

# Idrogramma di piena

## Dia 1

L'idrogramma di piena è un grafico che rappresenta la variazione del livello di un corso d'acqua nel corso del tempo durante un evento di piena. Questo grafico è utile per analizzare e comprendere il comportamento idraulico di un corso d'acqua durante periodi di maggiore portata d'acqua, come durante una pioggia intensa o lo scioglimento della neve.

L'asse delle ascisse dell'idrogramma di piena rappresenta il tempo, mentre l'asse delle ordinate rappresenta la portata d'acqua (cioè la quantità di acqua che attraversa il corso d'acqua in un dato momento). Durante un evento di piena, la portata d'acqua può aumentare notevolmente, e l'idrogramma mostra come questa variazione si verifica nel corso del tempo.

Gli idrogrammi di piena sono utilizzati nella gestione delle risorse idriche, nella progettazione di infrastrutture idrauliche e nella valutazione del rischio di inondazioni. Analizzando l'idrogramma, gli esperti possono prevedere e gestire meglio il flusso d'acqua durante le condizioni di piena, riducendo così i rischi di danni alle persone e alle proprietà.

## Dia 2

La pericolosità idraulica in Italia si riferisce alla valutazione del rischio di eventi idrologici e idraulici che possono causare danni alle persone, alle proprietà e all'ambiente. Questi eventi possono includere piogge intense, inondazioni fluviali, colate detritiche, mareggiate e altri fenomeni legati all'acqua. La pericolosità idraulica è un concetto fondamentale nella gestione del rischio idrogeologico e nella pianificazione del territorio. Alcuni fattori che contribuiscono alla pericolosità idraulica in Italia includono:

1. **Topografia:** L'Italia presenta una varietà di ambienti topografici, con montagne, colline e pianure. Le regioni montuose possono essere soggette a frane e colate detritiche, mentre le pianure possono essere a rischio di inondazioni fluviali.
2. **Clima:** Le condizioni climatiche, comprese le precipitazioni intense e le variazioni stagionali, influenzano la pericolosità idraulica. Le forti piogge possono causare inondazioni e aumentare il rischio di colate detritiche.
3. **Rete Idrografica:** La presenza di fiumi, torrenti e laghi contribuisce alla pericolosità idraulica. Le aree vicine ai corsi d'acqua sono più vulnerabili alle inondazioni.
4. **Urbanizzazione:** L'espansione urbana può aumentare la pericolosità idraulica, poiché le aree urbanizzate spesso presentano impermeabilizzazioni del suolo, che influenzano il deflusso delle acque piovane.
5. **Gestione del Territorio:** La pianificazione del territorio, compresa la scelta delle aree per insediamenti residenziali e industriali, può influenzare la pericolosità idraulica. Una cattiva gestione del territorio può aumentare il rischio di danni da eventi idraulici.

Le autorità italiane si impegnano nella valutazione della pericolosità idraulica per sviluppare strategie di prevenzione e mitigazione dei rischi. Ciò può includere la realizzazione di opere di difesa idraulica, piani di emergenza, normative edilizie, e la promozione di buone pratiche di gestione del territorio. La collaborazione tra enti locali, regionali e nazionali è essenziale per affrontare in modo efficace la pericolosità idraulica e proteggere le comunità dalle potenziali minacce legate all'acqua.

## Dia 3

La pluviometria e l'analisi dell'idrogramma di piena sono due aspetti fondamentali nella valutazione delle piene, ovvero degli eventi di aumento del livello dell'acqua in un corso d'acqua dovuto a precipitazioni intense o altri fattori. Vediamo in dettaglio entrambi gli aspetti:

## Pluviometria

La pluviometria è lo studio delle precipitazioni atmosferiche, e il suo ruolo nella valutazione delle piene è cruciale. Questo processo coinvolge la misurazione della quantità di pioggia caduta su una determinata area in un dato periodo di tempo. Alcuni elementi chiave della pluviometria nella valutazione delle piene includono:

1. **Misurazione delle Precipitazioni:** Le stazioni meteorologiche e i pluviometri vengono utilizzati per misurare la quantità di pioggia che cade su un'area specifica.
2. **Durata e Intensità delle Precipitazioni:** È importante valutare la durata e l'intensità delle precipitazioni. Piogge intense o prolungate possono influenzare significativamente il deflusso delle acque e causare piene.
3. **Distribuzione Spaziale delle Precipitazioni:** La distribuzione spaziale delle precipitazioni sull'area di drenaggio di un corso d'acqua può influenzare la risposta idrologica del bacino.
4. **Modello Pluviometrico:** Talvolta vengono utilizzati modelli pluviometrici per stimare la distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni su un bacino.

## Analisi dell'Idrogramma di Piena

L'idrogramma di piena è un grafico che rappresenta la risposta idrologica di un bacino alle precipitazioni. L'analisi di questo grafico fornisce informazioni importanti sulla dinamica del flusso d'acqua durante un evento di piena. Alcuni aspetti chiave dell'analisi dell'idrogramma di piena includono:

1. **Definizione dell'Idrogramma:** L'idrogramma mostra la variazione della portata del fiume nel tempo in risposta alle precipitazioni. La fase di salita rappresenta l'incremento della portata, mentre la fase di discesa mostra il ritorno alla normalità.
2. **Punto di Picco:** Il punto di picco dell'idrogramma indica il massimo flusso d'acqua durante l'evento di piena.
3. **Tempo di Concentrazione:** Il tempo di concentrazione rappresenta il tempo necessario affinché l'acqua piovana raggiunga il punto più basso del bacino. Questo è un parametro importante nella valutazione del picco di piena.
4. **Forma dell'Idrogramma:** La forma dell'idrogramma può fornire indicazioni sulla risposta idrologica del bacino. Ad esempio, una risposta rapida può indicare terreni impermeabili o un sistema di drenaggio inefficiente.
5. **Curve di Restituzione:** L'analisi può coinvolgere la creazione di curve di restituzione, che mostrano la relazione tra intensità di precipitazione e picco di piena.

L'integrazione della pluviometria con l'analisi dell'idrogramma di piena consente di comprendere meglio i meccanismi di formazione delle piene e di sviluppare strategie di gestione e prevenzione più efficaci. Queste informazioni sono cruciali per la progettazione di infrastrutture idrauliche e la pianificazione del territorio in modo da ridurre al minimo i rischi associati alle piene.

## Dia 4

Andamento tipico di un idrogramma di piena

## Dia 5

Idrogramma di piena verso fasce PAI (A e B) per il fiume PO a Piacenza.

## Dia 6

Foto della Centralina per la misurazione automatica del livello del fiume Po sul ponte della via Emilia a Piacenza

La centralina per la misurazione automatica del livello del fiume Po, funzionante a onde radio e con una frequenza di misurazione ogni 5 minuti durante la piena, svolge un ruolo cruciale nel monitoraggio idrologico. Questo tipo di strumentazione è utilizzato per raccogliere dati in tempo reale sul livello dell'acqua del fiume, consentendo un monitoraggio continuo e una risposta rapida a situazioni di emergenza. Ecco alcuni aspetti chiave della centralina:

1. **Sensore di Livello dell'Acqua:** La centralina è dotata di un sensore accurato per misurare il livello dell'acqua del fiume Po. I sensori possono variare, ma spesso sono basati su tecnologie come ultrasuoni, pressione o radar.
2. **Comunicazione Onde Radio:** Il sistema utilizza onde radio per trasmettere i dati misurati in tempo reale. Questo permette di evitare la necessità di cavi fisici che collegano il sensore ad una postazione centrale e consente una maggiore flessibilità nella posizione della centralina.
3. **Frequenza di Misurazione:** La centralina effettua misurazioni automatiche del livello del fiume ogni 5 minuti durante i periodi di piena. Questa frequenza elevata consente un monitoraggio dettagliato delle variazioni del livello dell'acqua nel corso del tempo.
4. **Trasmissione dei Dati:** I dati misurati vengono trasmessi attraverso il sistema di comunicazione a onde radio a una stazione di monitoraggio centrale. Questa stazione può essere situata presso un ente gestore o un'autorità idrica responsabile.
5. **Monitoraggio Remoto:** Gli operatori possono accedere ai dati in tempo reale da remoto per monitorare la situazione e rispondere prontamente a cambiamenti significativi nel livello del fiume.
6. **Allarmi Automatici:** La centralina può essere programmata per inviare allarmi automatici in caso di superamento di soglie critiche di livello dell'acqua. Questo consente una risposta tempestiva per affrontare potenziali situazioni di emergenza, come inondazioni imminenti.
7. **Manutenzione e Calibrazione:** La centralina richiede periodiche attività di manutenzione e calibrazione per garantire la precisione continua delle misurazioni nel tempo.

Questo tipo di infrastruttura è essenziale per la gestione delle risorse idriche e la prevenzione delle inondazioni, consentendo un monitoraggio accurato e una risposta rapida agli eventi idrologici.

## Dia 7

---

Un'asta idrometrica, anche chiamata livellometro o livellante, è uno strumento utilizzato per misurare il livello dell'acqua in un corso d'acqua, come un fiume, un lago o un canale. Questo strumento è particolarmente utile per monitorare le variazioni del livello dell'acqua nel tempo e è spesso impiegato in attività di monitoraggio idrologico, previsione delle piene e gestione delle risorse idriche.

Ecco alcuni dettagli chiave sull'asta idrometrica e come funziona:

1. **Struttura:** Un'asta idrometrica è di solito costituita da un supporto verticale fisso, spesso ancorato al letto del corso d'acqua o su una struttura circostante. Su questa struttura è montata un'asta graduata o un sistema simile, che può essere letto per determinare il livello dell'acqua.
2. **Graduazione:** L'asta è graduata in unità di misura, come centimetri o metri, e mostra la distanza verticale dal punto di riferimento fino al livello dell'acqua. La graduazione può essere continua o discreta, a seconda del tipo di asta utilizzata.
3. **Punto di Riferimento:** L'asta idrometrica ha un punto di riferimento, che di solito corrisponde a un livello noto o a un punto fisso. Il livello dell'acqua viene quindi letto rispetto a questo punto di riferimento.
4. **Lettura Manuale o Automatizzata:** Le letture del livello dell'acqua possono essere effettuate manualmente, osservando direttamente l'asta, o possono essere automatizzate utilizzando sensori

e sistemi di registrazione dati. Le letture manuali richiedono l'intervento umano, mentre i sistemi automatizzati possono fornire dati in tempo reale.

5. **Applicazioni:** Le aste idrometriche sono ampiamente utilizzate in idrologia e ingegneria idraulica per monitorare il livello dell'acqua in tempo reale. Queste informazioni sono cruciali per la gestione delle risorse idriche, la previsione delle piene, la progettazione di opere idrauliche e il monitoraggio dell'ecosistema fluviale.
6. **Calibrazione:** È importante che le aste idrometriche siano calibrate accuratamente per garantire misurazioni precise e affidabili del livello dell'acqua nel corso d'acqua.

## Dia 8

### L'evento di piena: IDROGRAMMA

**Piena:** corrisponde ad un significativo aumento della portata di un corso d'acqua, dovuto ad un consistente evento di pioggia o allo scioglimento rapido di un manto nevoso, seguito da una diminuzione, generalmente più lenta, e dal ritorno alle condizioni normali.

**Forma caratteristica dell'idrogramma** (corrisponde ad un evento di pioggia all'incirca costante nel tempo ed uniforme nello spazio): **ramo ascendente** (curva di concentrazione): la portata aumenta sempre più rapidamente; **colmo:** si raggiunge il massimo dell'idrogramma; **ramo discendente** o di esaurimento (o di recessione): diminuzione continua, ma progressivamente sempre più lenta della portata.

## Dia 9

L'approccio classico tecnico-ingegneristico e l'approccio moderno tecnico-scientifico sono due approcci distinti nella valutazione delle piene, e ciascuno ha obiettivi specifici e applicazioni differenziate. Vediamo in dettaglio entrambi gli approcci:

### Approccio Classico Tecnico-Ingegneristico:

Obiettivi:

1. **Dimensionamento delle Opere Civili:** Questo approccio si concentra sulla progettazione e dimensionamento di infrastrutture ingegneristiche come dighe, opere di difesa fluviale, reti di drenaggio, opere stradali e altre strutture correlate. L'obiettivo è proteggere le persone e le proprietà dalle piene.
2. **Verifica e Sicurezza delle Opere:** Include la verifica della stabilità e della sicurezza delle opere durante eventi di piena. Gli ingegneri cercano di garantire che le infrastrutture siano in grado di resistere a condizioni idrauliche estreme senza cedere.
3. **Gestione delle Piene:** Coinvolge la gestione attiva delle acque durante eventi di piena attraverso l'apertura e la chiusura di aperture nelle dighe o l'attuazione di misure di controllo del deflusso.

Applicazioni:

1. **Progettazione e Costruzione:** Applicato nella progettazione e nella costruzione di infrastrutture idrauliche come dighe e opere di difesa fluviale.
2. **Ingegneria Civile:** Utilizzato nell'ambito dell'ingegneria civile per la realizzazione di opere idrauliche.
3. **Gestione del Territorio:** Applicato per la gestione delle risorse idriche e la sicurezza idraulica a livello locale e regionale.

### Approccio Moderno Tecnico-Scientifico:

Obiettivi:

1. **Conoscenza del Fenomeno:** Si focalizza sulla comprensione scientifica del fenomeno delle piene, esaminando le cause, gli effetti e la dinamica dei sistemi fluviali durante eventi di piena.
2. **Sviluppo Sostenibile del Territorio:** L'obiettivo è integrare la conoscenza scientifica delle piene nelle decisioni di sviluppo del territorio, in modo da ridurre i rischi e garantire la sostenibilità ambientale.
3. **Studi Ecologici:** Considera gli impatti delle piene sugli ecosistemi fluviali e le strategie per mantenere un equilibrio ecologico.

Applicazioni:

1. **Ricerca Scientifica:** Applicato nella ricerca scientifica per approfondire la comprensione dei fenomeni idrologici e delle piene.
2. **Pianificazione del Territorio:** Utilizzato nella pianificazione del territorio per sviluppare politiche sostenibili che tengano conto dei rischi idrologici.
3. **Gestione delle Risorse Naturali:** Applicato nella gestione sostenibile delle risorse idriche, considerando aspetti ecologici, sociali ed economici.

Entrambi gli approcci sono complementari e spesso vengono integrati per ottenere una gestione completa e sostenibile delle risorse idriche. La combinazione di conoscenze ingegneristiche e scientifiche è essenziale per affrontare le sfide legate alle piene in modo efficace e sostenibile.

## Dia 10

### Smaltimento delle acque meteoriche

Il contributo idrico fornito dalle precipitazioni viene tradizionalmente suddiviso, in ambito tecnico, in due componenti: la prima che contribuisce al deflusso superficiale, la seconda che evapora, oppure si infiltra alimentando il deflusso profondo. L'entità di dette componenti dipende dalle caratteristiche climatiche, del suolo, dalla morfologia superficiale e da altre componenti. Con l'impermeabilizzazione di un'area precedentemente ad uso agricolo, aumenta la portata di picco, aumenta il volume defluito e si accorciano i tempi di corrivazione.

## Dia 11

La permeabilità del suolo è la capacità del terreno di permettere il passaggio dell'acqua attraverso di esso. Questa proprietà è influenzata da vari fattori, tra cui la composizione del suolo. La permeabilità è generalmente classificata in tre categorie principali: terreni permeabili, terreni semi-permeabili e terreni impermeabili. La composizione del suolo gioca un ruolo chiave nella determinazione di queste caratteristiche. Vediamo come la composizione del suolo influisce sulla sua permeabilità:

1. **Tipo di Particelle:**
  - **Suoli Sabbiosi:** I suoli sabbiosi, composti principalmente da particelle di sabbia, sono noti per essere altamente permeabili. Questo è dovuto alla loro struttura granulare che lascia spazi tra le particelle attraverso i quali l'acqua può fluire liberamente.
  - **Suoli Limosi:** I suoli limosi, con particelle di dimensioni intermedie tra sabbia e argilla, possono avere una permeabilità moderata. La presenza di argilla può influenzare la capacità di drenaggio.
  - **Suoli Argillosi:** I suoli argillosi, composti principalmente da particelle di argilla, tendono ad avere bassa permeabilità. La struttura fine delle particelle di argilla riduce lo spazio tra di esse, ostacolando il flusso dell'acqua.
2. **Struttura del Suolo:**

- **Struttura Granulare:** Un suolo con una struttura granulare, con particelle ben separate, solitamente favorisce una maggiore permeabilità.
  - **Struttura Aggregata:** Alcuni suoli possono avere una struttura aggregata che influisce sulla permeabilità. Aggregati più grandi possono favorire un migliore drenaggio.
3. **Contenuto di Materia Organica:**
- **Materia Organica Elevata:** Un alto contenuto di materia organica può migliorare la struttura del suolo, aumentando la sua permeabilità. La materia organica può agire come un agente legante, favorendo la formazione di aggregati.
4. **Contenuto di Acqua:**
- **Contenuto d'Acqua:** La permeabilità del suolo può variare significativamente in funzione del suo contenuto di acqua. Un suolo saturo d'acqua può diventare temporaneamente meno permeabile.
5. **Pressione del Suolo:**
- **Pressione del Suolo:** La pressione del suolo può influenzare temporaneamente la permeabilità, compattando le particelle del suolo e riducendo gli spazi vuoti attraverso i quali l'acqua può fluire.
6. **Strati Impermeabili:**
- **Strati di Argilla Compatta:** La presenza di strati di argilla compatta all'interno di un profilo del suolo può creare barriere impermeabili che influenzano il drenaggio.

È importante notare che la permeabilità del suolo è spesso misurata in termini di tasso di drenaggio o conducibilità idraulica, e varia notevolmente in base a molteplici fattori. Un'analisi dettagliata della composizione del suolo è fondamentale per comprendere la sua permeabilità e per prendere decisioni informate in campo agricolo, ingegneristico e ambientale.

#### **Dia 12**

Nei bacini idrografici naturali il deflusso superficiale è oltremodo variabile, con valori che si attestano attorno al 20%-60% del volume totale di precipitazione. Nel caso di bacini urbani in prevalenza impermeabilizzati, invece, detta percentuale può raggiungere il 90%.

Con l'impermeabilizzazione di un'area precedentemente agricola, aumenta la portata di picco, aumenta il volume defluito e si accorciano i tempi di corrivazione. Il deflusso superficiale costituisce una rilevante sollecitazione per i bacini di drenaggio urbano.

#### **Dia 13**

È necessario mitigare gli impatti negativi che insistono sul ciclo dell'acqua:

impatti sul regime idrico dei corsi d'acqua superficiali causati da immissioni di volumi idrici eccessivi in tempi brevi;

sovraccarico del sistema fognario in caso di piogge intense;

abbassamento della falda freatica dovuto alla impermeabilizzazione del suolo;

impatti sulla qualità delle acque: in caso di sistema fognario misto gli impianti di depurazione non sono in grado di depurare la totalità dei volumi idrici recapitati.

È necessario introdurre il principio dell'invarianza idraulica che sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione programmata dell'uso del suolo in quell'area stessa.

#### **Dia 14- 15 – 16**

## **Esempi di riqualificazione idraulica**

### **Dia 17**

#### COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Quattro componenti influenzano il fenomeno:

- 1.- afflusso diretto (precipitazione che cade su fiumi e laghi);
- 2.- deflusso superficiale (dovuto allo scorrimento dell'acqua piovana verso i bacini di deflusso);
- 3.- deflusso ipodermico (la parte del deflusso sottosuperficiale che scorre per vie parallele al pendio negli orizzonti del suolo poco profondi);
- 4.- deflusso profondo.

### **Dia 18 a 25**

Esempi di deflusso

### **Dia 26**

Separazione delle componenti dell'idrogramma di piena

Nella grande maggioranza dei casi di interesse pratico, si individuano due forme di deflusso molto diverse fra loro: il deflusso di base e il deflusso di pioggia.

- 1.- deflusso di base: tempi molto lunghi di trasferimento (l'acqua si infiltra nel terreno e raggiunge, per percolazione attraverso le falde acquifere, la rete idrografica solo con grande ritardo);
- 2.- deflusso di pioggia: somma di afflusso diretto, deflusso superficiale e, almeno in parte, deflusso ipodermico.

### **Dia 27 a 29**

Esempi di deflusso

---