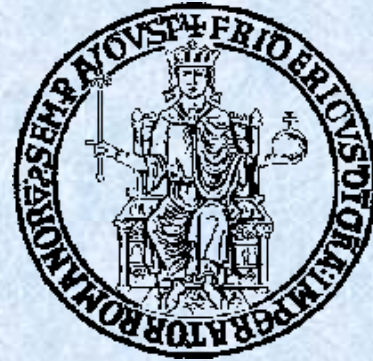


Università degli Studi di Napoli Federico II
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Tesi di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



Transizione da efflusso libero a rigurgitato in uno stramazzo Bazin

Relatore

Candidato

Prof. Ing. Riccardo Martino

Mirko Mennillo N49/506

Introduzione

■ Obiettivo:

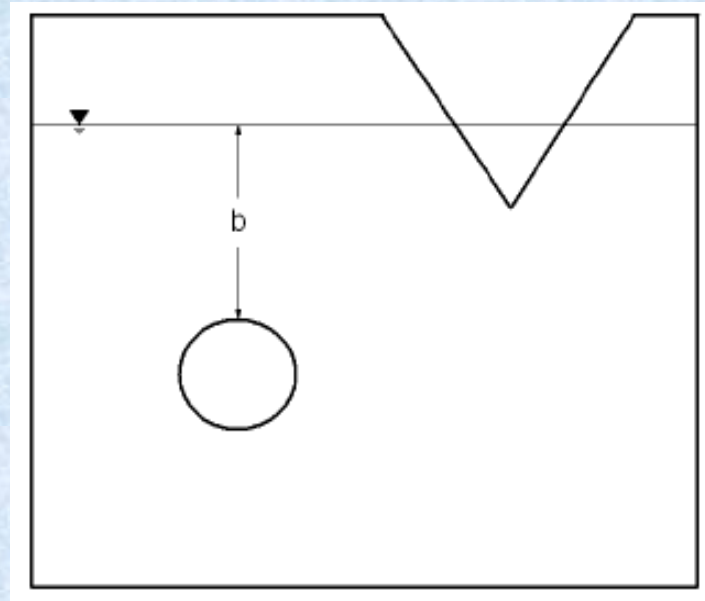
- Transizione efflusso libero – efflusso rigurgitato in uno stramazzo Bazin.
- elaborazioni sui dati sperimentali presenti in un articolo, di Rajaratnam e Azimi, pubblicato sul Journal of Hydraulic Engineering (2016).

Introduzione

- La misurazione della portata d'acqua che scorre in canali aperti è importante in molti aspetti.
- La maggior parte dei metodi di misurazione della portata in canali aperti consiste nell'effettuare un'"ostruzione" nel canale.
- Gli stramazzi sono il metodo più comune per misurare la portata in canali aperti.

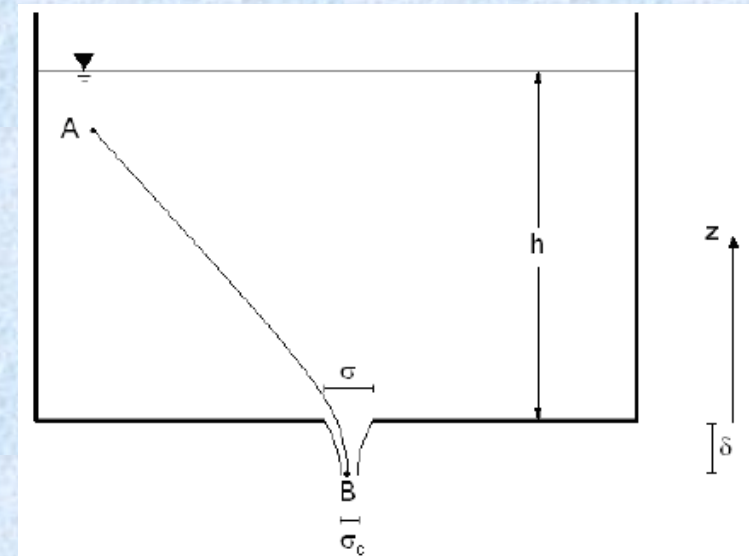
Foronomia

- Studia l'efflusso dell'acqua da fori (detti luci o bocche).
- **Tipologie di luci:**
 - a battente
 - a stramazzo.
- **Si distinguono, inoltre, in:**
 - luci in parete sottile
 - luci in parete grossa.
- **Tipi di efflusso:**
 - libero
 - rigurgitato



Luci a battente

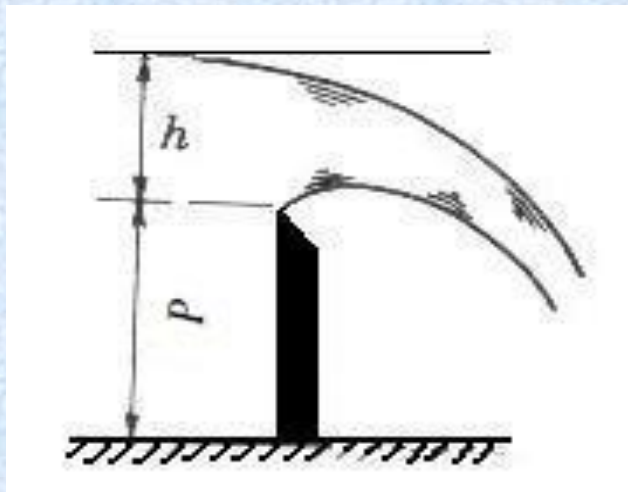
- **Battente:** differenza di quota tra il pelo libero a monte della luce e il punto più elevato del contorno della luce.
- **Carico sulla luce:** differenza di quota tra il piano dei carichi idrostatici relativo e il baricentro della luce.



- Applicazione del teorema di Bernoulli.
- Fenomeno della contrazione della vena effluente → comporta la formazione di una cosiddetta sezione contratta.

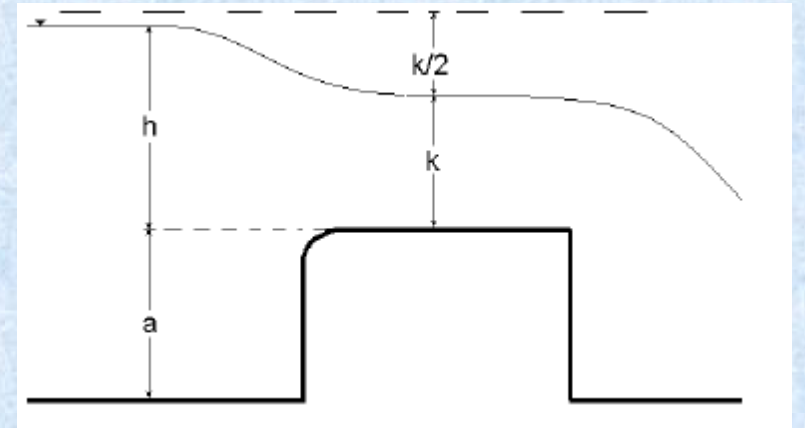
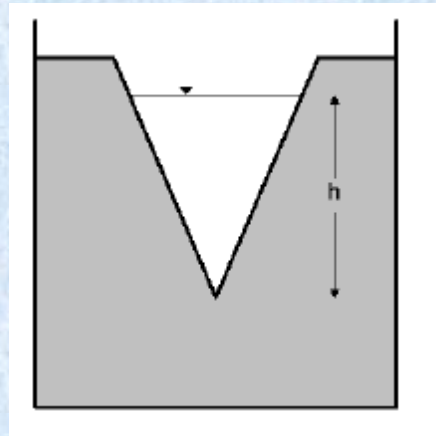
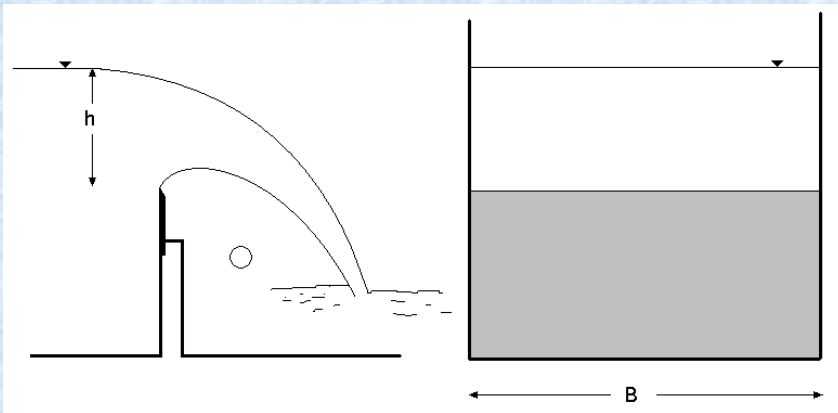
Luci a stramazzo (o stramazzi)

- Impiegati, generalmente, come misuratori di portata.
- Via semi-empirica.
- Fenomeno di chiamata allo sbocco.
- Carico sullo stramazzo: differenza di quota tra il pelo libero nella sezione a monte della chiamata allo sbocco e il punto più elevato dello stramazzo.



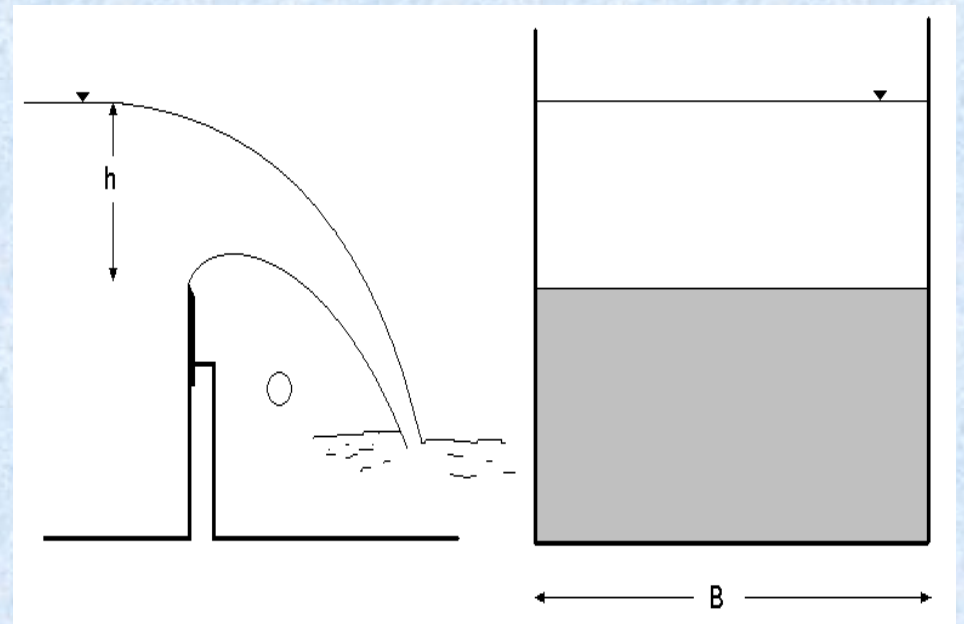
Luci a stramazzo (o stramazzi)

- **Ipotesi usate per la definizione delle leggi dell'efflusso sono:**
 - liquido perfetto
 - moto permanente
- Le leggi d'efflusso ricavate a partire da quelle a battente.
- **Tipi di stramazzo:** Bazin, Thomson, a larga soglia, Cipolletti etc...



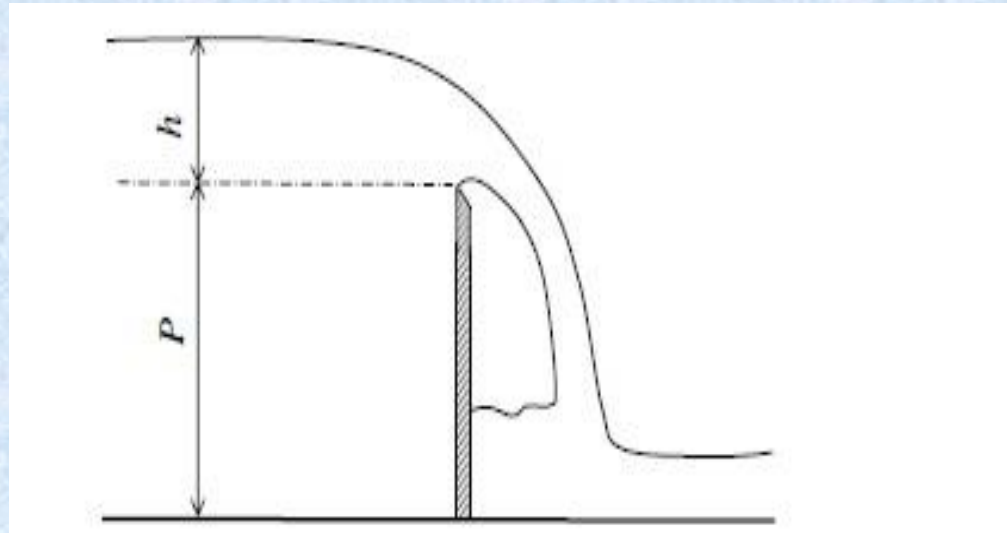
Stramazzo Bazin

- Soglia in muratura sormontata da una lama metallica.
- La larghezza, B , è pari a quella del canale.
- La contrazione avviene solo sul fondo.
- **Problema:** passaggio da «vena depressa» a «vena aderente» per effetto del trascinamento d'aria.
- **Risoluzione:** inserimento di una canna aerofora.



Relazione di efflusso (stramazzo Bazin)

- Legame funzionale tra la portata e il carico sullo stramazzo.
- In condizioni di efflusso libero, la portata effluente dallo stramazzo è governata dal carico h sullo stramazzo e inoltre dall'altezza dello stramazzo P .



Relazione di efflusso (stramazzo Bazin)

- La portata può essere calcolata secondo la relazione di Bazin:

$$Q_{Baz} = 0,415Bh\sqrt{2gh}$$

- O ancora, attraverso la relazione di Rehcock:

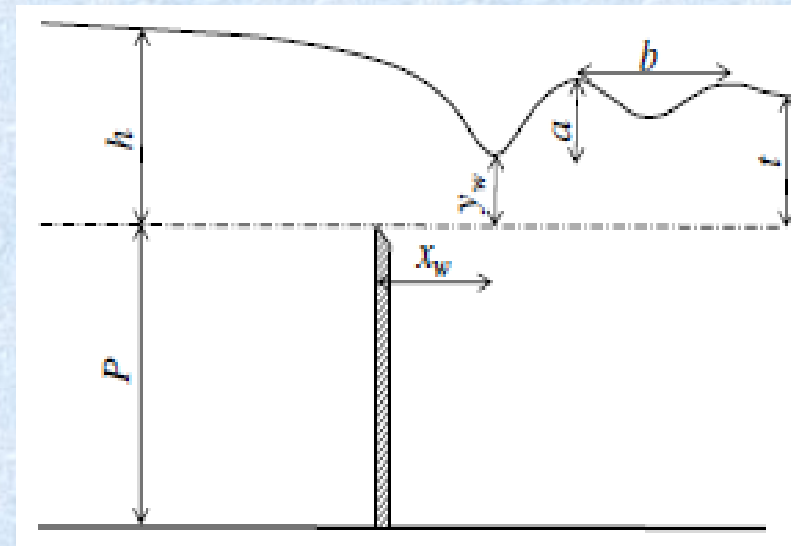
$$Q_{Reb} = \mu Bh\sqrt{2gh}$$

Dove : $\mu = 0,402 + 0,054 \frac{h_e}{P}$ e $h_e = h + 0,0011$

Transizione da efflusso libero a rigurgitato

▪ 2 criteri a confronto per verificare se l'efflusso è rigurgitato:

- Livello di sommersione ($t/h > 0$)
- $t > 2/3h$



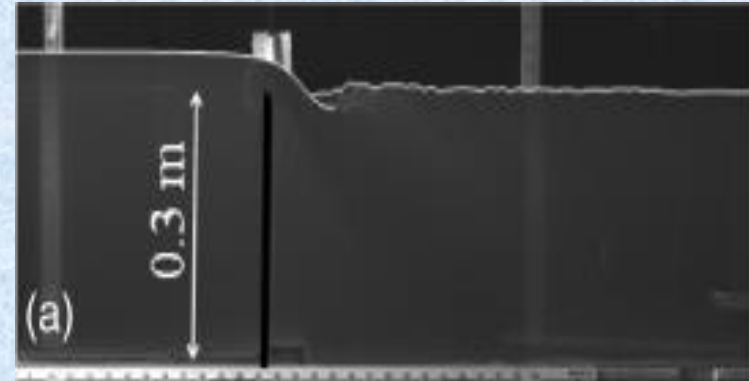
I regimi dell'efflusso rigurgitato

- L'efflusso rigurgitato è stato diviso in quattro regimi:
 - (I) *impinging-jet* (a)
 - (II) *surface jump* (b)
 - (III) *surface wave* (c)
 - (IV) *surface jet* (d).
-
- Dipendenza dal rapporto t/h .

Impinging jet e surface jump

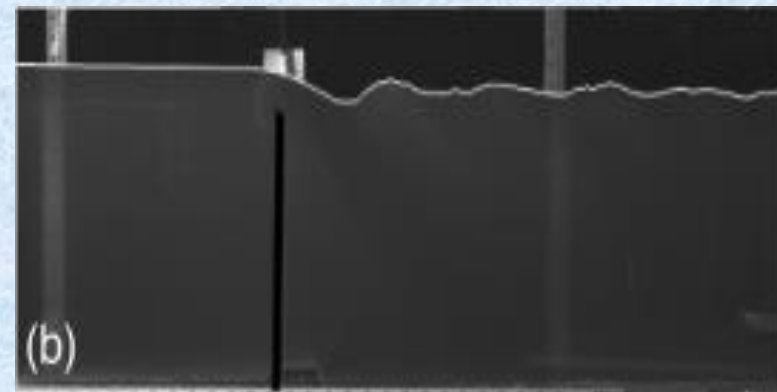
- **Impinging jet (a):**

- Si verifica per basse Q
- $t/h < 0,2$



- **Surface jump (b):**

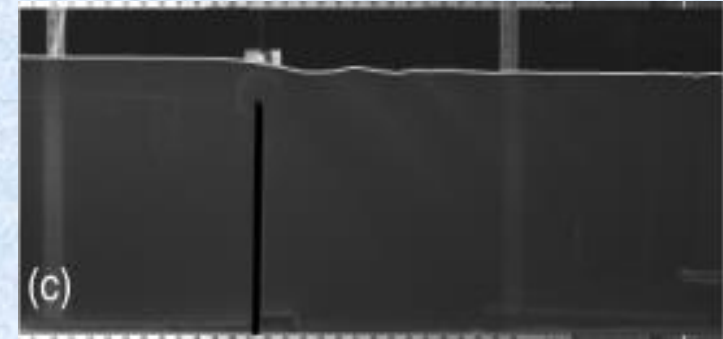
- $0,2 < t/h < 0,48$
- Si sviluppa un salto di superficie



Surface wave e surface jet

■ Surface wave (c):

- Aumentando t/h si crea un'onda superficiale.
- Ampiezza e lunghezza d'onda diminuiscono con t/h .
- $0,48 < t/h < 0,78$.



■ Surface jet (d):

- Dissolversi delle onde superficiali.
- Diminuzione pelo libero con la distanza.
- $t/h > 0,78$.



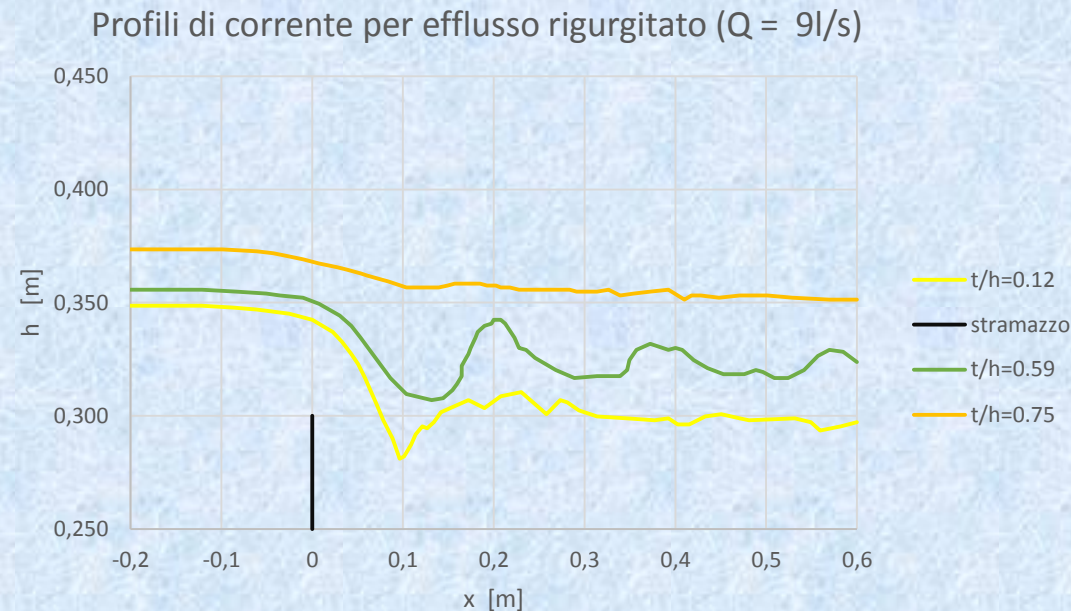
Elaborazione dati sperimentali

■ Canale artificiale:

- forma rettangolare
- pareti in vetro
- lungo 6,75 m
- largo 0,46 m
- alto 0,90 m.

■ Sbarramento: pannello (lastra) di plexiglas con un'altezza di 0,30m.

- 20 dati sperimentali con portate che vanno da 9 a 21 l/s.
- Utilizzo di «Get Data Graph Digitizer» per digitalizzazione.



Elaborazione dati sperimentali

- I risultati ottenuti sono riassunti in tabella:

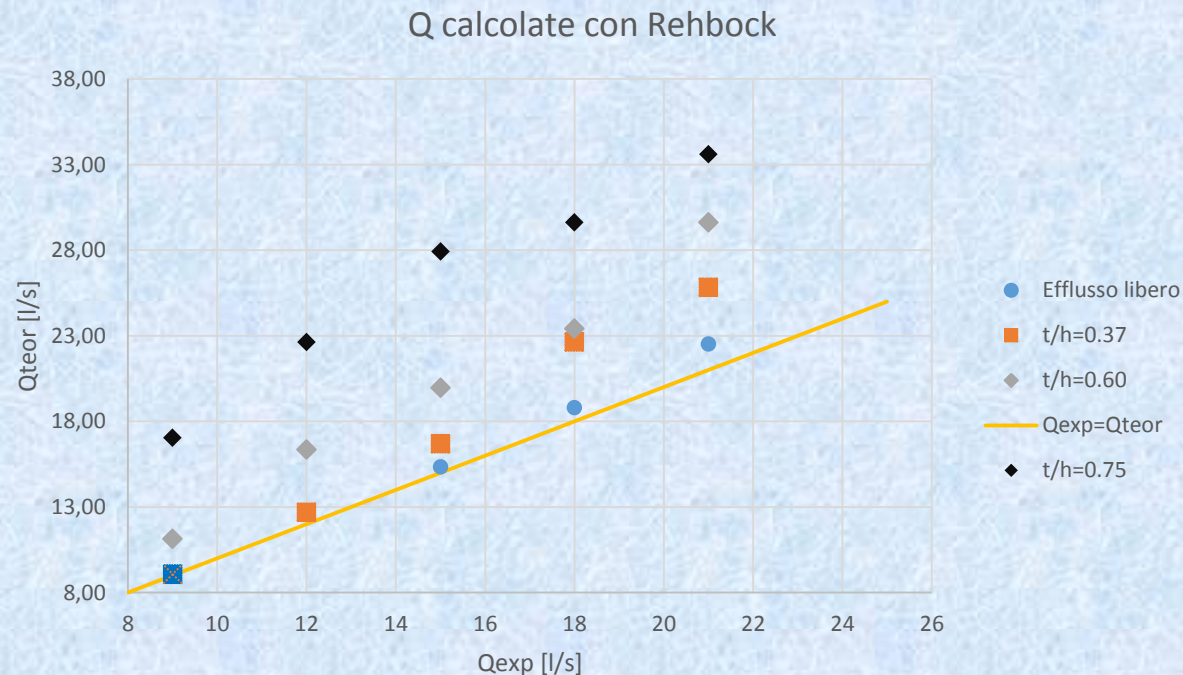
$$Q_{Baz} = 0,415Bh\sqrt{2gh}$$

$$Q_{Reb} = \mu Bh\sqrt{2gh}$$

	Qexp	h	H2	P	t/h	efflusso	Qbaz	h _e	μ	Qreb
	[l/s]	[m]	[m]	[m]			[l/s]	[m]		[l/s]
1.	9	0,049	0,310	0,3	0,12	libero	9,17	0,050	0,411	9,08
2.	9	0,056	0,342	0,3	0,59	rigurg	11,21	0,057	0,412	11,13
3.	9	0,074	0,358	0,3	0,75	rigurg	17,02	0,075	0,416	17,04
4.	12	0,061	0,329	0,3	0,39	libero	12,74	0,062	0,413	12,68
5.	12	0,072	0,352	0,3	0,61	rigurg	16,34	0,073	0,415	16,34
6.	12	0,089	0,369	0,3	0,77	rigurg	22,45	0,090	0,418	22,63
7.	15	0,073	0,328	0,3	0,36	libero	16,68	0,074	0,415	16,69
8.	15	0,082	0,360	0,3	0,64	rigurg	19,86	0,083	0,417	19,95
9.	15	0,102	0,383	0,3	0,78	rigurg	27,55	0,103	0,421	27,91
10.	18	0,089	0,350	0,3	0,37	libero	22,45	0,090	0,418	22,63
11.	18	0,091	0,366	0,3	0,59	rigurg	23,21	0,092	0,419	23,41
12.	18	0,106	0,380	0,3	0,73	rigurg	29,18	0,107	0,421	29,62
13.	21	0,097	0,368	0,3	0,39	rigurg	25,55	0,098	0,420	25,83
14.	21	0,106	0,378	0,3	0,64	rigurg	29,18	0,107	0,421	29,62
15.	21	0,115	0,390	0,3	0,74	rigurg	32,98	0,116	0,423	33,60
16.	9	0,049	0,270	0,3	0	libero	9,08	0,050	0,411	8,99
17.	12	0,061	0,269	0,3	0	libero	12,77	0,062	0,413	12,72
18.	15	0,069	0,278	0,3	0	libero	15,36	0,070	0,415	15,35
19.	18	0,079	0,282	0,3	0	libero	18,74	0,080	0,416	18,80
20.	21	0,089	0,279	0,3	0	libero	22,34	0,090	0,418	22,51

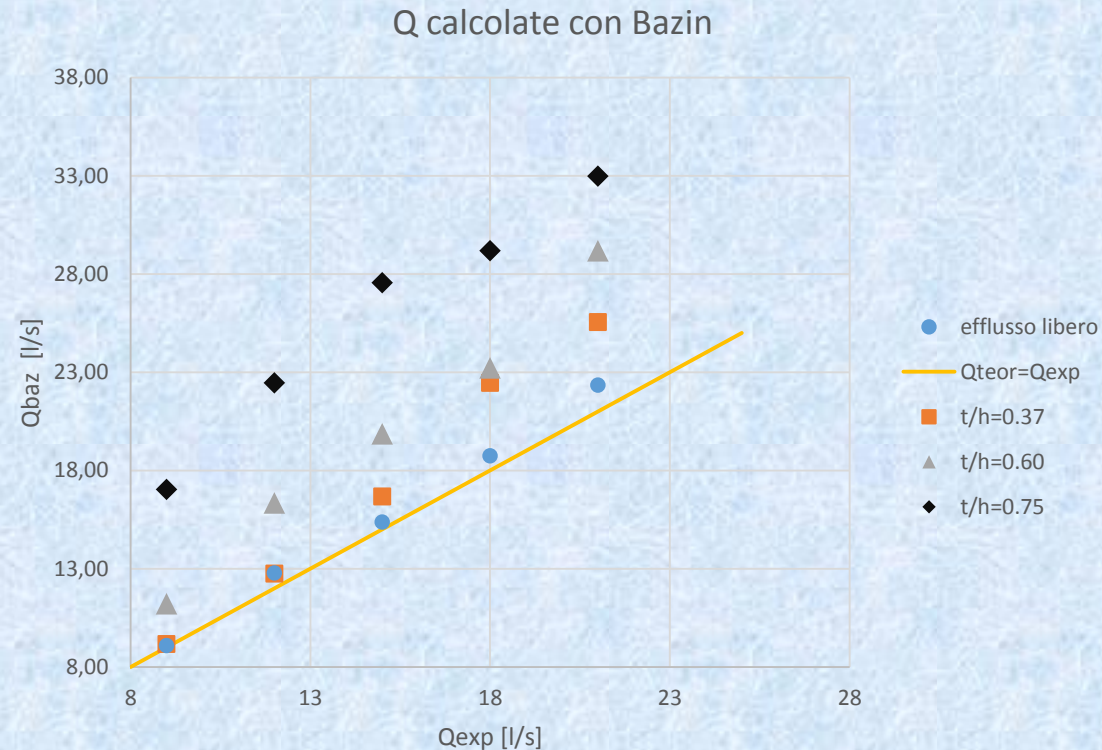
Calcoli con formula di Rehbock

- Confronto tra Q_{exp} (9, 12, 15, 18 e 21 l/s) e Q_{reb} :
- Allineamento, per efflusso libero, delle portate teoriche lungo la bisettrice.
- Discostamento, per efflusso rigurgitato, dalla bisettrice al variare di t/h .



Calcoli con formula di Bazin

- Confronto tra Q_{exp} (9, 12, 15, 18 e 21 l/s) e Q_{baz} :



Bazin contro Rebhock

- Relazione tra Q_{baz} e Q_{reb} .
- Comparabilità delle portate calcolate con le 2 relazioni e concordanza con i dati sperimentali.



Conclusioni

- Studio della transizione da efflusso libero a rigurgitato.
- Osservazione di 4 regimi per l'efflusso rigurgitato.
- Digitalizzazione dei dati sperimentali e successiva elaborazione.

- **2 criteri proposti per stabilire il tipo di efflusso:**

Il primo criterio (basato sul t/h) risulta più restrittivo del secondo.

Le relazioni di efflusso proposte concordano con i dati sperimentali, per quanto riguarda l'efflusso libero.

«La mente è come un paracadute:
funziona solo se si apre»
[A. Einstein]

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**