UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA PER L' AMBIENTE ED IL TERRITORIO

# METODOLOGIE SPEDITIVE PER LA CARATTERIZZAZIONE DI SOGLIE PLUVIOMETRICHE PER LE FLASH FLOODS URBANE

**Relatore**

Ch.mo Prof. Ing. Maurizio Giugni

**Correlatore**

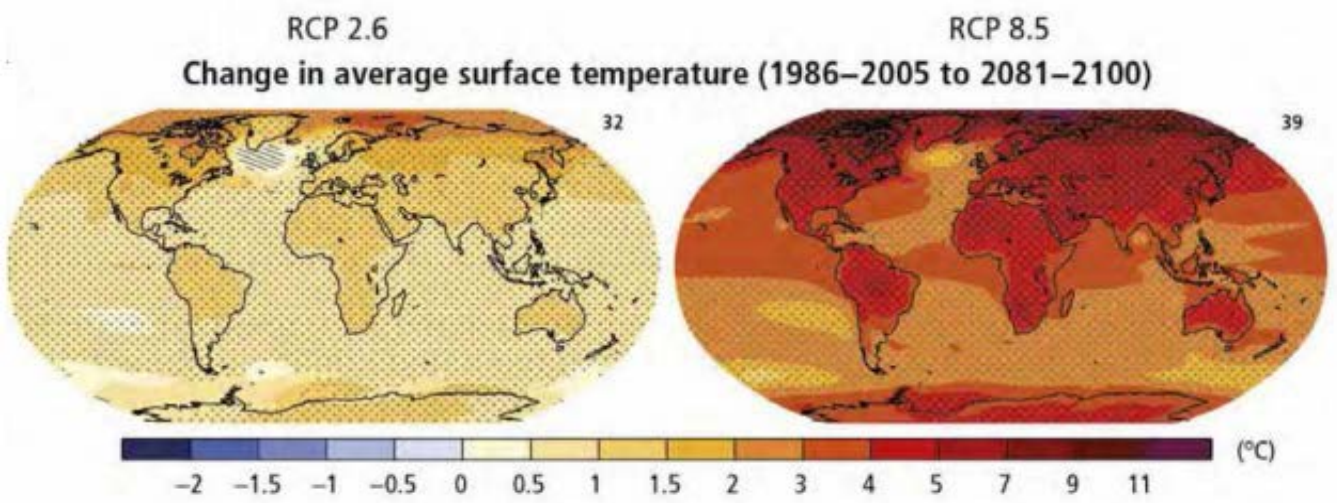
Ch.mo Prof. Ing. Francesco De Paola

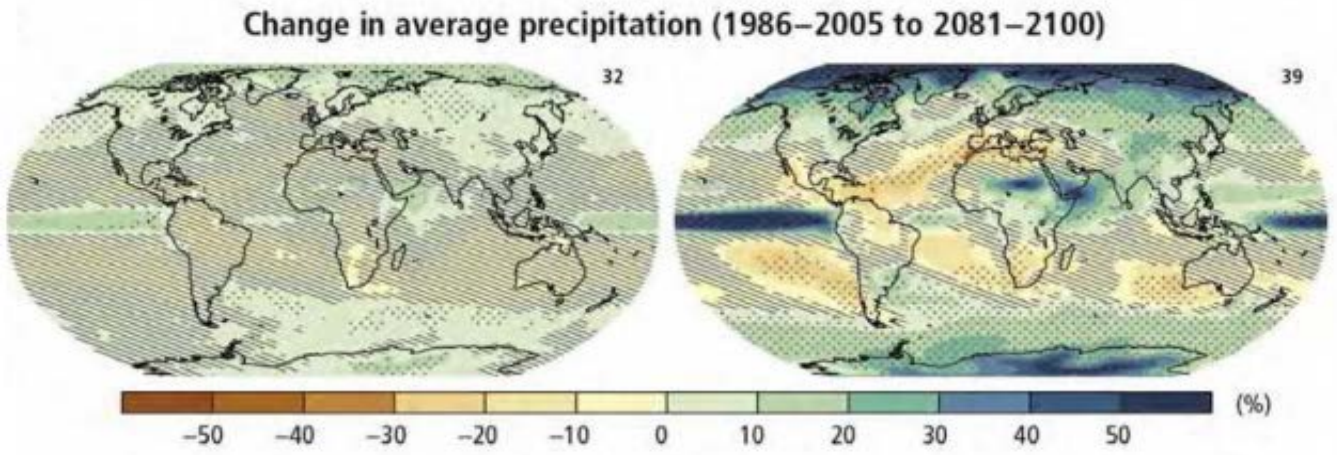
**Candidato**

Antonella Scotto di Uccio

Matr. N49000647

# RAPPORTO IPCC 2014




Projected changes in the climate system [IPCC, 2014b]

PREVISIONI:

- Ondate di calore più frequenti e durature
- Precipitazioni estreme più intense e frequenti

CONSEGUENZE:

- Esondazioni
- Allagamenti
- Frane
- Smottamenti

# PLUVIAL FLOOD

*E' un fenomeno che si verifica come conseguenza di precipitazioni intense che causano difficoltà nello smaltimento delle acque attraverso le reti fognarie*

CAUSE:

- Piogge con intensità > 25/30 mm/h
- Presenza di superfici impermeabili
- Reti di drenaggio urbano insufficienti
- Strade caratterizzate da elevate pendenze
- Interventi di restrizione dei canali esistenti

[Napoli, 09.09.2003: allagamenti in via Marconi e Piazzale Tecchio]

[Procida, 29.01.2018: allagamenti in via Roma]

PRECIPITAZIONE

GENERAZIONE DEFLUSSO SUPERFICIALE (RUNOFF)
(intercettazione, ritenzione, evaporazione, infiltrazione)

OVERLAND FLOW

Caditoie ostruite?

SI

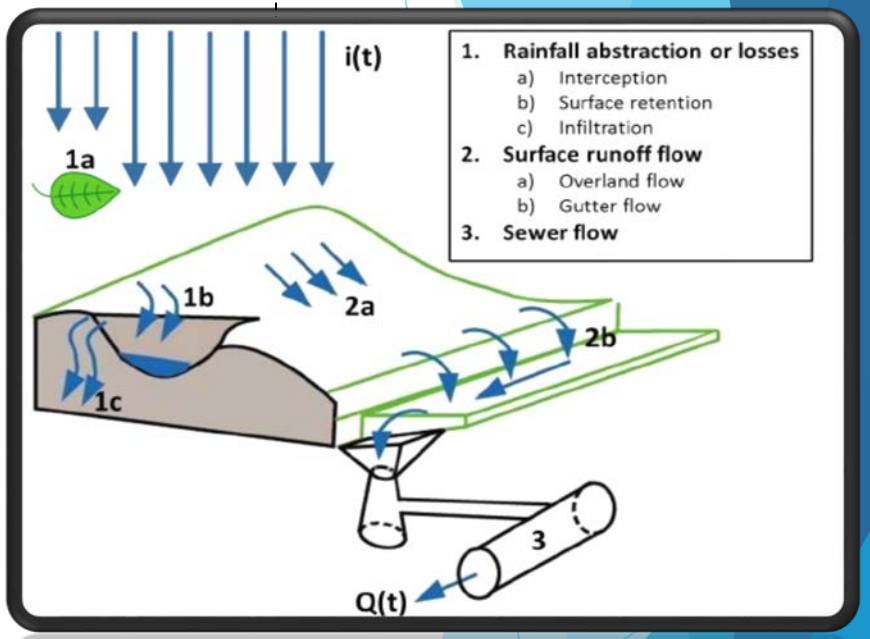
NO

SEWER FLOW

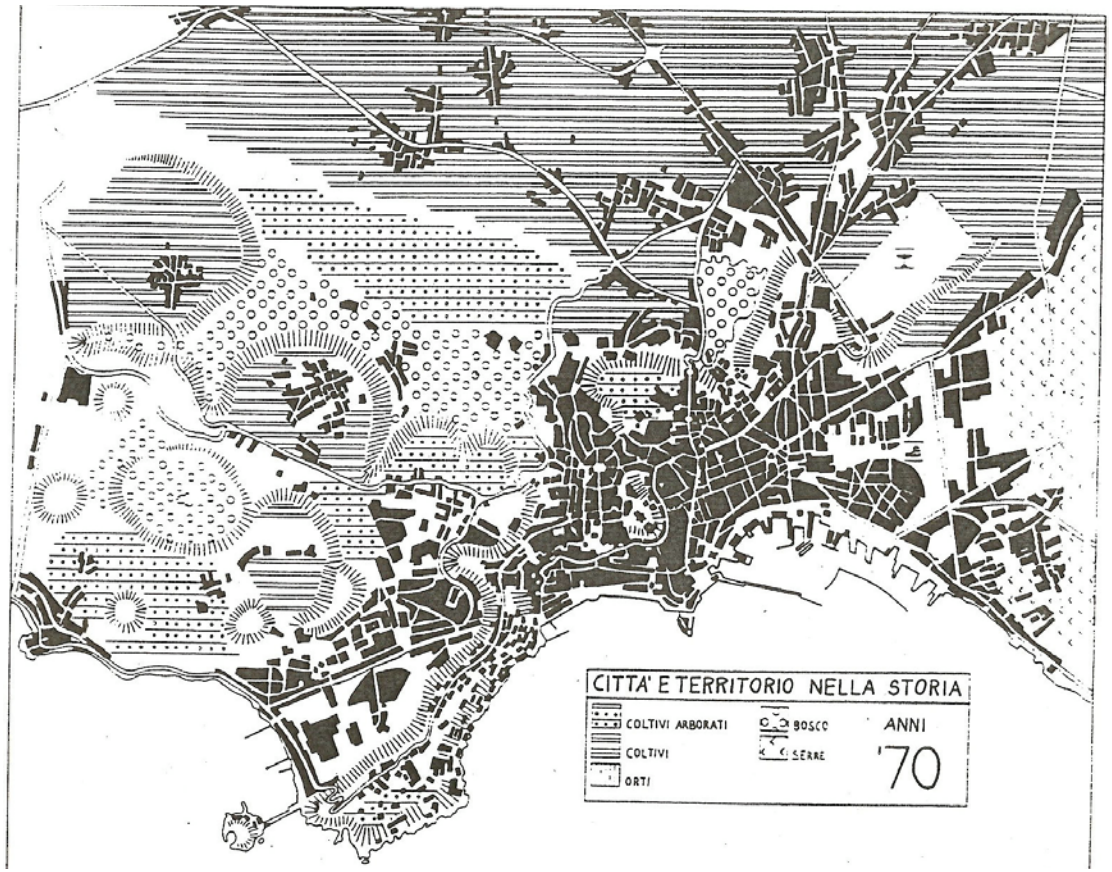
Pressurizzazione ?

SI

NO

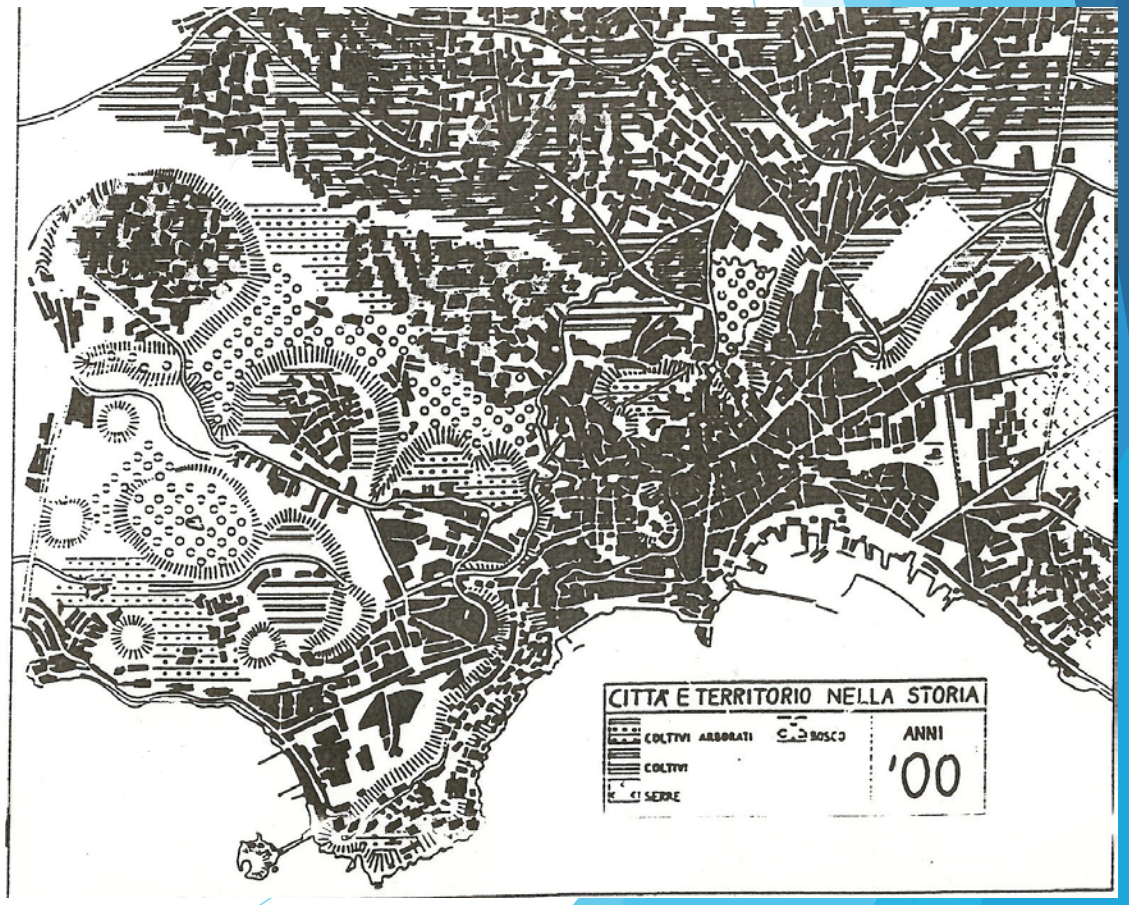


# IMPATTI IDRAULICI E AMBIENTALI DELL'URBANIZZAZIONE




1970

2000




[M.Giugni, "Mitigazione del rischio idraulico nelle aree urbanizzate"]

# MODELLO IDROLOGICO

Un modello idrologico è un modello matematico che descrive le relazioni tra le precipitazioni ed il loro drenaggio in un bacino idrografico

## MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

MODELLO A CANALI LINEARI

MODELLO A SERBATOI LINEARI

METODO DELLA CORRIVAZIONE

METODO DELL' INVASO

# IL METODO DELL' INVASO

- Tiene conto del ritardo con il quale la portata di piena si presenta ad una sezione di chiusura. Il ritardo è dovuto al fatto che la rete impiega un certo tempo a riempirsi ossia ad invasare.
  - Si basa sull'equazione di continuità:

$$\boldsymbol{\varphi * i * A * d\,t = qdt + dw}$$

- φ= coefficiente di afflusso
- i= intensità di pioggia (mm/h)
- A=area del bacino (ha)
- t= intervallo di tempo considerato (s)
- q = portata defluente lungo la sezione considerata $(\frac{m^3}{s})$
- w = volume invasato nel tronco ($m^3$)

Considerando un pluviogramma rettangolare e definendo $t_p$ il tempo di pioggia, ne consegue che la massima portata Qmax si realizzerà alla fine del periodo di pioggia tp, mentre il problema di progetto si riduce ad individuare la durata di pioggia che massimizza la portata.

Tale problema è stato risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia (i) costante e di rete fognaria inizialmente vuota (q = 0 per t = 0), considerando due ipotesi:

- 1): **esistenza di una relazione lineare tra il volume w immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica ω:**

$$w = \alpha * \omega$$

- 2): **esistenza di una relazione lineare tra la portata uscente dal tronco (q) e l'area della sezione a monte (ω):**

$$q = B*\omega$$

Con queste ipotesi l' equazione di continuità può essere integrata supponendo i=costante (pluviogramma rettangolare).

Per $t=t_p$, si ottiene la portata al colmo per pioggia costante di durata $t_p$:

$$Q_M = Q(t_p) = \varphi * i * A * (1-e^{-\frac{t_p}{K}})$$

- φ,A :caratteristiche del bacino
- a,n : ricavabili dalla curva di possibilità pluviometrica, fissato il tempo di ritorno T
- $t_p$: durata di pioggia
- K = costante di invaso, caratteristica del tronco

- $\varphi$ potrà essere calcolato con la formula di **Urbonas** che esplicita la sua dipendenza da Im:

$$\varphi \approx 0.858 \cdot {I_m}^3 - 0.78 \cdot {I_m}^2 + 0.774 \cdot I_m + 0.04.$$

- La costante di invaso (K) viene calcolata tramite la formula di **Desbordes**:

$$K = \frac{4{,}19 * A^{0.30}}{I_m^{0.45} \cdot (100 \cdot I)^{0.38}} - 0.21 \text{ [min]}$$

$$\text{Im} = \frac{A_{imp}}{A_{tot}}$$

Attraverso passaggi algebrici e osservazioni sperimentali quali:

- Ponendo r = $\frac{t_p}{K}$ e moltiplicando e dividendo per $K^{n-1}$, si ottiene un' espressione di $Q_M$ la cui derivata dovrà essere annullata rispetto ad r.
- Sia $R_t = a \cdot t_p^n$ il valore della soglia pluviometrica di innesco inondazione, cioè la quantità di pioggia precipitata che causa un' esondazione del sistema fognario
- Tenendo conto che il termine $\left(\frac{1-e^{-r}}{r}\right)$ può essere approssimato come $(0.9702 - 0.7952 \cdot n)$.
- $r \approx 2.0571 \cdot n^2 + 1.364 \cdot n + 0.0705$ e per

$$Q_M = \frac{\varphi * A * R_t}{6 * K}(0{,}9702 - 0{,}7952 * n) \ [\mathrm{m^3/s}]$$

(per $0.10 \leq n \leq 0.70$)

# CALCOLO DELLA PORTATA GARANTITA

Il calcolo della portata garantita da un collettore $Q_C$ $[\frac{m^3}{s}]$può essere effettuato con la seguente espressione:

$$Q = A * Ks * R^{2/3} * i^{1/2}$$

Dove:

- A = area della tubazione utilizzata
- Ks = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler
- R = raggio idraulico della tubazione
- i = pendenza della tubazione

Nel calcolare questa portata si tiene conto di alcune ipotesi semplificative:

- Condotta a pelo libero
- Moto uniforme
- Grado di riempimento della sezione ≤70%

# SOGLIA PLUVIOMETRICA

Relativamente a uno speco circolare, uguagliando la formula della portata garantita da un collettore $Q_C$ alla formula della portata massima $Q_M$ si ottiene un' equazione lineare che ha come incognita $R_t$ , termine che definisce la soglia pluviometrica.

$$R_t = \frac{1{,}56 * Ks * K * D^{\frac{8}{3}} * i^{\frac{1}{2}}}{\varphi \cdot A(0{,}9702 - 0{,}7952 \cdot n)} \quad [\mathrm{mm}]$$

Noto $R_t$ è possibile calcolare un coefficiente di crescita denominato $K'_T$

$$K'_T = \frac{R_t}{a * [(2.0571 \cdot n^2 + 1.364 \cdot n + 0.0705) * K]^n} \quad [-]$$

- $K'_T < K_{T=2}$ lo speco è inadeguato e quindi è necessario intraprendere azioni di BMP per il bacino in argomento;
- $K_{T=2} < K'_T < K_{T=5}$ lo speco ha delle dimensioni accettabili quindi si potranno prevedere azioni di BMP per il bacino in argomento al fine di migliorarne la resilienza idraulica;
- $K_{T=5} < K'_T$ lo speco ha delle dimensioni adeguate e quindi si potranno prevedere azioni di BMP per il bacino in argomento al fine di migliorarne la resilienza complessiva del bacino per eventi più gravosi.

# BMPs e LID

Incremento superfici impermeabili
+
Incremento precipitazioni

→

Pressurizzazione

→

Inondazione

- **L**ow **I**mpact **D**evelopement (**LID**) = tecnologie a “basso impatto ambientale”

- **B**est **M**anagement **P**ractices (**BMPs**) = “migliori pratiche di gestione”

Questi metodi agiscono sia da un punto di vista quantitativo, mediante il controllo delle portate immesse in rete e la loro eventuale riduzione, sia da un punto di vista qualitativo mediante il trattenimento di sostanze inquinanti e dei solidi sedimentabili.

## INTERVENTI NON STRUTTURALI

**PAI**

(Piano per l'Assetto Idrogeologico)

**PAT**

(Piano per l'Assetto del Territorio)

## INTERVENTI STRUTTURALI

**SISTEMI AD INVASO:**

- Laminazione
- Ritenzione
- Rain barrels (cisterne)

**SISTEMI AD INFILTRAZIONE:**

- Pavimenti porosi

**SISTEMI FILTRANTI:**

- Trincee e bacini filtranti
- Tessuti filtranti

**SISTEMI VEGETATI:**

- Strisce-buffer filtranti
- Bioritenzione (rain gardens)
- Tetti verdi

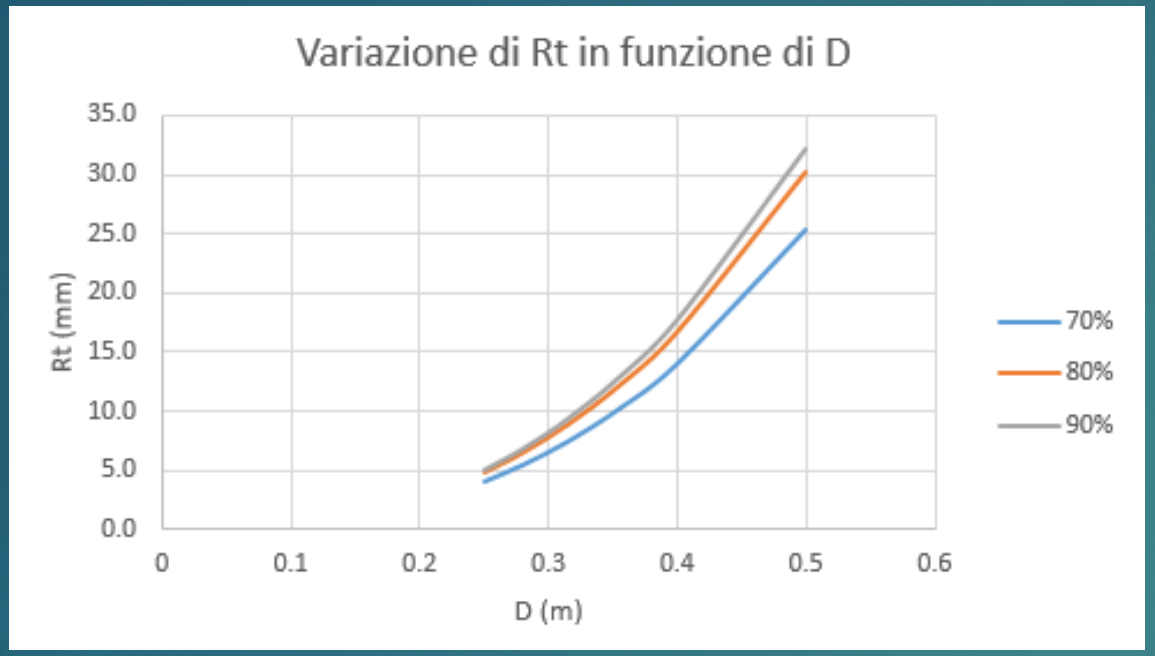
# CONCLUSIONI

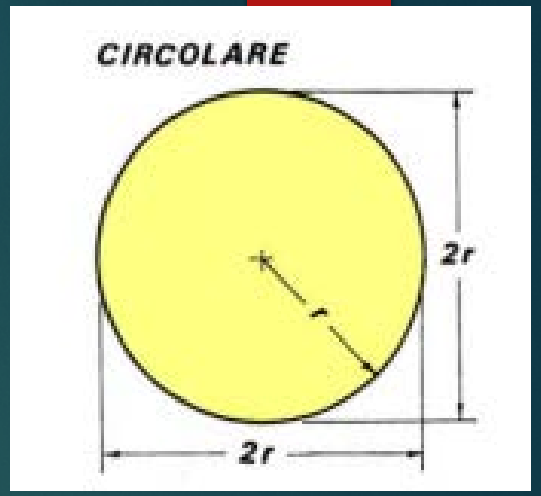
È stato osservato che si hanno riscontri positivi, in termini di confronto di valori di KT' con quelli forniti dal VAPI, in questi casi:

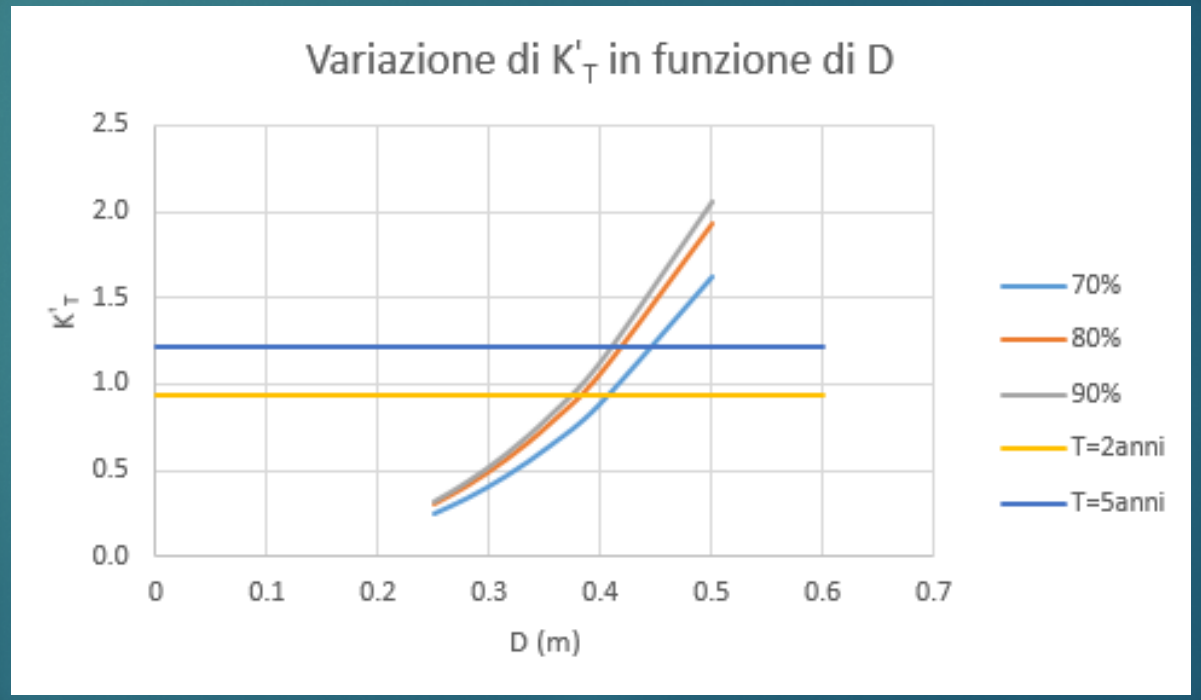
- Incremento del diametro del collettore **D**
- Incremento della pendenza del collettore ***i***
- Riduzione del coefficiente ***a***
- Riduzione del coefficiente $\boldsymbol{I_m}$

<u>Le osservazioni sono state condotte con riferimento ad un' area di 2ha, un tubo circolare in PVC con coefficiente Ks pari a 70 $m^{\frac{1}{3}}/s$.</u>

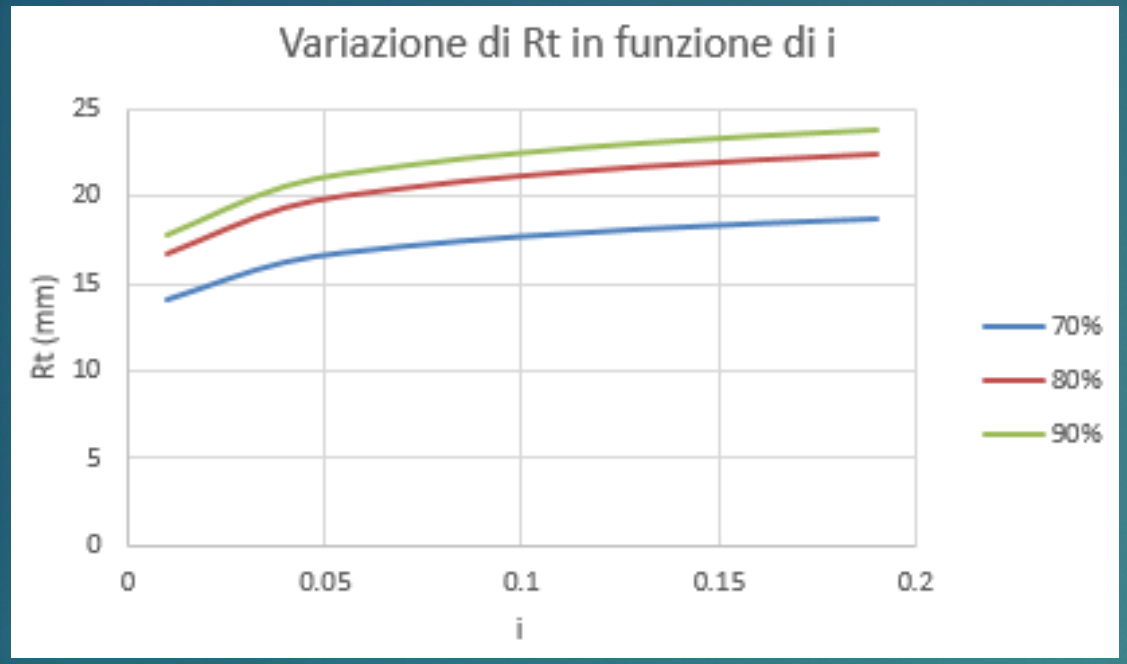
# VARIAZIONE D

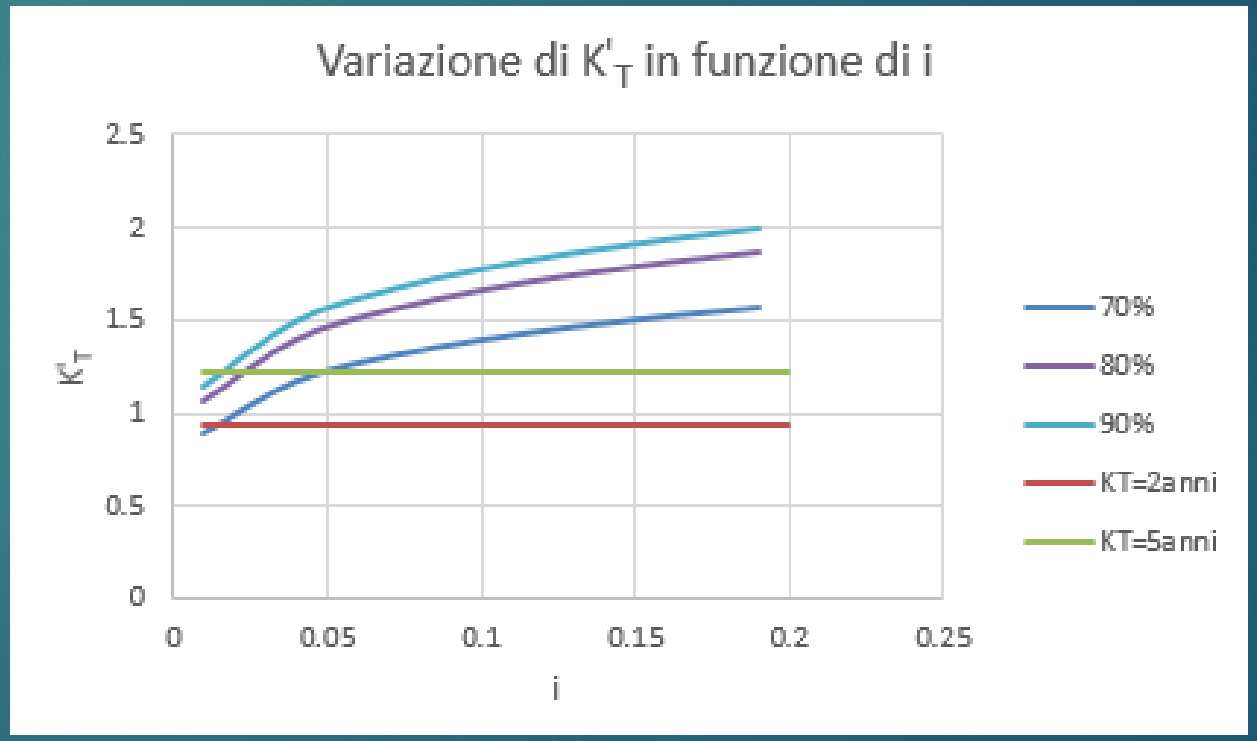


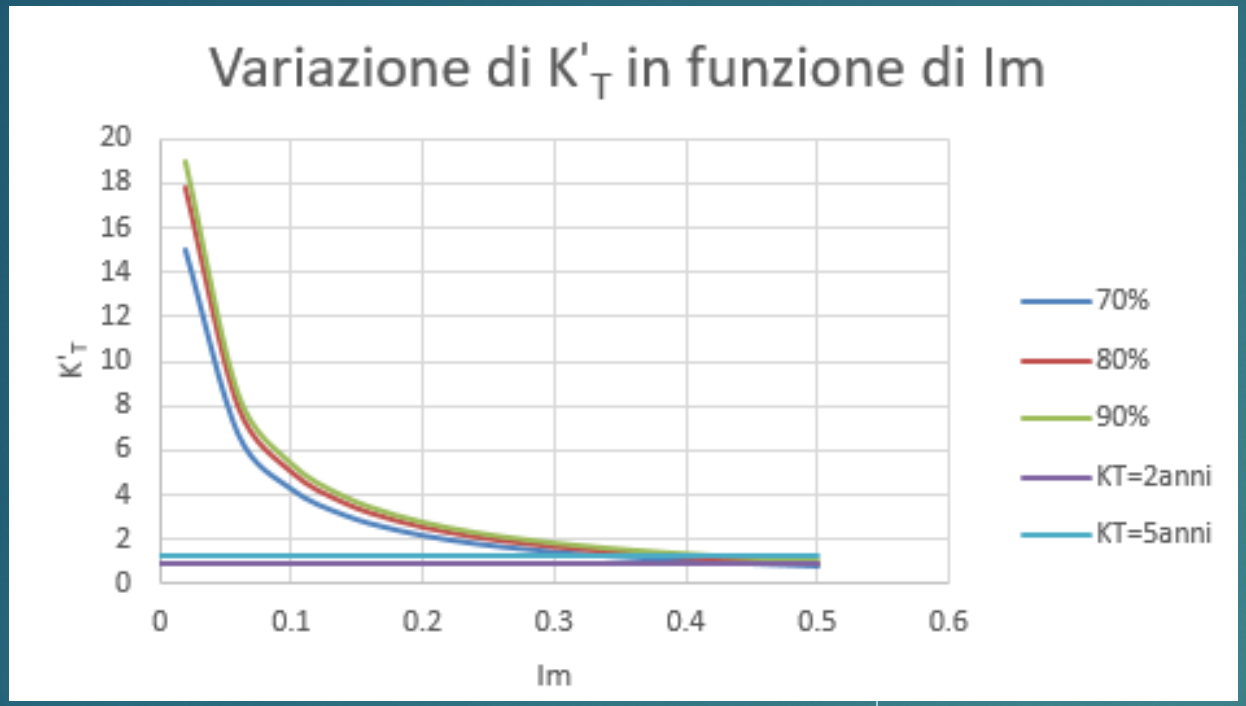


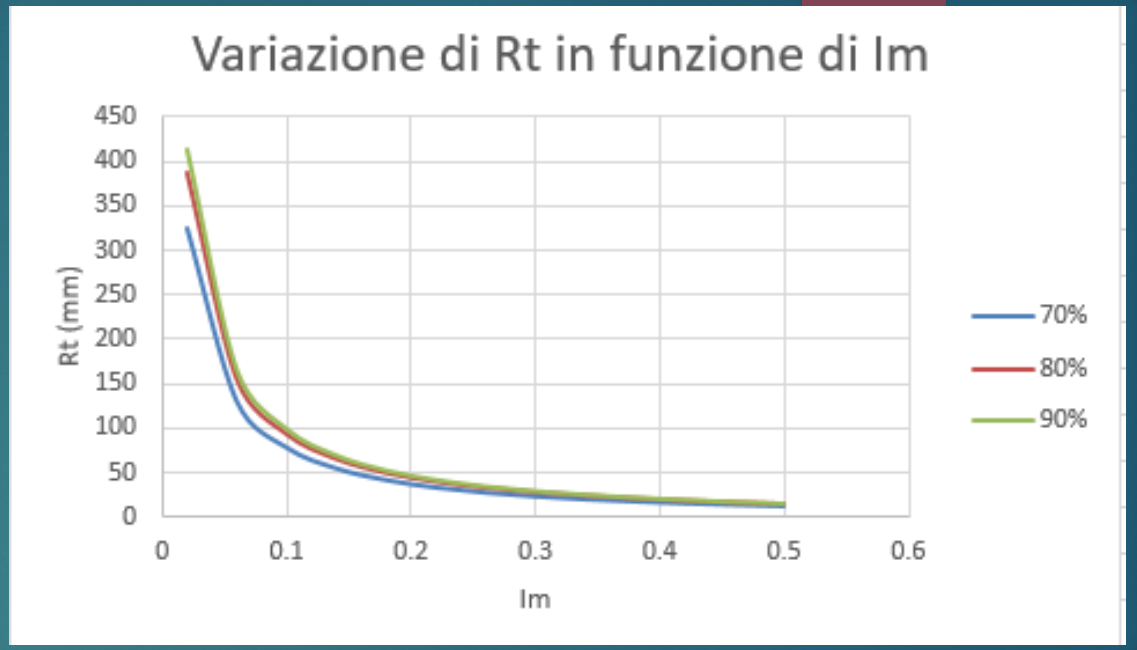
# VARIAZIONE *i*



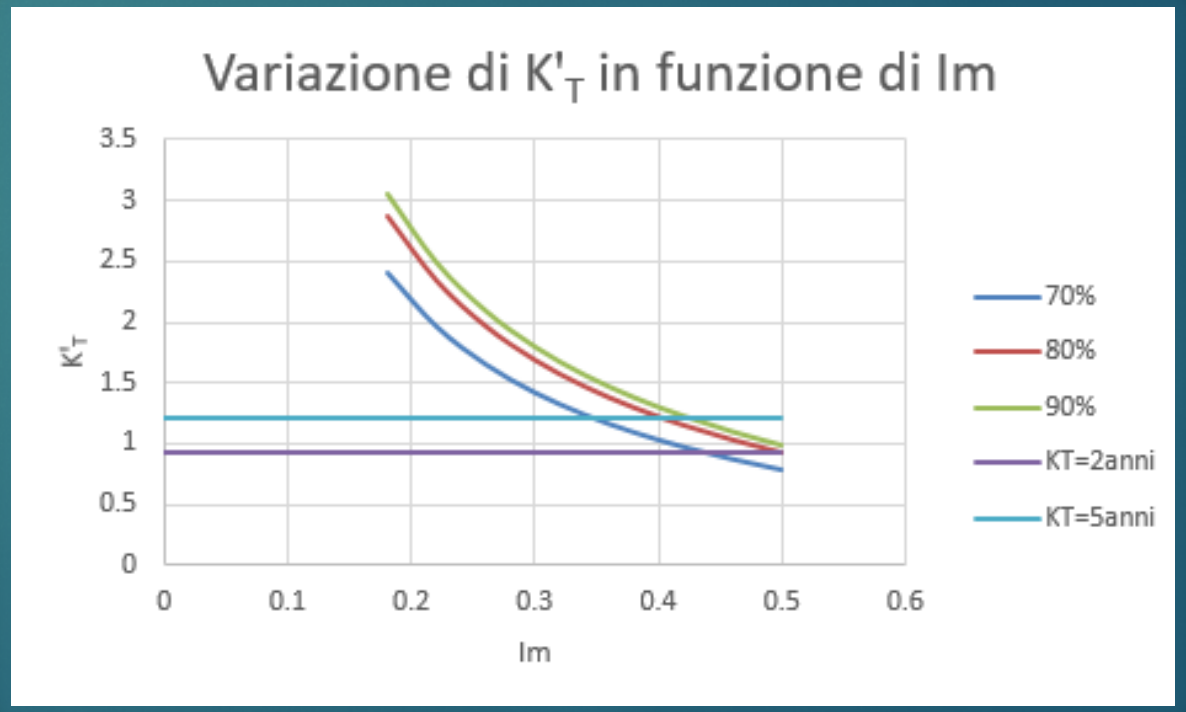


# VARIAZIONE Im




zoom



# GRAZIE PER L’ ATTENZIONE