

De bescherming van aardgaszinkers in boezemwateren tegen
mechanische beschadiging door scheepsankers

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten vastgesteld:

- 1) de bescherming van de leiding vindt plaats door middel van een adequate gronddekking,
- 2) het maatgevende anker heeft een gewicht van 800 kg en behoort tot de uitrusting van een Rijn-Hernekanaalschip van 1350 t,
- 3) het schip wordt verondersteld een verboden handeling uit te voeren, namelijk het varen met slepend anker,
- 4) uit mededelingen van de Havendienst van Rotterdam blijkt, dat bij dit slepen aan de ankerketting over het algemeen een hellingshoek van ca 45° of steiler wordt gegeven (afhankelijk van de bodemkwaliteit),
- 5) aangezien omtrent vorm en afmetingen van het betreffende anker geen gegevens beschikbaar zijn, is een geschematiseerd anker ontworpen met het juiste gewicht. De dimensies van steel en blad zijn voor beide bepaald op een dwarsdoorsnede van 18,5 x 18,5 cm² en een lengte van 1,5 m,
- 6) de dwarsafmetingen van een ankerkettingschakel bedragen ca 2,75 x 8,25 cm²,
- 7) het vieren van de ketting wordt verondersteld zodanig plaats te hebben, dat de onder 4) genoemde hoek van 45° tot stand komt, nadat het anker dermate diep de bodem is ingedrongen, dat een evenwicht is bereikt tussen kettingkracht, ankergewicht en de weerstand van de grond. Hieruit volgt de evenwichtsvoorwaarde, dat gezien de hoek van 45° de passieve grondweerstand gelijk moet zijn aan het ankergewicht,
- 8) de gebaggerde sleuf ten behoeve van het plaatsen van de zinker wordt wederom aangevuld met specie, welke uit zand of klei bestaat. Indien de bodem ter plaatse deze grondsoorten bezit, is de uitgekomen bagger-specie hiertoe aan te wenden. Voor het geval, dat de kanaalbodem uit veen is opgebouwd, zal dit niet mogelijk zijn. Hoewel de indringingsdiepte van een anker in slap veen aanzienlijk zal zijn, is het voldoende, gezien het voorgaande, voor de pijpdekking uit te gaan van zand of klei, waarbij klei uit een oogpunt van onderhoud (minder zetting) en leidingspanningen (minder bovenbelasting op de buis) de voorkeur verdient.

De weerstand van klei onder water gestort (zeer losse structuur) tegen ankerpenetratie is echter minder dan die van eveneens onder water gestort zand (losse pakking), waardoor de gronddekking relatief zwaarder zal moeten zijn dan voor zand met het gevolg, dat de genoemde voordelen grotendeels verloren gaan. Voor de onder water gestorte klei is een volumegewicht aan te houden van $1,4 \text{ t/m}^3$ en een inwendige wrijvingshoek van 20° , waarbij de cohesie wordt verwaarloosd. Deze karakteristieken zijn voor het onder water gestort zand, $1,8 \text{ t/m}^3$ respectievelijk 30° .

De berekening van de evenwichtsdiepte (p) kan nu als volgt geschied
ankergewicht: $g = 0,8 \text{ t}$.
de passieve grondweerstand, welke het anker (ketting) in de bodem onder vindt:

$$p \cdot (\gamma_{gr} - \gamma_w) \cdot \frac{1}{2} p \cdot \lambda_p \cdot 2d, \text{ indien } p \leq 1,5 \text{ m.}$$

$$(p - 1,5) (\gamma_{gr} - \gamma_w) \cdot \frac{1}{2} (p - 1,5) \cdot \lambda_p \cdot 2d^1 + \frac{1}{2} \{ (p - 1,5) (\gamma_{gr} - \gamma_w) + p (\gamma_{gr} - \gamma_w) \} \cdot 1,5 \cdot \lambda_p \cdot 2d, \text{ indien } p > 1,5 \text{ m.}$$

$$d = 18,5 \text{ cm (ankerdikte)}$$

$$d^1 = \frac{2,75 + 8,25}{2} = 5,5 \text{ cm (kettingdikte)}$$

voor zand:

$$\varphi = 30^\circ \rightarrow \lambda_p = \text{tg}^2(45^\circ + \frac{1}{2}\varphi) = \text{tg}^2 60^\circ = 3$$

$$\gamma_{gr} - \gamma_w = 1,8 - 1 = 0,8 \text{ t/m}^3$$

$$\text{onderstelling: } p < 1,5 \text{ m}$$

$$p (\gamma_{gr} - \gamma_w) \cdot \frac{1}{2} p \cdot \lambda_p \cdot 2d = p \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot p \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,185 = 0,444 p^2$$

$$\text{evenwicht indien: } 0,444 p^2 = 0,8 \rightarrow p^2 = \frac{0,8}{0,444} = 1,8$$

$$p = 1,35 \text{ m} < 1,5$$

voor klei:

$$\varphi = 20^\circ \rightarrow \lambda_p = \text{tg}^2(45^\circ + 10^\circ) \approx 2$$

$$\gamma_{gr} - \gamma_w = 1,4 - 1 = 0,4 \text{ t/m}^3$$

$$\text{onderstelling: } p > 1,5 \text{ m}$$

$$(p - 1,5) (\gamma_{gr} - \gamma_w) \cdot \frac{1}{2} (p - 1,5) \cdot \lambda_p \cdot 2d^1 + \frac{1}{2} \{ (p - 1,5) (\gamma_{gr} - \gamma_w) +$$

$$p (\gamma_{gr} - \gamma_w) \} \cdot 1,5 \cdot \lambda_p \cdot 2d =$$

$$(p - 1,5) 0,4 \cdot \frac{1}{2} \cdot (p - 1,5) \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,055 + \frac{1}{2} \{ (p - 1,5) \cdot 0,4 + p \cdot 0,4 \} \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 2$$

$$(p - 1,5)^2 \cdot 0,8 \cdot 0,055 + 3 \cdot 0,185 \cdot 0,4 \cdot (p - 1,5) + 3 \cdot 0,185 \cdot p \cdot 0,4 =$$

$$(p^2 + 2,25 - 3p) \cdot 0,044 + (p - 1,5) \cdot 0,222 + p \cdot 0,222 =$$

$$p^2 \cdot 0,044 + p \cdot 0,312 - 0,234 = 0,8$$

$$p^2 + 7,1 p - 23,52 = 0$$

$$p = \frac{-7,1 + \sqrt{7,1^2 + 4 \cdot 23,52}}{2} = \frac{-7,1 + \sqrt{144,4}}{2} = \boxed{2,5 \text{ m}} > 1,5.$$

Uit de verkregen uitkomsten zou de conclusie kunnen worden getrokken, dat de ingeval van scheepvaart geëiste gronddekking van 2 m op de gasbuis zonder meer, niet voldoende verantwoord is en dat deze vergunningsvoorwaarde moet worden vervangen door een meer gedifferentieerde, afhankelijk van de toegepaste aanvulspecie.

Hoewel de uitgangspunten, alsmede de wijze van berekenen aanvechtbaar zijn, zou men als eindresultaat kunnen stellen, dat de vereiste gronddekking bij aanvulling met zand op 1,5 m, bij aanvulling met klei op 2,5 m dient te worden gesteld. Het gemiddelde komt dan overeen met de tot op heden gestelde voorwaarde van 2 m onafhankelijk van de grondsoort.

's-Gravenhage, augustus 1965

op de krachts- en verplaatsingsinvloeden vanuit de aansluitende terreinstrekingen op kruisingsconstructies

$$K_1 = 3,5 + \textcircled{6} 5 + 11,4 = 3,5 + 30 + 11,4 = 44,9$$

$$K_2 = 3 \cdot \textcircled{6} + 44,9 = 18 + 44,9 = 62,9$$

$$K_3 = 20 + 5 \cdot \textcircled{6} + 11,4 = \underline{30} + 11,4 = 61,4$$

$$K_1 = 3,5 + \textcircled{6} 5 + 14,2 = 33,5 + 14,2 = 47,7$$

$$K_2 = 3 \cdot \textcircled{6} + 47,7 = 18 + 47,7 =$$

$$K_3 = 20 + 5 \cdot \textcircled{6} + 14,2 = 64,2$$

$$K_1 = 3,5 + \textcircled{10} 5 + 14,2 = 53,5 + 14,2 = 67,7$$

$$K_2 = 3 \cdot \textcircled{10} + 67,7 = 30 + 67,7 = 97,7$$

$$K_3 = 20 + 5 \cdot \textcircled{10} + 14,2 = \underline{50} + 14,2 = 84,2$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$

$$1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 - 8 + 9 - 10 + 11 - 12 = -1$$