



BONIFICA DI ARGENTA ANALISI COSTI-BENEFICI PER L'INDIVIDUAZIONE DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

TESI DI LAUREA
(Silvia Caniati)

+

INTEGRAZIONI
(Lorenzo Carrera)

Fondazione Enrico Mattei



.....Il termine «*rischio*» nel descrivere i potenziali effetti degli estremi climatici



- **Esiste un' interpretazione corretta e univoca del termine «rischio» ?**
- **Come stimare in maniera adeguata il rischio da eventi estremi secondo la Direttiva Quadro Europea 2007/60 ?**

❖ **2007/60/EC Flood Risk Management Directive**: per rischio da alluvione si intende la combinazione della probabilità di un evento alluvionale e le potenziali conseguenze negative che esso comporta sulla salute umana, sull'ambiente, sul patrimonio culturale e sulle attività economiche associate all'evento.

(Traduzione propria da Direttiva Quadro Europea sul rischio inondazioni, Capitolo 1, Articolo2, punto 2).





❖ In IPCC-SREX si presenta il Rischio come la probabilità, in uno specifico periodo temporale, di severe alterazioni delle normali funzioni di una comunità o una società, causate da pericolosi eventi fisici interagenti con condizioni sociali vulnerabili, che portano alla diffusione di effetti negativi nell'ambito umano, materiale, economico ed ambientale, i quali richiedono risposte emergenziali immediate al fine di soddisfare i bisogni della popolazione.

(Traduzione propria da IPCC-SREX 2012).



Esistono almeno due correnti di ricerca distinte che si occupano del rischio: *Cambiamenti Climatici (CC)* e *Riduzione del Rischio Disastri (DRR)*.

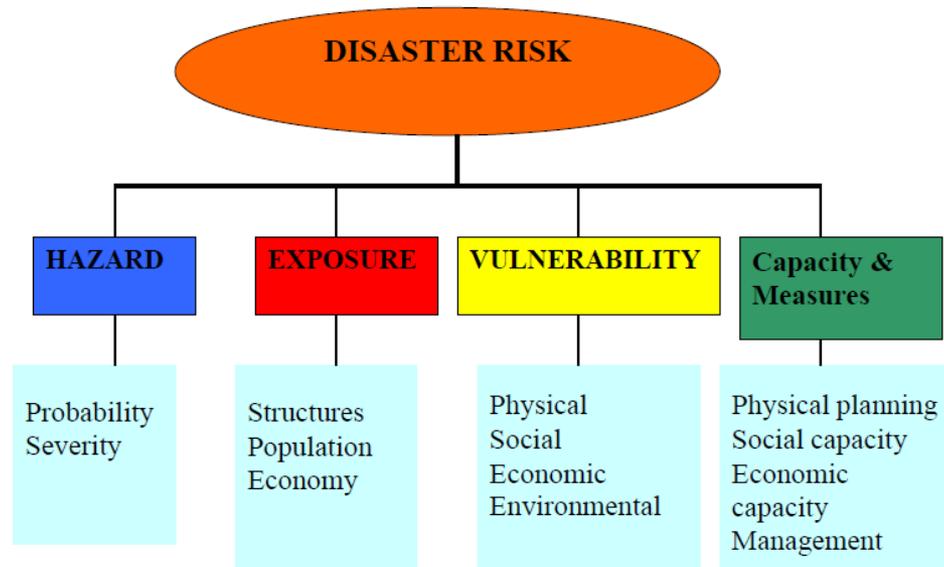
❖ **La varietà disciplinare del tema contribuisce alla frammentazione concettuale ed alle discrepanze metodologiche nella valutazione del rischio.**

❖ **La stima economica del rischio considera spesso solo i danni diretti tangibili, tralasciando indiretti ed intangibili.**



Strutture concettuali – Riduzione del Rischio

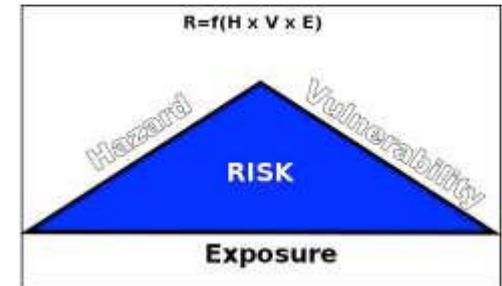
Davidson (1997): esprime una struttura concettuale per la valutazione del rischio che include vulnerabilità e capacità istituzionale e socio-economica.



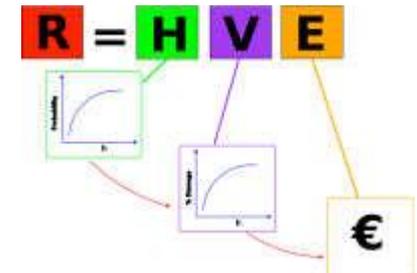
Fonte: Davidson 1997 : 5; and Bollin et al. 2003 : 67

Strutture concettuali – Riduzione del Rischio

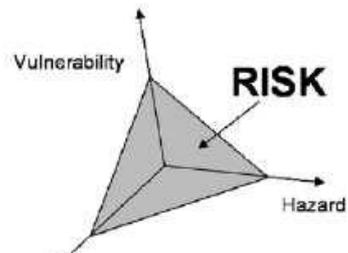
❖ **Crichton (1999):** espone il concetto di **Rischio** come funzione di vulnerabilità, pericolosità fisica/ambientale ed esposizione (vulnerability **V**, hazard **H** and exposure **E**). Il rischio viene misurato come danno atteso (diretto tangibile). **H** e **V** sono caratterizzati da distribuzioni probabilistiche, mentre **E** in termini monetari.



Fonte: Crichton (1999), redrawn by KULTURisk



Fonte: Martina (2012), redrawn by KULTURisk

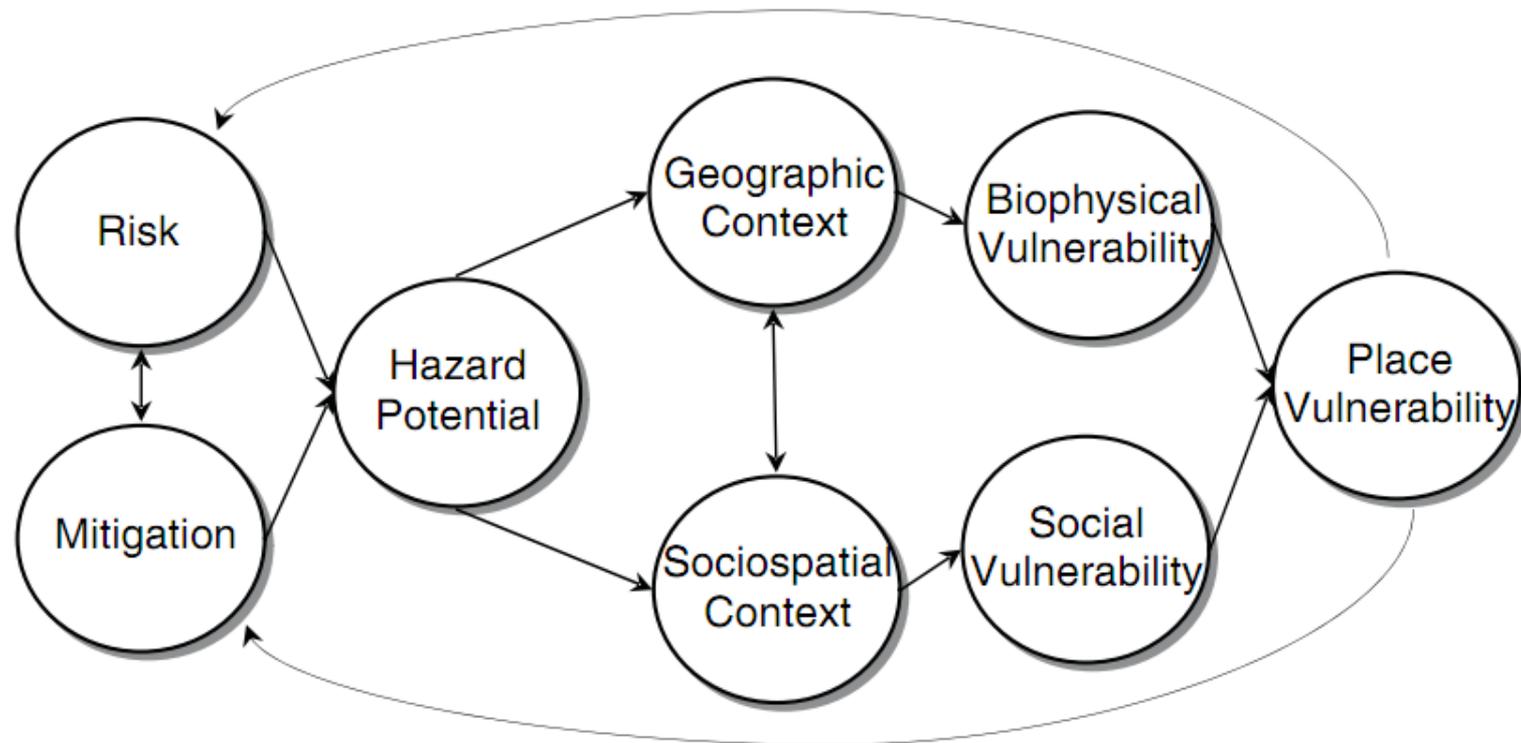


Fonte: Villagran de Leon, 2001/2004.
Deficiencies in preparedness.

Villagran de Leon (2001): Rischio come funzione di vulnerabilità, pericolosità e mancata preparazione.

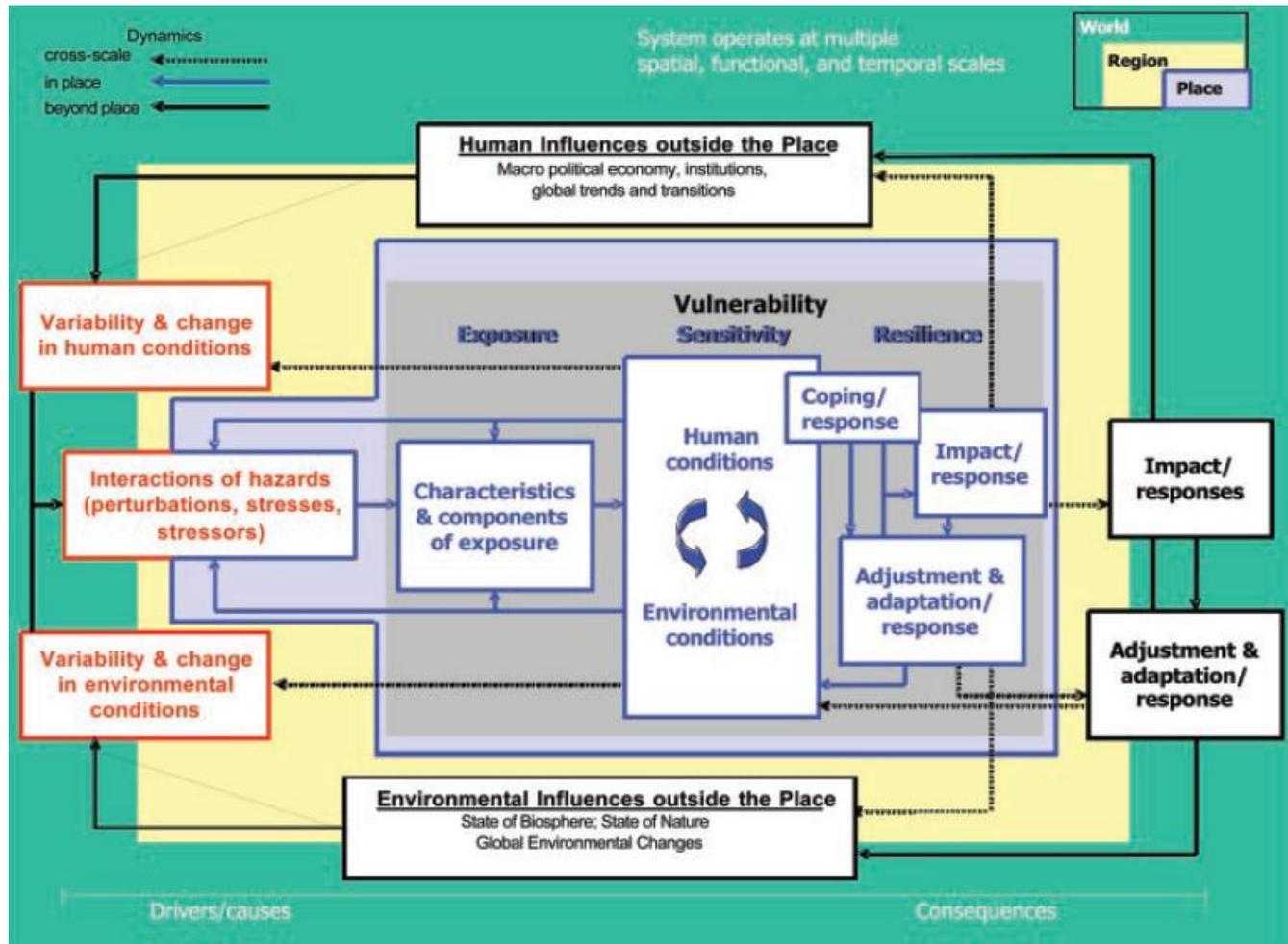
Strutture concettuali – Componenti sociali in DRR

❖ **Cutter (1996 e successivi): Spiega la nozione di Rischio con l’Inclusione dei fattori di vulnerabilità sociale e biofisica attraverso l’aggregazione di variabili quantitative e qualitative.**



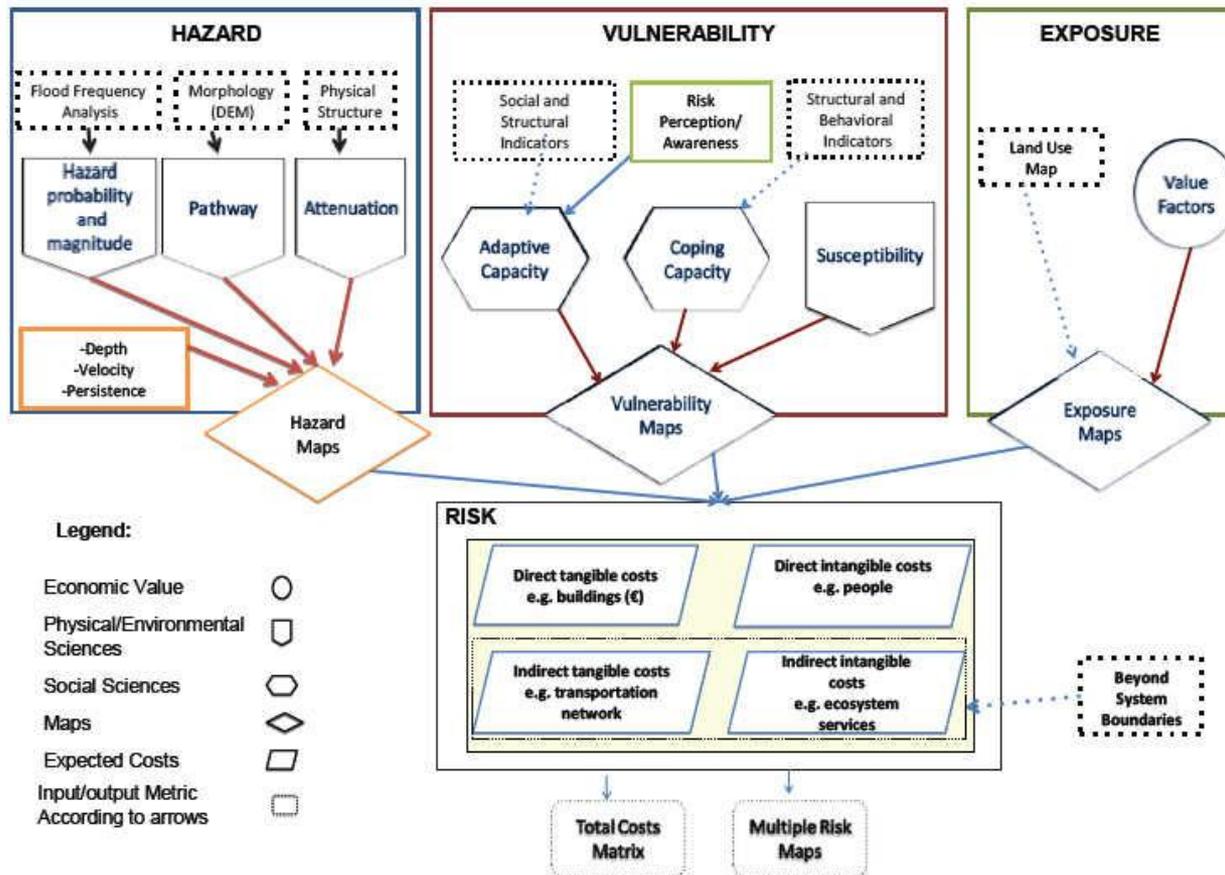
Strutture concettuali – Integrazione DRR e CC

- ❖ **Turner (2003)**: descrive la propria «idea» di rischio come intersezione delle componenti sociali ed ecologiche. Trattasi di una Struttura Multi-dimensionale che ingloba resilienza-esposizione e vulnerabilità.



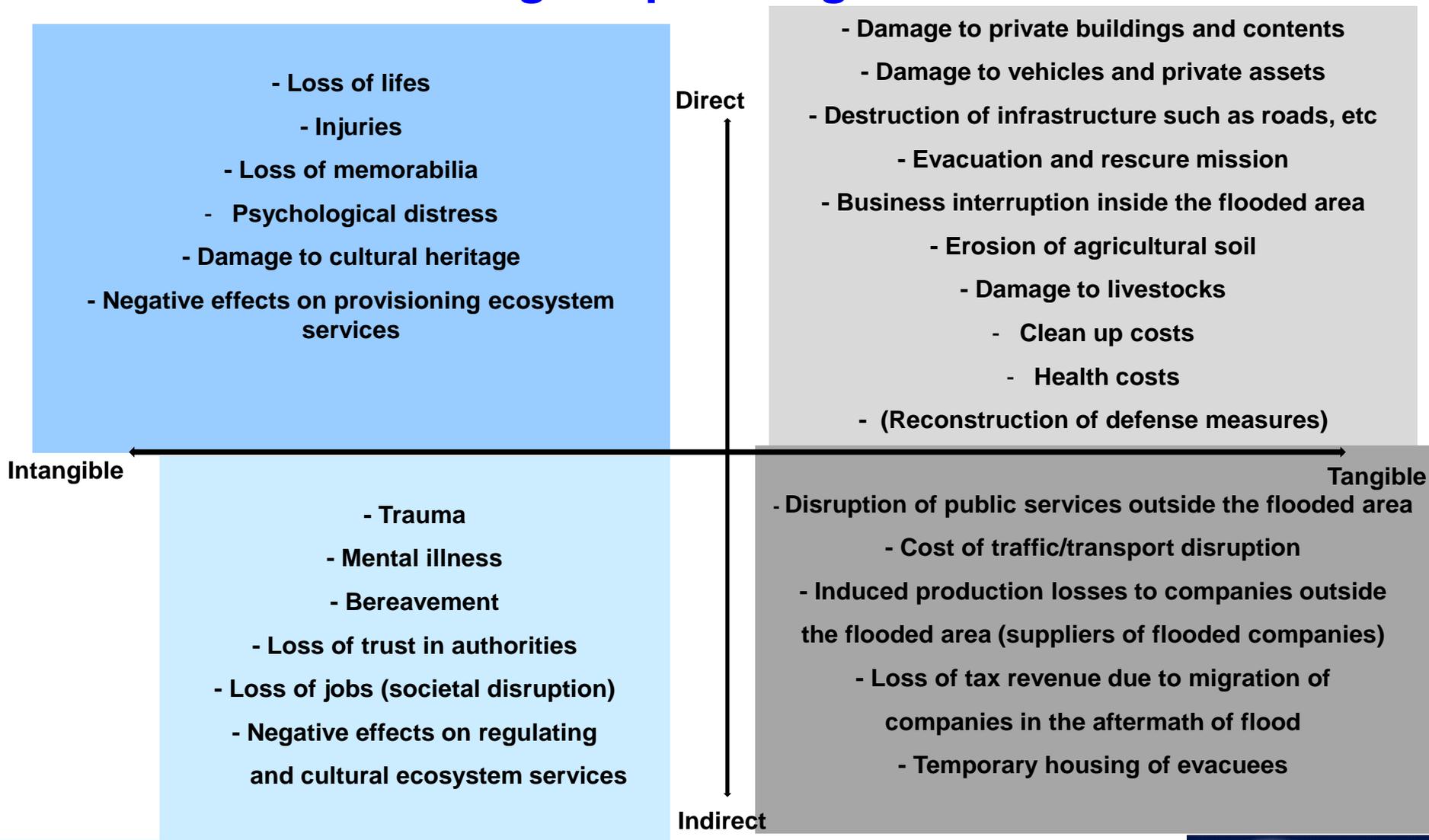
Strutture concettuali – KULTURisk Framework

❖ Con la KULTURisk Framework (2012) si affronta l'integrazione aggiuntiva fra rischio ambientale e costo sociale per la valutazione (costi) del rischio.

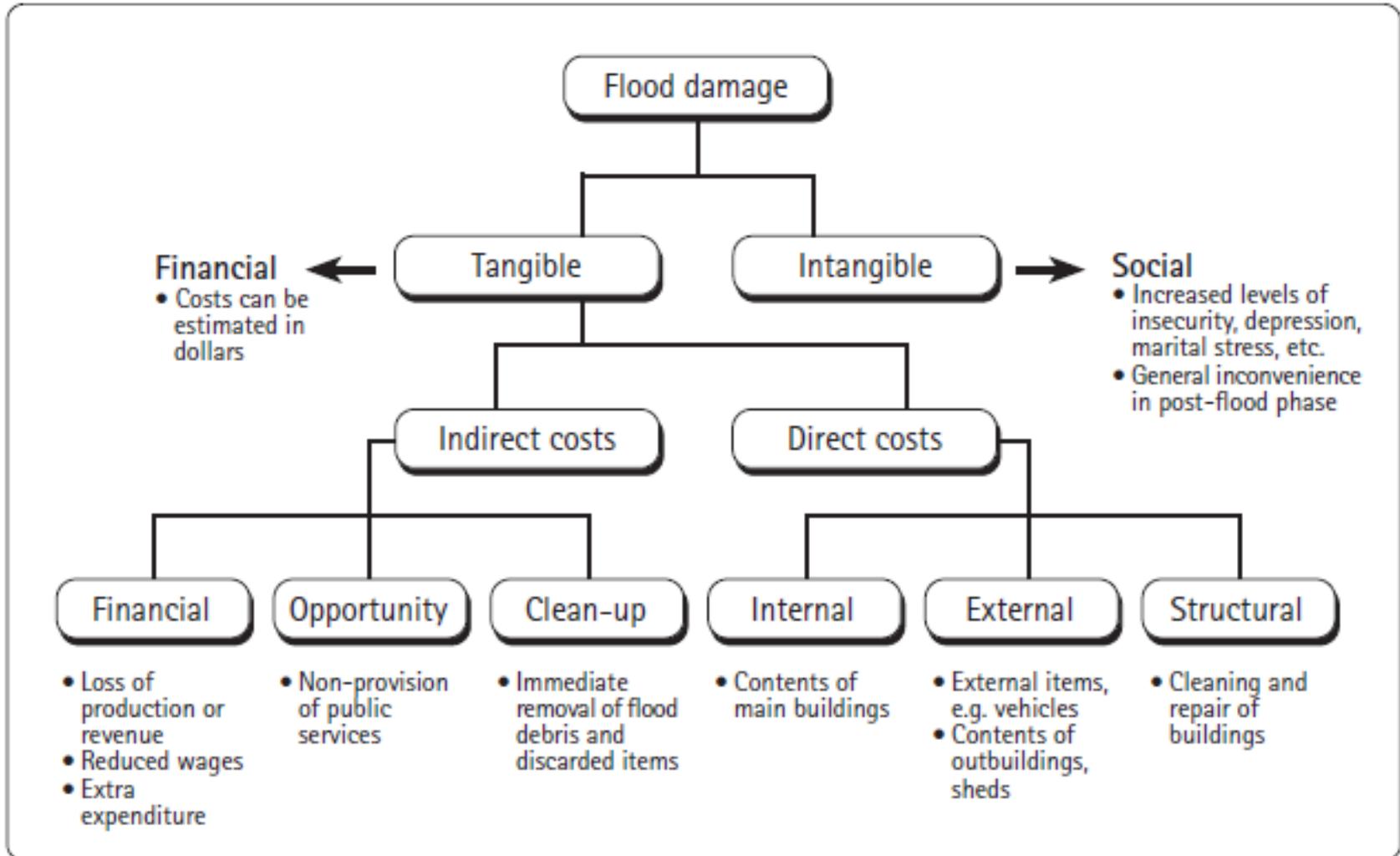


Fonte: Balbi et al. (2012)

La matrice degli impatti degli eventi estremi



Categorie di danno economico



Conclusioni : esiste un'interpretazione corretta?

- ❖ In conclusione non esiste una struttura concettuale «definitiva» per l'approccio al «rischio». La struttura concettuale è funzionale alle necessità, deve essere quindi definita in base agli obiettivi specifici ed alle informazioni disponibili.

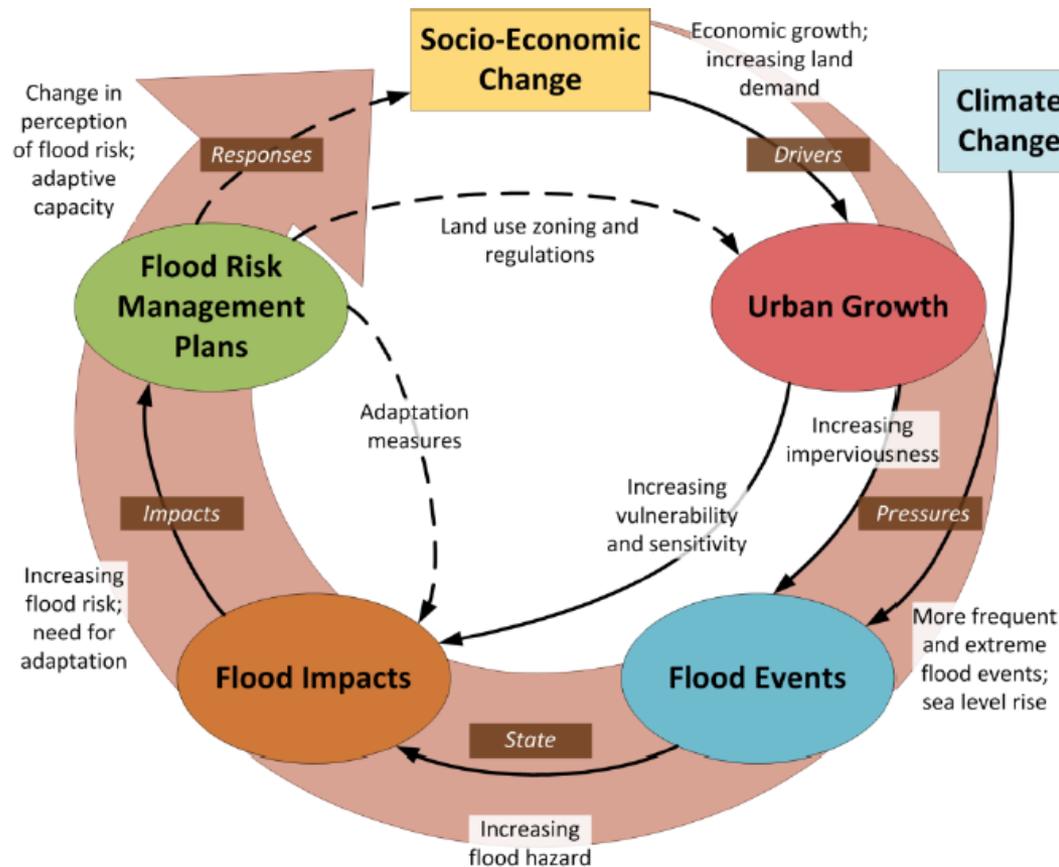
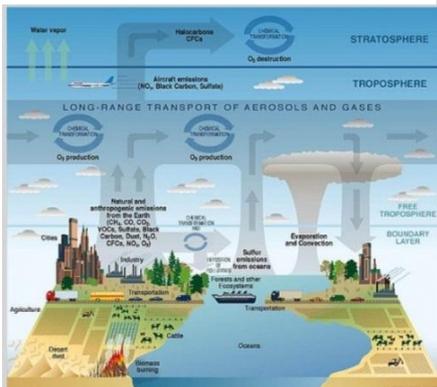


Figure 1: The CORFU Drivers-Pressures-State-Impacts-Responses (DPSIR) framework.



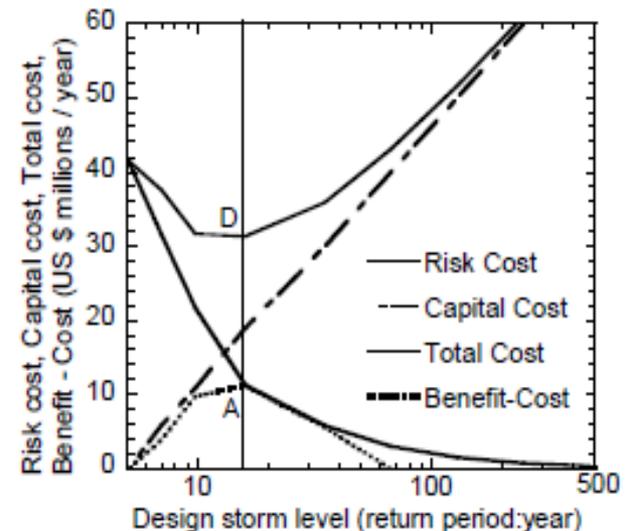
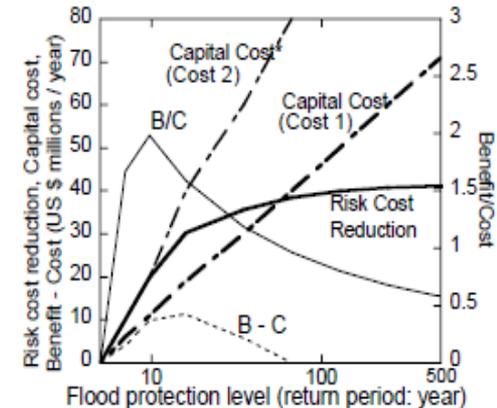
- ❖ **Recenti sviluppi in ambito scientifico condividono la necessità di integrare caratteristiche di vulnerabilità sociale, esposizione e pericolosità con fattori di cambiamento in atto, quali sviluppo (adattamento e gestione del rischio) e climatico (variabilità).**



L'analisi Costi – Benefici nei progetti di difesa idraulica

L'Analisi Costi – Benefici, in generale, consente la scelta di un'opera di intervento in maniera ponderata, razionale e multi obiettiva. In quest'ottica essa trova anche applicazione nelle scelte di interventi di mitigazione del rischio idraulico.

Gli interventi volti alla difesa idraulica del territorio, dipendono da grandezze fisiche, quali portata di piena o altezza di precipitazione relativa ad un evento estremo, che vengono trattate abitualmente come variabili casuali associate ad una certa probabilità di accadimento. La finalità stessa di tali opere suggerisce un approccio statistico e probabilistico integrato nell'analisi costi – benefici.



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

BACINI E SOTTOBACINI DI SCOLO



LEGENDA

- Limiti di bacino idrografico
- Limiti amministrativi provinciali
- Limiti dei Consorzi di Bonifica
- Canali della rete di bonifica
- Impianti idrovoti irrigui
- Impianti idrovoti di scolo

Fonte dei dati:

Es. Consorzio di Bonifica Circondario Polesine di Ferrara
Es. Consorzio di Bonifica II Circondario Polesine di S. Giorgio
Es. Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
Consorzio di Bonifica Burana Leo Scoltenna Panaro
Consorzio di Bonifica Terra dei Colli in Emilia Po
Aggiornamento all'anno 2010



Coordinamento, elaborazione cartografica: Dott. Ing. Alessandro Bonvicini
Preparazione dati: Geom. Marco Guaraldi, P.L. Carlo Alberto Panigutti, dott. Nicola Aruffi, dott.ssa Barbara Galoppi
Stampato in proprio dal Settore Sistemi Informativi territoriali del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara nel mese di marzo 2010

Ferrara

CONSORZIO DI BONIFICA I CIRCONDARIO
POLESINE DI FERRARA

MARE ADRIATICO

CONSORZIO DI BONIFICA
BURANA LEO SCOLTENNA PANARO

CONSORZIO DI BONIFICA
VALLI DI VECCHIO RENO

CONSORZIO DELLA BONIFICA
RENANA

CONSORZIO DI BONIFICA II CIRCONDARIO
POLESINE DI SAN GIORGIO

CONSORZIO DI BONIFICA
ROMAGNA CENTRALE

CONSORZIO DI BONIFICA
RENO PALATA

CONSORZIO DI BONIFICA ROMAGNA OCCIDENTALE

Bonifica di Argenta



PROGETTO
CARTOGRAFIA GENERALE TEMATICA

TAVOLA N. 2
BACINI E SOTTOBACINI DI SCOLO

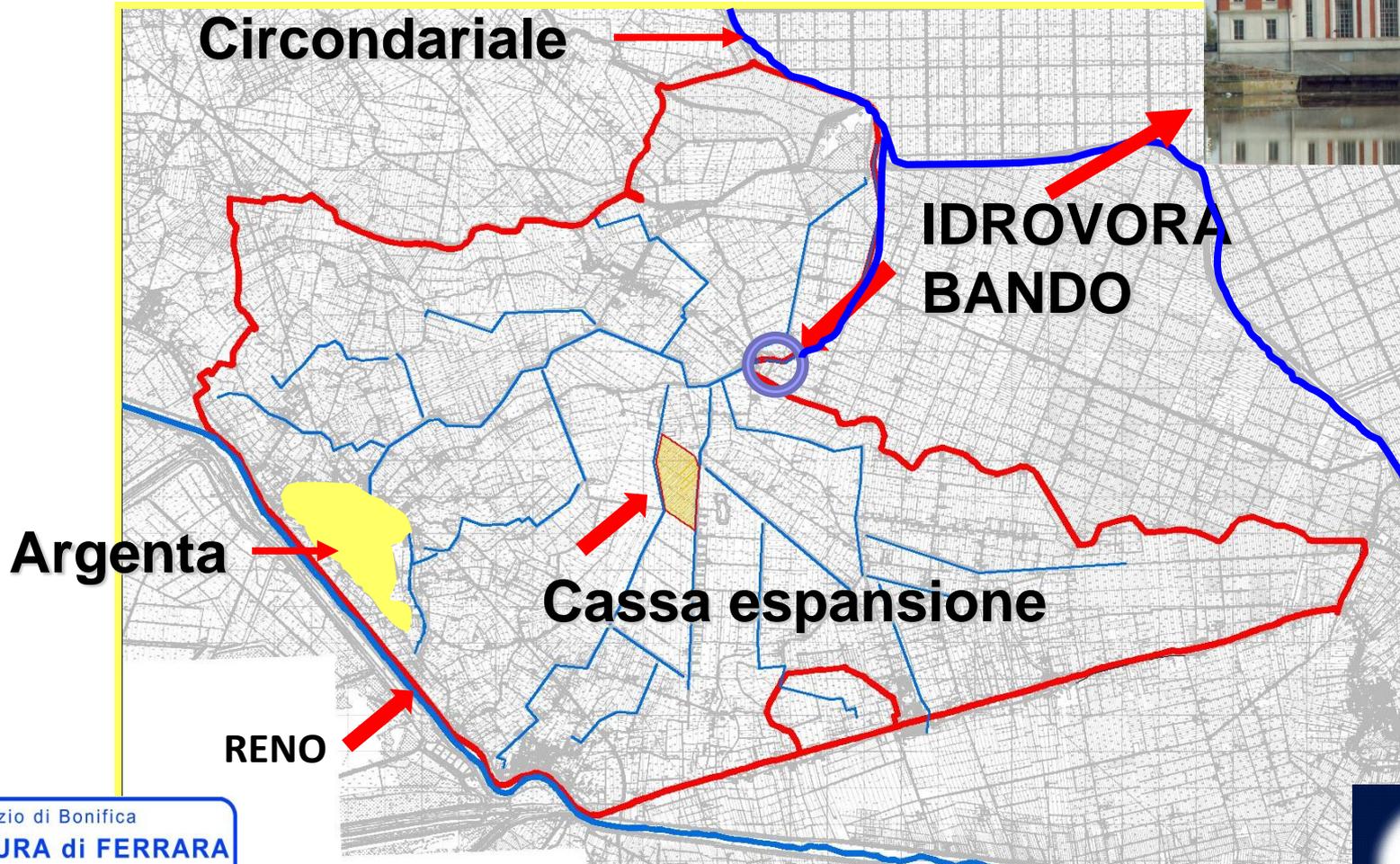
Responsabile di progetto: Dott. Ing. Claudio Galoppi
Elaborazione cartografica: Dott. Ing. Alessandro Bonvicini
Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Ferrara, marzo 2010



⇒ LUNGHEZZA CANALIZZAZIONE \cong 131 km

⇒ VOLUME TOTALE CASSA = 400.000 m³

⇒ AREA \cong 80 km²

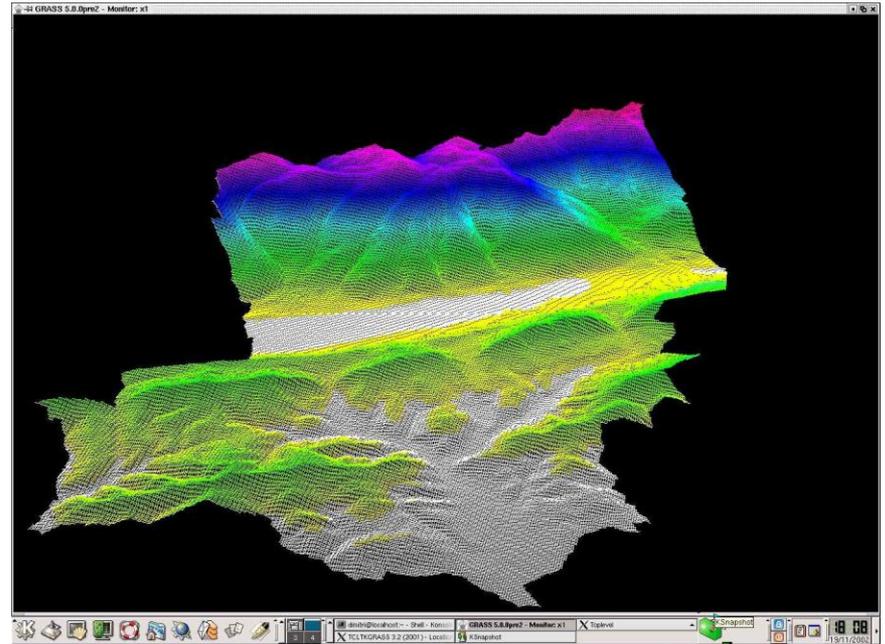


Bacino ARGENTA

⇒ **giacitura minima \cong 3.40 m u.s.l.**



⇒ **strutture di
regolazione = 51**

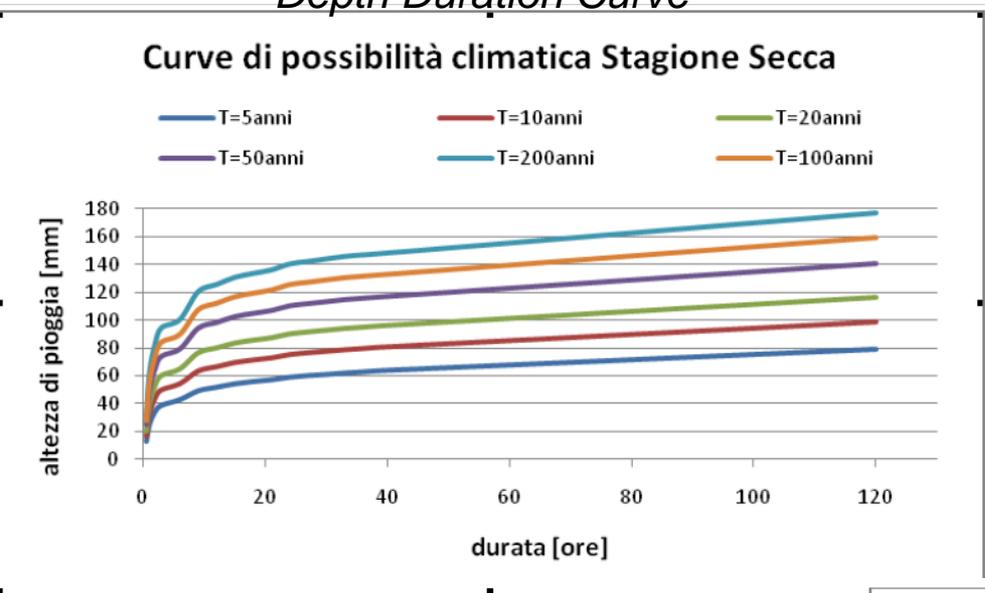


Q impianto = 23 m³/s

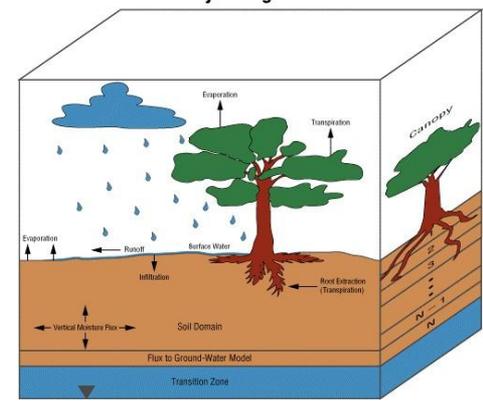
■ Per la determinazione delle mappe di allagamento ...

Depth Duration Curve

Curve di possibilità climatica Stagione Secca



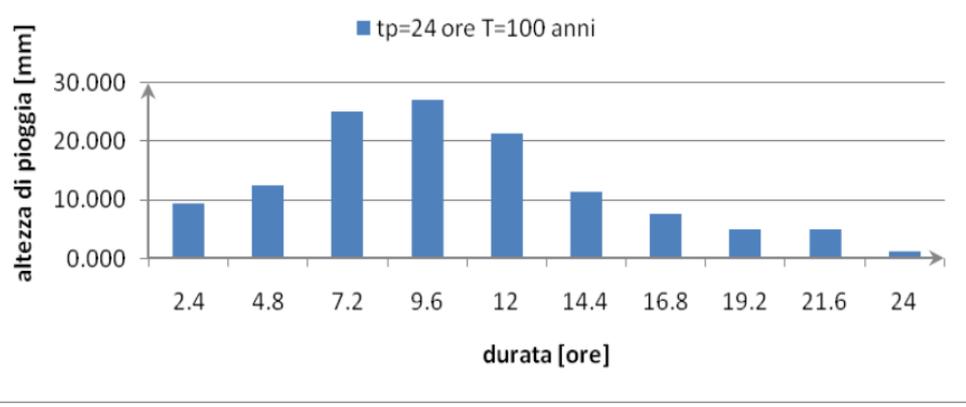
Soil Hydrologic Model



Le curve di possibilità climatica sono state ottenute sulla base di misure di precipitazione raccolte dal Consorzio.

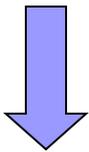
E' stato adottato un evento di durata pari a 24 h.

IETOGRAMMA DI HUFF (tp=24 ore T=100 anni)

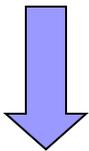


■ **Trasformazione afflussi deflussi**

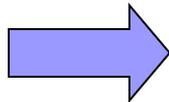
AMC



**ANALISI
STATISTICA**



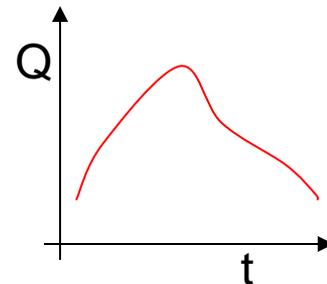
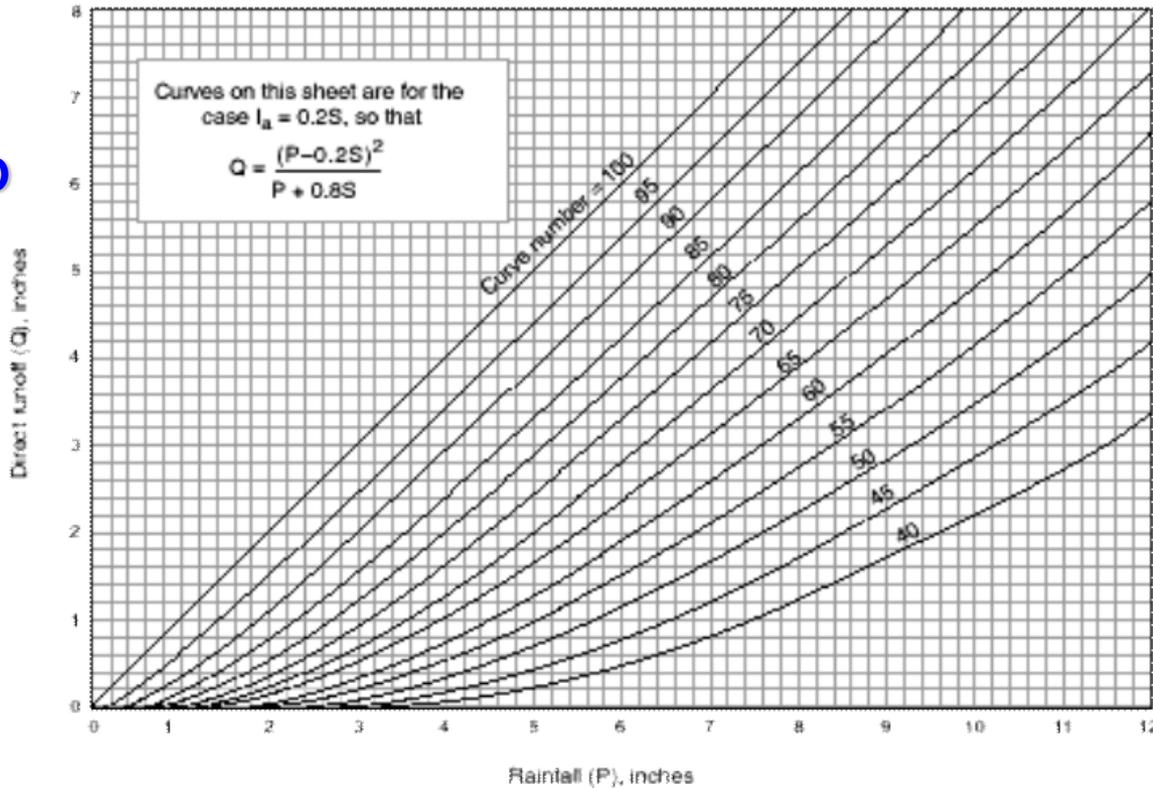
AMC I 89%
AMC II 10%
AMC III 1%



**SCS
IDROGRAMMA
UNITARIO**

CN I = 50
CN II = 70
CN III = 84,3

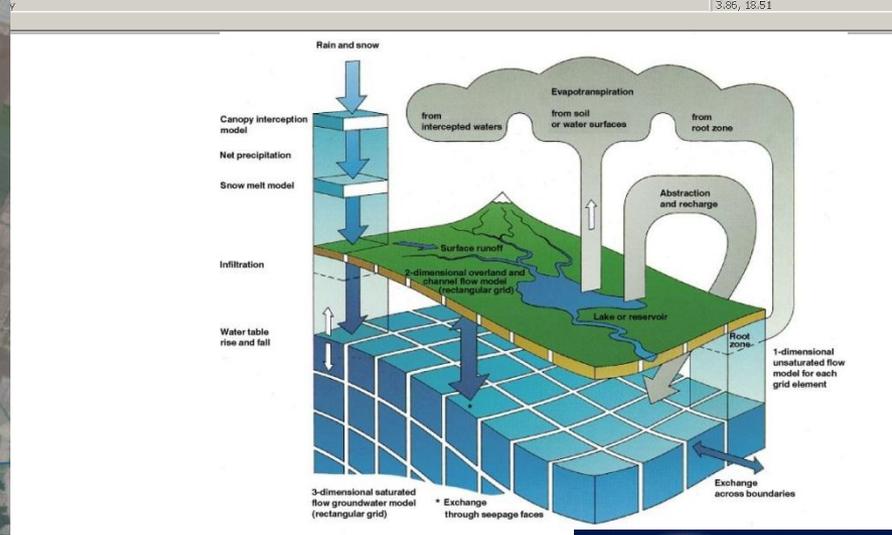
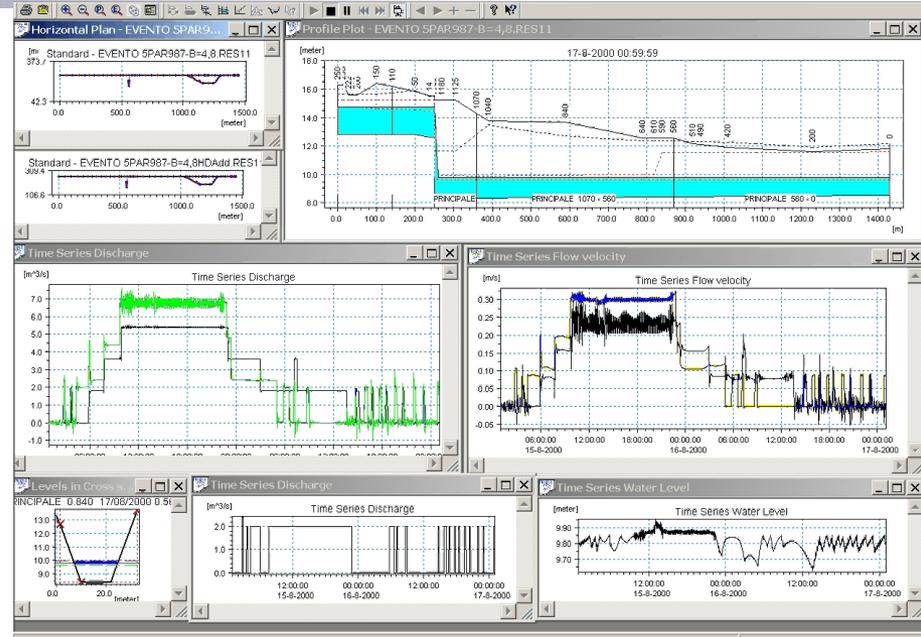
**CN
METODO**



Completata l'analisi idrologica
con l'impiego di

MIKE FLOOD

si sono ottenute le mappe di
allagamento per diversi Tr 20-
50-100-200



.....e' economicamente **conveniente** aumentare la «potenzialità» del sistema scolante fino ad essere in grado di proteggere il territorio da eventi meteorici caratterizzati da **Tr 50 – 100 – 200y** ?

?



...per rispondere al quesito è stata condotta un'analisi **idroeconomica**



T _R	Annual Exceedence Probability	ACTION PLAN 0		ACTION PLAN T20		ACTION PLAN T50	
		Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y
5	0.2	0		-	0	0	0
10	0.1	644	32	-	0	0	0
20	0.05	142.047	3.567	26.143	653	0	0
50	0.02	1.694.817	27.552	1.600.453	24.398	277.428	4.161
100	0.01	2.943.247	23.190	2.902.372	22.514	1.827.324	10.573
200	0.005	4.206.702	17.874	4.109.689	17.530	3.162.085	12.498
Annual expected damage €			72.217		65.096		27.233
Plan total cost €					423.110		4.584.551
Annual plan cost C €					23.176		251.126
Annual benefit B €					7.120		44.983
C/B					3,25		5,58
C-B					16.055		206.142

Masaru Morita

Ven Te Chow, David R. Maidment,

Larry W. Mays (1988)

Dove:

- **Action Plan 0:** stato di fatto. Le attuali potenzialità del sistema;
- **Action Plan T20:** il pacchetto di interventi di potenziamento per minimizzare gli allagamenti in caso di eventi con T_r 20;
- **Action Plan T50:** il pacchetto di interventi di potenziamento per minimizzare gli allagamenti in caso di eventi con T_r 50;



T_R	Annual Excedence Probability	ACTION PLAN 0		ACTION PLAN T20	
		Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y
5	0.2	0	-	-	0
10	0.1	644	32	-	0
20	0.05	142.047	3.567	26.143	653
200	0.005	4.206.702	17.874	4.109.689	17.530
Annual expected damage €			72.217		65.096
Plan total cost €					423.110
Annual plan cost C €					23.176
Annual benefit B €					7.120
C/B					3,25
C-B					16.055



■ **Danno incrementale annuo €/y ΔD_i**

$$\Delta D_i = \left[\frac{D(x_{i-1}) + D(x_i)}{2} \right] \bullet [P(X \geq x_{i-1}) - P(X \geq x_i)]$$

$D(x)_i =$ danno prodotto dall'evento x_i

$x_i =$ uno specifico evento

$X =$ variabile casuale che rappresenta l'evento

$P =$ probability

$$[P(X \geq x_{i-1}) - P(X \geq x_i)]$$



Differenza tra le eccedenze di probabilità relative agli eventi

		ACTION PLAN 0		ACTION PLAN T20	
T_R	Annual Exceedance Probability	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y
5	0.2	0		-	0
10	0.1	644	32	-	0
20	0.05	142.047	3.567	26.143	653
200	0.005	4.206.702	17.874	4.109.689	17.530
Annual expected damage €			72.217		65.096
Plan total cost €					423.110
Annual plan cost C €					23.176
Annual benefit B €					7.120
C/B					3,25
C-B					16.055





■ **Danno atteso annuo €/y**

$$\sum_{i=1}^{\infty} \Delta D_i$$

■ **Plan total Cost €: il completo costo del piano**

T _R	Annual Exceedance Probability	ACTION PLAN 0		ACTION PLAN T20	
		Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y
5	0.2	0		-	0
10	0.1	644	32	-	0
20	0.05	142.047	3.567	26.143	653
200	0.005	4.206.702	17.874	4.109.689	17.530
Annual expected damage €			72.217		65.096
Plan total cost €					423.110
Annual plan cost C €					23.176
Annual benefit B €					7.120
C/B					3,25
C-B					16.055

- **Annual cost C € /y**: l'ammortizzamento annuo del **PLAN TOTAL COST**

$$S_0 \frac{rq^n}{q^n - 1}$$

- S_0 = costo totale del Piano
- r = tasso di interesse
- n = numero di anni (50)
- $q = (1+r)$

		ACTION PLAN 0		ACTION PLAN T20	
T_R	Annual Excedence Probability	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event - Damage €	Annual Incremental Damage €/y
5	0.2	0		-	0
10	0.1	644	32	-	0
20	0.05	142.047	3.567	26.143	653
200	0.005	4.206.702	17.874	4.109.689	17.530
Annual expected damage €			72.217		65.096
Plan total cost €					423.110
Annual plan cost C €					23.176
Annual benefit B €					7.120
C/B					3,25
C-B					16.055

- **Annual benefit Action Plan B Ti**: la differenza tra il massimo danno atteso annuo (action plan 0 – stato di fatto) ed il danno atteso annuo relativo al Piano Tri



Per esempio **ACTION PLAN T100**

■ Il piano prevede

- Escavo di **21 Km** of canali
(tot 820.000 m³)
- Aumento della portata dell'impianto di Bando fino a **35 m³/s**
- Aumento della portata dell'impianto della cassa di espansione fino a **6 m³/s**
- Aumento della portata dell'impianto Vallone fino a **0,6 m³/s**

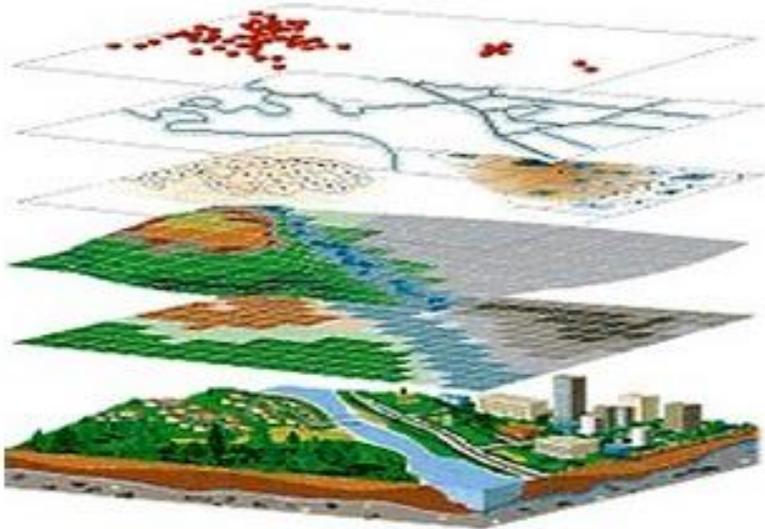


Il costo totale (€) del Piano Tr100

- Escavi € 1.969.656
- Interventi agli impianti € 2.513.320
- Espropri € 2.525.099
- **COSTO TOTALE € 7.008.075**
- **COSTO ANNUALE € 384.577**



Valutazione del danno

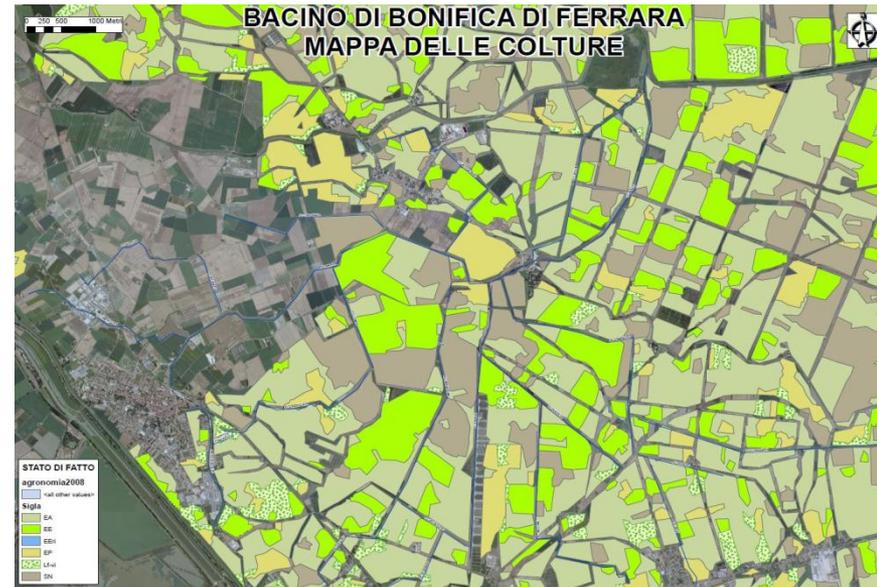


ARCGIS



sovrapposizione

aree allagate



Mappa dei piani colturali



TR 200

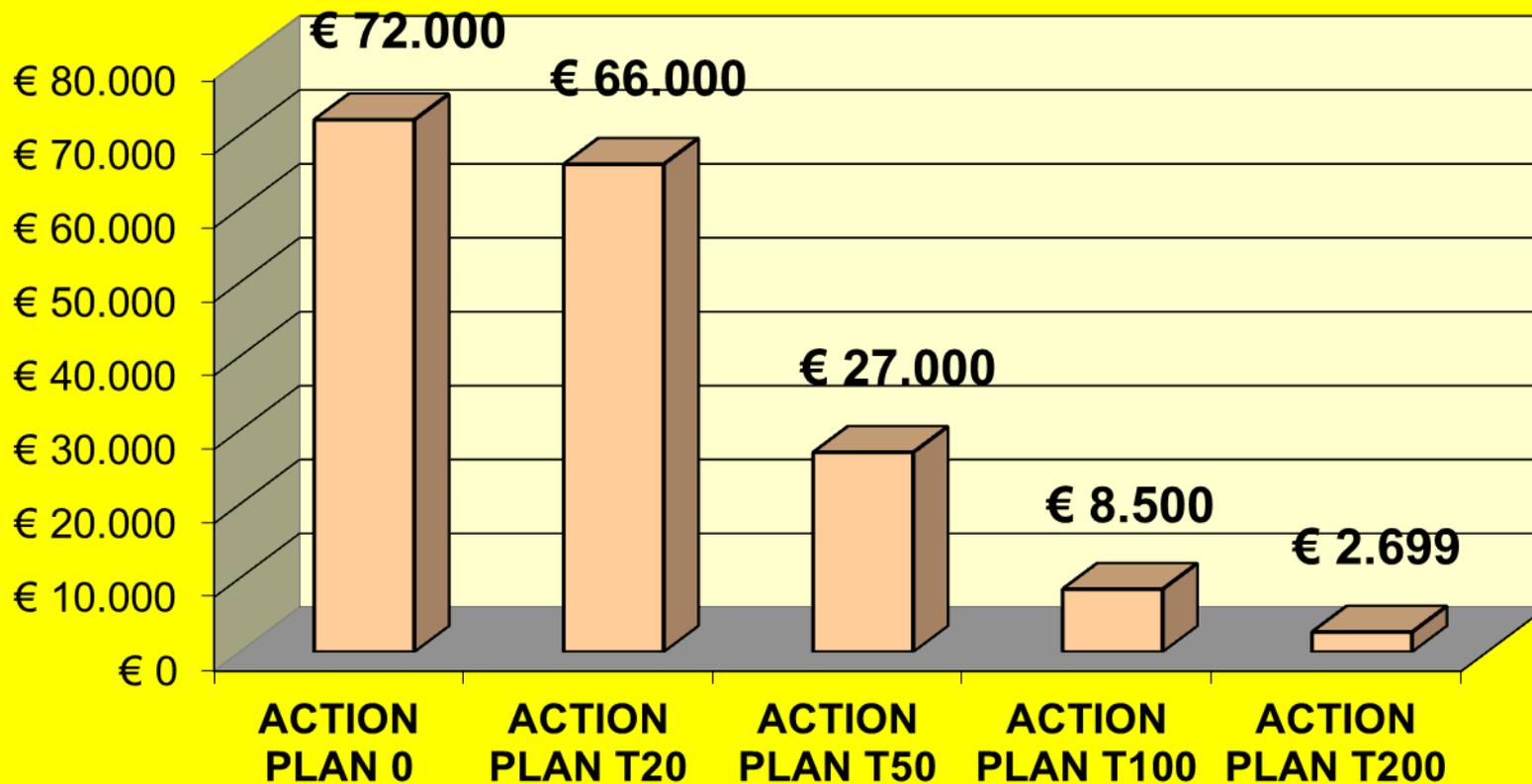


.... Risultati numerici

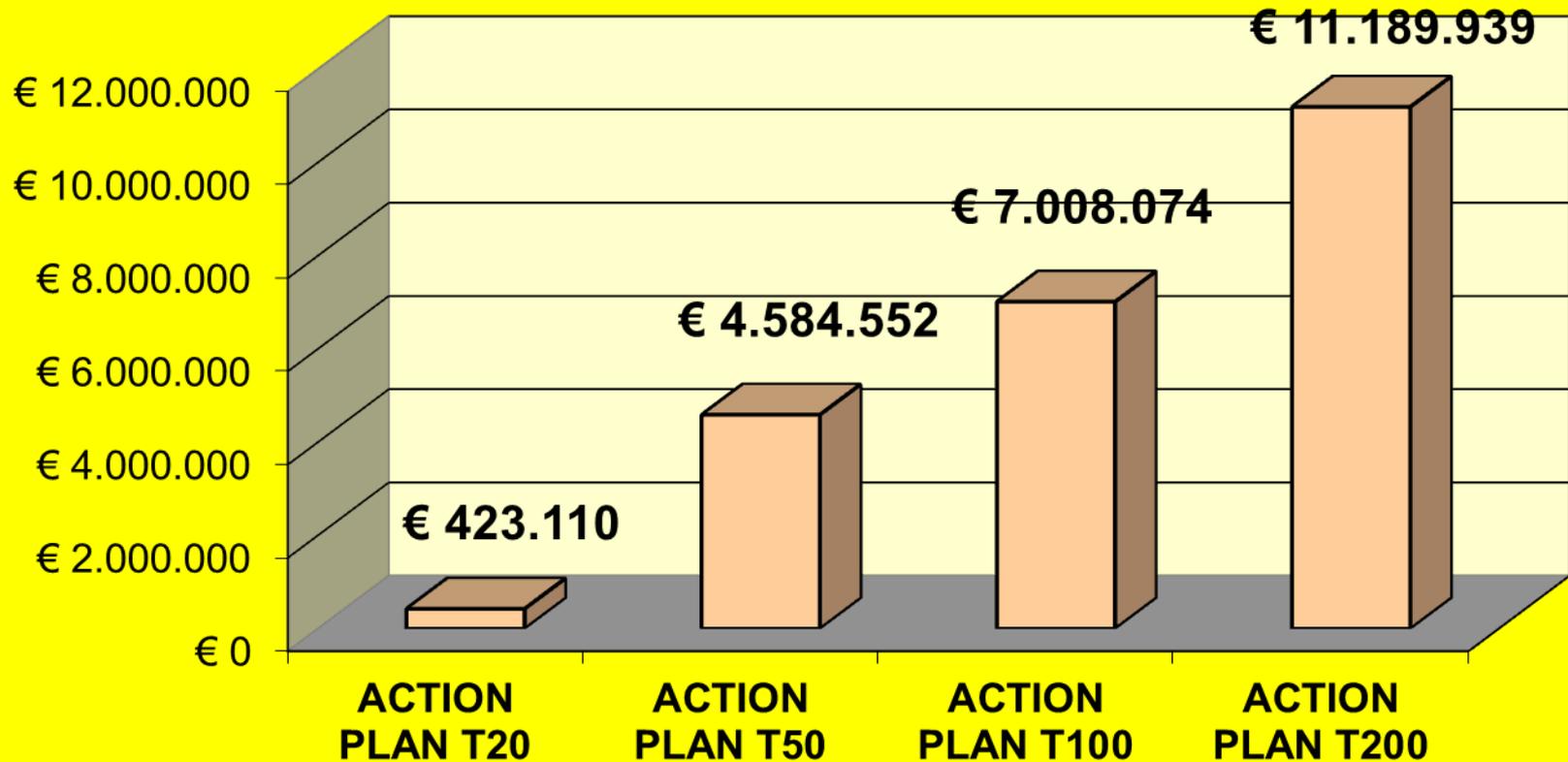


		ACTION PLAN 0		ACTION PLAN T20		ACTION PLAN T50		ACTION PLAN T100		ACTION PLAN T200	
T _R	Annual Excedence Probability	Single Event Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event Damage €	Annual Incremental Damage €/y	Single Event Damage €	Annual Incremental Damage €/y
5	0.2	0		-	0	0	0	0		0	0
10	0.1	644	32	-	0	0	0	0		0	0
20	0.05	142.047	3.567	26.143	653	0	0	0		0	0
50	0.02	1.694.817	27.552	1.600.453	24.398	277.428	4.161	0	4.161	0	0
100	0.01	2.943.247	23.190	2.902.372	22.514	1.827.324	10.573	3.017	10.573	0	0
200	0.005	4.206.702	17.874	4.109.689	17.530	3.162.085	12.498	5.435	12.498	1.079.448	2.698
Annual expected damage €			72.217		65.096		27.233		8.452		2.698
Plan total cost €					423.110		4.584.551		7.008.074		11.189.938
Annual plan cost C €					23.176		251.126		384.576		613.645
Annual benefit B €					7.120		44.983		63.765		69.519
C/B					3,25		5,58		6,03		8,83
C-B					16.055		206.142		320.811		544.126

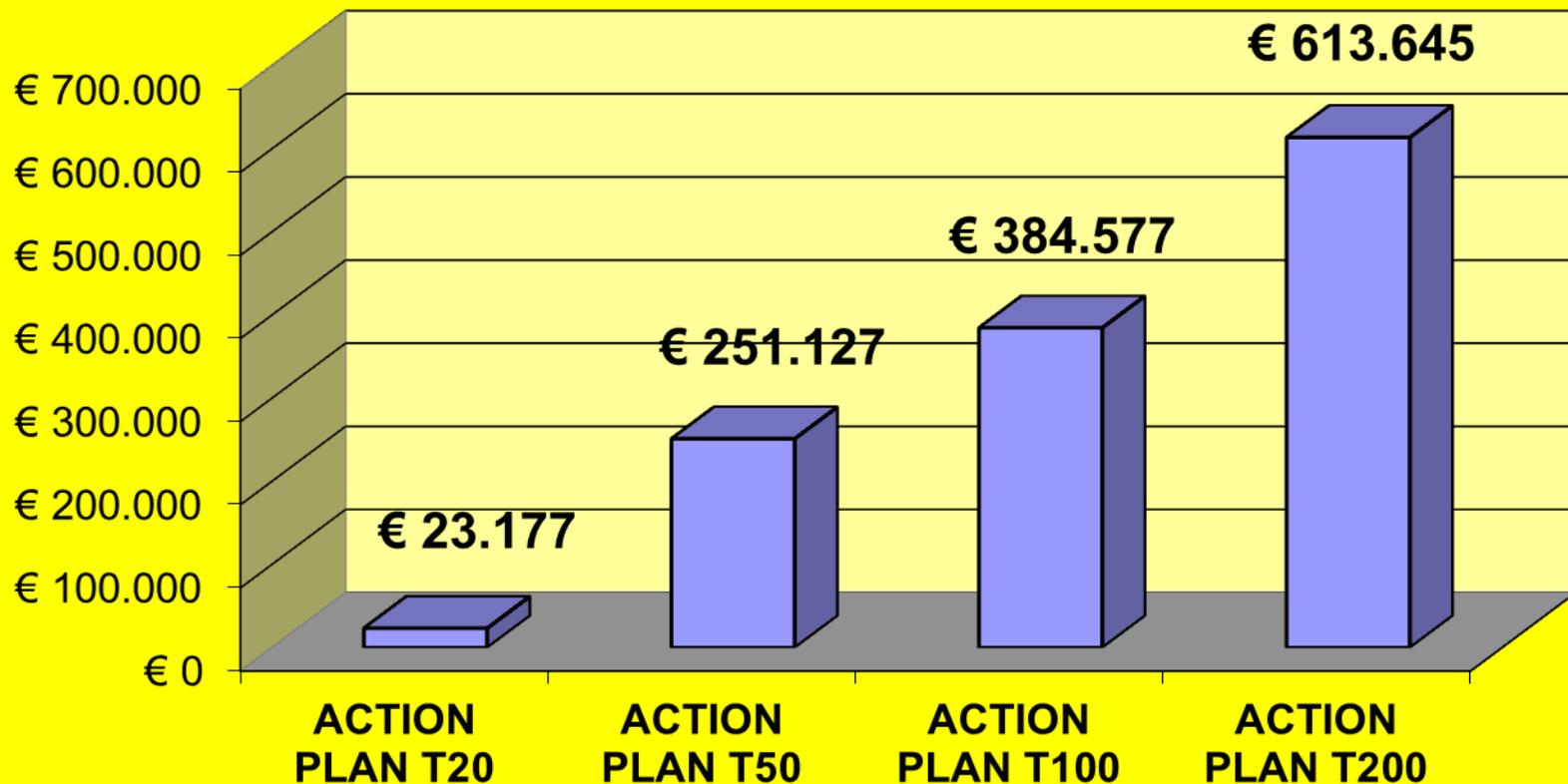
DANNO ATTESO ANNUO



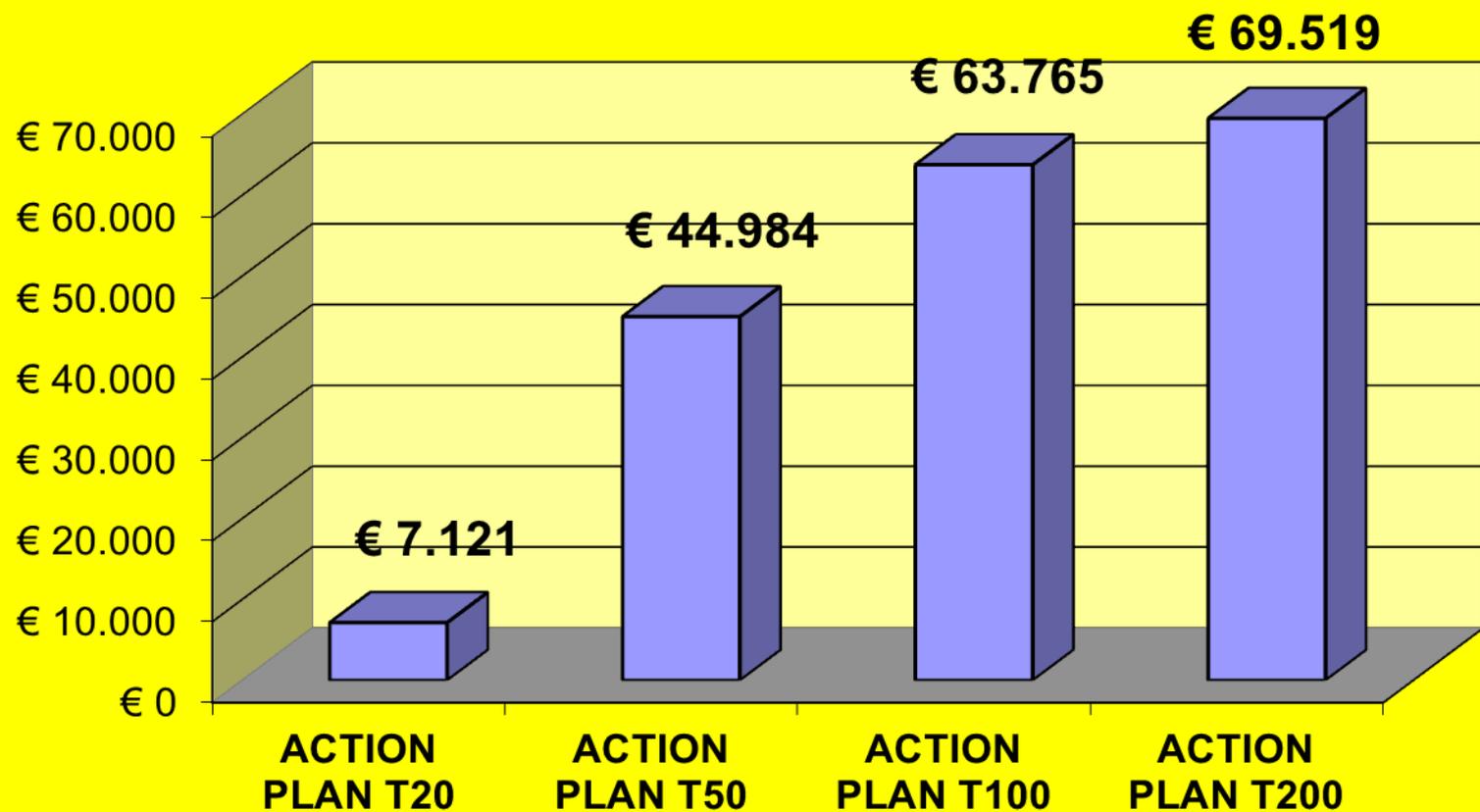
COSTO TOTALE DEI PIANI



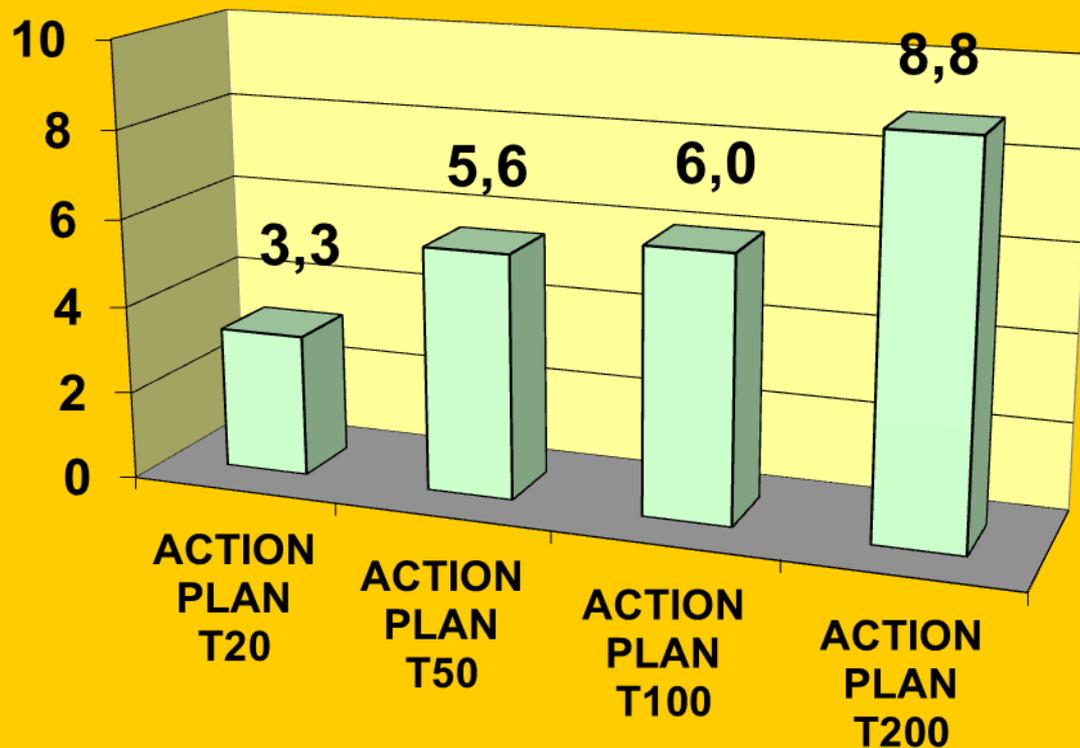
COSTO ANNUALE DEI PIANI



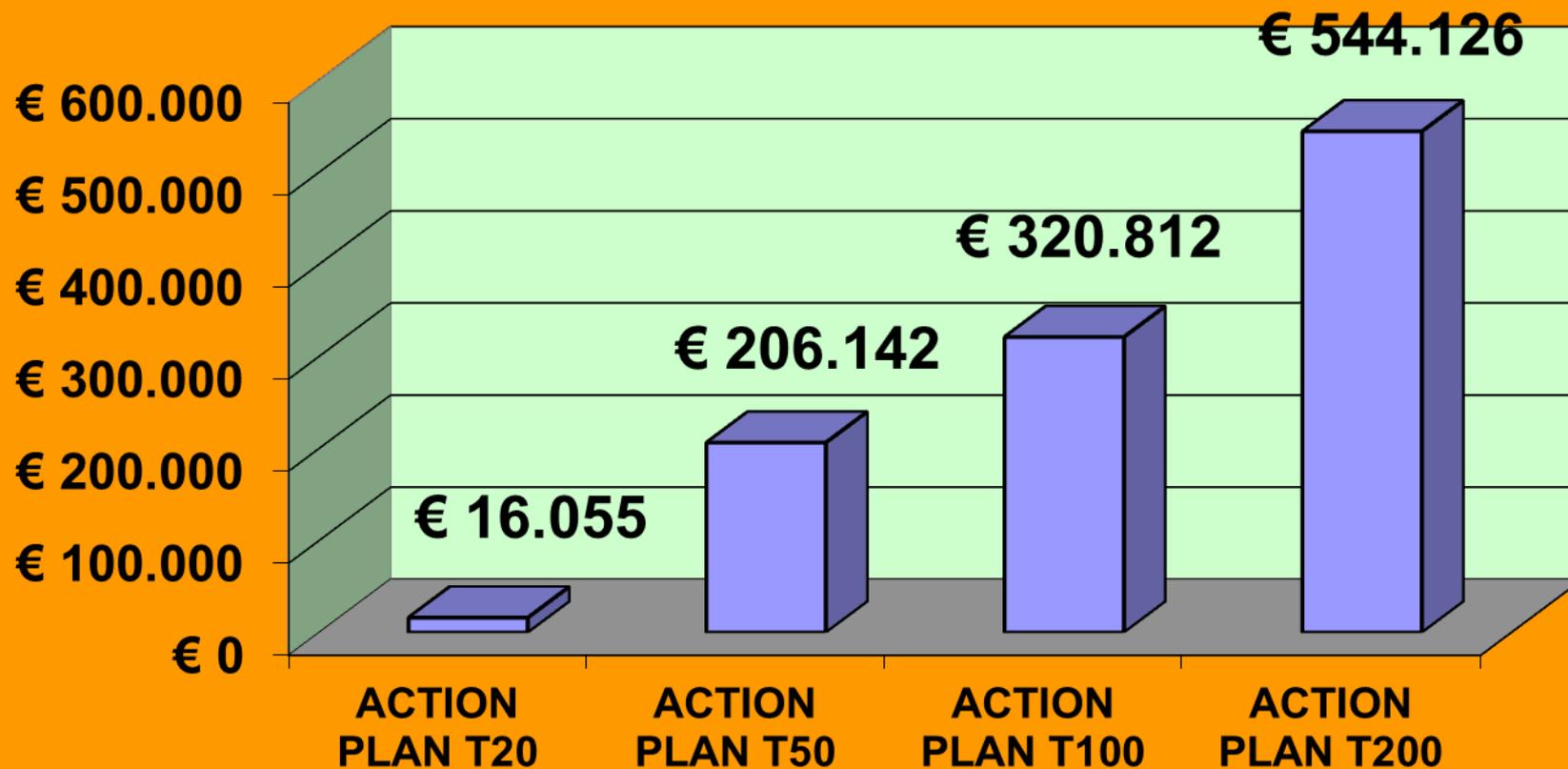
BENEFICIO ANNUO

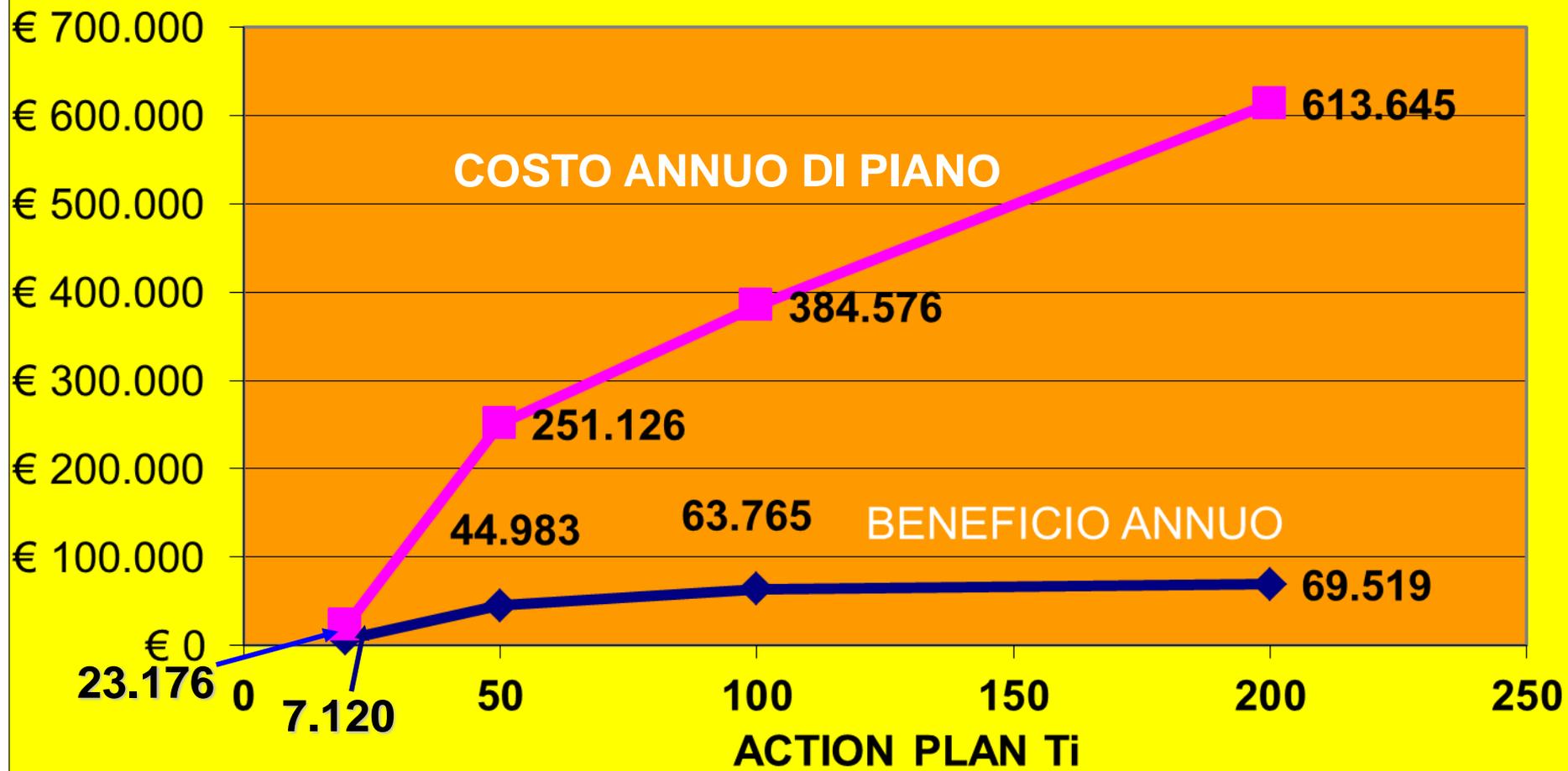


COSTO ANNUO DI PIANO / BENEFICIO ANNUO



COSTO ANNUO DI PIANO – BENEFICIO ANNUO





CONCLUSIONI:



- Nelle attuali condizioni eventi con **Tr 20y** producono allagamenti di aree limitate
- L'innalzamento delle potenzialità attuali del sistema scolante per fronteggiare eventi con **Tr** maggiori richiede **rilevanti investimenti.**
- Contemporaneamente il beneficio economico sostanzialmente **non aumenta.**



***NON RISULTA PERTANTO ECONOMICAMENTE
CONVENIENTE AUMENTARE LE ATTUALI
POTENZIALITA' DEL SISTEMA.***



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

