

IL DIMENSIONAMENTO DELL'ADDUTTORE

Dotazione: volume giornaliero da erogare nella rete per ogni abitante.

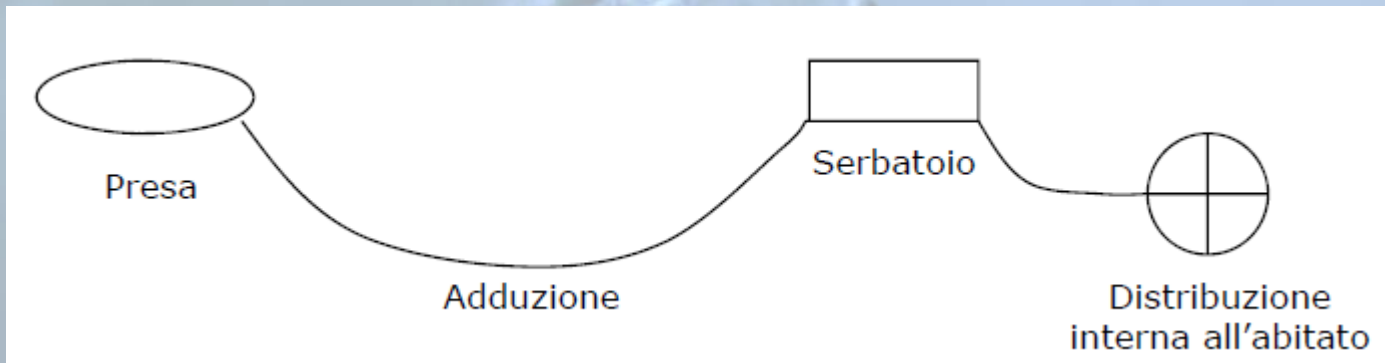
Dotazione netta: quella che effettivamente arriva alla rete

Dotazione lorda: quella che tiene conto delle perdite (20% nella distribuzione; 5% nell'adduzione)

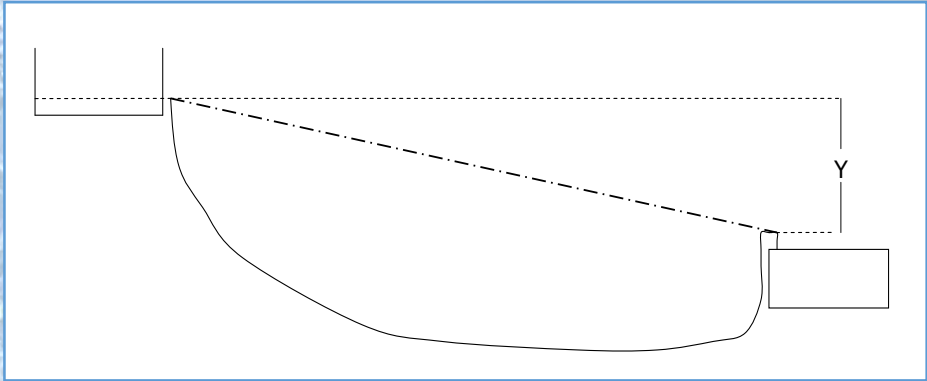
L'ADDUZIONE è un sistema che collega opera di presa al serbatoio cittadino.

La PRESA può essere un serbatoio o un adduttore ma quello che interessa è il valore piezometrico energetico ossia la QUOTA MINIMA; l'acqua può arrivare o in maniera diretta o attraverso una interposizione (DISCONNESSIONE).

L'adduttore è una parte fondamentale dello schema acquedottistico, che nella legislazione definito come impianto di trasporto: si intende il complesso delle opere occorrenti per convogliare le acque dagli impianti di attingimento agli impianti di distribuzione.



$$Y = LJ + \sum P_C$$



$$Y = LJ + \cancel{\sum P_C}$$

Il dimensionamento dell'adduttore può farsi con riferimento alle formule pratiche presenti in letteratura, il cui coefficiente di scabrezza è ampiamente tabellato.

Si parte dalla formula di Chézy (formulata però per canali a superficie libera) e si arriva alla formula pratica di Darcy.

$$J = \frac{v^2}{\chi^2 R} = \frac{Q^2}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)^2 \chi^2 \frac{D}{4}} = \frac{\beta}{D^5} Q^2$$

χ

è il coefficiente rappresentativo della scabrezza che ha la dimensione della radice dell'accelerazione.

Il coefficiente di scabrezza β si può esprimere in funzione di diversi indici di scabrezza, a seconda di diversi studiosi che ne hanno fornito la classificazione. Le formule pratiche valgono sino a diametri del Φ 500 e per moto assolutamente turbolento.

$$\beta_{Darcy} = 0.00164 + \frac{0.000042}{D}$$

$$\beta_{Bazin} = 0.000857 * \left(1 + \frac{2\gamma}{\sqrt{D}}\right)^2 \quad \gamma \left[\sqrt{m}\right]$$

$$\beta_{Kutter} = 0.000648 * \left(1 + \frac{2m}{\sqrt{D}}\right)^2 \quad m \left[\sqrt{m}\right]$$

$$\beta_{Gaukler-Strickler} = \frac{10.3}{k_s^2 D^{1/3}} \quad k_s \left[\sqrt[3]{m / s}\right]$$

La formula di Hazen-Williams, comune alla tradizione anglosassone, è valida sino a Φ 1800

$$J_{Hazen-Williams} = \frac{10.675 * Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}}$$

Il coefficiente di scabrezza C assume i seguenti valori:

100 per tubi calcestruzzo

120 per tubi acciaio

130 per tubi ghisa rivestita

140 per tubi rame, inox

150 per tubi PE, PVC e PRFV

$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu} \quad \frac{\varepsilon}{D} = 0.0023$$

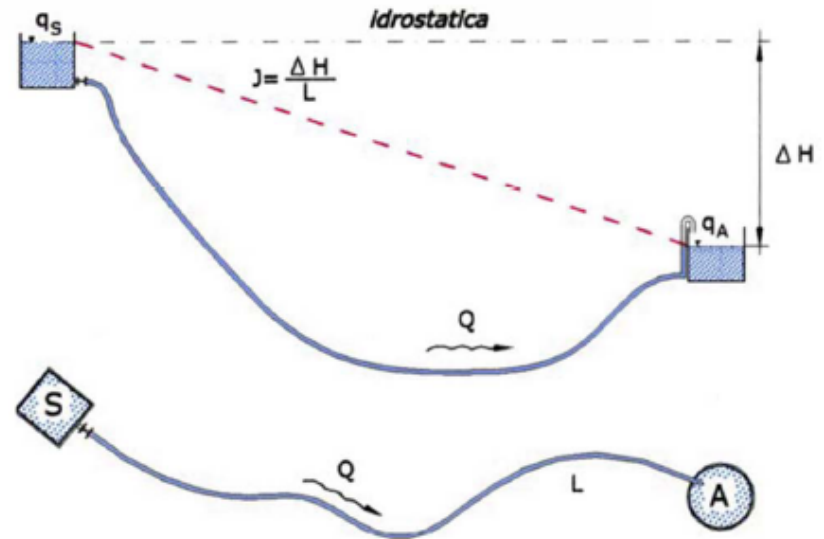
- L'abaco di Moody indica che ci si trova nella zona di transizione.
- La progettazione non può avvenire con le formule pratiche.
- Ricorriamo a Darcy-Waisback e Coolebrook-White

$$J = \frac{\lambda}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3.71} \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

Il moto permanente entro condotte circolari è riconducibile al moto uniforme; la perdita di carico totale per unità di lunghezza $J = \Delta E/L$ è uguale alla perdita di carico piezometrico $J = \Delta H/L$ detta **pendenza motrice** ed è correlata alle grandezze caratteristiche del moto, della condotta e del fluido dalla formula di Darcy-Weisbach

$$J = \frac{\lambda V^2}{D 2g} \quad (1)$$

- V = velocità media
- D = diametro della tubazione
- λ coefficiente di attrito o di resistenza, funzione del Numero di Reynolds $Re = \frac{VD}{\nu}$ e della scabrezza ε della parete.

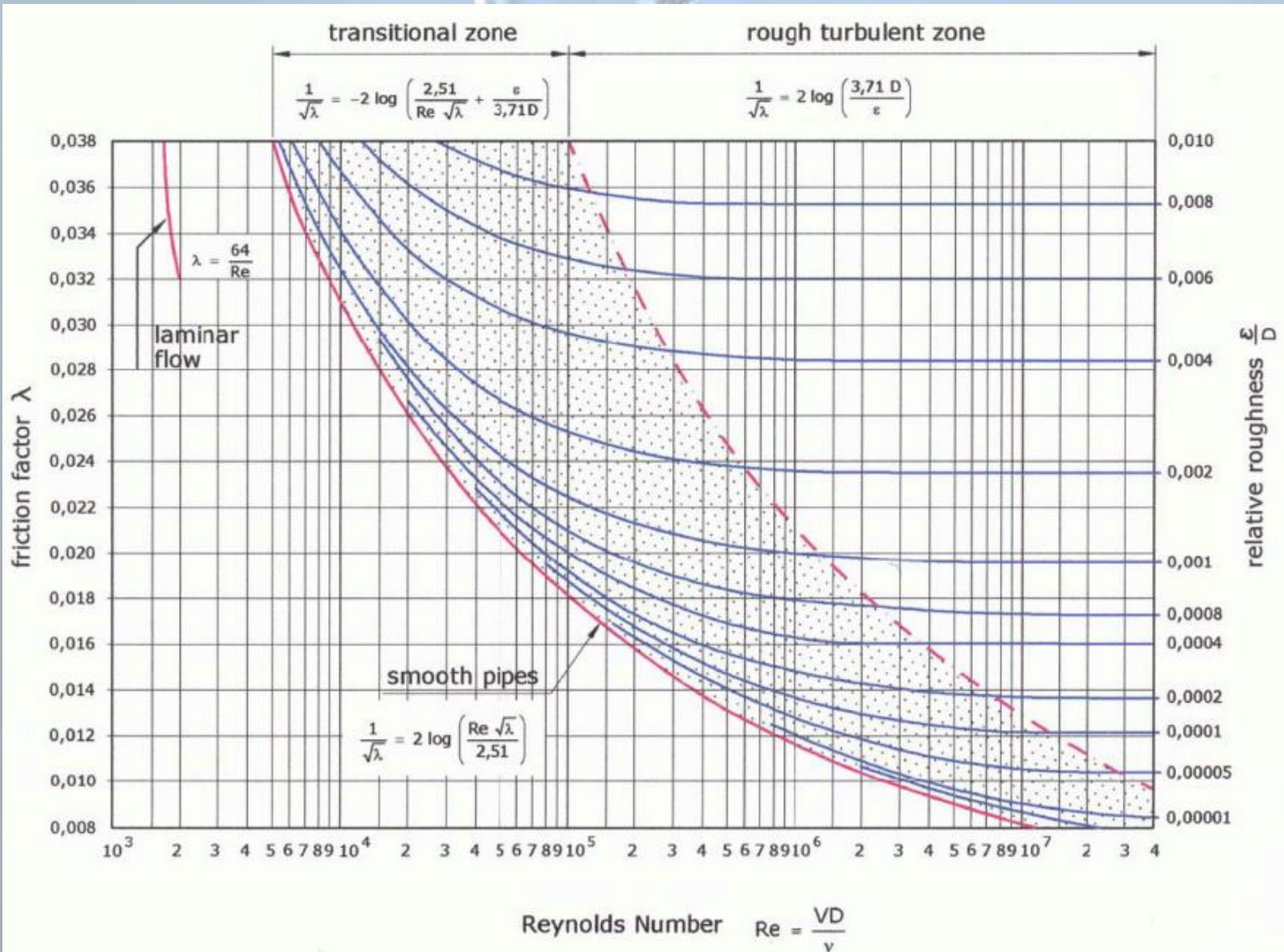


Per valori di $Re \leq 2000$ il moto è **laminare**; λ non dipende da ε ma è funzione solo della viscosità cinematica ν e dal Numero Re secondo l'espressione di Poiseuille :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (2)$$

Per valori di $Re > 2500$ il moto è **turbolento** ; oltre alle forze viscosive, dovute al movimento longitudinale, agisce l'attrito causato dalla scabrezza ε delle pareti della condotta che, ostacolando il flusso, è causa di perdita di energia. Quando la scabrezza assoluta ε delle pareti, pari allo spessore medio delle asperità presenti sulla parete del tubo, è inferiore allo spessore dello strato laminare il moto non è influenzato dalla scabrezza ed è in **regime di parete liscia**. Al contrario quando le asperità, superando lo strato anzidetto, accentuano la turbolenza, con conseguente aumento delle perdite per attrito lungo la condotta, si è in **regime di parete scabra**. Tra il regime laminare e turbolento esiste una zona di **transizione** per la quale le caratteristiche della corrente dipendono sia dalla viscosità che dalla scabrezza delle pareti (Figura 2).

Abaco di Moody



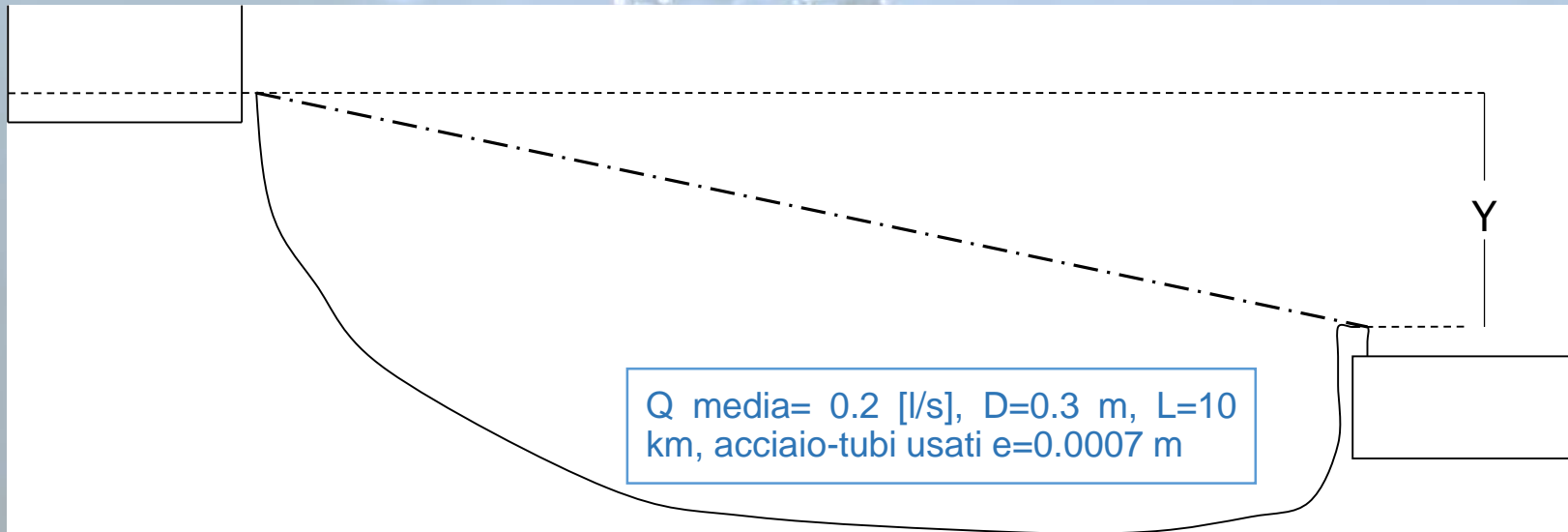
Tab. 5.I. — COEFFICIENTI DI SCABREZZA PER LE CONDOTTE.

Tipo di condotta	Scabrezza omogenea ϵ (mm)	Bazin γ ($m^{1/2}$)	Kutter m ($m^{1/2}$)	Gauckler-Strickler k ($m^{1/2} s^{-1}$)
1. Tubazioni tecnicamente lisce (vetro, ottone o rame trafilato, resina)	0 ÷ 0,02	—	—	—
2. Tubazioni in acciaio:				
<i>a) rivestimenti degradabili nel tempo</i>	0,05	—	—	120
— tubi nuovi, verniciati per centrifugazione	0,10 ÷ 0,15	≅ 0,06	≅ 0,12	100
— bitumati per immersione	0,2 ÷ 0,4	0,10	0,15	90
— in servizio corrente con leggera ruggine	0,5 ÷ 0,6	0,16	0,20 ÷ 0,25	85 ÷ 80
— con asfalto o catrame applicati a mano	1,0 ÷ 3,0	0,23	0,30 ÷ 0,35	75 ÷ 70
— con tuberculizzazione diffusa				
<i>b) rivestimenti non degradabili</i>				
— cemento applicato per centrifugazione	0,05 ÷ 0,15	≅ 0,06	≅ 0,12	120
3. Tubazioni in lamiera saldata:				
— in buone condizioni	0,2 ÷ 0,3	0,10	0,15	90
— in servizio corrente, con incrostazioni	0,4 ÷ 1,0	0,16	0,20 ÷ 0,25	85 ÷ 75
4. Tubazioni in lamiera chiodata:				
— 1 fila di chiodi longitudinali	0,3 ÷ 0,4	0,10	0,18	90 ÷ 85
— 2 file di chiodi longitudinali	0,6 ÷ 0,7	0,16	0,25	85 ÷ 80
— idem, con incrostazioni	3,0	0,30	0,35	70
— 4-6 file di chiodi longitudinali	2,0	0,23	0,30	75
— 6 file di chiodi longitudinali + 4 trasversali	3,0	0,30	0,35	70
— idem, con incrostazioni	5,0	0,36	0,45	65
5. Tubazioni in ghisa:				
— con rivestimento cementizio centrifugato	0,10	≅ 0,06	≅ 0,12	105
— nuove, rivestite internamente con bitume	0,15	0,06	0,12	100
— nuove, non rivestite	0,2 ÷ 0,4	0,10	0,15	90
— con lievi incrostazioni	0,4 ÷ 1,0	0,16	0,20 ÷ 0,25	85 ÷ 75
— in servizio corrente, parzialmente arrugginite	1,0 ÷ 2,0	0,23	0,35	75 ÷ 70
— fortemente incrostate	3,0 ÷ 5,0	0,36	0,45	65
6. Tubazioni in cemento:				
— cemento-amianto	0,10	≅ 0,06	≅ 0,12	105
— cem. arm. nuove, intonaco perfettamente liscio	0,10 ÷ 0,15	0,06	0,12	100
— cem. arm. con intonaco liscio, in servizio da più anni fino a gallerie con intonaco di cemento, a seconda del grado di finitura	2,0	0,23	0,35	70
	2,0 ÷ 5,0	0,23 ÷ 0,36	0,30 ÷ 0,45	70 ÷ 65

Tipo di condotta	Scabrezza omogenea equivalente ε (mm)	Bazin γ ($m^{1/2}$)	Kutter m ($m^{1/2}$)	Gauckler-Strickler k ($m^{1/2} s^{-1}$)
1. TUBAZIONI TECNICAMENTE LISCE	0 ÷ 0,02	—	—	—
2. TUBAZIONI IN ACCIAIO				
<i>a. rivestimenti degradabili nel tempo</i>				
— tubi nuovi, verniciati per centrifugazione	0,05	—	—	120
— bitumati per immersione	0,10 ÷ 0,15	≤ 0,06	≤ 0,12	100
— in servizio corrente con leggera ruggine	0,2 ÷ 0,4	0,10	0,15	90
— con asfalto o catrame applicati a mano	0,5 ÷ 0,6	0,16	0,20 ÷ 0,25	85 ÷ 80
— con tuberculizzazione diffusa	1,0 ÷ 3,0	0,23	0,30 ÷ 0,35	75 ÷ 70
<i>b. rivestimenti non degradabili</i>				
— rivestimento epossidico	0,05 ÷ 0,15			120
3. TUBAZIONI IN GHISA				
— con rivestimento cementizio centrifugato	0,10	≤ 0,06	≤ 0,12	105
— nuove, rivestite internamente con bitume	0,15	0,06	0,12	100
— nuove, non rivestite	0,2 ÷ 0,4	0,10	0,15	90
— con lievi incrostazioni	0,4 ÷ 1,0	0,16	0,20 ÷ 0,25	85 ÷ 75
— in servizio corrente, parzialmente arrugginite	1,0 ÷ 2,0	0,23	0,35	75 ÷ 70
— fortemente incrostate	3,0 ÷ 5,0	0,36	0,45	65
4. TUBAZIONI LAPIDEE				
— polimeri e cemento ex cemento amianto	0,10	≤ 0,06	≤ 0,12	105
— cem. arm. nuove, intonaco perfettamente liscio	0,10 ÷ 0,15	0,06	0,12	100
— cem. arm. con intonaco liscio, in servizio da più anni	2,0	0,23	0,35	70
— gallerie con intonaco di cemento, a seconda del grado di finitura	2,0 ÷ 5,0	0,23 ÷ 0,36	0,30 ÷ 0,45	70 ÷ 65

COEFF. DI SCABREZZA PER LE CONDOTTE

Esempio di calcolo-Transizione



$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{\left(\frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \right) * D}{10^{-6}} = 0.85 * 10^6$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0.0023$$

L'abaco di Moody indica che ci si trova nella zona di transizione. La progettazione non può avvenire con le formule pratiche. Ricorriamo a Darcy-Waisback e Coolebrook-White

$$J = \frac{\lambda}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3.71} \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

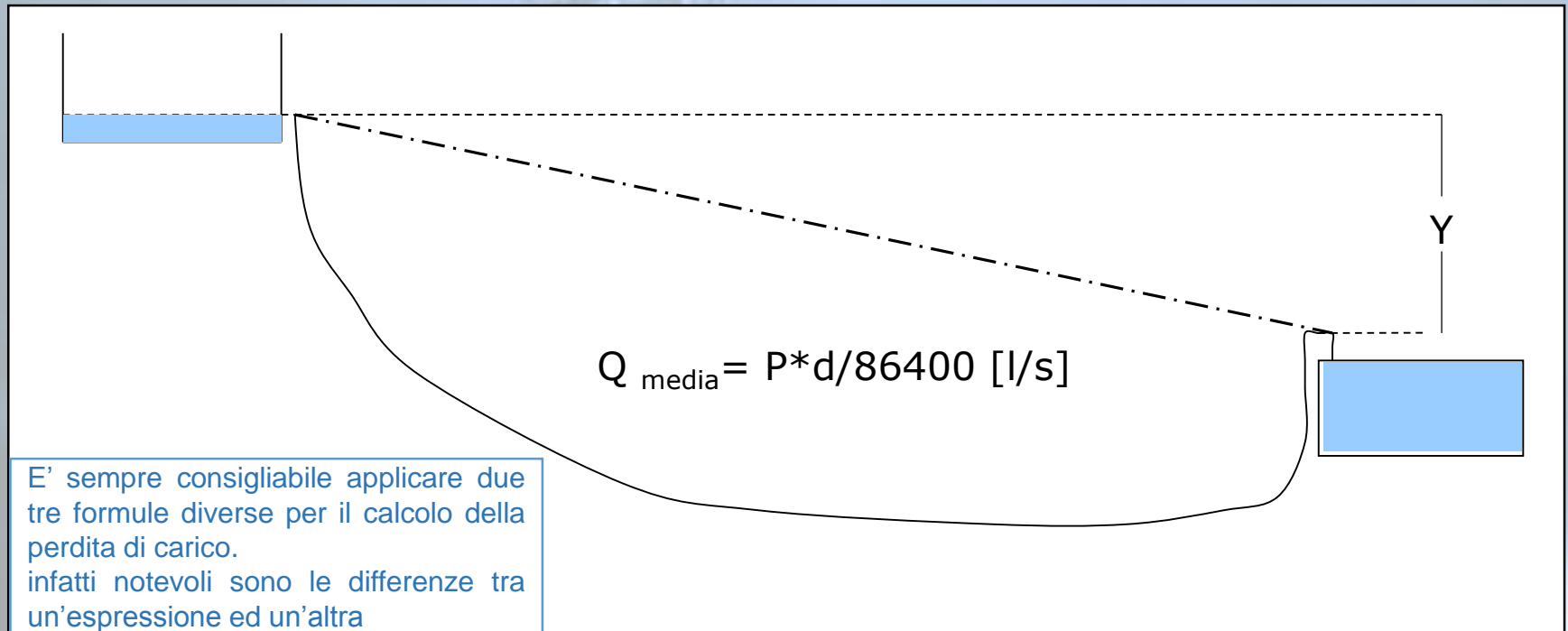
Si parte da un valore di l di primo tentativo, ad esempio attorno a 0.02 o comunque quello che si legge sulle ordinate del grafico di Moody in corrispondenza del numero di Reynolds e della scabrezza del materiale utilizzato, si determina quindi la Y che si confronta con quella disponibile. Sino a che i due valori di Y non convergono, si itera il procedimento cambiando diametro.

Il λ calcolato in questo esempio è pari a 0.00245 e la perdita di carico corrispondente pari a 330 m.

Le formule pratiche avrebbero condotto a :

Y_{Darcy}	= 290 m
Y_{Bazin}	= 293 m ($\gamma = 0.18$)
Y_{Kutter}	= 390 m ($m=0.25$)
$Y_{G-Strikler}$	= 350 m ($k_s= 85$)
$Y_{Hazen-Williams}$	= 377 m

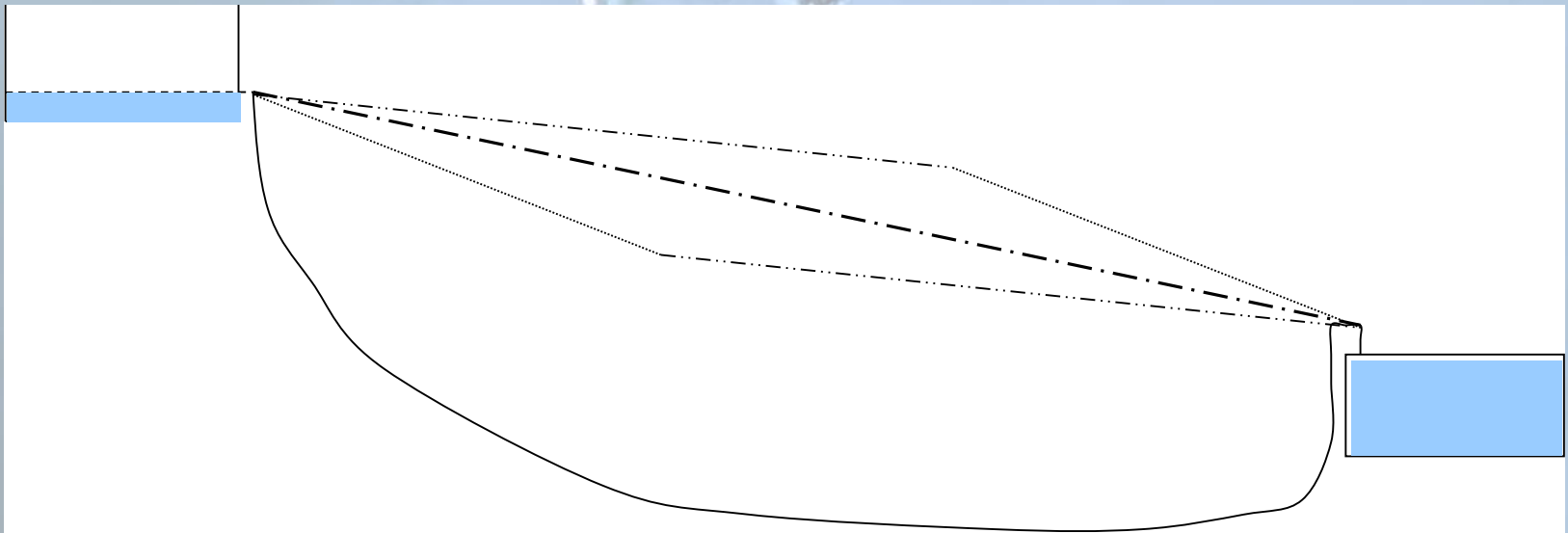
Il dimensionamento dell'adduttore si basa sulla conoscenza della portata media del giorno di massimo consumo, da convogliare al serbatoio, delle quote piezometriche dei punti di presa e del serbatoio, del materiale da adottare e del suo indice di scabrezza.



La quota piezometrica di monte deve riferirsi alle condizioni più critiche, ovvero di scarsità della risorsa nel serbatoio di monte, la quota piezometrica a valle è quella del punto più alto della tubazione di arrivo al serbatoio.

Il carico disponibile è Y e la retta tratteggiata rappresenta la piezometrica teorica.

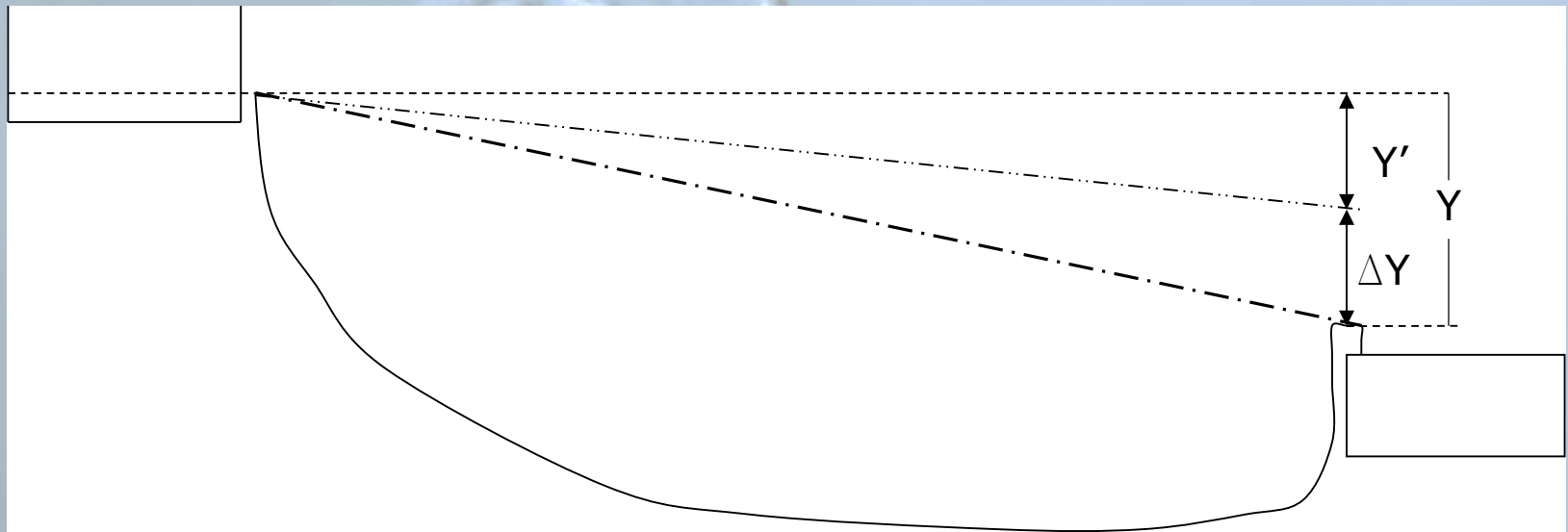
Scelta dei diametri



Il diametro teorico nella maggior parte dei casi non è commerciale.

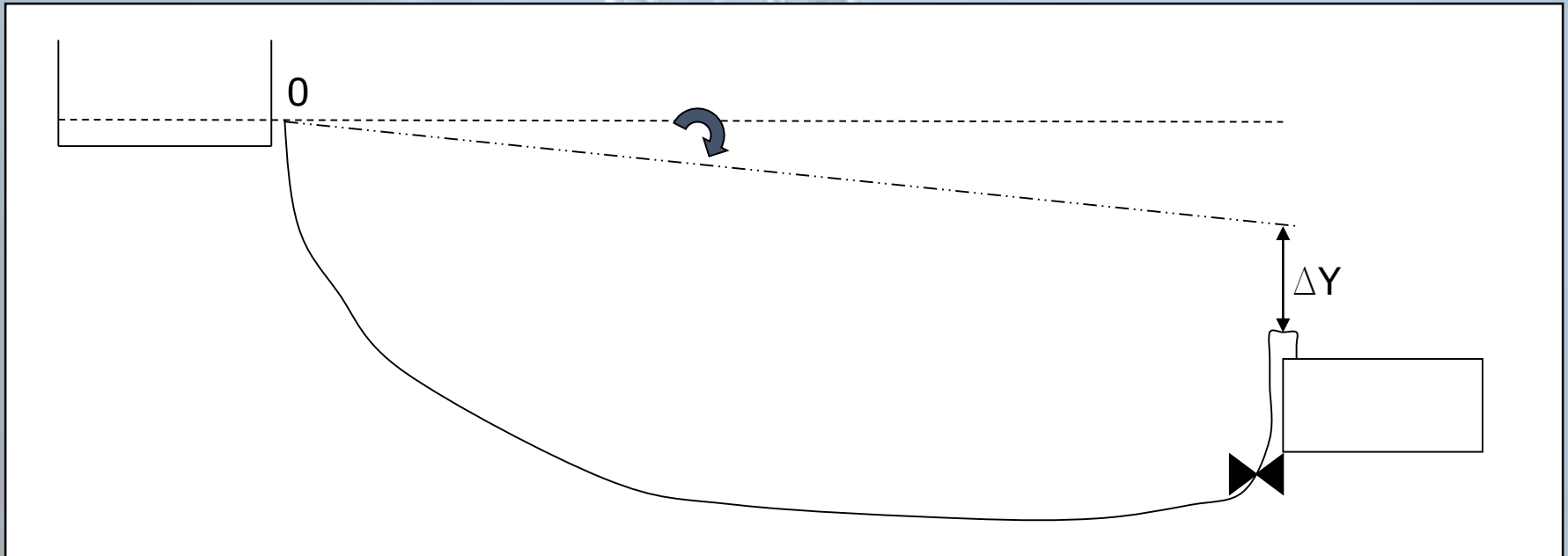
Se la condotta è molto lunga si scelgono due diametri commerciali immediatamente più piccolo e più grande rispetto a quello teorico. La scelta sulla loro disposizione varia di caso in caso.

Tuttavia, è opportuno mantenere la piezometrica sufficientemente alta per eventuali future derivazioni. Inoltre, per quanto l'adozione del diametro minore, seguito dal maggiore, dia una piezometrica più bassa, questo non porta alla riduzione dello spessore della tubazione, poiché deve comunque essere commisurato alla pressione massima di esercizio (oltre alle sollecitazioni esterne ed al colpo d'ariete).



Nel caso di condotta non molto lunga, è preferibile non adottare diametri differenti, ma un unico diametro, quello commerciale immediatamente superiore a quello teorico. In questo caso, la piezometrica si manterrà più alta di quella teorica e sarà possibile dissipare il carico in eccesso ΔY con una valvola regolatrice. D'altronde, la valvola di regolazione serve comunque, anche nell'ipotesi d'aver adottato il diametro teorico, poiché i calcoli di dimensionamento si fanno in riferimento al materiale "vecchio", mentre al principio del funzionamento la scabrezza dei tubi è inferiore a quella adottata. Per questo motivo vi è comunque un carico da dissipare, che si riduce negli anni.

REGOLAZIONE DA VALLE

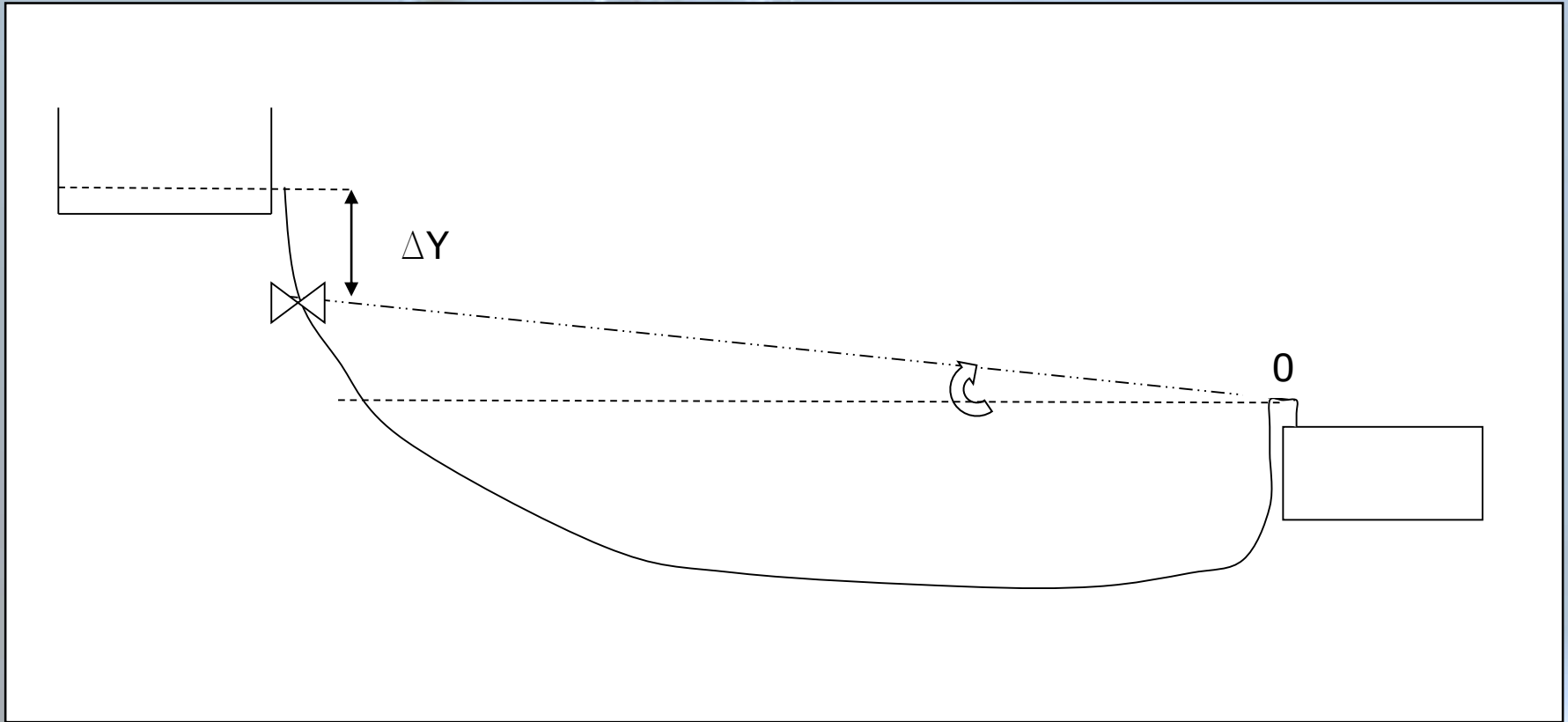


La regolazione può avvenire da monte o da valle attraverso valvole .

La regolazione da valle è caratterizzata, in caso di chiusura completa della valvola, dall'aver lungo l'adduttore un carico pari all'idrostatica di monte.

Quando la condotta viene aperta, la piezometrica ruota attorno al punto "0" sino a portarsi verso la piezometrica ipotizzata.

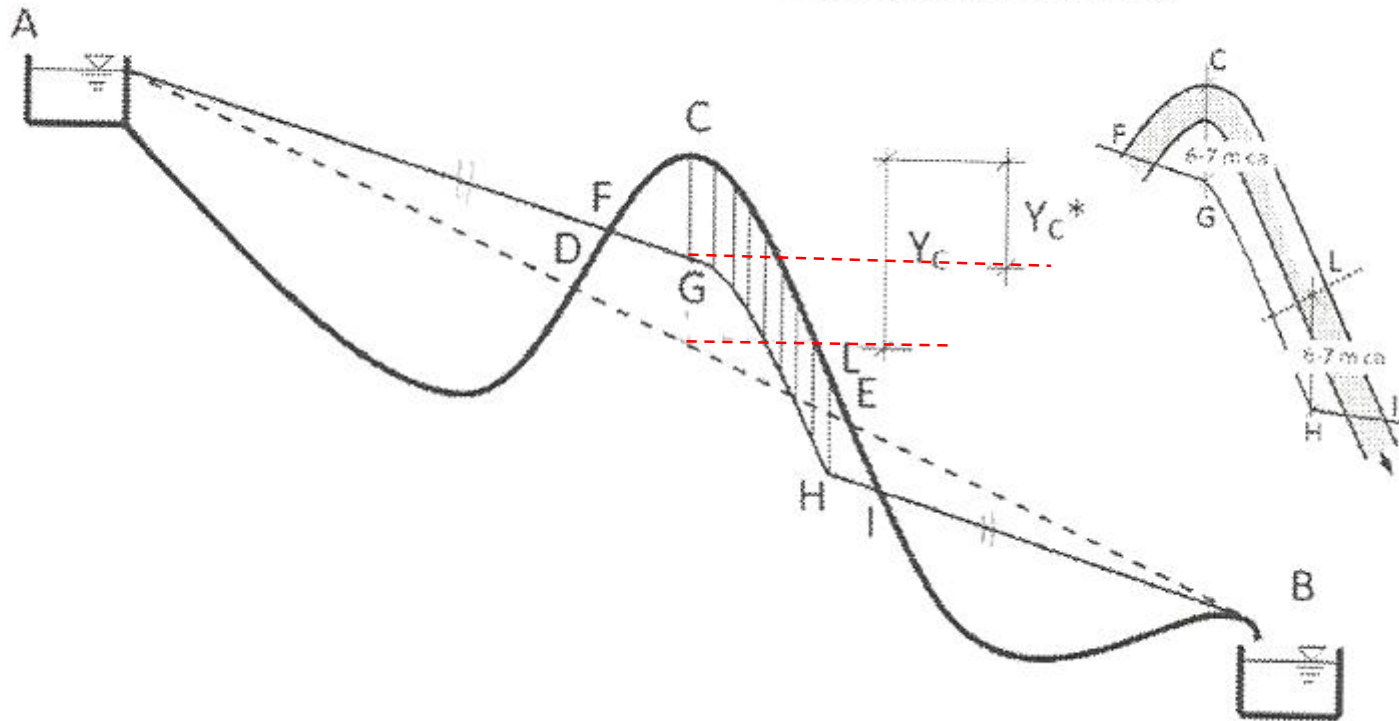
REGOLAZIONE DA MONTE



La regolazione da monte è caratterizzata, in caso di chiusura completa della valvola, dall'aver lungo la maggior parte dell'adduttore il carico massimo pari all'idrostatica di valle, mentre un tratto consistente è vuoto.

Quando la condotta viene aperta, la piezometrica ruota attorno al punto "0", ma l'acqua scendendo da monte spingere un fronte d'onda considerevole, origine di perturbazioni e sovrappressioni.

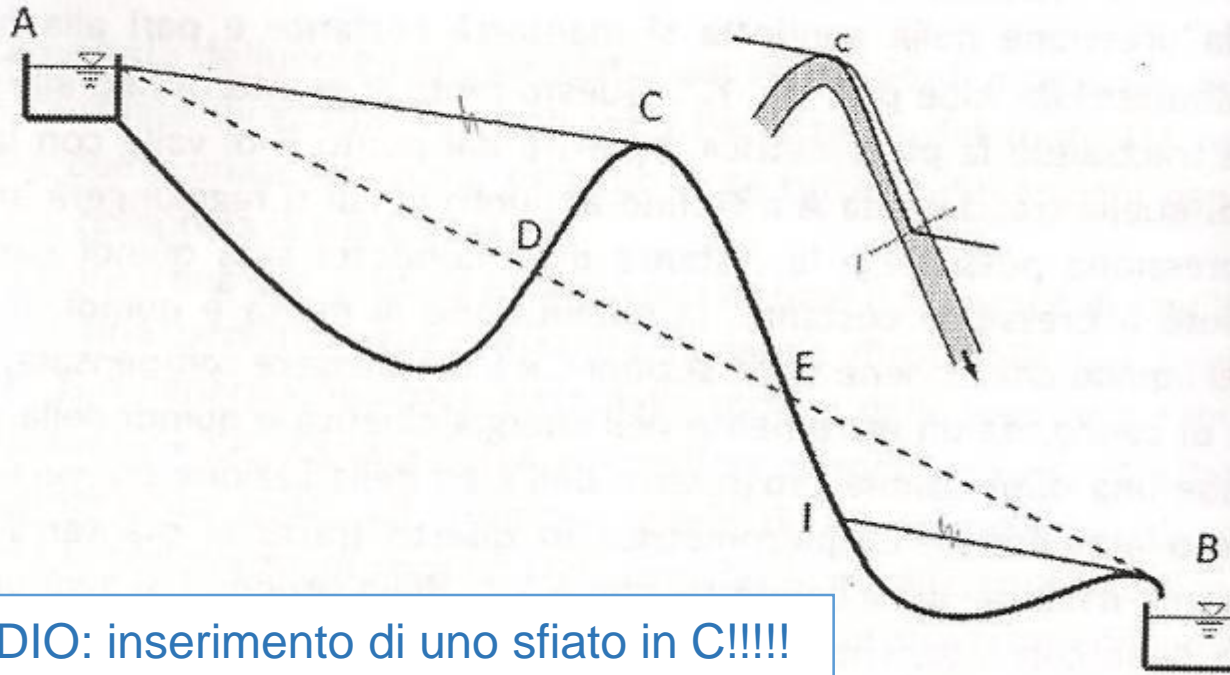
Figura 3.6 – Verifica di una condotta tra due serbatoi: caso senza sfiato.



La piezometrica e la portata Q saranno validi solo se la depressione nel punto C è inferiore a Y_c^* .

Altrimenti la piezometrica effettiva è quella che passa per il punto G ad una distanza da C pari a Y_c^* , a tale piezometrica corrisponde però non più il passaggio della portata Q , ma di una inferiore. Nel tratto a valle di C vi sarà un tratto a canaletta nel quale la pressione sarà sempre pari a Y_c^* . Il tutto fino alla sezione L, individuata tracciando da valle la parallela ad AG.

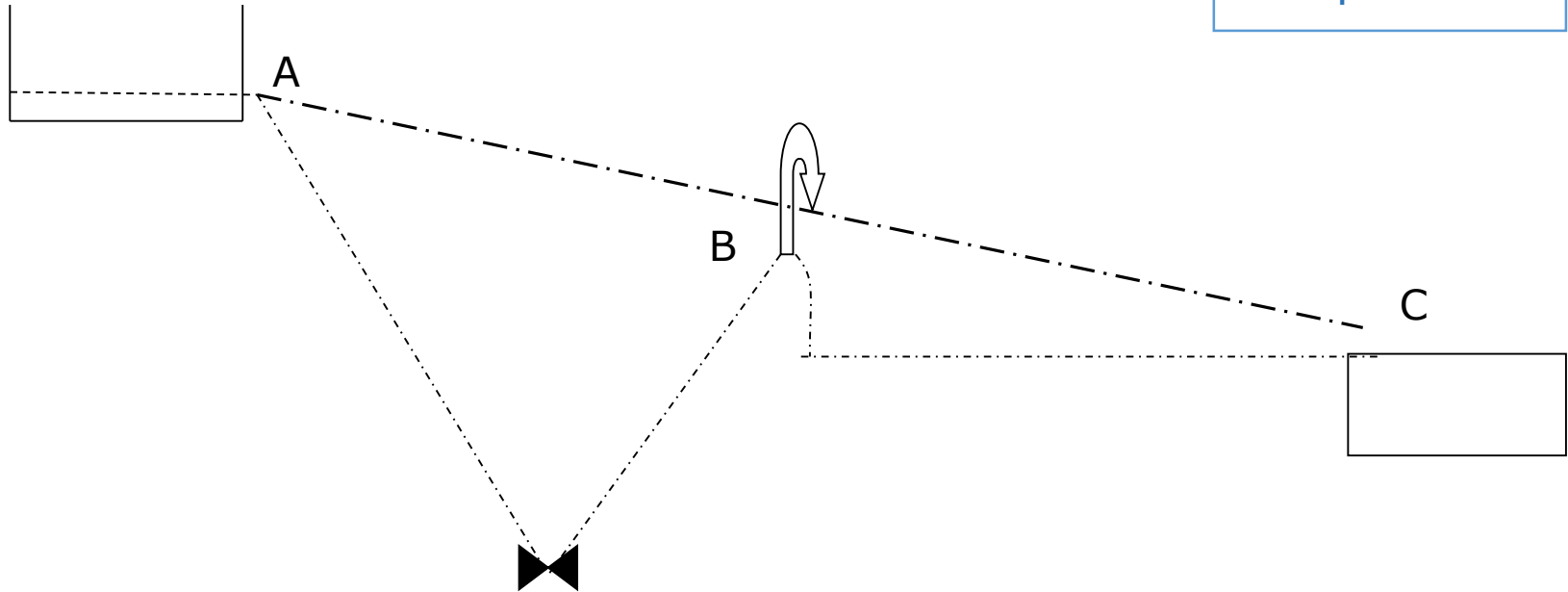
Figura 3.7 - Verifica di una condotta tra due serbatoi: caso con sfiato.



RIMEDIO: inserimento di uno sfiato in C!!!!

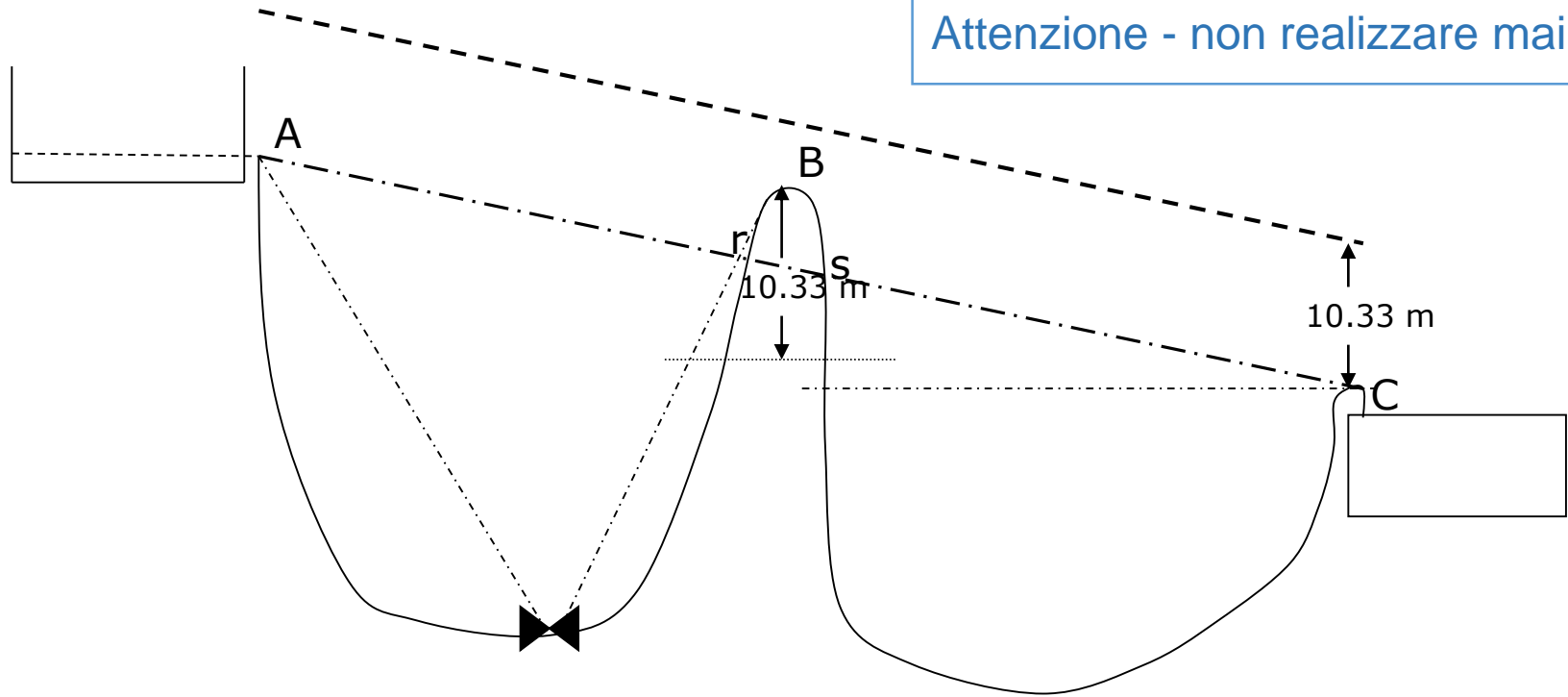


Casi particolari



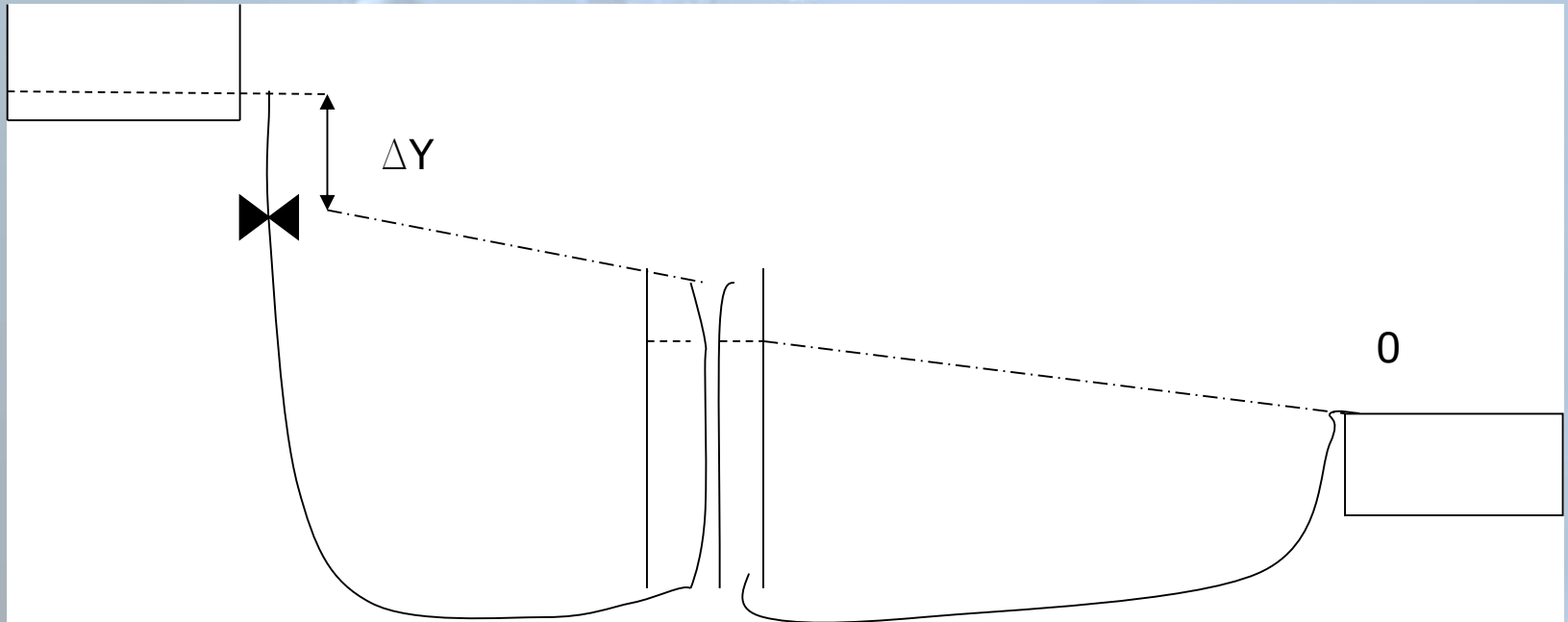
Il funzionamento a regime di questa condotta non presenta particolarità, tranne che in caso di apertura dello scarico e, di conseguenza, dello sfiato automatico, la piezometrica ruota attorno ai punti A, B, C.

Attenzione - non realizzare mai



Il funzionamento a regime di questa condotta non presenta particolarità, tranne che il tratto a sifone r_s è in depressione, con i problemi igienici che da questo derivano. Inoltre, all'apertura dello scarico ed in assenza di sfiato, l'acqua fluisce da A e B verso di esso, ma si può verificare che nel fluire da B verso lo scarico si superi la depressione di 10.33 m. In questo caso il moto si ferma.

Regolazione da monte



Per ovviare a questi inconvenienti, questo tipo di regolazione deve sempre essere affiancata da idoneo dimensionamento degli sfiati in linea o dalla presenza di un torrino di disconnessione.

Tracciato:

- Tipo di terreno
- Tipo di colture
- Vincoli territoriali
- Vincoli geologici – frane
- Sede propria o sede stradale
- Scarichi e sfiati
- Blocchi di ancoraggio
- Attraversamenti
- Profondità di posa min. 1 m
- V_{min} 0.4 – 0.5 m/s
- V_{max} 2 - 3 m/s

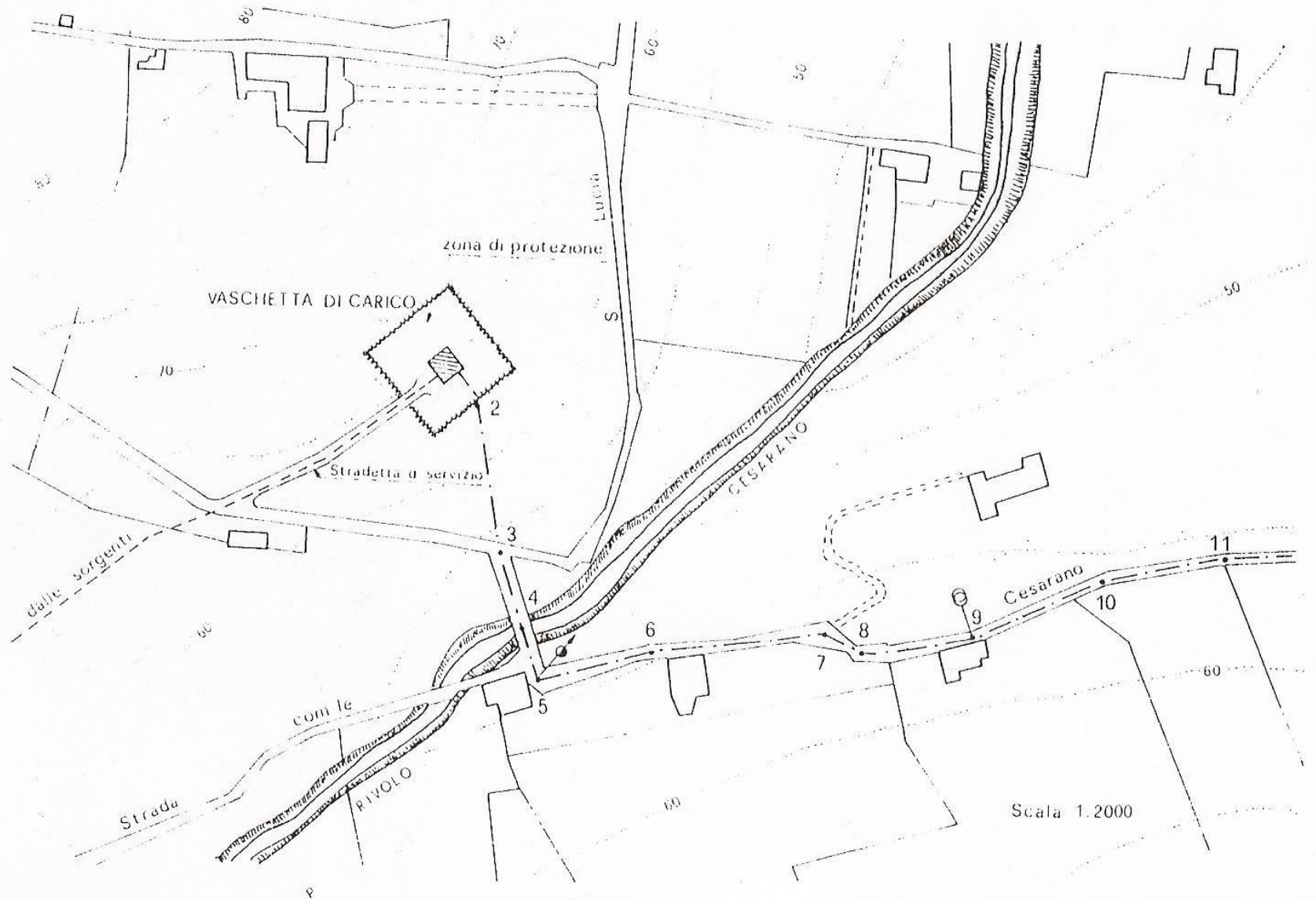
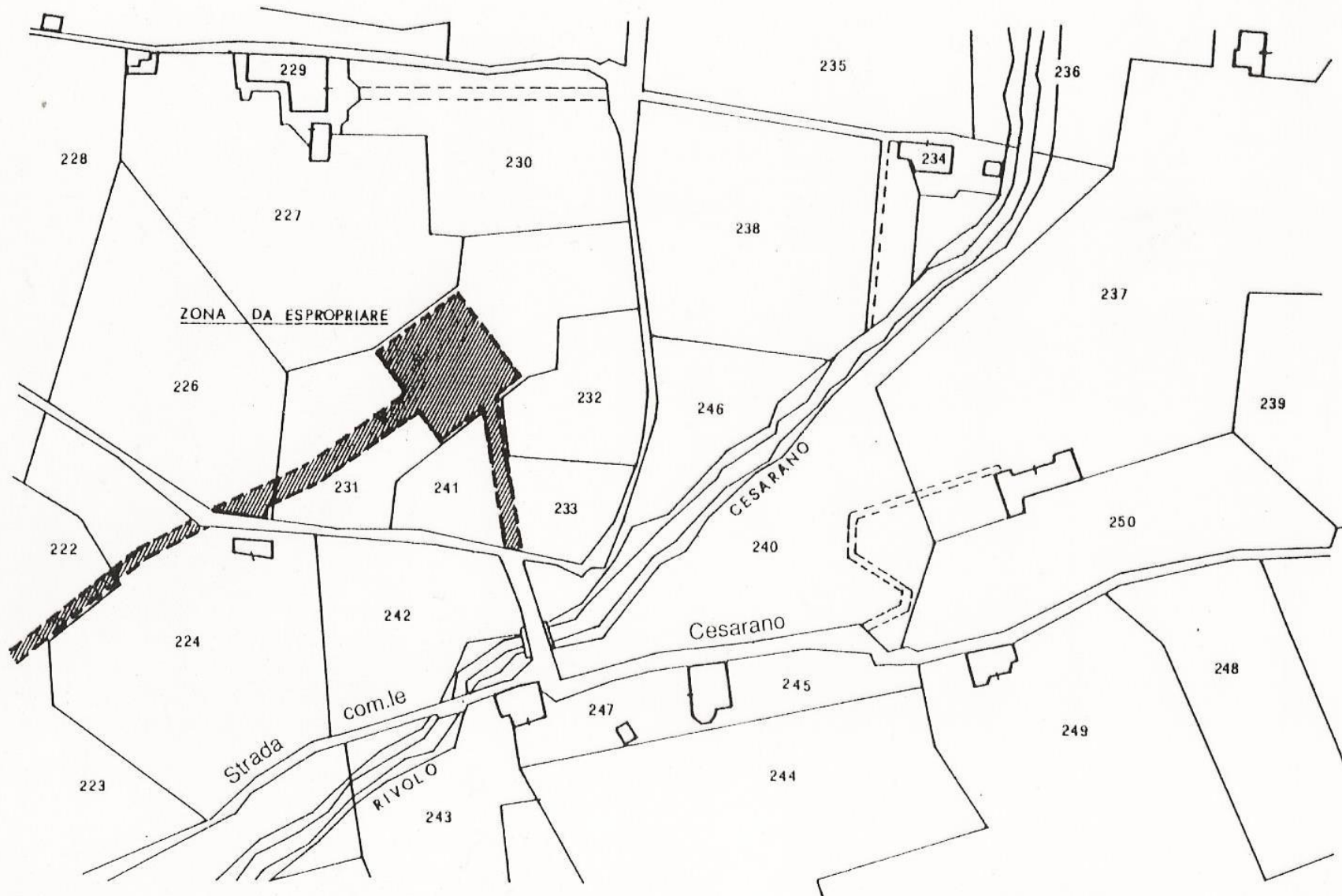


Figura 2.28



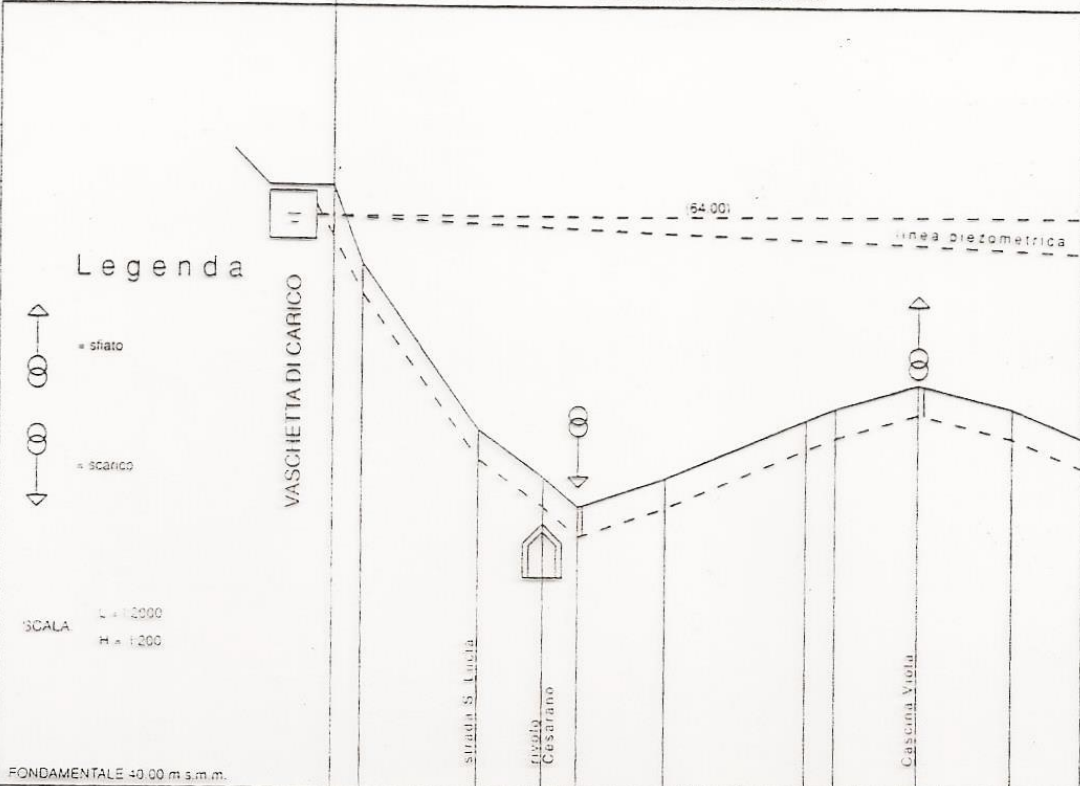
Scala 1:2000

Figura 2.29

LIVELLETTI (disl. pend. Loriz)	8.70-14.5% 60.00	3.00-7.1% 42.00	1.00-2.8% 36.00	3.00-4.29% 70.00	1.00-2.8% 36.00	1.90-2.79% 58.00
--------------------------------	---------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------

CARATTERISTICHE TUBAZIONI Ø 200 mm acciaio - giunti a bicchiere sterico con saldatura

DATI IDRAULICI Q=30 Vs. V=0.87 m/s, i=4.893 m/km



PICCHETTI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

QUOTE	TERRENO	61.00	62.00	55.00	53.00	53.00	55.50	56.00	57.00	56.00	55.00
	ASSE TUBO	62.90	61.20	54.20	52.10	51.20	52.10	54.60	55.10	56.10	54.90

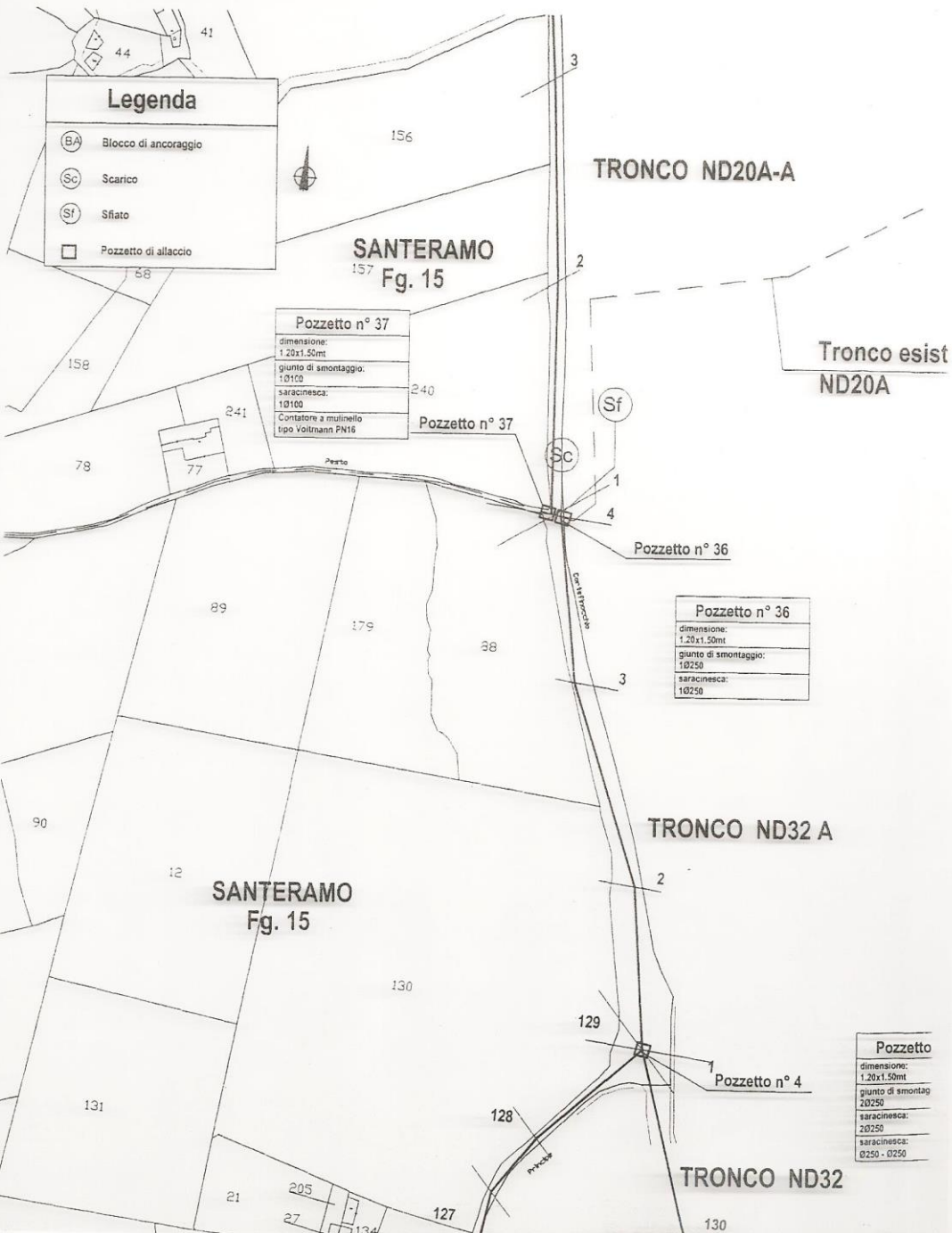
ANGOLI DI DEVIAZIONE	ZENITALI	0	3	5				4			
	AZIMUTALI	30	11	50	10		45	45	20	15	

CARATTERISTICHE TRACCIATO

		Terrano Vegetale	Via Ponte (massic. ord)	Strada comunale Cesariano (pavimentazione in casolajo)							
--	--	------------------	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

DISTANZE ORIZZONTALI	PARZIALI	12	48.00	26.00	16	36.00	58.00	12	36.00	42.00	26.00
	PROGRESSIVE	0.00	12.00	60.00	86.00	102.00	138.00	196.00	208.00	244.00	266.00

DISTANZE EFFETTIVE	PARZIALI	11.1	48.50	26.07	15.4	36.01	58.05	10.1	36.01	42.02	26.01
	PROGRESSIVE	0.00	12.12	60.62	86.03	102.73	138.74	196.79	208.80	244.81	266.83



Legenda

- (BA) Blocco di ancoraggio
- (Sc) Scarico
- (Sf) Sfiato
- Pozzetto di allaccio

SANTERAMO
Fig. 15

TRONCO ND20A-A

Tronco esist
ND20A

Pozzetto n° 37

dimensione:	1.20x1.50mt
giunto di smontaggio:	10110
saracinesca:	10100
Contatore a mulinello	tipo Vollmann PN16

Pozzetto n° 37

Pozzetto n° 36

dimensione:	1.20x1.50mt
giunto di smontaggio:	10250
saracinesca:	10250

Pozzetto n° 36

Pozzetto

dimensione:	1.20x1.50mt
giunto di smontaggio:	20250
saracinesca:	20250
saracinesca:	0250 - 0250

Pozzetto n° 4

TRONCO ND32 A

SANTERAMO
Fig. 15

TRONCO ND32



CANT. 110/20KV
02250/02250





Partito

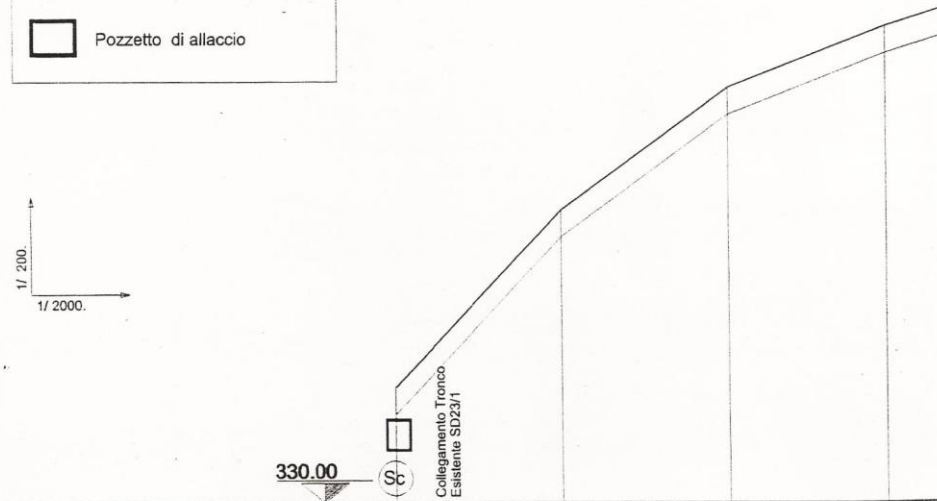
Prodotto

DN	
materiale	
Sede	
Nodo di calcolo	
Quota piezometrica	
Portata	

TRONCO SD 13-2-2

Legenda

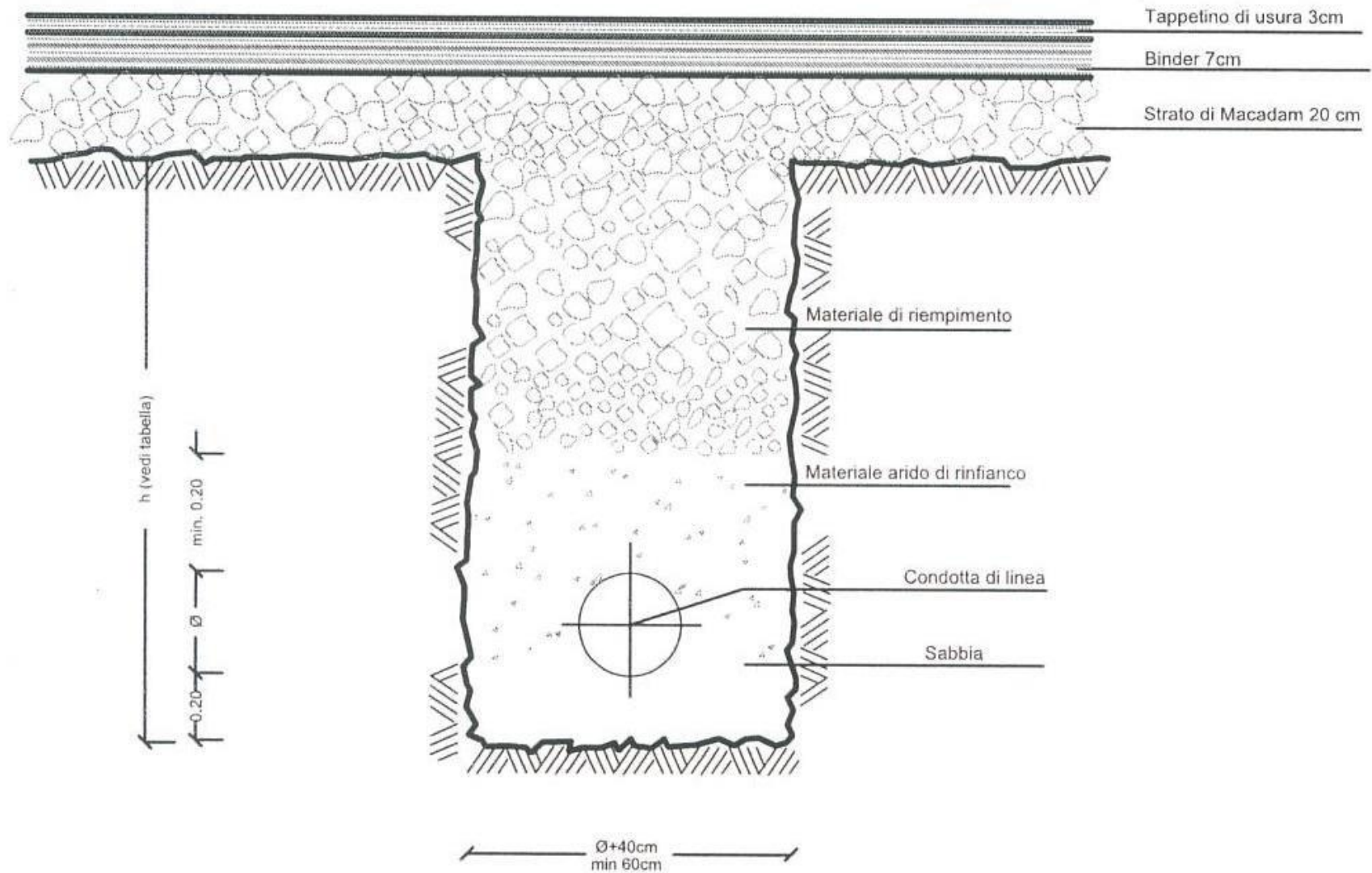
-  Scarico
-  Sfiato
-  Blocco di ancoraggio
-  Pozzetto di allaccio



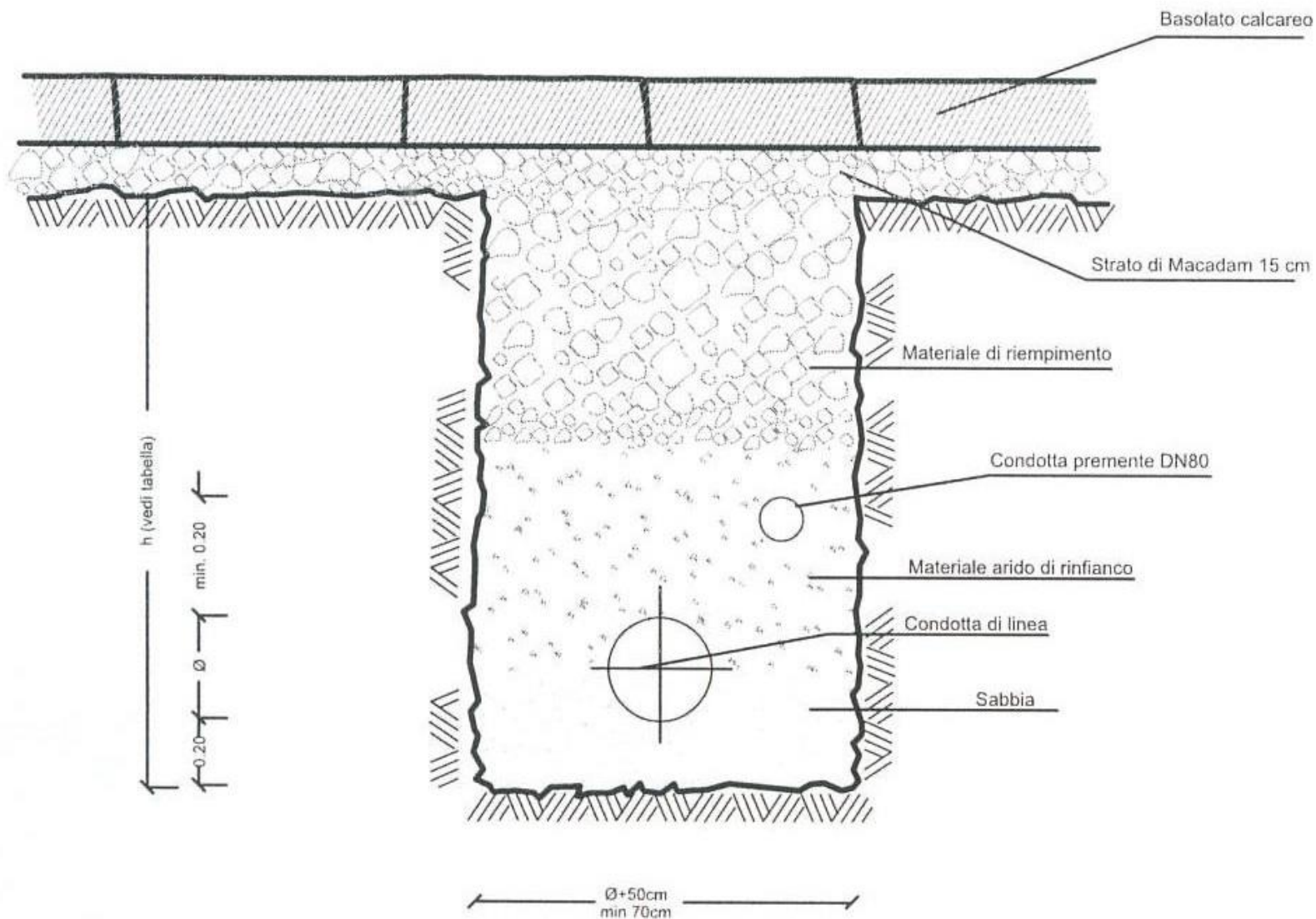
Numero delle sezioni	1	2	3	4
Quote del terreno	334.67	341.91	346.87	349.37
Quote cielo tubazione	333.07	340.91	345.87	348.37
Quota fondo scavo	333.37	340.61	345.57	348.07
Distanze parziali		68.85	68.48	65.35
Distanze progressive	0.00	68.85	138.33	203.68
Distanze ettometriche				

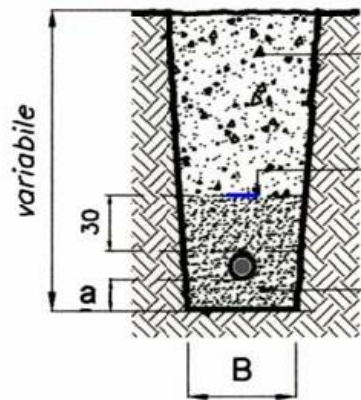


POSA SU STRADA ASFALTATA



POSA SU STRADA CON BASOLE





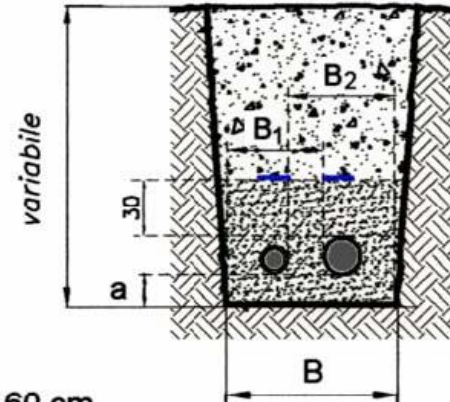
Rinterro con terra di scavo costipata a strati

nastro segnalatore continuo blu con la dicitura "Attenzione Tubo Acqua"

letto di posa, rinfianco e copertura con sabbia asciutta e ben costipata

$$B > DN + 40 - 60 \text{ cm}$$

$$a = \text{min } 15 \text{ cm}$$

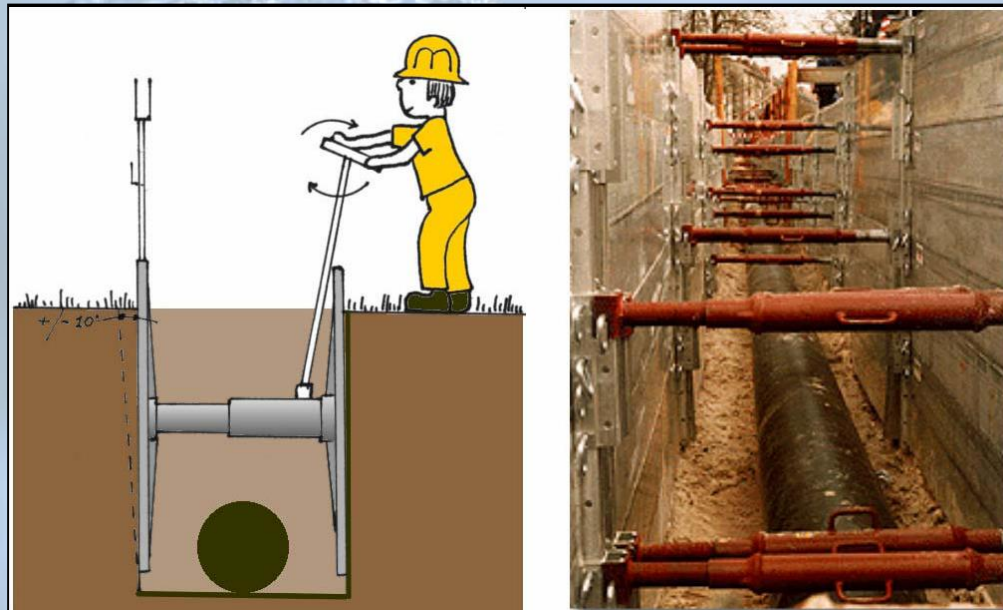


$$B_1 = DN_1 + 40 - 60 \text{ cm}$$

$$B_2 = DN_2 + 40 - 60 \text{ cm}$$

$$B > DN_1 + DN_2 + 60 - 80 \text{ cm}$$

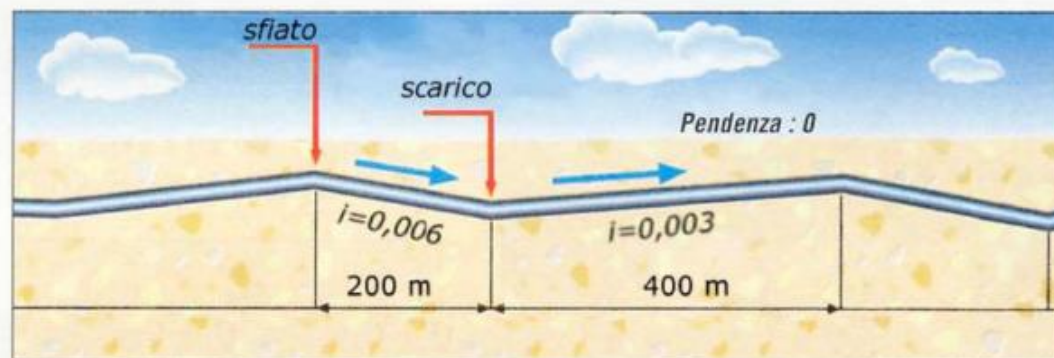
$$a = \text{min } 15 \text{ cm}$$



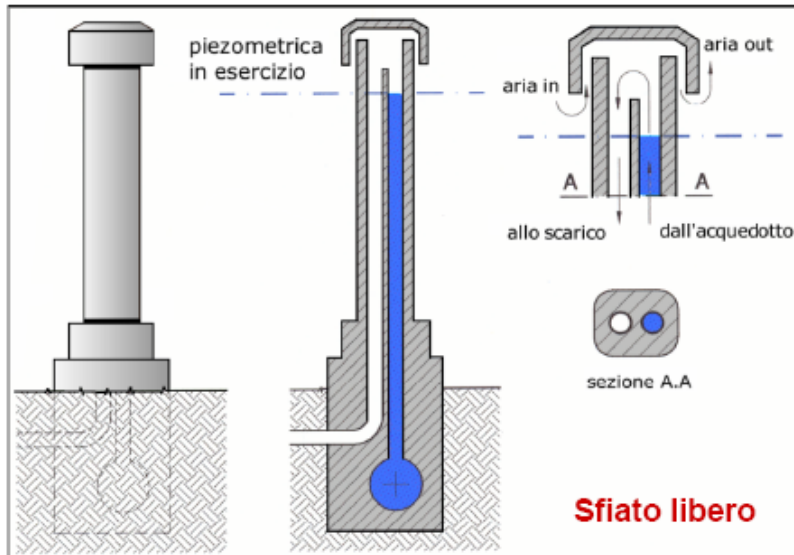
scavo sostenuto da sbadacchi metallici



Pozzetto di scarico

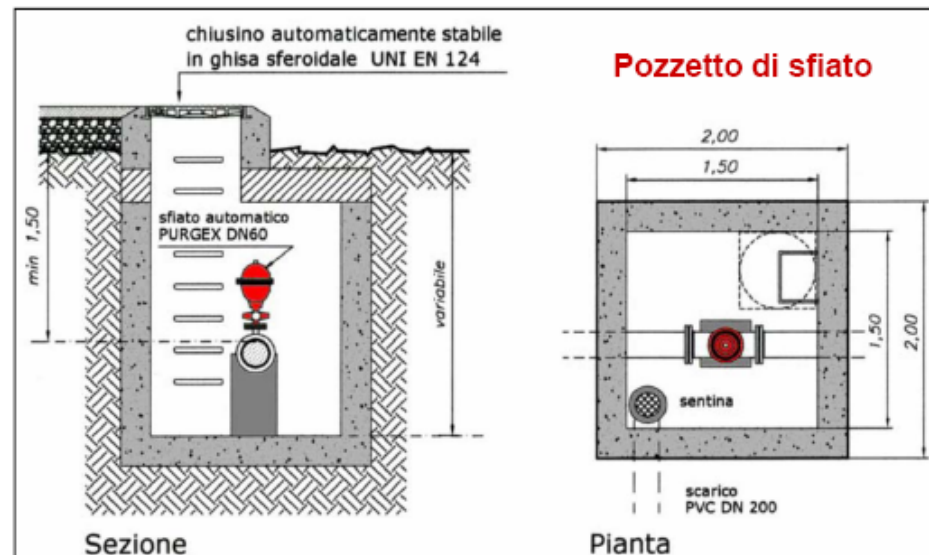


Profilo e dati di progetto



Quando la quota piezometrica risulta di poco superiore alla quota del terreno (8÷10 m), è possibile realizzare lo **sfiato di tipo libero**

Quando la quota **piezometrica risulta superiore di 10 m** rispetto alla quota del terreno, è necessario realizzare **sfiati in pressione**.



Il funzionamento del dispositivo è legato all'equilibrio di tre forze :

1. la forza peso G del galleggiante verticale ed orientata verso il basso;
2. la spinta sul galleggiante, correlata alla pressione p agente entro la cassa, con risultante, nella direzione verticale, orientata verso l'alto, di intensità pari a $p A$, con A area della luce del foro di uscita dell'aria dalla cassa;
3. la spinta di galleggiamento, in quanto corpo parzialmente immerso in acqua, con risultante nella direzione verticale, orientata verso l'alto, di intensità pari a γV , con γ , peso specifico dell'acqua e V volume immerso.

Nella condizione di sfiato chiuso si ha:

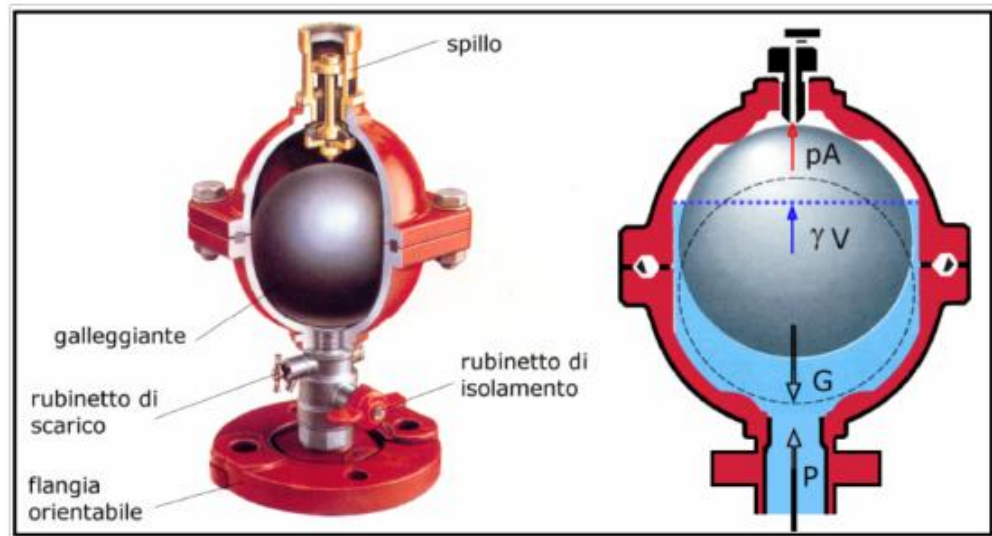
$$p A + \gamma V > G$$

Al progressivo accumulo di aria nella cassa corrisponde progressivo abbassamento del livello idrico nella stessa e correlata riduzione del valore del volume immerso V .

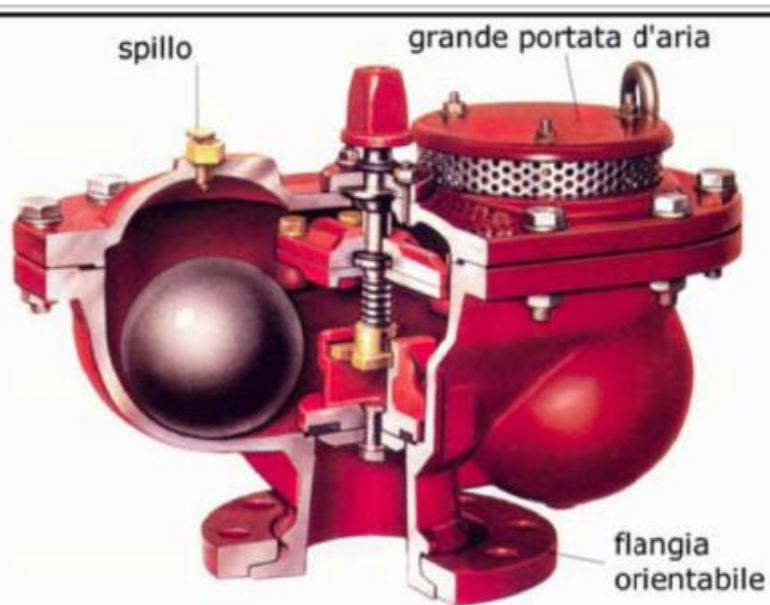
Raggiunta la condizione:

$$p A + \gamma V = G$$

si è in incipiente apertura dello sfiato.



SFIATO A TRE FUNZIONI



24-170 kg

1. Fase di riempimento della condotta
2. Fase di esercizio o di *degasaggio*
3. Fase di vuotatura della condotta con rientro d'aria

