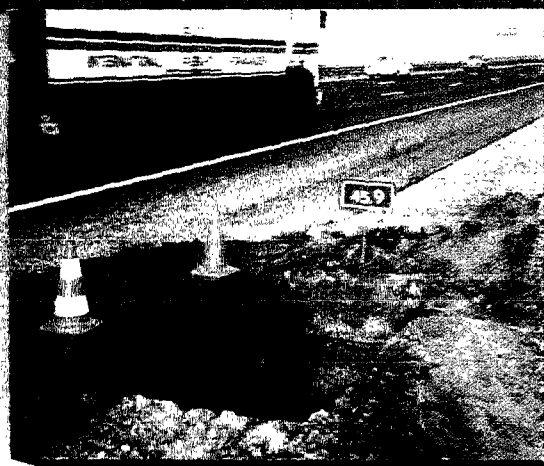




dienst weg en water bouwkunde



BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015-699111

dienst weg- en waterbouwkunde
hoofdafdeling waterbouw

NOTITIE: WBA-R-89096

aan : J.J. v.d. Ploeg

van : A. Jonker

datum: 21 november 1989

onderwerp : Grondmechanische stabiliteit oostelijke hoogwaterkering buiten-
haven Vlissingen

1. INLEIDING.

Door Rijkswaterstaat Directie Zeeland is aan de Dienst Weg- en Waterbouwkunde gevraagd om een oordeel te geven over de grondmechanische stabiliteit van de oostelijke hoogwaterkering van de buitenhaven te Vlissingen.

De waterstand waarvoor deze beoordeling moet plaats vinden is die bij een frequentie van $2,5 \times 10^{-4}$.

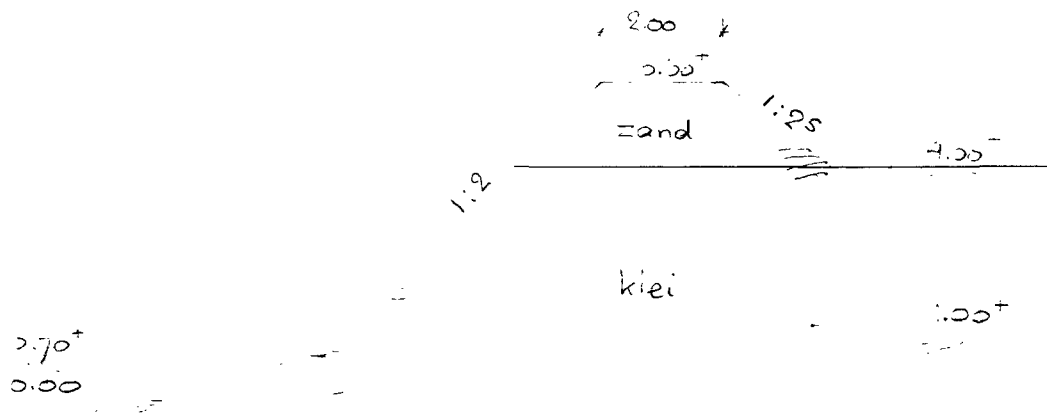
2. UITGANGSPUNTEN.

1. Tekening 60-74-C6 van Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, geeft het verloop van de westelijke hoogwaterkering met een 2-tal dwarsprofielen.
2. Tekening ZLNX 1989-1003 geeft een situatie met de lokaties van een aantal dwarsprofielen. Deze zijn weergegeven op tekening ZLNX 1989-1004. Hieruit blijkt dat aan de binnenzijde van de waterkering een puinkist aanwezig is. De hoogte van het buitendijkse gebied bedraagt ca. NAP + 4,00 m.; het kruinniveau van de waterkering is ca. NAP + 6,60 m. (profiel 3 t/m 5). Eerstgenoemde tekening geeft tevens enkele boorprofielen. Als aanvulling op deze informatie zijn een aantal korte boringen uitgevoerd. Ter plaatse van het dwarsprofiel waar boring 49 ligt zijn dit de aanvullende boringen V en VI. Bijlage 1 geeft het resultaat van deze boringen.
3. Bijlage 2 geeft een mogelijk verloop van de waterstand voor een frequentie van $2,5 \times 10^{-4}$ (getijtafel, blz. 164).
4. De grondwaterstand aan de buitenzijde van de hoogwaterkering wordt voor dagelijkse omstandigheden geschat op NAP + 1.00 m. (dit is dus hoger dan de gemiddelde buitenwaterstand); het polderpeil (slootpeil) staat op NAP 0.00 m.

5. De waterdoorlatendheid van de ondergrond is geschat op een maximale waarde van 10 m/etmaal.
6. De waterspanningen in de ondergrond hebben een hydrostatisch verloop (geen wateroverspanningen).
7. Het buitendijkse terrein is vrijwel overal verhard of begroeid.

3. BEOORDELING GRONDMECHANISCHE STABILITEIT.

De geometrie met grondlagenopbouw waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd is weergegeven in figuur 1. Hierbij heeft het binnentalud een helling van 1:2. Om na te gaan wat de consequenties zijn van een iets steiler beloop zijn 2 berekeningen uitgevoerd voor een binnentalud van 1:1½ (tijdens de terreinverkenning bestond de indruk dat de helling wellicht steiler is dan 1:2).



figuur 1 Geometrie en grondlagenopbouw.

Met het programma MSTAB zijn een aantal stabiliteitsberekeningen gemaakt. Toepassing van dit programma is verantwoord, omdat er geen aanwijzingen zijn dat een ander mechanisme (niet cirkelvormig afschuiven) zal optreden.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor profiel C. De overige profielen vertonen nagenoeg dezelfde opbouw en zullen derhalve tot nagenoeg dezelfde resultaten leiden.

Uit het beschikbare onderzoek bleek de volgende opbouw van de ondergrond:

- afdekkende kleilaag dikte ca. 0,5 m.
- tot ca. NAP + 4 m.: zand
- beneden ca. NAP + 4 m.: klei

Voor de sterkteparameters van de ondergrond zijn pessimistische waarden aangehouden. Deze zijn vermeld bij de berekeningsresultaten (bijlage 3 t/m 7).

Samenvatting van de berekeningsresultaten:

- bijlage 3:

Stabiliteitsfaktor: ca. 0,75; volledig verzadigde ondergrond bij een water stand van NAP + 5,4 m. buitendijks en NAP 0.00 m. binnendijks.

- bijlage 4:

Stabiliteitsfaktor: ca. 1,25; grondwaterstand buitendijks op NAP + 2 m; binnendijks op NAP 0.00 m., onder het dijklichaam verlopend; waterschijf op buitendijks maaiveld van 1,4 m dik (waterstand op NAP + 5,4 m.). In deze berekening is rekening gehouden met infiltratie van water in de ondergrond. Omdat uit bijlage 2 blijkt dat een waterstand boven NAP + 4 m. gedurende 2 keer 5½ uur optreedt is een maximale grondwaterstandsverhoging aangenomen van 1 m.

- bijlage 5:

Stabiliteitsfaktor: ca. 1,05; grondwaterstand idem als bij voorgaande berekening, met uitzondering van gedeelte onder dijklichaam, waar ook een verhoogde waterstand is aangehouden.

- bijlage 6:

Stabiliteitsfaktor: ca. 1,10; binnentalud 1:1½; grondwaterstand buitendijks op NAP + 2 m; binnendijks op NAP 0.00 m. (idem als bijlage 4). Lagere stabiliteitsfaktor uitsluitend gevolg van steiler talud.

- bijlage 7:

Stabiliteitsfaktor: ca. 0,92; binnentalud 1:1½; grondwaterstand idem als bijlage 5.

4. KONKLUSIE.

Voor de grondmechanische stabiliteit van dijken wordt in het algemeen uit gegaan van stabiliteitsfactoren van ca. 1,25.

Onder dagelijkse omstandigheden is de stabiliteit van de konstruktie voldoende (stabiliteitsfaktor 1,25; binnenbeloop 1:2). Dit blijkt uit bijlage 4, waar de maatgevende cirkel niet door het grondwater gaat.

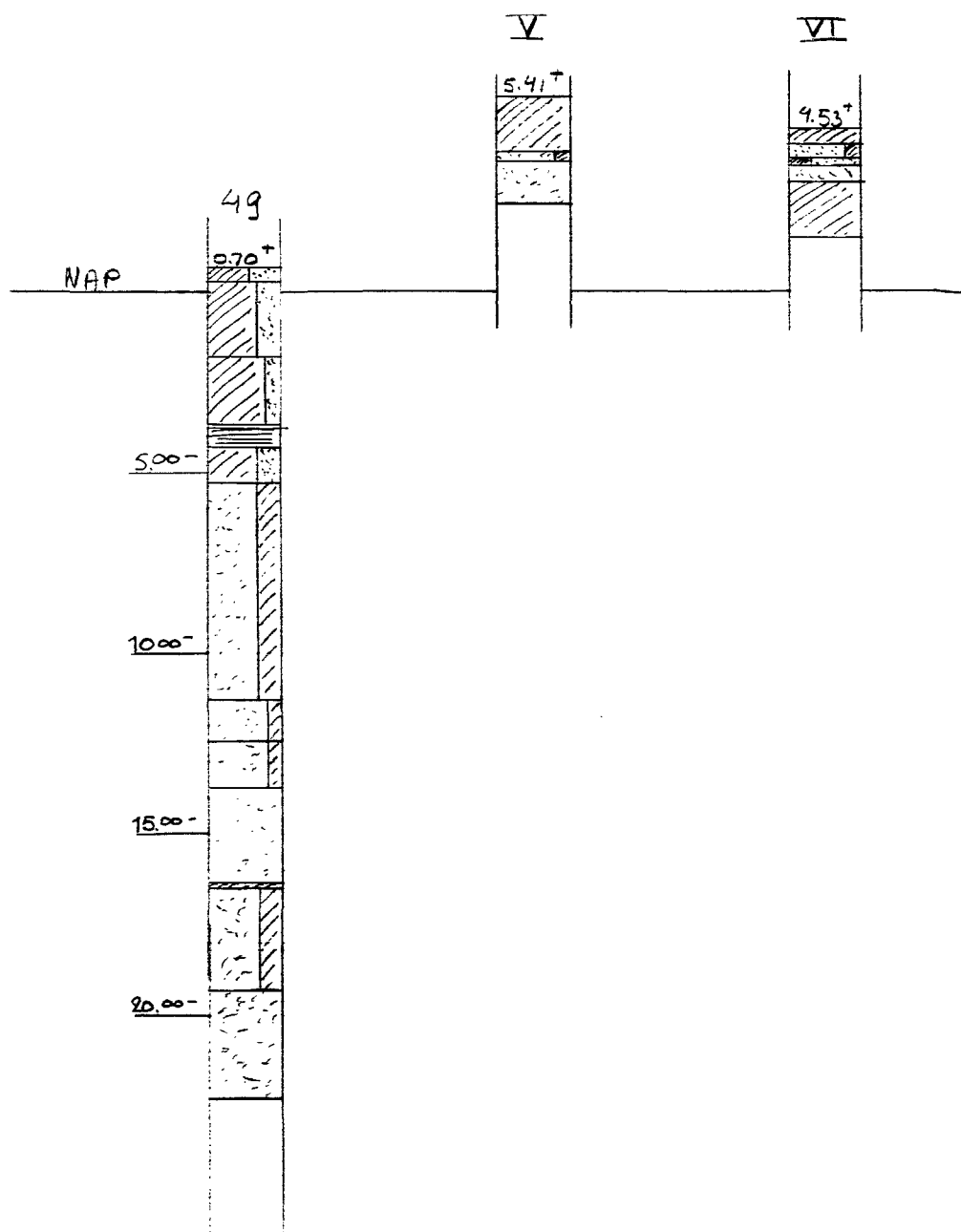
Waar het binnenbeloop steiler is, lijkt een uitvulling tot een helling van 1:2 op zijn plaats.

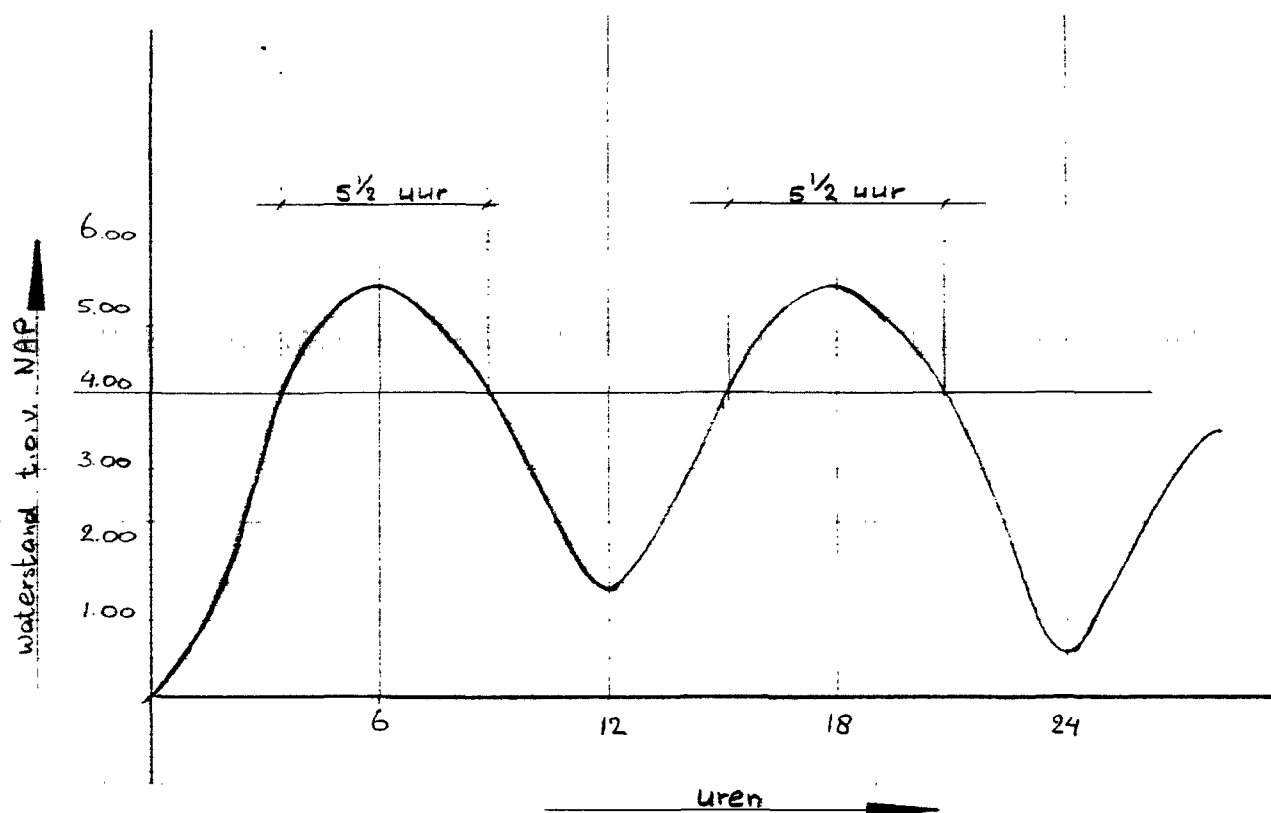
Voor de situatie met maatgevend hoog water is de stabiliteitsfaktor afhankelijk van de grondwaterstand. Gelet op de korte duur van deze situatie is een grondwaterstand volgens bijlage 3 niet realistisch. Bij een geschatte K-waarde van 10 m/etmaal zal het grondwaterpeil niet hoger komen dan NAP + 2 m. Uit bijlage 4 blijkt dat, indien de grondwaterstand het geschetste verloop heeft, de stabiliteitsfaktor gelijk is aan die welke behoort bij dagelijkse omstandigheden. Bijlage 5 geeft de faktor die behoort bij een iets ander verloop van de grondwaterstand. Gelet op de bekleding van de dijk en het maaiveld aan de buitenzijde, waarvan grote delen van een harde, waterondoorlatende bekleding is voorzien, moet deze situatie als pessimistisch worden beschouwd. De gevonden stabiliteitsfaktor van 1,054 is dan ook een ondergrens. Alleen in geval het binnenbeloop van de dijk steiler is, lijkt sprake te zijn van een labiel evenwicht.

5. ADVIES.

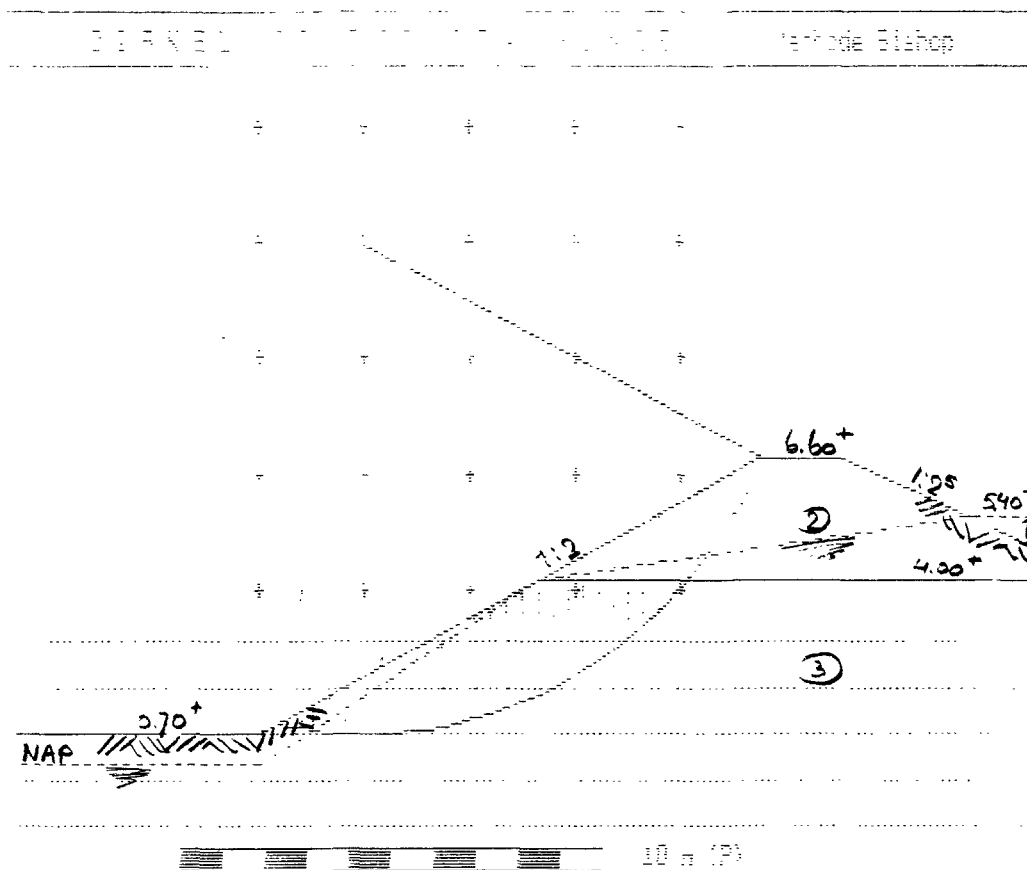
Gelet op het voorgaande wordt geadviseerd om na te gaan of aan de binnenzijde taludhellingen voorkomen steiler dan 1:2. Indien dit het geval is, dient de helling van het binnentalud te worden verflauwd tot deze waarde.

N.B. In voorgaande beschouwing is ervan uit gegaan dat de waterkering voldoet aan het 2% overslagkriterium. Mocht uit aanvullende gegevens blijken dat hieraan niet wordt voldaan en de waterkering een bepaald groter overslagdebiet heeft, dan moet de grondmechanische stabiliteit opnieuw worden beoordeeld. Te meer, daar uit de veldverkenning blijkt dat het binnenbeloop van de waterkering niet gelijkmatig is, en de afdekkende kleilaag waarschijnlijk niet bestand is tegen grote hoeveelheden overslaand water.





Waterstandsverloop frequentie $2,5 * 10^{-4}$ /jaar



RIJKSWATERSTAAT D.W.W.

profiel C 1989-04-10

LIG ENON/0051 COP. 1

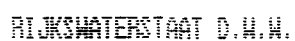
PROGRAMMA NSTAB 13.01 X_m = 52.50 m Straal = 10.50 m

File : ULISSINGEN.DRS Y_m = 10.50 m F_{min} = 0.754

① water

② zand $\phi = 30^\circ$
 $c = 0 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma_d = 16 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_n = 20 \text{ kN/m}^3$

③ klei $\phi = 22.5^\circ$
 $c = 25 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma_d = \gamma_n = 15 \text{ kN/m}^3$

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-x^2} dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-x^2} dx$$


1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
2631
2632
2633
2634
2635
2636
2637
2638
2639
2640
2641
2642
2643
2644
2645
2646
2647
2648
2649
2650
2651
2652
2653
2654
2655
2656
2657
2658
2659
2660
2661
2662
2663
2664
2665
2666
2667
2668
2669
2670
2671
2672
2673
2674
2675
26

[illegible][illegible]

File : E:\VLISSING.DRS Ym = 18.00 s Fmin = 1.252

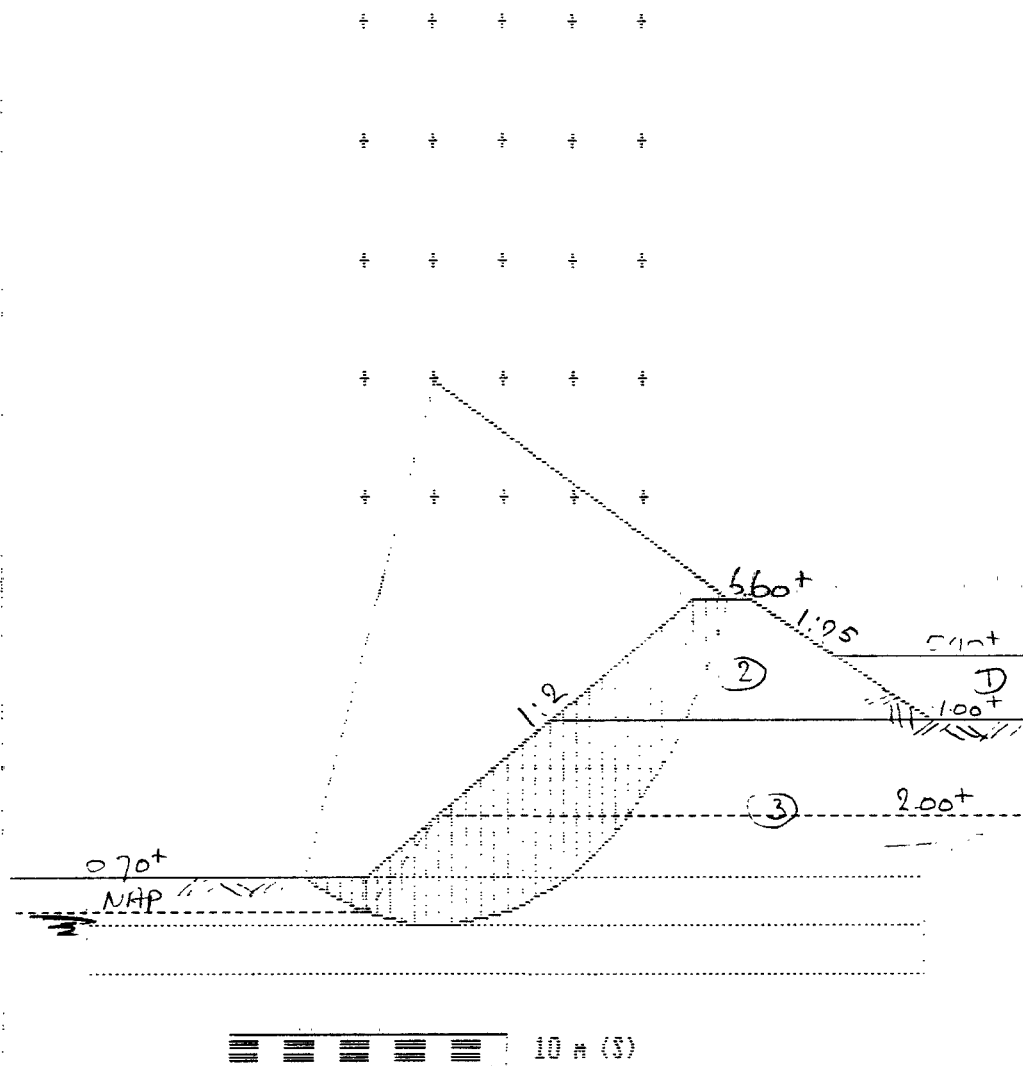
D water

② Sand $\rho = 20$
 200 kN/m^2
 1000 kg/m^3

9. 11. 20

$\theta = 22.5^\circ$
 $c = 25 \text{ kN/m}^2$
 $(d = x = 15 \text{ m})$

CIRKEL ZONDER SPANNINGEN : Methode Bishop



RIJKSWATERSTAAT D.W.W.

profiel c 1989-08-04

LIC. ENON/0051 COP. 1

PROGRAMMA MSTAB (3.01)

Xm = 52.50 m

Straal = 11.50 m

File : B:\VLISSING.DRS

Ym = 10.50 m

Fmin = 1.054

① water

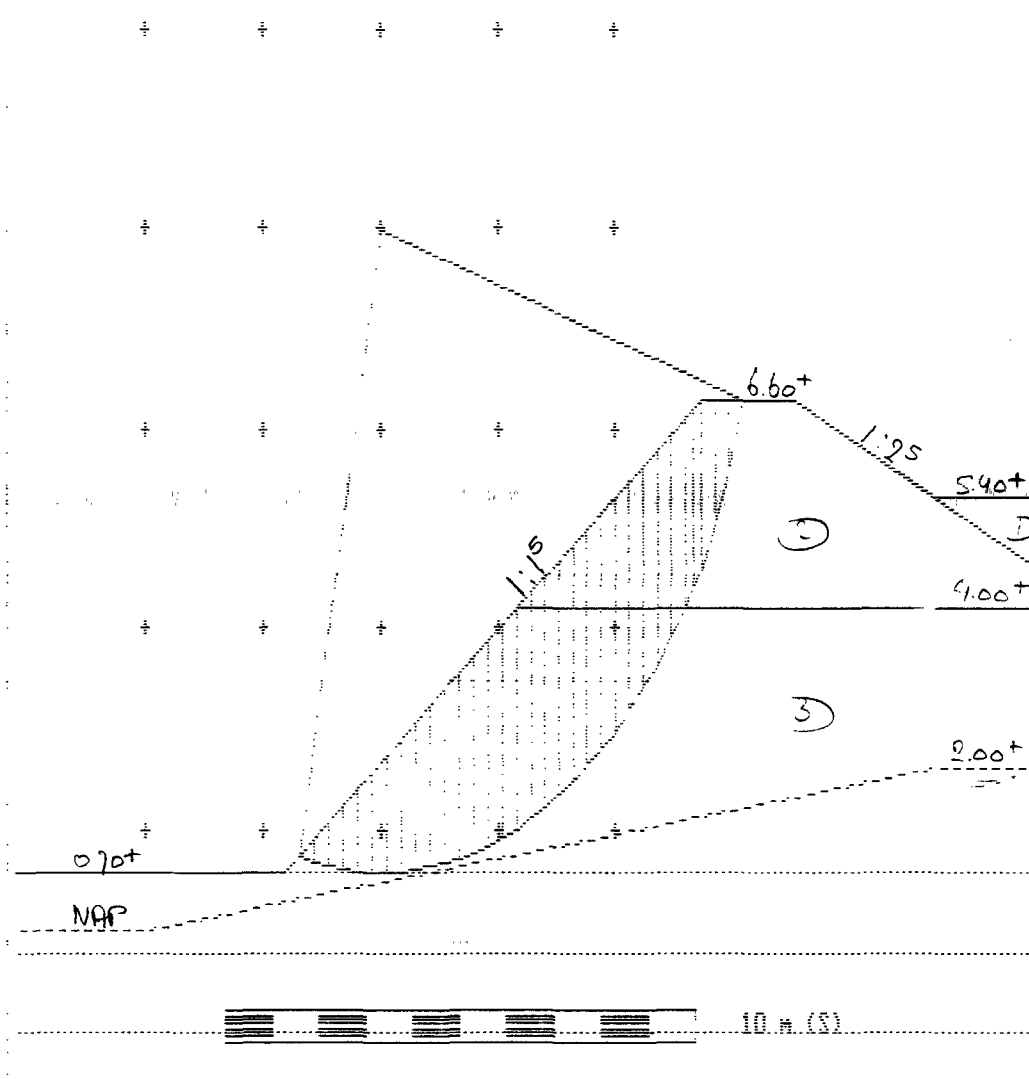
② zand

$\phi = 20^\circ$
 $c = 0.1 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma_d = 15 \text{ kN/m}^3$

③ klei

$\phi = 22.5^\circ$
 $c = 2.5 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma_d = \gamma_n = 15 \text{ kN/m}^3$

CIRKEL ZONDER SPANNINGEN : Methode Bishop



RIJKSWATERSTAAT D.W.W.

profiel c 1989-08-04

LIC. ENOM/0051 COP. 1

PROGRAMMA NSTAB (3.01) $X_m = 55.00$ m $\text{Straal} = 8.00$ m

File : B:\ULISSING.DRS $Y_m = 8.00$ m $F_{min} = 1.098$

① water
② zand $\phi = 30^\circ$
 $c = 0$ kN/m²
 $\gamma_d = 18$ kN/m³

③ klei $\phi = 22.5^\circ$
 $c = 2.5$ kN/m²
 $\gamma_d = \gamma_m = 15$ kN/m³

BIJLAGE 6

