

Idraulica

Correnti a superficie libera

armando carravetta

Definizione

- Si dicono correnti a superficie libera quelle correnti che defluiscono solo parzialmente confinate da un contenitore, presentando, altresì, parte del contorno a contatto con l'atmosfera.
- Il contenitore è detto alveo.
- Il materiale d'alveo può essere fisso o erodibile



Altre definizioni geometriche

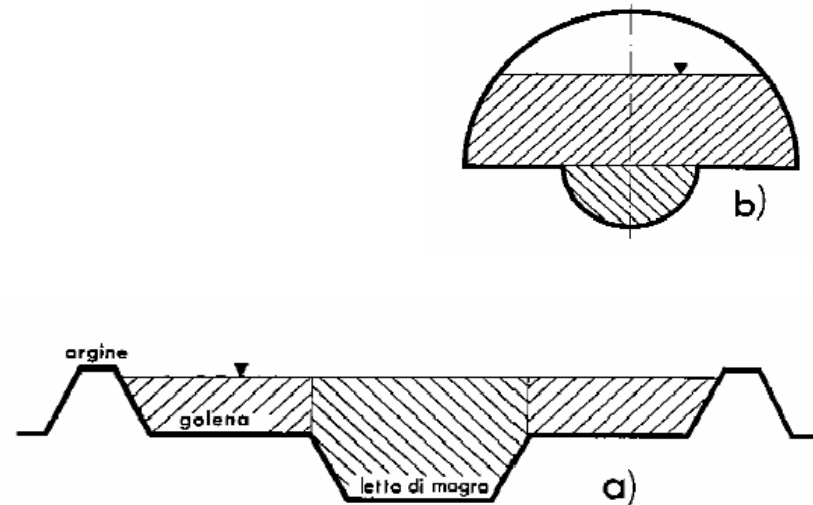
- La sezione trasversale dell'alveo rappresenta la superficie utile per il deflusso
- La corrente può impegnare parzialmente o completamente la sezione dell'alveo, cioè, la sezione idrica è minore o uguale quella d'alveo.
- E' detta linea di fondo dell'alveo la congiungente i punti più depressi di ciascuna sezione dell'alveo
- Per sezione longitudinale o linea d'asse del canale si indica la sezione lungo la linea di fondo
- Infine, è detta pendenza dell'alveo la pendenza della linea di fondo, eventualmente variabile lungo la linea d'asse

Alvei di forma regolare

- Negli alvei a fondo e pareti fisse l'alveo può presentare una sezione trasversale di forma regolare
- Se la sezione trasversale si ripete longitudinalmente per traslazione rigida della sezione lungo l'asse l'alveo è detto cilindrico
- Se la sezione trasversale è costituita da un poligono un alveo cilindrico è detto prismatico
- In un alveo sono possibili cambi di sezione
- Se i cambi di sezione risultano alquanto gradualmente l'alveo è detto gradualmente variato

Alvei di sezione mistilinea

- Gli alvei possono presentare una sezione trasversale di forma irregolare mistilinea
- E' questa una forma comune allorquando sono presenti forti escursioni tra la portata massima e la minima
- Sezioni di tal tipo presentano gli spechi delle fognature e il corso di molti fiumi e canali di bonifica

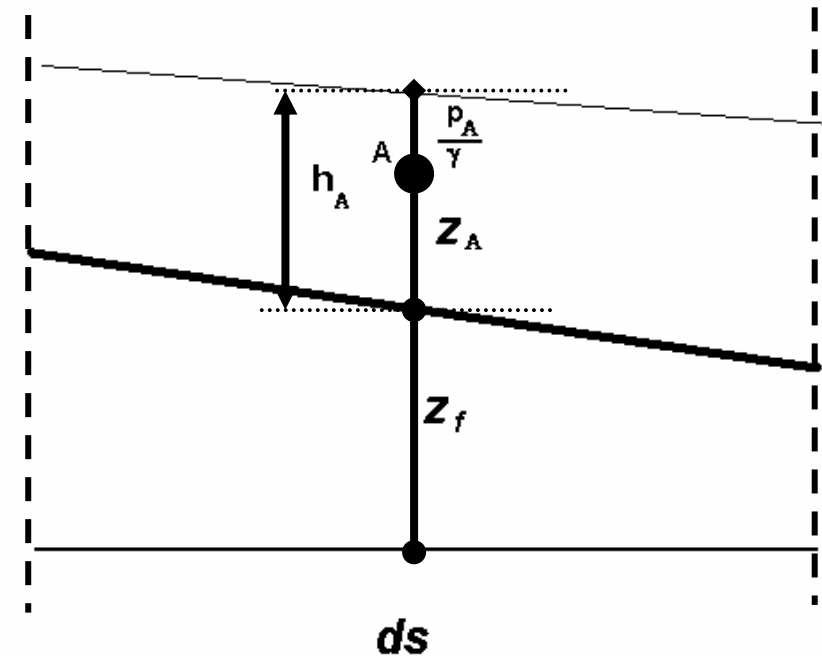


Equazione specifica

- L'equazione di bilancio di energia:

$$\frac{dE}{ds} = -J$$

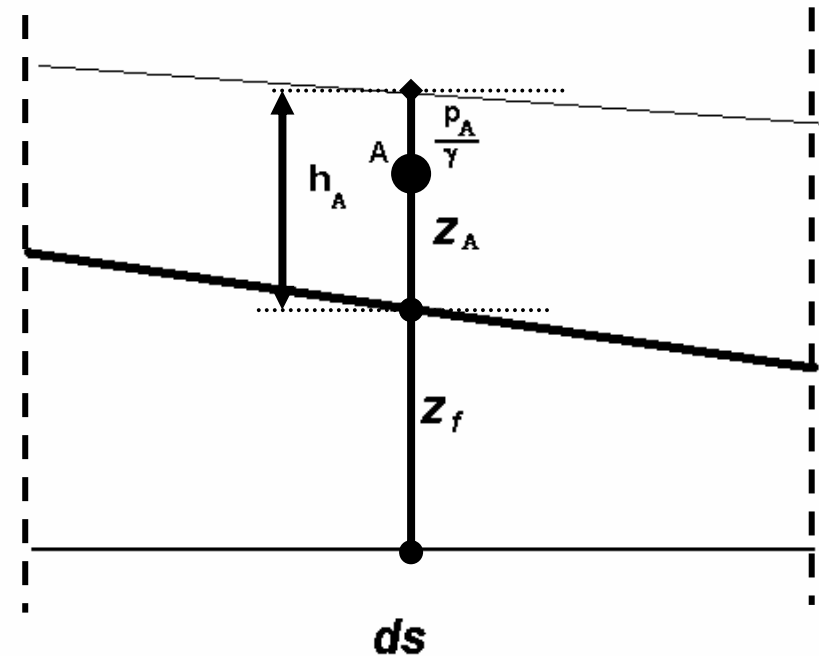
- Può essere espressa introducendo il carico rispetto al fondo



$$H = z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = h_A + \frac{v_A^2}{2g}$$

Segue equazione specifica

- Nell'ipotesi di corrente gradualmente variata e di alveo di piccola pendenza (sezioni idriche piane e verticali) definiamo per la generica sezione della corrente



$$H = h + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

Segue equazione specifica

➤ Da cui:

$$\frac{dE}{ds} = \frac{d\left(z_f + h + \alpha \frac{V^2}{2g}\right)}{ds} = -J$$

$$\frac{dH}{ds} = -\frac{dz_f}{ds} - J$$

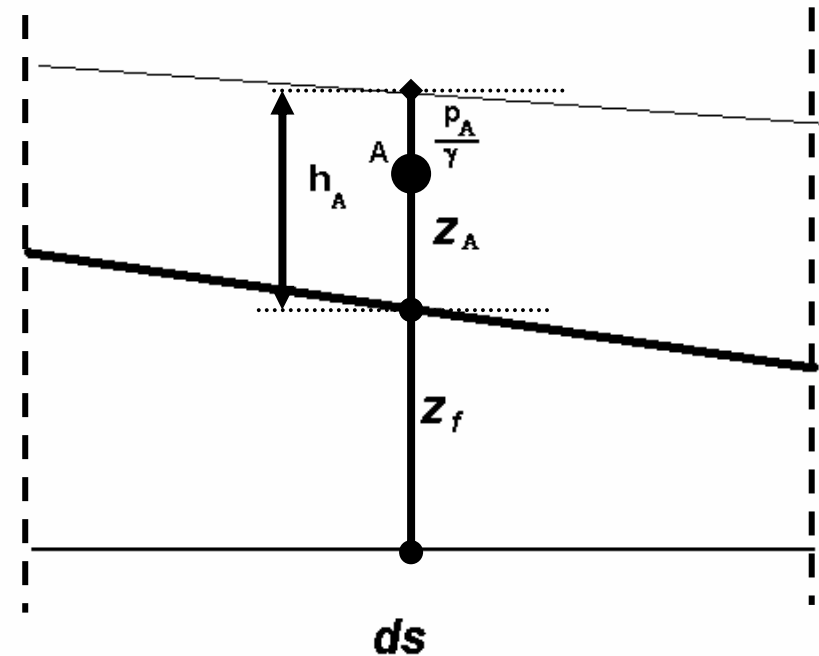
➤ Introducendo

la pendenza
del canale

$$i = -\frac{dz_f}{ds}$$

si ha infine:

$$\frac{dH}{ds} = i - J$$



Variabilità del carico H

- Il carico totale rispetto al fondo del canale

$$H = h + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

- è funzione dell'ascissa lungo il canale attraverso il tirante idrico, la forma della sezione e la portata

$$H = H(h(s), \sigma(s), Q(s))$$

- Per alveo cilindrico a portata costante

$$H = H(h(s), \sigma(h(s)), Q = \text{cost})$$

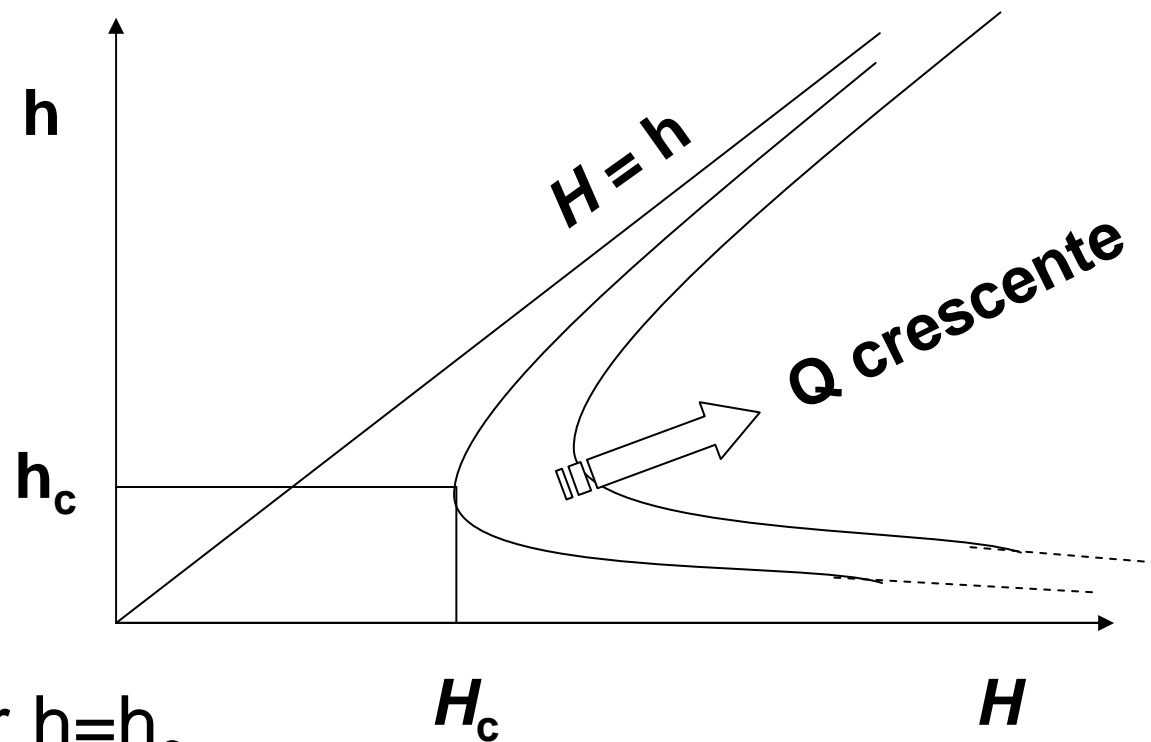
Dipendenza del carico dal tirante

- Per alveo cilindrico a portata costante possiamo esprimere il legame $H(h)$ per assegnata portata e forma della sezione

$$\lim_{h \rightarrow 0} h + \alpha \frac{V^2}{2g} = +\infty$$

$$\lim_{h \rightarrow \infty} h + \alpha \frac{V^2}{2g} = h$$

- Esiste un minimo della funzione $H(h)$ per $h=h_c$

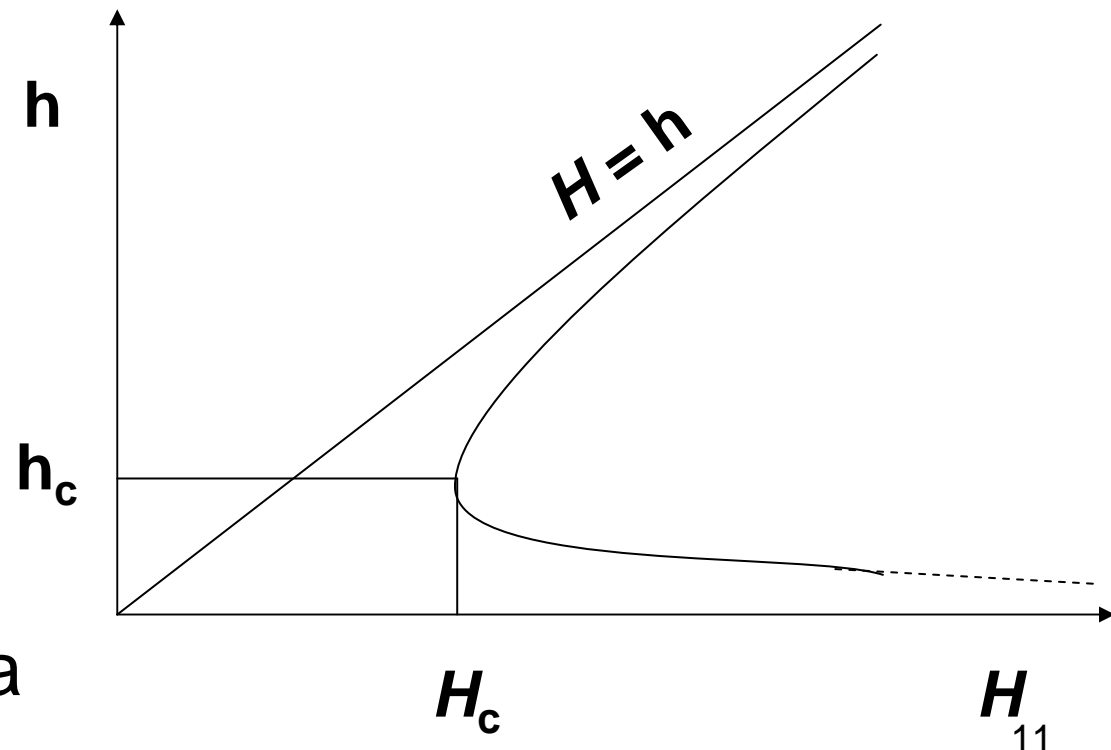


Tirante critico

- Il tirante cui corrisponde per assegnata portata il minimo contenuto di energia è detto tirante critico
- Si ricava da

$$\frac{dH}{dh} = 0$$

- La portata per $h=h_c$ defluisce con velocità detta velocità critica



Numero di Froude

- Il tirante critico può essere calcolato se è nota la forma della sezione

$$\frac{dH}{dh} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dh} = 0$$

- Essendo $l = \frac{dA}{dh}$ la larghezza del canale in superficie

- Introdotta la profondità media $h_m = A/l$ della corrente

- Ed il numero di Froude

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh_m}}$$

- Lo stato critico è espresso da **Fr=1**

Stato critico in canale rettangolare

➤ Per canale rettangolare $l = B$ $A = B h$

➤ La condizione di stato critico impone

$$\frac{V_c}{\sqrt{gh_c}} = 1 \quad \Rightarrow \quad V_c = \sqrt{gh_c}$$

➤ O anche

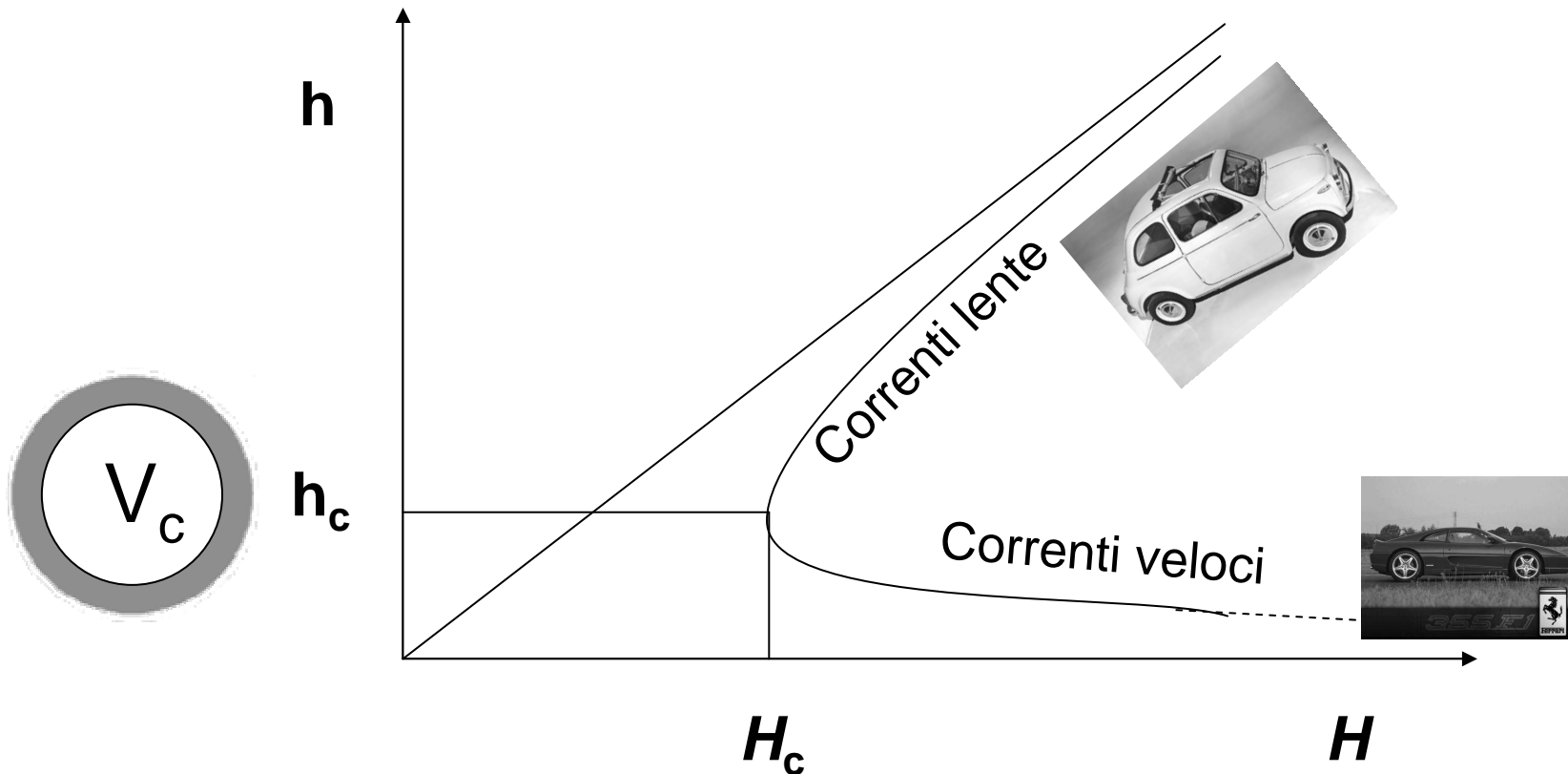
$$\frac{Q}{Bh_c \sqrt{gh_c}} = 1$$

➤ Da cui

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} \quad H_c = \frac{3}{2} h_c$$

Correnti lente e correnti veloci

- Le correnti che possono defluire in un alveo si distinguono in correnti lente o veloci



Equazione del profilo di corrente

- Nello studio delle correnti a superficie libera è fondamentale la determinazione del profilo assunto da tale superficie rispetto alla linea di fondo dell'alveo
- Tale profilo rappresenta la linea che congiunge i tiranti idrici che si realizzano nel canale
- Si può già dire che solo in moto uniforme il profilo di corrente e la linea di fondo risultano parallele
- In tutti gli altri casi nell'alveo si realizza un profilo di rigurgito, con correnti che accelerano (se i tiranti diminuiscono verso valle) o decelerano (se, invece, il tirante aumenta verso valle)

Profili di corrente

- Nell'ipotesi di portata costante ed alveo cilindrico, si parte dalla equazione specifica scritta nella forma:

$$\frac{dH}{dh} \frac{\partial h}{\partial s} = i - J \qquad \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{i - J}{dH/dh}$$

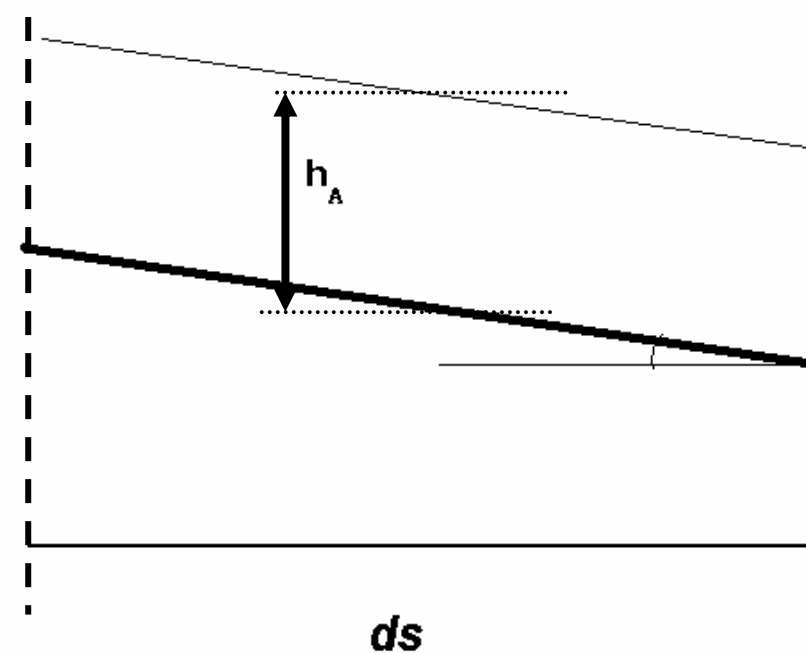
- La precedente equazione è detta equazione del profilo di corrente
- Per valutare se la corrente è accelerata $\partial h/\partial s < 0$ o ritardata $\partial h/\partial s > 0$ occorrerà analizzare i segni del numeratore e del denominatore

Profilo di moto uniforme

- Il moto uniforme può realizzarsi solo in alveo cilindrico a portata costante
- Risultando $h=\text{cost}$, sarà anche $H=\text{cost}$ e di conseguenza risulterà

$$i = J$$

- Per i canali si usano le formule di moto uniforme già introdotte per le condotte in pressione

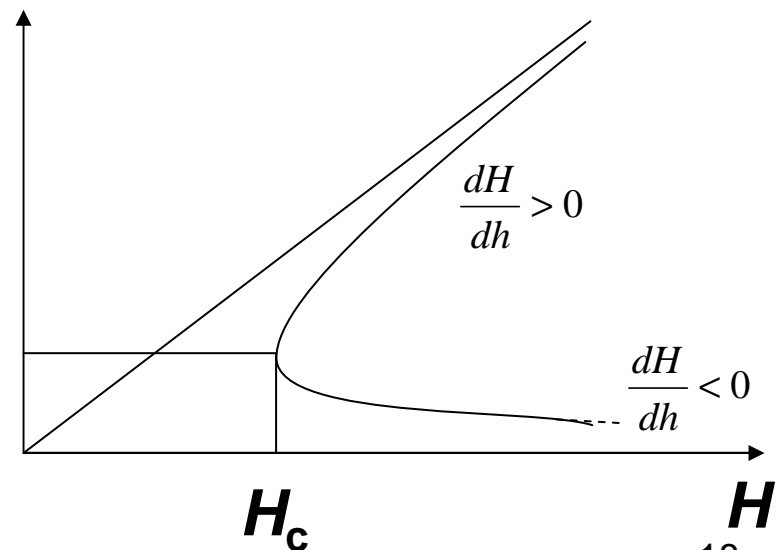
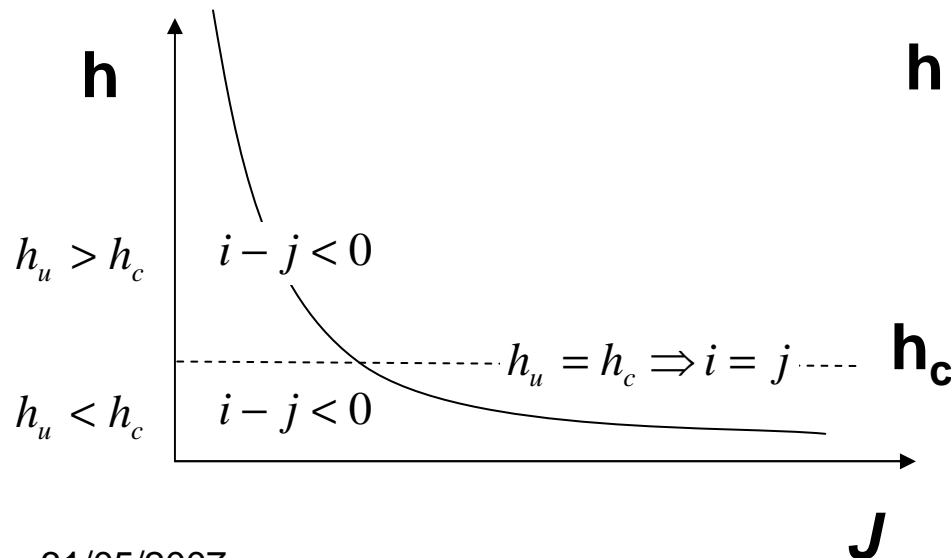


$$i = \frac{V^2}{C^2 R^{4/3}}$$

Profili di rigurgito

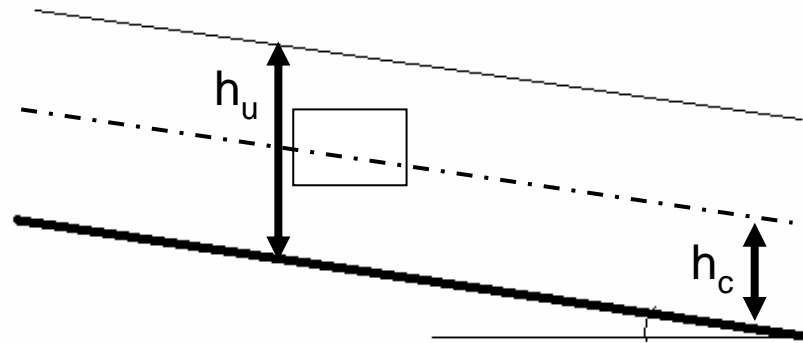
- Si assume di poter valutare il termine J con le stesse formule di moto uniforme anche per gli altri profili di moto permanente
- Cambiamenti di segno si hanno per $h=h_u$ e $h=h_c$
- Va osservato che solo in moto uniforme J coincide con la cadente piezometrica

$$\frac{\partial h}{\partial s} = \frac{i - J}{dH/dh}$$

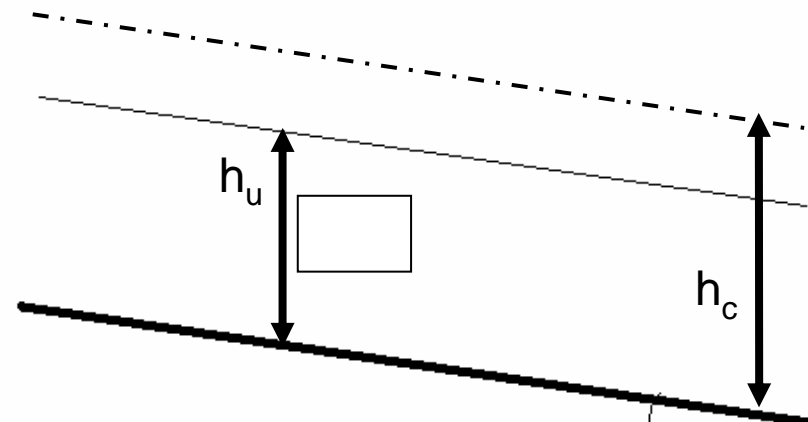


Alvei a forte o debole pendenza

- Sono alvei a debole pendenza quelli in cui $h_u > h_c$
- Sono alvei a forte pendenza quelli in cui $h_u < h_c$
- Sono alvei a pendenza critica quelli in cui $h_u = h_c$



Alveo a debole pendenza



Alveo a forte pendenza

Alveo a debole pendenza

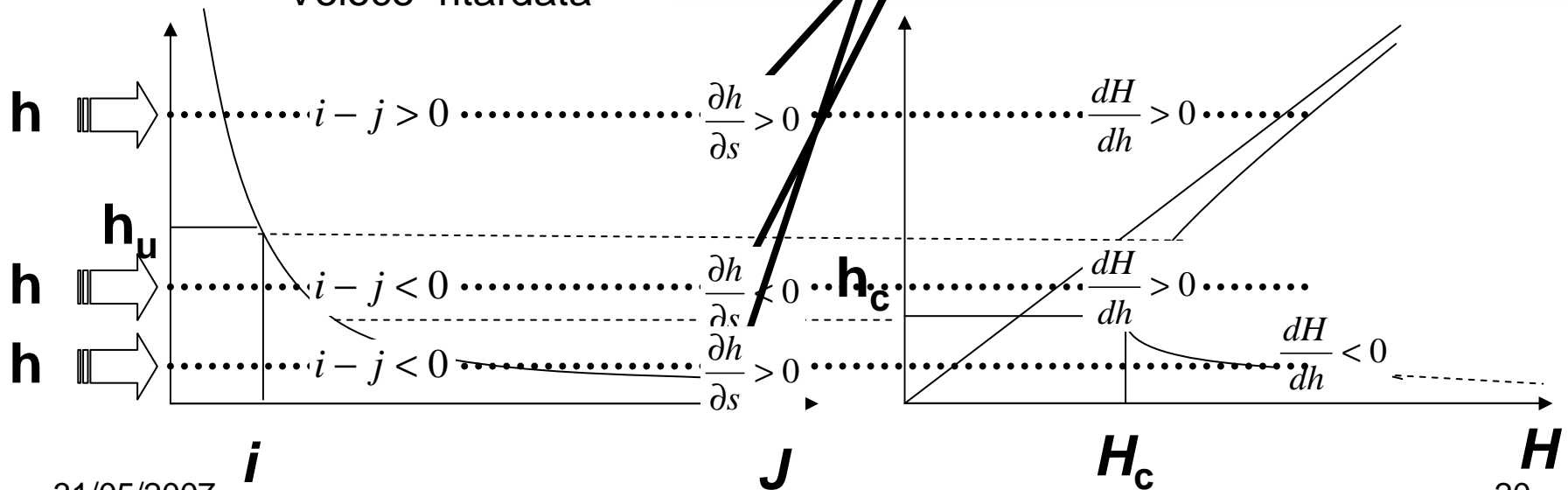
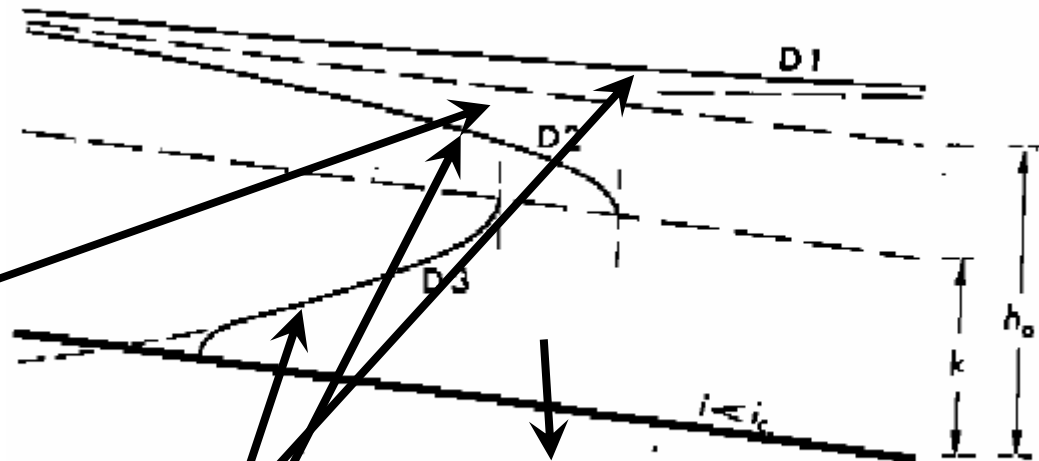
- Negli alvei a debole pendenza esistono tre profili di corrente lenta ed un profilo di corrente veloce

Lenta ritardata

Moto uniforme

Lenta accelerata

Veloce ritardata



Alveo a forte pendenza

- Negli alvei a debole pendenza esistono un profilo di corrente lenta ed tre profili di corrente veloce

Lenta ritardata

Veloce accelerata

Moto uniforme

Veloce ritardata

