



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Pratiche di prevenzione del rischio di inondazione: adeguamento e gestione delle reti di drenaggio superficiale: *la teoria*



(docente: V. Bovolin)

Pratiche di prevenzione del rischio di inondazione: adeguamento e gestione delle reti di drenaggio superficiale: *un caso applicativo*

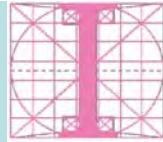


(docente: L. Daniele)



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche

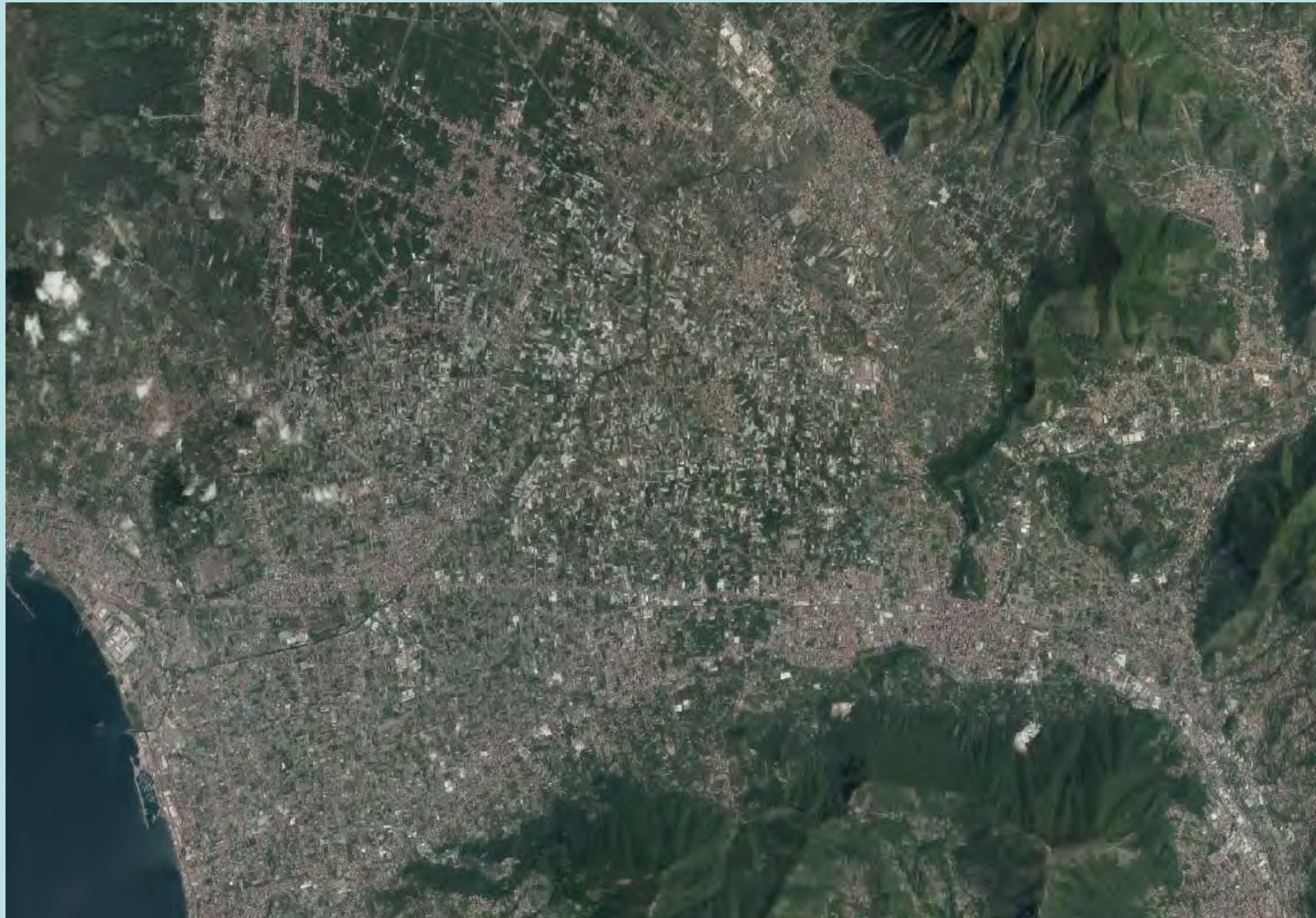


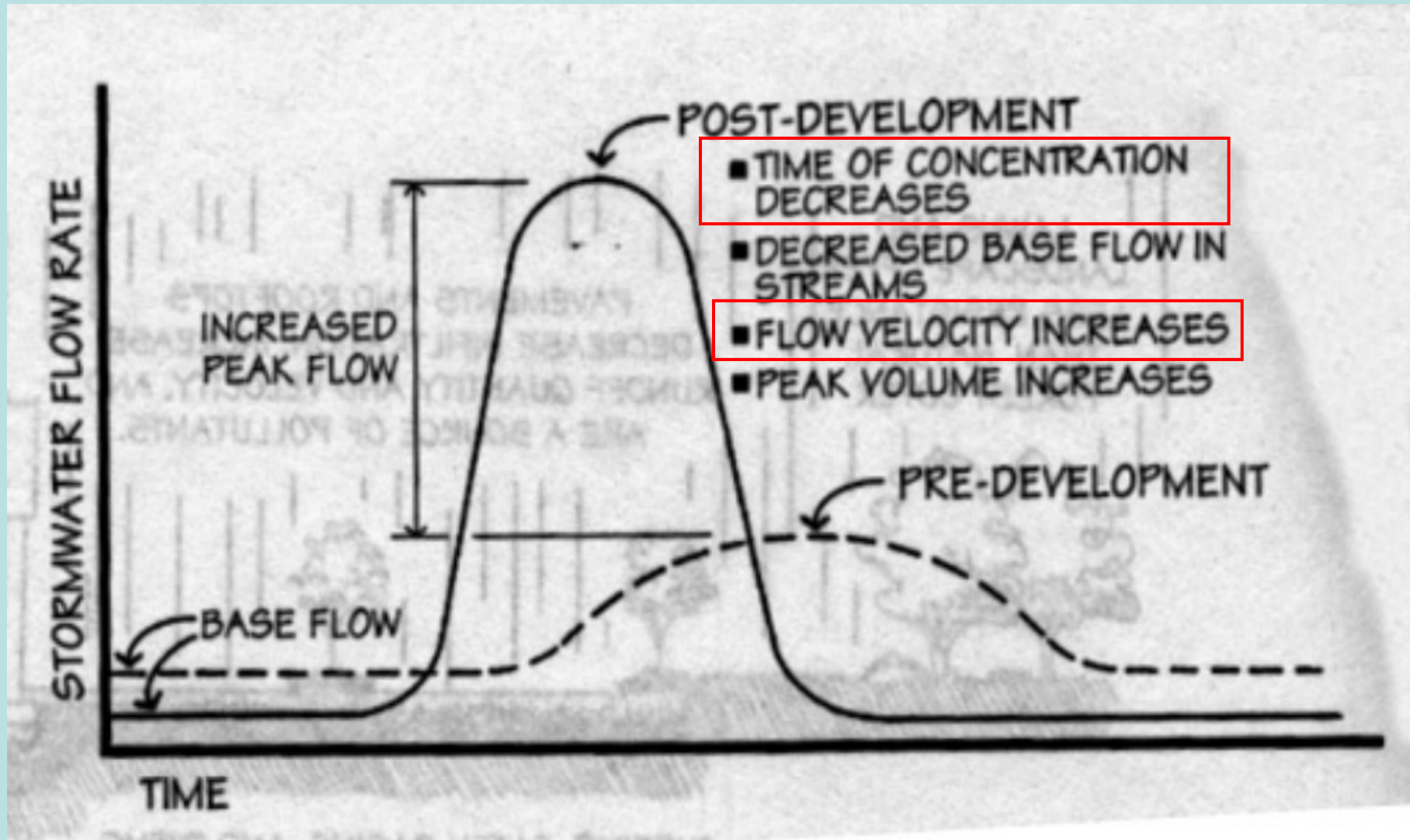
ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it







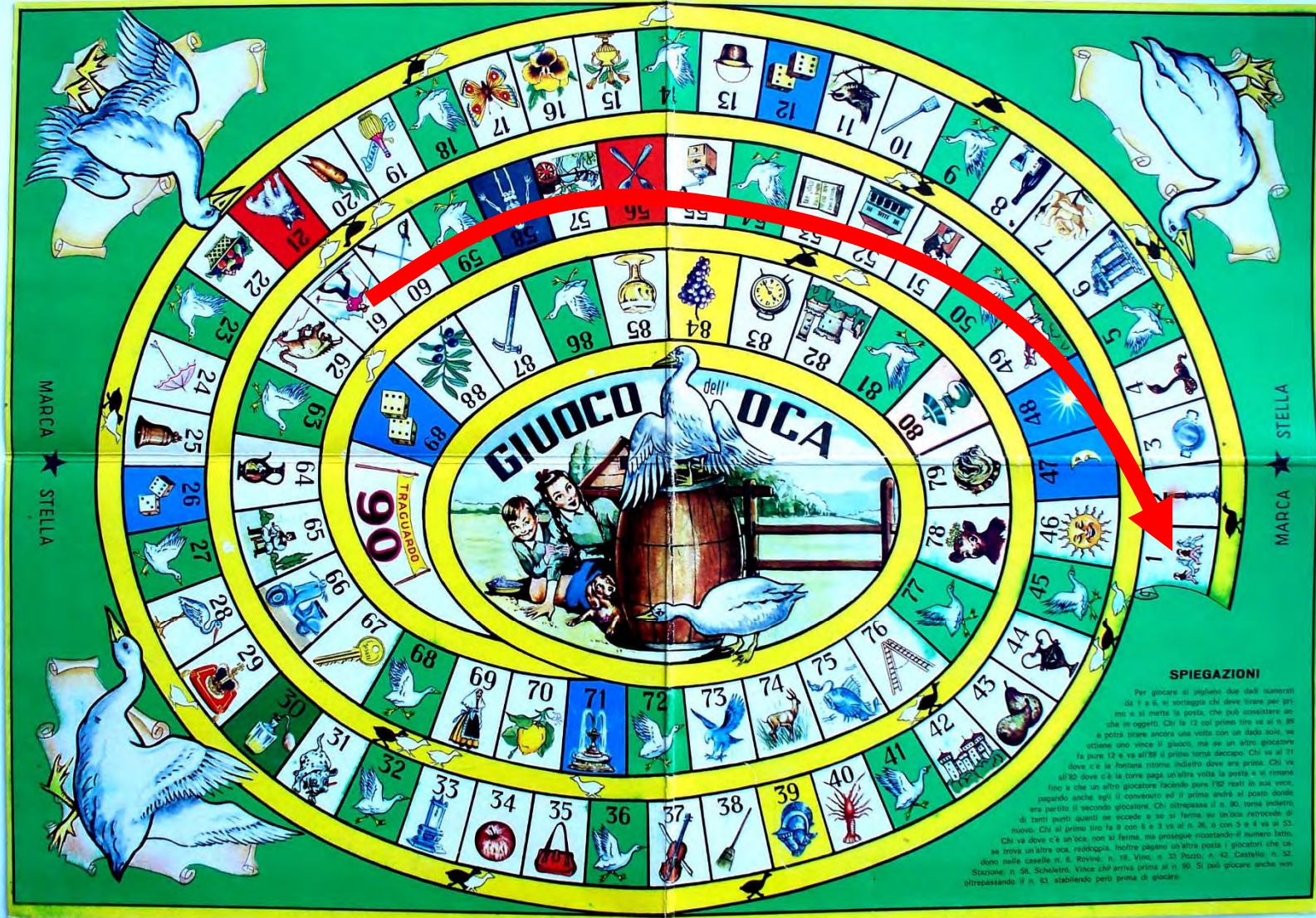
Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
 Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
 www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
 Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
 84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@dec.it - email: cugri@unisa.it



SPIEGAZIONI

Per giocare si pigliano due dadi numerati da 1 a 6. Si sorteggia chi deve tirare per primo e si mette la posta, che può consistere anche in oggetti. Chi fa 12 col primo tiro va al 18 e potrà tirare ancora una volta con un dado solo, se ottiene uno vince il gioco, ma se un altro giocatore fa pure 12 va all'89 il primo torna depresso. Chi va al 71 dove c'è la bestia ritorna indietro dove era partito. Chi va all'80 dove c'è la torre paga un'altra volta la posta e si ritira fino a che un altro giocatore facendo pure 12 resti in sua voce, riprendo anche egli il conovario ed il primo andrà al posto dove era partito il secondo giocatore. Chi oltrepassa il n. 90, torna indietro di tanti punti quanti ne eccede e se si ferma su un'isola retrocede di nuovo. Chi al primo tiro fa il con 6 o 3 va al n. 26, se con 5 e 4 va al 53. Chi va dove c'è un'isola non si ferma, ma prosegue ricordando il numero fatto, se trova un'altra voce, raddoppia, inoltre pagano un'altra posta i giocatori che cadono nelle Caselle n. 6, Rovina, n. 18, Vite, n. 33, Pozzo, n. 42, Castello, n. 52, Stazione, n. 58, Schembro, Vince chi arriva prima al n. 90. Si può giocare anche non oltrepassando il n. 63, stabilendo però prima di giocare.

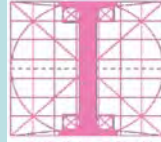


Il ciclo idrologico
Leonardo da Vinci Codice Leicester



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

DE
L'ORIGINE
DES
FONTAINES.



A PARIS,
Chez PIERRE LE PETIT, Imprimeur & Libraire
ordinaire du Roy, rue Saint Jacques
à la Croix d'or.

M. DC. LXXIV.
AVEC PRIVILEGE DE SA MAJESTE.

OPINION DE L'AVTEVR.

MON opinion est donc que les
Meaux des pluyes & des neiges
qui tombent sur la Terre, sont la cau-
se & l'origine des Fontaines. Ce sen-
timent est le plus ordinaire & le plus
suyv.

**De l'origine des fontaines
Pierre PERRAULT
1674**



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

LEZIONE ACCADEMICA

INTORNO L'ORIGINE DELLE FONTANE,

Con le Annotazioni per chiarezza maggiore della medesima,

DI ANTONIO VALLISNERI,

Pubblico Primario Professore di Medicina Teorica nella Università
di Padova, Medico di Camera di S. M. C. C. ec.

SECONDA EDIZIONE.

Con la Giunta di varie Lettere Dissertatorie, un' altra Lezione Accademica, Osservazioni, Ragioni, ed Esperienze nuove, dimostranti la verità del proposto Sistema, con la Risposta alle Obbiezioni del Sig. Dottore N. N. compilata da GASTON-

GIUSEPPE GIORGI, Medico,
e Fifico Fiorentino,

E CONSACRATA AI MARCHESI

ALESSANDRO, E SCIPIONE

FRATELLI MAFFEI,

L' uno General Comandante delle Truppe di Baviera, e Tenente
Maresciallo nelle Armate Imperiali, l' altro Gentiluomo di
Camera del Re di Sardegna, e Cavalier della Chiave
d' Oro dell' Elettore di Baviera.

IN VENEZIA. MDCCXXVI.

Per Antonio Bortoli.

CON LICENZA DE' SUPERIORI, E PRIVILEGIO.

be Natura . S' incominciò a porre questa in campo , fino quando incominciò l' uomo ad ammirare , e a ricercare la cagion delle cose , e , per vero dire , con tal fortuna que' primi Filosofi , che furono semplici , e sinceri osservatori , tosto la discoprirono , riconoscendogli dalle sole piogge , e dalle nevi squagliate (a)

**Lezione accademica intorno
alla origine delle fontane
Antonio VALLISNERI
1726**



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

DELL' ORIGINE
DELLE
FONTANE
E DELL' ADDOLCIMENTO
DELL' ACQUA MARINA
LETTERE
SCRITTE
AL SIG. CONTE N. N.
DA
NICOLÒ GHEZZI
RELIGIOSO DELLA COMPAGNIA
DI GESU'.



IN NAPOLI, MDCCXLII.

Per il Moscheni, e Compagni. Con lic. de' Super.

Or di questa sì celebrata controversia mi avvenne fin dall' anno passato di fare per incidenza qualche parola in un congresso d' alcuni valent' Uomini del pari versati nelle cose fisiche, ed impegnati a favore della nuova opinione. Questi scandalizzati al vedermi tutt' or incerto su un punto presso loro sì ben decisa, vollero intendere, onde muovessero le mie dubbiezze; con che poco a poco s' andò in parecchie conferenze facendone un serio esame. Venne dipoi loro in pensiero, che quanto per noi fu discorso in que' famigliari congressi, prendessi io a distenderlo in iscritto; obbligandomi così a passare da un geniale trattenimento ad un penoso trapaglio. Pure, anche in ciò mi fu

Dell'origine delle fontane e
dell'addolcimento dell'acqua marina
Nicolo GHEZZI
1742



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

LEGGI
E FENOMENI,
REGOLAZIONI ED USI
DELLE
ACQUE CORRENTI
DI

BERNARDINO ZENDRINI
MATEMATICO DELLA
SERENISSIMA REPUBBLICA DI VENEZIA
CON LA SOPRAINTENDENZA GENERALE DELLE ACQUE.



IN VENEZIA
MDCCLXI.

Presso GIAMBATISTA PASQUALI.
CON LICENZA DE SUPERIORI, E PRIVILEGIO.

CAPITOLO NONO.

*Delle cause universali delle escrescenze e decrescenze
de' fiumi, e loro fenomeni.*

IX.

III.

Per giudicare adunque rettamente delle piene de' fiumi, conviene avere in considerazione, 1. l'area della terra che somministra l'acqua; 2. l'altezza, a cui questa giugnerebbe, durante la pioggia, se niun esito avesse, che la derivasse nel fiume; 3. l'pendio de' terreni verso dell'alveo; 4. la capacità di questo; 5. la velocità propria tanto nell'acque magre, che nell'escrescenze e 6. finalmente ogni altro accidente impeditivo del naturale corso dell'acqua, quando è di già incanalata nell'alveo. Lo squagliamento delle nevi è pur da considerarsi, come l'effetto di una pioggia in quel sito, ove esse nevi esistono, il quale benchè per lo più di non molta estesa in paragone di tutto il terreno, che può somministrar l'acqua al fiume, nientedimeno però il molto tempo, in cui dura per ordinario lo sfacimento delle dette nevi, può tener non poco gonfio il fiume. Quanto maggior di effe-

**Leggi e fenomeni delle acque correnti
Bernardino ZENDRINI
1741**



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it



**Istituzioni di architettura statica ed idraulica
Nicola CAVALIERI SAN BARTOLO**

1827

§. 717. Per procedere secondo le norme ora accennate alla ricerca della larghezza libera, che abbisogna sotto il ponte, è d'uopo di conoscere preventivamente gli elementi k , L , γ , ed s . I primi tre si possono sempre ottenere per mezzo di accurate misure ed osservazioni. Ma l'altezza s è più malagevole a determinarsi, essendo note le difficoltà e l'incertezze che s'incontrano così nella pratica esplorazione, come nelle teoretiche induzioni, tendenti alla determinazione della velocità media nell'acque correnti, e di tutti quegli elementi che da essa dipendono. Egli è poi chiaro che queste preliminari determinazioni vogliono esser fatte relativamente alle massime escrescenze del fiume.

Con due diversi metodi si può procedere alla determinazione dell'elemento s ; uno meteorologico, l'altro idrometrico. Il primo metodo consiste nel calcolare la portata del fiume in piena, dipendentemente dall'acque che possono supporre accumulate in tutta l'estensione del suo alveo dall'origine fino al punto in cui vuol collocarsi il ponte, scaricatevi dalle tributarie campagne nelle più generali e più copiose piogge; e dal tempo che in effetto si è riconosciuto necessario affinché il detto tronco di fiume smaltisca la sua massima piena. Sia S l'estensione superficiale di tutto il paese tributario, ed a l'altezza, a cui giusta l'osservazioni meteorologiche si possa stimare che si eleverebbe l'acqua su tale superficie in un breve intervallo di dirottissima pioggia, quando

tutta si supponesse fermarsi ove cade, senza scendere per la china; e pongasi che una parte a' dell'altezza a di tal massa fluida venga assorbita dal terreno, e si disperda per sotterranei meati. È chiaro che sarà $S(a - a')$ il massimo volume dell'acque, che contemporaneamente potranno trovarsi raccolte nell'alveo del recipiente comune, in tutta l'anzidetta estensione, cioè dall'origine del fiume fino al posto del ponte. Ora supponendo che sia t il tempo, che cotesto tratto di fiume suole impiegare pel completo scarico della massima sua piena, cioè per passare dallo stato di somma piena alla condizione sua ordinaria, assunto il minuto secondo per unità di tempo; e chiamando Q la portata della massima piena: facilmente si scorge che sarà

$$Q = \frac{S(a - a')}{t}$$

TRATTATO DI IDROMETRIA

O DI

IDRAULICA PRATICA

PER

DOMENICO TURAZZA

Professore di Matematica Applicata nella R. Università di Padova, uno
dei XI. della Società italiana delle scienze, membro effettivo del Reale
Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti, ecc. ecc.

**Seconda edizione interamente rivista
e notabilmente aumentata**



PADOVA

Tipografia Editrice F. Sacchetto
1867

**Trattato di idrometria Idraulica
Domenico Turazza
1867-1880**

L'edizione del 1867 contiene una formula che è sostanzialmente coincidente con la formula pratica

L'edizione del 1880 contiene una formulazione del metodo della *corrivazione* nella quale la durata della piena è ottenuta dalla somma del tempo di corrivazione e della durata di pioggia. Nella trattazione è anche il concetto della *curva aree-tempi*.

Metodo razionale

La Formula razionale fu sviluppata da Mulvaney (1851) al fine di valutare **la massima portata** che si poteva verificare in una sezione di un alveo

$$P = C_u \cdot \varphi \cdot \frac{h}{t} \cdot S = C_u \cdot \varphi \cdot i \cdot S$$

T. J. Mulvaney (1851)

“On the use of self registering rain and flood gauges in making observations of the relations of rainfall and of flood discharges in a given catchment”



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Metodo razionale

$$P = C_u \cdot \varphi \cdot \frac{h}{t} \cdot S = C_u \cdot \varphi \cdot i \cdot S$$

P portata

h pioggia cumulata

t durata della pioggia

i intensità media della pioggia

S bacino idrografico contribuente

C_u coefficiente di omogeneizzazione delle unità di misura

Metodo razionale

$$P = C_u \cdot \varphi \cdot \frac{h}{t} \cdot S = C_u \cdot \varphi \cdot i \cdot S$$

Le “convenzioni” normalmente utilizzate nella applicazione della Formula Razionale:

1. L'area contribuyente S coincide con il bacino idrografico
2. Il coefficiente di deflusso di piena φ , all'aumentare dell'intensità dell'evento, tende ad un valore costante (**eventi simili sono caratterizzati da coefficienti di piena simili**)
3. L'intensità di pioggia i è costante sull'area contribuyente per un periodo di tempo pari ad un tempo caratteristico del bacino detto “tempo di concentrazione” (il tempo che impiega una goccia d'acqua a raggiungere la sezione di chiusura del bacino dal punto idraulicamente più lontano)
4. La massima portata P si determina quando la pioggia dura quanto il tempo caratteristico del bacino



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Metodo razionale

L'applicazione della formula razionale richiede, in sintesi, i seguenti passi

1. Determinare i coefficienti della legge di pioggia (*Zona pluviometrica*)
2. Calcolare il “tempo di concentrazione” (*Formule*)
3. Calcolare l'intensità di pioggia (*Tempo di ritorno*)
4. Calcolare l'area contribuyente (*GIS*)
5. Selezionare il coefficiente di piena (*Tablelle*)
6. Calcolare la portata di picco

“Qualsiasi formula o insieme di dati, opportunamente *“torturati”*, confermeranno quello che il ricercatore o il tecnico vogliono dimostrare”



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o

Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791

<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Legge di pioggia

$$h = a \cdot t_p^n$$

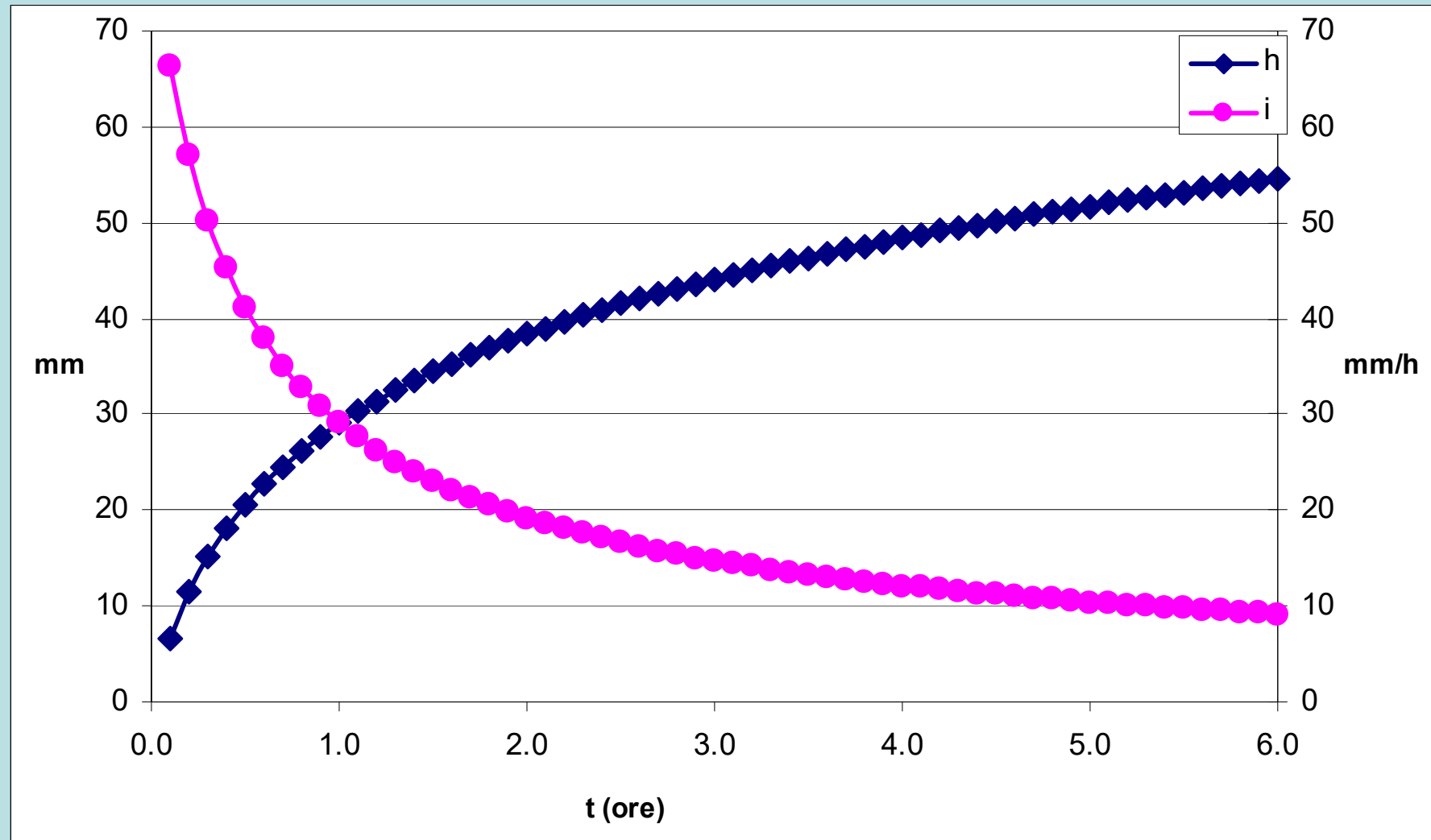
2 parametri

$$h = a \frac{t_p}{\left(1 + \frac{t_p}{t_c}\right)^c}$$

3 parametri

Il coefficiente a comprende il fattore di crescita legato al Tempo di ritorno T_R

Legge di pioggia



Tempo caratteristico del bacino

Due versioni concettuali (Grimaldi, 2010):

- a) il tempo che impiega una goccia d'acqua a raggiungere la sezione di chiusura del bacino dal punto idraulicamente più lontano (la pioggia dipende esclusivamente da un parametro morfologico del bacino)
- b) il tempo che intercorre dalla fine della pioggia netta alla fine del deflusso netto.

Sei versioni operative (Grimaldi, 2010):

- 1) tempo che intercorre dalla fine del tempo di pioggia netta al tempo in cui si verifica l'inflessione della curva di esaurimento del deflusso totale;
- 2) tempo che intercorre dal centro di massa della pioggia netta al centro di massa del deflusso superficiale (tale definizione coincide con quella del "tempo di lag" nonostante ci sia una differenza teorica marcata tra i due parametri);
- 3) tempo che intercorre dalla massima intensità di precipitazione al picco del deflusso totale;
- 4) tempo che intercorre dal centro di massa della pioggia netta al picco del deflusso superficiale;
- 5) tempo che intercorre dal centro di massa della pioggia netta al picco del deflusso totale;
- 6) tempo che intercorre dall'inizio del deflusso lordo al tempo di picco dello stesso.

Tempo caratteristico del bacino

Johnstone & Cross
$$t_c = 300 \sqrt{\frac{L}{S}}$$

Giandotti
$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Viparelli
$$t_c = \frac{L}{60 \cdot V}$$

Morgali
$$t_c = \frac{0.94(n \cdot L)^{0.6}}{i^{0.4} \cdot S^{0.3}}$$

Kirpich
$$t_c = 0.0078 \left(\frac{L^3}{h} \right)^{0.385}$$

Pezzoli
$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}}$$

Puglisi
$$t_c = \frac{6 \cdot L^{2/3}}{(H_{\max} - H_o)^{1/3}}$$

Superficie contribuyente

L'idea base (Ross, 1921) è quella di individuare all'interno del bacino le cosiddette linee "isocorrive", cioè quelle linee che raggruppano i punti per i quali una goccia di pioggia impiega lo stesso tempo a raggiungere la sezione di chiusura.

Nella pratica:

isocorrive = isoipse

Come è distribuita la pioggia ?

Metodo per determinare la forma di un idrogramma

86 CALCULATION OF FLOOD DISCHARGES.—Ross.

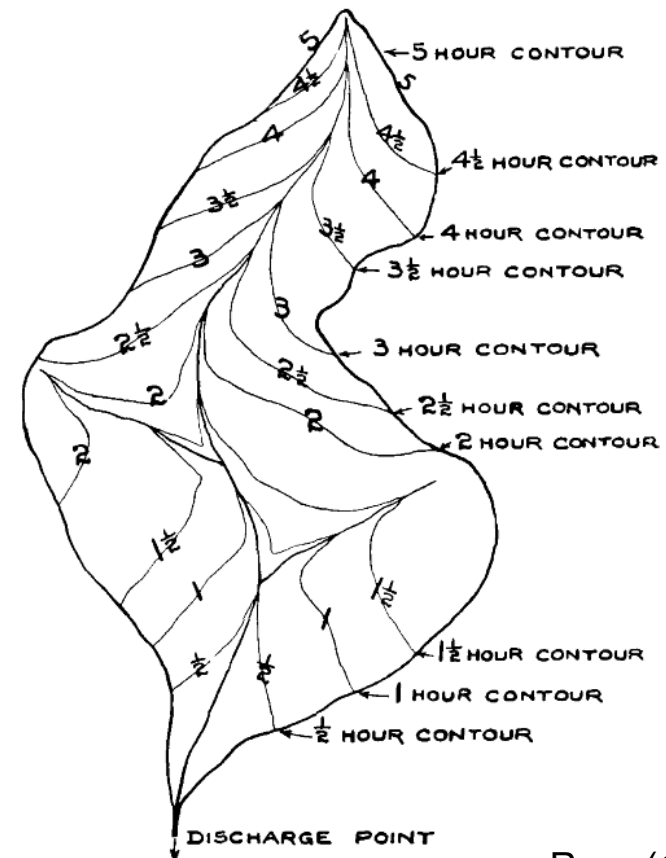
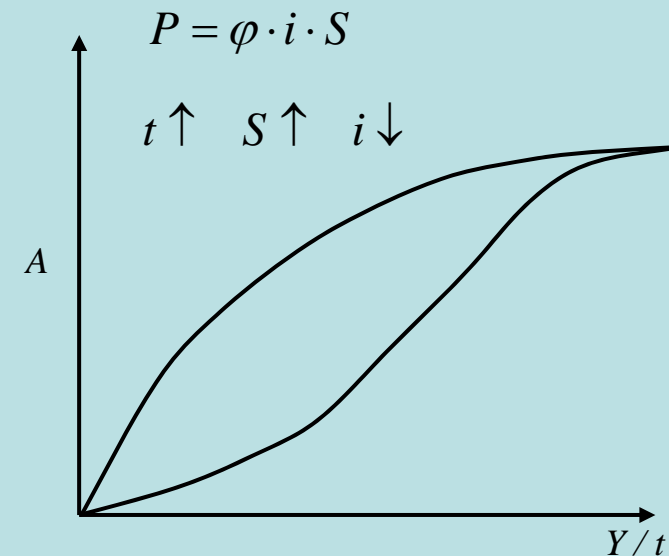
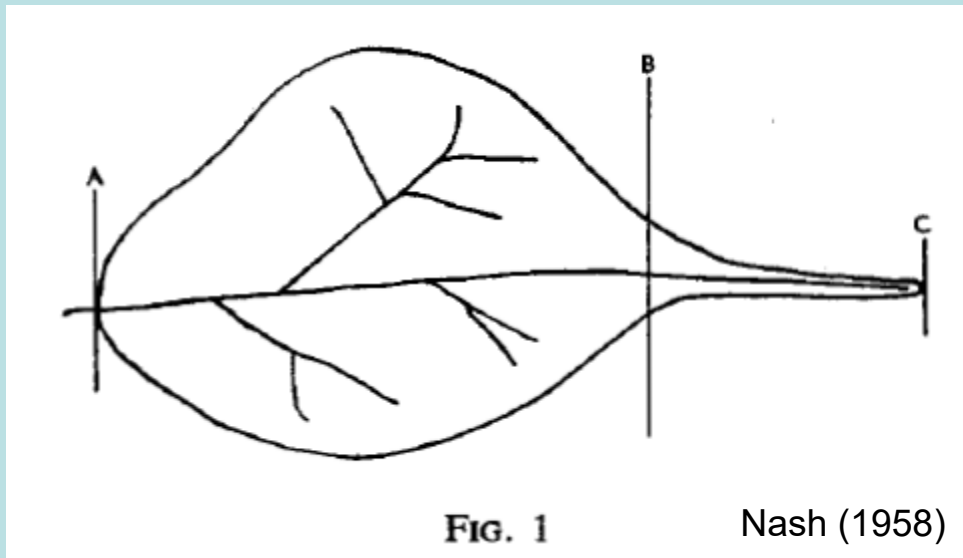


Figure 1.

Ross (1921)

Superficie contribuyente

L'area contribuyente coincide sempre con l'intero bacino idrografico ?



$$\frac{dP}{dY} = \frac{d}{dY} (\varphi \cdot i(t) \cdot S(Y))$$

$$c = \frac{L}{t_p}$$

$$Y = t \cdot c$$

$$\frac{dY}{dt} = c$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{d}{dt} (\varphi \cdot i(t) \cdot S(Y(t)))$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{d}{dt} \varphi \left(c \cdot i \frac{dS}{dY} + S \frac{di}{dt} \right) > 0$$

$$\frac{dS}{dY} > \frac{S}{c \cdot i} \frac{di}{dt}$$

Coefficiente di deflusso

1. Coefficiente relativo alla portata di piena

$$\varphi_p = \frac{P}{C_u \cdot i \cdot S}$$

2. Coefficiente volumetrico relativo al deflusso di piena
Prossimo ad 1 per bacini fortemente antropizzati
Variabile da evento ad evento per bacini “naturali”

$$\varphi_D = \frac{W_P}{W_R}$$

Altri coefficienti di deflusso volumetrici:

deflusso mensile
deflusso annuo

Coefficiente di deflusso di piena

Coefficiente di deflusso piena

=

Coefficiente di riduzione della pioggia

X

Coefficiente di diffusione del picco di piena

Riduzione della pioggia (infiltrazione, intercetto, accumulo) = pioggia - perdite
Diffusione (distensione e riduzione del picco)

Coefficiente estrazione (area idrogramma)

Coefficiente diffusione (forma idrogramma)



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Coefficiente di riduzione della pioggia

Il deflusso è dovuto alla porzione di pioggia che

- non è stata intercettata dalla vegetazione
- non si è infiltrata nel terreno
- non si è raccolta in piccoli volumi presenti nel bacino

Il *coefficiente di riduzione delle piogge* dipende da:

- dalla quantità e tipo di vegetazione
- dalla permeabilità del terreno
- dalla morfologia del terreno
- ***dal tempo di ritorno della pioggia***

Il *coefficiente di riduzione delle piogge* può essere calcolato come:

- sottrazione iniziale
- sottrazione proporzionale
- sottrazione iniziale e sottrazione proporzionale

Coefficiente di diffusione del picco di piena

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial s} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial s} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = i - j$$

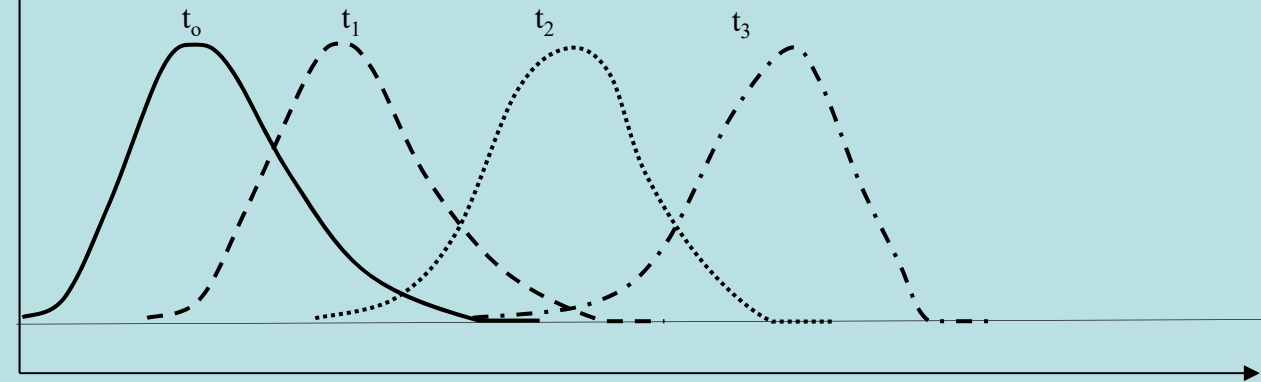
Equazioni del moto: de Saint Venant

$$Q = A\chi \sqrt{R \left(i - \frac{\partial h}{\partial s} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial s} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \right)}$$

Coefficiente di diffusione del picco di piena

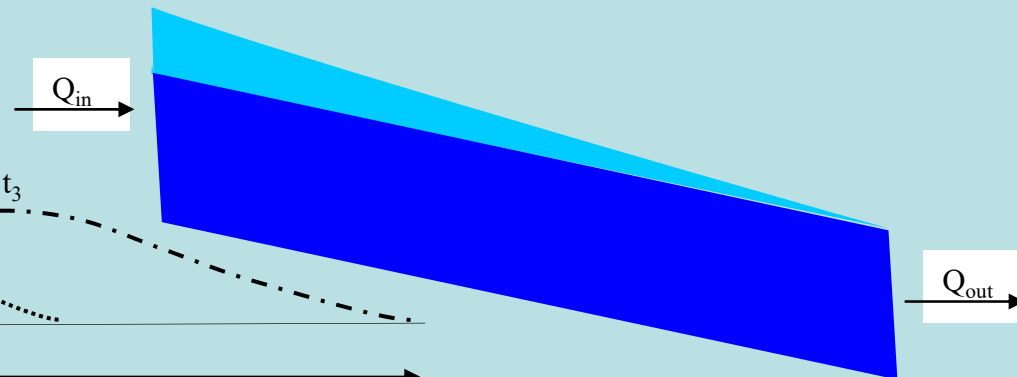
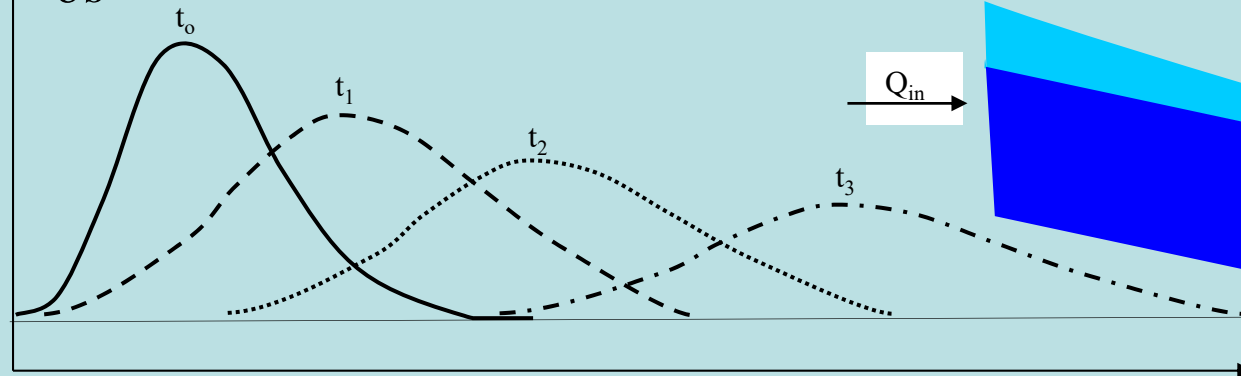
onda cinematica

$$0 = i - j$$



onda diffusiva

$$\frac{\partial h}{\partial s} = i - j$$

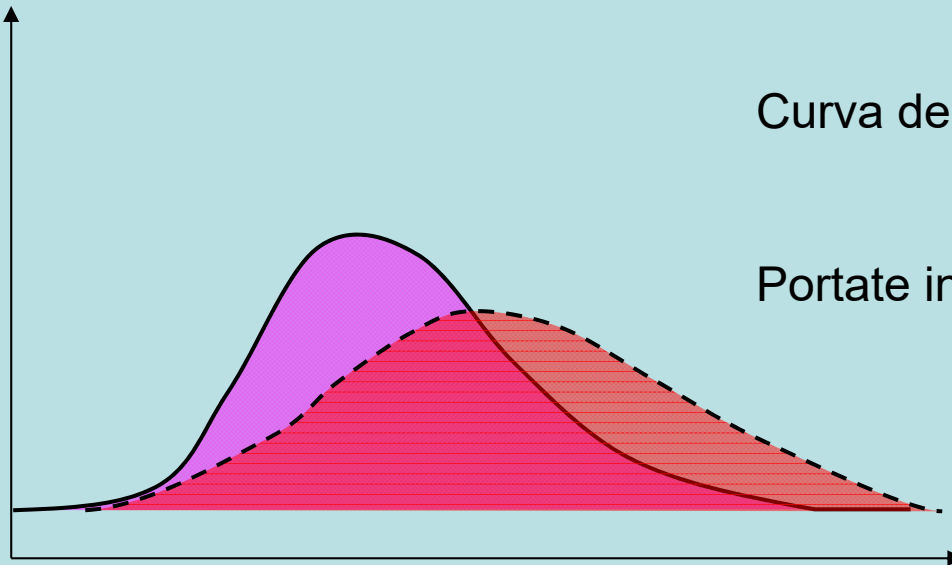


Il sistema idraulico come serbatoio

Equazione di continuità $\frac{dW}{dt} = Q_e - Q_u$

Curva dei volumi di invaso $W = W_0 \cdot h^c$

Portate in uscita $Q_u = d \cdot h^e$



Il sistema idraulico come serbatoio

Approccio semplificato: Formule di Marone

$$Q_{u,\max}^{(s)} = Q_{e,\max} \left(1 - \frac{W_i}{W_p} \right) \quad \text{Efflusso a stramazzo}$$

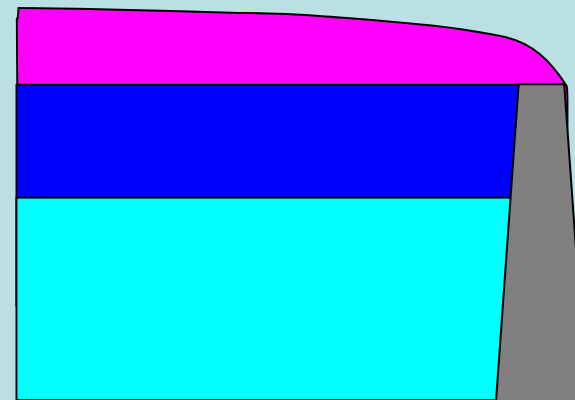
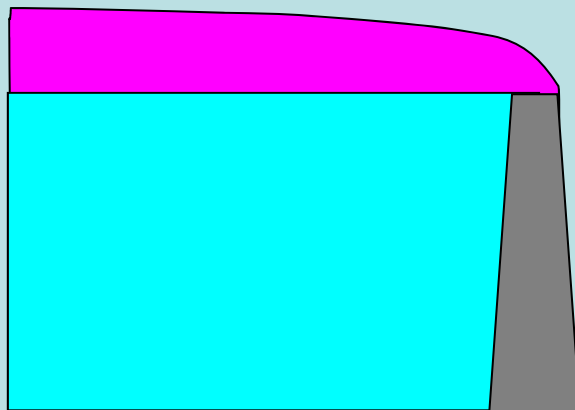
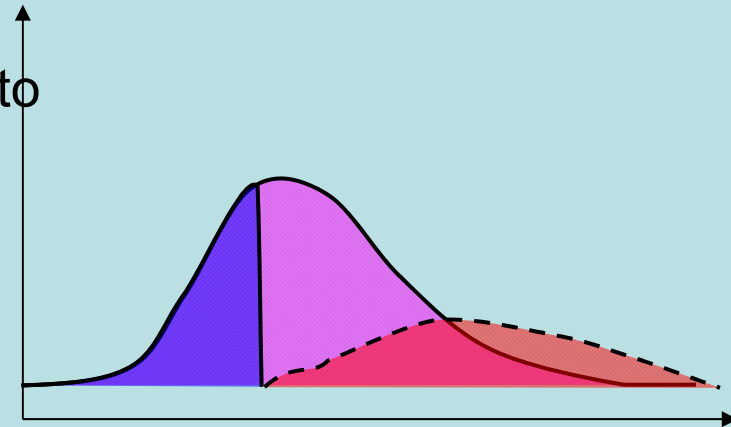
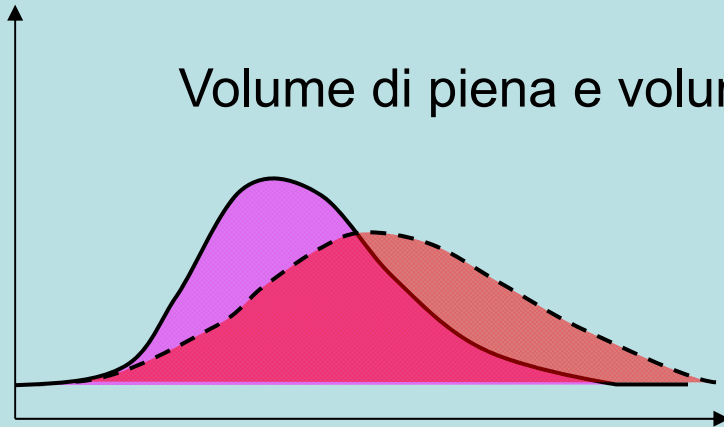
$$Q_{u,\max}^{(b)} = Q_{e,\max} \left(1 - \frac{W_i}{W_p} \right)^{3/2} \quad \text{Efflusso a battente}$$

W_p Volume complessivo della piena

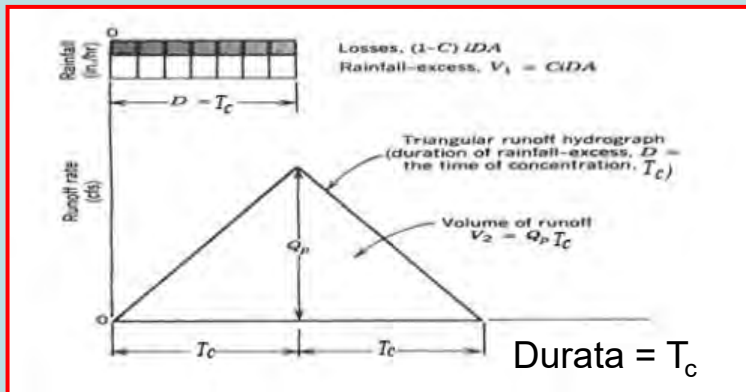
W_i Volume invasato

Il sistema idraulico come serbatoio

Volume di piena e volume accumulato

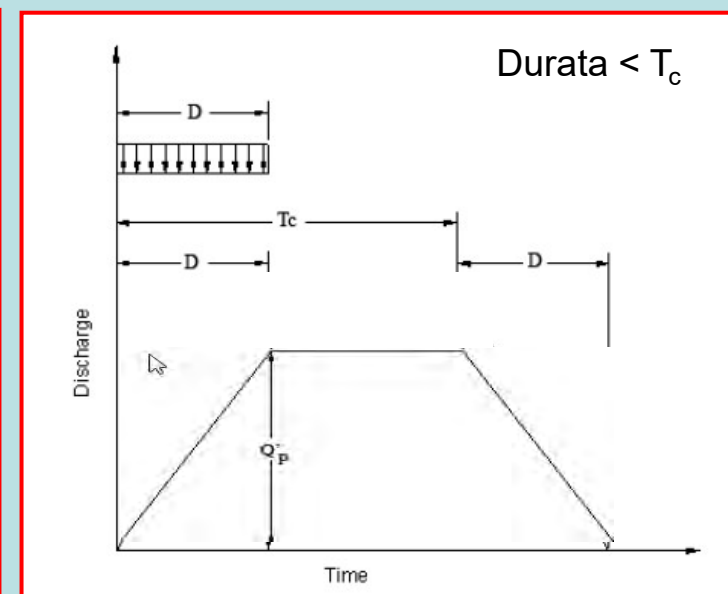
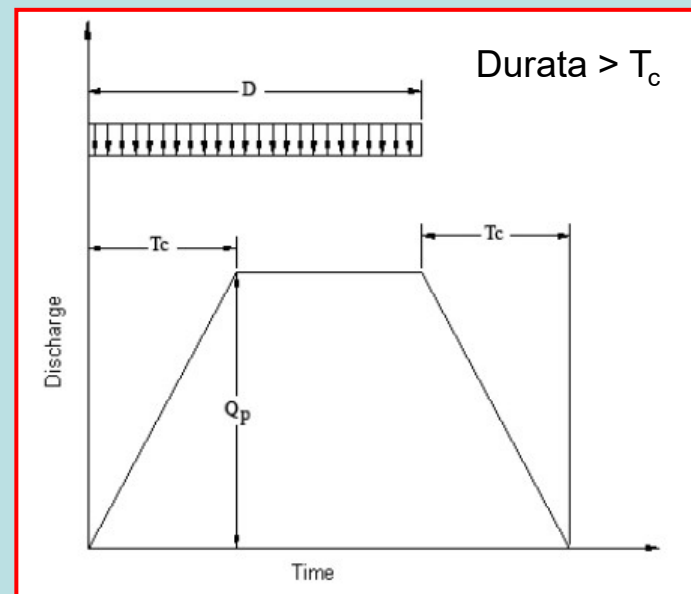


Metodo razionale modificato



La Formula razionale modificata fu sviluppata da Portner (1974), al fine di utilizzare l'approccio della formula razionale al fine dimensionare **strutture con capacità di accumulo**

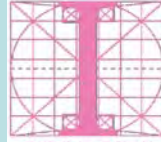
$$W_p = \varphi \cdot h \cdot S$$





Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



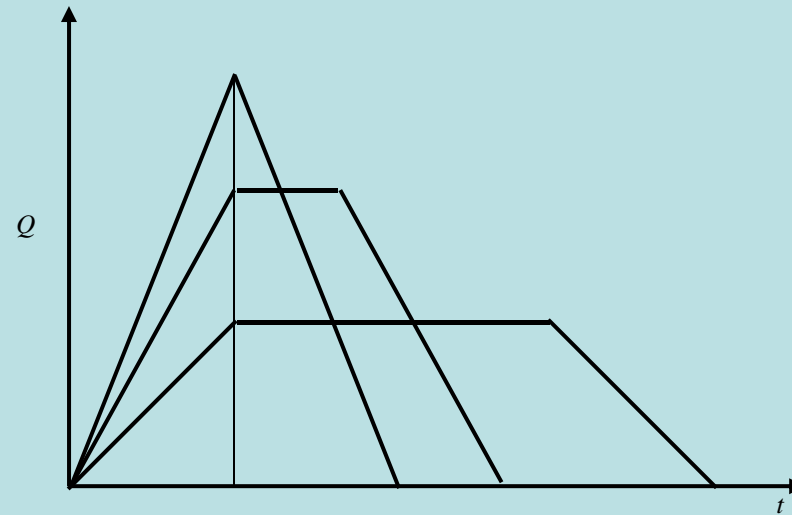
ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Metodo razionale modificato



I metodi “dell’invaso”

Idraulica	Idrologia
Reti di drenaggio: Fantoli 1904 Puppini 1922 Supino 1956	Afflussi-deflussi: Serbatoio lineare - Cascata di serbatoi Sherman 1932 Nash 1957



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Il metodo italiano “dell’invaso”

Il metodo italiano dell’invaso si basa sulla, ovvia, osservazione che nel caso di correnti a superficie libera variazioni di portata comportano/richiedono variazioni del volume accumulato nel sistema

Le equazioni utilizzate sono l’equazione di continuità e una formula per calcolare la portata in uscita dal sistema

Il parametro principale è il tempo necessario a riempire il volume di accumulo disponibile nel sistema di drenaggio

Il metodo italiano “dell’invaso”

Il volume di accumulo disponibile nel sistema è suddiviso in: *grandi e piccoli invasi*

I *grandi invasi* consistono nel volume presente nei rami principali del sistema

I *piccoli invasi* rappresentano il volume presente nei rami secondari del sistema ed il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete idrografica

NB Il volume accumulato in elementi quali: pozzanghere, avvallamenti del terreno, coperture etc., che siano idraulicamente isolati rispetto alle rete di drenaggio, fanno concettualmente parte delle perdite che sono rappresentate dal Coefficiente di deflusso



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Il metodo italiano “dell’invaso”

Il funzionamento dei collettori è *autonomo*: assenza fenomeni di rigurgito

Il comportamento della rete nel suo complesso è *sincrono*, cioè i diversi collettori raggiungano contemporaneamente il massimo valore del volume invasato

Applicazioni: reti di bonifica, fognature urbane

Il metodo italiano “dell’invaso”

Equazione di continuità

$$\frac{dW}{dt} = Q_i - Q_u$$

$$Q_u = c_Q h^\gamma$$

$$r = \frac{c_Q}{c_W^{\gamma/\delta}}$$

$$\gamma = 0.5 - 1.5$$

$$\delta > 1$$

$$W = c_W h^\delta$$

$$\beta = \frac{\gamma}{\delta}$$

$$Q_u = rW^\beta$$

$$\frac{dW}{dt} = Q_i - rW^\beta$$

$$\frac{dW}{dt} = P - rW^\beta$$

Il metodo italiano “dell’invaso”

Equazione di continuità

$$\frac{dW}{dt} = Q_i - Q_u \quad Q_u = rW^\beta$$

La soluzione analitica esiste (Basha, 1994):

per qualsiasi valore di β quando la portata in ingresso Q_i è costante

per qualsiasi funzione della portata in ingresso Q_i quando $\beta = 1$,

piecewise linear quando $\beta = 0.5$ (Basha 1994)

Il metodo italiano “dell’invaso”

Equazione di continuità

$$z = \frac{Q}{P} \quad dQ = P \cdot dz \quad dt = \frac{W_m}{\beta Q_m^{1/\beta}} \frac{(zP)^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{P - zP} P dz$$

$$t_r = \frac{W_m}{P} \xi_\beta \quad \xi_\beta = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n\beta + 1}$$

$$\text{Se } \beta = 1 \quad t_r = \frac{W_m}{P} |\log(1 - z)|$$

Il metodo italiano “dell’invaso”

Formula razionale

$$P = \varphi \cdot \frac{h}{t} \cdot S \quad h = a \frac{t_p}{\left(1 + \frac{t_p}{t_c}\right)^c} \quad P = \varphi \frac{a}{\left(1 + \frac{t_p}{t_c}\right)^c} S$$

$$t_p = t_c \left[\left(\varphi \frac{a}{u} z \right)^{1/c} - 1 \right]$$

$$t_r = \frac{W_m}{P} \xi_\beta$$

Il metodo italiano “dell’invaso”

$$t_r = t_p \quad \frac{W_m}{Q_m} \xi_\beta = t_c \left[\left(\varphi \frac{a}{u} z \right)^{1/c} - 1 \right]$$

$$[a] = \frac{mm}{ora} \quad [t_c] = ore \quad [u] = \frac{l}{s \cdot ha}$$

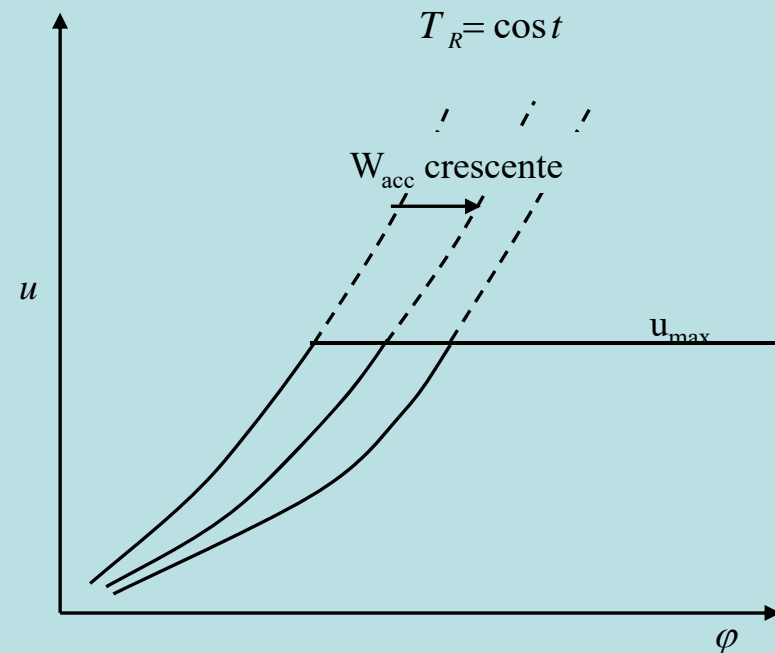
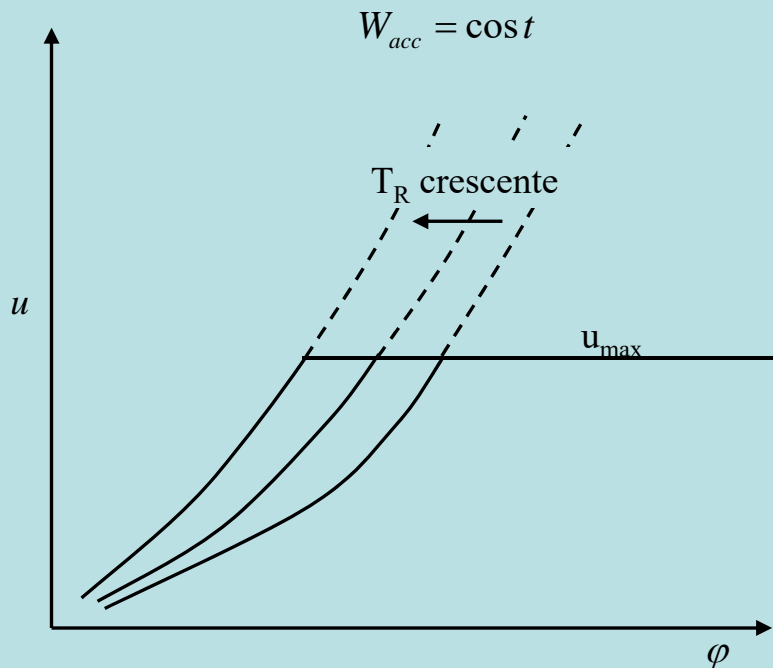
$$W_{\max} = 3.6 \cdot u_{\max} t_c \frac{\left(\varphi \frac{10 \cdot a}{3.6 \cdot u_{\max}} z \right)^{1/c} - 1}{z \cdot \xi_\beta}$$

$$\left(z \cdot \xi_\beta \frac{W_{\max}}{3.6 \cdot u_{\max} t_c} + 1 \right)^c - \varphi \frac{10 \cdot a}{3.6 \cdot u_{\max}} z = 0$$

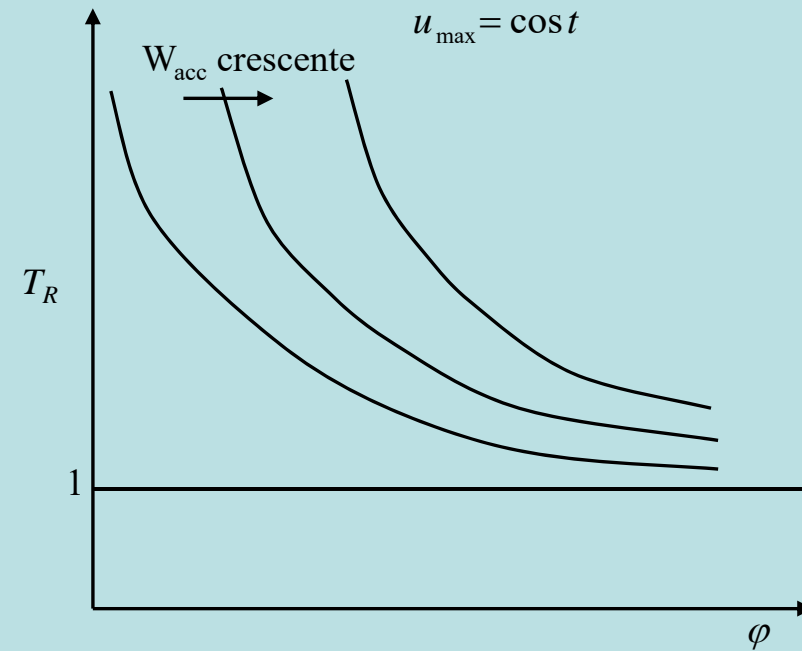
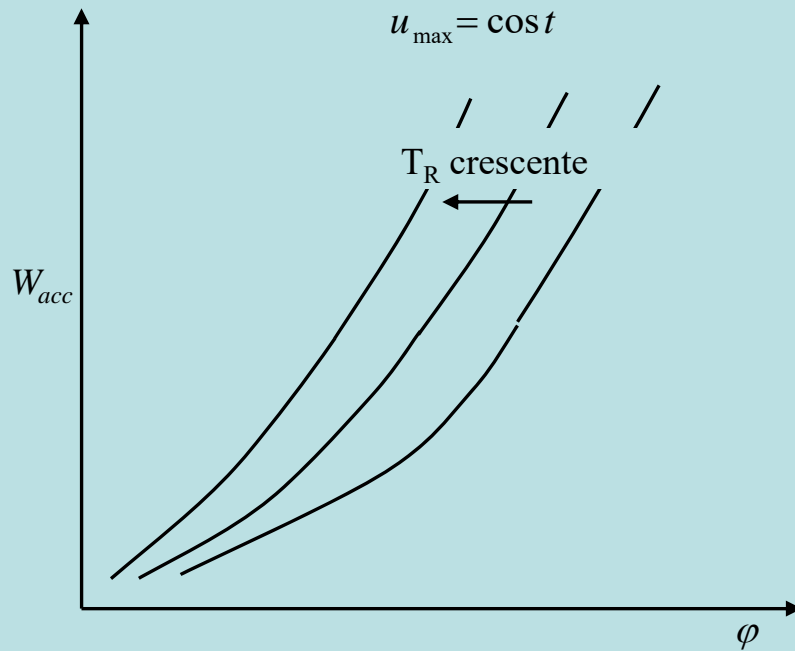
Il metodo italiano “dell’invaso”

$$u = u(T_R, W_{acc}, \varphi)$$

$$u_{\max} = \frac{Q_{\max}}{S}$$



Il metodo italiano “dell’invaso”





Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Il metodo italiano “dell’invaso”

Applicazione ad una parte del territorio del Consorzio di Bonifica del Sarno

- studio 1956 dell'ing. Martinez y Cabrera riporta un coefficiente udometrico di progetto della rete pari a 15 l/s/ha e $\varphi = 0.25$
- relazione 1990 Infrasad riporta un coefficiente udometrico massimo per la rete pari a 35 l/s/ha

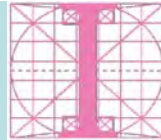
$$\left(z \cdot \xi_{\beta} \frac{w_{\max}}{3.6 \cdot u_{\max} t_c} + 1 \right)^c - \varphi \frac{10 \cdot a}{3.6 \cdot u_{\max}} z = 0$$

u	W_{acc}
15	55
35	85



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it



SCARIO (Salerno)

Applicazione pozzi disperdenti

Criteri di progettazione

Non si considera la capacità di dispersione del pozzo **durante l'evento**

Il volume del pozzo deve contenere l'intero afflusso idrico

*Il calcolo sulla dispersione dal pozzo è finalizzato a valutare il tempo di svuotamento del pozzo così di stabilire, dal punto di vista **probabilistico**, se il volume di accumulo sarà disponibile per l'evento successivo*

Dal punto di vista idrologico il parametro significativo è il volume idrico che può affluire nel pozzo

Si considera la capacità di dispersione del pozzo **durante l'evento**

Calcolo di laminazione

Applicazione pozzi disperdenti

calcolo di laminazione

Equazione di continuità

$$\frac{dW}{dt} = Q_e - Q_u$$

Curva dei volumi di invaso

$$W = A_p \cdot H$$

Portate in uscita

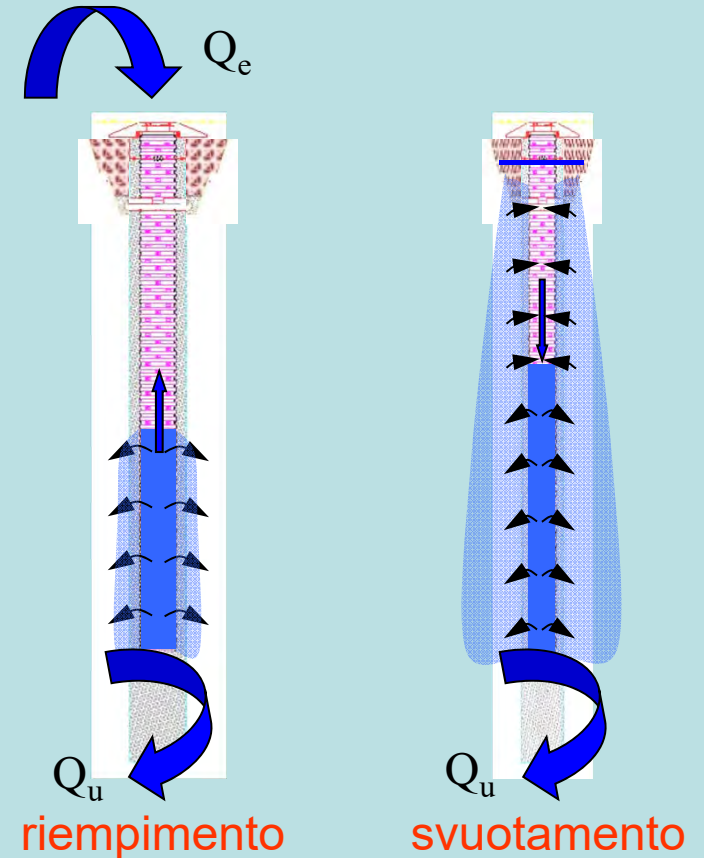
$$Q_u = Q_u(k, H, d, t)$$

k coefficiente di filtrazione

H altezza della colonna filtrante

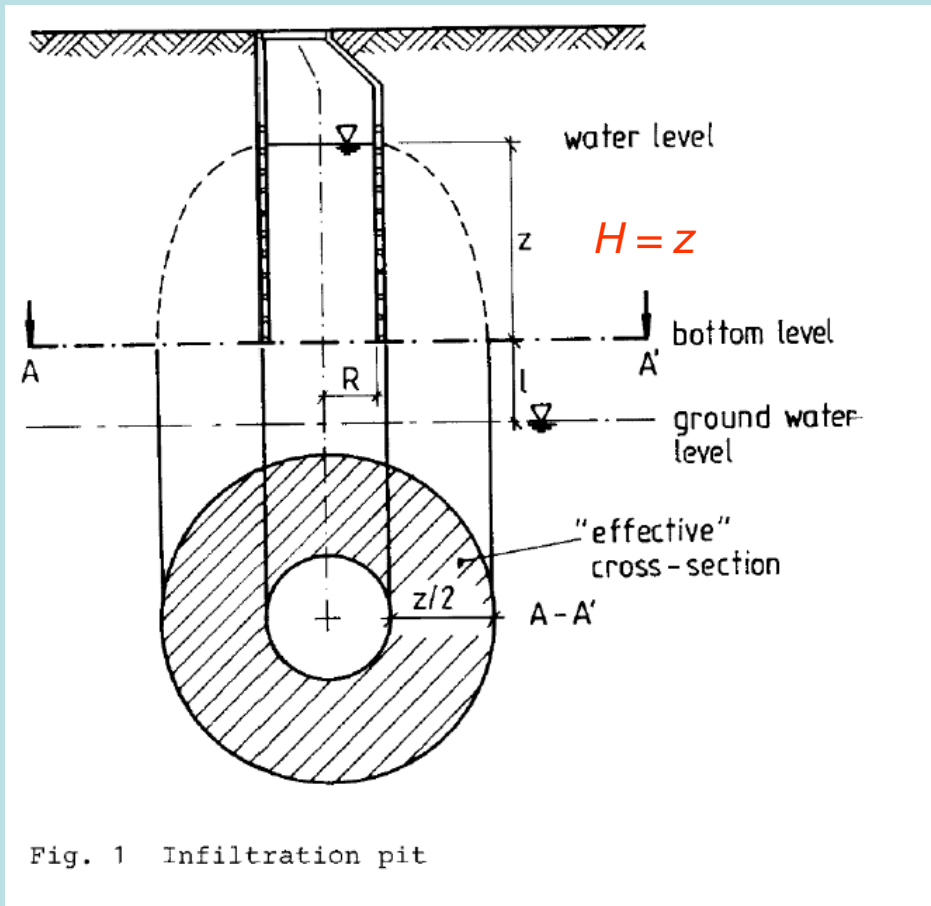
d diametro del pozzo

t tempo



Applicazione pozzi disperdenti

moto permanente



Formula di Sieker

$$Q = k \left[\left(r + \frac{H}{2} \right)^2 - r^2 \right] \frac{L + H}{L + \frac{H}{2}}$$

*Coefficiente
di filtrazione*

Area

*Cadente
piezometrica*

Q_u condizioni:

moto stazionario

sezione di flusso orizzontale

moto diretto verso il basso

Applicazione pozzi disperdenti

moto permanente

Altre formule per il calcolo della portata

In generale le formule di Sieker e USBR forniscono risultati simili con la formula di Horlsev che fornisce valori leggermente minori

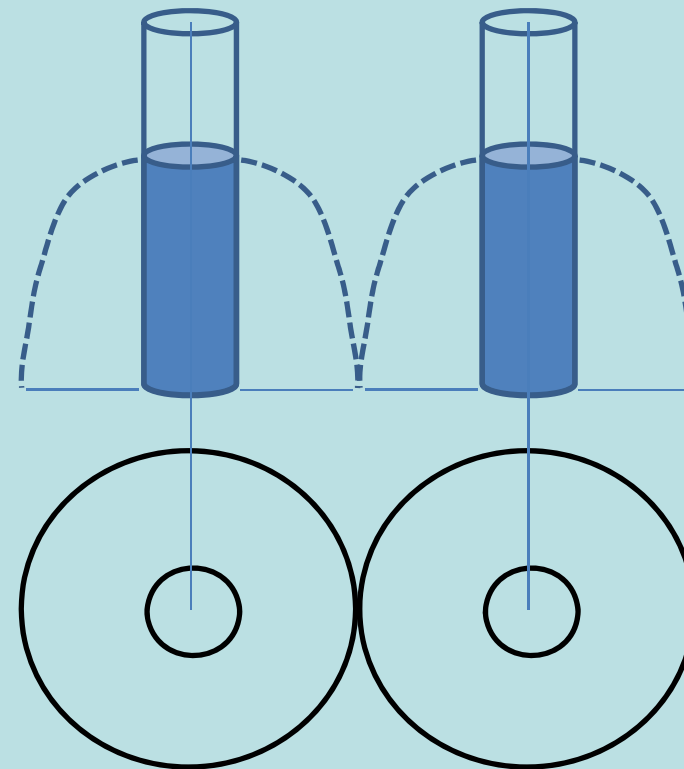
Per ***falde profonde*** i valori sono a vantaggio di sicurezza in quanto sottostimano la portata dispersa dal pozzo

Per ***falde superficiali*** i valori sono a svantaggio di sicurezza in quanto sovrastimano la portata dispersa dal pozzo

Applicazione pozzi disperdenti

moto permanente

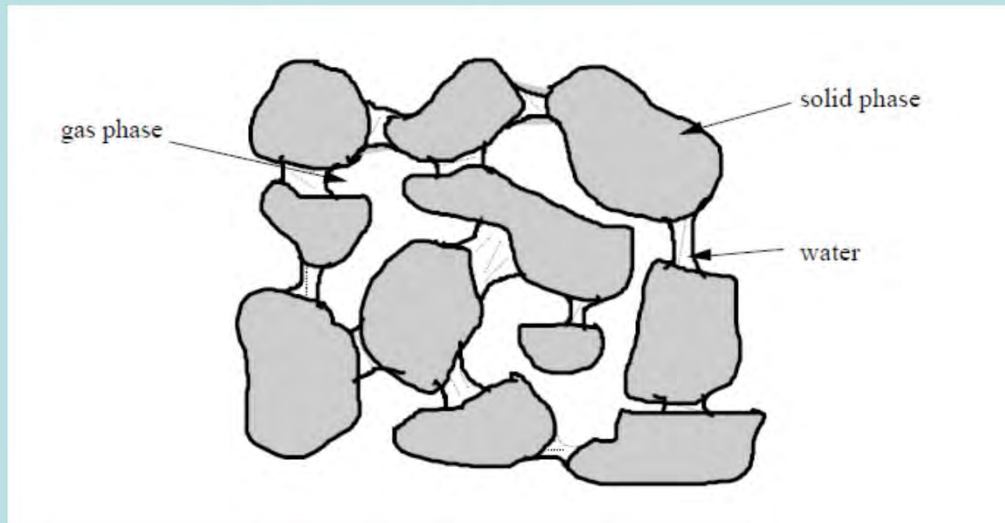
Effetto di interazione tra i pozzi



interasse > 2(R+H/2)

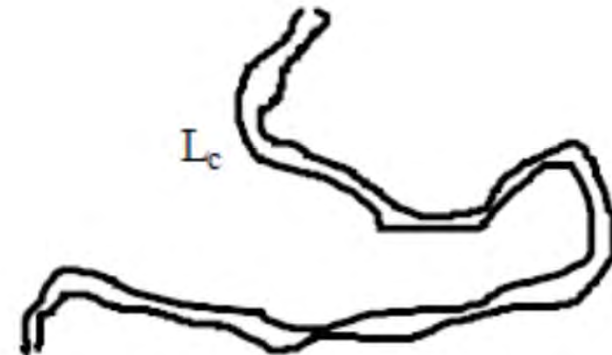
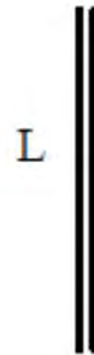
Applicazione pozzi disperdenti

moto vario



Condizioni non sature

Percorsi di filtrazione



Applicazione pozzi disperdenti moto vario

Lo schema precedente suggerisce che al decrescere del contenuto d'acqua

- *la sezione netta occupata dall'acqua dovrebbe diminuire*
- *la tortuosità (lunghezza) dei percorsi seguiti dall'acqua dovrebbe aumentare*
- *la forza resistente dovrebbe aumentare*

per cui ***la conducibilità non satura dovrebbe decrescere***



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

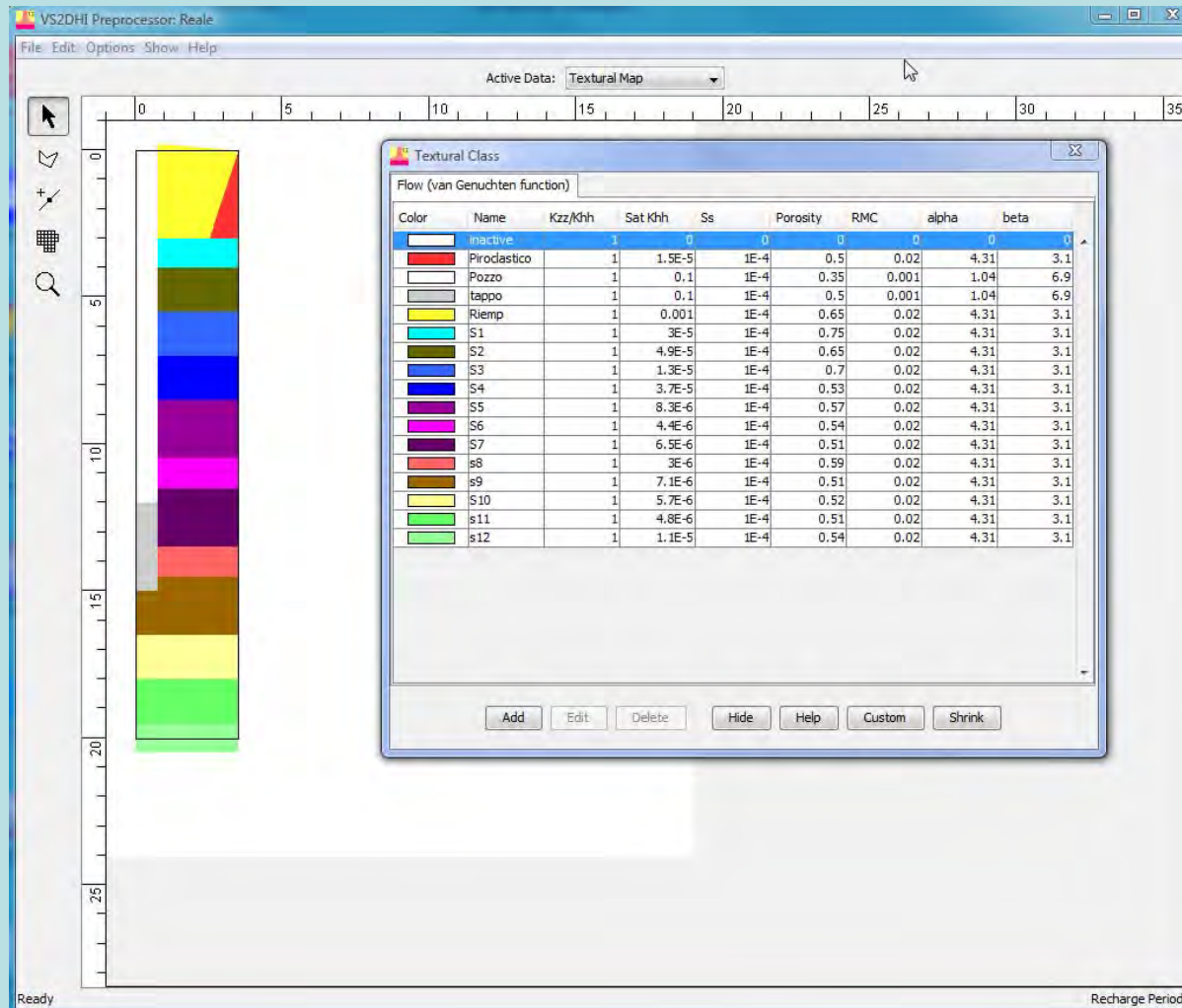
Applicazione pozzi disperdenti moto vario

<u>Hydraulic conductivity</u> cm/hr	<u>Water content</u> %	<u>soil-water pressure head</u> cm
<u>Sand</u>		
30	25	-0
0.15	20	-50
0.004	10	-100
<u>Loam</u>		
2.8	45	0
1.3	44	-25
1.2	42	-50
0.17	35	-75
0.071	33	-90
0.037	30	-100
0.0048	20	-1,000
0.00054	10	-14,000
0.00006	8	-15,000

Dati sperimentali
Comportamento fortemente non
lineare

Applicazione pozzi disperdenti

moto vario



VS2DH USGS

terreno non-saturo
equazione continuità nel terreno
permeabilità complessiva media
variabile



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche

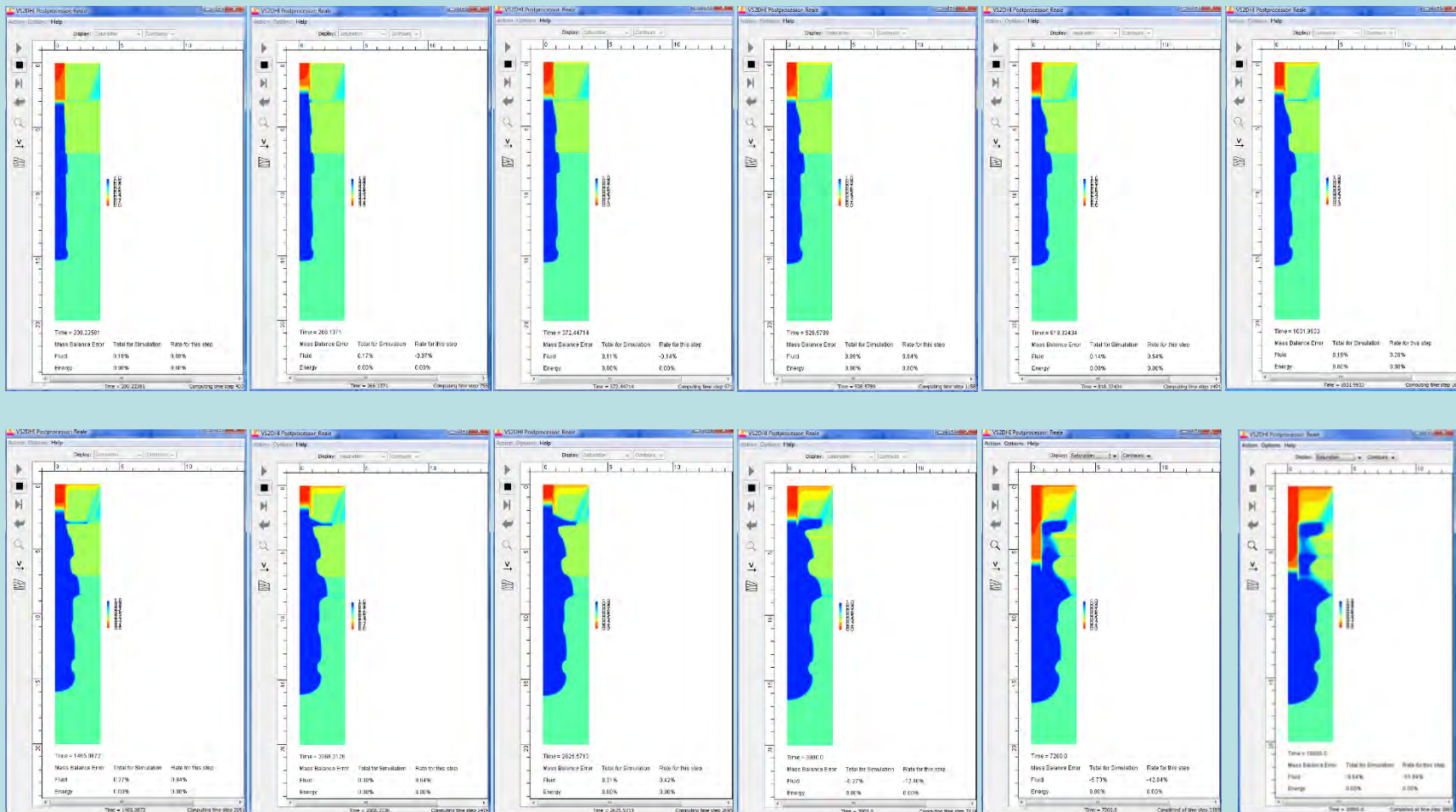


C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

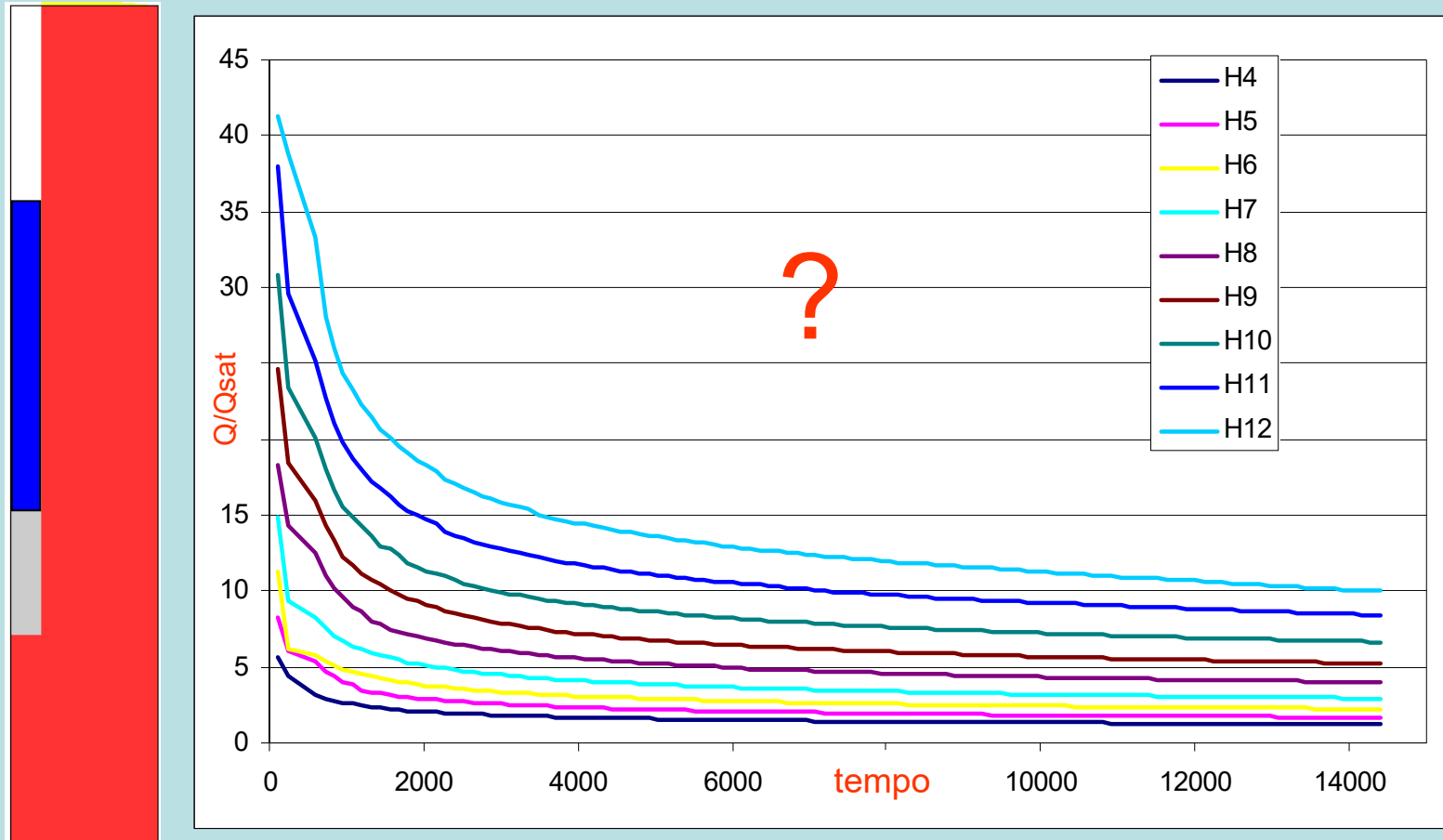
Applicazione pozzi disperdenti moto vario



Applicazione pozzi disperdenti

moto vario

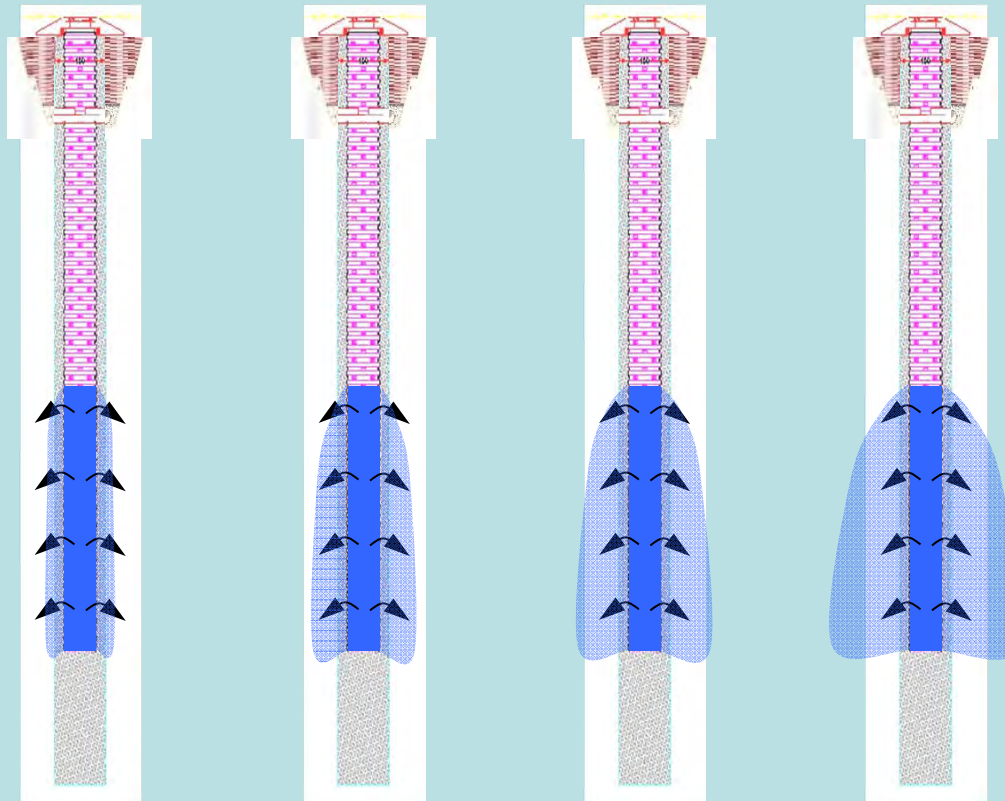
Evoluzione temporale portata a carico costante



Applicazione pozzi disperdenti

moto vario

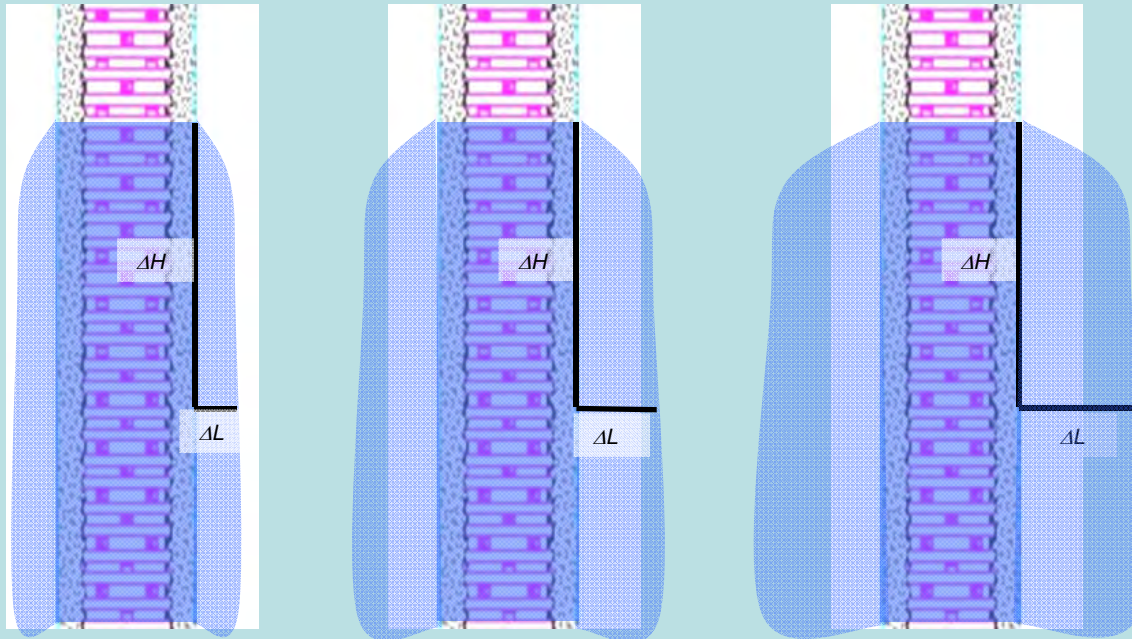
Moto vario evoluzione a carico costante



Applicazione pozzi disperdenti

moto vario

Evoluzione cadente piezometrica



Volume idrico accumulato
nel terreno

$$V_{H20} = (p_{tot} - p_{iniz})V_{ter,sat}$$

$$Q = k \cdot A \cdot J = k \cdot A \cdot \frac{\Delta H}{\Delta l}$$



Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org



C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

Applicazione pozzi disperdenti

moto vario

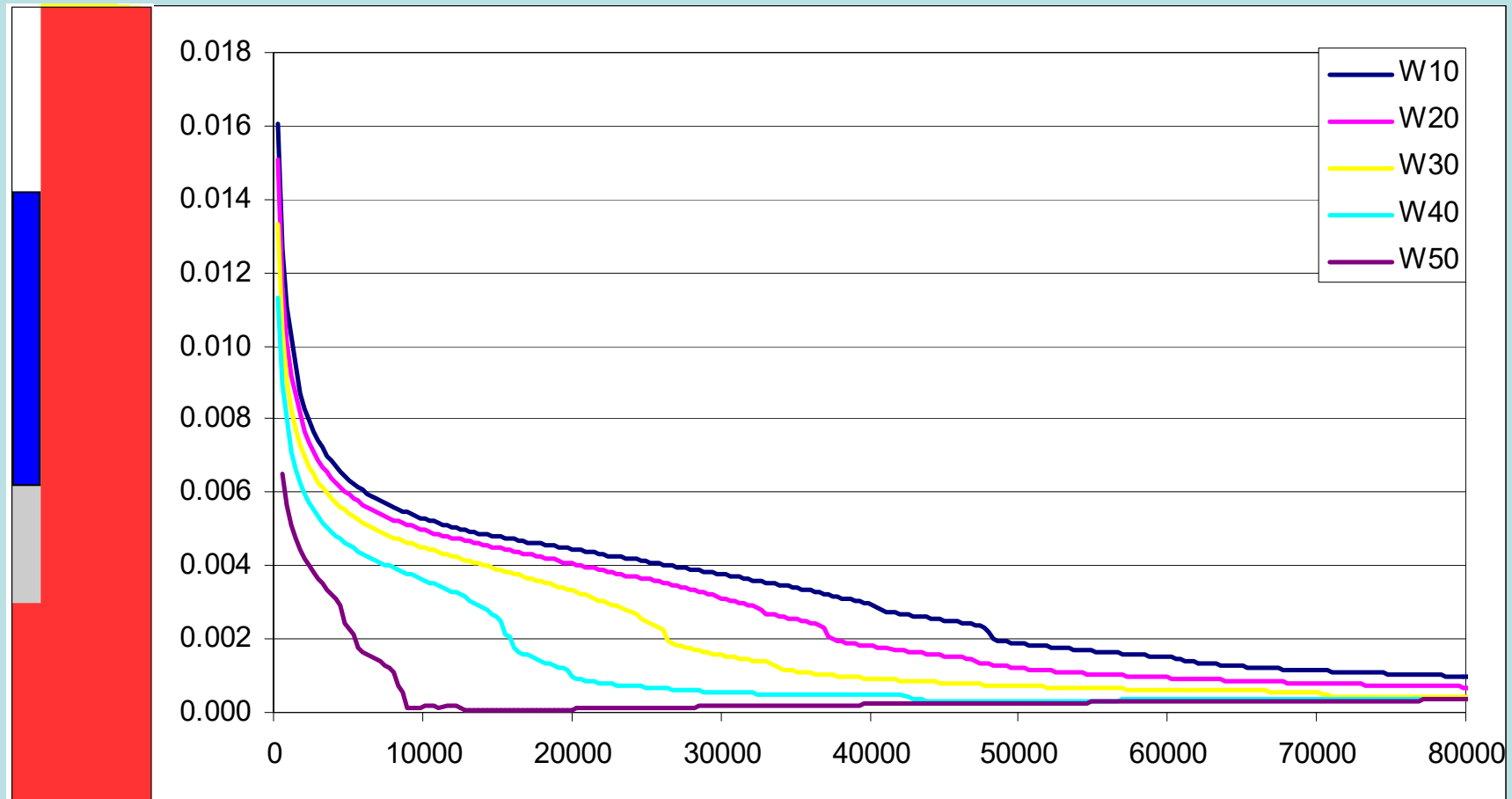
Volume di accumulo nel terreno

$$w = nW$$

Applicazione pozzi disperdenti

moto vario

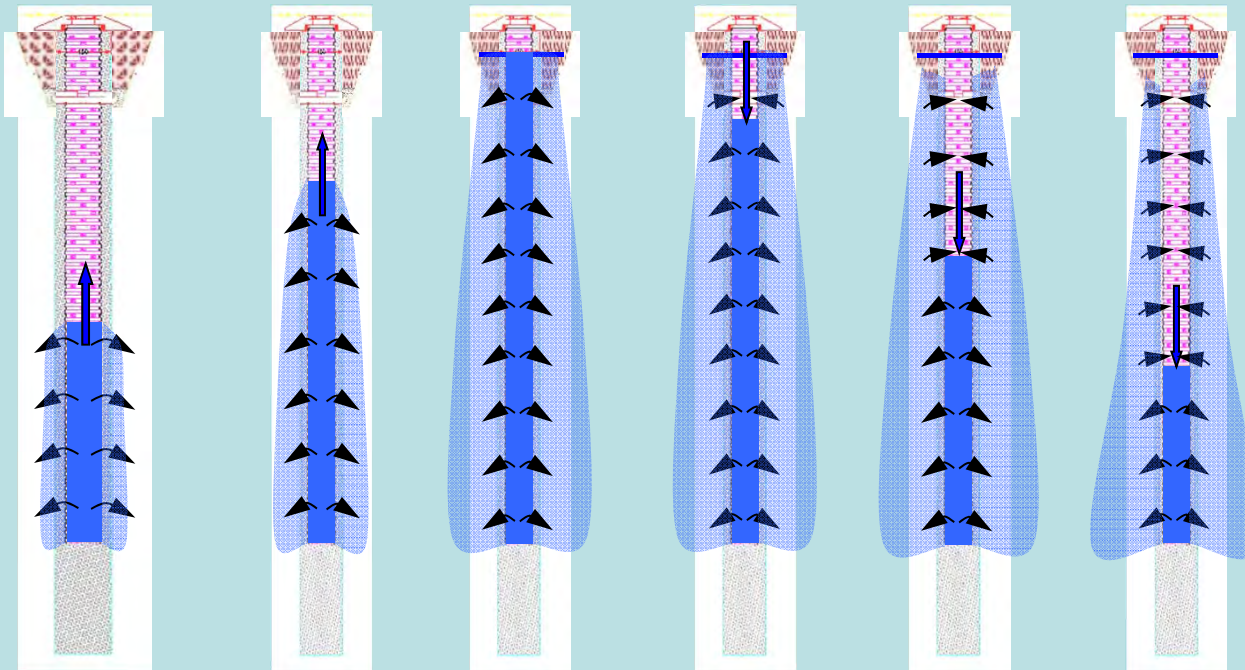
effetto contenuto d'acqua iniziale



Applicazione pozzi disperdenti

moto vario

evoluzione temporale livello idrico nel pozzo





Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

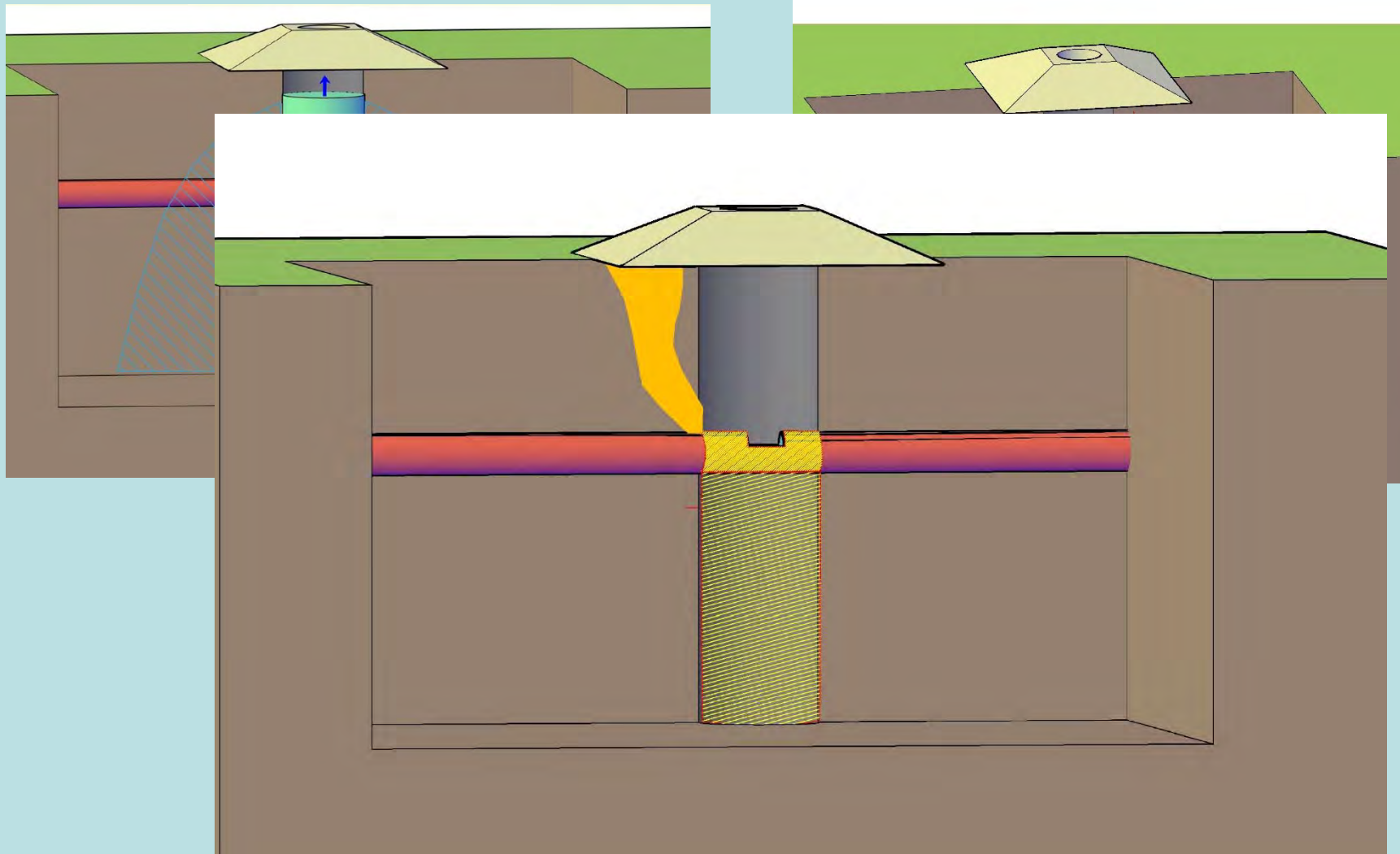


C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

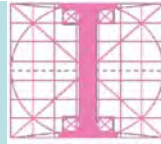
Applicazione pozzi disperdenti





Via Nuova Poggioreale, centro polifunzionale, torre 7, 80133 Napoli
Tel. 081 7901944 fax 081 0098966
www.cesbim.it e-mail: segreteria@campaniabonifiche.org

CESBIM CENTRO STUDI SULLE BONIFICHE
NELL'ITALIA MERIDIONALE
Campania Bonifiche



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI SALERNO

C.U.G.R.I.

Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi

Sede Amministrativa e legale: c/o
Università degli studi di Salerno - Dipartimento Ingegneria Civile - via Giovanni Paolo II
84084 Fisciano (SA) Italy Tel. 089-968927/53 Fax: 089-968791
<http://www.cugri.it> - pec: cugri@pec.it - email: cugri@unisa.it

