



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO**

**Tesi di Laurea in  
Idraulica**

*Effetti dell'approssimazione di portata equivalente per una condotta distributrice*

**Relatori:**

Prof. Martino Riccardo  
Prof. Armando Carravetta

**Candidato:**

Tranchini Francesco  
Matr: N49000276

**ANNO ACCADEMICO 2013-2014**

# INTRODUZIONE

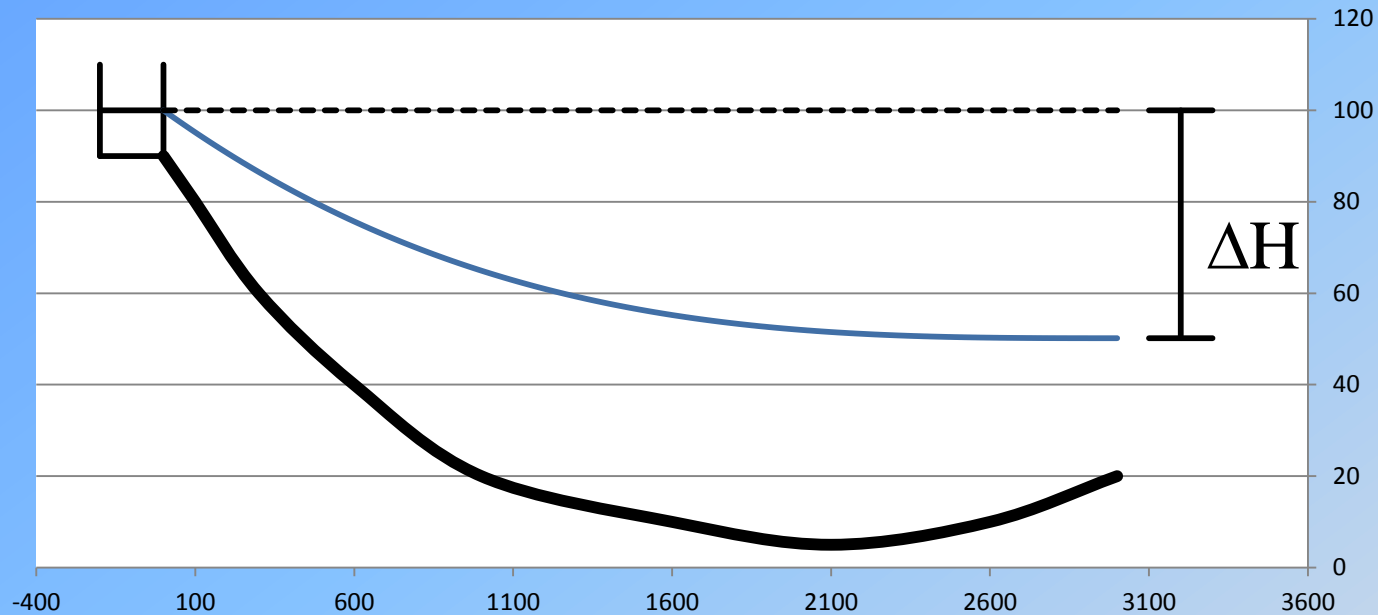
## OBIETTIVO

Calcolo e confronto delle **perdite di carico**, riferite ad una **condotta distributrice**, in regime **turbolento** determinate attraverso **3 metodi**:

- Un **metodo rigoroso**, utilizzando le formule di *Colebrook-White*
- Due **metodi approssimati**, ovvero:
  1. Usando la formula di *Darcy*(per tubi in ghisa)
  2. Utilizzando una *portata equivalente*

Le verifiche sono state eseguite sia per **tubi nuovi** che **usati**

## Definizione perdite di carico



**Le perdite di carico** sono l'energia che si dissipa tra due punti aventi quote piezometriche diverse. Se si considerano velocità modeste del fluido, trascurando l'altezza cinetica, si ha che la *linea dei carichi totali* coincide con la *piezometrica*, che è somma di una *quota geodetica*  $z$  e di una *altezza piezometrica*  $p/\gamma$ . Questi termini esprimono un'energia potenziale ed ecco perché la linea dei carichi è detta anche *linea dell'energia*.

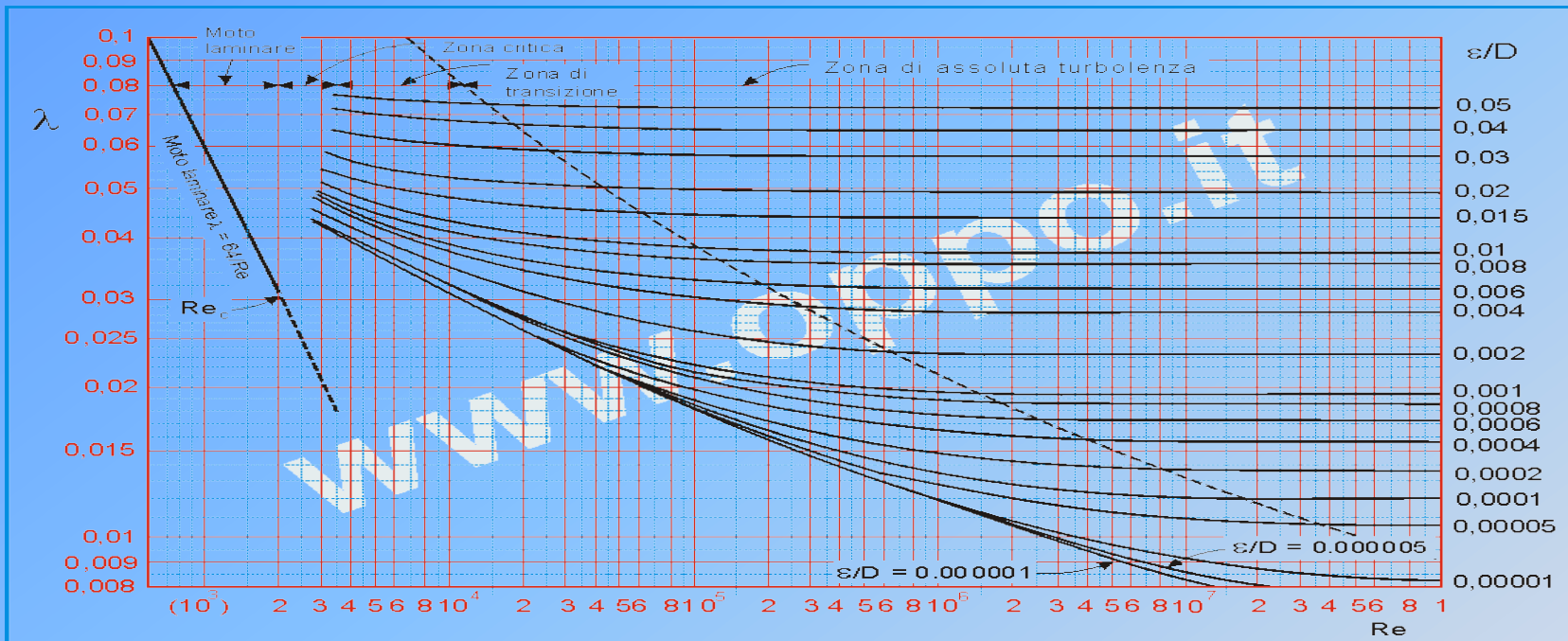
# Problemi relativi a lunghe condotte: Perdite di carico

Le **perdite di carico** possono essere **continue** o **localizzate**. Quelle continue sono quelle che dipendono dalla lunghezza, mentre quelle localizzate si sviluppano in determinate condizioni, ovvero:

- all'imbocco
- allo sbocco
- al cambio di diametro o direzione

Nelle **lunghe condotte** le perdite localizzate sono trascurabili rispetto a quelle continue.

# Abaco di Moody e formula di Colebrook



E' un **grafico a scale logaritmiche** in cui sull'ascissa sono rappresentati i logaritmi decimali di  $Re$  e sull'ordinata quelli di  $\lambda$ . E' suddiviso in **3 zone**, in base al tipo di moto considerato: *moto laminare*; *zona di transizione*; *zona di assoluta turbolenza*. Inoltre, in base alla **scabrezza relativa**, pu' essere suddiviso in una zona per *tubi scabri* ed una per *tubi lisci*. L'utilizzo dell'abaco e' abbinato alla formula sperimentale di **Colebrook-White**:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3,71D} \right)$$

# Formule di resistenza empiriche

Si illustrino qui le principali formule di resistenza utilizzate per il moto uniforme turbolento.

La prima è quella di **Chèzy**:  $J = \frac{v^2}{k^2 R}$

dove  $k$  è un coefficiente di scabrezza determinato sperimentalmente da **Bazin** e **Kutter**.

Un'altra molto utilizzata è quella di **Gauckler-Strickler**:  $J = \frac{v^2}{k_s^2 R^{4/3}}$

Poi c'è quella di **Darcy**:  $J = \beta \frac{Q^2}{D^5}$

e quella di **Darcy-Weisbach**:  $J = \frac{v^2 \lambda}{2gD}$

Un'ultima formula usata spesso nella progettazione di acquedotti esterni è quella di

**Scimemi-Veronese**:

$$J = 0,00145Q^{1,82}D^{-4,71}$$

# Condotte con erogazione uniforme: Portata e cadente piezometrica

Si tratta di sistemi in cui si ha un distribuzione uniforme di **portata per unità di lunghezza** pari a  $q=P/L$  e quindi con una **portata complessivamente distribuita** pari a  $P$ . Ad una generica ascissa  $s$  lungo la condotta, la **portata** viene così determinata:

$$Q(s) = Q_{\text{out}} + \frac{P}{L}(L - s)$$

dove  $Q_{\text{out}}$  rappresenta la portata uscente di valle. La **cadente piezometrica** si definisce generalmente come:  $J(s) = -\frac{dh}{ds}$

Dato che tramite le formule rigorose, in campo turbolento, può essere a volte di difficile determinazione, spesso si preferisce utilizzare la forma approssimata alla Darcy, in quanto questa è valida a rigore solo nella regione di moto assolutamente turbolento:

$$J(s) = \beta \frac{Q(s)^2}{D^5}$$

# Condotte con erogazione uniforme: Calcolo delle perdite di carico con la portata equivalente

Una volta determinata la cadente piezometriche, rimane da valutare la perdita di carico complessiva lungo la condotta:

$$\Delta H = \int_0^L \beta \frac{Q(s)^2}{D^5} ds$$

Sviluppando l'integrale si ricava:

$$\Delta H = \frac{\beta}{D^5} \left[ Q_{\text{out}}^2 L + \frac{P^2}{3} L + Q_{\text{out}} PL \right]$$

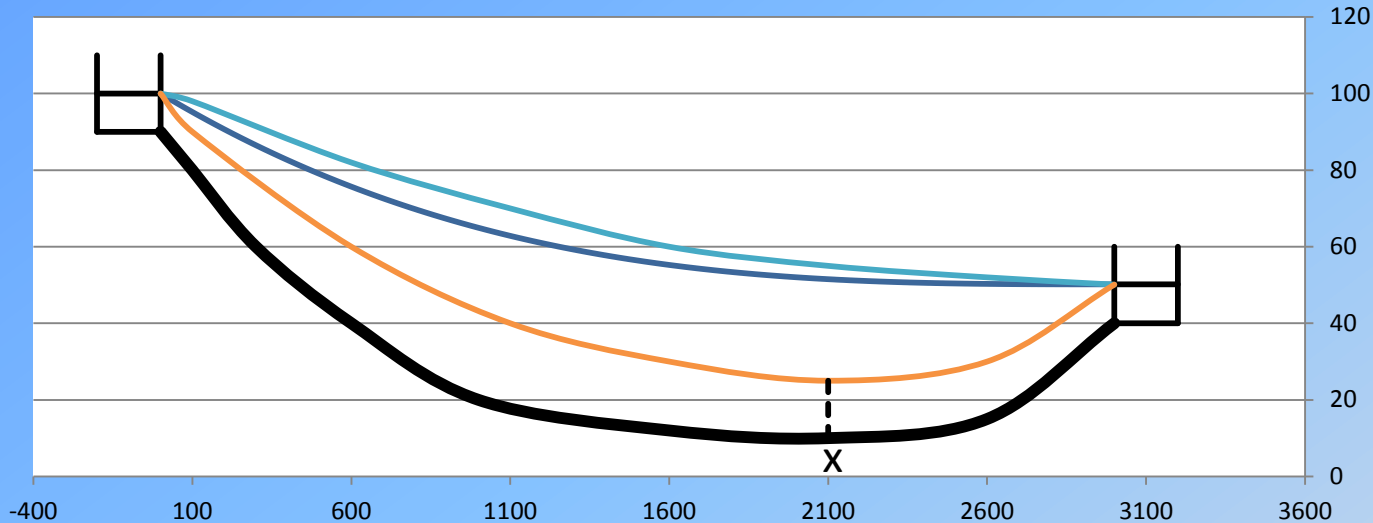
La quantità in parentesi si approssima a:  $\left( Q_{\text{out}} + \frac{P}{\sqrt{3}} \right)^2$

Quindi si definisce la **portata equivalente** come quella che fornisce la stessa perdita di carico complessiva  $\Delta H$ , che si calcolerebbe con una portata non approssimata:

$$Q_{\text{eq}} = Q_{\text{out}} + \frac{P}{\sqrt{3}}$$



# Condotte con erogazione uniforme: Tipologie piezometriche



La piezometrica è quasi sempre rappresentata da un arco di parabola in cui le tangenti in ogni sezione hanno pendenza proprio paria alla  $J$  nel punto. Considerando 2 punti estremi della condotta A e B con quote piezometriche pari ad  $H_A$  e  $H_B$ , si possono verificare **3 casi**:

1.  $H_A > H_B$ : piezometrica a tangente positiva, ovvero A alimenta B
2.  $H_A = H_B$ : piezometrica a tangente nulla, ovvero A alimenta la condotta fino ad un certo punto ma non arriva ad alimentare B
3.  $H_A < H_B$ : piezometrica a tangente negativa, ovvero A alimenta la condotta fino ad un certo punto **x**, detto **punto di morto**, mentre successivamente a quel punto è B ad alimentare la condotta

Nel problema analizzato, si è considerato di trovarsi nel 2° caso.

## Sviluppo problema: Dati in ingresso

I parametri in ingresso sono stati messi tutti in relazione al **numero di abitanti**  $N$  servito dalla condotta. Il range di popolazione studiato è compreso tra i 3000 ed i 7000 abitanti.

E' stata impostata una **dotazione idrica**  $d$  costante per tutti i casi pari a 150 l/ab\*giorno.

E' stata impostata una **velocità massima** di 3m/s. Quindi, si è determinata la **portata**

**media giornaliera** da immettere nella condotta:  $Q_{mg} = \frac{d N}{86400}$

Si è determinata anche una **portata massima**:  $Q_{max} = 1,2Q_{mg}$

Quindi, si è determinata la **portata distribuita** lungo la condotta:  $q = \frac{Q_{mg}}{L}$

in cui la **lunghezza della condotta** è stata posta pari a 3km. Quindi, nei vari casi di

studio, le portate relative sono pari a: 0,0052 m<sup>3</sup>/s per 3000 abitanti; 0,0069 m<sup>3</sup>/s per

4000 abitanti; 0,0087 m<sup>3</sup>/s per 5000 abitanti; 0,010 m<sup>3</sup>/s per 6000 abitanti; 0,012 m<sup>3</sup>/s

per 7000 abitanti.

## Sviluppo problema: Calcolo perdite di carico

Si sono calcolate le perdite di carico lungo la condotta suddividendola in tanti tratti di lunghezza  $ds$  pari a 10m. Con il **metodo rigoroso** si sono calcolate le perdite di carico

come:

$$dH(s) = \frac{\lambda v^2}{2g} ds$$

Con il **metodo approssimato alla Darcy** sono pari a:

$$dH(s) = \beta \frac{Q(s)^2}{D^5} ds$$

Con il **metodo approssimato tramite la portata equivalente** sono pari a:

$$\Delta H(s) = \beta \frac{Q_{eq}^2}{D^5} s$$

dove:

$$Q_{eq} = \frac{qs}{\sqrt{3}}$$

## Sviluppo problema: Determinazione parametri

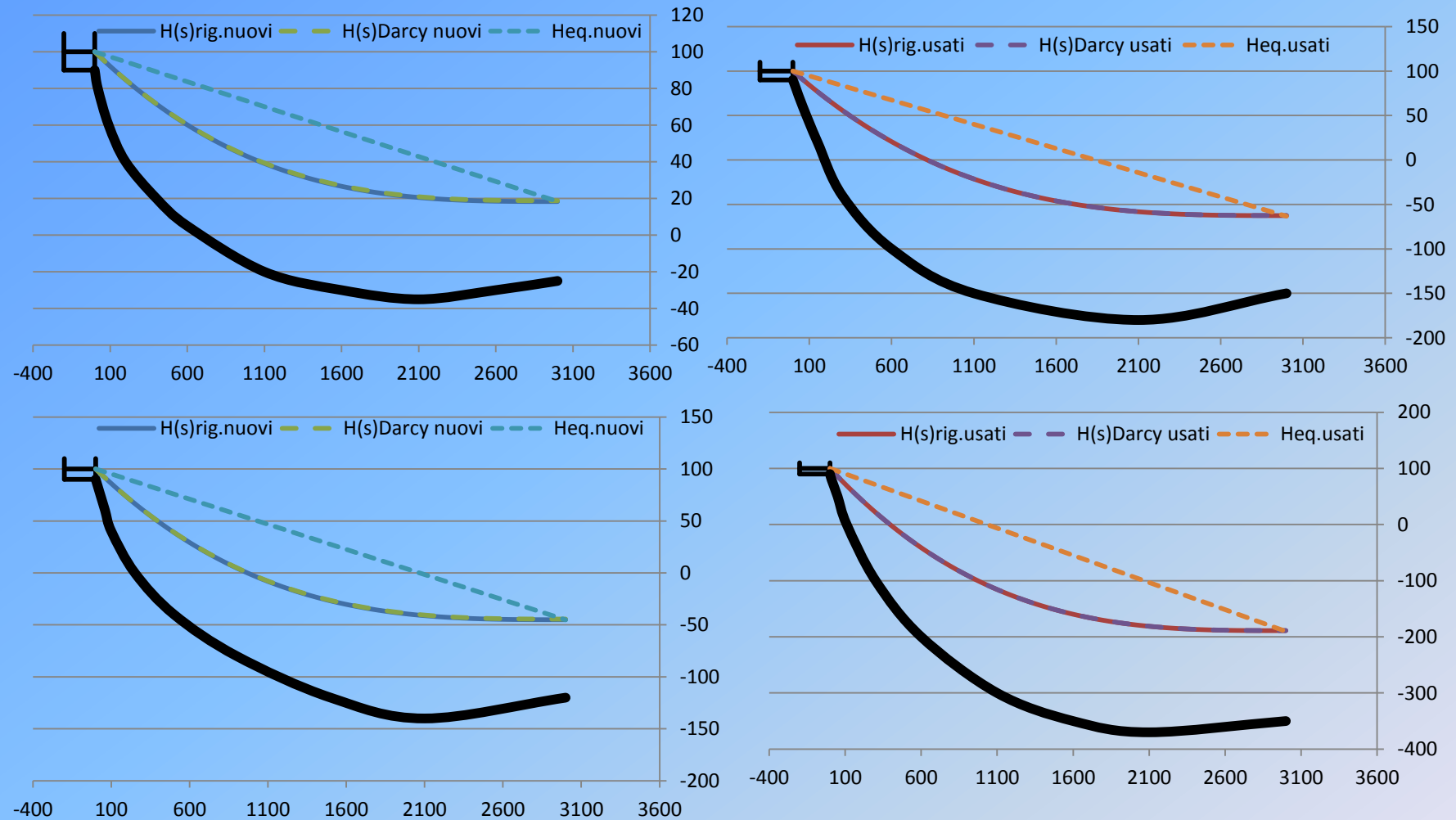
La prima cosa da fare è determinare il **diametro** da utilizzare. Quindi una volta determinata la **sezione** pari a  $\sigma = Q_{\max} / v_{\max}$ , essendo le tubazioni circolari, esso sarà pari a :  $D = \sqrt{\frac{4\sigma}{\pi}}$ . Si può, quindi, determinare il **coefficiente d'invecchiamento**:

$$\beta = 0,00164 + \frac{0,000042}{D}$$

Si è tarato  $\lambda$  in funzione di  $\beta$ , uguagliando le formule di Darcy e Darcy-Weisbach, ricavando:  $\lambda = \frac{\beta g \pi^2}{8}$

Una volta noto  $\lambda$ , si è determinata la **scabrezza**  $\varepsilon$  dalla formula di Colebrook-White per valori di Re molto grandi, tendenti a valori infiniti.

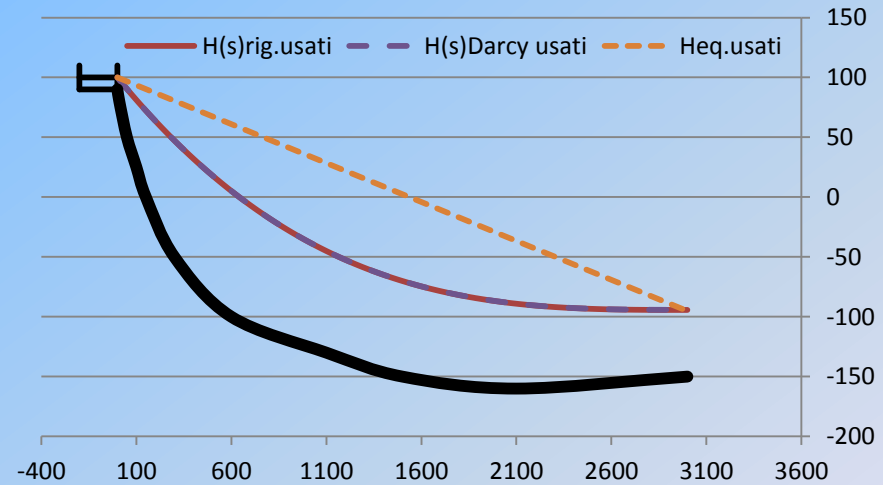
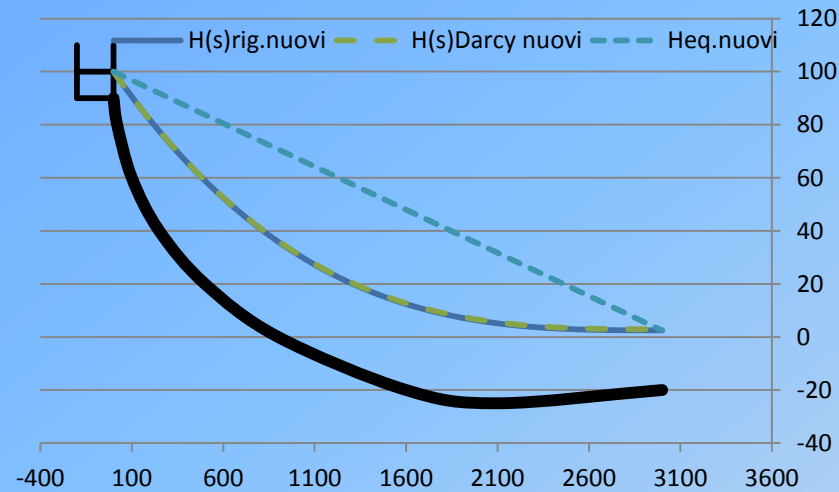
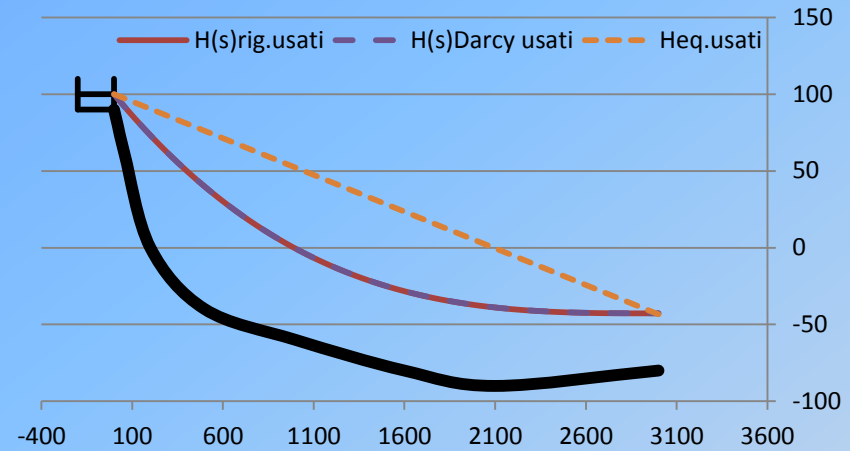
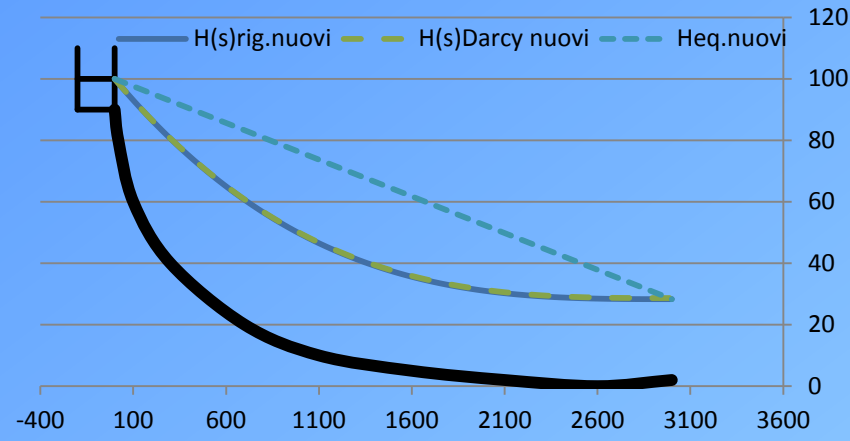
# Confronto e commento grafici



**3000 abitanti:** 0,27%(nuovi,rigoroso-equivalente); 1,1%(usati,rigoroso-equivalente);  
2,5%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,2%(usati,rigoroso-Darcy)

**4000 abitanti:** 0,25%(nuovi,rigoroso-equivalente); 0,68%(usati,rigoroso-equivalente);  
1,36%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,088%(usati,rigoroso-Darcy)

# Confronto e commento grafici



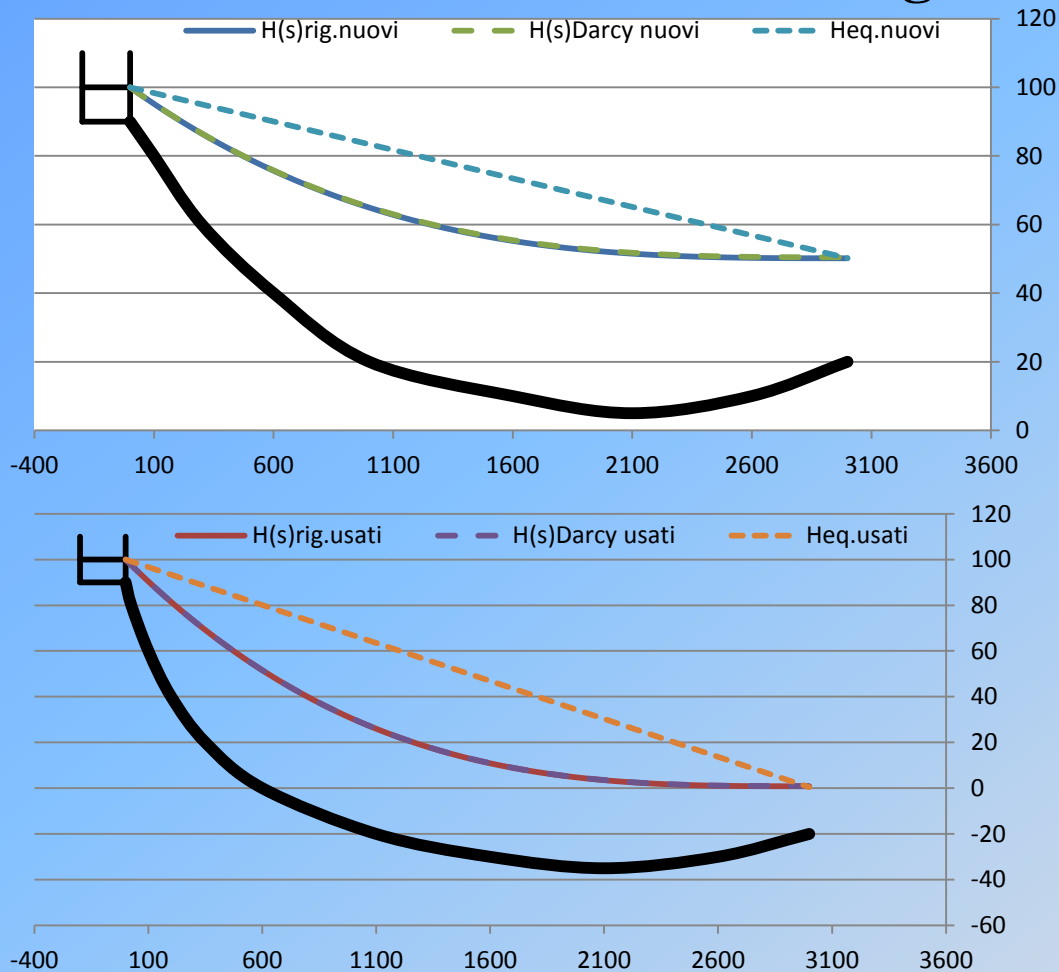
**6000 abitanti:** 0,022%(nuovi,rigoroso-equivalente); 1,47%(usati,rigoroso-equivalente);

1,24%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,21%(usati,rigoroso-Darcy)

**7000 abitanti:** 3,06%(nuovi,rigoroso-equivalente); 0,92%(usati,rigoroso-equivalente);

16,46%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,11%(usati,rigoroso-Darcy)

# Confronto e commento grafici



**5000 abitanti:** 0,087%(nuovi,rigoroso.equivalente); 49,7%(usati,rigoroso equivalente); 0,583%(nuovi,rigoroso-Darcy); 8,61%(usati,rigoroso-Darcy)

# CONCLUSIONI

Una volta analizzate le perdite di carico calcolate nei vari casi di studio e determinate attraverso un metodo rigoroso e due metodi approssimati, si può sopraggiungere a 2 affermazioni finali:

- il metodo approssimato alla Darcy **sottostima** sempre quello rigoroso in quanto, a parità di portata e diametro, con Darcy si usa un  $\beta$  costante, mentre col metodo rigoroso si usa un  $\lambda$  variabile. Questo varia di più per tubi nuovi e di meno per tubi usati
- il metodo che utilizza una portata equivalente **sovrastima** quasi sempre, tranne per portate basse, quello rigoroso.