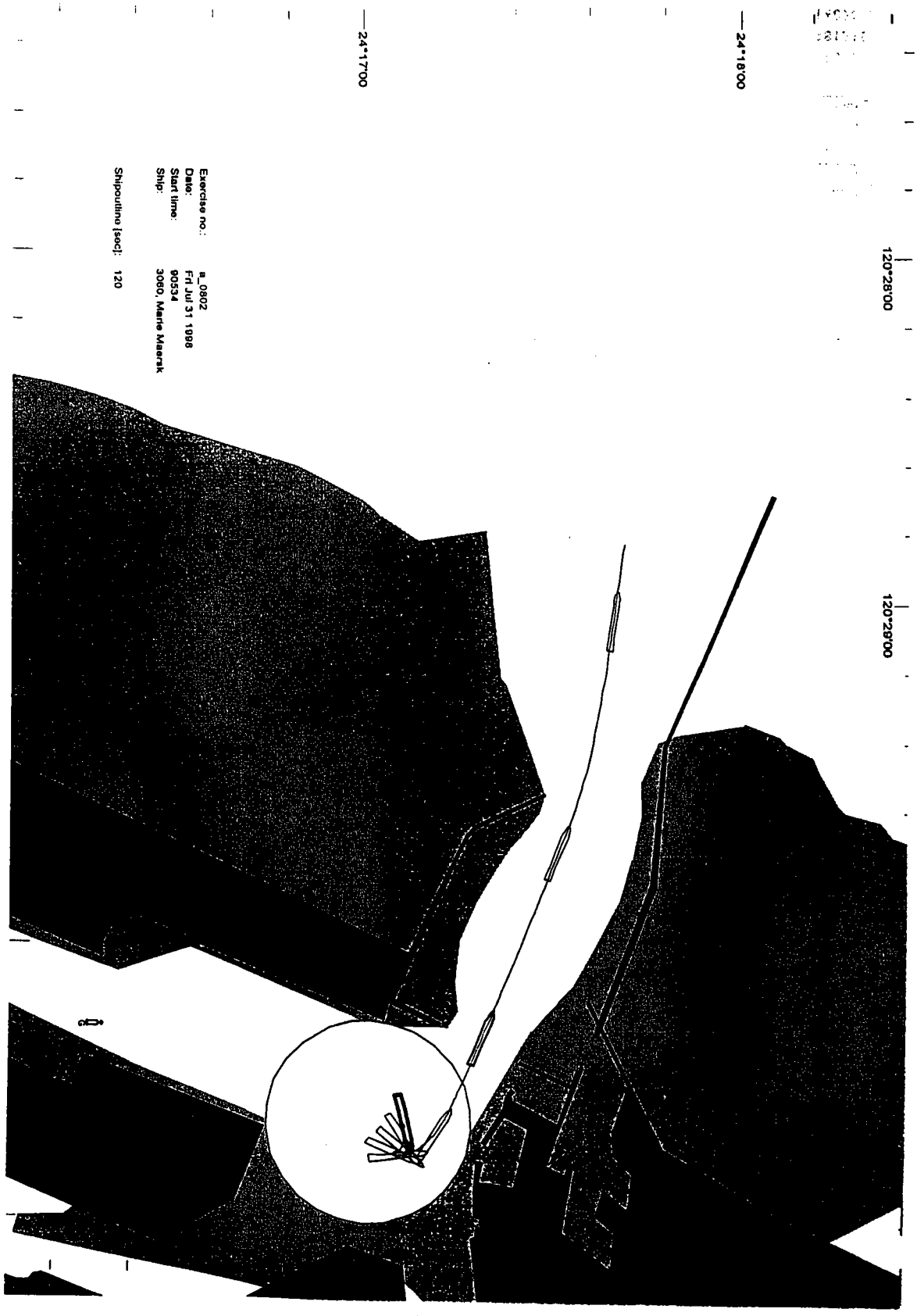
C-99 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (A801)



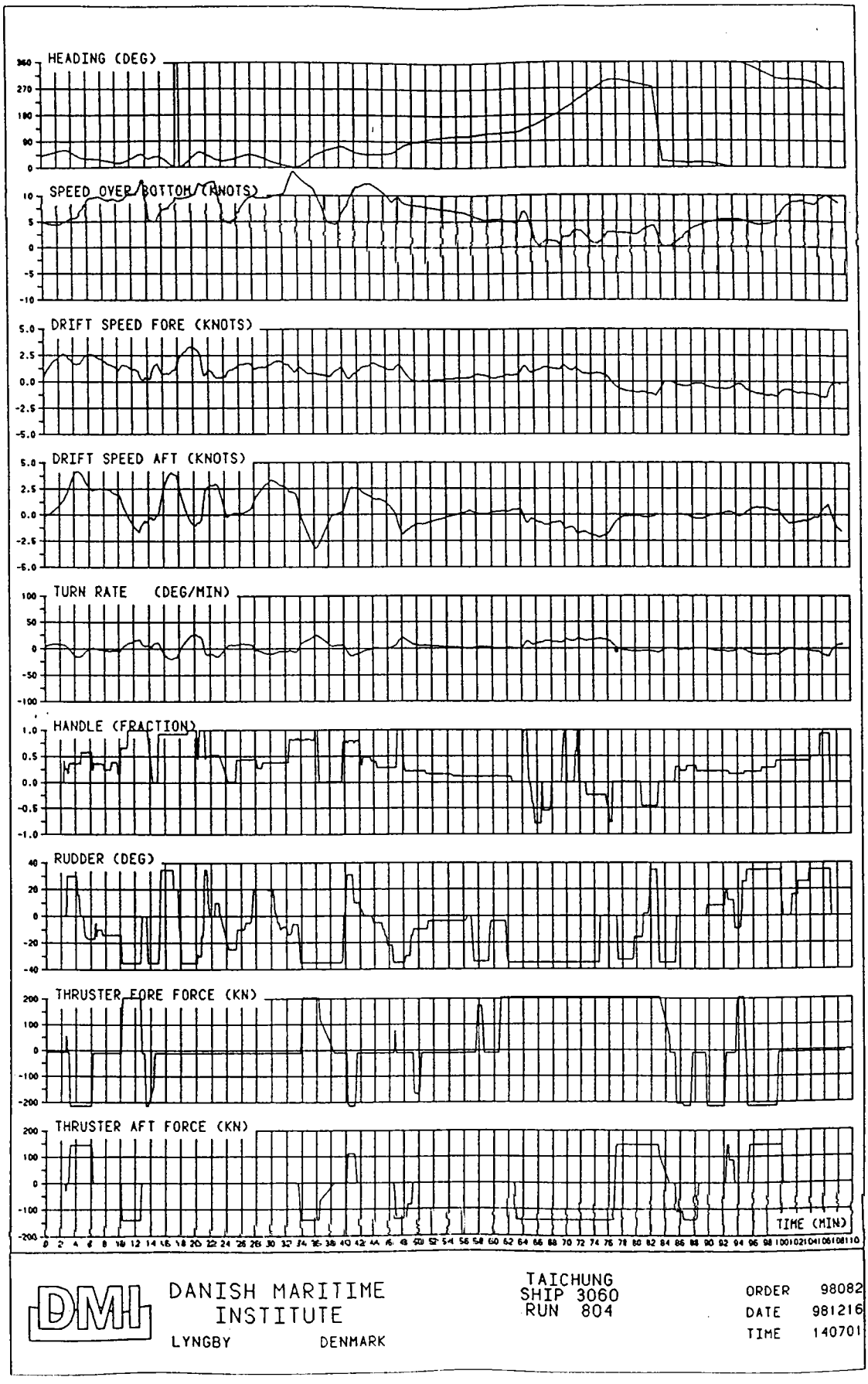
C-100 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (A801)



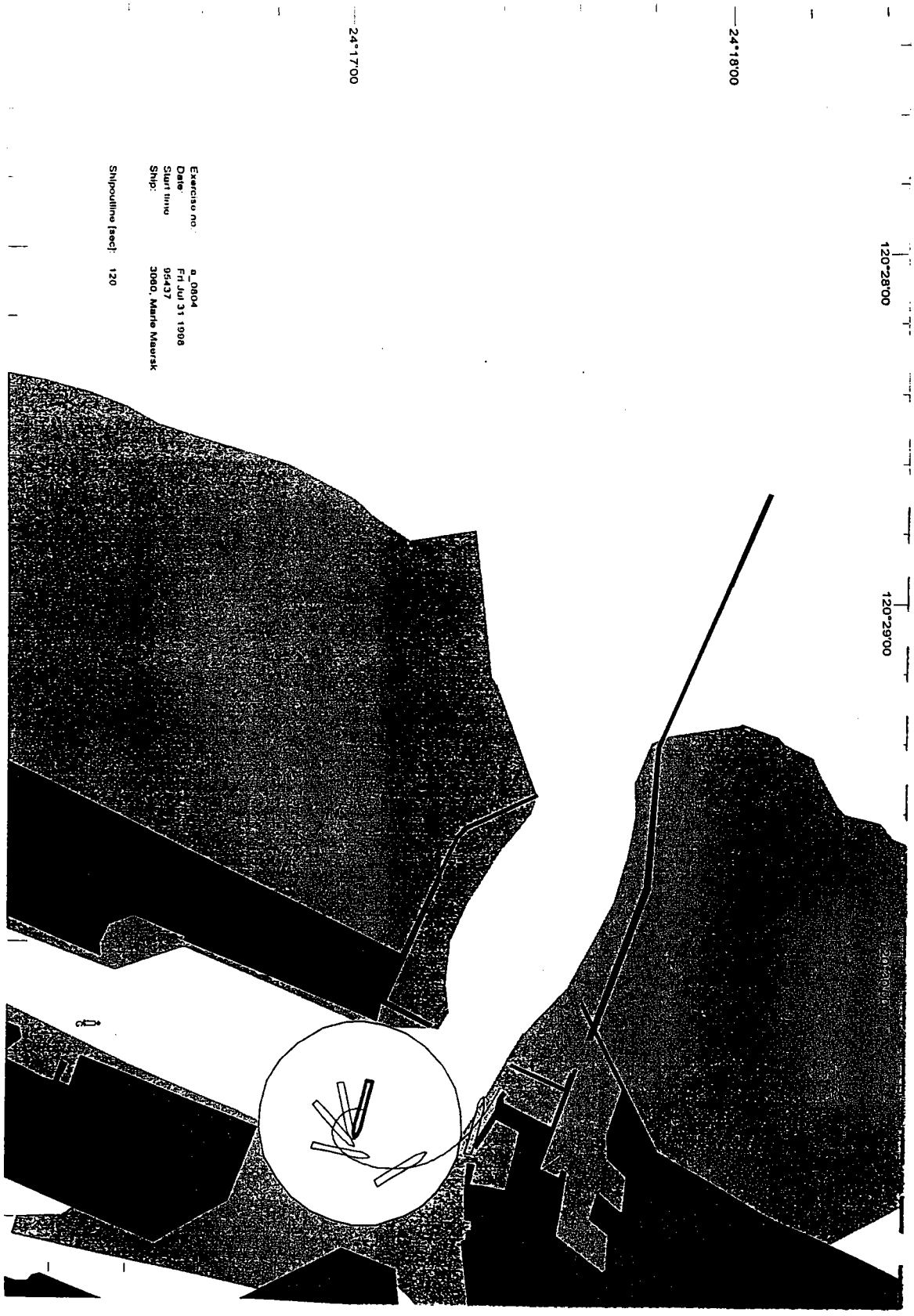
C-101 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (A802)



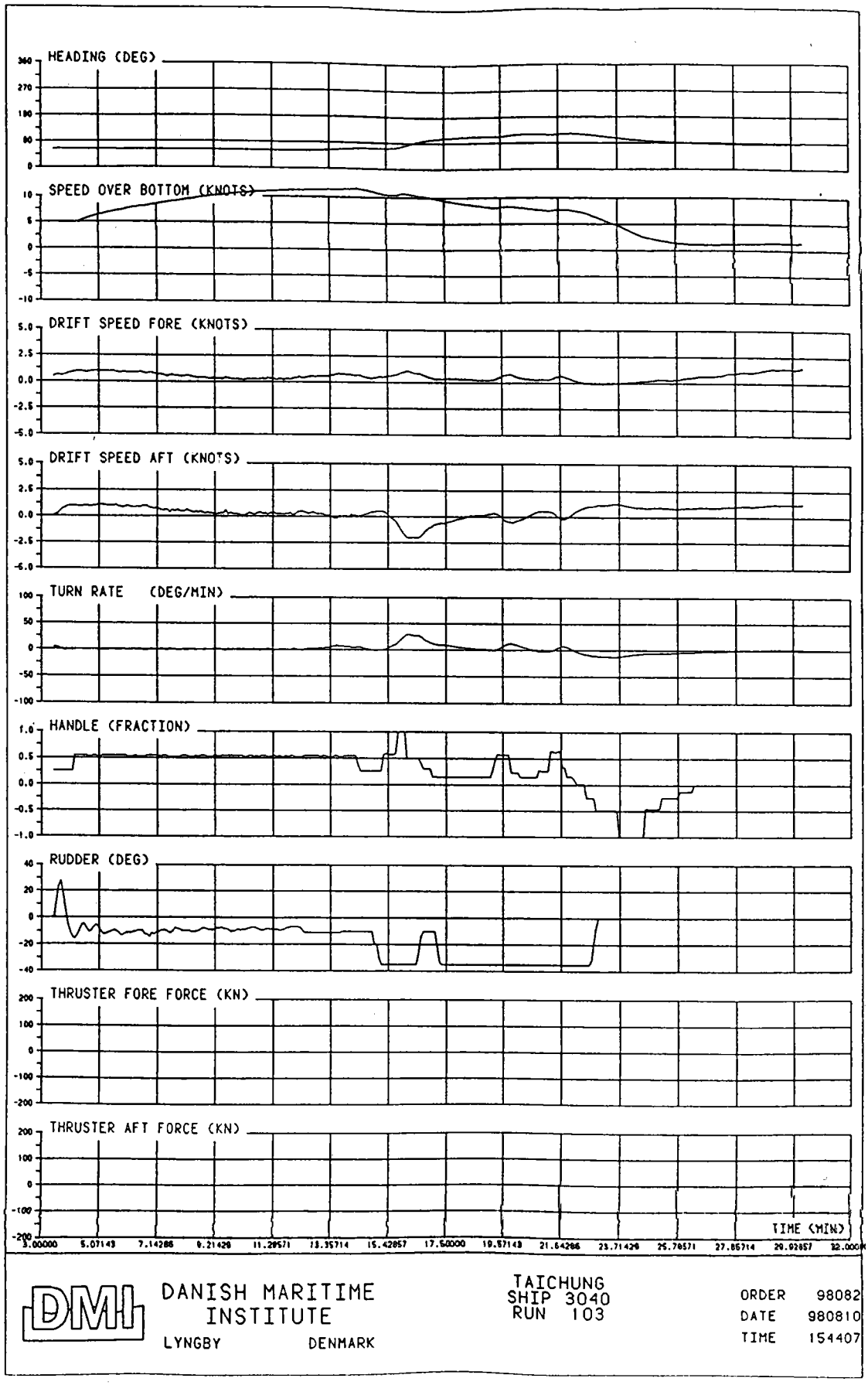
C-102 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (A802)



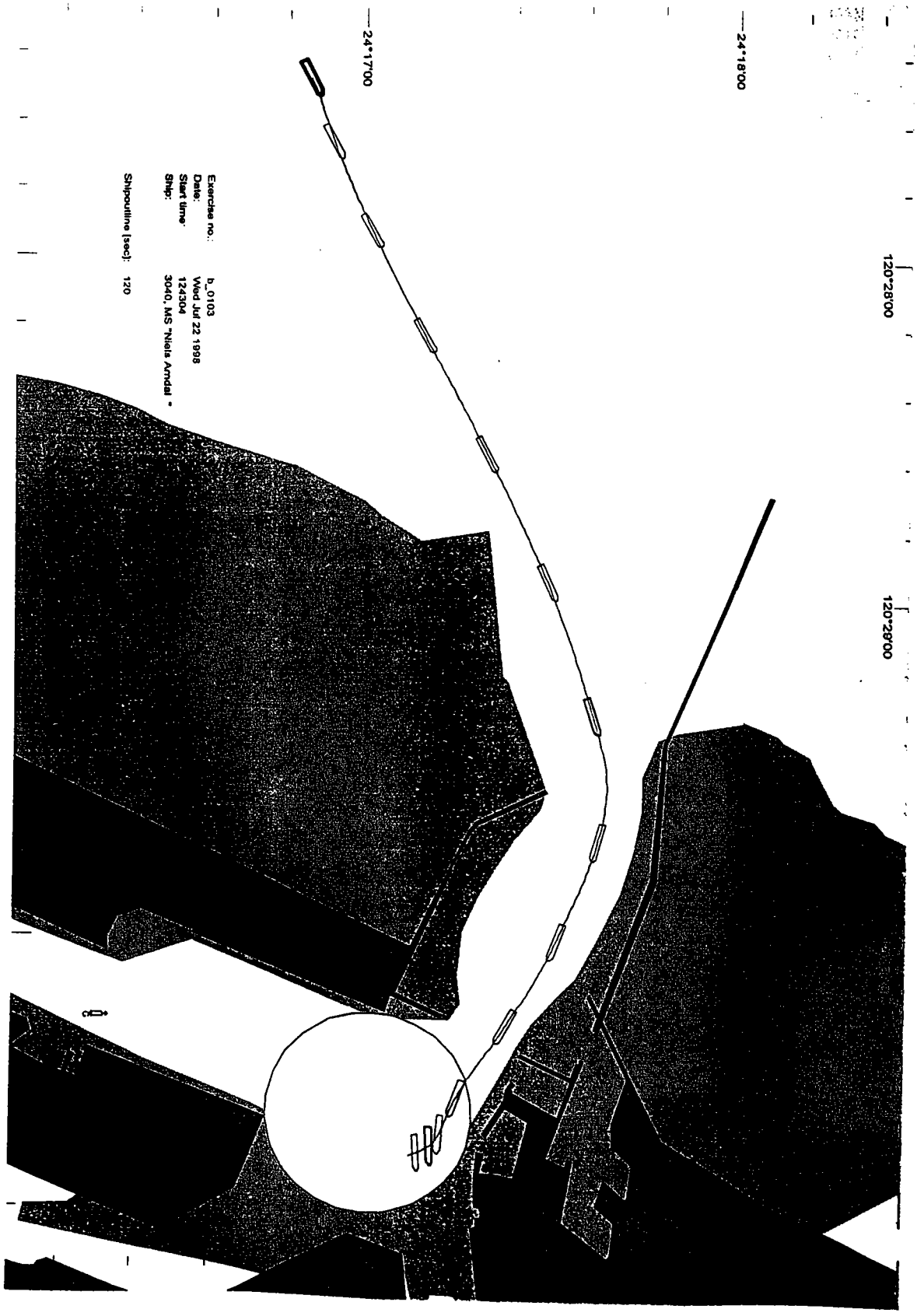
C-103 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮出港操航歷程圖 (A804)



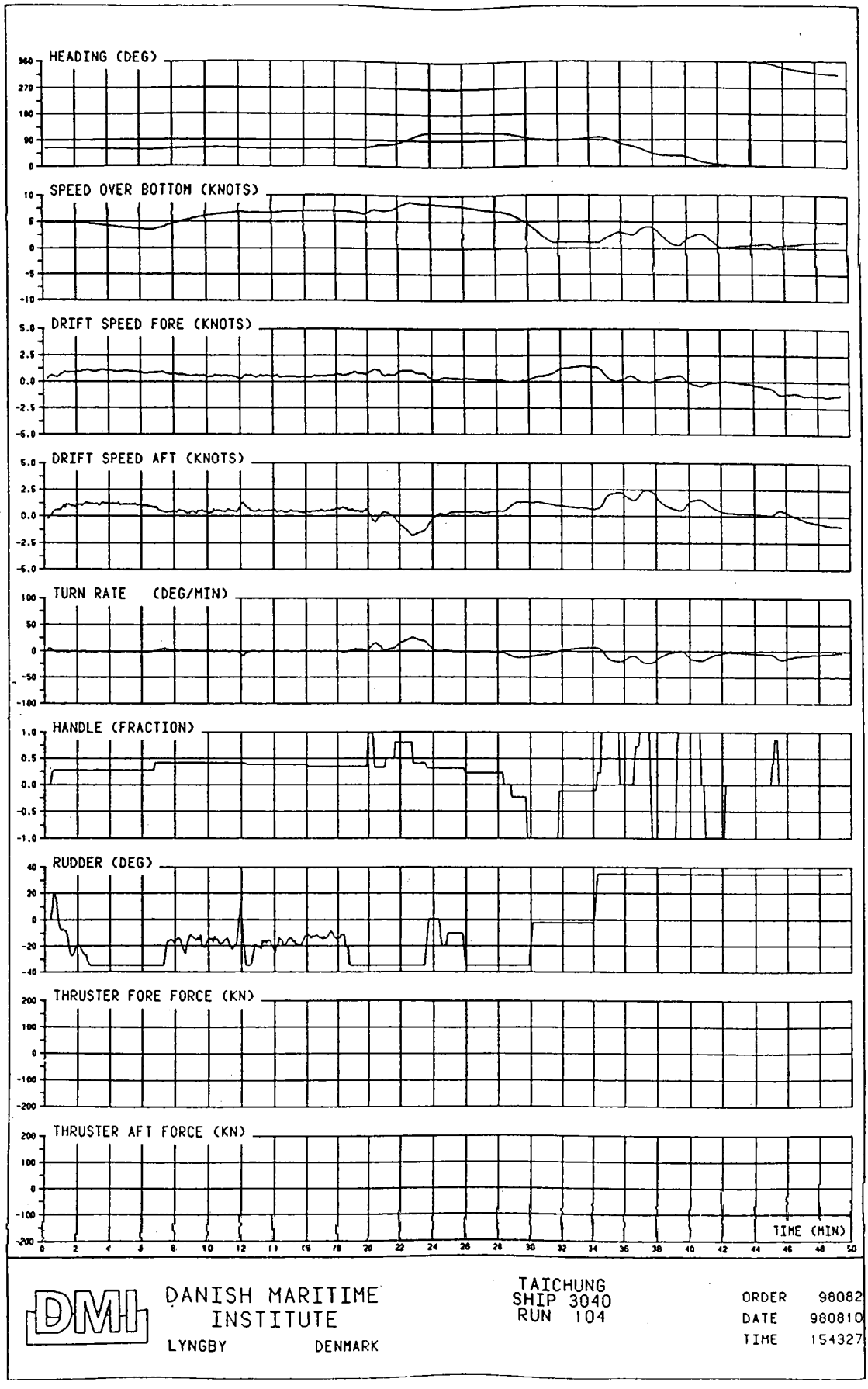
C-104 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮出港操航船跡圖 (A804)



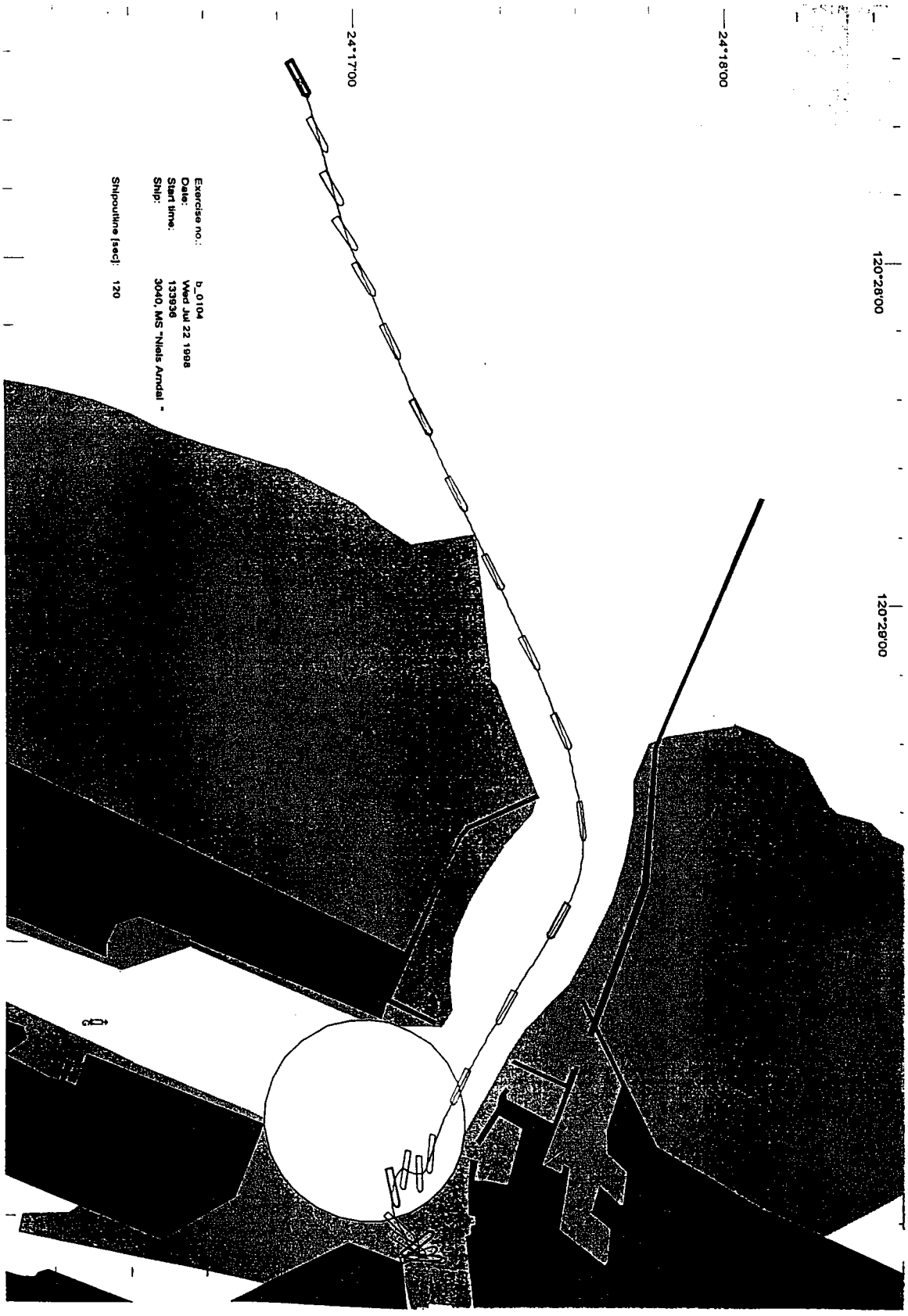
C-105 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B103)



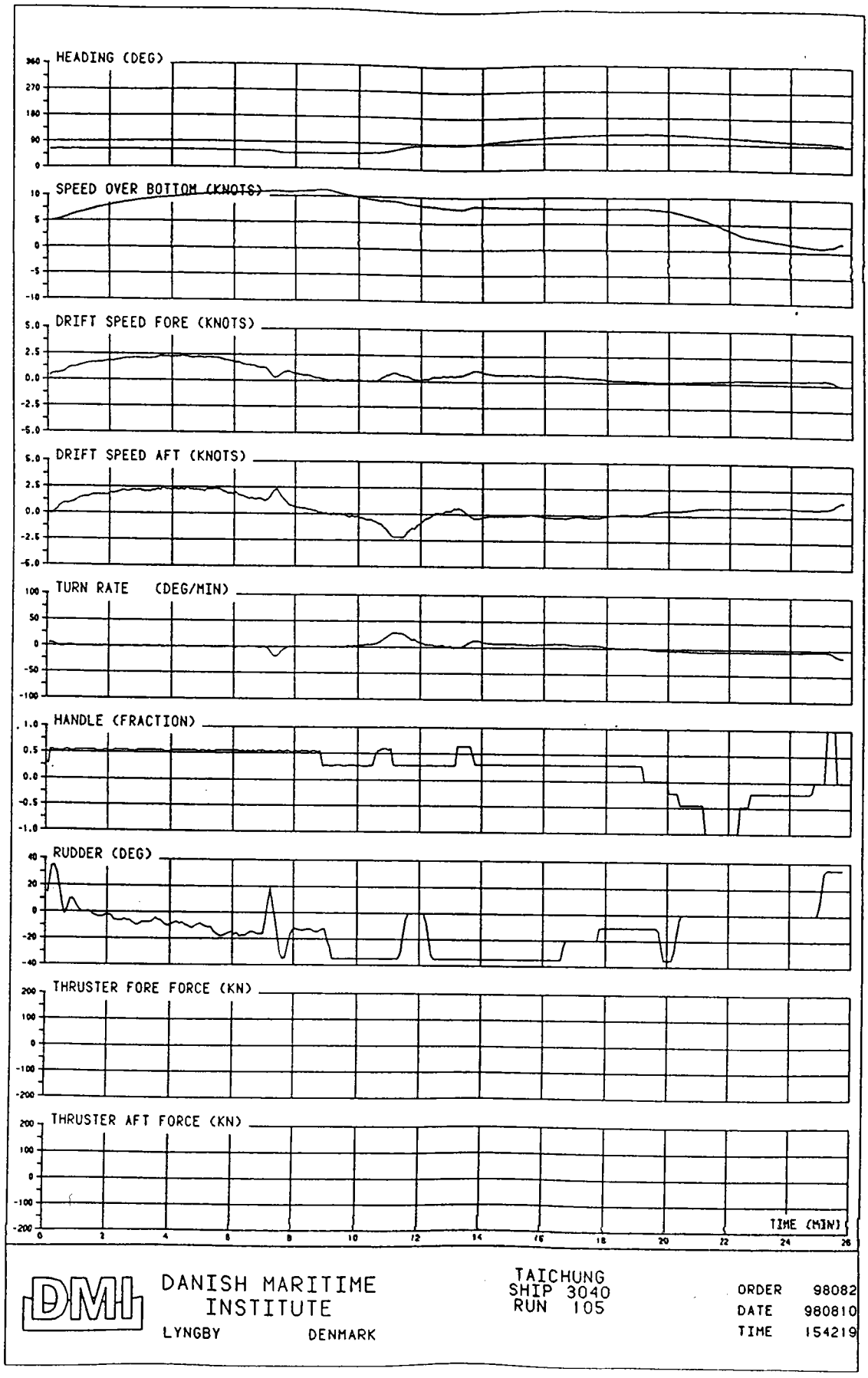
C-106 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B103)



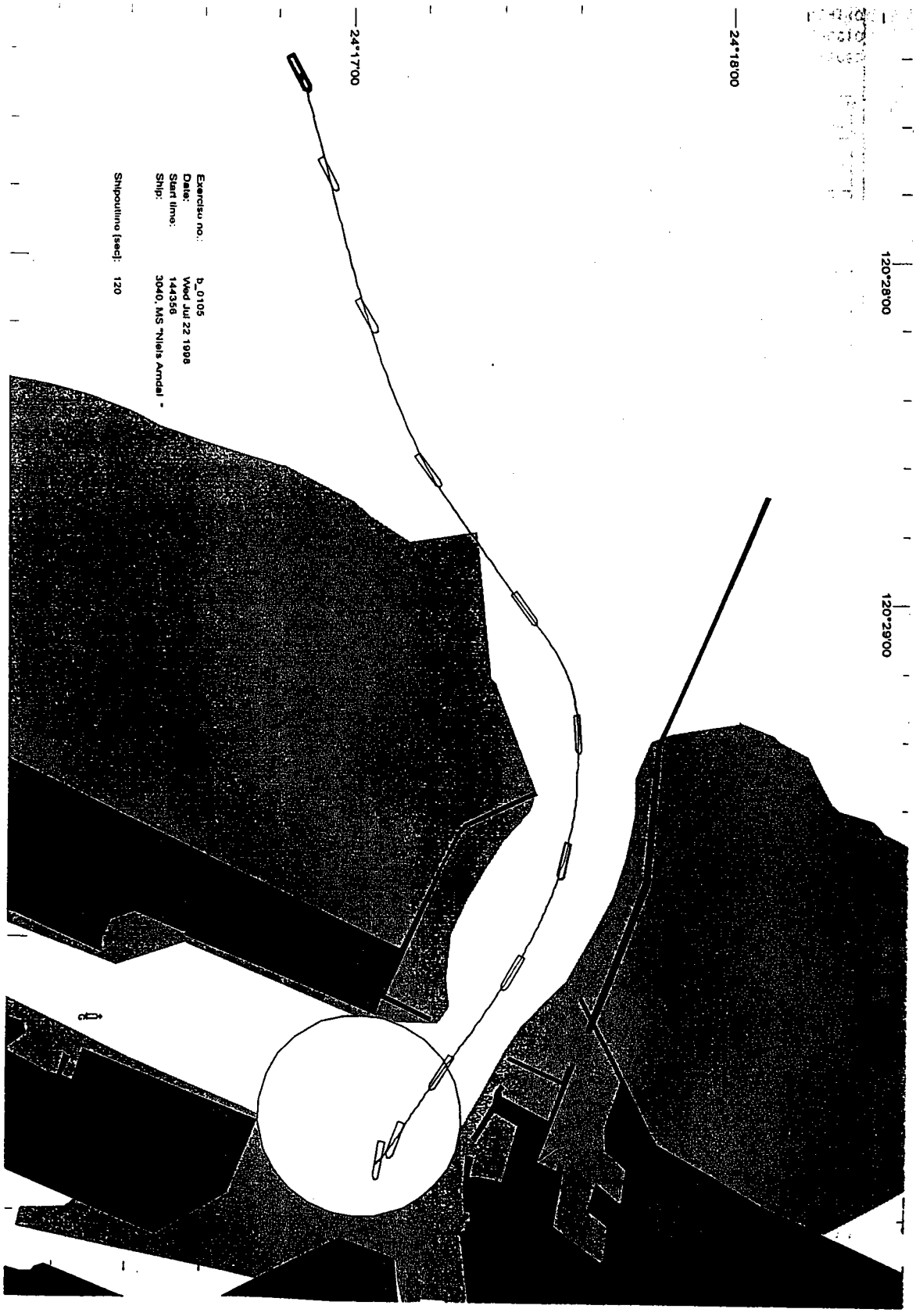
C-107 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B104)



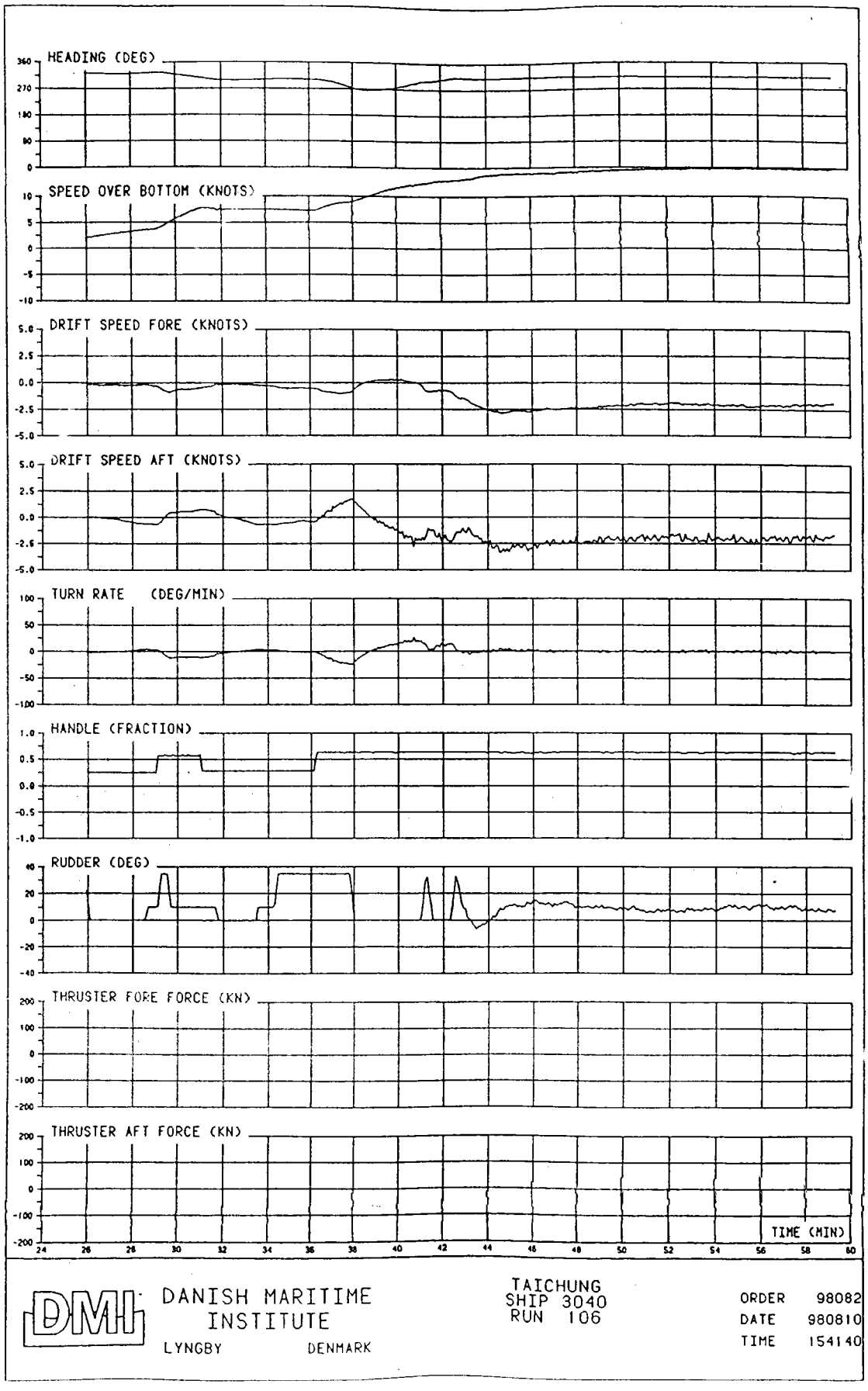
C-108 風速 15m/s，30 0 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B104)



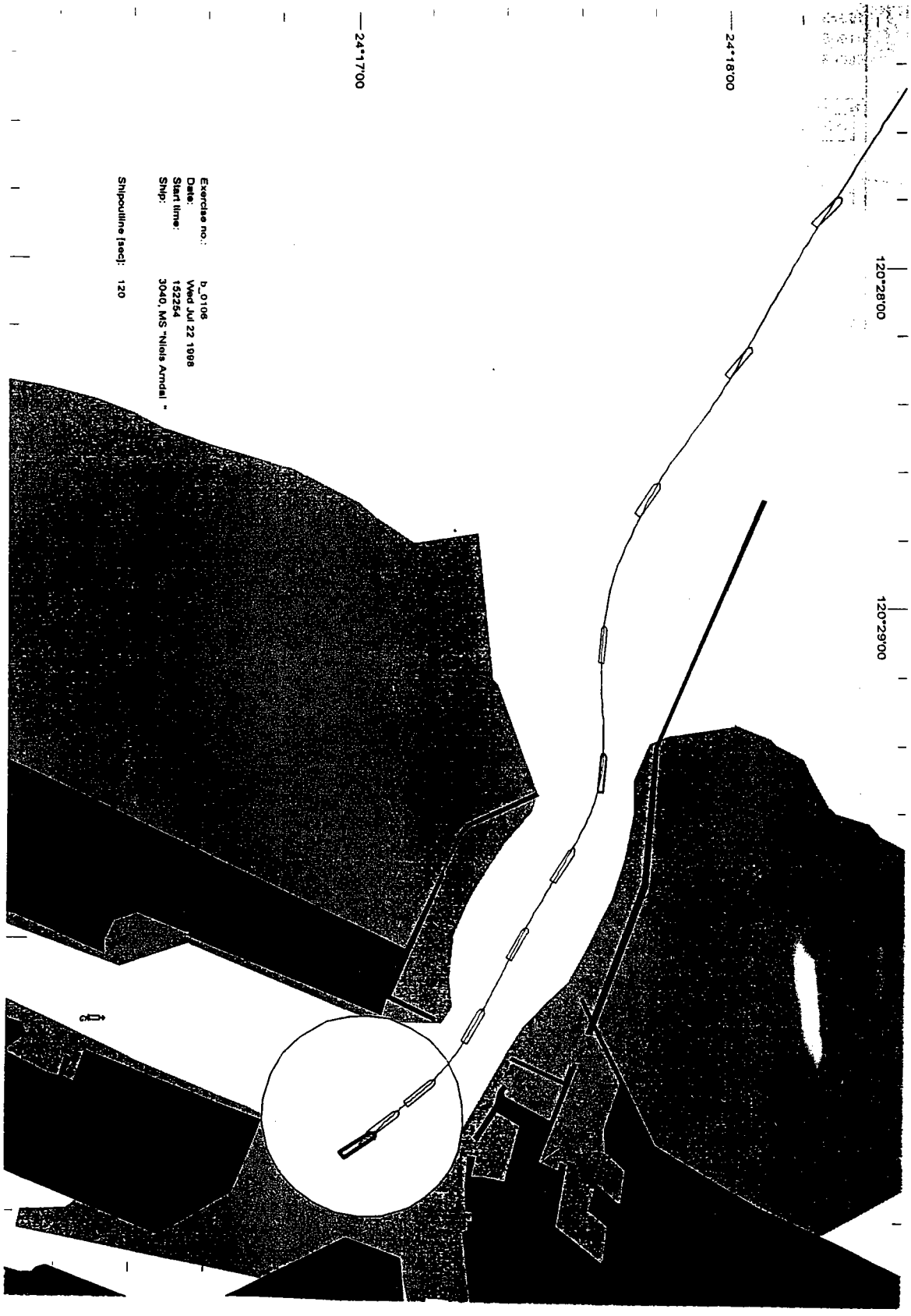
C-109 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (B105)



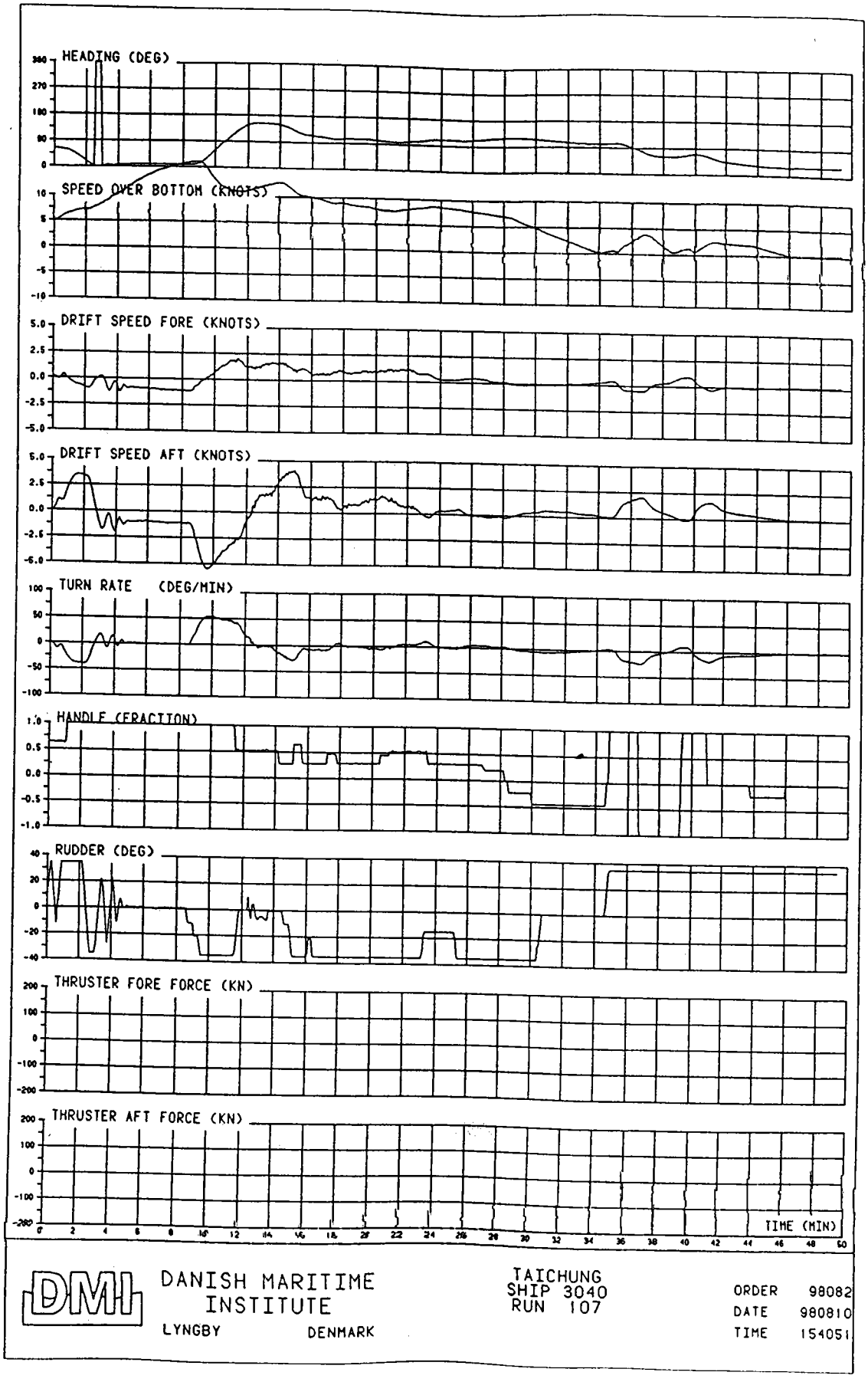
C-110 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (B105)



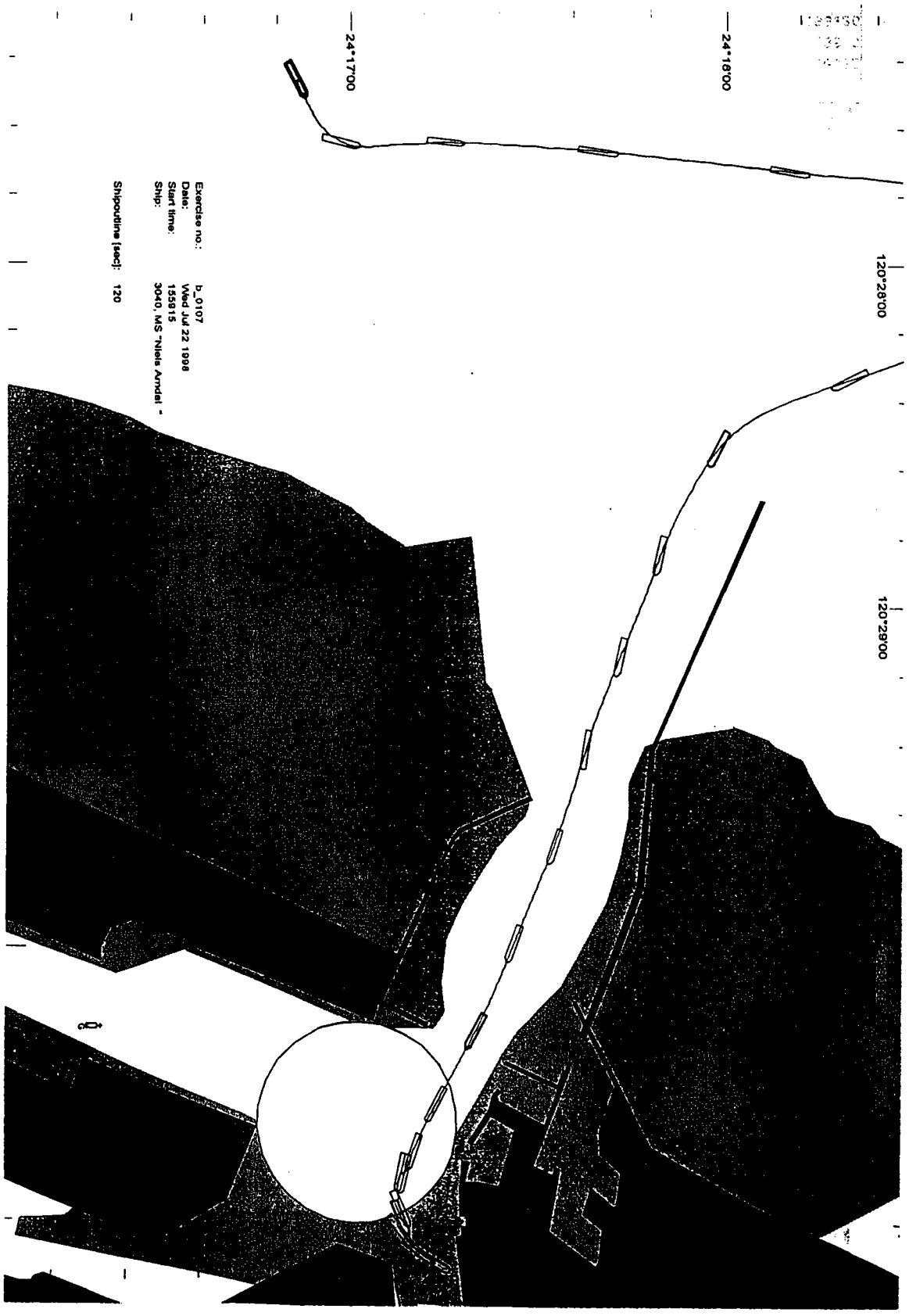
C-111 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮出港操航歷程圖 (B106)



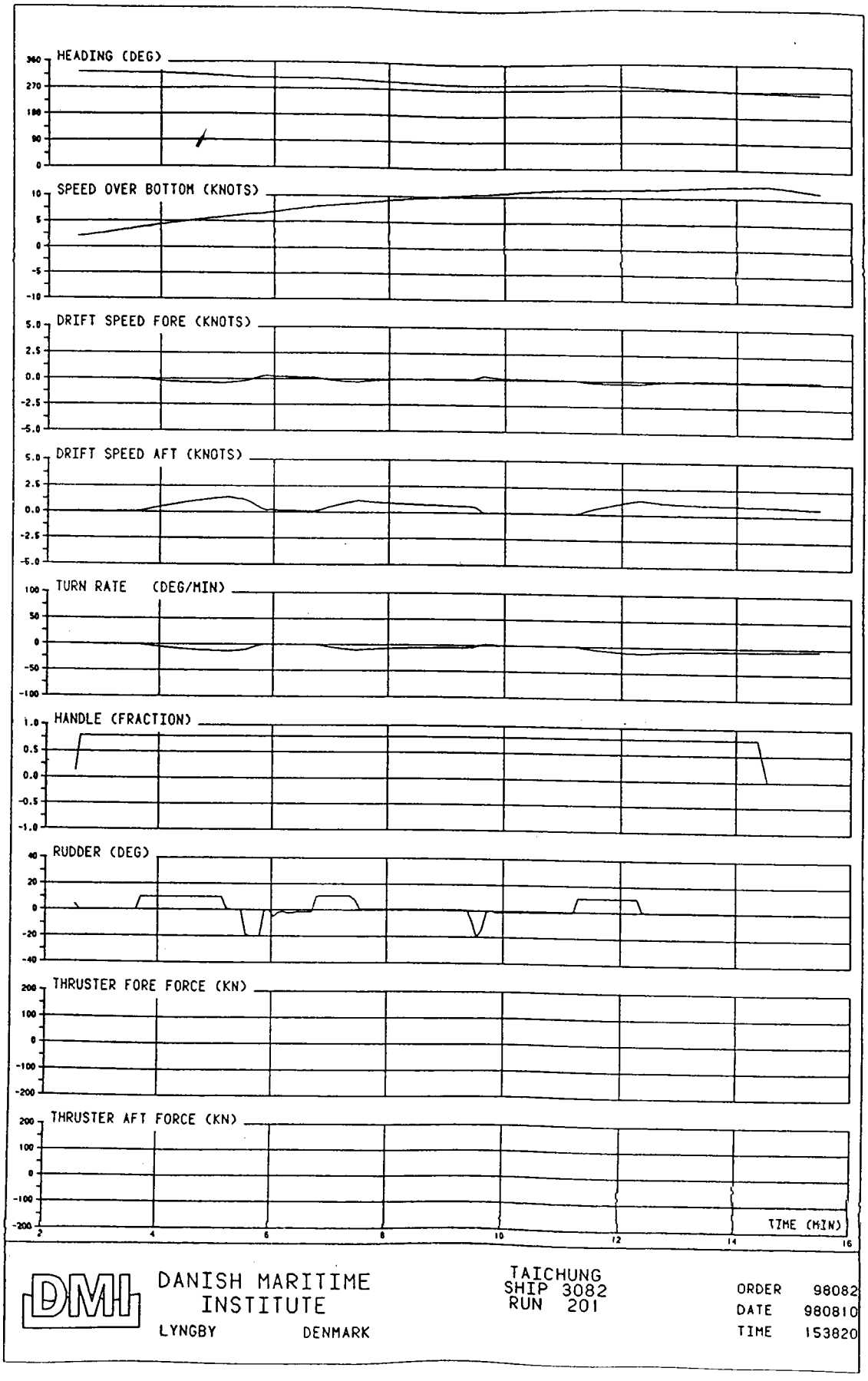
C-112 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)漲潮出港操航船跡圖 (B106)



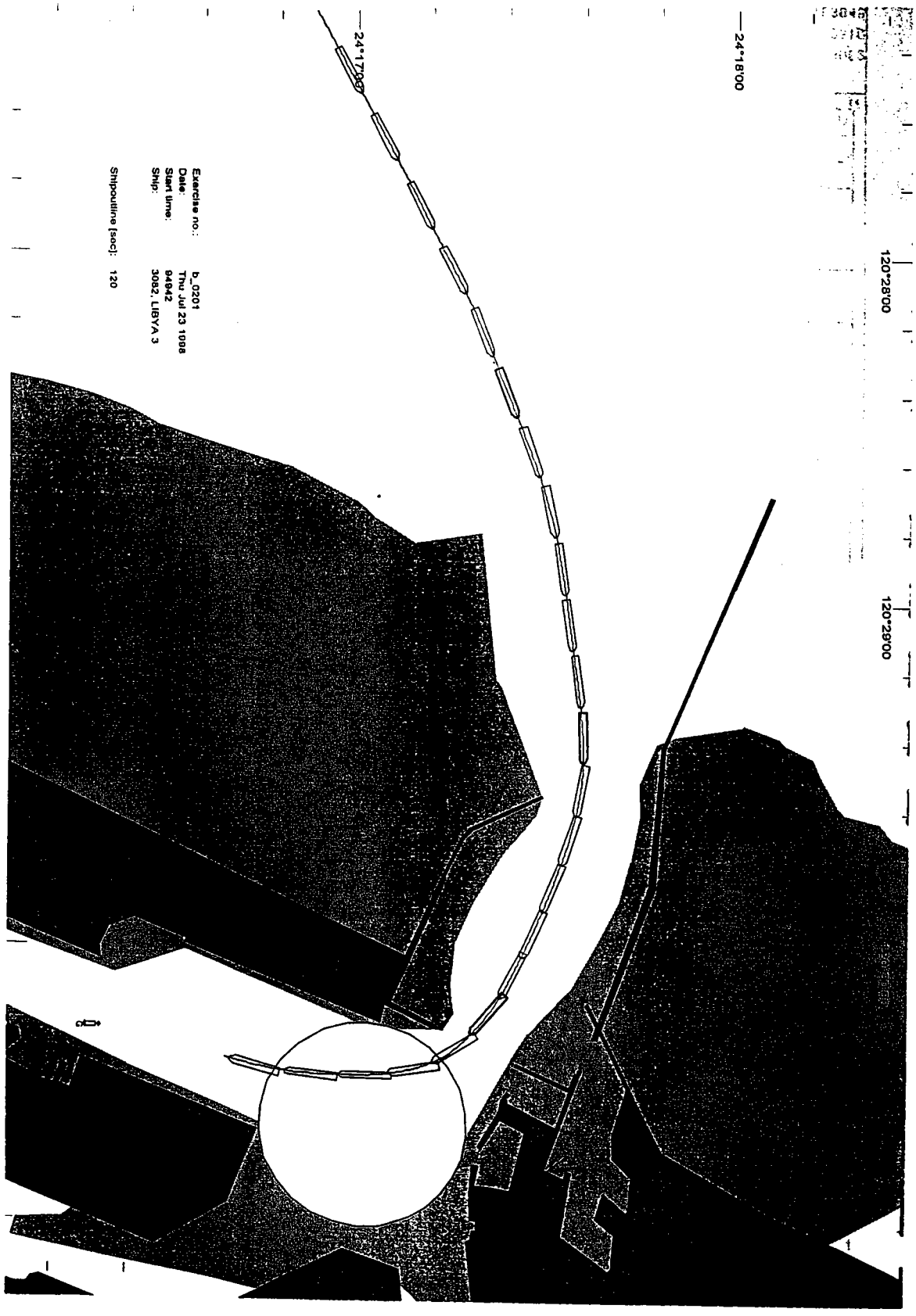
C-113 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B107)



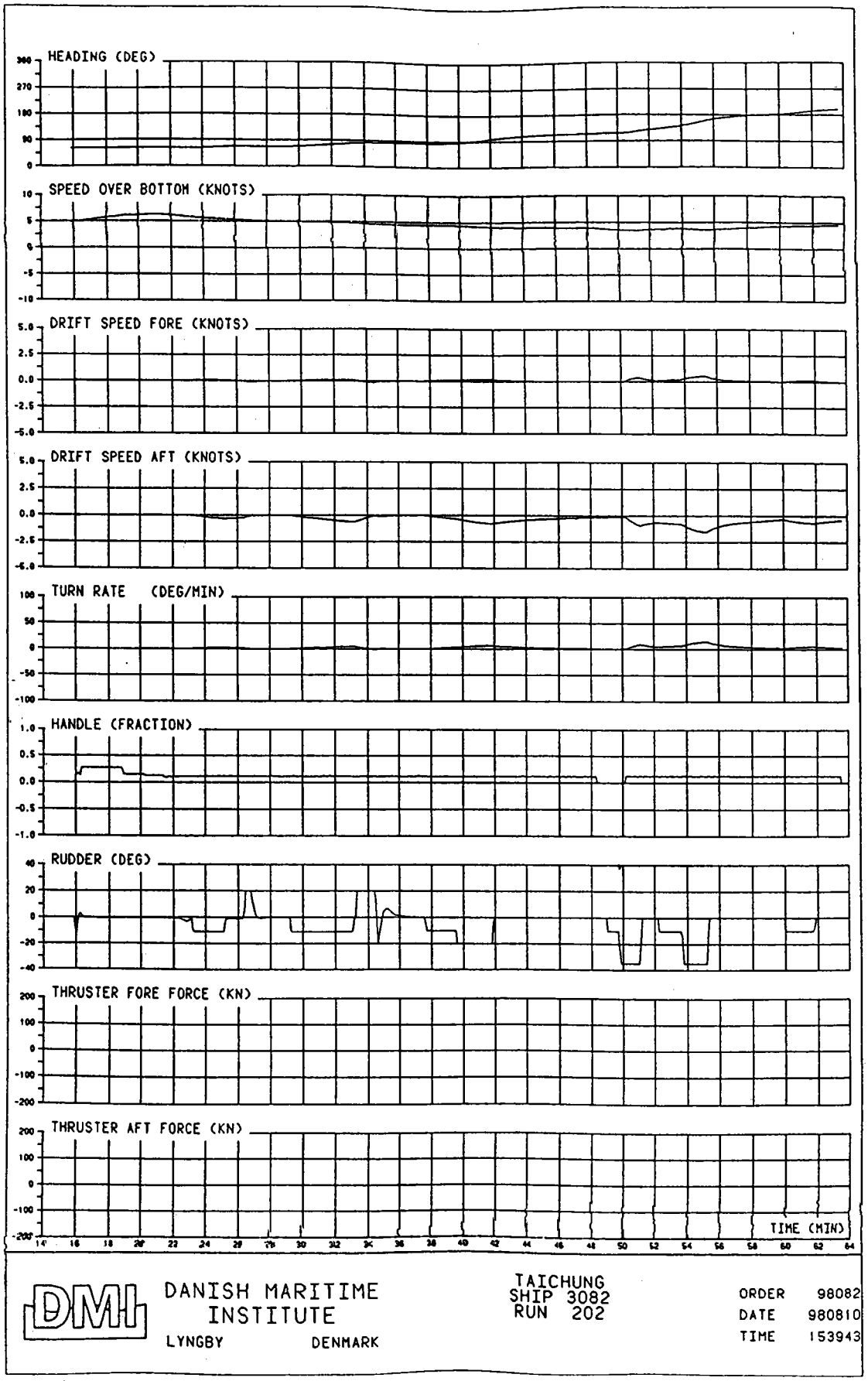
C-114 風速 15m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B107)



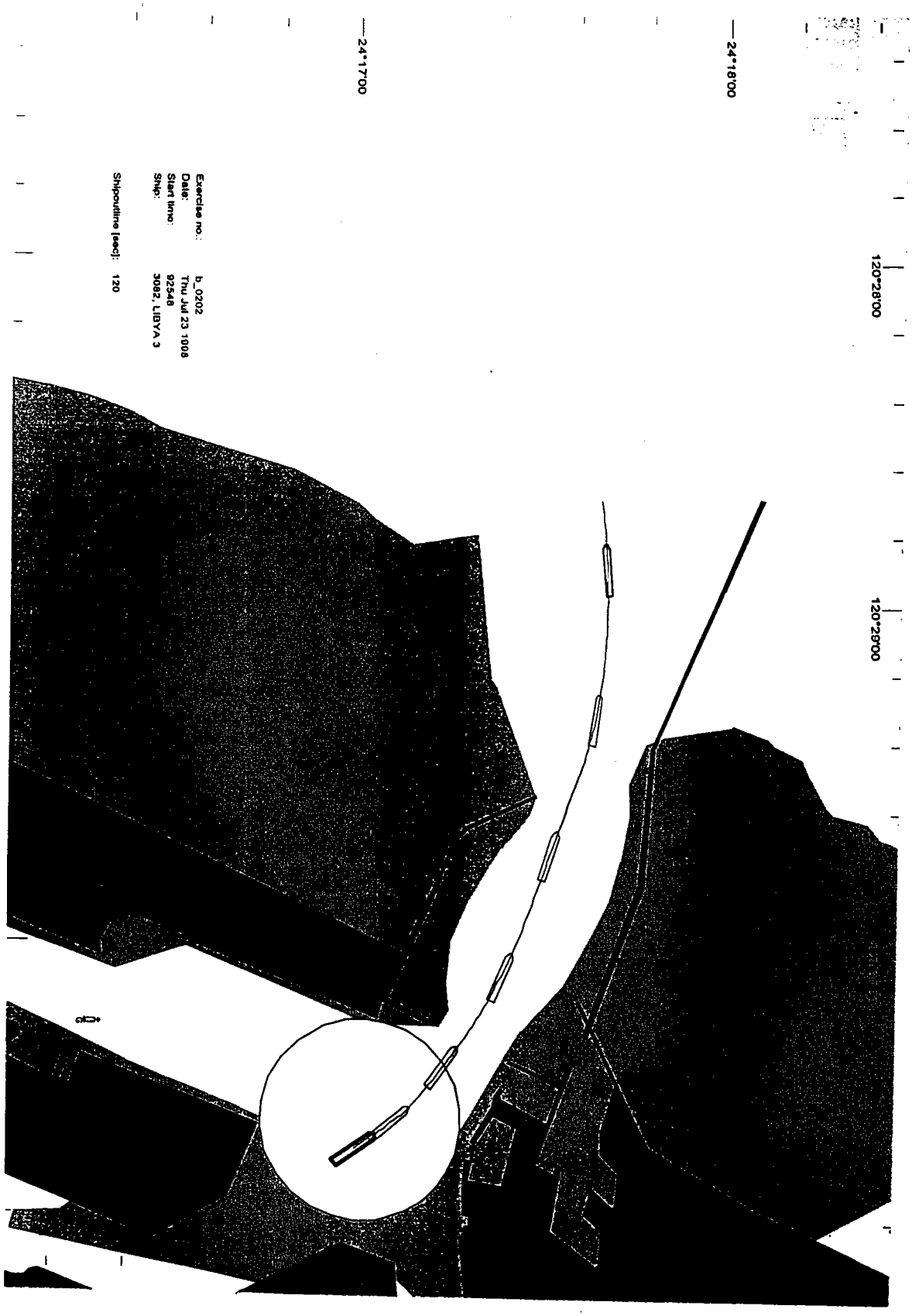
C-115 風速 15m/s，3082 油輪(空載)進港操航歷程圖 (B201)



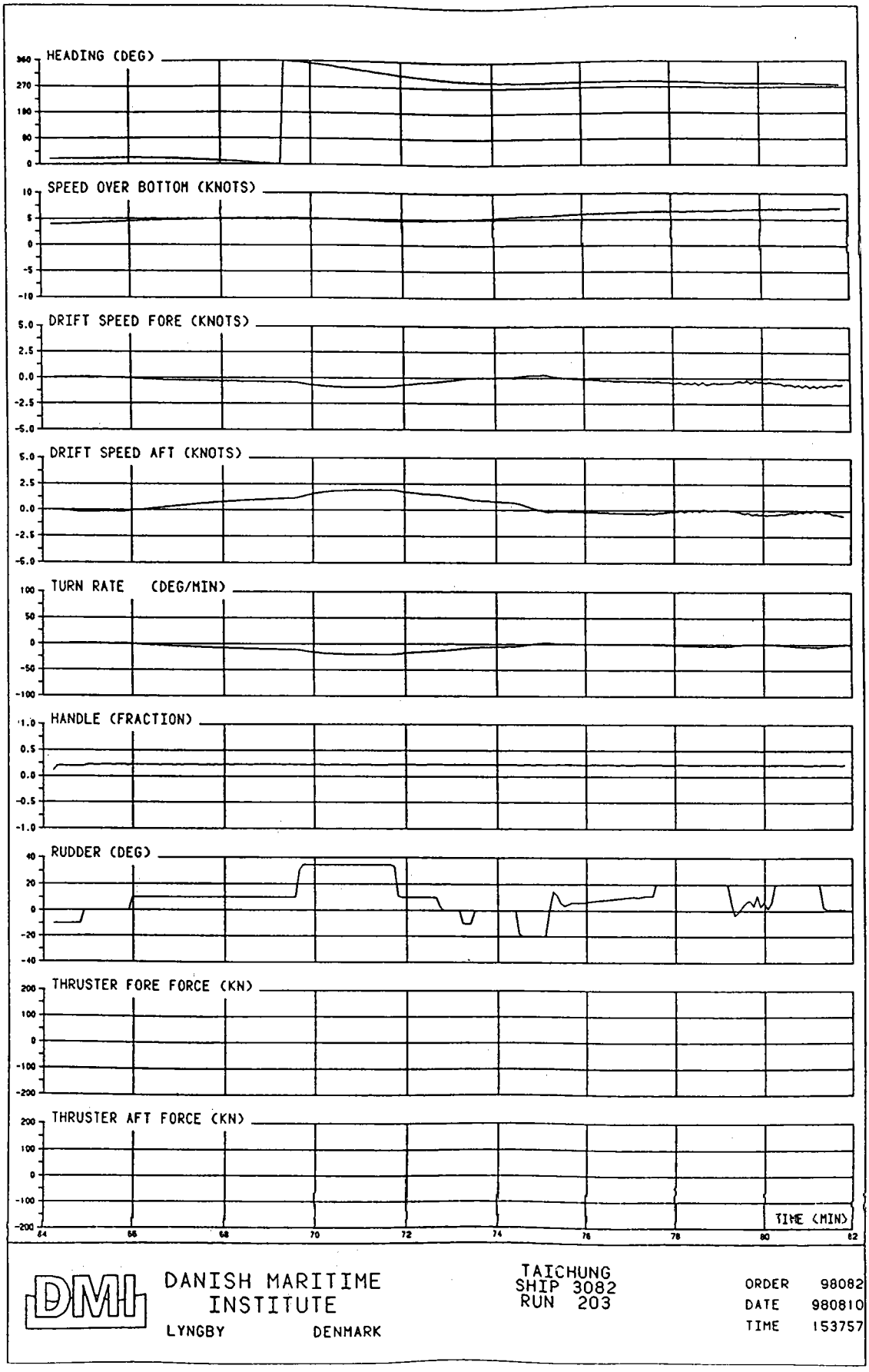
C-116 風速 15m/s，3082 油輪(空載)進港操航船跡圖 (B201)



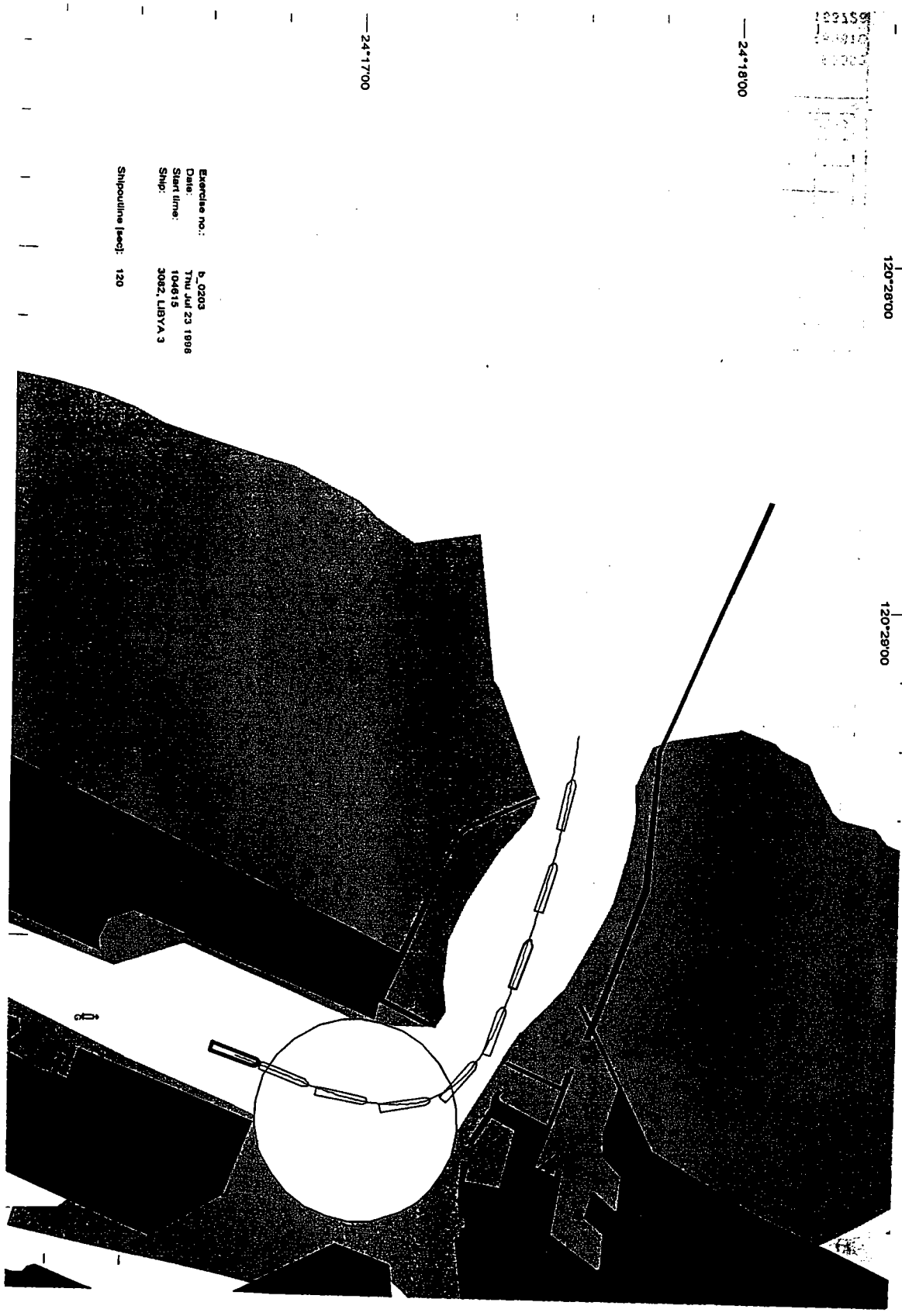
C-117 風速 15m/s，3082 油輪(空載)出港操航歷程圖 (B202)



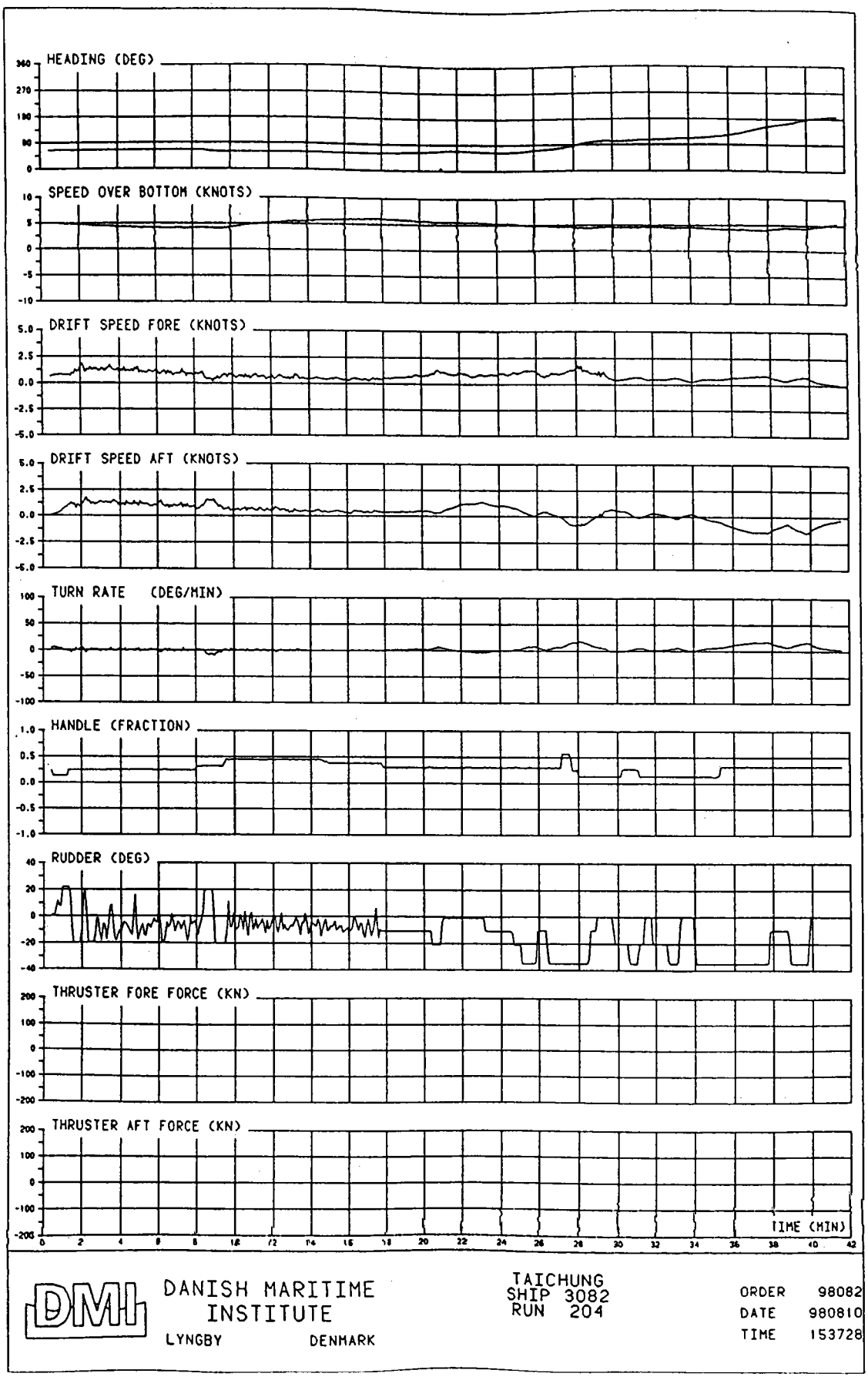
C-118 風速 15m/s，3082 油輪(空載)出港操航船跡圖 (B202)



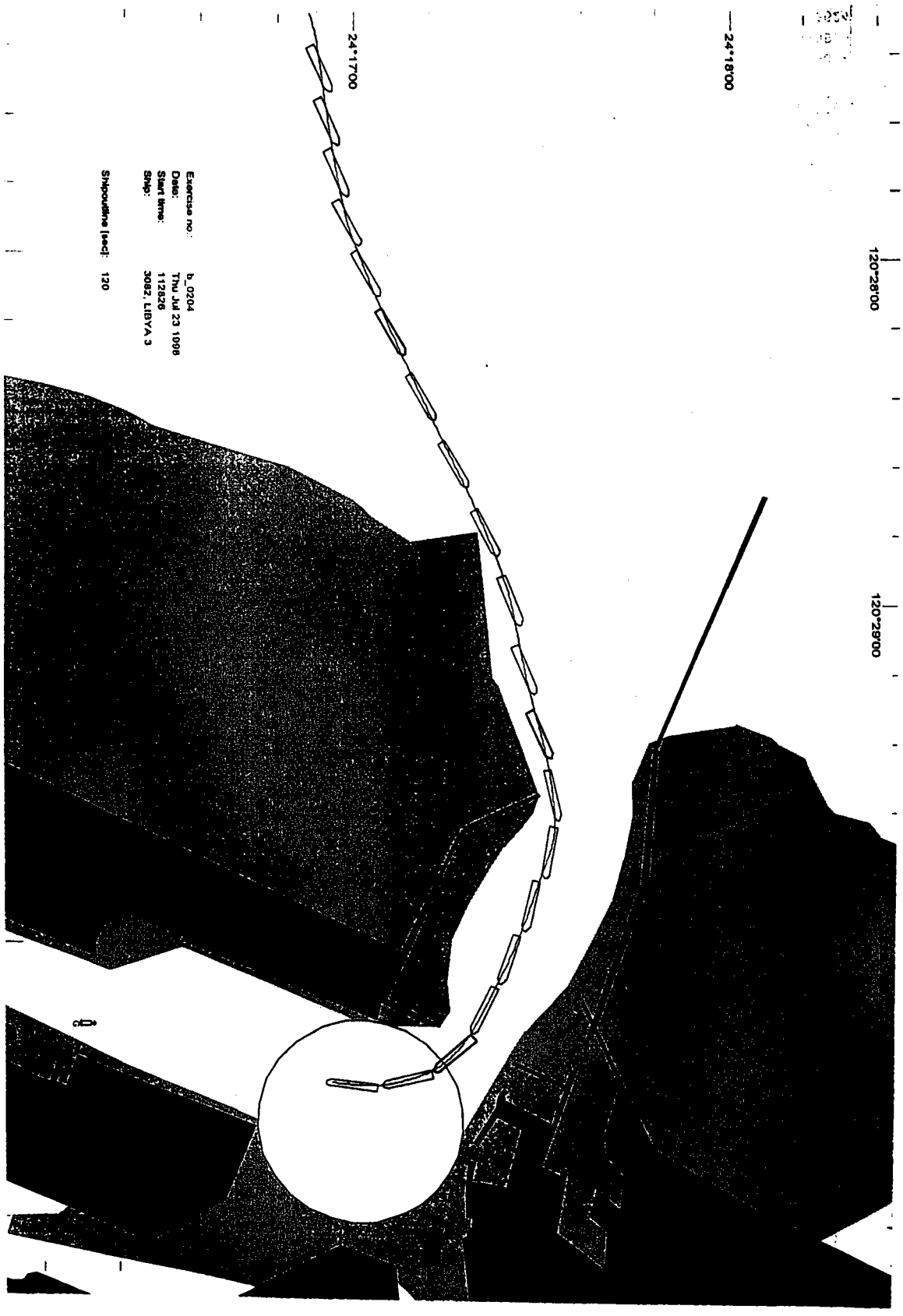
C-119 風速 15m/s，3082 油輪(空載)退潮出港操航歷程圖 (B203)



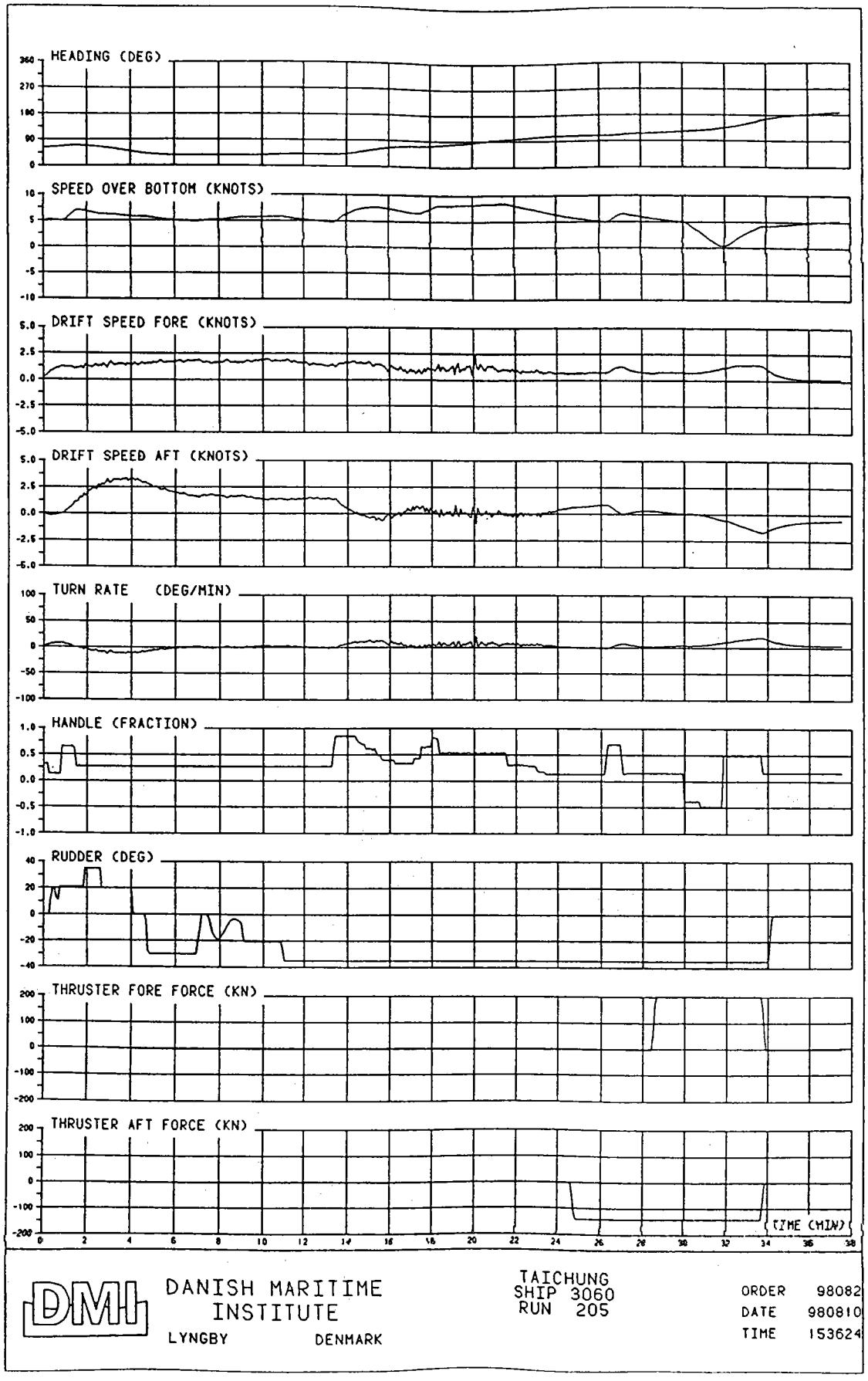
C-120 風速 15m/s，3082 油輪(空載)退潮出港操航船跡圖 (B203)



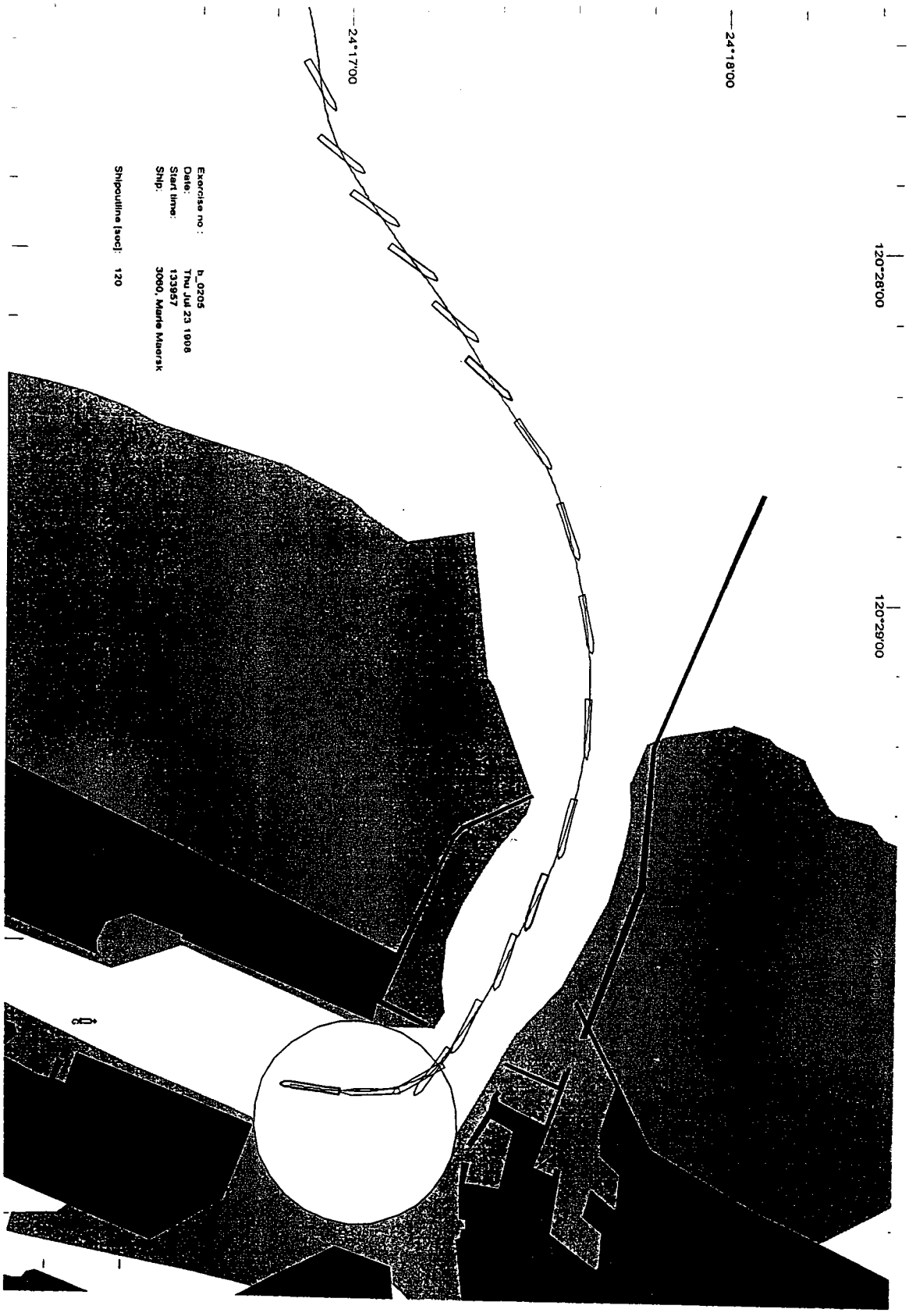
C-121 風速 15m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航歷程圖 (B204)



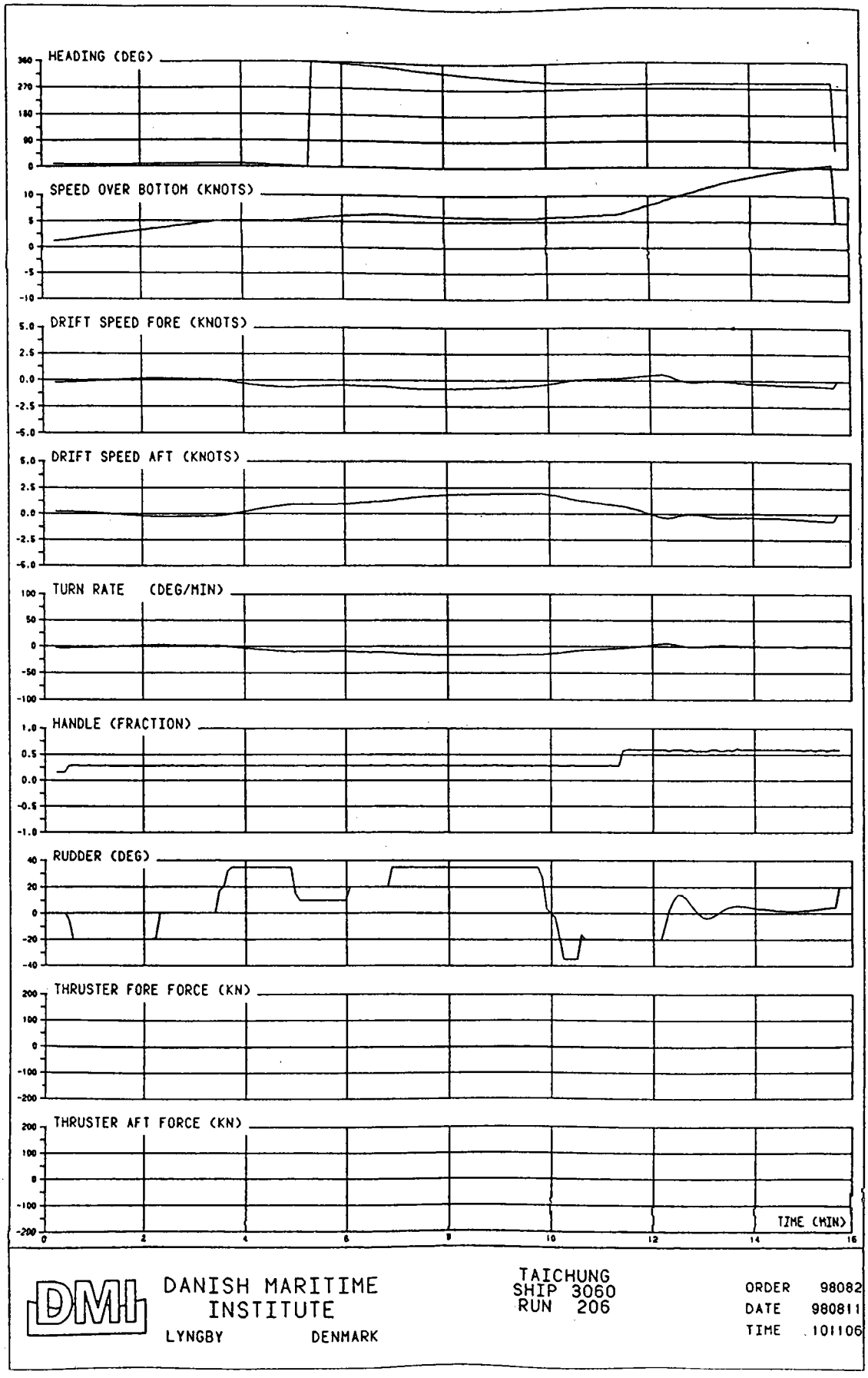
C-122 風速 15m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航船跡圖 (B204)



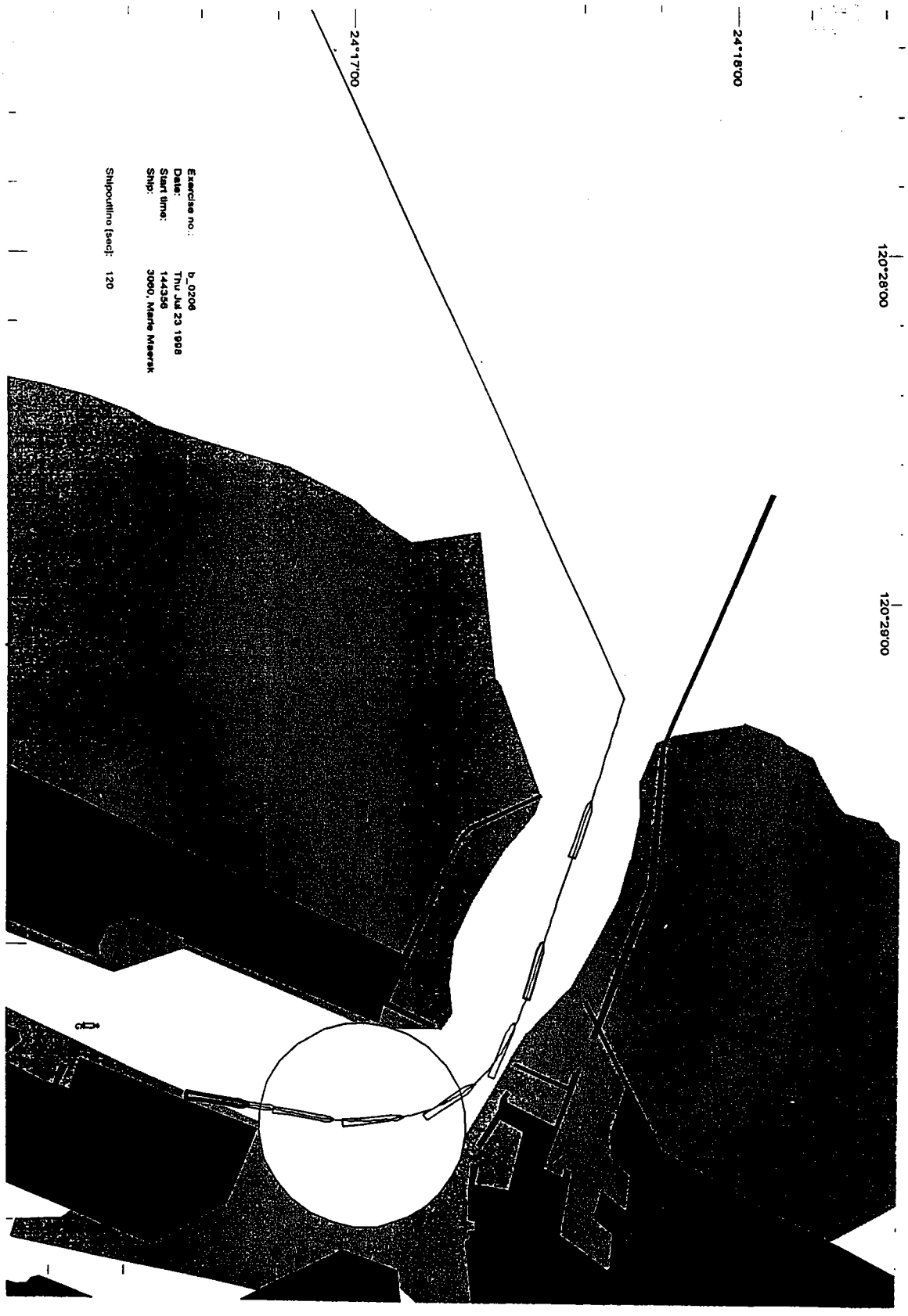
C-123 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (B205)



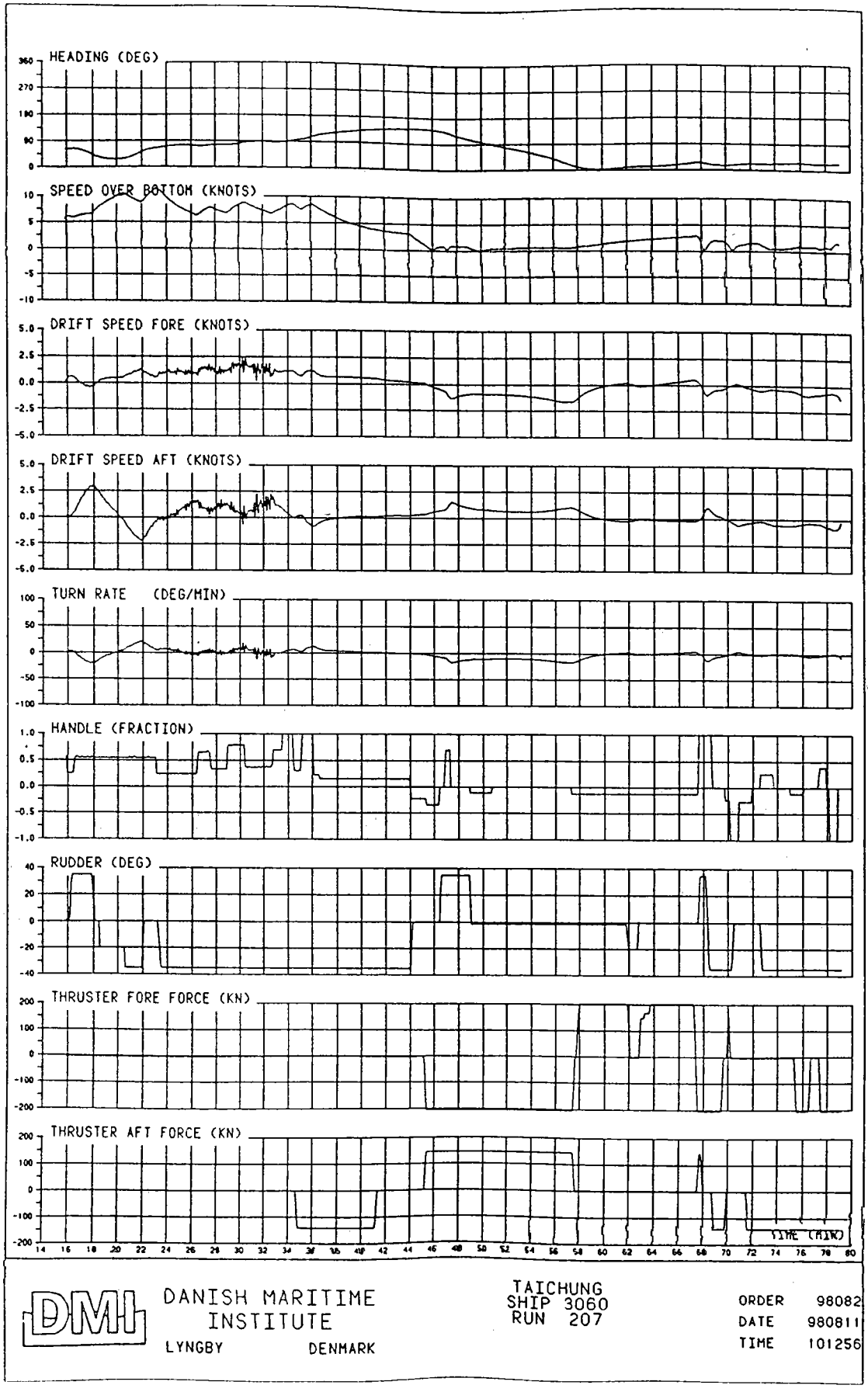
C-124 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (B205)



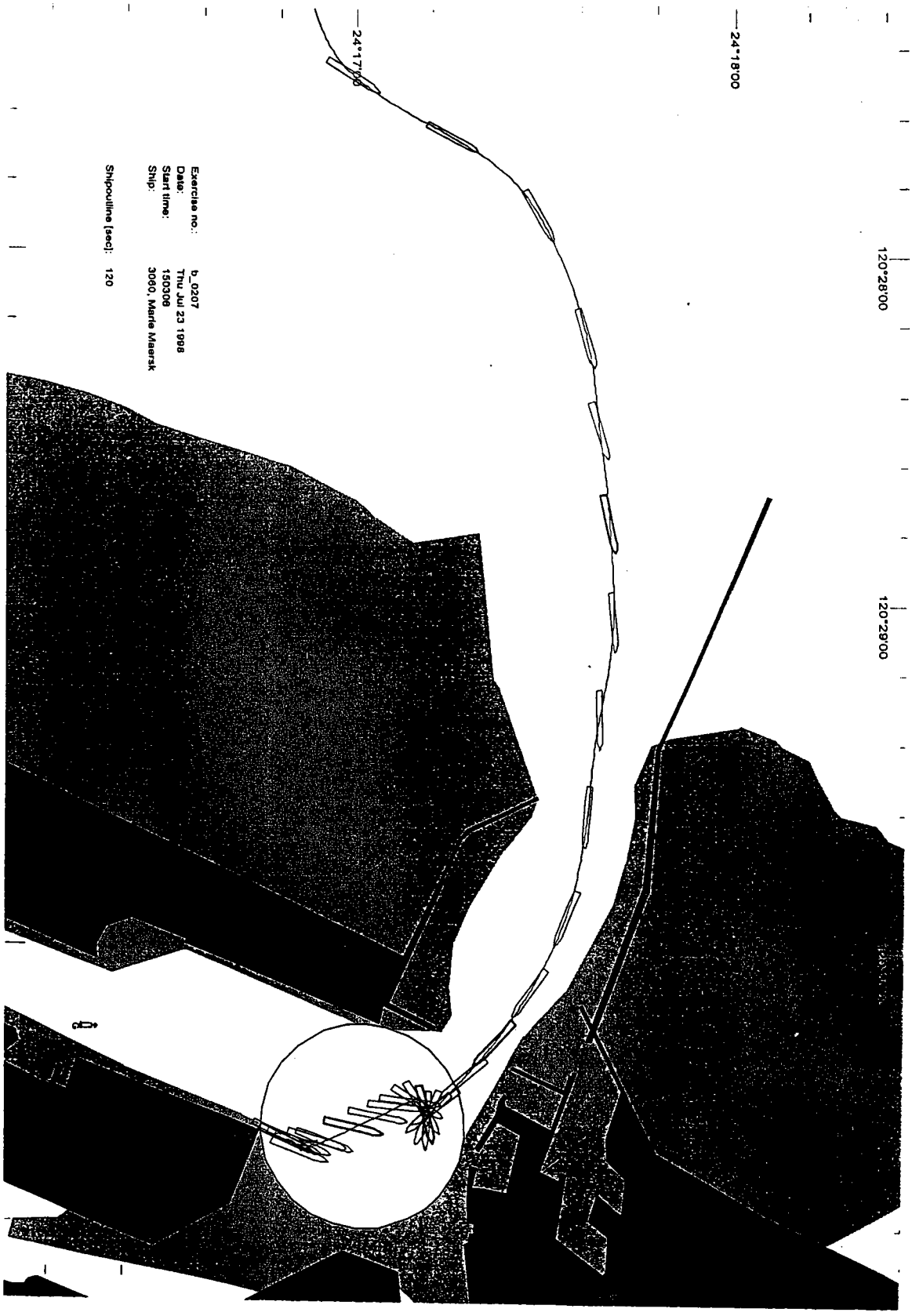
C-125 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (B206)



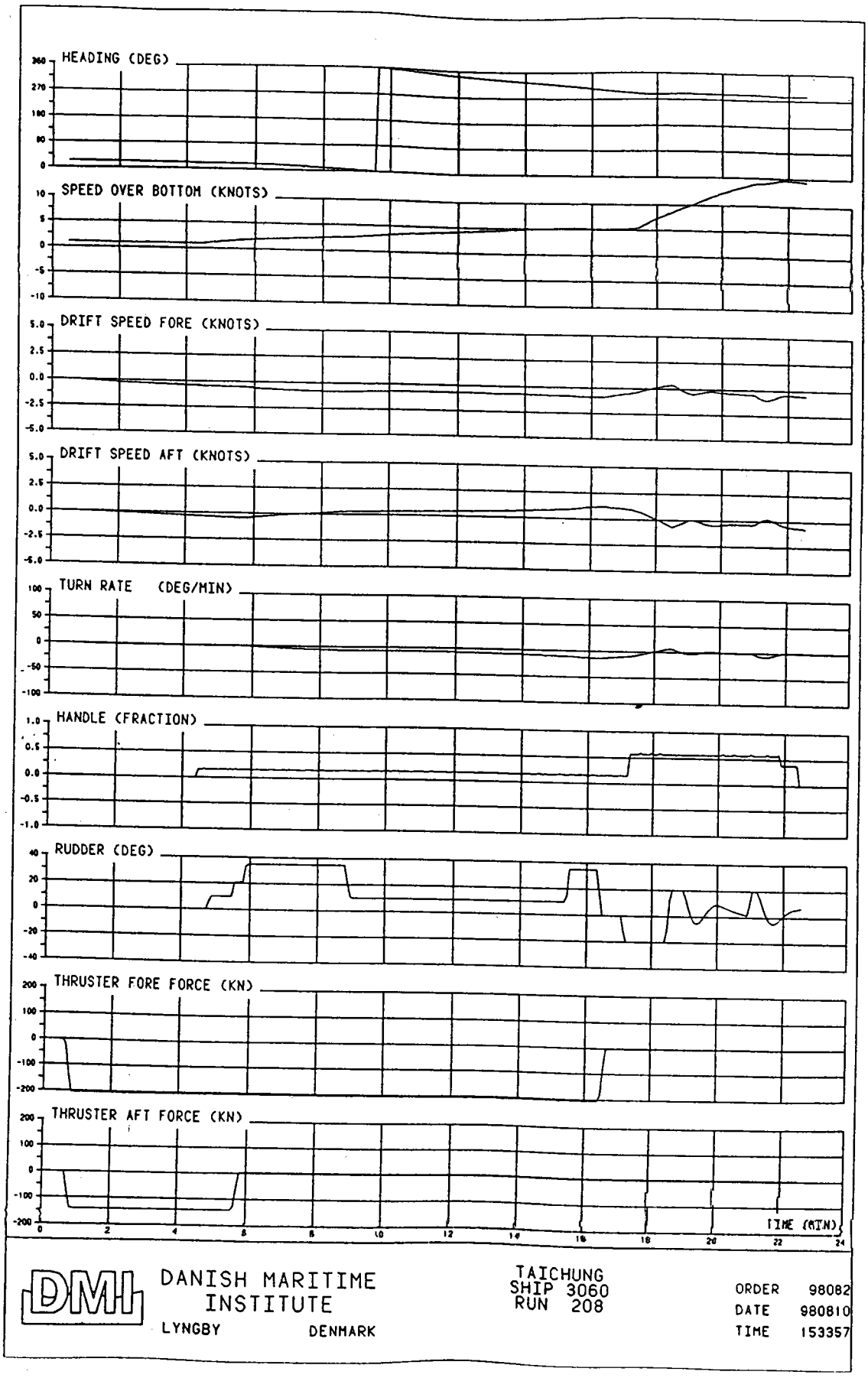
C-126 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (B206)



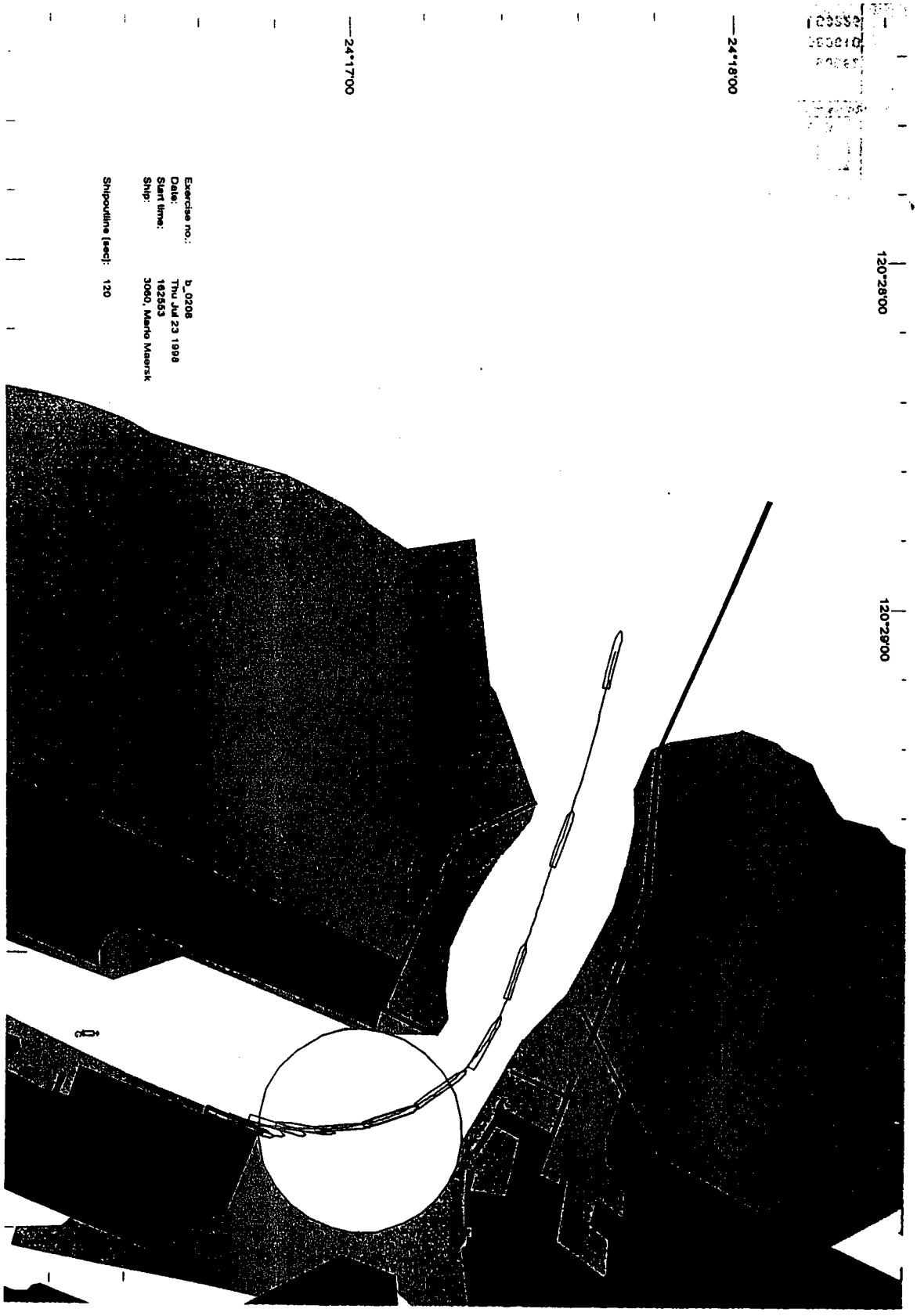
C-127 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B207)



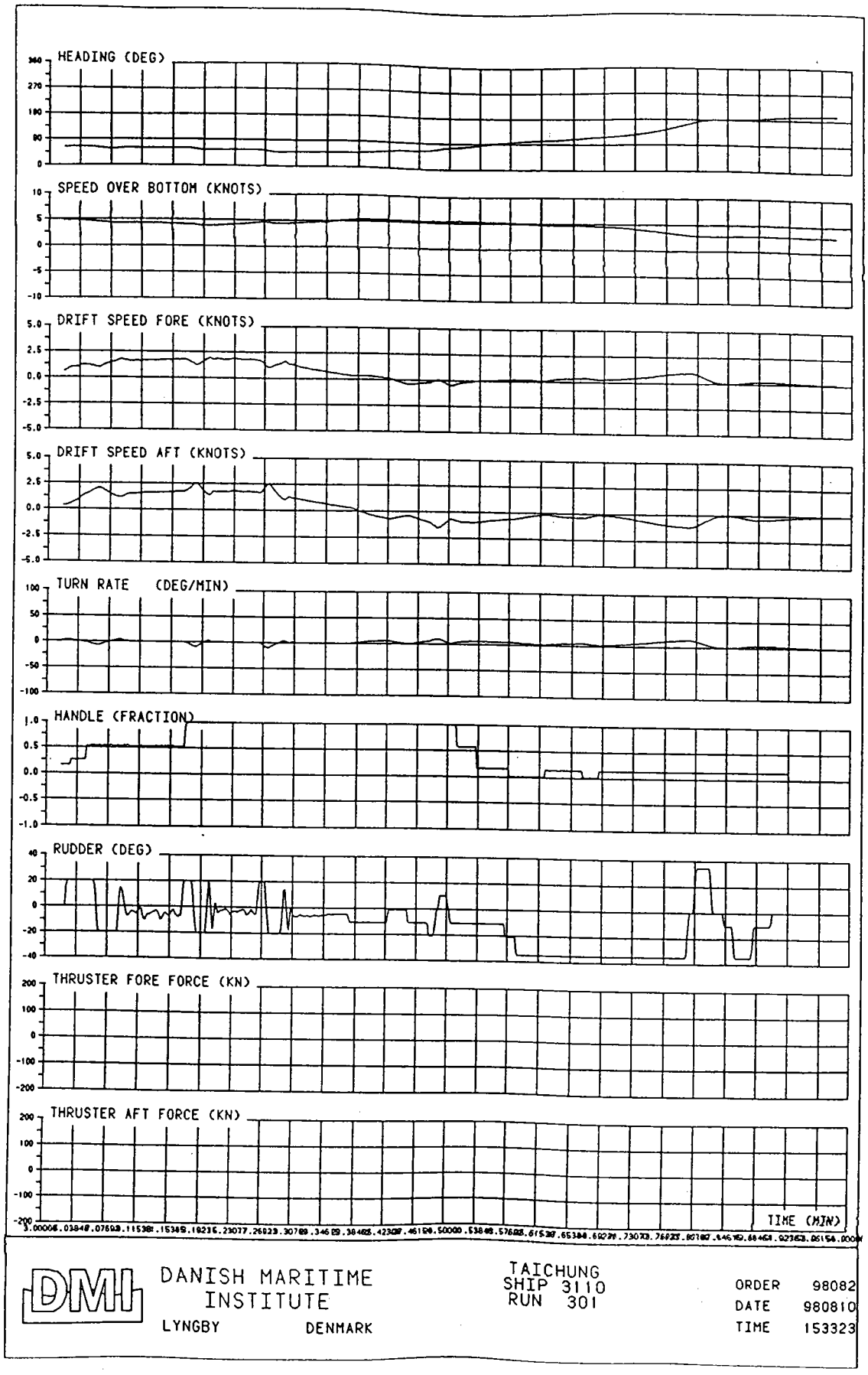
C-128 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B207)



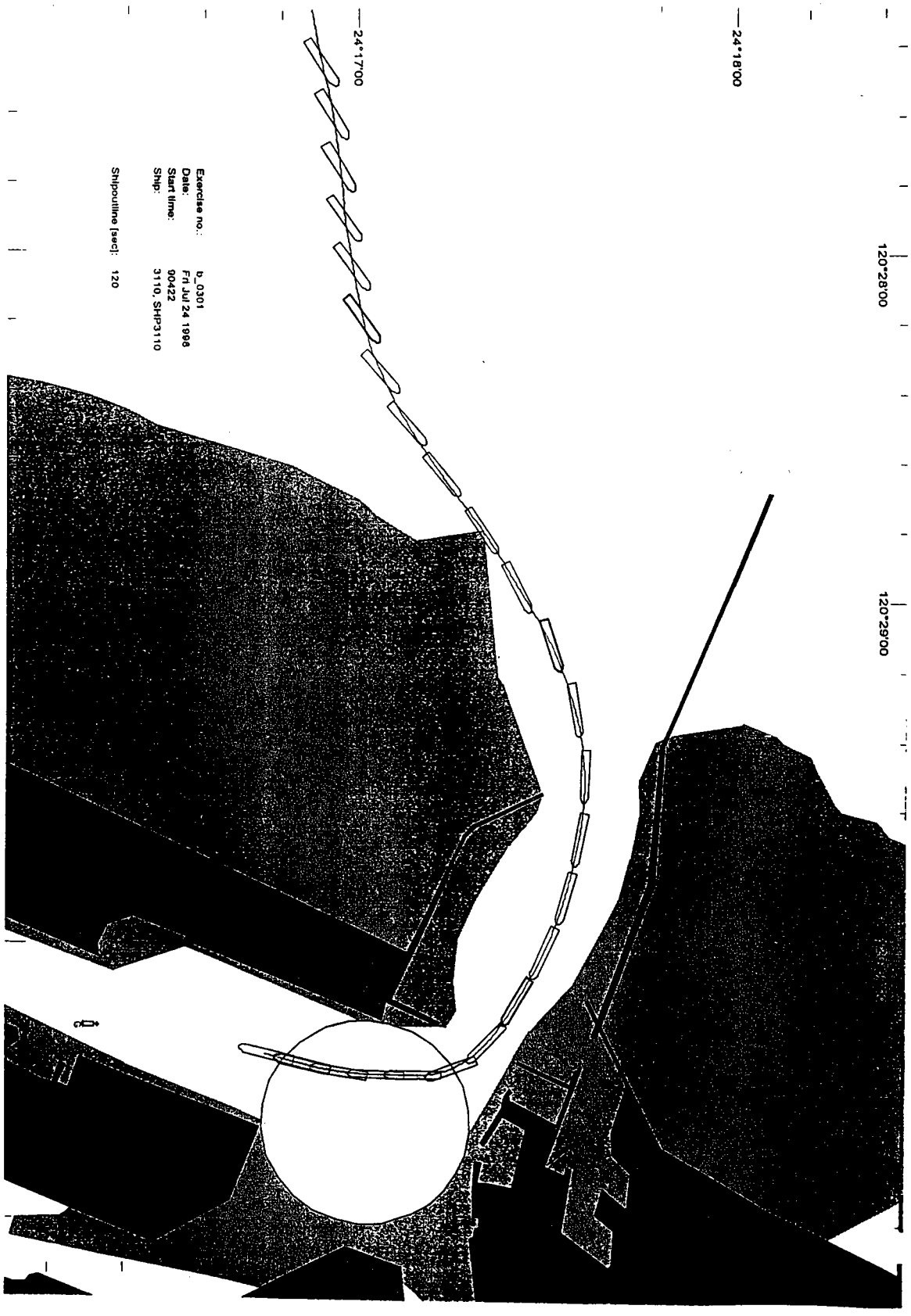
C-129 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (B208)



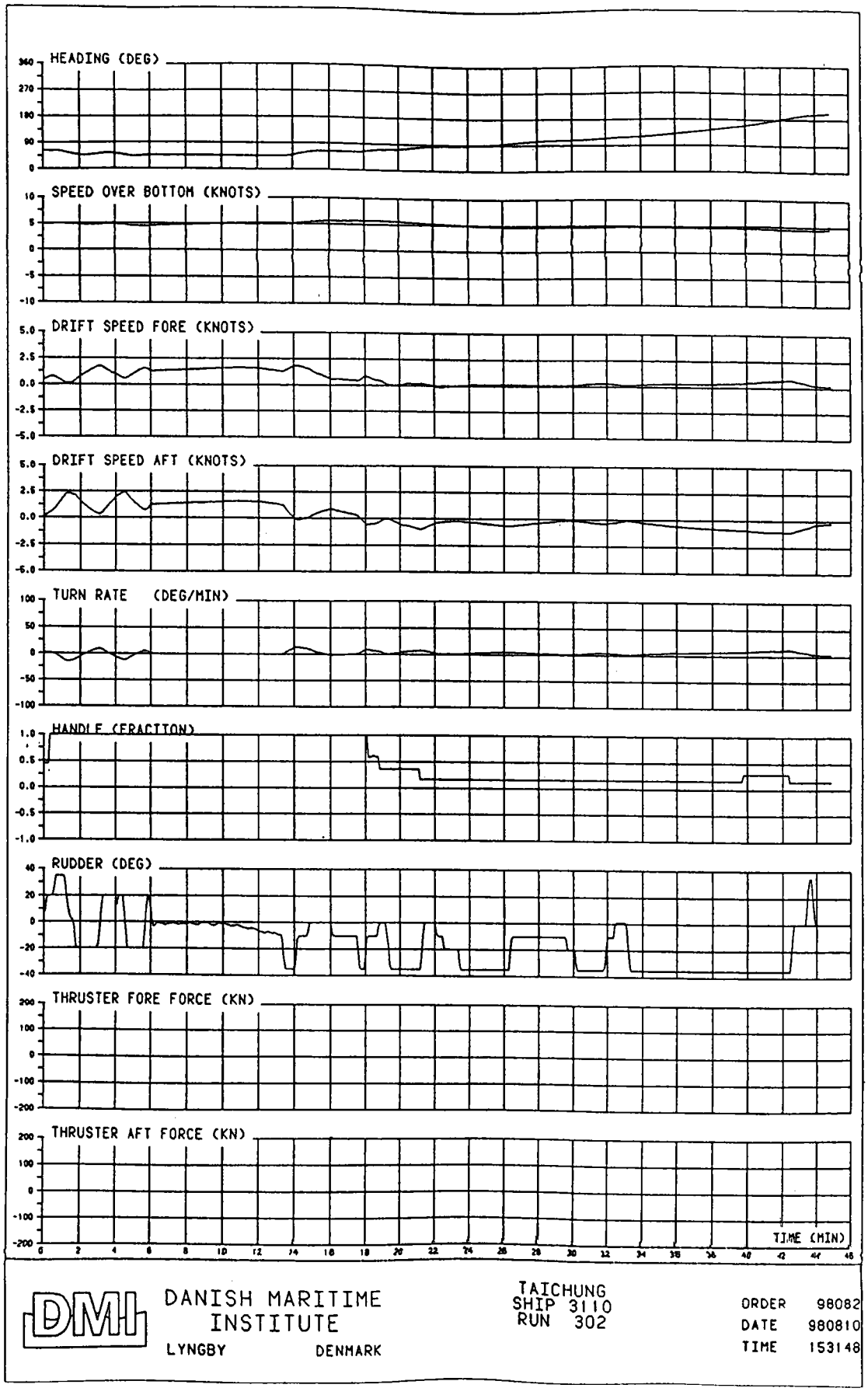
C-130 風速 15m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (B208)



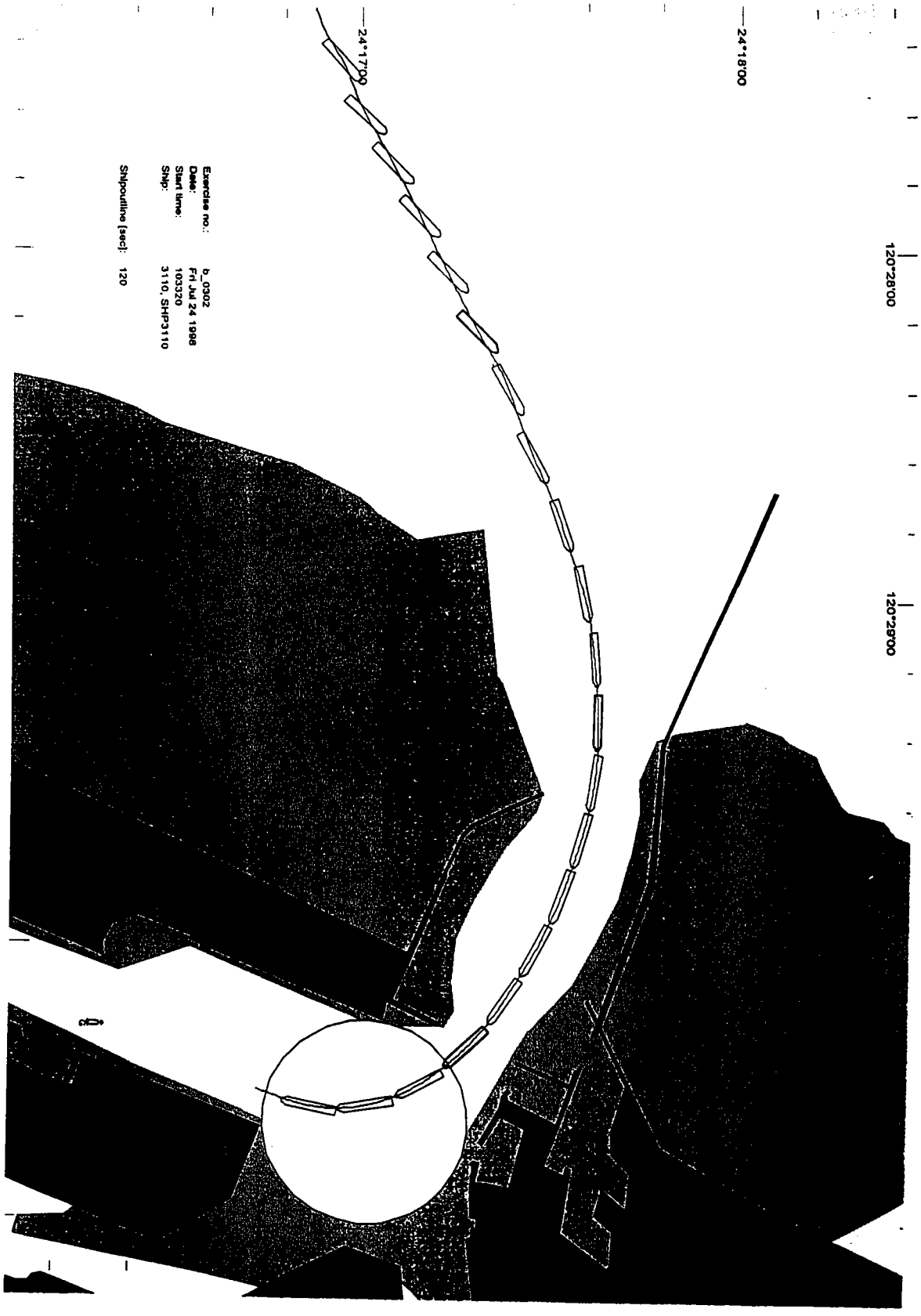
C-131 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (B301)



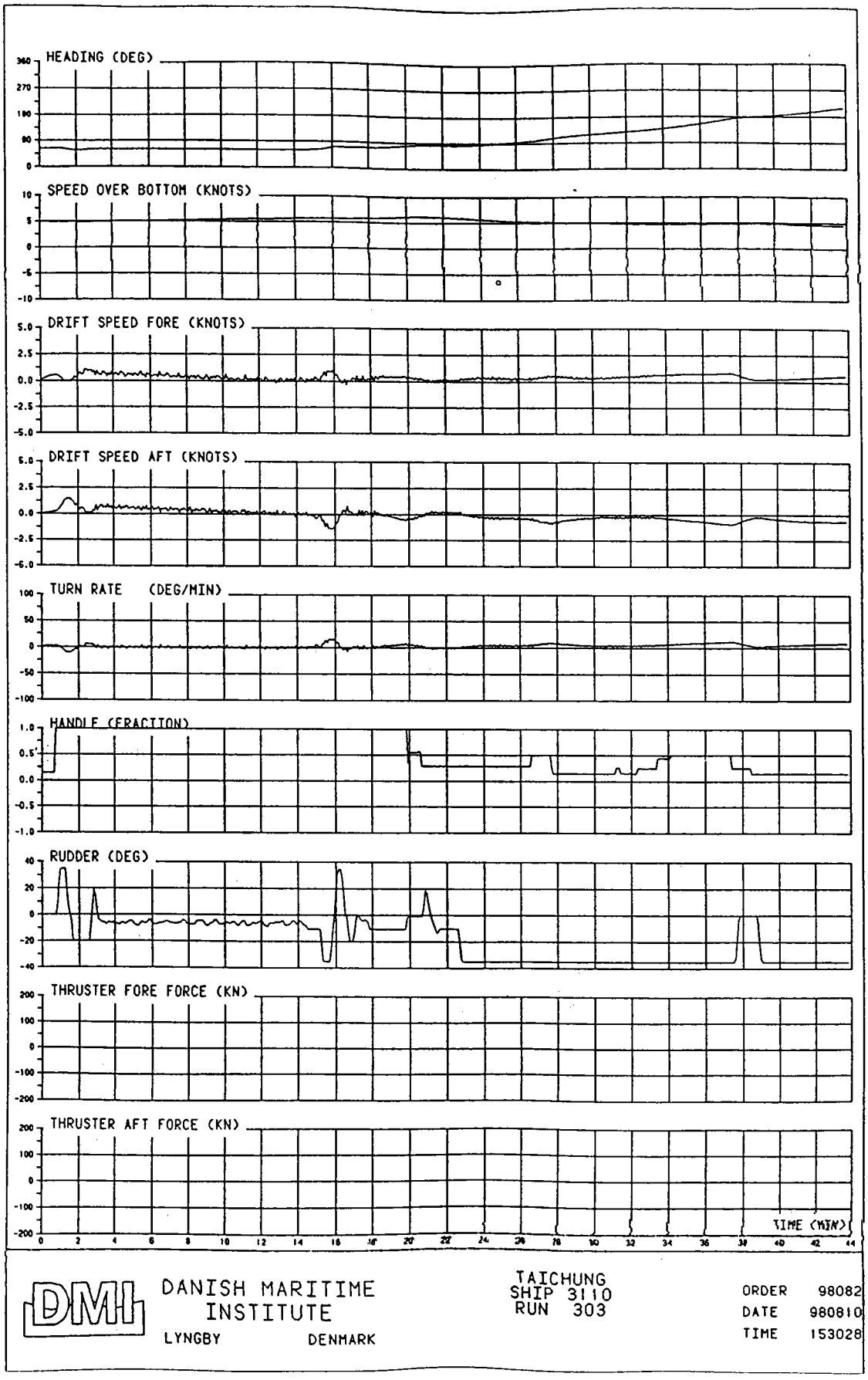
C-132 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (B301)



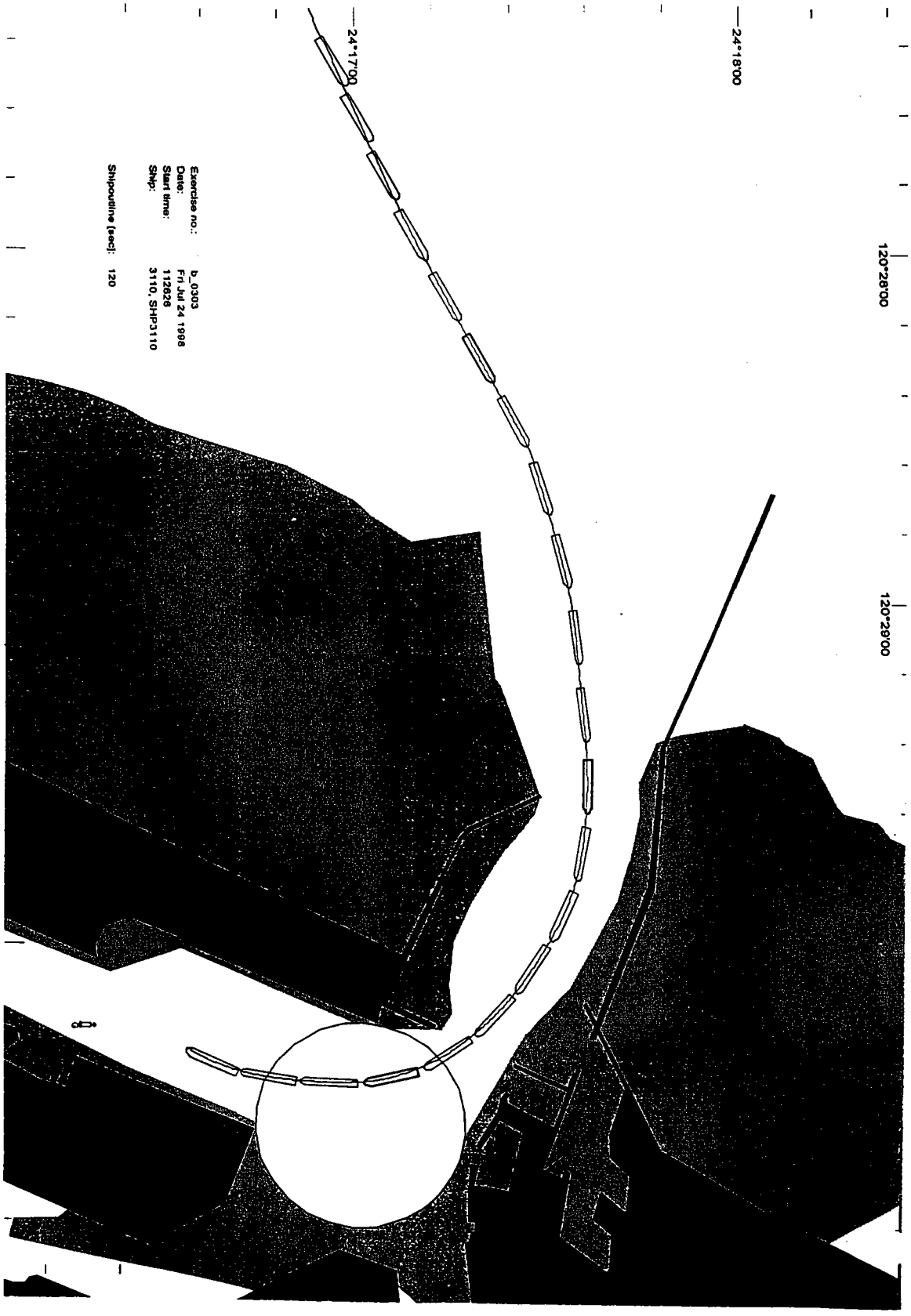
C-133 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (B302)



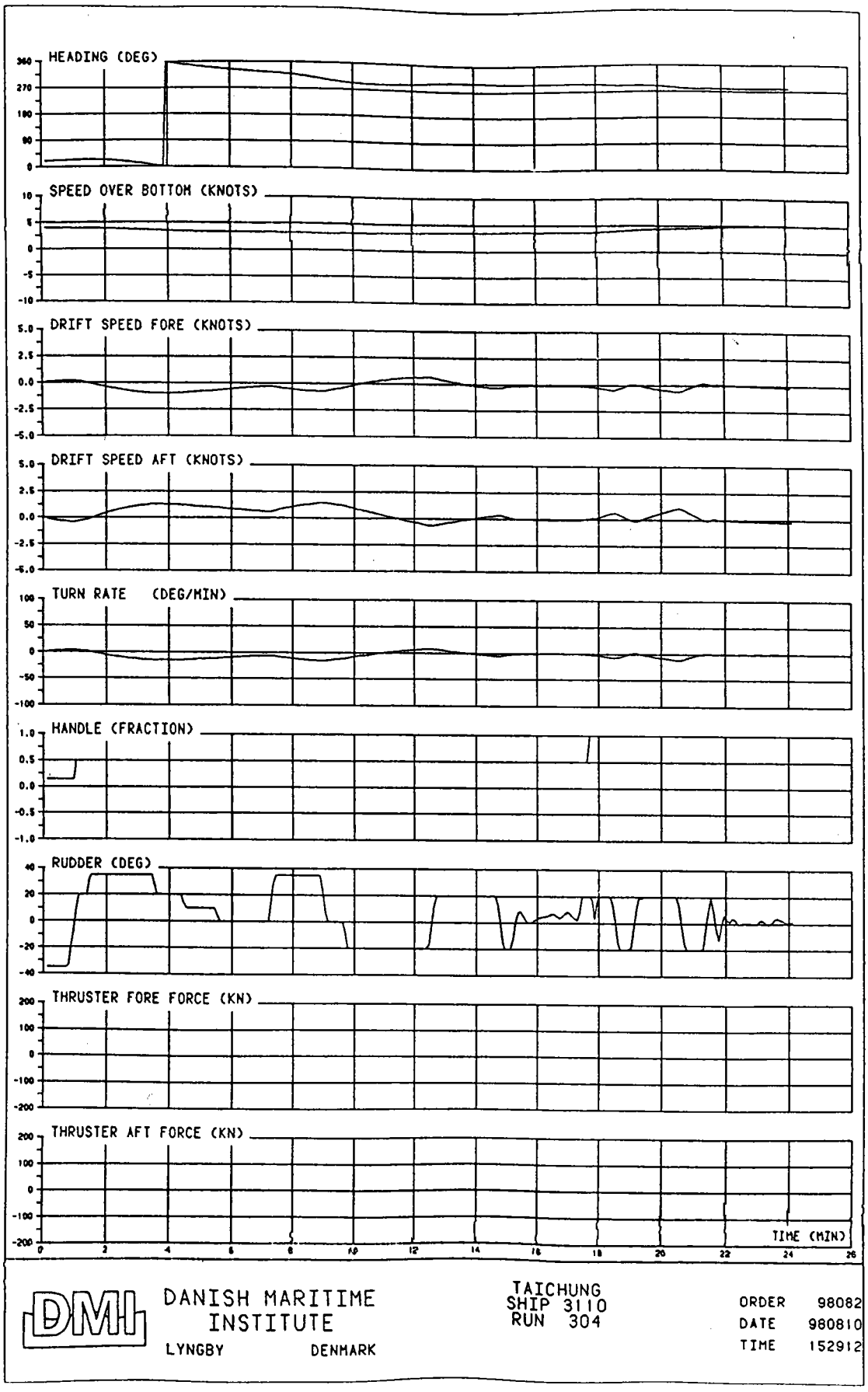
C-134 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (B302)



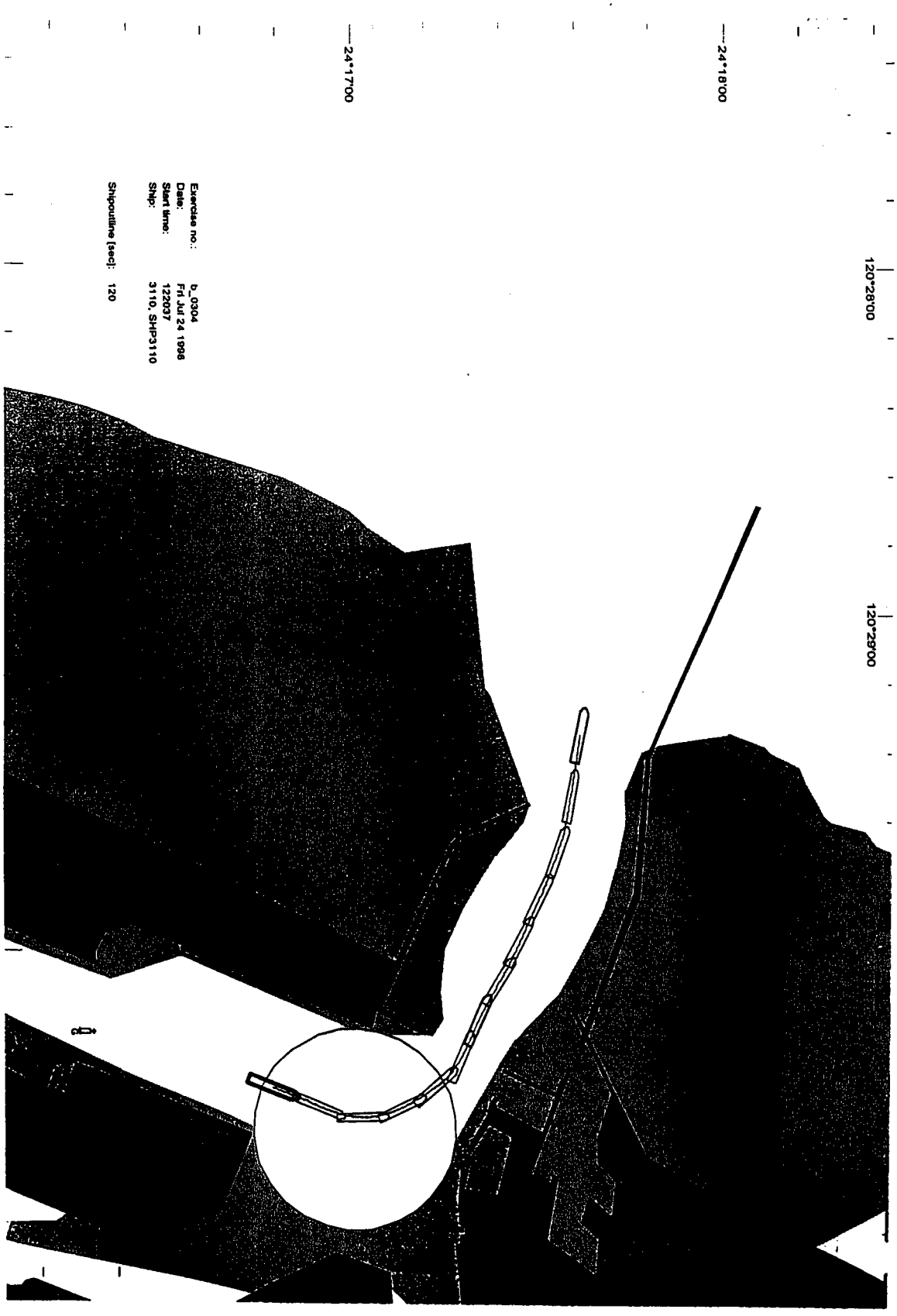
C-135 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B303)



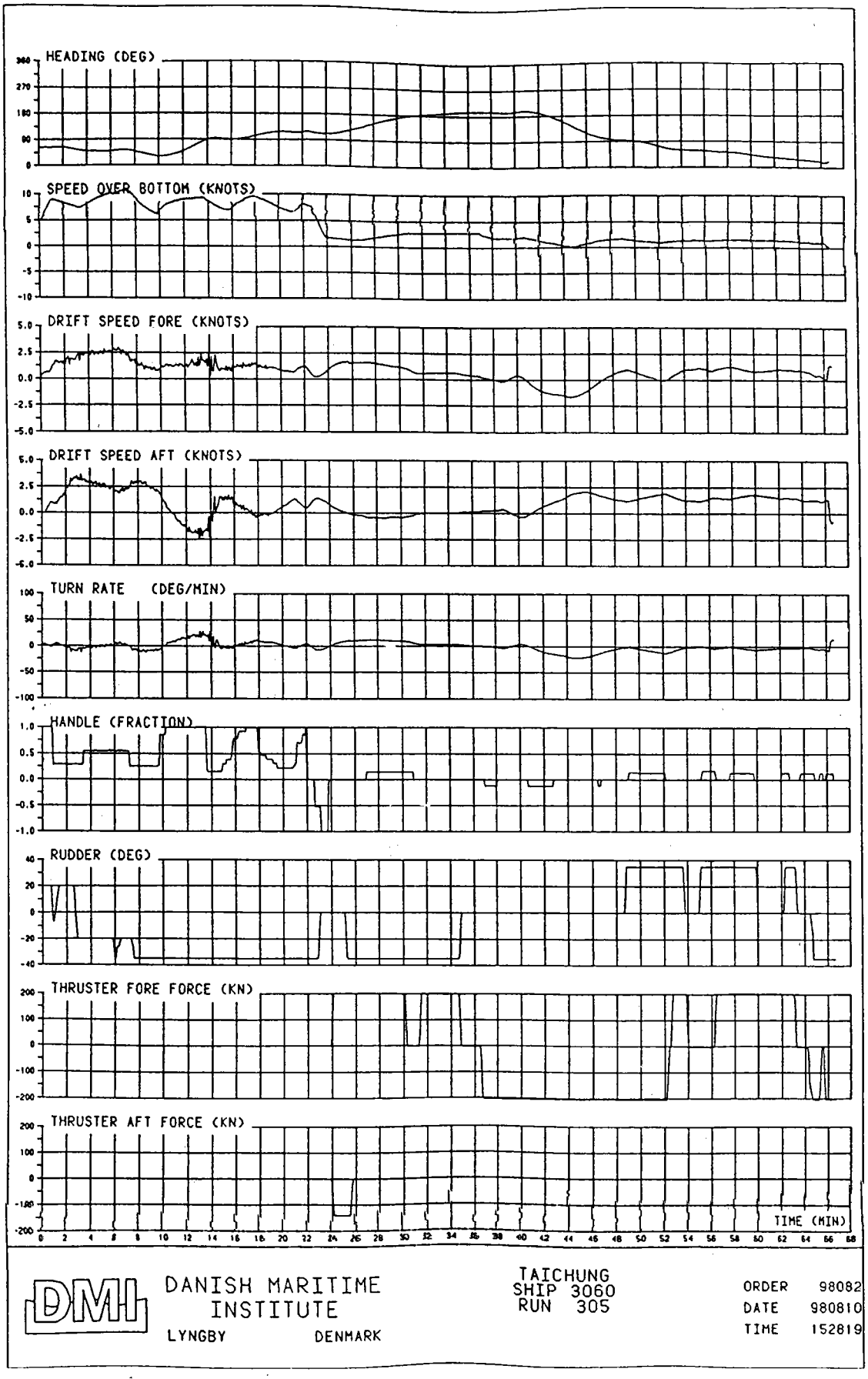
C-136 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B303)



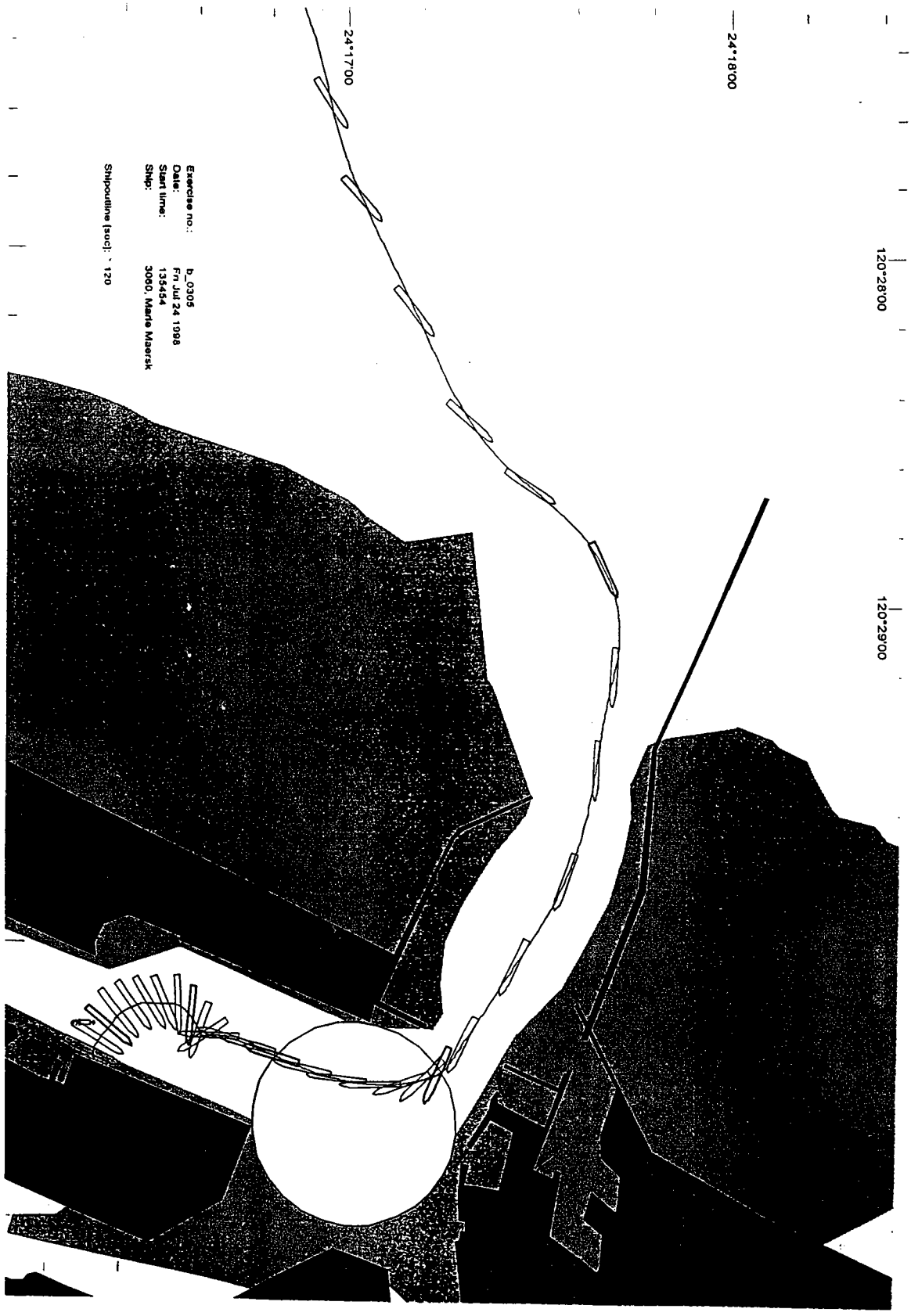
C-137 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (B304)



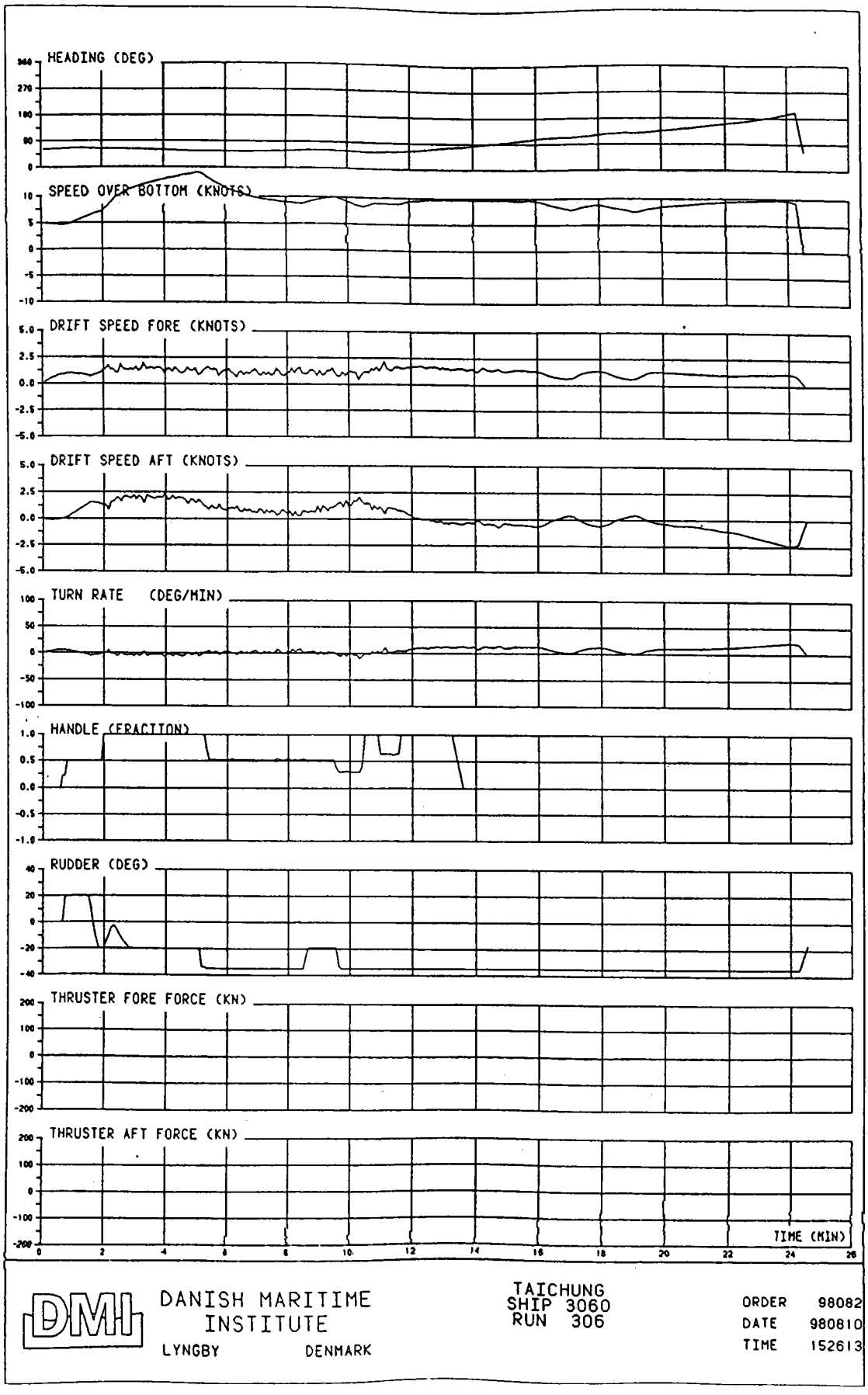
C-138 風速 20m/s，3110 散貨船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (B304)



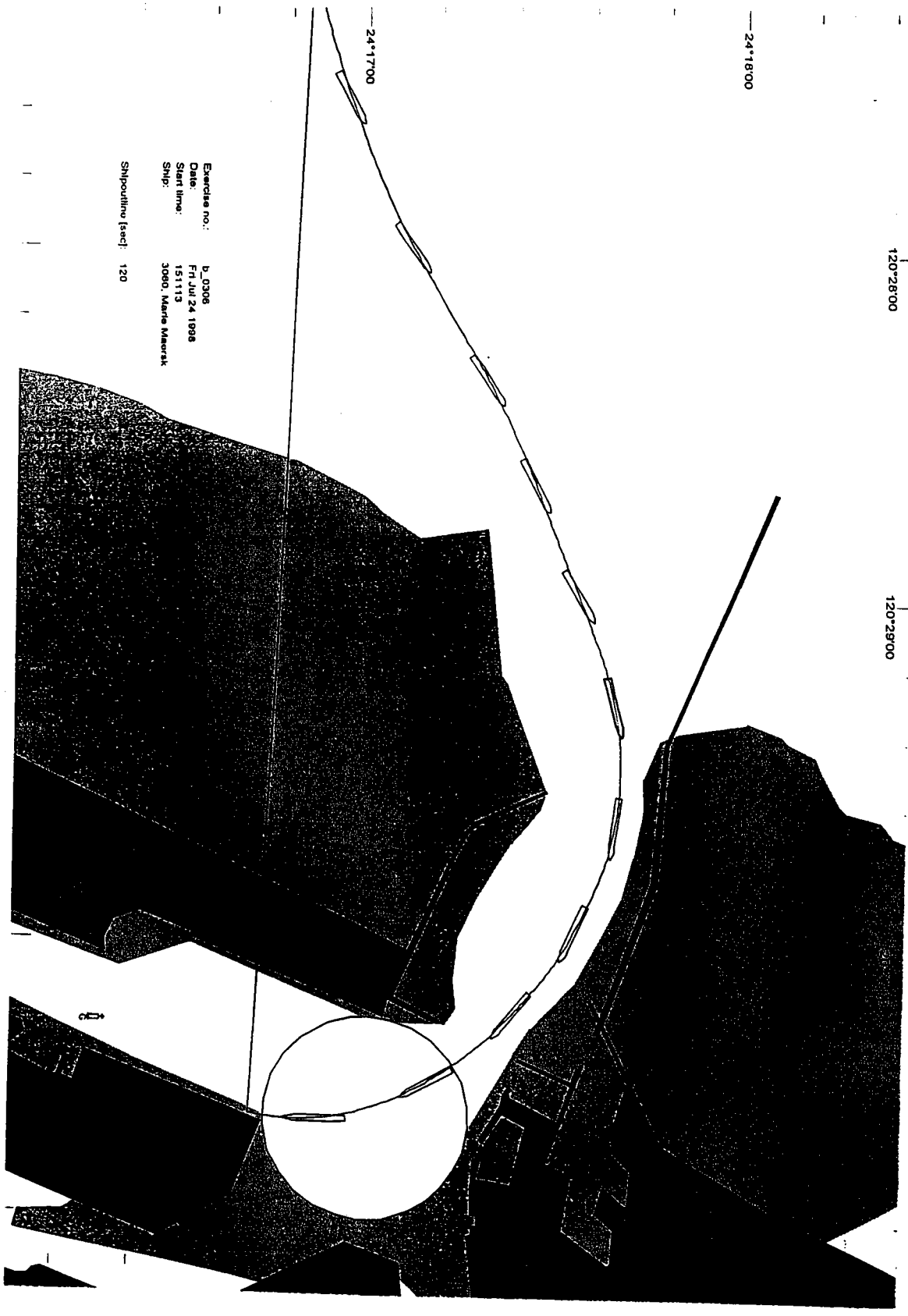
C-139 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (B305)



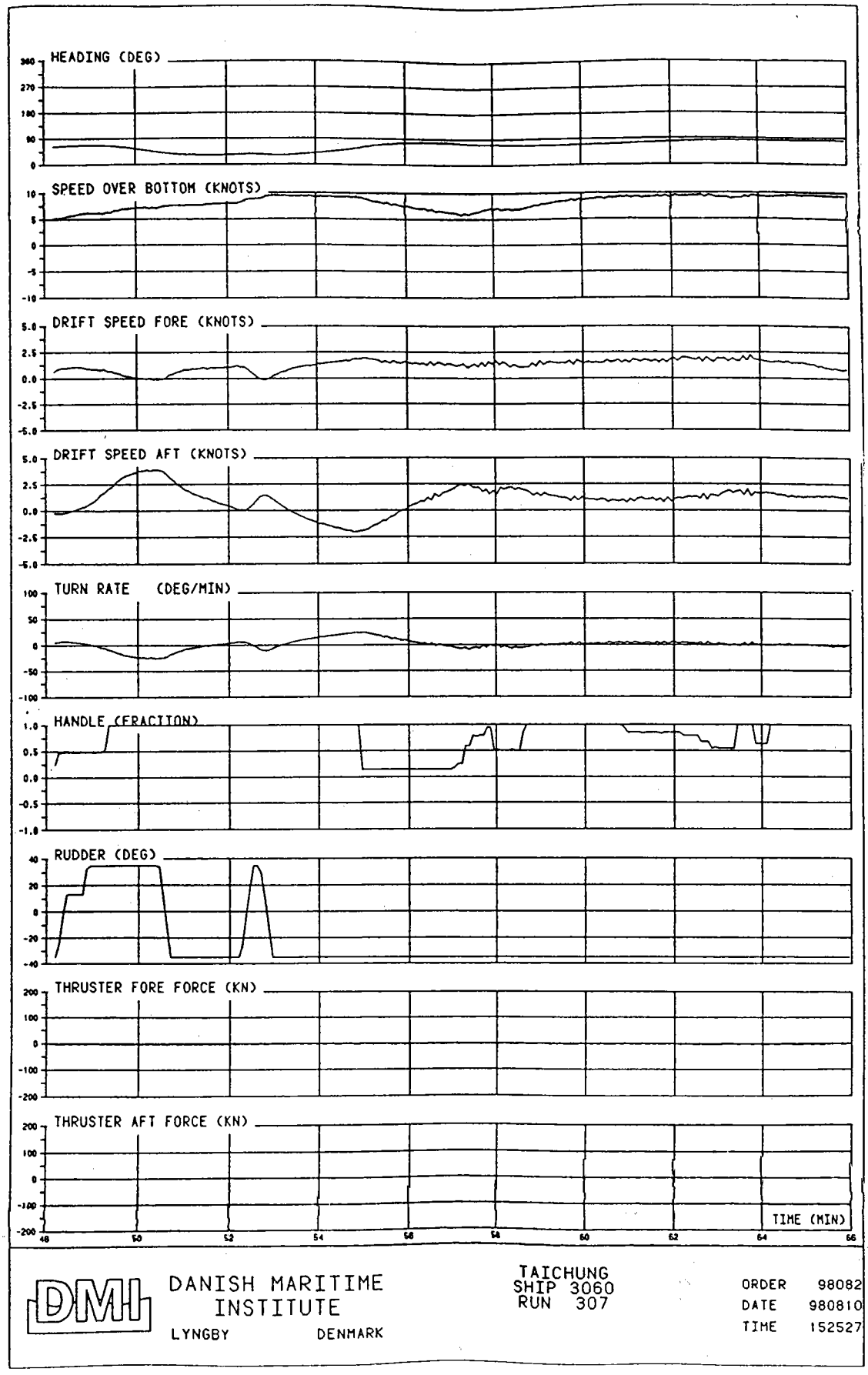
C-140 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (B305)



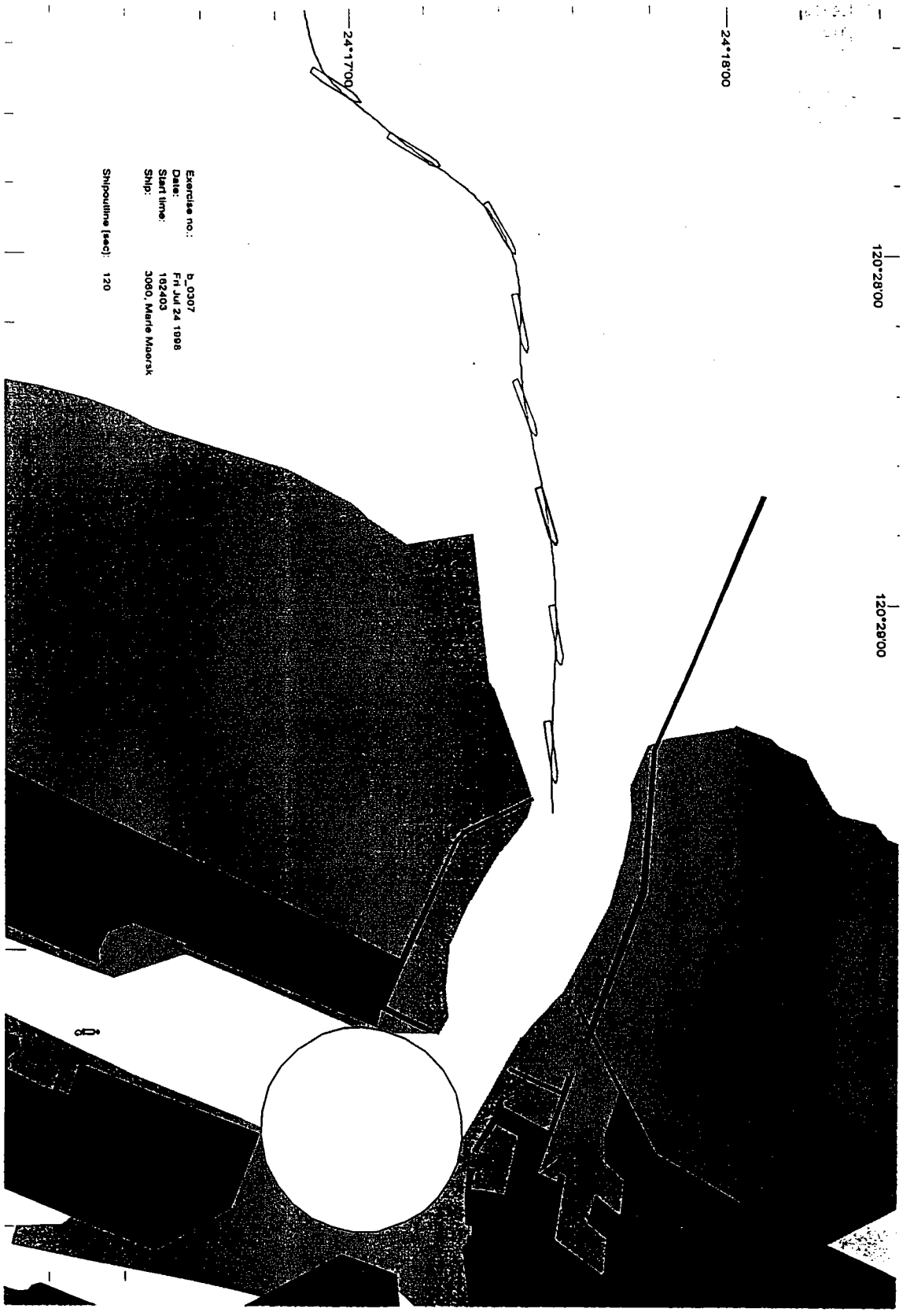
C-141 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B306)



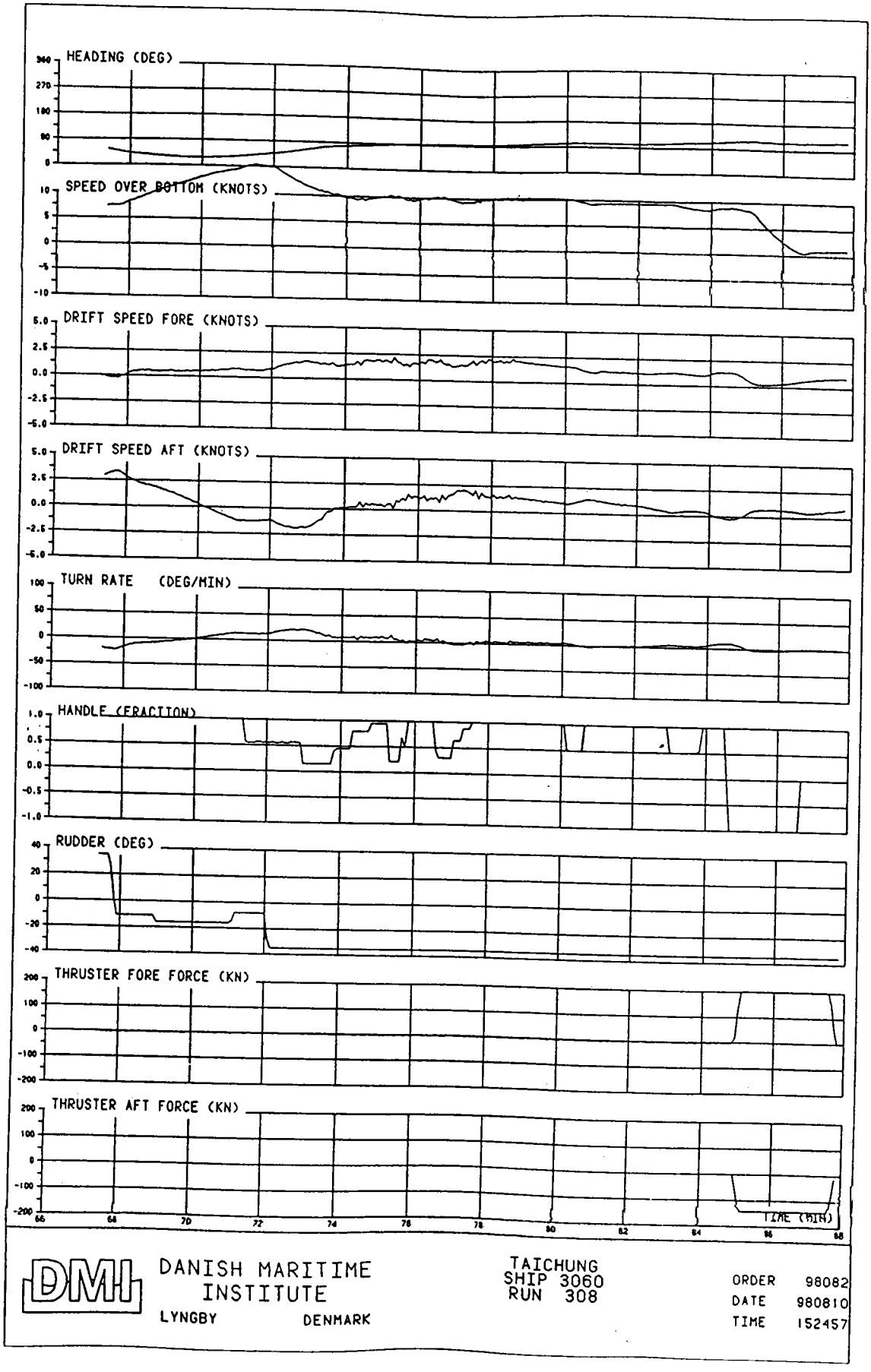
C-142 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)迎潮進港操航船跡圖 (B306)



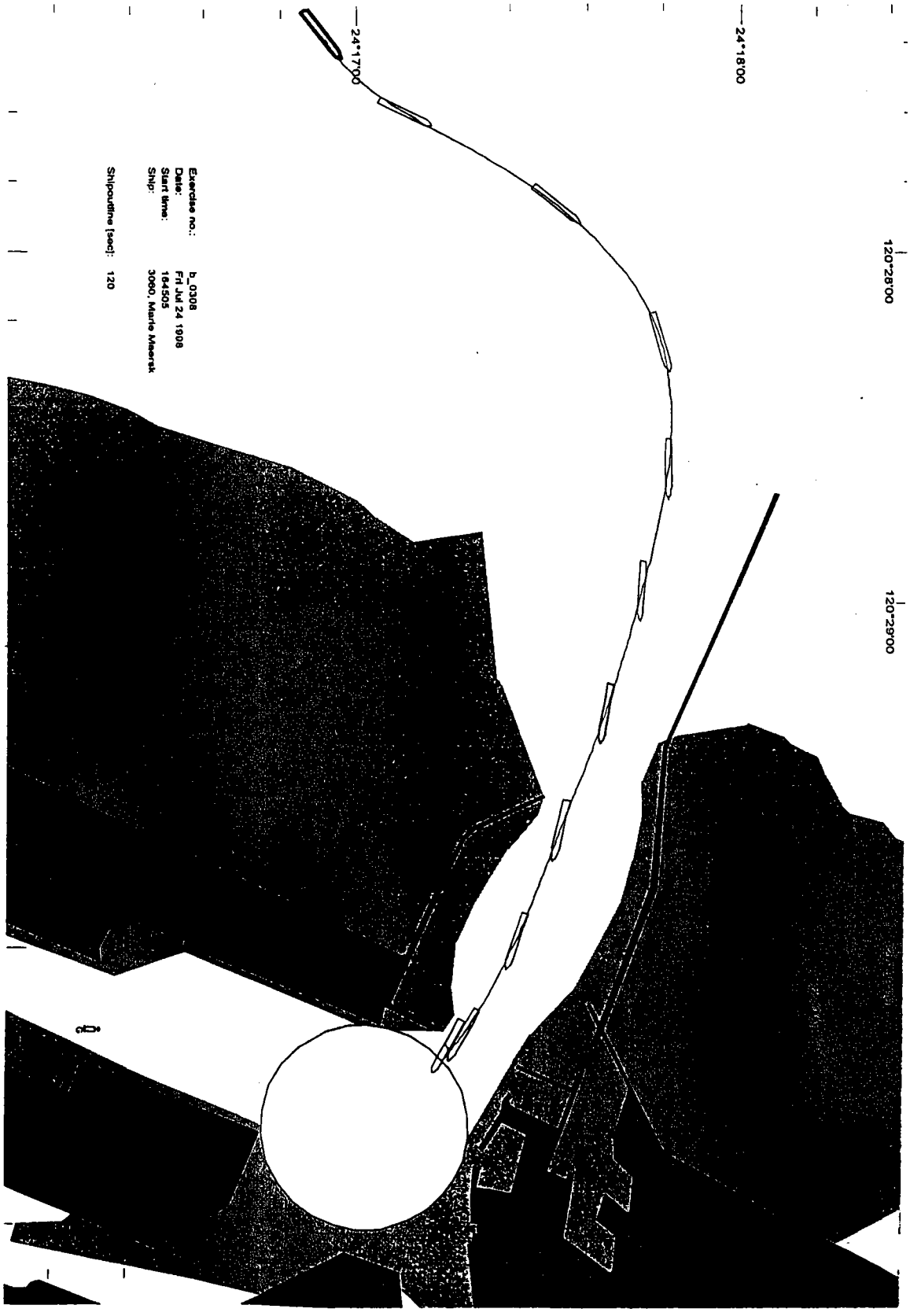
C-143 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B307)



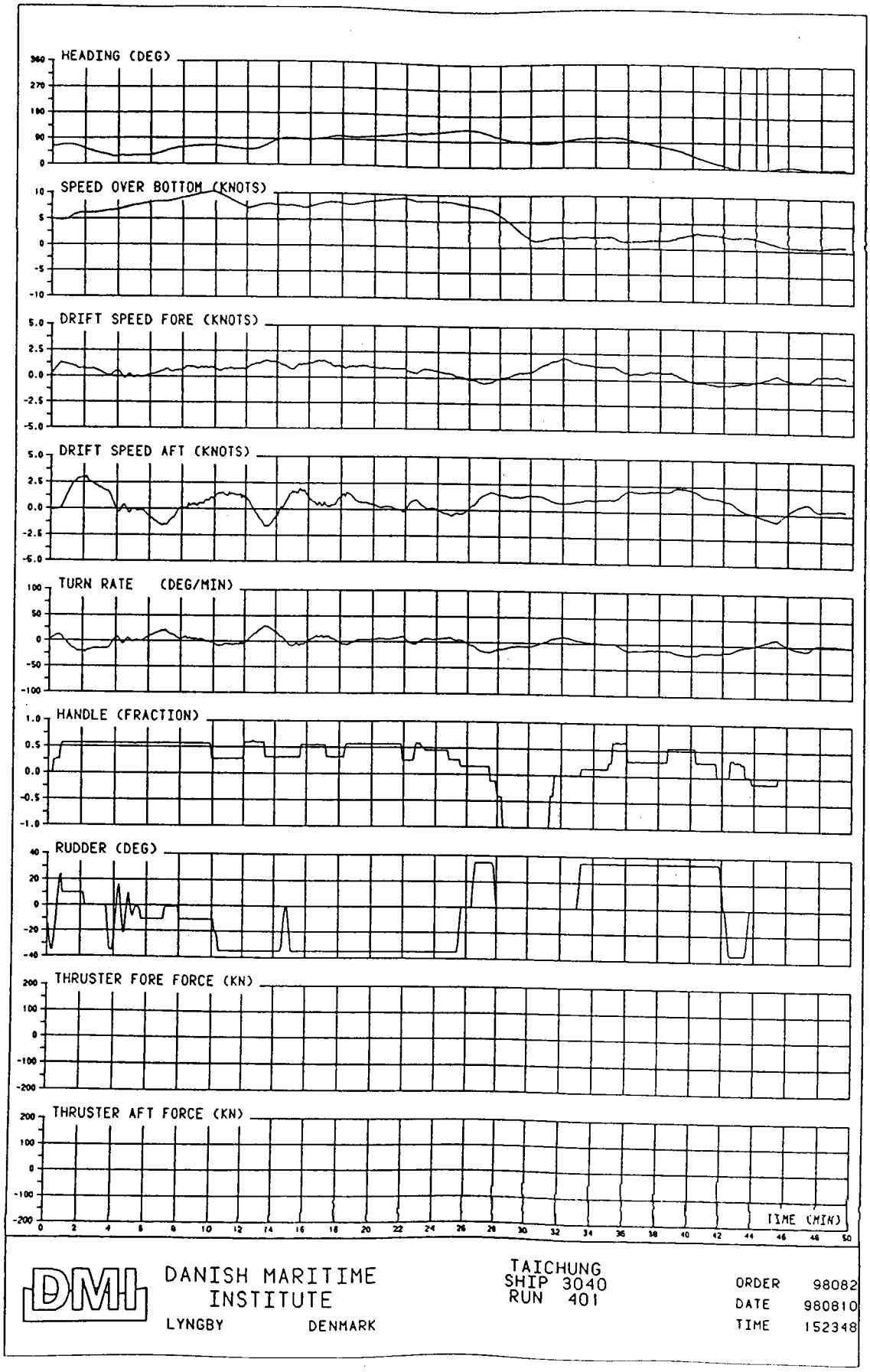
C-144 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B307)



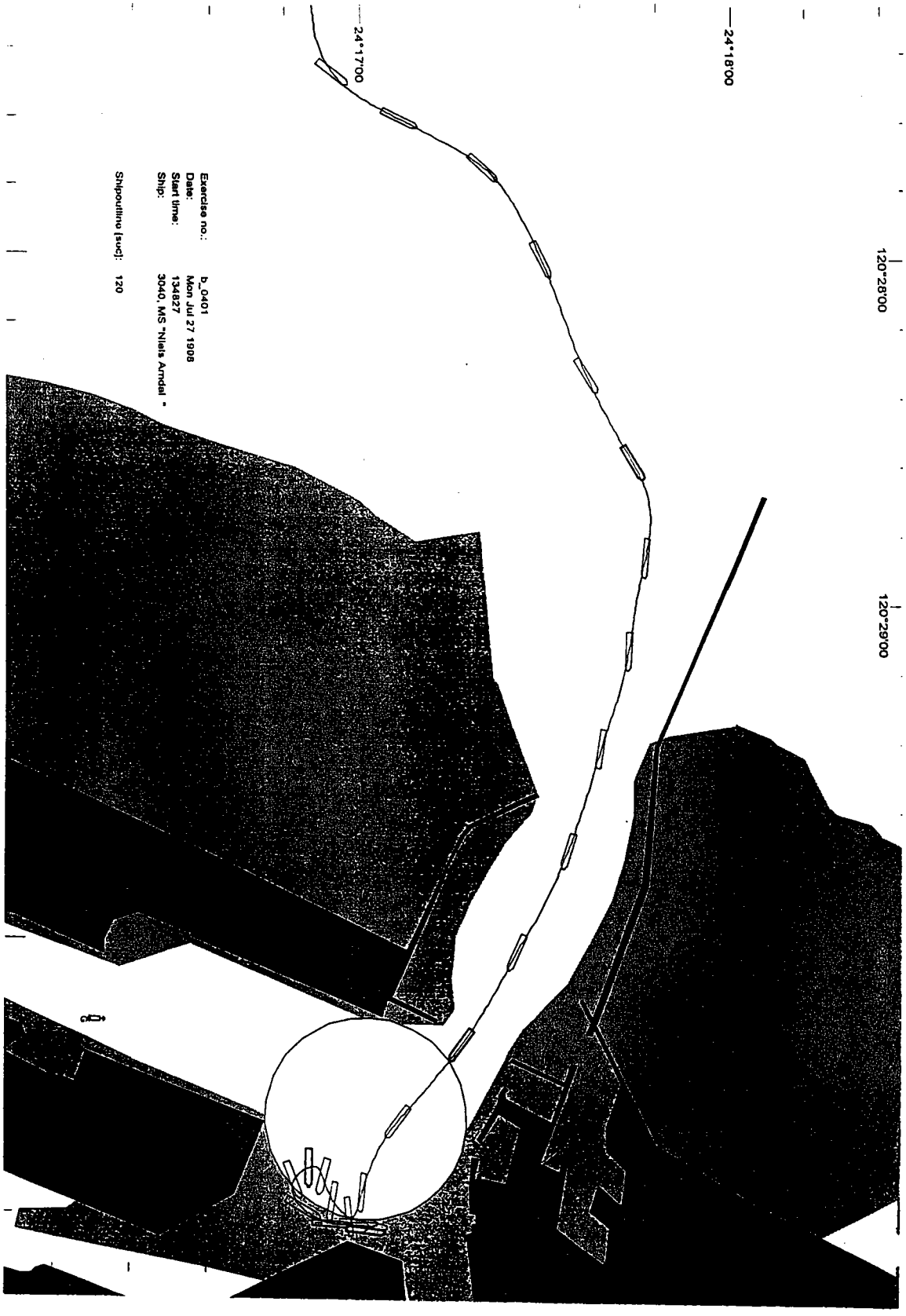
C-145 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B308)



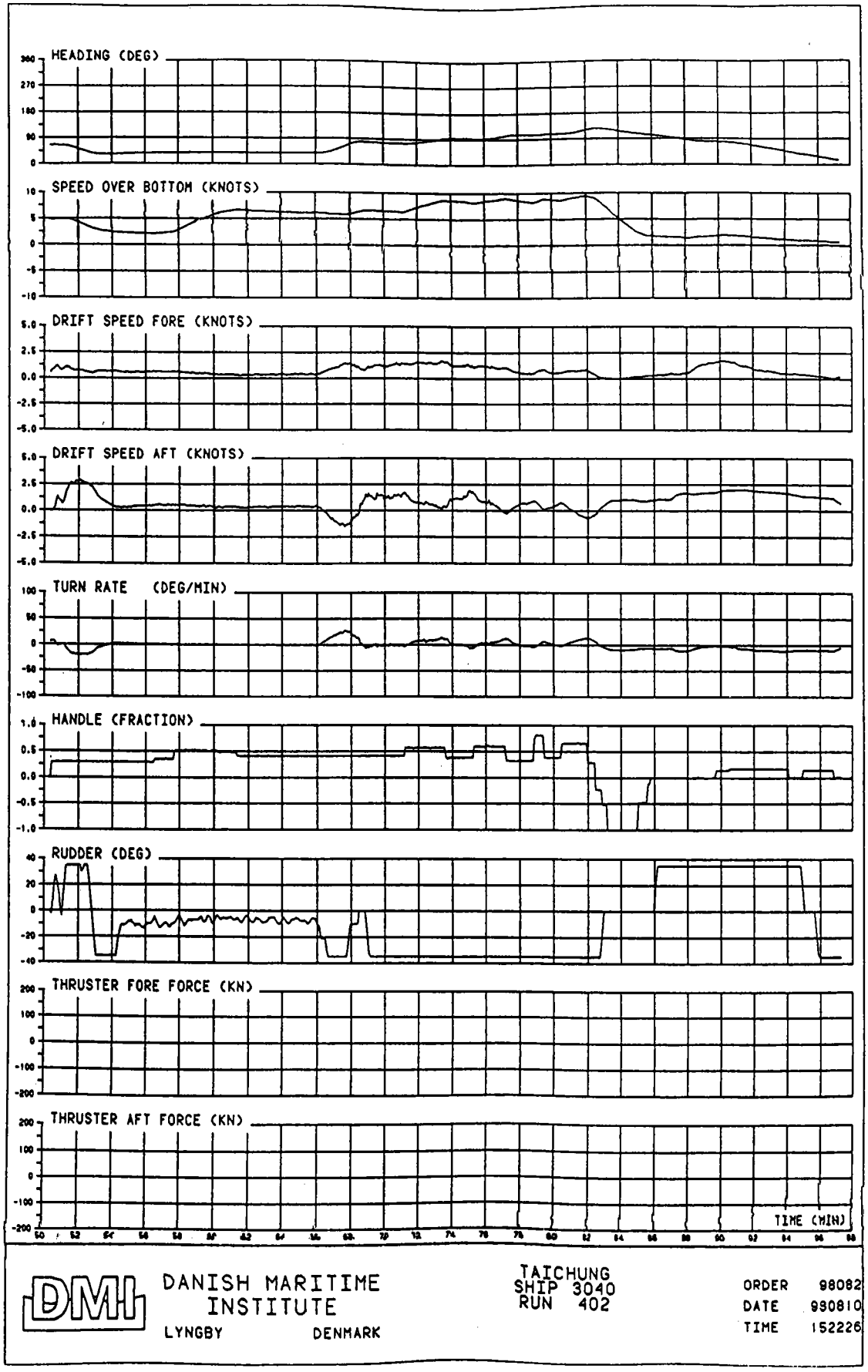
C-146 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B308)



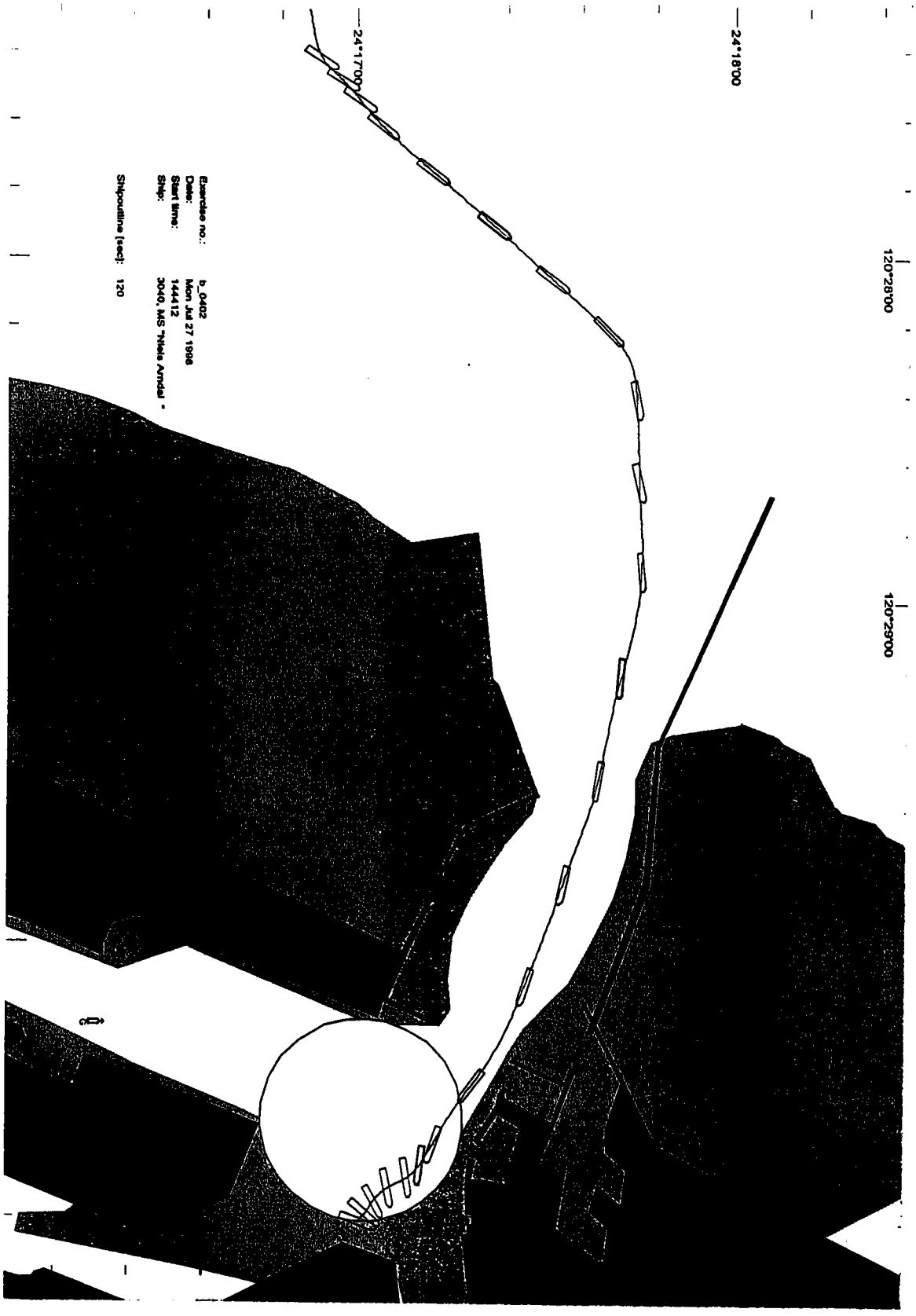
C-147 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B401)



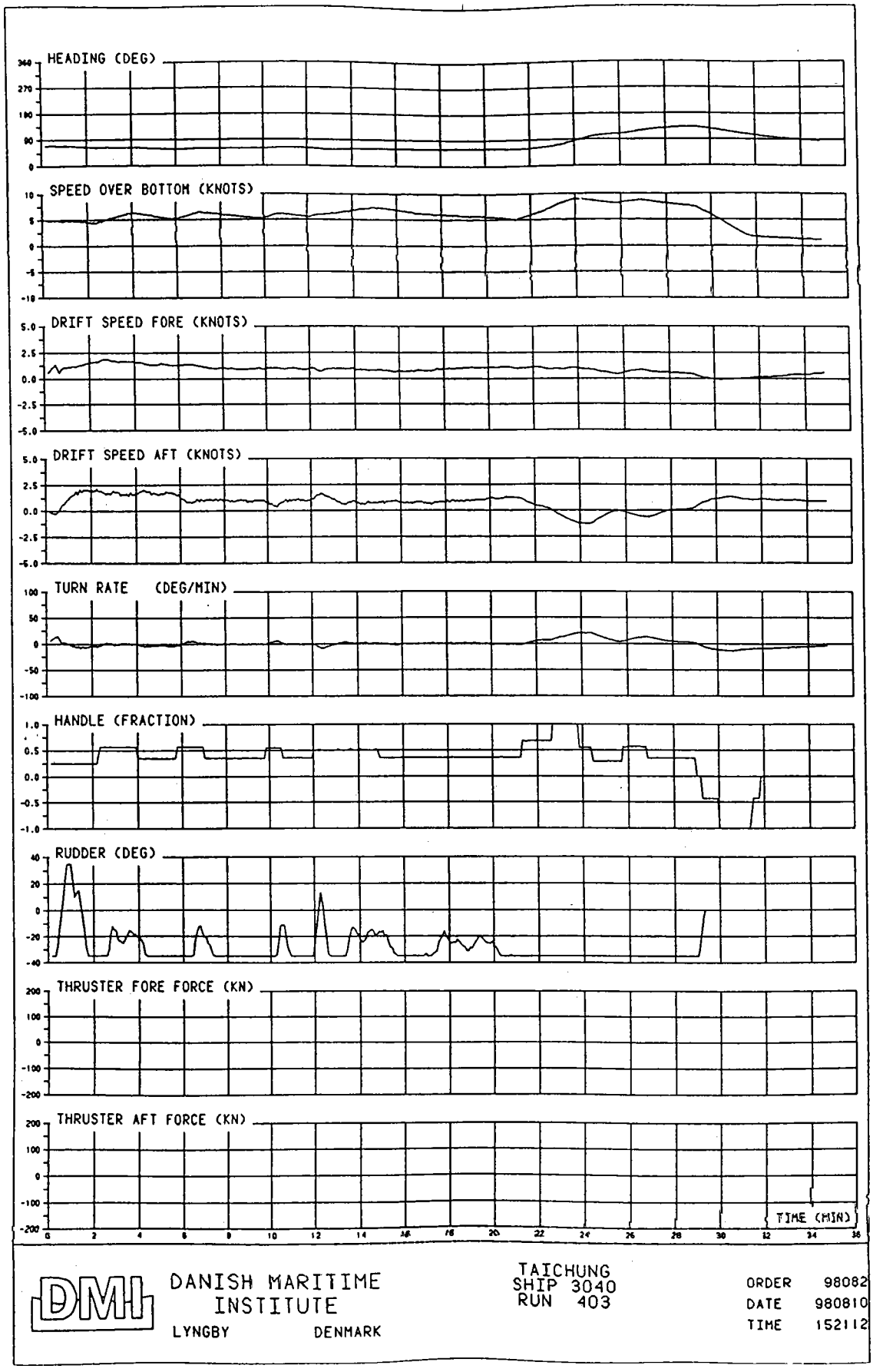
C-148 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B401)



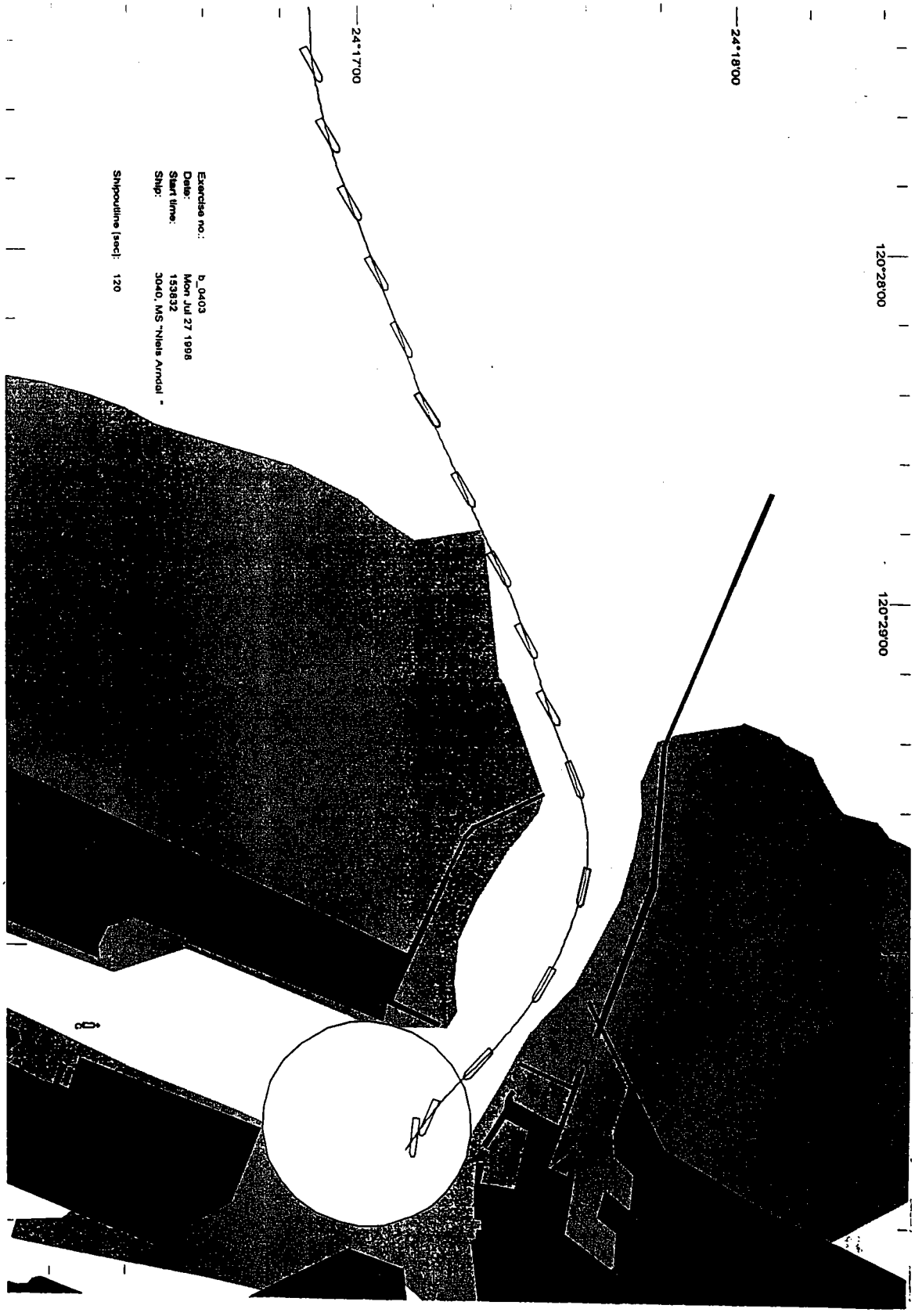
C-149 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B402)



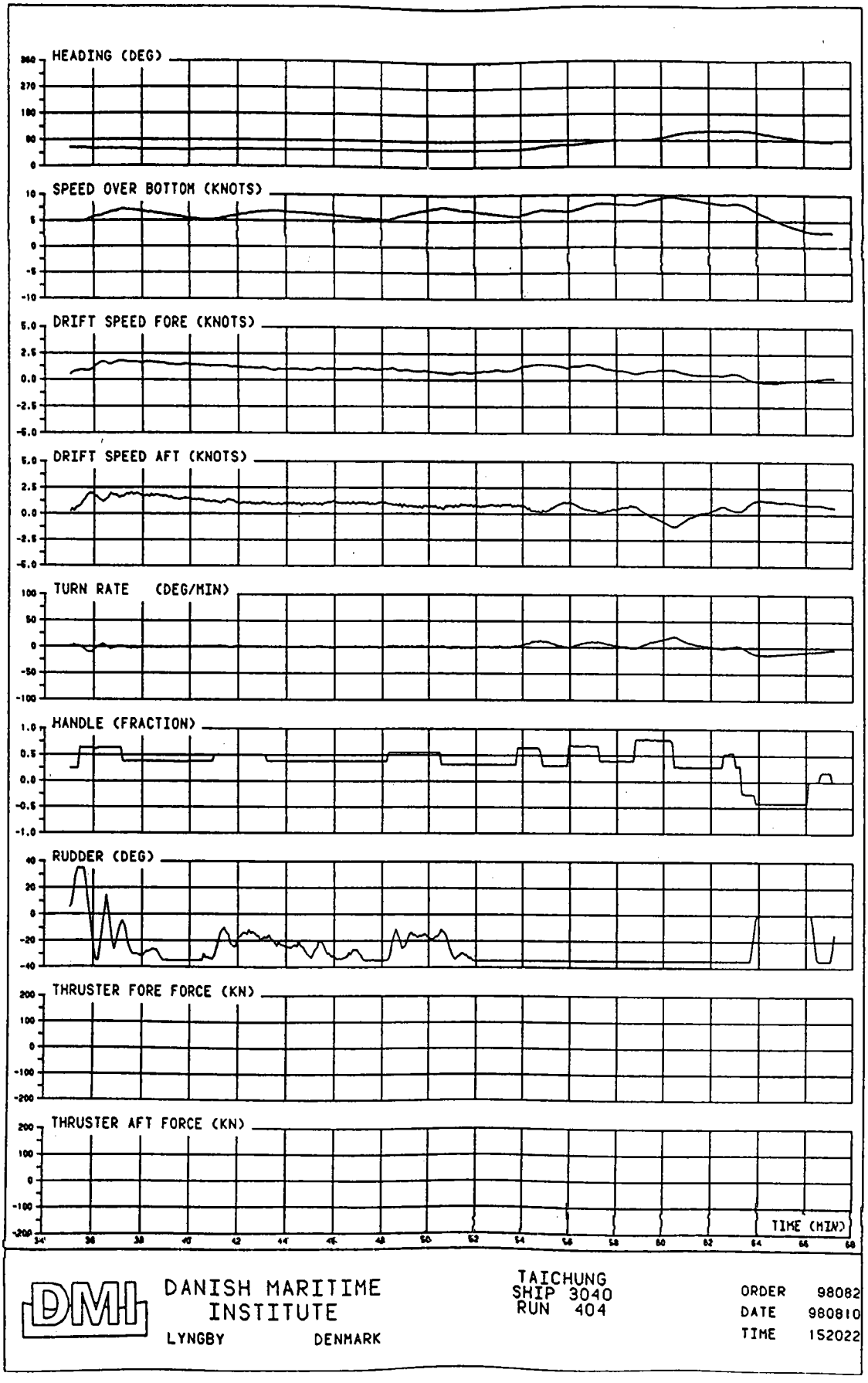
C-150 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B402)



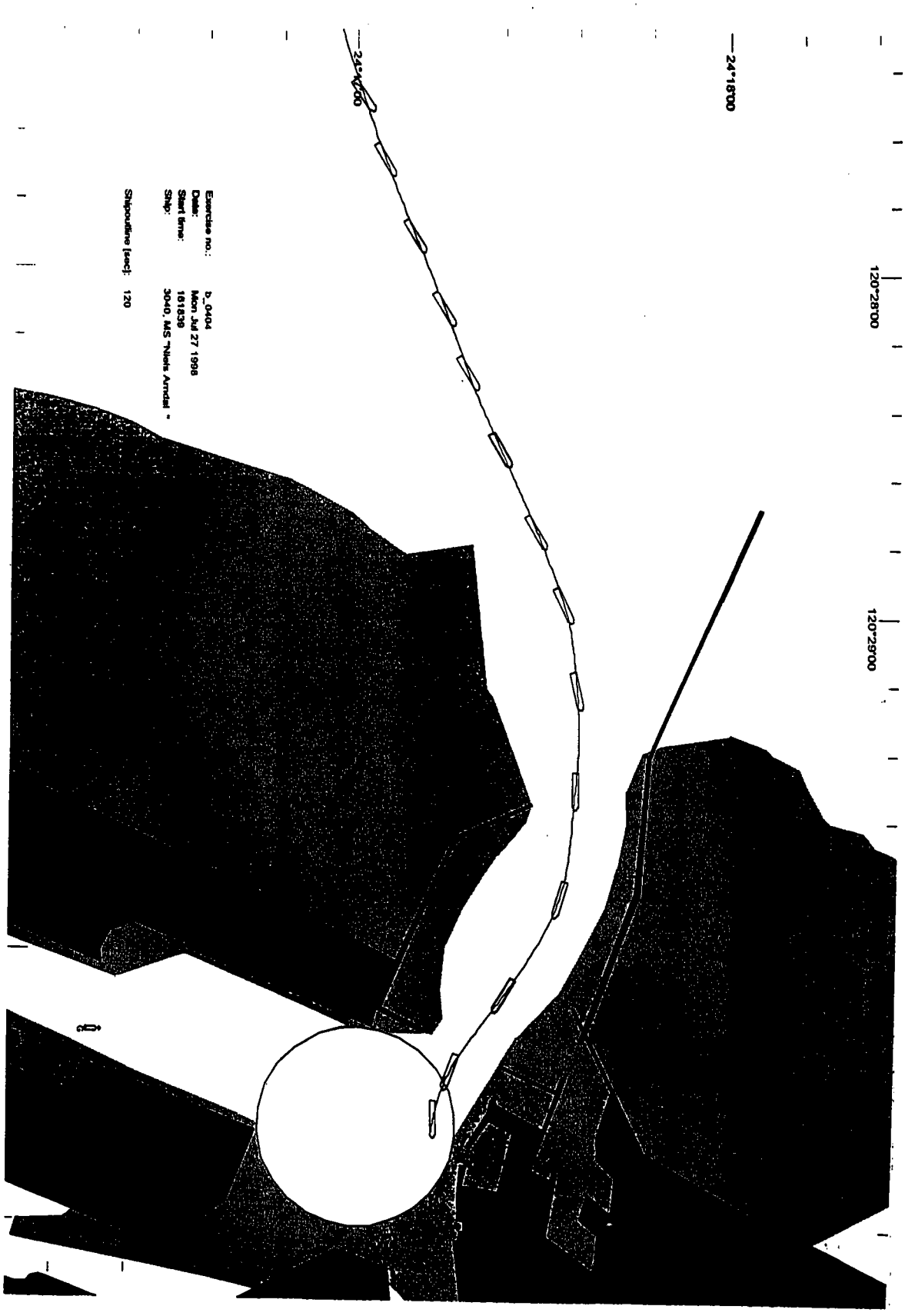
C-151 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B403)



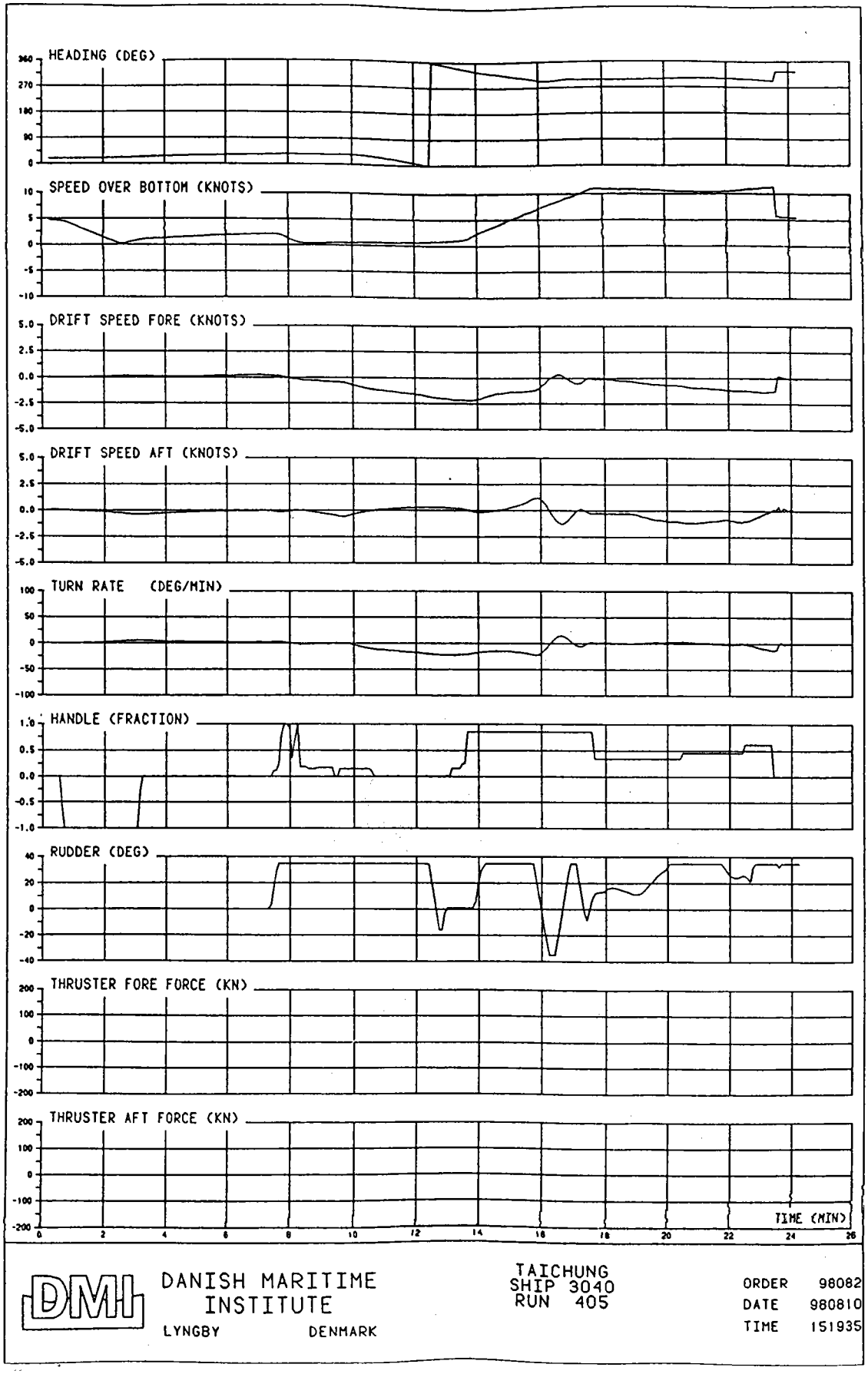
C-152 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B403)



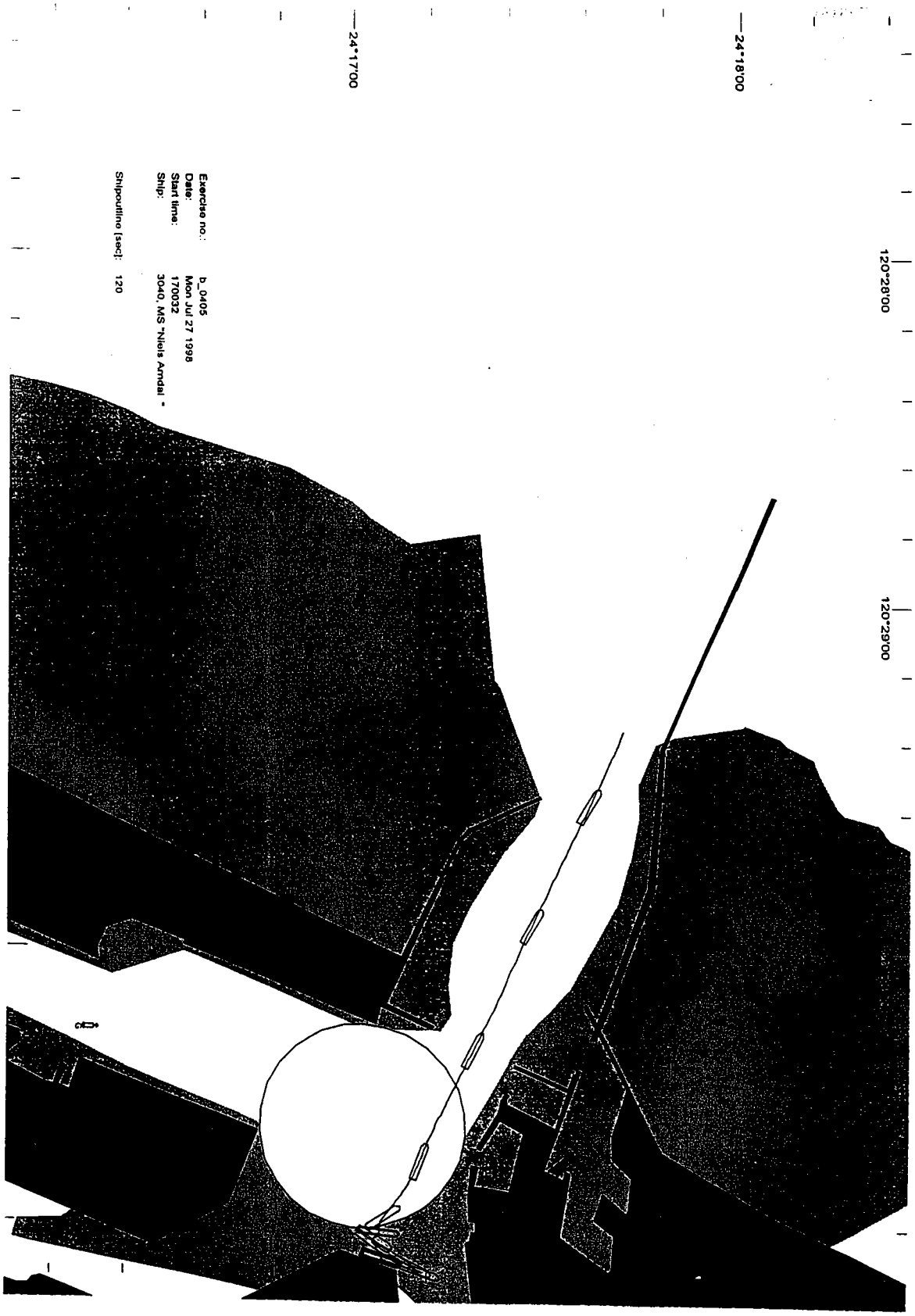
C-153 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B404)



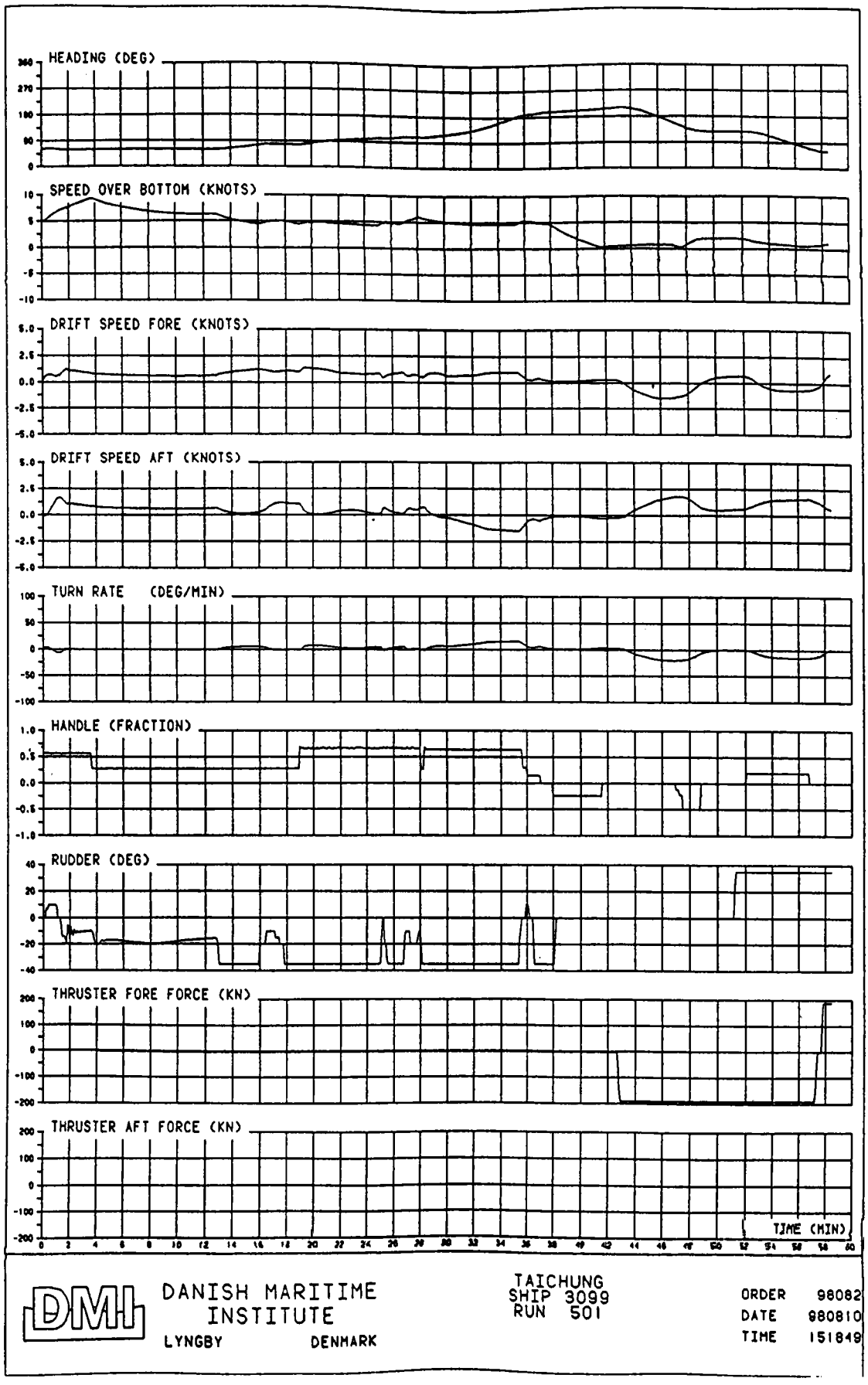
C-154 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B404)



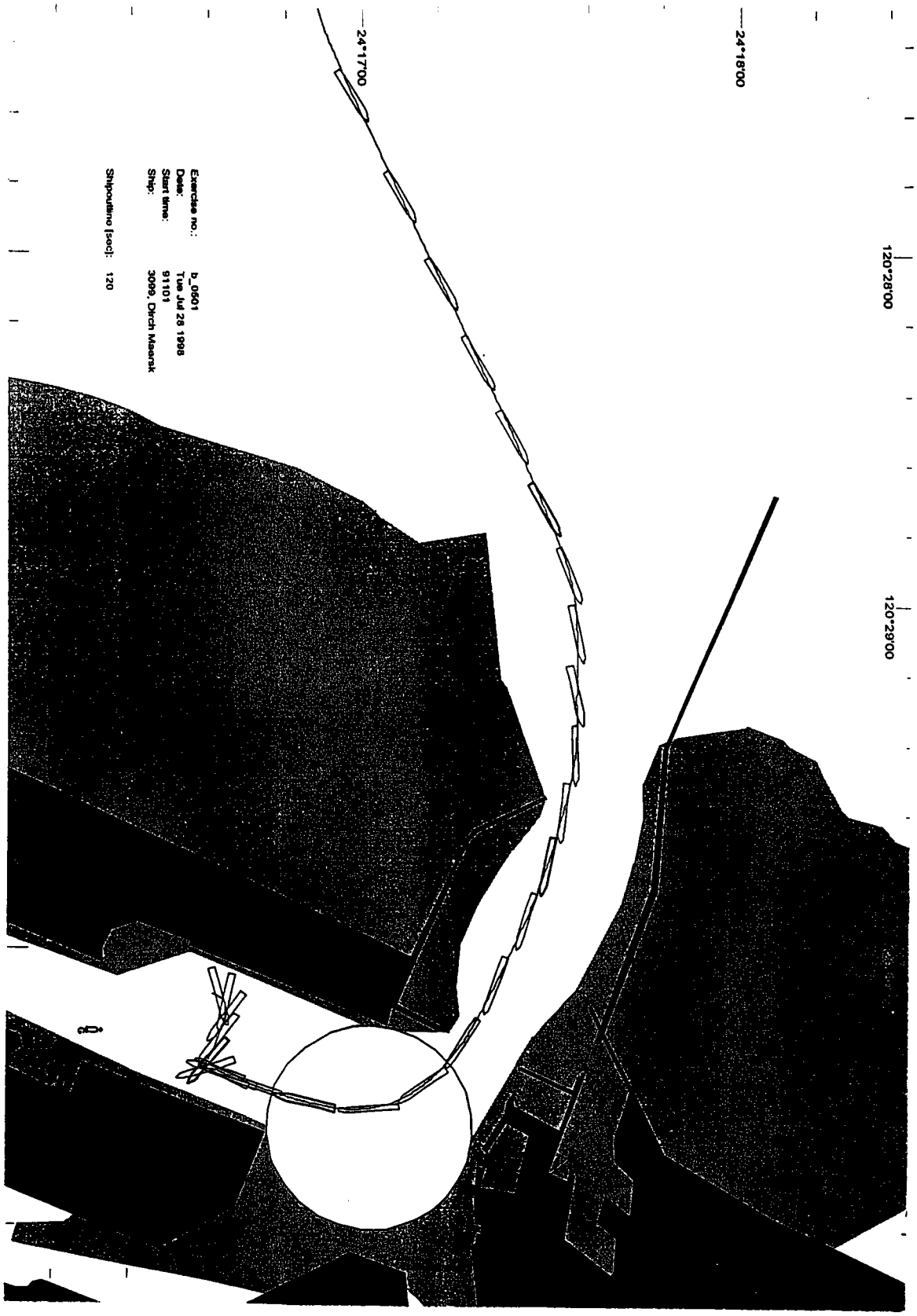
C-155 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (B405)



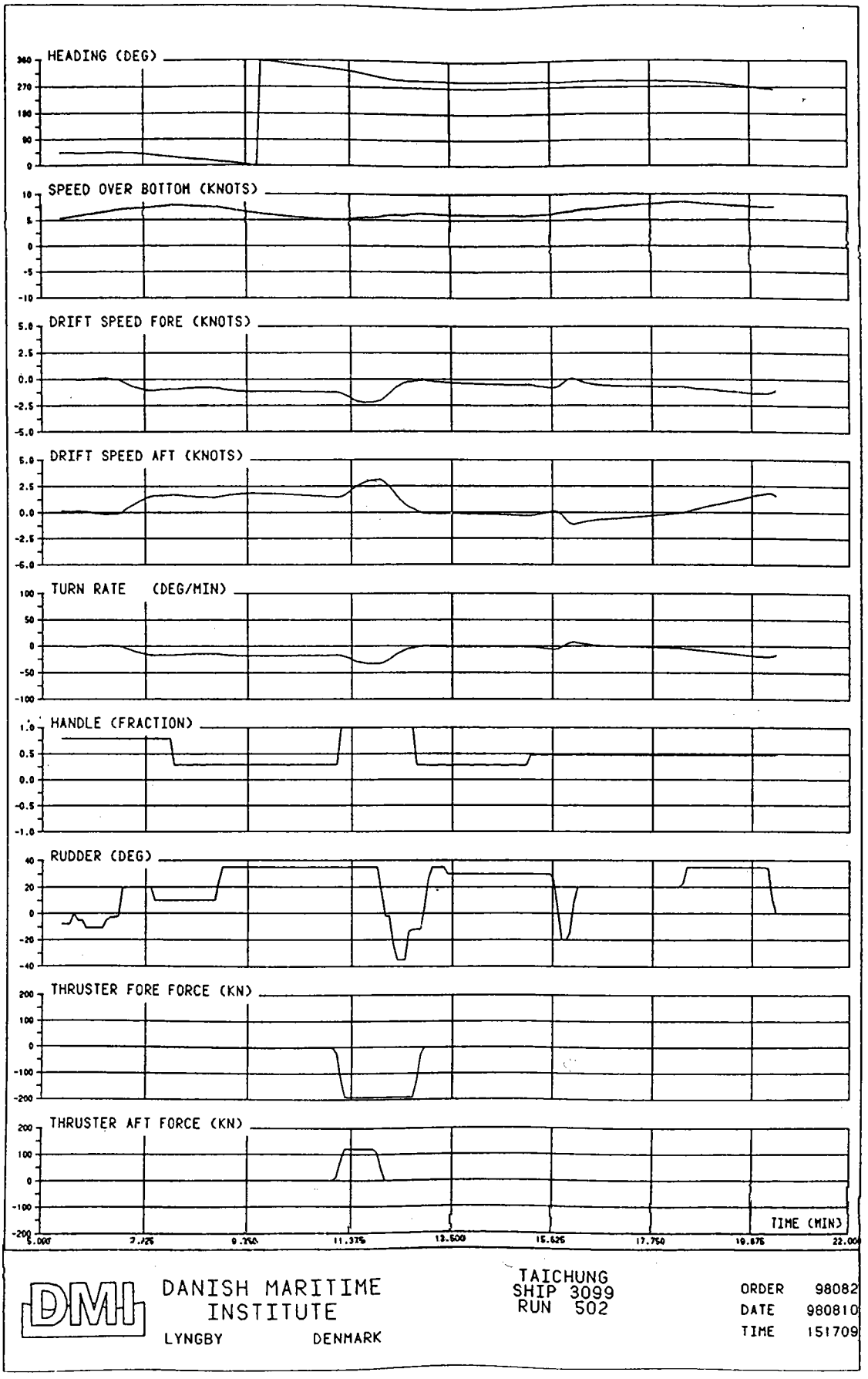
C-156 風速 20m/s，3040 汽車船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (B405)



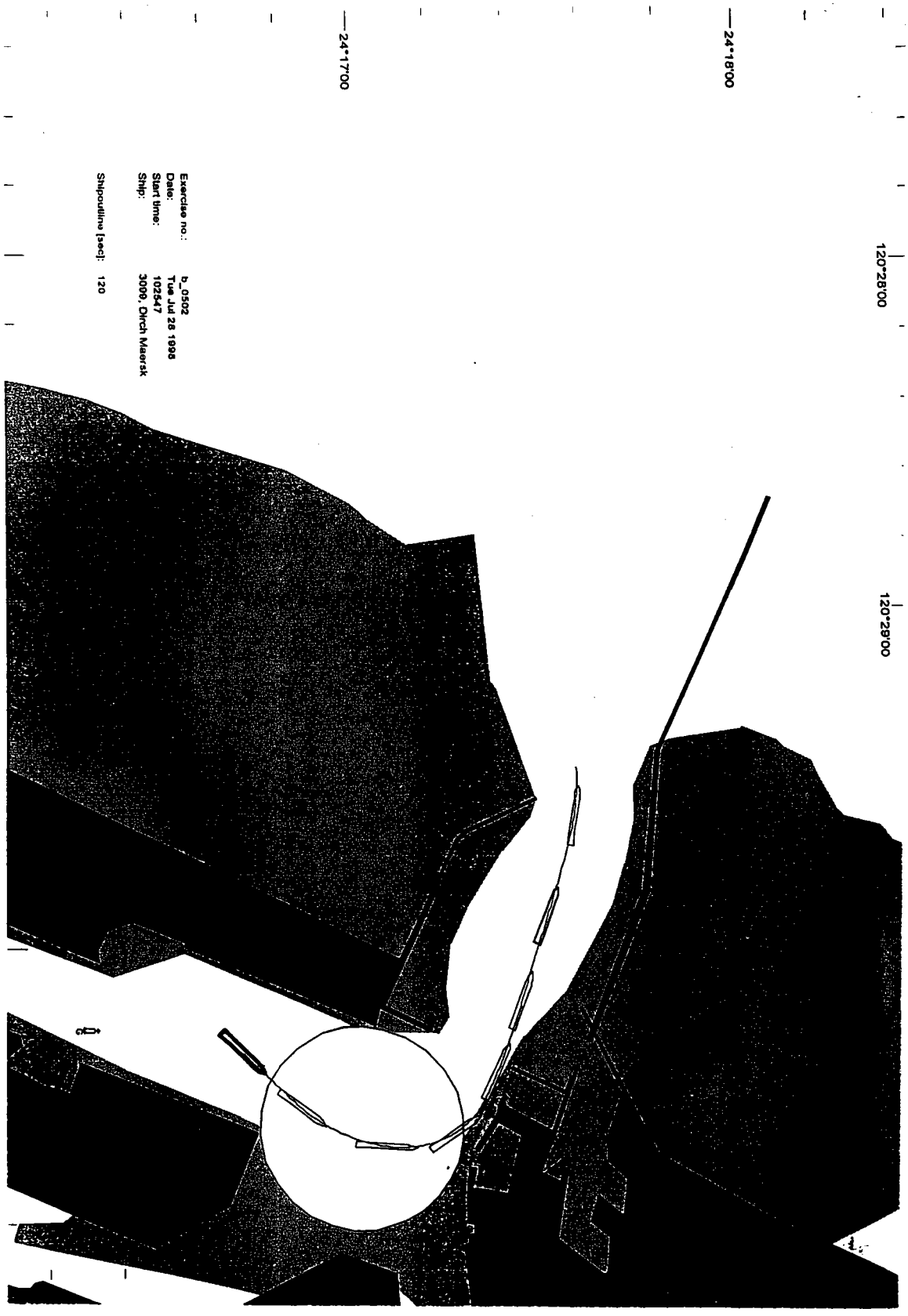
C-157 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B501)



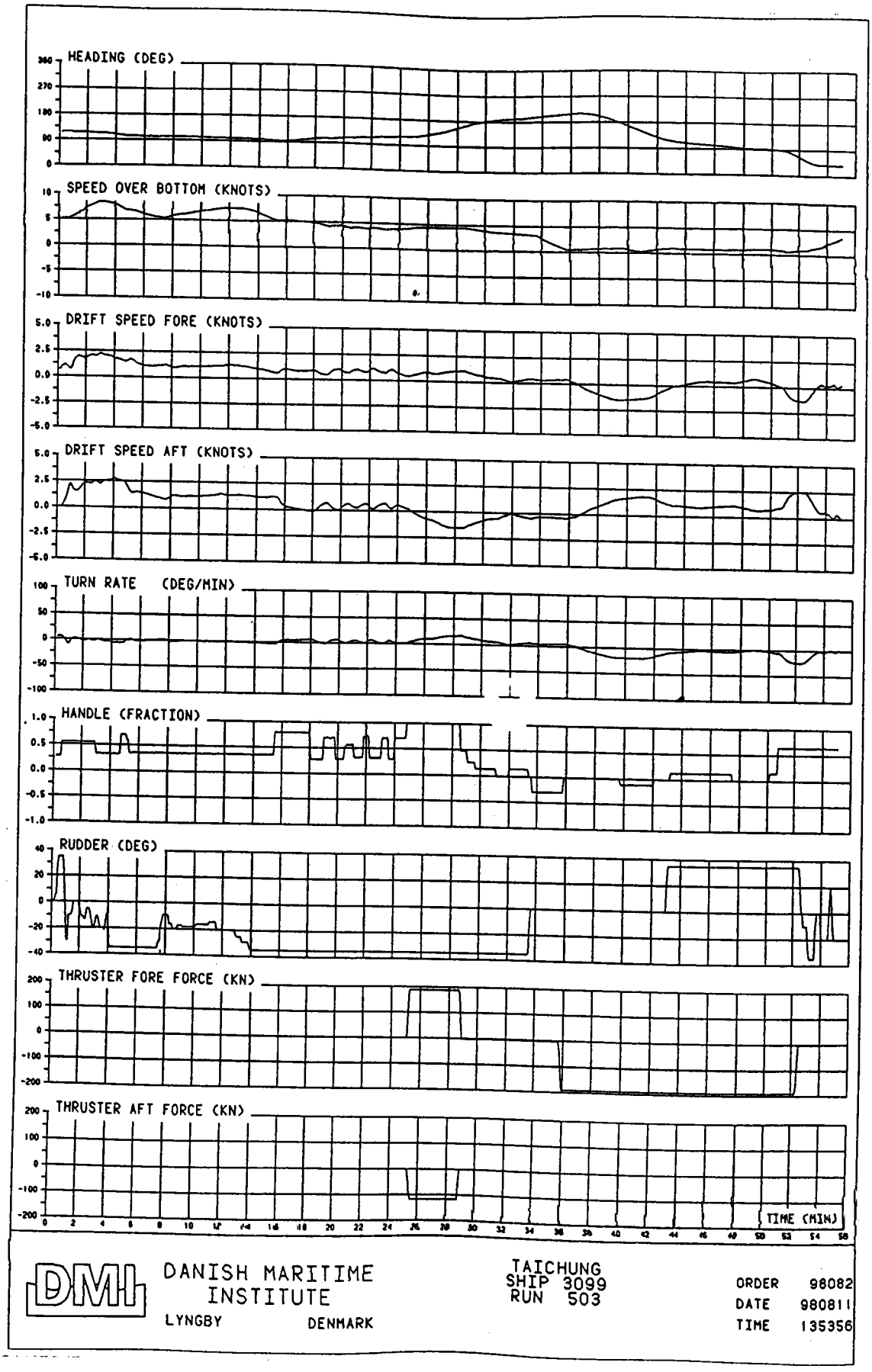
C-158 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B501)



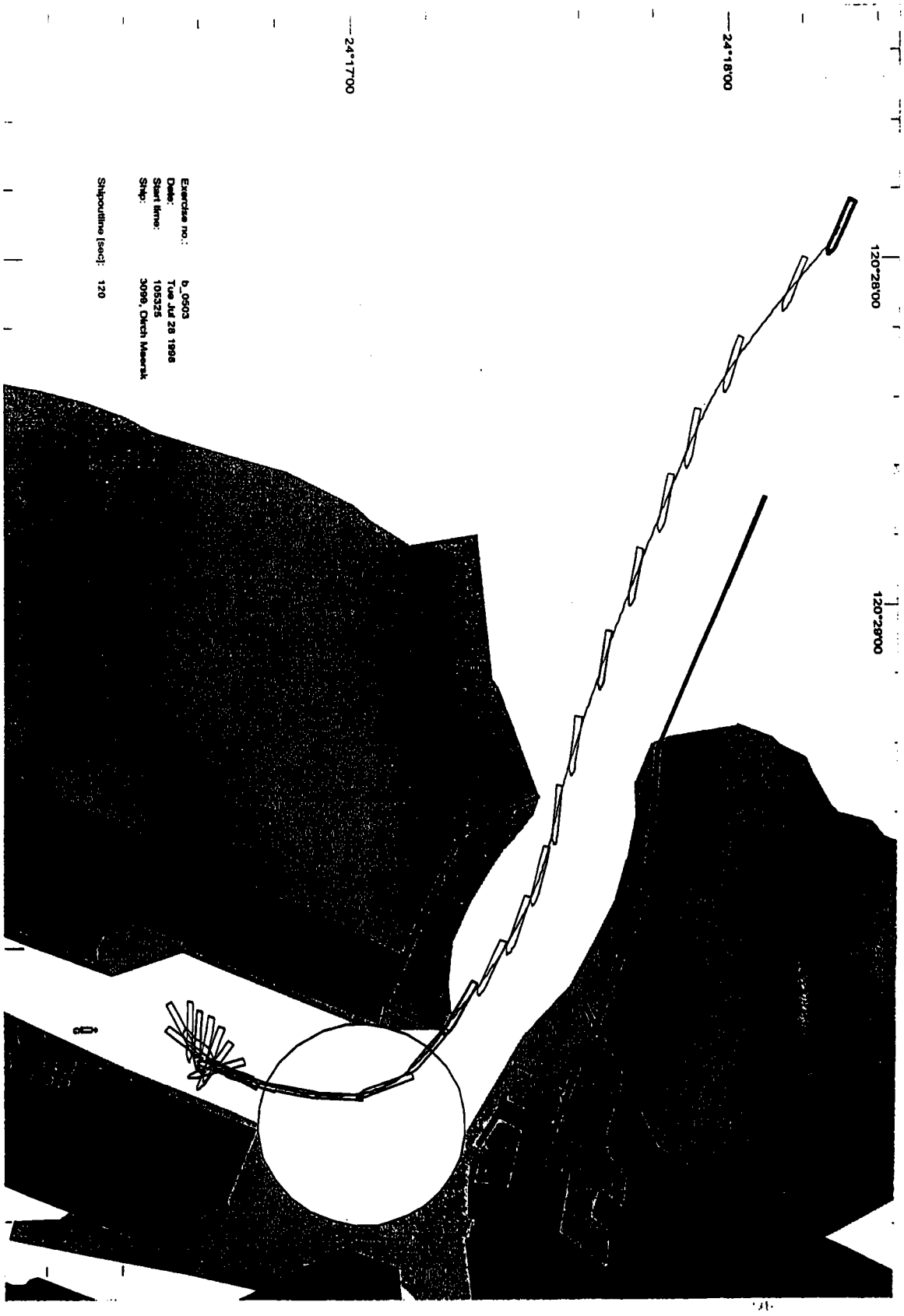
C-159 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (B502)



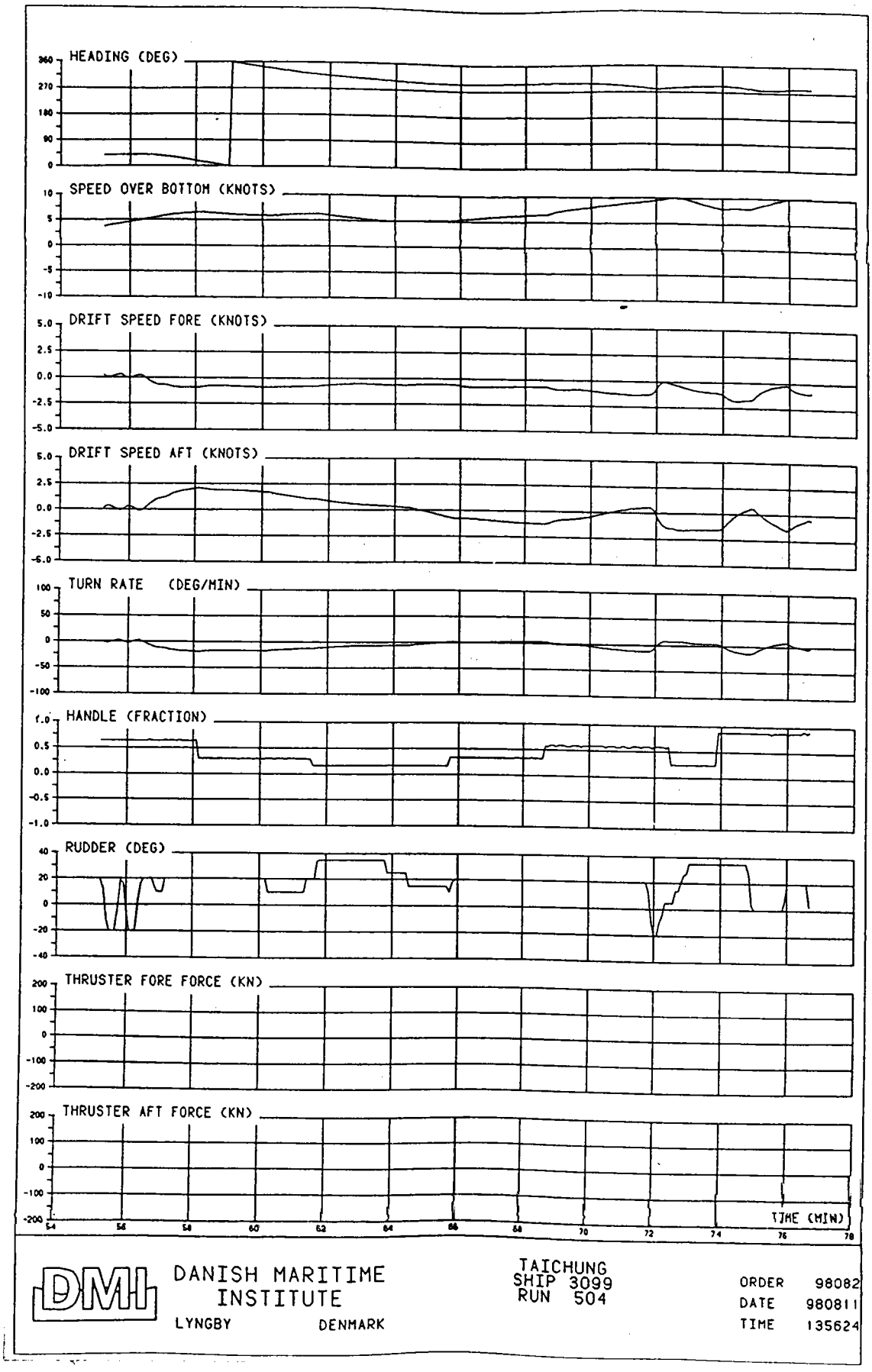
C-160 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (B502)



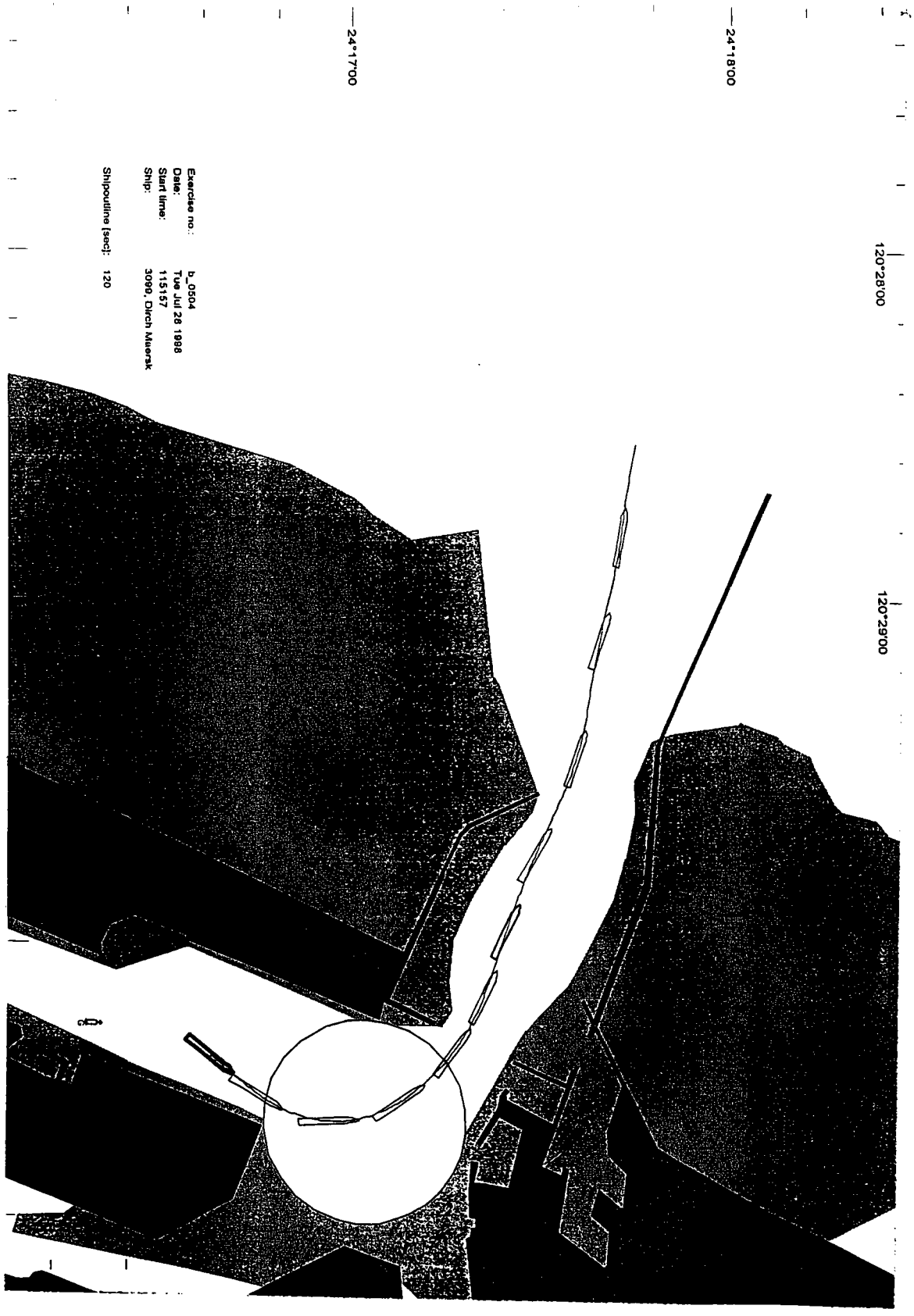
C-161 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B503)



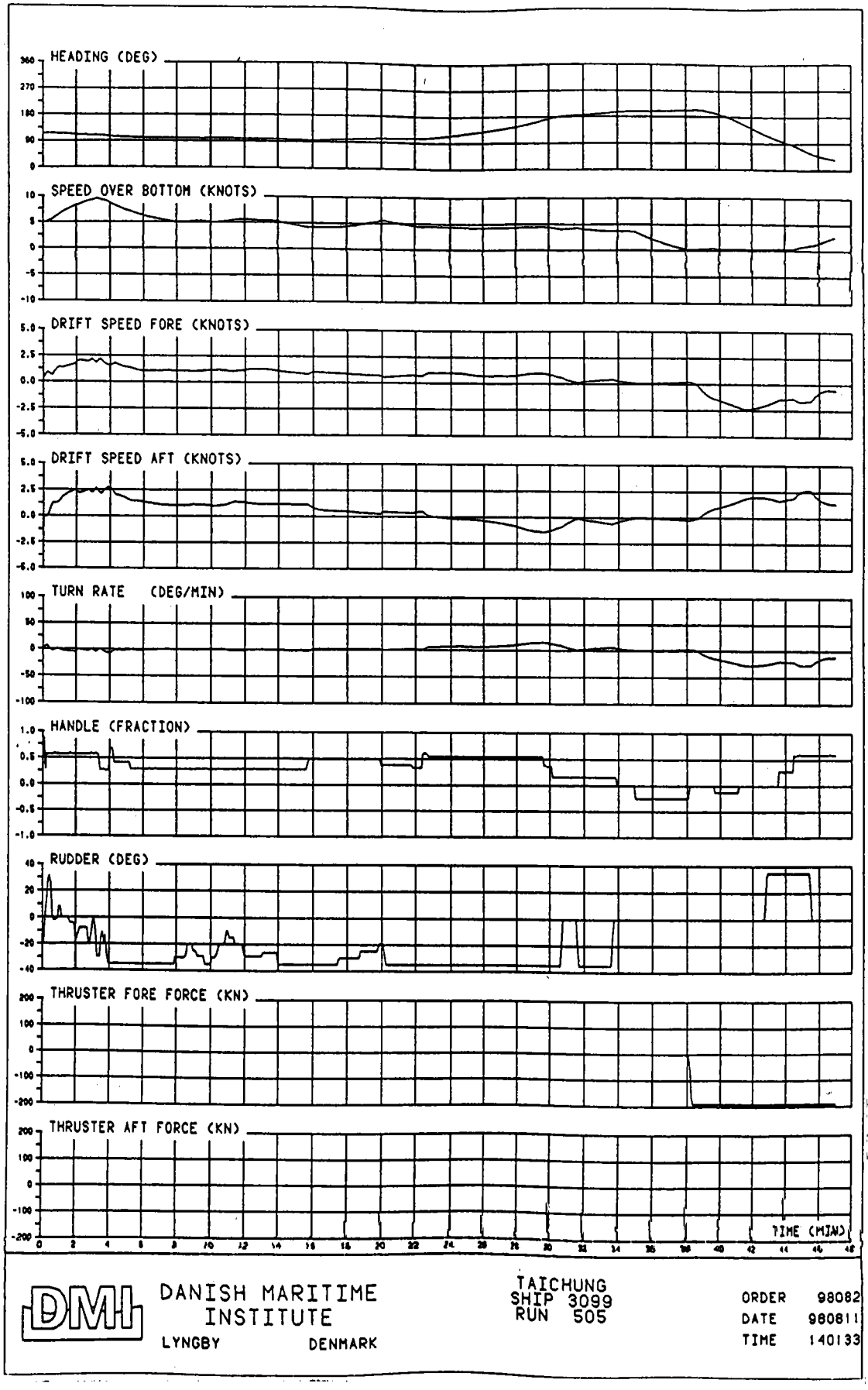
C-162 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B503)



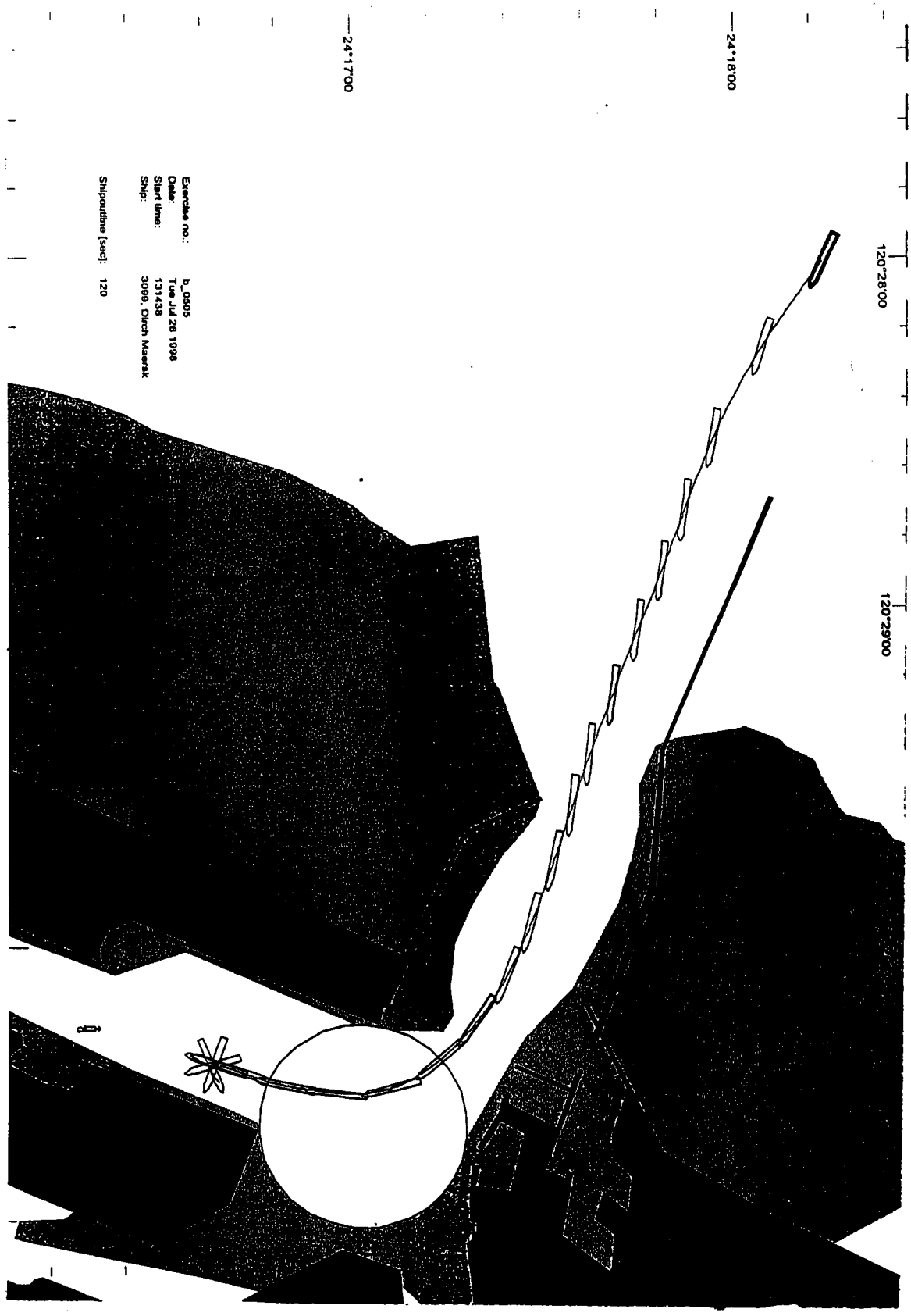
C-163 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (B504)



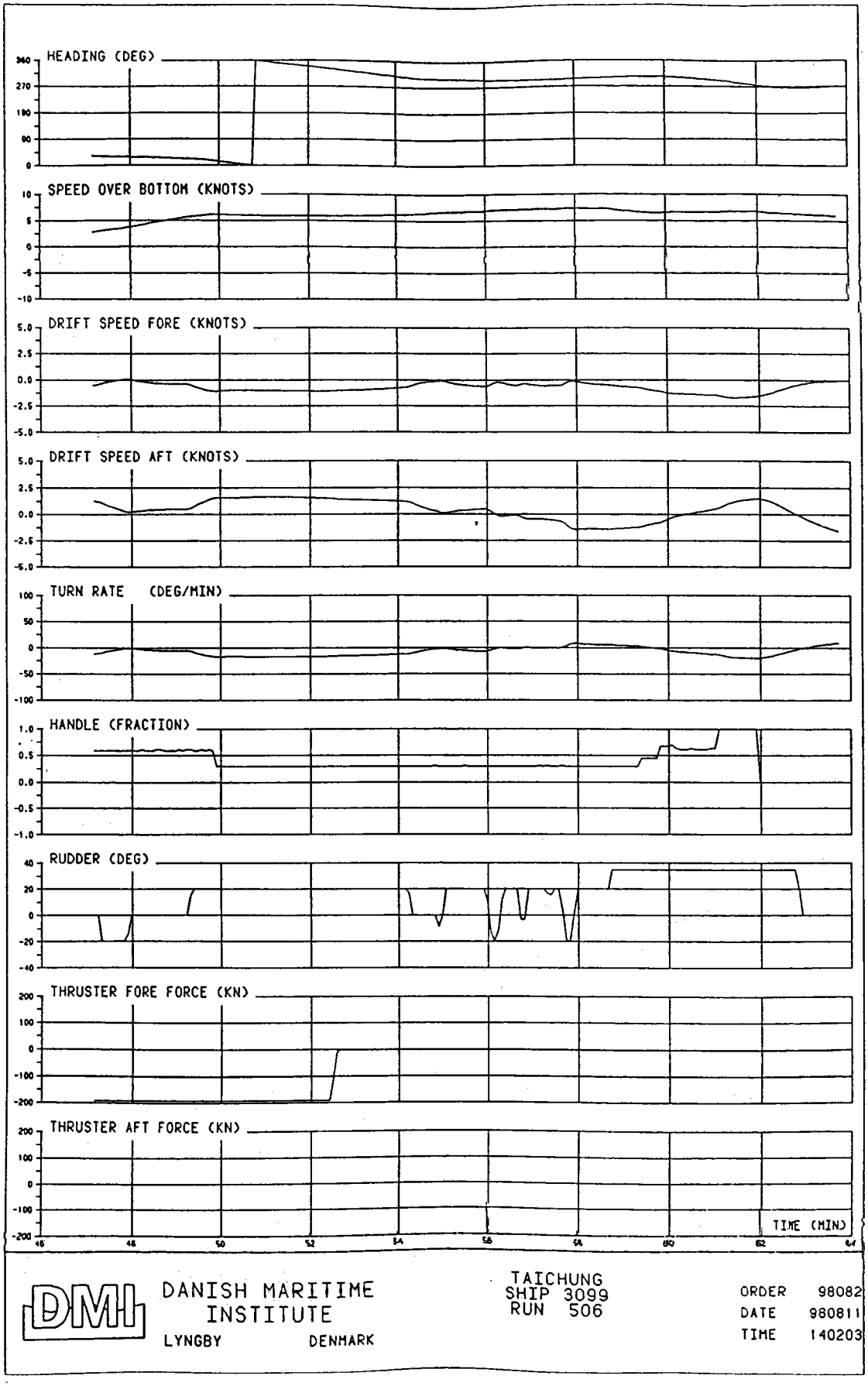
C-164 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (B504)



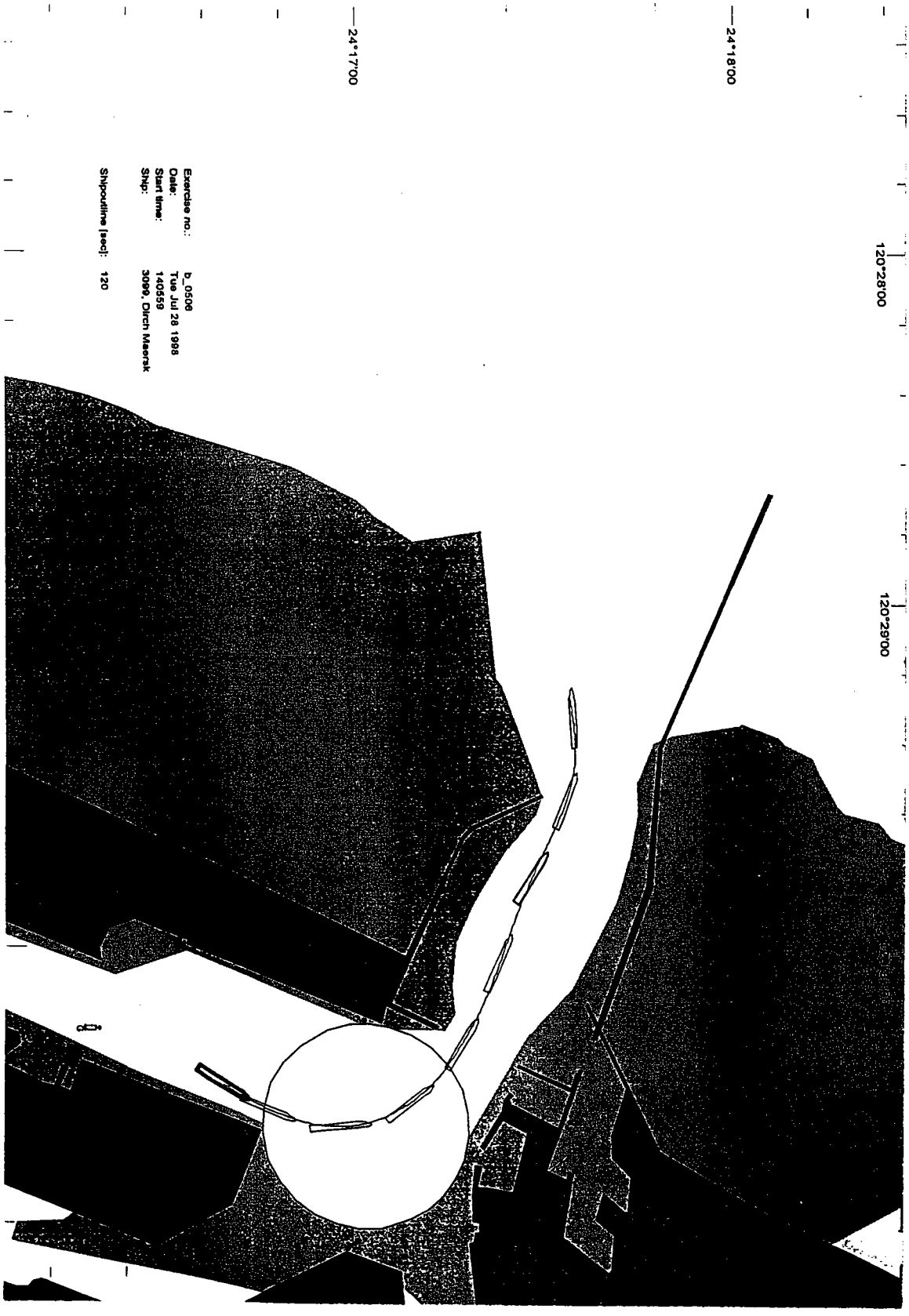
C-165 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B505)



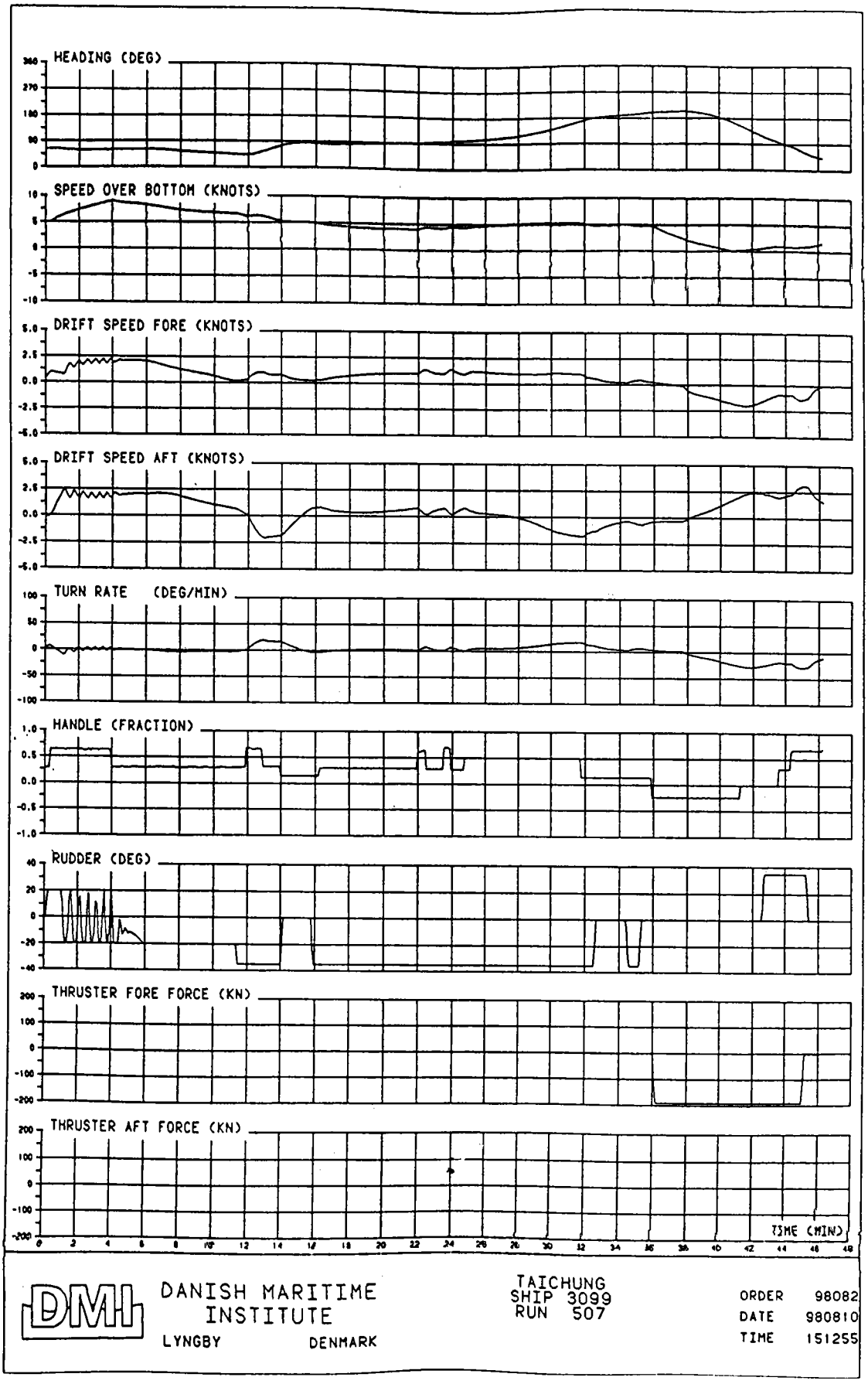
C-166 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B505)



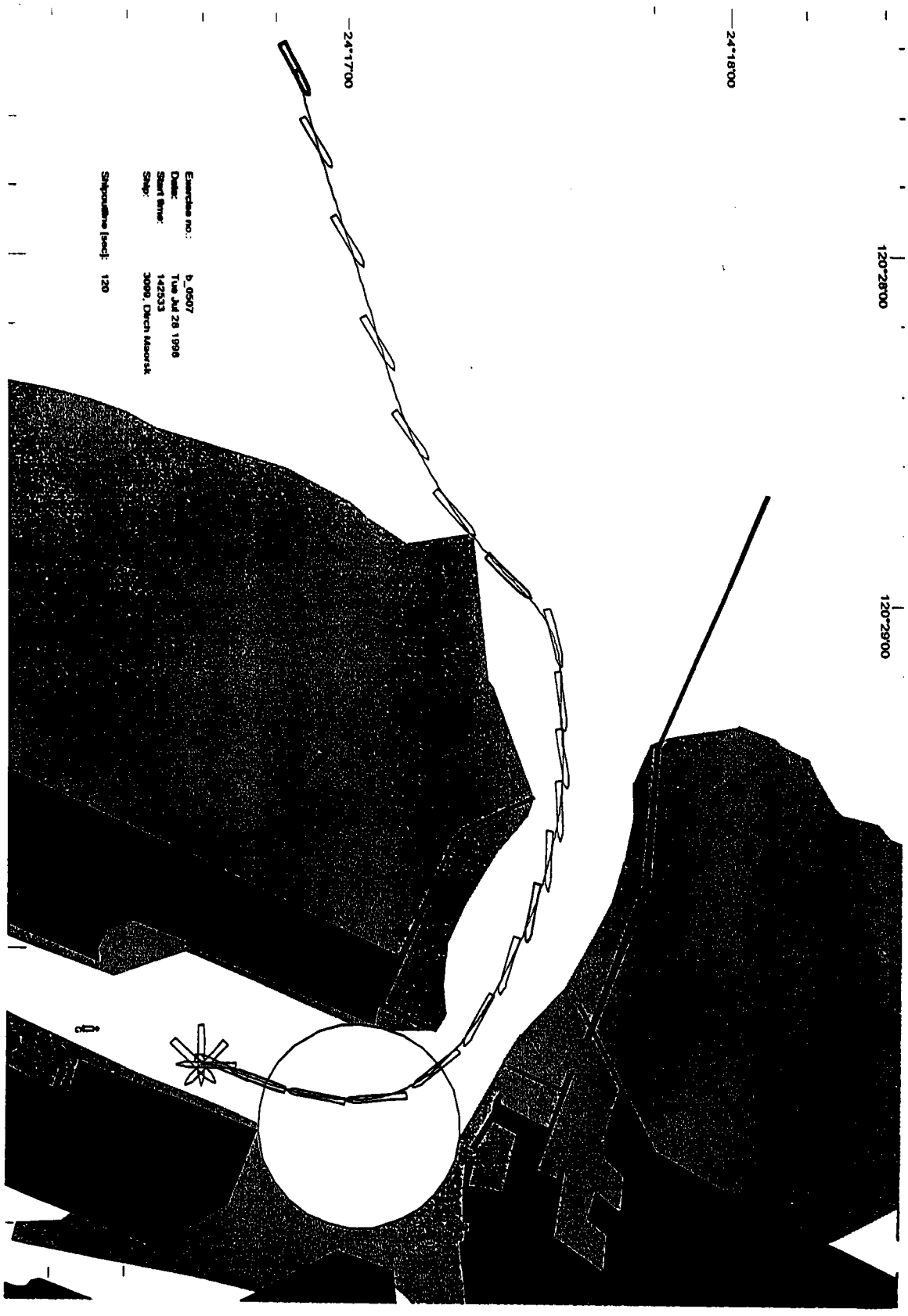
C-167 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮出港操航歷程圖 (B506)



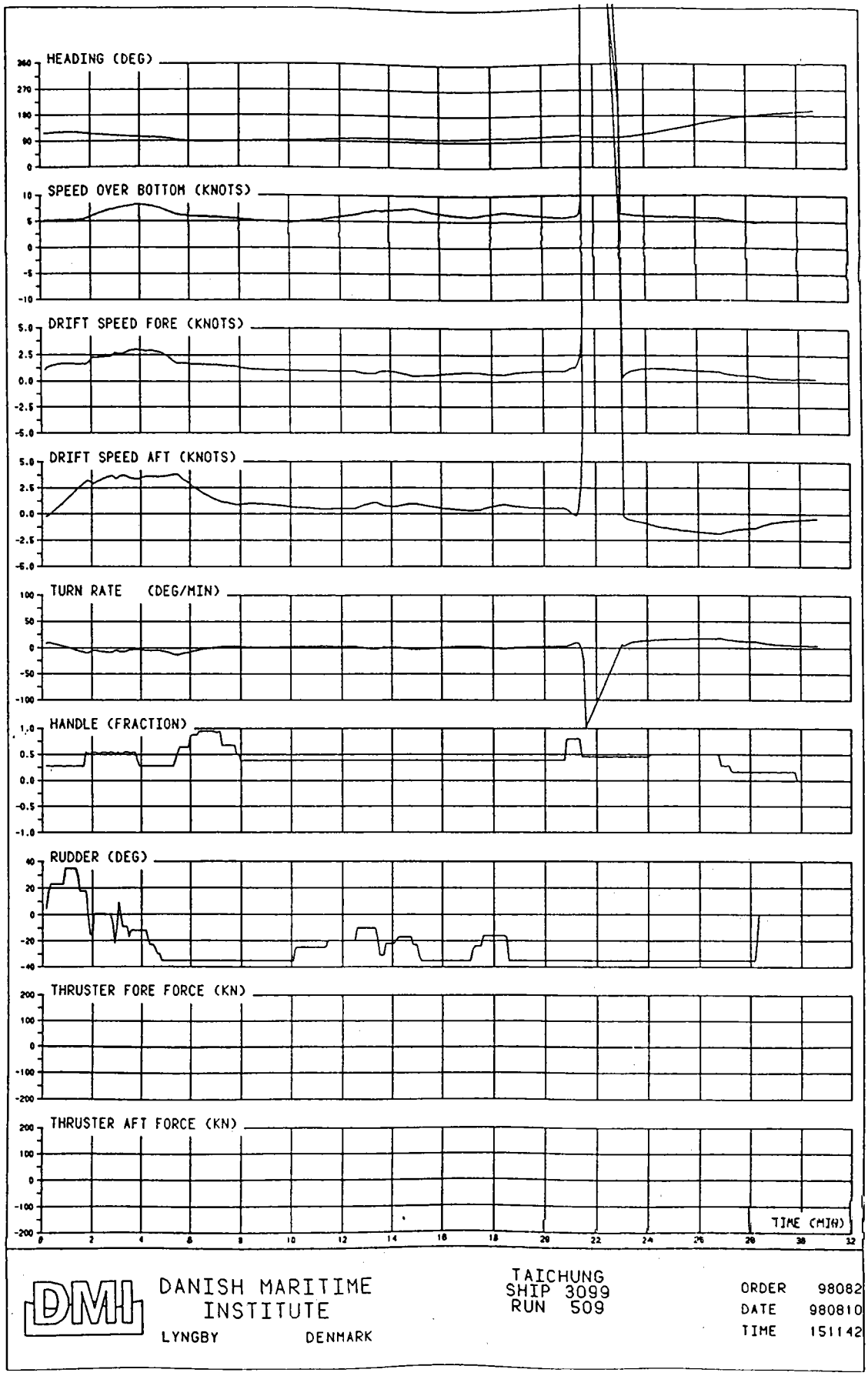
C-168 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮出港操航船跡圖 (B506)



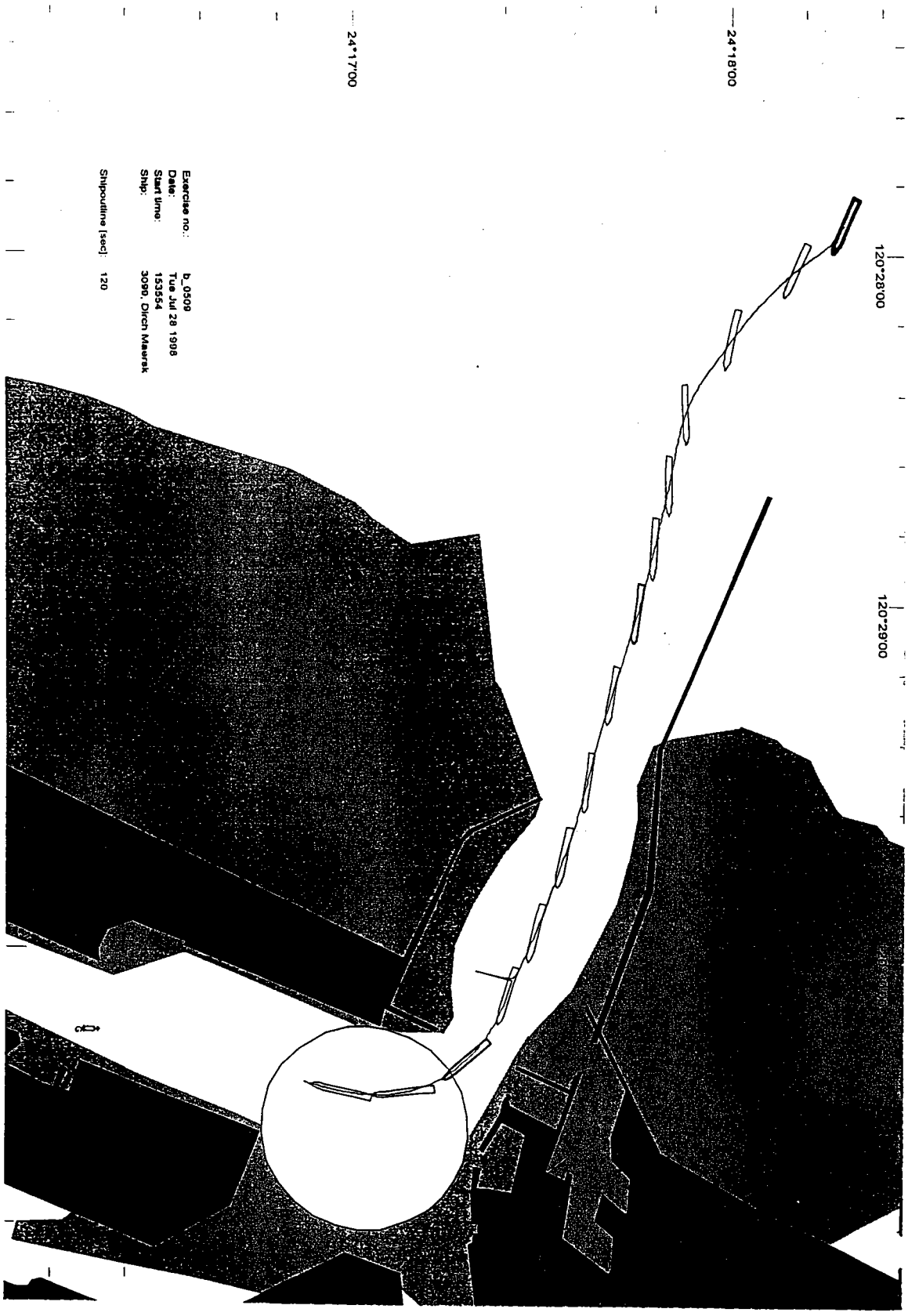
C-169 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (B507)



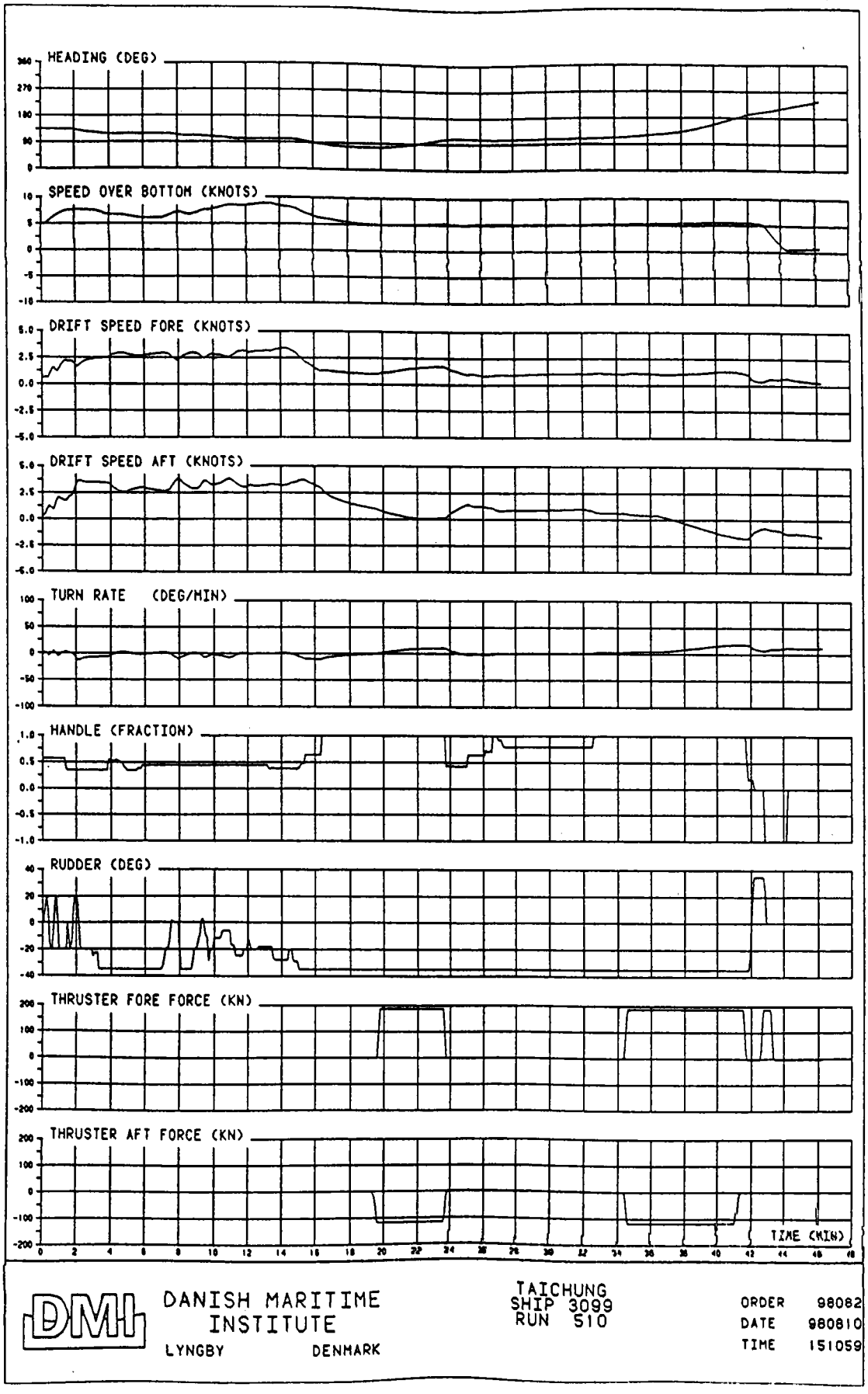
C-170 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (B507)



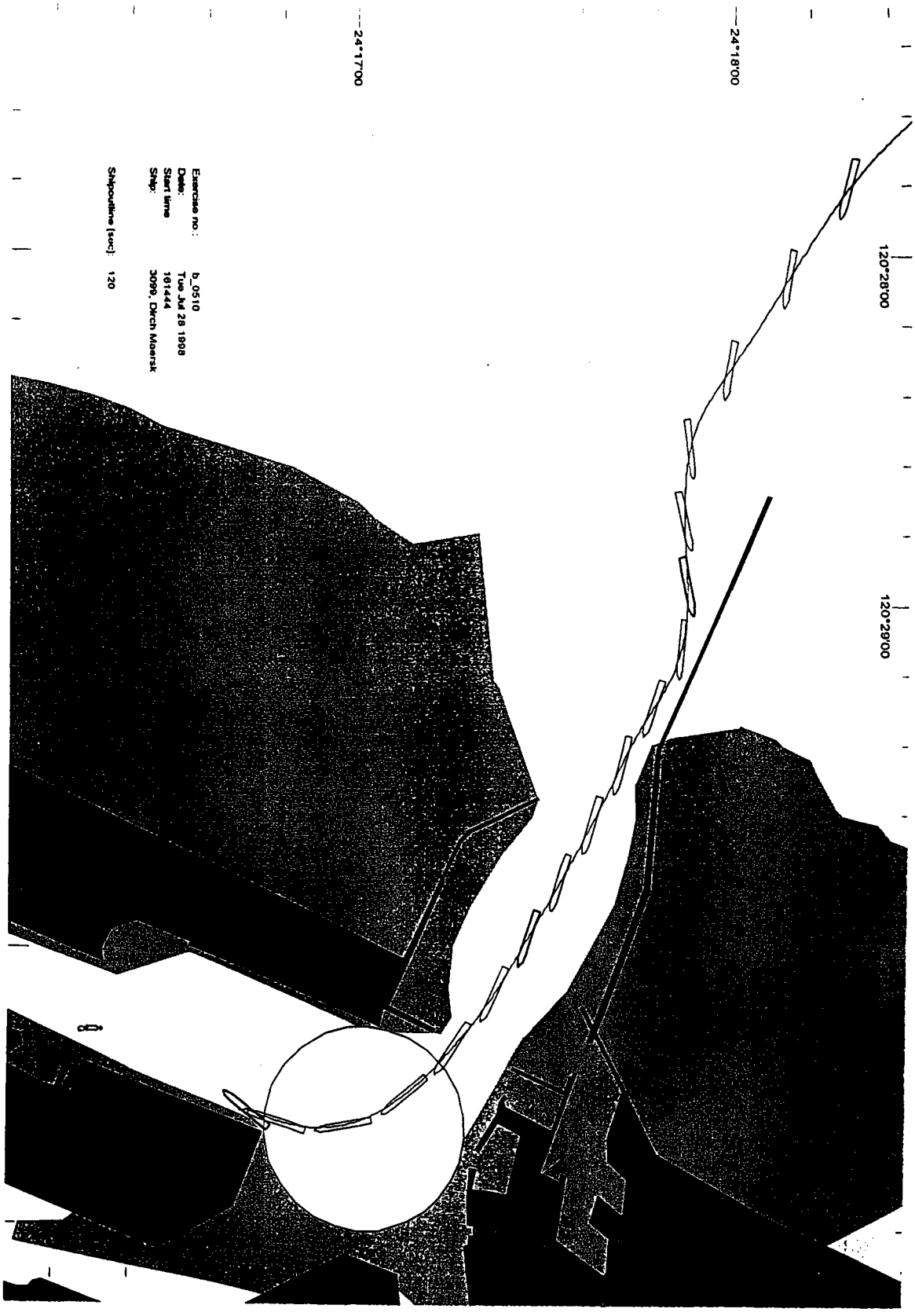
C-171 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (B509)



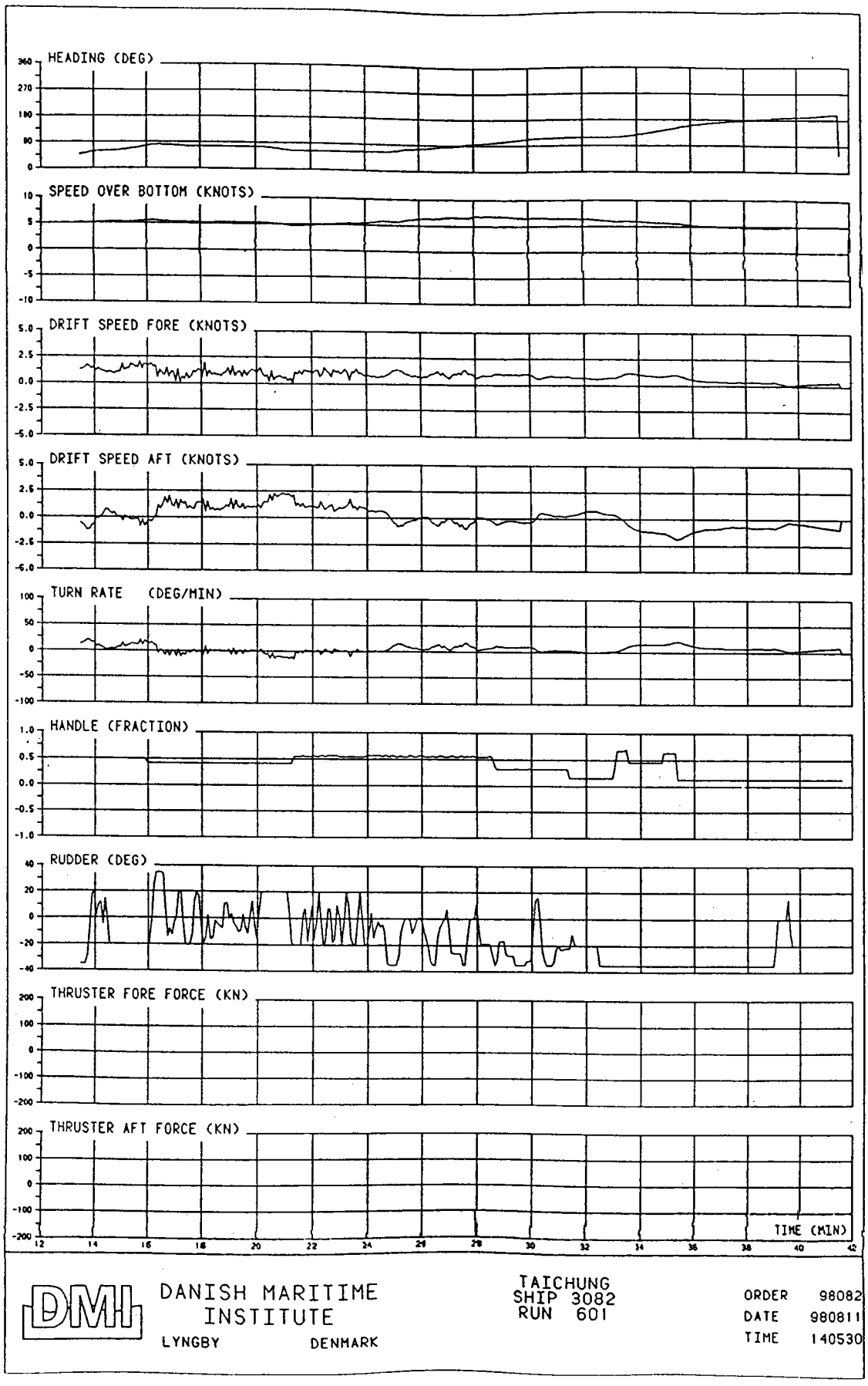
C-172 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (B509)



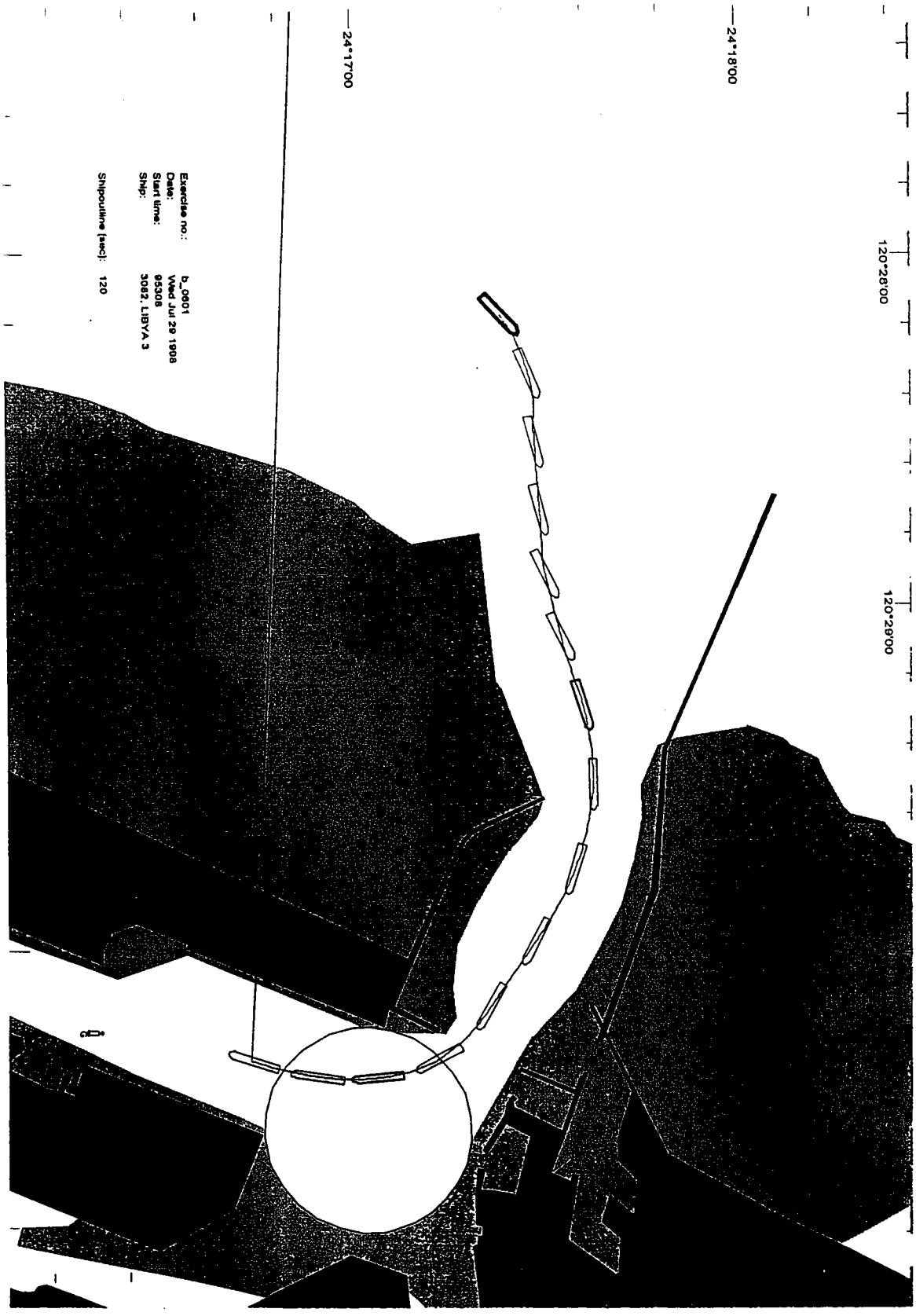
C-173 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航歷程圖 (B510)



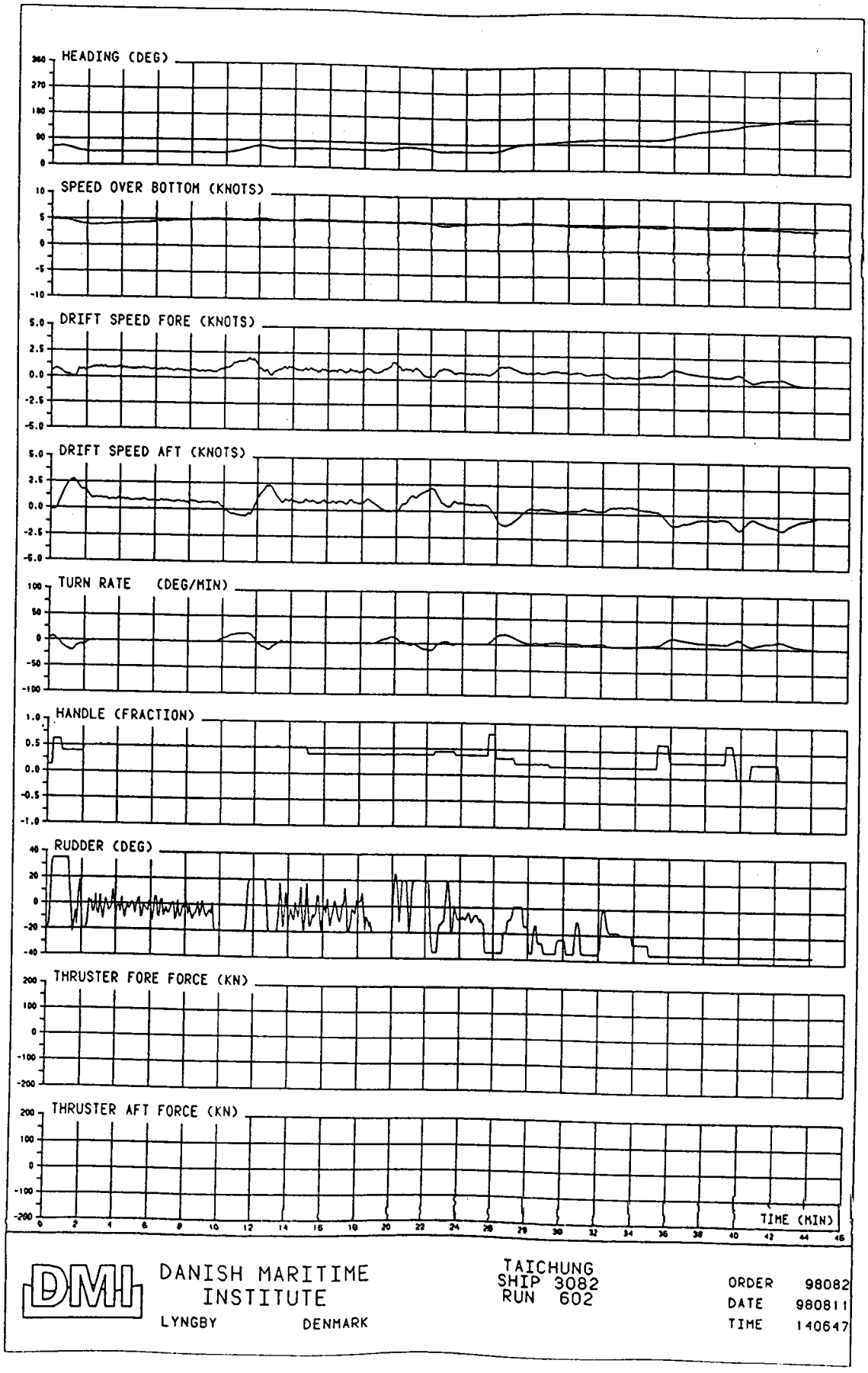
C-174 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)漲潮進港操航船跡圖 (B510)



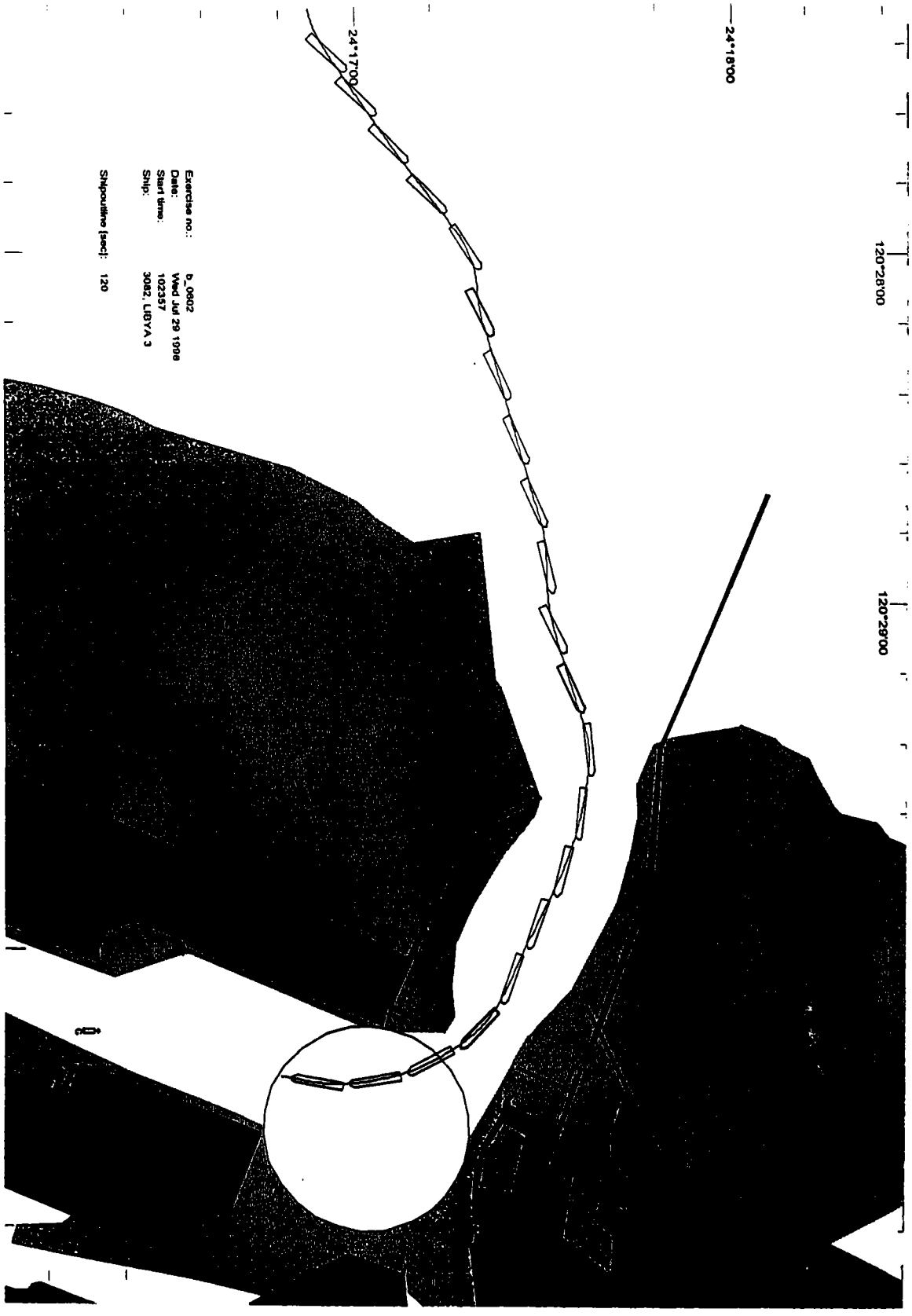
C-175 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航歷程圖 (B601)



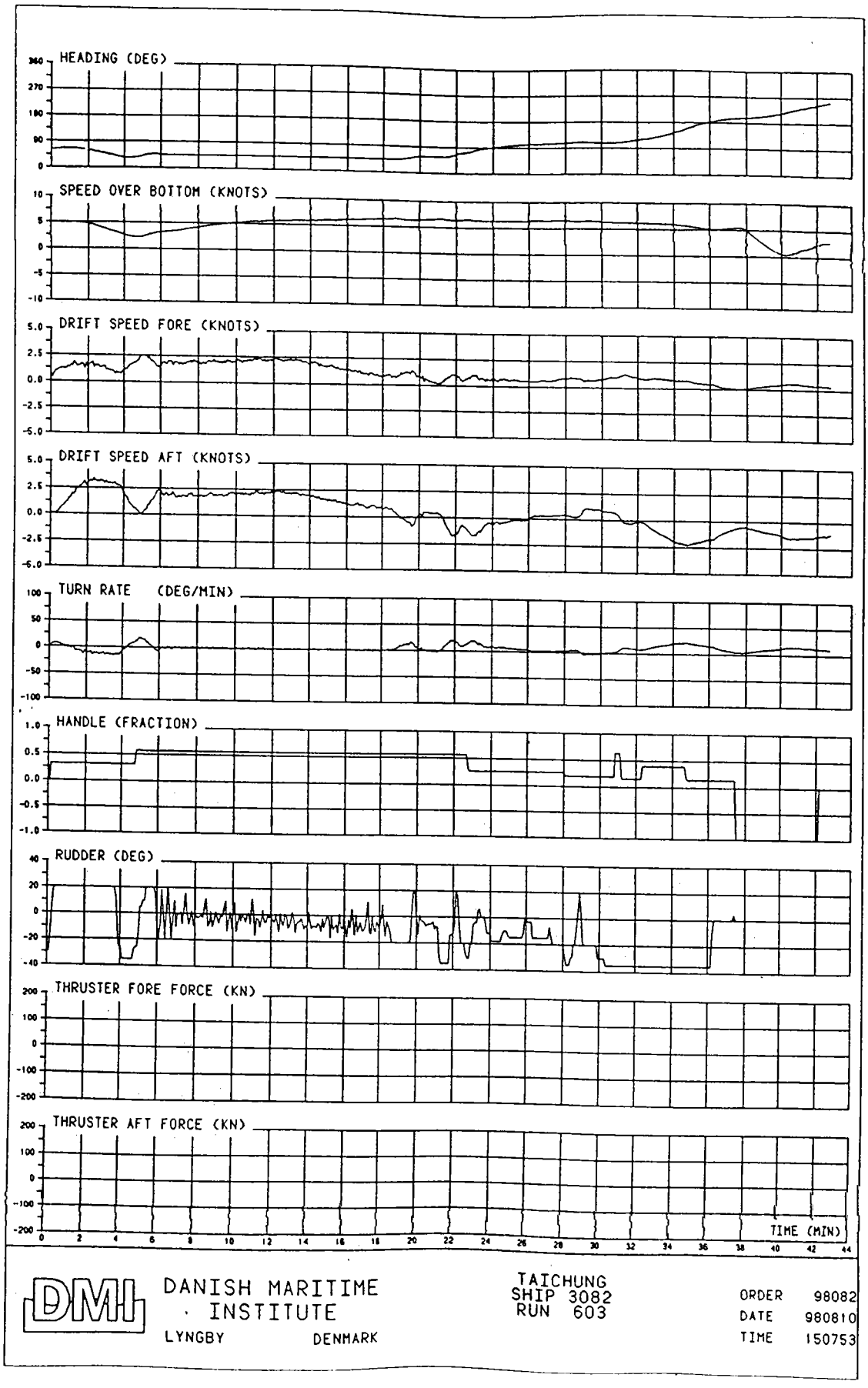
C-176 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航船跡圖 (B601)



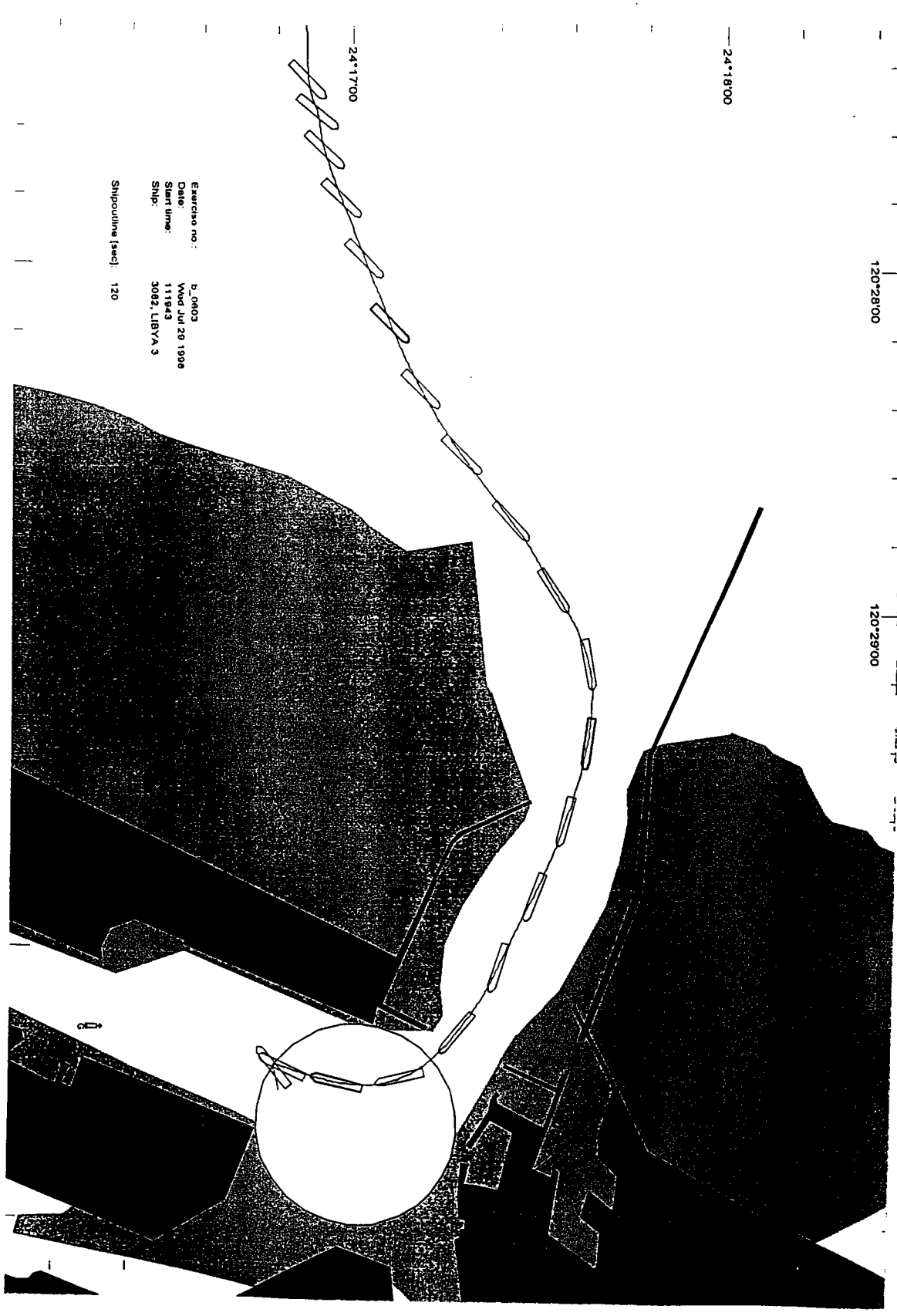
C-177 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航歷程圖 (B602)



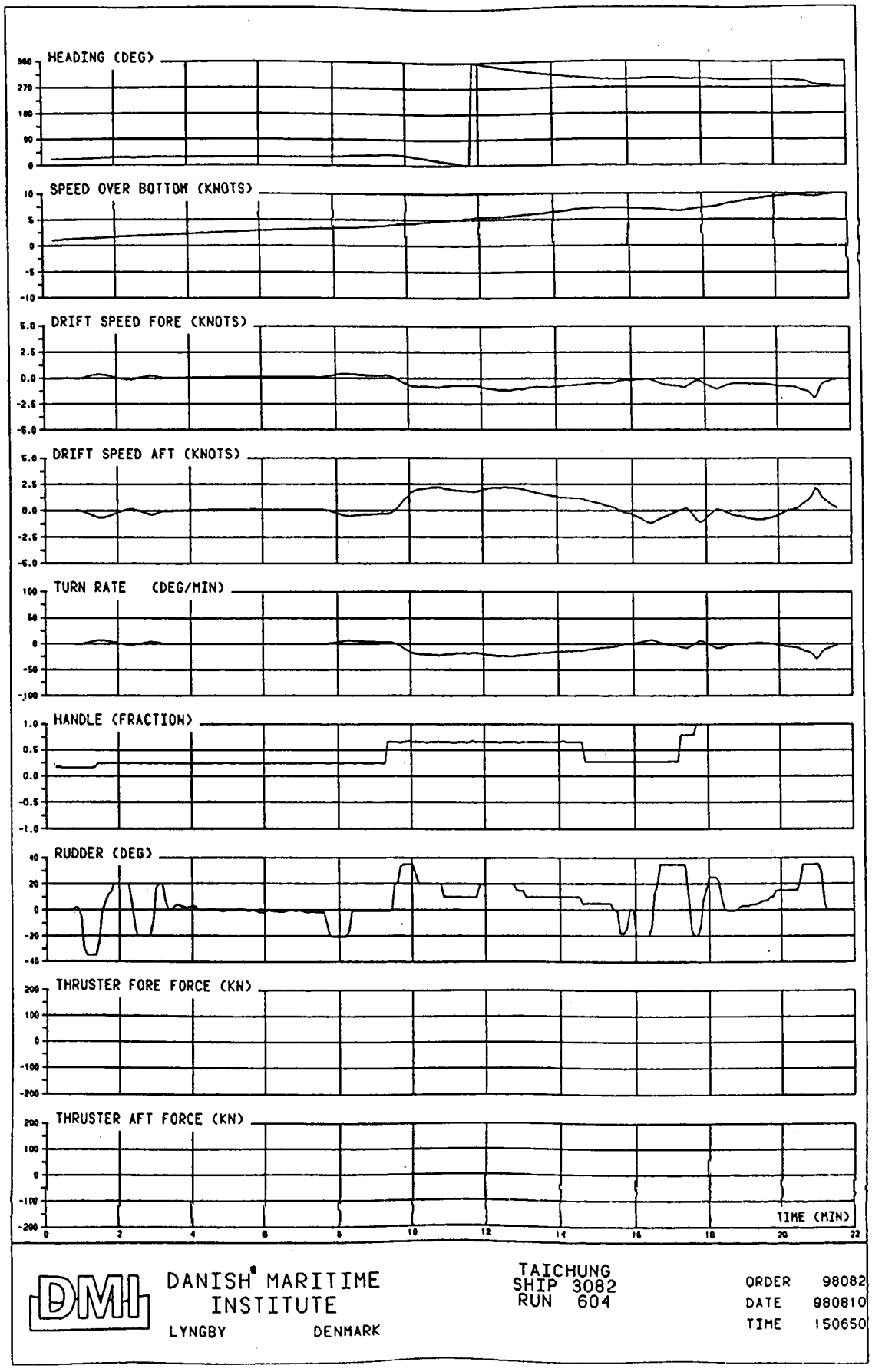
C-178 風速 20m/s，3082 油輪(空載)退潮進港操航船跡圖 (B602)



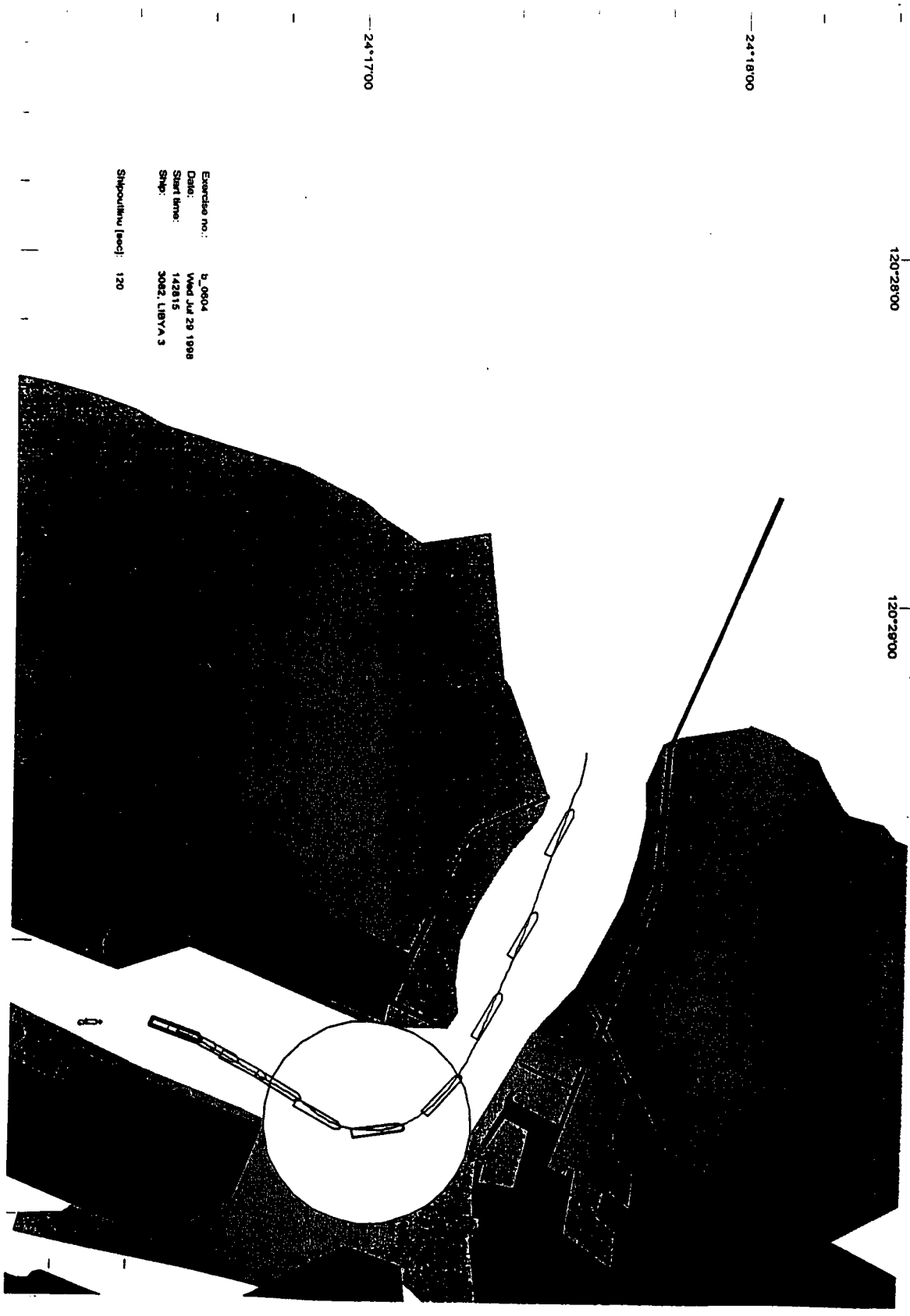
C-179 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮進港操航歷程圖 (B603)



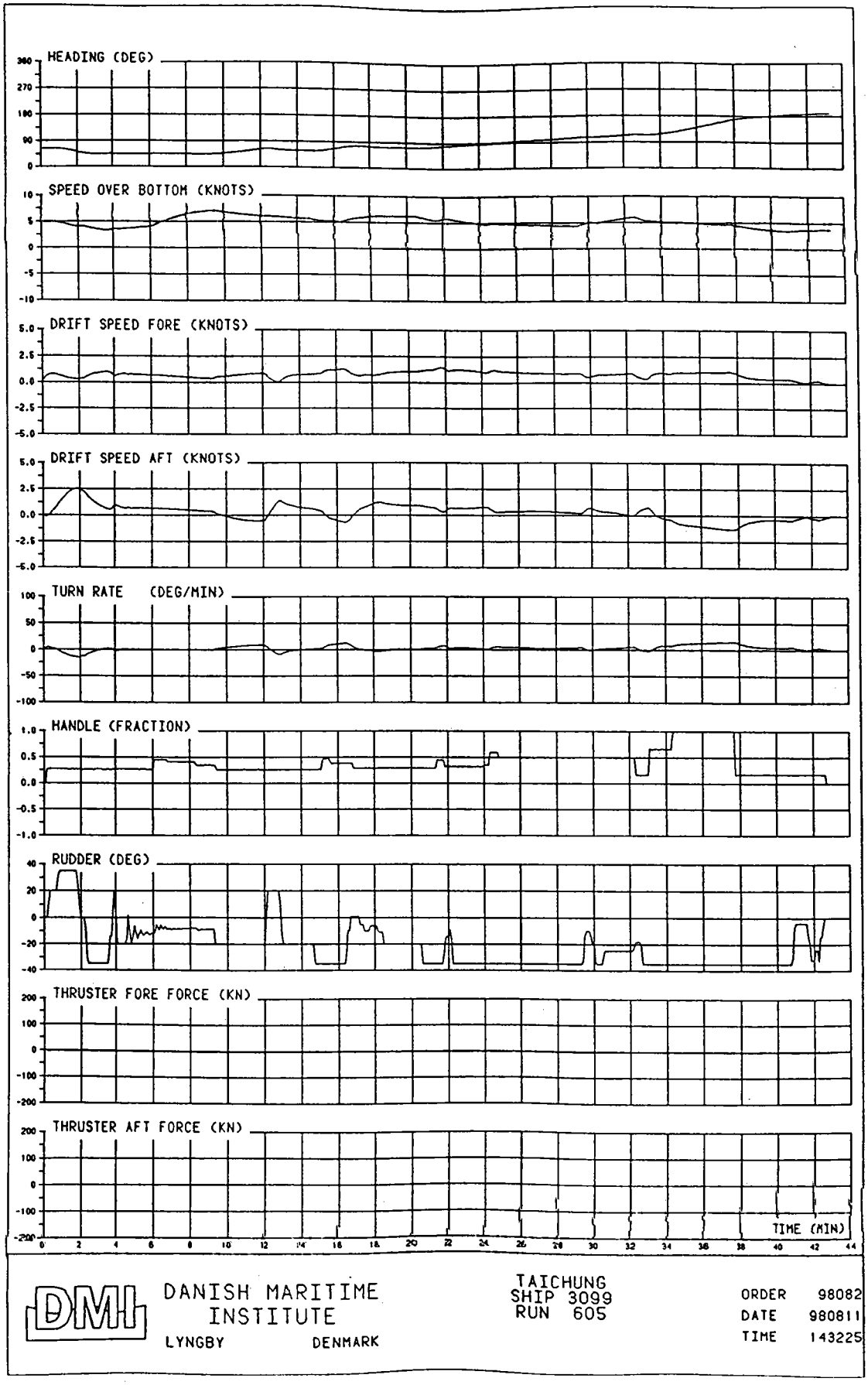
C-180 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮進港操航船跡圖 (B603)



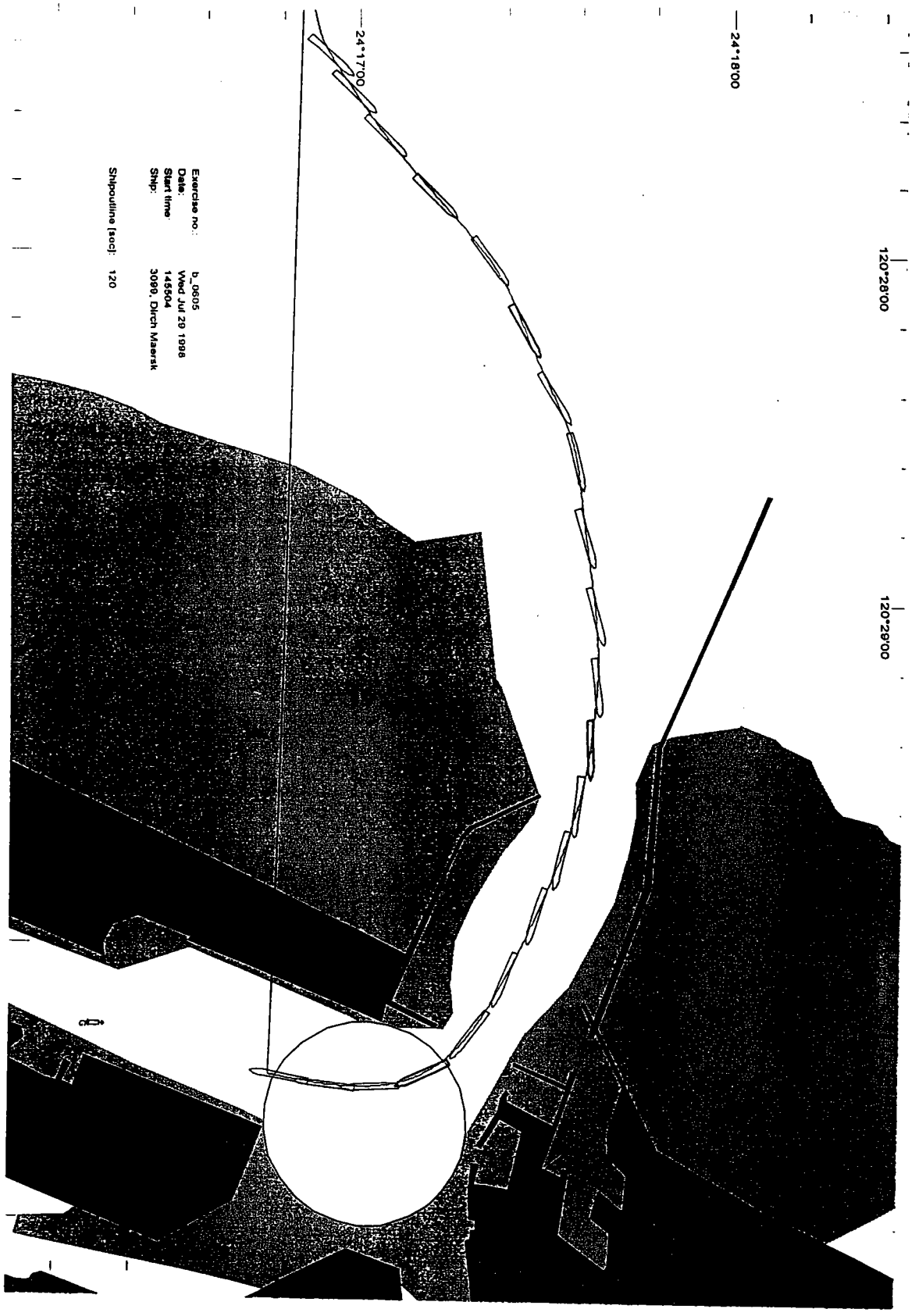
C-181 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮出港操航歷程圖 (B604)



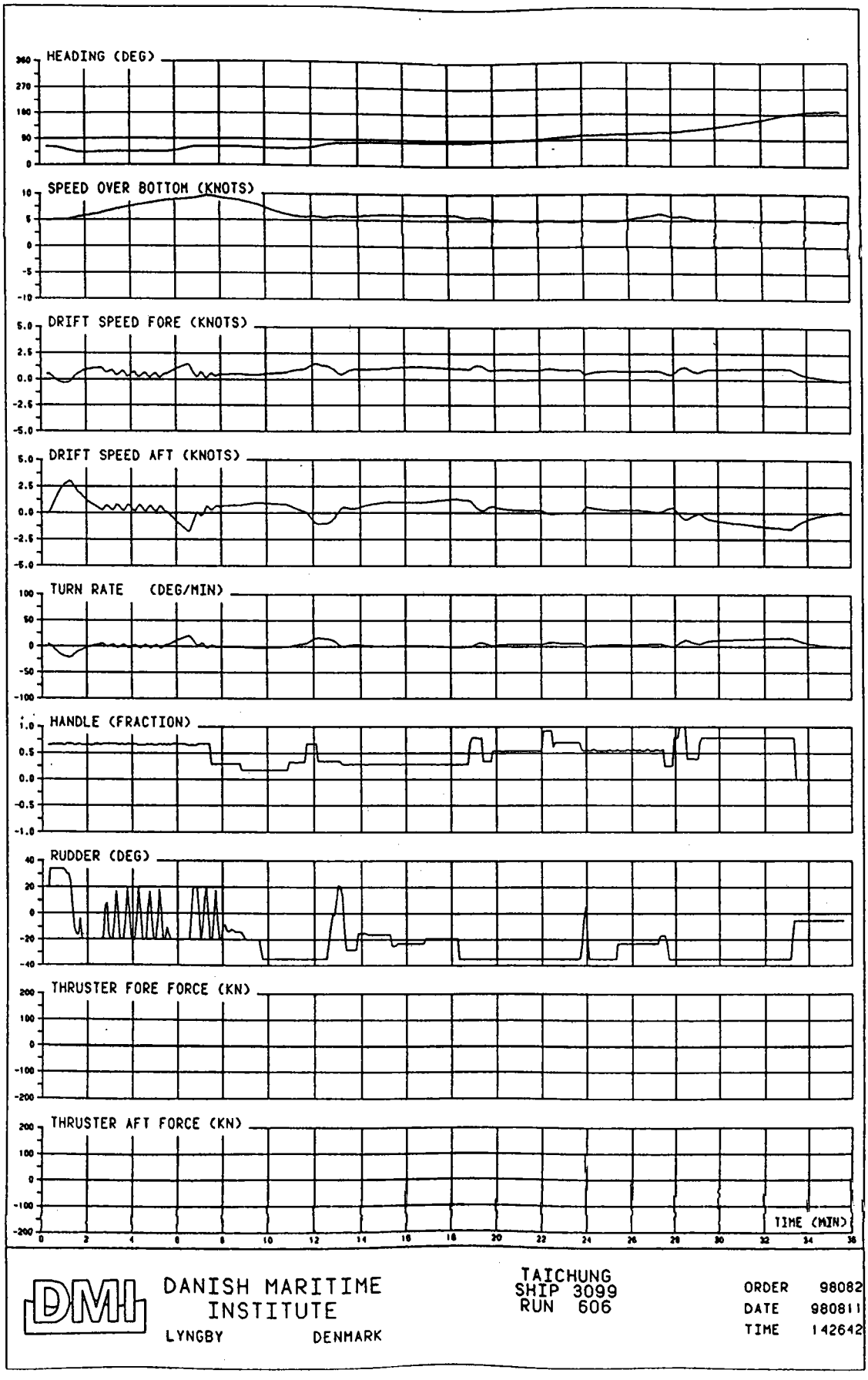
C-182 風速 20m/s，3082 油輪(空載)漲潮出港操航船跡圖 (B604)



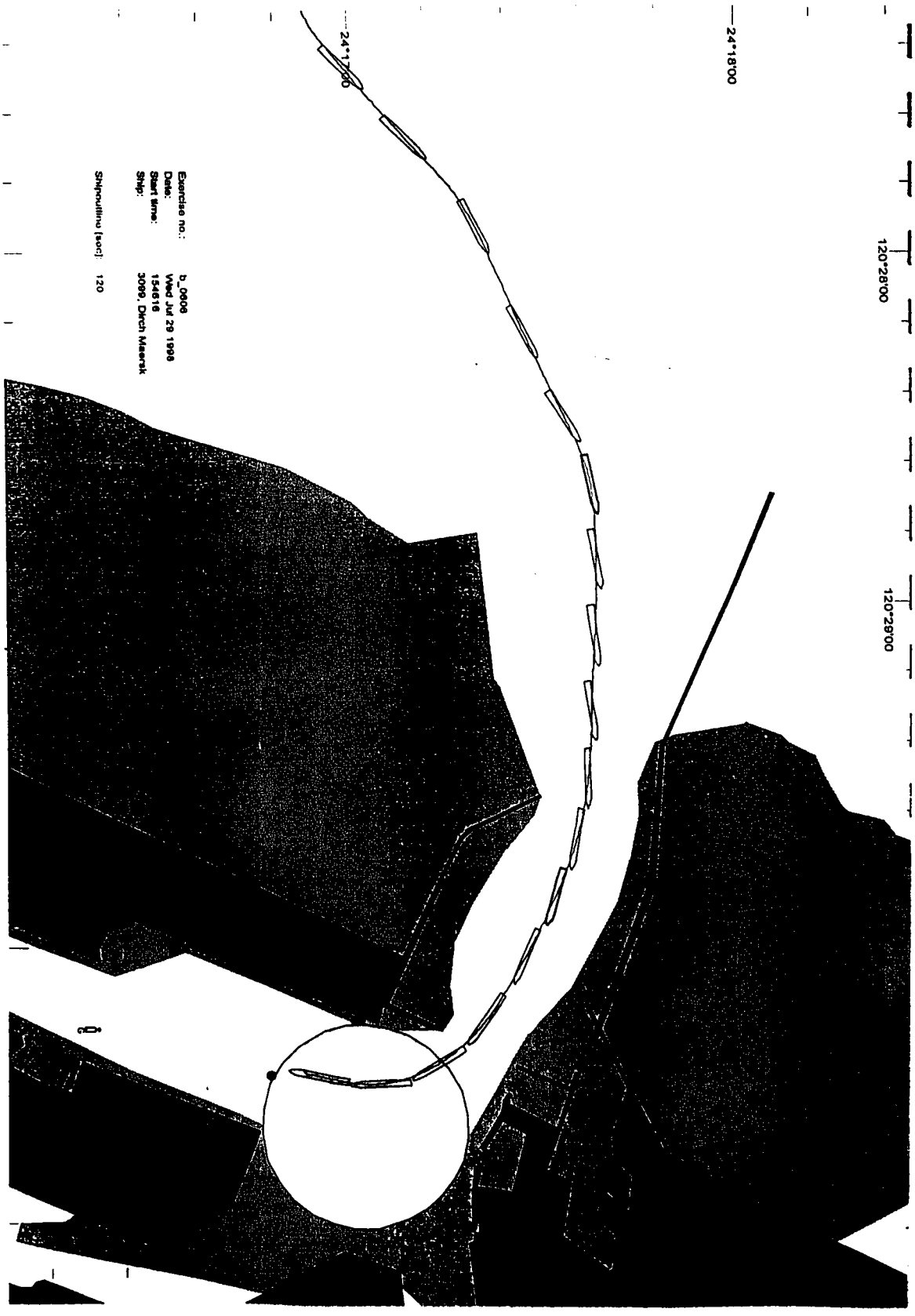
C-183 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B605)



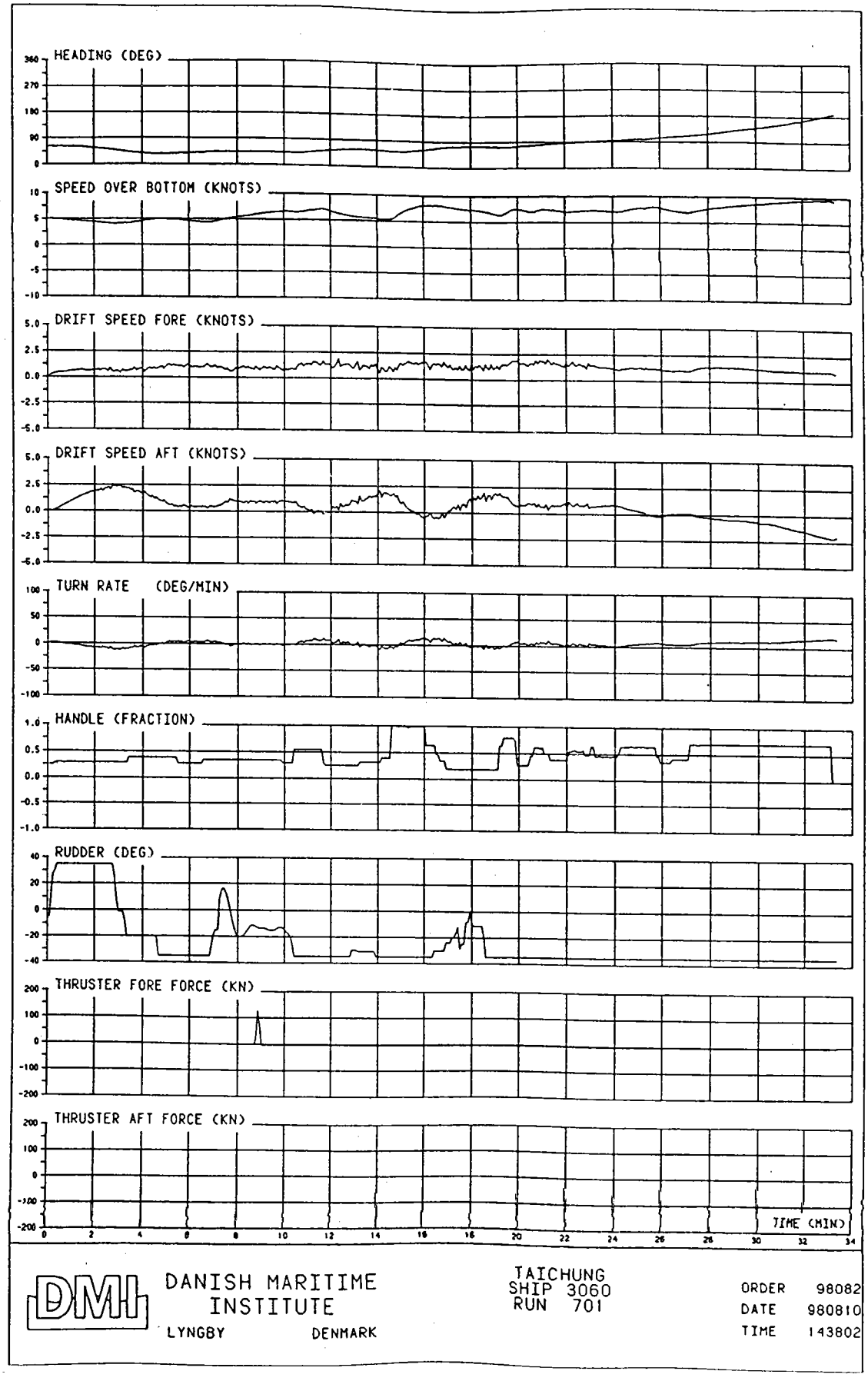
C-184 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B605)



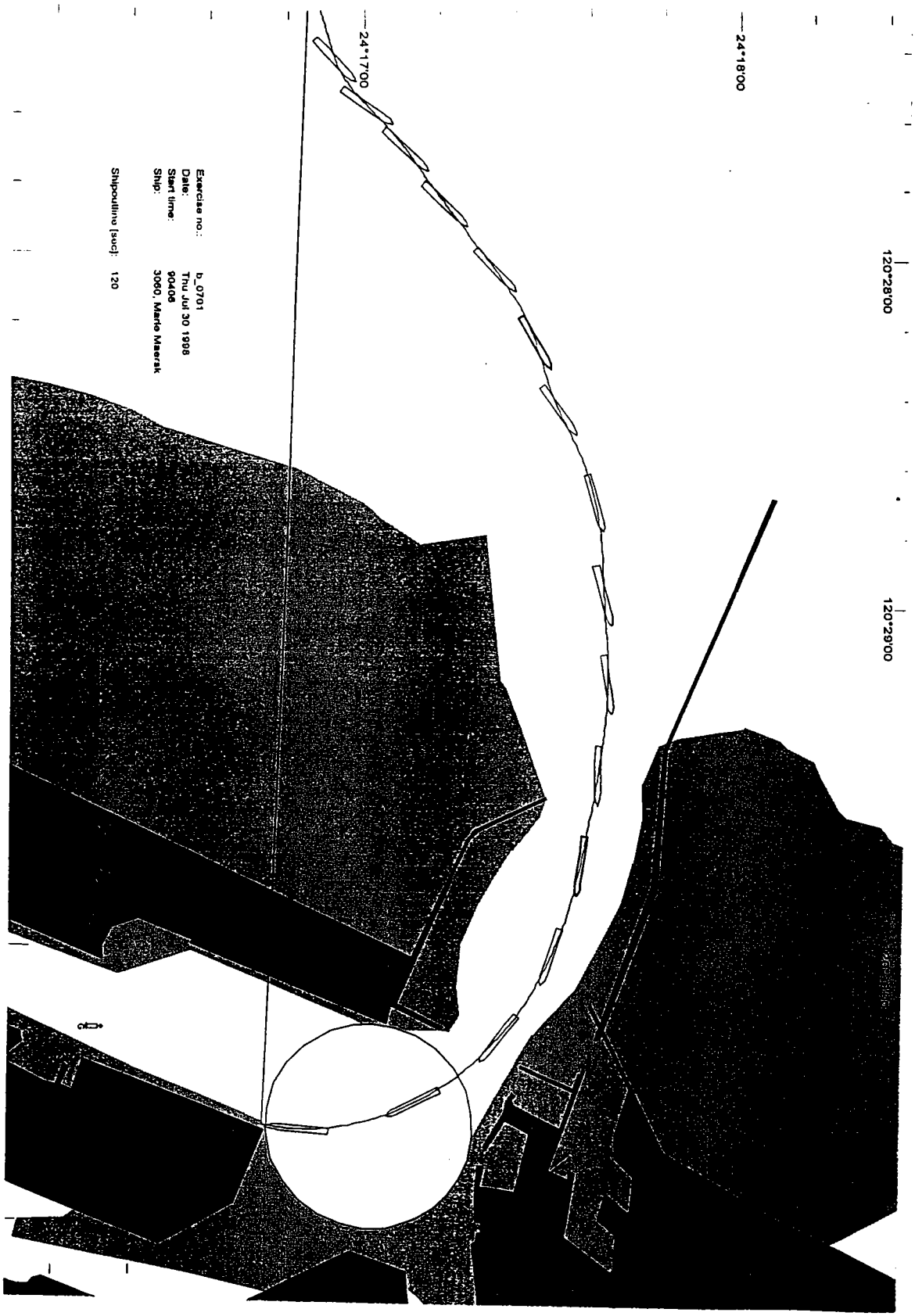
C-185 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航歷程圖 (B606)



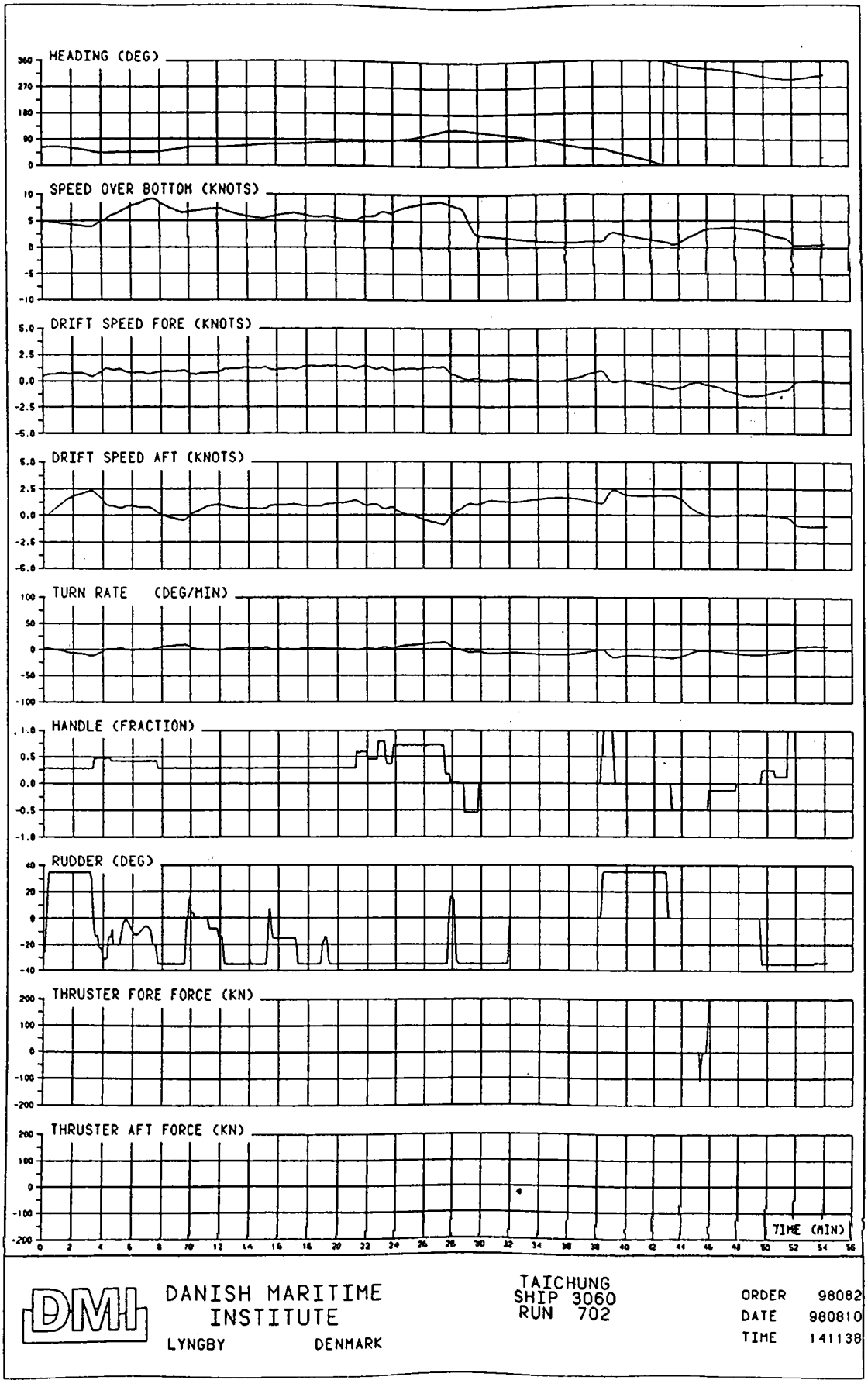
C-186 風速 20m/s，3099 貨櫃船(滿載)退潮進港操航船跡圖 (B606)



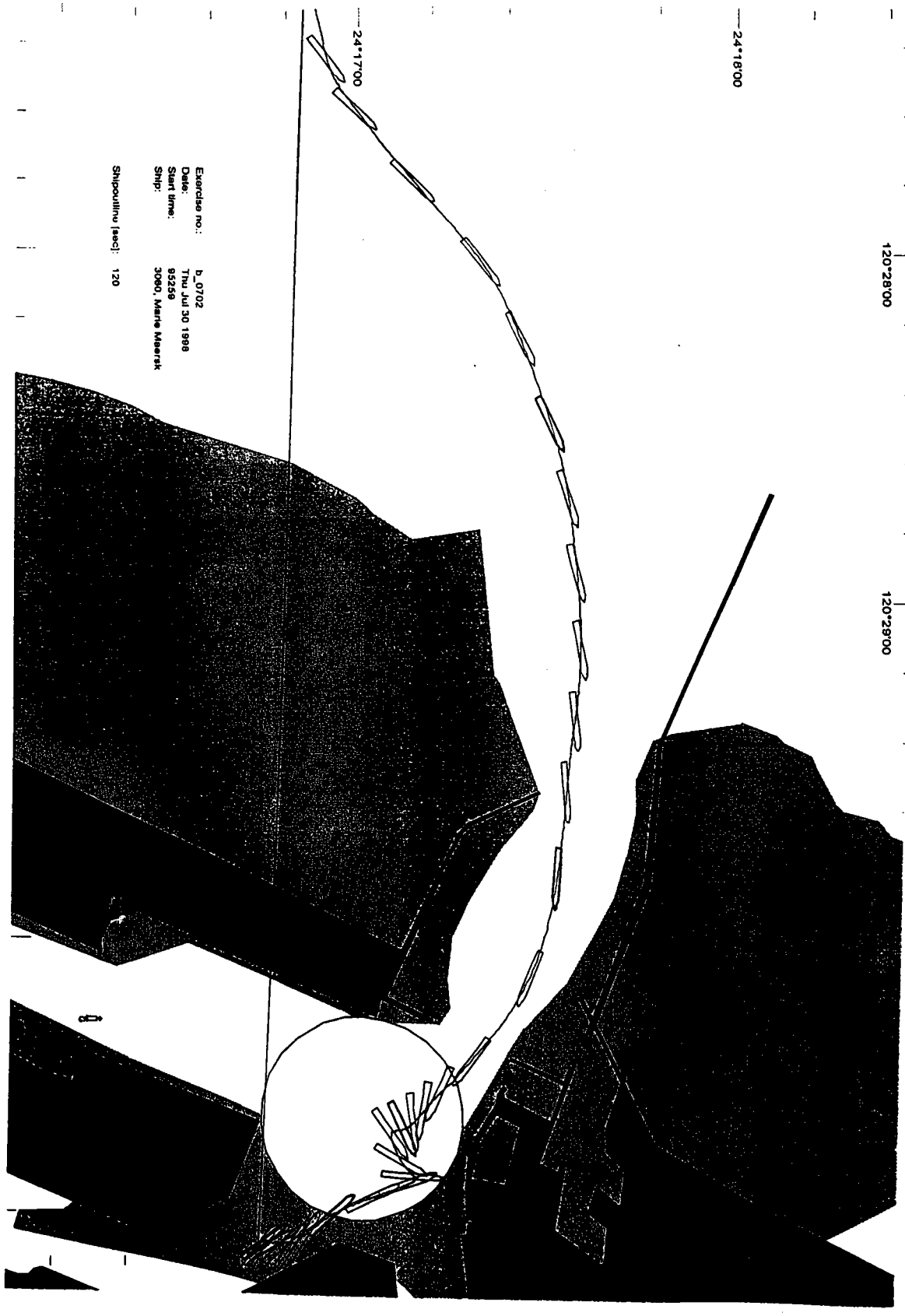
C-187 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B701)



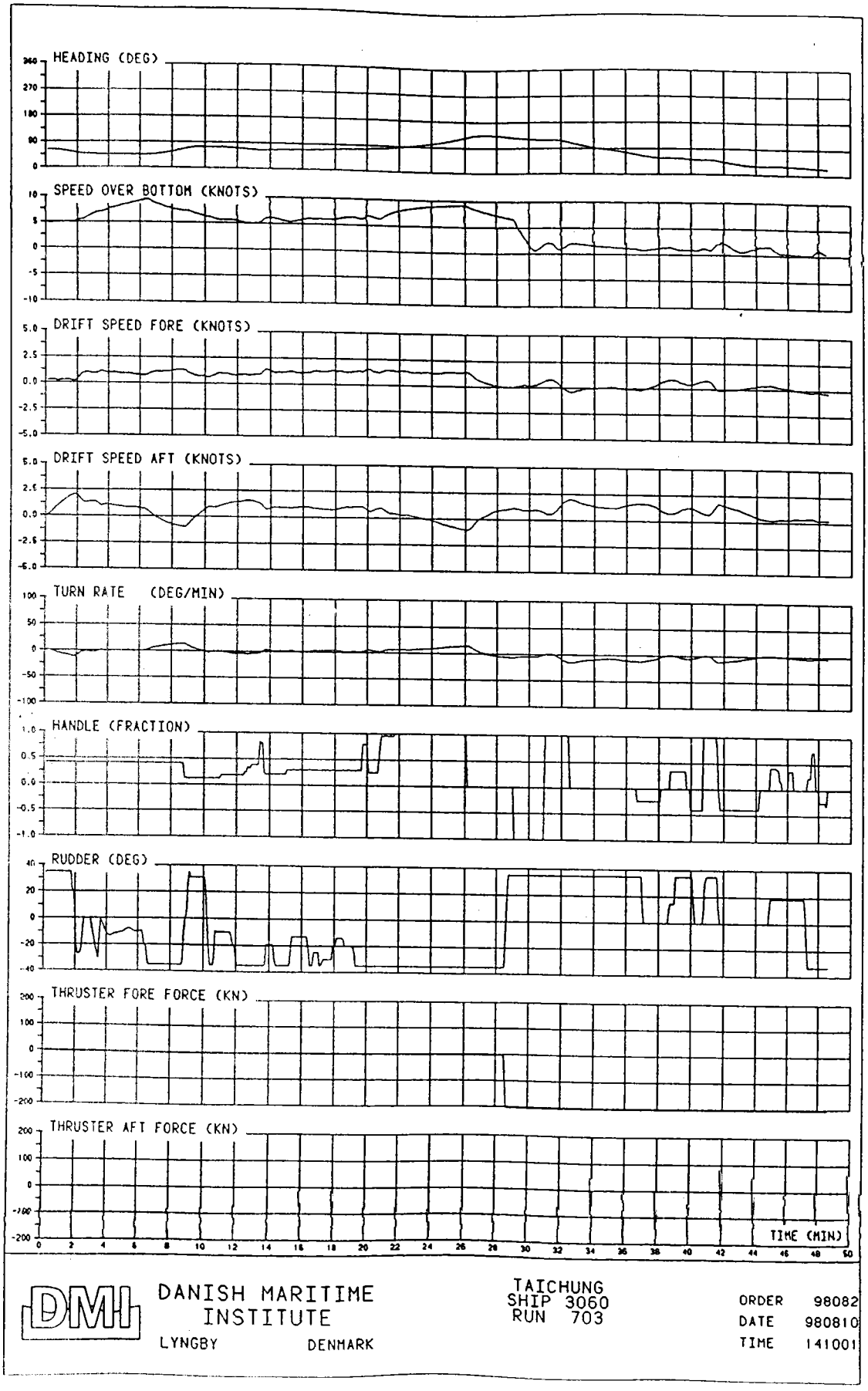
C-188 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B701)



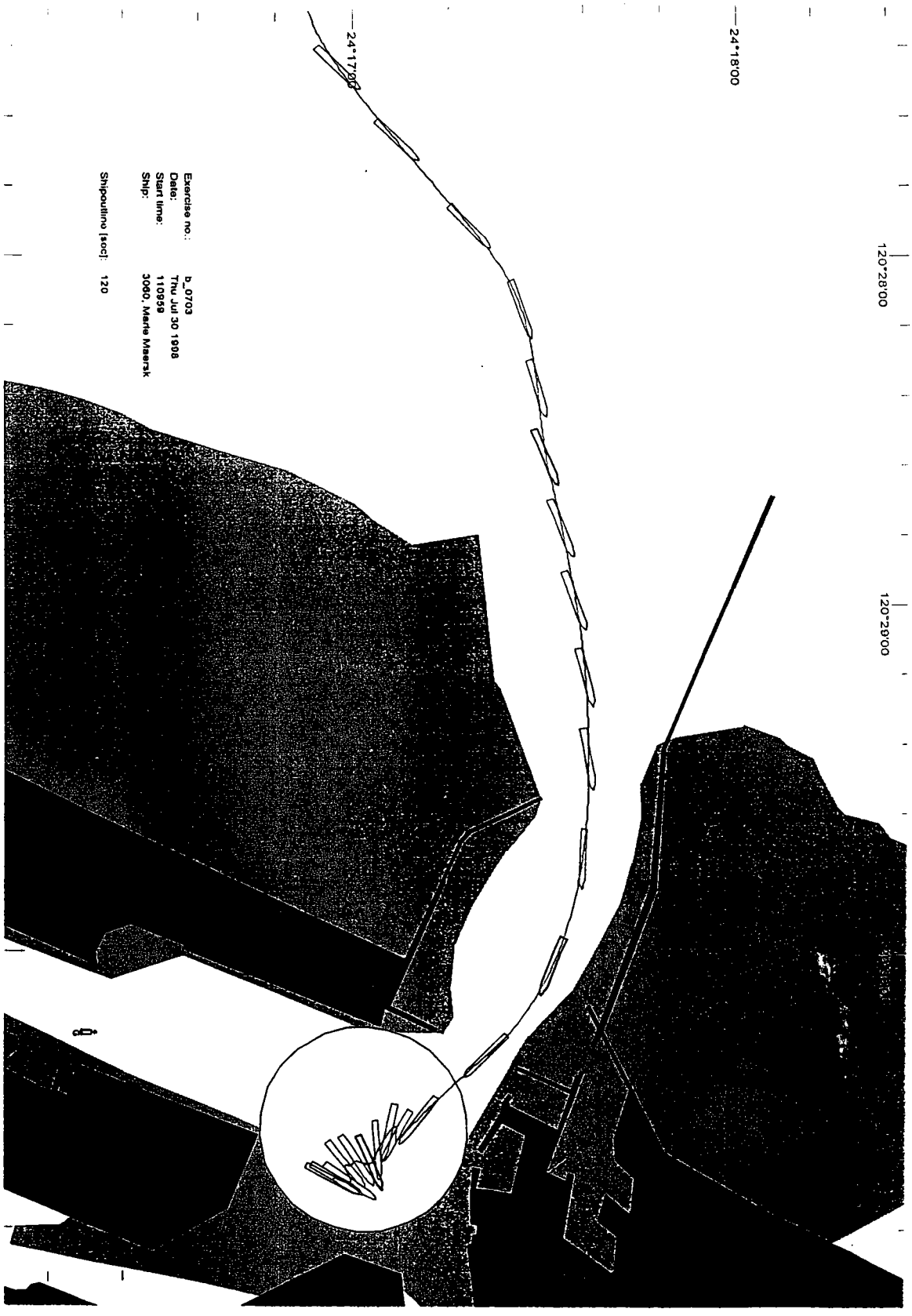
C-189 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B702)



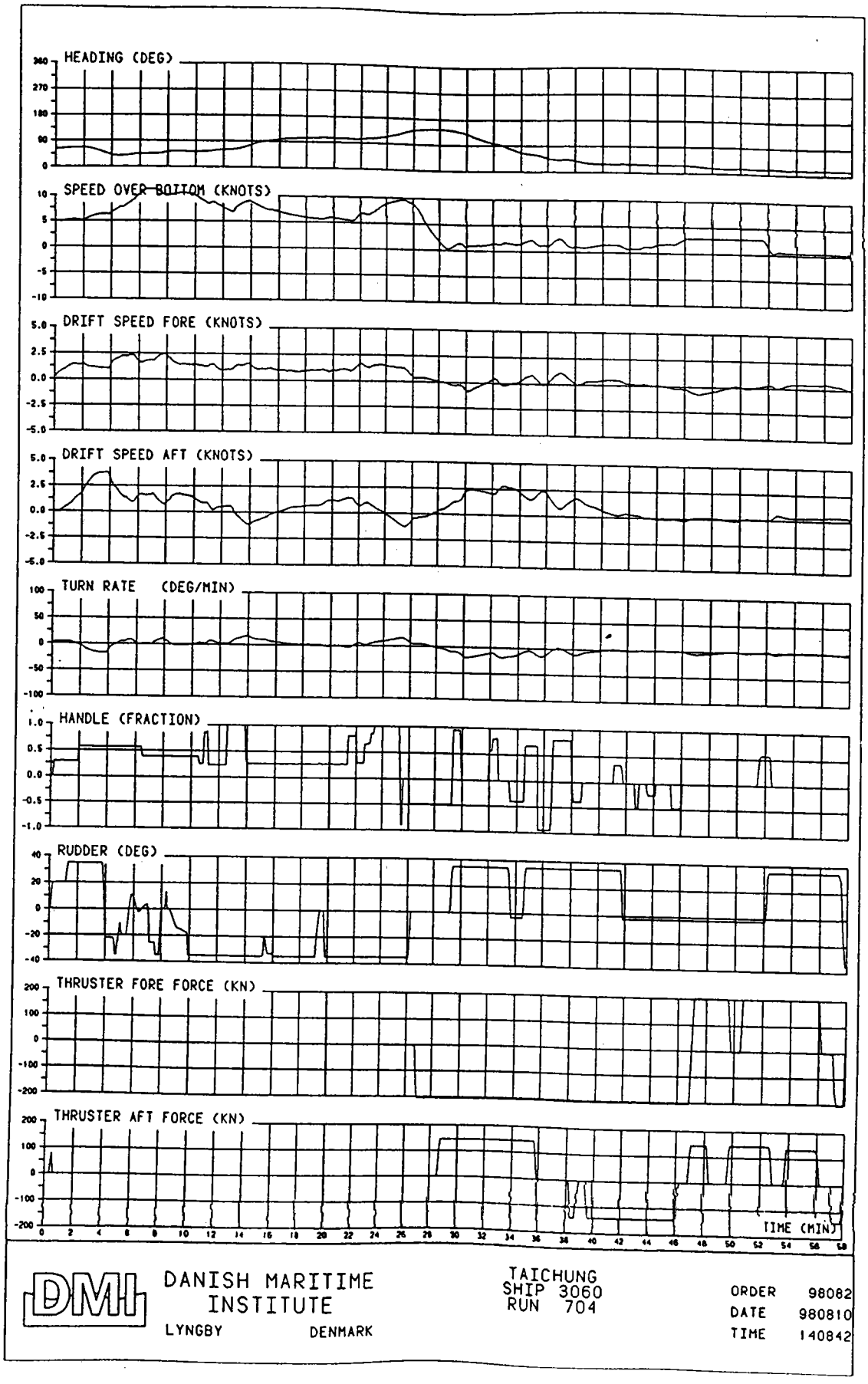
C-190 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B702)



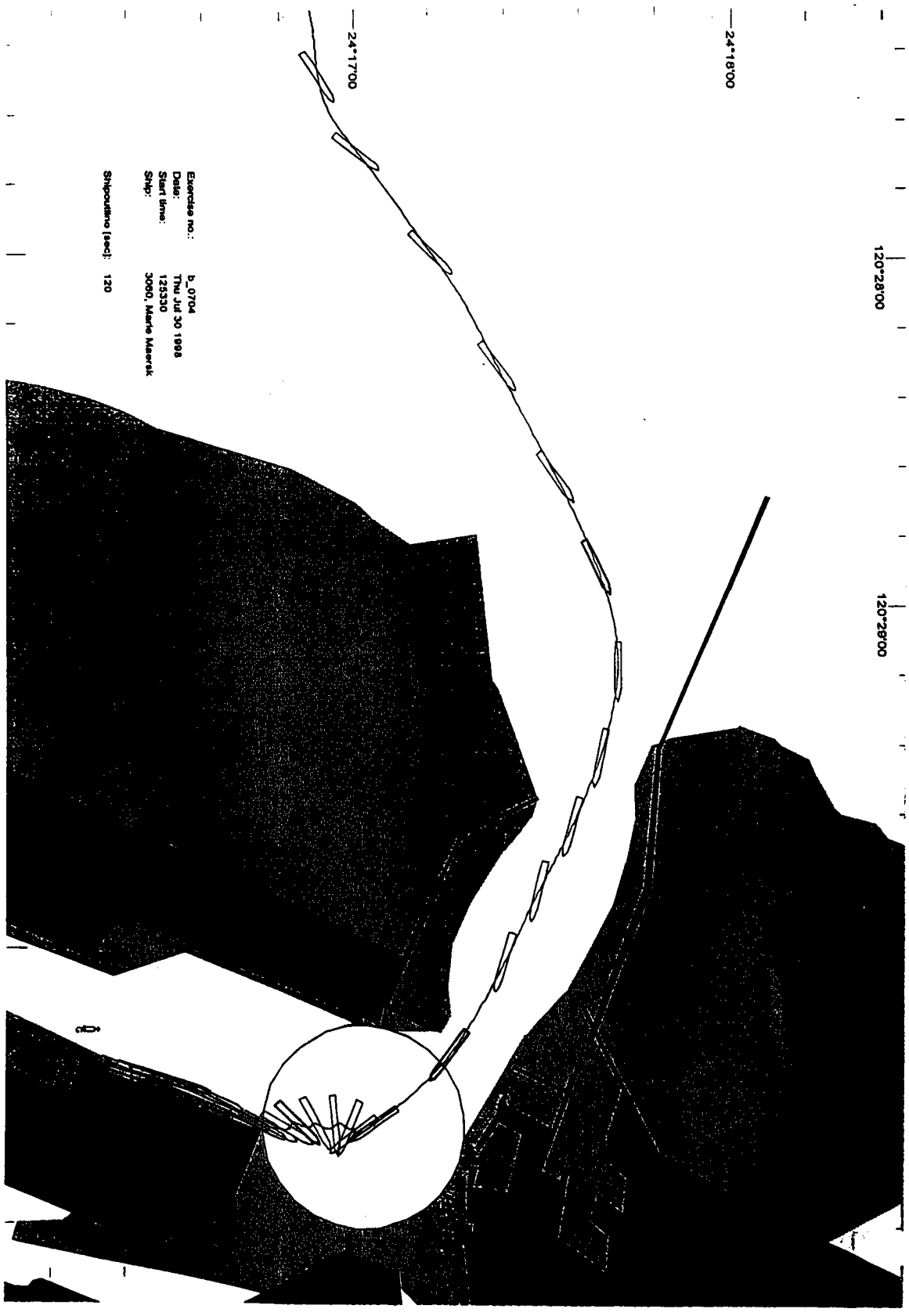
C-191 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B703)



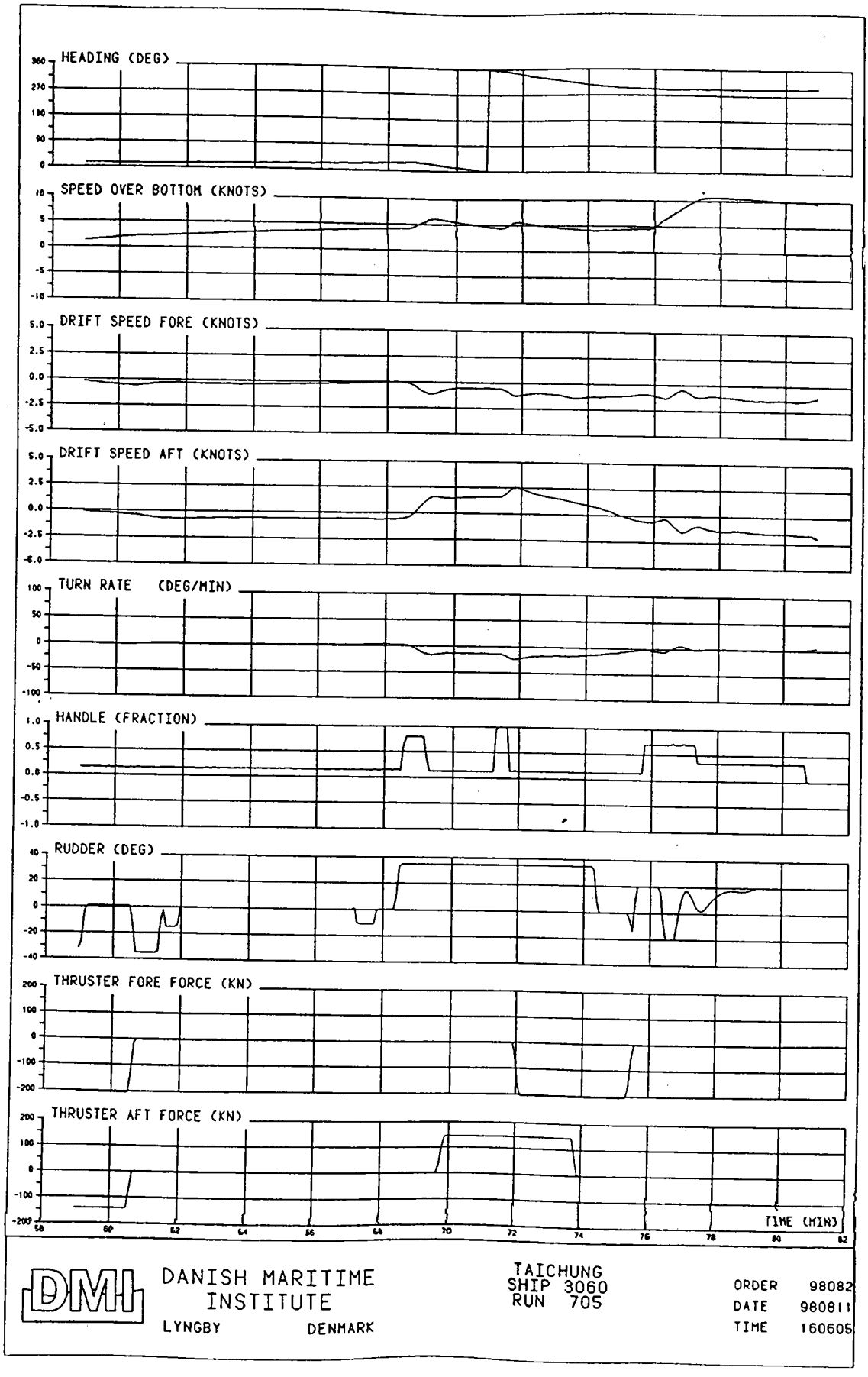
C-192 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B703)



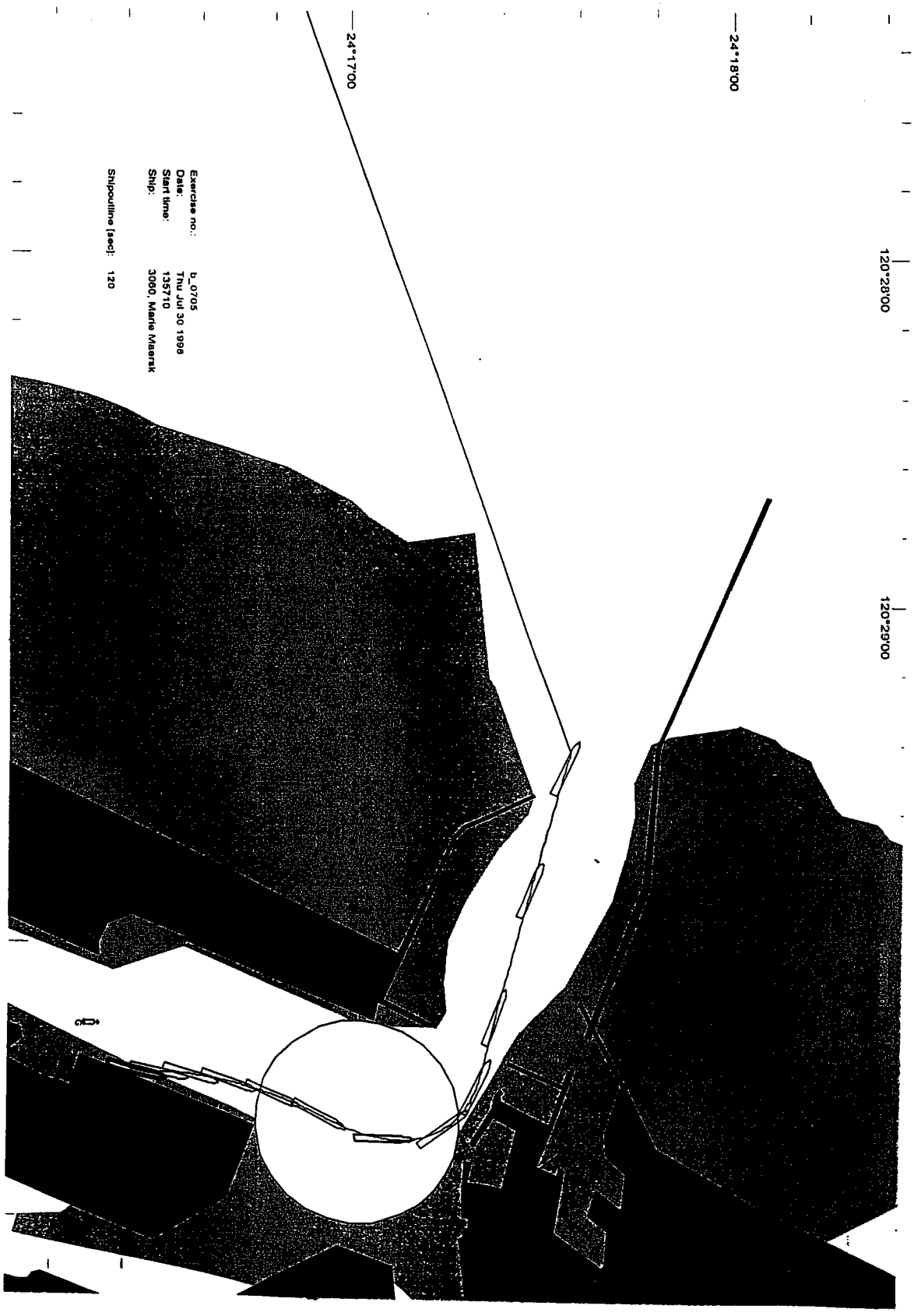
C-193 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (B704)



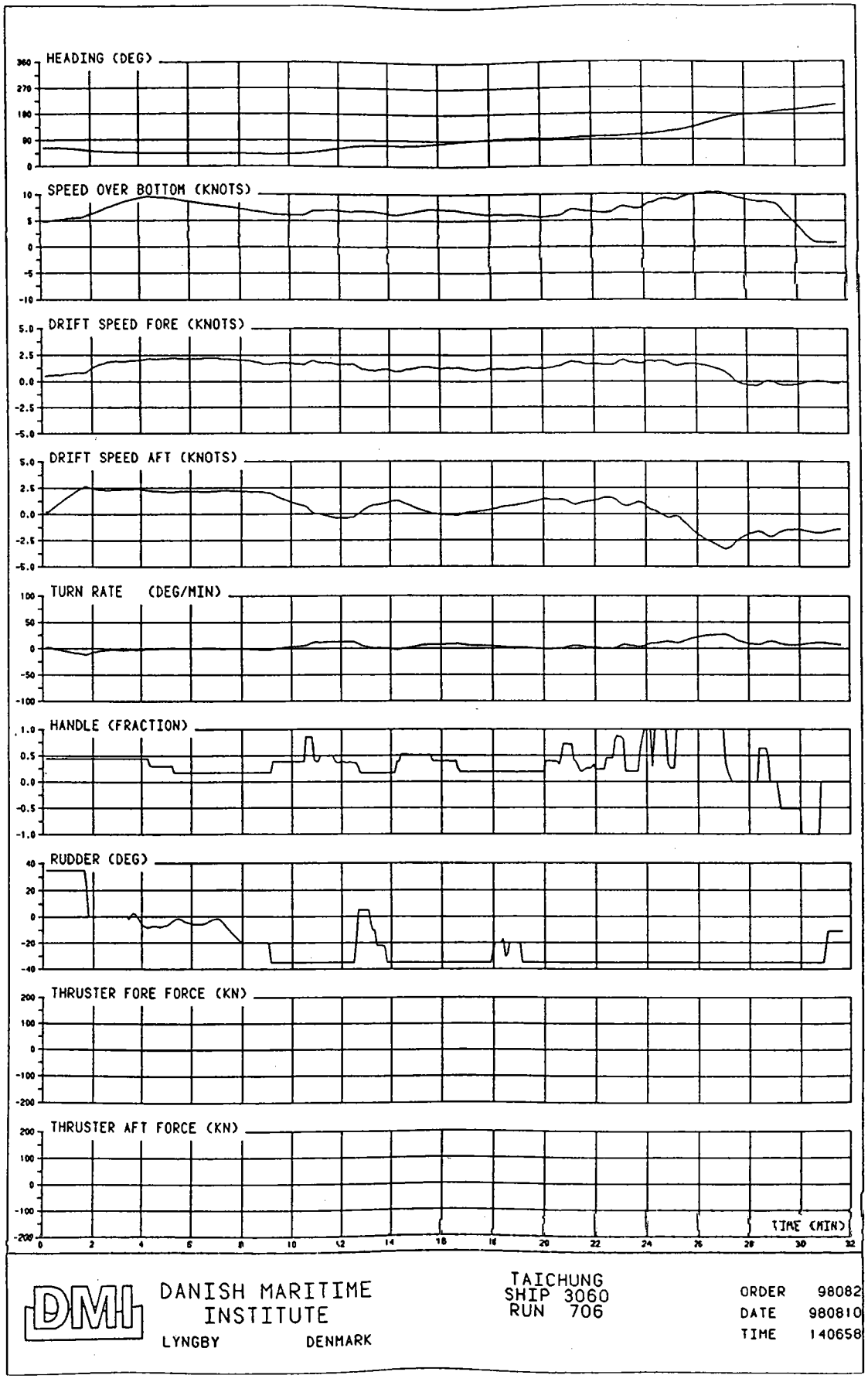
C-194 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (B704)



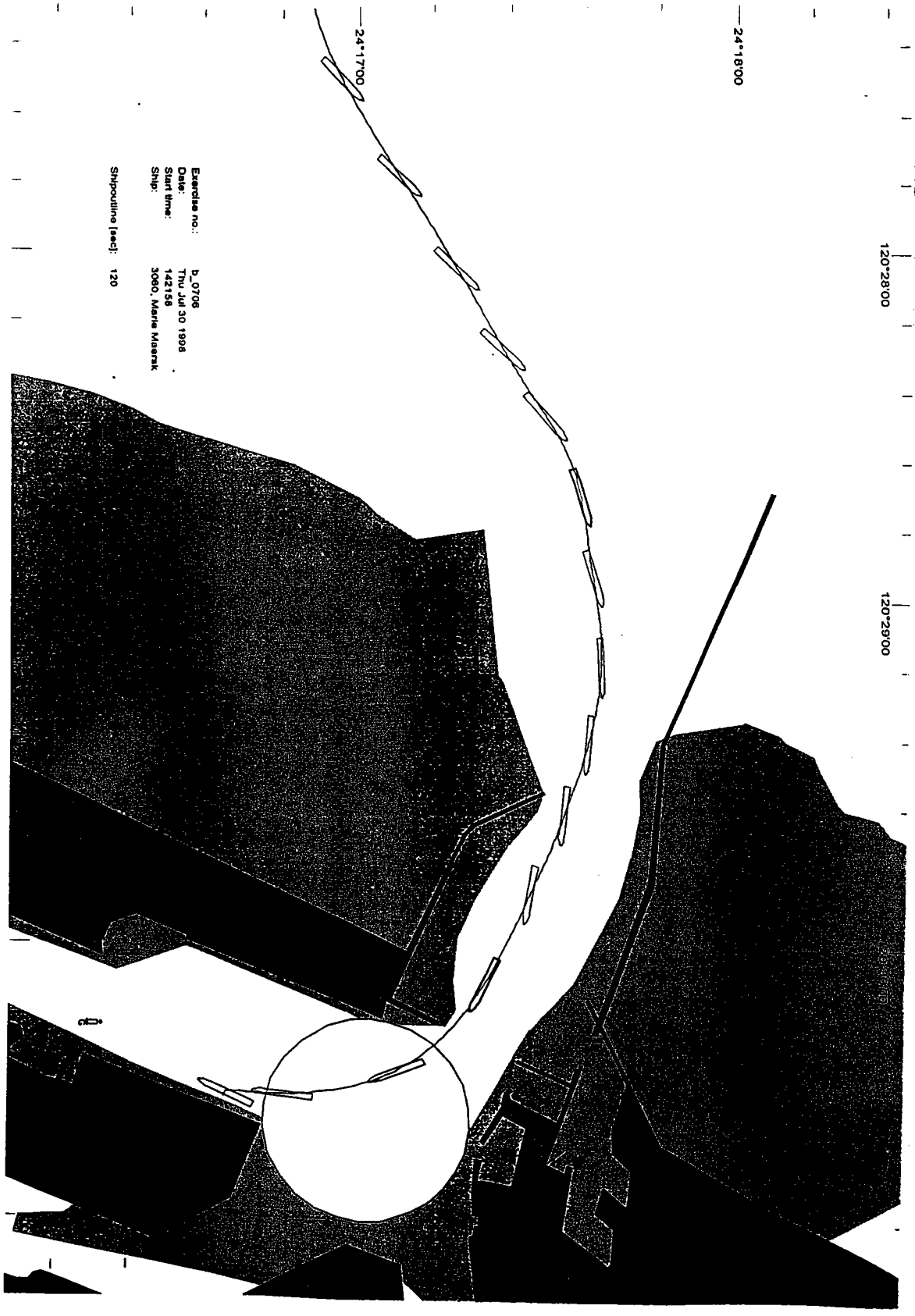
C-195 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮出港操航歷程圖 (B705)



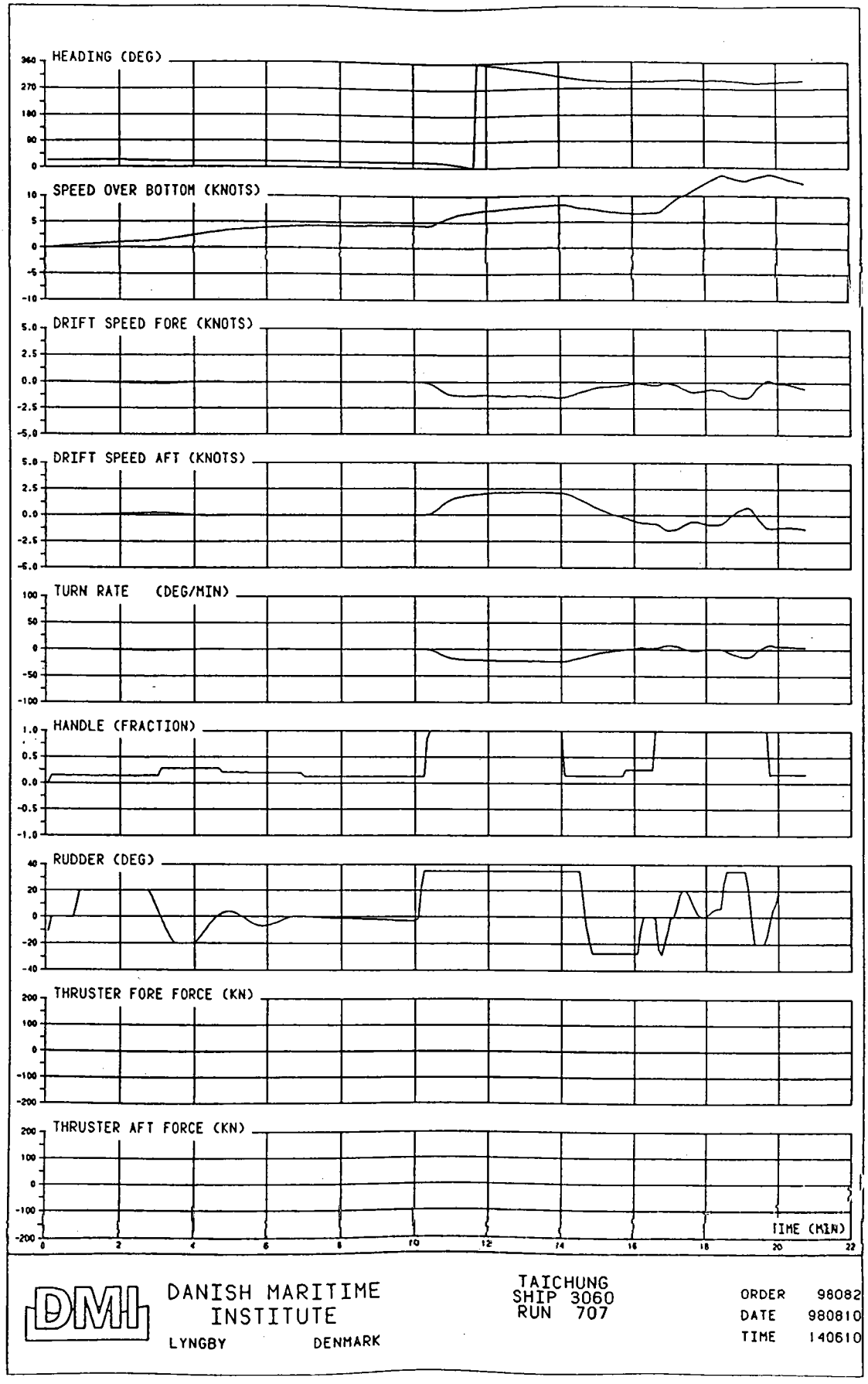
C-196 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮出港操航船跡圖 (B705)



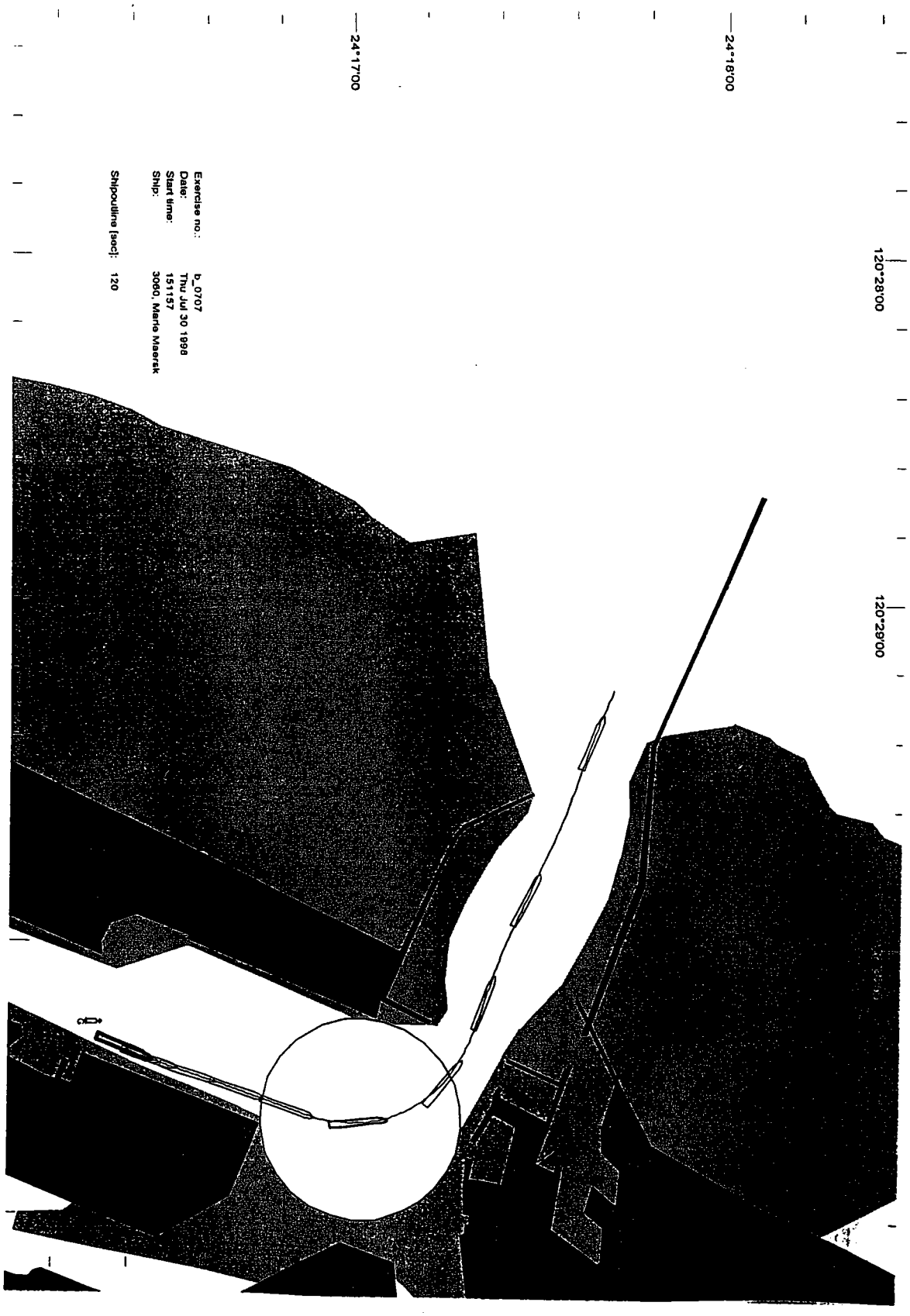
C-197 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (B706)



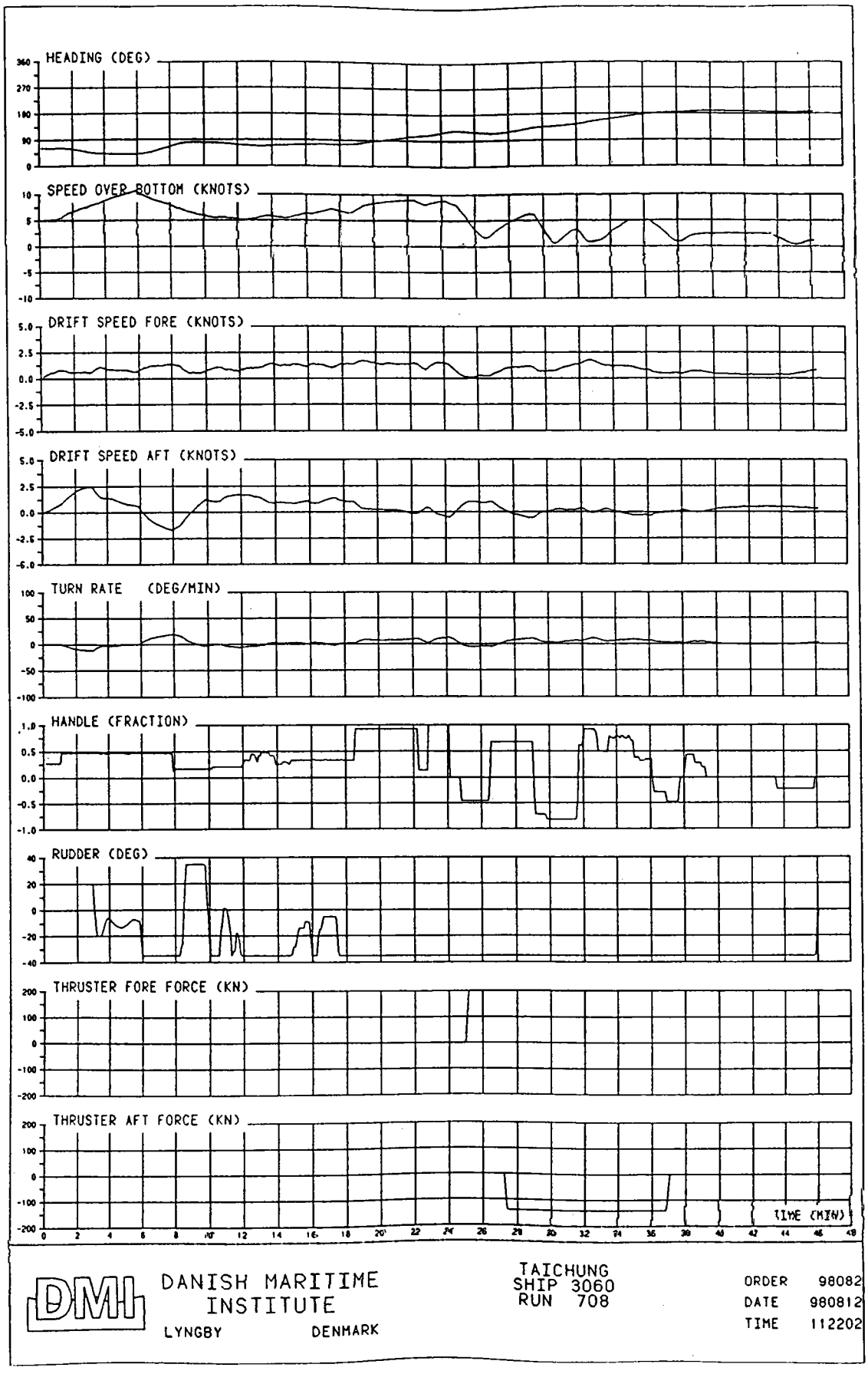
C-198 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (B706)



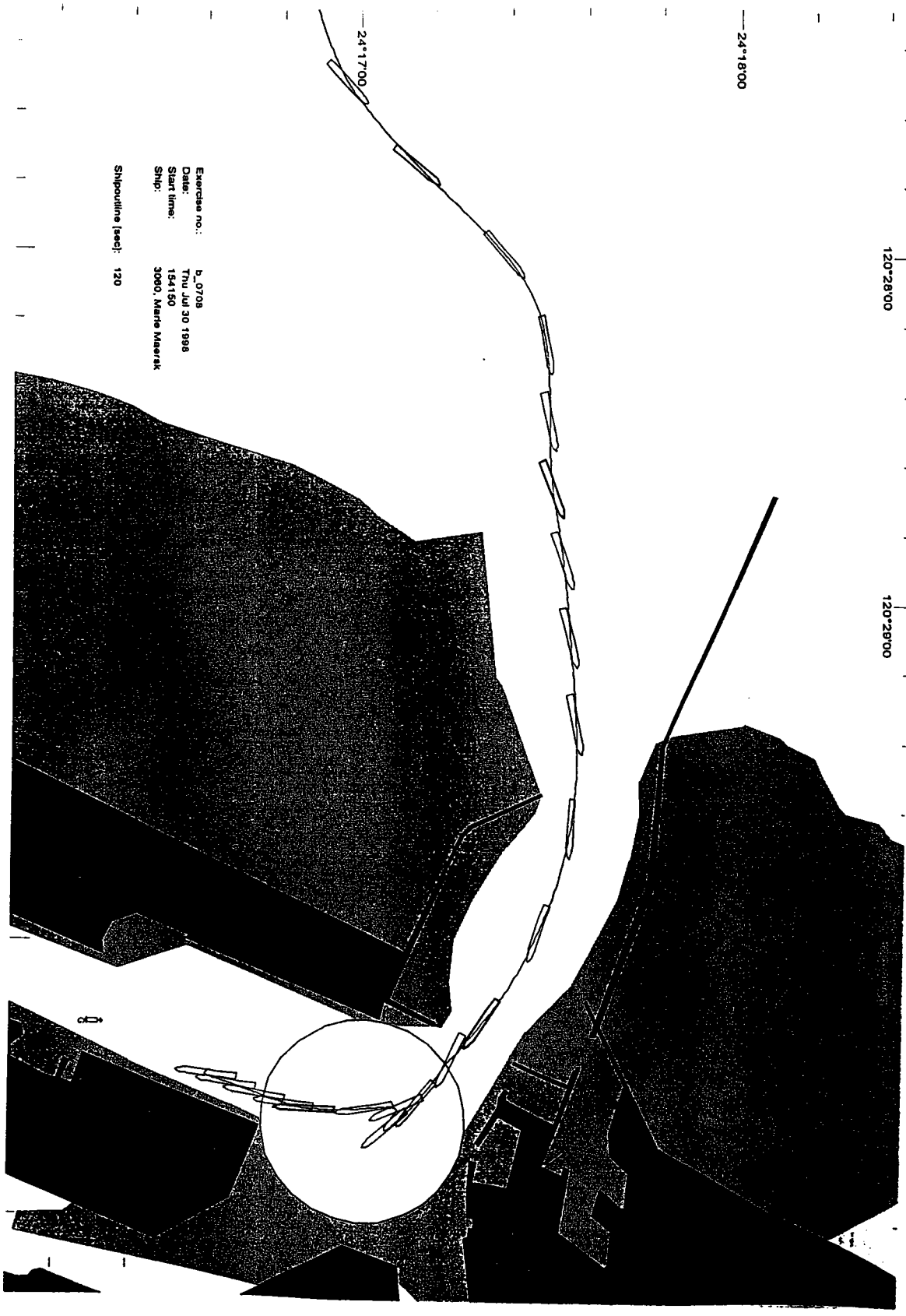
C-199 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮出港操航歷程圖 (B707)



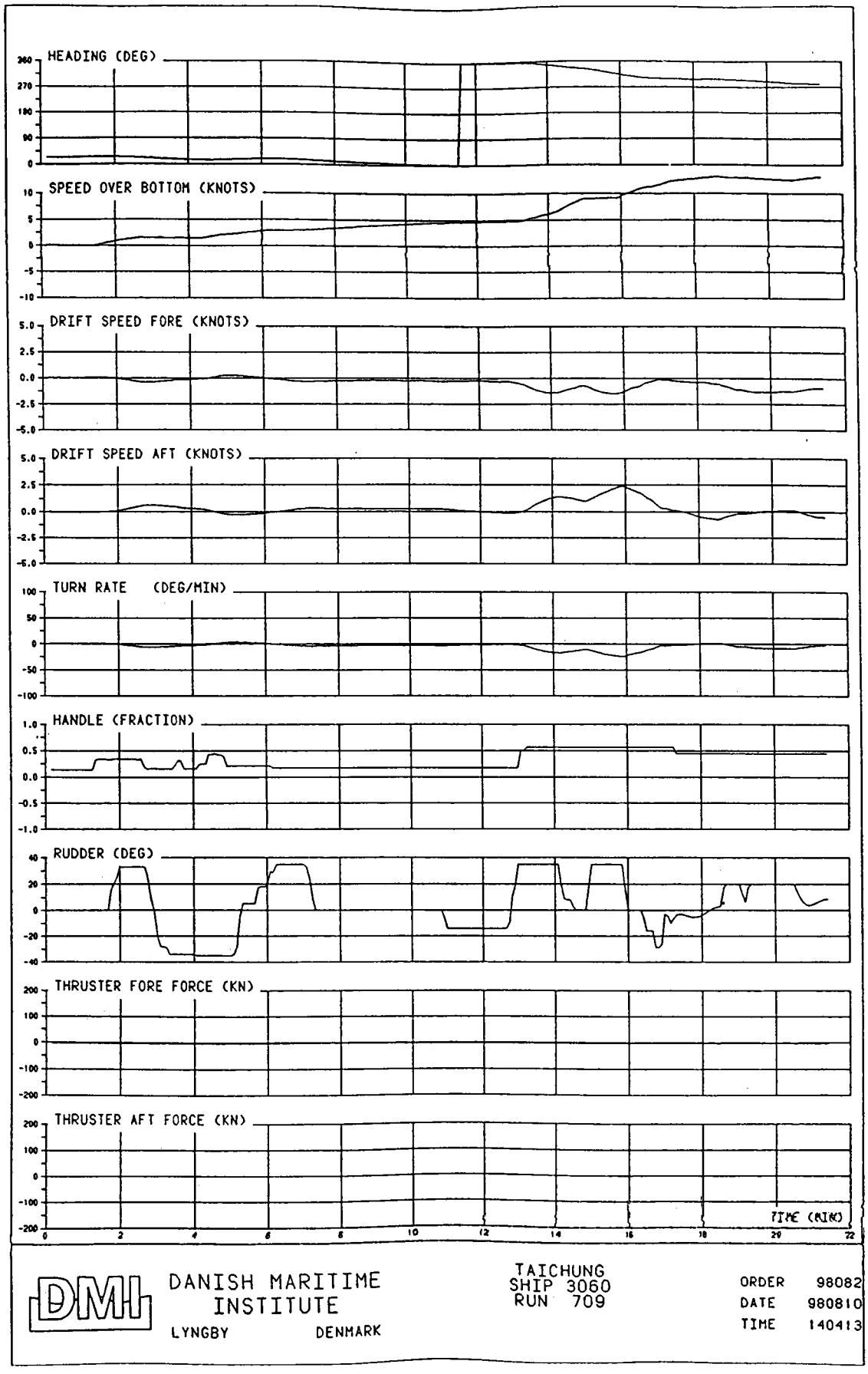
C-200 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮出港操航船跡圖 (B707)



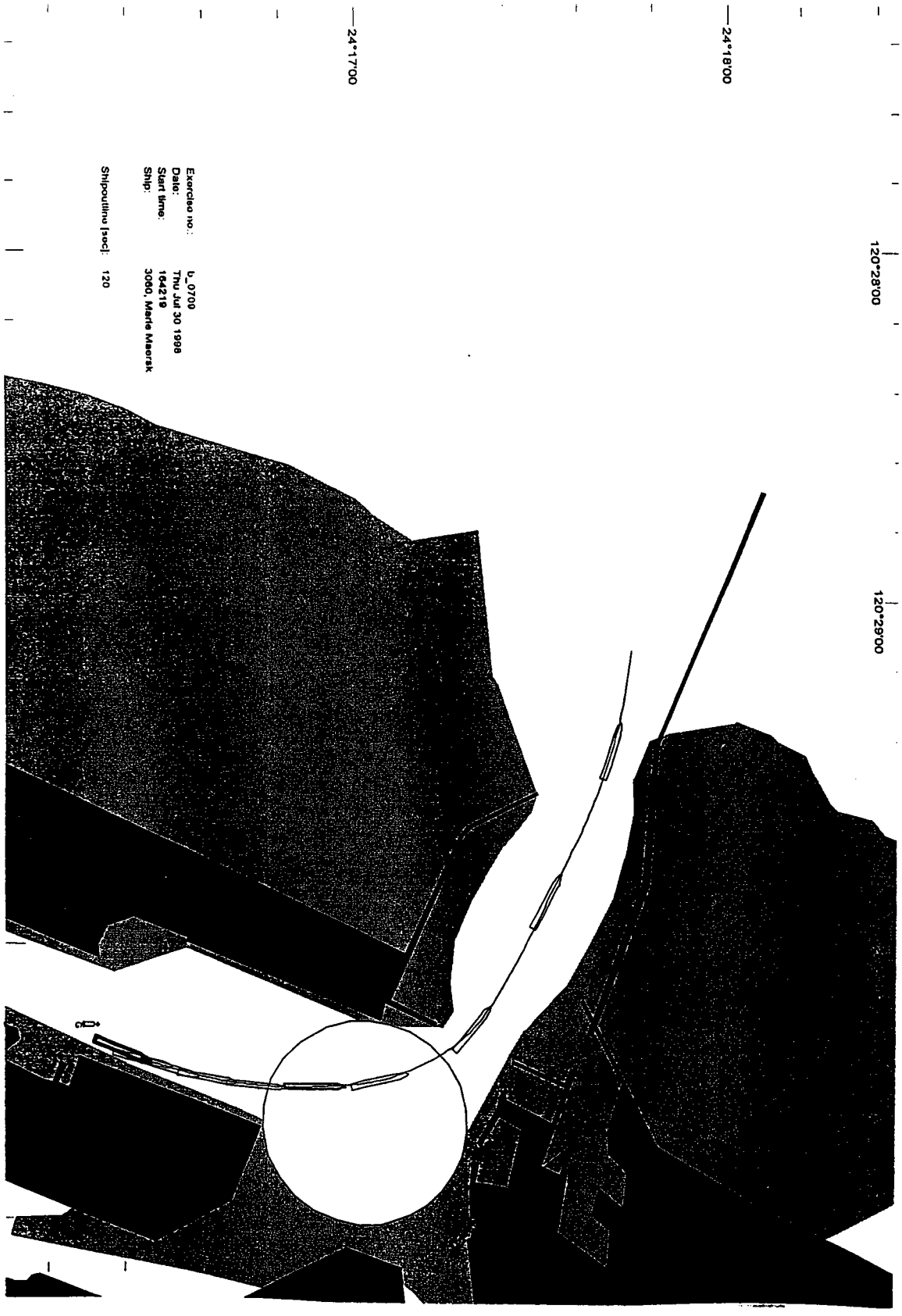
C-201 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B708)



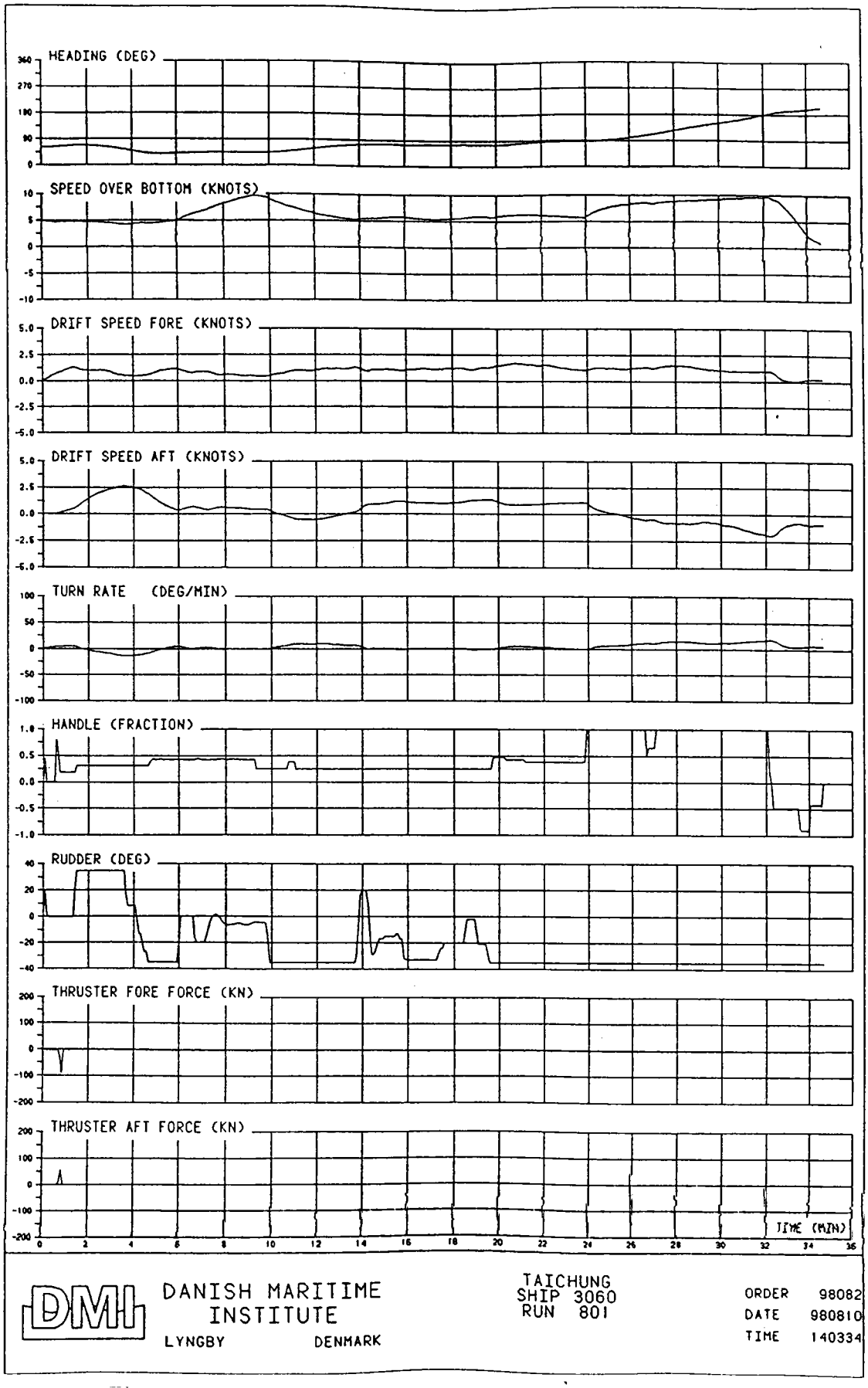
C-202 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B708)



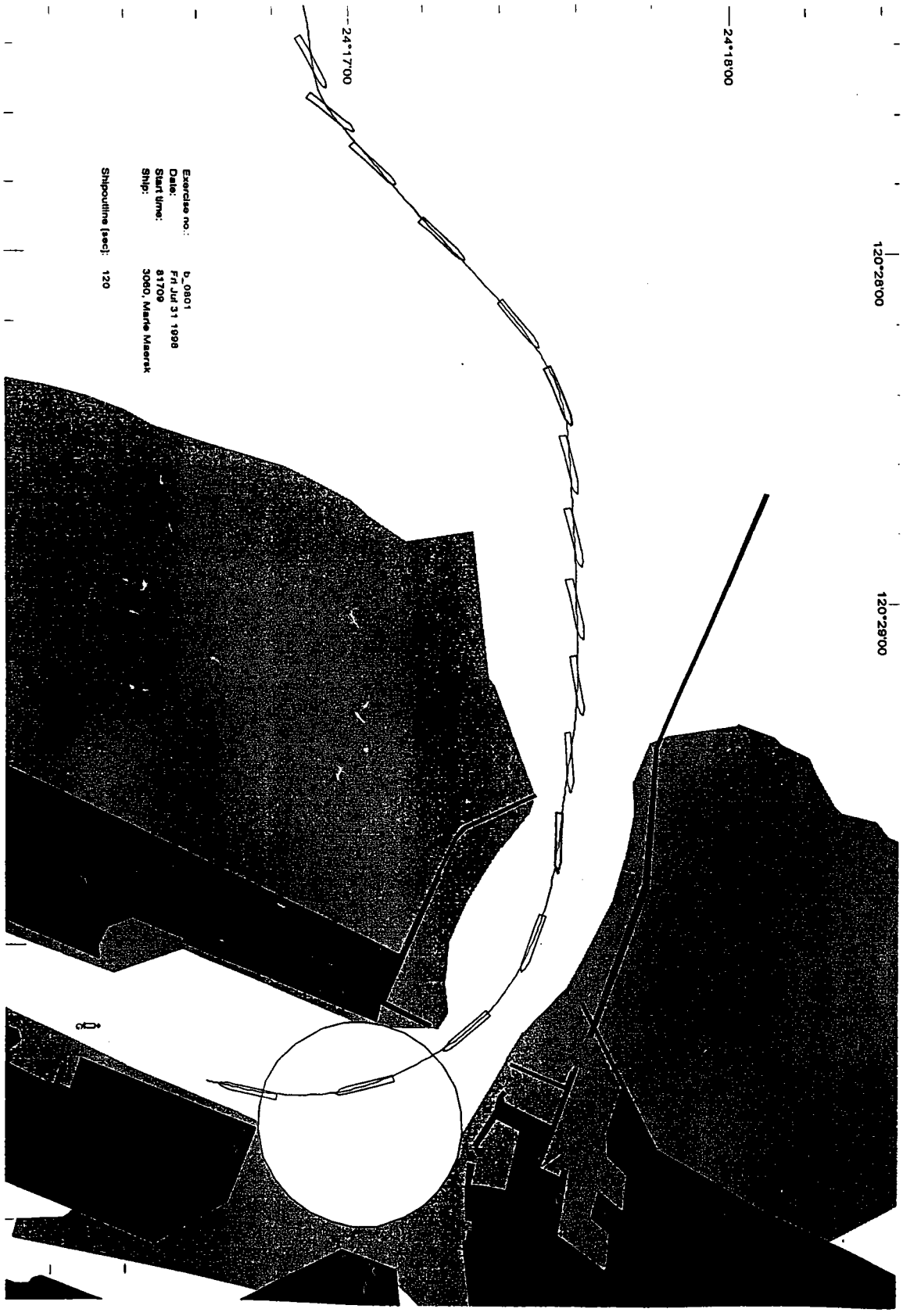
C-203 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (B709)



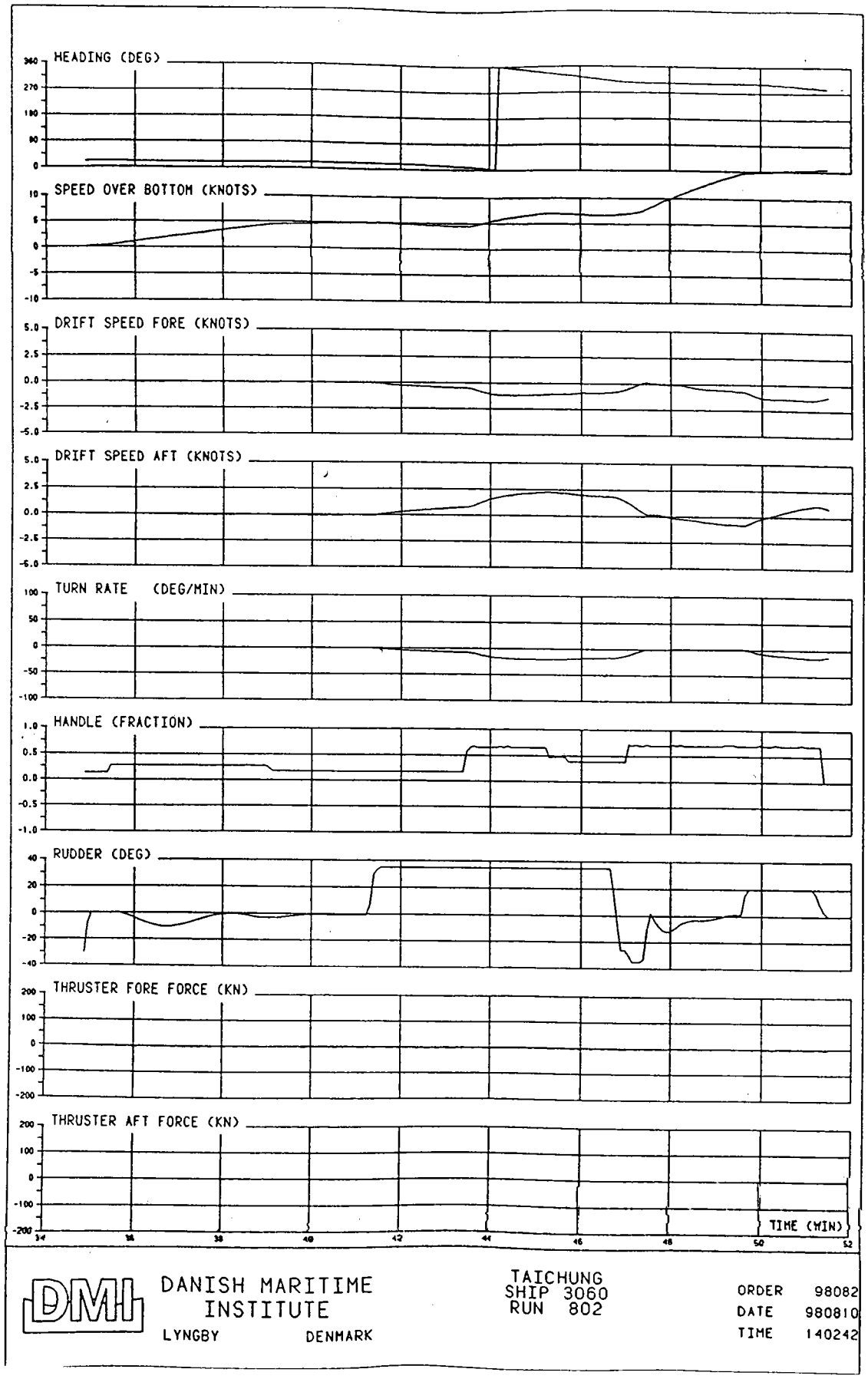
C-204 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (B709)



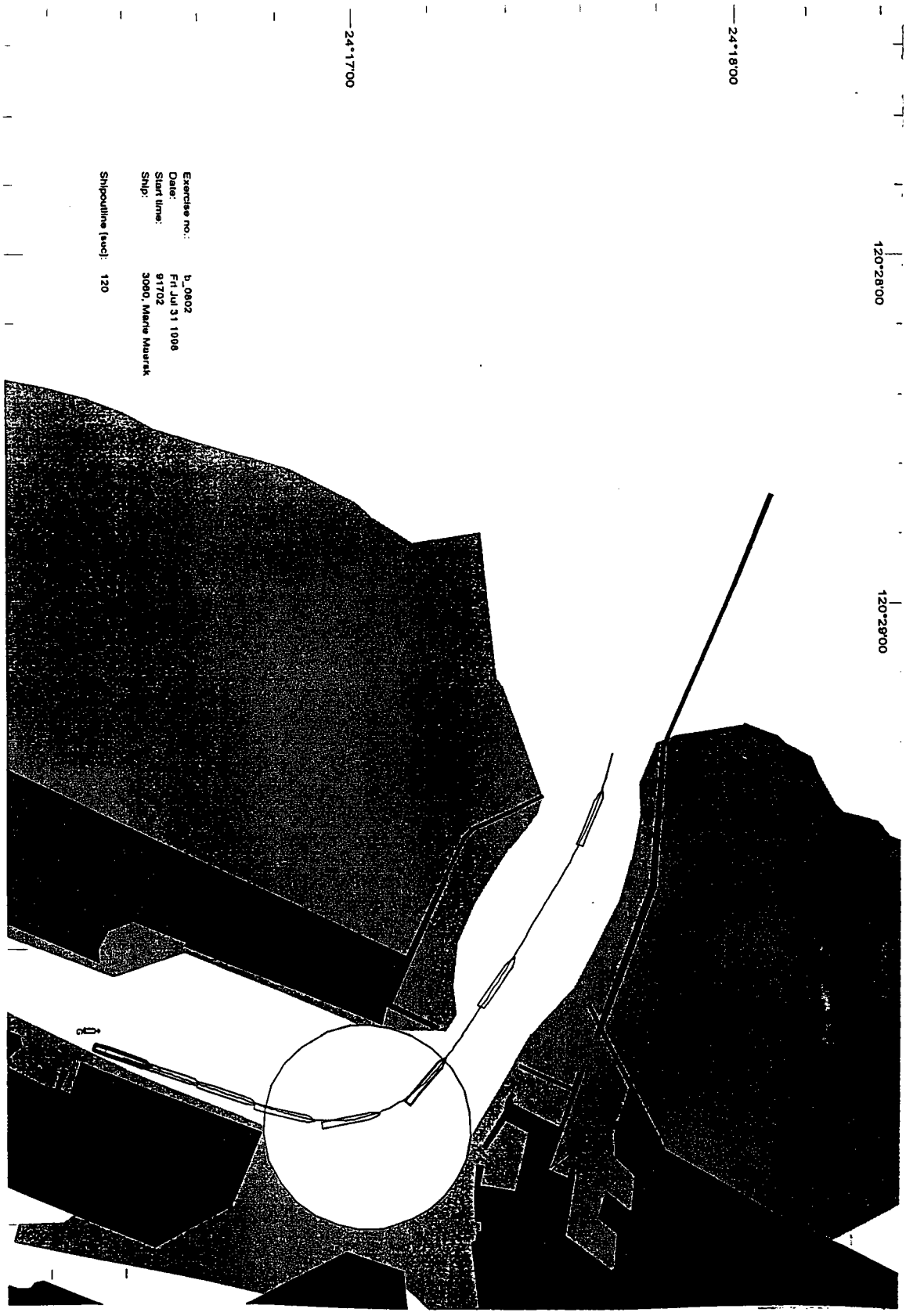
C-205 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航歷程圖 (B801)



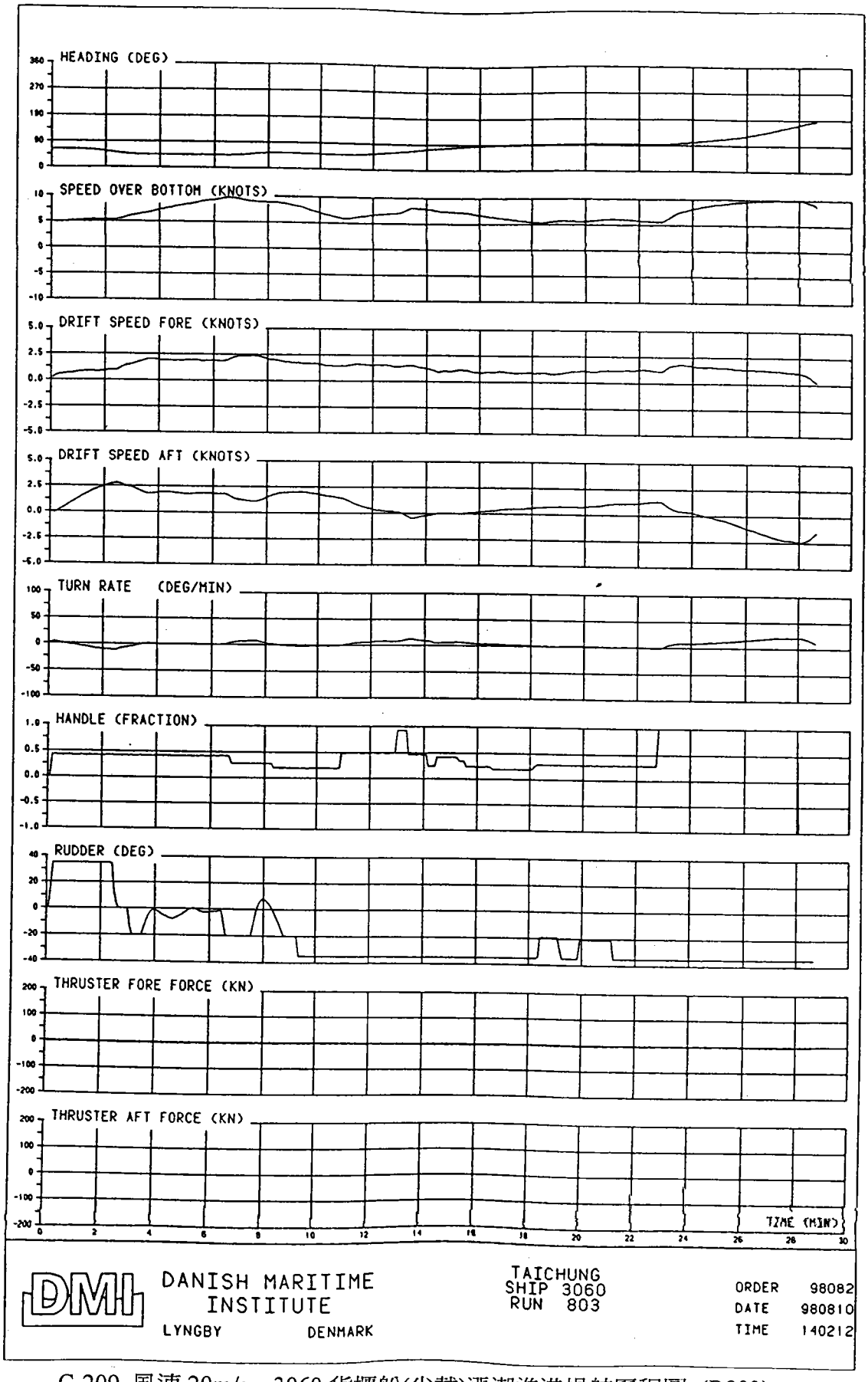
C-206 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖 (B801)



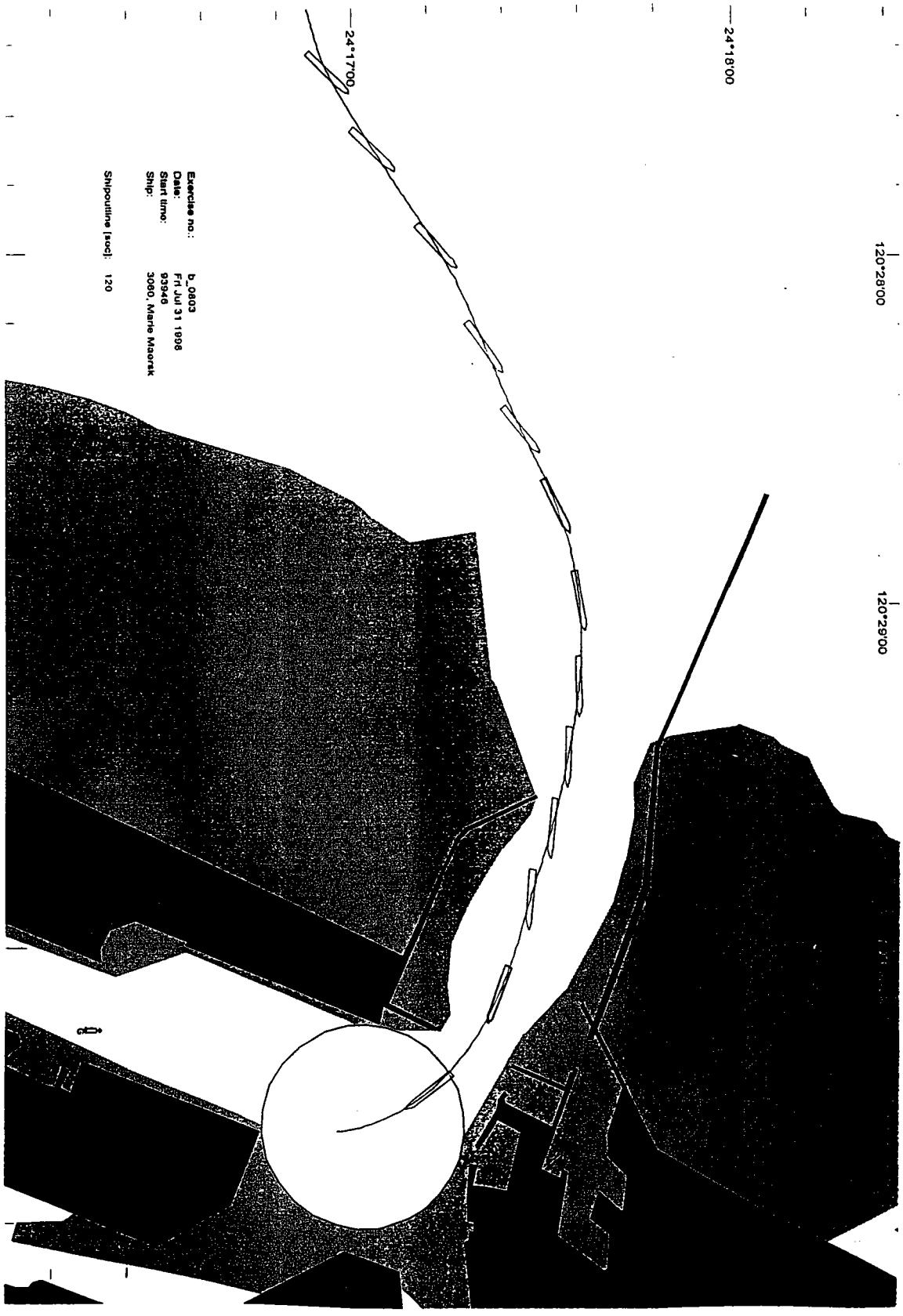
C-207 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航歷程圖 (B802)



C-208 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)退潮出港操航船跡圖 (B802)



C-209 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航歷程圖 (B803)

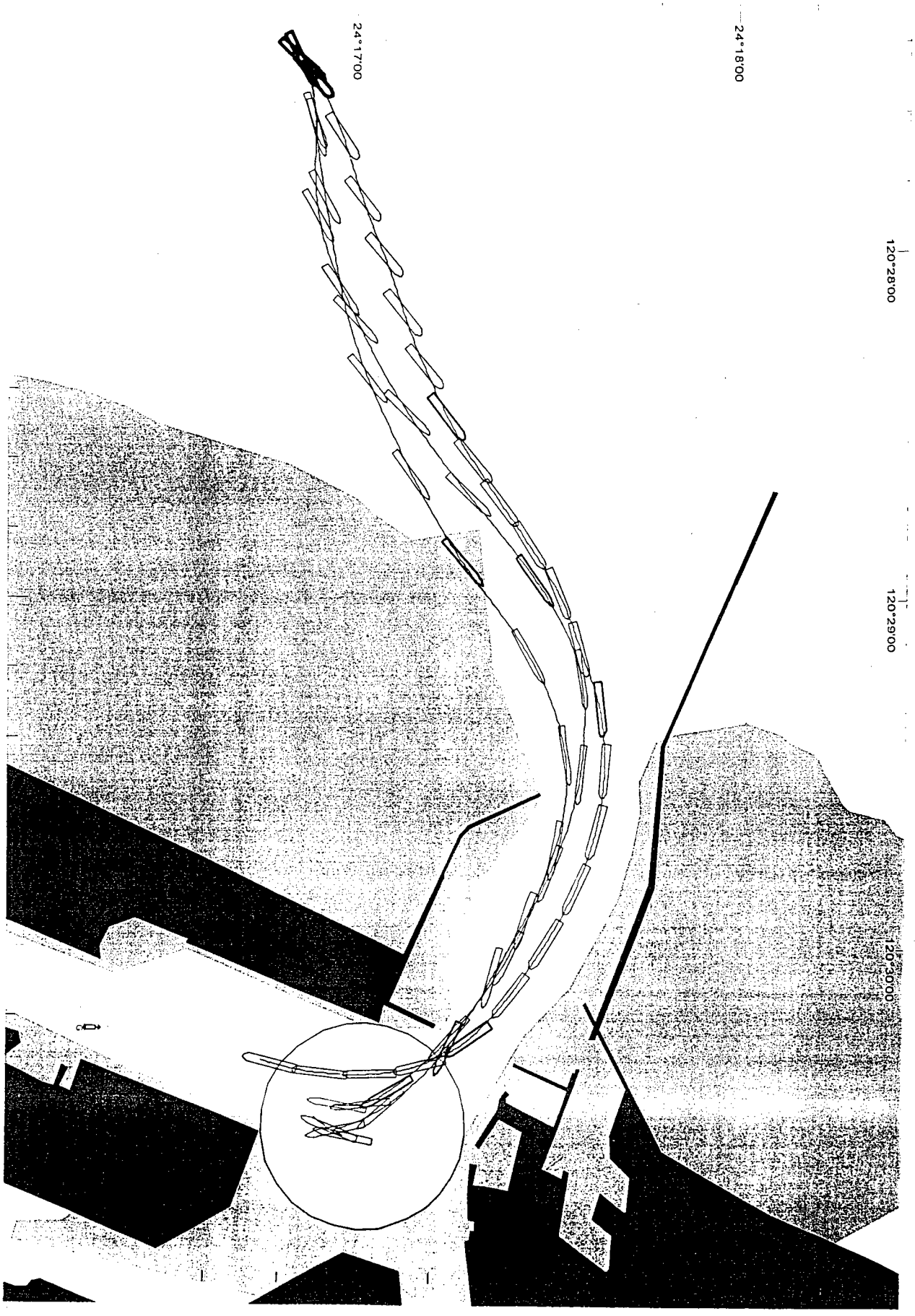


C-210 風速 20m/s，3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖 (B803)

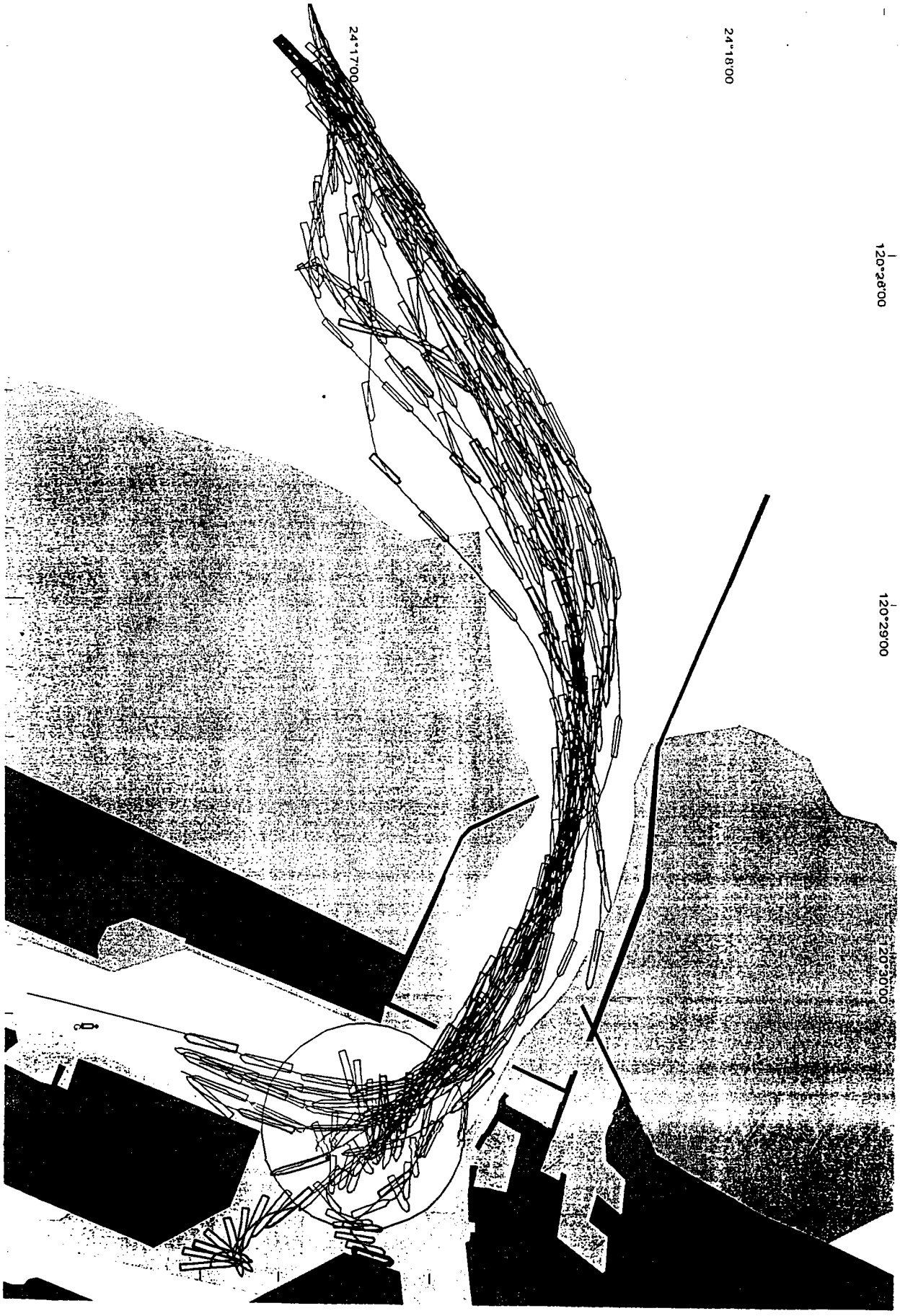
附錄 D　Real-time 拼接[illegible]不同[illegible]在

相[illegible]條件下之[illegible]

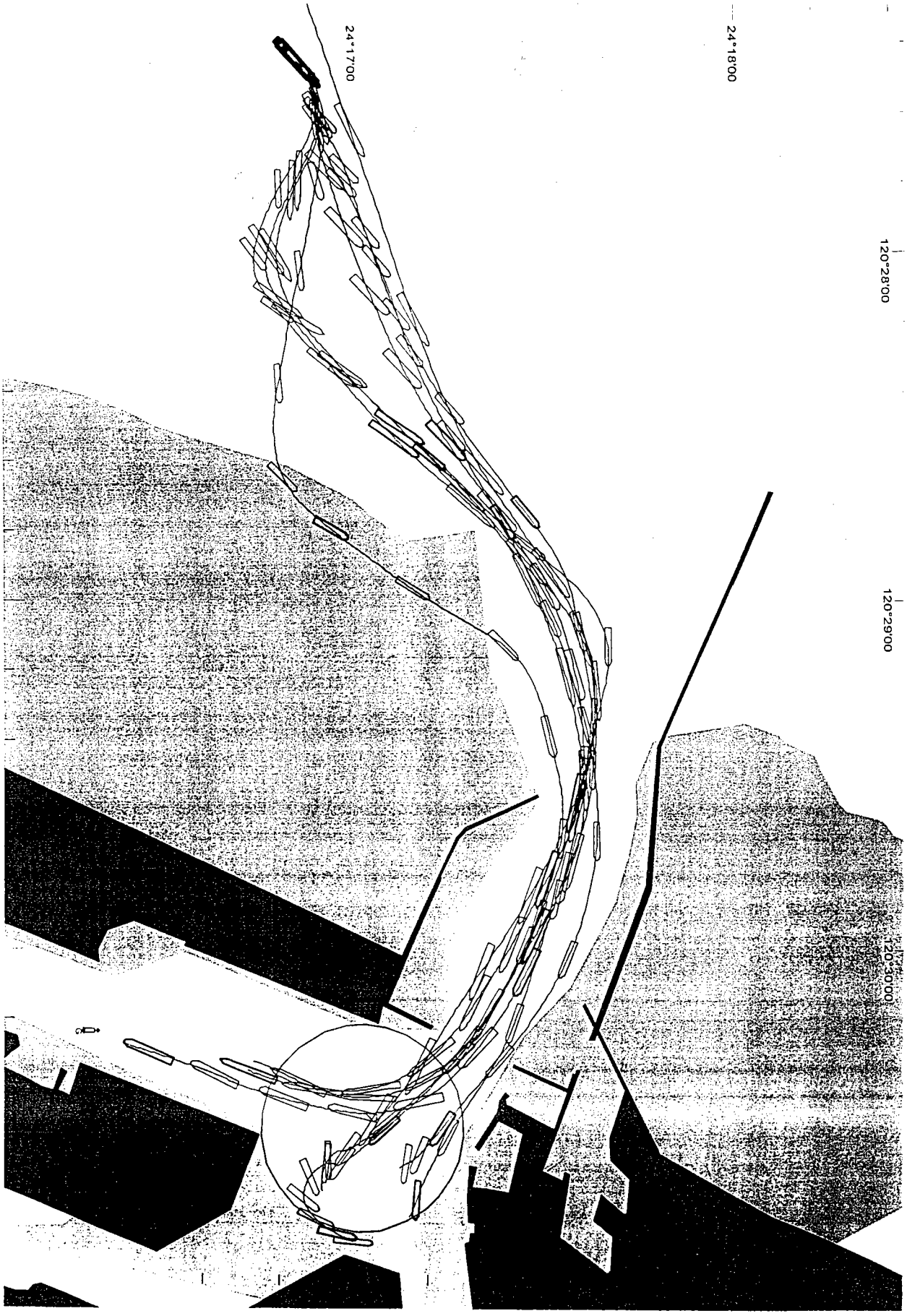
D-1 風速 15m/s，退潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 A 室)



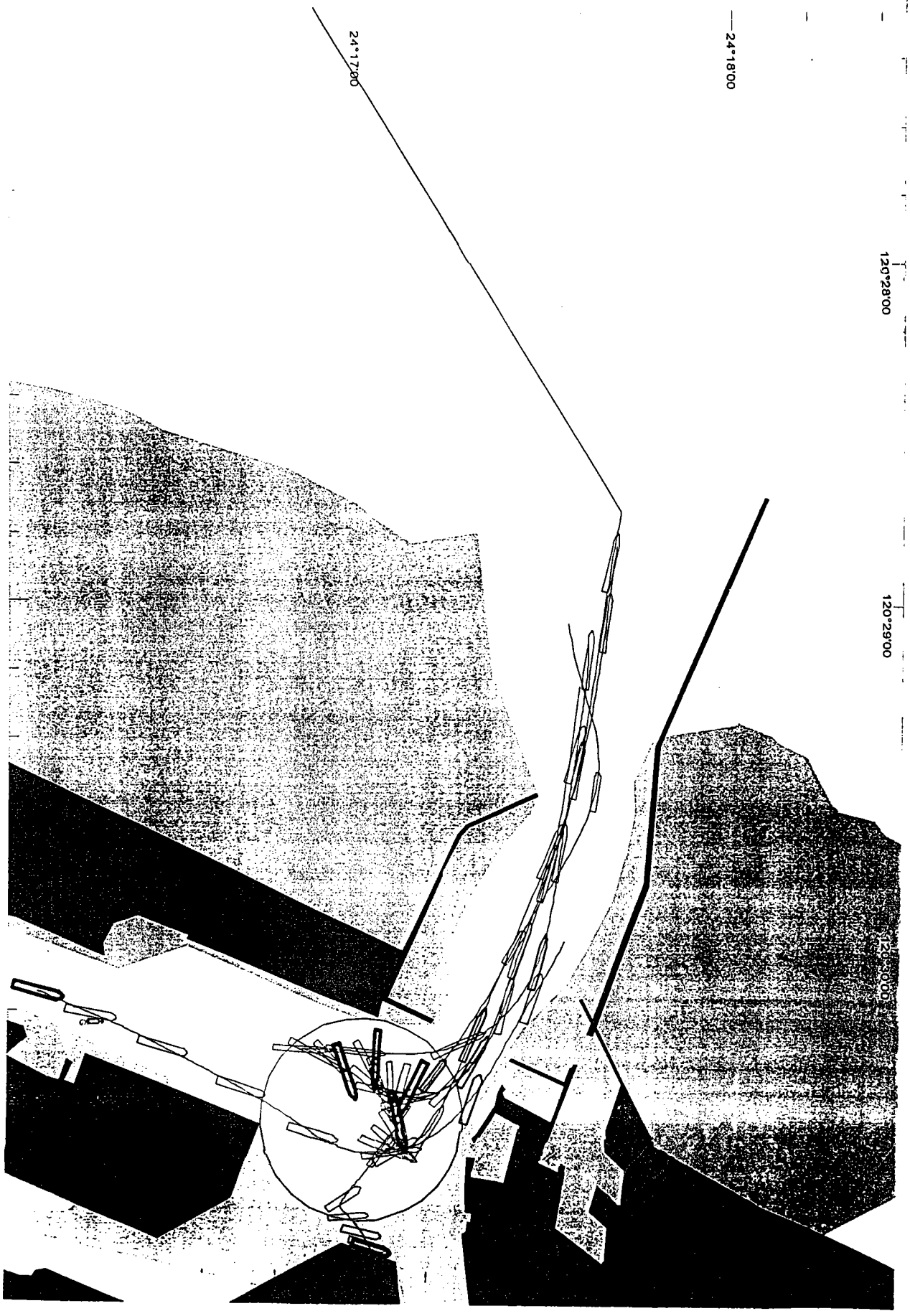
D-2 風速 15m/s，漲潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 A 室)



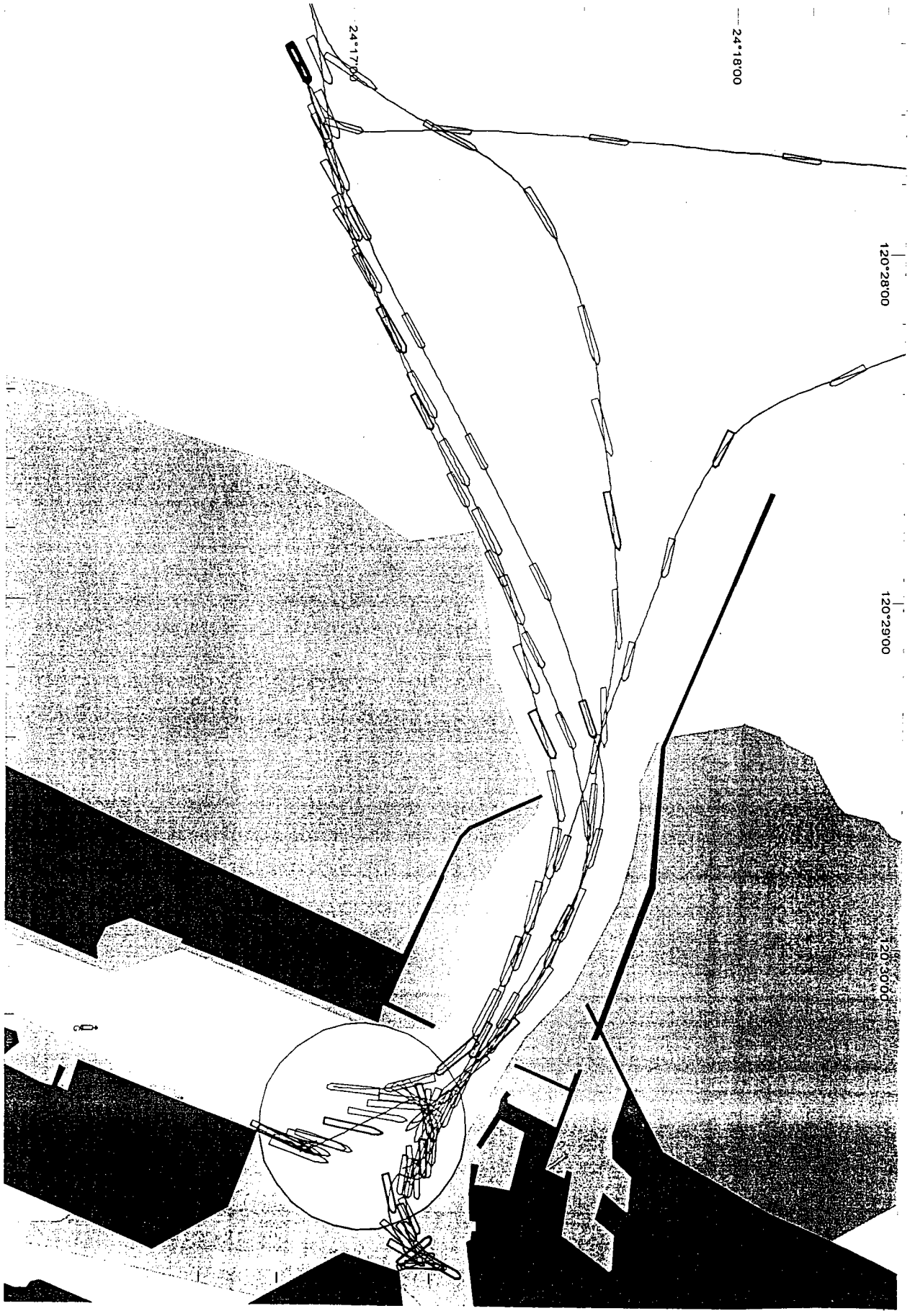
D-3 風速 20m/s，退潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 A 室)



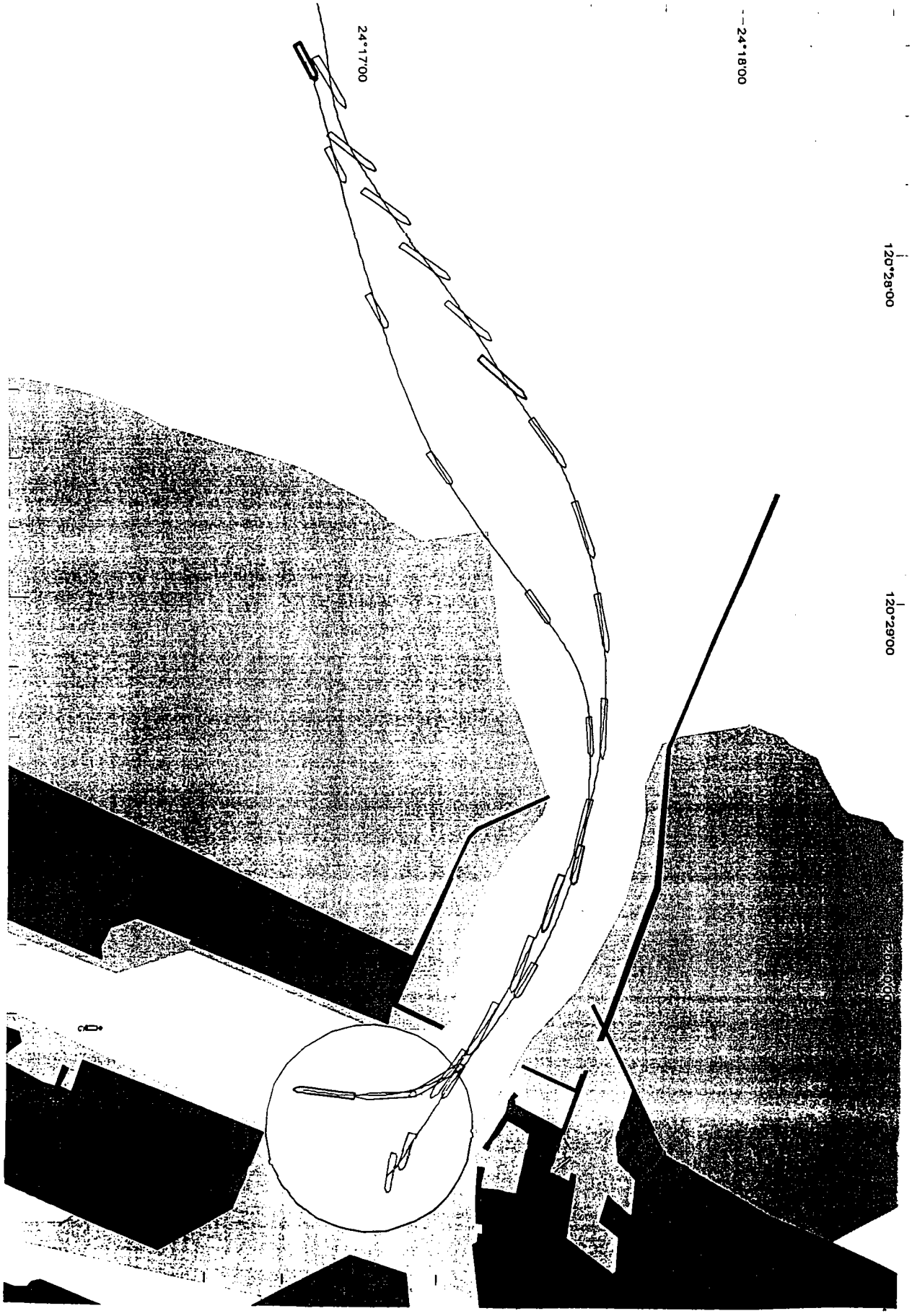
D-4 風速 20m/s，漲潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 A 室)



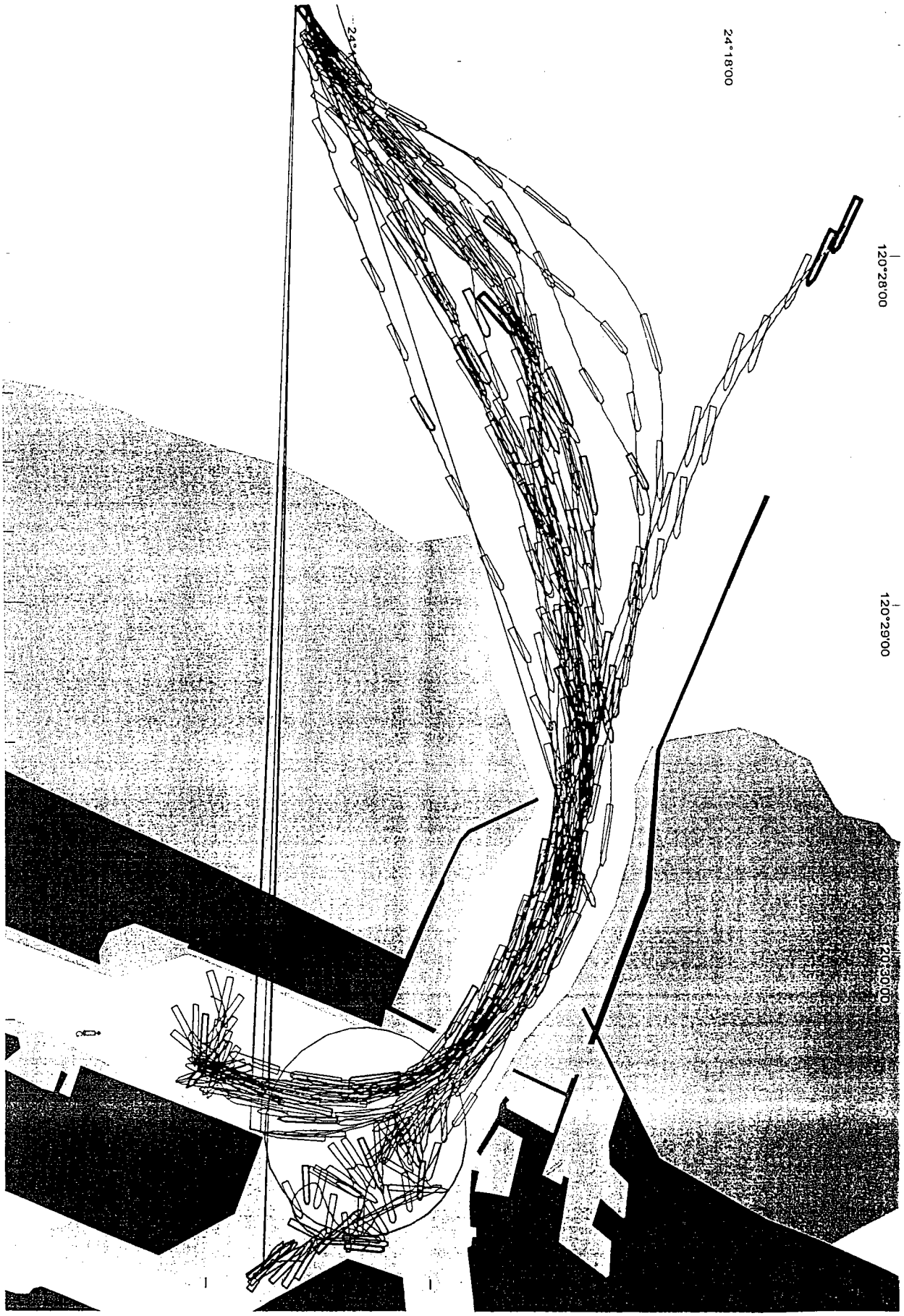
D-5 風速 20m/s，退潮時出港之操航船跡圖(操船模擬機 A 室)



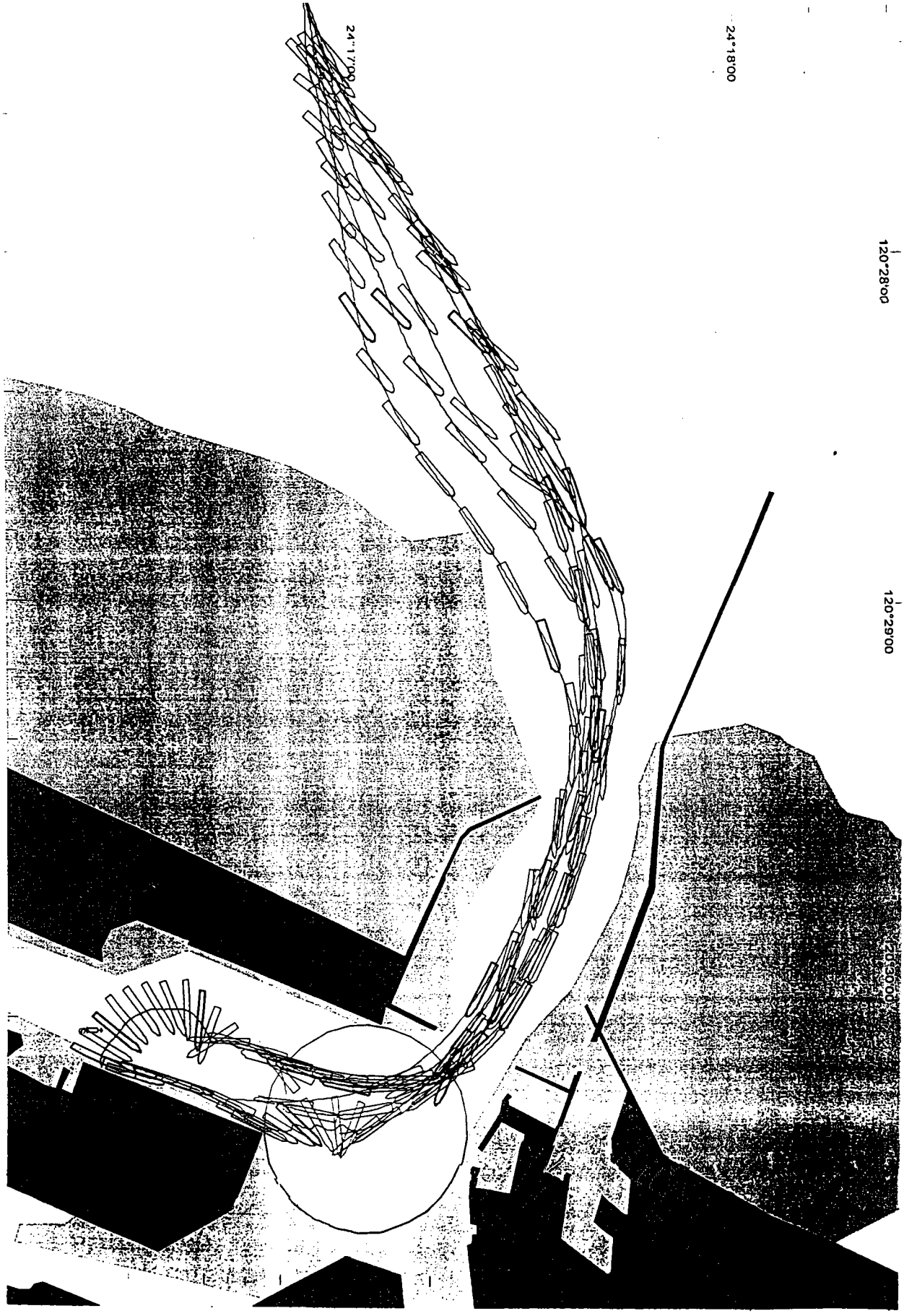
D-6 風速 15m/s，退潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)



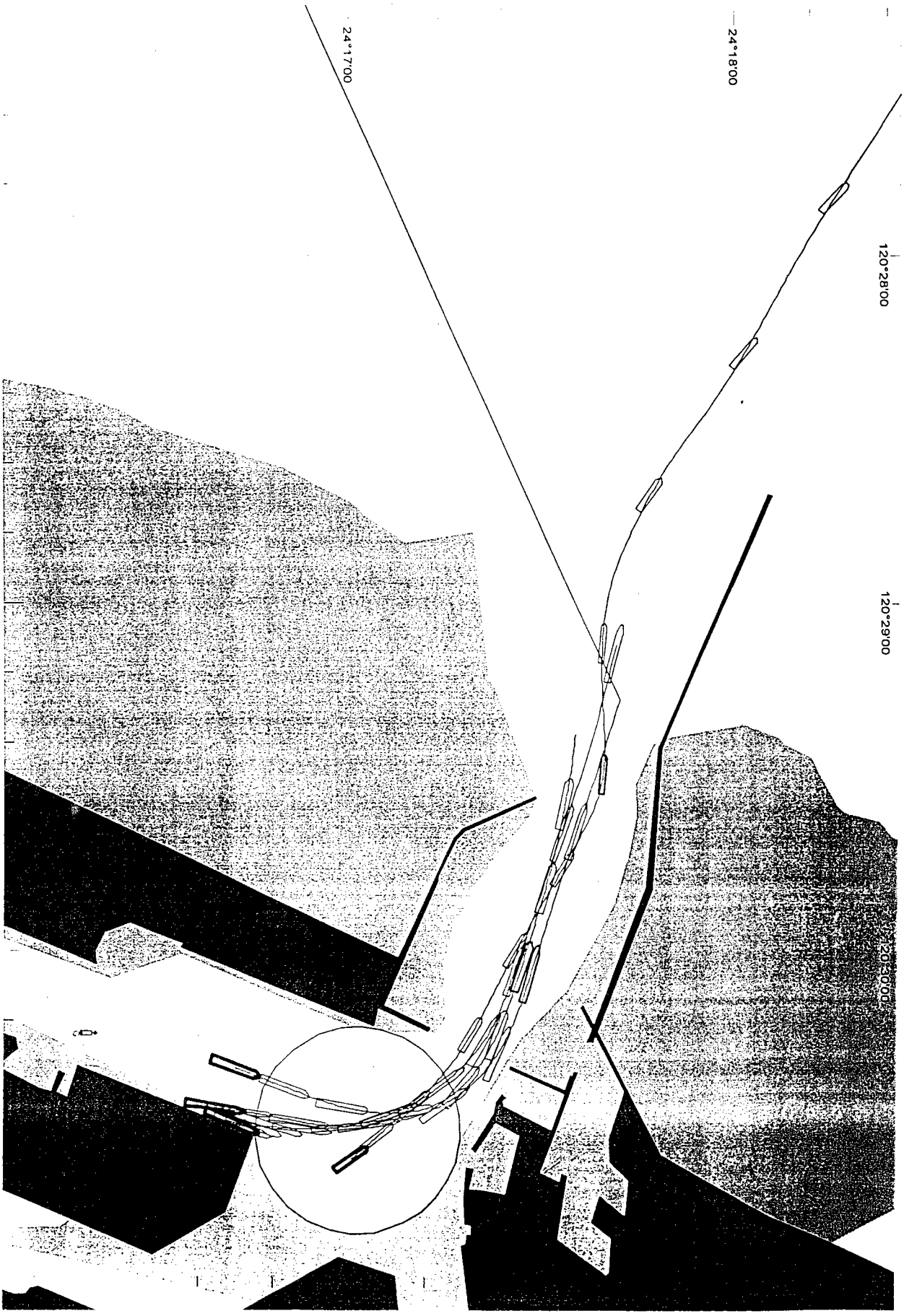
D-7 風速 15m/s，漲潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)



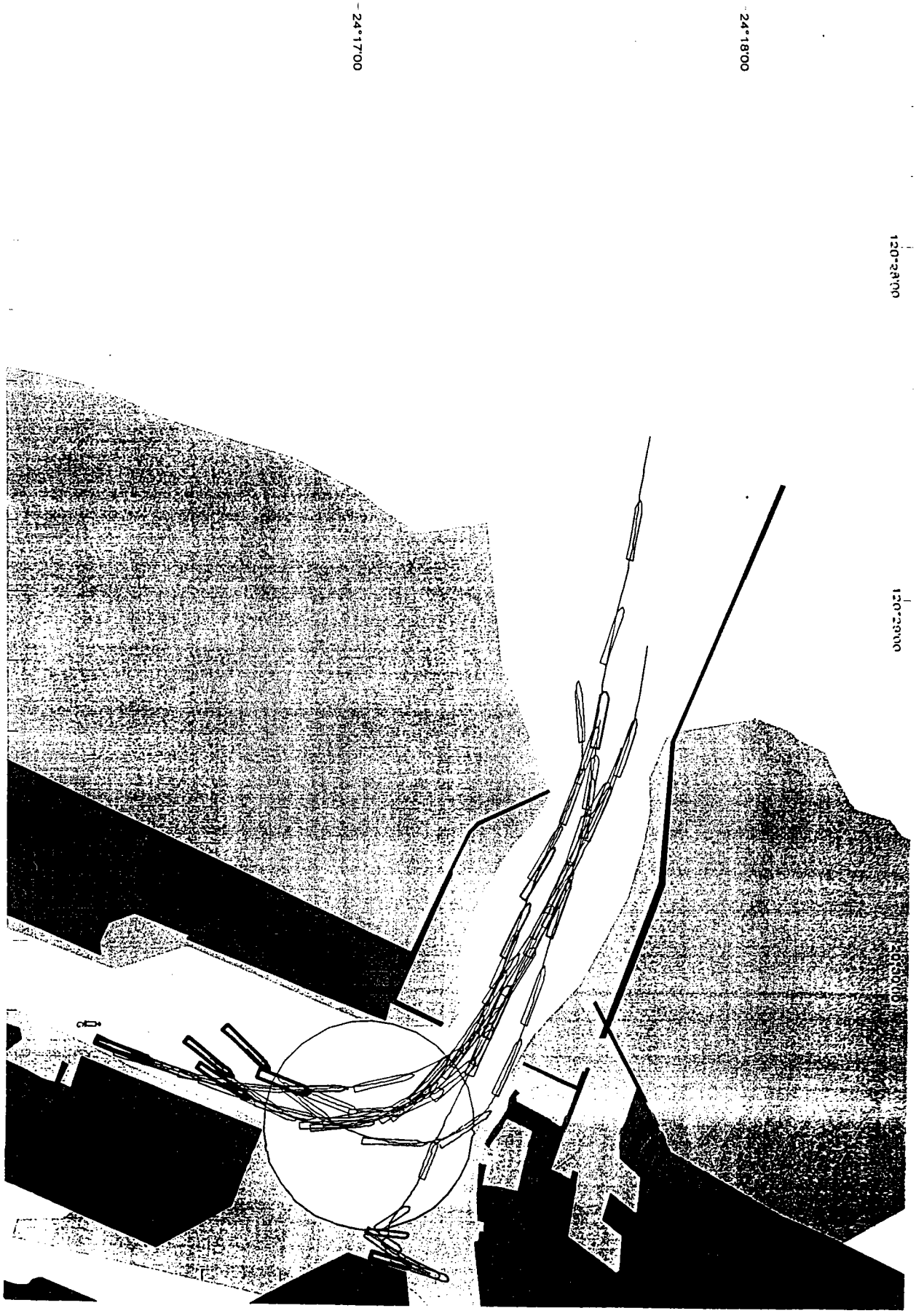
D-8 風速 20m/s，退潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)



D-9 風速 20m/s，漲潮時進港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)



D-10 風速 15m/s，退潮時出港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)



D-11 風速 20m/s，退潮時出港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)

D-12 風速 20m/s，漲潮時出港之操航船跡圖(操船模擬機 B 室)

附錄 E　Real-time 操船模擬相同船型在不同海象條件下之操船軌跡圖

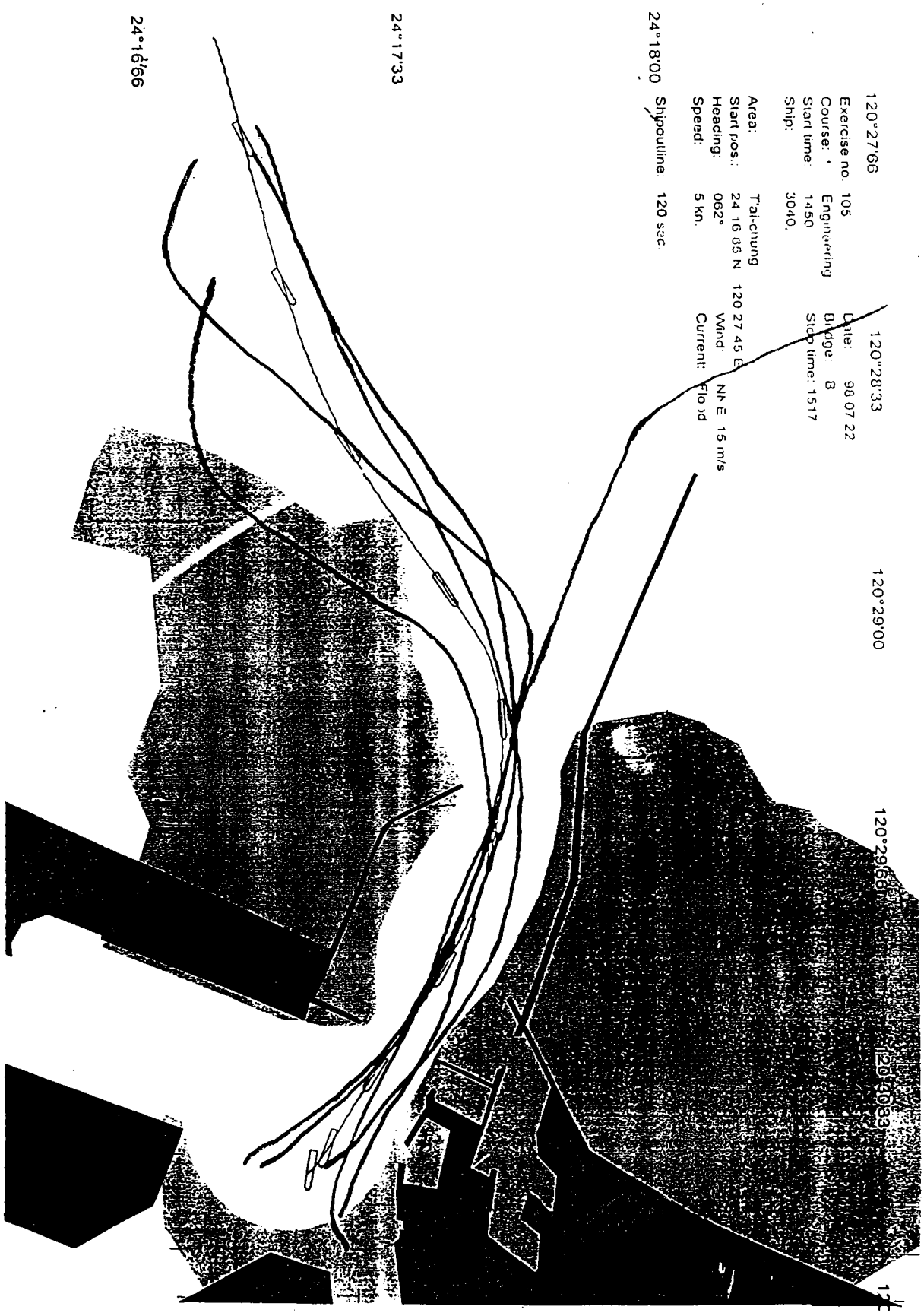


圖 E-1　3040 汽車船(滿載)漲潮進港操航船跡圖

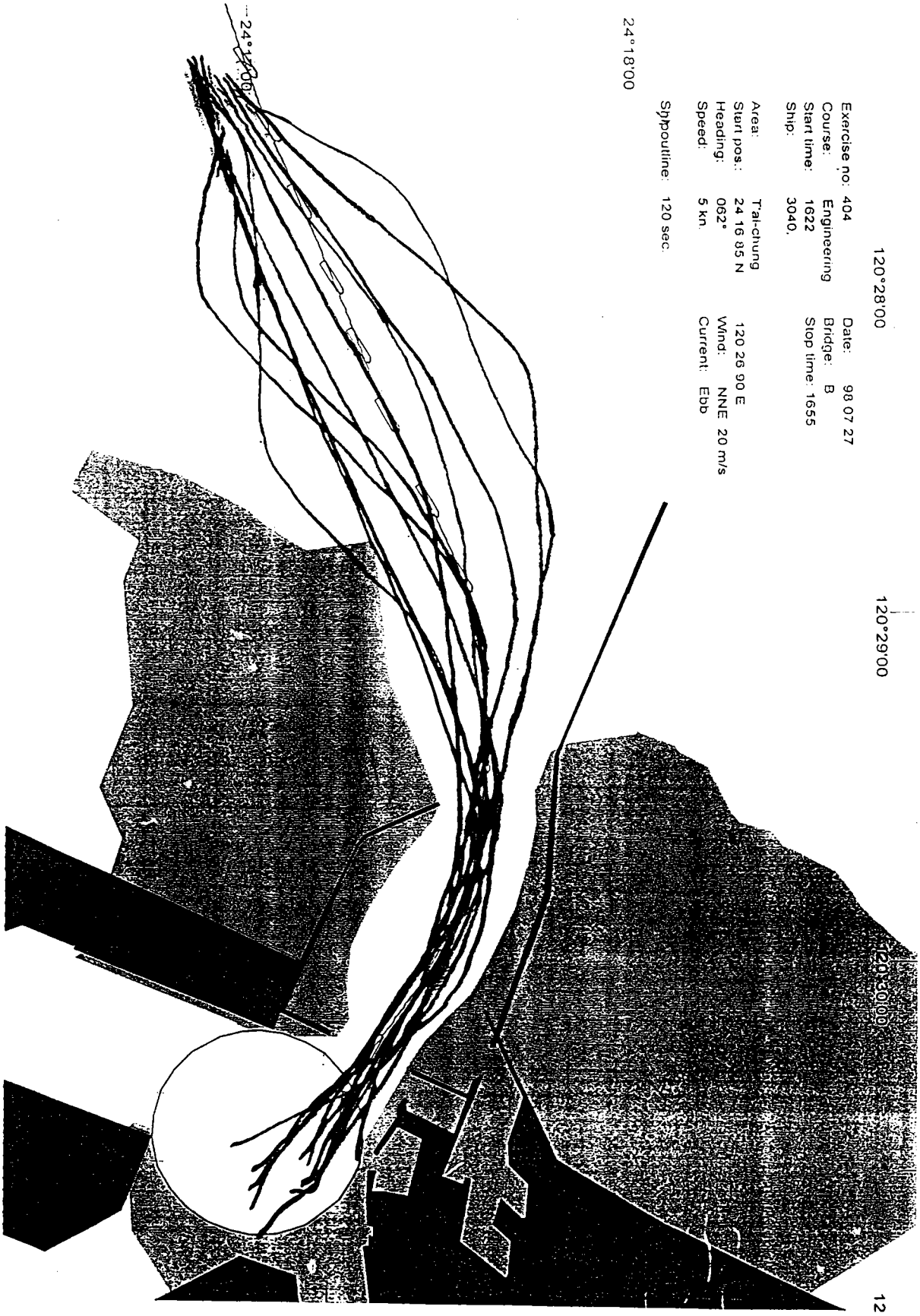


圖 E -2　3040 汽車船(滿載)退潮進港操航船跡圖

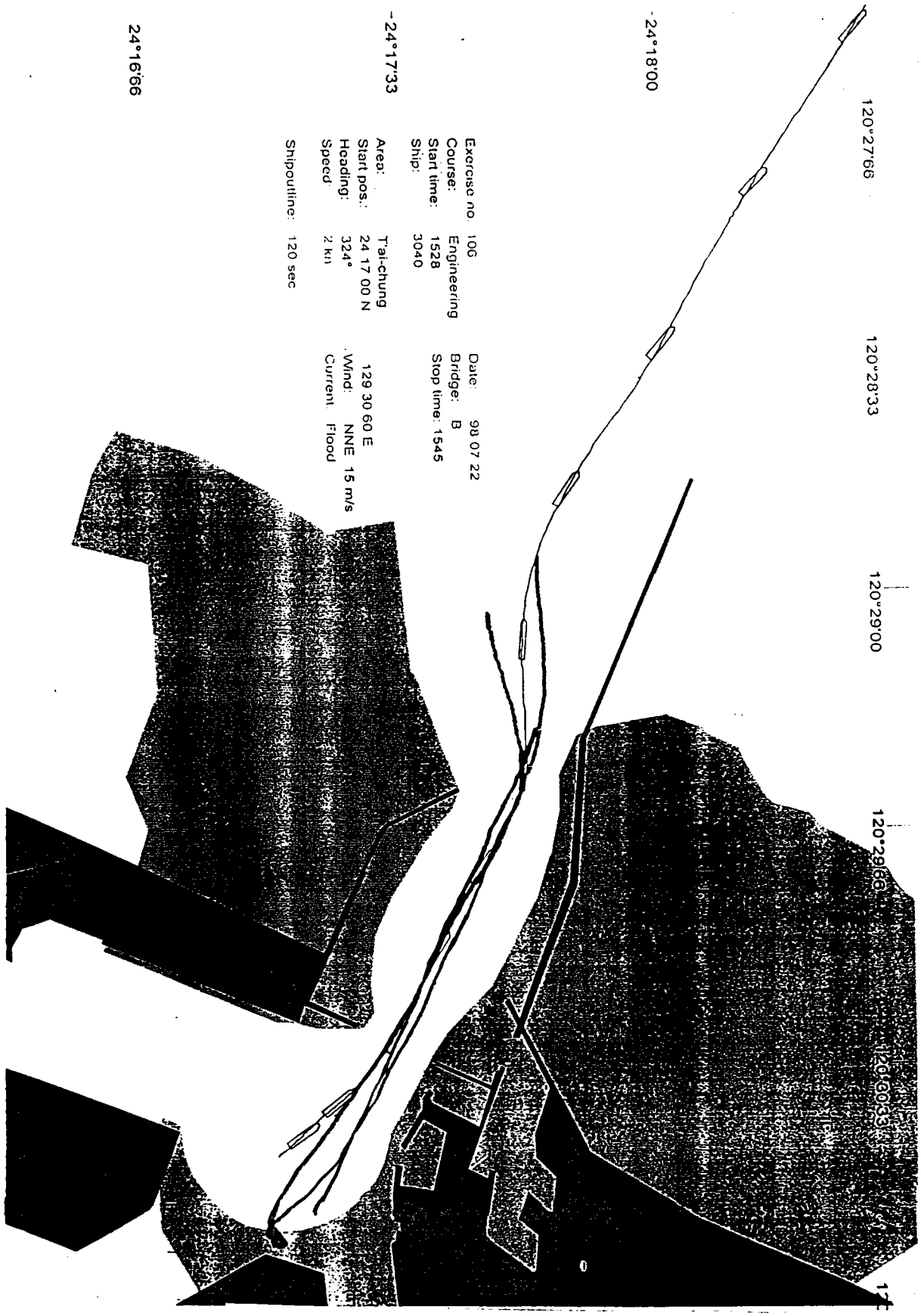


圖 E-3　3040 汽車船(滿載)出港操航船跡圖

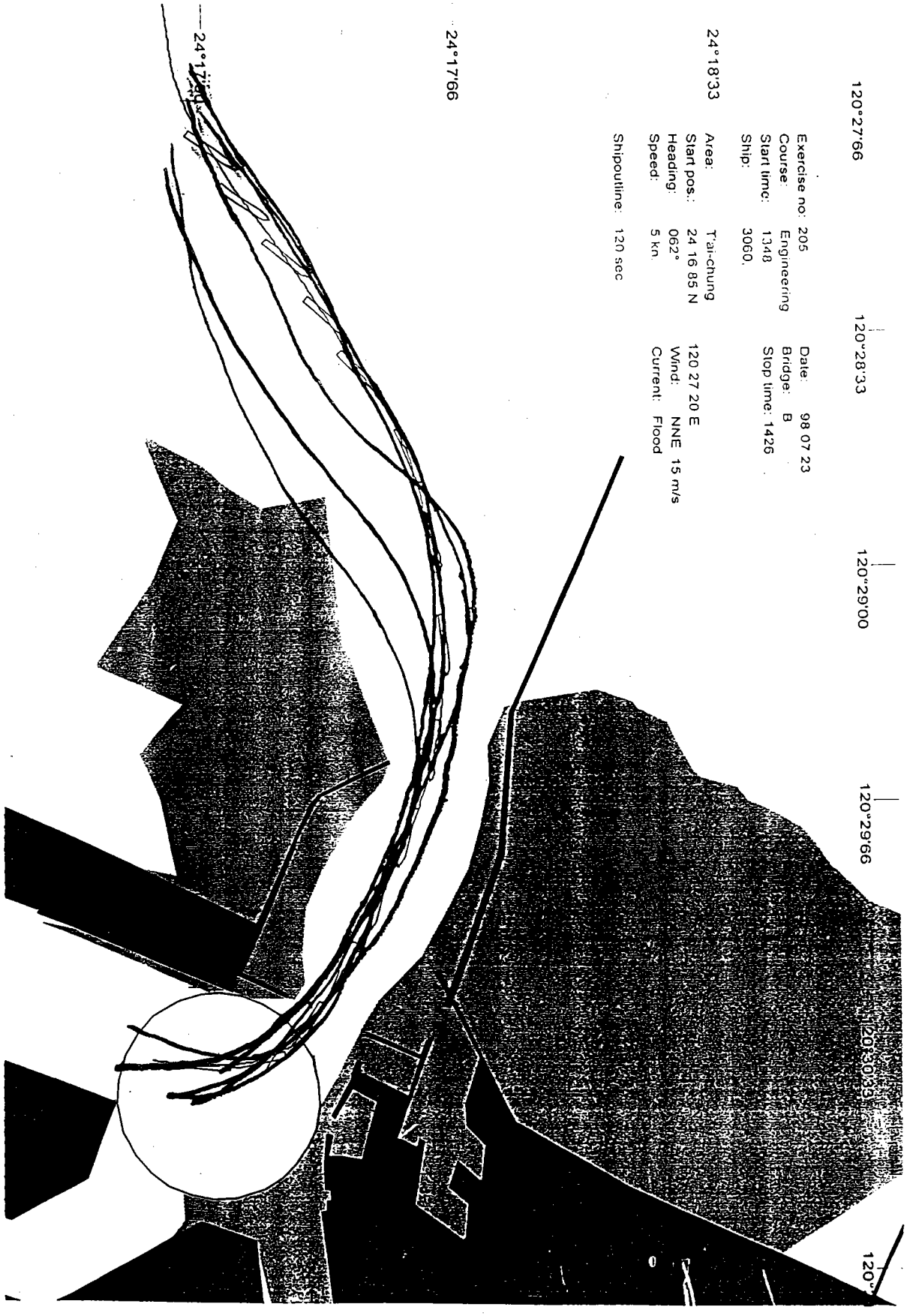


圖 E-4　3060 貨櫃船(半載)漲潮進港操航船跡圖

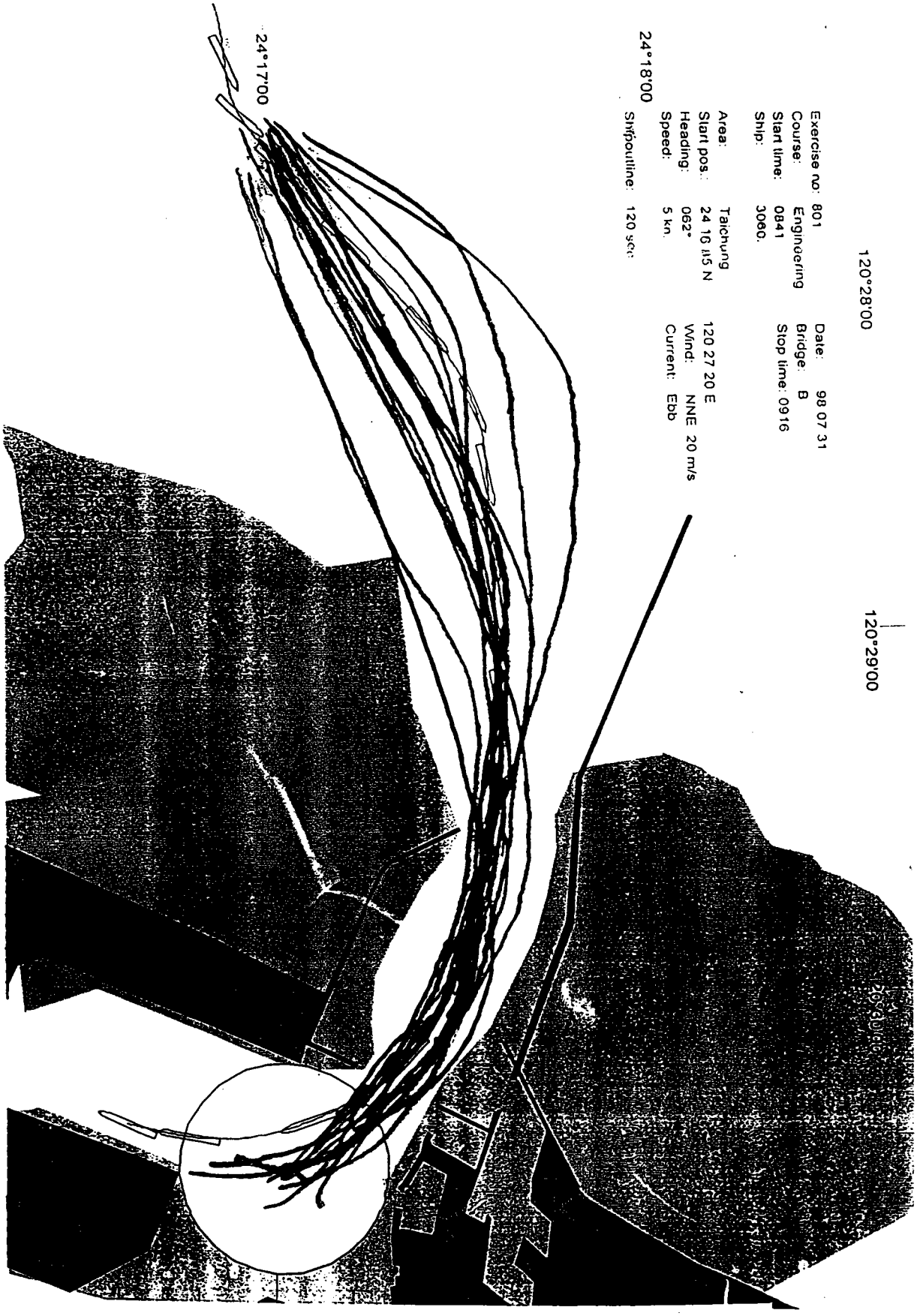


圖 E-5　3060 貨櫃船(半載)退潮進港操航船跡圖

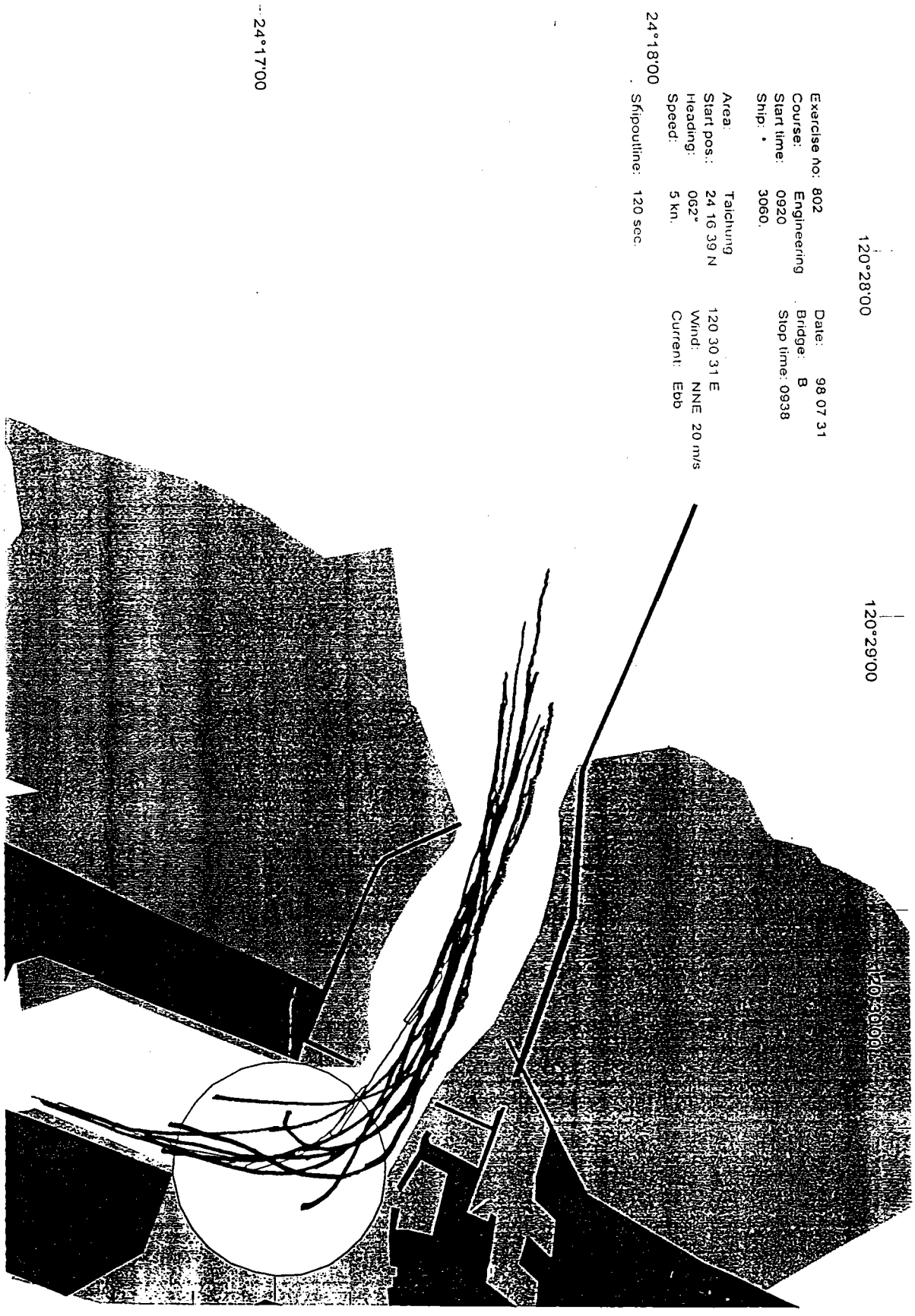


圖 E-6　3060 貨櫃船(半載)出港操航船跡圖

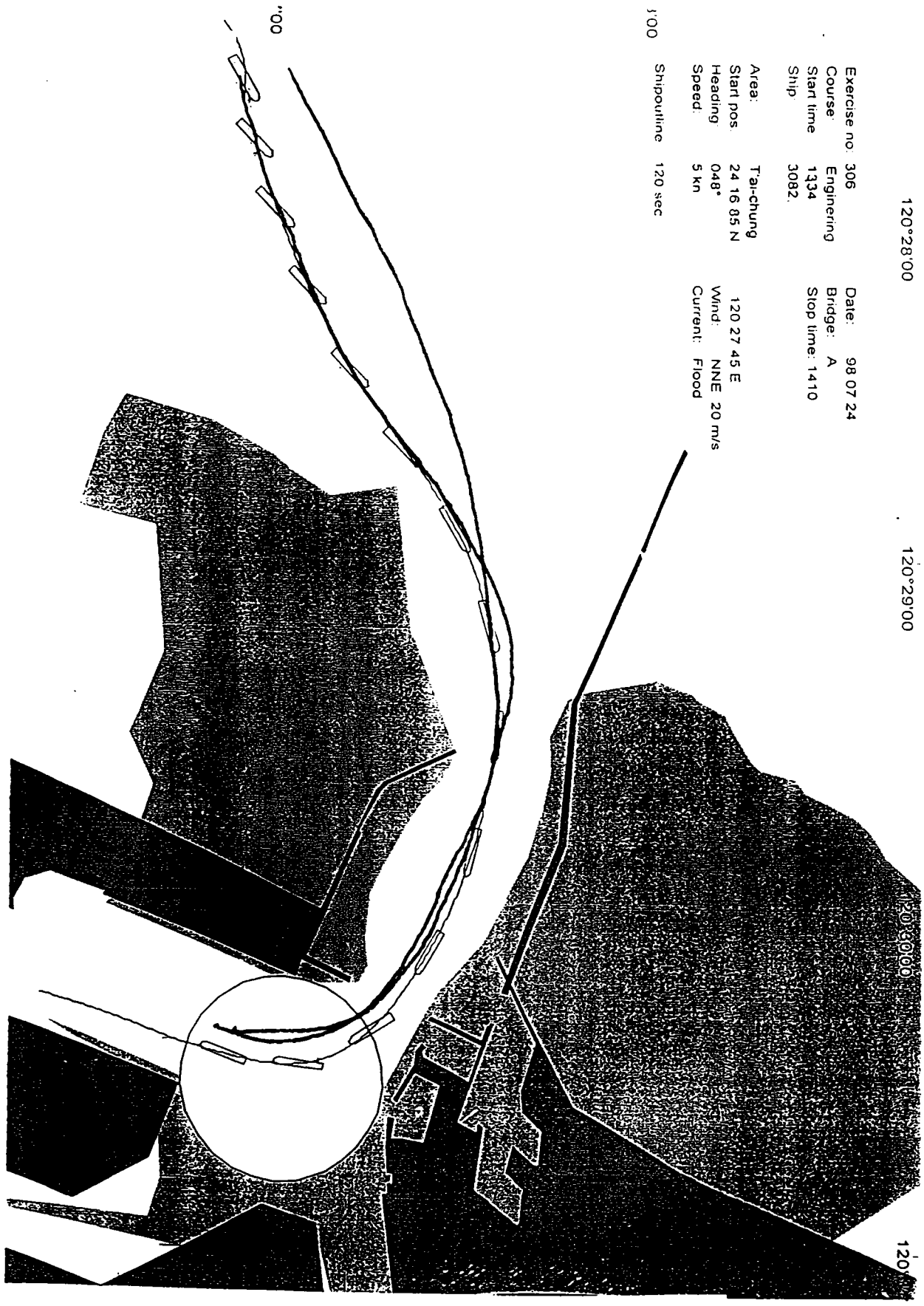


圖 E-7　3082 油輪(空載)漲潮進港操航船跡圖

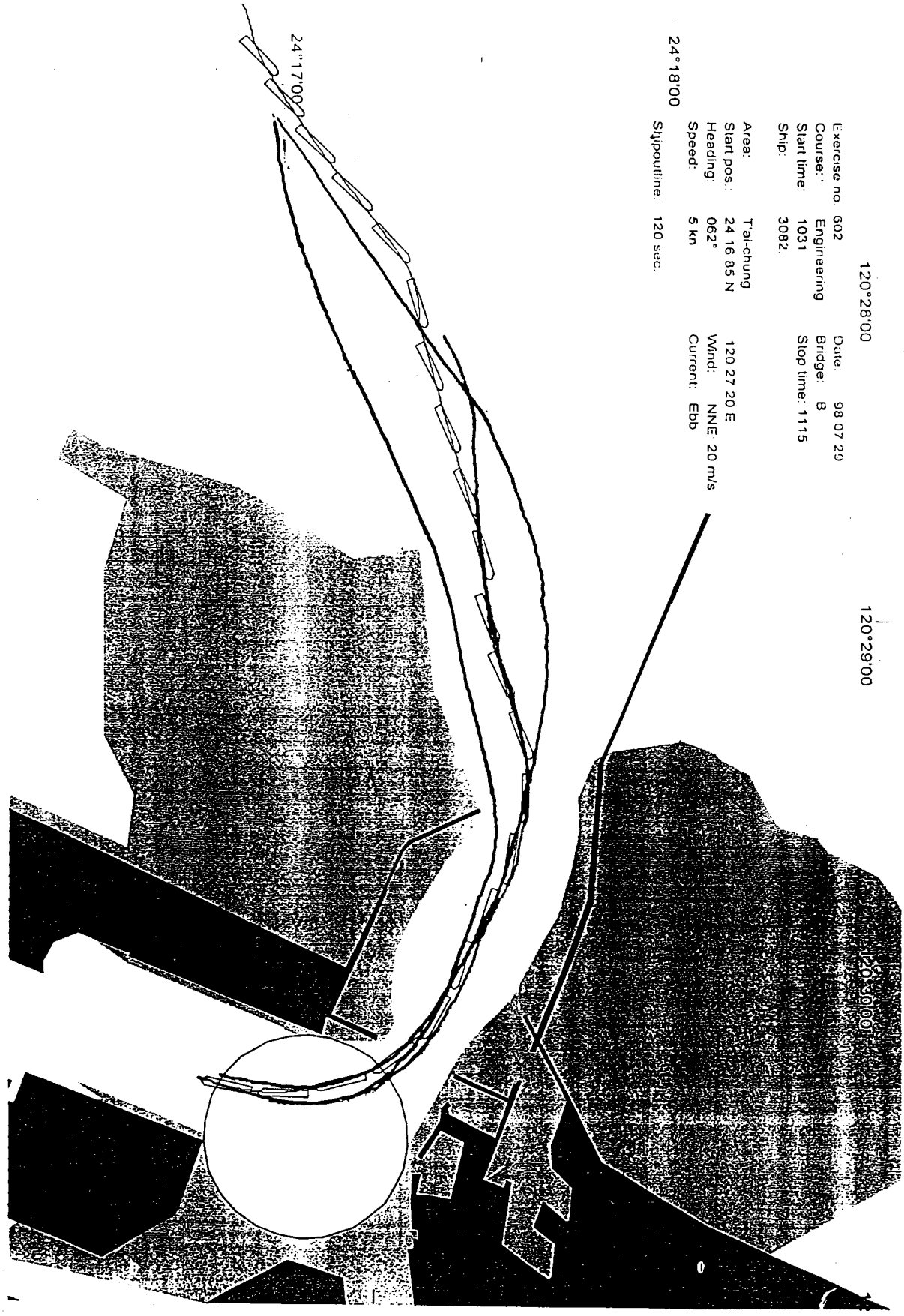


圖 E-8　3082 油輪(空載)退潮進港操航船跡圖

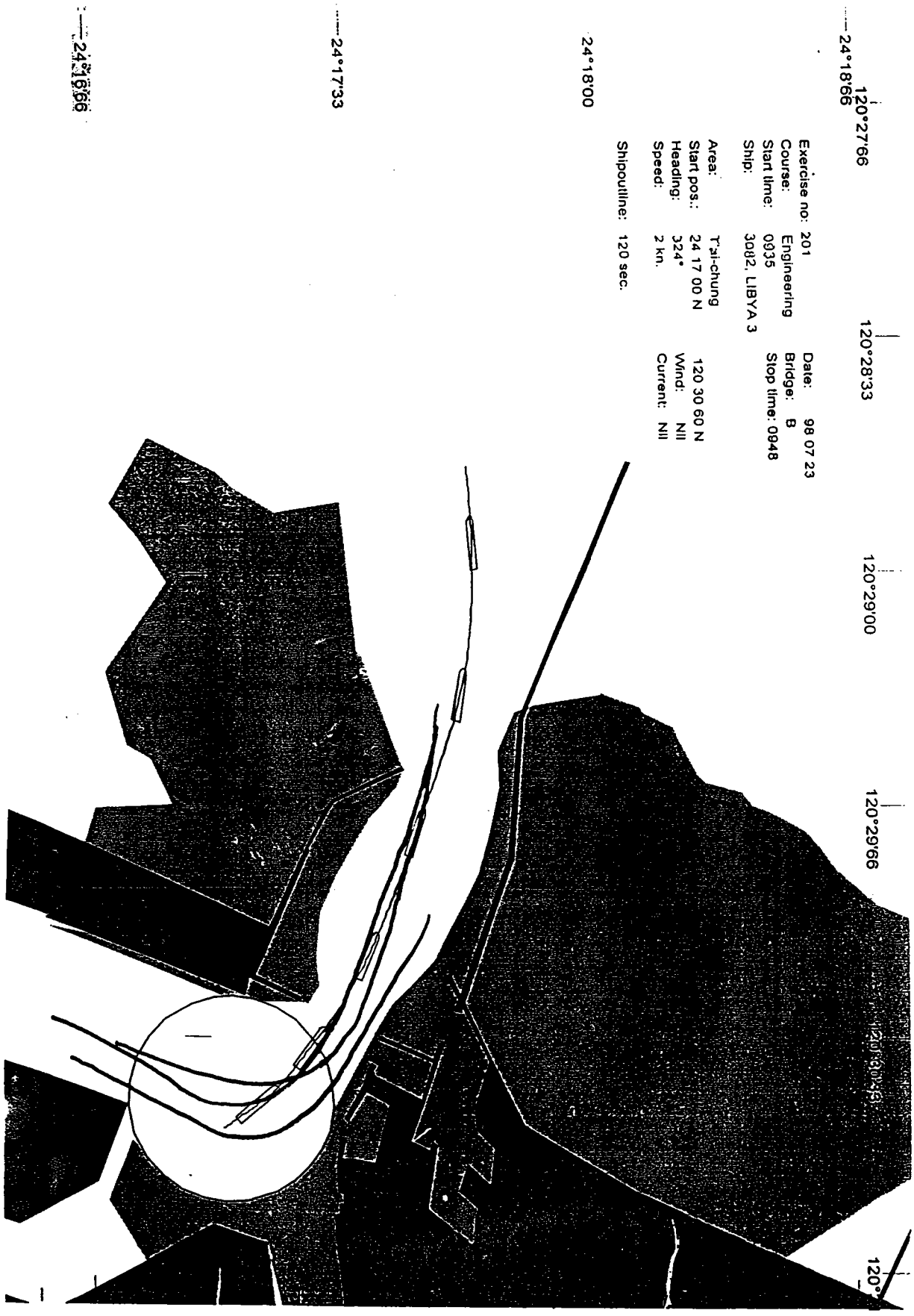


圖 E-9　3082 油輪(空載)出港操航船跡圖

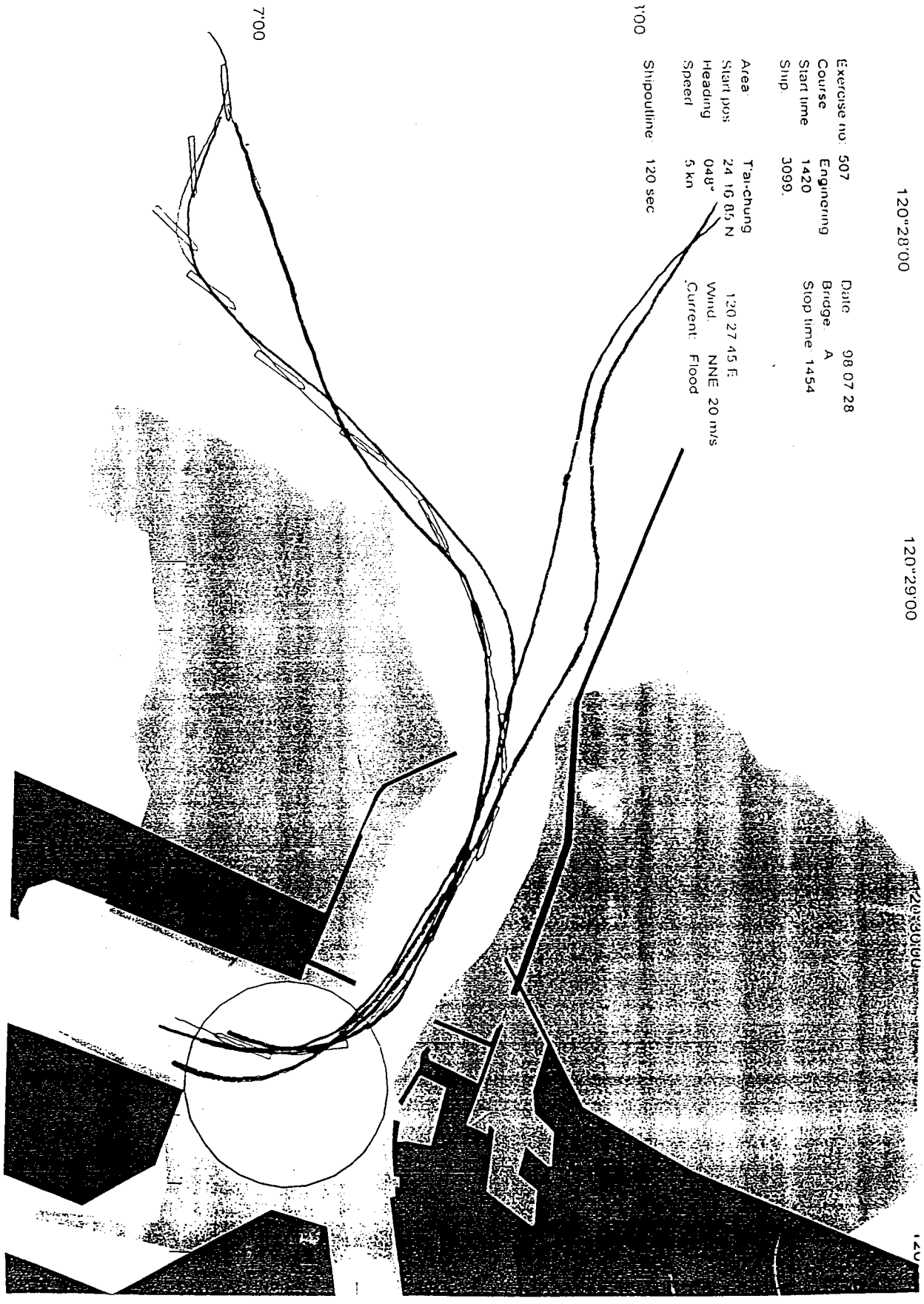


圖 E-10　3099 貨櫃輪(滿載)漲潮進港操航船跡圖

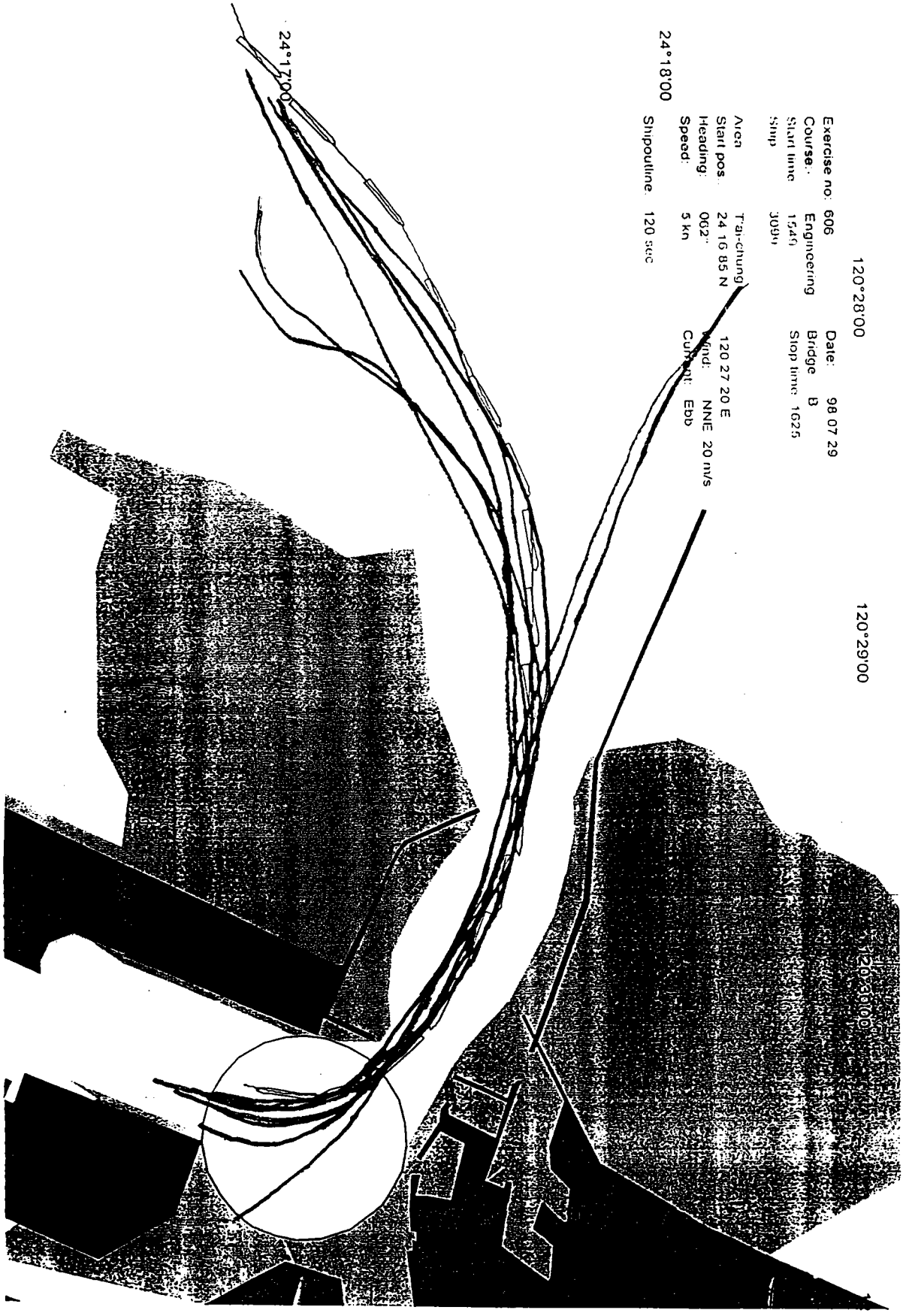


圖 E-11　3099 貨櫃輪(滿載)退潮進港操航船跡圖

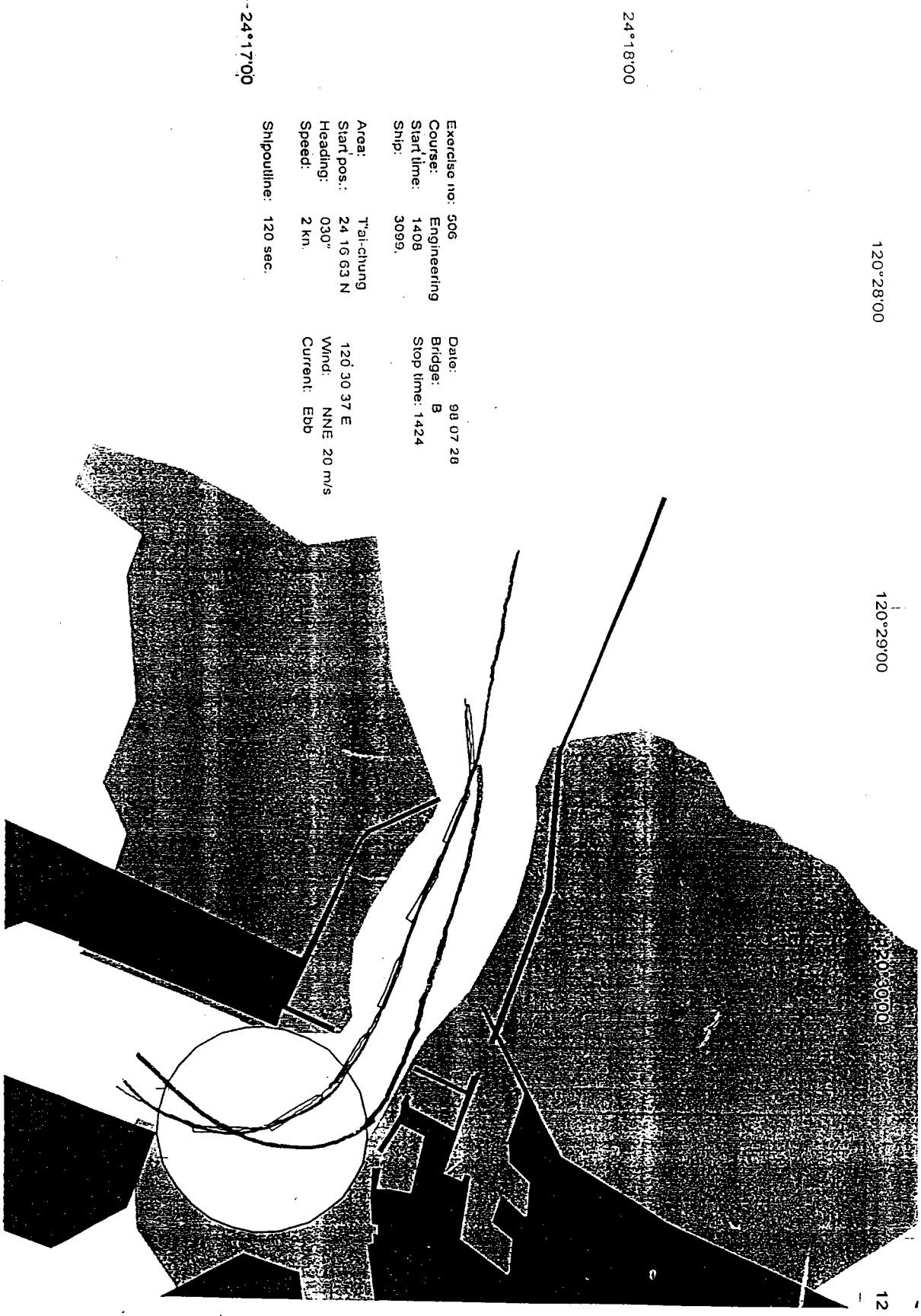


圖 E-12　3099 貨櫃輪(滿載)出港操航船跡圖

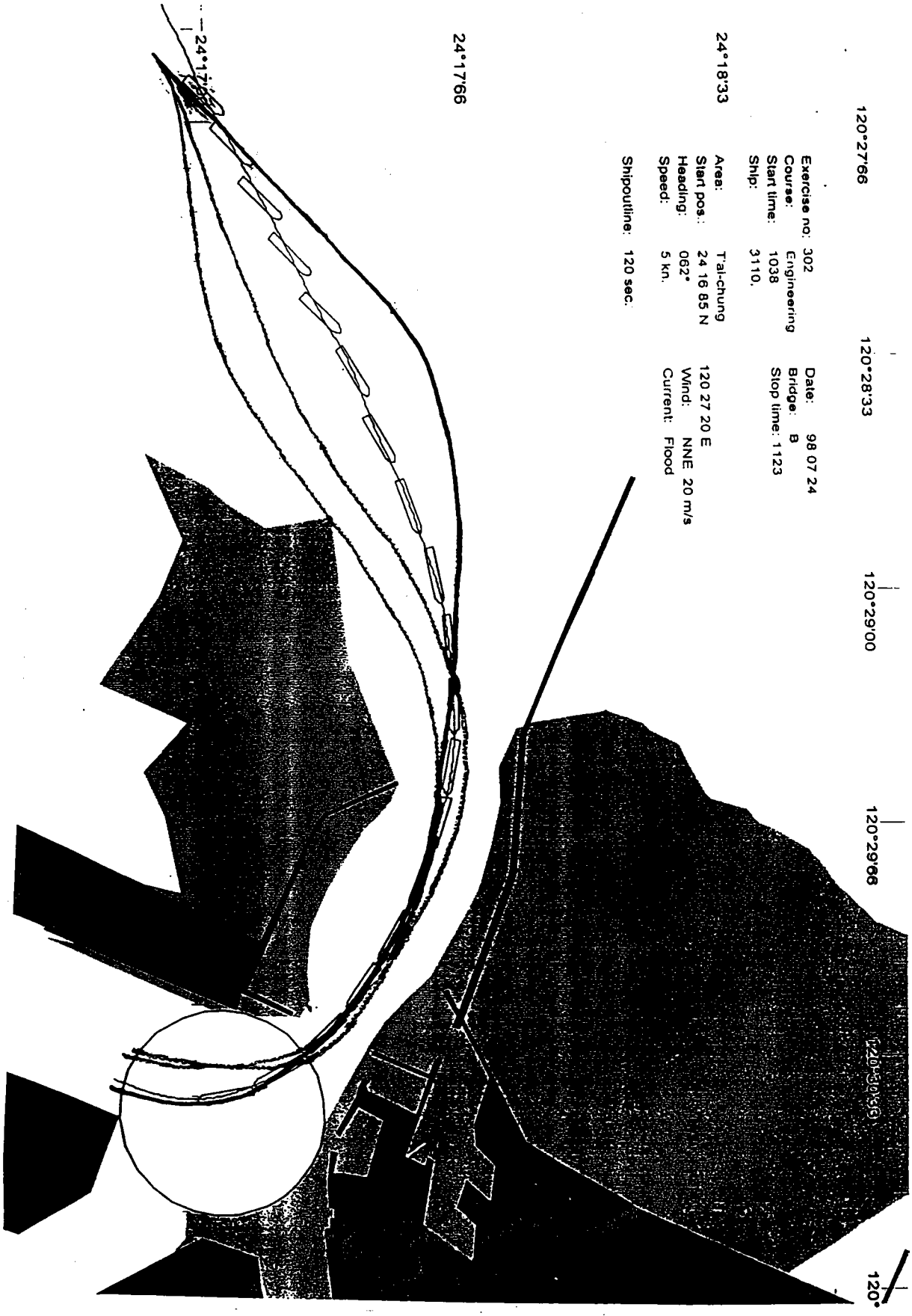


圖 E-13　3110 散貨船(滿載)漲潮進港操航船跡圖

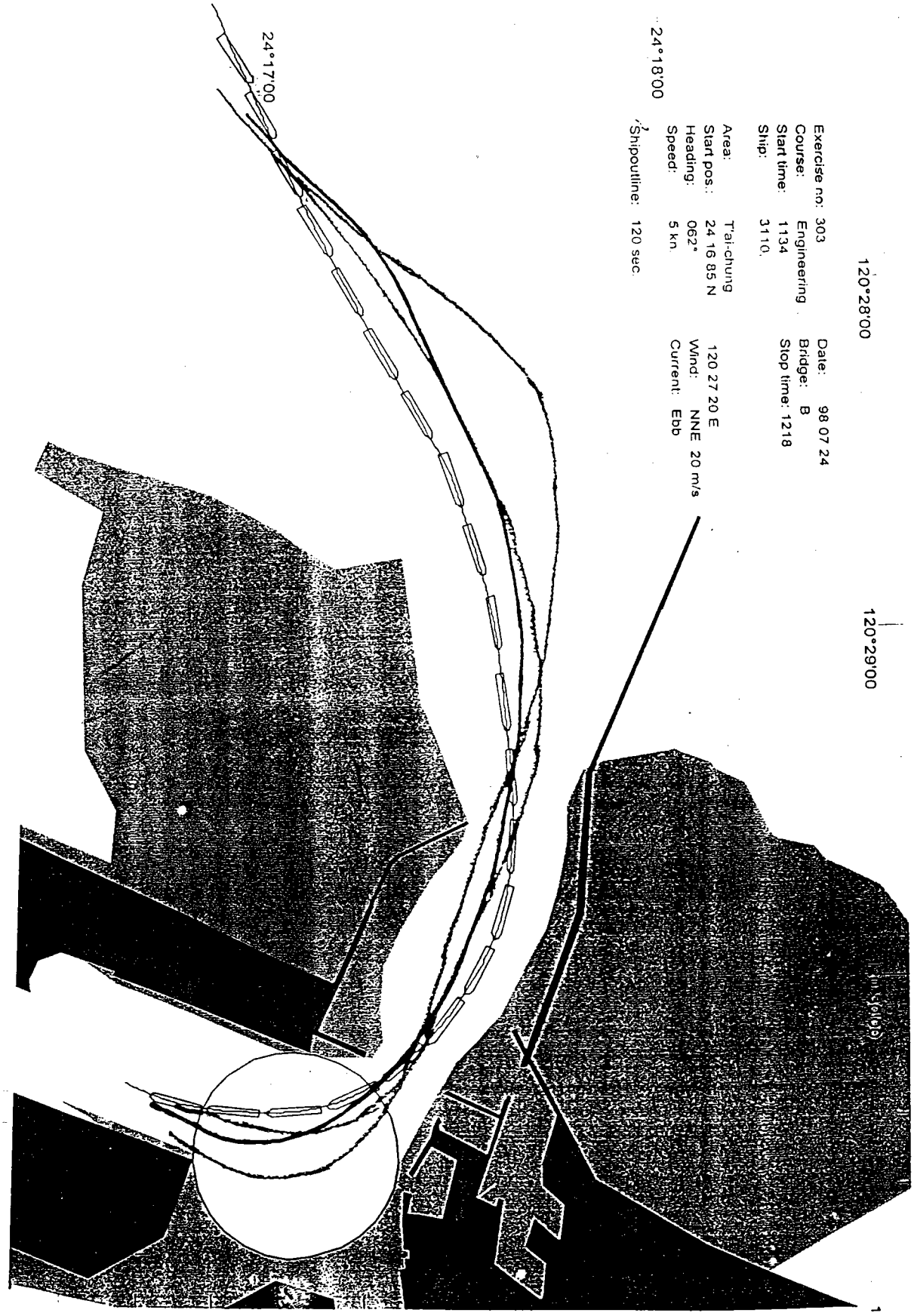


圖 E-14　3110 散貨船(滿載)退潮進港操航船跡圖

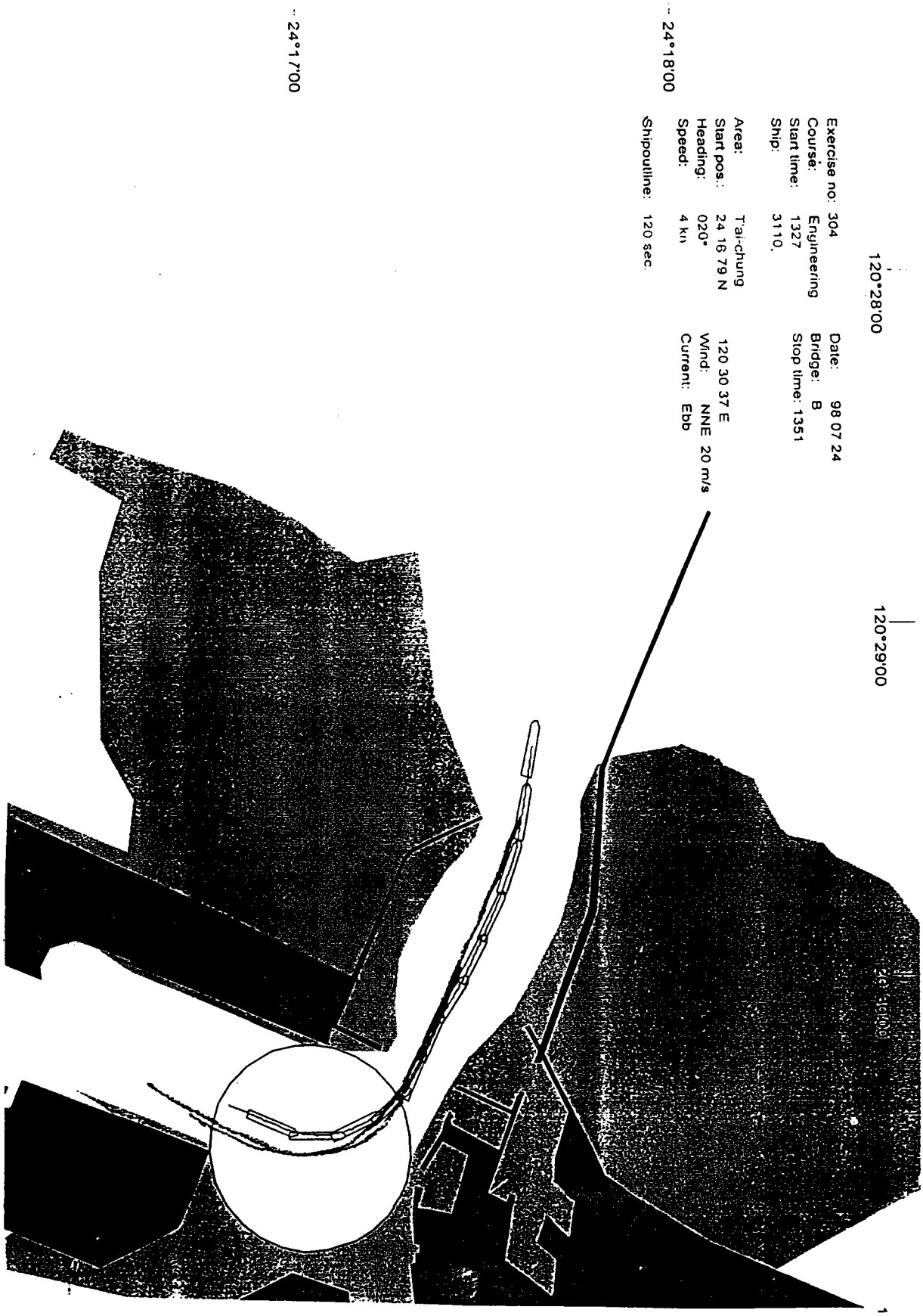


圖 E-15　3110 散貨船(滿載)出港操航船跡圖

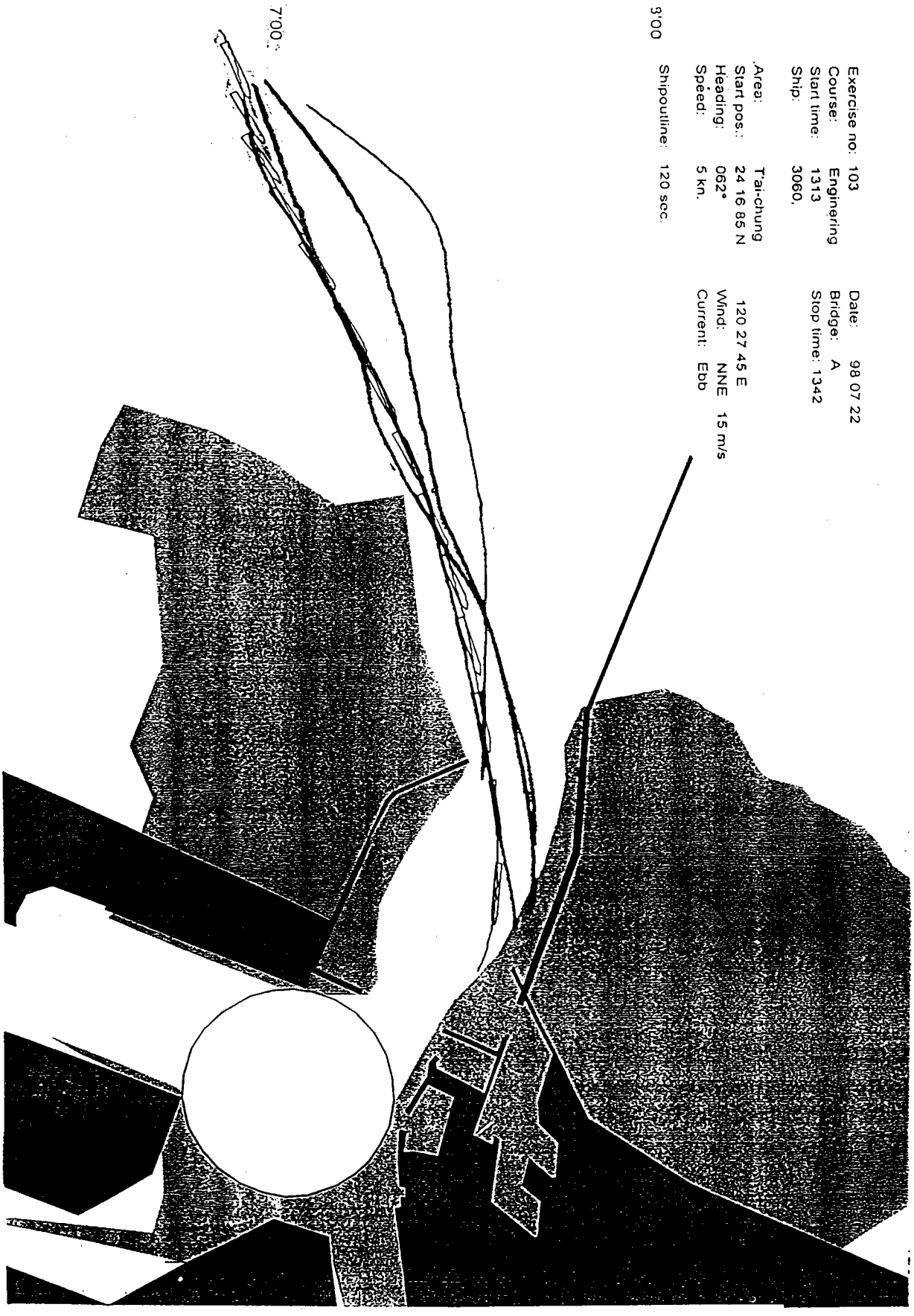


圖 E-16　3060 貨櫃船(半載)未成功之進港操航船跡圖