



Paesaggio con pioggia (W. Kandinsky, 1913)

Misure di precipitazione

Antonino Cancelliere

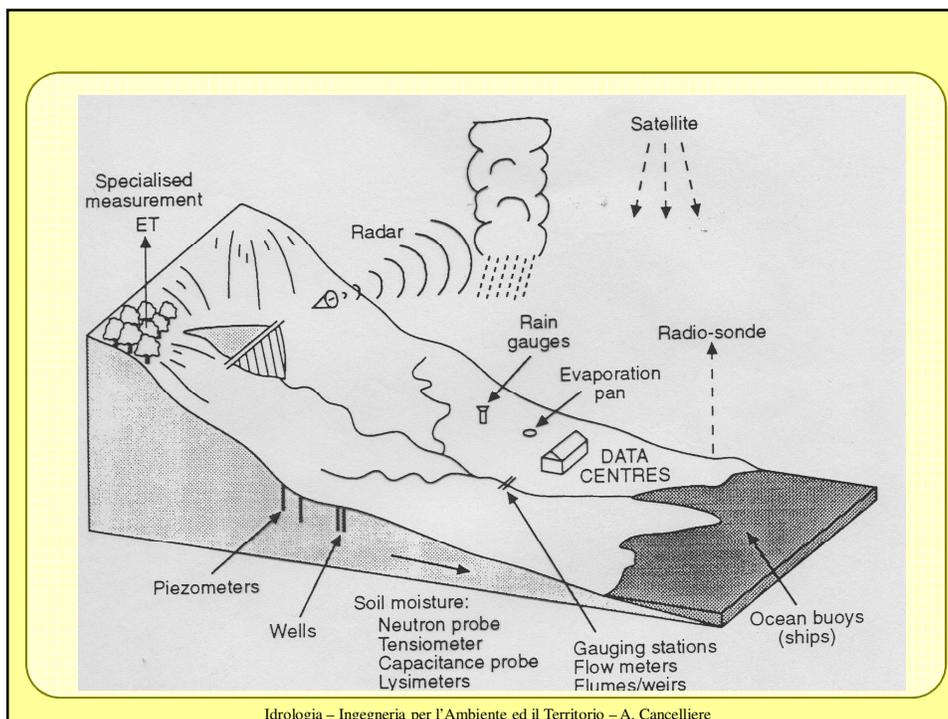


Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Università di Catania

Variabili idrologiche

- Di base: direttamente misurate nelle stazioni
- Derivate: ricavate dalle variabili di base
 - Esempio: portata di un corso d'acqua ottenuta dal livello idrico tramite la scala delle portate $Q=f(h)$
- Non limitate: es. temperatura
- Limitate inferiormente: es. altezza di pioggia, velocità del vento
- Limitate superiormente e inferiormente: es. direzione del vento



Variabili idrometeorologiche e strumenti di misura

Altezza di precipitazione (mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Pluviometro semplice - Pluviografo a vaschette basculanti - Pluviografo a galleggiante
Temperatura dell’aria (°C)	<ul style="list-style-type: none"> - Termometro a liquido - Termometro metallico - Termometro elettrico
Umidità dell’aria (%)	<ul style="list-style-type: none"> - Psicrometro - Igrometro a capello - Igrometro ad assorbimento elettrico
Velocità del vento (m/s)	<ul style="list-style-type: none"> - Anemometro a coppe (asse verticale) - Elica ad asse orizzontale
Evaporazione (mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Evaporimetro a bacinella

Variabili idrometeorologiche e strumenti di misura

Direzione del vento	- Banderuola rotante (asse verticale)
Pressione atmosferica (millibar)	- Barometro a mercurio - Barometro aneroido
Radiazione solare globale (mW/cm ²)	- Termopira - Piranometro bimetallico
Livello idrometrico	- Idrometro a lettura diretta - Idrometrografo a galleggiante - Idrometrografo a pressione <ul style="list-style-type: none">• misura piezoresistiva• misura pneumatica a bolla - Idrometrografo a ultrasuoni

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Definizione di misura

- "Rapporto tra una grandezza ed un'altra convenzionalmente scelta come unitaria"
Ad es. misura di:
 - Lunghezza -> metro
 - Tempo -> secondo = 1/86.400 del giorno solare medio
- Qualsiasi misura è inevitabilmente affetta da errori
- Il risultato di una misura non può ritenersi completo se non è accompagnato da una stima del margine di **incertezza**, espresso in termini statistici
- Dalle misure di base, posso costruire quelle derivate
Ad es. volumi (prodotto di tre lunghezze), velocità (rapporto tra una lunghezza ed un tempo), etc..
- Se le grandezze misurate variano nel tempo, alla misura occorre associare anche l'istante di tempo a cui essa è riferita

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Strumenti di misura

- Apparecchi in grado di restituire la misura di una data grandezza fisica
- Gli strumenti di misura devono possedere alcune caratteristiche essenziali per poter essere utilizzati nella pratica
 - Affidabilità di funzionamento
 - Accuratezza e precisione della misura
 - Semplicità costruttiva
 - Comodità di impiego e facilità di taratura e manutenzione
 - Robustezza
- Inoltre spesso devono essere in grado di memorizzare in automatico la misura senza l'intervento dell'operatore

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Pluviometri

- Strumenti utilizzati per la misura delle precipitazioni
- Costituiti da un bordo ad anello cilindrico retto, aperto in alto, connesso ad un imbuto ricevitore, collegato a sua volta ad un recipiente raccoglitore
- Si distinguono in
 - pluviometri semplici (per misure giornaliere)
 - pluviometri totalizzatori (per misure di più giorni)
 - Pluviometri registratori (in grado di registrare in continuo le misure)

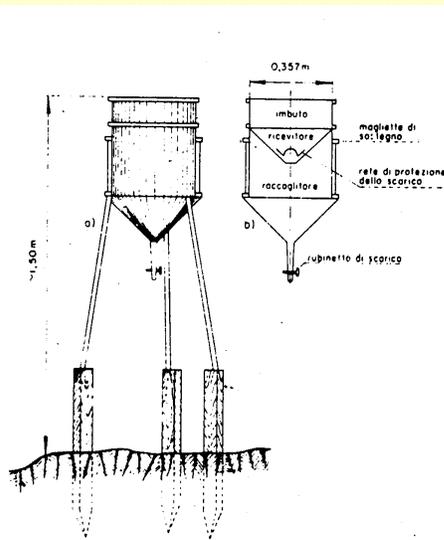
Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Misure di precipitazione (pluviometri)

- Secondo l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), i pluviometri devono avere i seguenti requisiti:
 - Risoluzione: 0,2 mm di pioggia
 - Bocca tarata da $1000 \text{ cm}^2 \pm 0,5\%$
 - Costruzione in materiale inossidabile
 - Possibilità di riscaldamento del sensore per le stazioni da installare in zone soggette ad innevamento

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Pluviometro semplice



- Altezza di precipitazione:
 $h=V/S$

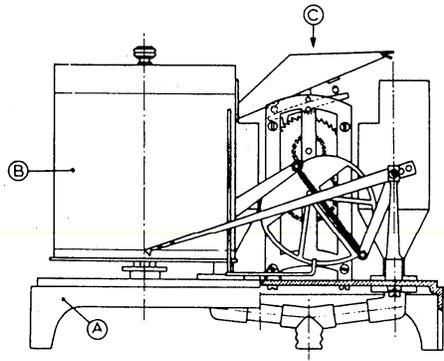
$$S=35.7^2 \pi / 4 = 1000 \text{ cm}^2$$

$$\text{Esempio: } V= .5 \text{ dm}^3=500 \text{ cm}^3$$

$$h=.5 \text{ cm}= 5 \text{ mm}$$

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Pluviografo



- (A) Socle
- (B) Cylindre enregistreur
- (C) Mécanisme pluviométrique à augets

Fig. 11-10 - Enregistreur de pluviométrie R. 104. A. Cancelliere

- **Intensità di precipitazione:** rapporto tra l'altezza di precipitazione e la durata corrispondente (**es. mm/ora**)
- Il pluviografo consente di registrare l'andamento nel tempo della precipitazione, da cui è possibile calcolare l'intensità
- Due meccanismi:
 - A bascula
 - A galleggiante

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Pluviografo a bascula

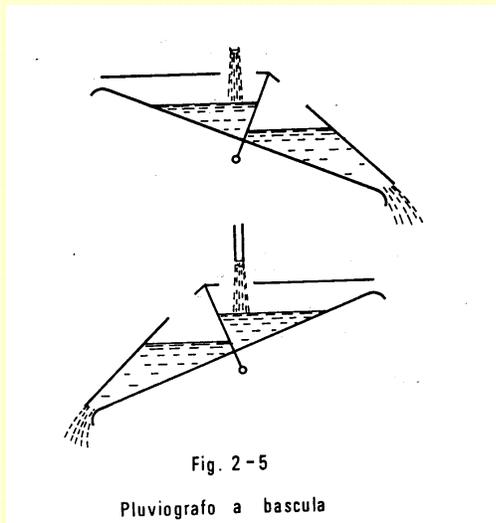


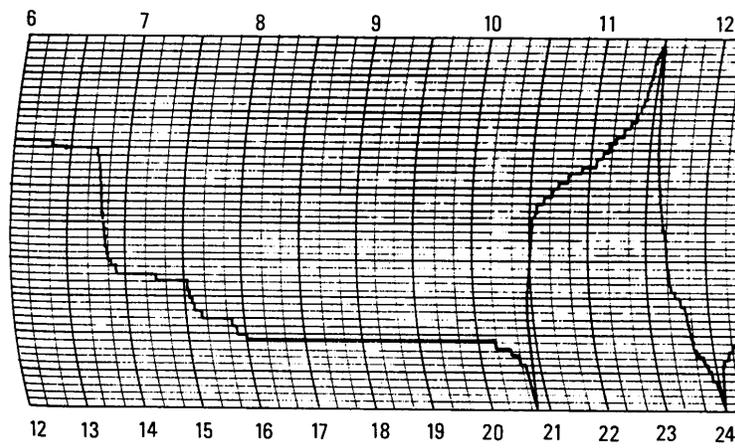
Fig. 2-5

Pluviografo a bascula

- Ad ogni inversione delle vaschette basculanti corrisponde un certo volume di precipitazione (e quindi una altezza)
- La registrazione del movimento delle vaschette fornisce l'andamento temporale della precipitazione

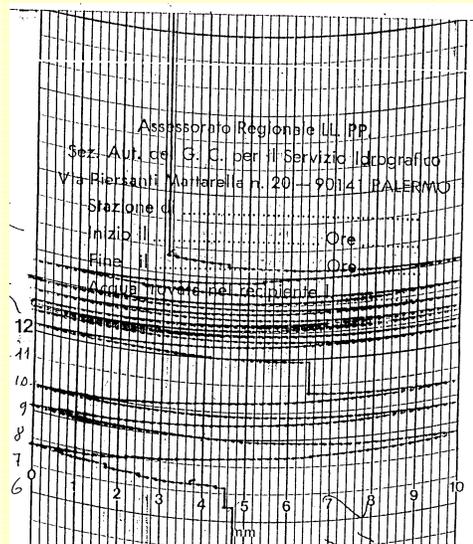
Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Esempio di registrazione di pluviografo a bascula



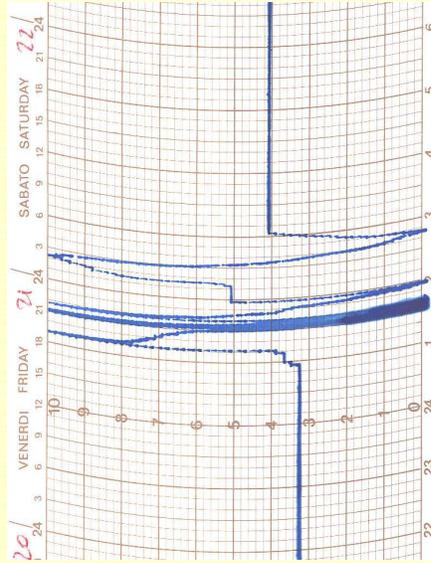
Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Esempio di registrazione di pluviografo a bascula



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Esempio di registrazione di pluviografo a bascula



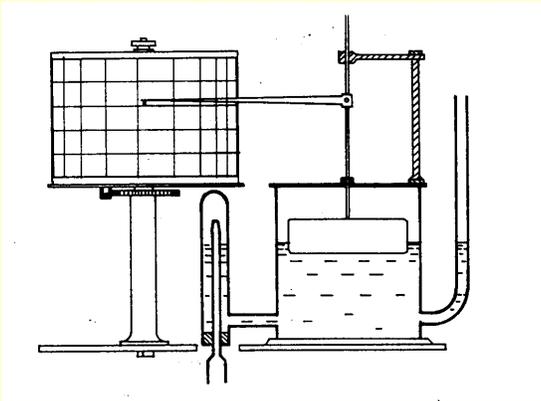
Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

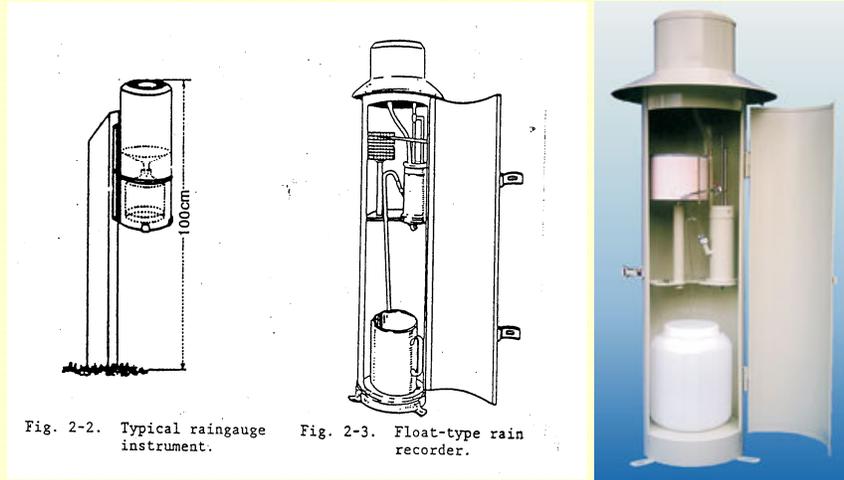


Pluviografo a galleggiante



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Pluviometro a galleggiante



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

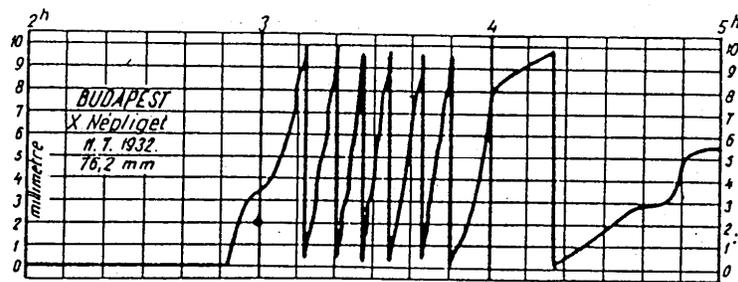


Fig. 2-4. Recorder's chart of rainfall.

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Cause di errori nelle misure di precipitazione

- Effetto del vento che devia la traiettoria delle più piccole gocce d'acqua (effetto splash) riducendo la quantità d'acqua raccolta dal pluviometro rispetto a quella che effettivamente cade al suolo, con una diminuzione variabile tra il 15 e l'80 % del totale in relazione al tipo di evento (Sevruk, 1996);
- Fenomeno del "wetting", cioè dell'acqua trattenuta dalle pareti interne dell'imbuto raccoglitore o del serbatoio di raccolta, con perdite dell'ordine di 0.05 mm per evento (Niemczynowicz, 1986);
- L'evaporazione di una parte dell'acqua raccolta nel serbatoio del pluviometro, con perdite dell'ordine di 0.004 mm/h (Frankhausen, 1986);
- Errori causati da un'insufficiente manutenzione degli strumenti, che può portare ad una riduzione della misura, o addirittura assenza di misura, come nel caso di un'occlusione parziale o totale per accumulo di sporcizia (Pasotti, 1996).

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Centraline in telemisura



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Centraline in telemisura



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

DISDROMETRO



- Il disdrometro è un apparecchio che consente di misurare le dimensioni delle particelle che compongono la precipitazione (pioggia, neve, grandine) nonché le relative velocità
- Esso può quindi essere utilizzato per misurare intensità istantanee di precipitazione

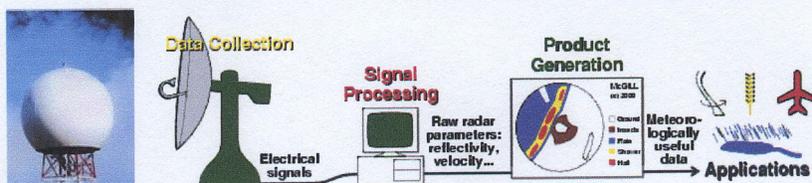
Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

DISDROMETRO



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

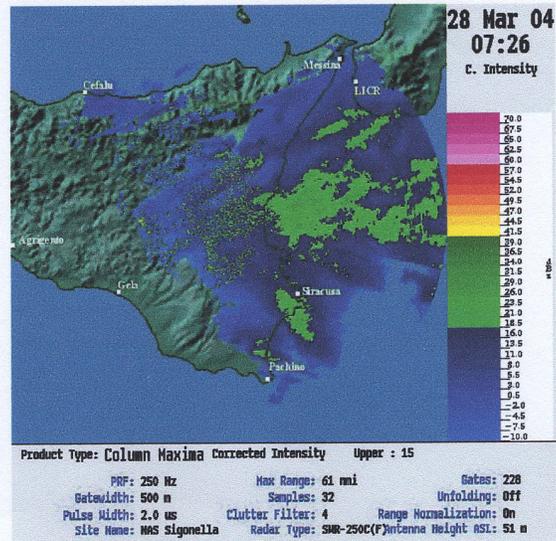
Radar meteorologico



- Il radar meteorologico misura la potenza di un segnale quando esso viene riflesso dalle particelle di acqua contenute nelle nubi
- Il radar consente di misurare indirettamente la precipitazione a terra, con una accurata risoluzione spaziale e temporale

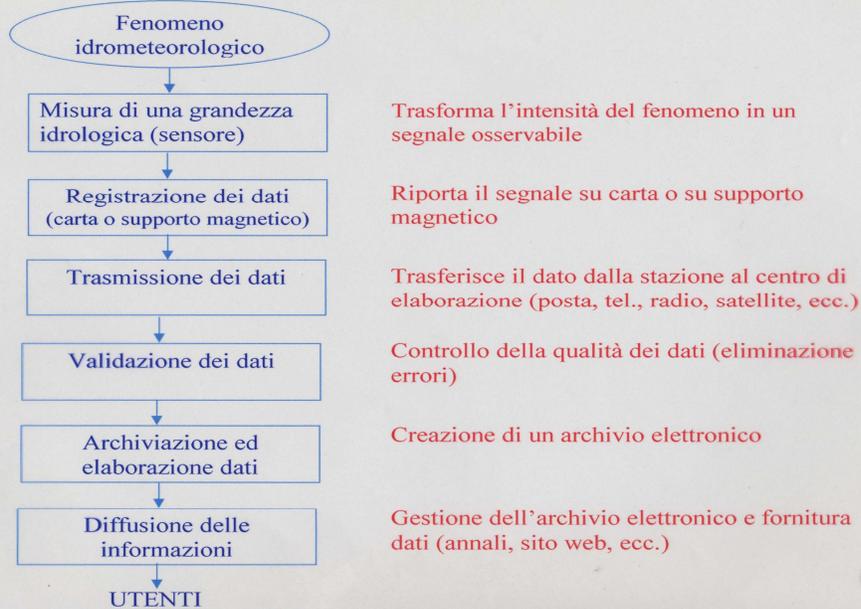
Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Radar meteorologico



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

SISTEMA DI ACQUISIZIONE TRASMISSIONE ARCHIVIAZIONE E DIFFUSIONE DELLE INFORMAZIONI IDROLOGICHE



Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Rete Di Rilevamento Tradizionale

STAZIONE	Strumento a lettura diretta (es. pluviometro, termometro, idrometro)	Strumento registratore meccanico (es. pluviografo, termografo, idrometrografo)
MODALITA' DI ACQUISIZIONE	Lettura dello strumento da parte dell'osservatore	Registrazione grafica su supporto cartaceo
TRASFERIMENTO DATI	Trasferimento delle schede dell'osservatore al centro	Trasferimento dei grafici registrati al centro
VALIDAZIONE ED ELABORAZIONE	Controllo delle osservazioni, prima elaborazione (es. altezza idromportata) Determinazione dei valori delle grandezze di interesse (es. temperatura media giornaliera, precipitazione max di 3 ore, etc.)	Lettura dei grafici, controllo dei dati, prima elaborazione
ARCHIVIAZIONE INFORMAZIONI	Predisposizione tabelle dati validati e calcolo parametri statistici (Inserimento dati in archivio elettronico)	
DIFFUSIONE INFORMAZIONI	Stampa Annali Idrologici e Bollettini. Stesura studi idrologici	

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Rete di rilevamento automatica

STAZIONE	Unità di acquisizione comprendente: - sensori e trasduttori - modulo di registrazione elettronica - unità di elaborazione locale - unità di trasmissione (radio o modem) - alimentazione elettrica (da rete o da pannello fotovoltaico e batteria tampone)
MODALITA' DI ACQUISIZIONE	Registrazione su: - memorie RAM (Random Access Memory) - moduli di memoria EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory) - moduli di memoria EEPROM (Erasable EPROM)
TRASMISSIONE DATI	- Lettura modulo EPROM su calcolatore portatile - Asportazione modulo EPROM e lettura al Centro - Trasmissione: - via radio - via linea telefonica - via satellite
VALIDAZIONE ELABORAZIONE ED ARCHIVIAZIONE	Presso il Centro di controllo: - gestione del sistema di acquisizione - elaborazioni dati - gestione banca dati - restituzione informazioni
DIFFUSIONE INFORMAZIONI	Stampa automatica Annali e bollettini. Interrogazioni degli utenti

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Tipi di trasmissione dati

	Vantaggi	Svantaggi
Linea telefonica dedicata	<ul style="list-style-type: none"> - Costo contenuto di impianto - Buona manutenibilità - Buona affidabilità delle trasmissioni 	<ul style="list-style-type: none"> - Canone di noleggio alto - Spese di allacciamento - Soggetta a fulmini
Linea telefonica commutata	<ul style="list-style-type: none"> - Canoni di noleggio relativamente bassi - Costo contenuto di impianto 	<ul style="list-style-type: none"> - Scarsa affidabilità - Spese di allacciamento - Soggetta a fulmini
Radio UHF	<ul style="list-style-type: none"> - Assenza di canoni di noleggio - Continuità di funzionamento - Totale indipendenza dalle reti fisse - Collegamenti alternativi 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo di impianto elevato - Necessità di più frequenze per garantire la trasmissione - Scarsa disponibilità di frequenza
Satellite	<ul style="list-style-type: none"> - Assoluta affidabilità della trasmissione - Basso costo di impianto 	<ul style="list-style-type: none"> - Canone di noleggio molto elevato - Scarsa disponibilità di canali

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Automazione delle reti idrometeorologiche: perché?

- ridurre le perdite di dati dovute a guasti degli strumenti;
- ottenere informazioni più affidabili e tempestive sui processi idrologici;
- ridurre i tempi di attesa delle informazioni idrometeorologiche da parte degli organismi responsabili della pianificazione e dell'esercizio dei sistemi idrici, contribuendo a migliorare i processi decisionali;
- costituire la base per:
 - sistemi di preavviso delle piene
 - rilievo sistematico della qualità delle acque
 - servizio agrometeorologico
 - sistemi di previsione delle siccità
- facilitare una tempestiva attività di studio e ricerca sugli eventi idrometeorologici

Idrologia – Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio – A. Cancelliere

Requisiti di progetto di una rete automatica

1. elevata affidabilità del sistema
 - affidabilità dell'architettura (ridondanza di alcuni componenti)
 - affidabilità degli strumenti di misura
 - affidabilità della rete di trasmissione
2. soluzione aperta all'espansione della rete (n.stazioni e tipi di sensori)
3. ridotta necessità di manutenzione anche in condizioni di esercizio difficili
4. rispetto degli standard nazionali e internazionali per i componenti di acquisizione, trasmissione ed elaborazione
5. interfacce semplici e amichevoli nelle unità locali di acquisizione dati
6. software adatto anche a personale non specializzato
 - per la gestione ordinaria della rete
 - per i cambiamenti nella configurazione della rete
 - per le prime elaborazioni dei dati