

FORUDSÆTNINGER.

Belastningen fra møllen er beregnet af WIND MATIC AS, Herring.

Regningsmæssig last.

$$F_{\text{aks}} = 68,1 \text{ kN}$$

$$M_L = 57,9 \text{ kNm}$$

$$M_V = 28,9 \text{ kNm}$$

Laster på tårnet beregnes efter DS 409 og 410 (juni 1982)

Tårnet beregnes efter DS 412 (april 1983)

Lav sikkerhedsklasse

Stærkt materialekontrol.

Vindlast på tårnet

$$W = q_{10} \cdot C \cdot A \cdot \psi$$

Vindtryk

$$\text{Top: } V_{10} = 27 \cdot 0,17 \cdot \ln(24/0,01) = 35,7 \text{ m/s} \Rightarrow q_{10} = 817 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Gund: } V_{10} = 27 \cdot 0,17 \cdot \ln(4/0,01) = 27,5 \text{ m/s} \Rightarrow q_{10} = 484 \text{ N/m}^2$$

Formfaktor

$$\text{top: } C = 1,24 + 0,07 \cdot \ln(2 \cdot 10^{-4}/0,9) = 0,65$$

$$\text{Gund: } C = 1,24 + 0,07 \cdot \ln(2 \cdot 10^{-4}/2,7) = 0,60$$

Area

$$\text{top: } A = 0,95 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\text{Gund: } A = 2,075 \text{ m}^2/\text{m}$$

S-tælfaktor

$$\phi = 1 + k_p \cdot v \cdot \sqrt{k_u + k_r} \quad \eta_0 = 1,45^{-1}$$

$$k_p = 3,8$$

$$v = 2,3 / \ln(24/0,01) = 0,30$$

$$k_u = 0,7 - 0,84 \cdot \frac{1}{20} - 0,11 \cdot \frac{1,2}{24} = 0,65$$

$$k_r = \frac{\pi^2 \cdot k_L \cdot k_0}{2(\delta_a + \delta_R)}$$

$$k_L = \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{1,4 \cdot 24}{35,7}\right) \left(1 + 4 \cdot \frac{1,4 \cdot 1,2}{35,7}\right)} = 0,25$$

$$k_0 = \frac{\frac{1,4 \cdot 20 \cdot 24}{35,7}}{\left(1 + 1,5 \cdot \frac{1,4 \cdot 20 \cdot 24}{35,7}\right)^{5/3}} = 0,068$$

$$\delta_a = \frac{817 \cdot 0,95}{1,4 \cdot 0,95 \cdot 0,005 \cdot \pi \cdot 7850 \cdot 1,0 \cdot 35,7} = 0,132$$

$$\delta_R \approx 0,03$$

$$k_r = \frac{\pi^2 \cdot 0,25 \cdot 0,068}{2(0,132 + 0,03)} = 0,518$$

$$\phi = 1 + 3,8 \cdot 0,3 \cdot \sqrt{0,65 + 0,518} = 2,23$$

Vindlast

$$z_{top}: W = 0,817 \cdot 0,65 \cdot 0,95 \cdot 2,23 = 1,13 \text{ kN/m}$$

$$z_{bund}: W = 0,484 \cdot 0,60 \cdot 0,975 \cdot 2,23 = 1,34 \text{ kN/m}$$

Da vindlasten er næsten den samme ved top og bund vil 1,34 kN/m blive anvendt i det følgende

Regningsmæssig vindlast

$$W_r = 1,34 \cdot 1,3 = \underline{1,74 \text{ kN/m}}$$

DIMENSIONERING

$$\text{Koll 18} \quad t = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Egenvegt: Mølle: } 50 \text{ kN}$$

Tårn

$$1,05 \cdot 0,005 \cdot \pi \cdot 6,0 \cdot 7850 = 777 \text{ kg.}$$

$$N = 50 + 7,8 = 57,8 \text{ kN}$$

$$M = 68,1 \cdot 6,7 + 57,9 + \frac{1}{2} \cdot 6^2 \cdot 1,74 = 545 \text{ kNm}$$

$$A = \frac{\pi}{2} \cdot 5 \cdot (1200 + 1190) = 18,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(1200^4 - 1190^4)}{1200} = 5,58 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{57,8}{18,8} + \frac{545}{5,58} = 100,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{till}} = R \cdot E \cdot \frac{t}{r} \quad k = \frac{1}{2 + 5 \frac{t}{r}}$$

$e$ : maksimal excentricitet i tårn = 10 mm

$$k = \frac{1}{2 + 5 \frac{10}{5}} = 0,0833$$

$$\sigma_{\text{till}} = 0,0833 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{1,41} \cdot \frac{5}{597,5} = 103,9 \text{ N/mm}^2 > 100,7 \text{ N/mm}^2$$

24 m korisk rørlinje for mælk med 8,5 mvinger

7/9-84

NY NORR

Kalk 10  $t = 6 \text{ mm}$ 

Egenvegt fjær

$$778 + 1,4 \cdot 0,006 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 7850 = 2440 \text{ kg}$$

$$N = 50 + 24,4 = 74,4 \text{ kN}$$

$$M = 68,1 \cdot 14,7 + 57,9 + \frac{1}{2} \cdot 14^2 \cdot 1,74 = 1230 \text{ kNm}$$

$$A = \frac{\pi}{2} \cdot 6 \cdot (1600 + 1588) = 30 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{\pi}{32} \frac{1600^4 - 1588^4}{1600} = 11,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{74,4}{30,0} + \frac{1230}{11,93} = 105,6 \text{ N/mm}^2$$

$$k = \frac{1}{2 + 50/6} = 0,0968$$

$$\sigma_{\text{tot}} = 0,0968 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{1,41} \cdot \frac{5}{797} = 108,5 \text{ N/mm}^2 > 105,6 \text{ N/mm}^2$$

Kalk 0  $t = 7 \text{ mm}$ 

$$\text{Egenvegt: } 2440 + 1,85 \cdot 0,007 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 7850 = 5177 \text{ kg}$$

$$N = 50 + 59,8 = 109,8 \text{ kN}$$

$$M = 68,1 \cdot 24,7 + 59,9 + \frac{1}{2} \cdot 24^2 \cdot 1,74 = 2241 \text{ kNm}$$

$$A = \frac{\pi}{2} \cdot 7 \cdot (2100 + 2086) = 46,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{\pi}{32} \frac{2100^4 - 2086^4}{2100} = 24,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{109,8}{46,0} + \frac{2241}{24,0} = 95,6 \text{ N/mm}^2$$

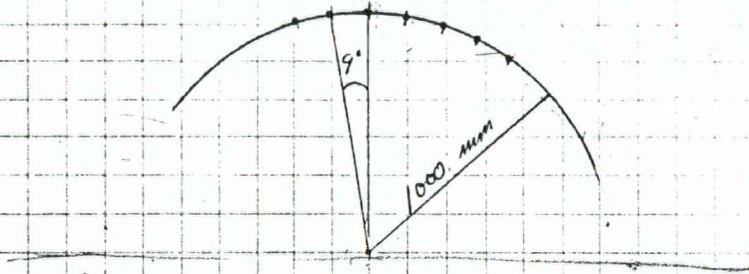
$$\sigma_{\text{tot}} = 0,109 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{1,41} \cdot \frac{7}{1046,5} = 109,0 \text{ N/mm}^2 > 95,6 \text{ N/mm}^2$$

24 m konisk rørløst for mølle med 8,5 m vinkel

7/4-84 NY NOR.

SAMLINGER.Kraft 0

$$M = 2241 \text{ kNm}$$



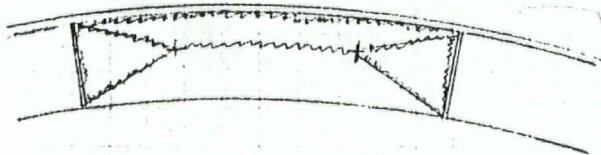
$$\frac{I_{\text{bolt}}}{A_{\text{bolt}}} = \sum_1^{40} A \cdot y^2 = 20 \cdot \frac{y}{1000} = 20 \cdot 10^6 \cdot A$$

$$P_B = \frac{2241 \cdot 10^6 \cdot 1000}{20,0 \cdot 10^6} = 112 \text{ kN} \quad \frac{\text{Nm}}{\text{m}^4}$$

Boltekvotient 8.8  $f_{yd} = \frac{640}{1,09} = 587 \text{ N/mm}^2$

$$A_{sp} = \frac{112 \cdot 10^3}{587} = 191 \text{ mm}^2$$

Valg 1422  $A_{sp} = 250 \text{ mm}^2$

Vinkelprofil

$$A_y = 2 \cdot P \cdot l = 2 \cdot 112 = 224 \cdot 10^3$$

$$A_i = ((157 + 314) \cdot \frac{1}{20} + 2(100 \cdot \frac{1}{80} + 2 \cdot 95 \cdot \frac{1}{50})) \cdot m = 26,9 \text{ m}$$

$$m = \frac{224 \cdot 10^3}{26,9} = 8,33 \cdot 10^3 \Rightarrow w = \frac{8,33 \cdot 10^3}{235/1,09} = 38,6 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

24 m konisk rørlin for malle med 8,5 m ringer

$$t \geq \sqrt{6 \cdot 38,6} = 15,2 \text{ mm}$$

Valg  $t = 16 \text{ mm}$ .

L 200 x 100 x 16

Kote 12  $D = 1500$

$$M = 12,7 \cdot 68,1 + 57,9 + \frac{1}{2} \cdot 12^2 \cdot 1,74 = 1048 \text{ kNm}$$

$$40 \text{ bolte } I_b = 20 \cdot 700^2 = 9,8 \cdot 10^6$$

$$P = \frac{1048 \cdot 10^6 \cdot 700}{9,80 \cdot 10^6} = 74,5 \text{ kN}$$

$$A_{sp} \geq \frac{74,5}{587} = 127 \text{ mm}^2$$

Valg M 22  $A_{sp} = 250 \text{ mm}^2$

Vindtryk

$$F_y = 2 \cdot 7 \cdot 74,5 = 149 \cdot 10^3$$

$$A_i = ((118 + 230) \cdot \frac{1}{50} + 2 \cdot 100 \cdot \frac{1}{10} + 2 \cdot 78 \cdot \frac{1}{50}) \cdot m = 18,3$$

$$m = 8,1 \cdot 10^3 \quad t \geq 15,0 \text{ mm}$$

L 150 x 100 x 15

Dørhul

Det manglende Inertimoment erstattes af to vinkelprofiler.

$$\Delta I = \int_{-d/2}^{d/2} (r \cdot \cos x)^2 \cdot r \cdot t \cdot dx = \frac{1}{2} \cdot r^3 \cdot t (\alpha + \sin \alpha)$$

hvor  $\alpha$  er vinklen som dørhullet dækker

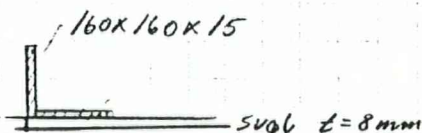
$$\alpha = 0,6667 \text{ rad}$$

$$\Delta I = \frac{1}{2} \cdot 1021^3 \cdot 8 (0,6667 + \sin 0,6667) = 5,47 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$2 \cdot A \cdot (1021 \cdot \cos(0,6667/2))^2 = 5,47 \cdot 10^9 \Rightarrow A \geq 2916 \text{ mm}^2$$

Valg L 160 x 160 x 15

$$P = 96 \text{ N/mm}^2 \cdot 7 \cdot 450 \text{ mm}^2 = 302 \text{ kN}$$



$$\text{excentricitet : } e = \frac{160 \cdot 8 \cdot 4 + 4610 \cdot (44,9 + 8)}{160 \cdot 8 + 4610} - 4 = 38,3$$

$$M_e = 38,3 \cdot 302 \cdot 10^3 = 11,6 \text{ kNm}$$

$$I = 4610 \cdot (52,9 - 42,3)^2 + 11,0 \cdot 10^6 + \frac{1}{12} \cdot 160 \cdot 8^3 + 160 \cdot 8 \cdot 38,3^2 = 13,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i = 48,0 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{1800}{48 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{235 \cdot 1,41}{1,09 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 0,454 \Rightarrow \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{yd}} = 0,868$$

$$N_{eL} = 0,868 \cdot \frac{235}{1,09} \cdot 5890 = 1103 \text{ kN}$$

24 m konisk jertårn for mølle med 8,5 m vinger

4/9-84 NY NØR

$$W = \frac{13,6 \cdot 10^6}{125,7} = 108,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{302 \cdot 10^3}{5890} + \frac{1103}{1103-302} \cdot \frac{11,6 \cdot 10^6}{108,2 \cdot 10^3} = 199 \text{ N/mm}^2 < \frac{235}{1,09} =$$

$$\underline{215 \text{ N/mm}^2}$$

Midter luge

$$\text{Kant } 16,5 \quad D = 1275 \text{ mm} \quad t = 6 \text{ mm}$$

$$\sigma = 90,6 \text{ N/mm}^2$$

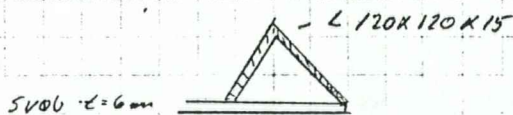
$$\alpha = 0,985 \text{ rad}$$

$$\Delta I = \frac{1}{2} \cdot 634,5^3 \cdot 6 \cdot (0,985 + \sin 0,985) = 1,39 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

$$2 \cdot A \cdot (634,5 \cos(0,985/2))^2 \geq 1,39 \cdot 10^9 \Rightarrow A \geq 2223 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valg } L 120 \times 120 \times 15 \quad A = 3390 \text{ mm}^2$$

$$P = 400 \cdot 6 \cdot 90,6 = 217 \text{ kN}$$



$$e = \frac{170 \cdot 6 \cdot 3 + 3390 \cdot 60}{4410} - 3 = 43,8 \text{ mm}$$

$$M_e = 217 \cdot 10^3 \cdot 43,8 = 9,5 \text{ kNm}$$

$$I = 1,86 \cdot 10^6 + 3390 \cdot (60 - 43,8)^2 + \frac{1}{12} \cdot 6^3 \cdot 170 + 6 \cdot 170 \cdot 43,8 = 4,41 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



24 m konisk røttain for mølle med 8,5 m ringel 11/4-84 NY NORM

$$i = 31,6 \text{ mm} \quad W = \frac{4,41 \cdot 10^6}{46,8} = 94,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_T = \frac{1350}{31,6 \cdot \pi} \sqrt{\frac{235 \cdot 441}{1,09 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 0,517$$

$$\frac{\sigma_{cr}}{f_{yd}} = 0,83 \Rightarrow N_{u1} = 792 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{217 \cdot 10^3}{4410} + \frac{792}{792 \cdot 217} \cdot \frac{9,5 \cdot 10^6}{94 \cdot 10^3} = 188 \text{ N/mm}^2 < 215 \text{ N/mm}^2$$

Øverst skive

$$\text{kant 23} \quad D = 950 \text{ mm} \quad t = 5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 78,33^\circ = 1,3671 \text{ rad}$$

$$\sigma = 53,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta I = \frac{1}{2} \cdot 945^3 \cdot 5 (1,3671 + \sin 1,3671) \leq 2 \cdot A \cdot (945 \cdot \cos(1,3671)/2)^2$$

$$\Rightarrow A \geq 2800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Valg } L 120 \times 120 \times 13 \quad A = 2970 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{170 \cdot 5 \cdot 2,5 + 2970 \cdot 73,3}{3820} - 2,5 = 55,0 \text{ mm}$$

$$M_e = 55 \cdot 117 \cdot 10^3 = 6,44 \text{ kNm}$$

$$I = 2970 \cdot (73,3 - 2,5 - 55)^2 + 162 \cdot 10^6 + \frac{1}{2} \cdot 5^3 \cdot 170 + 5 \cdot 170 \cdot 55 = 4,94 \cdot 10^6$$

$$i = 35,9 \text{ mm} \quad W = 67,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_T = 0,455 \Rightarrow \frac{\sigma_{cr}}{f_{yd}} = 0,8676 \Rightarrow N_{u2} = 715 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{117 \cdot 10^3}{3820} + \frac{715}{(715 - 117)} \cdot \frac{6,44 \cdot 10^6}{67,3 \cdot 10^3} = 145 \text{ N/mm}^2 < 215 \text{ N/mm}^2$$

24 m konisk støttein for mølle med 8,5 m vinger 11/9-84 NYNØR

Topning

12 bolte.

$$M = 68,7 \cdot 0,7 + 57,9 = 105 \text{ kNm}$$

$$N = 30 \text{ kN}$$

$$I_B = 6 \cdot 435^2 = 1,14 \cdot 10^6$$

$$P = \frac{105 \cdot 10^6 \cdot 435}{1,14 \cdot 10^6} - \frac{50 \cdot 10^3}{12} = 35,8 \text{ kN}$$

Gennemlookning:  $t \geq \sqrt{\frac{1,5 \cdot 35,8 \cdot 10^3}{\pi \cdot 215}} = \underline{8 \text{ mm}}$

U: 120 t = 9 mm OK.

Vunderup. d. 11/9-1984

*J. Hyed*



LAV FUNDAMENT TIL 22 m RØRTÅRN, HØLLE 175

28/9-84

FORUDSÆTNINGER

Belastningen ved fundamentsoverkant er taget fra  
kårberegningerne

$$M_{Fok} = 68,1 + 57,9 + \frac{1}{2} \cdot 22^2 \cdot 1,74 = 2025 \text{ kNm}$$

$$V_{Fok} = \quad \quad \quad = 102 \text{ kN}$$

$$H = 68,1 + 22 \cdot 1,74 = 106 \text{ kN}$$

NORMER

Fundering : DS 415 (feb. 1984)

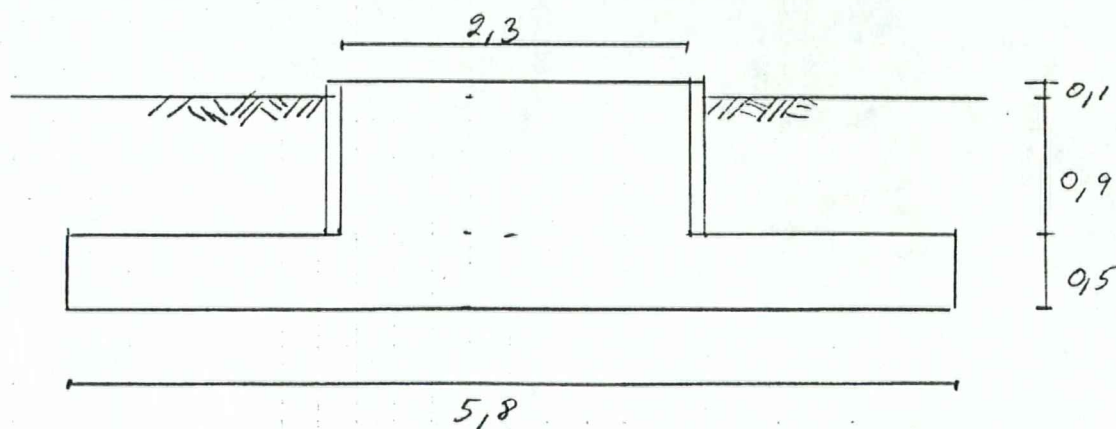
Beton : DS 411

JORDBUNDSFORHOLD

Sand :  $\varphi_{kl} = 35^\circ$

eller

Ler :  $c_u = 50 \text{ kN/m}^2$

GOMETRI

DIMENSIONERING

Krafter ved fundamentunderskant:

$$M_{FUK} = 2025 + 1,5 \cdot 106 = 2184 \text{ kNm}$$

$$V_{FUK} = 102 + (2,3^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1,0 + 5,8^2 \cdot 0,5) \cdot 23,5 + (5,8^2 \cdot 0,9 - 2,3^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,9) \cdot 18 = 1072 \text{ kN}$$

$$H = 106 \text{ kN}$$

$$e = \frac{2184}{1072} = 2,04 \text{ m} \Rightarrow \bar{B} = 1,72 \text{ m} \Rightarrow \bar{A} = 9,98 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{1072}{9,98} = \underline{108 \text{ kN/m}^2}$$

STYRKEPARAMETRE

$$1) \text{ Sand: } \varphi_n = 35^\circ \quad \varphi_d = \text{tg}^{-1} \left( \frac{\text{tg}(35)}{1,2} \right) = 30,3^\circ$$

$$N_y = 15,5$$

$$s_y = 1 - 0,4 \cdot \frac{1,72}{5,8} = 0,88$$

$$i_y = \left( 1 - \frac{106}{1072} \right)^4 = 0,658$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 1,72 \cdot 15,5 \cdot 0,88 \cdot 0,658 \cdot (1,05 + \text{tg}^3(30,3)) =$$

$$\underline{173 \text{ kN/m}^2} > \underline{107 \text{ kN/m}^2}$$

2) LER

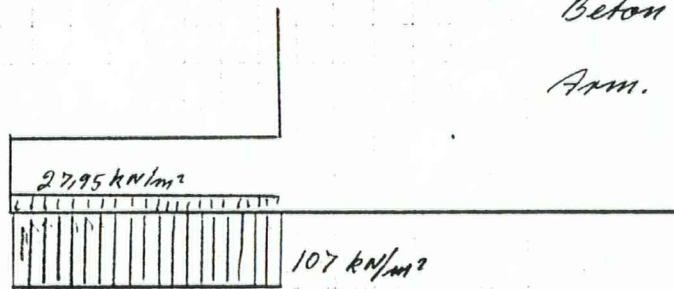
$$c_u = 50 \text{ kN/m}^2 \quad c_{ud} = \frac{50}{1,8} = 27,8 \text{ kN/m}^2$$

$$N_c^* = 5,14$$

$$S_c^* = 1 + 0,2 \cdot \frac{472}{51,8} = 1,06$$

$$i_c^* = 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{106}{9,98 \cdot 27,8}} = 0,89$$

$$\frac{Q}{A} = 27,8 \cdot 5,14 \cdot 1,06 \cdot 0,89 \cdot 2 = \underline{270 \text{ kN/m}^2} \quad \underline{7107 \text{ kN/m}^2}$$

BETONPLADEBeton :  $20 \text{ N/mm}^2$ Arm. :  $560 \text{ N/mm}^2$ 

$$M_{\max} = (107 - 27,95) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,75^2 = 122 \text{ kNm/m}$$

$$T \ 14/200 \text{ mm} \Rightarrow A_s = 770 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\phi = \frac{770 \cdot 400}{1000 \cdot 430 \cdot 11,1} = 0,065 \Rightarrow \mu = 0,068$$

$$M = 0,068 \cdot 1000 \cdot 430^2 \cdot 11,1 = \underline{139 \text{ kNm/m}} \quad \underline{7122 \text{ kNm/m}}$$

Overside armering  $T \ 12/200 \text{ mm}$

BETONCYLINDER.

45 stk T 16

Betonradius : 1150 mm

Arm. radius : 1100 mm

9 trykstænger.

EA = 257 mm

EB = 1021 mm

$$M = (1021 + 257) \cdot 201 \cdot 400 (45 - 9) = \underline{3700 \text{ kNm}} > \underline{2184 \text{ kNm}}$$

Fordelingsarmering 4 ringe T 10

Vunderup d. 23/9 1984

J. Hjelte

**ALFRED PRIESS A/S**

7830 VINDERUP · Telefon (07) 44 10 11

