

## References

- Andersen, S. A. 1947: Hvorledes landet blev til. In: Brunsgaard, C. & Pedersen, H. E. (Eds.): Landet mod Nordvest, 1, 7-32.
- Bretz, J. H. 1960: Bermuda, a partially drowned, late mature, Pleistocene karst. Bull. Geol. Soc. Amer., 71, 1729-1754.
- Brüel, J. 1918: Klitterne i Vestjylland og paa Bornholm. København, 133 pp.
- Bruun, P. 1962: Sea level rise as a cause of shore erosion. Am. Soc. Civ. Eng. J. Water Har. Div., 88, 117-130.
- Christiansen, C. 1985: Nutidige ændringer i middelvandstand. Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1984, 15-20.
- Christiansen, C. & Møller, J. T. 1980: Beach erosion at Klim, Denmark. A ten-year record. Coast. Eng., 3, 283-296.
- Christiansen, C., Møller, J. T. & Nielsen, J. 1985: Sea-level fluctuations and associated morphological changes: Examples from Denmark. Eiszeitalter u. Gegenwart, 35, 89-108.
- Cooper, W. S. 1958: Coastal sanddunes of Oregon and Washington. Mem. Geol. Soc. Amer., 72, 169 pp.
- Møller, J. T. 1980: Kollerupkoggen. Opmåling og beskrivelse af et middelalderskib og nogle tanker om fundstedet. Antikvariske Studier, 4, 143-160.
- Neev, D., Almagor, G., Arad, A., Ginsburg, A. and Hall, J. K. 1973: The geology of the southeastern mediterranean sea. Israel Geol. Surv. Rep. MG/73, 43 pp.
- Nir, Y. 1973: Geological history of the recent and subrecent sediments of the Israel mediterranean shelf and slope. Israel Geol. Surv. Rep. MG/2/73, 179 pp.
- Pedersen, K. S. 1976: Om Limfjordens postglaciale marine udvikling og niveauforhold, belyst ved mollusk-fauna og C-14 dateringer. Danm. Geol. Unders., Årbog 1975, 75-103.
- Pye, K. 1984: Models of transgressive coastal dune building episodes and their relationship to Quarternary sea level changes: a discussion with reference to evidence from eastern Australia. In: Clark, M. (ed.): Coastal Research: U. K. perspectives. Geobooks, 81-104.
- Rohde, H. 1978: The history of the German coastal area. Küste, 32, 6-29.
- Sanders, J. E. and Kumar, N. 1975: Evidence of shoreface retreat and in place 'drowning' during Holocene submergence of barriers, shelf off Fire Island, New York. Bull. Geol. Soc. Amer. 86, 65-76.
- Schofield, J. C. 1975: Sea level fluctuations cause periodic post-glacial progradation, South Kaipara Barrier, North Island, New Zealand. NZ. J. Geol. Geophys., 18, 295-316.
- Steenstrup, J. 1875: Harald Haarderaads Tog til Limfjorden og Limfjordens Tilstand i 11. Aarhundrede. Kjøbenhavn, 81 pp.
- Sugden, D. E. and John, B. S. 1976: Glaciers and landscape. Arnold, London. 376 pp.
- Ward, W. T. 1985: Correlation of East Australia Pleistocene shorelines with deep sea core stages: A basis for coastal chronology. Bull. Geol. Soc. Amer. 96, 1156-1166.
- Wright, H. E. 1963: Late Pleistocene geology of coastal Lebanon. Quarternaria, 6, 525-539.

## Analyse af den morfologiske udvikling på strandplanet nord for indsejlingen til Torsminde havn 1947-85.

H.A. Olsen

Olsen, H.A.: Analyse af den morfologiske udvikling på strandplanet nord for indsejlingen til Torsminde havn 1947-85. Geografisk Tidsskrift 86: 31-45. København, juni 1986.

*Abstract: Movement of bars on the off-shore by Torsminde harbour on the west coast of Jutland, Denmark is described and connected with structures of moles and sedimentation in the port entrance.*

H.A. Olsen, ingeniør, Toften 25, DK-6780 Skærbæk ex - chief hydraulic engineer by state ports administration, Esbjerg, Denmark.

Keywords: *Movement of bars, west coast of Jutland, Denmark.*

## LANDSKABET

På fig. 1 ses beliggenheden af Torsminde på den smalle landtange, der adskiller Nissum Fjord fra Nordsøen.

Nissum Fjord har et areal på 70 km<sup>2</sup> og er i århundredernes løb blevet adskilt fra Nordsøen ved en tangedannelse forårsaget af den kraftige materialvandring langs kysten. Tangen var tidligere gennembrudt af et smalt udløb med varierende tværsnit og skiftende beliggenhed. I 1479 optræder dette under navnet Torskemynnæ (torskemunding), der siden er blevet til stednavnet Torsminde. Det upålidelige afløb fra Nissum Fjord gav en dårlig afvanding af det omkringliggende land. Derfor blev tangen gennemgravet i 1870 og forsynet med en afvandingssluse ved Torsminde, så afløbet fra fjorden blev fikseret.

Nord for Torsminde ligger Bovbjerg, der er resterne af en endemoræne fra sidste istid. Den danner indtil 30 m høje klinter ud mod Nordsøen på en strækning af ca. 6 km. Disse klinter begynder 12 km fra Torsminde og leverer en stor del af materialet (sand, grus og sten) til litoralstrømmens materialetransport.

Fig. 2 er et flyfoto fra 1981 orienteret med nord opad og viser en del af Torsminde by og havn med sluseanlæg og ydre havneværker. Revlens beliggenhed foran kystlinien markeres tydeligt af brådzonen, der fremkaldes af de indløbende bølger fra nordvest.

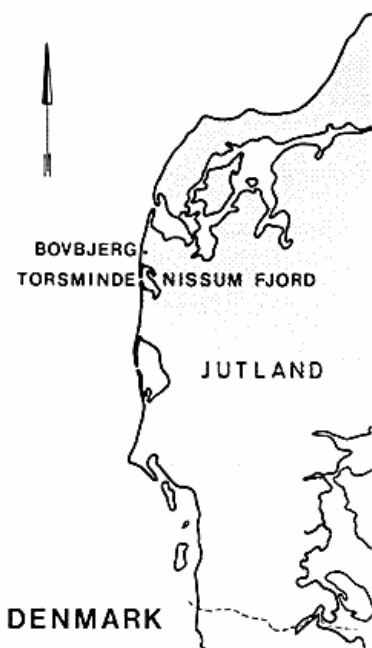


Fig. 1. Oversigtskort

Fig. 1. General map

### TORSMINDE HAVNS HISTORIE

Afvandingslusens bygning i 1870 løste ikke afløbsproblemet fra Nissum Fjord, fordi udløbet i Nordsøen fortsat generedes af materialvandringen. Derfor blev der i 1931 bygget to ledemoler langs udløbskanalen og 60 m ud i havet. Samtidig udvidedes slusen med en skibsfartssluse. Dette blev indledningen til etablering af en lille fiskerihavn inden for slusen. I 1966 blev den udvidet med havneanlægget på forlandet uden for slusen.

#### Havneværkerne i Nordsøen

Den kraftige materialvandring har i tidens løb nødvendiggjort bygning af følgende yderværker, se fig. 3:

1931 blev som før nævnt bygget 2 ledemoler 60 m ud fra kysten med en indbyrdes afstand på 60 m.

1939 byggedes en skråhøfde syd for sdr. ledemole for at undgå bagskæring af denne.

1942-45 blev bygget 4 korte høfder, 2 på hver side af havnen, for at hindre erosion på kysten. De 2 nordligste høfder er nu permanent sanddækket på grund af luvside tilsanding.

1944-47 forlængedes ndr. ledemole med 65 m på grund af tilsanding i indsejlingen.

1957-59 blev bygget en 160 m lang læmole 150 m nord for ndr. ledemole for at forbedre besejlingsforholdene og mindske tilsandingen i indsejlingen.

1970 begyndte en successive oprensning af indsejlingen, når tilsandingen blev for stor.

1979 forlængedes ndr. ledemole med 80 m for at mindske tilsandingen i indsejlingen.



Fig. 2. Flyfoto fra 1981 orienteret med nord opad. Det viser en del af Torsminde by og havn med sluseanlæg og ydre havneværker. Revlens beliggenhed foran kystlinien markeres tydelig af brådzonen, der fremkaldes af de indløbende bølger fra nord-vest.

Fig. 2. Air photo from 1981 facing north. It shows part of Torsminde town and harbour with sluice gates and outer harbour structures. The position of the bar outside the coastline is clearly marked by the break-zone formed by the waves from north-west.

### KYSTZONEN

Kysten ud mod Nordsøen forløber retliniet nord-syd og består på tangen på begge sider af Torsminde af sand og grus. Kysten påvirkes af bølger genereret af en vindretning, der overvejende ligger nord for vest, og således fremkalder en resulterende sydgående litoralstrøm.

Tidevandet i området er  $\frac{3}{4}$  m ved springtid. Tidevandsstrømmene er ubetydelige i forhold til litoralstrømmene.

Kysten er under tilbagerykning, og de nedbrudte materialer, der med litoralstrømmen føres mod syd fra Bovbjerg, er ikke tilstrækkelige til kompensation for bølgeerosionen. Således er den gennemsnitlige tilbagerykning af kysten nord for havnen ca. 2 m pr. år og syd for ca. 3 m

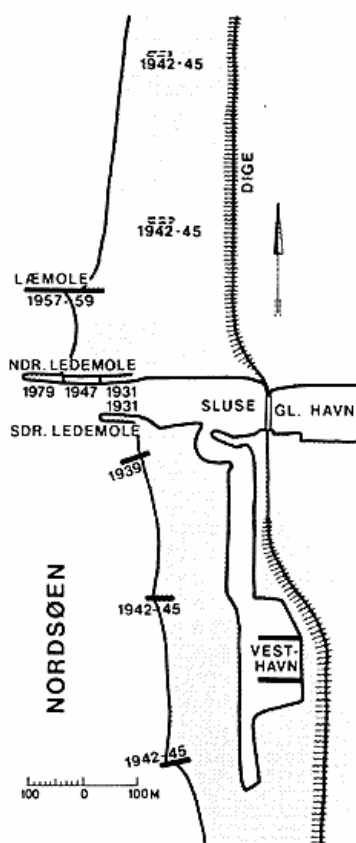


Fig. 3. Torsminde havns udvikling.  
Fig. 3. The development of Torsminde harbour.

pr. år. Efter bygning af de ydre havneværker skete dog en forøgelse af tilbagerykningen syd for havnen til gennemsnitlig ca. 4 m pr. år og i hovedangrebsområdet 5-7 m pr. år på grund af læsideerosionens virkning, men samtidig skete en udrykning af 4 og 6 m-kurverne. Læsideerosionens virkning strækker sig indtil 3 km syd for havnen.

Der er ikke foretaget strøm- eller bølgemålinger ud for Torsminde, men for at give et indtryk af bølgefórholdene i området kan nævnes, at med en waverider 40 km syd for Torsminde under en vestenstorm den 3/1 76 målte middehhøjden til 3,27 m med en maksimumsbølgehøjde på 9,1 m.

Strandplanet nord for indsejlingen til Torsminde havn.

På fig. 4 er vist det område på strandplanet nord for indsejlingen til Torsminde havn, hvorpå den morfologiske analyse er foretaget. På strandplanet, der består af sand og grus, foregår dannelse og vandring af revler. Den del af strandplanet, som berøres heraf, fremgår af en analyse af kystinspektorets pejlinger 1973-84. I TABEL I er opført 6 m, 7 m og 10 m-dybdekurvernes afstand fra enden af læmolen i en linie i læmolen's forlængelse mod vest.

Af TABEL I fremgår, at 10 m-kurven i forhold til mid-

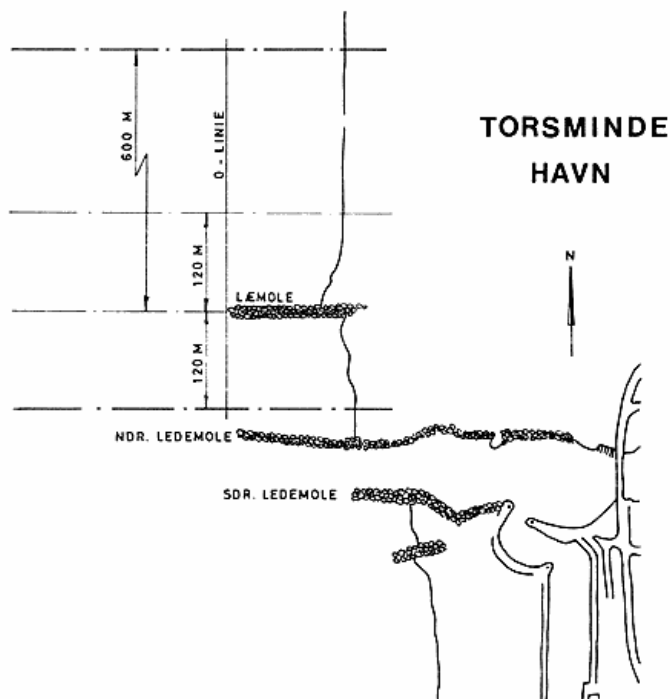


Fig. 4. Kort over Torsminde havn og placeringen af de analyserede pejlelinier.

Fig. 4. Map of Torsminde harbour and the placing of the analysed sounded lines.

delafstanden 843 m viser maksimumudsving mod vest på 37 m og mod øst på 53 m i henholdsvis 1981 og 1984, men ligger iverigt ellers meget konstant omkring middelfafstanden.

7 m-kurven har en middelfafstand på 476 m med maksimumudsving mod vest på 44 m og mod øst på 26 m i henholdsvis 1975 og 1973, men også her ligger de øvrige udsving meget nær på middelfafstanden.

6 m-kurven har en middelfafstand på 323 m med maksimumudsving mod vest på 97 m og mod øst på 143 m i

Pejledato	Afstand fra læmolen's vestende til dybdekurve		
	6 m	7 m	10 m
24/4 1973	380	450	
juni 1975	380	520	850
21/9 1976	230	460	860
aug. 1977	300	480	840
28/7 1978	310	460	850
4/10 1979	340	460	830
11/6 1980	370	480	840
11/9 1981	180	490	790
22/8 1984	420	480	880
Middeltal	323	476	843

Tabel I. Dybdekurvernes bevægelse på strandplanet 1973-84.  
Table I. The movement of depth curves on the off-shore 1973-84.

Pejling	Revle 1				Revle 2			
	vandybde		revle- højde	afst. fra O- linje ryg	vandybde		revle- højde	afst. fra O- linje ryg
	ryg	trug	m	m	ryg	trug	m	m
8/5 1947	2,3	2,4	0,1	120	4,6	6,8	2,2	60
28/8 49	1,9	3,8	1,9	90				
11/5 50	1,8	2,7	0,9	130				
28/9 51	2,0	3,8	1,8	70				
19/8 52	1,7	3,7	2,0	10				
13/10 53	2,3	4,3	2,0	20				
8/9 54	2,8	5,8	3,0	140				
11/7 55	1,8	2,6	0,8	110	3,6	7,1	3,5	150
3/5 56	1,5	3,3	1,8	110	3,5	6,3	2,8	250
3/4 57	1,1	2,1	1,0	150	3,9	7,1	2,2	280
17/6 58	1,7	3,2	1,5	100	4,5	7,2	2,7	280
7/9 59	1,9	3,7	1,8	90	5,0	6,5	1,5	240
6/5 60	2,3	3,5	1,2	60	5,2	5,6	0,4	250
30/8 61	2,1	4,7	2,6	10	5,2	6,3	1,1	180
6/6 62	2,8	4,8	2,0	110				
8/6 63	3,6	6,8	3,2	100				
25/5 64	2,4	4,7	2,3	70	3,8	4,0	0,2	60
23/4 65	2,1	4,5	2,4	100	4,7	5,4	0,7	120
28/2 69	3,1	5,3	2,2	40				
26/8 70	2,2	2,4	2,2	40				
17/2 72	3,0	6,1	3,1	170				
10/6 75	4,4	5,6	1,2	30				
21/9 76	3,8	2,0	1,2	100				
aug. 77	3,6	2,4	1,8	90				
28/7 78	3,8	4,9	1,1	110				
4/10 79	3,9	5,4	1,5	90				
11/6 80	2,1	3,3	1,2	80	4,7	5,1	0,4	100
11/9 81	1,8	4,2	2,4	60	4,0	4,8	0,8	100
22/8 84	3,4	4,3	1,1	70	3,4	6,9	3,5	260
19/8 85	5,1	5,5	0,4	50	4,3	7,1	2,8	250

Tabel II. Revlevandring i en linie 600 m nord for og parallel med læmolen med afstande målt i m fra O-linien, positiv mod vest. Vandybder refererer til højeste punkt på revle eller lavest punkt i trug og er angivet i m under DNN.

Table II. Movement of bar in a line 600 m. north of and parallel to the lee mole with distances in m. from the O-line, positive to west. Depths refer to highest point of bar or lowest point of trough and are stated in m. below DNN.

Pejling	Revle 1				Revle 2			
	vandybde		revle- højde	afst. fra O- linje ryg	vandybde		revle- højde	afst. fra O- linje ryg
	ryg	trug	m	m	ryg	trug	m	m
8/5 1947	2,3	2,7	0,4	90	4,5	5,5	1,0	80
27/8 49	1,7	4,7	3,0	40				
11/5 50	1,9	3,8	0,2	100				
28/9 51	2,5	3,8	1,3	0				
19/8 52	2,1	4,4	2,3	20				
13/10 53	2,3	4,9	2,6	60				
8/9 54	2,7	5,3	3,2	140				
11/7 55	1,6	2,5	0,9	100	3,3	7,0	3,7	240
3/5 56	2,0	2,8	0,8	50	3,4	7,2	3,8	200
3/4 57	1,2	2,4	1,2	110	3,0	6,9	3,9	200
6/5 58	1,4	5,0	2,6	10	4,6	6,7	2,1	290
12/5 59	2,1	4,3	2,0	10	5,4	7,2	1,8	290
11/5 60	2,1	4,6	2,5	10	c. 280	7,6	c. 1,8	c. 290
30/8 61	2,9	5,9	3,2	100				
6/6 62	2,0	2,3	4,3	100				
8/6 63	3,3	6,3	2,8	160				
25/5 64	1,8	3,8	1,3	20	c. 4,0	7,3	c. 3,3	c. 230
23/4 65	1,6	4,2	2,4	40	c. 5,0	6,7	c. 1,7	c. 230
28/2 69	4,2	3,9	1,7	160				
26/8 70	2,2	3,3	1,3	130				
17/2 72	2,2	6,4	3,7	150				
10/6 73	1,4	3,6	2,2	20	4,3	6,7	2,4	250
10/6 75	1,5	2,3	0,8	30	5,0	5,7	0,7	250
21/9 76	4,0	4,6	0,6	120				
aug. 77	4,6	4,7	0,1	110				
28/7 78	4,2	4,7	0,5	110				
4/10 79	4,5	5,8	1,3	120				
11/6 80	1,6	3,1	1,5	40	5,3	5,5	0,2	240
11/9 81	2,5	4,5	2,0	90	6,1	6,4	0,3	370
22/8 84	3,3	7,3	4,0	300				
19/8 85	4,1	7,4	3,3	270				

Tabel III. Revlevandring i en linie 120 m nord for og parallel med læmolen med afstande målt i m fra O-linien, positiv mod vest. Vandybder refererer til højeste punkt på revle eller lavest punkt i trug og er angivet i m under DNN.

Table III. Movement of bar in a line 120 m. north of and parallel to the lee mole with distances in m. from the O-line, positive to west. Depths refer to highest point of bar or lowest point of trough and are stated in m. below DNN.

Pejling	Revele 1				Revele 2			
	vandybde		revele- højde		vandybde		revele- højde	
	ryg	m	trug	m	ryg	m	trug	m
8/5 1947	1,9	2,1	0,2	180	4,6	4,8	0,2	100
27/8 49	1,6	4,5	2,9	180	4,6	4,8	0,2	100
11/5 50	ingen	ingen	ingen	180	4,6	4,8	0,2	100
28/9 51	2,7	4,2	1,5	180	4,6	4,8	0,2	100
19/8 52	1,9	4,2	2,3	180	4,6	4,8	0,2	100
13/10 53	2,4	4,8	2,4	180	4,6	4,8	0,2	100
13/10 53	2,4	4,8	2,4	180	4,6	4,8	0,2	100
8/9 54	2,6	5,9	3,3	180	4,6	4,8	0,2	100
11/7 55	1,6	2,6	1,9	350	3,4	7,2	3,8	250
3/5 56	1,9	2,8	0,9	270	3,7	7,3	3,6	220
3/4 57	1,6	2,4	0,8	280	3,1	6,7	3,6	190
6/5 58	2,9	5,9	3,9	280	4,7	6,5	1,8	300
12/5 59	2,7	7,3	4,2	240	5,5	6,6	1,1	310
6/5 60	2,7	8,3	5,6	240	6,0	6,4	0,4	300
30/8 61	3,3	6,6	3,3	180	6,0	6,4	0,4	300
6/6 62	4,0	7,9	3,9	180	6,0	6,4	0,4	300
8/6 63	3,3	6,8	3,5	200	6,0	6,4	0,4	300
23/5 64	3,6	6,7	3,1	220	4,1	7,6	3,5	270
23/4 65	2,4	8,2	5,8	220	5,0	8,4	3,4	290
28/2 69	4,4	6,8	2,4	180	4,1	7,6	3,5	270
26/8 70	3,6	7,2	3,6	170	4,1	7,6	3,5	270
17/2 72	3,1	6,9	3,8	170	4,1	7,6	3,5	270
24/4 73	3,5	5,5	2,9	210	4,1	6,8	2,7	260
10/6 75	3,6	4,2	0,6	200	5,1	6,6	1,5	260
21/9 76	4,7	5,3	0,6	200	5,1	6,6	1,5	260
aug. 77	1,7	4,0	2,3	30	5,1	6,6	1,5	260
28/7 78	2,3	3,4	1,1	60	5,1	6,6	1,5	260
4/10 79	4,5	3,2	0,6	90	5,3	5,7	0,4	260
11/6 80	2,3	4,5	2,2	80	6,1	6,8	0,7	340
11/9 81	2,8	6,9	4,1	120	6,1	6,8	0,7	340
22/8 84	3,5	7,1	3,6	300	6,1	6,8	0,7	340
19/8 85	4,1	7,2	3,1	300	6,1	6,8	0,7	340

Tabel IV. Revlevandring i en linie gennem læmolen med afstande målt i m fra 0-linien, positiv mod vest. Vandybderne refererer til højeste punkt på revele eller lavest punkt i trug og er angivet i m under DNN.

Table IV. Movement of bar in a line through the lee mole with distances in m. from the 0-line, positive to west. Depths refer to highest point of bar or lowest point of trough and are stated in m. below DNN.

Pejling	Revele 1				Revele 2			
	vandybde		revele- højde		vandybde		revele- højde	
	ryg	m	trug	m	ryg	m	trug	m
8/5 1947	1,5	2,7	1,2	190	4,8	5,0	0,2	120
27/8 49	1,5	5,5	4,0	190	4,8	5,0	0,2	120
11/5 50	2,3	2,7	0,4	190	4,8	5,0	0,2	120
28/9 51	3,0	4,7	1,7	190	4,8	5,0	0,2	120
19/8 52	1,9	4,2	2,3	190	4,8	5,0	0,2	120
13/10 53	2,4	5,0	2,6	190	4,8	5,0	0,2	120
8/9 54	2,5	5,7	3,2	190	4,8	5,0	0,2	120
11/7 55	1,6	2,7	1,1	320	3,2	6,9	3,7	250
3/5 56	1,8	2,8	1,0	280	3,9	7,3	3,4	230
3/4 57	1,5	2,4	0,9	270	3,3	6,9	3,6	200
x 6/5 58	3,2	4,1	0,9	250	4,2	6,6	2,4	300
12/5 59	2,8	4,1	1,6	220	5,2	6,2	1,0	300
6/5 60	2,5	4,1	1,9	190	5,4	6,6	1,2	250
x 30/8 61	3,4	5,3	1,9	150	5,4	6,6	1,2	250
6/6 62	3,6	6,2	2,6	170	5,4	6,6	1,2	250
x 8/6 63	3,4	6,3	2,9	210	5,4	6,6	1,2	250
x 25/5 64	1,7	2,1	0,4	300	4,2	7,4	3,2	270
x 3/5 65	2,9	6,3	1,6	230	5,0	6,4	1,4	300
x 28/2 69	3,9	4,3	2,4	190	4,2	7,4	3,2	270
x 26/8 70	3,6	6,9	3,3	170	5,0	6,4	1,4	300
x 17/2 72	3,1	6,5	3,4	160	4,2	7,4	3,2	270
x 24/4 73	1,9	2,6	0,7	290	4,1	5,9	1,8	250
x 10/6 75	2,8	3,7	0,9	230	5,0	6,8	1,8	270
x 21/9 76	2,6	3,6	0,8	40	4,1	5,9	1,8	250
x aug. 77	2,6	3,2	1,2	30	5,0	6,8	1,8	270
28/7 78	1,6	3,8	1,2	40	4,1	5,9	1,8	250
4/10 79	2,4	3,1	0,7	40	5,4	5,9	0,5	270
11/6 80	3,4	3,2	0,8	80	5,6	6,8	1,2	250
11/9 81	3,7	4,6	0,9	140	5,4	5,9	0,5	270
22/8 84	3,7	4,6	0,9	110	5,6	6,8	1,2	250
19/8 85	3,5	6,9	3,4	310	5,4	5,9	0,5	270
19/8 85	4,3	7,0	2,7	300	5,6	6,8	1,2	250

Tabel V. Revlevandring i en linie 120 m syd for og parallel med læmolen med afstande målt i m fra 0-linien, positiv mod vest. Vandybderne refererer til højeste punkt på revele eller lavest punkt i trug og er angivet i m under DNN.

Table V. Movement of bar in a line 120 m. south of and parallel to the lee mole with distances in m. from the 0-line, positive to west. Depths refer to highest point of bar or lowest point of trough and are stated in m below DNN.

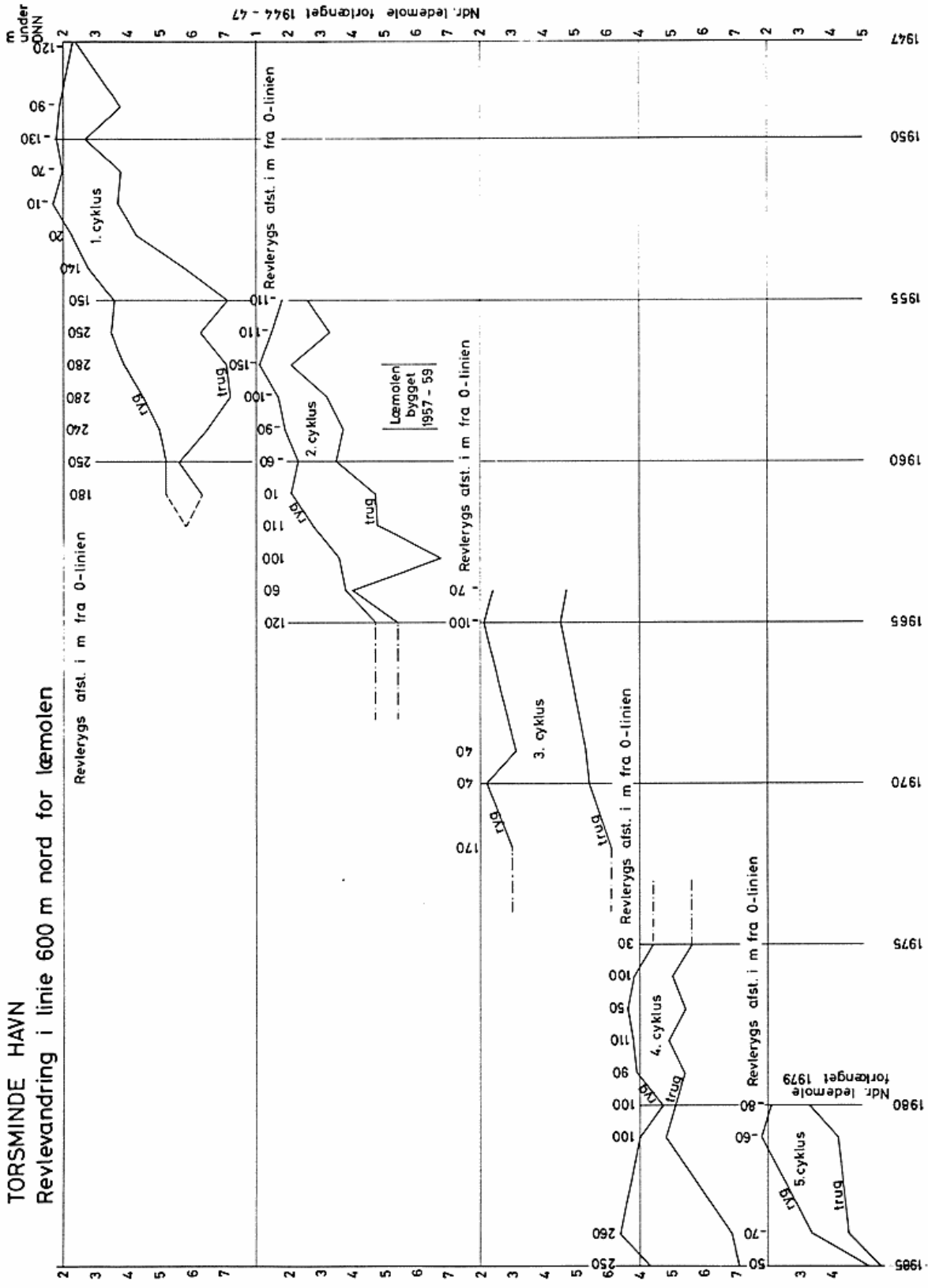


Fig. 5. Bevægelse af bar i linie 600 m to the north of the lee mole.

Fig. 5. Revløvsændring i linie 600 m nord for læmølen.

henholdsvis 1984 og 1981. For denne kurves vedkommende ses af tabellens tal, at der er en regelmæssig udrykning 1975-80 og så en pludselig indrykning i 1981 med påfølgende udrykning.

På grundlag af det ganske vist relativt korte tidsrum (1973-84) kan udviklingen dog tydes således, at 10 m og 7 m kurverne ligger nogenlunde fast, mens 6 m-kurven gennemløber en cyklus, der – som det senere skal vises – står i forbindelse med revlebevægelser på den del af strandplanet, der ligger ovenfor 7 m-kurven.

## REVLEBEVÆGELSER 1947-85

På strandplanet nord for indsejlingen til Torsminde havn er i 4 linier foretaget en analyse af kystpejlinger i perioden 1947-85. Liniernes beliggenhed fremgår af fig. 4. På grundlag af pejlingernes talmateriale er udarbejdet tabellerne II, III, IV og V, der hver repræsenterer en linie indeholdende tal for revlevandring og niveauer. Ved hver tabel er anført liniens beliggenhed i forhold til læmolens placering.

Tabellerne indeholder tal fra hvert af de år, hvor der er pejlet, i perioden 1947-85. I tabellerne er anført niveauerne for en revles højeste punkt og det tilhørende trugs laveste punkt, samt revlehøjden, der er differensen mellem disse to niveauer. Endvidere afstanden fra O-linien til revleryggens højeste punkt, hvor O-linien er den nord-sydgående linie gennem læmolens vestende vinkelret på læmolen med afstandene positive mod vest. På de tidspunkter, hvor der er to revler, er også anført afstanden mellem revleryggene.

Tabellerne II til V giver således en talmæssig beskrivelse af de stedfundne revlevandringer i perioden 1947-85.

For at anskueliggøre dette talmateriale er udtegnet figurerne 5 til 8 der i grafisk form fremstiller indholdet af tabellerne II til V.

Hver af figurerne 5 til 8 indeholder et retvinklet koordinatsystem, hvor abscissen angiver tiden (1947-85) og ordinaten niveauerne for højeste punkt af revleryg og laveste punkt af det bagved liggende revletrug. Man får altså et billede af revlehøjdens variation med tiden. Revleryggens beliggenhed fra år til år er på abscissen angivet i m fra O-linien, således at positive tal angiver afstanden mod vest og negative mod øst. Endelig er på abscissen markeret tidspunkterne for bygning af læmolen og forlængelserne af ndr. ledemole.

I det efterfølgende beskrives revlevandringens forløb i hver af de omhandlede 4 linier.

Revlevandring i en linie 600 m nord for læmolen  
Beskrivelse af revlevandringens forløb 1947-85 som den er vist på fig. 5.

### 1. cyklus

I 1947 opstår en revle 120 m øst for O-linien, d.v.s. ca. 100

m uden for kystlinien med en ryg i kt. -2,3 m DNN og et bagved liggende trug i kt. -2,4 m.

Revlen udvikler sig i de følgende 5 år ved en forøgelse af trugets dybde med indtil 1½ m, mens revlens beliggenhed ligger og svinger inden for 150 m. Den stærke udvikling af truet i 1949 (ingen pejling i 1948) kan skyldes forlængelsen af ndr. ledemole med 65 m i 1944-47.

Fra 1953 til 1954 sker en vestrykning på 120 m, og revlens højde øges til 3 m. I 1955 har revlen kun flyttet sig 10 m yderligere mod vest, men revlens højde er steget til 3,5 m, hvilket blev revlens maksimalhøjde. Samme år (1955) opstår en ny revle ca. 100 m fra kysten.

I 1956 flytter revlen yderligere 100 m mod vest med aftagende højde. I de følgende år ændres revlens beliggenhed ikke væsentlig, men højden aftager. Revlen registreres sidste gang i 1961 og har således gennemløbet en cyklus 1947-62 på 15 år på en strækning af 410 m mellem kt. -1,7 m og -5,8 m.

### 2. cyklus

Som før nævnt opstår en ny revle i 1955 ca. 100 m fra kysten. Indtil 1960 har den en højde på 1 til 1½ m med ryggeniveau mellem kt. -1 m og -2 m, og beliggenheden svinger inden for ca. 100 m.

I 1961 øges revlens højde til 2½ m, og højden når sit maksimum i 1963 med 3,2 m. I 1964 er revlehøjden kun 0,2 m, og ved sidste registrering i 1965 er den 0,7 m.

Revlevandringens varighed kan ikke fastslås nøjagtig, fordi der ikke foreligger pejlinger fra 1966-67-68, men der er ingen revle i 1969, så vandringsperioden må være 11-14 år, altså fra 1955 til 1966-69.

### 3. cyklus

I 1964 opstår atter en ny revle og igen ca. 100 m fra kysten. Den har i hele registreringsperioden en revlehøjde på over 2 m med maksimum i 1972 på 3,1 m. Der er dog ingen pejlinger i 1966-67-68 og heller ikke 1973-74, så vandringsperioden kan kun bestemmes til 9-11 år, altså fra 1964 til 1973-75.

### 4. cyklus

Den første registrering af en ny revle er i 1975 ca. 200 m fra kysten. Den er utvivlsomt opstået på et tidligere tidspunkt, da den er registreret 100 m længere ude end de foregående revlers begyndelsesposition. Det kan imidlertid ikke bevises, da der mangler pejlinger for 1974 og 1973.

1975-79 er revlehøjden 1-1½ m, men falder så til 0,4 m i 1980. Derefter stiger den kraftigt til sit maksimum i 1984 på 3,5 m.

Revlen har endnu ikke gennemløbet sin cyklus, men ud fra revlemaksimums tidsmæssige beliggenhed på de tre foregående revler kan denne revles cyklus beregnes til 15 år, d.v.s. den er gennemløbet mellem 1988 og 1990, men formentlig i 1988, da sandsynligheden taler for, at begyndelsestidspunktet er 1973.

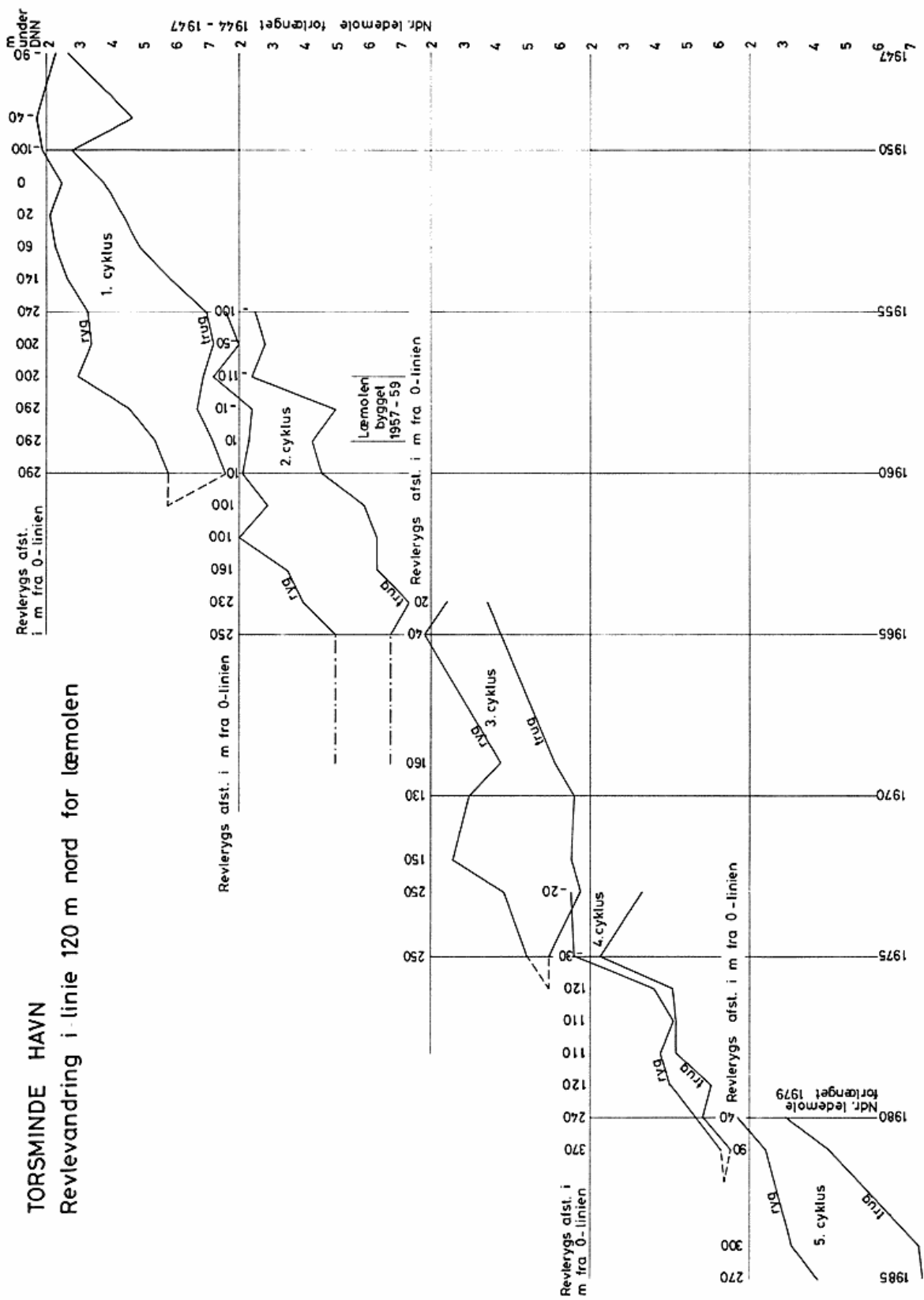


Fig. 6. Movement of bar in line 120 m to the north of the lee mole.

Fig. 6. Relevændring i linie 120 m nord for læmølen.



### 5. cyklus

Igen i 1980 opstår en revle ca. 100 m fra kysten. Den har i 1981 sin hidtidige maksimumshøjde på 2,4 m, men er i 1985 formindsket til 0,4 m på et niveau under kt. -5 m. Revlens videre forløb må fremtiden vise.

Om revlevandringen i linien 600 m nord for læmolen kan ret generelt siges, at i de første ca. 6 år efter en revles dannelse foregår udrykningen i langsomt tempo og noget svingende frem og tilbage. Derefter sker en hurtig fremrykning, hvor revlens højde øges. Dette falder sammen med, at en ny revle dannes ca. 8 år efter den foregående revles dannelse. Derefter vandrer revlen i langsommere tempo ned til omkring kt. -6 m, hvor den forsvinder.

Relevvandring i en linie 120 m nord for læmolen  
Beskrivelse af revlevandringens forløb 1947-85, som den er vist på figur 6.

#### 1. cyklus

I 1947 dannes en revle 90 m øst for 0-linien, d.v.s. ca. 100 m uden for kystlinien, med en ryg i kt. -2,3 m og et øst for liggende trug i kt. -2,7 m, altså en revlehøjde på 0,4 m.

1947-49 bevæger revlen sig 50 m mod vest, og revlens højde vokser til 2,0 m, hvilket foruden vejrmæssige forhold også kan skyldes ndr. ledemoles forlængelse i 1944-47. Det følgende år rykker revlen 60 m mod øst, og højden mindskes til 0,9 m, men i 1951 rykker revlen 100 m mod vest og øger højden til 1,3 m.

Fra 1951 til 1953 vandrer revlen 60 m mod vest, og revlens højde vokser fra 1,3 m til 2,6 m. Herefter sker en hurtig fremrykning mod vest med en samtidig forøgelse af revlens højde. Således bevæger revlen sig fra 1953 til 1955 180 m, altså 3 gange så hurtigt som de foregående 2 år samtidig med, at revlens højde vokser fra 2,6 m til 3,7 m.

Fra 1955 til 1957 rykker revlen 40 m mod øst, men bevarer sin højde ret uforandret. 1957-58 rykker revlen 90 m mod vest, mens højden næsten halveres. Indtil 1960 er revlens beliggenhed herefter uforandret, men revlehøjden mindskes, og ryggen sænkes over 1 m, og i 1961 er revlen forsvundet i kt. -5,8 m.

Revlen har således gennemløbet en cyklus 1947-61 på 14 år på en strækning af 390 m mellem kt. -1,7 m og -5,8 m.

#### 2. cyklus

I 1955 begynder udviklingen af en ny revle 8 år efter starten af revlen fra 1. cyklus. 1955-57 har revlen kun en højde på ca. 1 m, og beliggenheden svinger inden for 50 m.

Med bygningen af læmolen 1957-59 sker samtidig en kraftig udvikling af revlen, der tiltager til en højde af 2½ m og rykker 120 m mod vest. Det følgende år bevæger revlen sig ikke, men 1960-61 sker en fremrykning på 90 m og en forøgelse af højden til 3 m. Det følgende år er beliggenheden uforandret, men højden øges til 4,3 m. I de 2 år 1962-64 sker en fremrykning på henholdsvis 60 m og 70

m med aftagende højde til omkring 3 m. Den sidste registrering er 1965, hvor revlens højde er 1,7 m, og ryggen ligger i kt. -5,0 m.

I de 10 år 1955-65 har revlen gennemløbet 360 m mellem kt. -1,2 m og -5,0 m, og det ses, at dens cyklus nærmer sig sin afslutning. Der er ingen pejlinger i 1966-67-68, men i 1969 er revlen forsvundet.

#### 3. cyklus

I 1964 er atter opstået en ny revle 9 år efter starten af revlen fra 2. cyklus. Den begynder længere mod vest end de to foregående revler på grund af den 120 m syd for liggende læmole, der blev bygget 1957-59, hvorved revlerne nu presses længere mod vest.

Fra årene 1966-67-68 foreligger ingen pejlinger, så revle-trug udviklingen i disse år kendes ikke, men af pejlingerne 1965 og 1969 ses en vandring mod vest på 120 m og en revlehøjde på ca. 2 m.

1969-72 har revlens beliggenhed været ret stationær, mens revlens højde er vokset fra 1,7 m til 3,7 m.

I det følgende år sker en fremrykning på 100 m samtidig med, at revlehøjden mindskes til 2,4 m.

1973-75 er revlens beliggenhed stationær, mens højden mindskes til 0,7 m.

I 1976 er revlen forsvundet, og hvor revlen lå i 1975, er niveauet kt. -5,7 m.

I de 12 år 1964-76 har revlen gennemløbet 230 m mellem kt. -1,8 m og -5,7 m.

#### 4. cyklus

I 1973 er igen opstået en ny revle 9 år efter starten af revlen fra 3. cyklus. Læmolens tilstedeværelse betyder også her, at revlen begynder længere mod vest d.v.s. 20 m øst for 0-linien.

Begyndelsen er usædvanlig voldsom med en revlehøjde på 2,2 m, men er i 1975 aftaget til 0,8 m uden at have ændret sin position væsentligt.

1975-76 bevæger revlen sig 150 m mod vest, og højden mindskes til 0,6 m.

1976-79 er revlen stationær med en højde på omkring ½ m. Den vokser dog i 1979 til 1,3 m.

De næste to år 1979-81 bevæger revlen sig hastigt mod vest med henholdsvis 120 m og 130 m, men mindsker højde til 0,2-0,3 m, og i 1982 er den forsvundet.

I de 9 år 1973-82 har revlen gennemløbet 400 m mellem kt. -1,4 m og -6,2 m.

4. cyklus på figur 6 adskiller sig fra de foregående cykler ved dels en hurtigere revlevandring og dels en væsentlig mindre revlehøjde.

I 1970 begyndte for første gang oprensning i indsejlingen på grund af en tiltagnede tilsanding. I tabel VI er opført de årlige oprensningsmængder 1970-85.

Sættes revlevandring og revlehøjde i 4. cyklus i forbindelse med tilsandingen i indsejlingen kan heraf udledes, at jo mindre revletrug og jo hurtigere revlevandring des større

TORSMINDE HAVN  
 Revlevændring i linie gennem læmølen

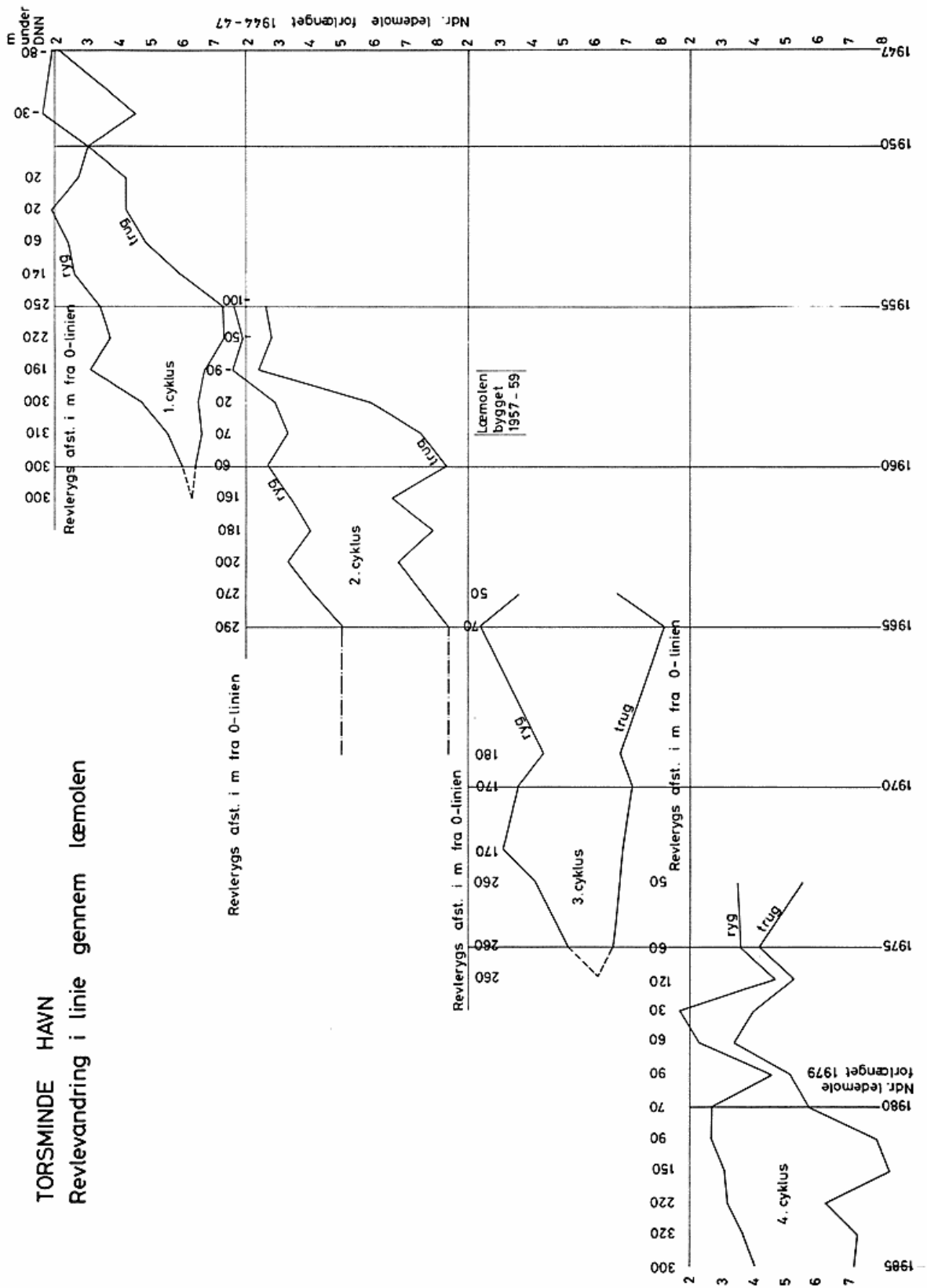


Fig. 7. Movement of bar in line through the lee mole.

Fig. 7. Revlevændring i linie gennem læmølen.

år	m <sup>3</sup>	år	m <sup>3</sup>	år	m <sup>3</sup>
1970	26.000	1976	75.000	1981	80.000
1971	54.000	1977	129.000	1982	48.000
1972	61.000	1978	100.000	1983	26.000
1973	83.000	1979	84.000	1984	100.000
1974	55.000	1980	133.000	1985	96.000
1975	56.000				

Tabel VI. Oprensning i indsejlingen til Torsminde havn.

Table VI. Maintenance dredging in the port entrance to Torsminde.

tilsanding i indsejlingen. Det vil sige, at et stort og stationært revletrug giver en kraftigere strøm, der har bedre muligheder for at transportere det vandrede materiale over indsejlingen.

### 5. cyklus

I 1980 er atter opstået en ny revle 7 år efter, at revlen fra 4. cyklus opstod. Den er naturligvis som revlerne i 3. og 4. cyklus begyndt længere mod vest og her 40 m vest for 0-linien.

Den opstår imidlertid et par år tidligere end de foregående. Dette kan formentlig sættes i forbindelse med den 80 m forlængelse af ndr. ledemole, som også må have påvirket revlens videre udvikling.

Revlen har i 1980 en højde på 1,5 m, men allerede i 1981 er den 2,0 m og har bevæget sig 50 m mod vest. I 1984 er højden blevet 4,0 m, og den er vandret yderligere 210 m mod vest. Her synes dens maksimum i højde og vandringshastighed at være nået, idet højden i 1985 er mindsket til 3,3 m og vandringshastigheden gået i stå.

### Relevvandring i en linie gennem læmolen

Beskrivelse af relevvandringens forløb 1947-85 som den er vist på fig. 7.

#### 1. cyklus

I 1947 dannes en revle 80 m øst for 0-linien eller ca. 80 m fra kystlinien med en ryg i kt. -1,9 m og det tilhørende trug i kt. -2,1 m.

1947-49 bevæger revlen sig 50 m mod vest, og revlens højde stiger til 2,9 m, en udvikling der som nævnt ved de 2 foregående linier, kan stå i forbindelse med ndr. ledemoles forlængelse i 1944-47.

I 1950 er revlen forsvundet, men viser sig igen i 1951 50 m længere mod vest end i 1949 og med en højde på 1,5 m.

I 1952 ligger revlen på samme sted som i 1951, men er vokset i højde til 2,3 m.

1952-55 vandrer revlen 230 m mod vest med stigende hastighed fra år til år og med højden stigende fra 2,3 m til 3,8 m.

1955-57 vandrer den 60 m mod øst med ret uforandret højde.

1957-58 rykker revlen 110 m mod vest, og revlens højde halveres til 1,8 m.

1958-60 ligger revlen stille, men mindskes i højde til 0,4 m.

I 1961 er revlen forsvundet, og hvor revlen lå i 1960, er niveauet nu kt. -6,3 m.

I de 14 år 1947-61 har revlen vandret 390 m mellem kt. -1,6 m og kt. -6,3 m.

### 2. cyklus

I 1955 dannes en ny revle 8 år efter begyndelsen af revlen fra 1. cyklus.

1955-57 ligger revlen og svinger inden for 50 m med en højde på ca. 1 m.

I læmolens byggeperiode 1957-59 vandrer revlen 160 m mod vest, mens højden øges til 4,2 m.

1959-60 er revlen stationær, men øger højden til 5,6 m.

1960-65 vandrer revlen med større eller mindre hastighed mod vest med lidt aftagende højde.

I 1965 er sidste pejling, hvor revlen er registreret og har nu vandret 390 m i 10 år (1955-65) mellem kt. -1,6 m og -5,0 m. Revlen slutter med en højde på 3,4 m.

De store revlehøjder skyldes de hvirvler, som den nybyggede læmole fremkalder.

I 1969 er revlen forsvundet. Der foreligger ingen pejlinger for 1966-67-68, så det er inden for denne periode, at revlen forsvinder.

### 3. cyklus

I 1964 opstår igen en ny revle 9 år efter 2. cyklus' begyndelse. Den begynder 50 m vest for 0-linien, d.v.s. fra enden af læmolen. Revlen begynder med en så stor højde som 3,1 m på grund af den nærliggende læmole.

I 1965 er revlen vandret 20 m mod vest og har forøget højden til 5,8 m.

Udviklingen 1966-67-68 kendes ikke på grund af manglende pejlinger.

1965-69 er revlen vandret 110 m mod vest, og højden er mindsket til 2,4 m.

1969-72 er revlen stationær, men højden øges til 3,8 m.

1972-73 vandrer revlen 90 m mod vest, og højden mindskes til 2,7 m.

1973-75 er revlen stationær, og højden mindskes yderligere til 1,5 m.

I 1976 er revlen forsvundet og niveauet, hvor revlen lå i 1975, er kt. -6,1 m.

I de 12 år, 1964-76, er revlen vandret 210 m mellem kt. -2,4 m og -6,1 m.

### 4. cyklus

I 1973 dannes atter en revle 9 år efter 3. cyklus' begyndelse. Revlens begyndelse er præget af en markant udvikling med en revlehøjde på 2,0 m, men i 1975 har revlen kun bevæget sig 10 m mod vest, og højden er mindsket til 0,6 m.

1975-76 er revlen vandret 60 m mod vest med uforandret højde.

1976-77 vandrer revlen 90 m mod øst, og højden forøges til 2,3 m, hvilket er meget naturligt, da revlen nu ligger kun 30 m vest for enden af læmolen.

TORSMINDE HAVN  
 Revlevændring i linie 120m syd for læmølen

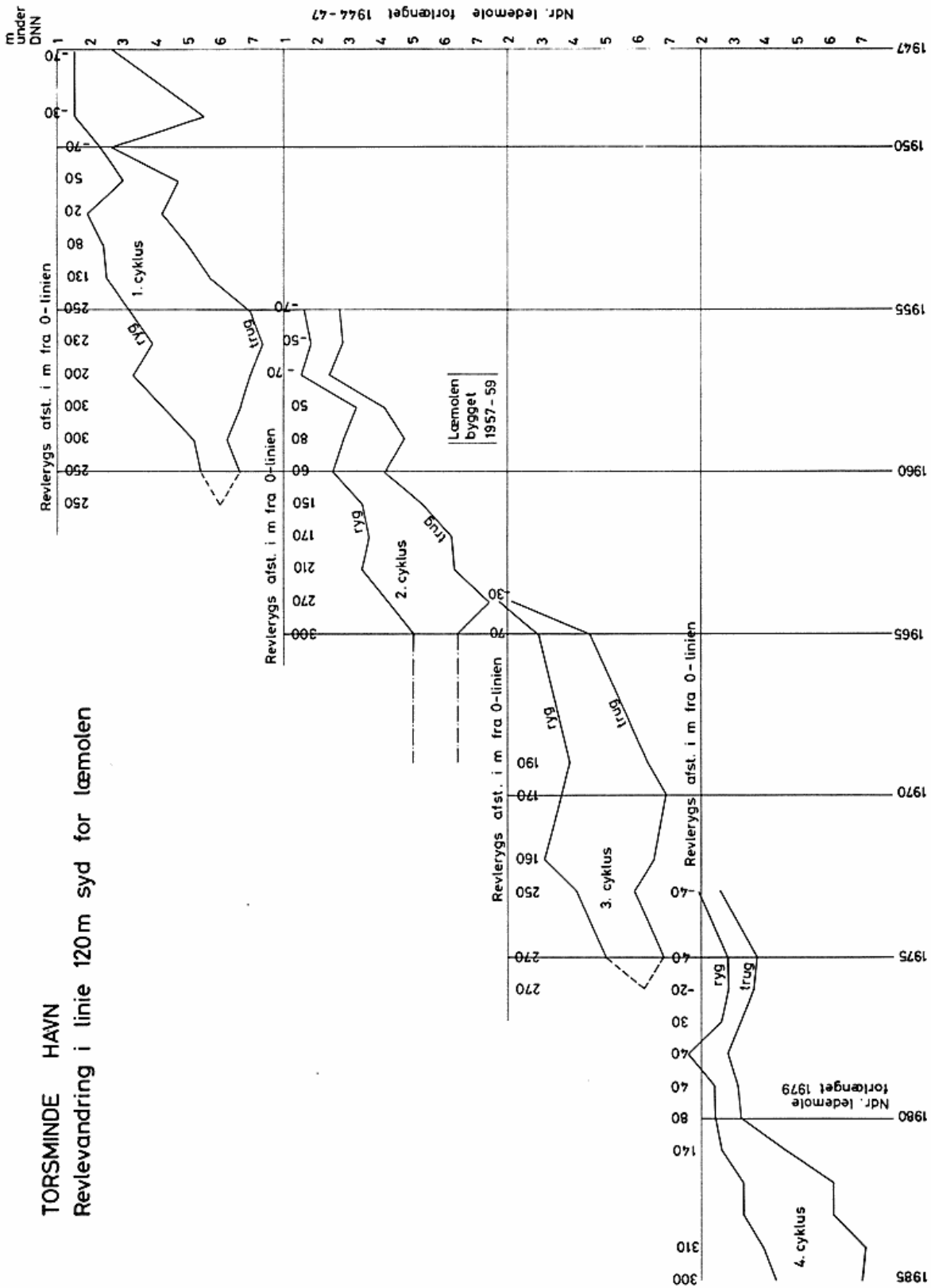


Fig. 8. Movement of bar in line 120 m to the south of the lee mole.

Fig. 8. Revlevændring i linie 120 m syd for læmølen.

1977-79 vandrer revlen 60 m med jævn hastighed mod vest samtidig med en aftagende revlehøjde, der i 1979 igen er 0,6 m.

1979 forlænges ndr. ledemole med 80 m, og i 1980 ses virkningen heraf nemlig, at revlehøjden er vokset til 3,0 m.

1980-82 vandrer revlen 80 m mod vest og når sin maksimumhøjde på 5,2 m.

1982-85 vandrer revlen 150 m mod vest, og i 1985 er revlehøjden 3,1 m.

De store revlehøjder her skyldes ligesom tilfældet er i 2. og 3. cyklus molebyggeri, der ændrer og forstærker strømregimet.

## Revlevandring i en linie 120

m syd for læmolen

Beskrivelse af revlevandringens forløb 1947-85 som den er vist på fig. 8.

### 1. cyklus

I 1947 dannes en revle 70 m øst for O-linien eller ca. 80 m fra kystlinien med en ryg i kt. -1,5 m og det bagved liggende trug i kt. -2,7 m. Revlehøjden på 1,2 m er langt den største i forhold til de tre foregående linier. Dette må sættes i forbindelse med den 65 m forlængelse af ndr. ledemole i 1944-47, idet ledemolen kun ligger 40 m syd for den her omhandlede linie.

1947-49 vandrer revlen 40 m mod vest og forøger højden til 4,0 m, hvilket atter må sættes i forbindelse med moleforlængelsen. 1949-50 vandrer revlen 40 m mod øst, og højden mindskes til 0,4 m, d.v.s. at truget næsten er tilsandet formentlig af vejræssige årsager.

1950-51 vandrer revlen 120 m mod vest, og højden øges til 1,7 m.

1951-52 vandrer revlen 30 m mod øst, men højden vokser alligevel til 2,3 m.

1952-54 vandrer revlen 110 m mod vest med stadig voksende højde, der i 1954 er 3,2 m.

1954-55 bevæger revlen sig 120 m mod vest, og højden når sit maksimum med 3,7 m.

1955-57 vandrer revlen 50 m mod øst, men bevarer højden ret uforandret.

1957-59 vandrer revlen 100 m mod vest med stærkt aftagende højde, der i 1959 kun er 1,0 m.

I 1960 registreres revlen sidste gang med en højde på 1,2 m.

I 1961 er niveauet på dette sted kt. -6,0 m.

I de 14 år 1947-61 har revlen vandret 370 m mellem kt. -1,5 m og -6,0 m.

### 2. cyklus

I 1955 dannes en ny revle 8 år efter begyndelsen af revlen fra 1. cyklus og opstår samme sted som sidstnævnte.

1955-57 ligger revlen og svinger inden for 20 m med en revlehøjde på 1 m.

1957-59 vandrer revlen 150 m mod vest med en forø-

gelse af højden til 1,9 m, en udvikling, der må sættes i forbindelse med læmolens bygning.

1959-60 vandrer revlen 20 m mod øst, og højden mindskes med 0,3 m til 1,6 m.

1960-64 vandrer revlen 210 m mod vest med stadig tiltagende højde, der i 1964 når sit maksimum på 3,2 m.

1965 registreres revlen sidste gang med en højde på 1,4 m.

For 1966-67-68 foreligger ingen målinger, men i 1969 er revlen forsvundet.

### 3. cyklus

I 1964 dannes en ny revle 9 år efter begyndelsen af revlen fra 2. cyklus. Den opstår 30 m øst for O-linien med en højde på 0,4 m.

1964-65 bevæger revlen sig 100 m mod vest med en højde tiltagende til 1,6 m.

1965-69 vandrer revlen 120 m mod vest med tiltagende højde, der i 1969 er 2,4 m.

1969-72 bevæger revlen sig 30 m mod øst med tiltagende højde, der når maksimum i 1972 med 3,4 m.

1972-73 vandrer revlen 90 m mod vest med stærkt aftagende højde til 1,8 m.

1973-75 vandrer revlen 20 m mod vest med uforandret højde.

I 1976 er revlen forsvundet, og på det sted, hvor revlen sidst er registreret, er niveauet kt. -6,2 m.

I de 12 år, 1964-76, er revlen vandret 300 m mellem kt. -1,7 m og 6,2 m.

### 4. cyklus

I 1973 dannes en ny revle 9 år efter begyndelsen af revlen fra 3. cyklus. Den opstår 40 m øst for O-linien med en højde på 0,6 m.

1973-79 ligger revlen og svinger inden for 80 m med en højde varierende mellem  $\frac{1}{2}$  og 1 m.

1979-80 bevæger revlen sig 40 m mod vest uden væsentlig ændring i højden.

Fra 1980 ses effekten af den 80 m forlængelse af ndr. ledemole i 1979, idet revlen nu vandrer relativt hurtigt mod vest med stærkt tiltagende højde.

1980-84 vandrer revlen 230 m mod vest med revlehøjden stigende fra 0,8 m til 3,2 i 1984.

1984-85 bliver revlen praktisk talt stationær, og højden formindskes til 2,7 m.

## Virkningerne af molebyggeriet

Den godt 700 m lange strækning af strandplanet nord for indsejlingen til Torsminde havn er utvivlsomt blevet påvirket ved anlæggene af moler og disses forlængelser.

Forud for den her analyserede periode 1947-85 har der også været foretaget indgreb ved bygning af moler og høfder, som det fremgår af fig. 3.

Grundelementet i revleopbygningen synes at være en revledannelse, der begynder på strandplanets øvre del omkring kt. -2 m og vandrer nedad til omkring kt. -6 m. På et tidspunkt omkring revlehøjdens kulmination dan-

nes en ny revle, der på samme måde som den foregående gennemløber en cyklus imellem kt. -2 m og -6 m.

Revlen påvirkes af molebyggeri, hvorved revlehøjden påvirkes, d.v.s. at trugets tværprofil forøges og dermed også vandføringen. Litoralstrømmen, der overvejende er sydgående, koncentrerer altså i højere grad i truget og opnår en større hastighed. Ved passagen over indsejlingen skaber det mulighed for at videreføre det suspendede materiale, så bundfældningen i højere grad sker syd for indsejlingen.

I 1944-47 blev ndr. ledemole forlænget med 65 m for at forbedre besejlingsforholdene i indsejlingen, hvor tilsandingen var blevet generende.

I 1947 dannedes en revle, der ses på hver af linierne på figur 5 til 8. Revlen vandrede mod vest, og revlehøjden udviklede sig kraftigt i de følgende år og nåede et maksimum på alle fire linier 8 år efter.

I 1955 dannedes en ny revle 260-350 m øst for den første revle. Den nye revle udviklede sig svagt. Dette sammen med, at den første revle fjernede sig mere og mere mod vest, må være årsagen til, at tilsandingen i indsejlingen atter blev generende.

Til forbedring af besejlingsforholdene blev i 1957-59 bygget den nuværende læmole. Den forårsagede en kraftig udvidelse af truget bag den nye revle, hvilket fremgår af den stærkt øgende revlehøjde. Resultatet blev en forbedring af besejlingsforholdene.

I 1964 opstod igen en ny revle 9 år efter den foregående revles dannelse. Afstanden mellem de to revler varierede på de 4 linier mellem 130 m og 300 m, mindst på den nordlige og størst på den sydlige linie. Indtil slutningen af 1960'erne var besejlingsforholdene i indsejlingen ret tilfredsstillende, men efterhånden som revle og trug rykkede længere mod vest, forringedes forholdene.

I 1970 blev tilsandingen i indsejlingen så generende, at en oprensning indledtes, se tabel VI. Som det fremgår af figur 8, lå revlen 170 m vest for 0-linien med højeste punkt i kt. -3,6 m, d.v.s. at det altså ikke var her, besejlingsproblemerne var, men længere mod øst, nemlig syd for skråningen vest for hovederne af ndr. ledemole og læmolen. I 1970 var der endnu ikke opstået nogen ny revle, så der på denne skråning er foregået en betydelig materialvandring under sydgående strøm med tilsanding i indsejlingen til følge.

I 1971 og 72 fortsætter denne udvikling med forøget oprensning. Endelig i 1973, hvor den gamle revle er nået ud til 250 m fra 0-linien, og hvor cyklen nærmer sig sin afslutning, opstår den nye revle med ryggen i kt. -1,9 m og truget i kt. -2,6 m, altså en revlehøjde på 0,7 m.

I 1974 og 75 mindskes oprensningen, altså også tilsandingen, men revlehøjden ændres ikke.

I 1976-79 steg oprensningen betydeligt, hvilket må sættes i forbindelse med, at revle-trug stadig ikke udviklede sig, d.v.s. at trugets tværprofil ikke udvidedes af betydning.

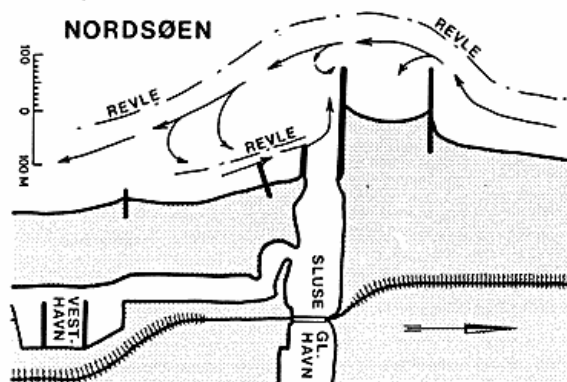


Fig. 9. Strømregimet omkring indsejlingen til Torsminde havn i 1981 med sydgående litoralstrøm.

Fig. 9. The current regime around the port entrance to Torsminde 1981 during souths-going littoral current.

I 1979 forlængedes ndr. ledemole. Dette bevirkede en kraftig forøgelse af trugets tværprofil, hvilket foranledigede en øget materialvandring af lokale erosionsmaterialer og også en forøgelse af tilsandingen i indsejlingen i 1980, som det fremgår af oprensningstallene i tabel VI.

Efterhånden opstod en ny balance i strømregimet, som formindskede tilsandingen i 1981-82-83. Den gunstigere strømbalance fremgår af fig. 9, der viser revlesystemets udformning i 1981. Strømvejene for en sydgående litoralstrøm er vist med pile.

Dette strømningmønster har vist sig som det gunstigste for besejlingen af havnen, men forudsætter et stort revletrug nær molehovederne nord for indsejlingen. En nærmere beskrivelse heraf findes i P.H. Frisch and H.A. Olsen: EROSION AND ACCRETION BY TORSMINDE HARBOUR ON THE DANISH WESTCOAST CAUSED BY THE LITTORAL CURRENT. SEME, Brugge 1982.

I 1984 nåede revlehøjden sit maksimum på 3,2 m, men nu var afstanden steget til 310 m fra 0-linien, og endnu var ingen ny revle dannet. Dette sammen med en NV-storm i juli 1984 bevirkede en tilsanding, der bragte oprensningen op på 100.000 m<sup>3</sup> i 1984.

## KONKLUSION

Den morfologiske udvikling på strandplanet indtil 800 m nord for indsejlingen til Torsminde havn kan på grundlag af årlige pejlinger siden 1947 beskrives således:

Strandplanet er præget af litoralstrømmene, der overvejende er sydgående. De medfører materialer, der dels er erosionsmaterialer fra Bovbjerg og dels fra strandplanet.

På strandplanet optræder en eller to revler, der har et ret ensartet udviklingsmønster. Ved analyse af pejleplanterne 1947-85 er det konstateret, at en revle opstår omkring kt. -2 m og begynder at vandre mod vest. I løbet af ca. 8 år er den vandret 300-400 m ned ad strandplanet, og

på dette tidspunkt opstår en ny revle i kt. -2 m, som ligeledes begynder at vandre mod vest.

Den første revle fortsætter sin vandring ned ad strandplanet indtil omkring kt. -6 m, hvor den forsvinder. De følgende revler får et lignende forløb.

Den samlede vandringsperiode for en revle er 12-14 år, men kan variere noget. Derimod synes en ny revle at opstå gennemsnitlig hvert ottende år med udsving på  $\pm 1$  år.

Revléhøjden, d.v.s. forskellen mellem revleryggens niveau og det tilhørende revletrugs niveau, varierer under revlens vandring. Revlehøjdens maksimum nås omkring det tidspunkt, hvor den nye revle opstår, og afstanden mellem de to revlerygge er da omkring 300 m.

Revléhøjden, som jo også er et udtryk for trugets vandføring, synes at spille en rolle for tilsandingsintensiteten i indsejlingen i den første fase af en revles vandring. Dette fremgår af de vanskelige besejlingsforhold forud for læmolens bygning i 1957-59, hvor revlehøjden var omkring 1 m. Det samme var tilfældet forud for forlængelsen af ndr. ledemole i 1979, hvor revlehøjden var under 1 m, og her viser de tiltagende oprensningstal tillige de voksende besejlingsvanskeligheder. De faldende oprensningstal i 1980-erne viser også betydningen af de voksende revlehøjder.

Resultatet af molebygning og moleforlængelser viser, at det har effekt et stykke ind i fremtiden, men efterhånden som de høje revler rykker vestpå, og de nye revler opstår, synes sidstnævnte at få mindre effekt, d.v.s. trugene får mindre vandføring og dermed mindre kraft (strømhastighed) til at bære det suspendede materiale over indsejlingen.

Fastholdes et revletrug nord for indsejlingen med en placering og et tværprofil som det, der i 1981-82-83 gav forholdsvis ringe behov for oprensning i indsejlingen, er det måske muligt at forbedre såvel besejlingsforhold som oprensningsekonomi.

### Summary

Torsminde is located on the isthmus separating Nisum Fjord from the North Sea, fig. 1. This isthmus has been formed by a heavy, alongshore material transport. The wave-induced littoral drift is mainly south-going, and migrating material used to block the outlet from Nisum Fjord. At Torsminde dewatering sluice was therefore constructed in 1870, and in 1931 it was extended with a shipping lock and two leading moles to support the outlet into the sea. Thereby present-day's fishing harbour was initiated. Due to sanding-up in the inlet, more harbour constructions had to be made, and these were later extended to improve the navigation conditions, fig. 3.

In the littoral zone migrating bars arise, the displacement of which has been analysed in 4 sounding lines N of the inlet in the period 1947-85, figs 2 and 4. The found values appear from tables II-V, and to make it more illustrative this material has

been reproduced graphically in figs 5 to 8. In the right-angled coordinate system the abscissa indicates the time (1947-85), and the ordinate the levels of highest point of bar ridge and lowest point of the trough behind. Location of bar ridge from year to year is stated on the abscissa in m from the 0-line; furthermore, the abscissa shows when the lee mole and the northern leading mole were further extended.

The morphological development of the littoral zone within the nearest 800 m N of the inlet can be described as follows:

Mainly S-going sea currents pass over the littoral zone, which has one or two bars. A bar arises about level -2m and migrates westward. In the course of approx. 8 years it has advanced 3-400 m, and at this time a new bar arises in level -2m and starts migrating westward. The first bar continues westward until about level -6m where it disappears. The next bars have a similar development and migrate 12-14 years, maybe a bit more or less. A new bar, however, arises each 8th year in average. During the migrating, the bar height varies somewhat, maximum is reached at the time when the new bar arises. Distance between the two bar ridges is then about 300 m.

A comparison between the varying bar heights and the sanding-up rate in the inlet, table VI, shows that high bar ridges mean less sanding-up, i.e. a large trough speeds up velocity, so the sea currents can better carry suspended material across the entrance of the harbour.

The bar ridges increase in height after construction of moles which therefore have a favourable influence on the navigation depth for some time afterwards. Along with the westward migration of the high bars and the birth of new ones, the effect will diminish, because the trough receives less water and the resulting lower velocity carries less suspended material across the inlet. If a trough is maintained N of the harbour with a location and a cross-profile like the one which in 1981, 82, 83 meant a decreased demand for dredging, it might be possible both to improve navigation conditions and economy.

### LITTERATUR

- Frisch, P.H. and Olsen, H.A.* (1982): Erosion and accretion by Torsminde harbour on the danish west coast caused by the littoral current. SEME, international symposium, Brugge 1982, Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging.
- Hofdahl, F.* (1968): Vestkysten. Vandbygningsvæsenet 1868-1968.
- Kystinspektoret* (1974): Thorsmindetangerne 1974. Thorsminde havns indflydelse på kystudviklingen. Lemvig, Danmark.
- Kystinspektoret* (1977): Kystteknisk rapport. Thorsminde havn. Lemvig, Danmark.
- Kystinspektoret* (1978): Thorsmindetangerne 78. Lemvig, Danmark.
- Møller, Jens Tyge* (1983): Artificial structures on a North Sea coast. The barrier coast at Torsminde, Denmark. Geoskrifter nr. 19 1984.



på dette tidspunkt opstår en ny revle i kt. -2 m, som ligeledes begynder at vandre mod vest.

Den første revle fortsætter sin vandring ned ad strandplanet indtil omkring kt. -6 m, hvor den forsvinder. De følgende revler får et lignende forløb.

Den samlede vandringsperiode for en revle er 12-14 år, men kan variere noget. Derimod synes en ny revle at opstå gennemsnitlig hvert ottende år med udsving på  $\pm 1$  år.

Revhøjden, d.v.s. forskellen mellem revleryggens niveau og det tilhørende revletrugs niveau, varierer under revlens vandring. Revlehøjdens maksimum nås omkring det tidspunkt, hvor den nye revle opstår, og afstanden mellem de to revlerygge er da omkring 300 m.

Revhøjden, som jo også er et udtryk for trugets vandføring, synes at spille en rolle for tilsandingsintensiteten i indsejlingen i den første fase af en revles vandring. Dette fremgår af de vanskelige besejlingsforhold forud for læmolens bygning i 1957-59, hvor revlehøjden var omkring 1 m. Det samme var tilfældet forud for forlængelsen af ndr. ledemole i 1979, hvor revlehøjden var under 1 m, og her viser de tiltagende oprensningstal tillige de voksende besejlingsvanskeligheder. De faldende oprensningstal i 1980-erne viser også betydningen af de voksende revlehøjder.

Resultatet af molebygning og moleforlængelser viser, at det har effekt et stykke ind i fremtiden, men efterhånden som de høje revler rykker vestpå, og de nye revler opstår, synes sidstnævnte at få mindre effekt, d.v.s. trugene får mindre vandføring og dermed mindre kraft (strømhastighed) til at bære det suspendede materiale over indsejlingen.

Fastholdes et revletrug nord for indsejlingen med en placering og et tværprofil som det, der i 1981-82-83 gav forholdsvis ringe behov for oprensning i indsejlingen, er det måske muligt at forbedre såvel besejlingsforhold som oprensningsekonomi.

### Summary

Torsminde is located on the isthmus separating Nisum Fjord from the North Sea, fig. 1. This isthmus has been formed by a heavy, alongshore material transport. The wave-induced littoral drift is mainly south-going, and migrating material used to block the outlet from Nisum Fjord. At Torsminde dewatering sluice was therefore constructed in 1870, and in 1931 it was extended with a shipping lock and two leading moles to support the outlet into the sea. Thereby present-day's fishing harbour was initiated. Due to sanding-up in the inlet, more harbour constructions had to be made, and these were later extended to improve the navigation conditions, fig. 3.

In the littoral zone migrating bars arise, the displacement of which has been analysed in 4 sounding lines N of the inlet in the period 1947-85, figs 2 and 4. The found values appear from tables II-V, and to make it more illustrative this material has

been reproduced graphically in figs 5 to 8. In the right-angled coordinate system the abscissa indicates the time (1947-85), and the ordinate the levels of highest point of bar ridge and lowest point of the trough behind. Location of bar ridge from year to year is stated on the abscissa in m from the 0-line; furthermore, the abscissa shows when the lee mole and the northern leading mole were further extended.

The morphological development of the littoral zone within the nearest 800 m N of the inlet can be described as follows:

Mainly S-going sea currents pass over the littoral zone, which has one or two bars. A bar arises about level -2m and migrates westward. In the course of approx. 8 years it has advanced 3-400 m, and at this time a new bar arises in level -2m and starts migrating westward. The first bar continues westward until about level -6m where it disappears. The next bars have a similar development and migrate 12-14 years, maybe a bit more or less. A new bar, however, arises each 8th year in average. During the migrating, the bar height varies somewhat, maximum is reached at the time when the new bar arises. Distance between the two bar ridges is then about 300 m.

A comparison between the varying bar heights and the sanding-up rate in the inlet, table VI, shows that high bar ridges mean less sanding-up, i.e. a large trough speeds up velocity, so the sea currents can better carry suspended material across the entrance of the harbour.

The bar ridges increase in height after construction of moles which therefore have a favourable influence on the navigation depth for some time afterwards. Along with the westward migration of the high bars and the birth of new ones, the effect will diminish, because the trough receives less water and the resulting lower velocity carries less suspended material across the inlet. If a trough is maintained N of the harbour with a location and a cross-profile like the one which in 1981, 82, 83 meant a decreased demand for dredging, it might be possible both to improve navigation conditions and economy.

### LITTERATUR

- Frisch, P.H. and Olsen, H.A.* (1982): Erosion and accretion by Torsminde harbour on the danish west coast caused by the littoral current. SEME, international symposium, Brugge 1982, Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging.
- Hofdahl, F.* (1968): Vestkysten. Vandbygningsvæsenet 1868-1968.
- Kystinspektoret* (1974): Thorsmindetangerne 1974. Thorsminde havns indflydelse på kystudviklingen. Lemvig, Danmark.
- Kystinspektoret* (1977): Kystteknisk rapport. Thorsminde havn. Lemvig, Danmark.
- Kystinspektoret* (1978): Thorsmindetangerne 78. Lemvig, Danmark.
- Møller, Jens Tyge* (1983): Artificial structures on a North Sea coast. The barrier coast at Torsminde, Denmark. Geoskrifter nr. 19 1984.