

PROVINCIA DI IMPERIA
SETTORE VIABILITA', TRASPORTI
LAVORI PUBBLICI E GRANDI INFRASTRUTTURE

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO DI INNEVAMENTO ARTIFICIALE NEL COMPRENSORIO SCIISTICO DI MONESI

Comune: Triora

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA

Imperia luglio 2013

PROGETTISTA:

ing. Michele RUSSO

INDICE

INDICE
1. PREMESSA 1
2. SOLUZIONI PROGETTUALI 3
3. STATO DI FATTO 5
4. CARATTERISTICHE TECNICHE IMPIANTO INNEVAMENTO 5
    4.1. *Caratteristiche Tecniche* 5
    4.2. *La superficie da innevare*
5. LE OPERE CIVILI 7
    5.1. *Il locale tecnico* 7
6. LE OPERE IDRAULICHE 9
    5.1. *L'opera di presa* 9
    5.2. *La linea di innevamento* 9
        5.2.1. Caratteristiche tecniche della linea 9
        5.2.2. Tubazioni 9
        5.2.3. Pozzetti 10
    5.3. Generatori di neve 10
6. CONCLUSIONI 11

1. PREMESSA

Per l'approvvigionamento idrico dell'impianto, sarà sfruttata la costruenda opera di presa della centralina idroelettrica di proprietà del Comune di Mendatica posta sul torrente Tanarello. L'adduzione avverrà attraverso due fasi di pompaggio. La prima fase, con minore prevalenza, sarà effettuata dal torrente ad un serbatoio di rilancio posto a monte, in un area di proprietà della Provincia di Imperia, da cui si effettuerà un secondo pompaggio nella rete di innevamento vera e propria.

Per ciò che riguarda l'opera di presa, attualmente in costruzione e, quindi, successivamente esistente nel torrente Tanarello, sarà, in accordo con il Comune di Mendatica, parzialmente e limitatamente modificata in maniera tale da garantire l'afflusso di risorsa alla captazione dell'innevamento e, allo stesso tempo, evitare parallelismi tecnici di funzionamento tra l'impianto di innevamento e l'impianto idroelettrico che potrebbero risultare deleteri.

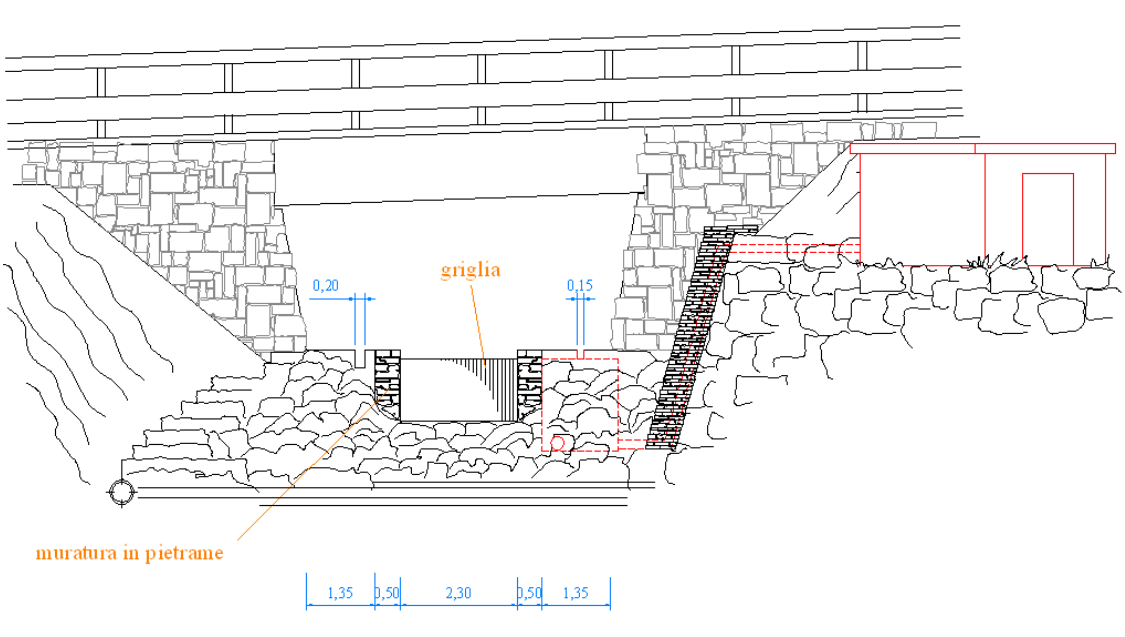
La derivazione di acqua dal torrente Tanarello avverrà parallelamente alla derivazione idroelettrica del comune di Mendatica ed al rilascio in alveo del deflusso minimo vitale.

Il prelievo avverrà attraverso la realizzazione di un piccolo stramazzo in larga soglia della larghezza di 15 cm posto con la quota di sfioro alla stessa quota di sfioro della derivazione idroelettrica, quindi, 10 cm al di sopra dello sfioro del D.M.V.

Il deflusso dallo stramazzo sarà governato da una piccola paratoia, che, se aperta, consentirà il deflusso dell'acqua al interno del sottostante piccolo accumulo di primo pompaggio, da cui, successivamente l'acqua verrà pompata per raggiungere l'impianto di innevamento vero e proprio.

2. DIMENSIONAMENTO STRAMAZZO DI PRESA

Lo stramazzo di presa sarà realizzato parallelamente a quello della derivazione idroelettrica del Comune di Mendatica. In tal modo, nei tempi di prelievo dell'impianto di innevamento, la portata derivata sarà "rubata", in accordo e pieno assenso con il Comune di Mendatica, dalla portata turbinabile dell'impianto idroelettrico, senza influire in alcun modo con il DMV già garantito dalla realizzazione dell'opera di presa dell'impianto idroelettrico stesso. A maggior chiarimento, di seguito si riporta una bozza di prospetto del fronte dell'opera di derivazione.



Tale stramazzo, posto alla stessa quota dello stramazzo di derivazione idroelettrica (+10 cm rispetto a stramazzo DMV), definita una larghezza di 15 cm, garantirà il deflusso della portata di 16 l/s con un battente idrico definito come segue.

Considerata la seguente formula di calcolo della portata su stramazzi in larga soglia,

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

essendo:

Q = portata liquida defluente misurata in m^3/s;

μ = coefficiente di deflusso stramazzo in parete grossa paria a 0,385:

L = larghezza dello stramazzo misurata in ml. pari a 0,15 ml.;

h = altezza del livello idrico sulla quota di sfioro misurata in ml.;

g = accelerazione di gravità;

applicando l'inverso si ottiene che:

$$h^{3/2} = \frac{Q}{\mu \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \Rightarrow h = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{1{,}705 \cdot L}\right)^2} = 15{,}76 \text{ cm}$$

da cui si ottiene che i 16 l/s da derivare per il funzionamento dell'impianto di innevamento, sono garantiti in presenza di un battente idrico sulla quota di sfioro delle derivazioni pari a 15,76 cm.

3. DIMENSIONAMENTO DIAMETRO CONDOTTE DI ADDUZIONE

L'impianto si svilupperà in due tronchi di tubazione.

Il primo tronco, convoglierà l'acqua derivata dall'opera di presa al serbatoio di accumulo, superando un dislivello orografico di circa 20 ml. a cui aggiungere il livello di troppo pieno dell'accumulo (2,50 ml. circa) e le perdite di carico, sviluppandosi su di una lunghezza di circa 150 ml.

Considerata la necessità di operare a favore di sicurezza, per la valutazione delle perdite distribuite in condotta si consideri che queste debbano essere limitate al minimo (nell'ordine del metro sull'intero tratto).

Attraverso l'elaborazione della sottostante formula di Hazen Williams è possibile definire il diametro della tubazione che verifica tale condizione:

$$\Delta H = J \cdot L = \frac{10{,}675 \cdot Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \cdot D^{4{,}8704}} \cdot L$$

essendo:

Q = portata liquida misurata in m^3/s pari a 16 l/s;

C = coefficiente di scabrezza pari a 150 per tubi PE, PVC e PRFV;

L = lunghezza della tubazione pari a circa 150 ml.;

D = il diametro interno della tubazione.

Con i dati precedenti, considerato l'utilizzo di una tubazione in Polietilene PN10 (a causa del basso dislivello e dello conseguenti basse pressioni idrostatiche e sovrapressioni), è possibile garantire il corretto deflusso dei 16 l/s utilizzando, lungo il primo tratto, che si snoda dall'opera di presa al serbatoio della seconda camera di pompaggio, una tubazione DN160.

Con le condizioni precedenti, tale tubazione implica una perdita di carico sull'intero tratto pari a circa 98 cm.

La velocità dell'acqua all'interno della tubazione sarà pari a circa 1,02 m/s, quindi, nei limiti solitamente definiti in antologia per il corretto funzionamento degli impianti idraulici.

Il secondo tronco, che fungerà da rete di distribuzione ai cannoni spara neve, si snoderà dal serbatoio di accumulo posto ad una quota di circa 1355 m.s.l.m. fino all'ultimo cannone della rete, posto ad una quota di circa 1502 m.s.l.m., sviluppandosi su una lunghezza complessiva di circa 800 ml. e superando un dislivello orografico di circa 147 ml. A tale dislivello, vanno aggiunti gli 8 bar di pressione minima da garantire per il funzionamento dei cannoni spara-neve (range di funzionamento 8-40 bar), per cui, il pompaggio dovrà garantire, alla quota un cui sarà ubicato l'ultimo pozzetto di allaccio dell'impianto di innevamento, una pressione idraulica minima di circa 8,5 bar al netto delle perdite di carico presenti lungo il tratto di tubazione.

Come ipotizzato in precedenza, considerata la necessità di operare a favore di sicurezza, per la valutazione delle perdite distribuite in condotta si consideri che queste debbano essere limitate al minimo (nell'ordine del mezzo bar sull'intero tratto).

Come prima, attraverso l'elaborazione della sottostante formula di Hazen Williams è possibile definire il diametro della tubazione che verifica tale condizione:

$$\Delta H = J \cdot L = \frac{10{,}675 \cdot Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \cdot D^{4{,}8704}} \cdot L$$

essendo:

Q = portata liquida misurata in m^3/s pari a 16 l/s;

C = coefficiente di scabrezza pari a 120 per tubi acciaio;

L = lunghezza della tubazione pari a circa 800 ml.;

D = il diametro interno della tubazione.

Con i dati precedenti, considerato l'utilizzo di una tubazione in acciaio (a causa del grande dislivello e dello conseguenti alte pressioni idrostatiche e sovrapressioni), è possibile garantire il corretto deflusso dei 16 l/s utilizzando, lungo il tratto di condotta di distribuzione, una tubazione DN150.

Con le condizioni precedenti, tale tubazione implica una perdita di carico sull'intero tratto pari a circa 5,71 ml.

La velocità dell'acqua all'interno della tubazione sarà pari a circa 0,9 m/s, quindi, nei limiti solitamente definiti in antologia per il corretto funzionamento degli impianti idraulici.

3.1 COLPO D'ARIETE e SPESSORE CONDOTTA ACCIAIO

In caso di brusche interruzioni o quasti sull'impianto di pompaggio, potrebbe generarsi un fenomeno di moto oscillatorio che si propaga lungo la condotta, noto come colpo d'ariete.

La velocità media delle onde elastiche all'interno della condotta può essere calcolato con la seguente:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + k \cdot \frac{D}{s}}}$$

essendo:

a = celerità dell'onda di pressione in m/s;

k = 0,5 per l'acciaio;

D = diametro della tubazione =150,8 mm;

s = spessore della tubazione espressa in m;

$$a = 1208{,}12 \text{ m/s}$$

Una manovra di chiusura od interruzione dell'impianto si definisce brusca se il tempo di chiusura o di interruzione è minore del tempo di fase così definito:

$$t_0 = \frac{2 \cdot L}{a} = \frac{2 \cdot 800}{1208{,}12} = 1{,}32 \text{ secondi}$$

In tal caso la sovrapressione che verrebe a crearsi è definita dalla formula seguente:

$$\Delta H = \frac{a}{g} \cdot V = \frac{1208{,}12}{9{,}81} \cdot 0{,}9 = 110{,}83 \text{ ml.}$$

essendo:

V = la velocità media di funzionamento in condotta in m/s.

Ciò detto, la pressione massima agente sulla condotta è data dalla pressione statica sommata alla sovrapressione dovuta al colpo d'ariete. A partire dal calcolo effettuato in precedenza, inserendo come unica variabile lo spessore ed ipotizzando una manovra di chiusura brusca, l'aumento di pressione all'interno della tubazione nella sezione di partenza della tubazione di distribuzione è di circa 250+111 =361 metri circa, pari a 34,95 atm.

P_{max} = 361 m = 36,1 kg/cm^2

Per il calcolo della tensione all'interno della condotta, si utilizza la formula di Mariotte:

$$\sigma = p_{\max} \cdot \frac{r_m}{s} < \sigma_{amm}$$

essendo:

σ = tensione normale massima;

p_{max} = pressione max interna;

r_m = raggio medio 0,4 cm;

s = spessore condotta;

σ_{amm} = 2400 kg/cm^2.

$$\sigma = 36{,}1 \cdot \frac{15{,}08}{0{,}4} = 1361 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2 \qquad \text{-verificato-}$$

4. DIMENSIONAMENTO POMPE

Come precedentemente accennato, l'impianto di innevamento funzionerà attraverso il pompaggio di acqua dal torrente Tanarello. Tale pompaggio avverrà in due step consecutivi.

4.1 PRIMO STEP DI POMPAGGIO

Il primo pompaggio avverrà dal piccolo bacino d'accumulo da realizzarsi in alveo e convoglierà le acque al secondo bacino posto a monte. Il dislivello orografico tra le quote di fondo delle due vasche è pari a circa 19 ml.

Per la valutazione delle caratteristiche della pompa da utilizzare per questa prima fase di pompaggio, a tale dislivello vanno aggiunte le perdite di carico distribuite presenti nel primo tratto di tubazione, che, secondo quanto precedntemente definito sono pari a circa 1,00 ml. e la quota di troppo pieno (TP) del secondo serbatoio, pari a 2,20 ml.

Oltre a quanto appena evidenziato, non potendole accuratamente definire in tale fase progettuale, si ipotizza la presenza di perdite di carico concentrate pari a quanto calcolato per quelle distribuite, pertanto, risulta che, per il primo pompaggio, dovrà essere installata una pompa centrifuga che dovrà garantire, oltrechè la portata di 16 l/s, la copertura di una prevalenza pari a:

$$\Delta H_{TOT} = \Delta H + disl + TP + \Delta H_{conc} = 1{,}00 + 19{,}00 + 2{,}20 + 1{,}00 = 23{,}20\,\text{ml.}$$

arrotondato a 25,00 ml. per porsi in condizioni a favore di sicurezza.

Ciò definito, la pompa da installarsi nella prima camera di pompaggio dovrà avere la seguente potenza:

$$P_A = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H_{TOT}}{\eta \cdot 1000} = \frac{999{,}99 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}016 \cdot 25{,}00}{0{,}75 \cdot 1000} = 5{,}23KW$$

essendo η il rendimento della pompa.

Di fondamentale importanza nella scelta delle pompe idraulica e il paramentro denominato NPSH (net positive suction head), o meglio, altezza netta di aspirazione da garantire al fine di evitare il sorgere di fenomeni di cavitazione all'interno dell'impianto di pompaggio che farebbero diminuire rendimento della pompa e prevalenza. Ogni tipo di pompa possiede come caratteristica costruttiva intrinseca un dato $NPSH_R$ che deve risultare inferiore di quello caratteristico dell'impianto, distinto con l'acronimo $NPSH_D$.

Nel caso in esame:

$$NPSH_D = \frac{p_a - p_v}{\rho \cdot g} - z_a - h_{ra}$$

essendo:

p_a = la pressione assoluta (misurata in Pa) agente sul pelo libero del serbatoio di alimentazione;

p_v = la tensione di vapore del liquido alla temperatura di funzionamento (acqua a 5°C=872 Pa);

z_a = distanza tra il pelo libero dell'aspirazione e e il punto più elevato del bordo d'ingresso delle pale giranti;

h_{ra} = è la perdita di carico nel tratto di condotta in aspirazione;

e sostituendo le grandezze effettive del caso in esame si ottiene:

$$NPSH_D = \frac{p_a - p_v}{\rho \cdot g} - z_a - h_{ra} = \frac{101300 - 872}{999{,}99 \cdot 9{,}81} - (1340{,}00 - 1335{,}70) - 0{,}06 = 5{,}88\,\text{ml.}$$

Pertanto, la pompa da installare nella prima camera di pompaggio dovrà possedere come caratteristica intrinseca un $NPSH_R$ >5,88 ml.

4.2 SECONDO STEP DI POMPAGGIO

Il secondo pompaggio avverrà dal bacino d'accumulo da realizzarsi sul terreno di proprietà provinciale posto a monte del torrente tanarello in sponda orografica sinistra e convoglierà le acque alla rete di distribuzione dell'impianto di innevamento. Il dislivello orografico tra la quota di fondo del serbatoio e il pozzetto di allaccio a quota maggiore è pari a circa 1502 – 1355 = 147 ml. Per la valutazione delle caratteristiche della pompa da utilizzare per questa prima fase di pompaggio, a tale dislivello vanno aggiunte le perdite di carico distribuite presenti nel tratto di tubazione, che, secondo quanto precedntemente definito sono pari a circa 5,71 ml. e la pressione minima di funzionamento dei cannoni, pari a 8 bar, cioè 81,58 m di colonna d'acqua.

Oltre a quanto appena evidenziato, non potendole accuratamente definire in tale fase progettuale, si ipotizza la presenza di perdite di carico concentrate pari a quanto calcolato per quelle distribuite, pertanto, risulta che, per il pompaggio di distribuzione, dovrà essere installata una pompa centrifuga che dovrà garantire, oltrechè la portata di 16 l/s, la copertura di una prevalenza pari a:

$$\Delta H_{TOT} = \Delta H + dist.\max + P.funz. + \Delta H_{conc} = 5{,}71 + 147{,}00 + 81{,}58 + 5{,}71 = 240\,\text{ml.}$$

arrotondato a 250,00 ml. per porsi in condizioni a favore di sicurezza.

Ciò definito, la pompa da installarsi nella prima camera di pompaggio dovrà avere la seguente potenza:

$$P_A = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H_{TOT}}{\eta \cdot 1000} = \frac{999{,}99 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}016 \cdot 250{,}00}{0{,}75 \cdot 1000} = 52{,}31KW$$

essendo η il rendimento della pompa.

Come fatto in precedenza, si passa alla valutazione del $NPSH_D$.

Nel caso in esame:

$$NPSH_D = \frac{p_a - p_v}{\rho \cdot g} - z_a - h_{ra}$$

essendo:

p_a = la pressione assoluta (misurata in Pa) agente sul pelo libero del serbatoio di alimentazione;

p_v = la tensione di vapore del liquido alla temperatura di funzionamento (acqua a 5°C=872 Pa);

z_a = distanza tra il pelo libero dell'aspirazione e il punto più elevato del bordo d'ingresso delle pale giranti;

h_{ra} = è la perdita di carico nel tratto di condotta in aspirazione;

e sostituendo le grandezze effettive del caso in esame si ottiene:

$$NPSH_D = \frac{p_a - p_v}{\rho \cdot g} - z_a - h_{ra} = \frac{101300 - 872}{999{,}99 \cdot 9{,}81} - (1357{,}20 - 1355{,}00) - 0{,}05 = 7{,}99 \text{ ml.}$$

Pertanto, la pompa da installare nella prima camera di pompaggio dovrà possedere come caratteristica intrinseca un $NPSH_R$ >7,99 ml.