
ISTITUTO ITALIANO ATTUARI

Roma 29 Marzo 2017

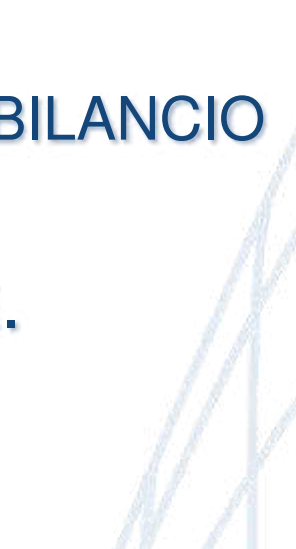
IL BILANCIO TECNICO DI UN FONDO SANITARIO: UN RISK BASED APPROACH.

PAOLO DE ANGELIS

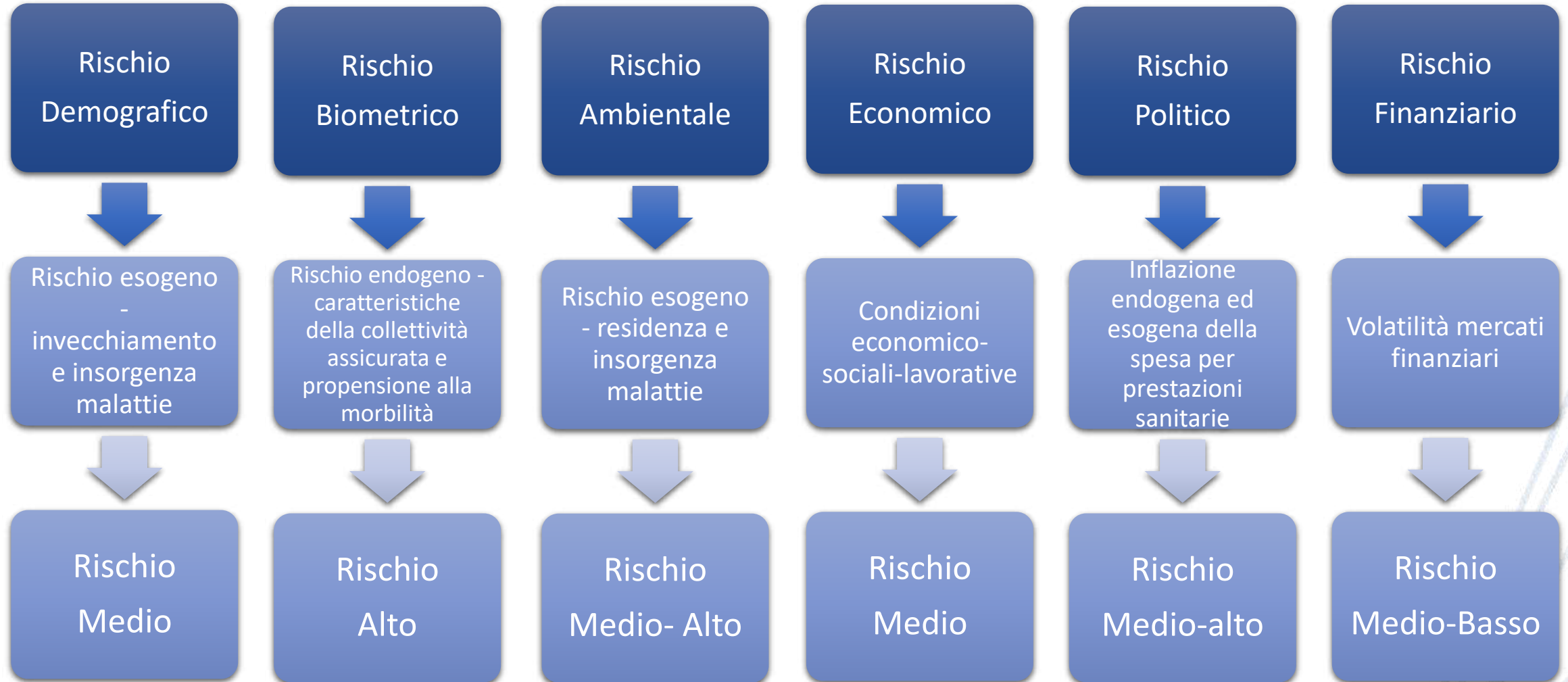


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

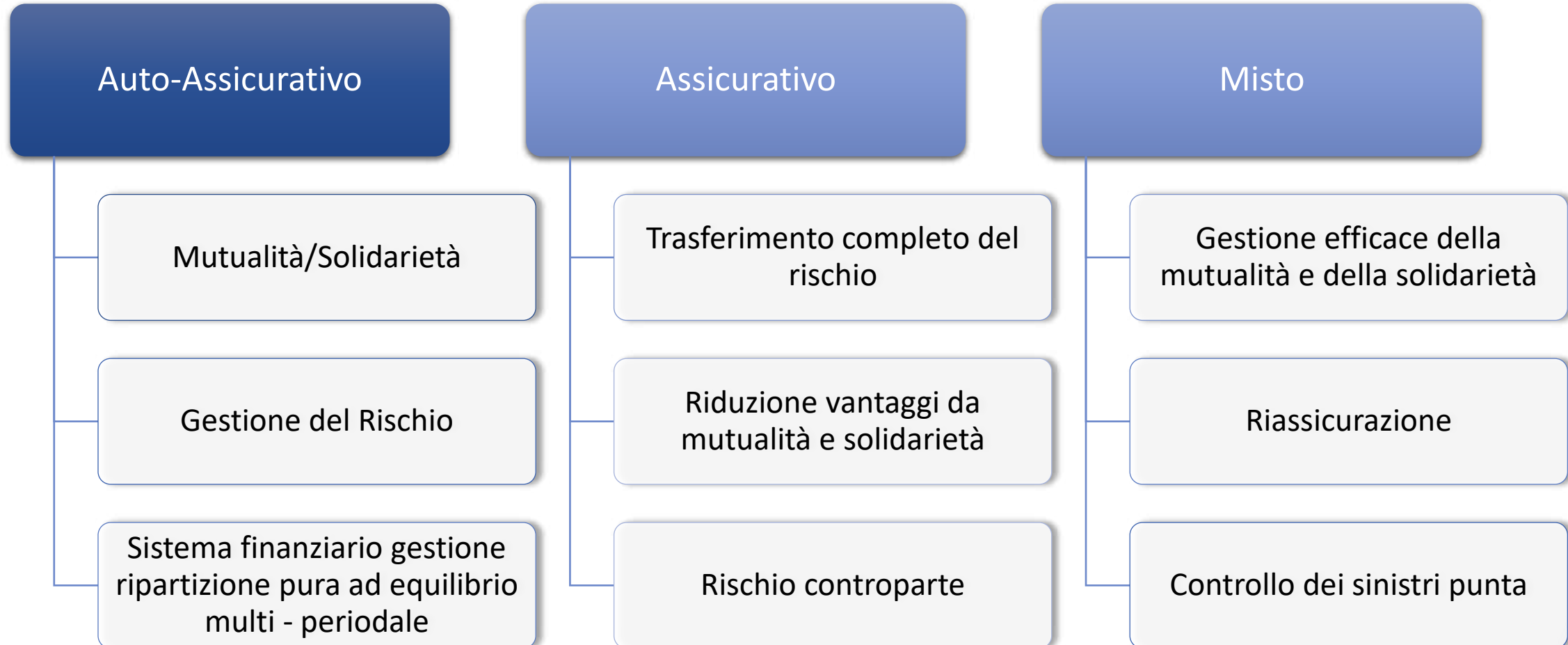
Agenda

1. PREMESSA.
 2. LE FONTI DI RISCHIO NELLA GESTIONE DI UN FONDO SANITARIO E I MODELLI DI GESTIONE.
 3. IL MODELLO DI TEORIA DEL RISCHIO A TEMPO DISCRETO ED IL BILANCIO TECNICO STOCASTICO.
 4. L'IMPLEMENTAZIONE DI UN PROCESSO MULTIFASE DI VALUTAZIONE.
 5. UNA APPLICAZIONE.
 6. CONCLUSIONI.
- 

Le fonti di Rischio nella gestione di un fondo sanitario



I modelli per la gestione del rischio in un Fondo Sanitario



Tecniche gestionali per la mitigazione e il controllo dei rischi

Natural hedging

- Pooling dei rischi,
- Legge dei grandi numeri,
- Dimensioni collettivo,
- Monitoraggio

Convenzione assicurativa

- Ricerca dell'offerta
- Pricing del rischio
- Efficienza rischi/regole risarcitorie/prezzo

Riassicurazione Tradizionale

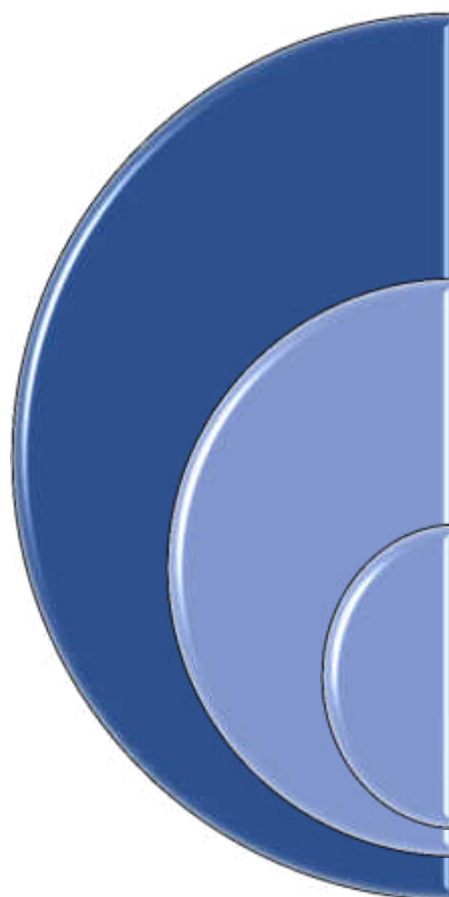
- Ricerca dell'offerta
- Pricing del rischio residuale
- STOPLOSS vs. Excess of loss

Riassicurazione finanziaria

- Cartolarizzazione rischio biometrico
- Pricing rischio residuale
- Ricerca della domanda

Il pricing del Rischio nella gestione di un Fondo Sanitario

Perché dotare un Fondo sanitario di un sistema di Pricing del Rischio?



Fondi Autoassicurati	<ul style="list-style-type: none">• Monitoraggio condizioni equilibrio intertemporale• Analisi ex-ante modifiche nomenclatore• Pricing confluenze• Determinazione risk capital
Fondi Assicurati	<ul style="list-style-type: none">• Selezione dell'offerta assicurativa migliore in termini di costi/benefici• Monitoraggio dell'utile industriale e strategie contrattuali di assegnazione
Fondi modello misto	<ul style="list-style-type: none">• Monitoraggio condizioni equilibrio intertemporale• Analisi ex-ante modifiche nomenclatore/pricing confluenze• Determinazione risk capital.• Ricerca della strategia riassicurativa ottima

Il pricing del rischio: dal bilancio tecnico verso un approccio Risk Capital Based

Finalità

- **PREVISIONE** dell'equilibrio tecnico-economico – finanziario

Struttura e Metodologia

- Conto Economico Previsionale
- Metodo prospettivo per Anni di Gestione.
- Valori Medi: Speranza Matematica vs. Simulazione stocastica

Approccio Metodologico

- Metodi deterministici fondati su Valori Medi Individuali monoperiodali.
- Metodi stocastici fondati sulla calibrazione delle distribuzioni di probabilità dei processi aleatori coinvolti.

Grandezze osservate

- Contributi, risarcimenti pagati, proventi finanziari, spese gestione, saldo tecnico, saldo gestione.....PATRIMONIO

Ipotesi Demografiche e Biometriche

- Tavola mortalità
- Tavola invalidità
- Frequenze di passaggio di stato
- Tavola di morbilità

Ipotesi Economico-Finanziarie

- Tasso annuo inflazione endogena ed esogena della spesa sanitaria
- Tasso annuo crescita reale contributi e redditi
- Tasso annuo remunerazione patrimonio

Il pricing del rischio: dal bilancio tecnico verso un approccio Risk Capital Based

Variabili di input:

- Frequenza del sinistro
- Costo medio del risarcimento
- Loss RATIO S/P

Variabile risposta:

- La spesa annua per sinistri

Variabile di controllo di sostenibilità:

- Tempo di break-even

Anno proiezione	Numero Assistiti	Contributo	Rimborsi sanitari	Saldo Tecnico	Costi Gestione	Proventi Finanziari	Saldo Gestione	Patrimonio
2014								
2015								
2016								
2017								
Tempo di Break-even				SALDO<0			SALDO<0	P<0
							
							

Risk Based Approach: Modello a tempo discreto

- Si consideri un generico piano sanitario $\mathcal{H}: \{\Pi, \Theta\}$.
- $N = \sum_{j=1}^k n_j$ con $n_j: \{y_{j,1}, y_{j,2}, \dots, y_{j,r}\}$ profilo di rischio j-simo caratterizzato r-pla di variabili.
- L'equazione generale di equilibrio intertemporale descrive la dinamica del processo aleatorio del patrimonio:

$$P_t = P_0 + C_t - S_t + I_t - G_t$$

con:

$$C_t = c_0 \sum_{T=0}^{t-1} \sum_{j=1}^k n_j \Gamma_j(\mathbf{0}, T), \quad \Gamma_j(\mathbf{0}, T) : \text{p. a. funzione indicatrice}$$

$$S_t = \sum_{j=1}^k \sum_{T=1}^{\Omega_{t,j}} S_j(T), \quad \Omega_{t,j} : \text{p. a. sinistri sino al tempo } t \text{ del } j - \text{ simo profilo di rischio}$$

Risk Based Approach: Modello a tempo discreto

- I_t : p. a. cumulato rendimento patrimonio.
- G_t : p. a. cumulato spese di gestione.

Condizione di solvibilità in t: $P_t \geq 0$ or $\Delta_t^{Tecnico} \geq 0$ or $\Delta_t^{Gestione} \geq 0$

Variabile strategica di governance «Tempo di Rovina»:

$\tau = \min\{t: P_t \leq 0\}$: v. a. tempo di attesa dello shortfall

$\mathcal{F}_\tau = \text{prob}(\tau \leq z)$: f.r.

$\tau = g(\mathcal{H}; N, Y_1, Y_1, \dots, Y_r)$ v.a. multinomiale

Risk Based Approach: Modello a tempo discreto

- Nota \mathcal{F}_τ è possibile misurare il Risk Capital associato al piano sanitario \mathcal{H} :

$$\varphi(P, \tau) = \mathbf{prob}\{P_t \leq 0 \text{ per almeno } T = 1, 2, \dots, t^* | P_0 = P\}$$

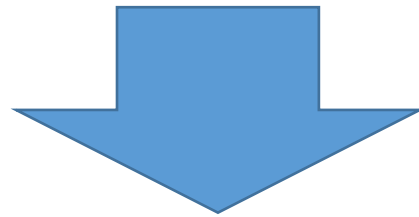
$$P_0^* = \mathit{inf} \left\{ P_0 \geq 0 \mid \mathbf{prob} \left\{ \bigcap_{s=0}^{t^*} P_s \geq 0 \right\} \geq 1 - \varepsilon \right\}$$

$$\mathfrak{J}_P = \mathbf{prob} \left(\bigcap_{s=0}^{t^*} P_s \leq 0 \right) \Leftrightarrow \mathcal{F}_\tau = \mathbf{prob} (\tau \leq t^*)$$

- P_0^* : capitale target i.e. VaR_ε sull'intervallo di tempo t^* , assunto come tempo di arrivo del default, e probabilità di rovina ε .

Strategie di allocazione del capitale

L'APPROCCIO RISK BASED PER LA VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITA' DEL FONDO SANITARIO



LA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITA' CAMPIONARIA DEI BILANCI TECNICI

Approccio Stocastico

Il processo è ripetuto 1.000 volte per ogni assistito.

PROCESSO SIMULATIVO MULTIFASE

Estrazione tempo
uscita nucleo fam.
assistito.

Distribuzione probabilità
permanenza nucleo/assistito_Lee Carter models

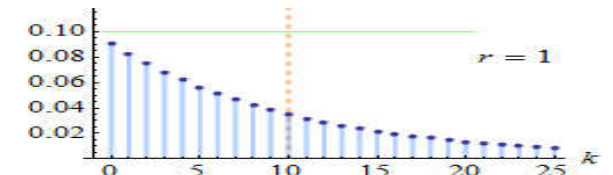
STEP_1

$$\ln m_x(t) = \alpha_x + \beta_x k_t + \varepsilon_{x,t}$$
$$\sum_t k_t = 0, \quad \sum_x \beta_x = 1, \quad \varepsilon_{x,t} \approx N(0, \sigma)$$

Estrazione n°
sinistri assistito/anno.

Modelli GLM_Funzione Link:logaritmica
Distribuzione probabilità Binomiale negativa

STEP_2



Classificazione
sinistro/prestazione.

Modelli GLM _ Funzione Link:multilogit
Distribuzione probabilità Binomiale

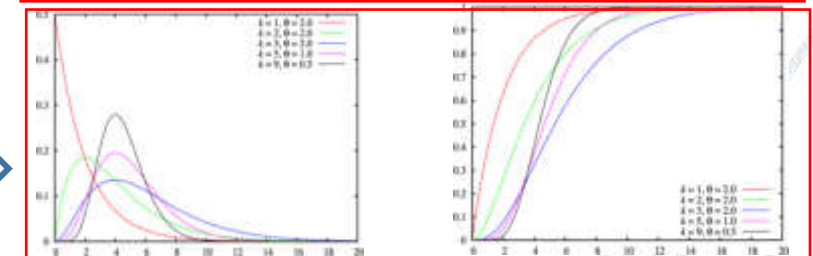
STEP_3

$$\text{Logit}(\pi(y)) = \beta_0 + \sum_{j=1}^r \beta_j y_j$$

Estrazione
importo danno.

Modelli GLM_Funzione Link:logaritmica
Distribuzione probabilità Gamma

STEP_4



Assegnazione regole
risarcitorie.

Applicazione regole Piano

STEP_5

$$\Theta = \max\{\min[d, L] - F, 0\}$$

Procedura simulativa multifase

- **Lee – Carter [1992]:**

- α_x : media di $\ln m_x(t)$ su t
- β_x : devianza tasso variazione per effetto età
- k_t : fattore variazione intertemporale

- **Renshaw – Haberman [2003, 2006]**
- **Cairns, Dowd, Blake [2006, 2008]**
- **Currie, Durban, Eilers [2004]**

$$\ln m_x(t) = \alpha_x + \beta_x k_t + \varepsilon_{x,t}$$

$$\sum_t k_t = 0, \quad \sum_x \beta_x = 1, \quad \varepsilon_{x,t} \approx N(0, \sigma)$$

$$k_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i k_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$dk_t = \delta(t, k_t)dt + \sigma(t, k_t)dW_t$$

- Parametro effetto coorte
- Nx3 parametri a struttura variabile su logit di $q(x)$
- P-Splines, effetto smoothing

Procedura simulativa multifase

DISTRIBUZIONE BINOMIALE NEGATIVA

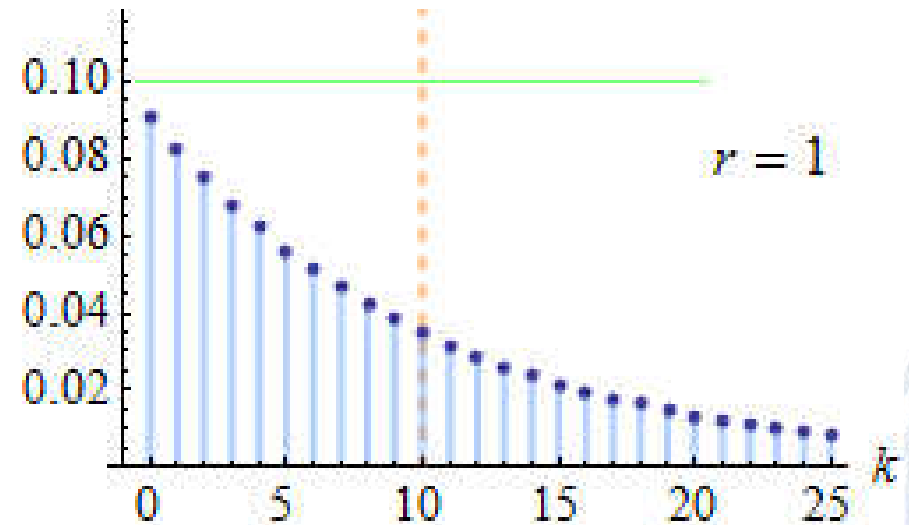
- Parametri: r, p
- Caso tipico: attesa dell' r -esimo insuccesso con p probabilità di successo

- Spazio dei campioni: $\Omega = \{0; 1; 2; \dots\}$

- Funzione di massa: $P(X = k) = \binom{k+r-1}{k} p^k (1-p)^r$

- Media = $p \cdot r \cdot (1-p)^{-1}$

- Varianza = $p \cdot r \cdot (1-p)^{-2}$



Procedura simulativa multifase

DISTRIBUZIONE BINOMIALE

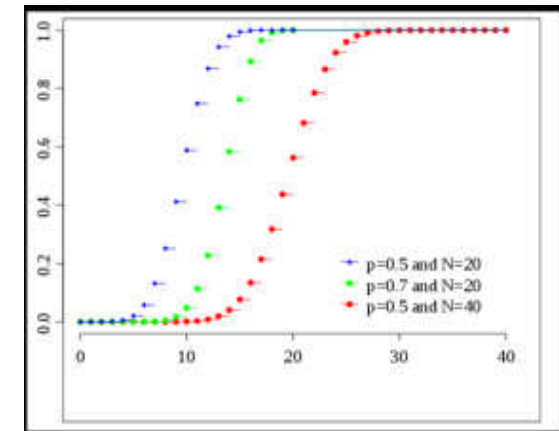
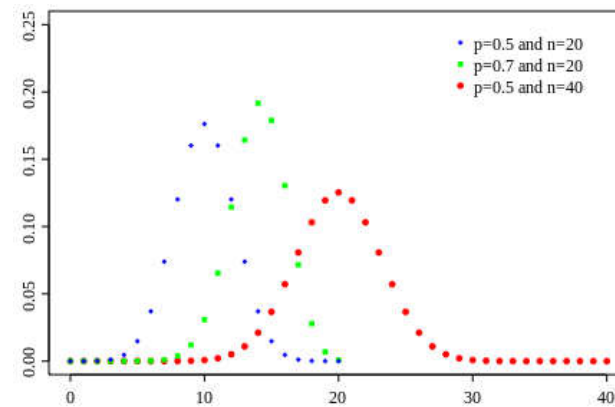
- Parametri: n, p
- Caso tipico: Numero di successi su n prove, con p probabilità di successo

• Spazio dei campioni: $\Omega = \{0;1;2;...n\}$

• Funzione di massa: $P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$

• Media= $n \cdot p$

• Varianza= $n \cdot p \cdot (1-p)$



Procedura simulativa multifase

DISTRIBUZIONE GAMMA

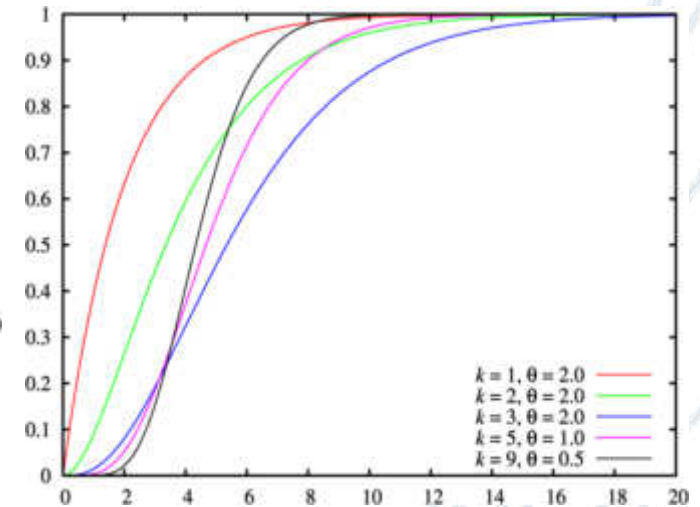
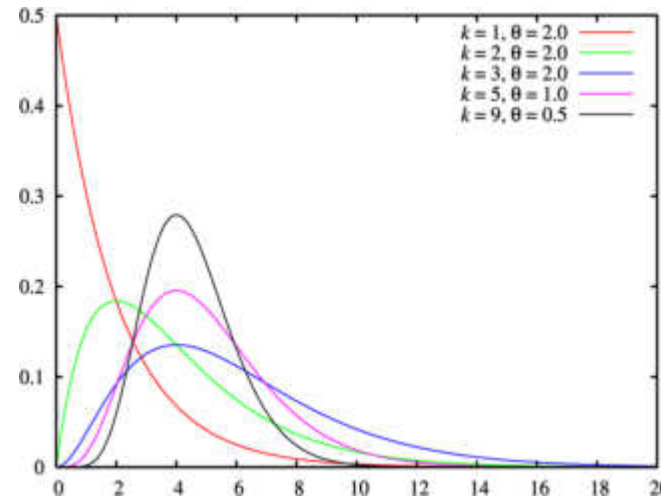
- Parametri: k, θ
- Caso tipico: distribuzione del danno, tempo di rottura di oggetti.

• Spazio dei campioni: $\Omega = (0, +\infty)$

• Funzione di densità: $f(x) = \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^k \Gamma(k)}$

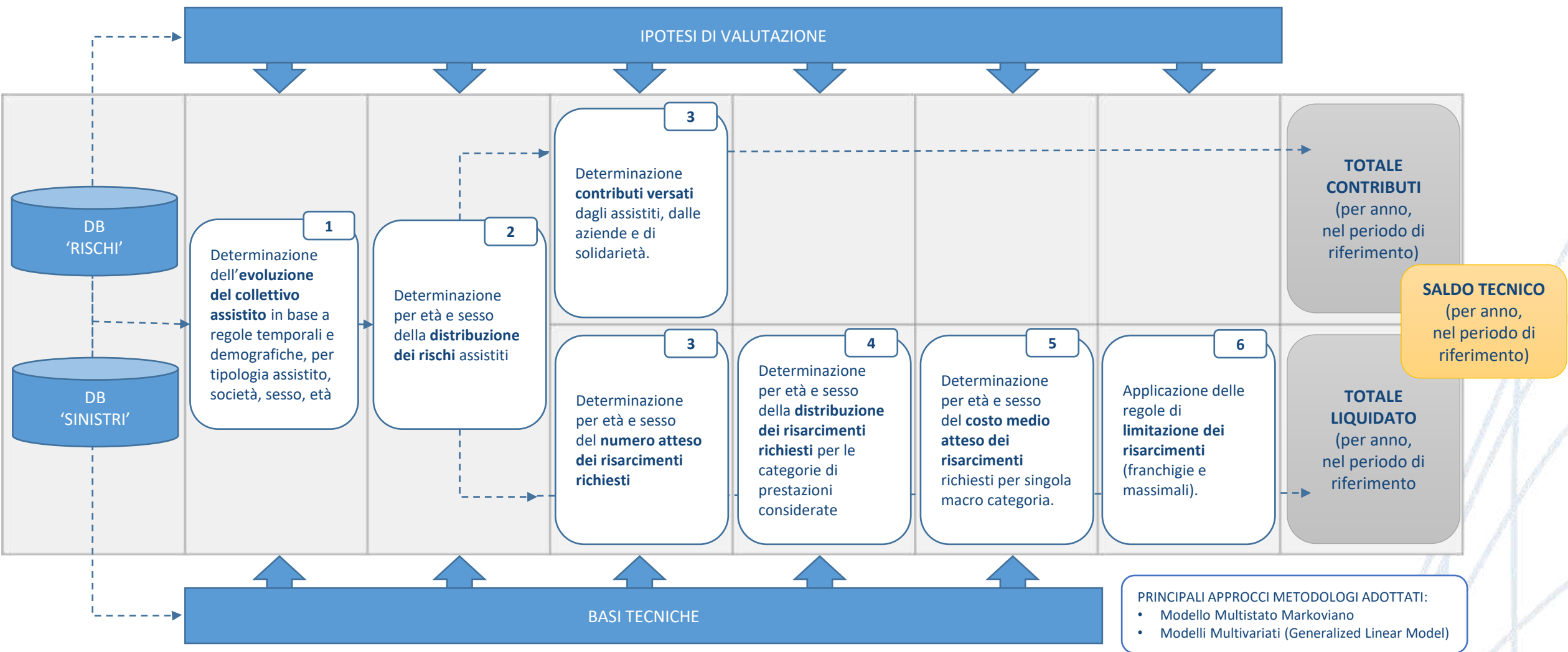
• Media= $k*\theta$

• Varianza= $k*\theta^2$



Predisposizione del Bilancio Tecnico

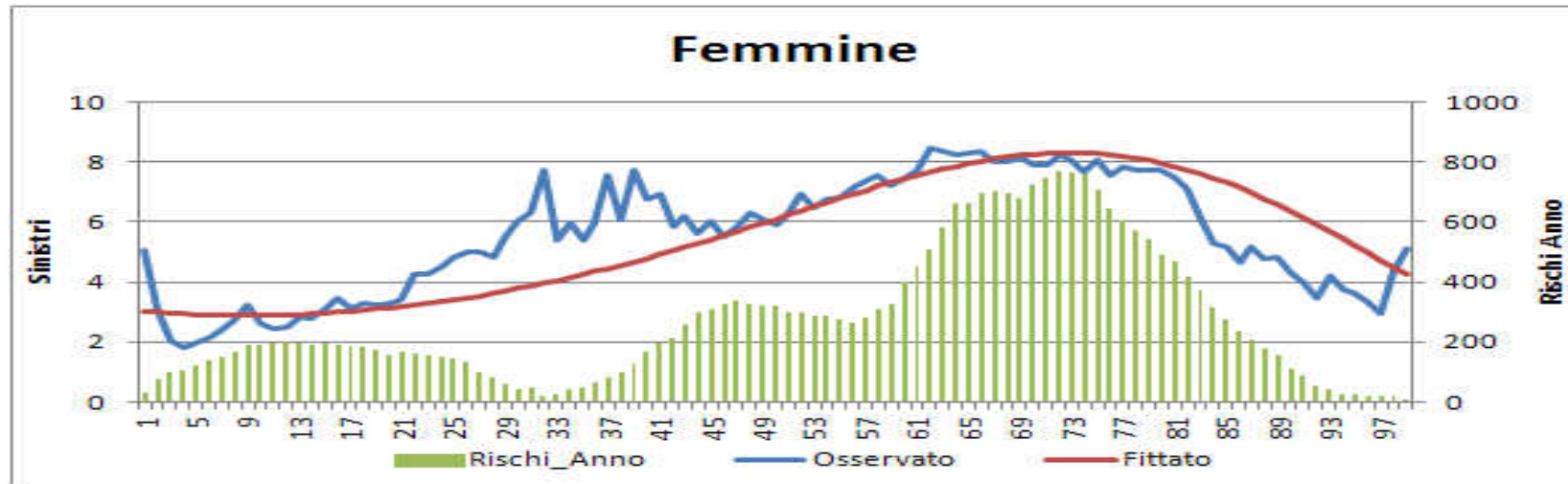
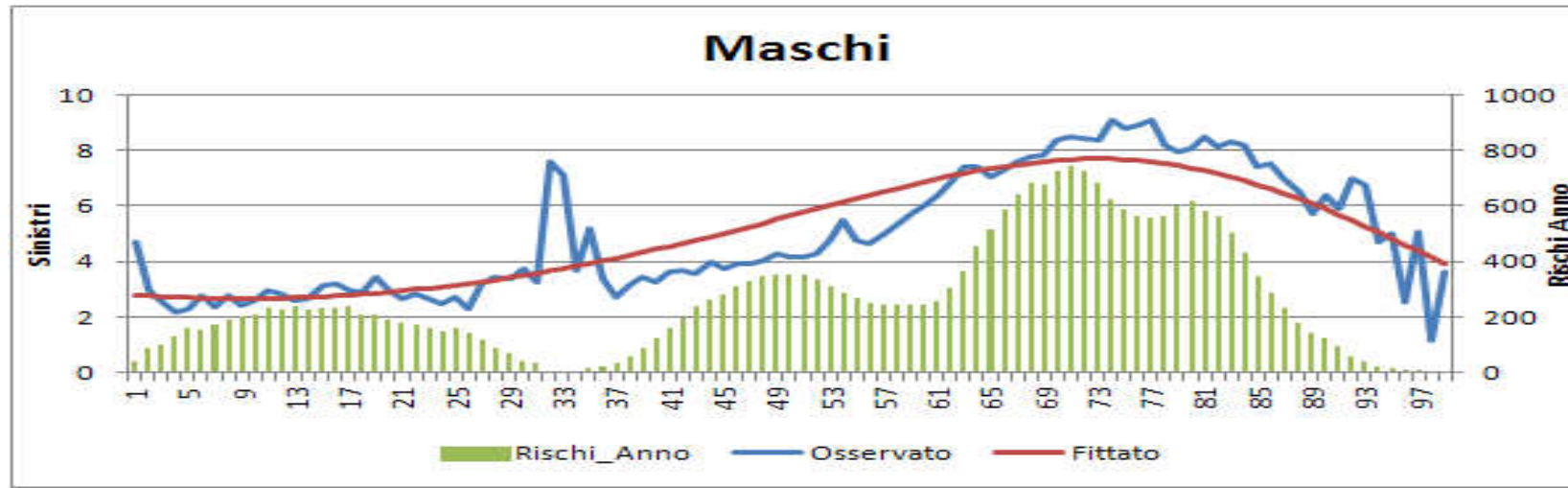
Sintesi del processo multifase



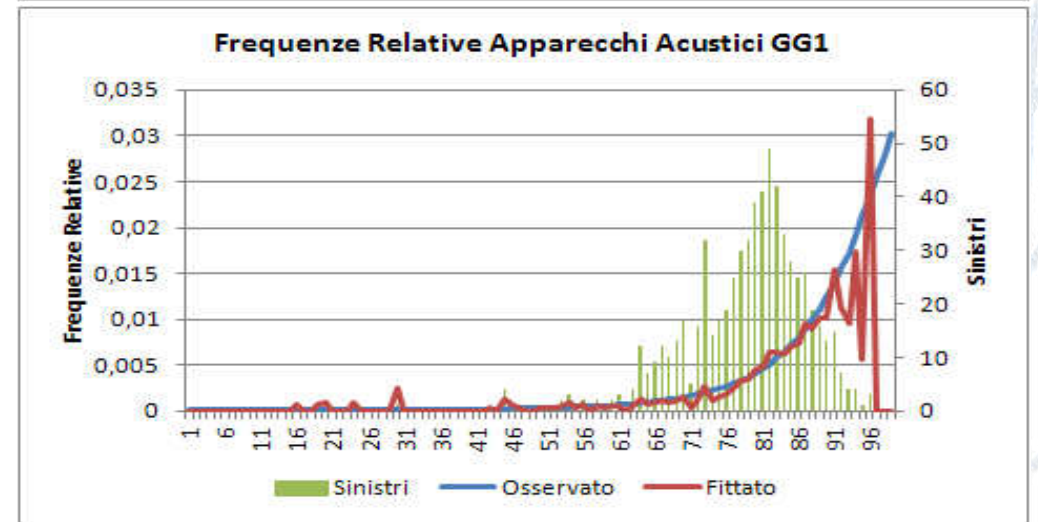
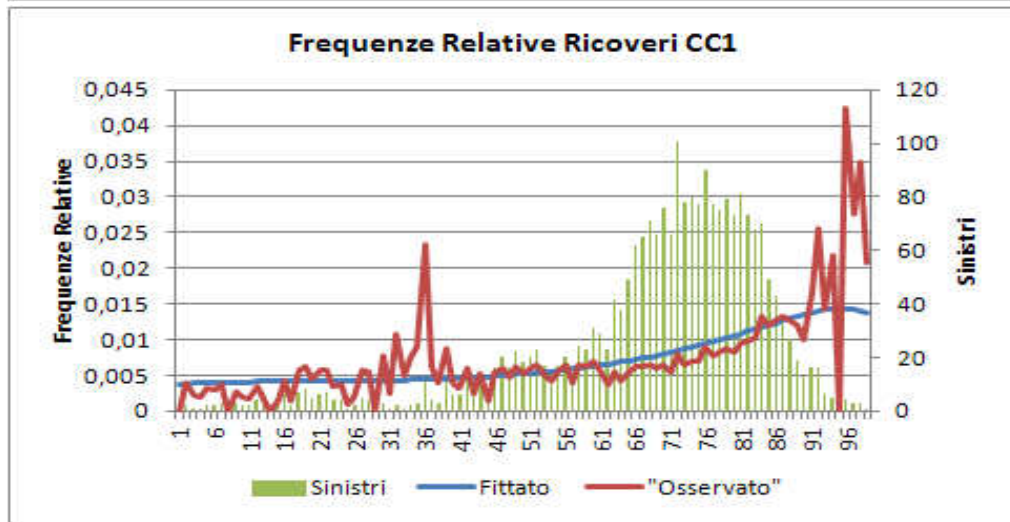
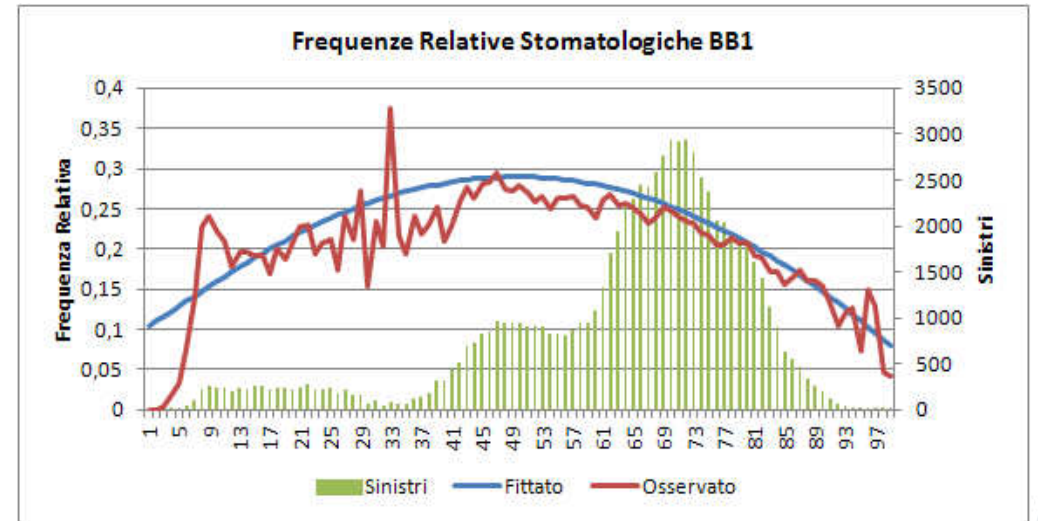
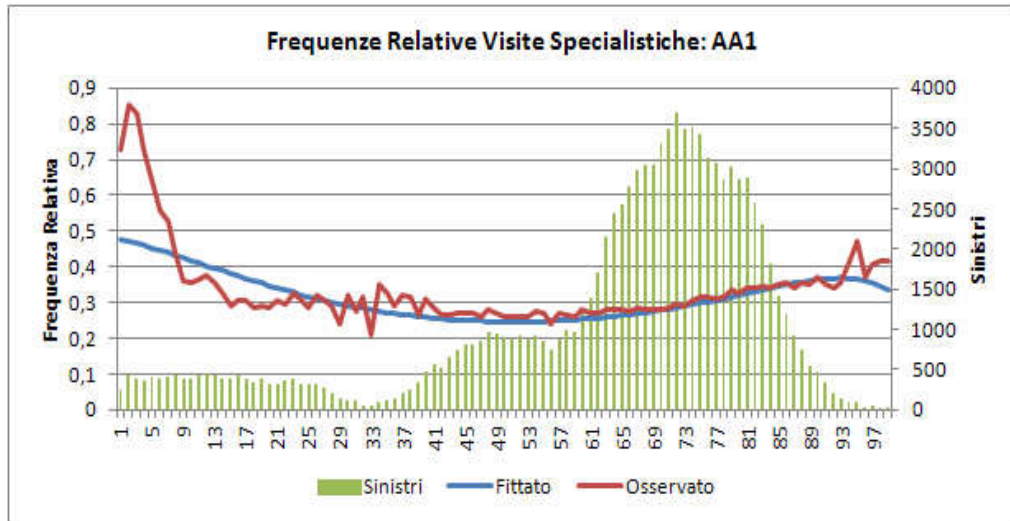
ALCUNE EVIDENZE EMPIRICHE



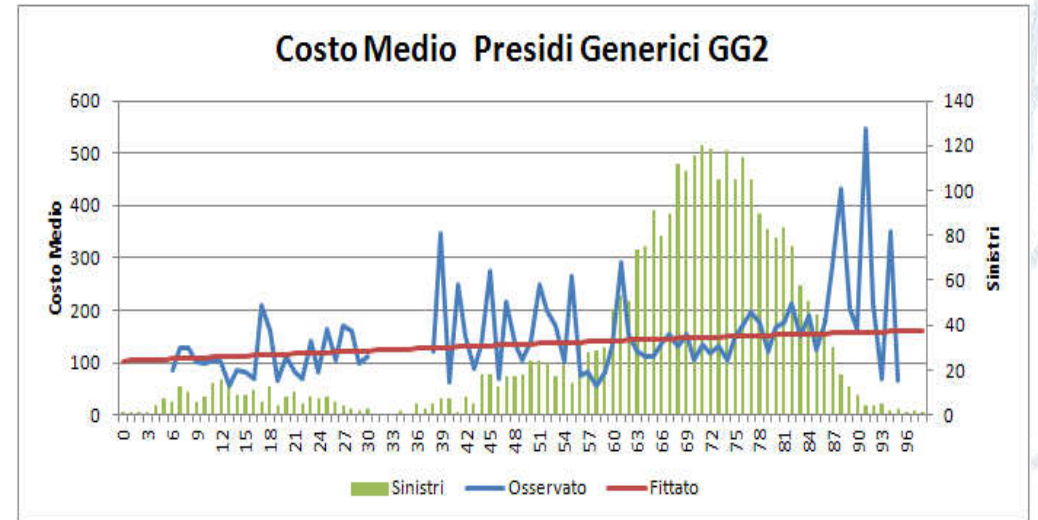
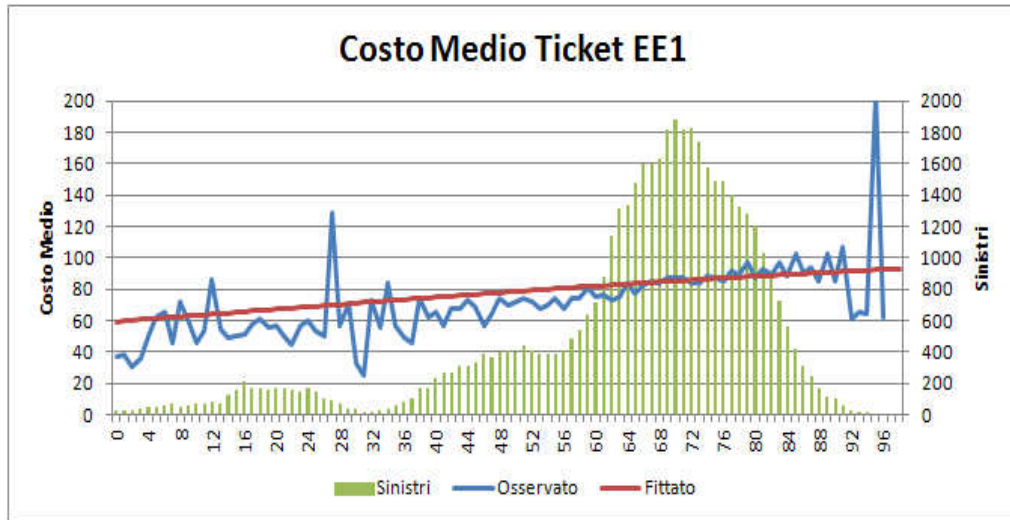
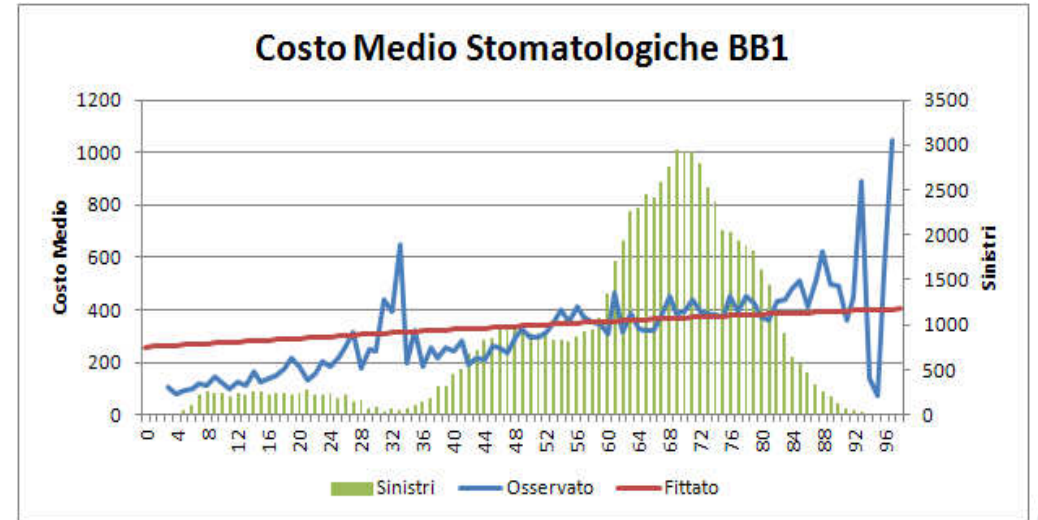
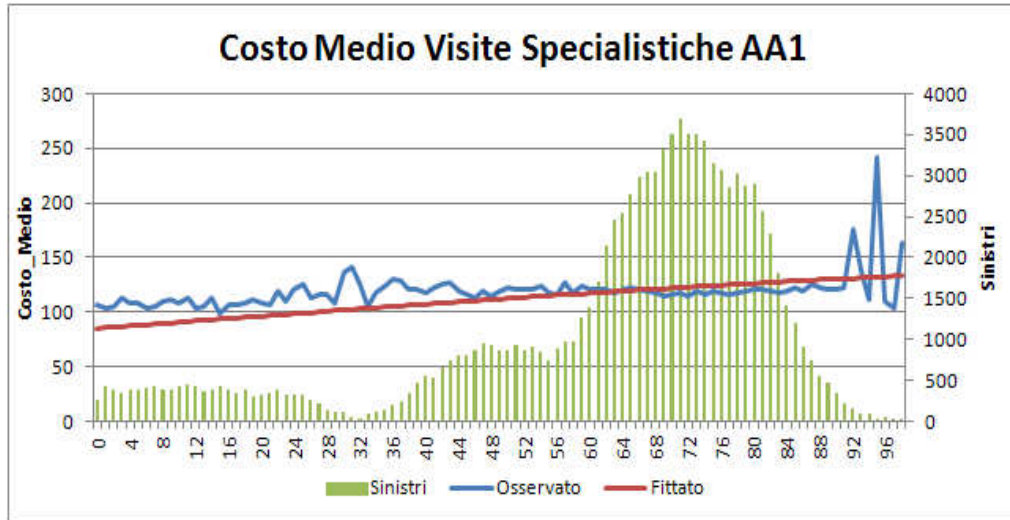
Diagnostica Modelli Statistici: Frequenza



Diagnostica Modelli Statistici: Logit Maschile

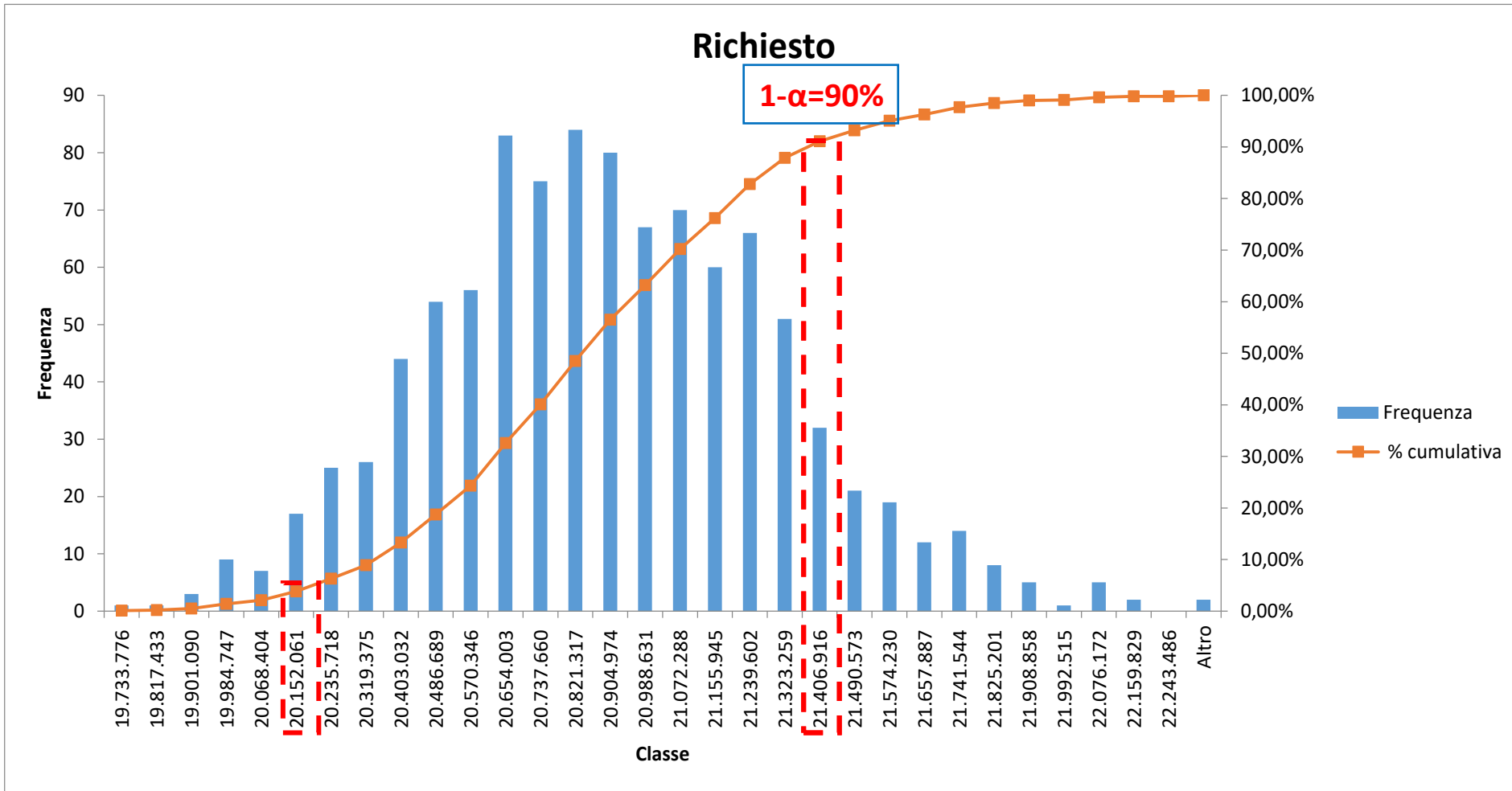


Diagnostica Modelli Statistici: Costo Medio Maschile



Distribuzioni di Probabilità

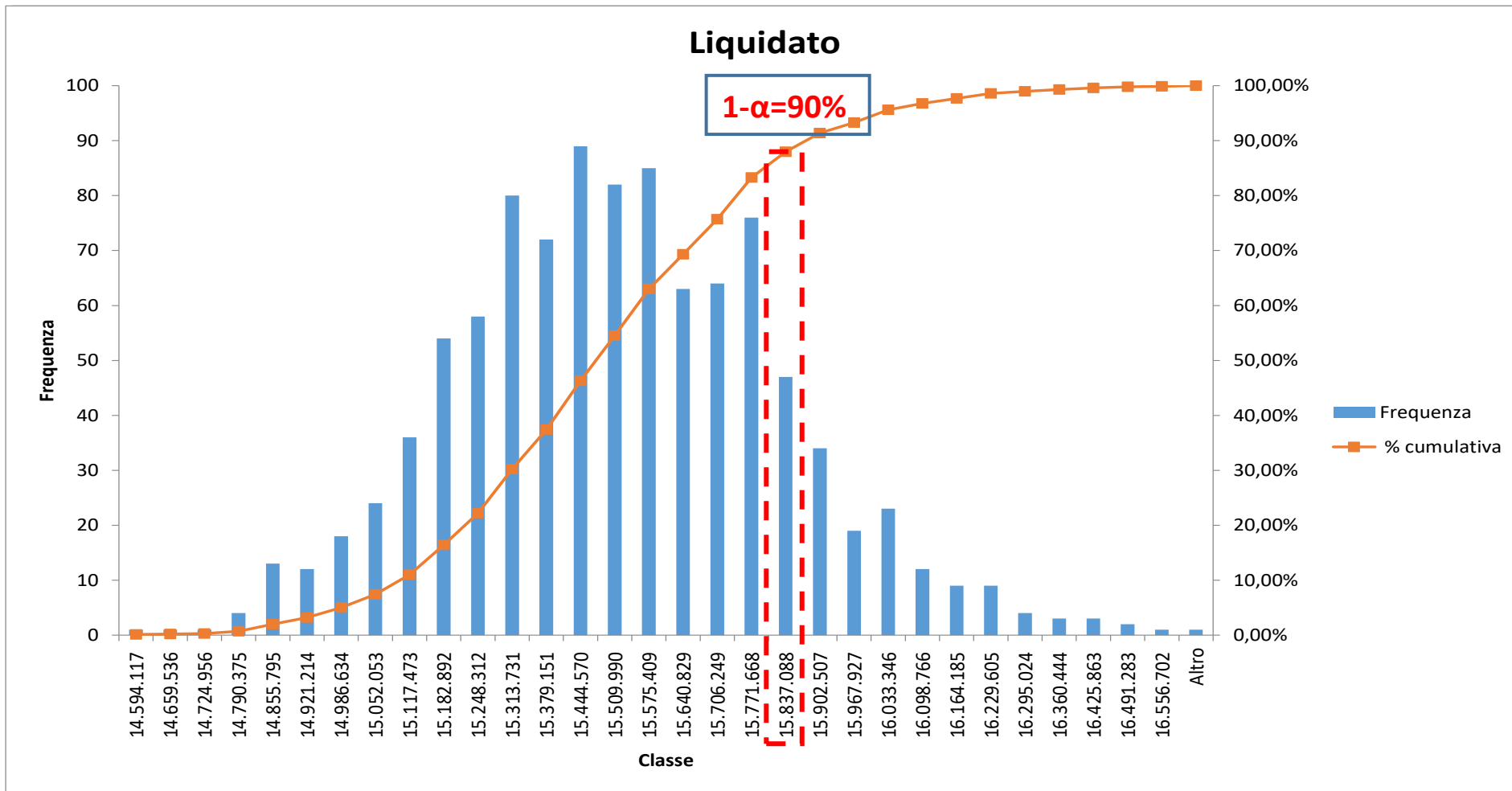
Importo Richiesto al 1° anno



Il grafico riporta, per il complesso dei sinistri e degli assistiti, l'importo del richiesto al 1° anno del periodo di riferimento (2014-2023), ottenuto con 1.000 simulazioni e ordinando gli importi totali in modo crescente.

Distribuzioni di Probabilità

Importo Liquidato al 1° anno



- Il grafico riporta, per il complesso dei sinistri e degli assistiti, l'importo del liquidato al 1° anno del periodo di riferimento (2014-2023), ottenuto con 1.000 simulazioni e ordinando gli importi totali in modo crescente.

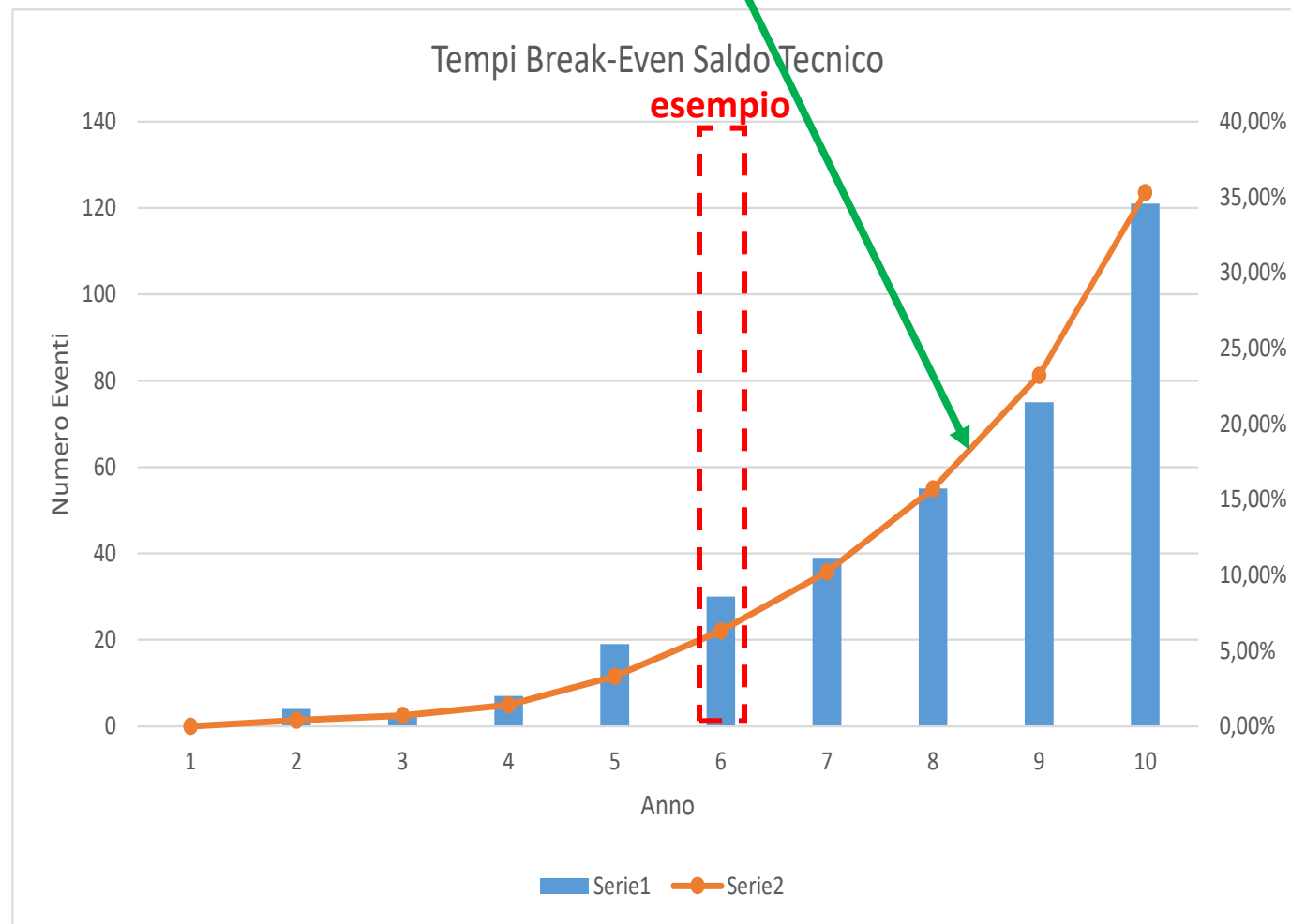
Distribuzioni di Probabilità

Tempo di arrivo 1° default del Saldo Tecnico

Il grafico evidenzia se e quando, per il complesso degli assistiti e per ognuna delle 1.000 simulazioni, si osserva il primo saldo tecnico negativo (break-even).

$$\mathcal{F}_\tau = \text{prob}(\tau \leq z) : \text{f.r.}$$

Anno	Numero Eventi	% cumulativa
1	0	0,00%
2	4	0,40%
3	3	0,70%
4	7	1,40%
5	19	3,30%
6	30	6,30%
7	39	10,20%
8	55	15,70%
9	75	23,20%
10	121	35,30%
No Break Even	647	100,00%

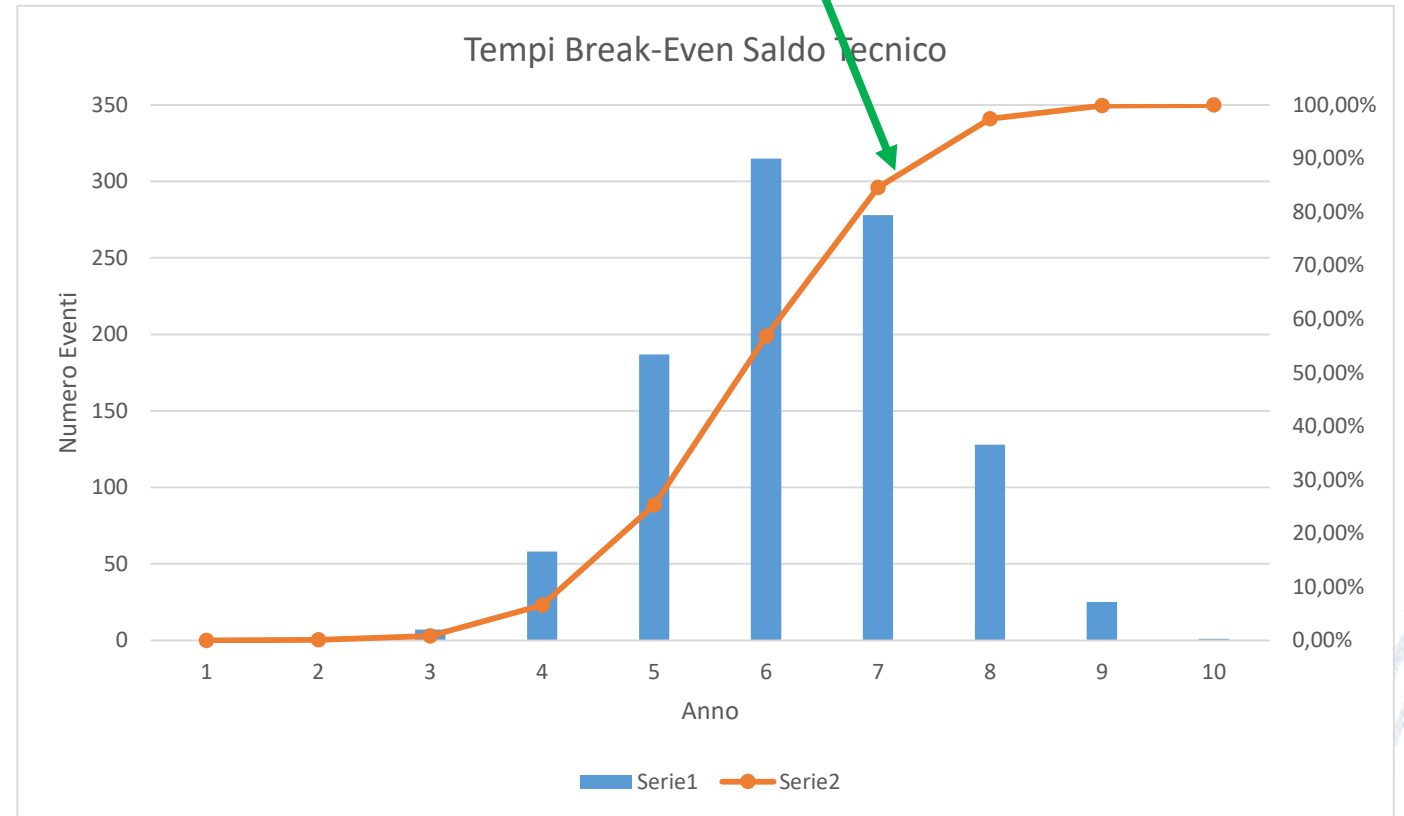


Distribuzioni di Probabilità

Tempo di arrivo 1° default del Saldo Tecnico

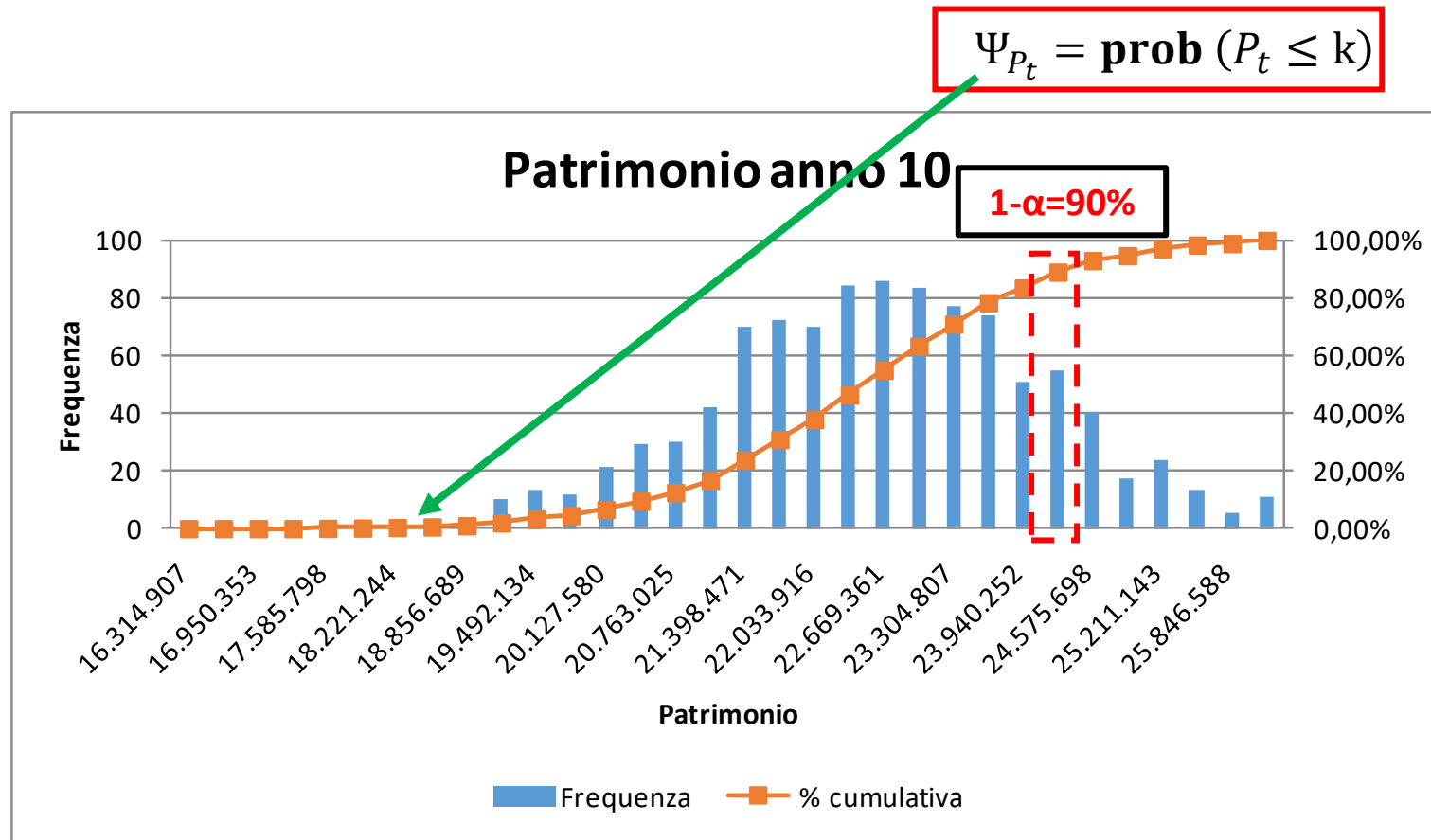
$$\mathcal{F}_\tau = \text{prob}(\tau \leq z) : \text{f.r.}$$

Anno	Numero Eventi	% cumulativa
1	0	0,00%
2	1	0,10%
3	7	0,80%
4	58	6,60%
5	187	25,30%
6	315	56,80%
7	278	84,60%
8	128	97,40%
9	25	99,90%
10	1	100,00%
No Break Even	0	100,00%



Distribuzioni di Probabilità

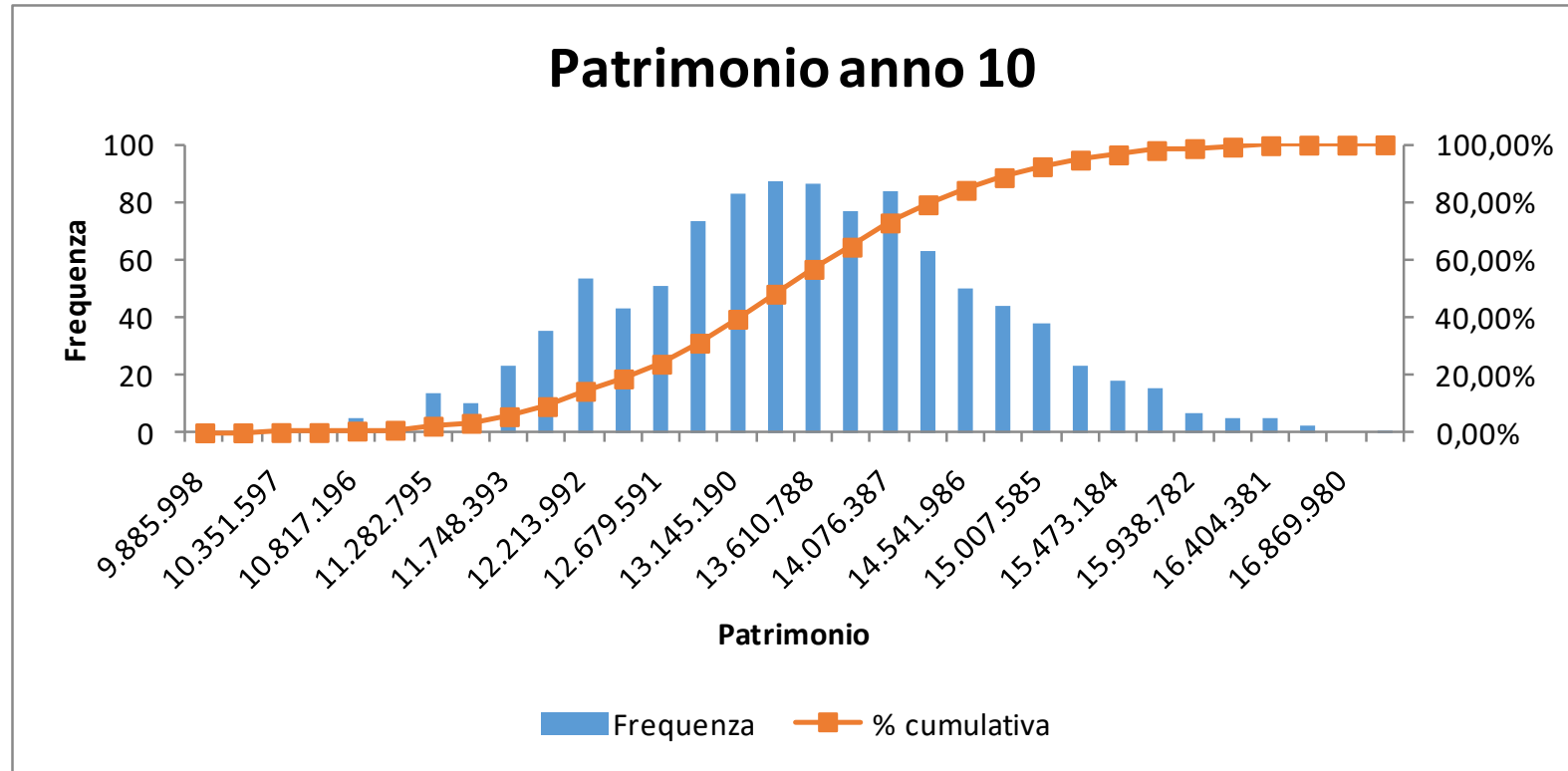
Patrimonio al 10° anno



- Il grafico riporta, in ipotesi realistiche, l'importo del patrimonio del fondo al 10° anno del periodo di riferimento (2014-2023), ottenuto con 1.000 simulazioni e ordinando gli importi totali in modo crescente.

Distribuzioni di Probabilità

Patrimonio al 10° anno



- Il grafico riporta, in ipotesi conservative, l'importo del patrimonio del fondo al 10° anno del periodo di riferimento (2014-2023), ottenuto con 1.000 simulazioni e ordinando gli importi totali in modo crescente.

Predisposizione del Bilancio tecnico stocastico : alcuni esempi

- Nella tabelle che seguono si riportano, rispetto alle due diverse ipotesi “realistiche” e “conservative” (n.b.: rispettivamente gruppo aperto e gruppo chiuso) i prospetti di bilancio tecnico in corrispondenza di diversi livelli di probabilità considerati (99.9, 99.5, 99.0, 97.5 PERCENTILE)

Predisposizione del Bilancio tecnico 2014-2013

99.9 Percentile

Anno di proiezione	Numero Assistiti	Contributi				Rimborsi		Saldo Tecnico	Proventi Finanziari	Saldo Gestione	Patrimonio
		Azienda	Dirigente	Solidarietà	Totale	Richiesto	Liquidato				
[1]	[2]	[3.a]	[3.b]	[3.c]	[3]=[3.a]+[3.b]+[3.c]	[4.a]	[4.b]	[5]=[3]-[4.b]	[6]	[7]=[5]+[6]	[8 anno t]=[8 anno t-1]+[7]
2013											9.443.800
2014	10.137	9.904.400	5.244.760	1.957.500	17.106.660	21.030.846	15.543.475	1.563.185	171.067	1.734.251	11.178.051
2015	9.969	9.805.900	5.181.670	1.947.000	16.934.570	20.782.882	15.746.579	1.187.991	169.346	1.357.337	12.535.388
2016	9.757	9.675.400	5.096.910	1.933.500	16.705.810	21.217.747	16.064.921	640.889	167.058	807.947	13.343.335
2017	9.512	9.506.350	5.005.160	1.908.000	16.419.510	20.828.015	15.678.258	741.252	164.195	905.447	14.248.782
2018	9.263	9.356.550	4.906.260	1.890.000	16.152.810	22.146.530	16.670.026	-517.216	161.528	-355.688	13.893.094
2019	9.036	9.209.400	4.812.310	1.875.000	15.896.710	21.377.156	15.956.445	-59.735	158.967	99.232	13.992.327
2020	8.803	9.062.550	4.725.920	1.852.500	15.640.970	22.528.554	16.712.573	-1.071.603	156.410	-915.193	13.077.133
2021	8.559	8.922.950	4.631.850	1.831.500	15.386.300	22.462.383	16.547.281	-1.160.981	153.863	-1.007.118	12.070.015
2022	8.282	8.723.450	4.523.040	1.782.000	15.028.490	22.311.809	16.290.219	-1.261.729	150.285	-1.111.444	10.958.572
2023	7.993	8.463.450	4.405.330	1.705.500	14.574.280	21.756.326	15.792.596	-1.218.316	145.743	-1.072.573	9.885.998

Predisposizione del Bilancio tecnico 2014-2013

99.5 Percentile

Anno di proiezione	Numero Assistiti	Contributi				Rimborsi		Saldo Tecnico	Proventi Finanziari	Saldo Gestione	Patrimonio
		Azienda	Dirigente	Solidarietà	Totale	Richiesto	Liquidato				
[1]	[2]	[3.a]	[3.b]	[3.c]	[3]=[3.a]+[3.b]+[3.c]	[4.a]	[4.b]	[5]=[3]-[4.b]	[6]	[7]=[5]+[6]	[8 anno t]=[8 anno t-1]+[7]
2013											9.443.800
2014	10.137	9.904.400	5.244.760	1.957.500	17.106.660	20.817.877	15.460.586	1.646.074	171.067	1.817.140	11.260.940
2015	9.953	9.796.000	5.174.170	1.945.500	16.915.670	20.769.421	15.744.713	1.170.957	169.157	1.340.114	12.601.054
2016	9.781	9.694.600	5.109.030	1.936.500	16.740.130	21.161.482	16.018.323	721.807	167.401	889.208	13.490.262
2017	9.586	9.577.000	5.046.040	1.920.000	16.543.040	21.659.598	16.284.001	259.039	165.430	424.469	13.914.732
2018	9.366	9.443.600	4.963.710	1.900.500	16.307.810	21.865.781	16.323.560	-15.750	163.078	147.328	14.062.060
2019	9.133	9.305.200	4.872.240	1.885.500	16.062.940	22.114.196	16.422.248	-359.308	160.629	-198.679	13.863.381
2020	8.909	9.161.400	4.782.490	1.870.500	15.814.390	22.242.147	16.452.444	-638.054	158.144	-479.910	13.383.471
2021	8.635	9.014.500	4.672.700	1.851.000	15.538.200	21.984.847	16.099.375	-561.175	155.382	-405.793	12.977.678
2022	8.362	8.795.950	4.565.700	1.792.500	15.154.150	22.334.337	16.313.906	-1.159.756	151.542	-1.008.214	11.969.464
2023	8.083	8.537.100	4.447.020	1.717.500	14.701.620	22.027.292	16.022.970	-1.321.350	147.016	-1.174.334	10.795.130

Predisposizione del Bilancio tecnico 2014-2013

99.0 Percentile

Anno di proiezione	Numero Assistiti	Contributi				Rimborsi		Saldo Tecnico	Proventi Finanziari	Saldo Gestione	Patrimonio
		Azienda	Dirigente	Solidarietà	Totale	Richiesto	Liquidato				
[1]	[2]	[3.a]	[3.b]	[3.c]	[3]=[3.a]+[3.b]+[3.c]	[4.a]	[4.b]	[5]=[3]-[4.b]	[6]	[7]=[5]+[6]	[8 anno t]=[8 anno t-1]+[7]
2013											9.443.800
2014	10.137	9.904.400	5.244.760	1.957.500	17.106.660	21.503.709	16.009.948	1.096.712	171.067	1.267.779	10.711.579
2015	9.951	9.793.350	5.175.150	1.942.500	16.911.000	21.278.752	16.167.006	743.994	169.110	913.104	11.624.683
2016	9.744	9.661.500	5.092.250	1.929.000	16.682.750	21.935.553	16.512.619	170.131	166.828	336.959	11.961.642
2017	9.534	9.522.550	5.017.990	1.908.000	16.448.540	21.600.764	16.264.455	184.085	164.485	348.571	12.310.213
2018	9.312	9.392.250	4.930.950	1.893.000	16.216.200	21.131.639	15.755.067	461.133	162.162	623.295	12.933.508
2019	9.067	9.240.100	4.826.340	1.882.500	15.948.940	21.611.681	16.065.625	-116.685	159.489	42.805	12.976.313
2020	8.828	9.095.100	4.737.010	1.861.500	15.693.610	21.435.550	15.964.596	-270.986	156.936	-114.050	12.862.262
2021	8.539	8.916.550	4.616.700	1.839.000	15.372.250	21.881.206	16.104.879	-732.629	153.723	-578.906	12.283.356
2022	8.271	8.707.600	4.512.180	1.789.500	15.009.280	21.963.753	15.909.825	-900.545	150.093	-750.453	11.532.904
2023	7.981	8.424.450	4.388.320	1.707.000	14.519.770	20.987.753	15.226.169	-706.399	145.198	-561.202	10.971.702

Predisposizione del Bilancio tecnico 2014-2013

97.5 Percentile

Anno di proiezione	Numero Assistiti	Contributi				Rimborsi		Saldo Tecnico	Proventi Finanziari	Saldo Gestione	Patrimonio
		Azienda	Dirigente	Solidarietà	Totale	Richiesto	Liquidato				
[1]	[2]	[3.a]	[3.b]	[3.c]	[3]=[3.a]+[3.b]+[3.c]	[4.a]	[4.b]	[5]=[3]-[4.b]	[6]	[7]=[5]+[6]	[8 anno t]=[8 anno t-1]+[7]
2013											9.443.800
2014	10.137	9.904.400	5.244.760	1.957.500	17.106.660	21.228.709	15.774.655	1.332.005	171.067	1.503.072	10.946.872
2015	9.920	9.757.900	5.150.140	1.942.500	16.850.540	21.709.609	16.533.491	317.049	168.505	485.555	11.432.426
2016	9.739	9.650.900	5.079.470	1.935.000	16.665.370	20.927.738	15.808.589	856.781	166.654	1.023.435	12.455.862
2017	9.538	9.543.350	5.015.670	1.921.500	16.480.520	22.087.774	16.635.045	-154.525	164.805	10.281	12.466.142
2018	9.326	9.408.800	4.936.080	1.900.500	16.245.380	21.030.868	15.785.184	460.196	162.454	622.649	13.088.792
2019	9.134	9.294.300	4.862.500	1.888.500	16.045.300	21.833.709	16.284.852	-239.552	160.453	-79.099	13.009.693
2020	8.901	9.153.800	4.774.080	1.869.000	15.796.880	21.767.165	16.168.622	-371.742	157.969	-213.774	12.795.919
2021	8.637	9.000.300	4.666.930	1.851.000	15.518.230	21.373.967	15.668.899	-150.669	155.182	4.514	12.800.433
2022	8.368	8.775.300	4.552.280	1.803.000	15.130.580	21.724.049	15.891.538	-760.958	151.306	-609.653	12.190.780
2023	8.114	8.507.800	4.448.230	1.714.500	14.670.530	21.716.148	15.710.639	-1.040.109	146.705	-893.404	11.297.376

Considerazioni finali

- Obiettivo:
 - Allocazione ottima del capitale per il miglioramento delle prestazioni sanitarie.
- Modello di supporto alle decisioni:
 - Definizione del periodo di analisi della solvibilità (proiezione a 15/20 anni).
 - Strategie di allocazione del patrimonio rispetto alle diverse categorie di prestazioni sanitarie i.e. calcolo del risk capital per tipo di nomenclatore.
 - Definizione di standard di solvibilità.
 - Modello di supporto a procedure di ALM.