

INNEVAMENTO ARTIFICIALE

Mario Passeri
W.L.P. S.r.l.
passeri@wlpdust.com

La scarsità delle precipitazioni nevose, la loro incostanza, la necessità di garantire un numero elevato di giornate utili alla pratica dello sci ha imposto agli esercenti funiviari di dotarsi di impianti di innevamento sempre più efficienti, sofisticati e produttivi. A fronte di queste richieste, le aziende costruttrici hanno dato vita ad una "gara" ingegneristica che ha fatto fare alla tecnologia dell'innnevamento un grande balzo in avanti rispetto agli esordi, rivolgendosi non solo ai cannoni da neve, ma anche alle diverse

infrastrutture che compongono un impianto di innevamento al fine di migliorare l'efficienza intrinseca di ogni elemento per ottimizzare tutto il sistema. Un impianto di innevamento è composto quindi non esclusivamente dai cannoni per la produzione della neve, ma anche dai pozzetti per i punti di presa di acqua e corrente dislocati in pista, dalle stazioni di pompaggio e o d'aria compressa, dei punti di prelievo idrico, dalle stazioni meteorologiche, sistemi di telecontrollo e gestione dati.

CANNONE DA NEVE

I cannoni da neve, hanno il compito di riprodurre il fenomeno della formazione del cristallo di neve. Si ha quindi la necessità di creare un supporto fisico, necessario alla formazione del cristallo stesso. (un seme, su cui poi "attaccare" le gocce per la formazione dei rami tipici del cristallo di neve.)

Siamo quindi andati ad enunciare i due processi fondamentali

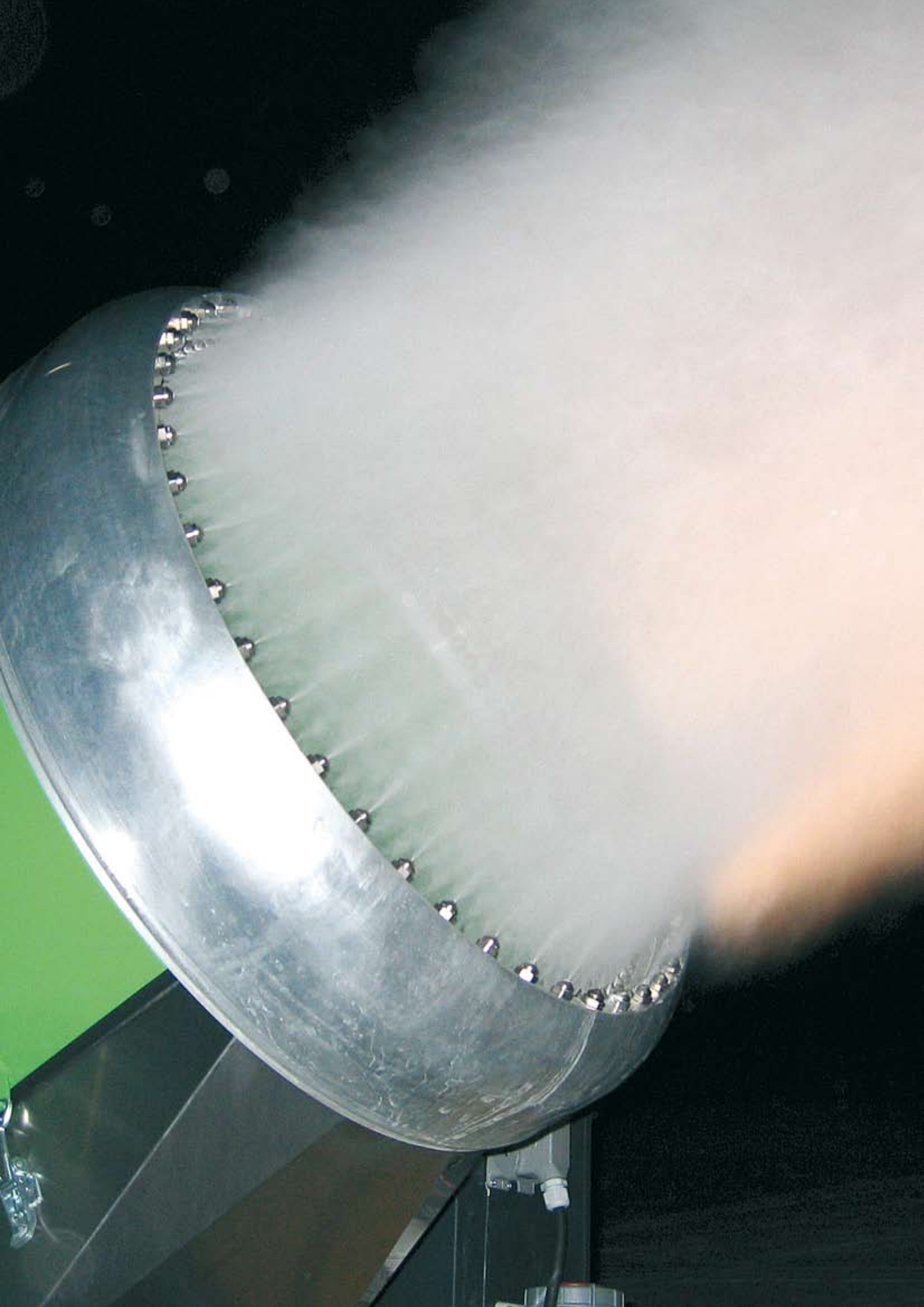
sui cui si fonda la tecnologia dell'innnevamento tecnico:

- la nucleazione
- la nebulizzazione

La nucleazione

Il fenomeno di nucleazione permette la formazione dei nuclei che sono la base, il supporto fisico per la formazione dei cristalli di neve sia naturali sia artificiali. In natura la formazione dei nuclei avviene anche in aria attraverso il fenomeno di supersaturazione

dell'aria con vapore acqueo, ovvero le goccioline di vapore acqueo si condensano su dei nuclei di sale, terra, polvere sospesi ed hanno una dimensione che si aggira intorno a 1 μm . Questi sono i nuclei di condensazione. Se la temperatura è inferiore agli 0°C è possibile la formazione di nuclei di congelamento che hanno mediamente una dimensione che si aggira intorno ai 20 μm . I nuclei di congelamento sono presenti in



Cannoni a ventola con dettaglio sugli ugelli (sotto).



natura e sono costituiti da particelle di varia natura, sia minerali, sia organiche. Essi favoriscono il processo di formazione dei cristalli di ghiaccio nelle nubi. Al diminuire della temperatura quindi aumenta il numero di nuclei di congelamento utili alla formazione dei cristalli di neve naturale. Formatosi il cristallo di ghiaccio le goccioline surraffreddate vicine si "attaccano" al nucleo di ghiaccio e accrescono la forma del cristallo. Il fenomeno di sopraffusione, è quello stato fisico assai instabile in cui goc-

ce di acqua si trovano allo stato liquido pur avendo temperature inferiori allo zero. Tali gocce d'acqua, cambiano di stato, passano da liquido a solido, non appena entrano in contatto tra di loro o con altri corpi. Il precipitare del cristallo in atmosfera permette l'entrata in collisione con altre gocce raffreddate. Questa collisione può avvenire sia con altre gocce di vapore acqueo, e quindi si ha la crescita del cristallo stesso, oppure con altri cristalli, per formare i fiocchi di neve.

Nel cannone da neve la corona di nucleazione permette appunto la formazione di nuclei di congelamento o germe di ghiaccio. La corona di nucleazione è generalmente composta da degli ugelli bifase acqua/aria compressa. L'aria compressa che generalmente ha una pressione di circa 5-8 bar ha il compito di diminuire il diametro delle gocce alla fuoriuscita dell'ugello di nucleazione. Il processo è quindi sostanzialmente di tipo adiabatico e la velocità di uscita ed espansione del fluido acqua/aria compressa permette un brusco abbassamento della temperatura. Le gocce che hanno un diametro intorno ai 35 μm si congelano istantaneamente dando

vita appunto ai germi di ghiaccio. La temperatura dell'aria è quindi fondamentale non tanto nei primi 2-3 centimetri dall'ugello ma nei successivi metri di volo per mantenere il germe di ghiaccio in fase solida pronto per essere ingrandito dalle gocce d'acqua fornite dalle altre corone di nebulizzazione presenti sul cannone da neve.

La nebulizzazione

La nebulizzazione delle gocce d'acqua è attuata grazie alle corone presenti alle spalle della corona di nucleazione. L'acqua in pressione (range che varia generalmente dagli 8 ai 35 bar), passa attraverso degli ugelli monofase (solo acqua senza aria) e viene ridotta in gocce del diametro che si aggira intorno ai 150 μm . Le gocce collidendo con i nuclei di condensazione danno vita al fiocco di neve artificiale.

Il generatore da neve è quindi descrivibile come un macchinario che ha il compito di nucleare e nebulizzare acqua al fine di formare cristalli di neve.

La tecnologia applicata a questo tipo di macchine ha dato vita sostanzialmente a due tipi di generatori:

- quelli di tipo a ventola;
- quelli di tipo ad asta.

Fino a qualche tempo fa i generatori venivano suddivisi in alta e bassa pressione a seconda delle pressioni necessarie per il loro funzionamento. Lo sviluppo tecnologico nel campo dell'innervamento ha permesso di ottimizzare i generatori di neve per offrire alla clientela impianti misti, ovvero impianti dove possono trovare posto contemporaneamente sia generatori a ventola sia generatori ad asta.

CANNONI A VENTOLA

I cannoni a ventola sono macchine costituite da un tubo che alloggia una ventola, da delle co-

rone che hanno il compito come sopra enunciato di nucleare e nebulizzare l'acqua, un compressore per l'aria compressa, un collettore di distribuzione acqua/aria che normalmente alloggia anche un filtro ed un quadro elettrico.

La ventola crea un flusso d'aria (mediamente con portate che vanno dagli 8 ai 15 mc/s a 25 °C e pressioni dai 500 agli 800 Pa) che ha il compito di allontanare l'acqua dalle corone e permettere così la formazione del cristallo di neve.

Il compressore normalmente di tipo a pistoncini ha una portata che va mediamente fino ai 450 l/min. a 7 bar.

Il collettore ha il compito di distribuire l'acqua alle varie corone. Normalmente nel collettore è presente un filtro dell'acqua così come le valvole manuali o servo comandate per la distribuzione dell'acqua.

Il quadro elettrico ha il compito di comandare l'accensione e lo spegnimento della ventola, del compressore, l'apertura o la chiusura delle valvole così come l'accensione e lo spegnimento dei riscaldamenti.

CANNONI AD ASTA

I cannoni ad asta sono generalmente costituiti da un tubo alto una decina di metri alla cui sommità è posta una testa dove si trovano alloggiati gli ugelli di nucleazione e di nebulizzazione.

Il collettore di distribuzione viene alloggiato alla base dell'asta, così come il compressore. In realtà il sistema ad asta richiede una portata di aria generalmente più elevata di un generatore a ventola. Si preferisce quindi per impianti costituiti prevalentemente ad asta di avere un compressore centralizzato e di una rete di distribuzione aria compressa.

Il cannone ad asta, se da una parte ha il pregio di essere una macchina essenzialmente più semplice e più economica di un generatore a ventola, ha il difetto a parità di temperatura umida di produrre neve in quantità e qualità inferiore rispetto ad un cannone a ventola.

LA TEMPERATURA UMIDA

La temperatura umida o meglio la temperatura di bulbo umido è il parametro fondamentale per la formazione della neve programmata

La temperatura di bulbo umido è il valore che si ottiene mettendo in relazione la temperatura misurata con il termometro a secco con l'umidità relativa dell'aria. Con il 100% di UR la temperatura di bulbo umido è uguale alla temperatura a bulbo secco. Al diminuire dell'UR, a parità di temperatura di bulbo secco, diminuisce anche la temperatura di bulbo umido. Quindi con base TBU abbiamo una maggiore efficienza nel produrre neve programmata.

Se la TBU è superiore agli 0°C non si possono ottenere dei germi di ghiaccio e quindi parimenti non è possibile ottenere neve programmata. Ci possono essere delle situazioni in cui la temperatura dell'aria è sopra gli 0°C ma l'umidità è molto bassa. Si hanno quindi TBU inferiori agli 0°C e quindi è possibile ottenere della neve programmata.

LA QUALITÀ DELLA NEVE PROGRAMMATA

Lo sviluppo della tecnologia applicata all'innnevamento programmato ha permesso il sensibile miglioramento delle caratteristiche dei "cristalli" di neve formato dai cannoni.

Il cristallo di neve programmata è di forma pallottolare e nel sistema ICSI è quello indicato con un pallino pieno, grano arrotondato monocristallo, e secondo il sistema Magono e Lee può variare dal R4a, R4b, R4c, anche se in realtà non esiste finora una vera classificazione di tali cristalli. Agli addetti al settore interessano diversi fattori nivometeorologici

Le due tipologie: cannone a ventola e cannone ad asta (Livigno inverno 2006).





relativi alla neve programmata, quali la densità della neve, il grado di umidità e la possibilità di produzione a temperature marginali.

Per temperature marginali, si intendono le temperature che vanno dai -1 °C ai -3 °C TBU, ovvero quelle temperature in cui i generatori di neve lavorano alla temperatura più alta possibile.

La densità della neve artificiale si aggira mediamente intorno ai 400 450 Kg/m³. I generatori di neve hanno la possibilità, a parità di temperatura, di poter variare la densità della neve, agendo sul numero di corone impegnate per la produzione e o sulla pressione dell'acqua all'interno delle corone stesse. La possibilità di variare la densità della neve è di fondamentale importanza in quanto l'operatore può scegliere il tipo di neve da produrre in base alle esigenze del momento. È naturale che

all'inizio della stagione sia necessario produrre della neve ad alta densità per la preparazione del fondo che sarà la base per le successive nevicate, naturali o programmate. Per facilitare poi la scorrevolezza dei gli sci sarà necessario produrre della neve molto più "asciutta" ovvero con densità minori. Una minore densità permette anche una più facile lavorazione da parte del gatto delle nevi in quanto aumenta la scorrevolezza della neve. Tale scorrevolezza permette quindi una più facile lavorazione per mezzo della lama e della fresa in quanto si evita l'intasamento degli organi meccanici.

I cannoni di ultima generazione hanno permesso inoltre di ottenere cristalli ben formati ovvero senza acqua ancora non cristallizzata. Fino a qualche tempo fa non era raro trovare in pista delle lastre di ghiaccio causate dall'innervamento artificiale. Succedeva infatti che la forma sferica tipica dei "cristalli" di neve programmata racchiudesse al suo interno dell'acqua che non passava in fase solida, ma rimaneva allo stato liquido. Il gatto delle nevi, passando per la distribuzione, rompeva il "cristallo" facendo congelare immediatamente l'acqua contenuta al suo interno creando delle lastre di ghiaccio in pista. Proprio per questo motivo, dopo la produzione di neve programmata, si lasciavano stagionare i mucchi per qualche giorno proprio per permettere la completa formazione dei cristalli e per far evaporare l'acqua in eccesso. Il fenomeno è ancora presente sui generatori anche di ultima generazione ed è praticamente nullo sui cannoni che hanno un elevato numero di ugelli. Un elevato numero di ugelli permette anche, a parità di portata, di creare delle gocce più piccole che usano meno energia

per formare il cristallo di neve. Spesso la buona qualità della neve artificiale si riesce a capire a fine stagione. Macrocristalli di neve sono molto meno omogenei in fase di metamorfismo e quindi, all'aumentare delle temperature o all'aumentare dell'escursione termica tra il giorno e la notte, le piste risultano meno scorrevoli e più difficili da sciare. Un cristallo più piccolo permette invece migliori caratteristiche meccaniche del manto nevoso al suolo.

SISTEMI DI CONTROLLO

I generatori di neve dell'ultima generazione sono dotati di sistemi di automazione che permettono una gestione totale delle macchine. Tipicamente un sistema di gestione automatico è costituito da sensori meteorologici (umidità e temperatura), valvole motorizzate, un PLC per l'acquisizione, l'elaborazione dei dati e la conseguente gestione dei comandi del generatore di neve.

Al PLC è associato anche un modulo di trasmissione e ricezione dei dati ad un Personal Computer per avere sotto controllo tutte le fasi dell'innervamento.

LE INFRASTRUTTURE LEGATE ALL'IMPIANTO DI INNEVAMENTO

La progettazione di un efficiente impianto di innervamento passa oltre che per la scelta dei cannoni e della loro tipologia anche per efficienti stazioni di pompaggio, linee di distribuzione, pozzetti di allacciamento.

Le stazioni di pompaggio che caratterizzano un impianto di innervamento devono fornire a tutta la rete idraulica l'acqua con pressione e portata sufficiente per sfruttare tutte le potenzialità del cannone da neve al fine di minimizzare i tempi di intervento

e quindi rendere i più bassi possibili i costi di esercizio.

La possibilità di utilizzare variatori di frequenza (inverter), ovvero grazie alla possibilità di variare portata e pressione, e grazie all'utilizzo di software sempre più potenti implementati nei PLC di controllo, si ha la possibilità di ottenere il massimo range di utilizzo da parte delle pompe, con impianti estremamente flessibili con indubbio risparmio energetico. Le stazioni di pompaggio sono costituite a secondo delle necessità da una o più pompe e da tutti quegli organi e strumenti che ne permettono un controllo ed una facile manutenzione. Estrema rilevanza viene data anche alla temperatura dell'acqua che viene pompata in quanto una temperatura bassa dell'acqua ne permette una sua più facile trasformazione in neve. Una regola empirica dice che se la temperatura dell'acqua sommata alla temperatura di bulbo umido è inferiore agli 0°C sicuramente si ha la trasformazione dell'acqua in neve. Proprio per questo motivo se la temperatura dell'acqua non è sufficientemente bassa vengono introdotte delle torri di raffreddamento.

Oltre alle stazioni di pompaggio ci sono i punti di presa e di accumulo acqua che a seconda delle esigenze possono essere sia bacino a cielo aperto sia in vasca di accumulo sotterraneo.

Lungo la linea ci sono poi dei pozzetti di distribuzione. Al loro interno trovano spazio sia gli idranti per il collegamento idrico sia le prese di corrente per l'alimentazione. I costruttori più attenti prevedono spesso anche un punto di alimentazione elettrica a 220 Volts, un'illuminazione ed un riscaldamento.

Sostanzialmente però un impianto di innevamento è come un abito su misura che un abile sarto



deve cucire e modellare attorno al corpo del proprio cliente.

Quindi, per la progettazione di un impianto, si parte dal calcolo della superficie da innevare. Si ottiene così il volume di neve necessario e di conseguenza il volume di acqua. Mediamente da un metro cubo di acqua si ottengono 2,4 metri cubi di neve. Si ha quindi che per innevare 1 m² di terreno con spessore di 50 cm si usano poco più di 200 litri d'acqua e si ha una densità di circa 450 Kg/mc.

Ottenuto quindi il volume di acqua si deve prendere in considerazione il numero di ore richieste per l'innevamento. Il volume di acqua diviso il numero di ore fornisce la portata di acqua oraria della stazione di pompaggio. Da qui partono quindi una serie di congetture e di ipotesi per il corretto dimensionamento dell'impianto, ovvero il numero di cannoni, la grandezza del bacino, la quantità di acqua a disposizione, il dimensionamento delle eventuali cabine elettriche di trasformazione, così come le priorità di innevamento.



Il corretto dimensionamento implica quindi una serie di esperienze, non solo rivolte al puro calcolo matematico, ma come in tutti i buoni progetti rivolte al buon senso, al fine di ottenere un impianto bene equilibrato dal punto di vista economico, con un forte sguardo volto a minimizzare l'impatto ambientale.

In alto - Bormio, innevamento della pista Stelvio per la discesa libera di Coppa del Mondo di sci alpino 2005-06.

Sotto - Bacino di raccolta a cui sono collegate le stazioni di pompaggio.