

Oggetto

RELAZIONE DIMENSIONAMENTO IMPIANTO IDROELETTRICO

Fiume Marta (VT)

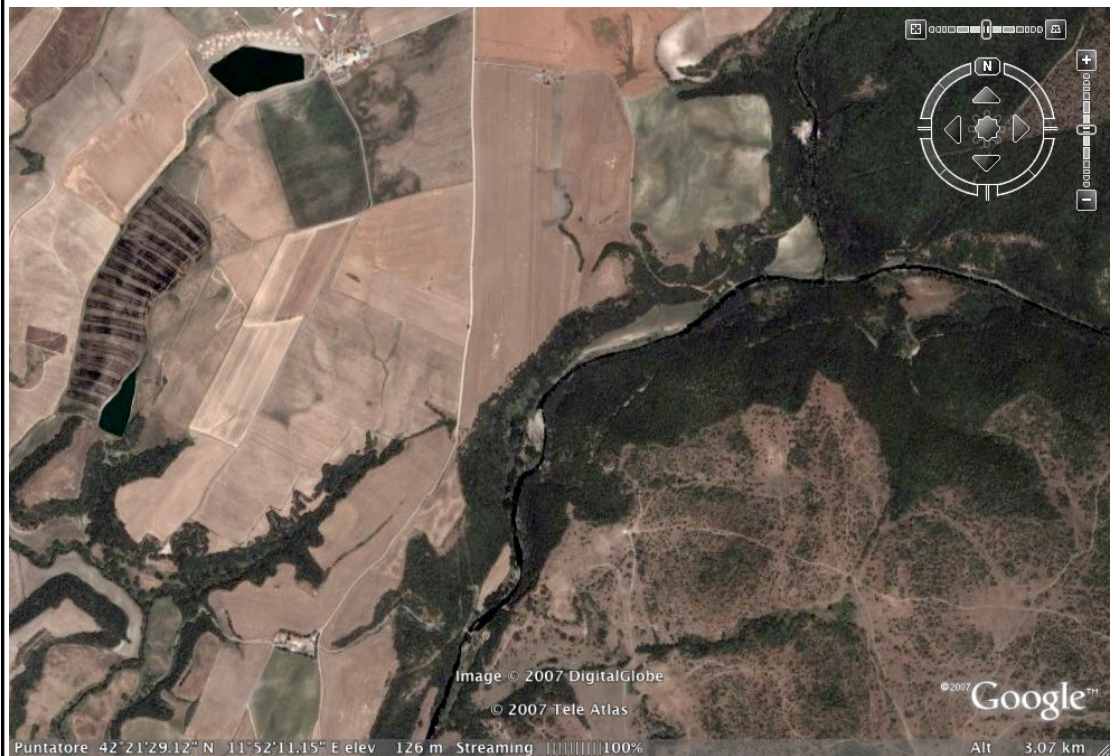
Corso

STRUTTURE IDRAULICHE

Ingegneria per la protezione del territorio dai rischi naturali

Docente

Prof. Guido Calenda



Studenti

**Berti Andrea
Campolese Mattia
Cianfanelli Marco**

Anno

2007 / 2008

Sommario

| | |
|--|----|
| Input di progetto..... | 2 |
| Localizzazione..... | 2 |
| Dati di progetto..... | 3 |
| Dimensionamenti..... | 4 |
| Condotta..... | 4 |
| Diametro..... | 4 |
| Spessore minimo..... | 5 |
| Perdite di carico..... | 5 |
| Turbina..... | 6 |
| Scelta della turbina..... | 6 |
| Diametro della turbina..... | 7 |
| Diametro del getto..... | 7 |
| Pale..... | 7 |
| Verifica dell'efficienza..... | 8 |
| Verifiche..... | 9 |
| Colpo d'ariete..... | 9 |
| Equazioni risolutive..... | 9 |
| Chiusura graduale..... | 10 |
| Chiusura istantanea..... | 11 |
| Metodo grafico Schneider Bergeron..... | 12 |
| Pozzo piezometrico..... | 14 |
| Equazioni risolutive..... | 16 |
| Senza camera..... | 16 |
| Con camera..... | 22 |
| Con dissipatore..... | 38 |
| Confronto tra le soluzioni..... | 46 |

Input di progetto

Localizzazione

L'impianto idroelettrico è costituito da una vasca di carico dalla quale si dirama una condotta monodiametro fino ad una turbina che restituisce l'acqua nel fiume Marta, unico emissario del lago di Bolsena che scorre in provincia di Viterbo.

Il posizionamento del serbatoio d'accumulo per un impianto risulta assolutamente una decisione strategica fondamentale ai fini del buon rendimento dell'impianto stesso. In particolare questa scelta influenza la lunghezza delle condotte di mandata ed il carico utile del sistema. La nostra centrale posizionata sul fiume Marta si inserisce in un contesto geografico tale da non offrire grandissimi salti tanto che il punto da noi ritenuto ottimale presenta un dislivello di circa 95 m. La disposizione delle condotte invece è stata molto più agevole poiché si è andata a sistemare lungo la scarpata che immediatamente adiacente al serbatoio, minimizzando così la lunghezza del percorso.

L'impianto è infatti situato nei pressi del congiungimento tra il fiume Marta e il fiume Traponzo, suo affluente:

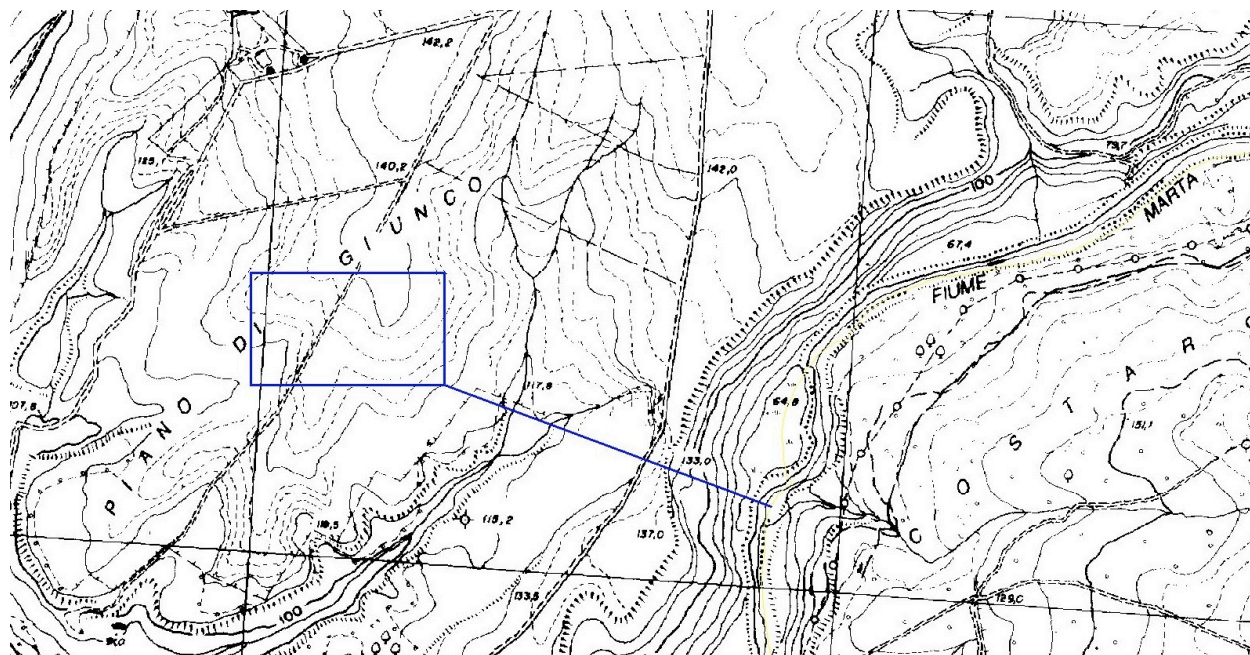


Fig. 1: Localizzazione su carta topografica vasca di carico e condotta

Dati di progetto

Si assume che la vasca di carico abbia sempre disponibilità d'acqua (come se fosse alimentata da un fiume esistente nella zona indicata); inoltre in seguito al posizionamento effettuato si hanno i seguenti dati di progetto:

| | |
|--|-----------------------------------|
| <i>Quota di monte vasca</i> | <i>141 m</i> |
| <i>Quota di valle ricettore</i> | <i>46 m</i> |
| <i>Dislivello (Δh)</i> | <i>95 m</i> |
| <i>Portata (Q)</i> | <i>0,6 m³/s</i> |

Tabella 1: Dati vasca di carico

| | |
|--|---|
| <i>Lunghezza</i> | <i>140 m</i> |
| <i>Materiale</i> | <i>Acciaio FE430</i> |
| <i>Modulo elastico (E)</i> | <i>1,962 x 10¹¹ N/m²</i> |
| <i>Resistenza caratteristica a snervamento (f_{yd})</i> | <i>275 MPa</i> |
| <i>Coefficiente di Manning per tubi usati</i> | <i>0,016 m^{1/3}/s</i> |
| <i>Densità acqua (ρ)</i> | <i>1000 kg/m³</i> |
| <i>Comprimibilità acqua (α)</i> | <i>5,117 x 10⁻¹⁰ m³/N</i> |
| <i>Modulo elastico acqua (E_a)</i> | <i>1954183267 N/m²</i> |
| <i>Coefficiente di contrazione (C_c)</i> | <i>0,67</i> |
| <i>Coefficiente di efflusso (μ_0)</i> | <i>0,97</i> |

Tabella 2: Dati condotta

| | |
|---------------------------|---------------|
| <i>Tipologia</i> | <i>Pelton</i> |
| <i>Frequenza corrente</i> | <i>50 Hz</i> |
| <i>Numero di poli</i> | <i>8</i> |

Tabella 3: Dati turbina

Dimensionamenti

Condotta

Diametro

Il dimensionamento della condotta forzata in pressione è stato effettuato imponendo la velocità pari a $U = 1 \text{ m/s}$ e calcolando il diametro secondo la relazione $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi U}}$.

Essendo $Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, $D = 0,874 \text{ m}$.

Dalla seguente tabella dei diametri nominali per tubazioni in acciaio:

| Diametro nominale DN mm | Diametro esterno specificato D mm | Serie A | | Serie B | | Serie C | | Serie U | |
|-------------------------------|---|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | | Spessore s mm | Massa lineica kg/m | Spessore s mm | Massa lineica kg/m | Spessore s mm | Massa lineica kg/m | Spessore s mm | Massa lineica kg/m |
| 40 | 48,3 | | | | | 2,6 | 2,93 | | |
| 50 | 60,3 | | | | | 2,9 | 4,11 | | |
| 65 | 76,1 | | | 2,6 | 4,71 | 2,9 | 5,24 | | |
| 80 | 88,9 | 2,6 | 5,53 | 2,9 | 6,15 | 3,2 | 6,76 | | |
| 100 | 114,3 | 2,6 | 7,16 | 3,2 | 8,77 | 4,0 | 10,9 | | |
| 125 | 139,7 | 2,9 | 9,78 | 3,6 | 12,1 | 4,5 | 15,0 | | |
| 150 | 168,3 | 3,2 | 13,0 | 4,0 | 16,2 | 4,5 | 18,2 | | |
| 200 | 219,1 | 4,0 | 21,2 | 5,0 | 26,4 | 5,9 | 31,0 | | |
| 250 | 273 | 4,0 | 26,5 | 5,6 | 36,9 | 6,3 | 41,4 | | |
| 300 | 323,9 | 4,0 | 31,6 | 5,9 | 46,3 | 7,1 | 55,5 | | |
| 350 | 355,6 | 5,0 | 43,2 | 6,3 | 54,3 | 7,1 | 61,0 | | |
| 400 | 406,4 | 5,0 | 49,5 | 6,3 | 62,2 | 7,1 | 69,9 | | |
| 450 | 457 | 5,6 | 62,3 | 6,3 | 70,0 | 8,0 | 88,6 | | |
| 500 | 508 | 5,6 | 69,4 | 6,3 | 77,9 | 8,8 | 108 | | |
| 600 | 610 | 5,6 | 83,5 | 6,3 | 93,8 | 12,5 | 184 | | |
| | | 5,9 | 87,9 | | | | | | |
| 700 | 711 | 6,3 | 109 | 7,1 | 123 | 12,5 | 215 | | |
| 750 | 762 | 6,3 | 117 | 8,0 | 149 | 12,5 | 231 | | |
| 800 | 813 | 7,1 | 141 | 8,0 | 159 | 12,5 | 247 | | |
| 900 | 914 | 8,0 | 179 | 10,0 | 223 | 14,2 | 315 | | |
| 1 000 | 1 016 | 8,8 | 219 | 10,0 | 248 | 14,2 | 351 | | |
| 1 200 | 1 220 | | | | | | | 10,0 | 298 |
| 1 400 | 1 420 | | | | | | | 11,0 | 382 |
| 1 600 | 1 620 | | | | | | | 12,5 | 496 |
| 1 800 | 1 820 | | | | | | | 12,5 | 557 |
| 2 000 | 2 020 | | | | | | | 12,5 | 619 |
| 2 200 | 2 220 | | | | | | | 14,2 | 772 |
| 2 400 | 2 440 | | | | | | | 16,0 | 956 |
| 2 500 | 2 540 | | | | | | | 16,0 | 996 |
| 2 600 | 2 640 | | | | | | | 17,5 | 1 132 |
| 2 700 | 2 740 | | | | | | | 17,5 | 1 175 |

Tabella 4: Diametri nominali tubazioni acciaio

si è scelto un tubo DN 900 – Serie A, ovvero $D = 0,9 \text{ m}$ e spessore pari a $s = 8 \text{ mm}$.

Spessore minimo

Va verificato lo spessore minimo necessario per resistere alla pressione idrostatica agente più un contributo del 20% come indicato da normativa per stimare l'effetto dei fenomeni di moto vario:

$$P_{idro} = \rho g \Delta_h \quad \text{quindi } P. \text{ idrostatica} = 0,932 \text{ MPa e } P. \text{ di progetto} = 1,118 \text{ MPa}$$
$$P_d = P_{idro} \cdot (1,2)$$

Si utilizza la formula di Mariotte per il calcolo dello spessore, ponendo la tensione agente pari a quella ammissibile dell'acciaio $\sigma = f_{yd}$ pari in questo caso a 275 MPa:

$$s_{min} = \frac{P_d \cdot D}{2 f_{yd}} \quad \text{quindi } s_{min} = \mathbf{1,83 \text{ mm}} > s = 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{VERIFICATO}$$

Perdite di carico

E' possibile ora stimare le perdite di carico distribuite della condotta tramite la relazione:

$$\Delta_h = J \cdot L \quad \text{con} \quad J = \frac{n^2 Q^2}{16 \pi^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{16/3}}$$

quindi $J = 0,0017$ e $\Delta h = \mathbf{0,23 \text{ m}}$.

Turbina

Scelta della turbina

Allo sbocco si ha un getto la cui velocità è quella di efflusso torricelliana ricavabile dalla relazione $V = \mu \sqrt{2g(h - \Delta_h)}$ con μ coefficiente di contrazione pari a 0,98:

$$V = 0,98 * \text{sqrt}(2 * 9,81 * (95 - 0,23)) = 42,26 \text{ m/s}$$

Il numero di giri dell'alternatore dipende dalla frequenza della corrente ed il numero dei poli, ed è quindi pari a $\omega_a = \frac{60f}{p/2} = 750 \text{ giri/min}$.

Il numero di giri della turbina è pari a quello dell'alternatore se si considera, come in questo caso, il rapporto di riduzione "m" unitario: $\omega_t = \frac{\omega_a}{m} = 750 \text{ giri/min}$.

Il numero di giri caratteristico è il parametro di dimensionamento e verifica. E' pari a $\omega_c = \omega_t \frac{N^{1/2}}{H^{3/4}}$ con $N = \eta g Q H$ potenza effettiva della turbina; considerando un rendimento quasi unitario, si ha in questo caso $N = 558 \text{ KW}$ e $\omega_c = 59,9 \text{ giri/min}$.

Dalla seguente tabella si ricava il numero di giri caratteristici consigliato per diversi tipi di turbina:

| tipo di turbina | | salto | ω_c |
|-----------------|-----------------|-------------|------------|
| Pelton | a un getto | > 800 | > 13 |
| | | 800 ÷ 400 | 13 ÷ 19 |
| | | 400 ÷ 100 | 19 ÷ 26 |
| | a due getti | 800 ÷ 400 | 19 ÷ 26 |
| | | 400 ÷ 100 | 26 ÷ 36 |
| | a quattro getti | 400 ÷ 100 | 36 ÷ 50 |
| Francis | lentissime | 400 ÷ 200 | 40 ÷ 50 |
| | lente | 200 ÷ 100 | 50 ÷ 90 |
| | medie | 100 ÷ 50 | 90 ÷ 150 |
| | veloci | 50 ÷ 25 | 150 ÷ 220 |
| | ultraveloci | 25 ÷ 15 | 220 ÷ 330 |
| Eliche | velocissime | < 15 | 300 ÷ 370 |
| Kaplan | medie | 50 ÷ 15 | 200 ÷ 370 |
| | veloci | < 15 | 370 ÷ 590 |
| | velocissime | pochi metri | 590 ÷ 800 |

Tabella 5: Numeri di giri caratteristici per il funzionamento ottimale di diversi tipi di turbina

In questo caso si è adottata una turbina **Pelton** ad un getto per un carico pari a circa 95 m. Il ω_c calcolato precedentemente è risultato però troppo elevato, pertanto si è scelto di considerare 2 turbine a 2 getti e un rapporto di riduzione m pari a 1,5.

Si ha quindi $\omega_t = 750/1,5 = 500 \text{ giri/min}$.

La relazione per ω_c si trasforma in $\omega_c = \omega_t \frac{\left(\frac{N}{n_g n_t}\right)^{1/2}}{H^{3/4}}$ e si ha

$\omega_c = 20$ giri/min, compatibile con le indicazioni in tabella.

Diametro della turbina

Per calcolare il diametro della ruota è necessario ricavare la velocità periferica della turbina, pari a $U = k_u \cdot V$ con $k_u = 0,46$ coefficiente che considera l'angolo tra il bordo di ingresso delle pale e la direzione del getto:

$$U_{\text{per}} = 0,46 \cdot 42,26 = 19,44 \text{ m/s} .$$

Il diametro è ottenibile dalla relazione $D = \frac{60 U}{\pi \omega_t}$ e in questo caso $D = 0,742$ m ; è stato quindi scelto **D = 0,8 m**.

Diametro del getto

Va determinato il diametro del getto che colpisce le pale della turbina. Esso è espresso dalla relazione $d = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi n_t n_g V}}$:

$d = 0,067$ m ; è stato quindi scelto **d = 0,07 m** .

Considerando l'uso di 2 turbine ognuna con 2 getti la portata è suddivisa in distributori più piccoli del diametro della condotta, adottando quindi tubi **DN 650** e **DN 450**. Si trascurano le perdite di carico agli sbocchi e ai raccordi.

Pale

Il numero delle pale necessario è stabilito dal criterio empirico $n_p = \frac{D}{65}$ approssimando al multiplo di 4 più piccolo.

In questo caso $D / 65 = 0,012$ quindi **$n_p = 12$** .

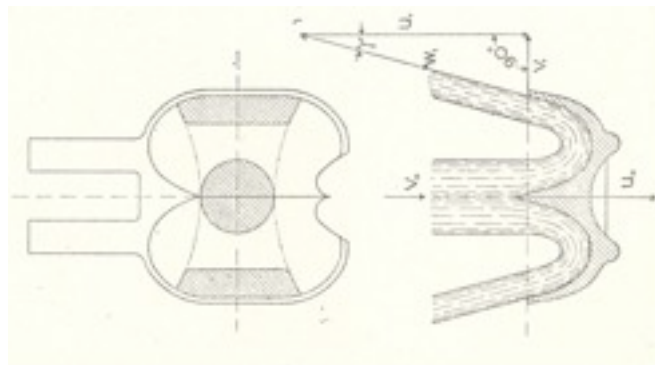


Fig. 2: Schema pala per turbina Pelton

Per la larghezza della doppia pala (indicata con a) e la sua altezza (b) esistono le relazioni:

$$a = 3 \div 3,5 d$$

$$b = 0,7 \div 0,9 a$$

Quindi:

$$a = 3,5 * 0,7 = \mathbf{0,24 \text{ m}}$$

$$b = 0,8 * 0,25 = \mathbf{0,2 \text{ m}}$$

L'angolo dello spigolo di separazione di due cucchiari accoppiati di una pala è stato posto pari a $\theta = 13^\circ$ mentre l'angolo di uscita delle pale è stato fissato pari a $\psi = 12^\circ$.

Verifica dell'efficienza

Per ottenere una turbina di forma corretta con la massima efficienza il rapporto tra il diametro del getto e quello della turbina è legato al numero caratteristico dalla relazione:

$$\frac{d}{D} = \frac{\omega_c}{250 \sqrt{n_g}}$$

In questo caso il confronto risulta pari a $0,09 = 0,06$ ovvero valori leggermente differenti.

Verifiche

Colpo d'ariete

La sovrappressione conseguente allo sviluppo del fenomeno di moto vario elastico all'interno del sistema genera notevoli sforzi sulle condotte forzate. Per evitare che si debbano sovradimensionare tali condotte, con costi chiaramente crescenti, è bene valutare qual è la massima velocità di chiusura ammissibile per il sistema perché non si superi un aumento del 25% delle pressioni. Tale chiusura deve essere più rapida possibile al fine di sprecare meno "acqua pregiata" e dunque potenziale energia. Il metodo usato per la risoluzione di tale problema è quello delle caratteristiche, introdotto dallo studio fondamentale dell' *Evangelisti*, che consente di risolvere lungo le *linee caratteristiche* (ossia quelle per cui $ds/dt = \pm c$) le equazioni del moto tenendo conto anche delle dissipazioni. Dalle analisi pertanto è possibile visualizzare l'andamento smorzato del fenomeno, che tende chiaramente verso la soluzione idrostatica per tempi sufficientemente grandi.

Decidendo l'istante t di partenza inferiore alla durata di fase è possibile descrivere l'andamento discreto delle sovrappressione a distanza di multipli di fase dall'istante t scelto. Pertanto ripetendo le analisi per un sufficiente numero di punti nell'intervallo $(0, \theta)$ è possibile graficare in modo apprezzabilmente valido l'andamento delle sovrappressione nel sistema.

La validità del calcolo analitico può essere sostenuta dal calcolo grafico secondo il metodo di *Schneider-Bergeron*. Tale metodo, risolvendo il problema sul grafico (v, σ) , restituisce esattamente gli stessi risultati del metodo analitico dell' *Evangelisti*.

Si è calcolata quindi la massima sovrappressione di colpo d'ariete nella sezione dell'otturatore verificando che essa non superi la sovrappressione relativa massima del 25%.

Equazioni risolutive

a) equazione del moto:

$$\sigma_{\tau} + \sigma_{\tau-1} - 2\beta(v_{\tau} - v_{\tau-1}) = 0$$

con:

σ_{τ} sovrappressione ridotta

$$\beta = \frac{c Q_0}{2g \omega h_0} \quad \text{con } \omega \text{ area della sezione della condotta}$$

$$\tau = \frac{t}{\theta} = \frac{ct}{2L} \quad \text{con } t \text{ multipli della durata di fase} \quad \theta = \frac{2L}{c}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho(\alpha + k)}} \quad \text{celerità d'onda}$$

$$k = \frac{D}{sE} \quad \text{rigidezza della condotta}$$

b) condizione d'estremità inferiore

$$v_{\tau} = a(\xi_{\tau}) \sqrt{\sigma_{\tau} + 1}$$

con

$$a(\xi_\tau) = \xi_\tau \frac{\mu(\xi_\tau)}{\mu_0} \text{ grado di apertura dell'otturatore a valle}$$

Si è posto il rapporto $\frac{\mu(\xi_\tau)}{\mu_0} = 1$ e la chiusura dell'otturatore effettuata in un tempo pari a 5τ , mentre la velocità nella condotta in esercizio è pari a 1 m/s.

Si noti come ad ogni istante τ il risolutore matematico debba eseguire un calcolo iterativo a causa del riferimento incrociato tra σ e τ .

c) altezze e pressioni

Ad ogni iterazione viene calcolato:

- il carico agente $h_\tau = (\sigma_0 \cdot h_0) + h_0$ [m]

- la pressione agente $P = \rho g h_\tau$ [N/m²]

- la differenza di pressione con quella idrostatica a tempo 0 ($P_0 = \rho g h_0$) e la sua differenza in termini di percentuale

Il carico agente sull'otturatore prima della chiusura è $h_0 = 95$ m.

In base ai dati di input e ai valori calcolati precedentemente si è ottenuto:

| | |
|-------------|---|
| ω | 0,636172512 m ² |
| k | 5,73394 x 10 ⁻¹⁰ m ² /N |
| c | 959,9889184 m/s |
| β | -0,485758 |
| ϑ | 0,27083646 |
| P_0 | 931950 N/m ² |

Tabella 6: Valori fissati per la soluzione dell'equazione del moto

Chiusura graduale

Effettuando la chiusura gradualmente si hanno le seguenti iterazioni:

| τ | h_τ | σ_τ | ζ_τ | $a(\zeta)$ | v_τ | P | ΔP | % |
|--------|-------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 0 | 95 | 0 | 1 | 1 | 1 | 931950 | 0 | 0 |
| 1 | 112,100969 | <u>0,1800102</u> | <u>0,75</u> | <u>0,75</u> | <u>0,814712058</u> | 1099710,506 | 167760,506 | 18,00102001 |
| 2 | 104,6564687 | <u>0,101647039</u> | <u>0,5</u> | <u>0,5</u> | <u>0,524796875</u> | 1026679,958 | 94729,95801 | 10,1647039 |
| 3 | 109,0573885 | <u>0,147972511</u> | <u>0,25</u> | <u>0,25</u> | <u>0,267858698</u> | 1069852,982 | 137902,9816 | 14,79725109 |
| 4 | 105,6643675 | <u>0,1122565</u> | 0 | 0 | 0 | 1036567,445 | 104617,4447 | 11,22564995 |
| 5 | 84,33563254 | -0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 827332,5553 | -104617,4447 | -11,22564995 |
| 6 | 105,6643675 | 0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 1036567,445 | 104617,4447 | 11,22564995 |
| 7 | 84,33563254 | -0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 827332,5553 | -104617,4447 | -11,22564995 |
| 8 | 105,6643675 | 0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 1036567,445 | 104617,4447 | 11,22564995 |
| 9 | 84,33563254 | -0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 827332,5553 | -104617,4447 | -11,22564995 |
| 10 | 105,6643675 | 0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 1036567,445 | 104617,4447 | 11,22564995 |
| 11 | 84,33563254 | -0,1122565 | 0 | 0 | 0 | 827332,5553 | -104617,4447 | -11,22564995 |

Tabella 7: Iterazioni per calcolo sovrappressioni - apertura graduale in 5τ

La sovrappressione massima ottenuta è di **167761 N/m²** con un incremento del **18%** rispetto a quella iniziale verificando la prescrizione di progetto.

Chiusura istantanea

E' interessante effettuare un confronto dei dati precedentemente calcolati con quelli che si ottengono effettuando questa volta una chiusura istantanea dell'otturatore. Dalla teoria del moto vario elastico si ha che la sovrappressione massima è pari a $\Delta_p = \rho c V_0$ e quindi in questo caso si ha $\max \Delta p = 905404 \text{ N/m}^2$.

Le iterazioni sono le seguenti:

| τ | h_τ | σ_τ | ζ_τ | $a(\zeta)$ | v_τ | P | ΔP | % |
|--------|------------|---------------|--------------|------------|----------|-------------|--------------|--------------|
| 0 | 95 | 0 | 1 | 1 | 1 | 931950 | 0 | 0 |
| 1 | 187,29402 | 0,971516 | 0 | 0 | 0 | 1837354,336 | 905404,3359 | 97,15159997 |
| 2 | 2,70598003 | -0,971516 | 0 | 0 | 0 | 26545,66409 | -905404,3359 | -97,15159997 |
| 3 | 187,29402 | 0,971516 | 0 | 0 | 0 | 1837354,336 | 905404,3359 | 97,15159997 |
| 4 | 2,70598003 | -0,971516 | 0 | 0 | 0 | 26545,66409 | -905404,3359 | -97,15159997 |
| 5 | 187,29402 | 0,971516 | 0 | 0 | 0 | 1837354,336 | 905404,3359 | 97,15159997 |
| 6 | 2,70598003 | -0,971516 | 0 | 0 | 0 | 26545,66409 | -905404,3359 | -97,15159997 |
| 7 | 187,29402 | 0,971516 | 0 | 0 | 0 | 1837354,336 | 905404,3359 | 97,15159997 |
| 8 | 2,70598003 | -0,971516 | 0 | 0 | 0 | 26545,66409 | -905404,3359 | -97,15159997 |
| 9 | 187,29402 | 0,971516 | 0 | 0 | 0 | 1837354,336 | 905404,3359 | 97,15159997 |
| 10 | 2,70598003 | -0,971516 | 0 | 0 | 0 | 26545,66409 | -905404,3359 | -97,15159997 |
| 11 | 187,29402 | 0,971516 | 0 | 0 | 0 | 1837354,336 | 905404,3359 | 97,15159997 |

Tabella 8: Iterazioni per calcolo sovrappressioni - apertura istantanea

Si noti come la Δp alla prima iterazione sia pari a quella precedentemente calcolata e come essa sia molto superiore a quella della chiusura graduale.

Ciò è evidente nel seguente grafico:

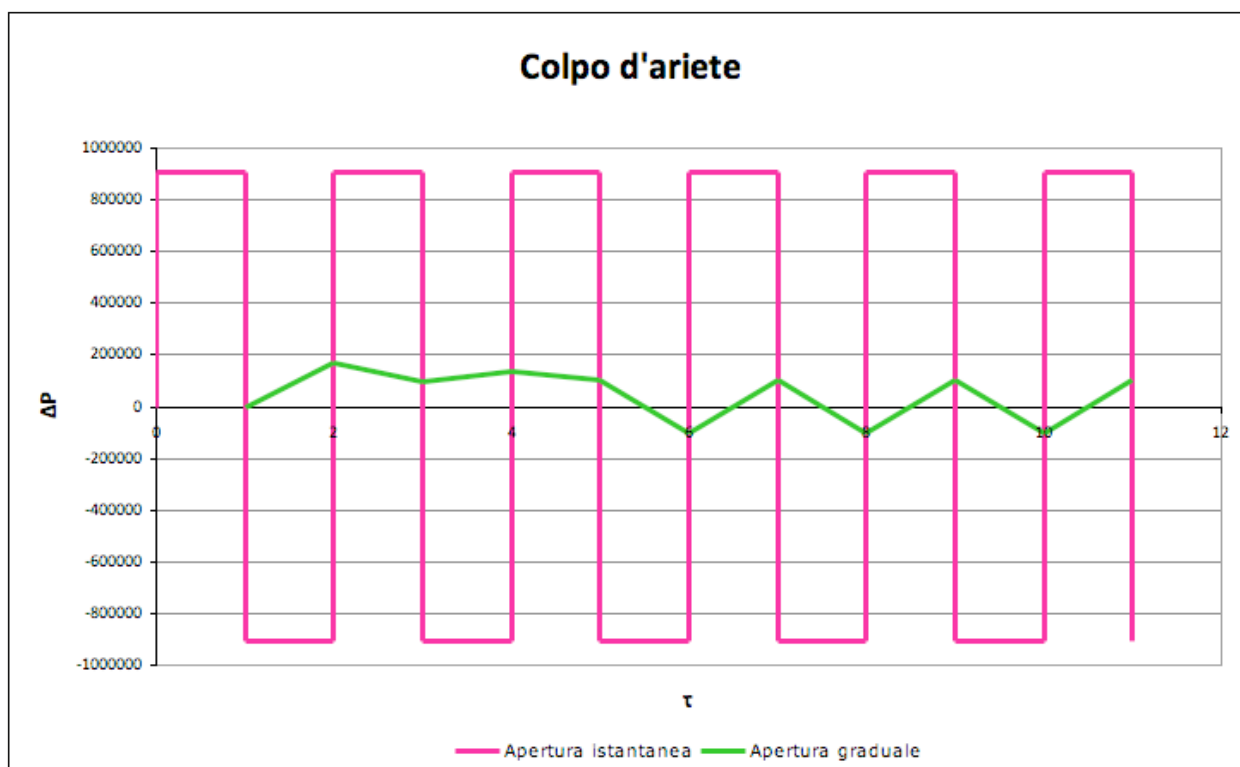


Fig. 3: Confronto tra le tipologie di aperture

Si noti come avendo trascurato nel modello le perdite di carico da un certo istante in poi il fenomeno si ripete ciclicamente senza smorzamenti.

Metodo grafico Schneider Bergeron

Per verificare la soluzione con le equazioni alle caratteristiche si può adottare il metodo grafico che descrive il fenomeno nel piano σ, v .

Dalle equazioni precedenti si ottengono le relazioni che esprimono σ in termini di parabola e retta a seconda del grado di apertura:

$$\sigma_{\tau} = \left(\frac{v_{\tau}}{a(\xi)} \right)^2 - 1$$

$$\sigma_{\tau} = 2\beta v_{\tau} - 2\beta$$

Nel caso di chiusura totale $a = 0$ la parabola degenera nella retta coincidente con l'asse σ .

In questo caso si sono ottenute 4 parabole e 4 rette corrispondenti ai gradi di apertura $a = 1$, $a = 0.75$, $a = 0.5$ e $a = 0.25$:

| v_{τ} | $\sigma(a=1)$ | $\sigma(a=0,75)$ | $\sigma(a=0,5)$ | $\sigma(a=0,25)$ | retta(a=1) | retta(a=0,75) | retta(a=0,5) | retta(a=0,25) |
|------------|---------------|------------------|-----------------|------------------|------------|---------------|--------------|---------------|
| 1,40 | 0,96 | 2,4844444 | 6,84 | 30,36 | -0,3886064 | -0,7483674 | -0,95208278 | -1,2477369 |
| 1,30 | 0,69 | 2,0044444 | 5,76 | 26,04 | -0,2914548 | -0,6512158 | -0,85493118 | -1,1505853 |
| 1,20 | 0,44 | 1,56 | 4,76 | 22,04 | -0,1943032 | -0,5540642 | -0,75777958 | -1,0534337 |
| 1,10 | 0,21 | 1,1511111 11 | 3,84 | 18,36 | -0,0971516 | -0,4569126 | -0,66062798 | -0,9562821 |
| 1,00 | 0 | 0,7777777 | 3 | 15 | 0 | -0,3597610 | -0,56347638 | -0,8591305 |
| 0,90 | -0,19 | 0,44 | 2,24 | 11,96 | 0,0971516 | -0,2626094 | -0,46632478 | -0,7619789 |
| 0,80 | -0,36 | 0,1377777 | 1,56 | 9,24 | 0,1943032 | -0,1654578 | -0,36917318 | -0,6648273 |
| 0,70 | -0,51 | -0,1288888 | 0,96 | 6,84 | 0,2914548 | -0,0683062 | -0,27202158 | -0,5676757 |
| 0,60 | -0,64 | -0,36 | 0,44 | 4,76 | 0,3886064 | 0,028845383 | -0,17486998 | -0,4705241 |
| 0,50 | -0,75 | -0,5555555 | 0 | 3 | 0,485758 | 0,125996983 | -0,07771838 | -0,3733725 |
| 0,40 | -0,84 | -0,7155555 | -0,36 | 1,56 | 0,5829096 | 0,223148583 | 0,01943322 | -0,2762209 |
| 0,30 | -0,91 | -0,84 | -0,64 | 0,44 | 0,6800612 | 0,320300183 | 0,11658482 | -0,1790693 |
| 0,20 | -0,96 | -0,9288888 | -0,84 | -0,36 | 0,7772128 | 0,417451783 | 0,21373642 | -0,0819177 |
| 0,10 | -0,99 | -0,9822222 | -0,96 | -0,84 | 0,8743644 | 0,514603383 | 0,31088802 | 0,015233836 |
| 0,00 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0,971516 | 0,611754983 | 0,40803962 | 0,112385436 |

Tabella 9: Calcolo delle parabole e rette con valori discreti

Le parabole sono state approssimate con le linee di tendenza per determinarne l'equazione e poter, tramite l'intersezione con le rispettive rette, determinare la soluzione.

Indicando con a, b, c i parametri della parabola e m e q quelli della retta si ha:

| Parametri: | $x(a=1)$ | $x(a=0,75)$ | $x(a=0,5)$ | $x(a=0,25)$ | $x(a=0)$ |
|-----------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a | 1 | 1,777 | 4 | 16 | infinito |
| b | 2,00E-14 | 3E-14 | 7E-14 | 2,00E-13 | 0 |
| c | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| m | | -0,971516 | -0,971516 | -0,971516 | -0,971516 |
| q | | 0,971516 | 0,611754983 | 0,40803962 | 0,112385436 |
| Soluzioni: | | | | | |
| v_{τ} | 1 | 0,814845552 | 0,524847045 | 0,267841732 | 0 |
| σ_{τ} | 0 | 0,179880508 | 0,101857682 | 0,147827092 | 0,112385436 |

Tabella 10: Determinazione delle intersezioni retta-parabola per ogni a

Confrontando con i risultati ottenuti per le prime 5 iterazioni nel caso di apertura graduale si può notare come i valori siano praticamente coincidenti.

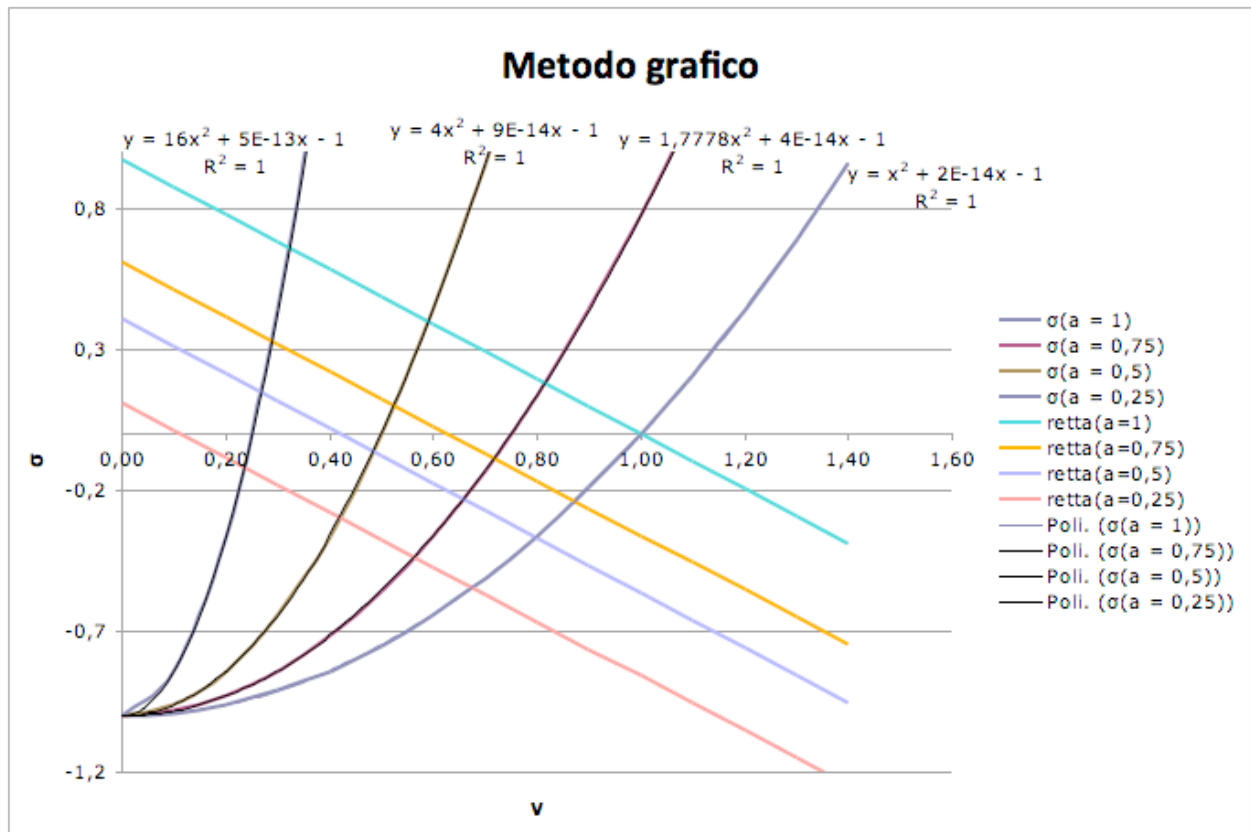


Fig. 4: Rappresentazione del metodo grafico con indicazione delle linee di tendenza

Pozzo piezometrico

Il fenomeno di moto vario d'insieme, che si sviluppa nel pozzo piezometrico e nella galleria, genera notevoli oscillazioni di livello altimetrico del pelo libero nel pozzo, pertanto risulta necessario dimensionarne in maniera corretta la lunghezza per evitare fuoriuscite d'acqua cospicue. La chiusura dell'otturatore, non potendo bloccare immediatamente il flusso idraulico nella galleria, impone che l'acqua si vada ad accumulare nel pozzo pertanto la spinta inerziale del moto tende a far salire il livello finché l'energia cinetica e di pressione non si sono completamente trasformate in energia potenziale. Chiaramente questo avviene oltre la soglia idrostatica, che è quella di equilibrio verso cui tende il sistema, perciò il moto si inverte oscillando diverse volte finché le dissipazioni viscosse nella galleria e nel pozzo non riportano il sistema in equilibrio idrostatico.

Per come si verifica il fenomeno è semplice capire che la massima quota viene raggiunta alla prima oscillazione. Se tale oscillazione risulta troppo elevata è costoso e insensato costruire un pozzo in elevazione sul terreno, pertanto si tende a realizzare una camera d'espansione in grado di accumulare l'acqua in arrivo e tagliare perciò la punta dell'impennata iniziale. Il livello del serbatoio varia nel corso dell'anno in un range compreso tra un minimo e un massimo, perciò tale verifica va chiaramente valutata con il livello appropriato che genera la condizione più gravosa, ossia il massimo.

Il problema inverso si verifica nella fase di riflusso dell'acqua verso il serbatoio. Il livello idrico nel pozzo chiaramente non deve scendere fino all'imbocco della galleria per evitare la formazione di bolle d'aria e conseguenti fenomeni di cavitazione, perciò bisogna verificare tale quota con la minima altezza idrica nel serbatoio. Anche in questo caso è stato necessario l'utilizzo di una camera d'espansione interrata per limitare la discesa massima.

Lo stesso problema può essere risolto realizzando un dissipatore immediatamente all'imbocco del pozzo. Tale valvola, in quanto strozzatura, induce forti vorticosità che tendono a dissipare il carico ma al tempo stesso crea una differenza di pressione notevole tra la parte a monte e quella a valle. Questa sovrappressione non deve essere troppo elevata perché altrimenti sortirebbe l'effetto opposto facendo alzare troppo i livelli nel pozzo per bilanciare il sistema squilibrato. L'entità del coefficiente della strozzatura deve essere tale che la massima pressione, che si verifica immediatamente a monte della strozzatura, sia pari a quella che si verifica quando l'innalzamento si arresta e dunque ci si trova per un istante in condizioni idrostatiche.

In questo caso si è adottato uno schema d'impianto differente dotato delle seguenti caratteristiche:

| | |
|---------------|------------------------------------|
| L | 10000 m |
| D_g | 4 m |
| $Z_{S_{max}}$ | 250 m |
| $Z_{S_{min}}$ | 200 m |
| Z_{go} | 170 m |
| n | $0,012 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$ |
| D_p | 6 m |
| D_c | 16 m |
| Z_{cf} | 270 m |
| Z_{so} | 250 m |
| Q | $30 \text{ m}^3/\text{s}$ |

Tabella 11: Valori di calcolo per la soluzione dell'equazione del moto

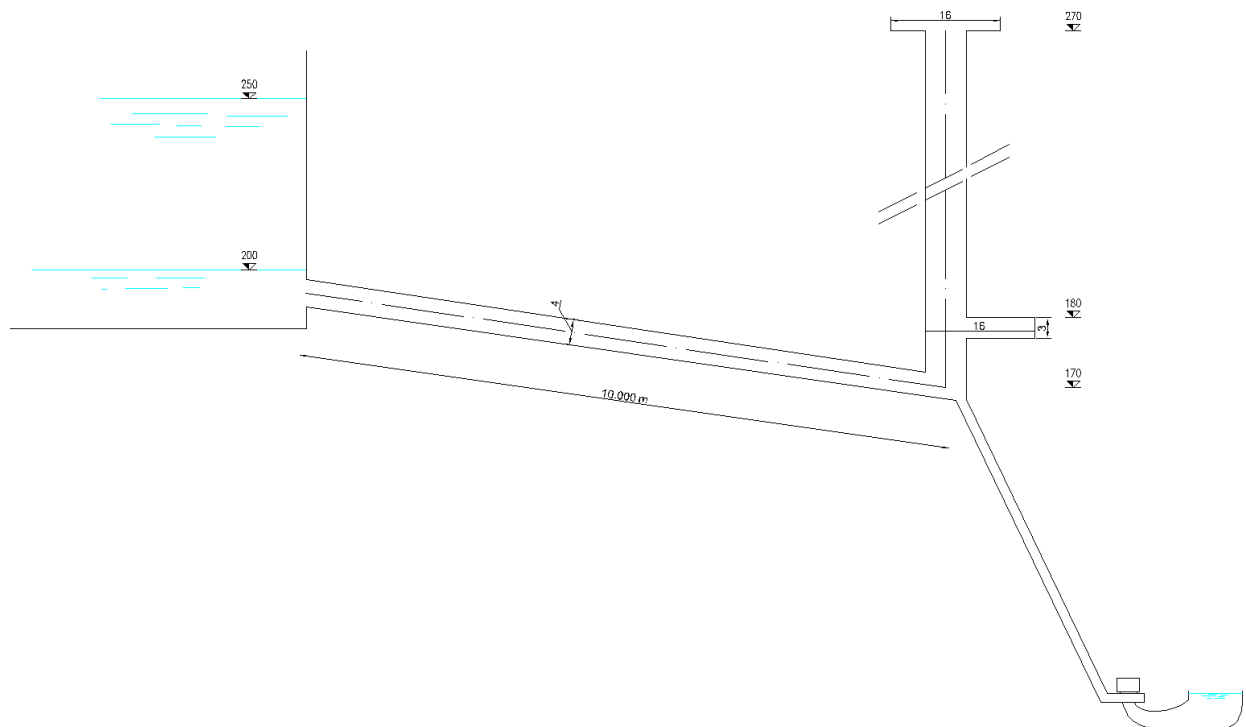


Fig. 5: Schema impianto idroelettrico con pozzo piezometrico

Considerando l'arresto completo dell'impianto, è necessario tracciare durante la prima oscillazione del sistema la funzione $h(V)$ con V velocità in galleria e h quota piezometrica sull'asse della galleria in corrispondenza del pozzo piezometrico. In seguito si determinerà la massima e minima quota piezometrica, il volume totale del pozzo fra le due quote piezometriche estreme e la massima e la minima velocità in condotta.

Equazioni risolutive

a) equazione del moto (risolta per intervalli finiti):

$$\Delta V(t) = -g \left[k |V(t)| V(t) + \frac{h_g(t) - h_s}{L} \right]$$

con:

$$k = \frac{n^2}{R^{4/3}} \text{ caratteristica unitaria della galleria}$$

Nel moto all'interno della galleria c'è dissipazione di energia, pertanto si stimano le perdite di

carico con la relazione $J = \frac{n^2 Q^2}{16 \pi^2 \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{16/3}}$ e quindi $h_p(t) = h_s - J L$

b) equazione di continuità nel pozzo:

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = Q_p$$

dalla quale si ottiene:

$$\Delta h(t) = \frac{Q}{\Omega} \Delta t$$

$$W_p = h_p \Omega_p$$

In base ai dati di input si è ottenuto:

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| Area pozzo (Ω_p) | 28,27433388 m ² |
| Area galleria (Ω_g) | 12,56637061 m ² |
| k | 0,000144 |
| J | 0,000820702 |

Tabella 12: Valori fissati per la soluzione dell'equazione del moto

Senza camera

Vanno effettuati i calcoli considerando le due condizioni estreme, ovvero il serbatoio con il carico minimo e massimo.

In prima analisi si esclude la presenza della camera e si considerano intervalli di tempi dapprima brevi e poi più ampi (in quanto è nelle prime fasi del fenomeno l'interesse maggiore e la maggior necessità di un miglior livello di dettaglio del calcolo).

Caso 1) si considera come carico di riferimento l'altezza massima nel serbatoio $h_{\max} = 250$ m:

| t | ΔT | ΔV | V | Q | ΔW | W | Δhg | hg |
|-----|------------|------------|-------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 0 | 0 | 0,00 | 2,39 | 30 | 0 | 6836,535564 | 0 | 241,7929841 |
| 10 | 10 | -0,10 | 2,28 | 28,692 | 286,92 | 7123,455564 | 10,61032954 | 252,4033137 |
| 20 | 10 | -0,20 | 2,09 | 26,2193283 | 262,193283 | 7385,648847 | 10,14771917 | 262,5510328 |
| 30 | 10 | -0,28 | 1,81 | 22,75612745 | 227,5612745 | 7613,210121 | 9,273190453 | 271,8242233 |
| 40 | 10 | -0,34 | 1,47 | 18,49142744 | 184,9142744 | 7798,124396 | 8,048333711 | 279,872557 |
| 50 | 10 | -0,39 | 1,08 | 13,61824748 | 136,1824748 | 7934,30687 | 6,540004627 | 286,4125616 |
| 60 | 10 | -0,42 | 0,66 | 8,32721361 | 83,2721361 | 8017,579006 | 4,816469784 | 291,2290314 |
| 70 | 10 | -0,44 | 0,22 | 2,803642189 | 28,03642189 | 8045,615428 | 2,945149352 | 294,1741808 |
| 80 | 10 | -0,44 | -0,22 | -2,773053372 | -27,73053372 | 8017,884895 | 0,991585585 | 295,1657663 |
| 90 | 10 | -0,43 | -0,65 | -8,211363117 | -82,11363117 | 7935,771263 | -0,980767004 | 294,1849993 |
| 100 | 10 | -0,40 | -1,05 | -13,22450487 | -132,2450487 | 7803,526215 | -2,904175621 | 291,2808237 |
| 110 | 10 | -0,34 | -1,40 | -17,54025661 | -175,4025661 | 7628,123649 | -4,677211822 | 286,6036119 |
| 120 | 10 | -0,27 | -1,67 | -20,94199721 | -209,4199721 | 7418,703676 | -6,203596761 | 280,4000151 |
| 130 | 10 | -0,19 | -1,85 | -23,28350893 | -232,8350893 | 7185,868587 | -7,406716388 | 272,9932988 |
| 140 | 10 | -0,10 | -1,95 | -24,49344952 | -244,9344952 | 6940,934092 | -8,234856751 | 264,758442 |
| 150 | 10 | -0,01 | -1,96 | -24,57049205 | -245,7049205 | 6695,229172 | -8,662785697 | 256,0956563 |
| 160 | 10 | 0,08 | -1,88 | -23,57201185 | -235,7201185 | 6459,509053 | -8,690033918 | 247,4056224 |
| 170 | 10 | 0,16 | -1,72 | -21,59982875 | -215,9982875 | 6243,510766 | -8,336893788 | 239,0687286 |
| 180 | 10 | 0,22 | -1,49 | -18,78603983 | -187,8603983 | 6055,650367 | -7,639376703 | 231,4293519 |
| 200 | 20 | 0,69 | -0,81 | -10,13766585 | -202,7533169 | 5852,89705 | -13,28840489 | 218,140947 |
| 220 | 20 | 0,78 | -0,02 | -0,283676096 | -5,673521929 | 5847,223528 | -7,170931693 | 210,9700153 |
| 240 | 20 | 0,77 | 0,75 | 9,388906196 | 187,7781239 | 6035,001652 | -0,200659791 | 210,7693555 |
| 260 | 20 | 0,62 | 1,37 | 17,22569237 | 344,5138474 | 6379,5155 | 6,641292584 | 217,4106481 |
| 280 | 20 | 0,35 | 1,72 | 21,58938615 | 431,7877229 | 6811,303223 | 12,18468484 | 229,5953329 |
| 300 | 20 | 0,02 | 1,74 | 21,80708271 | 436,1416542 | 7247,444877 | 15,27136677 | 244,8666997 |
| 320 | 20 | -0,29 | 1,45 | 18,2003839 | 364,007678 | 7611,452555 | 15,42535559 | 260,2920553 |
| 340 | 20 | -0,51 | 0,93 | 11,74395436 | 234,8790871 | 7846,331642 | 12,87413806 | 273,1661934 |
| 360 | 20 | -0,64 | 0,29 | 3,674048272 | 73,48096543 | 7919,812607 | 8,307148387 | 281,4733418 |
| 380 | 20 | -0,67 | -0,38 | -4,756875917 | -95,13751834 | 7824,675089 | 2,598857527 | 284,0721993 |
| 400 | 20 | -0,60 | -0,98 | -12,27697823 | -245,5395646 | 7579,135525 | -3,364801404 | 280,7073979 |
| 420 | 20 | -0,41 | -1,38 | -17,36797831 | -347,3595662 | 7231,775958 | -8,684185651 | 272,0232122 |
| 440 | 20 | -0,14 | -1,52 | -19,09068603 | -381,8137206 | 6849,962238 | -12,28533156 | 259,7378807 |
| 460 | 20 | 0,14 | -1,38 | -17,34276858 | -346,8553716 | 6503,106866 | -13,50389799 | 246,2339827 |
| 480 | 20 | 0,37 | -1,01 | -12,71344917 | -254,2689834 | 6248,837883 | -12,26749932 | 233,9664834 |
| 500 | 20 | 0,52 | -0,49 | -6,17973042 | -123,5946084 | 6125,243274 | -8,992925687 | 224,9735577 |
| 520 | 20 | 0,58 | 0,09 | 1,154198726 | 23,08397453 | 6148,327249 | -4,371265081 | 220,6022926 |
| 540 | 20 | 0,56 | 0,65 | 8,197980543 | 163,9596109 | 6312,28686 | 0,816428589 | 221,4187212 |
| 560 | 20 | 0,43 | 1,09 | 13,66392934 | 273,2785868 | 6585,565446 | 5,798885008 | 227,2176062 |
| 580 | 20 | 0,22 | 1,31 | 16,47822745 | 329,5645489 | 6915,129995 | 9,665252872 | 236,8828591 |
| 600 | 20 | -0,02 | 1,29 | 16,22800277 | 324,5600554 | 7239,690051 | 11,65596156 | 248,5388206 |
| 620 | 20 | -0,24 | 1,05 | 13,16601417 | 263,3202835 | 7503,010334 | 11,47896381 | 260,0177844 |
| 640 | 20 | -0,41 | 0,64 | 8,010227799 | 160,204556 | 7663,21489 | 9,31304994 | 269,3308344 |
| 660 | 20 | -0,50 | 0,14 | 1,702926008 | 34,05852016 | 7697,27341 | 5,666077109 | 274,9969115 |
| 680 | 20 | -0,51 | -0,38 | -4,763627528 | -95,27255055 | 7602,00086 | 1,204573742 | 276,2014852 |
| 700 | 20 | -0,44 | -0,82 | -10,34186604 | -206,8373209 | 7395,163539 | -3,369577191 | 272,831908 |
| 720 | 20 | -0,29 | -1,11 | -13,92703791 | -278,5407582 | 7116,622781 | -7,315373785 | 265,5165343 |
| 740 | 20 | -0,08 | -1,18 | -14,88771503 | -297,7543006 | 6818,86848 | -9,851364115 | 255,6651701 |
| 760 | 20 | 0,14 | -1,05 | -13,18973832 | -263,7947664 | 6555,073714 | -10,53090417 | 245,134266 |
| 780 | 20 | 0,31 | -0,74 | -9,298657991 | -185,9731598 | 6369,100554 | -9,329831342 | 235,8044346 |

| | | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 800 | 20 | 0,42 | -0,32 | -3,982626111 | -79,65252222 | 6289,448032 | -6,577455037 | 229,2269796 |
| 820 | 20 | 0,47 | 0,15 | 1,869238358 | 37,38476717 | 6326,832799 | -2,817131698 | 226,4098479 |
| 840 | 20 | 0,44 | 0,59 | 7,351591259 | 147,0318252 | 6473,864624 | 1,322215665 | 227,7320636 |
| 860 | 20 | 0,33 | 0,91 | 11,43817163 | 228,7634325 | 6702,628057 | 5,20018706 | 232,9322506 |
| 880 | 20 | 0,15 | 1,06 | 13,35729822 | 267,1459644 | 6969,774021 | 8,090851352 | 241,023102 |
| 900 | 20 | -0,04 | 1,02 | 12,83992585 | 256,798517 | 7226,572538 | 9,448355726 | 250,4714577 |
| 920 | 20 | -0,22 | 0,80 | 10,11374305 | 202,274861 | 7428,847399 | 9,082389634 | 259,5538473 |
| 940 | 20 | -0,35 | 0,46 | 5,764412003 | 115,2882401 | 7544,135639 | 7,154009776 | 266,7078571 |
| 960 | 20 | -0,41 | 0,04 | 0,565032705 | 11,3006541 | 7555,436293 | 4,077487397 | 270,7853445 |
| 980 | 20 | -0,42 | -0,37 | -4,658899027 | -93,17798053 | 7462,258313 | 0,39967888 | 271,1850234 |
| 1000 | 20 | -0,35 | -0,72 | -9,020801155 | -180,4160231 | 7281,842289 | -3,295496931 | 267,8895264 |

Tabella 13: Soluzione numerica del moto - pozzo cilindrico con $h = h_{max}$

Dai calcoli effettuati si sono ricavati i seguenti risultati:

| | |
|------------------------|-----------------|
| H_{max} | 295 m |
| H_{min} | 211 m |
| V_{max} | 2,39 m/s |

Tabella 14: Risultati con $h_{serbatoio} = h_{max}$ – senza camera

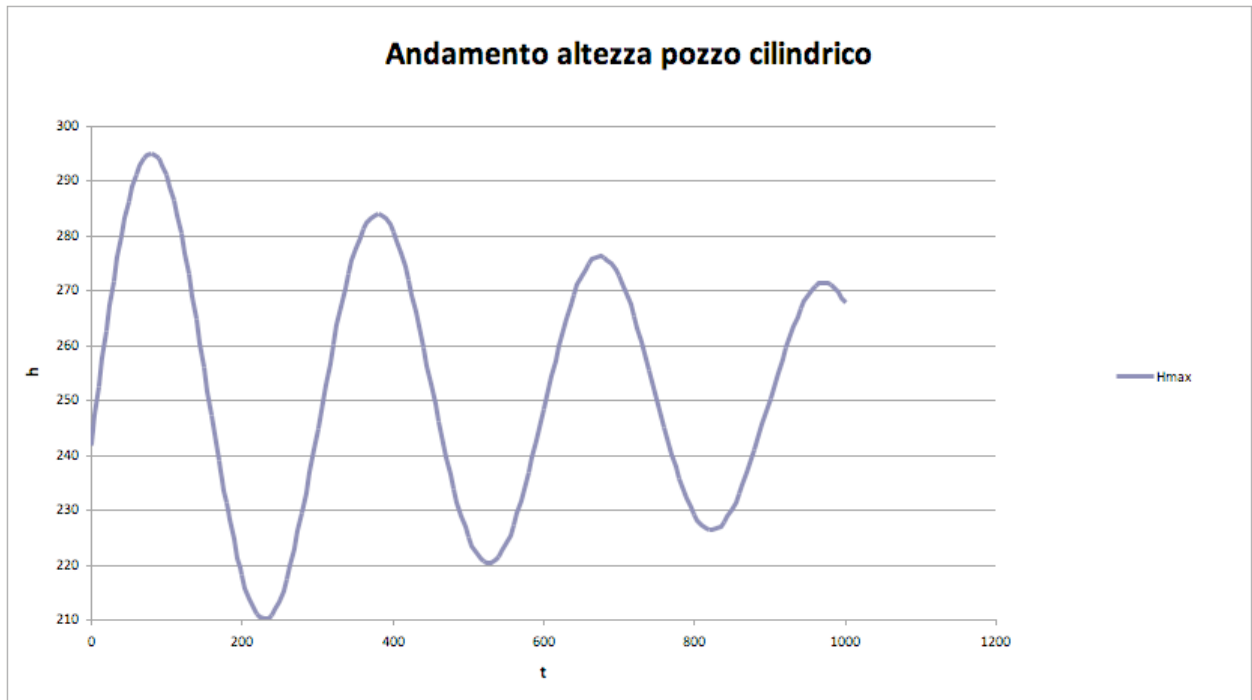


Fig. 6: Andamento $h = h(t)$ nel pozzo cilindrico - h_{max}

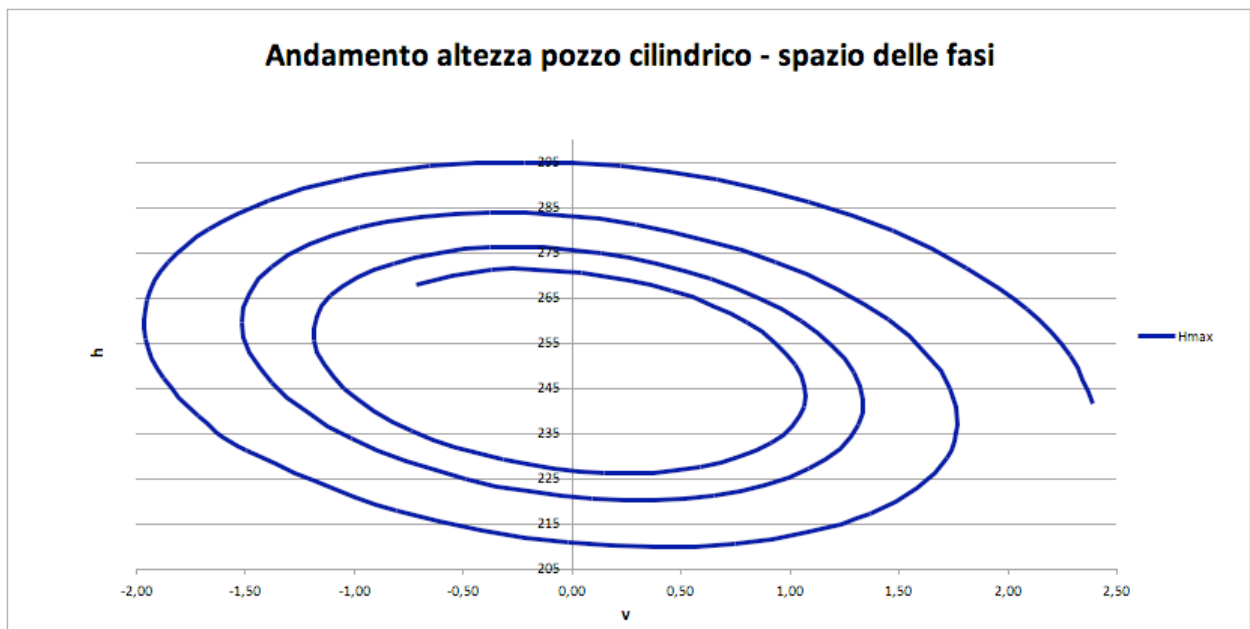


Fig. 7: Andamento altezza pozzo cilindrico nello spazio delle fasi $h = h(v)$; h_{max}

Caso 2) si considera come carico di riferimento l'altezza minima nel serbatoio $h_{min} = 200$ m:

| t | ΔT | ΔV | V | Q | ΔW | W | Δh_g | h _g |
|-----|------------|------------|-------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| 0 | 0 | 0,00 | 2,39 | 30 | 0 | 5422,818869 | 0 | 191,7929841 |
| 10 | 10 | -0,10 | 2,28 | 28,692 | 286,92 | 5709,738869 | 10,61032954 | 202,4033137 |
| 20 | 10 | -0,20 | 2,09 | 26,2193283 | 262,193283 | 5971,932152 | 10,14771917 | 212,5510328 |
| 30 | 10 | -0,28 | 1,81 | 22,75612745 | 227,5612745 | 6199,493427 | 9,273190453 | 221,8242233 |
| 40 | 10 | -0,34 | 1,47 | 18,49142744 | 184,9142744 | 6384,407701 | 8,048333711 | 229,872557 |
| 50 | 10 | -0,39 | 1,08 | 13,61824748 | 136,1824748 | 6520,590176 | 6,540004627 | 236,4125616 |
| 60 | 10 | -0,42 | 0,66 | 8,32721361 | 83,2721361 | 6603,862312 | 4,816469784 | 241,2290314 |
| 70 | 10 | -0,44 | 0,22 | 2,803642189 | 28,03642189 | 6631,898734 | 2,945149352 | 244,1741808 |
| 80 | 10 | -0,44 | -0,22 | -2,773053372 | -27,73053372 | 6604,1682 | 0,991585585 | 245,1657663 |
| 90 | 10 | -0,43 | -0,65 | -8,211363117 | -82,11363117 | 6522,054569 | -0,980767004 | 244,1849993 |
| 100 | 10 | -0,40 | -1,05 | -13,22450487 | -132,2450487 | 6389,809521 | -2,904175621 | 241,2808237 |
| 110 | 10 | -0,34 | -1,40 | -17,54025661 | -175,4025661 | 6214,406955 | -4,677211822 | 236,6036119 |
| 120 | 10 | -0,27 | -1,67 | -20,94199721 | -209,4199721 | 6004,986982 | -6,203596761 | 230,4000151 |
| 130 | 10 | -0,19 | -1,85 | -23,28350893 | -232,8350893 | 5772,151893 | -7,406716388 | 222,9932988 |
| 140 | 10 | -0,10 | -1,95 | -24,49344952 | -244,9344952 | 5527,217398 | -8,234856751 | 214,758442 |
| 150 | 10 | -0,01 | -1,96 | -24,57049205 | -245,7049205 | 5281,512478 | -8,662785697 | 206,0956563 |
| 160 | 10 | 0,08 | -1,88 | -23,57201185 | -235,7201185 | 5045,792359 | -8,690033918 | 197,4056224 |
| 170 | 10 | 0,16 | -1,72 | -21,59982875 | -215,9982875 | 4829,794071 | -8,336893788 | 189,0687286 |
| 180 | 10 | 0,22 | -1,49 | -18,78603983 | -187,8603983 | 4641,933673 | -7,639376703 | 181,4293519 |
| 200 | 20 | 0,69 | -0,81 | -10,13766585 | -202,7533169 | 4439,180356 | -13,28840489 | 168,140947 |
| 220 | 20 | 0,78 | -0,02 | -0,283676096 | -5,673521929 | 4433,506834 | -7,170931693 | 160,9700153 |
| 240 | 20 | 0,77 | 0,75 | 9,388906196 | 187,7781239 | 4621,284958 | -0,200659791 | 160,7693555 |
| 260 | 20 | 0,62 | 1,37 | 17,22569237 | 344,5138474 | 4965,798806 | 6,641292584 | 167,4106481 |
| 280 | 20 | 0,35 | 1,72 | 21,58938615 | 431,7877229 | 5397,586529 | 12,18468484 | 179,5953329 |
| 300 | 20 | 0,02 | 1,74 | 21,80708271 | 436,1416542 | 5833,728183 | 15,27136677 | 194,8666997 |
| 320 | 20 | -0,29 | 1,45 | 18,2003839 | 364,007678 | 6197,735861 | 15,42535559 | 210,2920553 |
| 340 | 20 | -0,51 | 0,93 | 11,74395436 | 234,8790871 | 6432,614948 | 12,87413806 | 223,1661934 |
| 360 | 20 | -0,64 | 0,29 | 3,674048272 | 73,48096543 | 6506,095913 | 8,307148387 | 231,4733418 |
| 380 | 20 | -0,67 | -0,38 | -4,756875917 | -95,13751834 | 6410,958395 | 2,598857527 | 234,0721993 |
| 400 | 20 | -0,60 | -0,98 | -12,27697823 | -245,5395646 | 6165,41883 | -3,364801404 | 230,7073979 |
| 420 | 20 | -0,41 | -1,38 | -17,36797831 | -347,3595662 | 5818,059264 | -8,684185651 | 222,0232122 |
| 440 | 20 | -0,14 | -1,52 | -19,09068603 | -381,8137206 | 5436,245544 | -12,28533156 | 209,7378807 |
| 460 | 20 | 0,14 | -1,38 | -17,34276858 | -346,8553716 | 5089,390172 | -13,50389799 | 196,2339827 |
| 480 | 20 | 0,37 | -1,01 | -12,71344917 | -254,2689834 | 4835,121189 | -12,26749932 | 183,9664834 |
| 500 | 20 | 0,52 | -0,49 | -6,17973042 | -123,5946084 | 4711,52658 | -8,992925687 | 174,9735577 |
| 520 | 20 | 0,58 | 0,09 | 1,154198726 | 23,08397453 | 4734,610555 | -4,371265081 | 170,6022926 |
| 540 | 20 | 0,56 | 0,65 | 8,197980543 | 163,9596109 | 4898,570166 | 0,816428589 | 171,4187212 |
| 560 | 20 | 0,43 | 1,09 | 13,66392934 | 273,2785868 | 5171,848752 | 5,798885008 | 177,2176062 |
| 580 | 20 | 0,22 | 1,31 | 16,47822745 | 329,5645489 | 5501,413301 | 9,665252872 | 186,8828591 |
| 600 | 20 | -0,02 | 1,29 | 16,22800277 | 324,5600554 | 5825,973357 | 11,65596156 | 198,5388206 |
| 620 | 20 | -0,24 | 1,05 | 13,16601417 | 263,3202835 | 6089,29364 | 11,47896381 | 210,0177844 |
| 640 | 20 | -0,41 | 0,64 | 8,010227799 | 160,204556 | 6249,498196 | 9,31304994 | 219,3308344 |
| 660 | 20 | -0,50 | 0,14 | 1,702926008 | 34,05852016 | 6283,556716 | 5,666077109 | 224,9969115 |
| 680 | 20 | -0,51 | -0,38 | -4,763627528 | -95,27255055 | 6188,284166 | 1,204573742 | 226,2014852 |
| 700 | 20 | -0,44 | -0,82 | -10,34186604 | -206,8373209 | 5981,446845 | -3,369577191 | 222,831908 |
| 720 | 20 | -0,29 | -1,11 | -13,92703791 | -278,5407582 | 5702,906087 | -7,315373785 | 215,5165343 |
| 740 | 20 | -0,08 | -1,18 | -14,88771503 | -297,7543006 | 5405,151786 | -9,851364115 | 205,6651701 |
| 760 | 20 | 0,14 | -1,05 | -13,18973832 | -263,7947664 | 5141,35702 | -10,53090417 | 195,134266 |
| 780 | 20 | 0,31 | -0,74 | -9,298657991 | -185,9731598 | 4955,38386 | -9,329831342 | 185,8044346 |

| | | | | | | | | |
|------|----|-------|-------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 800 | 20 | 0,42 | -0,32 | -3,982626111 | -79,65252222 | 4875,731338 | -6,577455037 | 179,2269796 |
| 820 | 20 | 0,47 | 0,15 | 1,869238358 | 37,38476717 | 4913,116105 | -2,817131698 | 176,4098479 |
| 840 | 20 | 0,44 | 0,59 | 7,351591259 | 147,0318252 | 5060,14793 | 1,322215665 | 177,7320636 |
| 860 | 20 | 0,33 | 0,91 | 11,43817163 | 228,7634325 | 5288,911362 | 5,20018706 | 182,9322506 |
| 880 | 20 | 0,15 | 1,06 | 13,35729822 | 267,1459644 | 5556,057327 | 8,090851352 | 191,023102 |
| 900 | 20 | -0,04 | 1,02 | 12,83992585 | 256,798517 | 5812,855844 | 9,448355726 | 200,4714577 |
| 920 | 20 | -0,22 | 0,80 | 10,11374305 | 202,274861 | 6015,130705 | 9,082389634 | 209,5538473 |
| 940 | 20 | -0,35 | 0,46 | 5,764412003 | 115,2882401 | 6130,418945 | 7,154009776 | 216,7078571 |
| 960 | 20 | -0,41 | 0,04 | 0,565032705 | 11,3006541 | 6141,719599 | 4,077487397 | 220,7853445 |
| 980 | 20 | -0,42 | -0,37 | -4,658899027 | -93,17798053 | 6048,541618 | 0,39967888 | 221,1850234 |
| 1000 | 20 | -0,35 | -0,72 | -9,020801155 | -180,4160231 | 5868,125595 | -3,295496931 | 217,8895264 |

Tabella 15: Soluzione numerica del moto - pozzo cilindrico con $h = h_{min}$

Dai calcoli effettuati si sono ottenuti i seguenti risultati:

| | |
|------------------------|-----------------|
| H_{max} | 245 m |
| H_{min} | 160 m |
| V_{max} | 2,39 m/s |

Tabella 16: Risultati con h serbatoio = h min – senza camera



Fig. 8: Andamento $h = h(t)$ nel pozzo cilindrico - h min

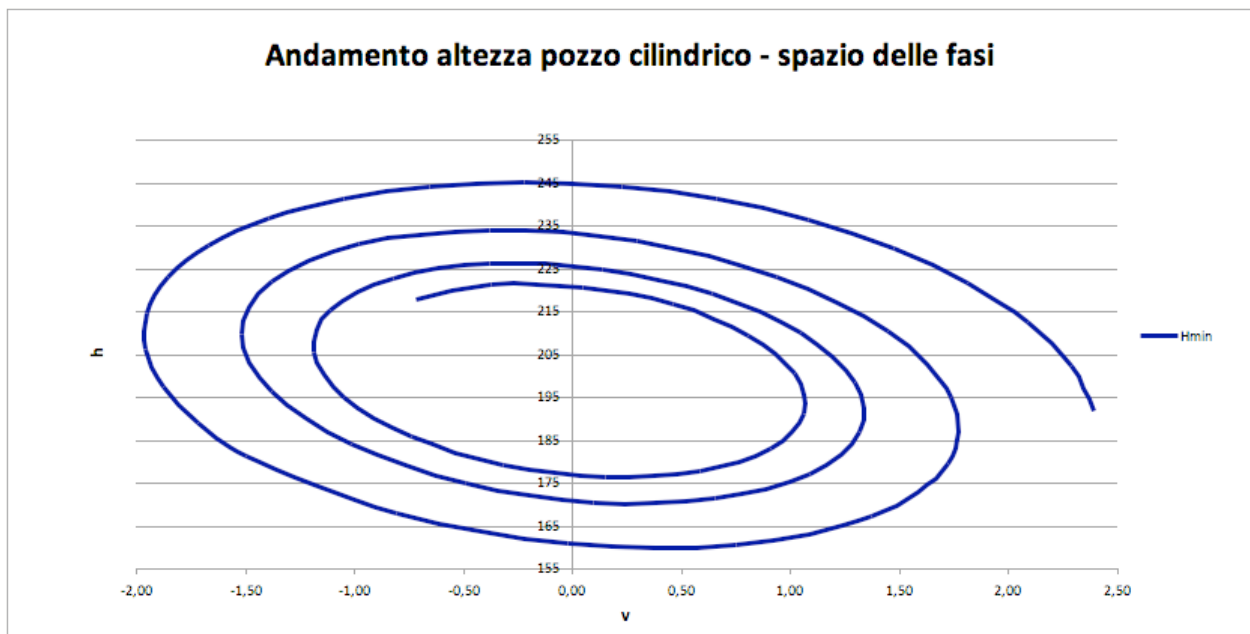


Fig. 9: Andamento altezza pozzo cilindrico nello spazio delle fasi $h = h(v)$; h min

Con camera

Si considera ora l'inserimento di una camera prima superiore poi inferiore che invaserà l'acqua quando l'altezza del pozzo supera i 270 m (camera superiore per evitare che il pozzo sia troppo alto) o scende sotto ai 180 m (camera inferiore per evitare di scoprire il cielo della galleria). Assumendo una vasca dalla sezione circolare con $D = 16$ m, la sua area sarà $\Omega = 201$ m². L'intervallo di tempo è stato ridotto a 5 secondi e assunto costante.

Caso 1) si considera come carico di riferimento l'altezza massima nel serbatoio $h_{\max} = 250$ m:

| t | ΔT | ΔV | V | Q | Ωp | ΔW | W | Δh_g | hg |
|-----|------------|------------|-------|--------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| 0 | 0 | 0,00 | 2,39 | 30 | 28 | 0 | 6836,535564 | 0 | 241,7929841 |
| 5 | 5 | -0,03 | 2,36 | 29,673 | 28 | 148 | 6984,900564 | 5,30516477 | 247,0981489 |
| 10 | 5 | -0,05 | 2,31 | 29,03353204 | 28 | 145 | 7130,068224 | 5,247338474 | 252,3454874 |
| 15 | 5 | -0,07 | 2,24 | 28,09869929 | 28 | 140 | 7270,56172 | 5,134255711 | 257,4797431 |
| 20 | 5 | -0,10 | 2,14 | 26,88761043 | 28 | 134 | 7404,999772 | 4,968940984 | 262,4486841 |
| 25 | 5 | -0,12 | 2,02 | 25,42087684 | 28 | 127 | 7532,104157 | 4,754773454 | 267,2034575 |
| 30 | 5 | -0,14 | 1,89 | 23,72017928 | 201 | 119 | 7650,705053 | 4,495398007 | 271,6988555 |
| 35 | 5 | -0,13 | 1,75 | 22,03009776 | 201 | 110 | 7760,855542 | 0,589872466 | 272,288728 |
| 40 | 5 | -0,13 | 1,62 | 20,34970855 | 201 | 102 | 7862,604084 | 0,547843587 | 272,8365716 |
| 45 | 5 | -0,13 | 1,49 | 18,67815474 | 201 | 93 | 7955,994858 | 0,506055735 | 273,3426273 |
| 50 | 5 | -0,13 | 1,35 | 17,01463879 | 201 | 85 | 8041,068052 | 0,464487602 | 273,8071149 |
| 55 | 5 | -0,13 | 1,22 | 15,35841588 | 201 | 77 | 8117,860132 | 0,423119354 | 274,2302343 |
| 60 | 5 | -0,13 | 1,09 | 13,708788 | 201 | 69 | 8186,404072 | 0,38193247 | 274,6121667 |
| 65 | 5 | -0,13 | 0,96 | 12,06509848 | 201 | 60 | 8246,729564 | 0,34090959 | 274,9530763 |
| 70 | 5 | -0,13 | 0,83 | 10,42672718 | 201 | 52 | 8298,8632 | 0,300034385 | 275,2531107 |
| 75 | 5 | -0,13 | 0,70 | 8,79308598 | 201 | 44 | 8342,82863 | 0,259291433 | 275,5124021 |
| 80 | 5 | -0,13 | 0,57 | 7,163614709 | 201 | 36 | 8378,646703 | 0,218666109 | 275,7310683 |
| 85 | 5 | -0,13 | 0,44 | 5,537777375 | 201 | 28 | 8406,33559 | 0,178144483 | 275,9092127 |
| 90 | 5 | -0,13 | 0,31 | 3,915058668 | 201 | 20 | 8425,910883 | 0,137713225 | 276,046926 |
| 95 | 5 | -0,13 | 0,18 | 2,294960692 | 201 | 11 | 8437,385687 | 0,097359522 | 276,1442855 |
| 100 | 5 | -0,13 | 0,05 | 0,676999883 | 201 | 3 | 8440,770686 | 0,05707099 | 276,2013565 |
| 105 | 5 | -0,13 | -0,07 | -0,939295909 | 201 | -5 | 8436,074207 | 0,016835606 | 276,2181921 |
| 110 | 5 | -0,13 | -0,20 | -2,55339842 | 201 | -13 | 8423,307215 | -0,023358373 | 276,1948337 |
| 115 | 5 | -0,13 | -0,33 | -4,160418334 | 201 | -21 | 8402,505123 | -0,063497809 | 276,1313359 |
| 120 | 5 | -0,13 | -0,46 | -5,754996783 | 201 | -29 | 8373,730139 | -0,103461116 | 276,0278748 |
| 125 | 5 | -0,13 | -0,58 | -7,331867039 | 201 | -37 | 8337,070804 | -0,143115029 | 275,8847598 |
| 130 | 5 | -0,12 | -0,71 | -8,885899848 | 201 | -44 | 8292,641305 | -0,182328575 | 275,7024312 |
| 135 | 5 | -0,12 | -0,83 | -10,41214638 | 201 | -52 | 8240,580573 | -0,220974201 | 275,481457 |
| 140 | 5 | -0,12 | -0,95 | -11,90587803 | 201 | -60 | 8181,051183 | -0,258928838 | 275,2225281 |
| 145 | 5 | -0,12 | -1,06 | -13,36262233 | 201 | -67 | 8114,238071 | -0,296074897 | 274,9264532 |
| 150 | 5 | -0,11 | -1,18 | -14,77819453 | 201 | -74 | 8040,347098 | -0,332301156 | 274,5941521 |
| 155 | 5 | -0,11 | -1,29 | -16,14872421 | 201 | -81 | 7959,603477 | -0,367503548 | 274,2266485 |
| 160 | 5 | -0,11 | -1,39 | -17,47067681 | 201 | -87 | 7872,250093 | -0,401585825 | 273,8250627 |
| 165 | 5 | -0,10 | -1,49 | -18,74086984 | 201 | -94 | 7778,545744 | -0,43446009 | 273,3906026 |
| 170 | 5 | -0,10 | -1,59 | -19,95648379 | 201 | -100 | 7678,763325 | -0,466047199 | 272,9245554 |
| 175 | 5 | -0,09 | -1,68 | -21,11506775 | 201 | -106 | 7573,187986 | -0,496277038 | 272,4282784 |
| 180 | 5 | -0,09 | -1,77 | -22,21454019 | 201 | -111 | 7462,115285 | -0,525088657 | 271,9031897 |
| 185 | 5 | -0,08 | -1,85 | -23,25318497 | 201 | -116 | 7345,849361 | -0,552430294 | 271,3507594 |
| 190 | 5 | -0,08 | -1,93 | -24,22964325 | 201 | -121 | 7224,701144 | -0,57825927 | 270,7725002 |
| 195 | 5 | -0,07 | -2,00 | -25,14290158 | 201 | -126 | 7098,986636 | -0,602541796 | 270,1699584 |
| 200 | 5 | -0,07 | -2,07 | -25,99227682 | 28 | -130 | 6969,025252 | -0,625252667 | 269,5447057 |
| 205 | 5 | -0,04 | -2,11 | -26,5339238 | 28 | -133 | 6836,355633 | -4,596443709 | 264,948262 |
| 210 | 5 | -0,02 | -2,13 | -26,77035971 | 28 | -134 | 6702,503835 | -4,692227926 | 260,2560341 |
| 215 | 5 | 0,00 | -2,13 | -26,70791489 | 28 | -134 | 6568,96426 | -4,734038974 | 255,5219951 |
| 220 | 5 | 0,03 | -2,10 | -26,3562308 | 28 | -132 | 6437,183106 | -4,722996305 | 250,7989988 |
| 225 | 5 | 0,05 | -2,05 | -25,72775306 | 28 | -129 | 6308,544341 | -4,660804903 | 246,1381939 |
| 230 | 5 | 0,07 | -1,98 | -24,83724146 | 28 | -124 | 6184,358134 | -4,549665639 | 241,5885282 |
| 235 | 5 | 0,09 | -1,89 | -23,70131329 | 28 | -119 | 6065,851567 | -4,392188613 | 237,1963396 |
| 240 | 5 | 0,11 | -1,78 | -22,33803136 | 28 | -112 | 5954,16141 | -4,191312409 | 233,0050272 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|-----|------|-------------|--------------|-------------|
| 245 | 5 | 0,13 | -1,65 | -20,76654309 | 28 | -104 | 5850,328695 | -3,950231234 | 229,054796 |
| 250 | 5 | 0,14 | -1,51 | -19,0067733 | 28 | -95 | 5755,294828 | -3,672331094 | 225,3824649 |
| 255 | 5 | 0,15 | -1,36 | -17,07917012 | 28 | -85 | 5669,898978 | -3,361135469 | 222,0213294 |
| 260 | 5 | 0,17 | -1,19 | -15,00450134 | 28 | -75 | 5594,876471 | -3,020260387 | 219,001069 |
| 265 | 5 | 0,18 | -1,02 | -12,80369666 | 28 | -64 | 5530,857988 | -2,653378397 | 216,3476906 |
| 270 | 5 | 0,18 | -0,84 | -10,4977307 | 28 | -52 | 5478,369334 | -2,264190682 | 214,0835 |
| 275 | 5 | 0,19 | -0,65 | -8,107540881 | 28 | -41 | 5437,83163 | -1,85640637 | 212,2270936 |
| 280 | 5 | 0,20 | -0,45 | -5,653974259 | 28 | -28 | 5409,561759 | -1,433728008 | 210,7933656 |
| 285 | 5 | 0,20 | -0,25 | -3,157757549 | 28 | -16 | 5393,772971 | -0,999842168 | 209,7935234 |
| 290 | 5 | 0,20 | -0,05 | -0,639484605 | 28 | -3 | 5390,575548 | -0,558414137 | 209,2351093 |
| 295 | 5 | 0,20 | 0,15 | 1,880383917 | 28 | 9 | 5399,977467 | -0,113085707 | 209,1220236 |
| 300 | 5 | 0,20 | 0,35 | 4,377539002 | 28 | 22 | 5421,865162 | 0,332524884 | 209,4545485 |
| 305 | 5 | 0,19 | 0,54 | 6,818195417 | 28 | 34 | 5455,956139 | 0,774118856 | 210,2286673 |
| 310 | 5 | 0,19 | 0,73 | 9,169174929 | 28 | 46 | 5501,802014 | 1,205721671 | 211,434389 |
| 315 | 5 | 0,18 | 0,91 | 11,39908442 | 28 | 57 | 5558,797436 | 1,621466127 | 213,0558551 |
| 320 | 5 | 0,17 | 1,07 | 13,47896428 | 28 | 67 | 5626,192258 | 2,015800703 | 215,0716558 |
| 325 | 5 | 0,15 | 1,22 | 15,38283996 | 28 | 77 | 5703,106457 | 2,383604215 | 217,45526 |
| 330 | 5 | 0,14 | 1,36 | 17,08815725 | 28 | 85 | 5788,547244 | 2,720283354 | 220,1755434 |
| 335 | 5 | 0,12 | 1,48 | 18,57608984 | 28 | 93 | 5881,427693 | 3,021849661 | 223,197393 |
| 340 | 5 | 0,10 | 1,58 | 19,83171616 | 28 | 99 | 5980,586274 | 3,284973912 | 226,482367 |
| 345 | 5 | 0,08 | 1,66 | 20,84407039 | 28 | 104 | 6084,806626 | 3,507017396 | 229,9893844 |
| 350 | 5 | 0,06 | 1,72 | 21,6060791 | 28 | 108 | 6192,837021 | 3,686040929 | 233,6754253 |
| 355 | 5 | 0,04 | 1,76 | 22,1144 | 28 | 111 | 6303,409021 | 3,820793655 | 237,4962189 |
| 360 | 5 | 0,02 | 1,78 | 22,36918244 | 28 | 112 | 6415,254933 | 3,910684526 | 241,4069035 |
| 365 | 5 | 0,00 | 1,78 | 22,37377048 | 28 | 112 | 6527,123786 | 3,955739954 | 245,3626434 |
| 370 | 5 | -0,02 | 1,76 | 22,13436904 | 28 | 111 | 6637,795631 | 3,956551297 | 249,3191947 |
| 375 | 5 | -0,04 | 1,72 | 21,65969202 | 28 | 108 | 6746,094091 | 3,914215828 | 253,2334105 |
| 380 | 5 | -0,06 | 1,67 | 20,96060873 | 28 | 105 | 6850,897135 | 3,830274502 | 257,063685 |
| 385 | 5 | -0,07 | 1,60 | 20,0498018 | 28 | 100 | 6951,146144 | 3,706649433 | 260,7703345 |
| 390 | 5 | -0,09 | 1,51 | 18,94144685 | 28 | 95 | 7045,853378 | 3,545583405 | 264,3159179 |
| 395 | 5 | -0,10 | 1,40 | 17,65092069 | 28 | 88 | 7134,107981 | 3,349583217 | 267,6655011 |
| 400 | 5 | -0,12 | 1,29 | 16,19454244 | 201 | 81 | 7215,080694 | 3,121368087 | 270,7868692 |
| 405 | 5 | -0,12 | 1,17 | 14,74104651 | 201 | 74 | 7288,785926 | 0,402725231 | 271,1895944 |
| 410 | 5 | -0,12 | 1,06 | 13,29022872 | 201 | 66 | 7355,23707 | 0,366579753 | 271,5561742 |
| 415 | 5 | -0,12 | 0,94 | 11,84189799 | 201 | 59 | 7414,44656 | 0,330500874 | 271,886675 |
| 420 | 5 | -0,12 | 0,83 | 10,39587505 | 201 | 52 | 7466,425935 | 0,294483844 | 272,1811589 |
| 425 | 5 | -0,11 | 0,71 | 8,951991341 | 201 | 45 | 7511,185892 | 0,258524203 | 272,4396831 |
| 430 | 5 | -0,11 | 0,60 | 7,510087979 | 201 | 38 | 7548,736331 | 0,222617761 | 272,6623009 |
| 435 | 5 | -0,11 | 0,48 | 6,070014801 | 201 | 30 | 7579,086405 | 0,186760566 | 272,8490614 |
| 440 | 5 | -0,11 | 0,37 | 4,631629492 | 201 | 23 | 7602,244553 | 0,150948884 | 273,0000103 |
| 445 | 5 | -0,11 | 0,25 | 3,194796781 | 201 | 16 | 7618,218537 | 0,115179176 | 273,1151895 |
| 450 | 5 | -0,11 | 0,14 | 1,75938769 | 201 | 9 | 7627,015475 | 0,079448078 | 273,1946376 |
| 455 | 5 | -0,11 | 0,03 | 0,325278837 | 201 | 2 | 7628,64187 | 0,043752382 | 273,2383899 |
| 460 | 5 | -0,11 | -0,09 | -1,107648216 | 201 | -6 | 7623,103628 | 0,008089021 | 273,246479 |
| 465 | 5 | -0,11 | -0,20 | -2,538128385 | 201 | -13 | 7610,412986 | -0,027544951 | 273,218934 |
| 470 | 5 | -0,11 | -0,32 | -3,961786757 | 201 | -20 | 7590,604053 | -0,063118075 | 273,1558159 |
| 475 | 5 | -0,11 | -0,43 | -5,374171234 | 201 | -27 | 7563,733197 | -0,098521554 | 273,0572944 |
| 480 | 5 | -0,11 | -0,54 | -6,770906659 | 201 | -34 | 7529,878663 | -0,133644675 | 272,9236497 |
| 485 | 5 | -0,11 | -0,65 | -8,147728875 | 201 | -41 | 7489,140019 | -0,168378635 | 272,7552711 |
| 490 | 5 | -0,11 | -0,76 | -9,500517026 | 201 | -48 | 7441,637434 | -0,202617395 | 272,5526537 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|-----|------|-------------|--------------|-------------|
| 495 | 5 | -0,11 | -0,86 | -10,82532358 | 201 | -54 | 7387,510816 | -0,236258476 | 272,3163952 |
| 500 | 5 | -0,10 | -0,96 | -12,11840158 | 201 | -61 | 7326,918808 | -0,269203712 | 272,0471915 |
| 505 | 5 | -0,10 | -1,06 | -13,3762288 | 201 | -67 | 7260,037664 | -0,301359924 | 271,7458316 |
| 510 | 5 | -0,10 | -1,16 | -14,59552834 | 201 | -73 | 7187,060022 | -0,332639521 | 271,413192 |
| 515 | 5 | -0,09 | -1,26 | -15,77328568 | 201 | -79 | 7108,193594 | -0,362961013 | 271,050231 |
| 520 | 5 | -0,09 | -1,35 | -16,90676187 | 201 | -85 | 7023,659784 | -0,392249435 | 270,6579816 |
| 525 | 5 | -0,09 | -1,43 | -17,99350288 | 201 | -90 | 6933,69227 | -0,420436676 | 270,2375449 |
| 530 | 5 | -0,08 | -1,51 | -19,03134522 | 28 | -95 | 6838,535544 | -0,447461707 | 269,7900832 |
| 535 | 5 | -0,06 | -1,58 | -19,84014776 | 28 | -99 | 6739,334805 | -3,365480739 | 266,4246025 |
| 540 | 5 | -0,05 | -1,62 | -20,41502152 | 28 | -102 | 6637,259698 | -3,508508431 | 262,916094 |
| 545 | 5 | -0,03 | -1,65 | -20,75436428 | 28 | -104 | 6533,487876 | -3,610168431 | 259,3059256 |
| 550 | 5 | -0,01 | -1,66 | -20,85963204 | 28 | -104 | 6429,189716 | -3,670177407 | 255,6357482 |
| 555 | 5 | 0,01 | -1,65 | -20,73506758 | 28 | -104 | 6325,514378 | -3,688792833 | 251,9469554 |
| 560 | 5 | 0,03 | -1,62 | -20,38740311 | 28 | -102 | 6223,577363 | -3,666765001 | 248,2801904 |
| 565 | 5 | 0,04 | -1,58 | -19,82555178 | 28 | -99 | 6124,449604 | -3,605284424 | 244,6749059 |
| 570 | 5 | 0,06 | -1,52 | -19,06030122 | 28 | -95 | 6029,148098 | -3,505927295 | 241,1689787 |
| 575 | 5 | 0,08 | -1,44 | -18,10401917 | 28 | -91 | 5938,628002 | -3,370601284 | 237,7983774 |
| 580 | 5 | 0,09 | -1,35 | -16,9703791 | 28 | -85 | 5853,776106 | -3,20149349 | 234,5968839 |
| 585 | 5 | 0,10 | -1,25 | -15,67411084 | 28 | -78 | 5775,405552 | -3,001021911 | 231,595862 |
| 590 | 5 | 0,11 | -1,13 | -14,23077941 | 28 | -71 | 5704,251655 | -2,771791354 | 228,8240706 |
| 595 | 5 | 0,13 | -1,01 | -12,65659299 | 28 | -63 | 5640,96869 | -2,516554318 | 226,3075163 |
| 600 | 5 | 0,13 | -0,87 | -10,9682398 | 28 | -55 | 5586,127491 | -2,23817704 | 224,0693393 |
| 605 | 5 | 0,14 | -0,73 | -9,182752177 | 28 | -46 | 5540,21373 | -1,939610645 | 222,1297286 |
| 610 | 5 | 0,15 | -0,58 | -7,317395528 | 28 | -37 | 5503,626753 | -1,623867111 | 220,5058615 |
| 615 | 5 | 0,15 | -0,43 | -5,389579078 | 28 | -27 | 5476,678857 | -1,293999632 | 219,2118619 |
| 620 | 5 | 0,16 | -0,27 | -3,416785124 | 28 | -17 | 5459,594932 | -0,953086835 | 218,258775 |
| 625 | 5 | 0,16 | -0,11 | -1,416513162 | 28 | -7 | 5452,512366 | -0,604220269 | 217,6545548 |
| 630 | 5 | 0,16 | 0,05 | 0,593764735 | 28 | 3 | 5455,481189 | -0,250494524 | 217,4040602 |
| 635 | 5 | 0,16 | 0,21 | 2,596244632 | 28 | 13 | 5468,462413 | 0,105000658 | 217,5090609 |
| 640 | 5 | 0,16 | 0,36 | 4,56683499 | 28 | 23 | 5491,296588 | 0,459116852 | 217,9681777 |
| 645 | 5 | 0,15 | 0,52 | 6,479712926 | 28 | 32 | 5523,695152 | 0,807593737 | 218,7757715 |
| 650 | 5 | 0,15 | 0,66 | 8,310085027 | 28 | 42 | 5565,245577 | 1,145864825 | 219,9216363 |
| 655 | 5 | 0,14 | 0,80 | 10,03466145 | 28 | 50 | 5615,418885 | 1,469545677 | 221,391182 |
| 660 | 5 | 0,13 | 0,93 | 11,63207786 | 28 | 58 | 5673,579274 | 1,774517747 | 223,1656997 |
| 665 | 5 | 0,12 | 1,04 | 13,08325087 | 28 | 65 | 5738,995528 | 2,057002989 | 225,2227027 |
| 670 | 5 | 0,10 | 1,14 | 14,37165705 | 28 | 72 | 5810,853813 | 2,313626719 | 227,5363294 |
| 675 | 5 | 0,09 | 1,23 | 15,48352998 | 28 | 77 | 5888,271463 | 2,541466956 | 230,0777964 |
| 680 | 5 | 0,07 | 1,31 | 16,40797437 | 28 | 82 | 5970,311335 | 2,738089259 | 232,8158857 |
| 685 | 5 | 0,06 | 1,36 | 17,13700088 | 28 | 86 | 6055,99634 | 2,901566919 | 235,7174526 |
| 690 | 5 | 0,04 | 1,41 | 17,66548853 | 28 | 88 | 6144,323782 | 3,030487111 | 238,7479397 |
| 695 | 5 | 0,03 | 1,43 | 17,99108434 | 28 | 90 | 6234,279204 | 3,123944246 | 241,8718839 |
| 700 | 5 | 0,01 | 1,44 | 18,11405189 | 28 | 91 | 6324,849463 | 3,181522227 | 245,0534062 |
| 705 | 5 | -0,01 | 1,44 | 18,03708081 | 28 | 90 | 6415,034867 | 3,203267664 | 248,2566738 |
| 710 | 5 | -0,02 | 1,41 | 17,76506957 | 28 | 89 | 6503,860215 | 3,189656189 | 251,44633 |
| 715 | 5 | -0,04 | 1,38 | 17,30489285 | 28 | 87 | 6590,38468 | 3,14155404 | 254,5878841 |
| 720 | 5 | -0,05 | 1,33 | 16,66516373 | 28 | 83 | 6673,710498 | 3,06017693 | 257,648061 |
| 725 | 5 | -0,06 | 1,26 | 15,85599905 | 28 | 79 | 6752,990493 | 2,947047983 | 260,595109 |
| 730 | 5 | -0,08 | 1,18 | 14,88879489 | 28 | 74 | 6827,434468 | 2,803956252 | 263,3990652 |
| 735 | 5 | -0,09 | 1,10 | 13,7760169 | 28 | 69 | 6896,314552 | 2,632917003 | 266,0319822 |
| 740 | 5 | -0,10 | 1,00 | 12,53100904 | 28 | 63 | 6958,969598 | 2,43613465 | 268,4681169 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 745 | 5 | -0,11 | 0,89 | 11,16782241 | 201 | 56 | 7014,80871 | 2,215968923 | 270,6840858 |
| 750 | 5 | -0,11 | 0,78 | 9,805675847 | 201 | 49 | 7063,837089 | 0,277720959 | 270,9618068 |
| 755 | 5 | -0,11 | 0,67 | 8,444556834 | 201 | 42 | 7106,059873 | 0,243847153 | 271,2056539 |
| 760 | 5 | -0,11 | 0,56 | 7,084456172 | 201 | 35 | 7141,482154 | 0,2099989 | 271,4156528 |
| 765 | 5 | -0,11 | 0,46 | 5,725367893 | 201 | 29 | 7170,108993 | 0,176175972 | 271,5918288 |
| 770 | 5 | -0,11 | 0,35 | 4,367289187 | 201 | 22 | 7191,945439 | 0,142378219 | 271,734207 |
| 775 | 5 | -0,11 | 0,24 | 3,010220348 | 201 | 15 | 7206,996541 | 0,108605572 | 271,8428126 |
| 780 | 5 | -0,11 | 0,13 | 1,654164747 | 201 | 8 | 7215,267365 | 0,074858039 | 271,9176706 |
| 785 | 5 | -0,11 | 0,02 | 0,299128819 | 201 | 1 | 7216,763009 | 0,041135703 | 271,9588063 |
| 790 | 5 | -0,11 | -0,08 | -1,054877937 | 201 | -5 | 7211,488619 | 0,007438723 | 271,966245 |
| 795 | 5 | -0,11 | -0,19 | -2,406592015 | 201 | -12 | 7199,455659 | -0,026232662 | 271,9400124 |
| 800 | 5 | -0,11 | -0,30 | -3,751987352 | 201 | -19 | 7180,695722 | -0,059847034 | 271,8801653 |
| 805 | 5 | -0,11 | -0,40 | -5,086974425 | 201 | -25 | 7155,26085 | -0,093304271 | 271,7868611 |
| 810 | 5 | -0,11 | -0,51 | -6,407531732 | 201 | -32 | 7123,223192 | -0,126502676 | 271,6603584 |
| 815 | 5 | -0,10 | -0,61 | -7,709735723 | 201 | -39 | 7084,674513 | -0,159342242 | 271,5010161 |
| 820 | 5 | -0,10 | -0,72 | -8,989789256 | 201 | -45 | 7039,725567 | -0,191725398 | 271,3092908 |
| 825 | 5 | -0,10 | -0,82 | -10,24404813 | 201 | -51 | 6988,505326 | -0,223557718 | 271,085733 |
| 830 | 5 | -0,10 | -0,91 | -11,46904526 | 201 | -57 | 6931,1601 | -0,254748578 | 270,8309845 |
| 835 | 5 | -0,09 | -1,01 | -12,66151224 | 201 | -63 | 6867,852539 | -0,285211757 | 270,5457727 |
| 840 | 5 | -0,09 | -1,10 | -13,81839795 | 201 | -69 | 6798,760549 | -0,314865978 | 270,2309067 |
| 845 | 5 | -0,09 | -1,19 | -14,93688402 | 28 | -75 | 6724,076129 | -0,343635366 | 269,8872714 |
| 850 | 5 | -0,07 | -1,26 | -15,87448049 | 28 | -79 | 6644,703726 | -2,641421029 | 267,2458503 |
| 855 | 5 | -0,06 | -1,32 | -16,62280765 | 28 | -83 | 6561,589688 | -2,807224488 | 264,4386258 |
| 860 | 5 | -0,04 | -1,37 | -17,1762774 | 28 | -86 | 6475,708301 | -2,939557783 | 261,4990681 |
| 865 | 5 | -0,03 | -1,40 | -17,53201119 | 28 | -88 | 6388,048245 | -3,037432725 | 258,4616353 |
| 870 | 5 | -0,01 | -1,41 | -17,68970621 | 28 | -88 | 6299,599714 | -3,100340271 | 255,3612951 |
| 875 | 5 | 0,00 | -1,40 | -17,65146152 | 28 | -88 | 6211,342406 | -3,128226872 | 252,2330682 |
| 880 | 5 | 0,02 | -1,39 | -17,42157561 | 28 | -87 | 6124,234528 | -3,121463727 | 249,1116045 |
| 885 | 5 | 0,03 | -1,35 | -17,00632639 | 28 | -85 | 6039,202896 | -3,080810972 | 246,0307935 |
| 890 | 5 | 0,05 | -1,31 | -16,41374367 | 28 | -82 | 5957,134178 | -3,007378787 | 243,0234147 |
| 895 | 5 | 0,06 | -1,25 | -15,65338251 | 28 | -78 | 5878,867265 | -2,902587156 | 240,1208275 |
| 900 | 5 | 0,07 | -1,17 | -14,73610424 | 28 | -74 | 5805,186744 | -2,768125781 | 237,3527018 |
| 905 | 5 | 0,08 | -1,09 | -13,67387053 | 28 | -68 | 5736,817392 | -2,605915369 | 234,7467864 |
| 910 | 5 | 0,10 | -0,99 | -12,47955384 | 28 | -62 | 5674,419622 | -2,418071206 | 232,3287152 |
| 915 | 5 | 0,10 | -0,89 | -11,16676659 | 28 | -56 | 5618,585789 | -2,206869646 | 230,1218455 |
| 920 | 5 | 0,11 | -0,78 | -9,749709735 | 28 | -49 | 5569,837241 | -1,97471789 | 228,1471277 |
| 925 | 5 | 0,12 | -0,66 | -8,243040758 | 28 | -41 | 5528,622037 | -1,72412722 | 226,4230004 |
| 930 | 5 | 0,13 | -0,53 | -6,661759902 | 28 | -33 | 5495,313238 | -1,457689647 | 224,9653108 |
| 935 | 5 | 0,13 | -0,40 | -5,021113146 | 28 | -25 | 5470,207672 | -1,178057798 | 223,787253 |
| 940 | 5 | 0,13 | -0,27 | -3,336509746 | 28 | -17 | 5453,525123 | -0,887927752 | 222,8993252 |
| 945 | 5 | 0,14 | -0,13 | -1,623451954 | 28 | -8 | 5445,407863 | -0,590024465 | 222,3093008 |
| 950 | 5 | 0,14 | 0,01 | 0,102525711 | 28 | 1 | 5445,920492 | -0,287089337 | 222,0222114 |
| 955 | 5 | 0,14 | 0,15 | 1,825898543 | 28 | 9 | 5455,049985 | 0,018130526 | 222,040342 |
| 960 | 5 | 0,14 | 0,28 | 3,527501096 | 28 | 18 | 5472,68749 | 0,322889754 | 222,3632317 |
| 965 | 5 | 0,13 | 0,41 | 5,185533775 | 28 | 26 | 5498,615159 | 0,623799151 | 222,9870309 |
| 970 | 5 | 0,13 | 0,54 | 6,778924171 | 28 | 34 | 5532,50978 | 0,917003703 | 223,9040346 |
| 975 | 5 | 0,12 | 0,66 | 8,287708931 | 28 | 41 | 5573,948324 | 1,19877699 | 225,1028116 |
| 980 | 5 | 0,11 | 0,77 | 9,69338048 | 28 | 48 | 5622,415227 | 1,465588715 | 226,5684003 |
| 985 | 5 | 0,10 | 0,87 | 10,97918754 | 28 | 55 | 5677,311165 | 1,714166021 | 228,2825663 |
| 990 | 5 | 0,09 | 0,97 | 12,13038106 | 28 | 61 | 5737,96307 | 1,941546631 | 230,2241129 |

| | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 995 | 5 | 0,08 | 1,05 | 13,13440031 | 28 | 66 | 5803,635071 | 2,145122342 | 232,3692353 |
| 1000 | 5 | 0,07 | 1,11 | 13,98099691 | 28 | 70 | 5873,540056 | 2,322671927 | 234,6919072 |
| 1005 | 5 | 0,05 | 1,17 | 14,66229784 | 28 | 73 | 5946,851545 | 2,472383075 | 237,1642903 |
| 1010 | 5 | 0,04 | 1,21 | 15,17281106 | 28 | 76 | 6022,7156 | 2,592863531 | 239,7571538 |
| 1015 | 5 | 0,03 | 1,23 | 15,5093796 | 28 | 78 | 6100,262498 | 2,683142089 | 242,4402959 |
| 1020 | 5 | 0,01 | 1,25 | 15,67109158 | 28 | 78 | 6178,617956 | 2,742660475 | 245,1829564 |
| 1025 | 5 | 0,00 | 1,25 | 15,65915456 | 28 | 78 | 6256,913729 | 2,771257432 | 247,9542138 |
| 1030 | 5 | -0,01 | 1,23 | 15,47674296 | 28 | 77 | 6334,297444 | 2,769146503 | 250,7233603 |
| 1035 | 5 | -0,03 | 1,20 | 15,12882718 | 28 | 76 | 6409,94158 | 2,73688905 | 253,4602493 |
| 1040 | 5 | -0,04 | 1,16 | 14,6219922 | 28 | 73 | 6483,051541 | 2,675364031 | 256,1356134 |
| 1045 | 5 | -0,05 | 1,11 | 13,96425286 | 28 | 70 | 6552,872805 | 2,58573593 | 258,7213493 |
| 1050 | 5 | -0,06 | 1,05 | 13,16487139 | 28 | 66 | 6618,697162 | 2,469422076 | 261,1907714 |
| 1055 | 5 | -0,07 | 0,97 | 12,23418221 | 28 | 61 | 6679,868073 | 2,328060397 | 263,5188318 |
| 1060 | 5 | -0,08 | 0,89 | 11,18342703 | 28 | 56 | 6735,785208 | 2,163478414 | 265,6823102 |
| 1065 | 5 | -0,09 | 0,80 | 10,02460294 | 28 | 50 | 6785,908223 | 1,977664103 | 267,6599743 |
| 1070 | 5 | -0,10 | 0,70 | 8,77032435 | 28 | 44 | 6829,759845 | 1,772739011 | 269,4327133 |
| 1075 | 5 | -0,11 | 0,59 | 7,433699547 | 201 | 37 | 6866,928342 | 1,550933859 | 270,9836472 |
| 1080 | 5 | -0,11 | 0,49 | 6,097854017 | 201 | 30 | 6897,417612 | 0,184860942 | 271,1685081 |
| 1085 | 5 | -0,11 | 0,38 | 4,762821663 | 201 | 24 | 6921,231721 | 0,151641189 | 271,3201493 |
| 1090 | 5 | -0,11 | 0,27 | 3,428638471 | 201 | 17 | 6938,374913 | 0,118441658 | 271,438591 |
| 1095 | 5 | -0,11 | 0,17 | 2,095342648 | 201 | 10 | 6948,851626 | 0,085263244 | 271,5238542 |
| 1100 | 5 | -0,11 | 0,06 | 0,762974772 | 201 | 4 | 6952,6665 | 0,052106897 | 271,5759611 |
| 1105 | 5 | -0,11 | -0,05 | -0,568422047 | 201 | -3 | 6949,82439 | 0,018973626 | 271,5949347 |
| 1110 | 5 | -0,11 | -0,15 | -1,898438776 | 201 | -9 | 6940,332196 | -0,014135497 | 271,5807992 |
| 1115 | 5 | -0,11 | -0,26 | -3,223701416 | 201 | -16 | 6924,213689 | -0,047210299 | 271,5335889 |
| 1120 | 5 | -0,10 | -0,36 | -4,540207282 | 201 | -23 | 6901,512653 | -0,080166877 | 271,4534221 |
| 1125 | 5 | -0,10 | -0,47 | -5,844008798 | 201 | -29 | 6872,292609 | -0,112905692 | 271,3405164 |
| 1130 | 5 | -0,10 | -0,57 | -7,131242681 | 201 | -36 | 6836,636395 | -0,145328576 | 271,1951878 |
| 1135 | 5 | -0,10 | -0,67 | -8,398157884 | 201 | -42 | 6794,645606 | -0,177339457 | 271,0178483 |
| 1140 | 5 | -0,10 | -0,77 | -9,641141844 | 201 | -48 | 6746,439897 | -0,208845053 | 270,8090033 |
| 1145 | 5 | -0,10 | -0,86 | -10,85674466 | 201 | -54 | 6692,156173 | -0,239755528 | 270,5692477 |
| 1150 | 5 | -0,09 | -0,96 | -12,04170082 | 201 | -60 | 6631,947669 | -0,26998509 | 270,2992627 |
| 1155 | 5 | -0,09 | -1,05 | -13,19294825 | 28 | -66 | 6565,982928 | -0,299452533 | 269,9998101 |
| 1160 | 5 | -0,08 | -1,13 | -14,18406362 | 28 | -71 | 6495,06261 | -2,333025476 | 267,6667846 |
| 1165 | 5 | -0,07 | -1,19 | -15,00532158 | 28 | -75 | 6420,036002 | -2,508293154 | 265,1584915 |
| 1170 | 5 | -0,05 | -1,25 | -15,64954754 | 28 | -78 | 6341,788264 | -2,653523447 | 262,504968 |
| 1175 | 5 | -0,04 | -1,28 | -16,11209327 | 28 | -81 | 6261,227798 | -2,767447609 | 259,7375204 |
| 1180 | 5 | -0,02 | -1,30 | -16,39075967 | 28 | -82 | 6179,274 | -2,849243653 | 256,8882768 |
| 1185 | 5 | -0,01 | -1,31 | -16,48567585 | 28 | -82 | 6096,84562 | -2,898522692 | 253,9897541 |
| 1190 | 5 | 0,01 | -1,31 | -16,39914422 | 28 | -82 | 6014,849899 | -2,915307558 | 251,0744465 |
| 1195 | 5 | 0,02 | -1,28 | -16,13546134 | 28 | -81 | 5934,172592 | -2,900005406 | 248,1744411 |
| 1200 | 5 | 0,03 | -1,25 | -15,70072383 | 28 | -79 | 5855,668973 | -2,853376034 | 245,3210651 |
| 1205 | 5 | 0,05 | -1,20 | -15,10262773 | 28 | -76 | 5780,155835 | -2,776497565 | 242,5445675 |
| 1210 | 5 | 0,06 | -1,14 | -14,35026823 | 28 | -72 | 5708,404494 | -2,670730952 | 239,8738366 |
| 1215 | 5 | 0,07 | -1,07 | -13,45394584 | 28 | -67 | 5641,134764 | -2,537684581 | 237,336152 |
| 1220 | 5 | 0,08 | -0,99 | -12,42498314 | 28 | -62 | 5579,009849 | -2,379179983 | 234,956972 |
| 1225 | 5 | 0,09 | -0,90 | -11,27555521 | 28 | -56 | 5522,632073 | -2,197219427 | 232,7597526 |
| 1230 | 5 | 0,10 | -0,80 | -10,01853573 | 28 | -50 | 5472,539394 | -1,993955943 | 230,7657966 |
| 1235 | 5 | 0,11 | -0,69 | -8,667359219 | 28 | -43 | 5429,202598 | -1,771666093 | 228,9941306 |
| 1240 | 5 | 0,11 | -0,58 | -7,235899647 | 28 | -36 | 5393,0231 | -1,532725626 | 227,4614049 |

| | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 1245 | 5 | 0,12 | -0,46 | -5,738364257 | 28 | -29 | 5364,331278 | -1,279587996 | 226,1818169 |
| 1250 | 5 | 0,12 | -0,33 | -4,189201422 | 28 | -21 | 5343,385271 | -1,014765596 | 225,1670513 |
| 1255 | 5 | 0,13 | -0,21 | -2,603020624 | 28 | -13 | 5330,370168 | -0,74081346 | 224,4262379 |
| 1260 | 5 | 0,13 | -0,08 | -0,994522487 | 28 | -5 | 5325,397556 | -0,46031511 | 223,9659228 |
| 1265 | 5 | 0,13 | 0,05 | 0,621563438 | 28 | 3 | 5328,505373 | -0,175870189 | 223,7900526 |
| 1270 | 5 | 0,13 | 0,18 | 2,230101239 | 28 | 11 | 5339,655879 | 0,109916548 | 223,8999691 |
| 1275 | 5 | 0,13 | 0,30 | 3,811752708 | 28 | 19 | 5358,714643 | 0,394368484 | 224,2943376 |
| 1280 | 5 | 0,12 | 0,43 | 5,346484857 | 28 | 27 | 5385,447067 | 0,674065873 | 224,9684035 |
| 1285 | 5 | 0,12 | 0,54 | 6,815040156 | 28 | 34 | 5419,522268 | 0,945466103 | 225,9138696 |
| 1290 | 5 | 0,11 | 0,65 | 8,19927299 | 28 | 41 | 5460,518633 | 1,205163698 | 227,1190333 |
| 1295 | 5 | 0,10 | 0,75 | 9,482452044 | 28 | 47 | 5507,930893 | 1,449949807 | 228,5689831 |
| 1300 | 5 | 0,09 | 0,85 | 10,64951963 | 28 | 53 | 5561,178491 | 1,676865684 | 230,2458488 |
| 1305 | 5 | 0,08 | 0,93 | 11,68730137 | 28 | 58 | 5619,614998 | 1,883248545 | 232,1290973 |
| 1310 | 5 | 0,07 | 1,00 | 12,58466229 | 28 | 63 | 5682,538309 | 2,066768649 | 234,195866 |
| 1315 | 5 | 0,06 | 1,06 | 13,33260806 | 28 | 67 | 5749,20135 | 2,2254569 | 236,4213229 |
| 1320 | 5 | 0,05 | 1,11 | 13,92433282 | 28 | 70 | 5818,823014 | 2,357722753 | 238,7790456 |
| 1325 | 5 | 0,03 | 1,14 | 14,35521691 | 28 | 72 | 5890,599098 | 2,462362664 | 241,2414083 |
| 1330 | 5 | 0,02 | 1,16 | 14,62278018 | 28 | 73 | 5963,712999 | 2,538559701 | 243,779968 |
| 1335 | 5 | 0,01 | 1,17 | 14,72659716 | 28 | 74 | 6037,345985 | 2,585875276 | 246,3658433 |
| 1340 | 5 | 0,00 | 1,17 | 14,66818161 | 28 | 73 | 6110,686893 | 2,604234148 | 248,9700774 |
| 1345 | 5 | -0,02 | 1,15 | 14,45084803 | 28 | 72 | 6182,941133 | 2,593904011 | 251,5639814 |
| 1350 | 5 | -0,03 | 1,12 | 14,07955729 | 28 | 70 | 6253,33892 | 2,555470995 | 254,1194524 |
| 1355 | 5 | -0,04 | 1,08 | 13,56075345 | 28 | 68 | 6321,142687 | 2,489812377 | 256,6092648 |
| 1360 | 5 | -0,05 | 1,03 | 12,90219744 | 28 | 65 | 6385,653674 | 2,398067715 | 259,0073325 |
| 1365 | 5 | -0,06 | 0,96 | 12,1128029 | 28 | 61 | 6446,217689 | 2,281609444 | 261,2889419 |
| 1370 | 5 | -0,07 | 0,89 | 11,20247786 | 28 | 56 | 6502,230078 | 2,14201384 | 263,4309558 |
| 1375 | 5 | -0,08 | 0,81 | 10,18197549 | 28 | 51 | 6553,139955 | 1,981033029 | 265,4119888 |
| 1380 | 5 | -0,09 | 0,72 | 9,062755617 | 28 | 45 | 6598,453733 | 1,800568589 | 267,2125574 |
| 1385 | 5 | -0,10 | 0,63 | 7,856858214 | 28 | 39 | 6637,738024 | 1,602647061 | 268,8152045 |
| 1390 | 5 | -0,10 | 0,52 | 6,576789182 | 201 | 33 | 6670,62197 | 1,38939758 | 270,204602 |
| 1395 | 5 | -0,10 | 0,42 | 5,297024037 | 201 | 26 | 6697,107091 | 0,163551329 | 270,3681534 |
| 1400 | 5 | -0,10 | 0,32 | 4,017680614 | 201 | 20 | 6717,195494 | 0,131726181 | 270,4998796 |
| 1405 | 5 | -0,10 | 0,22 | 2,738876883 | 201 | 14 | 6730,889878 | 0,09991152 | 270,5997911 |
| 1410 | 5 | -0,10 | 0,12 | 1,460731439 | 201 | 7 | 6738,193535 | 0,06811028 | 270,6679014 |
| 1415 | 5 | -0,10 | 0,01 | 0,183364006 | 201 | 1 | 6739,110355 | 0,036325411 | 270,7042268 |
| 1420 | 5 | -0,10 | -0,09 | -1,093104075 | 201 | -5 | 6733,644835 | 0,004559889 | 270,7087867 |
| 1425 | 5 | -0,10 | -0,19 | -2,367206128 | 201 | -12 | 6721,808804 | -0,027183268 | 270,6816034 |
| 1430 | 5 | -0,10 | -0,29 | -3,635201644 | 201 | -18 | 6703,632796 | -0,058867587 | 270,6227358 |
| 1435 | 5 | -0,10 | -0,39 | -4,893347135 | 201 | -24 | 6679,16606 | -0,090400049 | 270,5323358 |
| 1440 | 5 | -0,10 | -0,49 | -6,137960928 | 201 | -31 | 6648,476256 | -0,12168756 | 270,4106482 |
| 1445 | 5 | -0,10 | -0,59 | -7,365449292 | 201 | -37 | 6611,649009 | -0,152638566 | 270,2580096 |
| 1450 | 5 | -0,10 | -0,68 | -8,57233131 | 201 | -43 | 6568,787353 | -0,183163697 | 270,0748459 |
| 1455 | 5 | -0,09 | -0,78 | -9,755262093 | 28 | -49 | 6520,011042 | -0,213176391 | 269,8616695 |
| 1460 | 5 | -0,08 | -0,86 | -10,81967465 | 28 | -54 | 6465,912669 | -1,725109093 | 268,1365604 |
| 1465 | 5 | -0,07 | -0,94 | -11,75384327 | 28 | -59 | 6407,143453 | -1,91333856 | 266,2232219 |
| 1470 | 5 | -0,06 | -1,00 | -12,54804232 | 28 | -63 | 6344,403241 | -2,07853584 | 264,144686 |
| 1475 | 5 | -0,05 | -1,05 | -13,19461943 | 28 | -66 | 6278,430144 | -2,218981068 | 261,925705 |
| 1480 | 5 | -0,04 | -1,09 | -13,68801972 | 28 | -68 | 6209,990045 | -2,333321005 | 259,592384 |
| 1485 | 5 | -0,03 | -1,12 | -14,02476533 | 28 | -70 | 6139,866219 | -2,420573333 | 257,1718106 |
| 1490 | 5 | -0,01 | -1,13 | -14,20339567 | 28 | -71 | 6068,84924 | -2,480123032 | 254,6916876 |

| | | | | | | | | | |
|------|---|------|-------|--------------|----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 1495 | 5 | 0,00 | -1,13 | -14,22437479 | 28 | -71 | 5997,727366 | -2,51171181 | 252,1799758 |
| 1500 | 5 | 0,01 | -1,12 | -14,08997302 | 28 | -70 | 5927,277501 | -2,515421734 | 249,6645541 |
| 1505 | 5 | 0,02 | -1,10 | -13,8041295 | 28 | -69 | 5858,256854 | -2,491654282 | 247,1728998 |
| 1510 | 5 | 0,03 | -1,06 | -13,37230256 | 28 | -67 | 5791,395341 | -2,44110605 | 244,7317937 |
| 1515 | 5 | 0,05 | -1,02 | -12,80131373 | 28 | -64 | 5727,388772 | -2,364742282 | 242,3670515 |
| 1520 | 5 | 0,06 | -0,96 | -12,09919065 | 28 | -60 | 5666,892819 | -2,263769287 | 240,1032822 |
| 1525 | 5 | 0,07 | -0,90 | -11,27501321 | 28 | -56 | 5610,517753 | -2,139606665 | 237,9636755 |
| 1530 | 5 | 0,07 | -0,82 | -10,33876615 | 28 | -52 | 5558,823922 | -1,993860095 | 235,9698154 |

Tabella 17: Soluzione numerica del moto - pozzo cilindrico con camera superiore e $h = h_{max}$

Dai calcoli effettuati si sono ottenuti i seguenti risultati:

| | |
|------------------------|-----------------|
| H_{max} | 276 m |
| H_{min} | 209 m |
| V_{max} | 2,39 m/s |

Tabella 18: Risultati con $h_{serbatoio} = h_{max}$ – con camera

Si nota come – rispetto al caso senza camera – in questo caso l'altezza si sia notevolmente ridotta di $295 - 276 = 19$ m.

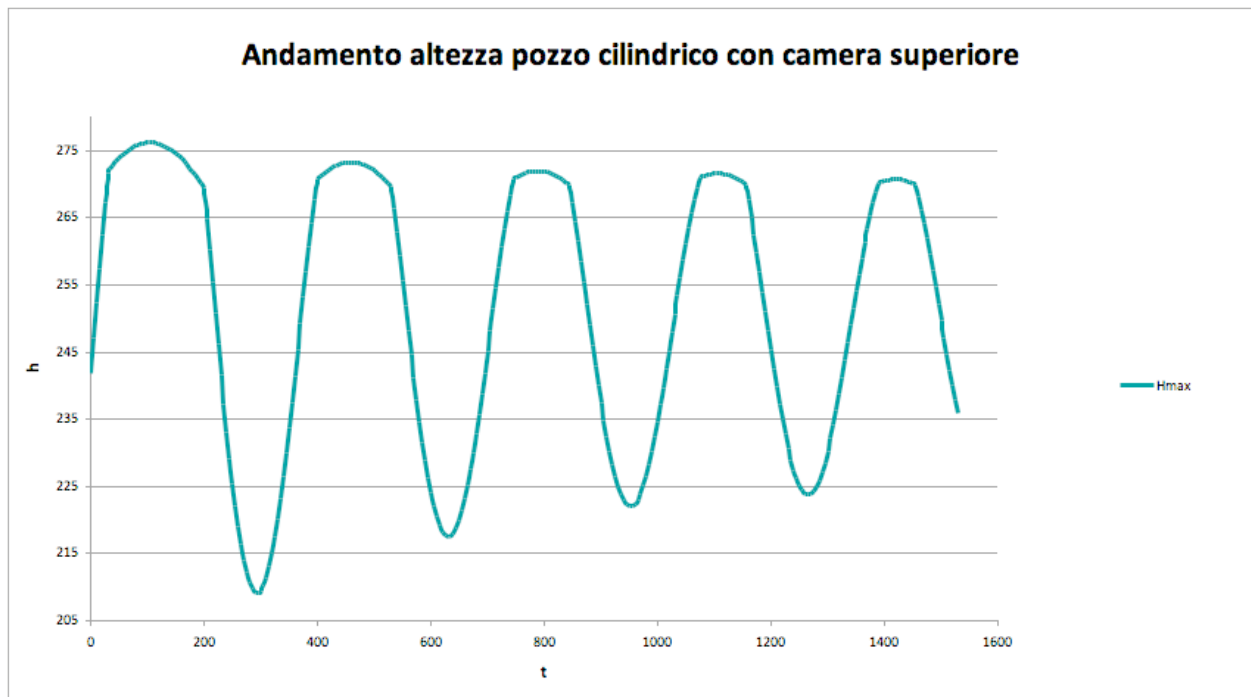


Fig. 10: Andamento $h = h(t)$ nel pozzo cilindrico con camera - h_{max}

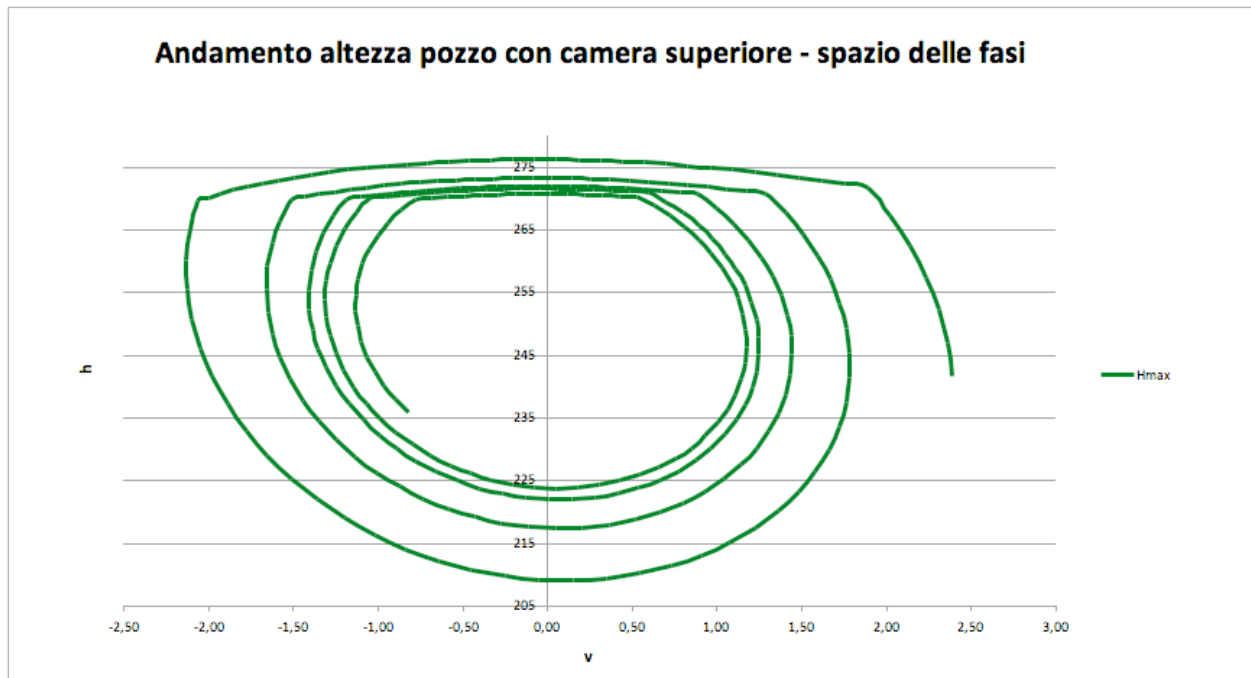


Fig. 11: Andamento altezza pozzo cilindrico con camera nello spazio delle fasi $h = h(v)$; h_{max}

Caso 2) si considera come carico di riferimento l'altezza minima nel serbatoio $h_{min} = 200$ m:

| t | ΔT | ΔV | V | Q | Ωp | ΔW | W | Δhg | hg |
|-----|------------|------------|-------|--------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|
| 0 | 0 | 0,00 | 2,39 | 30 | 28 | 0 | 5422,818869 | 0 | 191,7929841 |
| 5 | 5 | -0,03 | 2,36 | 29,673 | 28 | 148 | 5571,183869 | 5,30516477 | 197,0981489 |
| 10 | 5 | -0,05 | 2,31 | 29,03353204 | 28 | 145 | 5716,35153 | 5,247338474 | 202,3454874 |
| 15 | 5 | -0,07 | 2,24 | 28,09869929 | 28 | 140 | 5856,845026 | 5,134255711 | 207,4797431 |
| 20 | 5 | -0,10 | 2,14 | 26,88761043 | 28 | 134 | 5991,283078 | 4,968940984 | 212,4486841 |
| 25 | 5 | -0,12 | 2,02 | 25,42087684 | 28 | 127 | 6118,387462 | 4,754773454 | 217,2034575 |
| 30 | 5 | -0,14 | 1,89 | 23,72017928 | 28 | 119 | 6236,988359 | 4,495398007 | 221,6988555 |
| 35 | 5 | -0,15 | 1,74 | 21,80790639 | 28 | 109 | 6346,027891 | 4,194648649 | 225,8935042 |
| 40 | 5 | -0,17 | 1,57 | 19,70686246 | 28 | 99 | 6444,562203 | 3,856484556 | 229,7499887 |
| 45 | 5 | -0,18 | 1,39 | 17,44004007 | 28 | 87 | 6531,762403 | 3,484938415 | 233,2349271 |
| 50 | 5 | -0,19 | 1,20 | 15,03045071 | 28 | 75 | 6606,914657 | 3,084076205 | 236,3190033 |
| 55 | 5 | -0,20 | 0,99 | 12,50100624 | 28 | 63 | 6669,419688 | 2,657967253 | 238,9769706 |
| 60 | 5 | -0,21 | 0,79 | 9,874443065 | 28 | 49 | 6718,791904 | 2,210663263 | 241,1876339 |
| 65 | 5 | -0,21 | 0,57 | 7,173281707 | 28 | 36 | 6754,658312 | 1,746184916 | 242,9338188 |
| 70 | 5 | -0,22 | 0,35 | 4,41981422 | 28 | 22 | 6776,757383 | 1,268514713 | 244,2023335 |
| 75 | 5 | -0,22 | 0,13 | 1,636112765 | 28 | 8 | 6784,937947 | 0,781594756 | 244,9839283 |
| 80 | 5 | -0,22 | -0,09 | -1,155946977 | 28 | -6 | 6779,158212 | 0,28932826 | 245,2732565 |
| 85 | 5 | -0,22 | -0,31 | -3,933151259 | 28 | -20 | 6759,492456 | -0,204416306 | 245,0688402 |
| 90 | 5 | -0,22 | -0,53 | -6,659540173 | 28 | -33 | 6726,194755 | -0,69553385 | 244,3733064 |
| 95 | 5 | -0,21 | -0,74 | -9,297107585 | 28 | -46 | 6679,709217 | -1,177665264 | 243,1956411 |
| 100 | 5 | -0,20 | -0,94 | -11,80968077 | 28 | -59 | 6620,660813 | -1,644089587 | 241,5515515 |
| 105 | 5 | -0,19 | -1,13 | -14,16372045 | 28 | -71 | 6549,842211 | -2,088410078 | 239,4631414 |
| 110 | 5 | -0,17 | -1,30 | -16,32900917 | 28 | -82 | 6468,197165 | -2,504695692 | 236,9584457 |
| 115 | 5 | -0,16 | -1,45 | -18,27920059 | 28 | -91 | 6376,801162 | -2,887602805 | 234,0708429 |
| 120 | 5 | -0,14 | -1,59 | -19,99221303 | 28 | -100 | 6276,840097 | -3,232472366 | 230,8383706 |
| 125 | 5 | -0,12 | -1,71 | -21,45046127 | 28 | -107 | 6169,587791 | -3,535399474 | 227,3029711 |
| 130 | 5 | -0,09 | -1,80 | -22,64093141 | 28 | -113 | 6056,383134 | -3,793274381 | 223,5096967 |
| 135 | 5 | -0,07 | -1,87 | -23,55511255 | 28 | -118 | 5938,607571 | -4,003795722 | 219,505901 |
| 140 | 5 | -0,05 | -1,92 | -24,18880581 | 28 | -121 | 5817,663542 | -4,165458442 | 215,3404425 |
| 145 | 5 | -0,03 | -1,95 | -24,5418356 | 28 | -123 | 5694,954364 | -4,277520013 | 211,0629225 |
| 150 | 5 | -0,01 | -1,96 | -24,61768987 | 28 | -123 | 5571,865914 | -4,339949388 | 206,7229731 |
| 155 | 5 | 0,02 | -1,94 | -24,42311537 | 28 | -122 | 5449,750338 | -4,353363367 | 202,3696098 |
| 160 | 5 | 0,04 | -1,91 | -23,96769226 | 28 | -120 | 5329,911876 | -4,318955041 | 198,0506547 |
| 165 | 5 | 0,06 | -1,85 | -23,26340839 | 28 | -116 | 5213,594834 | -4,238418552 | 193,8122362 |
| 170 | 5 | 0,07 | -1,78 | -22,32425018 | 28 | -112 | 5101,973583 | -4,113873821 | 189,6983624 |
| 175 | 5 | 0,09 | -1,68 | -21,16582219 | 28 | -106 | 4996,144472 | -3,947794186 | 185,7505682 |
| 180 | 5 | 0,11 | -1,58 | -19,80500398 | 28 | -99 | 4897,119453 | -3,742939141 | 182,007629 |
| 185 | 5 | 0,12 | -1,45 | -18,25964887 | 201 | -91 | 4805,821208 | -3,502293645 | 178,5053354 |
| 190 | 5 | 0,12 | -1,33 | -16,71936811 | 201 | -84 | 4722,224368 | -0,454080215 | 178,0512552 |
| 195 | 5 | 0,12 | -1,21 | -15,18374271 | 201 | -76 | 4646,305654 | -0,415776575 | 177,6354786 |
| 200 | 5 | 0,12 | -1,09 | -13,65238005 | 201 | -68 | 4578,043754 | -0,377588704 | 177,2578899 |
| 205 | 5 | 0,12 | -0,96 | -12,12491114 | 201 | -61 | 4517,419198 | -0,339506839 | 176,9183831 |
| 210 | 5 | 0,12 | -0,84 | -10,60098801 | 201 | -53 | 4464,414258 | -0,301521803 | 176,6168613 |
| 215 | 5 | 0,12 | -0,72 | -9,080281524 | 201 | -45 | 4419,012851 | -0,263624944 | 176,3532363 |
| 220 | 5 | 0,12 | -0,60 | -7,562479149 | 201 | -38 | 4381,200455 | -0,225808076 | 176,1274282 |
| 225 | 5 | 0,12 | -0,48 | -6,047283078 | 201 | -30 | 4350,964039 | -0,188063428 | 175,9393648 |
| 230 | 5 | 0,12 | -0,36 | -4,534408391 | 201 | -23 | 4328,291997 | -0,150383593 | 175,7889812 |
| 235 | 5 | 0,12 | -0,24 | -3,023581383 | 201 | -15 | 4313,174091 | -0,112761486 | 175,6762197 |
| 240 | 5 | 0,12 | -0,12 | -1,514537984 | 201 | -8 | 4305,601401 | -0,0751903 | 175,6010294 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 245 | 5 | 0,12 | 0,00 | -0,007022271 | 201 | 0 | 4305,566289 | -0,03766347 | 175,563366 |
| 250 | 5 | 0,12 | 0,12 | 1,49921494 | 201 | 7 | 4313,062364 | -0,00017463 | 175,5631913 |
| 255 | 5 | 0,12 | 0,24 | 3,001890769 | 201 | 15 | 4328,071818 | 0,037282417 | 175,6004737 |
| 260 | 5 | 0,12 | 0,36 | 4,496163578 | 201 | 22 | 4350,552636 | 0,074650899 | 175,6751246 |
| 265 | 5 | 0,12 | 0,48 | 5,977247083 | 201 | 30 | 4380,438871 | 0,111810415 | 175,7869351 |
| 270 | 5 | 0,12 | 0,59 | 7,440449736 | 201 | 37 | 4417,64112 | 0,148641941 | 175,935577 |
| 275 | 5 | 0,11 | 0,71 | 8,881212531 | 201 | 44 | 4462,047182 | 0,185028805 | 176,1206058 |
| 280 | 5 | 0,11 | 0,82 | 10,29514462 | 201 | 51 | 4513,522906 | 0,220857637 | 176,3414634 |
| 285 | 5 | 0,11 | 0,93 | 11,67805613 | 201 | 58 | 4571,913186 | 0,256019243 | 176,5974827 |
| 290 | 5 | 0,11 | 1,04 | 13,02598771 | 201 | 65 | 4637,043125 | 0,290409431 | 176,8878921 |
| 295 | 5 | 0,10 | 1,14 | 14,33523626 | 201 | 72 | 4708,719306 | 0,323929739 | 177,2118219 |
| 300 | 5 | 0,10 | 1,24 | 15,6023767 | 201 | 78 | 4786,731189 | 0,35648808 | 177,5683099 |
| 305 | 5 | 0,10 | 1,34 | 16,82427934 | 201 | 84 | 4870,852586 | 0,387999277 | 177,9563092 |
| 310 | 5 | 0,09 | 1,43 | 17,99812299 | 201 | 90 | 4960,843201 | 0,418385503 | 178,3746947 |
| 315 | 5 | 0,09 | 1,52 | 19,12140363 | 201 | 96 | 5056,450219 | 0,4475766 | 178,8222713 |
| 320 | 5 | 0,09 | 1,61 | 20,1919388 | 201 | 101 | 5157,409913 | 0,475510298 | 179,2977816 |
| 325 | 5 | 0,08 | 1,69 | 21,20786799 | 201 | 106 | 5263,449253 | 0,502132323 | 179,7999139 |
| 330 | 5 | 0,08 | 1,76 | 22,16764917 | 28 | 111 | 5374,287499 | 0,52739641 | 180,3273103 |
| 335 | 5 | 0,06 | 1,82 | 22,86240338 | 28 | 114 | 5488,599516 | 3,920101048 | 184,2474114 |
| 340 | 5 | 0,03 | 1,85 | 23,29037308 | 28 | 116 | 5605,051381 | 4,042960565 | 188,290372 |
| 345 | 5 | 0,01 | 1,87 | 23,45337567 | 28 | 117 | 5722,31826 | 4,118642224 | 192,4090142 |
| 350 | 5 | -0,01 | 1,86 | 23,35645386 | 28 | 117 | 5839,100529 | 4,147467412 | 196,5564816 |
| 355 | 5 | -0,03 | 1,83 | 23,00749675 | 28 | 115 | 5954,138013 | 4,130327872 | 200,6868095 |
| 360 | 5 | -0,05 | 1,78 | 22,41685171 | 28 | 112 | 6066,222271 | 4,068618707 | 204,7554282 |
| 365 | 5 | -0,07 | 1,72 | 21,59694317 | 28 | 108 | 6174,206987 | 3,964169731 | 208,7195979 |
| 370 | 5 | -0,08 | 1,64 | 20,56191159 | 28 | 103 | 6277,016545 | 3,819178068 | 212,538776 |
| 375 | 5 | -0,10 | 1,54 | 19,32728159 | 28 | 97 | 6373,652953 | 3,636144299 | 216,1749203 |
| 380 | 5 | -0,11 | 1,43 | 17,90966534 | 28 | 90 | 6463,20128 | 3,417813779 | 219,592734 |
| 385 | 5 | -0,13 | 1,30 | 16,32650421 | 28 | 82 | 6544,833801 | 3,167124187 | 222,7598582 |
| 390 | 5 | -0,14 | 1,16 | 14,59584923 | 28 | 73 | 6617,813047 | 2,887159832 | 225,6470181 |
| 395 | 5 | -0,15 | 1,01 | 12,73617928 | 28 | 64 | 6681,493943 | 2,581112838 | 228,2281309 |
| 400 | 5 | -0,16 | 0,86 | 10,76625426 | 28 | 54 | 6735,325215 | 2,252250988 | 230,4803819 |
| 405 | 5 | -0,16 | 0,69 | 8,704999882 | 28 | 44 | 6778,850214 | 1,903891761 | 232,3842737 |
| 410 | 5 | -0,17 | 0,52 | 6,571419862 | 28 | 33 | 6811,707313 | 1,539381957 | 233,9236556 |
| 415 | 5 | -0,17 | 0,35 | 4,384531225 | 28 | 22 | 6833,62997 | 1,162082171 | 235,0857378 |
| 420 | 5 | -0,18 | 0,17 | 2,163318121 | 28 | 11 | 6844,44656 | 0,775355353 | 235,8610931 |
| 425 | 5 | -0,18 | -0,01 | -0,073300286 | 28 | 0 | 6844,080059 | 0,382558636 | 236,2436518 |
| 430 | 5 | -0,18 | -0,18 | -2,306486235 | 28 | -12 | 6832,547628 | -0,012962336 | 236,2306894 |
| 435 | 5 | -0,18 | -0,36 | -4,511544352 | 28 | -23 | 6809,989906 | -0,407876317 | 235,8228131 |
| 440 | 5 | -0,17 | -0,53 | -6,658976365 | 28 | -33 | 6776,695024 | -0,797816205 | 235,0249969 |
| 445 | 5 | -0,16 | -0,69 | -8,720342599 | 28 | -44 | 6733,093311 | -1,17756556 | 233,8474314 |
| 450 | 5 | -0,16 | -0,85 | -10,66883807 | 28 | -53 | 6679,749121 | -1,542095144 | 232,3053362 |
| 455 | 5 | -0,14 | -0,99 | -12,4798083 | 28 | -62 | 6617,350079 | -1,886664796 | 230,4186714 |
| 460 | 5 | -0,13 | -1,12 | -14,13118573 | 28 | -71 | 6546,69415 | -2,206914645 | 228,2117568 |
| 465 | 5 | -0,12 | -1,24 | -15,60383311 | 28 | -78 | 6468,674985 | -2,49894229 | 225,7128145 |
| 470 | 5 | -0,10 | -1,34 | -16,88178605 | 28 | -84 | 6384,266055 | -2,759363523 | 222,953451 |
| 475 | 5 | -0,09 | -1,43 | -17,95239306 | 28 | -90 | 6294,504089 | -2,98535522 | 219,9680957 |
| 480 | 5 | -0,07 | -1,50 | -18,80635725 | 28 | -94 | 6200,472303 | -3,174680107 | 216,7934156 |
| 485 | 5 | -0,05 | -1,55 | -19,43768835 | 28 | -97 | 6103,283861 | -3,325694132 | 213,4677215 |
| 490 | 5 | -0,03 | -1,58 | -19,84357763 | 28 | -99 | 6004,065973 | -3,437337982 | 210,0303835 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|-----|------|-------------|--------------|-------------|
| 495 | 5 | -0,01 | -1,59 | -20,02421032 | 28 | -100 | 5903,944922 | -3,509114964 | 206,5212685 |
| 500 | 5 | 0,00 | -1,59 | -19,98253141 | 28 | -100 | 5804,032265 | -3,541057838 | 202,9802107 |
| 505 | 5 | 0,02 | -1,57 | -19,72398012 | 28 | -99 | 5705,412364 | -3,533687388 | 199,4465233 |
| 510 | 5 | 0,04 | -1,53 | -19,25620777 | 28 | -96 | 5609,131325 | -3,487965481 | 195,9585578 |
| 515 | 5 | 0,05 | -1,48 | -18,58879149 | 28 | -93 | 5516,187368 | -3,405245168 | 192,5533127 |
| 520 | 5 | 0,07 | -1,41 | -17,73295439 | 28 | -89 | 5427,522596 | -3,287220057 | 189,2660926 |
| 525 | 5 | 0,08 | -1,33 | -16,70130036 | 28 | -84 | 5344,016094 | -3,13587483 | 186,1302178 |
| 530 | 5 | 0,09 | -1,23 | -15,50756933 | 28 | -78 | 5266,478247 | -2,953438343 | 183,1767794 |
| 535 | 5 | 0,11 | -1,13 | -14,16641673 | 28 | -71 | 5195,646164 | -2,742340349 | 180,4344391 |
| 540 | 5 | 0,12 | -1,01 | -12,69321914 | 201 | -63 | 5132,180068 | -2,505172498 | 177,9292666 |
| 545 | 5 | 0,12 | -0,89 | -11,22280615 | 201 | -56 | 5076,066037 | -0,315654464 | 177,6136121 |
| 550 | 5 | 0,12 | -0,78 | -9,754956749 | 201 | -49 | 5027,291253 | -0,279088293 | 177,3345238 |
| 555 | 5 | 0,12 | -0,66 | -8,289462252 | 201 | -41 | 4985,843942 | -0,242585873 | 177,091938 |
| 560 | 5 | 0,12 | -0,54 | -6,826124984 | 201 | -34 | 4951,713317 | -0,206142015 | 176,885796 |
| 565 | 5 | 0,12 | -0,43 | -5,36475712 | 201 | -27 | 4924,889532 | -0,169751802 | 176,7160442 |
| 570 | 5 | 0,12 | -0,31 | -3,9051796 | 201 | -20 | 4905,363634 | -0,133410565 | 176,5826336 |
| 575 | 5 | 0,12 | -0,19 | -2,447221108 | 201 | -12 | 4893,127528 | -0,09711385 | 176,4855197 |
| 580 | 5 | 0,12 | -0,08 | -0,990717131 | 201 | -5 | 4888,173942 | -0,060857396 | 176,4246623 |
| 585 | 5 | 0,12 | 0,04 | 0,464490928 | 201 | 2 | 4890,496397 | -0,024637114 | 176,4000252 |
| 590 | 5 | 0,12 | 0,15 | 1,918314057 | 201 | 10 | 4900,087967 | 0,011550942 | 176,4115762 |
| 595 | 5 | 0,12 | 0,27 | 3,367249655 | 201 | 17 | 4916,924216 | 0,047704557 | 176,4592807 |
| 600 | 5 | 0,11 | 0,38 | 4,806719298 | 201 | 24 | 4940,957812 | 0,083736629 | 176,5430174 |
| 605 | 5 | 0,11 | 0,50 | 6,232207706 | 201 | 31 | 4972,118851 | 0,119533303 | 176,6625507 |
| 610 | 5 | 0,11 | 0,61 | 7,639298627 | 201 | 38 | 5010,315344 | 0,154982291 | 176,8175329 |
| 615 | 5 | 0,11 | 0,72 | 9,023709157 | 201 | 45 | 5055,43389 | 0,189973772 | 177,0075067 |
| 620 | 5 | 0,11 | 0,83 | 10,38132192 | 201 | 52 | 5107,340499 | 0,224401237 | 177,231908 |
| 625 | 5 | 0,11 | 0,93 | 11,70821455 | 201 | 59 | 5165,881572 | 0,258162297 | 177,4900703 |
| 630 | 5 | 0,10 | 1,03 | 13,00068612 | 201 | 65 | 5230,885003 | 0,291159409 | 177,7812297 |
| 635 | 5 | 0,10 | 1,13 | 14,25528001 | 201 | 71 | 5302,161403 | 0,323300541 | 178,1045302 |
| 640 | 5 | 0,10 | 1,23 | 15,46880309 | 201 | 77 | 5379,505418 | 0,354499731 | 178,4590299 |
| 645 | 5 | 0,09 | 1,32 | 16,63834099 | 201 | 83 | 5462,697123 | 0,384677574 | 178,8437075 |
| 650 | 5 | 0,09 | 1,41 | 17,76126936 | 201 | 89 | 5551,50347 | 0,413761596 | 179,2574691 |
| 655 | 5 | 0,09 | 1,50 | 18,83526116 | 201 | 94 | 5645,679776 | 0,441686533 | 179,6991556 |
| 660 | 5 | 0,08 | 1,58 | 19,85829016 | 28 | 99 | 5744,971226 | 0,468394518 | 180,1675502 |
| 665 | 5 | 0,06 | 1,64 | 20,64261441 | 28 | 103 | 5848,184298 | 3,511716711 | 183,6792669 |
| 670 | 5 | 0,04 | 1,69 | 21,18407948 | 28 | 106 | 5954,104696 | 3,65041569 | 187,3296826 |
| 675 | 5 | 0,02 | 1,71 | 21,48190846 | 28 | 107 | 6061,514238 | 3,746167738 | 191,0758503 |
| 680 | 5 | 0,00 | 1,71 | 21,5384423 | 28 | 108 | 6169,20645 | 3,798835465 | 194,8746858 |
| 685 | 5 | -0,01 | 1,70 | 21,3588401 | 28 | 107 | 6276,00065 | 3,808832843 | 198,6835186 |
| 690 | 5 | -0,03 | 1,67 | 20,950757 | 28 | 105 | 6380,754435 | 3,777072201 | 202,4605908 |
| 695 | 5 | -0,05 | 1,62 | 20,32401528 | 28 | 102 | 6482,374512 | 3,704907264 | 206,1654981 |
| 700 | 5 | -0,07 | 1,55 | 19,4902818 | 28 | 97 | 6579,825921 | 3,594074994 | 209,7595731 |
| 705 | 5 | -0,08 | 1,47 | 18,46276195 | 28 | 92 | 6672,13973 | 3,446638546 | 213,2062116 |
| 710 | 5 | -0,10 | 1,37 | 17,25591739 | 28 | 86 | 6758,419317 | 3,264933142 | 216,4711448 |
| 715 | 5 | -0,11 | 1,26 | 15,88521248 | 28 | 79 | 6837,84538 | 3,051516166 | 219,5226609 |
| 720 | 5 | -0,12 | 1,14 | 14,36689183 | 28 | 72 | 6909,679839 | 2,809122321 | 222,3317832 |
| 725 | 5 | -0,13 | 1,01 | 12,71778934 | 28 | 64 | 6973,268785 | 2,540624279 | 224,8724075 |
| 730 | 5 | -0,14 | 0,87 | 10,95516812 | 28 | 55 | 7028,044626 | 2,248998932 | 227,1214065 |
| 735 | 5 | -0,15 | 0,72 | 9,096588814 | 28 | 45 | 7073,52757 | 1,937299065 | 229,0587055 |
| 740 | 5 | -0,15 | 0,57 | 7,159803854 | 28 | 36 | 7109,326589 | 1,608630083 | 230,6673356 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 745 | 5 | -0,16 | 0,41 | 5,162673934 | 28 | 26 | 7135,139959 | 1,266131306 | 231,9334669 |
| 750 | 5 | -0,16 | 0,25 | 3,123103219 | 28 | 16 | 7150,755475 | 0,912961196 | 232,8464281 |
| 755 | 5 | -0,16 | 0,08 | 1,058989367 | 28 | 5 | 7156,050422 | 0,552285906 | 233,398714 |
| 760 | 5 | -0,16 | -0,08 | -1,01181549 | 28 | -5 | 7150,991345 | 0,187270436 | 233,5859844 |
| 765 | 5 | -0,16 | -0,24 | -3,070385785 | 28 | -15 | 7135,639416 | -0,178928263 | 233,4070562 |
| 770 | 5 | -0,16 | -0,41 | -5,090765507 | 28 | -25 | 7110,185588 | -0,542963417 | 232,8640928 |
| 775 | 5 | -0,16 | -0,56 | -7,046388098 | 28 | -35 | 7074,953648 | -0,900244994 | 231,9638478 |
| 780 | 5 | -0,15 | -0,71 | -8,911863901 | 28 | -45 | 7030,394328 | -1,246074996 | 230,7177728 |
| 785 | 5 | -0,14 | -0,85 | -10,66346767 | 28 | -53 | 6977,07699 | -1,575963547 | 229,1418092 |
| 790 | 5 | -0,13 | -0,98 | -12,2795672 | 28 | -61 | 6915,679154 | -1,885715099 | 227,2560941 |
| 795 | 5 | -0,12 | -1,09 | -13,74097882 | 28 | -69 | 6846,97426 | -2,171504242 | 225,0845899 |
| 800 | 5 | -0,10 | -1,20 | -15,03124004 | 28 | -75 | 6771,818059 | -2,429938559 | 222,6546513 |
| 805 | 5 | -0,09 | -1,28 | -16,13679457 | 28 | -81 | 6691,134087 | -2,658106837 | 219,9965445 |
| 810 | 5 | -0,07 | -1,36 | -17,04709021 | 28 | -85 | 6605,898636 | -2,853611802 | 217,1429327 |
| 815 | 5 | -0,06 | -1,41 | -17,75459398 | 28 | -89 | 6517,125666 | -3,014587413 | 214,1283453 |
| 820 | 5 | -0,04 | -1,45 | -18,25473316 | 28 | -91 | 6425,852 | -3,139701549 | 210,9886437 |
| 825 | 5 | -0,02 | -1,48 | -18,54577303 | 28 | -93 | 6333,123135 | -3,228145575 | 207,7604981 |
| 830 | 5 | -0,01 | -1,48 | -18,62864395 | 28 | -93 | 6239,979915 | -3,279612724 | 204,4808854 |
| 835 | 5 | 0,01 | -1,47 | -18,5067311 | 28 | -93 | 6147,446259 | -3,294267521 | 201,1866179 |
| 840 | 5 | 0,03 | -1,45 | -18,18563952 | 28 | -91 | 6056,518062 | -3,272708594 | 197,9139093 |
| 845 | 5 | 0,04 | -1,41 | -17,67294659 | 28 | -88 | 5968,153329 | -3,215927137 | 194,6979822 |
| 850 | 5 | 0,06 | -1,35 | -16,97795191 | 28 | -85 | 5883,263569 | -3,125263121 | 191,5727191 |
| 855 | 5 | 0,07 | -1,28 | -16,11143348 | 28 | -81 | 5802,706402 | -3,002361078 | 188,570358 |
| 860 | 5 | 0,08 | -1,20 | -15,08541644 | 28 | -75 | 5727,27932 | -2,849126975 | 185,721231 |
| 865 | 5 | 0,09 | -1,11 | -13,91295944 | 28 | -70 | 5657,714522 | -2,667687329 | 183,0535437 |
| 870 | 5 | 0,10 | -1,00 | -12,60796125 | 28 | -63 | 5594,674716 | -2,460351409 | 180,5931923 |
| 875 | 5 | 0,11 | -0,89 | -11,18498944 | 201 | -56 | 5538,749769 | -2,229577062 | 178,3636152 |
| 880 | 5 | 0,11 | -0,78 | -9,763903031 | 201 | -49 | 5489,930254 | -0,278147868 | 178,0854673 |
| 885 | 5 | 0,11 | -0,66 | -8,344583362 | 201 | -42 | 5448,207337 | -0,242808349 | 177,842659 |
| 890 | 5 | 0,11 | -0,55 | -6,926919224 | 201 | -35 | 5413,572741 | -0,207512764 | 177,6351462 |
| 895 | 5 | 0,11 | -0,44 | -5,51080619 | 201 | -28 | 5386,01871 | -0,172258349 | 177,4628879 |
| 900 | 5 | 0,11 | -0,33 | -4,096146018 | 201 | -20 | 5365,53798 | -0,137042507 | 177,3258454 |
| 905 | 5 | 0,11 | -0,21 | -2,682846096 | 201 | -13 | 5352,123749 | -0,101862795 | 177,2239826 |
| 910 | 5 | 0,11 | -0,10 | -1,270818941 | 201 | -6 | 5345,769655 | -0,066716909 | 177,1572657 |
| 915 | 5 | 0,11 | 0,01 | 0,140018274 | 201 | 1 | 5346,469746 | -0,031602674 | 177,125663 |
| 920 | 5 | 0,11 | 0,12 | 1,549722112 | 201 | 8 | 5354,218357 | 0,003481969 | 177,129145 |
| 925 | 5 | 0,11 | 0,24 | 2,955711644 | 201 | 15 | 5368,996915 | 0,038538427 | 177,1676834 |
| 930 | 5 | 0,11 | 0,35 | 4,35361013 | 201 | 22 | 5390,764966 | 0,073502519 | 177,2411859 |
| 935 | 5 | 0,11 | 0,46 | 5,739092274 | 201 | 29 | 5419,460427 | 0,108265402 | 177,3494513 |
| 940 | 5 | 0,11 | 0,57 | 7,107917873 | 201 | 36 | 5455,000016 | 0,142719516 | 177,4921708 |
| 945 | 5 | 0,11 | 0,67 | 8,45596416 | 201 | 42 | 5497,279837 | 0,176759416 | 177,6689302 |
| 950 | 5 | 0,11 | 0,78 | 9,779256309 | 201 | 49 | 5546,176119 | 0,210282577 | 177,8792128 |
| 955 | 5 | 0,10 | 0,88 | 11,07399561 | 201 | 55 | 5601,546097 | 0,243190153 | 178,122403 |
| 960 | 5 | 0,10 | 0,98 | 12,33658489 | 201 | 62 | 5663,229021 | 0,275387678 | 178,3977906 |
| 965 | 5 | 0,10 | 1,08 | 13,56365081 | 201 | 68 | 5731,047275 | 0,306785698 | 178,7045763 |
| 970 | 5 | 0,09 | 1,17 | 14,75206283 | 201 | 74 | 5804,807589 | 0,337300324 | 179,0418767 |
| 975 | 5 | 0,09 | 1,27 | 15,89894858 | 201 | 79 | 5884,302332 | 0,366853706 | 179,4087304 |
| 980 | 5 | 0,09 | 1,35 | 17,00170561 | 201 | 85 | 5969,31086 | 0,395374415 | 179,8041048 |
| 985 | 5 | 0,08 | 1,44 | 18,05800945 | 28 | 90 | 6059,600907 | 0,422797733 | 180,2269025 |
| 990 | 5 | 0,07 | 1,50 | 18,89666539 | 28 | 94 | 6154,084234 | 3,193357185 | 183,4202597 |

| | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 995 | 5 | 0,05 | 1,55 | 19,51192781 | 28 | 98 | 6251,643874 | 3,341664117 | 186,7619238 |
| 1000 | 5 | 0,03 | 1,58 | 19,9012277 | 28 | 100 | 6351,150012 | 3,450466401 | 190,2123902 |
| 1005 | 5 | 0,01 | 1,60 | 20,06498004 | 28 | 100 | 6451,474912 | 3,519309736 | 193,7317 |
| 1010 | 5 | 0,00 | 1,59 | 20,00634559 | 28 | 100 | 6551,50664 | 3,548267507 | 197,2799675 |
| 1015 | 5 | -0,02 | 1,57 | 19,73096259 | 28 | 99 | 6650,161453 | 3,537898659 | 200,8178661 |
| 1020 | 5 | -0,04 | 1,53 | 19,24666283 | 28 | 96 | 6746,394767 | 3,489200253 | 204,3070664 |
| 1025 | 5 | -0,05 | 1,48 | 18,5631846 | 28 | 93 | 6839,21069 | 3,403557253 | 207,7106236 |
| 1030 | 5 | -0,07 | 1,41 | 17,69189282 | 28 | 88 | 6927,670154 | 3,282691765 | 210,9933154 |
| 1035 | 5 | -0,08 | 1,32 | 16,64551455 | 28 | 83 | 7010,897727 | 3,12861355 | 214,1219289 |
| 1040 | 5 | -0,10 | 1,23 | 15,43789536 | 28 | 77 | 7088,087204 | 2,943573246 | 217,0655022 |
| 1045 | 5 | -0,11 | 1,12 | 14,08378032 | 28 | 70 | 7158,506106 | 2,730019287 | 219,7955215 |
| 1050 | 5 | -0,12 | 1,00 | 12,5986213 | 28 | 63 | 7221,499212 | 2,490559172 | 222,2860806 |
| 1055 | 5 | -0,13 | 0,88 | 10,99841086 | 28 | 55 | 7276,491266 | 2,227925395 | 224,514006 |
| 1060 | 5 | -0,14 | 0,74 | 9,299541691 | 28 | 46 | 7322,988975 | 1,944946061 | 226,4589521 |
| 1065 | 5 | -0,14 | 0,60 | 7,51868975 | 28 | 38 | 7360,582424 | 1,644520032 | 228,1034721 |
| 1070 | 5 | -0,15 | 0,45 | 5,672718572 | 28 | 28 | 7388,946016 | 1,329596266 | 229,4330684 |
| 1075 | 5 | -0,15 | 0,30 | 3,778601745 | 28 | 19 | 7407,839025 | 1,003156891 | 230,4362253 |
| 1080 | 5 | -0,15 | 0,15 | 1,853360311 | 28 | 9 | 7417,105827 | 0,668203495 | 231,1044288 |
| 1085 | 5 | -0,15 | -0,01 | -0,085988271 | 28 | 0 | 7416,675885 | 0,327746061 | 231,4321748 |
| 1090 | 5 | -0,15 | -0,16 | -2,022464741 | 28 | -10 | 7406,563562 | -0,015206065 | 231,4169688 |
| 1095 | 5 | -0,15 | -0,31 | -3,934601424 | 28 | -20 | 7386,890555 | -0,35765029 | 231,0593185 |
| 1100 | 5 | -0,15 | -0,46 | -5,797448548 | 28 | -29 | 7357,903312 | -0,695790295 | 230,3635282 |
| 1105 | 5 | -0,14 | -0,60 | -7,586913507 | 28 | -38 | 7319,968744 | -1,025213993 | 229,3383142 |
| 1110 | 5 | -0,13 | -0,74 | -9,280219018 | 28 | -46 | 7273,567649 | -1,341660875 | 227,9966533 |
| 1115 | 5 | -0,13 | -0,86 | -10,8563167 | 28 | -54 | 7219,286066 | -1,641103033 | 226,3555503 |
| 1120 | 5 | -0,11 | -0,98 | -12,29624198 | 28 | -61 | 7157,804856 | -1,919818296 | 224,435732 |
| 1125 | 5 | -0,10 | -1,08 | -13,5833999 | 28 | -68 | 7089,887856 | -2,174452991 | 222,261279 |
| 1130 | 5 | -0,09 | -1,17 | -14,70377549 | 28 | -74 | 7016,368979 | -2,402072487 | 219,8592065 |
| 1135 | 5 | -0,07 | -1,25 | -15,64606661 | 28 | -78 | 6938,138646 | -2,600198391 | 217,2590081 |
| 1140 | 5 | -0,06 | -1,31 | -16,40174127 | 28 | -82 | 6856,129939 | -2,766832046 | 214,4921761 |
| 1145 | 5 | -0,04 | -1,35 | -16,96502485 | 28 | -85 | 6771,304815 | -2,900464664 | 211,5917114 |
| 1150 | 5 | -0,03 | -1,38 | -17,33282555 | 28 | -87 | 6684,640687 | -3,000075072 | 208,5916364 |
| 1155 | 5 | -0,01 | -1,39 | -17,50460805 | 28 | -88 | 6597,117647 | -3,065116516 | 205,5265198 |
| 1160 | 5 | 0,00 | -1,39 | -17,48222663 | 28 | -87 | 6509,706514 | -3,095494332 | 202,4310255 |
| 1165 | 5 | 0,02 | -1,37 | -17,26972907 | 28 | -86 | 6423,357869 | -3,091536427 | 199,3394891 |
| 1170 | 5 | 0,03 | -1,34 | -16,87314219 | 28 | -84 | 6338,992158 | -3,053958608 | 196,2855305 |
| 1175 | 5 | 0,05 | -1,30 | -16,30024886 | 28 | -82 | 6257,490913 | -2,983826651 | 193,3017038 |
| 1180 | 5 | 0,06 | -1,24 | -15,56036489 | 28 | -78 | 6179,689089 | -2,882516867 | 190,419187 |
| 1185 | 5 | 0,07 | -1,17 | -14,66412274 | 28 | -73 | 6106,368475 | -2,751676654 | 187,6675103 |
| 1190 | 5 | 0,08 | -1,08 | -13,6232673 | 28 | -68 | 6038,252139 | -2,593186244 | 185,0743241 |
| 1195 | 5 | 0,09 | -0,99 | -12,45046737 | 28 | -62 | 5975,999802 | -2,409122591 | 182,6652015 |
| 1200 | 5 | 0,10 | -0,89 | -11,15914509 | 28 | -56 | 5920,204076 | -2,201726029 | 180,4634754 |
| 1205 | 5 | 0,11 | -0,78 | -9,763324357 | 201 | -49 | 5871,387455 | -1,973370114 | 178,4901053 |
| 1210 | 5 | 0,11 | -0,67 | -8,368953023 | 201 | -42 | 5829,54269 | -0,242793958 | 178,2473114 |
| 1215 | 5 | 0,11 | -0,56 | -6,97596458 | 201 | -35 | 5794,662867 | -0,208118788 | 178,0391926 |
| 1220 | 5 | 0,11 | -0,44 | -5,584297737 | 201 | -28 | 5766,741378 | -0,173478007 | 177,8657146 |
| 1225 | 5 | 0,11 | -0,33 | -4,193896056 | 201 | -21 | 5745,771898 | -0,138870092 | 177,7268445 |
| 1230 | 5 | 0,11 | -0,22 | -2,804707629 | 201 | -14 | 5731,74836 | -0,104293639 | 177,6225508 |
| 1235 | 5 | 0,11 | -0,11 | -1,416684784 | 201 | -7 | 5724,664936 | -0,069747357 | 177,5528035 |
| 1240 | 5 | 0,11 | 0,00 | -0,029783823 | 201 | 0 | 5724,516017 | -0,03523006 | 177,5175734 |

| | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 1245 | 5 | 0,11 | 0,11 | 1,356035214 | 201 | 7 | 5731,296193 | -0,000740663 | 177,5168328 |
| 1250 | 5 | 0,11 | 0,22 | 2,73874165 | 201 | 14 | 5744,989901 | 0,033721829 | 177,5505546 |
| 1255 | 5 | 0,11 | 0,33 | 4,11406773 | 201 | 21 | 5765,56024 | 0,068106917 | 177,6186615 |
| 1260 | 5 | 0,11 | 0,44 | 5,477790276 | 201 | 27 | 5792,949191 | 0,102308471 | 177,72097 |
| 1265 | 5 | 0,11 | 0,54 | 6,825764145 | 201 | 34 | 5827,078012 | 0,136221469 | 177,8571914 |
| 1270 | 5 | 0,11 | 0,65 | 8,153953512 | 201 | 41 | 5867,847779 | 0,169742829 | 178,0269343 |
| 1275 | 5 | 0,10 | 0,75 | 9,458461477 | 201 | 47 | 5915,140087 | 0,202772189 | 178,2297065 |
| 1280 | 5 | 0,10 | 0,85 | 10,7355575 | 201 | 54 | 5968,817874 | 0,23521264 | 178,4649191 |
| 1285 | 5 | 0,10 | 0,95 | 11,98170226 | 201 | 60 | 6028,726385 | 0,266971413 | 178,7318905 |
| 1290 | 5 | 0,10 | 1,05 | 13,19356964 | 201 | 66 | 6094,694234 | 0,297960491 | 179,029851 |
| 1295 | 5 | 0,09 | 1,14 | 14,36806546 | 201 | 72 | 6166,534561 | 0,32809716 | 179,3579482 |
| 1300 | 5 | 0,09 | 1,23 | 15,5023429 | 201 | 78 | 6244,046275 | 0,357304475 | 179,7152526 |
| 1305 | 5 | 0,09 | 1,32 | 16,59381441 | 28 | 83 | 6327,015347 | 0,385511641 | 180,1007643 |
| 1310 | 5 | 0,07 | 1,39 | 17,48472284 | 28 | 87 | 6414,438962 | 2,934430654 | 183,0351949 |
| 1315 | 5 | 0,05 | 1,45 | 18,16798281 | 28 | 91 | 6505,278876 | 3,091977853 | 186,1271728 |
| 1320 | 5 | 0,04 | 1,48 | 18,63951966 | 28 | 93 | 6598,476474 | 3,212804744 | 189,3399775 |
| 1325 | 5 | 0,02 | 1,50 | 18,89813039 | 28 | 94 | 6692,967126 | 3,296190768 | 192,6361683 |
| 1330 | 5 | 0,00 | 1,51 | 18,9452951 | 28 | 95 | 6787,693601 | 3,341923185 | 195,9780915 |
| 1335 | 5 | -0,01 | 1,49 | 18,78495287 | 28 | 94 | 6881,618366 | 3,350263737 | 199,3283552 |
| 1340 | 5 | -0,03 | 1,47 | 18,42325505 | 28 | 92 | 6973,734641 | 3,321909006 | 202,6502642 |
| 1345 | 5 | -0,04 | 1,42 | 17,86830818 | 28 | 89 | 7063,076182 | 3,257946788 | 205,908211 |
| 1350 | 5 | -0,06 | 1,36 | 17,12991681 | 28 | 86 | 7148,725766 | 3,159810635 | 209,0680217 |
| 1355 | 5 | -0,07 | 1,29 | 16,21933462 | 28 | 81 | 7229,822439 | 3,029234372 | 212,097256 |
| 1360 | 5 | -0,09 | 1,21 | 15,14903024 | 28 | 76 | 7305,56759 | 2,868208087 | 214,9654641 |
| 1365 | 5 | -0,10 | 1,11 | 13,93247226 | 28 | 70 | 7375,229952 | 2,678936718 | 217,6444008 |
| 1370 | 5 | -0,11 | 1,00 | 12,58393604 | 28 | 63 | 7438,149632 | 2,463802032 | 220,1082029 |
| 1375 | 5 | -0,12 | 0,88 | 11,11833367 | 28 | 56 | 7493,7413 | 2,225328472 | 222,3335313 |
| 1380 | 5 | -0,12 | 0,76 | 9,551066761 | 28 | 48 | 7541,496634 | 1,966153069 | 224,2996844 |
| 1385 | 5 | -0,13 | 0,63 | 7,897901235 | 28 | 39 | 7580,98614 | 1,68899943 | 225,9886838 |
| 1390 | 5 | -0,14 | 0,49 | 6,174862122 | 28 | 31 | 7611,860451 | 1,39665558 | 227,3853394 |
| 1395 | 5 | -0,14 | 0,35 | 4,398146079 | 28 | 22 | 7633,851181 | 1,091955366 | 228,4772948 |
| 1400 | 5 | -0,14 | 0,21 | 2,58404889 | 28 | 13 | 7646,771425 | 0,777762988 | 229,2550578 |
| 1405 | 5 | -0,15 | 0,06 | 0,748904981 | 28 | 4 | 7650,51595 | 0,456960171 | 229,7120179 |
| 1410 | 5 | -0,15 | -0,09 | -1,09096411 | 28 | -5 | 7645,06113 | 0,132435477 | 229,8444534 |
| 1415 | 5 | -0,15 | -0,23 | -2,91795747 | 28 | -15 | 7630,471343 | -0,192924812 | 229,6515286 |
| 1420 | 5 | -0,14 | -0,37 | -4,709028328 | 28 | -24 | 7606,926201 | -0,516008172 | 229,1355204 |
| 1425 | 5 | -0,14 | -0,51 | -6,441092613 | 28 | -32 | 7574,720738 | -0,832739039 | 228,3027814 |
| 1430 | 5 | -0,13 | -0,64 | -8,092093855 | 28 | -40 | 7534,260269 | -1,139035254 | 227,1637461 |
| 1435 | 5 | -0,12 | -0,77 | -9,641404753 | 28 | -48 | 7486,053245 | -1,430996374 | 225,7327498 |
| 1440 | 5 | -0,11 | -0,88 | -11,07018159 | 28 | -55 | 7430,702337 | -1,704974694 | 224,0277751 |
| 1445 | 5 | -0,10 | -0,98 | -12,36166049 | 28 | -62 | 7368,894034 | -1,957637912 | 222,0701372 |
| 1450 | 5 | -0,09 | -1,07 | -13,50138804 | 28 | -68 | 7301,387094 | -2,186021525 | 219,8841156 |
| 1455 | 5 | -0,08 | -1,15 | -14,47738236 | 28 | -72 | 7229,000182 | -2,387569605 | 217,496546 |
| 1460 | 5 | -0,06 | -1,22 | -15,28022467 | 28 | -76 | 7152,599059 | -2,560163296 | 214,9363827 |
| 1465 | 5 | -0,05 | -1,27 | -15,90308426 | 28 | -80 | 7073,083638 | -2,702136986 | 212,2342457 |
| 1470 | 5 | -0,03 | -1,30 | -16,34168321 | 28 | -82 | 6991,375222 | -2,812282744 | 209,421963 |
| 1475 | 5 | -0,02 | -1,32 | -16,5942087 | 28 | -83 | 6908,404178 | -2,889844068 | 206,5321189 |
| 1480 | 5 | -0,01 | -1,33 | -16,66118249 | 28 | -83 | 6825,098266 | -2,93450038 | 203,5976186 |
| 1485 | 5 | 0,01 | -1,32 | -16,54529752 | 28 | -83 | 6742,371778 | -2,946343946 | 200,6512746 |
| 1490 | 5 | 0,02 | -1,29 | -16,25123173 | 28 | -81 | 6661,115619 | -2,925850984 | 197,7254236 |

| | | | | | | | | | |
|------|---|------|-------|--------------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|
| 1495 | 5 | 0,04 | -1,26 | -15,78544833 | 28 | -79 | 6582,188378 | -2,873848735 | 194,8515749 |
| 1500 | 5 | 0,05 | -1,21 | -15,15599085 | 28 | -76 | 6506,408424 | -2,791480145 | 192,0600947 |
| 1505 | 5 | 0,06 | -1,14 | -14,37228016 | 28 | -72 | 6434,547023 | -2,680167624 | 189,3799271 |
| 1510 | 5 | 0,07 | -1,07 | -13,44491887 | 28 | -67 | 6367,322428 | -2,541577146 | 186,83835 |
| 1515 | 5 | 0,08 | -0,99 | -12,3855075 | 28 | -62 | 6305,394891 | -2,377583664 | 184,4607663 |
| 1520 | 5 | 0,09 | -0,89 | -11,2064752 | 28 | -56 | 6249,362515 | -2,190238601 | 182,2705277 |
| 1525 | 5 | 0,10 | -0,79 | -9,920926751 | 28 | -50 | 6199,757881 | -1,981739915 | 180,2887878 |
| 1530 | 5 | 0,11 | -0,68 | -8,542506231 | 201 | -43 | 6157,04535 | -1,754405036 | 178,5343828 |

Tabella 19: Soluzione numerica del moto - pozzo cilindrico con camera inferiore e $h = h_{min}$

Dai calcoli effettuati si sono ottenuti i seguenti risultati:

| | |
|------------------------|-----------------|
| H_{max} | 245 m |
| H_{min} | 175 m |
| V_{max} | 2,39 m/s |

Tabella 20: Risultati con $h_{serbatoio} = h_{min}$ – con camera

Si nota come – rispetto al caso senza camera – in questo caso l'altezza minima sia notevolmente aumentata di $175 - 160 = 15$ m.

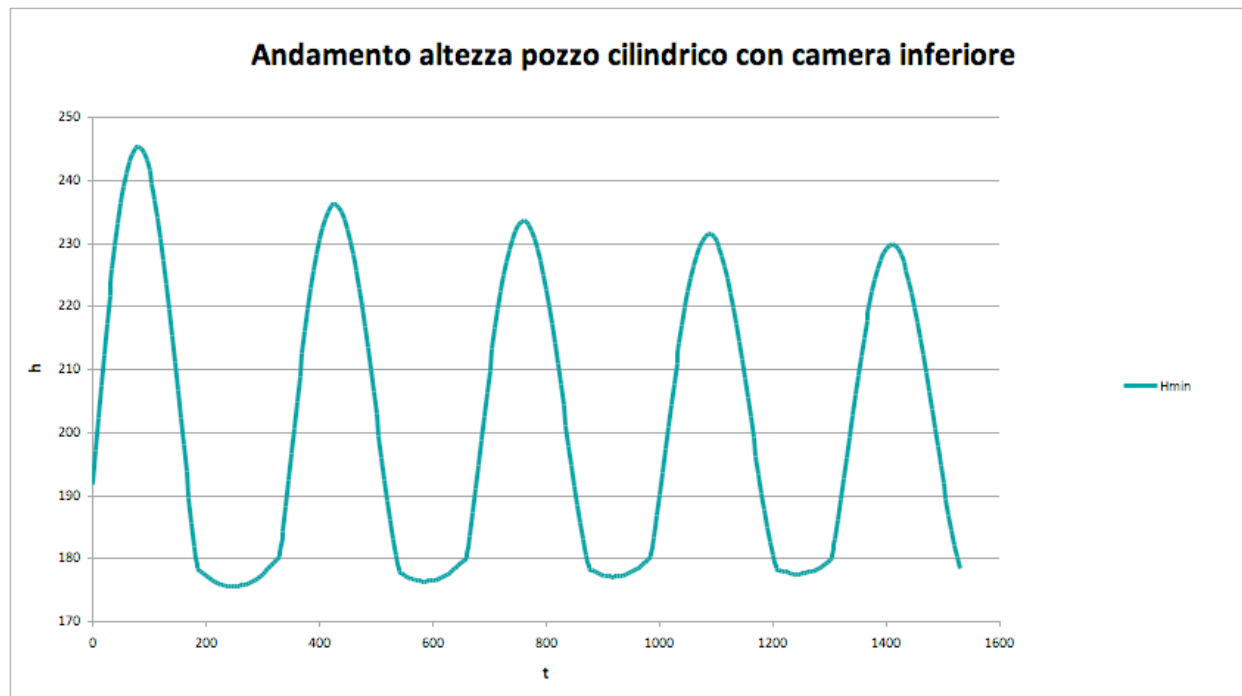


Fig. 12: Andamento $h = h(t)$ nel pozzo cilindrico con camera - h_{min}

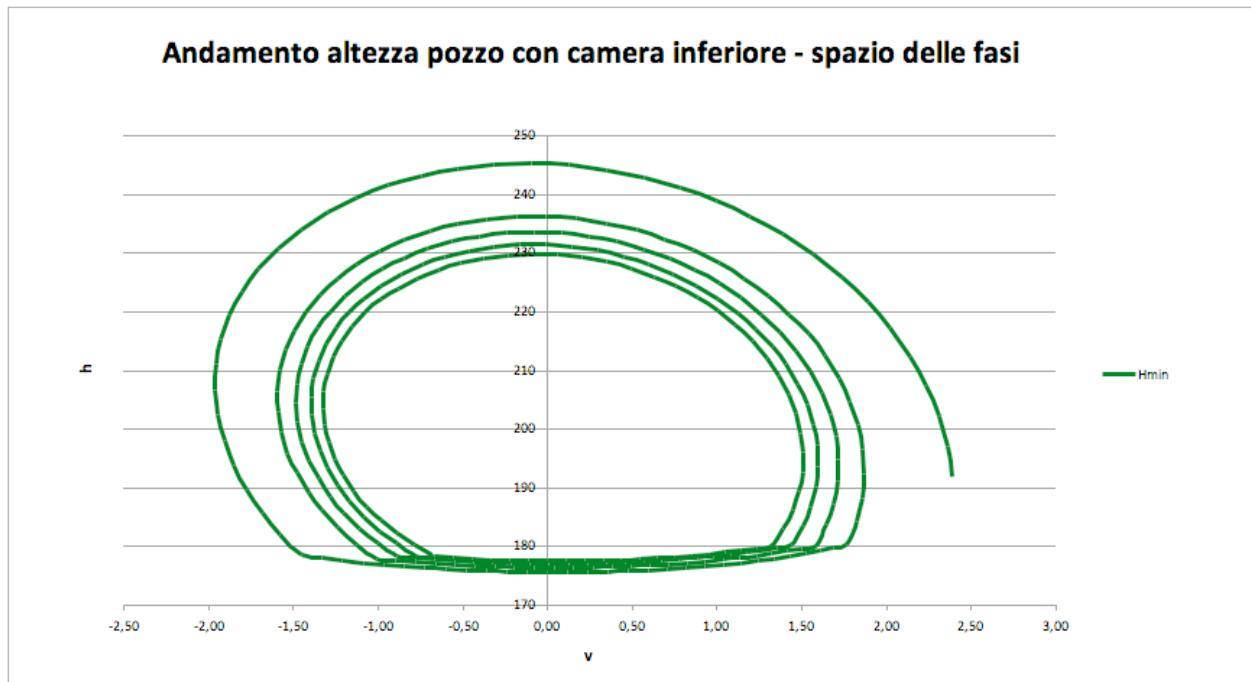


Fig. 13: Andamento altezza pozzo cilindrico con camera nello spazio delle fasi $h = h(v)$; h_{min}

Con dissipatore

Per aumentare l'effetto frenante si può disporre all'ingresso del pozzo una strozzatura che produce una perdita di carico localizzata che va aggiunta alle perdite di carico ripartite.

Si pone
$$k_s = \frac{K_s \cdot \omega^2}{L}$$

e quindi l'equazione del moto diventa:

$$\Delta V(t) = -g \left[(k + k_s) |V(t)| V(t) + \frac{h_g(t) - h_s}{L} \right]$$

In questo caso $k_s = 0,0006$ e per ottenere lo stesso effetto della riduzione delle altezze con l'utilizzo delle camere è necessario allargare il diametro del pozzo di un metro, pertanto si considera $D = 7$ m e quindi $\Omega_p = 38 \text{ m}^2$.

Parallelamente sono state calcolate le pressioni in corrispondenza della sezione del dissipatore in termini di altezze con la relazione:

$$h_{diss} = h_p + k_s |V| V L$$

| t | ΔT | ΔV | V | Q | Ωp | ΔW | W | Δh_g | hg | Hdiss |
|-----|------------|------------|-------|--------------|------------|------------|-------|--------------|-------------|-------------|
| 0 | 0 | 0,00 | 2,39 | 30 | 38 | 0 | 9305 | 0 | 241,7929841 | 276,2181921 |
| 5 | 5 | -0,19 | 2,20 | 27,63785249 | 38 | 138 | 9443 | 4 | 245,6906562 | 274,9081292 |
| 10 | 5 | -0,17 | 2,03 | 25,4518967 | 38 | 127 | 9571 | 4 | 249,2814324 | 274,0598956 |
| 15 | 5 | -0,16 | 1,86 | 23,40095932 | 38 | 117 | 9688 | 3 | 252,588204 | 273,5342178 |
| 20 | 5 | -0,15 | 1,71 | 21,45516421 | 38 | 107 | 9795 | 3 | 255,6285128 | 273,2360149 |
| 25 | 5 | -0,15 | 1,56 | 19,59239007 | 38 | 98 | 9893 | 3 | 258,4160193 | 273,0988199 |
| 30 | 5 | -0,14 | 1,42 | 17,79596706 | 38 | 89 | 9982 | 3 | 260,9615097 | 273,0752218 |
| 35 | 5 | -0,14 | 1,28 | 16,05313634 | 38 | 80 | 10062 | 2 | 263,2736045 | 273,1308109 |
| 40 | 5 | -0,14 | 1,14 | 14,35399454 | 38 | 72 | 10134 | 2 | 265,3592665 | 273,2402355 |
| 45 | 5 | -0,13 | 1,01 | 12,69075502 | 38 | 63 | 10197 | 2 | 267,224172 | 273,384573 |
| 50 | 5 | -0,13 | 0,88 | 11,05722137 | 38 | 55 | 10253 | 2 | 268,8729854 | 273,5495406 |
| 55 | 5 | -0,13 | 0,75 | 9,44840554 | 38 | 47 | 10300 | 1 | 270,3095661 | 273,7242548 |
| 60 | 5 | -0,13 | 0,63 | 7,860246951 | 38 | 39 | 10339 | 1 | 271,5371257 | 273,9003581 |
| 65 | 5 | -0,13 | 0,50 | 6,28940265 | 38 | 31 | 10371 | 1 | 272,5583478 | 274,0713964 |
| 70 | 5 | -0,12 | 0,38 | 4,733088571 | 38 | 24 | 10394 | 1 | 273,3754821 | 274,2323687 |
| 75 | 5 | -0,12 | 0,25 | 3,188957723 | 38 | 16 | 10410 | 1 | 273,9904164 | 274,3794003 |
| 80 | 5 | -0,12 | 0,13 | 1,65500543 | 38 | 8 | 10419 | 0 | 274,4047334 | 274,5095025 |
| 85 | 5 | -0,12 | 0,01 | 0,129494452 | 38 | 1 | 10419 | 0 | 274,6197557 | 274,6203971 |
| 90 | 5 | -0,12 | -0,11 | -1,389105203 | 38 | -7 | 10412 | 0 | 274,6365799 | 274,5627718 |
| 95 | 5 | -0,12 | -0,23 | -2,890897744 | 38 | -14 | 10398 | 0 | 274,4561041 | 274,1364358 |
| 100 | 5 | -0,12 | -0,35 | -4,350772353 | 38 | -22 | 10376 | 0 | 274,0805117 | 273,3564646 |
| 105 | 5 | -0,11 | -0,46 | -5,744937966 | 38 | -29 | 10347 | -1 | 273,5152489 | 272,2528263 |
| 110 | 5 | -0,10 | -0,56 | -7,052001552 | 38 | -35 | 10312 | -1 | 272,7688527 | 270,866641 |
| 115 | 5 | -0,10 | -0,66 | -8,25375476 | 38 | -41 | 10271 | -1 | 271,8526398 | 269,2468631 |
| 120 | 5 | -0,09 | -0,74 | -9,335705586 | 38 | -47 | 10224 | -1 | 270,7802921 | 267,446578 |
| 125 | 5 | -0,08 | -0,82 | -10,28732917 | 38 | -51 | 10173 | -1 | 269,5673748 | 265,5193857 |
| 130 | 5 | -0,06 | -0,88 | -11,10204764 | 38 | -56 | 10117 | -1 | 268,2308203 | 263,5162704 |
| 135 | 5 | -0,05 | -0,94 | -11,77697876 | 38 | -59 | 10058 | -1 | 266,7884156 | 261,4832145 |
| 140 | 5 | -0,04 | -0,98 | -12,31251194 | 38 | -62 | 9997 | -2 | 265,2583222 | 259,4596656 |
| 145 | 5 | -0,03 | -1,01 | -12,71177775 | 38 | -64 | 9933 | -2 | 263,6586511 | 257,4778233 |
| 150 | 5 | -0,02 | -1,03 | -12,98007344 | 38 | -65 | 9868 | -2 | 262,0071064 | 255,5626192 |
| 155 | 5 | -0,01 | -1,04 | -13,12429676 | 38 | -66 | 9803 | -2 | 260,320704 | 253,7322102 |
| 160 | 5 | 0,00 | -1,05 | -13,15242616 | 38 | -66 | 9737 | -2 | 258,6155639 | 251,9987974 |
| 165 | 5 | 0,01 | -1,04 | -13,07307066 | 38 | -65 | 9672 | -2 | 256,9067691 | 250,3696066 |
| 170 | 5 | 0,01 | -1,03 | -12,89510026 | 38 | -64 | 9607 | -2 | 255,2082843 | 248,8478978 |
| 175 | 5 | 0,02 | -1,00 | -12,62735757 | 38 | -63 | 9544 | -2 | 253,5329219 | 247,4339165 |
| 180 | 5 | 0,03 | -0,98 | -12,27844484 | 38 | -61 | 9483 | -2 | 251,8923453 | 246,1257325 |
| 185 | 5 | 0,03 | -0,94 | -11,85657673 | 38 | -59 | 9423 | -2 | 250,2971002 | 244,9199435 |
| 190 | 5 | 0,04 | -0,90 | -11,36948743 | 38 | -57 | 9366 | -2 | 248,7566653 | 243,8122398 |
| 195 | 5 | 0,04 | -0,86 | -10,82438094 | 38 | -54 | 9312 | -1 | 247,2795142 | 242,7978408 |
| 200 | 5 | 0,05 | -0,81 | -10,22791413 | 38 | -51 | 9261 | -1 | 245,8731846 | 241,8718192 |
| 205 | 5 | 0,05 | -0,76 | -9,586203694 | 38 | -48 | 9213 | -1 | 244,5443494 | 241,0293329 |
| 210 | 5 | 0,05 | -0,71 | -8,904849664 | 38 | -45 | 9169 | -1 | 243,2988868 | 240,2657832 |
| 215 | 5 | 0,06 | -0,65 | -8,188969828 | 38 | -41 | 9128 | -1 | 242,1419473 | 239,5769164 |
| 220 | 5 | 0,06 | -0,59 | -7,443240609 | 38 | -37 | 9091 | -1 | 241,0780167 | 238,9588839 |
| 225 | 5 | 0,06 | -0,53 | -6,671941284 | 38 | -33 | 9057 | -1 | 240,110973 | 238,4082716 |
| 230 | 5 | 0,06 | -0,47 | -5,878999274 | 38 | -29 | 9028 | -1 | 239,2441384 | 237,9221097 |
| 235 | 5 | 0,06 | -0,40 | -5,068035033 | 38 | -25 | 9002 | -1 | 238,4803247 | 237,4978683 |
| 240 | 5 | 0,07 | -0,34 | -4,24240559 | 38 | -21 | 8981 | -1 | 237,8218734 | 237,1334455 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|----|-----|------|----|-------------|-------------|
| 245 | 5 | 0,07 | -0,27 | -3,405246245 | 38 | -17 | 8964 | -1 | 237,2706898 | 236,8271516 |
| 250 | 5 | 0,07 | -0,20 | -2,5595102 | 38 | -13 | 8951 | 0 | 236,8282721 | 236,5776913 |
| 255 | 5 | 0,07 | -0,14 | -1,708006133 | 38 | -9 | 8943 | 0 | 236,4957344 | 236,3841475 |
| 260 | 5 | 0,07 | -0,07 | -0,853433852 | 38 | -4 | 8939 | 0 | 236,2738261 | 236,2459666 |
| 265 | 5 | 0,07 | 0,00 | 0,001581741 | 38 | 0 | 8939 | 0 | 236,1629459 | 236,162946 |
| 270 | 5 | 0,07 | 0,07 | 0,854458069 | 38 | 4 | 8943 | 0 | 236,1631514 | 236,1910779 |
| 275 | 5 | 0,07 | 0,14 | 1,698360065 | 38 | 8 | 8951 | 0 | 236,2741647 | 236,3844947 |
| 280 | 5 | 0,07 | 0,20 | 2,522371236 | 38 | 13 | 8964 | 0 | 236,4948197 | 236,7381813 |
| 285 | 5 | 0,06 | 0,26 | 3,316028191 | 38 | 17 | 8981 | 0 | 236,8225322 | 237,2431334 |
| 290 | 5 | 0,06 | 0,32 | 4,069600686 | 38 | 20 | 9001 | 0 | 237,2533586 | 237,8868455 |
| 295 | 5 | 0,06 | 0,38 | 4,774333023 | 38 | 24 | 9025 | 1 | 237,7820909 | 238,6539764 |
| 300 | 5 | 0,05 | 0,43 | 5,422634126 | 38 | 27 | 9052 | 1 | 238,4023837 | 239,5271302 |
| 305 | 5 | 0,05 | 0,48 | 6,008208341 | 38 | 30 | 9082 | 1 | 239,1069053 | 240,4876839 |
| 310 | 5 | 0,04 | 0,52 | 6,526124244 | 38 | 33 | 9115 | 1 | 239,8875062 | 241,5165949 |
| 315 | 5 | 0,04 | 0,55 | 6,972823707 | 38 | 35 | 9149 | 1 | 240,7353959 | 242,5951325 |
| 320 | 5 | 0,03 | 0,58 | 7,3460777 | 38 | 37 | 9186 | 1 | 241,6413219 | 243,7054902 |
| 325 | 5 | 0,02 | 0,61 | 7,644898292 | 38 | 38 | 9224 | 1 | 242,595742 | 244,8312565 |
| 330 | 5 | 0,02 | 0,63 | 7,869417981 | 38 | 39 | 9264 | 1 | 243,5889856 | 245,9577359 |
| 335 | 5 | 0,01 | 0,64 | 8,020747842 | 38 | 40 | 9304 | 1 | 244,6113993 | 247,0721283 |
| 340 | 5 | 0,01 | 0,64 | 8,100825269 | 38 | 41 | 9344 | 1 | 245,6534741 | 248,1635832 |
| 345 | 5 | 0,00 | 0,65 | 8,112260655 | 38 | 41 | 9385 | 1 | 246,7059528 | 249,2231535 |
| 350 | 5 | 0,00 | 0,64 | 8,058190404 | 38 | 40 | 9425 | 1 | 247,7599172 | 250,2436742 |
| 355 | 5 | -0,01 | 0,63 | 7,942141697 | 38 | 40 | 9465 | 1 | 248,8068566 | 251,21959 |
| 360 | 5 | -0,01 | 0,62 | 7,76791245 | 38 | 39 | 9504 | 1 | 249,8387187 | 252,1467554 |
| 365 | 5 | -0,02 | 0,60 | 7,539468263 | 38 | 38 | 9541 | 1 | 250,8479446 | 253,0222247 |
| 370 | 5 | -0,02 | 0,58 | 7,260856775 | 38 | 36 | 9578 | 1 | 251,8274904 | 253,8440442 |
| 375 | 5 | -0,03 | 0,55 | 6,936138832 | 38 | 35 | 9612 | 1 | 252,7708384 | 254,6110578 |
| 380 | 5 | -0,03 | 0,52 | 6,569335219 | 38 | 33 | 9645 | 1 | 253,6719982 | 255,3227315 |
| 385 | 5 | -0,03 | 0,49 | 6,164387276 | 38 | 31 | 9676 | 1 | 254,525502 | 255,9789982 |
| 390 | 5 | -0,03 | 0,46 | 5,725129544 | 38 | 29 | 9705 | 1 | 255,326394 | 256,580126 |
| 395 | 5 | -0,04 | 0,42 | 5,25527257 | 38 | 26 | 9731 | 1 | 256,0702166 | 257,1266073 |
| 400 | 5 | -0,04 | 0,38 | 4,758394097 | 38 | 24 | 9755 | 1 | 256,7529942 | 257,619068 |
| 405 | 5 | -0,04 | 0,34 | 4,23793702 | 38 | 21 | 9776 | 1 | 257,3712162 | 258,0581946 |
| 410 | 5 | -0,04 | 0,29 | 3,697212676 | 38 | 18 | 9794 | 1 | 257,9218192 | 258,4446762 |
| 415 | 5 | -0,04 | 0,25 | 3,139408266 | 38 | 16 | 9810 | 0 | 258,40217 | 258,7791598 |
| 420 | 5 | -0,05 | 0,20 | 2,567597387 | 38 | 13 | 9823 | 0 | 258,8100494 | 259,0622162 |
| 425 | 5 | -0,05 | 0,16 | 1,984752842 | 38 | 10 | 9833 | 0 | 259,1436378 | 259,2943148 |
| 430 | 5 | -0,05 | 0,11 | 1,393761058 | 38 | 7 | 9840 | 0 | 259,4015017 | 259,4758054 |
| 435 | 5 | -0,05 | 0,06 | 0,797437579 | 38 | 4 | 9844 | 0 | 259,5825825 | 259,6069061 |
| 440 | 5 | -0,05 | 0,02 | 0,198543208 | 38 | 1 | 9845 | 0 | 259,6861875 | 259,6876953 |
| 445 | 5 | -0,05 | -0,03 | -0,400199541 | 38 | -2 | 9843 | 0 | 259,7119827 | 259,7058566 |
| 450 | 5 | -0,05 | -0,08 | -0,995154708 | 38 | -5 | 9838 | 0 | 259,6599878 | 259,6221074 |
| 455 | 5 | -0,05 | -0,13 | -1,579716622 | 38 | -8 | 9830 | 0 | 259,5306949 | 259,4352413 |
| 460 | 5 | -0,05 | -0,17 | -2,147233196 | 38 | -11 | 9819 | 0 | 259,3254543 | 259,1490974 |
| 465 | 5 | -0,04 | -0,21 | -2,691378814 | 38 | -13 | 9806 | 0 | 259,0464806 | 258,7694143 |
| 470 | 5 | -0,04 | -0,26 | -3,206284017 | 38 | -16 | 9790 | 0 | 258,6968102 | 258,303588 |
| 475 | 5 | -0,04 | -0,29 | -3,686646287 | 38 | -18 | 9771 | 0 | 258,2802421 | 257,7603694 |
| 480 | 5 | -0,04 | -0,33 | -4,127817726 | 38 | -21 | 9751 | 0 | 257,8012642 | 257,1495231 |
| 485 | 5 | -0,03 | -0,36 | -4,525867066 | 38 | -23 | 9728 | -1 | 257,2649682 | 256,4814706 |
| 490 | 5 | -0,03 | -0,39 | -4,877615202 | 38 | -24 | 9704 | -1 | 256,6769567 | 255,7669404 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|----|-----|------|----|-------------|-------------|
| 495 | 5 | -0,02 | -0,41 | -5,180645096 | 38 | -26 | 9678 | -1 | 256,0432452 | 255,016644 |
| 500 | 5 | -0,02 | -0,43 | -5,433288302 | 38 | -27 | 9651 | -1 | 255,3701633 | 254,2409927 |
| 505 | 5 | -0,02 | -0,45 | -5,634591451 | 38 | -28 | 9622 | -1 | 254,6642575 | 253,4498654 |
| 510 | 5 | -0,01 | -0,46 | -5,784266692 | 38 | -29 | 9594 | -1 | 253,9321978 | 252,6524315 |
| 515 | 5 | -0,01 | -0,47 | -5,882630391 | 38 | -29 | 9564 | -1 | 253,180692 | 251,8570297 |
| 520 | 5 | 0,00 | -0,47 | -5,930534333 | 38 | -30 | 9534 | -1 | 252,4164065 | 251,0710985 |
| 525 | 5 | 0,00 | -0,47 | -5,929293315 | 38 | -30 | 9505 | -1 | 251,6458972 | 250,3011522 |
| 530 | 5 | 0,00 | -0,47 | -5,880612521 | 38 | -29 | 9475 | -1 | 250,8755492 | 249,5527949 |
| 535 | 5 | 0,01 | -0,46 | -5,786517427 | 38 | -29 | 9446 | -1 | 250,1115259 | 248,8307634 |
| 540 | 5 | 0,01 | -0,45 | -5,649288306 | 38 | -28 | 9418 | -1 | 249,3597276 | 248,1389922 |
| 545 | 5 | 0,01 | -0,44 | -5,471400787 | 38 | -27 | 9391 | -1 | 248,6257585 | 247,4806909 |
| 550 | 5 | 0,02 | -0,42 | -5,255473321 | 38 | -26 | 9365 | -1 | 247,914901 | 246,8584296 |
| 555 | 5 | 0,02 | -0,40 | -5,00422195 | 38 | -25 | 9340 | -1 | 247,2320973 | 246,2742259 |
| 560 | 5 | 0,02 | -0,38 | -4,720422351 | 38 | -24 | 9316 | -1 | 246,5819367 | 245,7296303 |
| 565 | 5 | 0,02 | -0,35 | -4,406878888 | 38 | -22 | 9294 | -1 | 245,9686481 | 245,2258064 |
| 570 | 5 | 0,03 | -0,32 | -4,066400151 | 38 | -20 | 9274 | -1 | 245,3960958 | 244,7636049 |
| 575 | 5 | 0,03 | -0,29 | -3,701780387 | 38 | -19 | 9255 | -1 | 244,8677794 | 244,3436296 |
| 580 | 5 | 0,03 | -0,26 | -3,31578613 | 38 | -17 | 9239 | 0 | 244,3868352 | 243,9662954 |
| 585 | 5 | 0,03 | -0,23 | -2,911147338 | 38 | -15 | 9224 | 0 | 243,9560402 | 243,631878 |
| 590 | 5 | 0,03 | -0,20 | -2,490552354 | 38 | -12 | 9212 | 0 | 243,577817 | 243,3405565 |
| 595 | 5 | 0,03 | -0,16 | -2,056646061 | 38 | -10 | 9201 | 0 | 243,2542384 | 243,0924479 |
| 600 | 5 | 0,04 | -0,13 | -1,612030629 | 38 | -8 | 9193 | 0 | 242,9870341 | 242,8876354 |
| 605 | 5 | 0,04 | -0,09 | -1,159268329 | 38 | -6 | 9187 | 0 | 242,7775952 | 242,7261906 |
| 610 | 5 | 0,04 | -0,06 | -0,700885935 | 38 | -4 | 9184 | 0 | 242,6269802 | 242,6081901 |
| 615 | 5 | 0,04 | -0,02 | -0,239380284 | 38 | -1 | 9183 | 0 | 242,5359194 | 242,5337276 |
| 620 | 5 | 0,04 | 0,02 | 0,222775377 | 38 | 1 | 9184 | 0 | 242,5048186 | 242,5067169 |
| 625 | 5 | 0,04 | 0,05 | 0,682834802 | 38 | 3 | 9187 | 0 | 242,5337621 | 242,5515968 |
| 630 | 5 | 0,04 | 0,09 | 1,136209511 | 38 | 6 | 9193 | 0 | 242,6224776 | 242,6718576 |
| 635 | 5 | 0,04 | 0,13 | 1,578077332 | 38 | 8 | 9201 | 0 | 242,7700967 | 242,8653523 |
| 640 | 5 | 0,03 | 0,16 | 2,003805843 | 38 | 10 | 9211 | 0 | 242,9751243 | 243,1287081 |
| 645 | 5 | 0,03 | 0,19 | 2,409035207 | 38 | 12 | 9223 | 0 | 243,2354636 | 243,4574469 |
| 650 | 5 | 0,03 | 0,22 | 2,789751507 | 38 | 14 | 9237 | 0 | 243,5484512 | 243,8461418 |
| 655 | 5 | 0,03 | 0,25 | 3,142348085 | 38 | 16 | 9253 | 0 | 243,9109024 | 244,2885987 |
| 660 | 5 | 0,03 | 0,28 | 3,463673185 | 38 | 17 | 9270 | 0 | 244,3191638 | 244,7780531 |
| 665 | 5 | 0,02 | 0,30 | 3,751062947 | 38 | 19 | 9289 | 0 | 244,7691726 | 245,3073714 |
| 670 | 5 | 0,02 | 0,32 | 4,002359673 | 38 | 20 | 9309 | 0 | 245,2565197 | 245,8692457 |
| 675 | 5 | 0,02 | 0,34 | 4,215915998 | 38 | 21 | 9330 | 1 | 245,7765159 | 246,4563735 |
| 680 | 5 | 0,01 | 0,35 | 4,390586243 | 38 | 22 | 9352 | 1 | 246,3242578 | 247,061617 |
| 685 | 5 | 0,01 | 0,36 | 4,525706711 | 38 | 23 | 9374 | 1 | 246,8946933 | 247,6781354 |
| 690 | 5 | 0,01 | 0,37 | 4,621066953 | 38 | 23 | 9397 | 1 | 247,482684 | 248,2994894 |
| 695 | 5 | 0,00 | 0,37 | 4,676874226 | 38 | 23 | 9421 | 1 | 248,0830641 | 248,9197173 |
| 700 | 5 | 0,00 | 0,37 | 4,693713294 | 38 | 23 | 9444 | 1 | 248,6906949 | 249,5333836 |
| 705 | 5 | 0,00 | 0,37 | 4,672503628 | 38 | 23 | 9468 | 1 | 249,3005134 | 250,1356035 |
| 710 | 5 | 0,00 | 0,37 | 4,614455809 | 38 | 23 | 9491 | 1 | 249,9075763 | 250,7220462 |
| 715 | 5 | -0,01 | 0,36 | 4,521028671 | 38 | 23 | 9513 | 1 | 250,5070975 | 251,2889207 |
| 720 | 5 | -0,01 | 0,35 | 4,393888403 | 38 | 22 | 9535 | 1 | 251,0944804 | 251,8329491 |
| 725 | 5 | -0,01 | 0,34 | 4,234870526 | 38 | 21 | 9556 | 1 | 251,6653449 | 252,3513295 |
| 730 | 5 | -0,02 | 0,32 | 4,045945369 | 38 | 20 | 9577 | 1 | 252,2155495 | 252,8416933 |
| 735 | 5 | -0,02 | 0,30 | 3,829187423 | 38 | 19 | 9596 | 1 | 252,7412084 | 253,3020592 |
| 740 | 5 | -0,02 | 0,29 | 3,58674871 | 38 | 18 | 9614 | 0 | 253,2387056 | 253,7307859 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-------|--------------|----|-----|------|----|-------------|-------------|
| 745 | 5 | -0,02 | 0,26 | 3,32083616 | 38 | 17 | 9630 | 0 | 253,7047046 | 254,1265264 |
| 750 | 5 | -0,02 | 0,24 | 3,033692832 | 38 | 15 | 9645 | 0 | 254,1361557 | 254,4881837 |
| 755 | 5 | -0,02 | 0,22 | 2,727582733 | 38 | 14 | 9659 | 0 | 254,5303003 | 254,8148709 |
| 760 | 5 | -0,03 | 0,19 | 2,404778916 | 38 | 12 | 9671 | 0 | 254,8846744 | 255,105874 |
| 765 | 5 | -0,03 | 0,16 | 2,067554507 | 38 | 10 | 9681 | 0 | 255,1971091 | 255,3606205 |
| 770 | 5 | -0,03 | 0,14 | 1,718176279 | 38 | 9 | 9690 | 0 | 255,4657307 | 255,5786504 |
| 775 | 5 | -0,03 | 0,11 | 1,358900416 | 38 | 7 | 9697 | 0 | 255,6889603 | 255,7595936 |
| 780 | 5 | -0,03 | 0,08 | 0,991970088 | 38 | 5 | 9702 | 0 | 255,8655119 | 255,9031503 |
| 785 | 5 | -0,03 | 0,05 | 0,619614486 | 38 | 3 | 9705 | 0 | 255,9943911 | 256,0090762 |
| 790 | 5 | -0,03 | 0,02 | 0,244048995 | 38 | 1 | 9706 | 0 | 256,0748929 | 256,077171 |
| 795 | 5 | -0,03 | -0,01 | -0,132523825 | 38 | -1 | 9705 | 0 | 256,1066003 | 256,1059285 |
| 800 | 5 | -0,03 | -0,04 | -0,507810196 | 38 | -3 | 9703 | 0 | 256,0893825 | 256,0795188 |
| 805 | 5 | -0,03 | -0,07 | -0,8783283 | 38 | -4 | 9699 | 0 | 256,0234066 | 255,993898 |
| 810 | 5 | -0,03 | -0,10 | -1,24031306 | 38 | -6 | 9692 | 0 | 255,909292 | 255,8504488 |
| 815 | 5 | -0,03 | -0,13 | -1,590125995 | 38 | -8 | 9684 | 0 | 255,7481476 | 255,6514318 |
| 820 | 5 | -0,03 | -0,15 | -1,924314035 | 38 | -10 | 9675 | 0 | 255,5415546 | 255,3999146 |
| 825 | 5 | -0,03 | -0,18 | -2,239662665 | 38 | -11 | 9664 | 0 | 255,2915431 | 255,0996765 |
| 830 | 5 | -0,02 | -0,20 | -2,533241786 | 38 | -13 | 9651 | 0 | 255,0005607 | 254,755097 |
| 835 | 5 | -0,02 | -0,22 | -2,802443078 | 38 | -14 | 9637 | 0 | 254,6714359 | 254,3710305 |
| 840 | 5 | -0,02 | -0,24 | -3,045008111 | 38 | -15 | 9622 | 0 | 254,3073357 | 253,9526768 |
| 845 | 5 | -0,02 | -0,26 | -3,259046898 | 38 | -16 | 9605 | 0 | 253,911721 | 253,5054505 |
| 850 | 5 | -0,01 | -0,27 | -3,443047063 | 38 | -17 | 9588 | 0 | 253,4882978 | 253,0348576 |
| 855 | 5 | -0,01 | -0,29 | -3,595874159 | 38 | -18 | 9570 | 0 | 253,0409688 | 252,5463814 |
| 860 | 5 | -0,01 | -0,30 | -3,716764033 | 38 | -19 | 9552 | 0 | 252,5737842 | 252,0453827 |
| 865 | 5 | -0,01 | -0,30 | -3,805308332 | 38 | -19 | 9533 | 0 | 252,0908933 | 251,5370157 |
| 870 | 5 | 0,00 | -0,31 | -3,861434446 | 38 | -19 | 9513 | 0 | 251,5964985 | 251,0261617 |
| 875 | 5 | 0,00 | -0,31 | -3,885381184 | 38 | -19 | 9494 | -1 | 251,0948117 | 250,517379 |
| 880 | 5 | 0,00 | -0,31 | -3,877671512 | 38 | -19 | 9474 | -1 | 250,5900136 | 250,0148703 |
| 885 | 5 | 0,00 | -0,31 | -3,839083562 | 38 | -19 | 9455 | -1 | 250,0862172 | 249,5224638 |
| 890 | 5 | 0,01 | -0,30 | -3,770621026 | 38 | -19 | 9436 | 0 | 249,5874342 | 249,0436084 |
| 895 | 5 | 0,01 | -0,29 | -3,673483867 | 38 | -18 | 9418 | 0 | 249,0975461 | 248,581379 |
| 900 | 5 | 0,01 | -0,28 | -3,549040112 | 38 | -18 | 9400 | 0 | 248,6202782 | 248,1384904 |
| 905 | 5 | 0,01 | -0,27 | -3,398799322 | 38 | -17 | 9383 | 0 | 248,1591784 | 247,717318 |
| 910 | 5 | 0,01 | -0,26 | -3,22438816 | 38 | -16 | 9367 | 0 | 247,7175983 | 247,3199229 |
| 915 | 5 | 0,02 | -0,24 | -3,027528334 | 38 | -15 | 9352 | 0 | 247,298678 | 246,9480791 |
| 920 | 5 | 0,02 | -0,22 | -2,810017041 | 38 | -14 | 9338 | 0 | 246,9053342 | 246,6033029 |
| 925 | 5 | 0,02 | -0,20 | -2,573709962 | 38 | -13 | 9325 | 0 | 246,5402501 | 246,2868812 |
| 930 | 5 | 0,02 | -0,18 | -2,320506725 | 38 | -12 | 9314 | 0 | 246,2058675 | 245,9998995 |
| 935 | 5 | 0,02 | -0,16 | -2,052338727 | 38 | -10 | 9303 | 0 | 245,9043817 | 245,7432681 |
| 940 | 5 | 0,02 | -0,14 | -1,771159121 | 38 | -9 | 9294 | 0 | 245,6377369 | 245,5177458 |
| 945 | 5 | 0,02 | -0,12 | -1,478934767 | 38 | -7 | 9287 | 0 | 245,4076237 | 245,3239609 |
| 950 | 5 | 0,02 | -0,09 | -1,177639906 | 38 | -6 | 9281 | 0 | 245,2154769 | 245,1624301 |
| 955 | 5 | 0,02 | -0,07 | -0,869251308 | 38 | -4 | 9277 | 0 | 245,0624751 | 245,0335733 |
| 960 | 5 | 0,02 | -0,04 | -0,555744655 | 38 | -3 | 9274 | 0 | 244,9495399 | 244,9377262 |
| 965 | 5 | 0,03 | -0,02 | -0,239091891 | 38 | -1 | 9273 | 0 | 244,8773362 | 244,8751496 |
| 970 | 5 | 0,03 | 0,01 | 0,0787407 | 38 | 0 | 9273 | 0 | 244,8462728 | 244,84651 |
| 975 | 5 | 0,03 | 0,03 | 0,395757712 | 38 | 2 | 9275 | 0 | 244,856503 | 244,8624939 |
| 980 | 5 | 0,02 | 0,06 | 0,709166233 | 38 | 4 | 9279 | 0 | 244,9079208 | 244,9271575 |
| 985 | 5 | 0,02 | 0,08 | 1,01588455 | 38 | 5 | 9284 | 0 | 245,0000574 | 245,0395324 |
| 990 | 5 | 0,02 | 0,10 | 1,312922648 | 38 | 7 | 9290 | 0 | 245,1320435 | 245,197978 |

| | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|----|-----|------|---|-------------|-------------|
| 995 | 5 | 0,02 | 0,13 | 1,597426934 | 38 | 8 | 9298 | 0 | 245,3026216 | 245,4002275 |
| 1000 | 5 | 0,02 | 0,15 | 1,866721197 | 38 | 9 | 9308 | 0 | 245,5101631 | 245,6434517 |
| 1005 | 5 | 0,02 | 0,17 | 2,118342699 | 38 | 11 | 9318 | 0 | 245,752692 | 245,9243352 |
| 1010 | 5 | 0,02 | 0,19 | 2,35007246 | 38 | 12 | 9330 | 0 | 246,0279122 | 246,2391621 |
| 1015 | 5 | 0,02 | 0,20 | 2,559959169 | 38 | 13 | 9343 | 0 | 246,3332393 | 246,583908 |
| 1020 | 5 | 0,01 | 0,22 | 2,746336366 | 38 | 14 | 9357 | 0 | 246,6658353 | 246,9543325 |
| 1025 | 5 | 0,01 | 0,23 | 2,907832909 | 38 | 15 | 9371 | 0 | 247,0226459 | 247,3460705 |
| 1030 | 5 | 0,01 | 0,24 | 3,043376952 | 38 | 15 | 9386 | 0 | 247,4004386 | 247,7547177 |
| 1035 | 5 | 0,01 | 0,25 | 3,152193924 | 38 | 16 | 9402 | 0 | 247,7958414 | 248,1759082 |
| 1040 | 5 | 0,01 | 0,26 | 3,233799171 | 38 | 16 | 9418 | 0 | 248,205382 | 248,6053822 |
| 1045 | 5 | 0,00 | 0,26 | 3,28798606 | 38 | 16 | 9435 | 0 | 248,625525 | 249,0390426 |
| 1050 | 5 | 0,00 | 0,26 | 3,314810397 | 38 | 17 | 9451 | 0 | 249,052708 | 249,4730003 |
| 1055 | 5 | 0,00 | 0,26 | 3,314572059 | 38 | 17 | 9468 | 0 | 249,4833762 | 249,903608 |
| 1060 | 5 | 0,00 | 0,26 | 3,287794701 | 38 | 16 | 9484 | 0 | 249,9140133 | 250,3274828 |
| 1065 | 5 | 0,00 | 0,26 | 3,235204338 | 38 | 16 | 9500 | 0 | 250,3411715 | 250,7415194 |
| 1070 | 5 | -0,01 | 0,25 | 3,157707539 | 38 | 16 | 9516 | 0 | 250,761497 | 251,1428946 |
| 1075 | 5 | -0,01 | 0,24 | 3,056369831 | 38 | 15 | 9532 | 0 | 251,171754 | 251,5290646 |
| 1080 | 5 | -0,01 | 0,23 | 2,932394834 | 38 | 15 | 9546 | 0 | 251,5688449 | 251,8977563 |
| 1085 | 5 | -0,01 | 0,22 | 2,787104523 | 38 | 14 | 9560 | 0 | 251,9498287 | 252,2469546 |
| 1090 | 5 | -0,01 | 0,21 | 2,621920894 | 38 | 13 | 9573 | 0 | 252,311936 | 252,574886 |
| 1095 | 5 | -0,01 | 0,19 | 2,438349231 | 38 | 12 | 9585 | 0 | 252,6525823 | 252,8800008 |
| 1100 | 5 | -0,02 | 0,18 | 2,237963082 | 38 | 11 | 9597 | 0 | 252,9693784 | 253,1609539 |
| 1105 | 5 | -0,02 | 0,16 | 2,022390956 | 38 | 10 | 9607 | 0 | 253,26014 | 253,4165859 |
| 1110 | 5 | -0,02 | 0,14 | 1,793304723 | 38 | 9 | 9616 | 0 | 253,5228939 | 253,6459044 |
| 1115 | 5 | -0,02 | 0,12 | 1,552409627 | 38 | 8 | 9623 | 0 | 253,7558843 | 253,8480665 |
| 1120 | 5 | -0,02 | 0,10 | 1,301435794 | 38 | 7 | 9630 | 0 | 253,9575771 | 254,0223629 |
| 1125 | 5 | -0,02 | 0,08 | 1,042131087 | 38 | 5 | 9635 | 0 | 254,1266628 | 254,168204 |
| 1130 | 5 | -0,02 | 0,06 | 0,776255146 | 38 | 4 | 9639 | 0 | 254,262059 | 254,2851075 |
| 1135 | 5 | -0,02 | 0,04 | 0,505574419 | 38 | 3 | 9642 | 0 | 254,3629119 | 254,3726889 |
| 1140 | 5 | -0,02 | 0,02 | 0,231858022 | 38 | 1 | 9643 | 0 | 254,4285973 | 254,4306536 |
| 1145 | 5 | -0,02 | 0,00 | -0,043125789 | 38 | 0 | 9643 | 0 | 254,4587209 | 254,4586498 |
| 1150 | 5 | -0,02 | -0,03 | -0,317601852 | 38 | -2 | 9641 | 0 | 254,4531179 | 254,4492595 |
| 1155 | 5 | -0,02 | -0,05 | -0,589245421 | 38 | -3 | 9638 | 0 | 254,4118543 | 254,3985734 |
| 1160 | 5 | -0,02 | -0,07 | -0,855450969 | 38 | -4 | 9634 | 0 | 254,3352981 | 254,3073067 |
| 1165 | 5 | -0,02 | -0,09 | -1,113683035 | 38 | -6 | 9628 | 0 | 254,2241559 | 254,1767145 |
| 1170 | 5 | -0,02 | -0,11 | -1,361511875 | 38 | -7 | 9621 | 0 | 254,0794635 | 254,0085585 |
| 1175 | 5 | -0,02 | -0,13 | -1,596646464 | 38 | -8 | 9613 | 0 | 253,9025726 | 253,805062 |
| 1180 | 5 | -0,02 | -0,14 | -1,816963977 | 38 | -9 | 9604 | 0 | 253,6951324 | 253,5688547 |
| 1185 | 5 | -0,02 | -0,16 | -2,020535073 | 38 | -10 | 9594 | 0 | 253,4590681 | 253,3029092 |
| 1190 | 5 | -0,01 | -0,18 | -2,20564448 | 38 | -11 | 9583 | 0 | 253,1965554 | 253,010473 |
| 1195 | 5 | -0,01 | -0,19 | -2,370806597 | 38 | -12 | 9571 | 0 | 252,9099927 | 252,6949987 |
| 1200 | 5 | -0,01 | -0,20 | -2,514776002 | 38 | -13 | 9559 | 0 | 252,6019718 | 252,3600736 |
| 1205 | 5 | -0,01 | -0,21 | -2,636552999 | 38 | -13 | 9546 | 0 | 252,2752461 | 252,009353 |
| 1210 | 5 | -0,01 | -0,22 | -2,735384457 | 38 | -14 | 9532 | 0 | 251,9326988 | 251,646498 |
| 1215 | 5 | -0,01 | -0,22 | -2,810760371 | 38 | -14 | 9518 | 0 | 251,5773111 | 251,2751199 |
| 1220 | 5 | 0,00 | -0,23 | -2,862406672 | 38 | -14 | 9503 | 0 | 251,2121303 | 250,898732 |
| 1225 | 5 | 0,00 | -0,23 | -2,890274874 | 38 | -14 | 9489 | 0 | 250,8402396 | 250,5207091 |
| 1230 | 5 | 0,00 | -0,23 | -2,894529199 | 38 | -14 | 9475 | 0 | 250,4647281 | 250,1442562 |
| 1235 | 5 | 0,00 | -0,23 | -2,875531805 | 38 | -14 | 9460 | 0 | 250,0886639 | 249,7723849 |
| 1240 | 5 | 0,00 | -0,23 | -2,833826735 | 38 | -14 | 9446 | 0 | 249,7150679 | 249,4078966 |

| | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|----|-----|------|---|-------------|-------------|
| 1245 | 5 | 0,01 | -0,22 | -2,770123134 | 38 | -14 | 9432 | 0 | 249,3468904 | 249,0533741 |
| 1250 | 5 | 0,01 | -0,21 | -2,685278258 | 38 | -13 | 9419 | 0 | 248,9869893 | 248,7111776 |
| 1255 | 5 | 0,01 | -0,21 | -2,580280676 | 38 | -13 | 9406 | 0 | 248,6381115 | 248,3834473 |
| 1260 | 5 | 0,01 | -0,20 | -2,456234025 | 38 | -12 | 9394 | 0 | 248,3028752 | 248,0721083 |
| 1265 | 5 | 0,01 | -0,18 | -2,314341596 | 38 | -12 | 9382 | 0 | 247,9837554 | 247,7788804 |
| 1270 | 5 | 0,01 | -0,17 | -2,15589194 | 38 | -11 | 9371 | 0 | 247,6830706 | 247,5052885 |
| 1275 | 5 | 0,01 | -0,16 | -1,982245622 | 38 | -10 | 9361 | 0 | 247,4029719 | 247,2526754 |
| 1280 | 5 | 0,01 | -0,14 | -1,794823203 | 38 | -9 | 9352 | 0 | 247,1454338 | 247,0222149 |
| 1285 | 5 | 0,02 | -0,13 | -1,595094452 | 38 | -8 | 9344 | 0 | 246,9122461 | 246,814925 |
| 1290 | 5 | 0,02 | -0,11 | -1,384568777 | 38 | -7 | 9337 | 0 | 246,7050076 | 246,6316807 |
| 1295 | 5 | 0,02 | -0,09 | -1,16478679 | 38 | -6 | 9332 | 0 | 246,5251211 | 246,4732259 |
| 1300 | 5 | 0,02 | -0,07 | -0,937312938 | 38 | -5 | 9327 | 0 | 246,3737892 | 246,3401842 |
| 1305 | 5 | 0,02 | -0,06 | -0,703729072 | 38 | -4 | 9323 | 0 | 246,2520112 | 246,2330684 |
| 1310 | 5 | 0,02 | -0,04 | -0,465628826 | 38 | -2 | 9321 | 0 | 246,1605811 | 246,152288 |
| 1315 | 5 | 0,02 | -0,02 | -0,224612676 | 38 | -1 | 9320 | 0 | 246,1000854 | 246,0981557 |
| 1320 | 5 | 0,02 | 0,00 | 0,017716483 | 38 | 0 | 9320 | 0 | 246,0709032 | 246,0709152 |
| 1325 | 5 | 0,02 | 0,02 | 0,259755546 | 38 | 1 | 9321 | 0 | 246,073205 | 246,0757858 |
| 1330 | 5 | 0,02 | 0,04 | 0,499518357 | 38 | 2 | 9324 | 0 | 246,1069531 | 246,1164972 |
| 1335 | 5 | 0,02 | 0,06 | 0,734749417 | 38 | 4 | 9327 | 0 | 246,1718517 | 246,1925013 |
| 1340 | 5 | 0,02 | 0,08 | 0,963248771 | 38 | 5 | 9332 | 0 | 246,2673121 | 246,3028025 |
| 1345 | 5 | 0,02 | 0,09 | 1,182901438 | 38 | 6 | 9338 | 0 | 246,3924597 | 246,4459815 |
| 1350 | 5 | 0,02 | 0,11 | 1,391704848 | 38 | 7 | 9345 | 0 | 246,5461451 | 246,6202297 |
| 1355 | 5 | 0,02 | 0,13 | 1,587793645 | 38 | 8 | 9353 | 0 | 246,7269587 | 246,8233909 |
| 1360 | 5 | 0,01 | 0,14 | 1,769461283 | 38 | 9 | 9362 | 0 | 246,9332487 | 247,0530099 |
| 1365 | 5 | 0,01 | 0,15 | 1,935178023 | 38 | 10 | 9372 | 0 | 247,1631413 | 247,3063852 |
| 1370 | 5 | 0,01 | 0,17 | 2,083605052 | 38 | 10 | 9382 | 0 | 247,4145643 | 247,5806243 |
| 1375 | 5 | 0,01 | 0,18 | 2,213604618 | 38 | 11 | 9393 | 0 | 247,6852713 | 247,8726992 |
| 1380 | 5 | 0,01 | 0,18 | 2,324246205 | 38 | 12 | 9405 | 0 | 247,9728681 | 248,1795005 |
| 1385 | 5 | 0,01 | 0,19 | 2,41480892 | 38 | 12 | 9417 | 0 | 248,2748398 | 248,4978884 |
| 1390 | 5 | 0,01 | 0,20 | 2,484780352 | 38 | 12 | 9429 | 0 | 248,5885775 | 248,8247396 |
| 1395 | 5 | 0,00 | 0,20 | 2,533852278 | 38 | 13 | 9442 | 0 | 248,9114062 | 249,1569882 |
| 1400 | 5 | 0,00 | 0,20 | 2,561913646 | 38 | 13 | 9455 | 0 | 249,2406104 | 249,491662 |
| 1405 | 5 | 0,00 | 0,20 | 2,569041284 | 38 | 13 | 9468 | 0 | 249,5734603 | 249,8259108 |
| 1410 | 5 | 0,00 | 0,20 | 2,555488841 | 38 | 13 | 9480 | 0 | 249,9072364 | 250,1570304 |
| 1415 | 5 | 0,00 | 0,20 | 2,521674402 | 38 | 13 | 9493 | 0 | 250,2392516 | 250,4824788 |
| 1420 | 5 | 0,00 | 0,20 | 2,468167248 | 38 | 12 | 9505 | 0 | 250,5668736 | 250,7998883 |
| 1425 | 5 | -0,01 | 0,19 | 2,395674156 | 38 | 12 | 9517 | 0 | 250,8875438 | 251,1070716 |
| 1430 | 5 | -0,01 | 0,18 | 2,3050256 | 38 | 12 | 9529 | 0 | 251,1987956 | 251,4020245 |
| 1435 | 5 | -0,01 | 0,17 | 2,197162158 | 38 | 11 | 9540 | 0 | 251,49827 | 251,6829238 |
| 1440 | 5 | -0,01 | 0,16 | 2,073121372 | 38 | 10 | 9550 | 0 | 251,7837306 | 251,9481237 |
| 1445 | 5 | -0,01 | 0,15 | 1,934025248 | 38 | 10 | 9560 | 0 | 252,0530755 | 252,1961487 |
| 1450 | 5 | -0,01 | 0,14 | 1,781068534 | 38 | 9 | 9569 | 0 | 252,3043487 | 252,4256863 |
| 1455 | 5 | -0,01 | 0,13 | 1,615507872 | 38 | 8 | 9577 | 0 | 252,5357494 | 252,6355774 |
| 1460 | 5 | -0,01 | 0,11 | 1,438651844 | 38 | 7 | 9584 | 0 | 252,7456401 | 252,8248073 |
| 1465 | 5 | -0,01 | 0,10 | 1,251851946 | 38 | 6 | 9590 | 0 | 252,9325532 | 252,9924964 |
| 1470 | 5 | -0,02 | 0,08 | 1,056494433 | 38 | 5 | 9596 | 0 | 253,0951968 | 253,137891 |
| 1475 | 5 | -0,02 | 0,07 | 0,853993006 | 38 | 4 | 9600 | 0 | 253,2324591 | 253,2603552 |
| 1480 | 5 | -0,02 | 0,05 | 0,645782243 | 38 | 3 | 9603 | 0 | 253,3434119 | 253,3593636 |
| 1485 | 5 | -0,02 | 0,03 | 0,433311696 | 38 | 2 | 9605 | 0 | 253,4273135 | 253,4344953 |
| 1490 | 5 | -0,02 | 0,02 | 0,218040543 | 38 | 1 | 9606 | 0 | 253,4836104 | 253,4854289 |

| | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|-------|--------------|----|----|------|---|-------------|-------------|
| 1495 | 5 | -0,02 | 0,00 | 0,001432685 | 38 | 0 | 9606 | 0 | 253,5119388 | 253,5119388 |
| 1500 | 5 | -0,02 | -0,02 | -0,215047843 | 38 | -1 | 9605 | 0 | 253,5121249 | 253,510356 |

Tabella 21: Soluzione numerica del moto - pozzo cilindrico con dissipatore e $h = h_{max}$

Dai calcoli effettuati si sono ottenuti i seguenti risultati:

| | |
|-----------|-----------------|
| H_{max} | 275 m |
| H_{min} | 236 m |
| V_{max} | 2,39 m/s |

Tabella 22: Risultati con h serbatoio = h max – con dissipatore

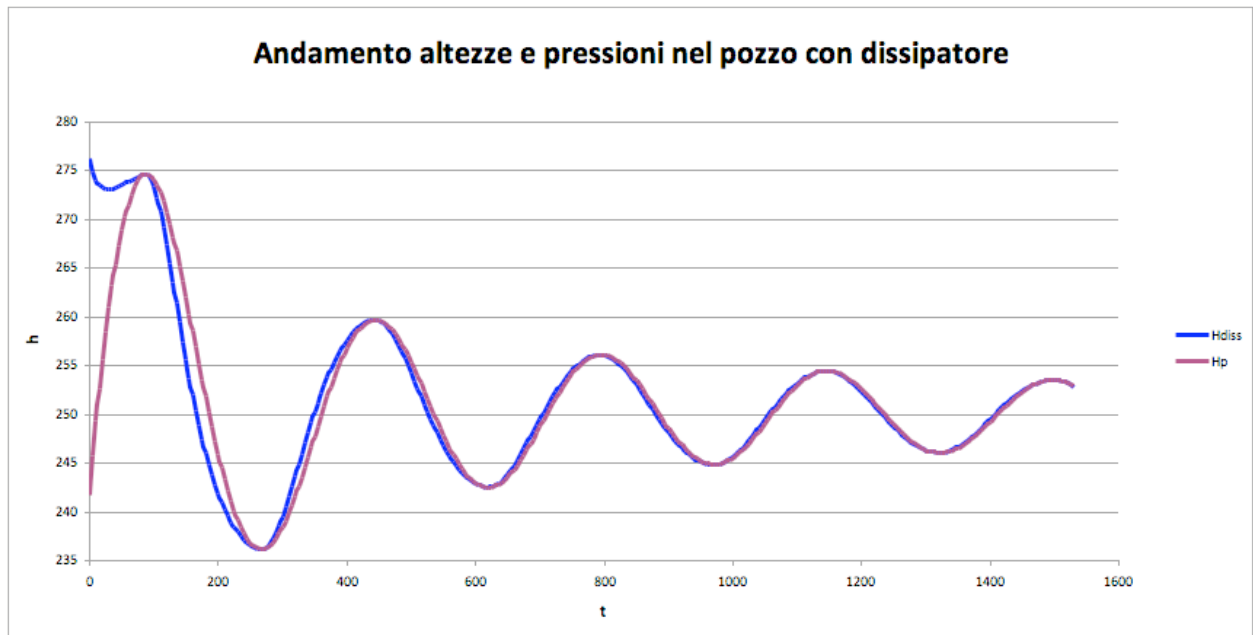


Fig. 14: Andamento h nel pozzo e pressione nella sezione del dissipatore con $h = h_{max}$

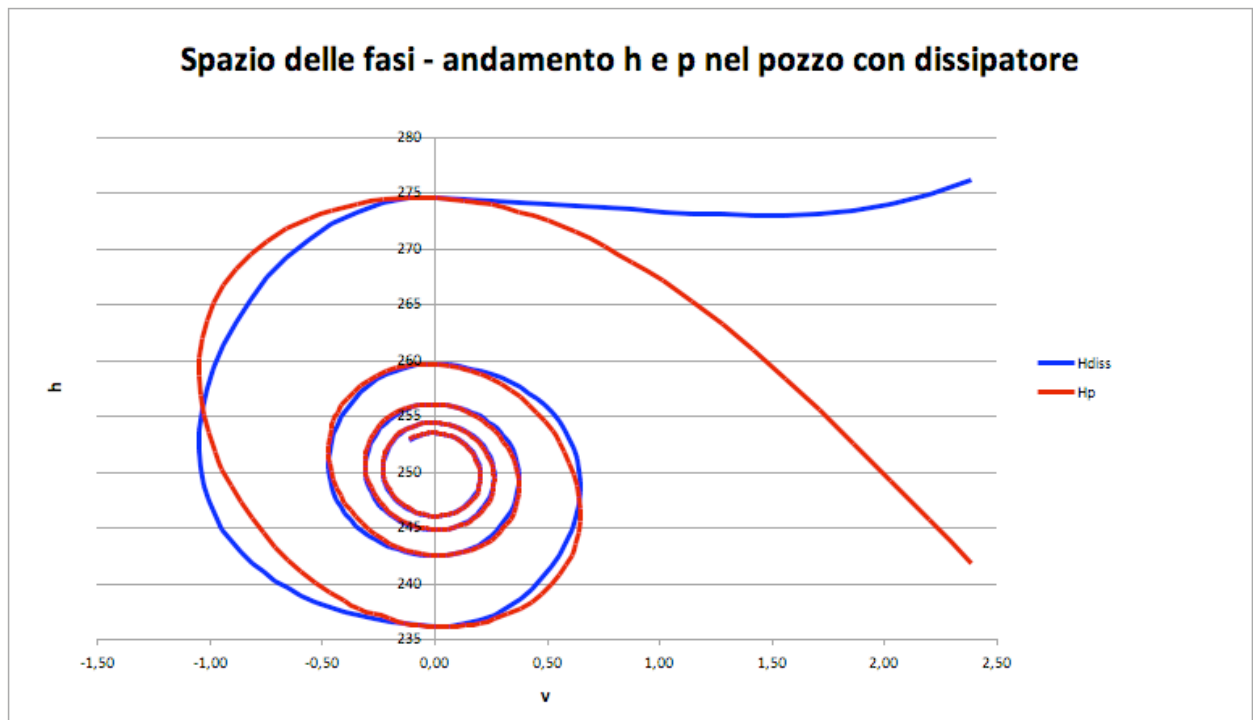


Fig. 15: Spazio delle fasi - andamento h nel pozzo e p nel dissipatore con $h = h_{max}$

Confronto tra le soluzioni

Imponendo il k_s come indicato precedentemente si è ottenuto un risultato che rende confrontabili le soluzioni della camera superiore / inferiore e dissipatore.

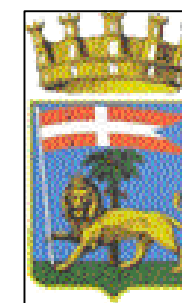
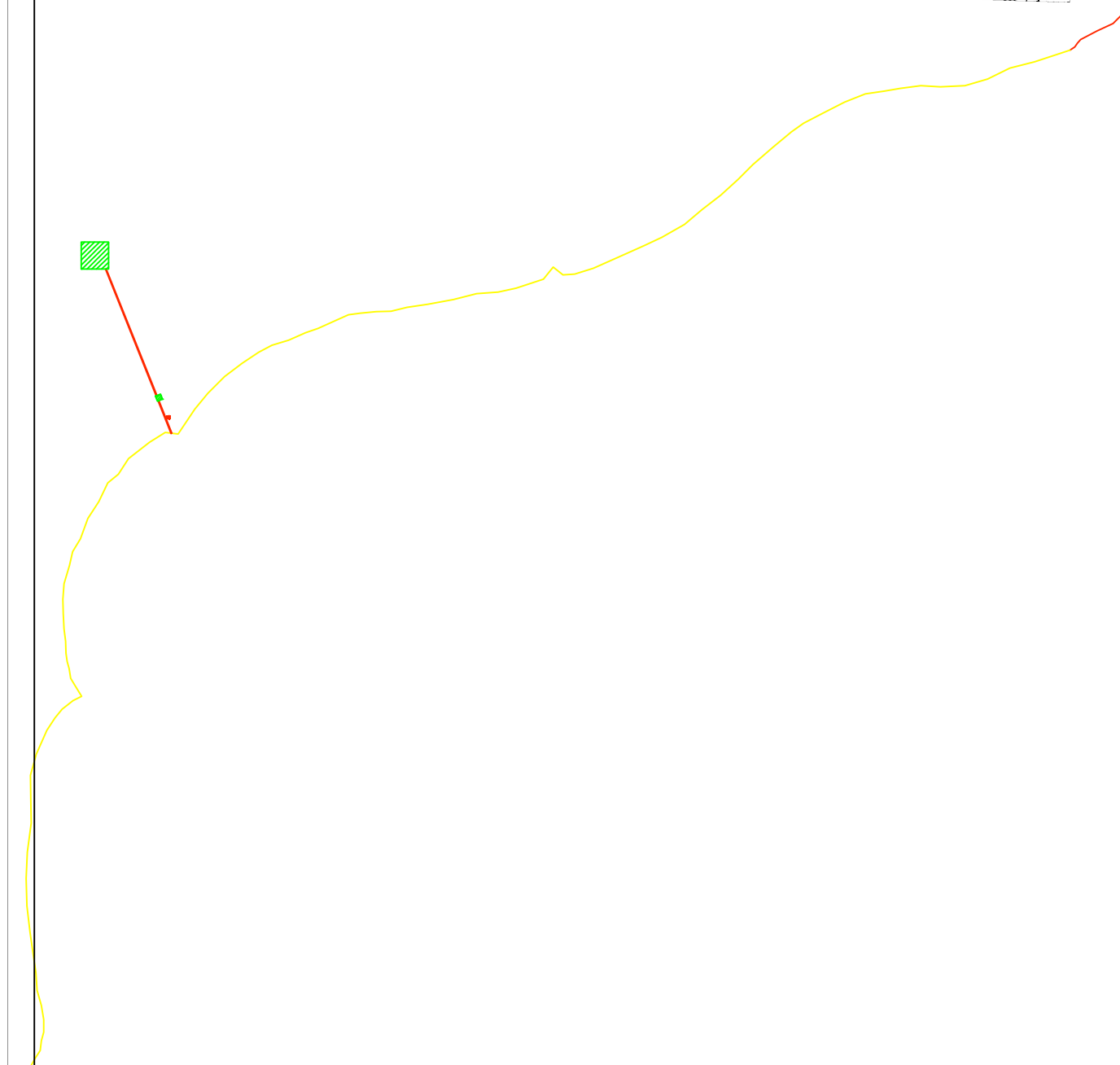
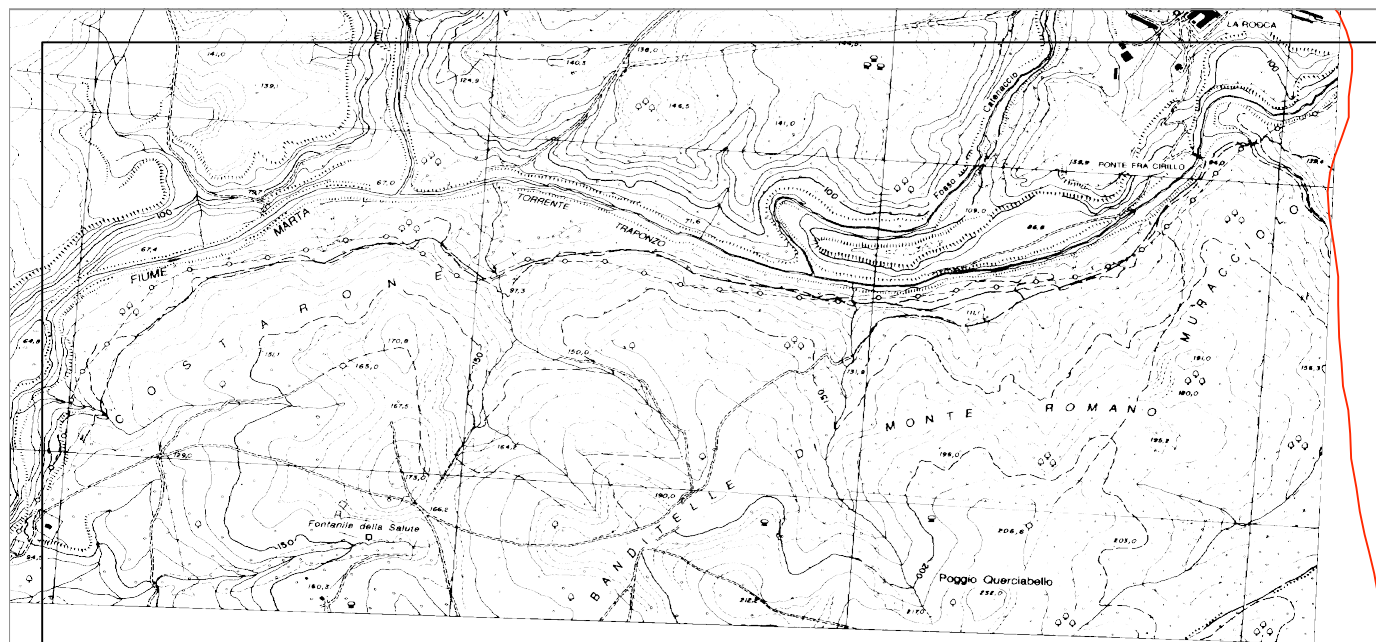
L'utilizzo della camera rende necessario lo scavo del terreno per posizionare una vasca superiore ed una inferiore. Il volume di scavo è calcolabile in questo modo, considerando un'altezza della vasca cautelativamente pari a 2 m:

$$W_{\text{camere}} = W_{\text{csup}} + W_{\text{cinf}} = 2 W_{\text{camera}} = 2 * [\pi * (16/2)^2 * 2] = 2 * 402 = 804 \text{ m}^3 .$$

Se si inserisce il dissipatore non sarà necessario scavare le camere, però il pozzo avrà il diametro maggiorato di un metro per un'altezza pari a 272 m – 172 m, quindi il volume aggiuntivo da scavare sarà pari alla corona circolare di spessore 1 m:

$$W_{\text{diss}} = (272 - 172) * [\pi * ((7/2)^2 - (6/2)^2)] = 1048 \text{ m}^3 .$$

La soluzione con l'utilizzo delle camere risulta più conveniente dell'uso del dissipatore.



COMUNE DI VITERBO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AD ACQUA FLUENTE AD ALTA CADUTA

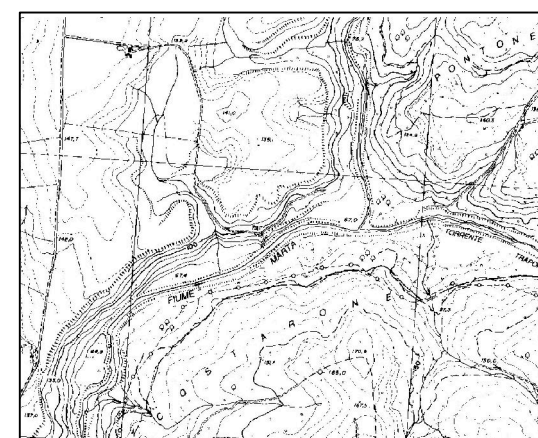


Tavola N:

A

Data :27/11/2007

Scala: 1:5000

Titolo tavola:

Inquadramento area

| REV. | DATA | DESCRIZIONE VARIANTE |
|------|------|----------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

Gruppo: ING PRIDE 2

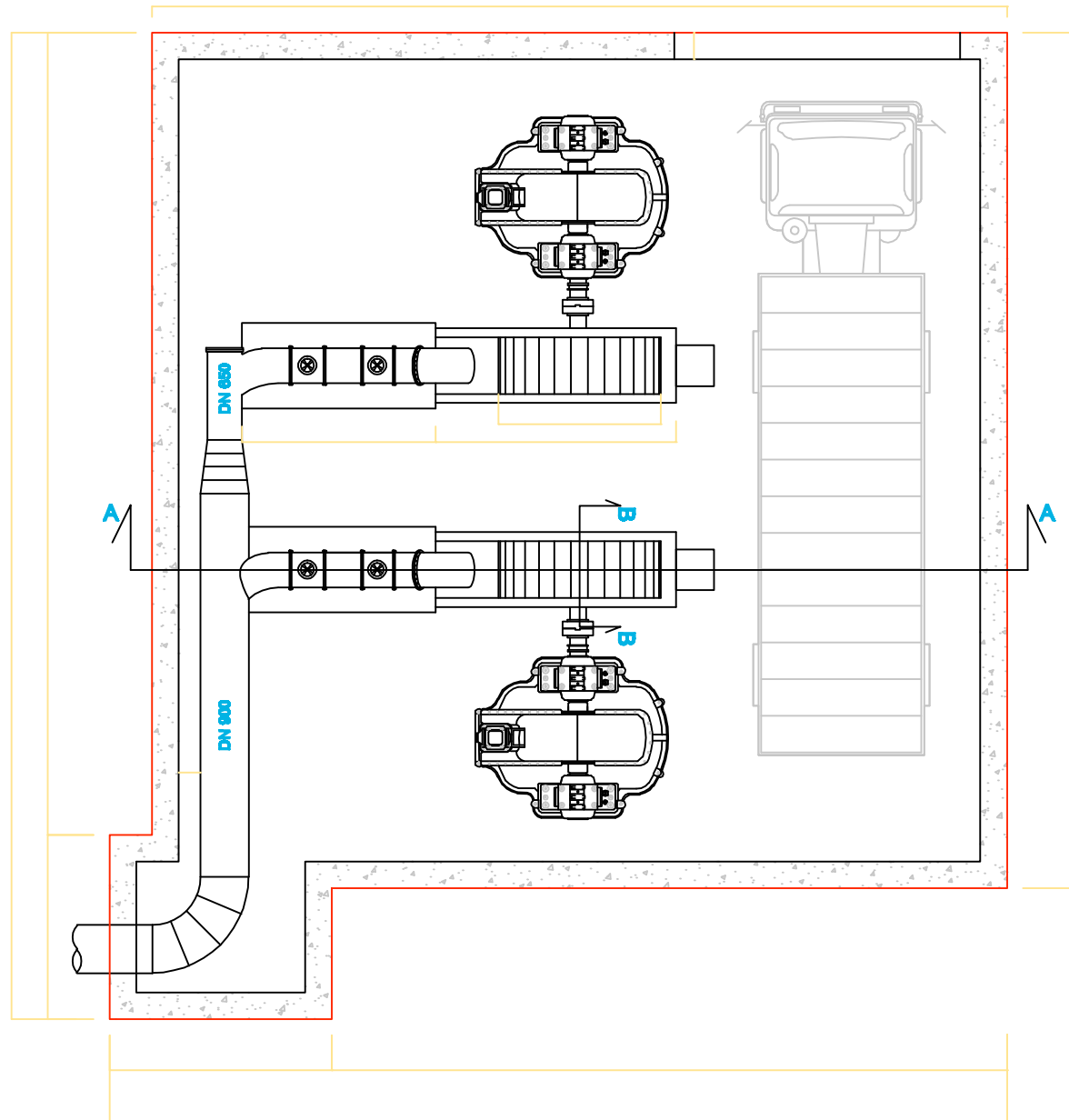
Dott. Ing. ir Andrea Berti

Dott. Ing. ir Mattia Campoese

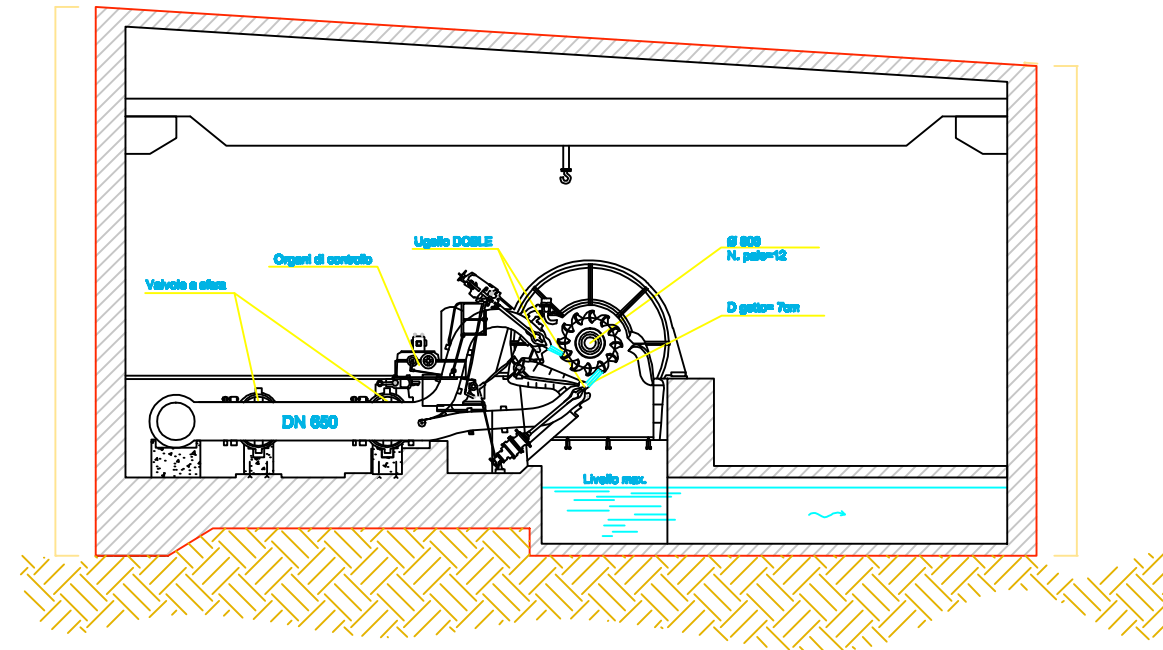
Dott. Ing. ir Marco Cianfanelli



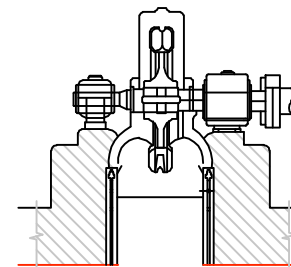
PIANTA LOCALE TURBINE



SEZIONE A-A

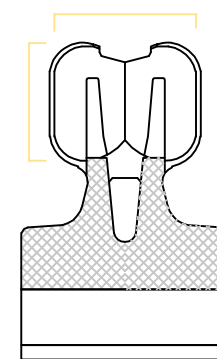


SEZIONE B-B



scala 1:25

SEZIONE PALA



scala 1:5



COMUNE DI VITERBO

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AD ACQUA
FLUENTE AD ALTA CADUTA**

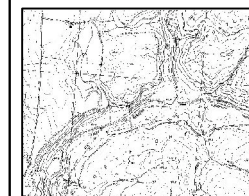


Tavola N:
1
Data :27/11/2007
Scala: 1:50

Titolo tavola:
Locale turbine

| REV. | DATA | DESCRIZIONE VARIANTE |
|------|------|----------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

Gruppo: ING PRIDE 2
Dott. Ing. Ir Andrea Berti
Dott. Ing. Ir Mattia Campese
Dott. Ing. Ir Marco Cianfrilli





COMUNE DI VITERBO
PROGETTO DI UN IMPIANTO AD ACQUA
FLUENTE AD ALTA CADUTA



Tavola N: **2**
 Data: 27/11/2007
 Scala: 1:50
 Titolo tavola:
Profilo longitudinale

| REV. | DATA | DESCRIZIONE VARIANTE |
|------|------|----------------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

Gruppo ING PRIDE 2
 Dott. Ing. V. Andrea Berti
 Dott. Ing. V. Mattia Cappolano
 Dott. Ing. V. Marco Chiarinelli

