

All stable processes we shall predict. All unstable processes we shall control (John von Neumann)

Corso Breve di Teoria del Controllo

Lezione 3

Sistemi multi-leva e multi-obiettivo. Strategie e Politiche di controllo

Piero Mella

Già Professore di "Teoria del Controllo" - Università di Pavia, Italy
piero.mella@unipv.it - <http://www.pieromella.it>

Vol. 14-1/2023 - DOI: 10.13132/2038-5498/14.1.203-256

Non accontentarti di meno di
quanto sei in grado di fare
(Peter Senge, 1992, p. XIV).

Cite as: Mella, P. (2023). Corso Breve di Teoria del Controllo. Lezione 3: Sistemi multi-leva e multi-obiettivo.
Strategie e Politiche di controllo. *Economia Aziendale online*, 14(1), 203-256.

Aula Scarpa
Università di Pavia
Italy

Economia Aziendale online - Electronic ISSN 2038-5498 - Tribunale di Pavia, 2007, n. 685 R.S.P.



Università di Pavia, Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali

piero.mella@unipv.it

Piano del Corso

- **Lezione 1** - Logica, linguaggio e regole del Systems Thinking (secondo Senge)
[47 dia - tempo di lettura 50 min]
 - **Appendice 1 A** – Le Cinque Discipline [21 dia - tempo di lettura 15 min]
 - **Appendice 1 B** – Costruire i Causal Loop Diagrams (CLD) [34 dia - tempo di lettura 60 min]
- **Lezione 2** – Il sistema di controllo a una leva. Struttura, Prototipi e Tipologia minima
[44 dia - tempo di lettura 50 min]
 - **Appendice 2** – Tipologia ed esempi di sistemi di controllo a una leva, con simulazioni [38 dia - tempo di lettura 40 min]
- **Lezione 3** – Sistemi multi-leva e multi-obiettivo. Strategie e Politiche di controllo
[54 dia - tempo di lettura 70 min]
- **Lezione 4** – L'ubiqua presenza dei sistemi di controllo [53 dia - tempo di lettura 60 min]
 - **Appendice 4 A** – Gli archetipi sistemici [42 dia - tempo di lettura 45 min]
- **Lezione 5** – Il controllo nelle/delle Organizzazioni [54 dia - tempo di lettura 70 min]



Lezione 3

Abstract e Keywords

Abstract

Nella **Lezione 1** ho ricordato le nozioni fondamentali del **Systems Thinking**, poiché rappresenta il linguaggio fondamentale per la descrizione dei sistemi di controllo.

Nella **Lezione 2** ho costruito il **Modello generale di Sistema di Controllo mono leva e mono obiettivo in forma logica (simbolica)**, presentando una tipologia minima essenziale.

In questa **Lezione 3**, viene ampliata la «visione» dei Sistemi di Controllo, introducendo due importanti generalizzazioni che arricchiscono la varietà e la potenza dei controlli effettuabili:

- i Sistemi di Controllo **multi-leva (plurileva)** con leve indipendenti o dipendenti l'una dall'altra;
- i Sistemi di Controllo **multi-obiettivo (pluriobiettivo)**.

Si introducono i fondamentali concetti di «**strategia**» e di «**politica**» di controllo, indispensabili per completare la logica operativa dei sistemi di controllo. Vengono presentati alcuni esempi che anticipano la gamma dei casi che saranno presentati nelle Lezioni 4 e 5.

In **Lesson 1** I recalled the fundamental notions of Systems Thinking as a fundamental logic and language for describing control systems. In **Lesson 2** I built the general single-lever, single-objective Control System Model in a logical (symbolic) form, presenting a minimal essential typology.

In this **Lesson 3**, the "vision" of Control Systems is expanded, introducing two important generalizations that enrich the variety and power of the controls that can be performed:

- Multi-lever Control Systems with independent or mutually dependent levers;
- Multi-objective Control Systems.

The fundamental concepts of control «**strategy**» and «**policy**» are introduced, indispensable for completing the operational logic of control systems. Some examples are presented that anticipate the range of cases that anticipate those that will be examined in Lessons 4 and 5.

Keywords: Sistema di Controllo a leve libere, Sistema di Controllo a leve vincolate, strategia di controllo decisa dal management, esempio: vasca, esempio: sommergibile, esempio: aerostato, potenziamento dei sistemi di controllo, sistemi per impulsi: CI-PO, PI-CO, sistemi multi-leva: monolayer e multilayer, sistemi multi-obiettivo: tipologia, politica di controllo decisa dalla governance, strategia e politica ottimali



Sistemi multi-leva e multi-obiettivo

Definizioni

- Avevamo esaminato la seguente **Definizione generale** di sistema di controllo **mono-leva** e **mono-obiettivo**:
 - Un **sistema di controllo** è un **sistema reale** (una catena di controllo) che realizza un **sistema logico** (loop **[s-o-s]**) per forzare **«una»** variabile Y_t a raggiungere **«un»** obiettivo Y^* , malgrado possibili disturbi esterni, D_t , utilizzando **«una» leva di controllo X_t** .
- Possiamo abbandonare la limitazione di Sistemi di Controllo a una sola leva e con un solo obiettivo.
- **Definizioni**
 - Se la **leva di controllo X_t** , non è una variabile **singola** ma un **vettore $[X]$** composto da **N** variabili d'azione **$[X_1, X_2, \dots, X_N]$** , il sistema viene denominato Sistema di Controllo **multi-leva** (multi-lever control system).
 - Se la **variabile obiettivo Y_t** , non è una variabile **singola** ma un **vettore $[Y]$** composto da **M** variabili da controllare contemporaneamente, **$[Y_1, Y_2, \dots, Y_M]$** , il sistema viene denominato Sistema di Controllo **multi-obiettivo** (multi-objective control system).
- **Ogni sistema multi-obiettivo è, normalmente, anche multi-leva.**



Due tipi di Sistemi multileva

Leve indipendenti, o libere, e leve dipendenti, o vincolate

- Iniziamo dai sistemi multi-leva più semplici, con **due** sole leve: **X_1** e **X_2** .
- A secondo della possibilità di agire sulle leve possiamo distinguersi due tipi di leve.
 - Le **leve** sono **indipendenti**, nel senso che il **manager** può decidere se modificare solo la prima, o solo la seconda, o entrambe.
 - Questo controllo si definisce a **leve libere**.
 - Le **leve** sono **dipendenti l'una dall'altra**, nel senso che una variazione nella **X_1** implica una variazione di senso “**o**”, oppure “**s**”, nella **X_2** , anche se tali variazioni possono avere misura o intensità diversa.
 - Questo controllo si definisce a **leve vincolate**.



Controllo a due leve indipendenti

Controllo della temperatura della doccia

- La doccia con due rubinetti è il più semplice esempio di Sistema di Controllo con due leve manovrabili liberamente per controllare la temperatura del flusso.

Strategia del management

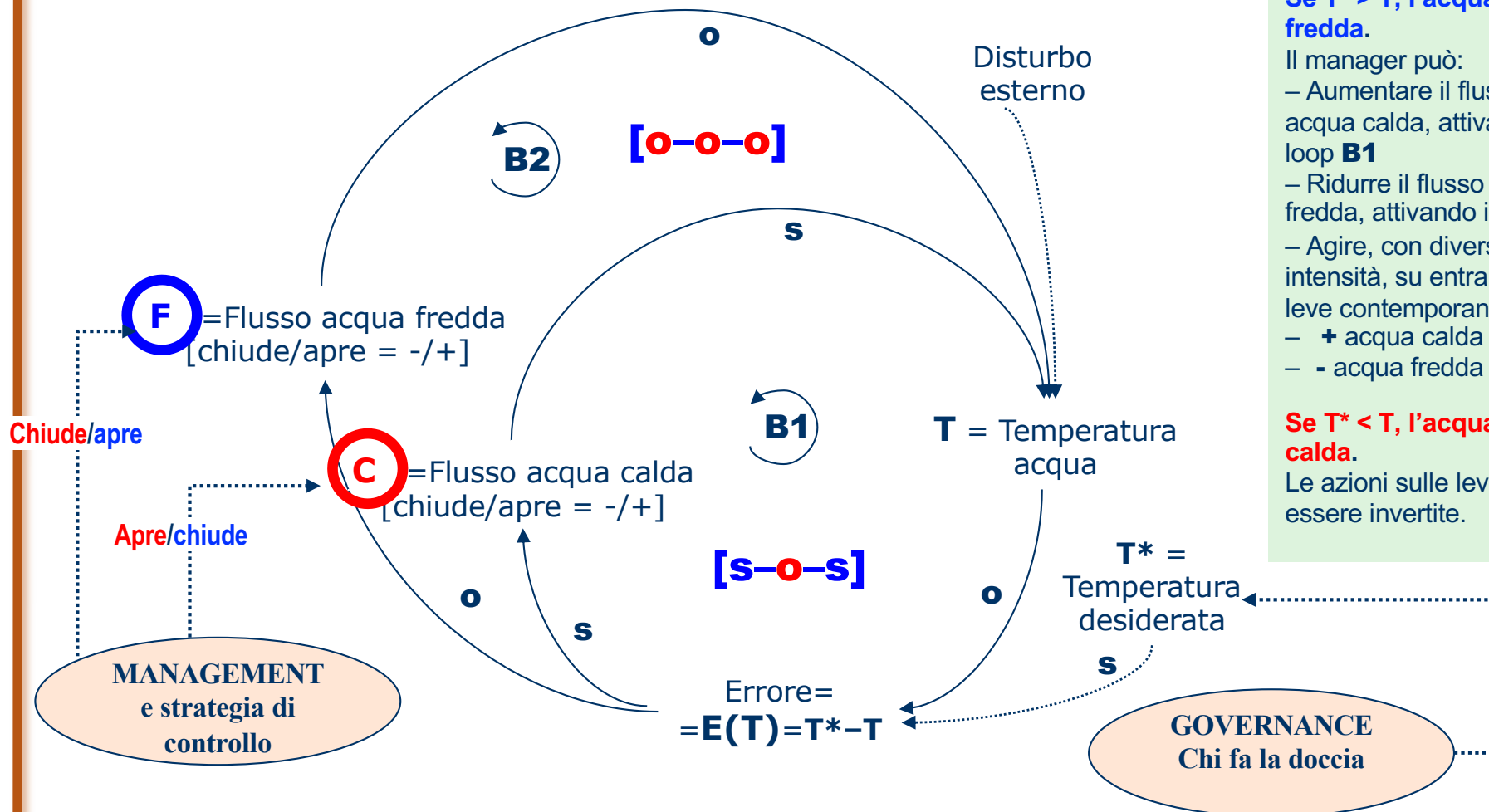
Se $T^* > T$, l'acqua è troppo fredda.

Il manager può:

- Aumentare il flusso di acqua calda, attivando il loop **B1**
- Ridurre il flusso di acqua fredda, attivando il loop **B2**
- Agire, con diversa intensità, su entrambe le leve contemporaneamente:
- + acqua calda
- - acqua fredda

Se $T^* < T$, l'acqua è troppo calda.

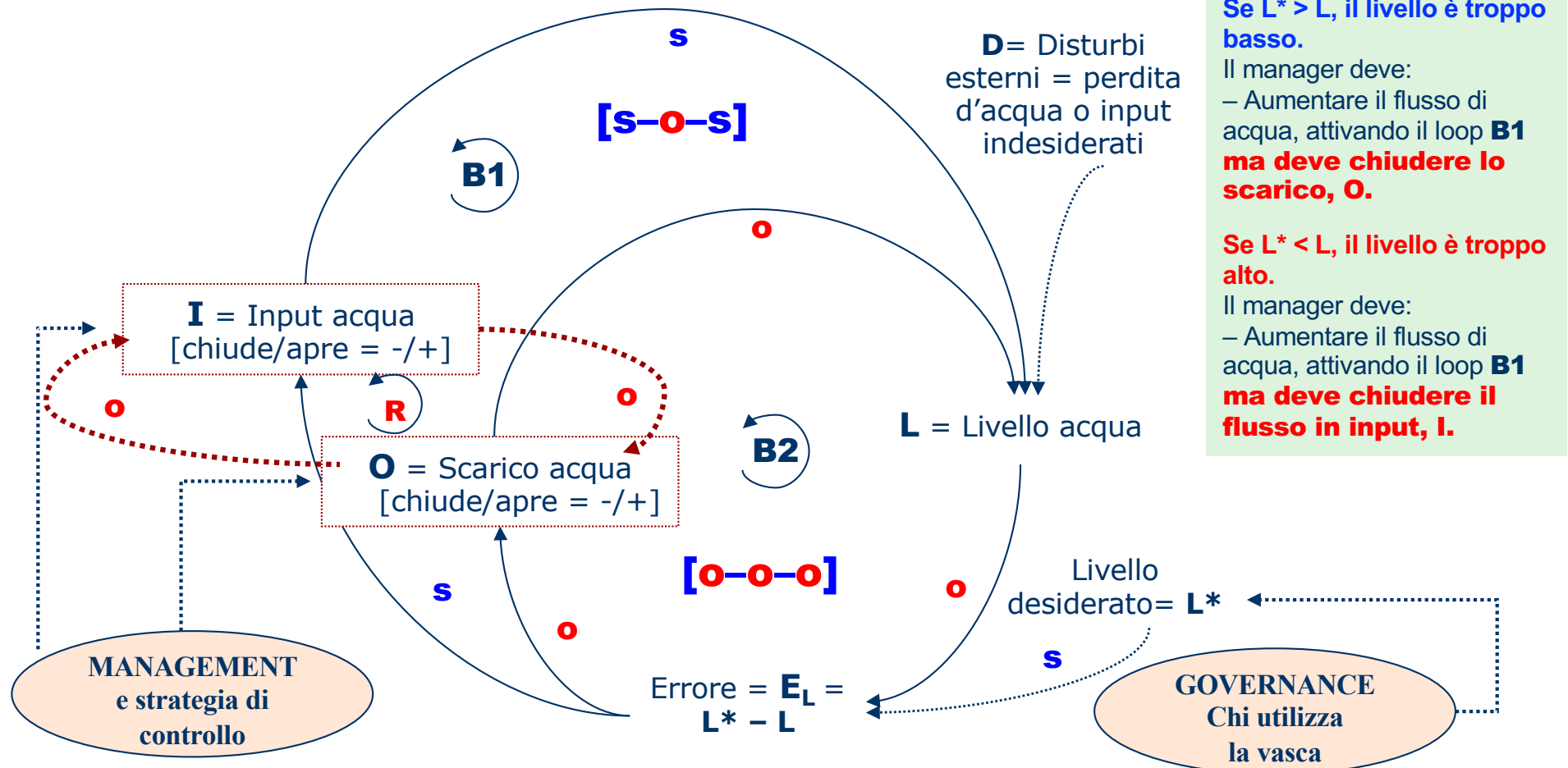
Le azioni sulle leve devono essere invertite.



Modello a due leve dipendenti ["o"/"o"]

Livello dell'acqua in una vasca

- La vasca con rubinetto e scarico è il più semplice (e generale) esempio di Sistema di Controllo con **due leve non manovrabili liberamente ma vincolate** in senso ["o"/"o"].

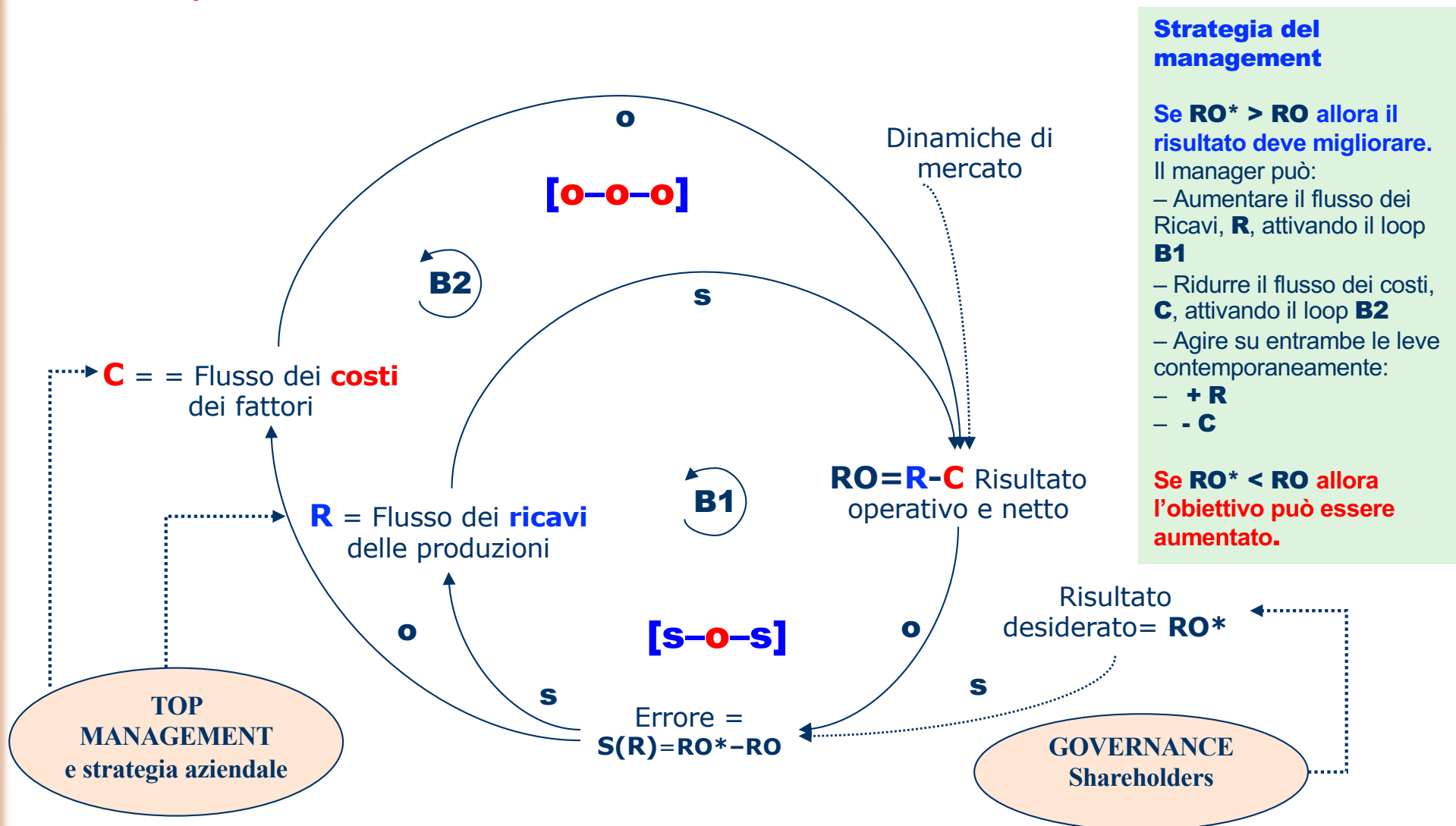


Modello a due leve indipendenti

Anche l'impresa è come una vasca

Controllo del risultato operativo

Sappiamo quanto sia importante e complessa la «strategia aziendale» per controllare i livelli del Risultato Operativo, RO se essi sono diversi da RO^* , stabilito dalla Governance.



La strategia di azione delle leve

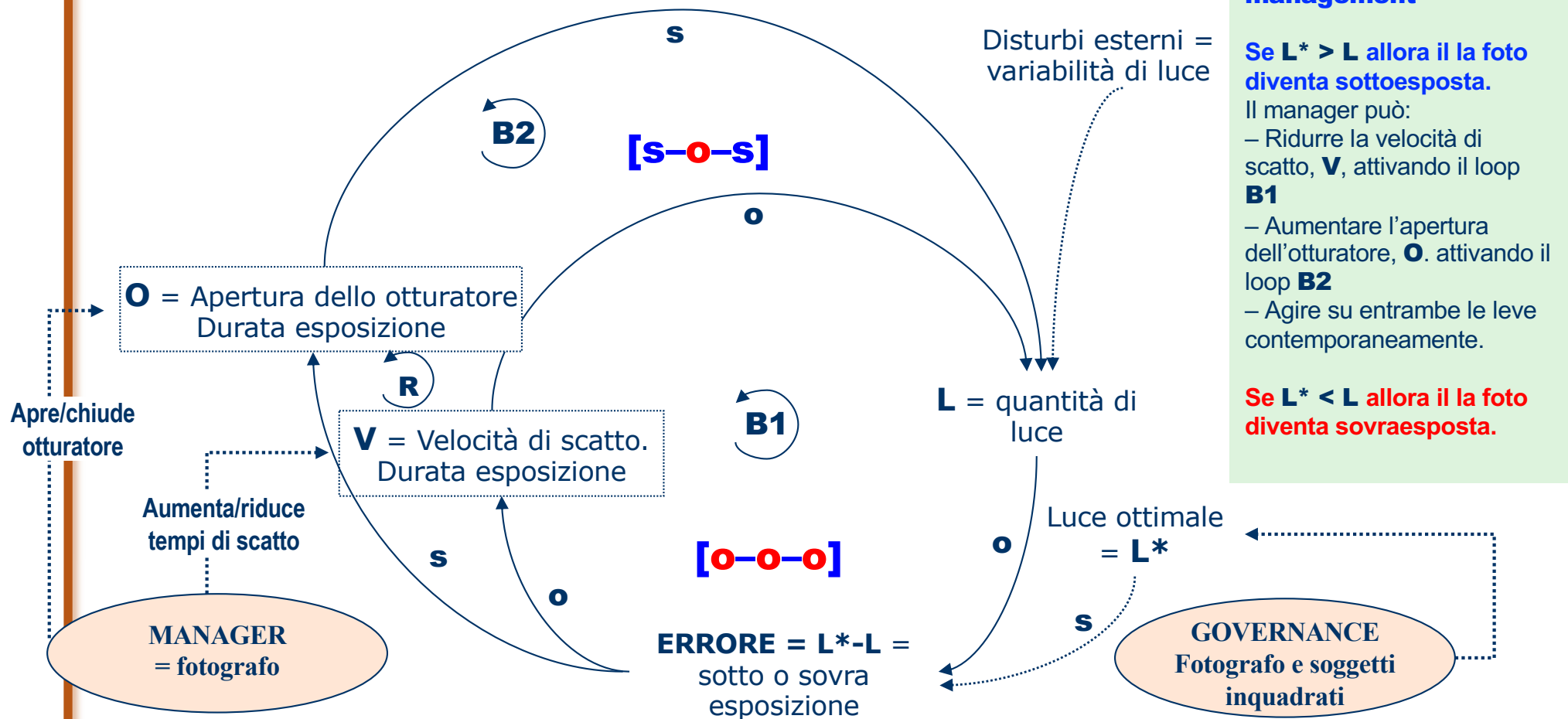
- Il controllo con due o più variabili, implica che il manager definisca un **ordine di priorità** per la **manovra** delle leve di controllo e il **valore** (dimensione) da assegnare a ciascuna.
 - L'**esperienza** consentirà al manager di conseguire l'obiettivo manovrando le leve nell'ordine e nella dimensione che ritiene più efficiente.
- **Si definisce strategia l'esperienza formalizzata circa il numero le priorità di manovra delle leve di controllo e il valore loro assegnato.**
 - La **strategia** non dipende solo dalla struttura del Sistema di Controllo ma anche dalle conoscenze e dalle attitudini del **manager**.
 - La **strategia** caratterizza tutti i sistemi **multileva** anche se appare più importante per i sistemi con **leve indipendenti**.
- Verranno ora presentati alcuni esempi di sistemi a due leve.



Modello a due leve indipendenti

La luce sulla pellicola della fotocamera

Formulare la **strategia** appare difficile perché le leve controllano altri obiettivi. L'apertura controlla la profondità di campo. La velocità controlla il "movimento". Si tratta, pertanto di un **sistema pluriobiettivo**.



Modello a due leve dipendenti

La mongolfiera e il modello della vasca



Strategia del management

Se $A^* > A$, la quota è bassa e la mongolfiera deve salire.

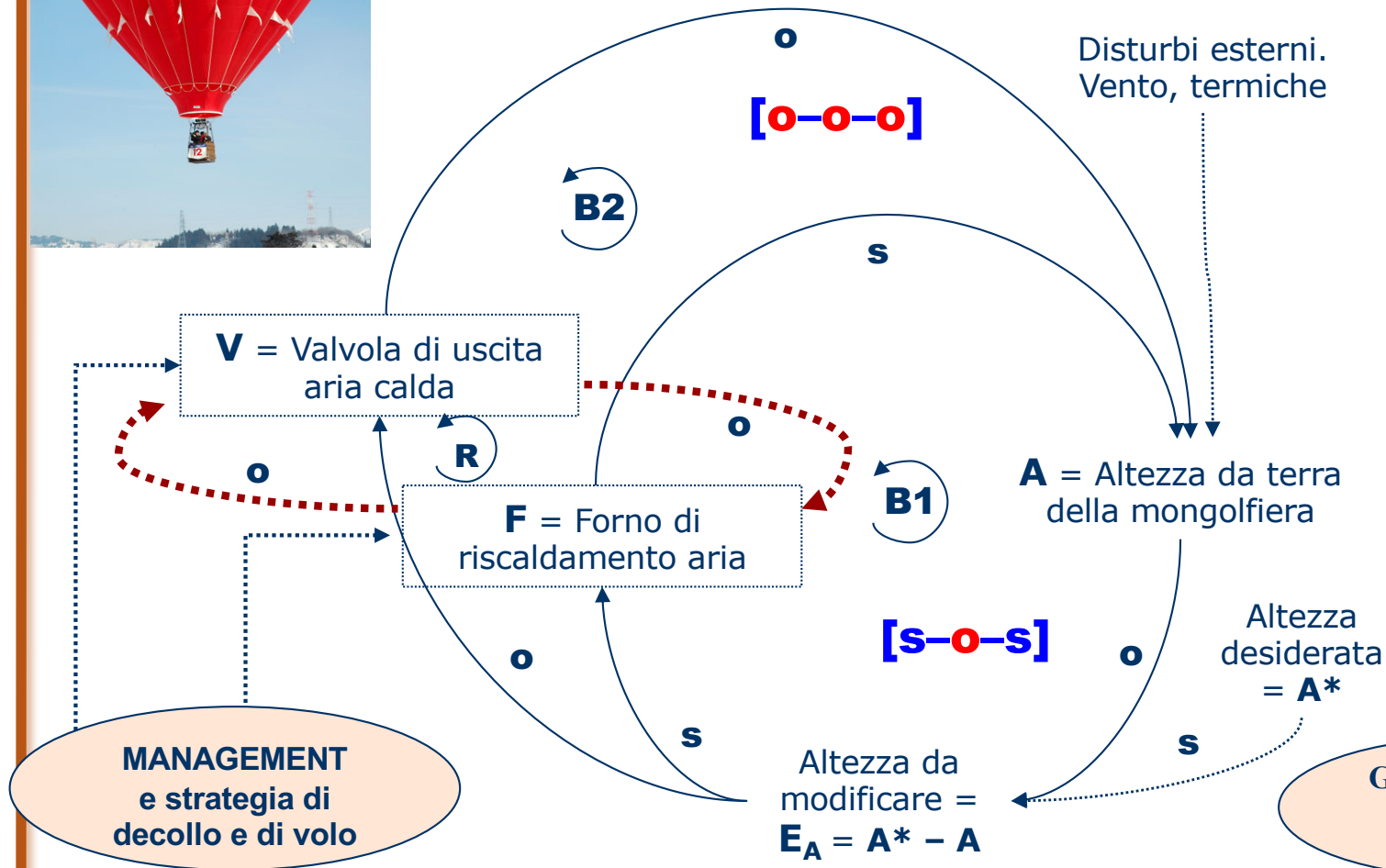
Il manager deve:

- **accendere il forno, F**, per il riscaldamento dell'aria, attivando il loop B1, consentendo alla mongolfiera di sollevarsi e prendere quota, **ma deve chiudere la valvola V**.

Se $A^* < A$, la quota è troppo alta e la mongolfiera deve scendere.

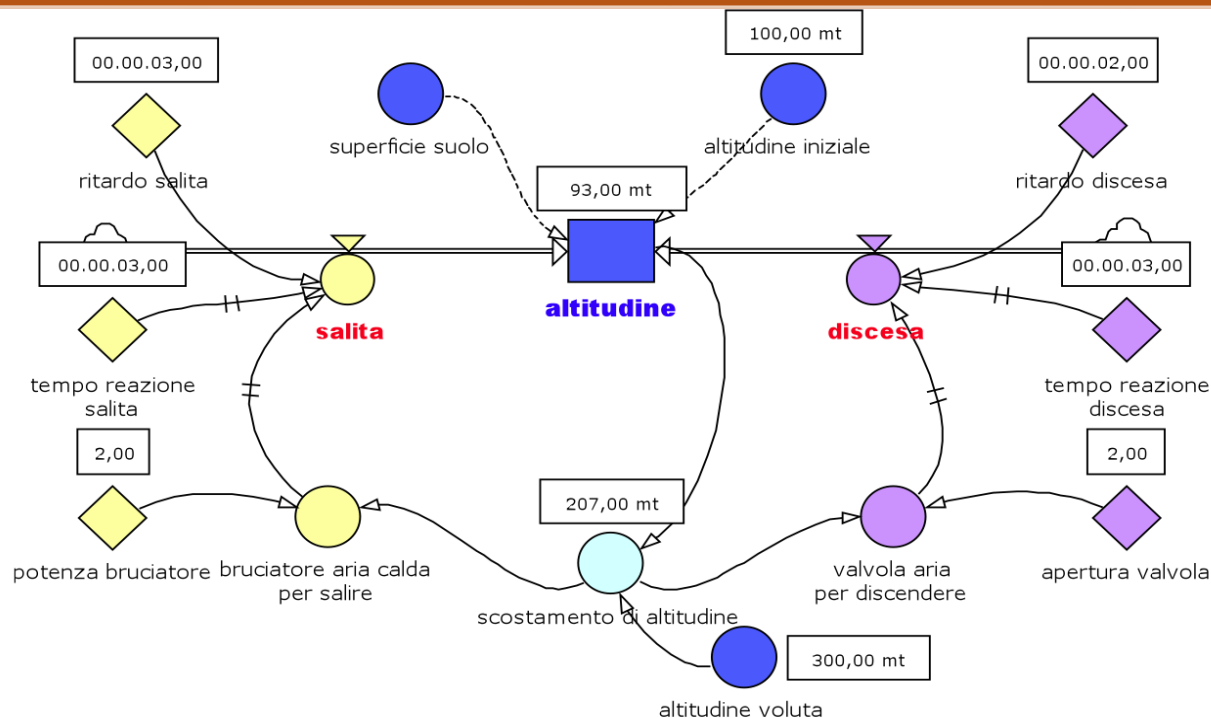
Il manager deve:

- **aprire la valvola** di uscita dell'aria, attivando il loop B2, consentendo alla mongolfiera di perdere quota, **ma deve spegnere il forno F**.



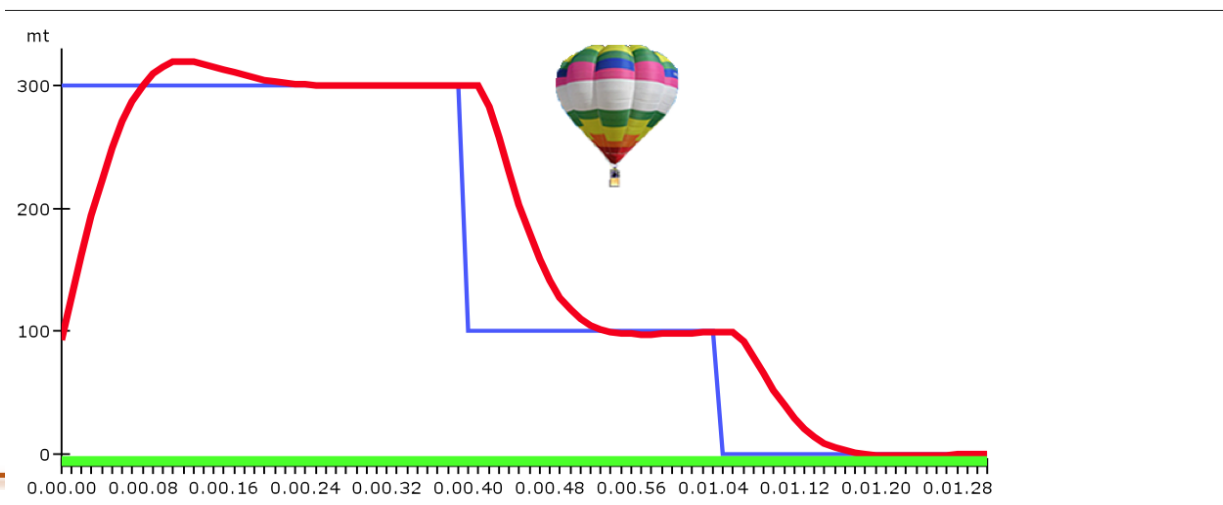
Modello a due leve dipendenti

Simulazione della dinamica dell'altezza di volo dell'aerostato



Simulazione della dinamica dell'altezza della mongolfiera

Utilizzando il software di simulazione Powersim, si ottiene una dinamica realistica delle variazioni di quota della mongolfiera nel tempo



Modello a due leve dipendenti

Il sommergibile e il modello della vasca

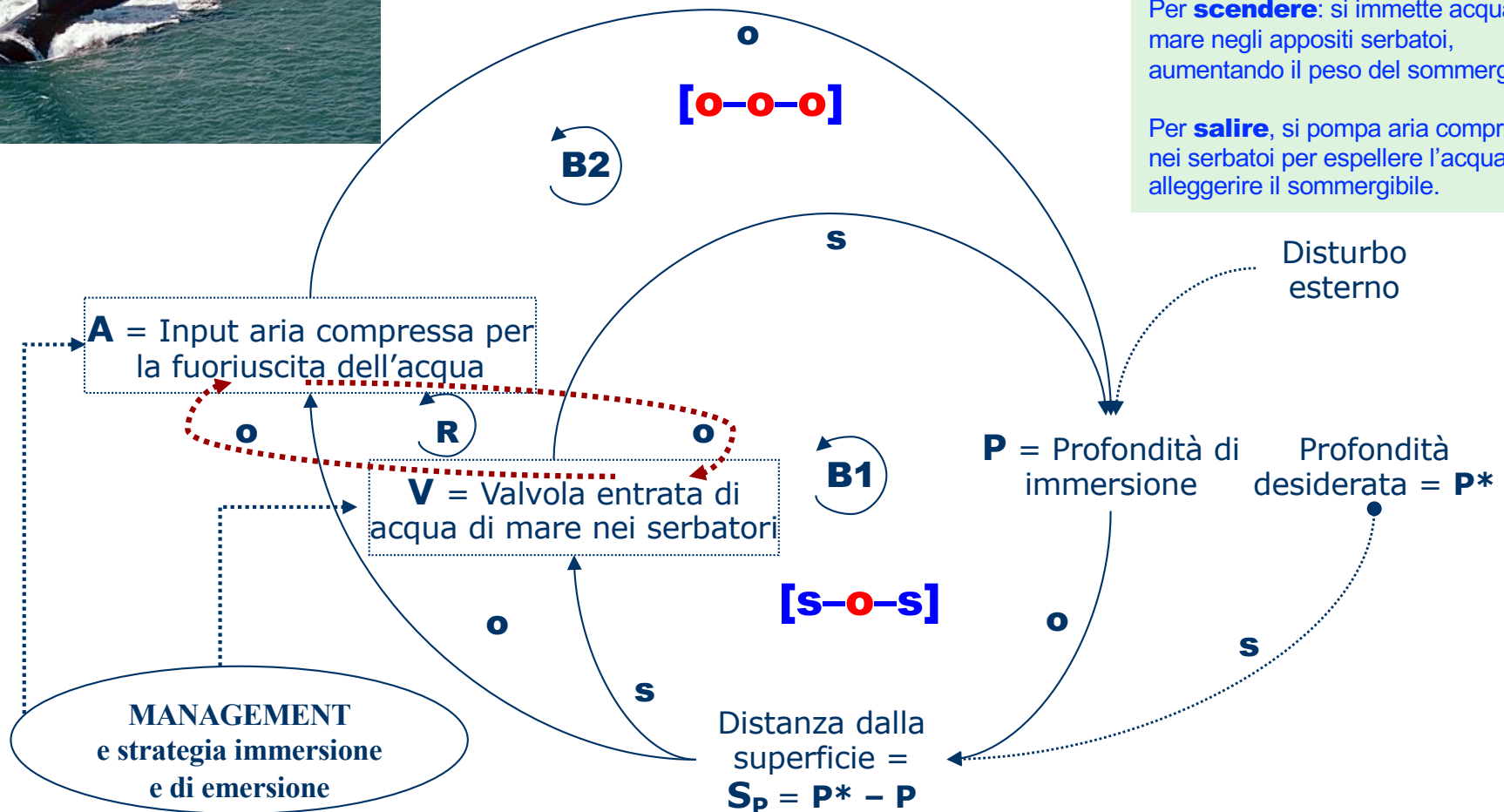


Presento, senza commenti, il sistema di controllo che consente a un sommergibile di raggiungere una profondità di immersione sott'acqua e di modificarla per conseguire l'obiettivo di profondità desiderata.

Strategia del management

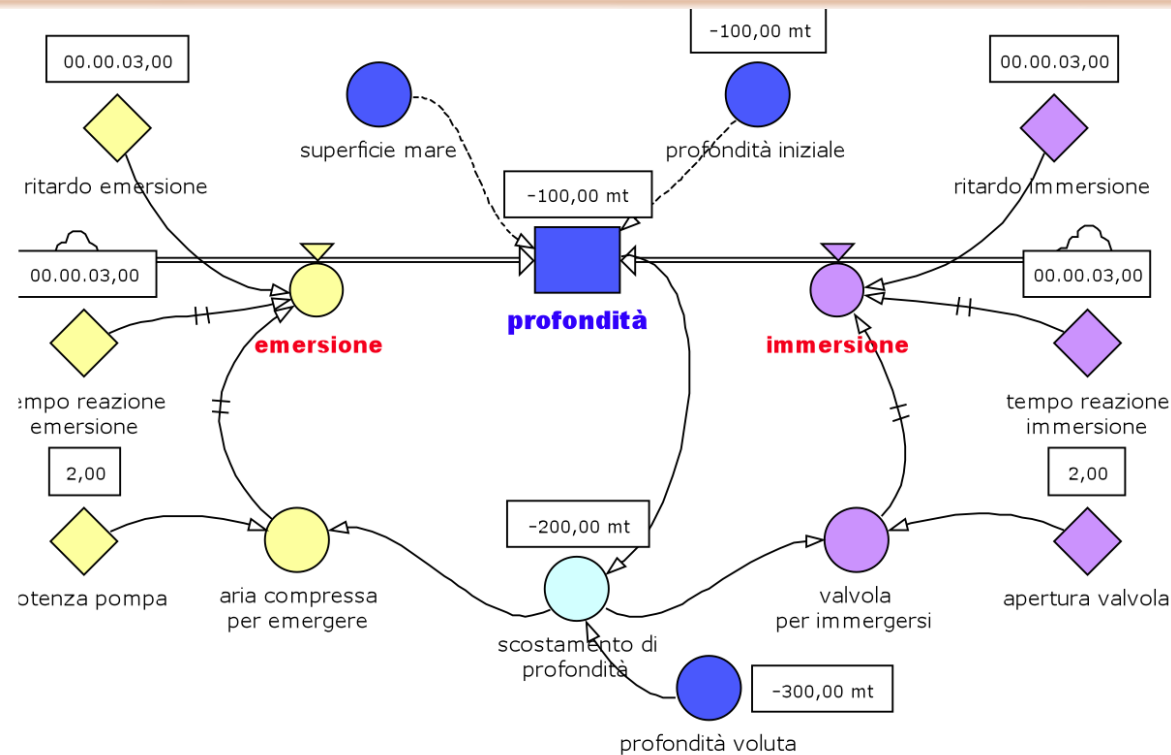
Per **scendere**: si immette acqua di mare negli appositi serbatoi, aumentando il peso del sommergibile

Per **salire**, si pompa aria compressa nei serbatoi per espellere l'acqua e alleggerire il sommergibile.



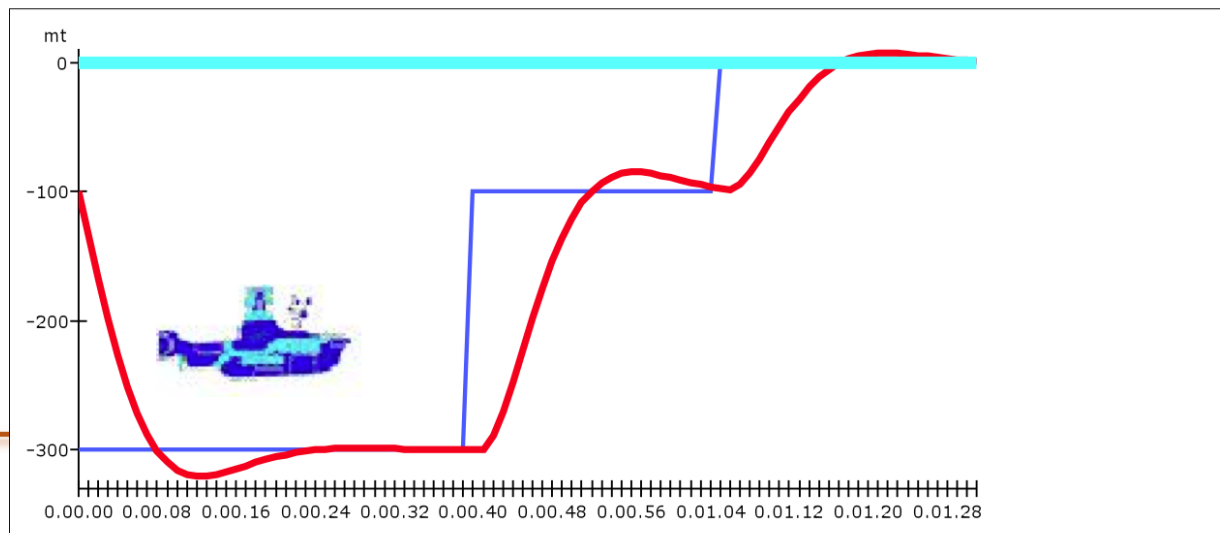
Modello a due leve dipendenti

Simulazione della dinamica della profondità di immersione



Simulazione della dinamica della profondità di immersione del sommergibile

Si noti come la dinamica del sommergibile sia speculare a quella della mongolfiera. La mongolfiera si innalza; il sommergibile si immerge. C'è una evidente inversione di segno nei valori ma le dinamiche sono simili, anche se «capovolte».

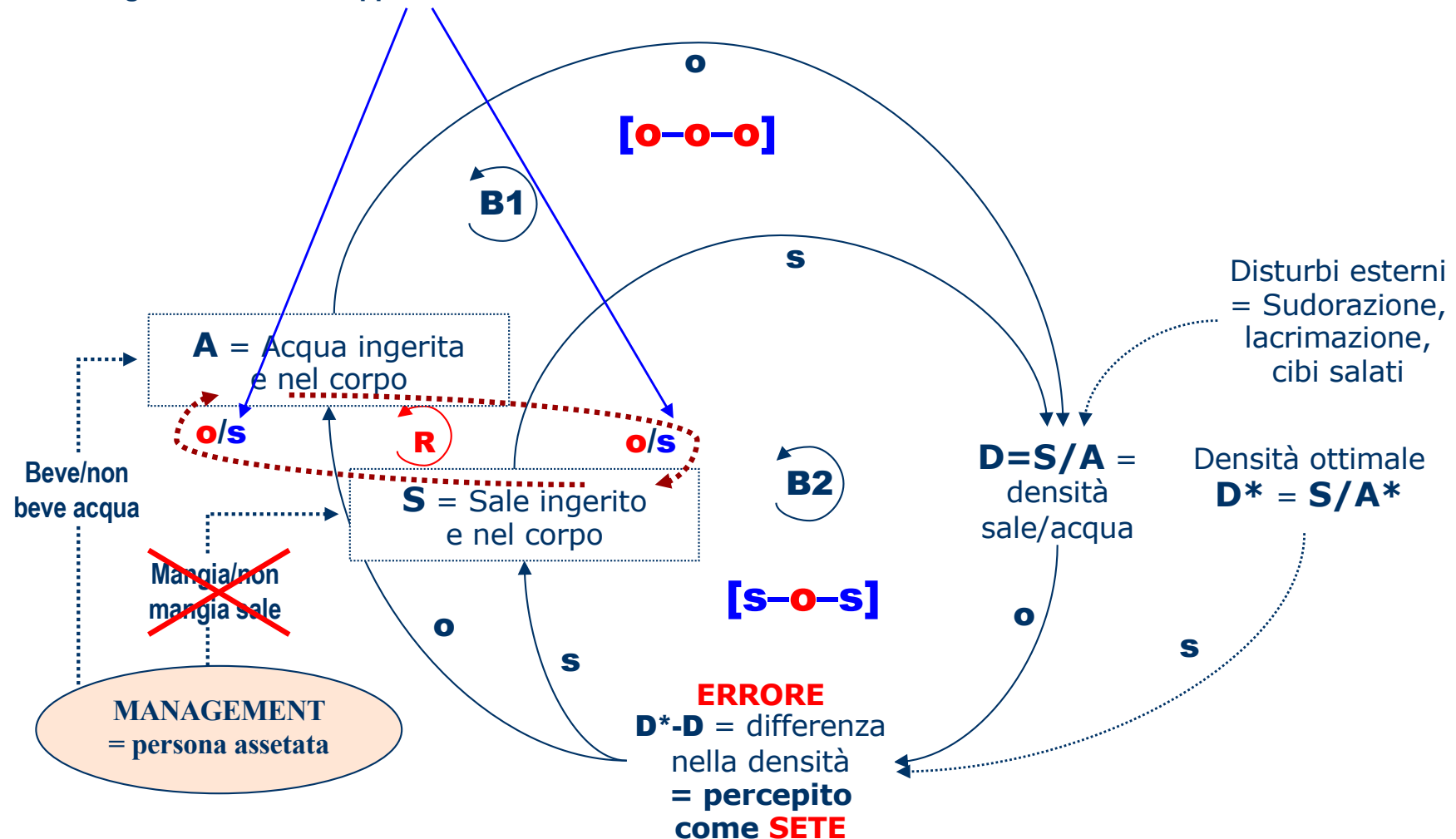


Modello a due leve dipendenti, con errore

La densità di liquido nel corpo

Il sistema di regolazione della sete, per ingestione di sale o di acqua, presenta un grave difetto.

La **strategia** appare difficile perché l'ERRORE porta impropriamente ad usare **sempre** la leva **A** e **mai** la **S**. Quando si ha sete viene istintivo **bere acqua** ma non è altrettanto istintivo **assumere sale**. Le leve sono **dipendenti**, non solo con vincolo “o”; conviene legarle anche con doppio vincolo “s”.



Sistemi per impulsi

- I sistemi a due leve, dei modelli presentati in precedenza, sono a «funzionamento continuo» (oppure graduale), in quanto hanno la caratteristica di operare con «leve continue» che controllano la Y , assumendo, solitamente, valori definiti per ogni t compreso nell'intervallo di osservazione T .
- Considereremo ora un'altra rilevante classe di Sistemi di Controllo a due leve, particolarmente diffusi in ogni area di osservazione: **quelli che operano «per impulsi».**
- **Definizione**
- Un sistema a **due leve** opera **per impulsi** quando:
 - la **prima leva** di controllo X_1 incrementa il valore della Y_t – mentre la seconda X_2 rimane a zero – fino a quando la Y_t non raggiunga il livello Y^* , precedentemente definito come obiettivo.
 - Quando Y_t **ha raggiunto Y^*** si attiva la **seconda leva** di controllo X_2 che decrementa la Y_t , mentre la X_1 rimane a zero.
 - Quando Y_t **ha raggiunto $Y = 0$** , riprende la X_1 .
 - Il ciclo continua.
- Questo comportamento delle leve produce l'effetto una **variazione periodica** della Y_t da 0 a Y^* .
- **Come vedremo (p. 223), i sistemi per impulsi rappresentano adeguatamente la dinamica di “magazzini” (stock, livelli, masse, ecc.) di qualsivoglia natura.**



Sistema per impulsi

CI-PO, Continuous Input/Point Output

- Ci sono **due modi** di funzionamento del sistema per impulsi.
 - Il **primo modo**, è definito sistema **CI-PO**.
- Supponiamo, che uno **stock** parta a t_0 da un livello pari a Y_0 e venga **incrementato gradualmente** fino a quando non raggiunga l'obiettivo, $Y^* = Y^{\max}$ denominato **livello di saturazione**.
- Raggiunto il livello Y^* , lo stock viene poi **scaricato** in una sola volta, per un volume pari esattamente a $Y = -(Y^{\max} - Y_0)$.
- Lo stock assume, allora, il livello $Y = Y_0$.
- Comincia poi, di nuovo, a incrementarsi **gradualmente** fino a quando non raggiunga di nuovo il livello di saturazione Y^* . Questo livello può essere variato per decisione della governance.
- Il ciclo si ripete fino a quando il periodo T di azione del sistema non sia completato.



Sistema per impulsi

CI-PO, Continuous Input/Point Output

OUT							
velocità di X_1	10	passo rid. $X_1 =$	10	liv. Iniz. $Y_0 =$	0		
velocità di X_2	2	passo rid. $X_2 =$	10	Obiettivo $Y^* =$	100		
IN		tempo reazione	1	tolleranza $Y =$	0	DISABILITATI	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
t	velocità di X_1	velocità di X_2	dinamica di Y	$Y^* = \text{OBIETTIVO}$	variaz. Obiettivo	E = DISTURBO	ERRORE = $Y^* - Y$
0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
1	0.0	20.0	20.0	100.0	0.0	0.0	80.0
2	0.0	20.0	40.0	100.0	0.0	0.0	60.0
3	0.0	20.0	60.0	100.0	0.0	0.0	40.0
4	0.0	20.0	80.0	100.0	0.0	0.0	20.0
5	0.0	20.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	-100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
7	0.0	20.0	20.0	100.0	0.0	0.0	80.0
8	0.0	20.0	40.0	100.0	0.0	0.0	60.0
9	0.0	20.0	60.0	100.0	0.0	0.0	40.0
10	0.0	20.0	80.0	100.0	0.0	0.0	20.0
11	0.0	20.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
12	-100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
13	0.0	20.0	20.0	100.0	0.0	0.0	80.0
14	0.0	20.0	40.0	100.0	0.0	0.0	60.0
15	0.0	20.0	60.0	100.0	0.0	0.0	40.0
16	0.0	20.0	80.0	100.0	0.0	0.0	20.0
17	0.0	20.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	20.0	120.0	100.0	0.0	0.0	-20.0
19	0.0	20.0	140.0	100.0	0.0	0.0	-40.0
20	0.0	20.0	160.0	100.0	0.0	0.0	-60.0
21	0.0	20.0	180.0	100.0	0.0	0.0	-80.0
22	0.0	20.0	200.0	100.0	0.0	0.0	-100.0
23	0.0	20.0	220.0	100.0	0.0	0.0	-120.0
24	0.0	20.0	240.0	100.0	0.0	0.0	-140.0
25	0.0	20.0	260.0	100.0	0.0	0.0	-160.0
26	0.0	20.0	280.0	100.0	0.0	0.0	-180.0
27	0.0	20.0	300.0	100.0	0.0	0.0	-200.0
28	0.0	20.0	320.0	100.0	0.0	0.0	-220.0
29	0.0	20.0	340.0	100.0	0.0	0.0	-240.0
30	0.0	20.0	360.0	100.0	0.0	0.0	-260.0
31	0.0	20.0	380.0	100.0	0.0	0.0	-280.0
32	0.0	20.0	400.0	100.0	0.0	0.0	-300.0
33	0.0	20.0	420.0	100.0	0.0	0.0	-320.0
34	0.0	20.0	440.0	100.0	0.0	0.0	-340.0
35	0.0	20.0	460.0	100.0	0.0	0.0	-360.0
36	0.0	20.0	480.0	100.0	0.0	0.0	-380.0
37	0.0	20.0	500.0	100.0	0.0	0.0	-400.0
38	0.0	20.0	520.0	100.0	0.0	0.0	-420.0
39	0.0	20.0	540.0	100.0	0.0	0.0	-440.0
40	0.0	20.0	560.0	100.0	0.0	0.0	-460.0
41	0.0	20.0	580.0	100.0	0.0	0.0	-480.0
42	0.0	20.0	600.0	100.0	0.0	0.0	-500.0
43	0.0	20.0	620.0	100.0	0.0	0.0	-520.0
44	0.0	20.0	640.0	100.0	0.0	0.0	-540.0
45	0.0	20.0	660.0	100.0	0.0	0.0	-560.0
46	0.0	20.0	680.0	100.0	0.0	0.0	-580.0
47	0.0	20.0	700.0	100.0	0.0	0.0	-600.0
48	0.0	20.0	720.0	100.0	0.0	0.0	-620.0
49	0.0	20.0	740.0	100.0	0.0	0.0	-640.0
50	0.0	20.0	760.0	100.0	0.0	0.0	-660.0

Il modello evidenzia la dinamica di un sistema CI-PO «perfetto», nel quale non sono presenti Disturbi e l'obiettivo non subisce variazioni nel tempo, anche se la loro presenza provocherebbe solo una temporanea alterazione dei cicli, che si riprodurrebbero regolarmente, terminata la perturbazione, come sarà dimostrato nel modello della diapositiva che segue.

In ogni t , da $t = 1$ a $t = 5$, la leva X_2 incrementa la Y di

$$20 = 2 \times 10 = \text{velocità} \times \text{passo},$$

portando la Y al valore dell'obiettivo: $Y_5 = 100 = Y^*$.

In $t = 6$, si disattiva la leva che «carica», che diventa:

$X_2 = 0$, e contemporanea-mente si attiva la leva che «scarica»: $X_1 = -100$.

Da $t = 7$, per altri 5 periodi, ritornano i valori di $X_1 = 0$ e $X_2 = 20$. Il ciclo si ripete invariato.

Sistema per impulsi

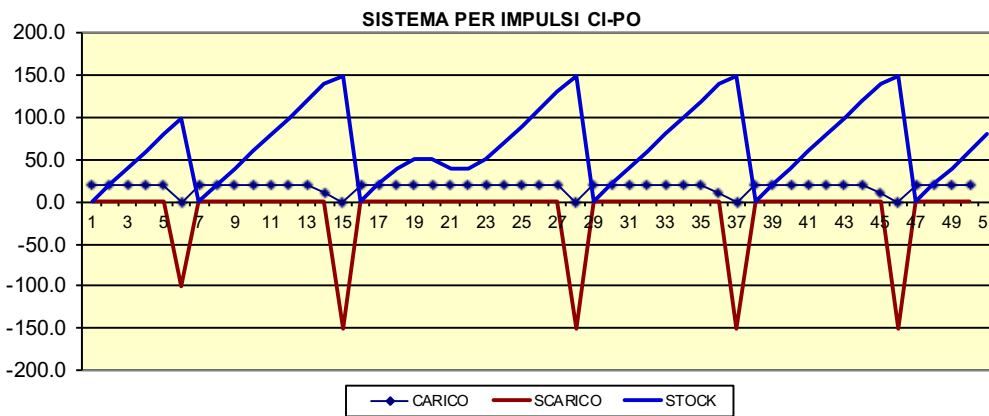
CI-PO, Continuous Input/Point Output, con variazione obiettivo

OUT							
velocità di X_1	10	passo rid. $X_1 =$	10	liv. Iniz. $Y_0 =$	0		
velocità di X_2	2	passo rid. $X_2 =$	10	scarico $Y^* =$	100		
IN		tempo reazion	1	tolleranza $Y =$	0	DISABILITATI	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
t	variaz. di X_1	variaz. di X_2	dinamica di Y	$Y^* =$ OBIETTIVO	variaz. Obiettivo	E = DISTURBO	ERRORE = $Y^* - Y$
0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
1	0.0	20.0	20.0	100.0	0.0	0.0	80.0
2	0.0	20.0	40.0	100.0	0.0	0.0	60.0
3	0.0	20.0	60.0	100.0	0.0	0.0	40.0
4	0.0	20.0	80.0	100.0	0.0	0.0	20.0
5	0.0	20.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	-100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
7	0.0	20.0	20.0	100.0	0.0	0.0	80.0
8	0.0	20.0	40.0	150.0	50.0	0.0	110.0
9	0.0	20.0	60.0	150.0	0.0	0.0	90.0
10	0.0	20.0	80.0	150.0	0.0	0.0	70.0
11	0.0	20.0	100.0	150.0	0.0	0.0	50.0
12	0.0	20.0	120.0	150.0	0.0	0.0	30.0
13	0.0	20.0	140.0	150.0	0.0	0.0	10.0
14	0.0	10.0	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0
15	-150.0	0.0	0.0	150.0	0.0	0.0	150.0
16	0.0	20.0	20.0	150.0	0.0	0.0	130.0
17	0.0	20.0	40.0	150.0	0.0	0.0	110.0
18	0.0	20.0	50.0	150.0	0.0	-10.0	100.0
19	0.0	20.0	50.0	150.0	0.0	-20.0	100.0
20	0.0	20.0	40.0	150.0	0.0	-30.0	110.0
21	0.0	20.0	40.0	150.0	0.0	-20.0	110.0
22	0.0	20.0	50.0	150.0	0.0	-10.0	100.0
23	0.0	20.0	70.0	150.0	0.0	0.0	80.0
24	0.0	20.0	90.0	150.0	0.0	0.0	60.0
25	0.0	20.0	110.0	150.0	0.0	0.0	40.0
26	0.0	20.0	130.0	150.0	0.0	0.0	20.0
27							0.0
28							150.0
29							130.0
30							110.0
31							90.0
32							70.0
33							50.0
34							30.0
35							10.0
36							0.0
37							150.0
38							130.0
39							110.0
40							90.0
41							70.0
42							50.0
43							30.0

Questo modello, dimostra numericamente le conseguenze di un innalzamento dell'obiettivo da 100 a 150, che sopravviene a $t = 8$.

Si osserva che tale modifica dell'obiettivo produce perturbazioni che intervengono negli istanti da $t = 18$ a $t = 22$.

Malgrado tali perturbazioni, il Sistema riesce sempre a raggiungere il valore Y^* .



Sistema per impulsi

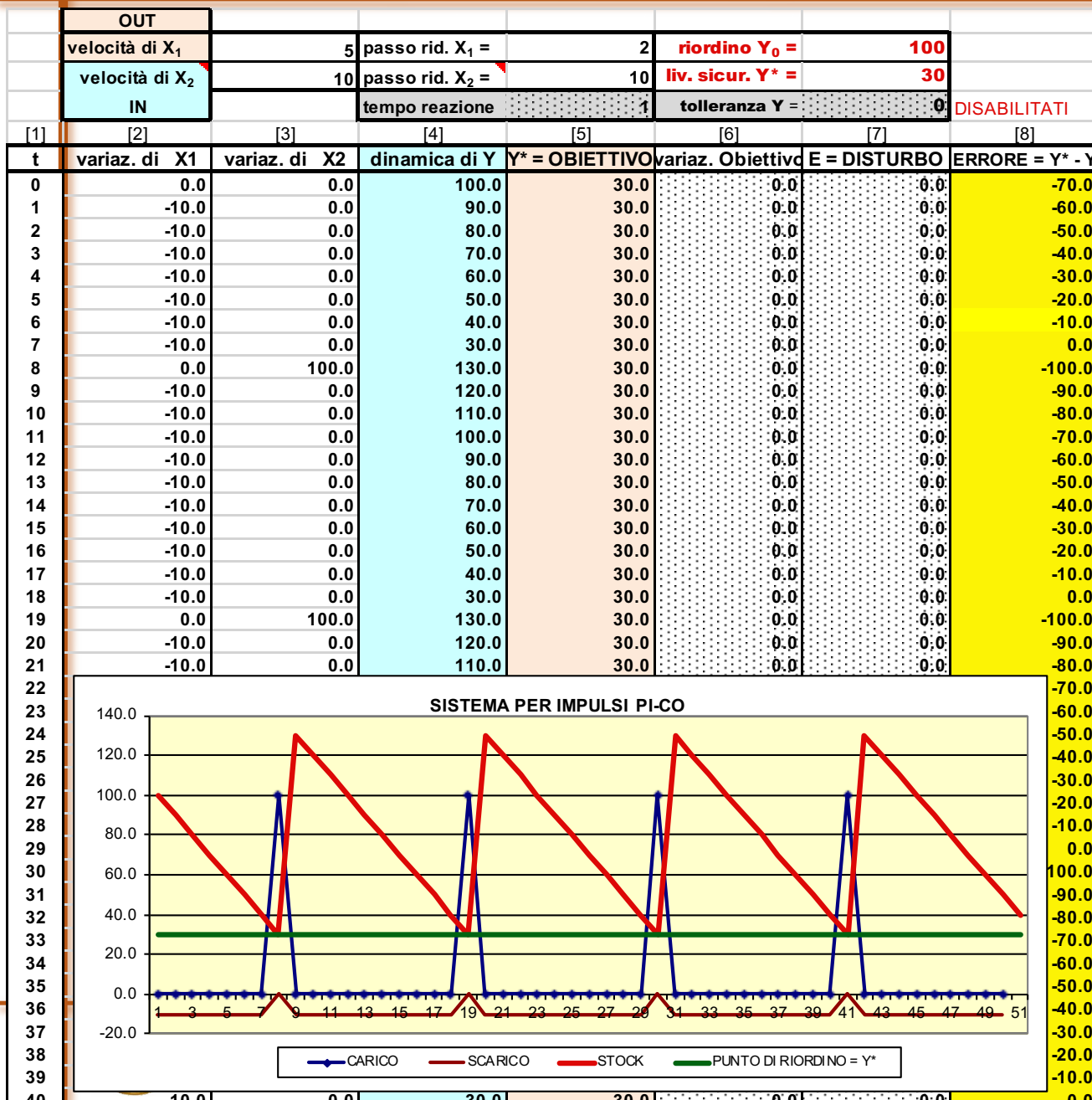
PI-CO, Point Input/Continuous Output

- Ci sono **due modi** di funzionamento del sistema per impulsi.
 - Il **secondo modo**, è definito sistema **PI-CO**.
- Supponiamo, che uno **stock** parta a t_0 da un livello pari a Y_0 e venga **decrementato gradualmente** fino a quando non raggiunga un valore minimo $Y^* = Y_{\min}$ posto come obiettivo, denominato **livello di sicurezza** [che coincide con Y_0 se $Y_{\min} = 0$].
- Raggiunto il **livello di sicurezza**, lo stock viene poi **caricato** in una sola volta, per un volume pari a Y_0 denominato **livello di riordino**.
- Lo stock assume, allora, il livello $Y^{\max} = Y_{\min} + \Delta Y$.
- Comincia poi a **decrementarsi gradualmente** fino a quando non raggiunga, di nuovo, il livello di sicurezza, $Y^* = Y_{\min}$.
- Il ciclo si ripete fino a quando il periodo T non sia completato.



Sistema per impulsi

PI-CO, Point Input/Continuous Output



Il modello evidenzia la dinamica di un sistema PI-CO «perfetto», nel quale non sono presenti Disturbi e l'obiettivo non subisce variazioni nel tempo.

La governance ha stabilito un **livello di sicurezza** $= 30 = Y^*$, al di sotto del quale il valore di Y non può scendere. Pertanto il «livello di sicurezza» rappresenta l'obiettivo Y^* del controllo.

All'istante $t = 0$ il sistema presenta un valore di «Carico» pari $Y_0 = 100 = 10 \times 10$.

In ogni t , da $t = 1$ a $t = 7$, la leva X_1 «scarica» la Y di

$-10 = -(5 \times 2) = \text{velocità} \times \text{passo}$,
portandola al valore dell'obiettivo:
 $Y_7 = 30 = Y^*$.

In $t = 8$, si disattiva la leva che «scarica», che diventa: $X_2 = 0$; contemporaneamente si attiva la leva che «carica»: $X_1 = +100$, pari al **valore di riordino**, portando $Y_8 = 130$

Da $t = 9$, per 10 periodi, ritornano i valori di $X_1 = -10$ e $X_2 = 0$. Il ciclo si ripete invariato.

Ubiquità dei sistemi per impulsi

- A prima vista, i Sistemi di Controllo che operano *per impulsi* possono sembrare alquanto astratti ma, anche a una veloce riflessione, è facile rendersi conto di quanto essi siano diffusi.
- Un tipico Sistema di Controllo CI-PO è riscontrabile nelle nostre toilette. Quando pigiamo il bottone dello **sciacquone**, lo scarico dell'acqua può essere considerato pressoché istantaneo (PO); dopo essersi svuotato, il serbatoio torna a riempirsi (CI), fino a quando l'apparato di rilevazione e di regolazione, costituito dal galleggiante e dalla spina di chiusura dell'acqua, non arrestano la crescita del livello fino al massimo contenuto nella vasca. La velocità di riempimento dipende, come sempre, dalla *portata*, a sua volta formata dalla *sezione* del tubo e dalla *velocità* dell'acqua.
- Anche i **piani di accumulazione** dei capitali possono essere considerati Sistemi CI-PO.
- Il maggior numero di Sistemi di Controllo CI-PO si riscontra nel mondo della vita; il frutto cresce a poco a poco (CI) con l'apporto graduale di calorie e di sostanze nutritive (variabile X_2) e poi matura (Y^*), cadendo dall'albero (variabile X_1) o finendo su qualche tavola (PO); ma il Sistema di Controllo dell'albero, nel successivo ciclo biologico, nuovamente trasformerà input di calorie e di sostanze nutritive in un altro frutto.
- Il fatto che, di norma, nei mammiferi, le **gravidanze** abbiano una durata definita – nel mondo degli umani durano mediamente 280 giorni – è la più evidente dimostrazione dell'azione di tali sistemi.
- Altrettanto diffusi e numerosi sono i Sistemi di Controllo PI-CO; tipici sono quelli che caratterizzano la nostra **dispensa**, il nostro **frigorifero** e il **serbatoio/batteria** della nostra automobile; a meno di non essere assidui visitatori degli ipermercati o di distributori di carburanti/energia, tutti noi ci riforniamo con uno stock di alimentari, di prodotti per la casa e di carburante/energia (PI), sufficienti per periodo più o meno lungo, usandoli poi regolarmente (CO), e rifornendoci ancora quando il loro livello scende “pericolosamente” vicino al livello di sicurezza Y^* .
- Anche il processo del nutrirsi, nostro, e degli animali in genere, è palesemente prodotto da un Sistema di Controllo per impulsi. Un buon pasto ci fornisce di energie (PI) per qualche ora di lavoro, nelle quali queste vengono consumate (CO), così da desiderare un nuovo pasto (PI). Il ciclo si ripete per tutta la vita.



Sistema di controllo sotto dimensionato

Potenziamento del sistema

- I sistemi di controllo «fisici», per quanto ben strutturati da un punto di vista «logico» e ben gestiti dal management, anche in assenza di guasti, possono non essere in grado di raggiungere gli obiettivi posti dalla governance. Sono sottodimensionati.
- **Definizione**
 - Si definisce **sottodimensionato** rispetto all'obiettivo un Sistema di Controllo che **non** consente di raggiungere l'obiettivo Y^* in un dato intervallo T^* , a motivo dell'**insufficiente azione delle sue leve**, e non solo per i **disturbi**,
 - Se il sistema fisico è **sottodimensionato** rispetto all'obiettivo, l'obiettivo è **sovradimensionato** per il sistema fisico.
 - **Un sistema di controllo sottodimensionato è inefficace.**
 - Per conseguire il controllo, il sistema fisico (la «catena di controllo») deve essere potenziato.
- **Definizione**
 - **Potenziamento del sistema fisico** è ogni **intervento strutturale** per:
 - **ampliare la «portata»** delle leve di controllo,
 - realizzando un **potenziamento interno**;
 - **aumentare il numero** delle leve,
 - realizzando un **potenziamento esterno**.



Potenziamento interno

portata, sezione, velocità, servomeccanismi

- Nei Sistemi di Controllo (mono-leva o pluri-leva), alcune leve **X** sono caratterizzate da un **tasso d'azione** – **gX** – che, direttamente o indirettamente, può assumere il significato di **«portata» della leva per un «flusso» che scorre attraverso la leva**, (secondo il significato da specificare di volta in volta);
- La **«portata»** del **tasso d'azione** dipende da due elementi:
 - la **sezione, sX**, della leva (diametro, superficie, capacità, ecc.),
 - la **velocità, vX**, del flusso nella leva,
 - così che si possa scrivere **«portata» = gX = sX × vX**.
- Il **potenziamento di una leva** di controllo può essere attuato incrementando la sua **«portata»** mediante due **interventi, interni**, singoli o congiunti:
 - **intervento amplificatore**, se agisce su **sX**, producendo un aumento della **sezione** della leva
 - **intervento acceleratore**, o **turbo**, se agisce su **vX**, incrementando la **velocità** del flusso,
- Amplificatore e turbo possono essere dimensionati
 - sia alla variabile da controllare, **Y**,
 - sia all'ampiezza dell'errore, **E**.
- Gli apparati che producono tali effetti sono **servomeccanismi** interni e possono produrre dinamiche lineari, se i loro effetti dipendono da **Y**, oppure non-lineari se, in qualche forma, sono funzioni di **E**.



Potenziamento esterno

nuove leve

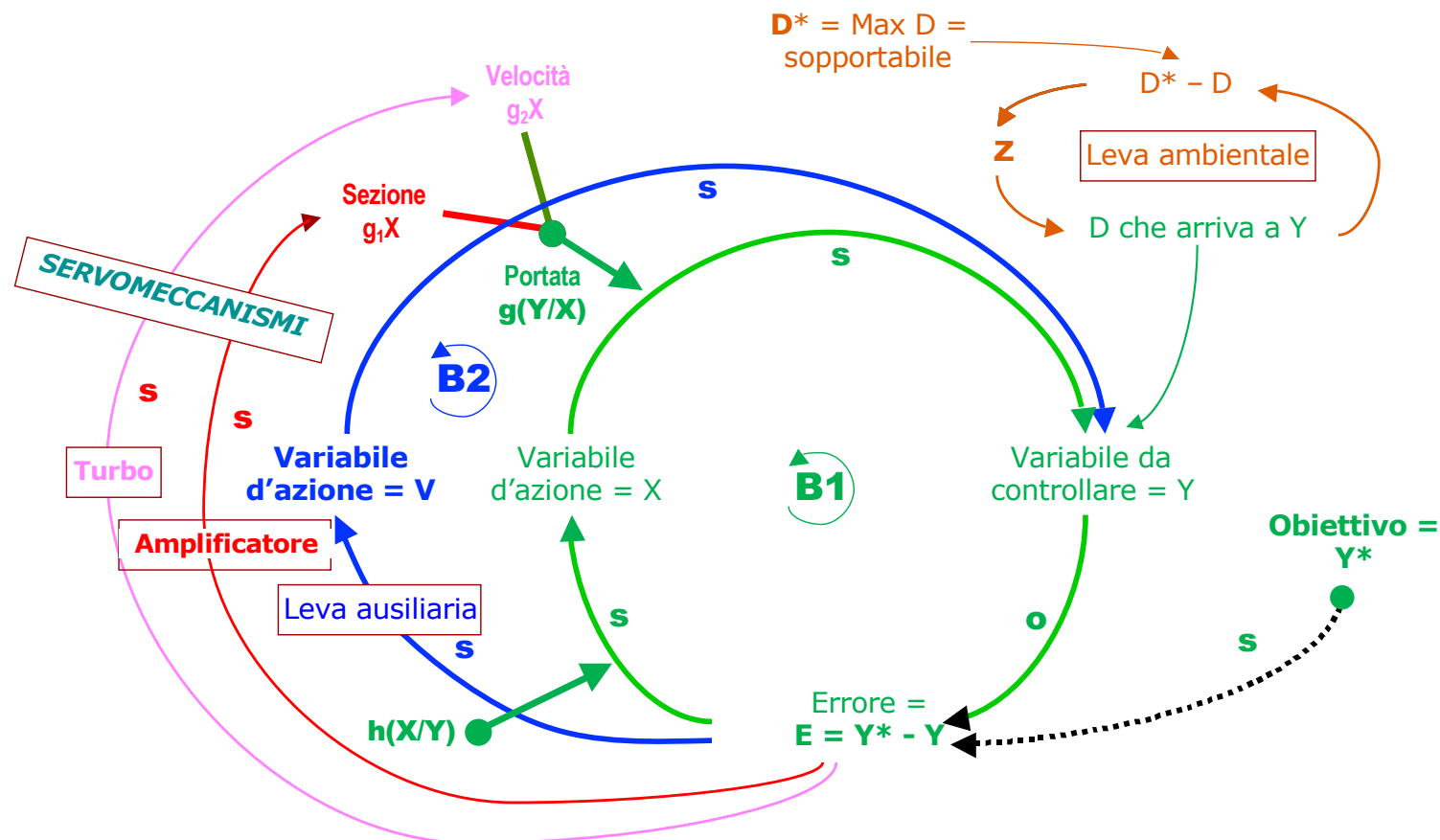
- Si può migliorare ulteriormente l'efficacia di un sistema di controllo affiancando alla **X** una **nuova leva** di controllo, poniamo **V**,
 - che produca un **ulteriore flusso**, in aggiunta a quello di **X**.
- Tale leva **V** si può denominare:
 - **leva ausiliaria interna** alla struttura se i suoi valori dipendono dallo scostamento **E**,
 - **servomeccanismo esterno**, o di **controllo ambientale**, se **V** non agisce per controllare **E** ma per controllare i disturbi, **D**.
- Il potenziamento del sistema di controllo mediante l'aggiunta di **leve ausiliarie interne** porta alla formazione di sistemi pluri-leva sempre più **ampi** ed efficienti.
- Il **controllo ambientale** è, per definizione, **esterno** al Sistema di Controllo e presuppone la creazione di **leve ambientali** per il controllo dei **disturbi esterni**.





Interventi di potenziamento

Quadro d'insieme

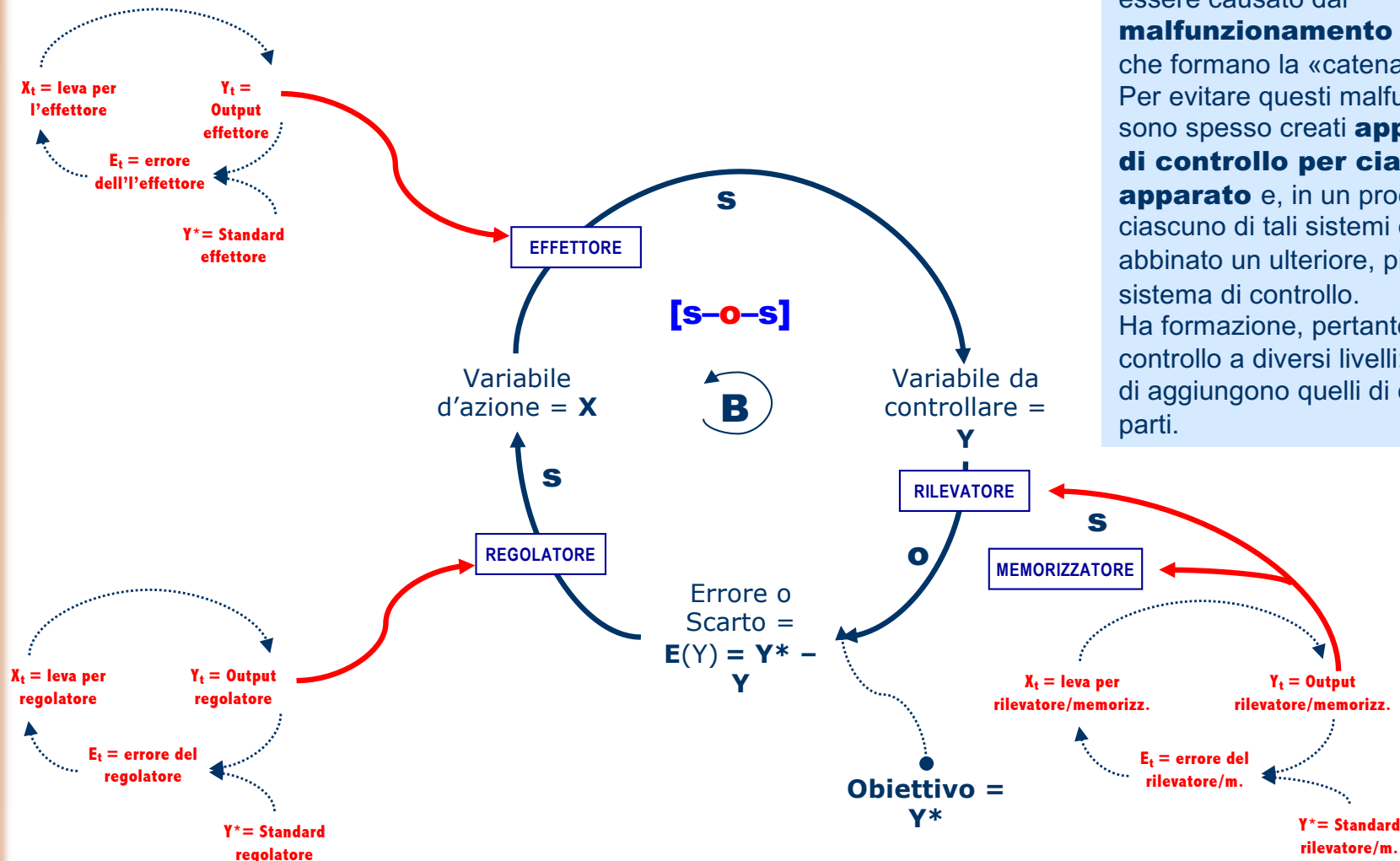




Il controllo degli apparati

Sistema di Controllo a diversi livelli. Quadro d'insieme

Molti sistemi di controllo, pur essendo ben dimensionati, falliscono ugualmente nel conseguire gli obiettivi. Ciò può essere causato dal **malfunzionamento degli apparati** che formano la «catena di controllo». Per evitare questi malfunzionamenti, sono spesso creati **appositi sistemi di controllo per ciascun apparato** e, in un processo ricorsivo, a ciascuno di tali sistemi di controllo viene abbinato un ulteriore, più specifico, sistema di controllo. Ha formazione, pertanto, un sistema di controllo a diversi livelli: il principale cui di aggiungono quelli di controllo di sue parti.



Strategie multi-lever, mono-layer

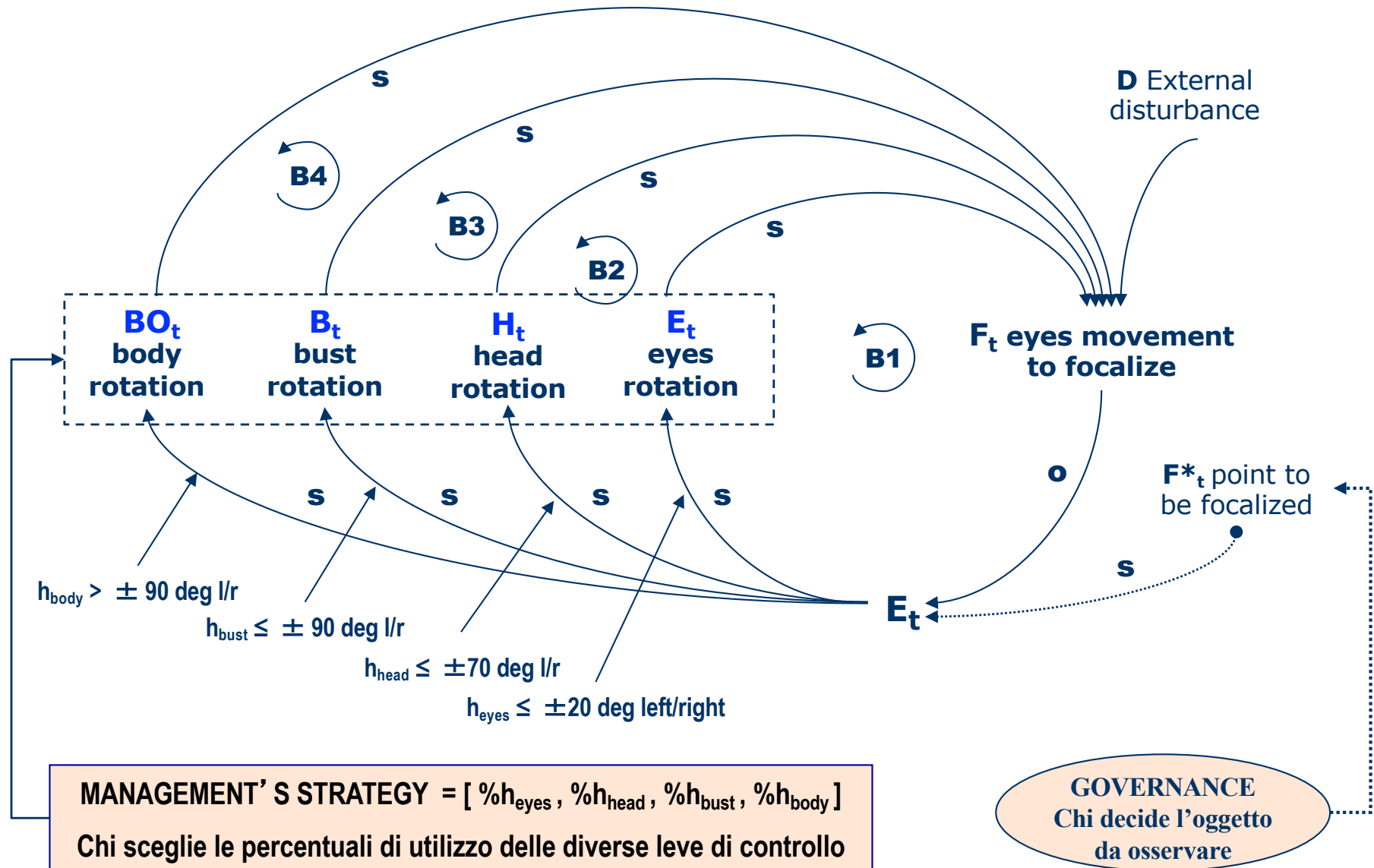
Messa a fuoco di oggetti a diverse distanze e posizioni

- Gli esempi fin qui presentati riguardavano il più semplice caso di strategia elaborata considerando sistemi **multi-lever**, dotati **di due sole leve di controllo**.
- È semplice generalizzare ipotizzando sistemi caratterizzati da una **pluralità di leve di controllo**, per i quali il management debba elaborare una **strategia multi-lever**.
- Per dimostrare il ragionamento, presenterò due semplici casi tratti dal «quotidiano»:
 - **PRIMO ESEMPIO** - strategia per la **messa a fuoco di oggetti** posti su un piano orizzontale,
 - **SECONDO ESEMPIO** - strategia per mantenere la **temperatura del corpo**.
- **PRIMO ESEMPIO - Sistema di messa a fuoco di oggetti** - I nostri occhi hanno un «sistema naturale» di messa a fuoco che utilizza il cristallino come lente flessibile che, senza che intervenga la nostra volontà, muta il suo spessore e adatta quasi istantaneamente il fuoco su oggetti che si trovano di fronte alla pupilla.
- **Il problema è come spostare la pupilla sugli oggetti da mettere a fuoco quando si trovano in diverse posizioni.**
- **Come indicato nel modello seguente**, possiamo individuare **4 leve di controllo** che agiscono **anche contemporaneamente** a seconda della posizione dell'oggetto da osservare:
 - rotazione orizzontale dei **bulbi oculari**, **E_t = eyes rotation**, se l'oggetto si trova fino a circa **20/25 gradi d'arco** a sinistra o a destra rispetto al centro (per es., leggendo questa riga, ruotate solo i bulbi);
 - rotazione **anche della testa**, **H_t = head rotation**, per oggetti più esterni, dai 20 fino a circa **70 gradi d'arco**;
 - rotazione **anche del busto**, **B_t = bust rotation**, per oggetti ancora più esterni, dai 70 fino a **circa 90 gradi**;
 - rotazione **anche dell'intero corpo**, **BO_t = body rotation**, se vogliamo mettere a fuoco un oggetto posto **"dietro" alle nostre spalle**.



Sistemi multi-lever, mono-layer

Leve per la messa a fuoco di oggetti



Strategie multi-lever

Messa a fuoco di oggetti

- Il sistema precedente – come quello che presenterò tra poco – è caratterizzato dal fatto che le leve agiscono **tutte** sulla **variabile da controllare** per eliminare l'errore «**in una sola volta**». Tali sistemi si denominano «**mono-layer**» in quanto **tutte le leve sono «sullo stesso piano»** e si attivano come deciso dal management.
- Quale strategia può essere elaborata dal management, tenuto conto che il sistema di controllo ha quattro leve di controllo tra loro relativamente indipendenti?
- In condizioni «**normali**» tutti (siamo noi i manager) seguiamo, normalmente, questa **strategia naturale** di controllo:
 - ruotare **prima** gli occhi, **poi** anche la testa, **poi** anche il busto e, **infine**, se necessario, anche il corpo. **Naturale e facile!**
- In condizioni "**non normali**" il manager potrebbe fissare una diversa strategia, tenuto conto delle sue **conoscenze**, **preferenze** e **vincoli**.
 - **Quando ho il torcicollo**, io, personalmente, cerco di ruotare al massimo gli occhi e poi il busto, evitando la rotazione della testa, per non sentire il dolore alla cervicale.
 - **Quando ho il mal di schiena**, cerco di non attivare la leva della rotazione del busto, preferendo ruotare il corpo con spostamenti dei piedi.
 - **Quando guido l'automobile**, essendo difficile la rotazione del busto e impossibile quella del corpo, leva che risulta del tutto disattivata, posso ricorrere a una **leva supplementare** costituita dallo **specchietto retrovisore**.
- Quale strategia seguirebbe un **robot** incapace di ruotare solo la testa e il busto?
- E quale seguirebbe una civetta, che ha gli occhi fissi ma è in grado di ruotare la testa di 270 gradi?



Strategie multi-lever

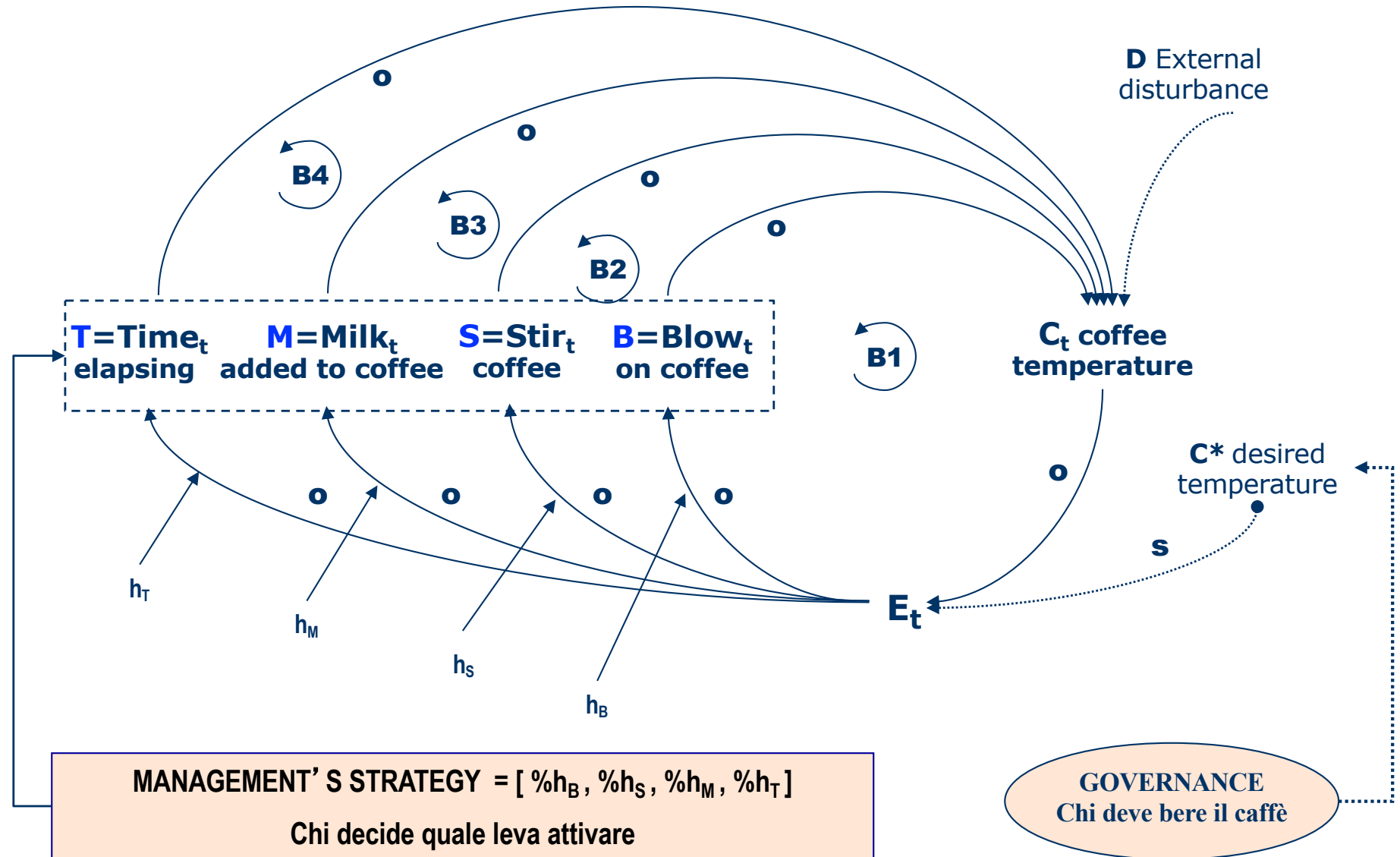
Come raffreddare un liquido bollente per poterlo ingerire

- **SECONDO ESEMPIO - Sistema raffreddamento di un liquido** – Per non entrare in esempi complicati, consideriamo un altro sistema multi-leva mono-layer che quotidianamente utilizziamo per il controllo della temperatura di un liquido o di un cibo troppo caldi per essere ingeriti.
- Il modello che segue rappresenta una possibile conformazione del Sistema di Controllo per abbassare la temperatura del caffè, (o del tè o del risotto o della polenta, ecc.) che, al bar ci viene servito bollente. Dal modello risulta immediato individuare la possibile strategia di controllo.
 - Quando, avvicinando la tazzina alla bocca, i nostri sensori percepiscono la temperatura del caffè ($C_t = \text{Coffee temperature}$) troppo elevata, rispetto a quella desiderata (C^*), ci viene **spontaneo soffiare sul caffè**, per raffreddarlo, cioè attivare una **prima leva**: **$B = \text{Blow}_t \text{ on coffee}$**
 - Una **seconda leva** alternativa consiste nel **girare più volte il caffè**, con il cucchiaino freddo, sfruttando la minore temperatura dell'ambiente: **$S = \text{Stir}_t \text{ coffee}$** .
 - Come **terza leva**, se abbiamo premura, e se il gusto è gradito, possiamo anche **aggiungere latte freddo**: **$M = \text{Milk}_t \text{ added to coffee}$** .
 - Al contrario, se il galateo ce lo impone, e il tempo ce lo consente, **come quarta leva** possiamo **semplicemente aspettare** che il caffè ceda all'ambiente il calore incorporato e la temperatura si riduca spontaneamente: **$T = \text{Time}_t \text{ elapsing}$** .
- Queste quattro leve possono essere usate in successione, oppure una in alternativa all'altra, oppure in un mix deciso dal manager-utente.
 - In un veloce coffee break, è presumibile che si attiveranno le leve **B** e **M**.
 - In un party raffinato, nessuno si sognerebbe di soffiare sul caffè. o di girarlo ripetutamente. La leva preferibile potrebbe essere quella di lasciare scorrere il tempo.
- **Nota.** Quello appena esaminato è un tipico «**halt system**»; se il caffè diventa troppo freddo, risulta imbevibile; le leve possono essere regolate, singolarmente o congiuntamente in una sola direzione (una volta aggiunto, il latte freddo non si può più eliminare).



Sistema multi-lever, mono-layer

Leve per la messa a fuoco di oggetti



Sistema multi-lever, mono-layer

Leve per mantenere immobile una nave posacavi

- Le figure seguenti rappresentano il **sistema di controllo della posizione** di una **nave posacavi su un punto prefissato**.
- Quando i cavi posati devono essere congiunti ai precedenti, mediante robot subacquei, le navi posacavi devono necessariamente mantenere una **posizione fissa**, indipendentemente dai **Disturbi** (correnti, vento, meteo, ecc.) che tendono ad alterarla.
- Per **controllare la posizione**, come appare dalle immagini, la nave nelle foto utilizza **quattro leve indipendenti, quattro eliche orientabili** che, ruotando con grande precisione, garantiscono l'eliminazione del pur minimo spostamento della nave rispetto al **punto fisso** che deve essere mantenuto il tempo necessario a completare la giunzione.



Sistema multi-lever, mono-layer

Posizione orizzontale di un piano mobile

- Come porre un «piano» in equilibrio orizzontale – ad es., il pianale di una gru, un’impalcatura, una piattaforma marina, una nave inclinata da portare a livello orizzontale, ecc. – supposto che il piano sia supportato da tre/quattro (o più) «piedini» allungabili – mossi, ad esempio, da stantuffi idraulici – che possano assumere differenti altezze, così da annullare le asperità e irregolarità del terreno.



Strategia del management

Un possibile processo di controllo deve basarsi sulla regolazione dell'altezza dei piedini.

Facendo riferimento alla tabella della pagina seguente, si può procedere come segue:

- 1) Si individuano i punti del terreno sui quali devono poggiare i «piedini»; indichiamo con P_0 il vettore che indica le «quote» (in millimetri, per maggiore accuratezza) di ciascuno dei punti;
- 2) si individua il punto con la «quota massima di livello», Q_{max} , che rappresenta la quota alla quale devono essere regolati tutti i piedini;
- 3) si accerta l'estensione iniziale dei piedini, che indichiamo con P_i ;
- 4) Il controllo della posizione orizzontale implica che l'estensione iniziale dei piedini debba essere modificata affinché ciascun piedino si livelli con la Q_{max} ;
- 5) per ogni piedino si calcola l'entità dell'estensione o la contrazione che deve subire per essere livellato a Q_{max} ;
- 6) le **misure dell'estensione o della contrazione** necessarie per il livellamento rappresentano l'**obiettivo P^*** che il sistema di controllo deve raggiungere.

Calcolo degli obiettivi che i piedini devono raggiungere (tab.a pag. 236).

Piedino X: è esteso di 3 ma poggia già sulla quota massima di livello di 15; pertanto, l'estensione iniziale deve essere annullata, così che il piedino si livelli alla quota $15 = (3-3)+15$.

Piedino Y: è esteso di 2 ma deve poggare sulla quota del terreno di 12; pertanto, l'estensione iniziale deve essere aumentata di 1, così che il piedino si livelli alla quota $15 = (2+1)+12$.

Piedino Z: è esteso di 3 ma deve poggare sulla quota del terreno di 8; pertanto, l'estensione iniziale deve essere aumentata di 4, così che il piedino si livelli alla quota $15 = (3+4)+8$.

Piedino W: è esteso di 1 ma deve poggare sulla quota del terreno di 2; pertanto, l'estensione iniziale deve essere aumentata di 12, così che il piedino si livelli alla quota $15 = (1+12)+2$.

Questi valori sono indicati chiaramente nel quadro di controllo della tab. di pag. 236. Se si suppone che per **regolare l'estensione dei piedini** vi sia un **effettore** – **distinto per ciascun piedino** – che attui un controllo graduale a passo discreto, secondo i **tassi di azione traslatori** indicati della penultima riga del quadro di controllo, è immediato verificare, nella tabella, l'azione del sistema di controllo.



Simulazione di un sistema multi-lever

Posizione orizzontale di un piano mobile

nomi dei piedini		X	Y	Z	W	
estensione iniziale dei piedini	P_i	3	2	3	1	posizione
quote delle asperità del terreno	P_0	15	12	8	2	15 QUOTA MASSIMA DI LIVELLO
estensione dei piedini	P^*	-3	1	4	12	obiettivo
traslatori - tassi di azione		3	0.5	1	1	
traslatori - tempi di reazione		1	1	1	1	

t	g_x	g_y	g_z	g_w	x	y	z	w	x^*	y^*	z^*	w^*	$dx=x^*-x$	$dy=y^*-y$	$dz=z^*-z$	$dw=w^*-w$	distanza euclidea
0					3	2	3	1	-3	1	4	12	-6	-1	1	11	12.61
1	-3	-0.5	1	1	0	1.5	4	2	-3	1	4	12	-3	-0.5	0	10	10.45
2	-3	-0.5	0	1	-3	1	4	3	-3	1	4	12	0	0	0	9	9.00
3	0	0.0	0	1	-3	1	4	4	-3	1	4	12	0	0	0	8	8.00
4	0	0	0	1	-3	1	4	5	-3	1	4	12	0	0	0	7	7.00
5	0	0	0	1	-3	1	4	6	-3	1	4	12	0	0	0	6	6.00
6	0	0	0	1	-3	1	4	7	-3	1	4	12	0	0	0	5	5.00
7	0	0	0	1	-3	1	4	8	-3	1	4	12	0	0	0	4	4.00
8	0	0	0	1	-3	1	4	9	-3	1	4	12	0	0	0	3	3.00
9	0	0	0	1	-3	1	4	10	-3	1	4	12	0	0	0	2	2.00
10	0	0	0	1	-3	1	4	11	-3	1	4	12	0	0	0	1	1.00
11	0	0	0	1	-3	1	4	12	-3	1	4	12	0	0	0	0	0.00
12	0	0	0	0	-3	1	4	12	-3	1	4	12	0	0	0	0	0.00
13	0	0	0	0	-3	1	4	12	-3	1	4	12	0	0	0	0	0.00





Sistema multi-leva, mono-layer. Generalizzazione

Spostamento di un punto in uno spazio multidimensionale

- L'esempio precedente, del **livellamento della gru mobile**, agendo sui 4 piedini estensibili, considerati quali leve indipendenti, può essere generalizzato per il controllo del movimento di un **punto** in uno "**spazio**" formato da un numero "**y**", qualsivoglia di **dimensioni**, $\mathbf{d}_n$, $1 \leq n \leq N$.
- Occorre osservare che, per un sistema che agisca su un punto $\mathbf{P}_t$ definito da 4 coordinate, un punto $\mathbf{P}_t = (\mathbf{x}_t, \mathbf{y}_t, \mathbf{z}_t, \mathbf{w}_t)$ (**stato attuale**) può essere spostato al punto $\mathbf{P}^* = (\mathbf{x}^*, \mathbf{y}^*, \mathbf{z}^*, \mathbf{w}^*)$ (stato da raggiungere = **obiettivo**) agendo sulle coordinate di $\mathbf{P}_t$ che sono le **leve** $\mathbf{x}_n$ i cui valori possono essere variati secondo i tassi d'azione, $\mathbf{g}_n$, stabiliti per ogni dimensione $\mathbf{d}_n$ (per semplificare consideriamo una azione discreta, costante, definita da ogni $\mathbf{g}_n$).
- Note le coordinate di $\mathbf{P}_t$ e di $\mathbf{P}^*$, possiamo calcolare la «**distanza**», cioè l' «**errore**» di posizionamento tra i due punti. Spostare il punto da $\mathbf{P}_t$ a $\mathbf{P}^*$, significa **annullare la distanza** che li separa, agendo sulle $\mathbf{x}_n$ con i tassi di azione $\mathbf{g}_n$.
- **È sufficiente** progettare un Sistema di Controllo a 4 leve che calcoli, ad ogni istante, la distanza euclidea tra $\mathbf{P}^*$ e $\mathbf{P}_t$, definita come:

$$\mathbf{E}_t = \mathbf{P}^* - \mathbf{P}_t = \sqrt{(x^*-x_t)^2 + (y^*-y_t)^2 + (w^*-w_t)^2 + (z^*-z_t)^2}$$

- Essendo necessario modificare ciascuna coordinata, con tassi di azione specifici, il **sistema di controllo a quattro** leve risulta di fatto composto da **4 sistemi di controllo mono-leva**, ciascuno agente su una coordinata specifica. Il sistema si arresta quanto $\mathbf{E}_t = 0$; ciò si verifica quando i 4 distinti sistemi di controllo monoleva che agiscono su ciascuna coordinata portano la coordinata di partenza alla coordinata obiettivo.
- La simulazione della pagina seguente – del tutto analoga a quella della pagina precedente – rende evidente la procedura e consente di verificare i calcoli.





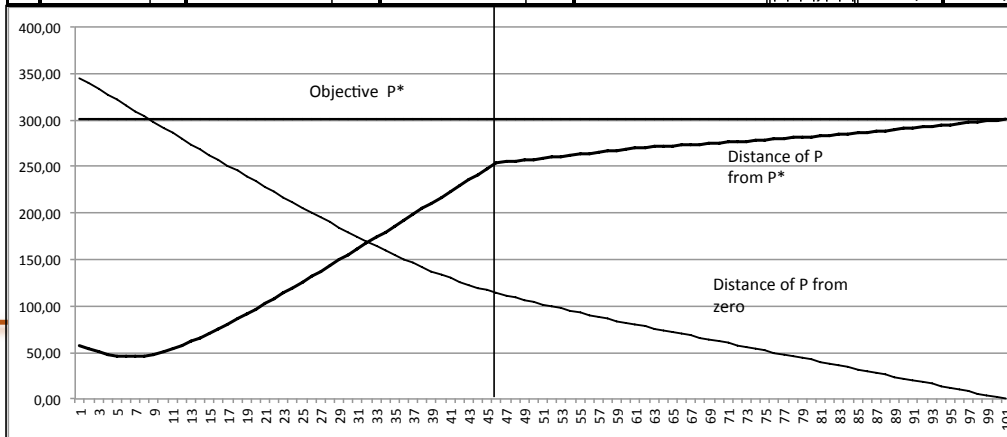
Sistema multi-leve

Spostamento di un punto in uno spazio multidimensionale

	x	y	z	w
P	0	20	50	20
P*	180	160	150	100
action rates - g	4	4	2	2

initial position of point P
position of the objective point P*

t	Translators				Point coordinates				Objective coordinates				Distance of coordinates				Dynamics		
	$g_x = \text{traslat X}$	$g_y = \text{traslat Y}$	$g_z = \text{traslat Z}$	$g_w = \text{traslat W}$	x	y	z	w	x^*	y^*	z^*	w^*	$dx = x^* - x$	$dy = y^* - y$	$dz = z^* - z$	$dw = w^* - w$	distance of P from P*	Distance of P from origin	Distance of P from origin
0					0	20	50	20	180	160	150	100	180	180	200	120	345,25	300,83	57,45
1	4	4	2	2	4	-16	-48	-18	180	160	150	100	176	176	198	118	339,23	300,83	53,85
2	4	4	2	2	8	-12	-46	-16	180	160	150	100	172	172	196	116	333,23	300,83	50,79
3	4	4	2	2	12	-8	-44	-14	180	160	150	100	168	168	194	114	327,23	300,83	48,37
4	4	4	2	2	16	-4	-42	-12	180	160	150	100	164	164	192	112	321,25	300,83	46,69
5	4	4	2	2	20	0	-40	-10	180	160	150	100	160	160	190	110	315,28	300,83	45,83
6	4	4	2	2	24	4	-38	-8	180	160	150	100	156	156	188	108	309,32	300,83	45,83
[omitted]																			
44	4	4	2	2	176	156	38	68	180	160	150	100	4	4	112	32	116,62	300,83	247,75
45	4	4	2	2	180	160	40	70	180	160	150	100	0	0	110	30	114,02	300,83	253,97
46	0	0	2	2	180	160	42	72	180	160	150	100	0	0	108	28	111,57	300,83	254,85
47	0	0	2	2	180	160	44	74	180	160	150	100	0	0	106	26	109,14	300,83	255,76
48	0	0	2	2	180	160	46	76	180	160	150	100	0	0	104	24	106,73	300,83	256,69
49	0	0	2	2	180	160	48	78	180	160	150	100	0	0	102	22	104,35	300,83	257,66
50	0	0	2	2	180	160	50	80	180	160	150	100	0	0	100	20	101,98	300,83	258,65
[omitted]																			
60	0	0	2	2	180	160	70	100	180	160	150	100	0	0	80	0	80,00	300,83	270,00
61	0	0	2	0	180	160	72	100	180	160	150	100	0	0	78	0	78,00	300,83	270,53
62	0	0	2	0	180	160	74	100	180	160	150	100	0	0	76	0	76,00	300,83	271,06
[omitted]																			
96	0	0	2	0	180	160	142	100	180	160	150	100	0	0	8	0	8,00	300,83	296,92
97	0	0	2	0	180	160	144	100	180	160	150	100	0	0	6	0	6,00	300,83	297,89
98	0	0	2	0	180	160	146	100	180	160	150	100	0	0	4	0	4,00	300,83	298,86
99	0	0	2	0	180	160	148	100	180	160	150	100	0	0	2	0	2,00	300,83	299,84
100	0	0	2	0	180	160	150	100	180	160	150	100	0	0	0	0	0,00	300,83	300,83



Quale strategia può adottare il manager per regolare le 4 leve – x_t , y_t , z_t , w_t – che controllano P_t ?

Ci sono numerose strategie.

Il management potrebbe decidere di modificare la posizione di P_t , agendo prima sulla coordinata “x” e, successivamente, su “y” e di seguito sulle altre.

Oppure, potrebbe iniziare lo spostamento dalla “w” e, successivamente, agire sulla “z” e cos. via.

Nel sistema della tabella a fianco, si è scelto di avviare tutte e 4 le leve di P_t al massimo valore di “g” previsto per ciascuna (ultima riga del pannello di controllo).

Al tempo $t = 45$, le variabili “x” e “y”, che hanno *action rate* più elevati delle altre – pari a $g_x = 4$ e $g_y = 4$ (pannello di controllo) – raggiungono i valori obiettivo, $x^* = 180$ e $y^* = 160$ (si veda la linea orizzontale alla riga $t = 45$); pertanto, nei periodi $t > 45$, esse mantengono il valore “0”, non essendo necessario un ulteriore spostamento.

Le altre due leve, z e w , con *action rate* più ridotti – pari a $g_z = 2$ e $g_w = 2$ (pannello di controllo) – continuano la loro traiettoria fino a $t = 100$, periodo in cui raggiungono il loro valore obiettivo, $w^* = 150$ e $z^* = 100$ (coordinate obiettivo in P^*).





Sistemi multi-leva che operano in spazi a N dimensioni

- I sistemi di controllo multi-leva il cui *modus operandi* è analogo ai sistemi appena esaminati sono molto diffusi e numerosi.
- Oltre ai sistemi di controllo della posizione della nave posacavi, e del livellamento della gru a piedini mobili, ricordo i seguenti.
 - Controllo della posizione del “punto mobile” di una **gru a torre**, che debba spostare un carico di mattoni, posato a terra nel punto $P_0 = (x_0, y_0, z_0)$, fino al punto $P^* = (x^*, y^*, z^*)$, per esempio in cima al tetto. Il punto in movimento $P_t = (x_t, y_t, z_t)$ viene spostato da P_0 a P^* agendo sulle tre coordinate: (a) la rotazione angolare del fusto della gru (x_t), (b) lo spostamento orizzontale del carrello (y_t), (c) lo spostamento verticale del verricello (z_t). Il controllo di tali coordinate si attua con i tre sistemi di controllo mono-leva, ciascuno azionato da uno specifico effettore (motore) e caratterizzato da un differente tasso di azione: lenta è la rotazione del fusto della gru ma più veloci sono i traslatori dell’asse orizzontale e di quello verticale.
 - Un sistema di controllo a N leve è quello che consente di formare e di mantenere una data **miscela** tra N componenti. Ogni componente P_n deve entrare nella miscela nella quantità x_n^* , obiettivo stabilito, in modo preciso, dalla governance. La miscela è perfettamente composta quando tutte le N componenti assumono i valori obiettivo a seguito dell’azione del Sistema di Controllo. Il sistema può agire per step costanti, secondo un tasso d’azione costante, definito, oppure in modo proporzionale all’errore. La strategia di controllo deve essere progettata tenendo conto della natura della miscela, dei tempi di reazione e del tempo massimo ammissibile, per arrivare a completare il controllo.
 - Un Sistema di Controllo a quattro dimensioni è quello nel quale, accanto alle tre dimensioni spaziali, si unisce la quarta dimensione temporale. Ogni **veicolo viaggiante** nello spazio tridimensionale che debba spostarsi da un punto spaziale a un altro, entro un prefissato intervallo di tempo, agisce secondo questa logica.
 - Un robot industriale cartesiano, che sposta oggetti tramite un braccio snodato a movimento tridimensionale mediante un arto artificiale anch’esso dotato di una pluralità di movimenti, rappresenta un altro esempio di sistema pluri-leva.



Sistemi multi-layer (operanti per livelli successivi)

Tipologia di leve

- I sistemi di controllo **multi-layer** in precedenza esaminati erano definiti sistemi **mono-layer** in quanto tutte le leve sono, almeno potenzialmente, in grado di eliminare «l'**errore generale**»:
 $E^1(Y)_t = Y^* - Y_t$.
- Questo errore si definisce «**di primo livello**» (o anche «di primo ordine» in quanto si tenta di eliminarlo applicando una o più leve definite «**leve operative ordinarie**», o anche «**leve di primo ordine, o naturali**»).
- Vi sono molti casi nei quali l'errore di primo livello, $E^1(Y)_t$, è così ampio che le «leve operative ordinarie» disponibili non hanno sufficiente «potenza» per annullarlo, lasciando un **residuo errore** che definisco «**errore di secondo livello**»: $E^2(Y)_t = 0 - E^1(Y)_t$.
- Quest'espressione indica chiaramente che, se $E^1(Y)_t$ rimane permanentemente positivo, allora, la “distanza” da colmare per annullare completamente l'errore è proprio pari a $E^2(Y)_t = 0 - E^1(Y)_t$, che rappresenta, appunto «l'errore di secondo livello».
- Per tentare di annullare $E^2(Y)_t$ risulta necessaria l'attivazione di ulteriori leve – che definisco «**leve di secondo ordine**» – che si aggiungono a quelle di primo ordine e vengono attivate solo quando queste ultime risultano insufficienti.
- Se, anche dopo l'attivazione delle «leve di secondo ordine», rimanesse un residuo «**errore di terzo livello**»: $E^3(Y)_t = 0 - E^2(Y)_t$, sarebbe necessario attivare «**leve di terzo ordine**», continuando così, per livelli successivi, fino a quando l'errore residuo non venga annullato, se possibile, o minimizzato.
- **Definisco multi-layer il sistema di controllo predisposto per annullare l'errore per successivi livelli utilizzando leve di ordine crescente.**



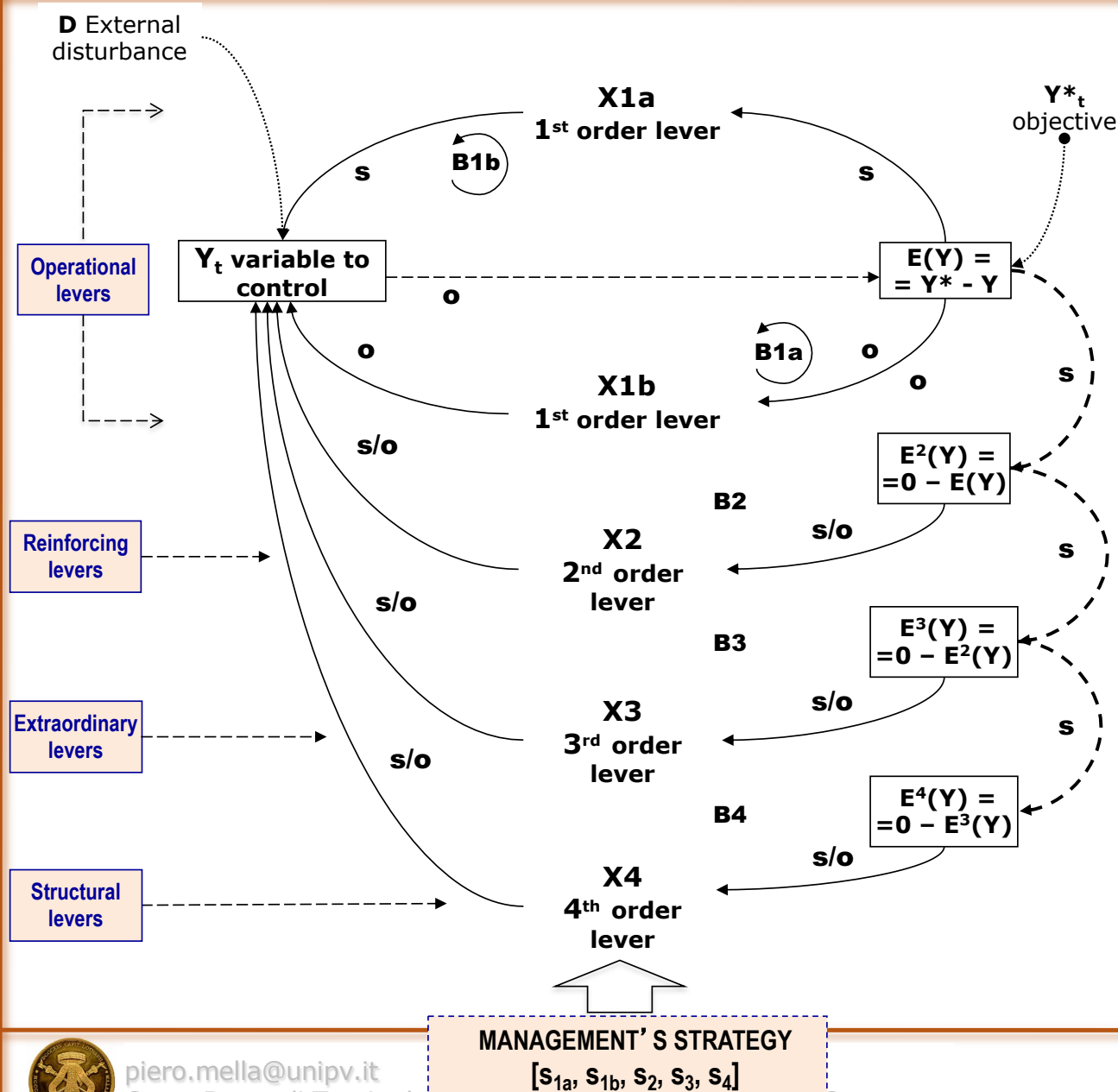
Tipologia di leve nei sistemi multi-layer

Leve ordinarie, di rinforzo, straordinarie e strutturali

- Da quanto appena detto, per definire la **strategia di controllo** nei sistemi **multi-layer**, il management deve anche decidere in quale ordine attivare le possibili **leve strategiche**.
- Si possono, per comodità, definire **4 tipi di leve**, da attivarsi per **livelli successivi di controllo** qualora le leve del livello precedente non fossero sufficienti a conseguire l'obiettivo:
 - **leve operative ordinarie** (o del **primo ordine**): sono quelle impiegate normalmente, ritenute sufficienti a modificare la traiettoria della variabile da controllare;
 - **leve operative di rinforzo** (o del **secondo ordine**): sono leve, anch'esse considerate normali, che integrano (rinforzano) le precedenti, quando occorra;
 - **leve straordinarie** (o del **terzo ordine**): sono, di solito, costose e con tempi lunghi di azione; si usano solo in caso di insufficienza delle leve degli altri ordini;
 - **leve strutturati** (o del **quarto ordine**): modificano la **struttura stessa del sistema** da controllare affinché il controllo abbia successo; richiedono tempo e ingenti risorse.
- Per definire la strategia di controllo nei sistemi **multi-layer** il management deve decidere fino a quale livello estendere il controllo, tenuto conto che, normalmente:
 - quanto più aumenta il «livello del controllo», tanto più le leve diventano difficili da attivare, hanno ritardi, richiedono risorse e costi notevoli e producono i loro effetti su in un tempo più lungo.
- Per dimostrare come possa essere strutturato un sistema multi-layer, propongo quale esempio, il sistema di **controllo della temperatura del nostro corpo**.



Struttura generale di sistema di controllo multi-layer



Il modello a fianco, differisce da quelli in precedenza impiegati per rappresentare i sistemi multi-layer, mono-layer, presentando queste varianti:

- Nel primo layer, sulla sinistra, viene posta in evidenza la variabile da controllare, Y_t .
- Essa è connessa all'Errore, $E(Y)$, tramite la freccia tratteggiata.
- L'errore si determina dal confronto tra l'obiettivo Y^* , a destra, e Y_t .
- Sulla base dell'entità dell'errore $E(Y)$, si attivano le due leve $X1a$ e $X1b$, che modificano direttamente la Y_t ; si formano i **loop B1a** e **B1b**.
- Il secondo layer, che origina il loop **B2**, si forma per modificare la Y_t con la leva $X2$, così da determinare l'errore di secondo livello $E^2(Y)$.
- La stessa logica si applica per i successivi layer, ciascuno dei quali attiva leve per ridurre l'errore di primo livello $E(Y)$, e, a cascata, quelli dei livelli successivi, fino, si spera, ad azzerare l'errore di ultimo livello.



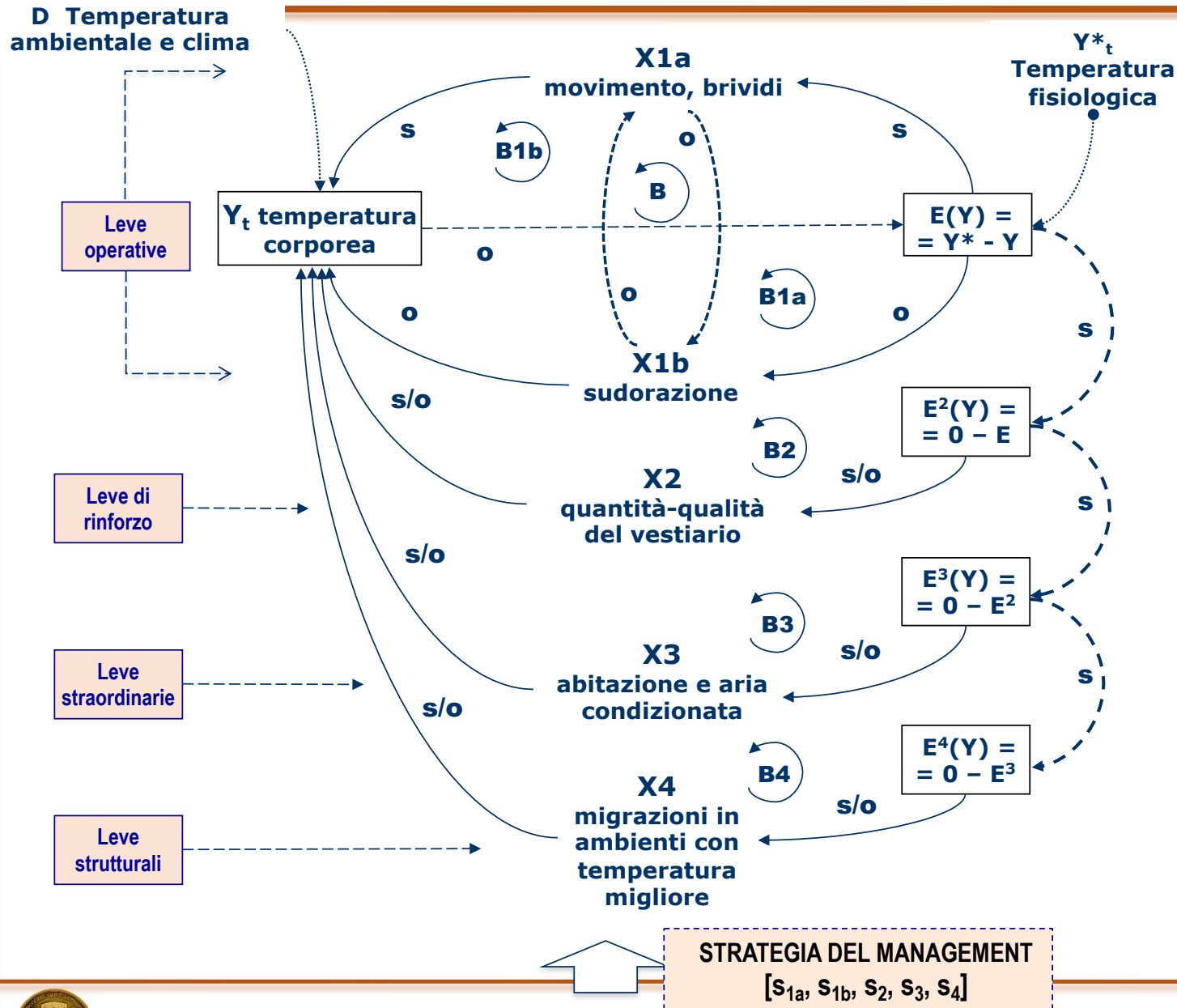
Sistema di controllo multi-layer

Controllo della temperatura del nostro corpo

- Il **controllo della temperatura del nostro corpo** è fondamentale per la sopravvivenza nostra e degli animali in genere e ritengo che tale controllo possa essere attuato da un sistema **multi-layer** analogo a quello della slide seguente.
- Quando siamo in condizioni di salute normali, due sono le **leve operative fisiologiche** (o del **primo ordine**) che la natura ci ha fornito per il **controllo di primo livello**:
 - **brividi** e **movimento per alzare la temperatura** (leva **X1a**);
 - **sudorazione** e **riposo per abbassarla** (leva **X1b**).
- Le due leve operative hanno limitata capacità d'azione, e variano di pochi gradi di temperatura corporea.
- L'uomo ha cercato, fin dalle epoche preistoriche, le **leve di rinforzo**, rappresentate dagli **indumenti di ogni genere** (leva **X2**); dalle primitive pellicce alle moderne fibre artificiali che isolano quasi completamente dal caldo e dal freddo; il ghiaccio viene in aiuto in caso di febbre;
- Se anche gli indumenti non sono sufficienti, l'uomo cerca di regolare la temperatura corporea con **leve straordinarie**, che dipendono dall'ambiente in cui vive e dai materiali che può trovare; tali leve sono rappresentate dalle diverse **forme di abitazione**, che fungono da isolanti dall'esterno e, dall'interno, conservando il calore artificiale prodotto da camini, stufe o moderni condizionatori caldo/freddo (leva **X3**);
- Ricordando la prima regola del Systems Thinking (Lezione 1), potremmo anche zoomare ancor più verso "il grande" e pensare ad altre **leve strutturali**, quali "trasferirci in montagna" (+ fresco), "andare a vivere alle Bahamas" (+ caldo), e altro ancora (leva **X4**). Se questo ci fa sorridere, pensiamo che le «leve strutturali» sono impiegate da migliaia di specie di esseri viventi che – non potendo utilizzare vestiti o abitazioni – si difendono dal caldo e dal freddo con forme di **letargo** in tane sotterranee o dando vita alle spettacolari **migrazioni** che tutti conosciamo.
- NOTA: Ho scelto di rappresentare la struttura del sistema di controllo multi-layer disponendo le variabili in forma verticale.



Systema multi-layer per il controllo della temperatura fisiologica



Esempi di Multi-layer Systems saranno presentati nelle prossime lezioni



Sistemi pluri-obiettivo in senso proprio

- Tutti i sistemi fin qui presentati hanno la comune caratteristica di riguardare **un solo obiettivo**: la temperatura o il livello dell'acqua, il risultato operativo e così via.
- Questa limitazione non è assolutamente necessaria e possiamo considerare modelli ancor più generali, nei quali il *manager* debba raggiungere, contemporaneamente, diversi obiettivi, impiegando un adeguato numero di leve con varie caratteristiche.
- **Definizione – sistema pluri-obiettivo «in senso proprio»**
- Un sistema si definisce **pluri-obiettivo**, o **multi-obiettivo**, in **senso proprio**,
 - se è caratterizzato da una molteplicità di **variabili obiettivo**: $Y_1, Y_2, \dots, Y_M$, con $M \geq 2$,
 - che il manager deve controllare **contemporaneamente** per raggiungere altrettanti **obiettivi**, $Y^*_1, Y^*_2, \dots, Y^*_M$,
 - impiegando un **adeguato numero di leve** con varie caratteristiche,
 - **alla condizione che le M variabili obiettivo siano interdipendenti.**
- Ciò che rende un sistema tipicamente multio-biettivo **in senso proprio** è la condizione di **che le M variabili obiettivo siano interdipendenti.**
- Tale condizione si manifesta quando **una leva che controlla una variabile obiettivo inevitabilmente finisce con il controllarne anche un'altra**, con senso [s], oppure [o].
- Se, rispetto a una **stessa leva di controllo**, gli obiettivi variano **entrambi**:
 - con senso [s], allora tali obiettivi sono **cumulativi**, o **complementari**;
 - con senso [o], allora tali obiettivi sono **concorrenti**, o **antagonisti**.



Esempi di sistemi pluriobiettivo in senso proprio

■ **Primo esempio.** Supponiamo che un passeggero-manager debba regolare le posizioni del proprio sedile su un'autovettura e che tali posizioni siano controllabili attraverso leve distinte, rappresentate da pulsanti che agiscono tramite effettori elettrici. Supponiamo, altresì, per semplificare, che siano definiti i seguenti obiettivi:

- – **sicurezza:** - sedile indietro tutto, - inclinazione poco accentuata, - sedile basso;
- – **comodità** del passeggero-manager: - sedile indietro tutto, - inclinazione accentuata, - sedile in posizione media;
- – **comodità del passeggero** del sedile posteriore, per cortesia: - sedile avanti tutto, - inclinazione accentuata, - sedile basso;
- – **visibilità esterna:** - sedile avanti tutto, - inclinazione media, - sedile alto.

■ Anche a un rapido esame, appare immediatamente come non sia possibile conseguire contemporaneamente tutti gli obiettivi. Se si manovra la leva di scorrimento avanti e indietro, si agisce necessariamente su sicurezza, comodità del manager, comodità del passeggero e visibilità; qualunque leva si manovri, tutti gli obiettivi sono implicati in modo antagonista. Il sistema è realmente **pluri-obiettivo in senso proprio** e gli obiettivi sono concorrenti.

■ **Secondo esempio.** Vogliamo preparare una cena per amici (oppure: un prodotto per i nostri clienti) e cerchiamo di controllare la varietà e la bontà dei piatti che prepareremo (dei componenti che utilizzeremo), ma anche, contemporaneamente, la quantità di lavoro e di tempo, il costo, la salute e altro ancora.

- Quali variabili ottimizzare in linea prioritaria? La governance del sistema dovrà scegliere, ad es.,
- – se preferire il caviale e lo champagne (l'alluminio e la fibra di carbonio), oppure se minimizzare il costo con gamberetti e minerale (vetro e plastica);
 - – se cucinare uno stracotto per 12 ore (un processo raffinato di levigatura con il diamante) impiegando un tempo lungo, oppure una pasta al sugo in 10 minuti (un processo di fresatura);
 - – se usare il tartufo costoso o il burro;
 - – se badare al colesterolo o insaporire con uova e formaggi.

■ È del tutto impossibile arrivare al controllo assoluto di tutti gli obiettivi contemporaneamente. Il Sistema di Controllo, del quale siamo i manager, è **pluri-obiettivo in senso proprio**, essendo le variabili tra loro interdipendenti.



Sistemi pluri-obiettivo «apparenti» e «impropri»

- **Definizione** – Un sistema **pluri-obiettivo** si definisce **«apparente»** se
 - è caratterizzato da **M** variabili **obiettivo**,
 - ma queste risultano tra loro **indipendenti**, ai fini del controllo.
- **Un sistema pluri-obiettivo apparente rappresenta, di fatto, l'unione operativa di M sistemi mono-obiettivo.**
- **Esempi:** Controllo del flusso e della temperatura nella doccia; controllo dei vari obiettivi e vincoli nella guida di un veicolo (velocità, corsie laterali, distanza da chi precede, comportamento al semaforo, ecc.)
- **Definizione** – Un sistema **pluri-obiettivo** si definisce **«improprio»** se
 - è caratterizzato da **M** variabili **obiettivo**,
 - le quali risultano tra loro **interferenti**, ai fini del controllo.
- **Un sistema pluriobiettivo improprio rappresenta la congiunzione operativa di M sistemi mono obiettivo.**
- **Esempi:** Obiettivi di volo di un aereo: altitudine, rotta, velocità, consumo di carburante sono obiettivi interferenti. Militari che sfilano in parata; ogni militare ha tre obiettivi: tenere l'allineamento, l'incolonnamento e il passo cadenzato.



Esempio di Sistemi pluri-obiettivo «improprio»

Aeroplano

- Un **Sistema di controllo pluri-obiettivo**, con **obiettivi interferenti**, è rappresentato da un **aereo** che debba effettuare un **volo** per raggiungere una certa destinazione, o meta, stabilita dalla **governance**.
- Il **manager** di questo sistema è, ovviamente, il **pilota** che, insieme con lo staff di terra, deve tenere sotto controllo contemporaneamente almeno **quattro principali variabili operative (o di controllo)** che caratterizzano il **volo** – **direzione, velocità, altitudine e livello carburante** –, impiegando un certo numero di leve, come indicato nel modello della diapositiva seguente. **Solo il mantenimento del loro controllo per tutta la durata del volo consente al pilota di raggiungere l'obiettivo finale, costituito dalla meta del volo.**
- Ritengo di lasciare all'intuizione del Lettore l'interpretazione del Sistema di Controllo presentato nella dia seguente (sono stati utilizzati i termini tecnici di un manuale di volo). Faccio solo notare che ciò che rende **pluri-obiettivo** il controllo di un aereo è il fatto che le **variabili operative sono tra loro interferenti**, poiché **molte leve di controllo sono comuni ad almeno due di esse**, così che non è possibile regolare una variabile senza regolare anche le altre.
- Osservando le regole di controllo della velocità e dell'altitudine indicate nella figura, risulta che non vi sono **vincoli diretti** tra tali variabili, pur sussistendo **vincoli indiretti**, a motivo del fatto che le variabili obiettivo sono controllate da **comandi (leve) comuni**: l'aumento della **velocità** non può essere ottenuto semplicemente dando **manetta** (aumento dei giri dell'elica), perché questa leva controlla anche l'**altitudine** in quanto il «dare manetta» non aumenta solo la velocità, ma porta anche, inevitabilmente, a un innalzamento dell'altitudine; per acquistare velocità, l'azione sulla manetta deve accompagnarsi al mantenimento dell'altitudine, usando la cloche verticale.
- Così vale per le altre variabili da controllare.
- Anche se le variabili interferiscono, il pilota-manager è comunque in grado di arrivare al controllo del sistema, portando tutte le variabili al loro valore obiettivo, eliminando o attenuando le reciproche interferenze e minimizzando le eventuali oscillazioni di aggiustamento.
- Ciò che rende questo sistema tipicamente multi-obiettivo è la condizione di **interdipendenza** tra le variabili da controllare, per cui una leva di controllo di una variabile obiettivo inevitabilmente finisce con il controllarne anche un'altra, non importa se con senso [s], oppure [o].
- **Nota:** Oltre alle quattro variabili operative, i moderni velivoli da trasporto devono controllare, contemporaneamente decine di altre variabili (pressioni interne, distanze di sicurezza, ecc.), troppo numerose e tecniche per essere contenute in un esempio didattico.

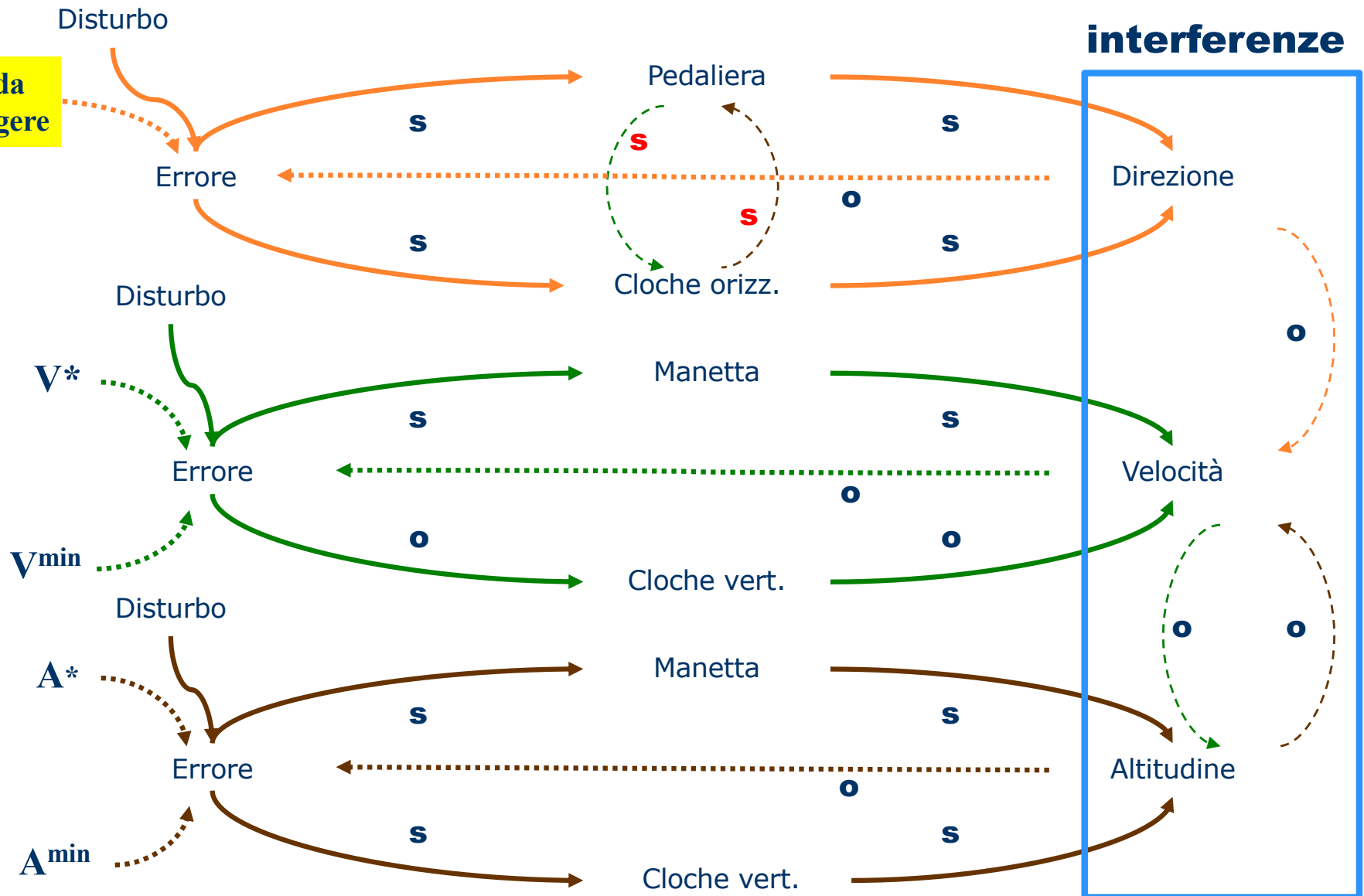




Esempio di sistema pluriobiettivo improprio

Interferenza tra obiettivi di volo

Meta da raggiungere



Sistemi di controllo pluri-obiettivo

L'importanza della politica e della strategia

- Tutti i sistemi pluri-obiettivo, da quelli con obiettivi indipendenti (doccia), a quelli con obiettivi semplicemente interferenti (aereo), fino a quelli con obiettivi interdipendenti (menu per tanti invitati), richiedono che il manager decida **in quale ordine gli obiettivi debbano essere conseguiti**.
- Egli si forma, nel tempo, l'**esperienza** che gli consentirà di valutare quali obiettivi conseguire e decidere l'ordine di priorità che consenta la massima efficienza di manovra delle leve che agiscono congiuntamente.
- **Si definisce politica l'esperienza formalizzata circa le priorità conseguimento degli obiettivi.**
- La **politica** non dipende solo dalla struttura del Sistema di Controllo ma anche dalla conoscenza e dalle attitudini del **manager**.
- La **politica** caratterizza tutti i sistemi **multi-obiettivo** anche se appare più importante per i sistemi **in senso proprio**.
- È anche delineato il **modello generale del controllo** secondo il quale un sistema pluri-obiettivo può essere controllato solo se:
 - si definisce l'**insieme degli obiettivi** da perseguire, e la **politica** che ne specifica le priorità,
 - sono contemporaneamente disponibili **sufficienti “leve” di controllo**, tra loro compatibili e coordinate, da utilizzare secondo una definita **strategia**.



Strategia ottimale

- La **strategia ottimale** è quella che ottimizza il rapporto:

(importanza obiettivo × entità dello scostamento) / costo delle leve

- Il concetto di **strategia ottimale** è, pertanto, relativo e dipende dal tipo di obiettivo e dai vantaggi che si conseguono, dall'entità dello scostamento e dal costo associato alle diverse leve.
- La definizione della **strategia ottimale** si può affrontare con un'analisi costi/benefici (Cost Benefits Analysis, o CBA), valutando tutti gli elementi di costo associati alle leve (tenendo conto di costi diretti e di danni indiretti) e tutti i benefici, in termini di vantaggi connessi alla riduzione dello scostamento e al conseguimento dell'obiettivo.
- La CBA incontra, in molti casi, notevoli difficoltà perché, nella valutazione delle diverse leve di controllo, il manager tiene conto di elementi non quantificabili monetariamente, ma di origine psicologica, o emotiva, o legati alla cultura e, talvolta, anche ai pregiudizi.



Politica ottimale

- La scelta dell'ordine di conseguimento dei diversi obiettivi dipende,
 - dall'**importanza** e dall'**urgenza** degli obiettivi che il sistema deve raggiungere,
 - dai **costi/benefici** abbinati alle diverse leve disponibili.
- Solitamente, l'obiettivo **primo** da conseguire dovrebbe essere quello ritenuto più **urgente** e/o più **importante**, essendo ad esso associato un alto beneficio (se viene conseguito), o un elevato danno (se non si consegue).
- Per la definizione della **politica ottimale** si possono applicare le **tecniche di ordinamento degli obiettivi su scale cardinali**, così che la scelta della politica possa essere effettuata secondo metodologie pseudo-quantitative.





Evoluzione dei Sistemi di Controllo

Prima Congettura

- I sistemi di controllo, sia quelli naturali, sia quelli ideati dall'uomo, evolvono, modificando la loro struttura logica e soprattutto, potenziando e rendendo più efficienti gli apparati che formano la catena di controllo.
- Ritengo utile presentare alcune congetture relativamente a tale evoluzione.
- Anche se i Sistemi di Controllo a feedforward ancora pervadono la nostra esistenza, l'uomo ha sempre cercato di migliorare i propri attrezzi e di controllare il proprio ambiente introducendo forme di controllo a feedback.
- Questa tendenza evolutiva appare anche negli animali singoli e nelle “collettività” di animali (e nelle specie), quando vengono interpretati come sistemi di controllo che evolvono verso forme di controllo più efficienti.
- Possiamo, pertanto, avanzare la seguente:
 - **PRIMA CONGETTURA**
 - **I Sistemi di Controllo a feedforward tendono ad evolvere in Sistemi di Controllo a feedback.**





Evoluzione dei Sistemi di Controllo

Seconda Congettura

- Molti sistemi a più leve rappresentano uno sviluppo **naturale** dei sistemi mono-leva.
- Spesso, i sistemi pluri-leva derivano da esigenze **artificiali** di potenziamento dei sistemi mono-leva e dalle innovazioni tecniche che consentono di inventare e costruire apparati (sensori, regolatori ed effettori) sempre più sofisticati, di dimensioni ridotte e con costo basso.
- Altre volte i sistemi pluri-leva si osservano zoomando verso il grande.
- Si delinea una seconda tendenza evolutiva formalizzabile come segue:
 - **SECONDA CONGETTURA**
 - Più zoomiamo verso il piccolo, più osserviamo sistemi mono-leva, caratterizzati da specializzazione e velocità. Sono caratteristici dei **sistemi naturali**.
 - Più zoomiamo verso il grande, più osserviamo sistemi pluri-leva, caratterizzati dalla varietà degli obiettivi conseguibili. Sono, solitamente, sistemi **progettati dall'uomo**.



Lezione 3 - Conclusioni

- In questa terza lezione abbiamo considerato i sistemi multi-leva (o pluri-leva) e multi-obiettivo (o pluri-obiettivo).
 - a. I **sistemi multi-leva** più semplici sono quelli a duplice leva: X_1 , e X_2 , che vengono attivate per produrre variazioni dello stesso o di opposto segno nella Y . Le leve possono essere:
 - **indipendenti** (o libere), se X_1 e X_2 possono produrre entrambe variazioni dello stesso segno della Y , oppure variazioni di segno opposto;
 - **dipendenti** (o vincolate), se X_1 e X_2 possono produrre, ciascuna, variazioni di opposto segno della Y .
 - b. Particolari sistemi a due leve sono quelli che operano per **impulsi**, tipici del controllo dei magazzini e della vita biologica; possono essere a funzionamento **CI-PO** oppure a funzionamento **PI-CO**.
 - d. I **sistemi multi-leva** possono essere **mono-layer** e **multi-layer** e avere leve di diverso ordine o livello; in particolare,
 - leve **operative**, o di primo livello; sono quelle sulle quali si agisce immediatamente (possono essere libere o vincolate);
 - leve **ausiliarie**, che rinforzano l'azione delle leve operative;
 - leve **straordinarie**, o di secondo livello; si impiegano quando le leve operative e ausiliarie si rivelano insufficienti ad annullare lo scostamento;
 - leve **strutturali**, o di terzo livello; si attivano se anche le leve straordinarie non sono sufficienti a conseguire l'obiettivo.
- Nei **sistemi multi-leva**, il **manager** del sistema deve stabilire l'*ordine di attivazione delle leve* – cioè la **strategia di controllo** – attuando un'analisi costi-benefici per individuare le leve più efficaci ed efficienti.
- Nei **sistemi multi-obiettivo** la **governance** del sistema deve definire l'ordine di priorità nel conseguimento degli obiettivi, cioè la **politica di controllo**; essa deve essere congiunta alla *strategia* del controllo, decisa dal manager per la scelta delle leve di controllo.
- La definizione della politica di controllo deve essere attuata sulla base di accurate *tecniche di ordinamento degli obiettivi* secondo preferenza che portino a definire la *scala di priorità* obiettivi dei medesimi.

FINE della LEZIONE 3



All stable processes we shall predict. All unstable processes we shall control (John von Neumann)

Corso Breve di Teoria del Controllo

Lezione 4

L'ubiqua presenza dei sistemi di controllo

Non accontentarti di meno di
quanto sei in grado di fare
(Peter Senge, 1992, p. XIV).

Piero Mella

Già Professore di "Teoria del Controllo" - Università di Pavia, Italy
piero.mella@unipv.it - <http://www.pieromella.it>

Cortile delle magnolie

Vol. 14-2/2023 - DOI: 10.13132/2038-5498/14.2.471-524

Cite as: Mella, P. (2023). Corso Breve di Teoria del Controllo. Lezione 4. L'ubiqua presenza dei sistemi di controllo. *Economia Aziendale online*, 14(2), 471-524.

Economia Aziendale online - Electronic ISSN 2038-5498 - Tribunale di Pavia, 2007, n. 685 R.S.P.



Lezione 4

Abstract e Keywords

Abstract

Nelle precedenti Lezioni 2 e 3, è stata presentata la Teoria dei Sistemi di Controllo impiegando il linguaggio del Systems Thinking.

I Sistemi di Controllo sono ovunque, in ogni ambiente e con la loro ubiqua presenza, rendono possibile il mondo.

La Disciplina del controllo deve insegnarci a "riconoscerli", abituarci a "vederli", per poterli impiegare o dominare.

In questa Lezione 4 svolgeremo un viaggio mentale attraverso diversi "ambienti", per riconoscere in essi i Sistemi di Controllo che li caratterizzano. Senza pretesa di essere esaustivi, cercheremo di riconoscere i Sistemi di Controllo in ambiti sempre più ampi, iniziando dall'ambiente domestico e cittadino, per arrivare all'ambiente fisico e sociale. La prossima Lezione 5 sarà dedicata ai sistemi di controllo nelle Organizzazioni.

Perché la Disciplina del controllo possa essere proficua, il lettore deve sforzarsi di costruire i modelli qualitativi (anche solo verbali o grafici) dei Sistemi di Controllo che riesce ad individuare e, se possibile, di tradurli in modelli di simulazione.

In the previous Lessons 2 and 3, the Control Systems Theory was presented according to the language of Systems Thinking. Control Systems are everywhere, in every environment and with their ubiquitous presence, they make the world possible. The Control Discipline must teach us to "recognize" them, get used to "seeing" them, in order to be able to use or dominate them.

In this Lesson 4 we will carry out a mental journey through different "environments", to recognize the Control Systems that characterize them. Without pretending to be exhaustive, we will try to recognize the Control Systems in ever wider areas, starting from the domestic and city environment, to get to the physical and social environment. The next Lesson 5 will be dedicated to control systems in Organizations.

For the Discipline of control to be profitable, the reader must make an effort to build the qualitative models (even only verbal or graphic) of the Control Systems that he manages to identify and, if possible, to translate them into simulation models.

Keywords: Sistemi di controllo (SC) in ambiente domestico, SC in ambiente cittadino, Overhead» Control Systems, SC nel macro-ambiente esterno, Daisylandia, Controllo planetario, Global Warming, GEA: il motore del global warming, gulf stream per il controllo del global warming, Tagedie dei commons, smaltimento rifiuti, sistemi omeostatici, sistemi autopoietici, sistemi viventi, controllo posturale, sistemi teleonomici, Perceptual Control Theory, controllo popolazioni, evoluzione, SC in ambiente sociale e economico.



Sistemi di Controllo nella vita normale

- Nel corso di una giornata qualunque si attivano numerosissimi Sistemi di Controllo che coprono ampiamente la tipologia studiata nelle precedenti Lezioni.
- **Fare un minuto di riflessione.**
- Molti Sistemi di Controllo sono automatici.
- Alcuni agiscono nella sfera fisica; altri in quella psichica.
- Vi sono sistemi **multi leva** a tantissimi sistemi **multi obiettivo**.
- **Fare un altro minuto di riflessione**
 - Notiamo che molti Sistemi di Controllo agiscono secondo una **strategia consolidata nel tempo**, che si denomina **routine**, che abbiamo appreso e memorizzato in successive ripetizioni del controllo e che guida la scelta delle leve e la loro intensità di applicazione.
 - Le **routine** trasformano un controllo **cosciente** in un controllo che sembra **automatico**.
 - Le routines sono utili ma, a volte, producono errori nel controllo.



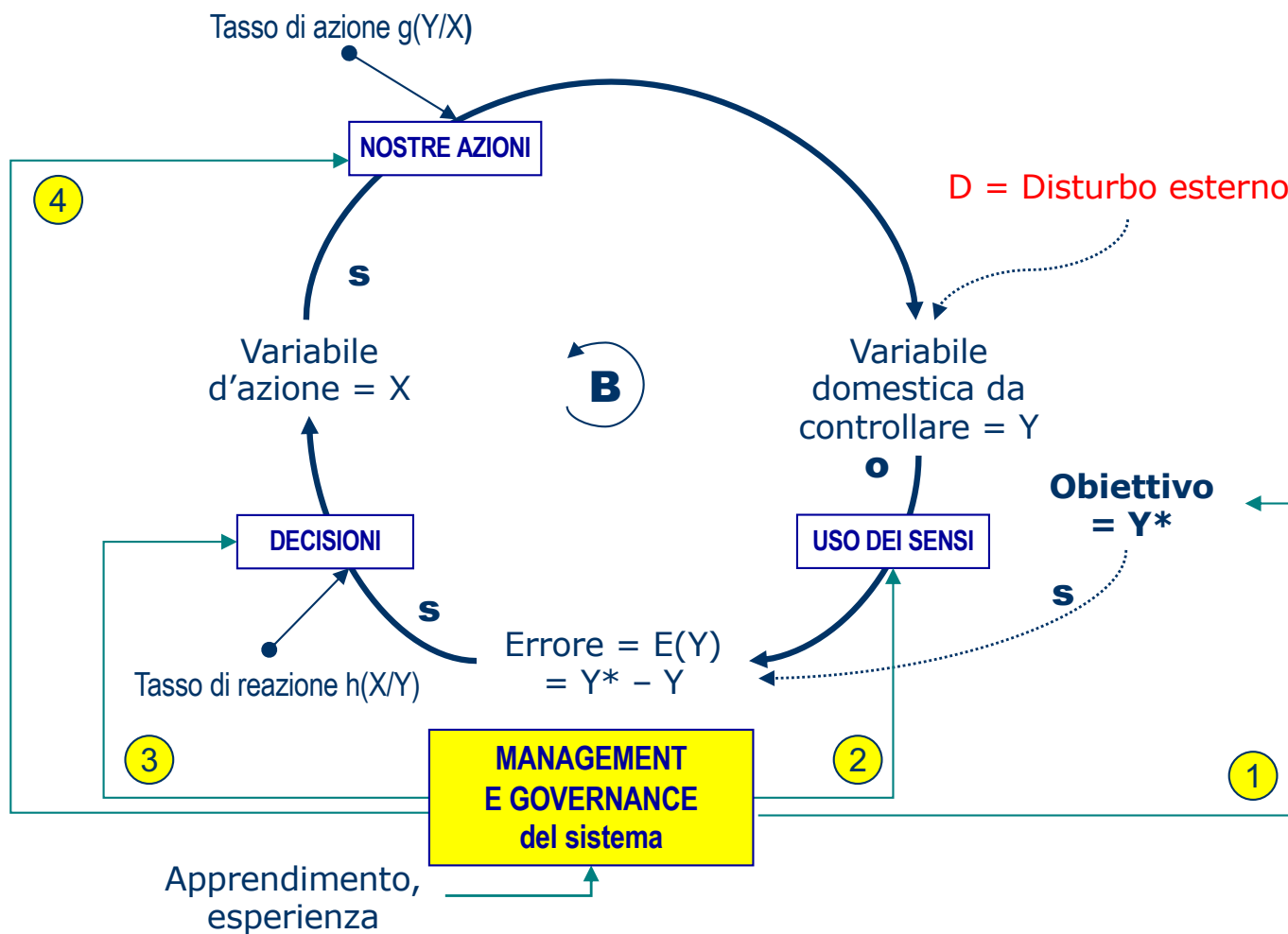
Sistemi di Controllo

Una giornata qualunque

- Presenterò i sistemi di controllo (SC) in alcuni momenti di una mia giornata qualunque.
 - Improvvisamente il trillo della sveglia, Y produce uno scostamento tra la quiete notturna, Y^* , e il rumore percepito come **segnale di risveglio** $= Y^* - Y$. Ciò mi spinge ad attivare qualche leva di controllo per farlo cessare; muovo il braccio, X , per ridurre la distanza, Y , tra la mano e l'origine del suono, Y^* , per raggiungere la sveglia, annullando la **distanza dalla sveglia** $= Y^* - Y$; guidato dalle **routine** che si sono formate anno dopo anno, i sensori tattili del dito, X , «riconoscono» il pulsante di stop, così che possa premerlo perchè il trillo cessi [**segnale di risveglio** $= 0$]. Grazie a questi 3 sistemi – **raggiungimento** dell'origine del suono, **riconoscimento** del **pulsante**, pressione del pulsante –, la quiete è ripristinata e il sonno è cessato.
 - Appena sveglio, proprio come una colomba che osserva dall'alto, «riconosco» la posizione delle ciabatte e i miei piedi calano rapidamente verso di esse (**Sistemi di riconoscimento e di raggiungimento, con obiettivo fisso**). Calzate le ciabatte, assumo una posizione verticale (**obiettivo dinamico**), mantenuta dal **Sistema di Controllo dell'equilibrio** (apparato vestibolare e muscolare delle gambe e della schiena), e percorro un cammino tra i mobili della stanza per arrivare fino al bagno (**tracking Control System**).
- Con mi soffermo sui SC della «toilette» mattutina, della colazione e del vestirsi. Qualche considerazione sul percorso per l'ufficio.
 - La guida, come sappiamo, richiede l'attivazione di **SC multi-leva e multi-obiettivo**, oltre che di innumerevoli SC elementari, per controllare la velocità e la distanza dalla vettura che ci precede (SC a obiettivo variabile), riconoscere i segnali dei semafori e delle automobili che ci precedono, accelerare, frenare, frecce, girare il volante, osservare semafori, accelerare, frenare, frecce, sterzare, frenare improvvisamente, sterzare, arrestarsi, riprendere la marcia, frecce, girare a sinistra, riprendere la marcia, ecc. Ecco, in sintesi, come agiscono, decine e decine di volte per minuto, tutti i Sistemi di Controllo necessari per guidare l'automobile.
 - Dimenticavo: solitamente sono attivati anche i Sistemi di Controllo dello stress e dell'arrabbiatura, che sono quanto mai necessari per arrivare in ufficio in condizioni psicologiche adeguate a iniziare il lavoro: decine di persone da riconoscere, da salutare, da accompagnare e decine e decine di documenti da riconoscere, leggere, archiviare o a cui rispondere, impongono l'attivazione di molteplici SC. È facile verificare quanti SC di raggiungimento e di riconoscimento siano necessari per scrivere al computer.



Sistemi di Controllo in ambiente domestico



I sistemi di controllo nell'ambiente domestico richiedono l'intervento dell'uomo che funge da elemento di **GOVERNANCE** e di **MANAGEMENT**.

Tali interventi possono:

- ① porre gli obiettivi;
- ② rilevare l'Errore;
- ③ decidere le leve da attivare;
- ④ fungere da effettori

Nei lavori domestici si riscontrano numerosi sistemi multi leva, sia mono che multi layer.



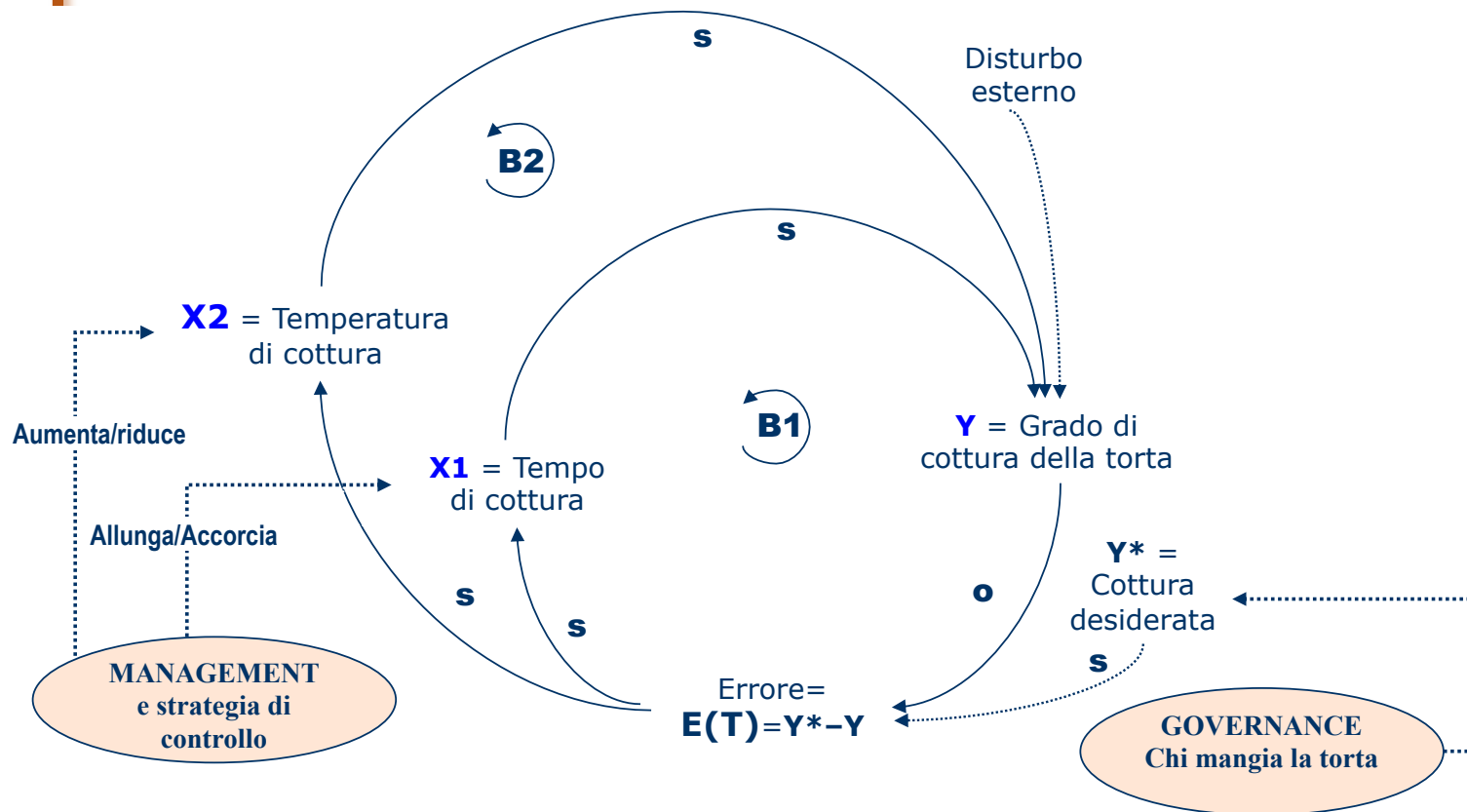
Sistemi di Controllo in ambiente domestico

- Il modello precedente vale, o si può adattare, per:
 - elettrodomestici
 - automobili
 - impianti di casa
 - rifornimenti e consumi (sistemi per impulsi)
- **Fare un minuto di riflessione.**
- Tutti i nostri elettrodomestici sono ormai costruiti con **Sistemi di Controllo automatici**. Il frigorifero mantiene l'obiettivo di temperatura, al mutare delle condizioni interne (introduzione di un alimento caldo) ed esterne (innalzamento della temperatura della stanza). Il microonde si spegne quando raggiunge l'obiettivo di tempo che abbiamo impostato, oppure quando apriamo lo sportello.
- Il progresso dell'umanità si percepisce anche osservando il progresso degli strumenti di vita quotidiana e casalinga.



Sistema di Controllo

In ambiente domestico. Cuocere la torta



Il cuocere una torta richiede un «semplice» sistema di controllo a due leve indipendenti nel quale deve sempre essere $Y \leq Y^*$. Se $Y > Y^*$ la torta brucia (è un cosiddetto «sistema di arresto»). Per evitare che la torta bruci, è importante, pertanto, potenziare il processo di rilevazione dell'errore, cioè del grado di cottura.

Strategia del management

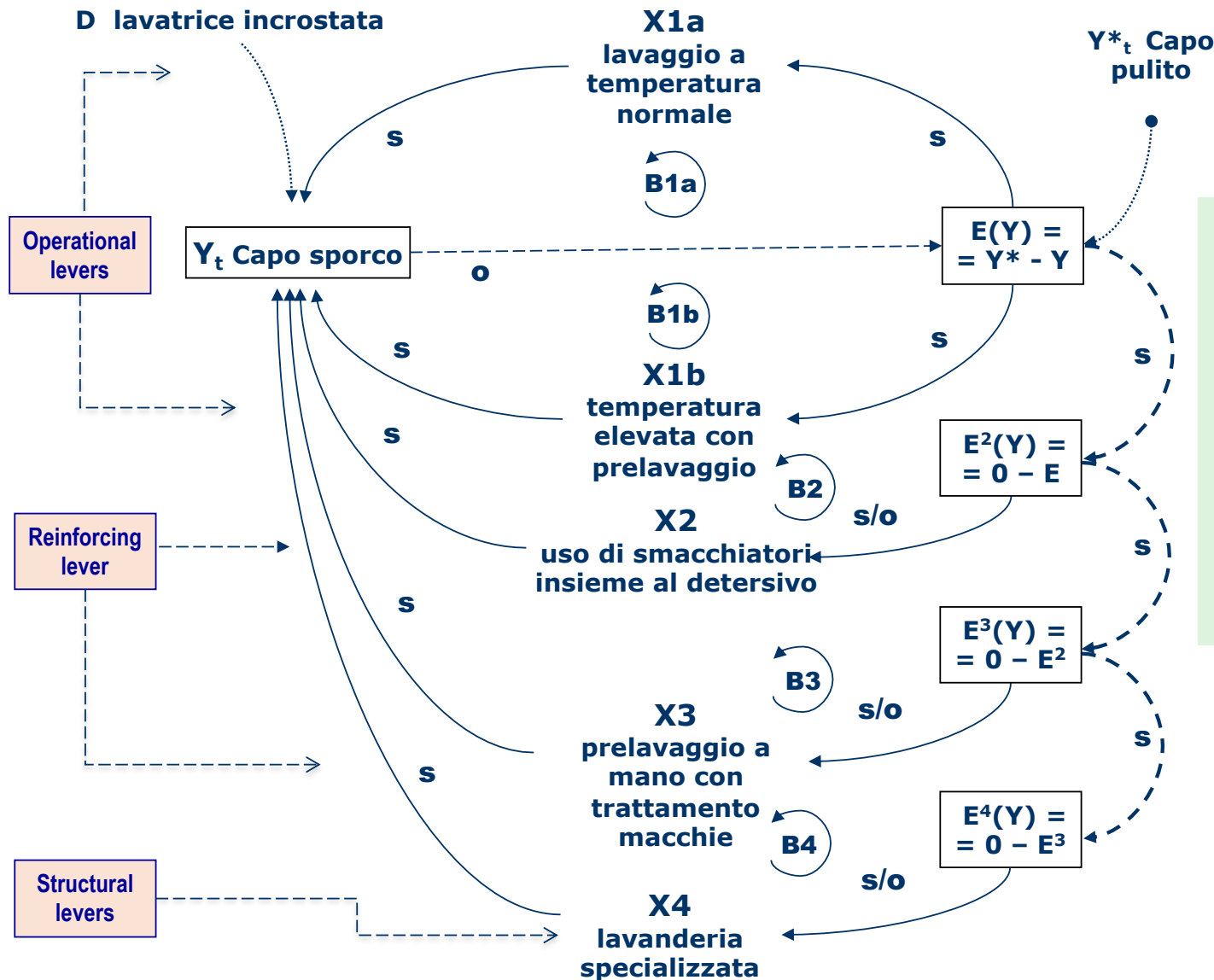
Se la $X2$ è difficile da controllare, occorre tenere una temperatura leggermente più bassa e agire sul tempo di cottura $X1$.

Se il tempo per la preparazione è breve, allora si deve agire sulla temperatura di cottura, $X2$.



Sistema di Controllo

In ambiente domestico. Lavaggio in lavatrice



Lavare un Capo Sporco utilizzando una lavatrice può richiedere un sistema di controllo **multi leva e a diversi livelli** analogo a quello dell'esempio indicato, di immediata lettura.

La leva **X4** è strutturale in quanto modifica la struttura del processo di lavaggio, rinunciando alla lavatrice e alle sue leve per ricorrere a una lavanderia specializzata esterna.

Il sistema proposto deve intendersi solo come esempio didattico



Controlli nel micro ambiente esterno cittadino

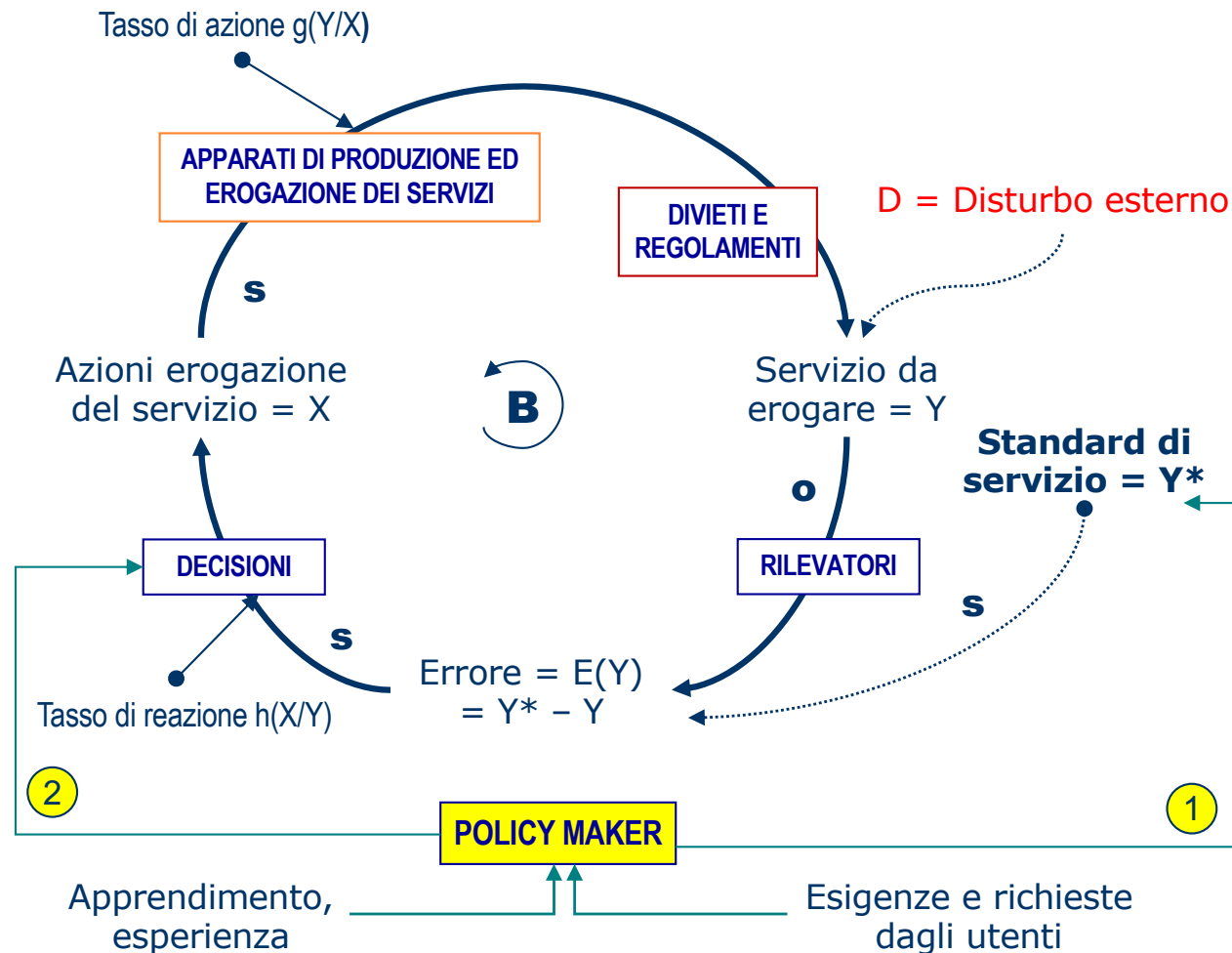
Gli «Overhead» Control Systems

- L'ambiente cittadino “funziona” grazie a numerosissimi Sistemi di Controllo sui quali non possiamo agire perché hanno **governance e management autonomi**, normalmente pubblici.
- Spesso non ci accorgiamo di tali sistemi ma sono indispensabili per la nostra vita. Sono **sopra-la-nostra-testa** e si denominano **Overhead Control Systems**.
- **Fare un minuto di riflessione.**
- Per esemplificare, gli **Overhead Control Systems** sono quelli per il controllo di:
 - erogazione e fatturazione di energia elettrica
 - di gas
 - di acqua
 - illuminazione
 - trasporto
 - smaltimento rifiuti solidi, umidi, gassosi
 - inquinamento atmosferico, polveri sottili
 - manutenzione strade, fiumi, canali
 - verde e decoro urbano
 - ...



Controlli nel micro ambiente esterno cittadino

Logica degli «Overhead» Control Systems



Denomino «Overhead» control systems quelli che operano «sopra la nostra testa» per controllare flussi, operazioni, attività e fenomeni che si producono nella nostra città e che ci consentono di fruire dei servizi pubblici.

«Policy Maker» è un termine generico per indicare i soggetti che sviluppano la Governance ① e il Management ②.

Questi sistemi di controllo si avvalgono come effettori di vari APPARATI DI PRODUZIONE ED EROGAZIONE DEI SERVIZI.

La loro azione è vincolata dai DIVIETI E REGOLAMENTI che gli amministratori pubblici pongono all'erogazione e alla fruizione dei servizi.

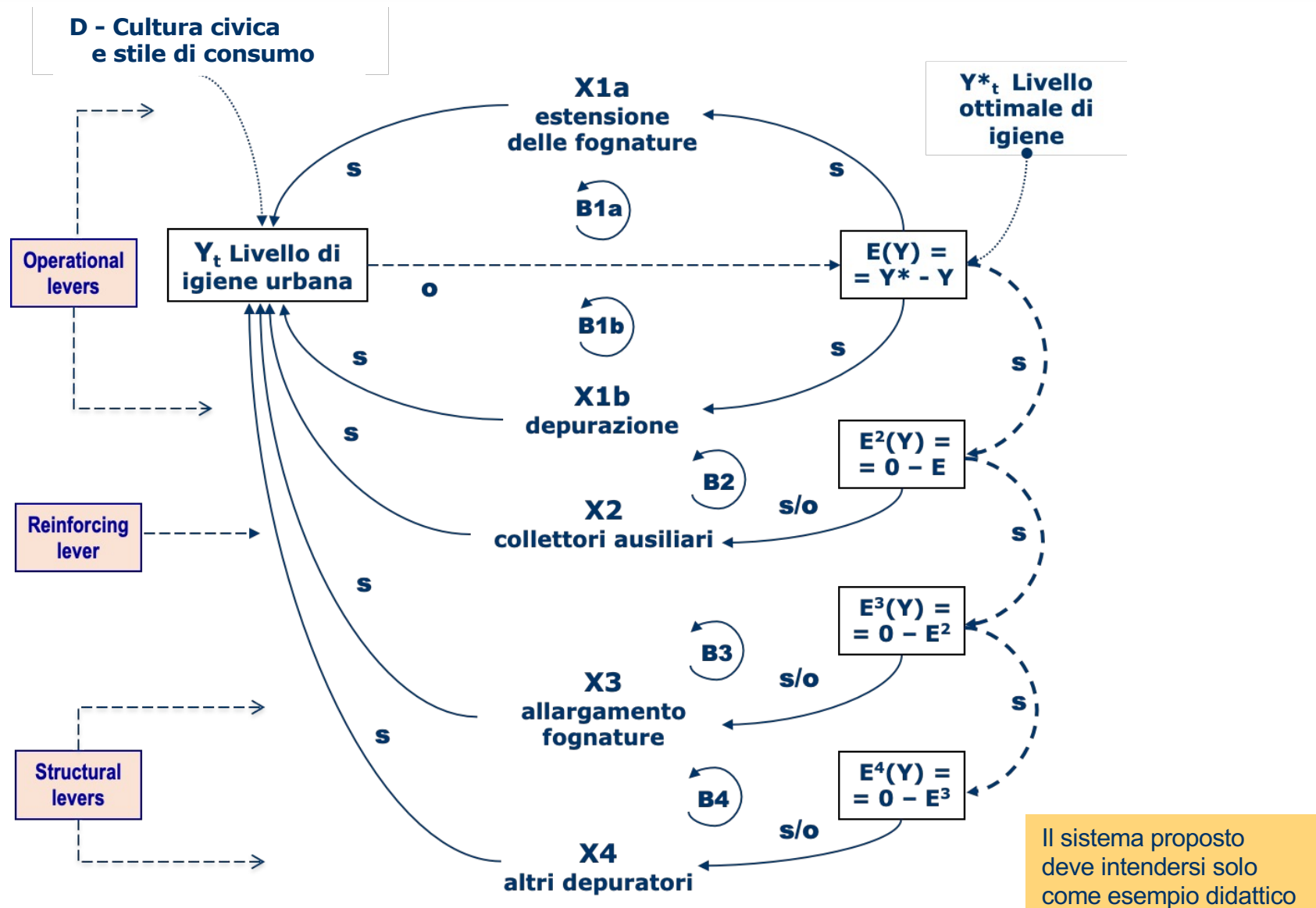
Gli «overhead» control systems sono prevalentemente multi leva e multi layer.

Nel seguito presento, senza commento, 4 sistemi di controllo nell'ambiente urbano.



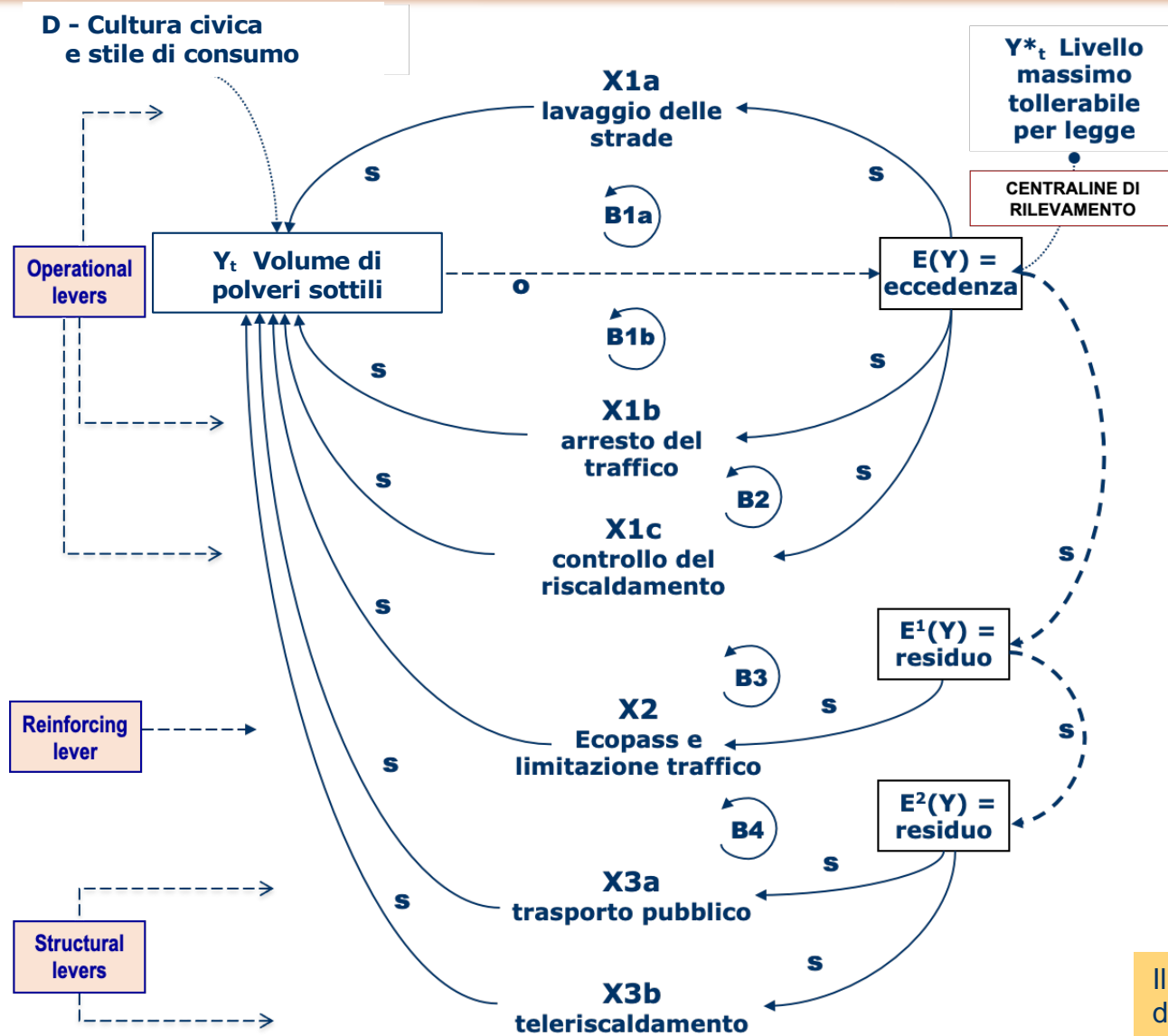
Overhead Control Systems

Igiene urbana



Overhead Control Systems

Polveri sottili

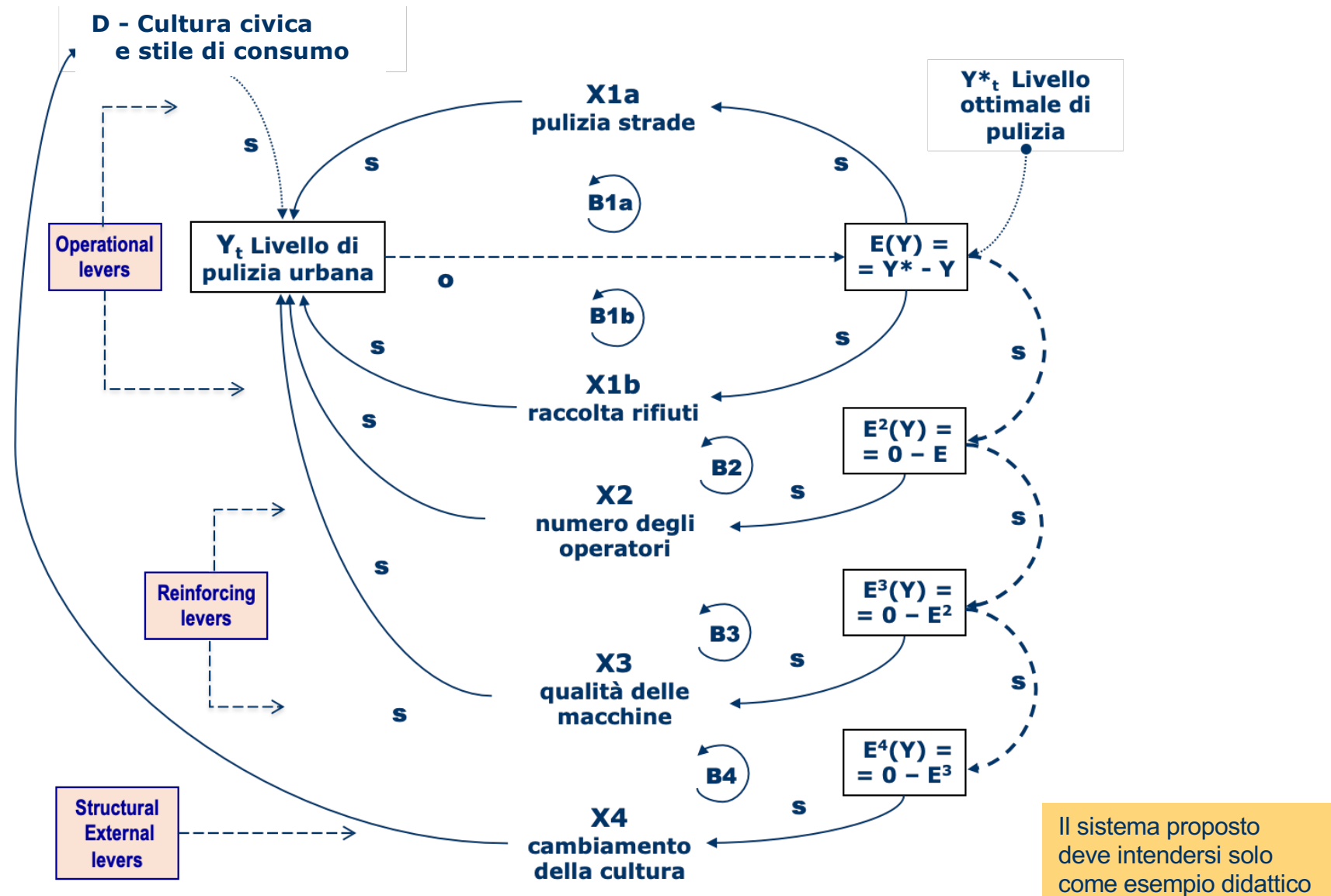


Il sistema proposto deve intendersi solo come esempio didattico



Overhead Control Systems

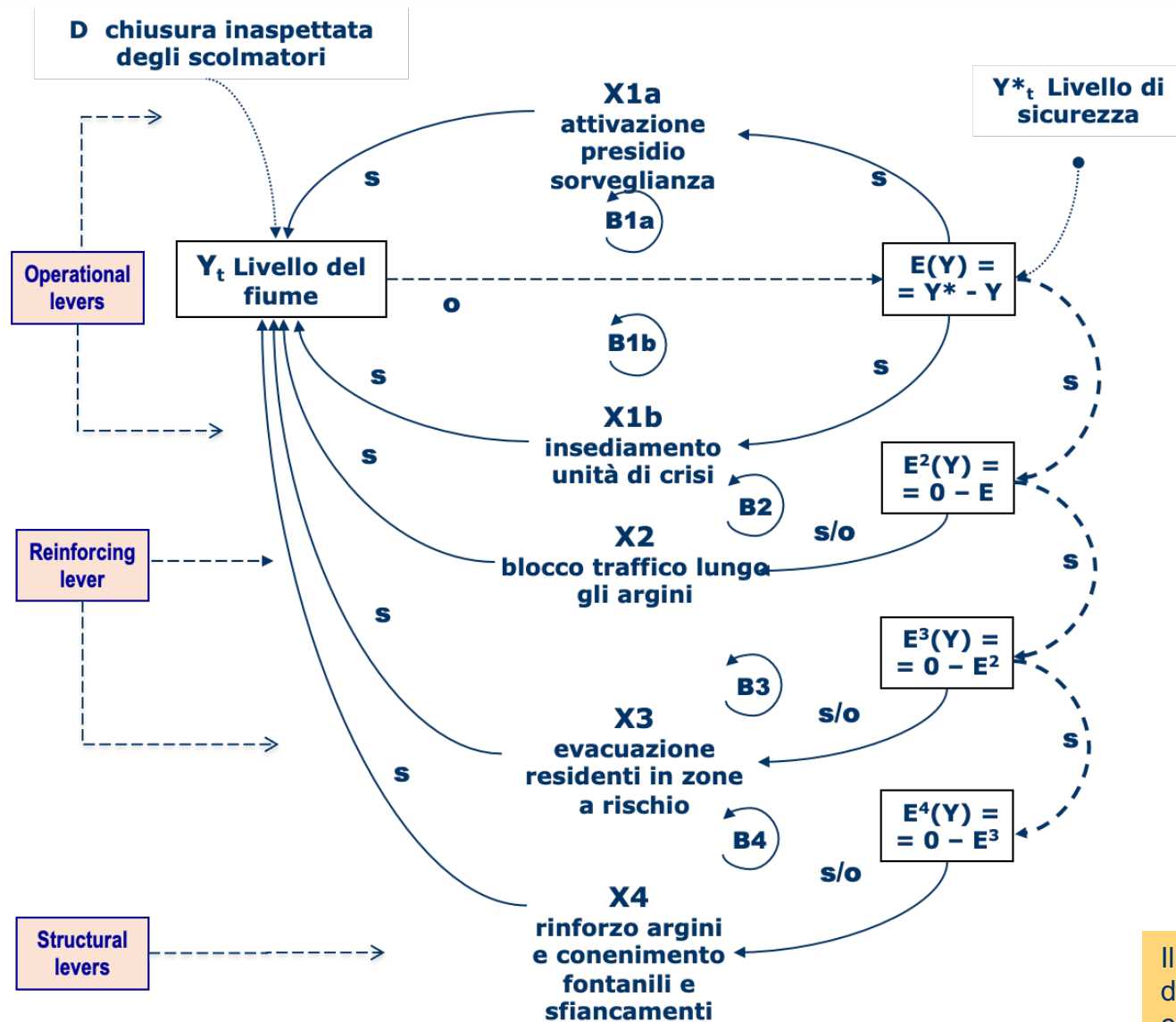
Smaltimento rifiuti solidi





Overhead Control Systems

Controlli per «esondazione» corsi d'acqua



Il sistema proposto deve intendersi solo come esempio didattico

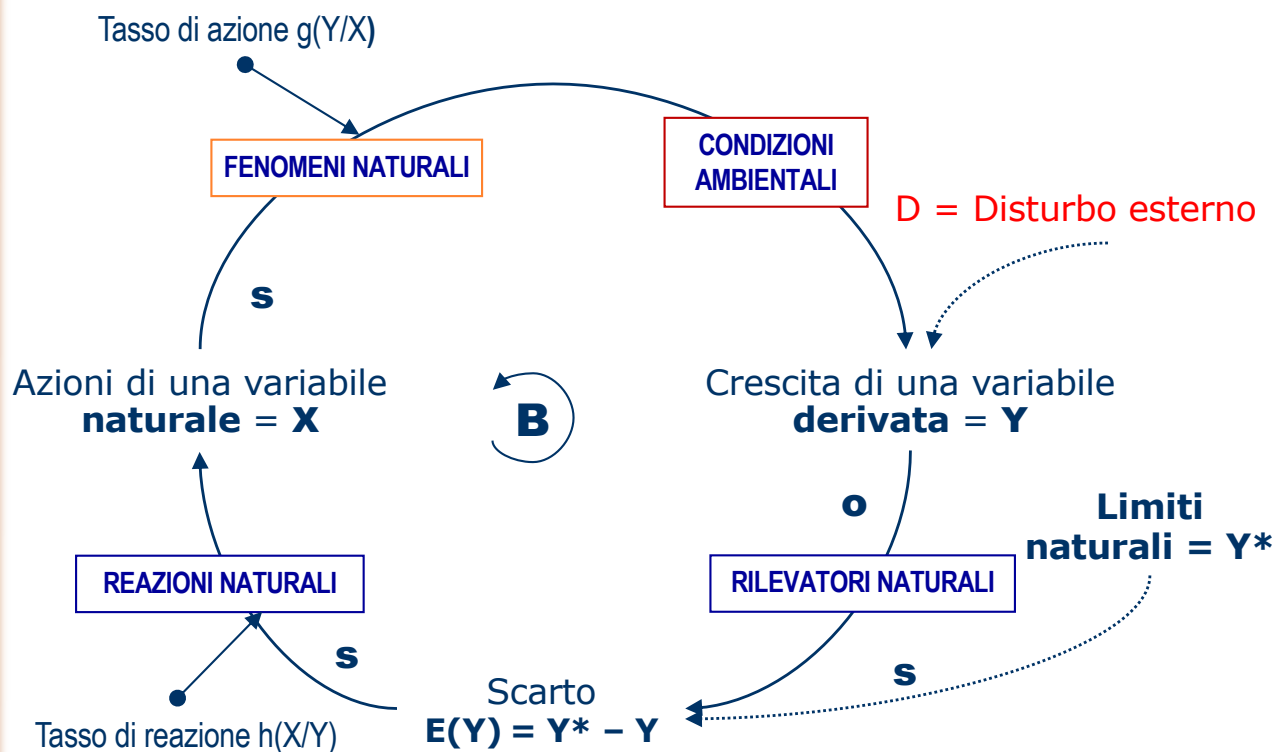


Sistemi di Controllo nel «macro» ambiente esterno

- Ricordo, innanzitutto, i Sistemi di Controllo che agiscono nell'ambiente in cui viviamo per controllare variabili che presentano dinamiche che possono essere dannose per la nostra vita, collettivamente, come comunità.
- **Fare un minuto di riflessione.**
- L'ambiente è ricco anche di **Sistemi di Controllo naturali**, sempre **automatici**, sui quali possiamo intervenire, solo con **leve artificiali**.
- **E' difficile riconoscere tali sistemi e rappresentarli con modelli semplici perché gli obiettivi sono variabili nel tempo e difficili da quantificare.**
- Ricordiamo:
 - «cumuletti del bel tempo» e le termiche
 - nubi
 - nebbia
 - brina
 - temporali, ecc.
 - fenomeni meteo
 - fenomeni climatici



Logica dei Sistemi di Controllo nel «macro» ambiente esterno



Tali sistemi non sono facili da individuare e da rappresentare, ma la loro azione è costante; la Disciplina del controllo deve abituarci a riconoscerli e a costruirne modelli.

Le difficoltà di riconoscimento dell'azione dei sistemi naturali derivano dal fatto che le dinamiche ambientali – diversamente dai Sistemi di Controllo posti dall'uomo – non tendono a conseguire obiettivi espliciti.

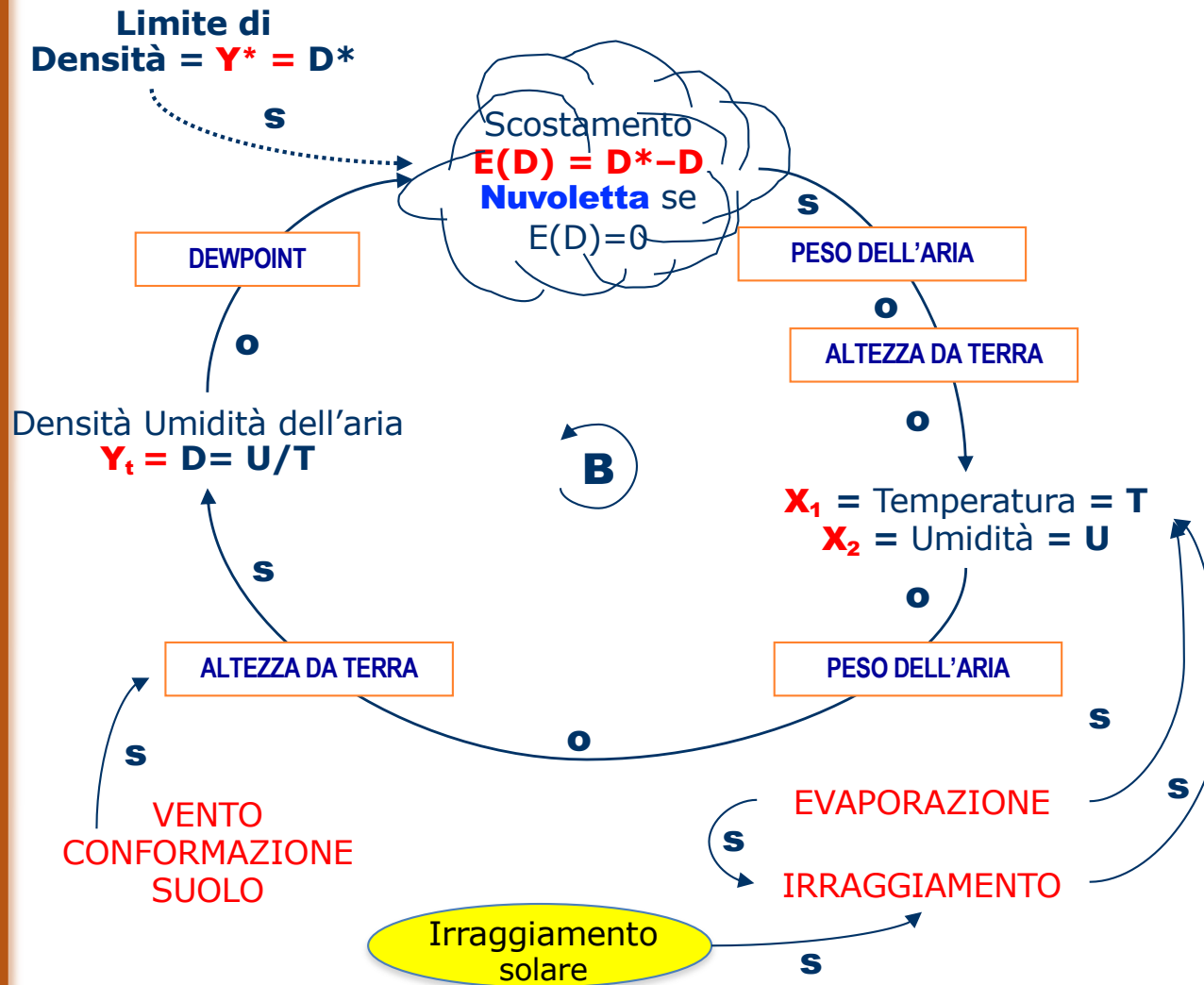
Essi tendono, piuttosto, a **non superare** dati "**valori limite naturali**", o anche a **raggiungere** "**valori limite ottimali**", in relazione a date **condizioni ambientali** o **vincoli di natura**.

Quando un sistema naturale è in uno stato di equilibrio $Y^* = Y$ – rispetto al valore di una variabile "naturale" ritenuto ottimale, o vincolante, Y^* – e tale equilibrio si altera per l'azione di **disturbi** e di **perturbazioni** ambientali – spesso considerate casuali per la nostra ignoranza dei fattori causali che li determinano –, si manifestano scostamenti $\Delta(Y) = Y^* - Y$ che, seppure non immediatamente percepibili, innescano dinamiche in qualche altra variabile "naturale", X , che funge la **leva di controllo** per riportare il sistema alle condizioni di equilibrio, annullando $E(Y)$.



Sistema di Controllo naturale

Cumuletti estivi



Un sistema di controllo naturale, «invisibile», del quale pochi sono consapevoli ma del quale gli appassionati di volo a vela, con deltaplani, parapendii e alianti, sfruttano gli effetti «visibili», è quello dei «Cumuletti del bel tempo» che compaiono numerosi in molte giornate primaverili ed estive.

I **Cumuletti** sono un semplice effetto derivato dal processo di riequilibrio della **Densità e Umidità dell'aria, D** , con i valori ottimali, **$Y^* = D^*$** , determinati dalle condizioni ambientali del momento e, in particolare, dall'**Irraggiamento** e dall'**Evaporazione** che modificano **Temperatura e Umidità dell'aria**, quindi il suo **Peso**.

L'aria calda, leggera, sale, modificando la **Y_t** , i cui valori raggiungono il limite normale, vale a dire l'obiettivo, **Y^*** . Salendo (termica ascendente) l'aria si raffredda e quando l'errore **$E(D) = D^* - D$** si annulla viene espulsa l'umidità, producendo il tipico **Cumuletto**. L'aria fredda pesante scende verso il basso (termica discendente) e il ciclo può ricominciare.

I «Cumuletti del bel tempo» sono stati descritti come semplici CLD nella Appendice 2B della lezione pubblicata sul numero 13(3) a pag. 656. Si invita il Lettore a rivedere quel modello.



Sistema di Controllo di Daisylandia

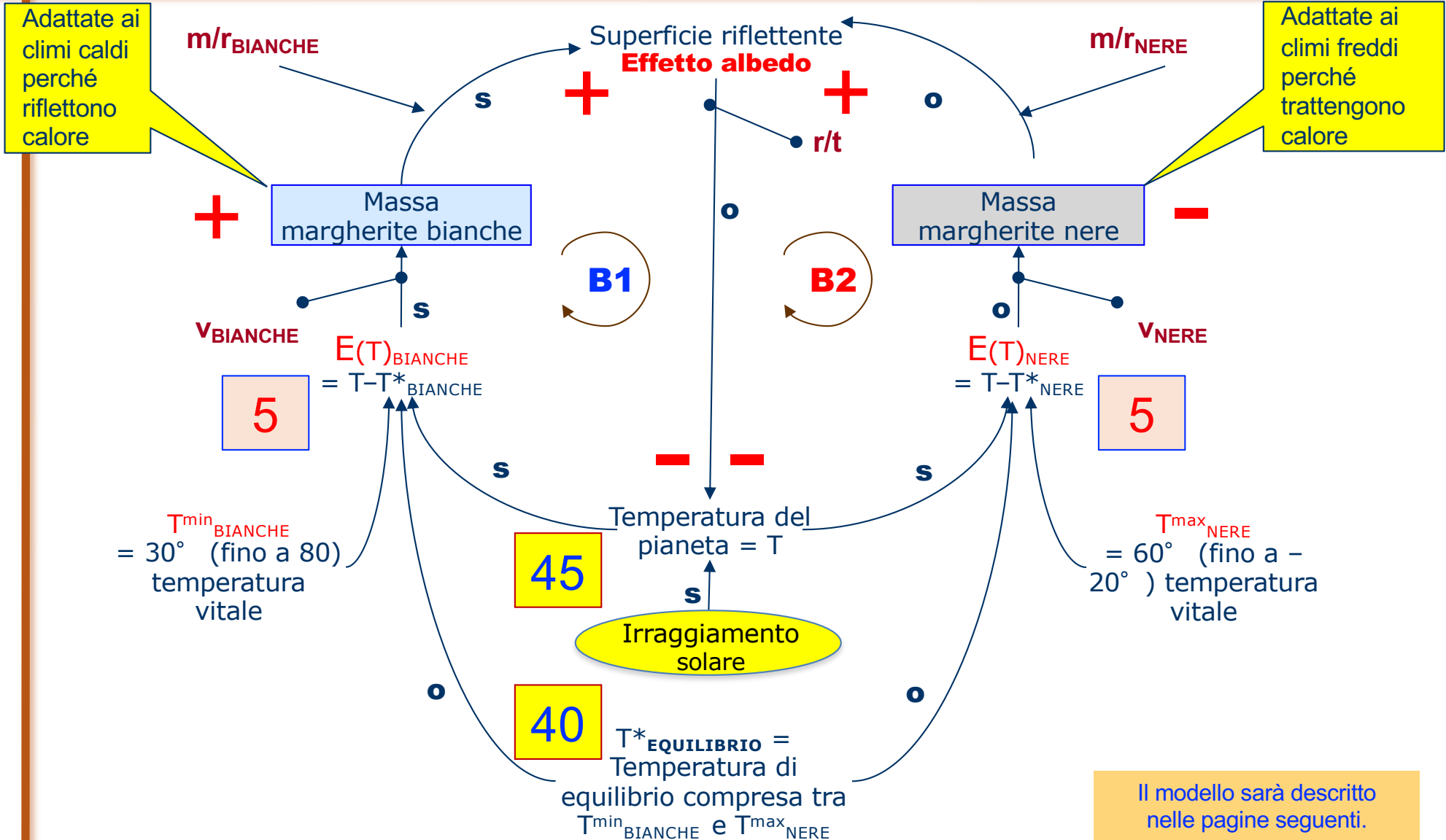
È un sistema di controllo automatico a due leve vincolate

- Daisylandia, il **mondo delle margherite bianche e nere**, è un mondo di fantasia ideato da James Ephraim Lovelock, un biologo ambientalista britannico, per dare dimostrazione della possibilità che un pianeta possa **autocontrollare** la propria temperatura (Lovelock, 1979; 1988; 2011).
 - Tale sistema è stato presentato come semplice CLD nella **Appendice 2B della lezione pubblicata sul numero 13(3) a pag 657. Invito il Lettore a rivedere quel modello.**
- Il Sistema di Controllo della temperatura di Daisylandia è un tipico **sistema di controllo a due leve vincolate** simile a quello che controlla la temperatura dell'acqua di una doccia con due rubinetti distinti.
 - Tale sistema è stato presentato nella **Lezione 3, pubblicata sul numero 14(1) a pag. 207. Si invita il Lettore a rivedere quel modello.**
- La temperatura del pianeta dipende dall'**Effetto albedo** prodotto dalla massa delle **Margherite bianche** e delle **Margherite nere**, che rappresentano le **leve di controllo**.
- La Massa delle margherite Bianche corrisponde al flusso di acqua **fredda**; quello delle Nere corrisponde al flusso di acqua **calda**.
- C'è, però, una differenza sostanziale:
 - nella doccia, l'obiettivo di temperatura è posto dall'utente-manager,
 - Daisylandia, invece, è di fatto un sistema di **autoregolazione** delle due popolazioni di margherite, piuttosto che un Sistema di Controllo della temperatura del pianeta, la quale viene mantenuta proprio con l'autoregolazione.





Controllo planetario. L'autoregolazione in Daisylandia





Sistema di Controllo di Daisylandia

Struttura e funzionamento

- Presento brevemente l'esempio numerico indicato nel modello precedente. Per chi volesse approfondire rinvio al Par. 6.5 in Mella (2021). The Magic Ring. Springer).
- Facendo riferimento ai dati numerici nei box gialli e rosa del modello, supponiamo che in un dato periodo (mese, anno, ecc.) le popolazioni di margherite bianche (**MB**) e nere (**MN**) siano in «temporaneo equilibrio» alla temperatura di **40** (in una data unità di scala)
- Supponiamo che l'irraggiamento solare innalzi la temperatura a **45** e che vi sia un **Errore di temperatura**, $E(T) = 5$, rispetto a quella di equilibrio sia per le **MB** sia per le **MN**
- L'aumento di temperatura rompe l'equilibrio in entrambe le popolazioni di margherite: **aumentano** le **MB (+)** adatte ai climi caldi, e si **riducono** le **MN (-)**.
- Le variazioni delle margherite, **malgrado siano di segno opposto**, producono lo stesso effetto, aumentando l'**Effetto Albedo (+)**.
- Tale **aumento nella superficie riflettente** riduce la quantità di calore che raggiunge il pianeta e produce, di conseguenza, una **riduzione della temperatura**.
- I due loop **[B1]** e **[B2]** che si attivano contemporaneamente, consentono "sempre" di riequilibrare la temperatura del pianeta, ridimensionando la massa delle margherite, entro i limiti della loro temperatura vitale: $T^{\min}_{\text{BIANCHE}}$ e $T^{\max}_{\text{NERE}}$.
- Per simulare il sistema di controllo appena descritto è necessario conoscere sia i **tassi di azione** – m/r_{BIANCHE} e m/r_{NERE} – secondo i quali la variazione delle margherite modifica l'effetto albedo, sia i **tassi di reazione** secondo i quali l'errore di temperatura modifica la popolazione delle margherite: V_{BIANCHE} e V_{NERE} .



Controllo planetario

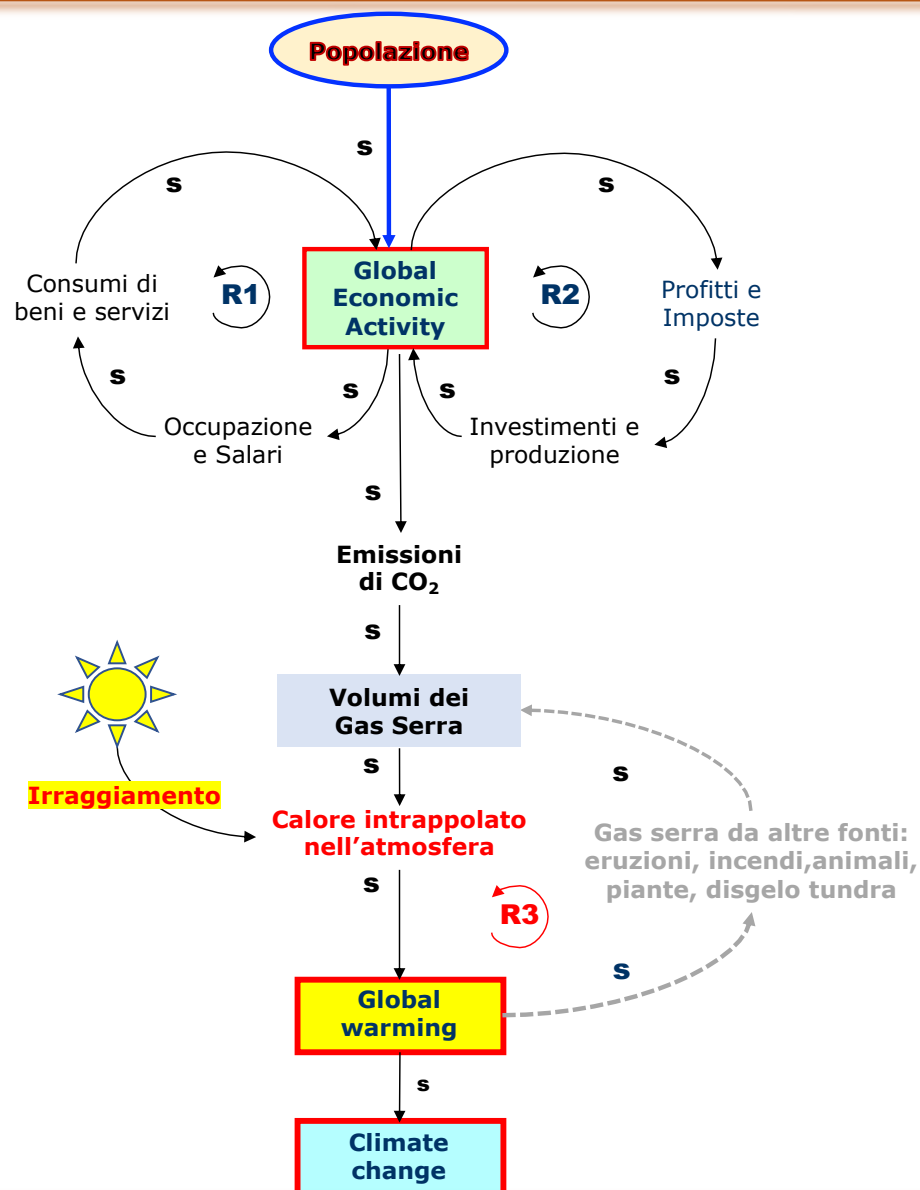
Sostenibilità, Global warming e Climate change

- La sostenibilità è stata chiaramente definita dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo ("Commissione Brundtland"): **“Lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni”** (Brundtland, 1987, p. 43), per quanto riguarda sia i processi in corso sia quelli in fase di sviluppo.
- Gli sforzi per la crescita dell'**occupazione** e dei **salari**, che favoriscono i **consumi**, i quali spingono alla **produzione**, accompagnandosi a **profitti** e **imposte**, hanno portato al diffondersi della ricchezza mondiale, grazie a uno sviluppo dei consumi e della produzione, con una insufficiente attenzione alle generazioni future.
- Alcuni fenomeni dannosi della crescita dell'**attività economica mondiale**, diventati finalmente “visibili”, hanno costretto i governi e le comunità locali a prendere coscienza del problema della **sostenibilità** e a prestare maggior attenzione all'ambiente.
- Sulla base di queste premesse costruirò gradualmente un modello semplice che ritengo in grado di fare comprendere il fenomeno del **Global warming**, l'effetto di una moltitudine di cause che portano tutte a un aumento nell'atmosfera di **gas serra** (vapore acqueo, biossido di carbonio, metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo), la causa prima del riscaldamento globale (Famoss Paolini & Cesaro, online).
- Dal **Global warming** derivano gli effetti sul clima noti come **Climate change**.



Controllo planetario

GEAM - La «macchina del Global warming»



Il modello ipotizza come il **Global warming** sia l'effetto della **Global Economic Activity**, o **GEA**, cioè dell'**attività economica globale** che si sviluppa a livello planetario (Mella, 2021; 2022).

La GEA è la «macchina del Global warming».

LETTURA DEL MODELLO IN SENSO DISCENDENTE.

La crescita della **Popolazione** e il desiderio di un più elevato livello di vita spingono allo sviluppo della **GEA**.

Il loop **R1**, dal lato delle **persone**, evidenzia come lo sviluppo della **GEA** incrementi **Occupazione e salari** che sono la causa dell'incremento dei **Consumi di beni e servizi**, quindi della **GEA**.

Il loop **R2**, dal lato delle **Organizzazioni produttive**, evidenzia come lo sviluppo della **GEA** porti a maggiori **Profitti e Imposte** che generano l'incremento dei volumi di **Investimenti e produzione**, con ulteriore sviluppo della **GEA**.

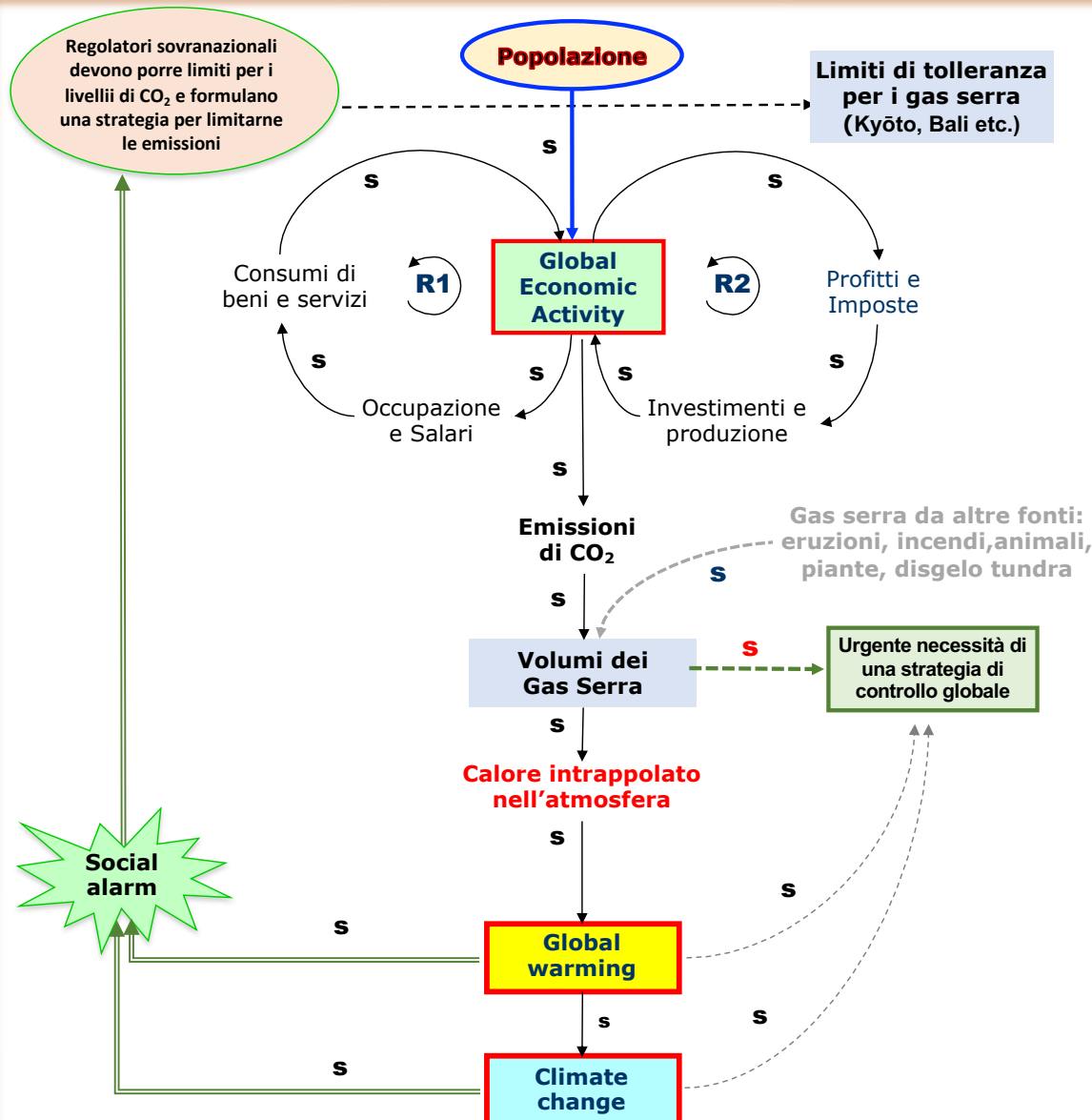
Proprio dalla **GEA** nascono le **Emissioni di CO₂**, uno dei componenti principali dei **Volumi dei Gas Serra** che, con l'**Irraggiamento solare**, rappresentano la causa del **Calore intrappolato nell'atmosfera** che origina il **Global warming** da cui dipende il **Climate change**.

Il loop **R3**, infine, indica come il **Global warming** possa contribuire esso stesso alla emissione di **Gas serra da altre fonti**, producendo una ulteriore dinamica che si rinforza nel tempo.



Controllo planetario

L' «allarme sociale» e la Governance che pone gli obiettivi/limiti per il controllo dei livelli di Gas serra



Quando la dinamica del **Global warming** viene misurata con gli strumenti scientifici moderni, e il **Global Change** viene percepito come un pericolo per il pianeta, diventa urgente la **Necessità di una strategia globale di controllo** per contrastare questi fenomeni che interessano l'intero Globo.

Quando l'**opinione pubblica** viene stimolata attraverso diversi canali e si prende coscienza che il problema continua a progredire, si produce un **Social alarm, [s]**, con la nascita di movimenti di opinione che mantengono alto l'allarme sociale sulla necessità di una **strategia di controllo globale** per contenere i **Volumi dei Gas serra** con il contrasto alle **Emissioni di CO₂**.

Con accordi tra Stati, vengono creati movimenti internazionali ufficiali e svolte conferenze, con il compito di segnalare l'urgenza del problema.

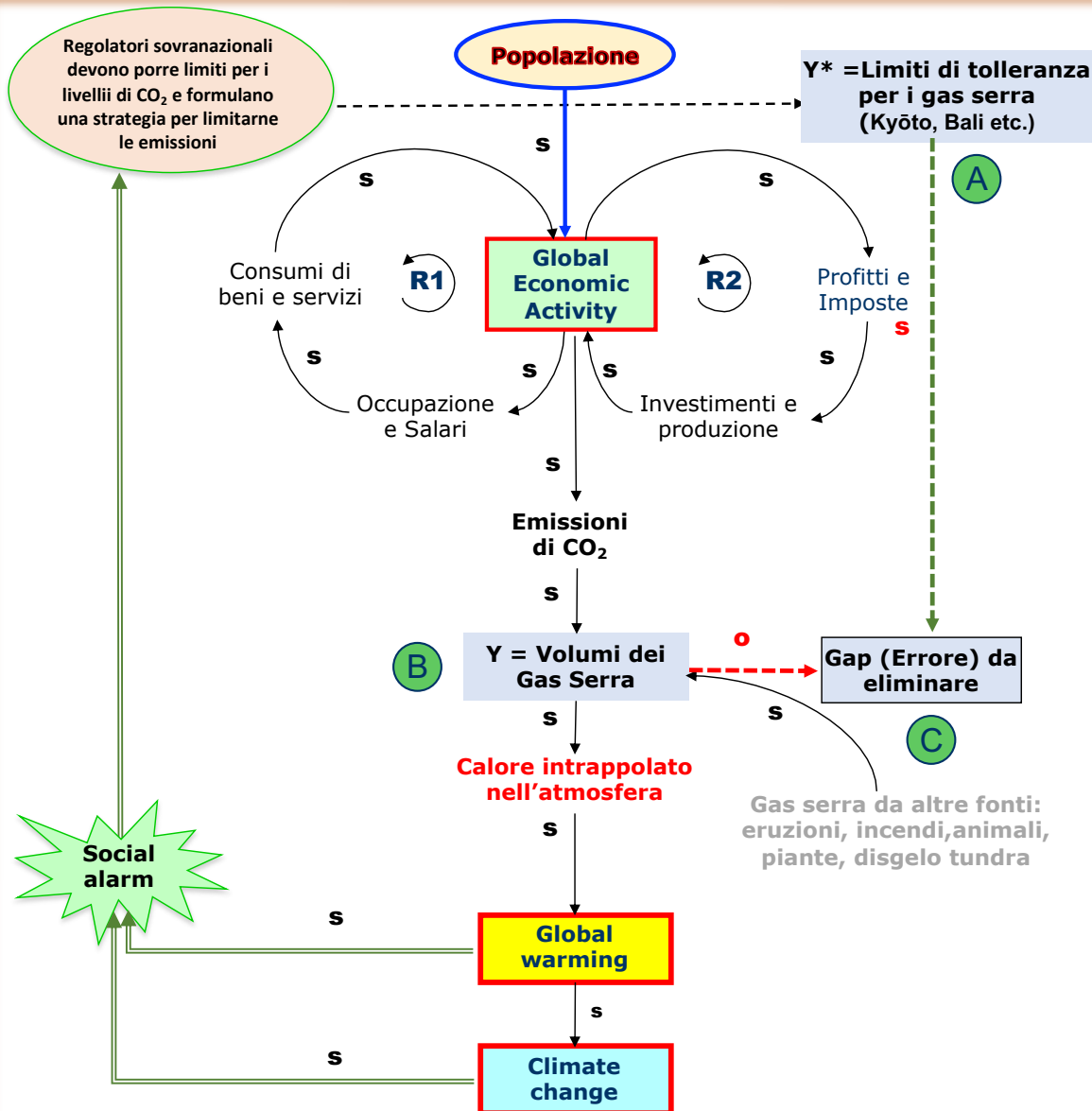
Da tali movimenti hanno vita organismi ufficiali che fungono da **Regolatori sovranazionali con la funzione di porre limiti ai livelli ammissibili di CO₂ e formulare una strategia per limitarne le emissioni**.

Questi **Regolatori**, che di fatto svolgono il ruolo di **Governance del problema**, individuano indifferibili **Limiti di tolleranza per i gas serra**, che si pongono come obiettivi/limiti, quantitativi e temporali, per il controllo dei Volumi di Gas serra e la loro possibile riduzione.



Controllo planetario

Si delinea il sistema di controllo



Indicando con:

Y* = Limiti ai livelli ammissibili di CO₂,
cioè **Y*** = Obiettivi del controllo dei
Volumi di Gas serra **(A)**,

e con:

Y = Volumi di Gas serra = Variabile da
controllare **(B)**,

diventa possibile determinare il Gap da eliminare:

Gap = Errore, vale a dire: **E = Y* - Y** **(C)**.

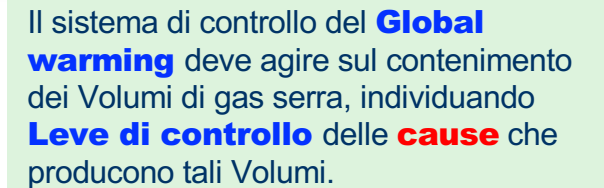
Si deve ora completare il **sistema di controllo**
individuando le **Leve di controllo** che i
Manager (governi dei singoli Stati) attiveranno
per attuare la loro **strategia di controllo**.

Sui **Limiti di tolleranza** ammissibili e sugli **obiettivi del controllo**, ricordo:

- il Protocollo di Kyoto, firmato l'11/12/1997, da oltre 160 paesi;
- l'accordo di Bali (2007) che ha stabilito una drastica riduzione delle emissioni serra, da 25 a 40 per cento entro il 2020 (obiettivo);
- l'Accordo di Parigi che limita il riscaldamento a 2° C, auspicando che sia mantenuto al di sotto di 1,5° C;
- nella COP20 – tenutasi a Roma nell'ottobre 2021 – e nella COP26 – tenuta a Glasgow nel novembre 2021 – è stato fissato un obiettivo per le nuove emissioni:
Garantire lo zero netto globale entro la metà del secolo (COP26 GOALS, online).



I managers degli stati sviluppano la strategia che agisce sulle cause (umane) del Global warming



La **Strategia contro le emissioni di CO₂**, **D**, include, pertanto, **tre «classi di leve**, da considerare indipendenti, indicate nel Box a fianco:

- 1 **Investimenti per ridurre le emissioni di CO₂** (loop B1).
- 2 **Favorire il Cambiamento nelle abitudini alimentari** e dei processi di acquisto degli alimenti (loop B2).
- 3 **Sviluppo di nuovi processi produttivi energy saving e ricorso a fonti di energia green** (loop B3).



Controllo planetario

Global warming. Cenni sulle macro-leve della Strategia contro le emissioni di CO₂

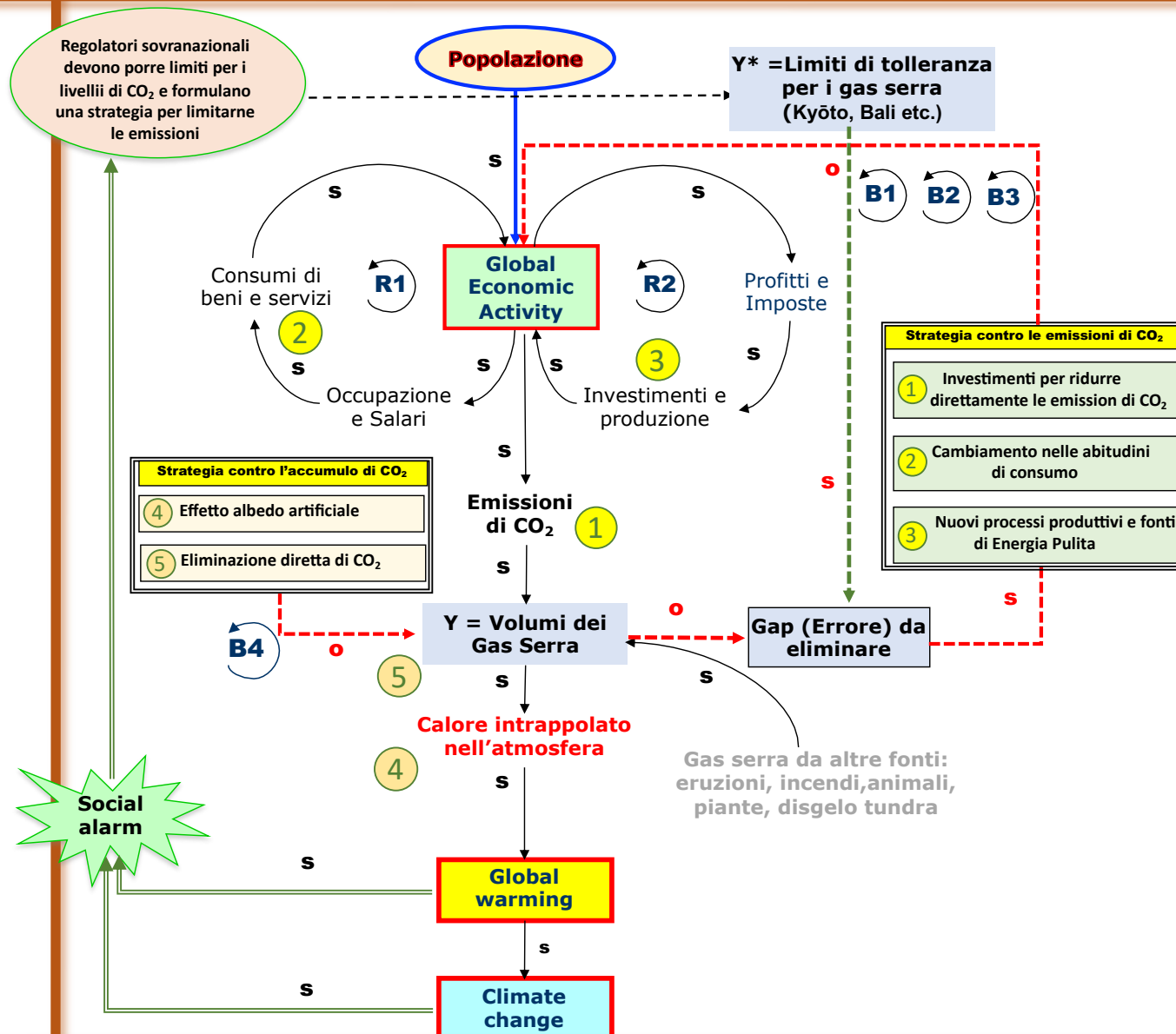
- **1 Ridurre le emissioni di CO₂.**
 - Si incentiva il processo di "decarbonizzazione" nel sistema energetico globale per sostituire l'energia ottenuta da combustibili fossili inquinanti, con energia "pulita", in particolare con elettricità ottenuta da "fonti rinnovabili", utilizzando: pannelli fotovoltaici, che convertono direttamente l'energia solare in energia elettrica; celle solari, per produrre vapore per turbine elettriche; turbine eoliche terrestri e marittime; dispositivi che convertono l'energia delle onde e delle maree; tecnologia per l'uso dell'energia geotermica della Terra, nonché centrali nucleari di ultima generazione.
- **2 Favorire il Cambiamento nelle abitudini alimentari.**
 - Una quantità non trascurabile di gas serra viene prodotta dai bovini i quali, durante il loro ciclo digestivo, emettono quantità preoccupanti di metano che rimangono nell'atmosfera per circa 10 anni. L'allevamento intensivo di bovini e suini è anche una fonte di ulteriori ingenti quantità di gas serra (anidride carbonica, metano e protossido di azoto) dalla decomposizione del letame. Per ridurre/eliminare queste emissioni, devono essere cambiate le abitudini alimentari delle persone convincendole a ridurre il consumo di carne bovina e suina a favore di alternative non inquinanti seguendo una dieta vegetariana e vegana, o una basata su alternative non bovine per la carne: dieta a base di pesce e alghe; dieta che includa gli insetti; dieta che incentivi il consumo di prodotti a Km zero, ecc. I menu dei ristoranti dovranno essere convertiti, ma, prima di tutto, devono essere convinti i consumatori a cambiare la loro dieta.
- **3 Nuovi processi produttivi «energy saving» e fonti di «energia green»**
 - È necessario incoraggiare gli investimenti che le industrie dovranno sostenere per sostituire macchinari e motori con altro non più alimentati da combustibili fossili; Si dovranno produrre nuovi impianti, ideare nuove attrezzature e progettare e proporre nuovi prodotti. In molti paesi, inoltre, è in corso uno sforzo per incoraggiare il consumatore a sostituire le auto tradizionali con quelle elettriche, con la creazione di una rete di stazioni di ricarica su autostrade e città, nonché di sistemi domestici e privati per la ricarica rapida. In conclusione, questi interventi, pensati per ridurre i gas serra, cambieranno non solo i sistemi produttivi perché convertano i loro processi e prodotti all'uso di energia green, ma anche le abitudini di consumo di prodotti non sostenibili.





Controllo planetario

I management degli stati sviluppano la strategia che agisce direttamente sugli **effetti** del Global warming



Alla **Strategia a tre leve** contro le **emissioni di CO₂**, delineata nel modello di pagina precedente (a destra, nel modello), si affianca la **Strategia contro l'accumulo di CO₂** (a sinistra, nel modello) che include altre **due «classi» di leve**, da considerarsi anch'esse indipendenti (loop B4):

- ④ **La creazione di un effetto albedo artificiale.**
- ⑤ **L'eliminazione diretta della CO₂.**

Nelle pagine seguenti farò alcuni cenni su tali leve.



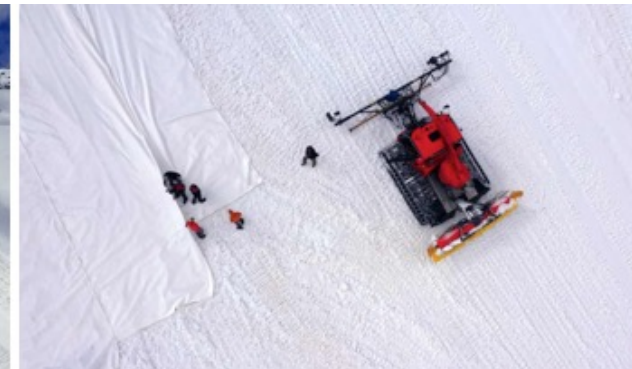
Controllo planetario

L'effetto albedo artificiale a contrasto del Global warming

- Tra le leve che formano la **Strategia contro l'accumulo di CO₂** (modello di pagina precedente, a sinistra), ricordo la formazione dell'**effetto albedo artificiale**.
- Tale effetto riflettente può essere prodotto:
- **su ampia scala**, con il tentativo di formare uno strato di nubi bianche sull'oceano (per produrre l'effetto **albedo**), mediante irrorazione delle nubi con un aerosol di vapore arricchito di sale, mediante aerei o navi. Tale tentativo non ha avuto il successo sperato.

Il progetto prevedeva di spruzzare acqua di mare nelle nubi sopra gli oceani così da aumentare il numero delle gocce che si formano intorno ad ogni microscopica particella di sale. Se le nubi sono scure vuol dire che contengono gocce d'acqua grosse. Se, invece, sono piccole la nube si sbianca. E questo era l'obiettivo, perché in tal modo poteva riflettere una maggior quantità di radiazione solare riscaldando meno l'ambiente terrestre. Ma qui è arrivata la sorpresa non gradita. I ricercatori si sono resi conto che l'effetto finale era un aumento non voluto delle piogge sulla terraferma scatenando addirittura dei terribili monsoni. Tali violenti fenomeni nascono appunto quando l'aria sulla Terra è più calda di quella sugli oceani, la quale appunto si raffreddava proprio seminando le nubi e rendendole più bianche (Caprara, 2010; vedi anche Latham et al., 2012).

- **su aree limitate**, cercando di conservare il ghiaccio (che produce l'effetto **albedo**) rallentando lo scioglimento di alcuni ghiacciai ricoprendoli, nel periodo estivo, con teli riflettenti di materiale geotessile. Le immagini evidenziano il tentativo sul Ghiacciaio Presena (Brenna, 2020).





Controllo planetario

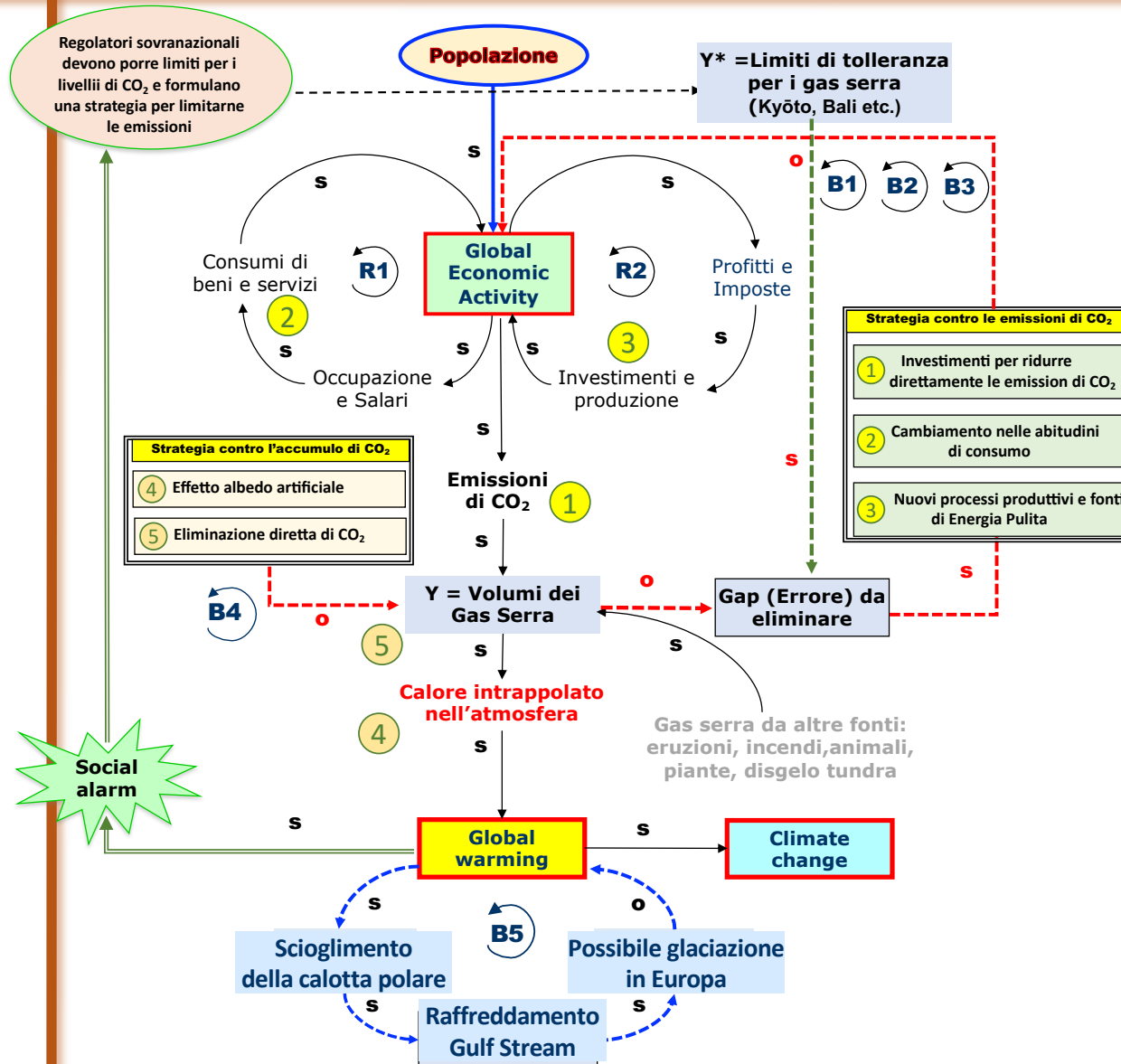
L'eliminazione diretta della CO₂ nell'atmosfera (cenni)

- La seconda classe di leve che formano la **Strategia contro l'accumulo di CO₂** (modello di precedente, a sinistra), comprende diversi interventi, molti ancora in corso di sperimentazione.
 - Si stanno studiando e sperimentando alcuni tentativi di assorbire artificialmente la CO₂ direttamente dall'atmosfera mediante **dispositivi di "cattura del carbonio"** (Keith et al., 2006; Boot-Handford et al., 2014).
 - It is physically possible to capture CO₂ directly from the air and immobilize it in geological structures. Air capture differs from conventional mitigation in three key aspects. First, it removes emissions from any part of the economy with equal ease or difficulty, so its cost provides an absolute cap on the cost of mitigation. Second, it permits reduction in concentrations faster than the natural carbon cycle: the effects of irreversibility are thus partly alleviated. Third, because it is weakly coupled to existing energy infrastructure, air capture may offer stronger economies of scale and smaller adjustment costs than the more conventional mitigation technologies (Keith et al. 2006, p. 18).
 - Sono in atto alcuni tentativi per assorbire artificialmente il gas dall'atmosfera, con la creazione di **unità filtranti dell'aria** in grado di estrarre la CO₂, trasformandola in carbone e diamanti (Yale, 2021);
 - È in fase di sperimentazione la produzione di **pannelli** che assorbono CO₂ che potranno essere utilizzati per rivestire le facciate dei grattacieli e di altri edifici.



Controllo planetario

Gulf Stream come leva di controllo automatico naturale del Global warming

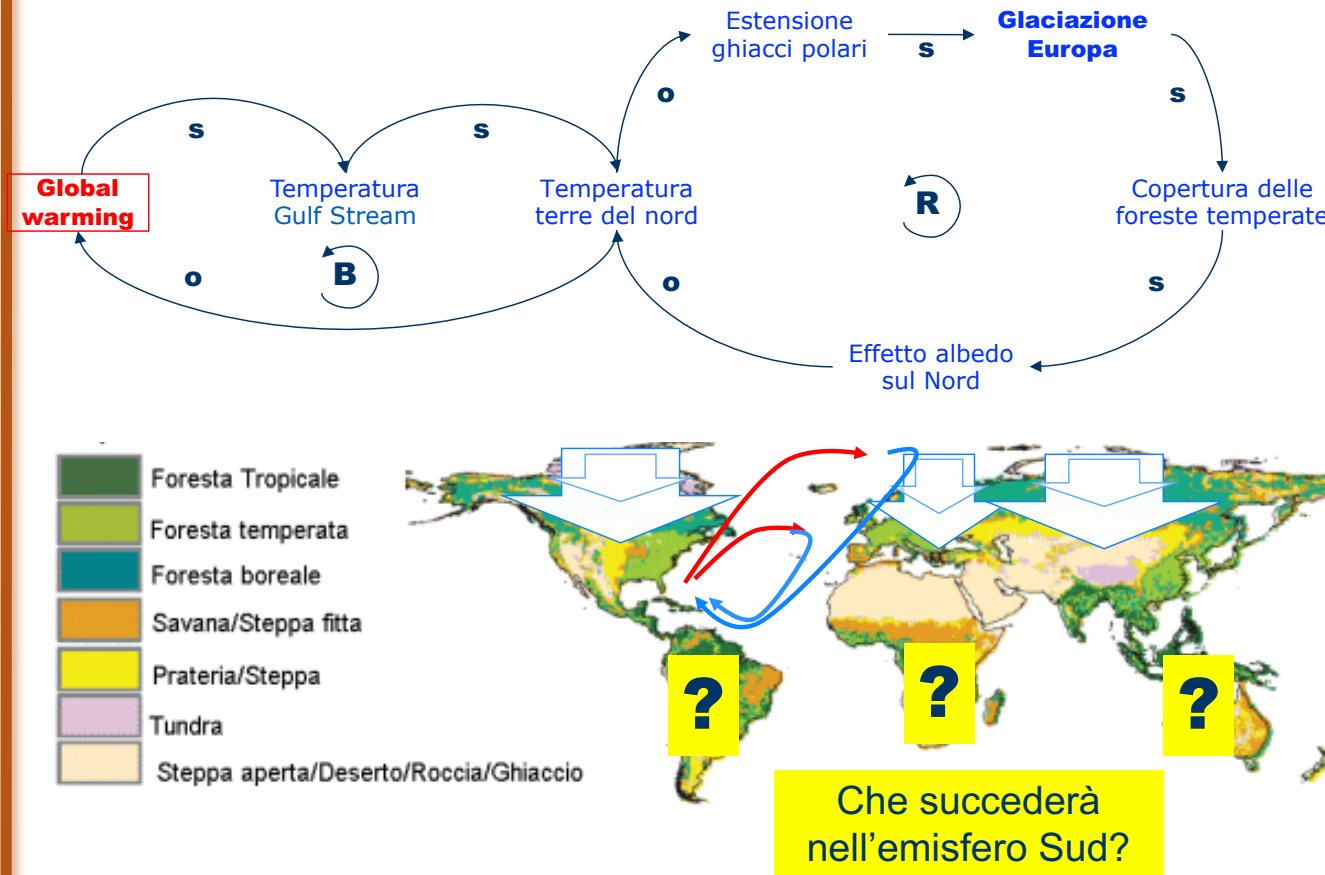


Al controllo del **Global warming** attuato con le strategie indicate alle pagine precedenti, si potrebbe affiancare un **sistema di controllo «naturale»** la cui leva è rappresentata dalla **Gulf stream** – il convettore termoalino nord atlantico (rivista Discovery, settembre 2002; Science, 2004; Fortune, febbraio 2004) – un flusso molto potente di acqua calda che si muove dai Caraibi (dove si è riscaldata) salendo verso i paesi del Nord Europa (dove cede il calore), portando temperature miti in inverno. L'azione di questo sistema di controllo naturale agisce producendo il loop [B5].



Controllo planetario

Gulf Stream come leva di controllo automatico del Global warming



Come il sistema di controllo naturale produce il loop [B5]:

- il **Global warming** aumenta il calore portato dalla Gulf stream;
 - Arrivata a Nord**, l'acqua più calda accelera lo scioglimento dei ghiacci dei Poli;
 - ciò fa riversare una massa di acqua **fredda** e **dolce** nell'Oceano Atlantico, che **raffredda anticipatamente** il flusso della Gulf Stream, rallentandone la corsa;
 - la Corrente del Golfo, che si è di molto **raffreddata**, si **inabissa anticipatamente** sul fondo dell'oceano e scende a Sud, tornando verso il Golfo;
 - il **calore** che la corrente del Golfo trasportava **raggiunge in minor misura** la regione del Nord Europa;
 - ciò consente al **ghiaccio** delle calotte di **riformarsi** e di **espandersi**, coprendo le **foreste temperate** dell'Europa continentale, che non trattenendo più il calore, accentuano ancor di più il rischio di una nuova glaciazione.
- (si veda Lemley 2004, Online)



Strategia per la Sostenibilità

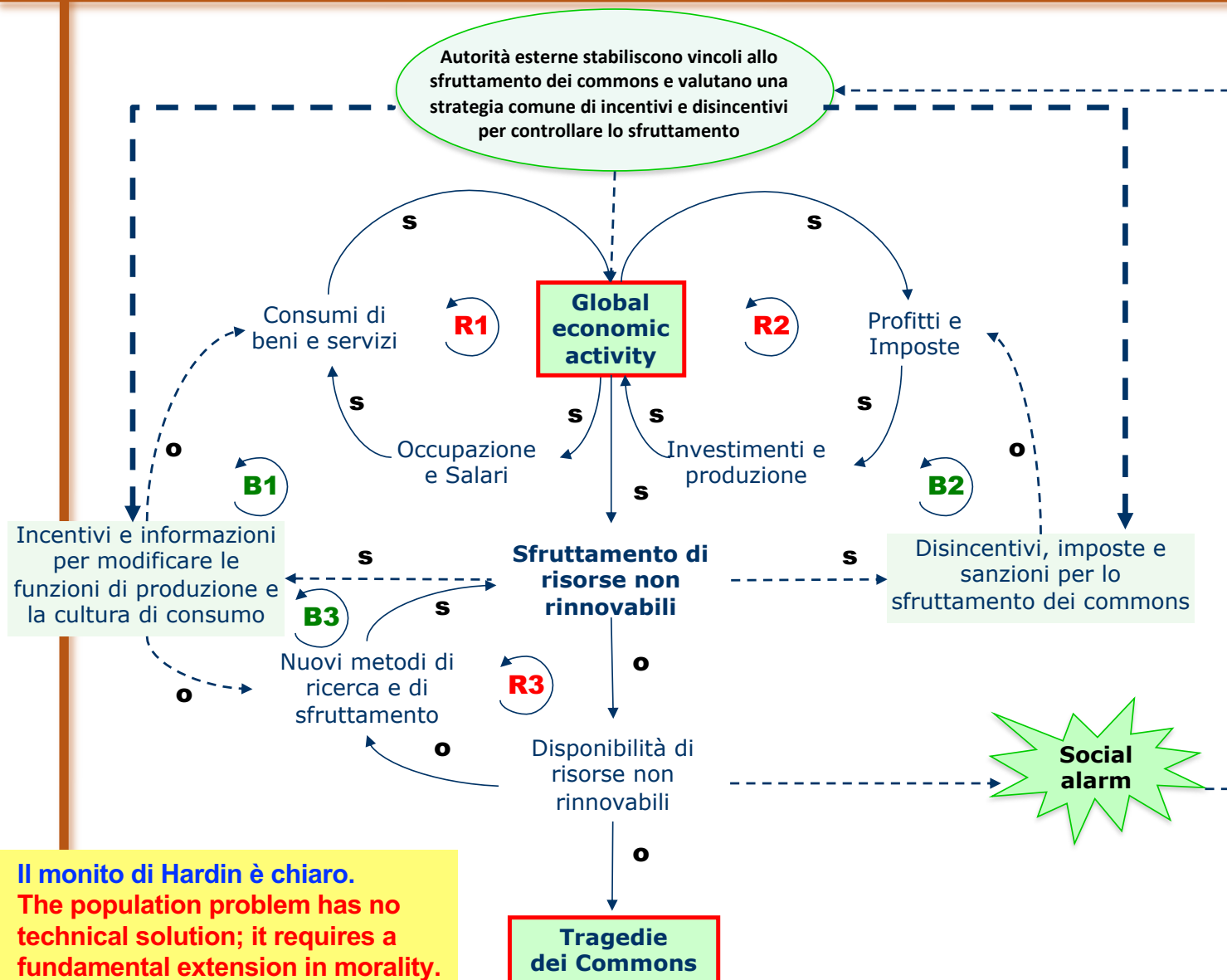
Tragedia dei commons

- La Tragedia dei **Commons**, (**beni comuni nello sfruttamento**) è un fenomeno diffuso, enfatizzato da Garret Hardin in *The Tragedy of the Commons* (1968) e in scritti successivi (Hardin, 1985) per dimostrare che, quasi sempre, le popolazioni che condividono una risorsa comune, vitale, scarsa, ma di libero sfruttamento, sono **avviate alla tragedia** in quanto lo sfruttamento è sempre destinato a diventare **insostenibile**, con esaurimento della risorsa.
 - «[...] la libertà di sfruttamento delle risorse comuni porta tutti alla rovina»
 - Non stupiamoci se le foreste tropicali si riducono, perché gli abitanti di quelle zone cercano di ricavare campi da coltivare; se le falde acquifere dei deserti si abbassano, perché in molti siti sono attivati impianti di irrigazione che pescano in esse; se il livello dei fiumi scende, perché, ai loro lati, aree sempre più ampie vengono attrezzate a risaie. Non stupiamoci se la popolazione delle balene sta avviandosi all'estinzione perché se ne cacciano più di quante possano riprodursi.
- L'esaurimento di risorse comuni limitate può generare **conflitti e guerre** che rappresentano una **seconda tragedia** inclusa nella tragedia dei **Commons**.
 - Le numerose guerre per l'acqua o per il petrolio – tra i beni vitali più limitati e scarsi – ne sono la prova più evidente.
- Per illustrare la **tragedia dello sfruttamento dei commons** il modello di pagina seguente riprende il modello GEA.



Strategia per la Sostenibilità

Tragedia dei commons



La GEA spinge allo sfruttamento delle **risorse non rinnovabili**.

Ciò ne riduce la disponibilità e spinge per l'invenzione di nuovi **metodi di ricerca e sfruttamento** che riducono ancor di più la disponibilità dei Commons (loop **R3**) avviando le **Tragedie dei Commons**.

La riduzione della disponibilità dei Commons suscita un **Social alarm** che spinge le **Autorità** (esterne) a stabilire vincoli, incentivi e disincentivi per **controllare lo sfruttamento**, con un sistema che adotta una strategia che comprende **tre classi di leve**:

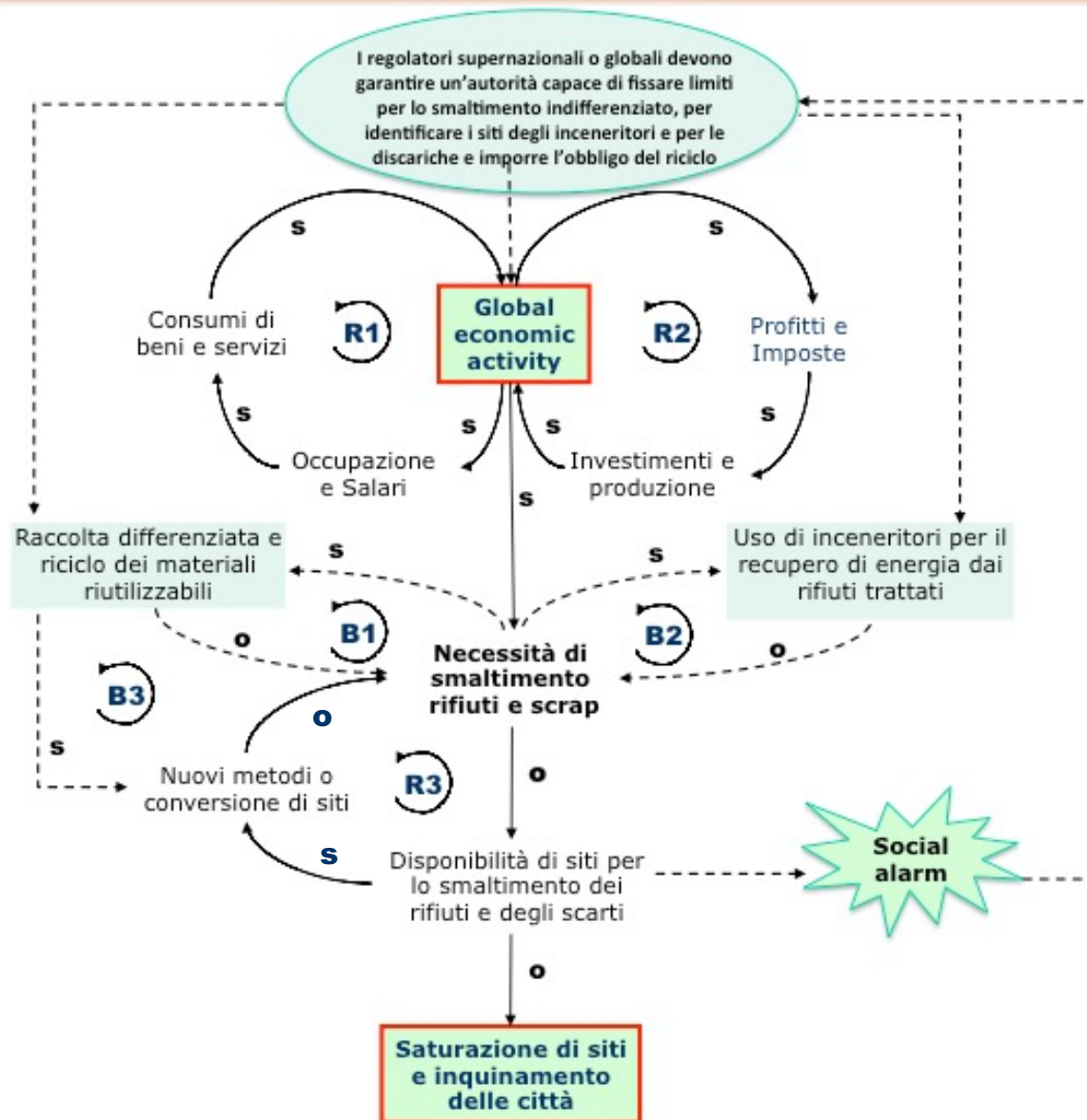
1. Incentivi e informazioni per modificare la cultura dei consumi e lo sfruttamento dei Commons, attivando il **loop B1**.
2. Disincentivi e sanzioni per che sfrutta i Commons, attivando il **loop B2**.
3. Incentivi e informazioni per scoraggiare la ricerca e l'introduzione di nuovi metodi di sfruttamento dei Commons, attivando il **loop B3**.

Il monito di Hardin è chiaro.
The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality.



Strategia per la Sostenibilità

Smaltimento dei rifiuti



Una delle risorse la cui scarsità è conseguenza diretta della GEA è la continua riduzione della **disponibilità di siti per lo smaltimento dei rifiuti e degli scarti** prodotti dalla crescente attività di Produzione e di Consumo

La riduzione della disponibilità dei siti di smaltimento dei rifiuti suscita un **Social alarm** che spinge le **Autorità** (esterne) a stabilire vincoli, incentivi e disincentivi per il **controllo dello smaltimento**. Il sistema agisce con una strategia che comprende tre classi di leve:

1. Raccolta differenziata e riciclo, attivando il **loop B1**.
2. Uso di inceneritori per distruggere molti tipi di rifiuti, attivando il **loop B2**.
3. Disincentivo alla ricerca di nuovi metodi di il **loop B3**.

Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Sistemi «omeostatici»

- Si definisce **«omeostatico»** un **sistema unitario multi obiettivo**, formato da molteplici variabili $[Y]$ connesse tramite **loop di bilanciamento**, nel quale:
 - ciascuna variabile componente $[Y_m]$ può assumere un limitato insieme di valori attorno ad un valore normale $[Y_m^*]$, che rappresenta un **vincolo per l'esistenza e la funzionalità** della variabile all'interno del sistema;
 - ciascuna $[Y_m]$ può subire solo limitate alterazioni dei propri valori a opera di disturbi $[D]$ (anche sotto forma di interferenze);
 - per ciascuna $[Y_m]$ è posto un **Sistema di Controllo** che ne attua la **regolazione** attorno al vincolo di esistenza $[Y_m^*]$;
 - L'intero sistema permane solo se tutte le $[Y_m]$ rispettano gli $[Y_m^*]$.
 - Homeostasis is the tendency of a complex system to run towards an equilibrial state. This happens because the many parts of the complex system absorb each other's capacity to disrupt the whole (Beer, 1975, p. 426).
- **L'omeostasi è pertanto un processo di regolazione globale del sistema unitario mediante Sistemi di Controllo locali per la regolazione delle proprie variabili costituenti.**
- **L'omeostasi è il processo tipico svolto dai sistemi autopoietici viventi.**



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Sistemi «autopoietici» e «viventi»

- I biologi **Herberto Maturana** e **Francisco Varela** hanno introdotto il concetto di **autopoiesi** e di **sistema autopoietico** che ha portato una rivoluzione nel modo di pensare alla «vita».
 - Una **macchina autopoietica** è una macchina organizzata (definita come un'unità) come una **rete** di processi di produzione (trasformazione e distruzione) di componenti che produce i componenti che: **1.** attraverso le loro interazioni e trasformazioni continuamente rigenerano e realizzano la rete di processi (di relazioni) che li producono; e **2.** la costituiscono (la macchina) come un'unità concreta nello spazio nel quale essi (i componenti) esistono specificando il dominio topologico della sua realizzazione in quella rete. Ne segue che una macchina autopoietica continuamente genera e specifica la sua propria organizzazione mediante il suo operare come sistema di produzione dei suoi propri componenti e lo fa in un turnover senza fine in condizioni di continue perturbazioni e di compensazione di perturbazioni. **Perciò una macchina autopoietica è un sistema omeostatico (o piuttosto un sistema di relazioni statico) che ha la sua propria organizzazione (rete di relazioni definente) come la variabile fondamentale che mantiene costante** (Maturana, Varela, 1992, p. 131).
- Sulla base di questa definizione, i due Autori specificano anche il concetto di **sistema vivente**:
 - Se i **sistemi viventi** sono macchine, allora che essi siano macchine autopoietiche fisiche è banalmente ovvio: essi trasformano dentro se stessi materia in modo tale che il prodotto del loro operare è la loro propria organizzazione. Tuttavia crediamo che anche il contrario sia vero: **un sistema fisico se è autopoietico, è vivente. In altre parole, asseriamo che la nozione di autopoiesi è necessaria e sufficiente per caratterizzare l'organizzazione dei sistemi viventi** [il corsivo è degli autori] (Maturana, Varela, 1992, p. 135).



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Sistemi «viventi» come sistemi «omeostatici»

- **L'omeostasi, pertanto, rappresenta la tipica manifestazione del controllo – nella forma di regolazione – dei sistemi viventi.**
- Il concetto di omeostasi porta a concludere che:
 - Nei sistemi viventi, tutti i meccanismi vitali, per quanto siano vari, non hanno altro fine che quello di mantenere l'unità delle condizioni di vita dell'ambiente interno autopoietico.
 - I nostri **feedback omeostatici** presentano rispetto a quelli **volontari** e **posturali** [pag. seguente] una differenza di carattere generale: essi tendono a essere più lenti. Sono pochissime le variazioni dell'omeostasi fisiologica – e fra questi neppure l'anemia cerebrale – che producano danni seri o permanenti in una breve frazione di secondo (Wiener, 1968, p. 156).
- **Conclusione**
 - **se un sistema è vivente è omeostatico e pertanto:**
 - **è esso stesso un Sistema di Controllo unitario della propria organizzazione costituente,**
 - **formato da una rete di Sistemi di Controllo delle proprie variabili interconnesse,**
 - **molti dei quali sono attivati dai cosiddetti «orologi biologici»**



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Sistemi di «controllo posturale»

- I **Sistemi di Controllo cosiddetti posturali** sono essenziali per ogni essere vivente dotato di articolazioni.
 - Nel corpo umano, il movimento di una mano o di un dito mette in gioco un sistema con un elevato numero di articolazioni. L'uscita è una combinazione vettoriale additiva delle uscite di tutte queste articolazioni. Abbiamo visto che in generale un complesso sistema additivo come questo non può essere stabilizzato da un unico feedback.
Quindi il feedback volontario mediante il quale regoliamo l'esecuzione di un atto attraverso l'osservazione della **misura in cui esso non è ancora compiuto**, deve appoggiarsi su altri feedback. Chiamiamo posturali questi ultimi feedback.
Essi sono connessi con il mantenimento del tono del sistema muscolare (Wiener, 1968, p. 147).
- I **Sistemi di Controllo posturali sono in gran parte automatici; si formano con l'apprendimento e si trasformano in routine.**
- Il controllo posturale si estende a tutti i **comportamenti creativi e artistici**, che denotano l'innata tendenza umana a porre in atto comportamenti verso obiettivi di auto realizzazione e di miglioramento delle condizioni di esistenza, come viene testimoniato da ogni museo, opera architettonica, Teatro dell'Opera, e da ogni biblioteca.

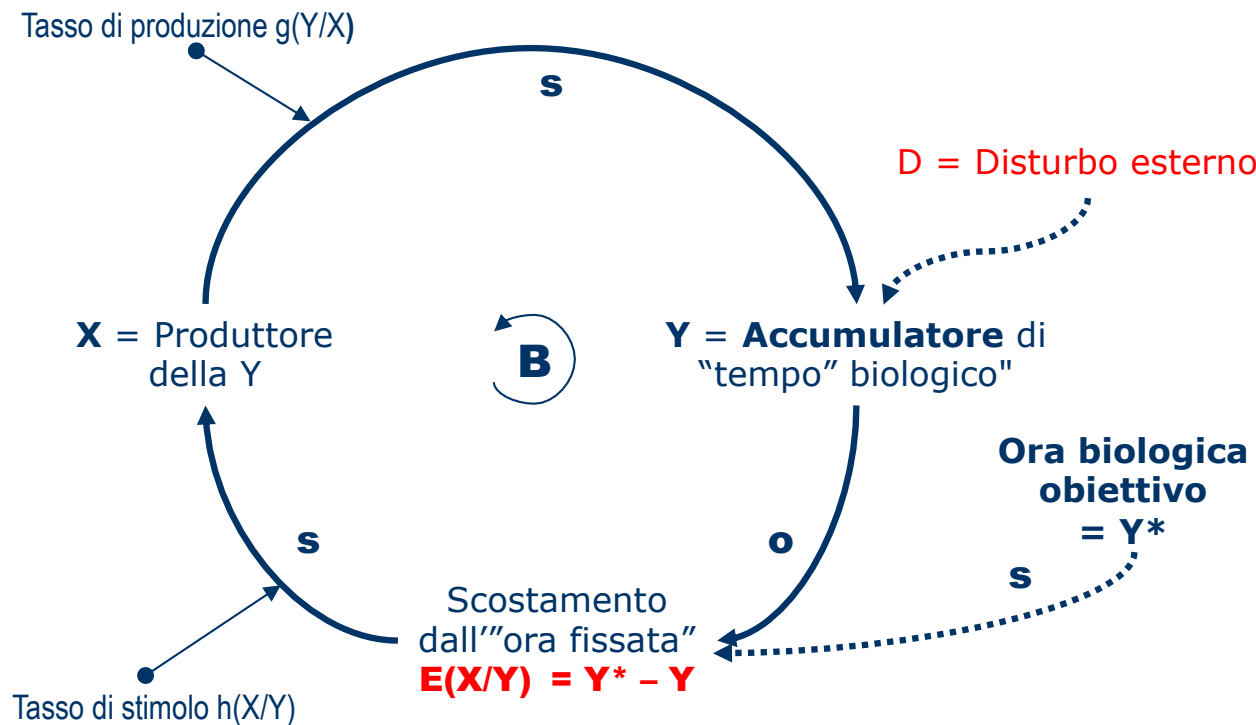


Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Orologio biologico

facoltativo

- **Gli orologi biologici sono tra i Sistemi di Controllo più diffusi nel mondo della vita e del mondo intero** (Costa, 2007).
- Si può supporre che un orologio biologico sia un Sistema di Controllo per impulsi (si veda Lezione 3, p. 217) il cui obiettivo, Y^* , sia il valore che deve essere raggiunto da qualche **variabile di accumulazione**, o di **dispersione**, Y , di qualche specie.



L'azzeramento dell'errore, $E = Y^* - Y = 0$, rappresenta il **segnale di attivazione** dei processi fisiologici che fino a quel momento rimanevano inibiti. La natura della variabile Y , i cui valori sono accumulati, dipende dal tipo di **orologio biologico** e dall'**organismo** specifico in cui opera. Non sappiamo chi abbia inserito l'**ora biologica** obiettivo. Probabilmente è l'effetto dell'evoluzione.



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

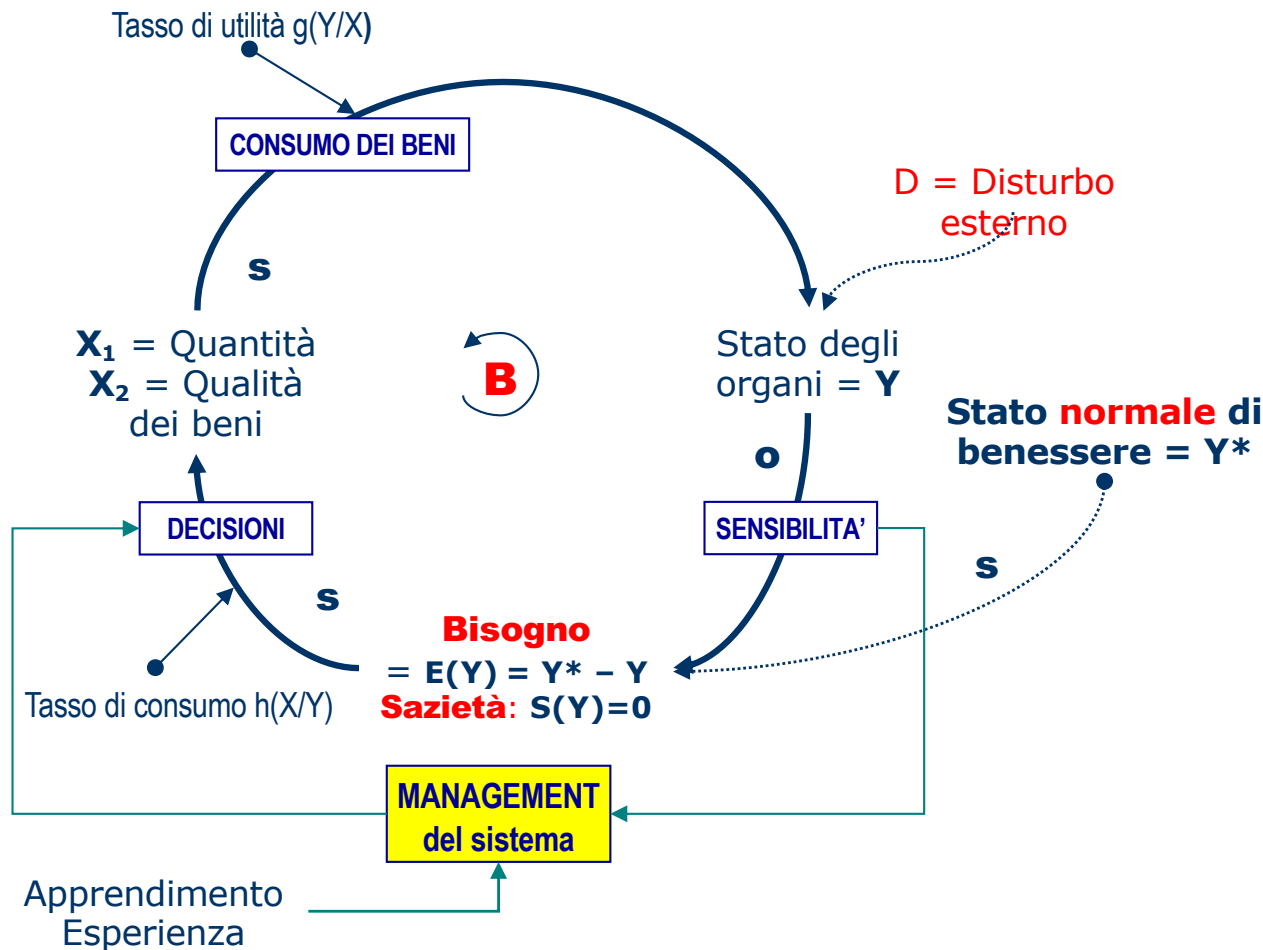
Sistemi «teleonomici»

- Seguendo **Jacques Monod**, nel suo ben noto «Le hazard et la nécessité» (1970/1971), l'uomo può essere definito come un **sistema teleonomico** che tende, come gli altri animali, alla sopravvivenza della specie, della collettività in cui si identifica per territorio (nazione, tribù), della famiglia e di sé stesso, attuando **comportamenti teleonomici**.
- **Un comportamento si definisce teleonomico se è attuato, consciamente o no, per la sopravvivenza del sistema e dalla specie.**
 - Qualunque “artefatto” è il prodotto dell'attività di un essere vivente, che esprime in tal modo, e con particolare evidenza, una delle proprietà fondamentali caratteristiche di tutti i viventi, nessuno escluso: quella di essere oggetti dotati di un progetto, rappresentato nelle loro strutture e al tempo stesso realizzato mediante le loro prestazioni, ad esempio la creazione di “artefatti”. È indispensabile riconoscere questa nozione come essenziale alla definizione stessa degli esseri viventi, invece di rifiutarla (come hanno tentato di fare alcuni biologi). Anzi diremo che gli esseri viventi si differenziano da tutte le strutture di qualsiasi altro sistema presente nell'universo proprio grazie a questa proprietà, alla quale daremo il nome di teleonomia (Monod, 1971, p. 25).
- Nell'uomo, la **teleonomia** si rivela con il sorgere continuo di **bisogni** e di **aspirazioni** e si realizza tramite i **Sistemi di Controllo dell'equilibrio psico-fisico** volti al loro soddisfacimento, per conseguire e accrescere le condizioni di sopravvivenza, singola e collettiva.
- **Il nostro benessere, come sistemi teleonomici, dipende dal numero e dalla specie dei bisogni e delle aspirazioni che possiamo soddisfare.**



Segue

«Bisogni» come sintomi nei Sistemi di Controllo



I **bisogni** sono sensazioni, o **stati spiacevoli**, che derivano da stati di disequilibrio psico-fisico, sentiti (o supposti o previsti) in un dato periodo, che si vogliono eliminare o attenuare o evitare (Mella, 2008).

Percepiamo regolarmente lo stimolo della fame, del caldo, del freddo ed ogni volta sorge il bisogno di cibo, di vestiti, di condizionatori, di tuffi in mare o di gite in mezzo alla neve. Se ho paura, ho bisogno di protezione; se sono stanco, devo riposarmi. Se devo raggiungere un amico che abita lontano, sento il bisogno del trasporto.

Si denomina **soddisfacimento** di un **bisogno** il comportamento volto ad **annullare lo stato spiacevole** di disequilibrio da cui deriva il bisogno.

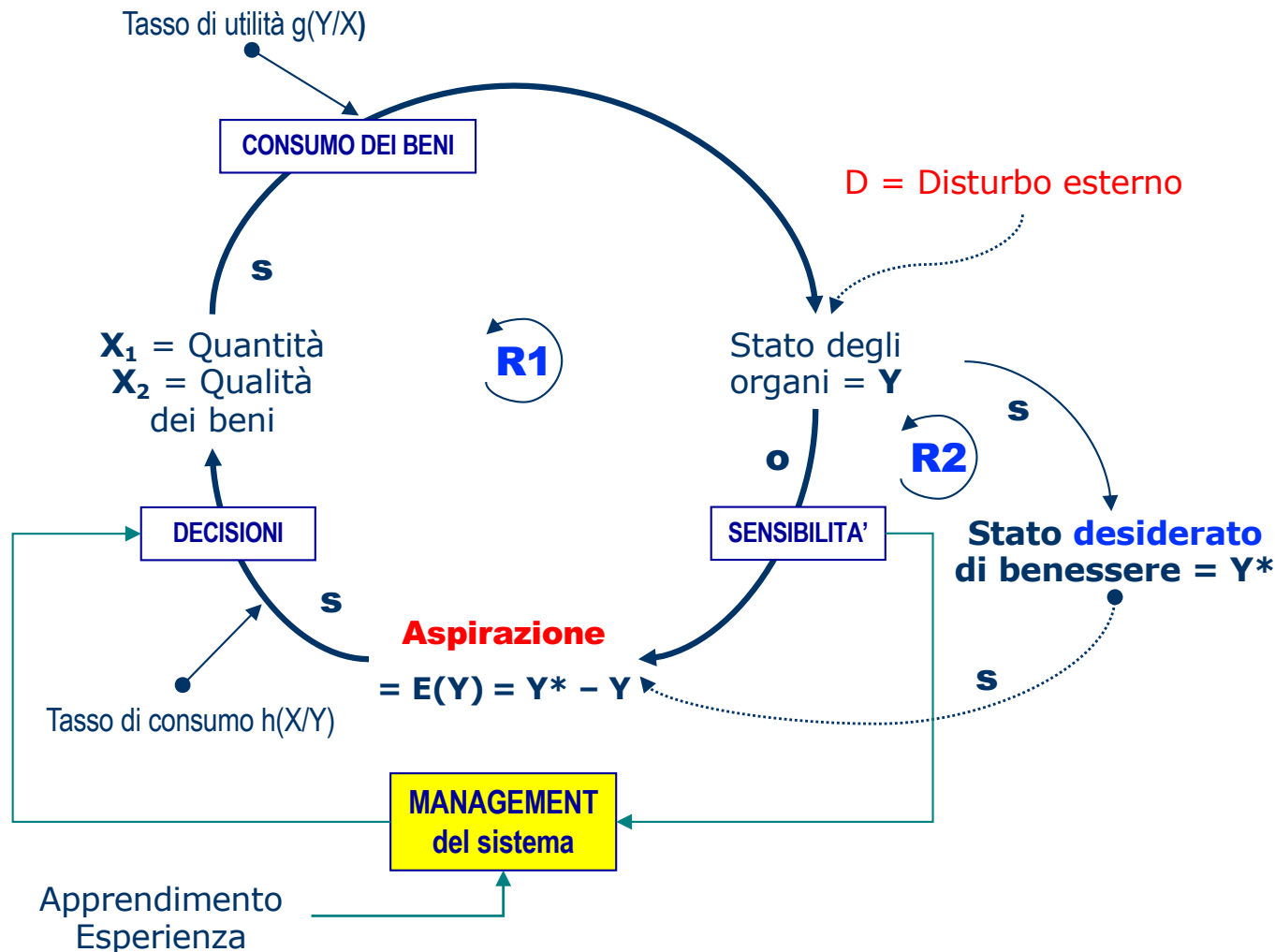
Il soddisfacimento richiede il «consumo» di beni «utili», materiali, immateriali, fisici o spirituali, in una certa quantità e di una data qualità.

Si forma il sistema di controllo che tende ad eliminare il bisogno, sviluppando il loop **[B]**.



Segue

«Aspirazioni» come sintomi nei Sistemi di Controllo



Le **aspirazioni** possono essere definite sensazioni o **stati piacevoli** che, potendolo fare, l'uomo desidera acquisire, mantenere o incrementare (Mella, 2008).

Il desiderio di un vestito alla moda non deriva tanto dal bisogno di proteggerci dal freddo quanto, piuttosto, dall'**aspirazione** di essere ammirati; sentiamo il bisogno di un'automobile (meglio sarebbe dire che sentiamo il bisogno del trasporto), ma **aspiriamo** ad avere una fuoriserie. Si denomina **appagamento** di un'**aspirazione** il comportamento volto al raggiungimento dello stato piacevole connesso all'aspirazione. Si forma il sistema di controllo per appagare l'**aspirazione**, sviluppando il loop **[R1]**.

Quanto più **migliora lo Stato degli organi**, per l'azione delle leve X_1 e X_2 , tanto più si innalza lo **Stato desiderato di benessere**, in un processo di accrescimento continuo che porta alla inestinguibilità delle aspirazioni.



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Sistemi «teleologici» secondo la Perceptual Control Theory (PCT)

facoltativo

- Secondo la **Perceptual Control Theory**, l'uomo non agisce per **cause** → **effetti**, per **azioni** → **reazioni**, per **stimoli** → **risposte**, **perturbazioni** → **adattamenti**, ma per **raggiungere obiettivi** di varia ampiezza, mediante azioni e comportamenti che rappresentano le leve – o l'input – del Sistema di Controllo, secondo il modello generale che ben conosciamo.
 - Perceptual Control Theory (PCT) is a theory of how 'control' works to the level of detail that control can be modelled with precision. It regards life as a process of control and proposes that all living things are purposeful in doing what they do.
To put it simply, people need a goal, a means, a resource and they need to pay attention to the results – which are the effects on our own experiences. These elements weave together in a closed circle that builds control [sistema di controllo]. The goal is what the person can hold in mind and strive towards – to be a fireman, to be loyal, to be a good son or daughter. In PCT this is known as a reference value. [...] Paying attention to our own experiences closes the loop because we perceive our results and compare them to our goal. If we have not reached our goal yet, we continue to develop the means to achieve it (Mansell 2011, Online).
- **Consegue, pertanto, non solo che l'uomo è un «sistema teleologico» ma anche che l'uomo è esso stesso, un sistema di controllo complesso il cui obiettivo è la sopravvivenza, il benessere e l'autorealizzazione (autopoiesi)**



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

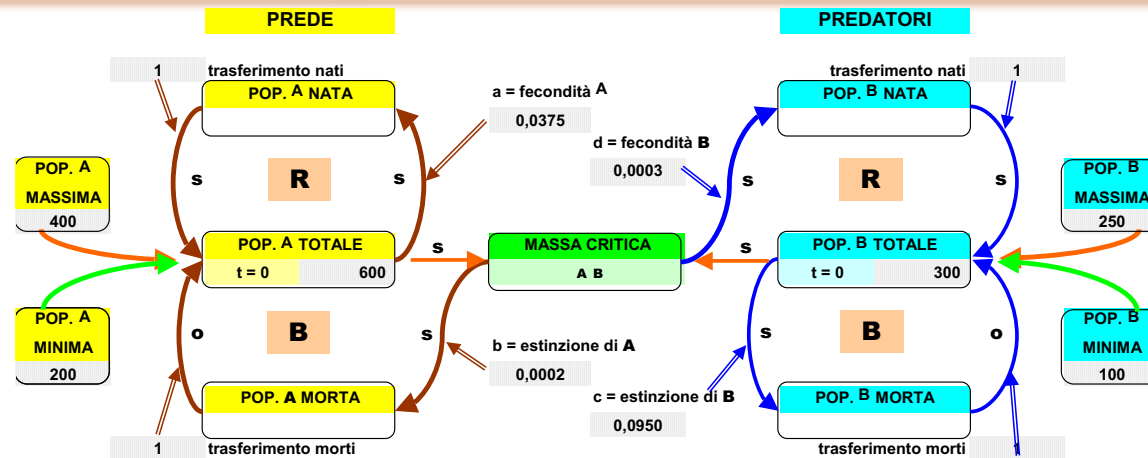
Controllo sulle popolazioni

- I Sistemi di Controllo agiscono sulle **popolazioni** e sulle specie in forma “**artificiale**” o “**naturale**”, e intervengono sulle:
 - dinamiche quantitative
 - dinamiche qualitative
- Il **controllo «artificiale»** delle popolazioni è attuato dall'uomo con le attività di coltivazione, allevamento, caccia, ripopolamento, incroci, selezione, ecc.
- Il **controllo «naturale»** è attuato da meccanismi biologici. Tre sono le forme più evidenti:
 - controllo del **numero** di individui di **una** popolazione
 - controllo del **numero** di individui tra **due** o più popolazioni
 - controllo dei **caratteri** degli individui della popolazione, per consentire loro il massimo successo di sopravvivenza, con un processo di evoluzione dei fenotipi.
- Farò qualche cenno sul controllo «naturale», rinviando, per approfondimenti, a [Mella & Beretta, 2018](#).



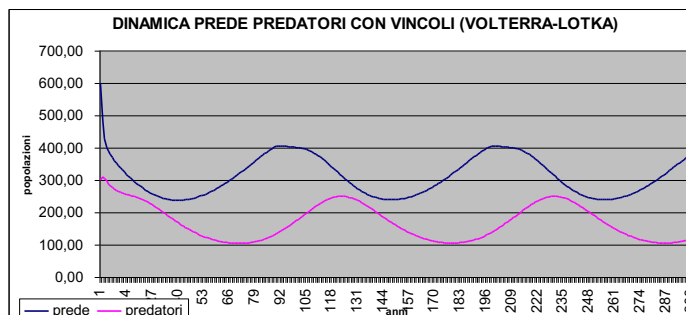
Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Controllo reciproco di due popolazioni di predatori e prede



POPOLAZIONI		PREDE		MASSA CRITICA	PREDATORI		POPOLAZ. MASSIMA	POPOLAZ. MINIMA	
ANNI	PREDE A	PREDATORI B	nate a A	morte (-) b A B	A B	nati d A B	morti (-) c B	PREDE TEMPO RETT.	PREDATORI TEMPO RETT.
0	600,00	300,00			180.000,00			2	3
1	482,90	308,83	22,50	39,60	149.135,62	54,0000	28,5000	-100	-17
2	426,75	304,62	18,11	32,81	129.997,85	44,7407	29,3392	-41	-20
3	400,78	296,48	16,00	28,60	118.821,03	38,9994	28,9393	-13	-18
4	389,28	288,47	15,03	26,14	112.282,97	35,6463	28,1652	-0	-15
5	379,17	281,93	14,60	24,70	106.898,57	33,6879	27,4042	0	-13
6	369,87	276,57	14,22	23,52	102.296,02	32,0696	26,7831	0	-11
7	361,24	272,13	13,87	22,51	98.303,04	30,6888	26,2743	0	-9
8	353,16	268,39	13,55	21,63	94.784,23	29,4909	25,8522	0	-7
9	345,55	265,20	13,24	20,85	91.638,92	28,4353	25,4972	0	-6
10	338,35	262,43	12,96	20,16	88.792,11	27,4917	25,1939	0	-5

omissis



$$A_{n+1} = A_n + a A_n - b A_n B_n. \quad [1]$$

$$B_{n+1} = B_n + c A_n B_n - d B_n. \quad [2]$$

Vito **Volterra** (1926) e Alfred **Lotka** (1925) dimostrarono come due popolazioni interagenti di **prede** e **predatori** ammettano un equilibrio dinamico.

Le **prede** – **A** – si incrementano di un certo numero annuo secondo il tasso “**a**” – che sintetizza la differenza tra tasso di natalità naturale e tasso di mortalità naturale –, applicato alla popolazione dell’anno precedente A_{n-1} ; si decrementano a un tasso “**b**”, che esprime la voracità media dei predatori – **B** –, tenuto conto del numero dei predatori dell’anno precedente B_{n-1} (i tassi “**a**” e “**b**”, per semplicità, sono ipotizzati fissi nel tempo).

La popolazione dei **predatori** – **B** – muore per cause naturali secondo un tasso di mortalità “**c**” e aumenta a un tasso di riproduzione, legato al cibo, pari a “**d**”.

Venne introdotta l’ipotesi che le dinamiche delle due popolazioni fossero funzione anche del **numero di esemplari contemporaneamente viventi** che formano una **massa critica**, come prodotto: **Massa Critica** = $A_n B_n$.

Il modello, Volterra-Lotka è rappresentato nelle equazioni ricorsive [1] e [2], riportate a fianco.

Come si osserva nella **simulazione**, dati i valori supposti di **a**, **b**, **c**, e **d**, il controllo “naturale” produce una dinamica oscillatoria.

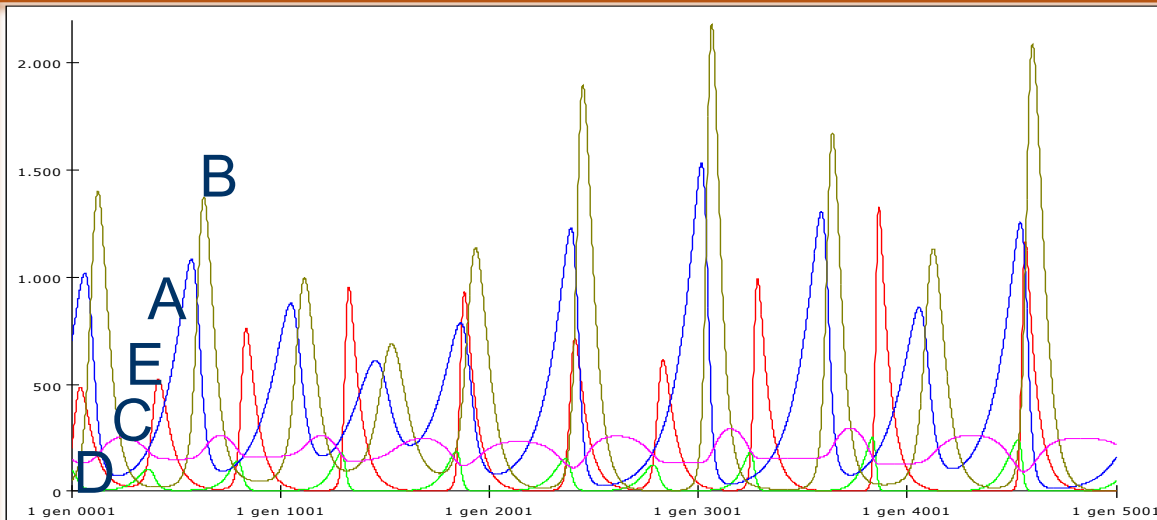
È stato introdotto anche un «**controllo artificiale**» che limita la popolazione massima e minima delle due popolazioni.



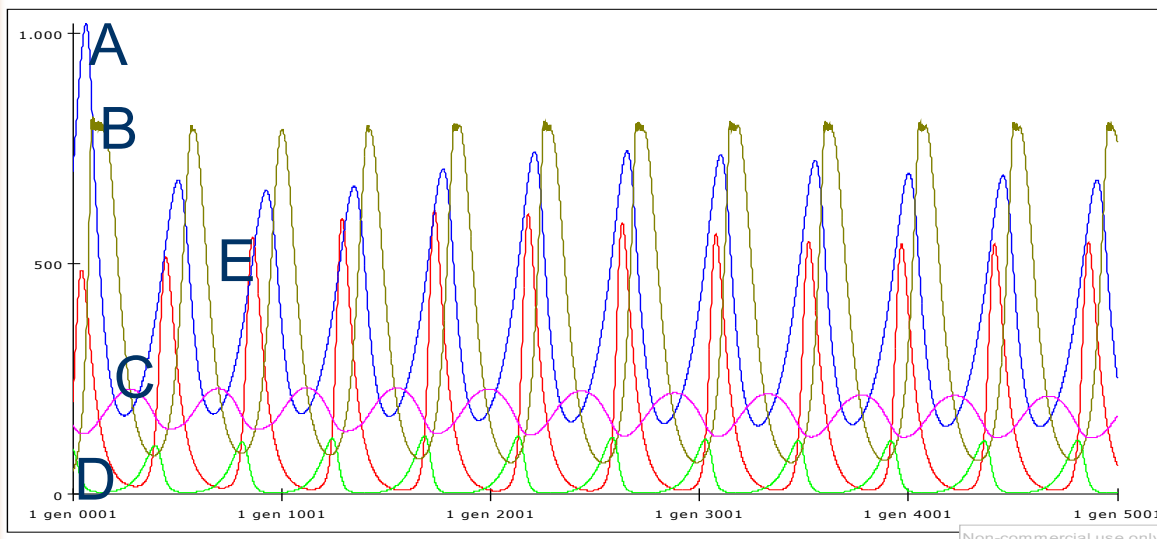


Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Controllo reciproco di **cinque** popolazioni formanti una «catena alimentare»



Dinamica di 5 popolazioni **senza** controllo esterno



Dinamica di 5 popolazioni **con** controllo esterno

Il modello di **Volterra-Lotka** può essere esteso a qualunque numero di popolazioni che formino una **catena alimentare**, o anche un **ecosistema**, dopo avere definito le relazioni che le legano.

A titolo di esempio, consideriamo un ecosistema di **cinque popolazioni** unite in una *catena alimentare*: gli individui della **A** sono prede per la **B**; la **B** si nutre dell'**A** ma è preda per la **C** e così via fino alla **E** che costituisce il predatore al vertice della catena.

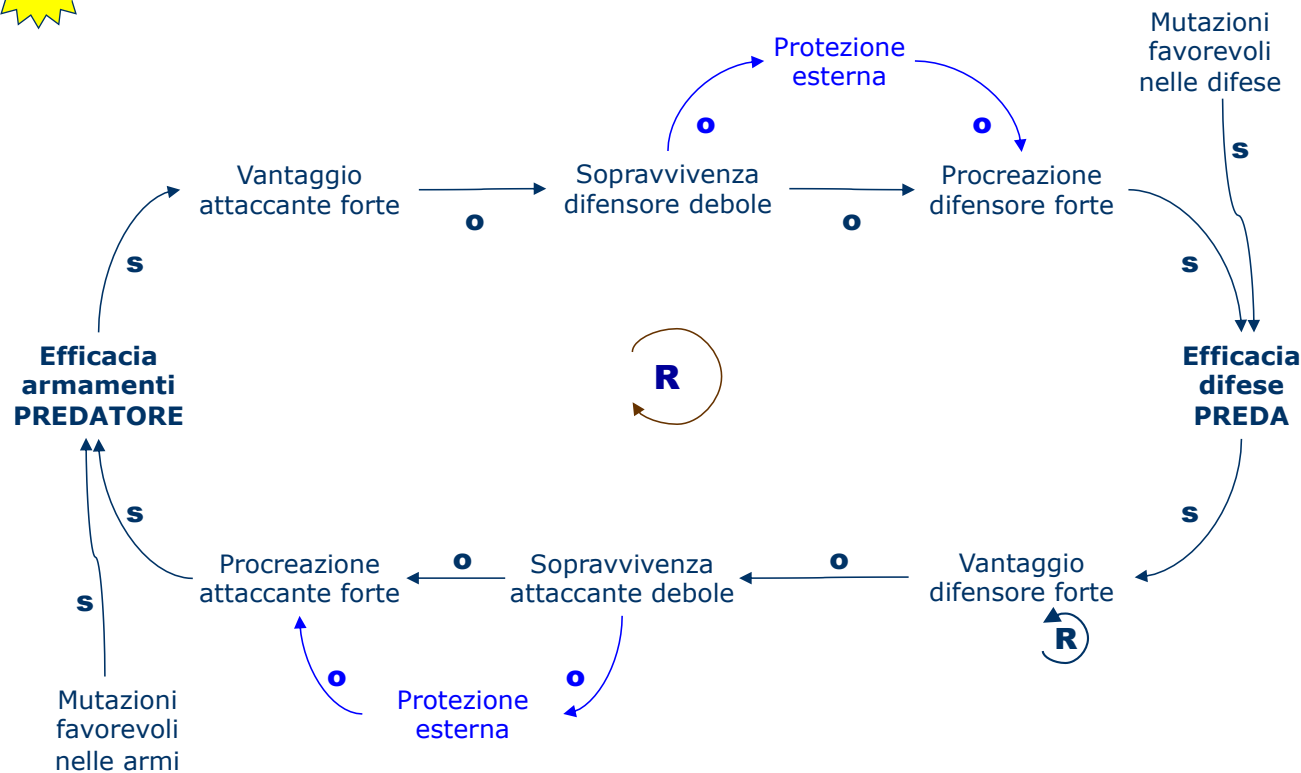
A fianco sono evidenziate le complesse dinamiche oscillatorie che si originano nell'arco di 5.000 periodi, mesi o anni, con parametri inseriti nel software di simulazione Powersim (non evidenziato). Il **grafico superiore** simula la dinamica delle popolazioni che interagiscono senza controlli esterni. Le dinamiche presentano **andamento pressoché caotico**.

Quello **inferiore** si basa sull'ipotesi che, nei primi «secoli» di interazione, sia attuato un **controllo esterno** che pone **limiti minimi e massimi** per la dimensione di ciascuna popolazione. Le dinamiche presentano, pertanto, un **andamento sufficientemente regolare**.



Sistemi di controllo nell'ambito «biologico»

Evoluzione dei Fenotipi di popolazioni per selezione naturale



Il **processo di selezione naturale** rappresenta un potente Sistema di Controllo “naturale” che porta a una progressiva modificazione migliorativa dei **caratteri (tratti fenotipici)** degli individui della popolazione, per consentire loro il massimo successo di sopravvivenza.

Secondo **Charles Darwin** il processo della **selezione naturale**, fondato sulla **lotta per l'esistenza** degli individui, porta all'**evoluzione qualitativa** delle specie per “selezione naturale **del più adatto**”. Qualunque interpretazione si voglia dare di questo processo [anche nella variante di Richard Dawkins (1976) che considera i “**geni egoisti**” quali motori dell'evoluzione], esso è rappresentabile con l'esempio del modello a fianco che evidenzia come la dinamica degli «armamenti» dei predatori sia in un **loop di rinforzo** con l'efficacia delle «difese» delle prede.

L'evoluzione delle strutture fisiche è, infatti, connaturata alla sopravvivenza della specie. Nel tempo, le prede deboli sono eliminate dai predatori. Le prede forti che rimangono in vita sfuggono ai predatori deboli che muoiono. Rimangono i predatori forti che cacciano le prede più deboli ... il loop mantiene attivo il processo. Ogni mutazione nei vantaggi esistenziali di una popolazione viene compensata da paralleli vantaggi per l'altra.

Non voglio presentare visioni troppo semplificate dell'evoluzione e, per questo, mi limito a riportare direttamente il pensiero di Charles Darwin (mia traduzione).

Grazie a questa lotta per la vita, ogni variazione, anche di lieve entità e da qualsiasi causa derivante, se è, in qualche grado, redditizia per un individuo di qualsiasi specie, nelle sue relazioni infinitamente complesse con altri esseri organici e con la natura esterna, tenderà alla conservazione di quell'individuo, e sarà generalmente ereditata dalla sua prole. La prole, inoltre, avrà così una migliore possibilità di sopravvivenza, per qualcuno dei molti individui che nascono periodicamente, ma un piccolo numero può sopravvivere. Ho chiamato questo principio, con il quale ogni lieve variazione, se utile, è conservata, con il termine della selezione naturale, per segnare il suo rapporto con il potere dell'uomo di selezione (Darwin, 1859, p. 61).



Sistemi di Controllo nell'ambiente sociale e economico

- L'ambiente socio-economico, del quale tutti noi siamo parte, può ritenersi costituito da un **complesso sistema** di gruppi di individui, di raggio sempre più ampio – individui singoli, coppie, famiglia, tribù, club, clan, villaggio, regione, nazione, associazioni e organizzazioni di varia specie e dimensione –, che si condizionano reciprocamente nelle attività di **convivenza sociale** e di **lavoro** per la **produzione** e il **consumo** di beni e di servizi e nella condivisione di valori, tradizioni, credenze, usi e consuetudini.
- Questo complesso sistema forma ciò che viene definito il “**tessuto sociale**”, costituito da una complessa **rete di sistemi** e di sottosistemi che si riproducono nel tempo, formando un “**sistema vitale**” che rimane stabile per lunghi periodi, oppure evolve lentamente e, a volte, subisce mutazioni improvvise (rivoluzioni, cambiamenti politici, innovazioni economiche ecc.).
- La **rete** delle connessioni di consumo (distruzione), produzione (rigenerazione) e scambio di persone, risorse, lavoro, informazioni ecc., consentono la sostituzione degli elementi (persone, risorse, lavoro, informazioni) non più efficienti con altri nuovi, mantenendo indefinitamente la rete delle connessioni.
- Si tratta di un evidente esempio di **sistema autopoietico** e **omeostatico** che opera in modo del tutto analogo a quello indicato da Maturana e da Varela nella loro definizione di **sistema vivente** in precedenza esaminata.



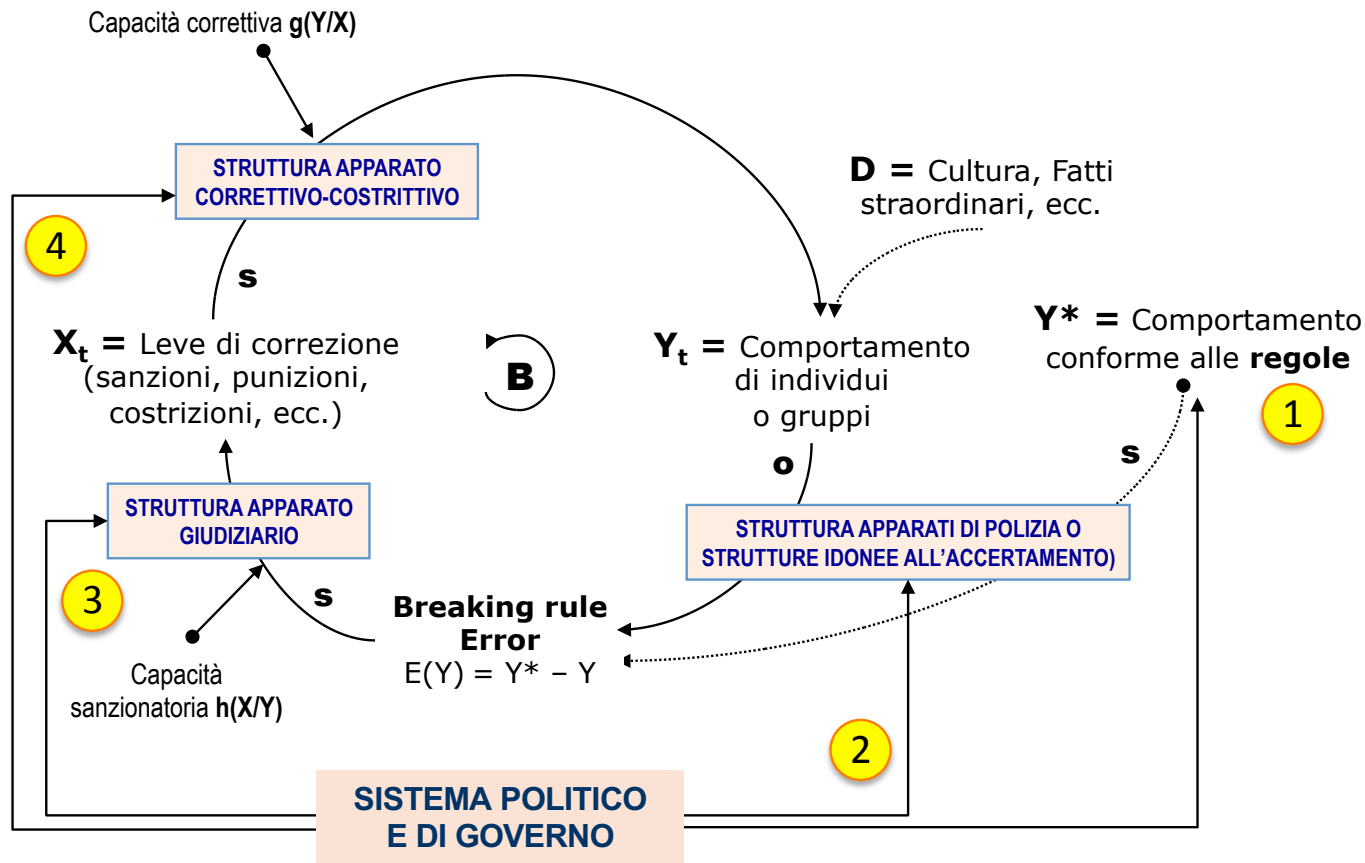
Sistemi di Controllo nell'ambiente sociale e economico. Difficoltà osservative

- Da quanto affermato, consegue che una pluralità di Sistemi di Controllo deve consentire ai gruppi e alle organizzazioni che formano una **rete stabile** di funzionare come una **macchina autopoietica**, cioè come un **sistema omeostatico** «[...] che ha la sua propria organizzazione (rete di relazioni definente) come la variabile fondamentale che mantiene costante».
 - Le comunità piccole e molto unite possiedono quindi un considerevole grado di **omeostasi**; e questo vale sia per comunità a un buon livello culturale in un Paese civile sia per villaggi di tribù primitive.
Per strani o addirittura ripugnanti che ci possano sembrare i costumi di molti selvaggi, essi hanno generalmente un ben definito valore omeostatico (Wiener, 1968, p. 210).
- Nella **rete autopoietica sociale** i Sistemi di Controllo sono ovunque e non è facile osservarli per alcune **difficoltà fondamentali**.
 - sono normalmente sistemi **multileva** e **multiobiettivo**;
 - sono sistemi a **obiettivi variabili** nel tempo e nello spazio, spesso con salti improvvisi;
 - sono sistemi altamente **interferenti** che agiscono a diversi strati (livelli di zoomata) del tessuto sociale;
 - sono sistemi disposti normalmente **in serie** e **in parallelo**;
 - sono sistemi che evolvono dimostrando un **processo di apprendimento**.



Sistemi di Controllo in ambiente sociale

Controllo di coesistenza, o controllo di conformità a norme dei comportamenti



È incredibile rendersi conto di quante **regole**, ①, norme, limiti, divieti, prescrizioni od obblighi regolino il nostro comportamento sociale.

Per esempio, norme giuridiche variamente articolate, norme fiscali, religiose, etiche, del galateo, ecc. regolano la nostra famiglia, la nostra abitazione, l'uso dei servizi pubblici nonché il nostro lavoro e il modo di fruire del nostro tempo libero.

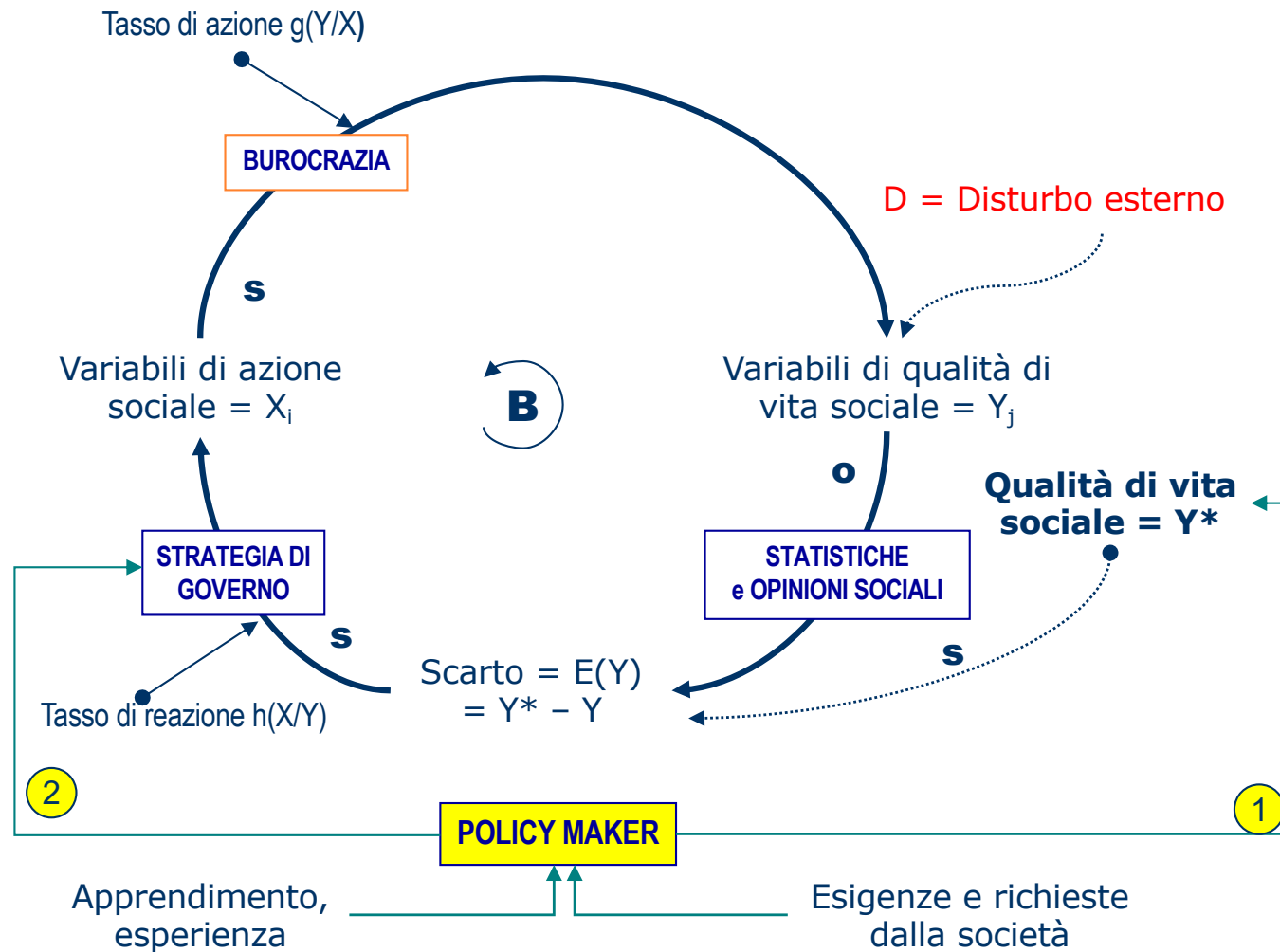
Per consentire l'azione dei Sistemi di Controllo sociali, le Istituzioni devono creare i necessari «apparati» che formano la catena di controllo, vale a dire:

1. i **rilevatori d'errore**, ②, per individuare e riconoscere i comportamenti non conformi a norme: giudici, arbitri, presidi nelle scuole, revisori, ecc.;
2. i **regolatori**, ③, delle leve di controllo dei comportamenti: l'apparato giudiziario per decidere forme di sanzioni);
3. gli **effettori**, ④, che ripristinano i comportamenti non conformi o evitano future comportamenti devianti rispetto alle norme (apparato correttivo e, se necessario, costrittivo, anche con limitazione della libertà individuale).



Sistemi di Controllo in ambiente sociale

Controllo della qualità della vita



Sistemi di Controllo tipici del «tessuto sociale»

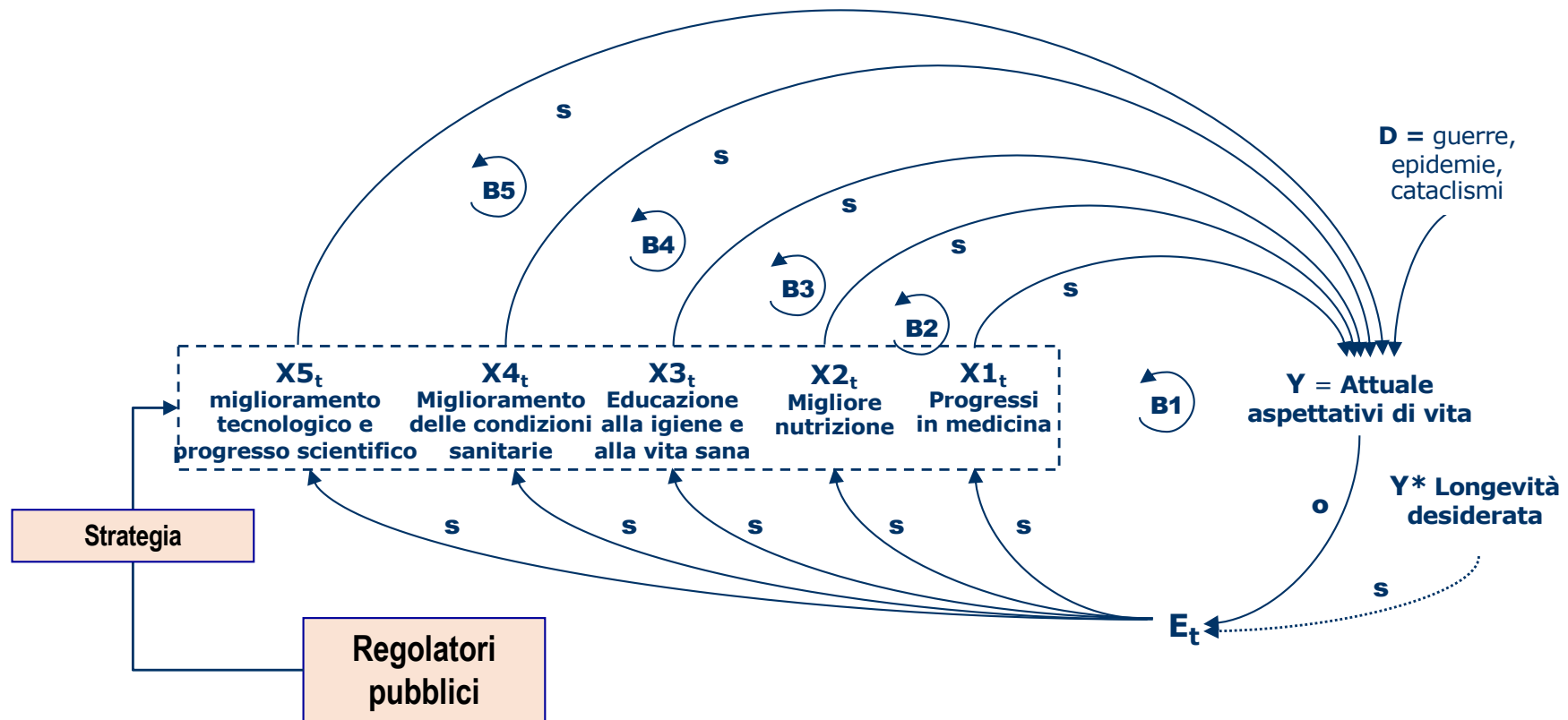
- Il **tessuto sociale** non potrebbe mantenersi senza una rete (il più possibile coerente) di **Sistemi di Controllo vitali**, tra cui cito:
- **Controlli economici a vari livelli, per:**
 - Ricchezza, reddito, risparmio,
 - Produttività, disoccupazione, disponibilità dei beni,
 - Prezzi, inflazione, flussi di beni e di persone, sviluppo,
 - Sostenibilità dei consumi e della produzione.
- **Controlli politici a vari livelli, per:**
 - Violenza,
 - Criminalità,
 - Guerra.
- **Controlli sociali a vari livelli, per:**
 - Educazione, lingua, tradizioni,
 - Scuole e Università,
 - Nascite e cure sanitarie
 - Nutrizione, salute, epidemie, pandemie,
 - Longevità della popolazione (come nel modello della **pagina seguente**).





Sistemi di Controllo del «tessuto sociale»

Sistema multi leva per il controllo della Longevità della popolazione



Il sistema proposto deve intendersi solo come esempio didattico



Testi citati in questa “Lezione 4” A/L

- Beer, S. (1975). *Platform for change*. Chichester: Wiley.
- Boot-Handford, M. E., Abanades, J. C., Anthony, E. J., Blunt, M. J., Brandani, S., Mac Dowell, N., ... & Fennell, P. S. (2014). Carbon capture and storage update. *Energy & Environmental Science*, 7(1), 130-189.
- Brenna, L. (2020). Il ghiacciaio Presena coperto da teli riflettenti per salvarlo dalla fusione. <https://www.lifegate.it/teli-salvare-ghiacciaio-presena-scioglimento>
- Brundtland, G. H. (1987). *Our common future*. United Nations General Assembly. World Commission on Environment and Development (WCED)—The “Brundtland Commission”, Future. Oxford, UK: Oxford University Press, United Nations.
- Caprara, G. (2010). *Nuvola bianca, porta pioggia*. https://www.corriere.it/scienze/10_luglio_01/nuvole-bianche_93fb9560-8537-11df-a3c2-00144f02aabe.shtml
- Control Systems Group, Perceptual Control Theory (PCT). www.perceptualcontroltheory.org/index.html#aboutus
- COP26 GOALS (online). <https://ukcop26.org/cop26-goals/>
- Costa, R. (2007). Orologio Biologico. Treccani, Enciclopedia Italiana, VII Appendice. https://www.treccani.it/enciclopedia/orologio-biologico_%28Enciclopedia-Italiana%29/
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species*. Harvard University Press. https://www.vliz.be/docs/Zeeijfers/Origin_of_Species.pdf
- Famooss Paolini, L., & Cesaro, P. (online). Duegradi. <https://www.duegradi.eu/news/gas-serra/>
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162, 1243–1248.
- Hardin, G. (1985). An ecologic view of the human predicament. www.garretthardinsociety.org/articles/art_ecologic_view_human_predicament.html
- Keith, D. W., Ha-Duong, M., & Stolaroff, J. K. (2006). Climate strategy with CO2 capture from the air. *Climatic Change*, 74(1-3), 17-45.
- Latham, J., et al. (2012). Marine cloud brightening. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 370(1974): 4217–4262. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3405666/>
- Lemley, B. (2004). A new ice age. Could global warming trigger a big freeze? *Discover magazine*. <https://www.cbsd.org/cms/lib/PA01916442/Centricity/Domain/1622/Article%20E%20-%20A%20New%20Ice%20Age.pdf>
- Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Lovelock, J. E. (1979). *GAIA, a new look at life on earth*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lovelock, J. E. (1988). *The ages of Gaia: A biography of our living earth*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lovelock, J. E. (2011). What is Gaia? http://www.ecolo.org/lovelock/what_is_Gaia.html



Testi citati in questa “Lezione 4” M/Z

- Mansell, W. (2011). Control and purpose. A scientific and practical statement in response to the UK Riots 2011. <http://www.pctweb.org/LondonRiots.pdf>
- Maturana H.R., Varela F.J. (3^a ed. 1992; 1^a ed. 1980), Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living, Reidel, Dordrecht e Boston (trad. it., Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente, Marsilio, Venezia, 1985).
- Mella, P. (2008). Aziende 1. Milano, Francoangeli.
- Mella, P., & Beretta, V. (2018). Quantitative and Qualitative Dynamics of Interacting Populations. *Systems Research and Behavioral Science*, 35(4), 427-457.
- Mella, P. (2021). The Magic Ring. Springer.
- Mella, P. (2022). Global Warming: Is It (Im)Possible to Stop It? The Systems Thinking Approach. *Energies*, 15(3), 705.
- Monod, J. (1970), Le hazard et la nécessité. Paris, Editions du Seuil.
- Monod, J. (1971). Il caso e la necessità, saggio sulla filosofia naturale della biologia contemporanea, Mondadori, Milano (trad. italiana di Monod, 1970).
- PCT (online). <http://www.pctweb.org/whatis/whatispct.html>
- Volterra, V. (1926). Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together [original: Variazioni E Fluttuazioni Del Numero D'individui in Specie Animali Conviventi]. *Memorie Della R. Accademia Dei Lincei*, 6(2), 31–113.
- Volterra, V. (1931). Lessons on the mathematical theory of struggle for life [original: Leçons sur la théorie mathématique de la Lutte pour la vie]. Paris: Gauthier-Villars.
- Watson, A. J., & Lovelock, J. E. (1983). Biological homeostasis of the global environment: The parable of Daisyworld. *Tellus B*, 35(9), 286–289.
- Wiener, N. (1961, 1st ed. 1948). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge, MA: MIT Press. Google Books.
- Wiener N. (1968), *La cibernetica*, Il Saggiatore, Milano (traduzione di Wiener, N. (1961).
- Yale Climate Connections. (2021). Startup converts Carbon Dioxide from the Air into Diamonds. YCC TEAM, 2021. <https://yaleclimateconnections.org/2021/06/startup-converts-carbon-dioxide-from-the-air-into-diamonds/>

Fine della Lezione 4

Si invita il Lettore a seguire la
Appendice 4 A – Il controllo dei Sistemi Combinatori Sociali



All stable processes we shall predict. All unstable processes we shall control (John von Neumann)

Corso Breve di Teoria del Controllo

Lezione 4 Appendice 4A Gli archetipi sistemici

Non accontentarti di meno di
quanto sei in grado di fare
(Peter Senge, 1992, p. XIV).

Piero Mella

Già Professore di "Teoria del Controllo" - Università di Pavia, Italy
piero.mella@unipv.it - <http://www.pieromella.it>

Cortile delle magnolie

Vol. 14-2/2023 - DOI: 10.13132/2038-5498/14.2.525-567

**Cite as: Mella, P. (2023). Corso Breve di Teoria del Controllo. Appendice 4A. Gli archetipi sistemici.
Economia Aziendale online, 14(2), 525-567.**

Economia Aziendale online - Electronic ISSN 2038-5498 - Tribunale di Pavia, 2007, n. 685 R.S.P.



APPENDICE 4A

Integra la Lezione 4 Gli archetipi sistemici

- L'**Archetipo sistemico** è un modello sistemico, generale, **semplice** e **collaudato** – che rappresenta, comportamenti ricorrenti che possono essere fonte di scelte inappropriate – che ci consente di riconoscere una situazione problematica da controllare.
 - Una delle intuizioni più importanti e potenzialmente più rafforzanti che provengono dal giovane campo del pensiero sistemico è che certi **modelli di struttura ricorrono in continuazione**. Questi 'archetipi sistemici' oppure 'strutture generiche incorporano la chiave per imparare a vedere le strutture nelle nostre vite personali e organizzative' (Senge 2006, p. 93).
 - [...] Poiché sono sottili, quando gli archetipi sorgono in una famiglia, in un ecosistema, in un servizio giornalistico, oppure in un'azienda, **spesso più che vederli li si sente**. Talvolta essi danno luogo a una sensazione di déjà vu, un sospetto che questo schema di forze lo si è già visto prima. '**Rieccolo**', ci diciamo (Senge 2006, p. 93).
 - **Come ausilio diagnostico**, gli archetipi aiutano i manager a riconoscere modelli di comportamento che sono già presenti nelle loro organizzazioni. Essi servono come mezzo per comprendere le strutture dei sistemi sottostanti da cui il comportamento archetipico emerge. Questo è l'uso più comune dell'archetipo. Gli archetipi sono strumenti efficaci per iniziare a rispondere alla domanda: "**Perché continuiamo a vedere gli stessi problemi che si ripetono nel tempo?**" (Braun, 2002, online, p.1).
- Peter Senge, nel tuo testo, «The fifth discipline», ha stilato una lista di 10 archetipi. Altri possono essere aggiunti. Non posso presentarli tutti; mi limiterò a quelli utili riconoscere e controllare i problemi.
- **Conoscere gli archetipi è un dovere. Contrastarli una necessità vitale.**



Gli archetipi sistemici

Strutture fondamentali per il controllo

- La **conoscenza degli archetipi sistemici** è fondamentale per «vedere» le strutture ripetitive del comportamento umano nelle organizzazioni (e nei sistemi sociali) e per «capire» come un comportamento ripetitivo non corretto generi problemi che si ripetono nel tempo. In effetti, anche nel caso in cui si individua e si implementa una soluzione sistemica, non sempre il problema si risolve;
- Ecco un **insegnamento** del Systems Thinking: **«i problemi di oggi derivano dalle ‘soluzioni’ di ieri»** afferma Peter Senge. **Gli archetipi dimostrano che il problema è sempre in agguato e spesso riappare in altra forma.**
- Possiamo girare l'affermazione nel senso opposto: **occorre evitare che le soluzioni di oggi, apparentemente in grado di risolvere il problema, generino nuovi problemi domani.** Ecco un esempio
 - Vuoi migliorare le prestazioni di un reparto? Assegna più risorse, così da potenziare la dotazione di strumenti e incentivare i lavoratori. Dove reperire tali risorse? Si tolgono al reparto più dotato di risorse, che presenta le migliori prestazioni. La soluzione sembra razionale; a condizione, però, che il reparto cui sono state tolte le risorse non riduca le proprie performance ma, anzi, utilizzi le abilità e le competenze acquisite per mantenere i propri standard anche con una riduzione della dotazione. Solitamente accade, invece, che mentre il reparto cui sono state assegnate maggiori risorse migliora le proprie prestazioni, il secondo reparto non sia in grado di mantenere le performance precedenti. Invece di accendere un campanello d'allarme, la nuova situazione convince il manager-decisore della bontà della scelta: il reparto premiato nell'assegnazione era stato sottovalutato ed ora migliora; quello privato delle risorse era stato sopravvalutato ed ora rivela i propri limiti.
 - La conclusione? Si ripresenta il problema iniziale con la variante che il reparto da rivitalizzare è, ora, quello che prima aveva le migliori performance. La soluzione di ieri ha generato il problema di oggi.
- **Ecco un principio del Systems Thinking: «cerca di non commettere mai due {o più volte} lo stesso errore».**
- **Conclusione: la conoscenza degli Archetipi è fondamentale per il controllo.**





La «lista» degli archetipi presentati da Peter Senge.

Alcuni saranno descritti successivamente con mia simbologia

- I **10 archetipi** che **Peter Senge** ha presentato nell' Appendice 2 del suo libro, «The Fifth discipline», nella sua "lista originale", sono i seguenti, indicati con i nomi originali.
- 1. **BALANCING PROCESS WITH DELAY** – Se esiste un ritardo (delay) tra azione e risultato, e se la persona non è consapevole di esso, finisce con l'intraprendere continue azioni correttive e, spesso, rinuncia all'obiettivo perché non riesce a vedere progressi nella sua azione.
- 2. **LIMITS TO GROWTH** (anche conosciuto come Limits to Success) – Nulla cresce all'infinito. Ogni processo di crescita vincolato da qualche "fattore di crescita", disponibile in quantità limitata, è destinato prima o poi a terminare.
- 3. **SHIFTING THE BURDEN** – Quando si presenta un errore-sintomo, si adottano soluzioni (leve) sintomatiche che possono ritardare l'individuazione del problema e l'adozione di soluzioni definitive.
- 4. **SPECIAL CASE: SHIFTING THE BURDEN TO THE INTERVENOR** – Quando un manager ricorre continuamente a risorse esterne per risolvere un problema, non svilupperà mai un processo di apprendimento manageriale.
- 5. **ERODING GOALS** (anche noto come Drifting Goals) – Spesso il manager-decisore, percependo le difficoltà nel raggiungere il proprio obiettivo, invece di "potenziare" le leve disponibili, preferisce "aggiustare" l'obiettivo, riducendolo per diminuire l'errore.
- 6. **ESCALATION** – Due soggetti (persone, organizzazioni, gruppi, Stati, ecc.) in competizione interpretano ciascuno il proprio "benessere" come un vantaggio relativo rispetto a quello dell'altro (per es. nella corsa agli armamenti, o per la conquista di un mercato). Si produce una *escalation* che può portare a conseguenze disastrose per entrambi i soggetti.
- 7. **SUCCESS TO THE SUCCESSFUL** (anche noto come Path Dependence) – Quando si devono assegnare risorse scarse, sembra razionale assegnarle al soggetto più efficiente, che meglio ha utilizzato le risorse ricevute in precedenza. Ottenendo maggiori risorse, questo soggetto avrà prestazioni migliori e in futuro riceverà ancora maggiori assegnazioni, producendosi un differenziale di prestazioni permanente.
- 8. **TRAGEDY OF THE COMMONS** – Quando due o più soggetti condividono una risorsa comune (common), prima o poi tale risorsa sarà esaurita (Lezione 4). *"La libertà in un "common" porta rovina a tutti"* (Lezione 4).
- 9. **FIXES THAT FAIL** – Nell'affrontare determinati problemi urgenti, possono essere adottate strategie di risoluzione a breve termine che, tuttavia, causano successive conseguenze impreviste che rendono necessari continui aggiustamenti.
- 10. **GROWTH AND UNDERINVESTMENT** – Quando la crescita è rallentata dalla graduale saturazione della capacità produttiva, normalmente la saturazione della capacità impedisce che siano attuati nuovi investimenti per eliminarla.



Archetipo delle 3 Miopie.

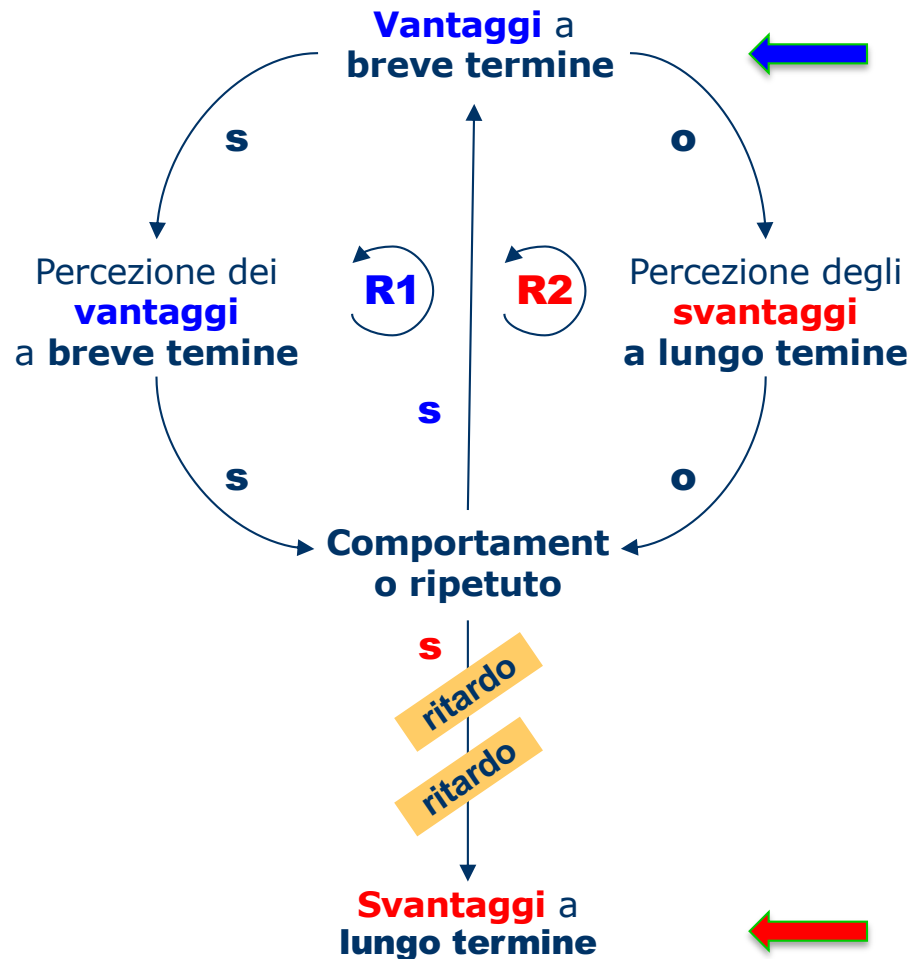
La miopia temporale [Mella]

- Vorrei iniziare con la presentazione di **tre** fondamentali archetipi – **che integrano la «lista» di Senge** – che agiscono solitamente **insieme** e che descrivono alcune strutture di base, profondamente connaturate al comportamento umano e ai modelli culturali prevalenti.
- Il **primo**, che ho denominato **archetipo della Miopia Temporale**, o «archetipo delle preferenze immediate o di breve termine», è innato in tutti gli uomini che seguono un **principio di razionalità "miope"**, i quali preferiscono ripetere un comportamento nel tempo, in modo costante e uniforme, perché produce **vantaggi immediati nel breve termine** (benefici o piaceri) [freccia "s" verticale ascendente], ignorando i **danni nel lungo termine** (sacrifici, inconvenienti) [freccia "s" verticale discendente] che, con ritardo, **inevitabilmente si generano**.
 - Come osserviamo nel modello della pagina seguente, i **vantaggi piacevoli di breve termine** derivanti dal comportamento ripetuto sono immediatamente percepibili e ad essi viene attribuito un valore elevato, rafforzando il comportamento che li produce, formandosi il loop [**R1**] che si ripete nel tempo.
 - La percezione di tali vantaggi si accompagna, però, a una sempre più **ridotta percezione** (peso, giudizio) degli **svantaggi di lungo termine**, come indicato dal loop [**R2**], così che questa ridotta percezione **incentiva ancor più a ripetere il comportamento a breve**.
- I due loop agiscono congiuntamente, per aumentare le **preferenze immediate** che guidano il comportamento e che produrranno i problemi nel lungo termine, quando inesorabilmente si manifesteranno gli svantaggi provocati dal comportamento ripetuto.
- **Non c'è scampo: quest'archetipo è sempre in azione o in agguato.**



1 - Archetipo della Miopia temporale

Preferenze di breve termine [Mella]
La formica è più saggia della cicala



Archetipo della Miopia temporale o archetipo delle preferenze di breve termine:

si preferisce ripetere un comportamento che offra **vantaggi immediati**, non tenendo conto dei **danni che derivano nel lungo termine.**

Il fumatore preferisce il piacere, a breve termine, di migliaia di sigarette, al pericolo di un danno futuro, percepito come remoto.

Alcuni atleti che preferiscono il doping per vincere oggi, non valutando i danni negli anni a venire.

L'archetipo della **miopia temporale** ammette due varianti altrettanto diffuse e rovinose:

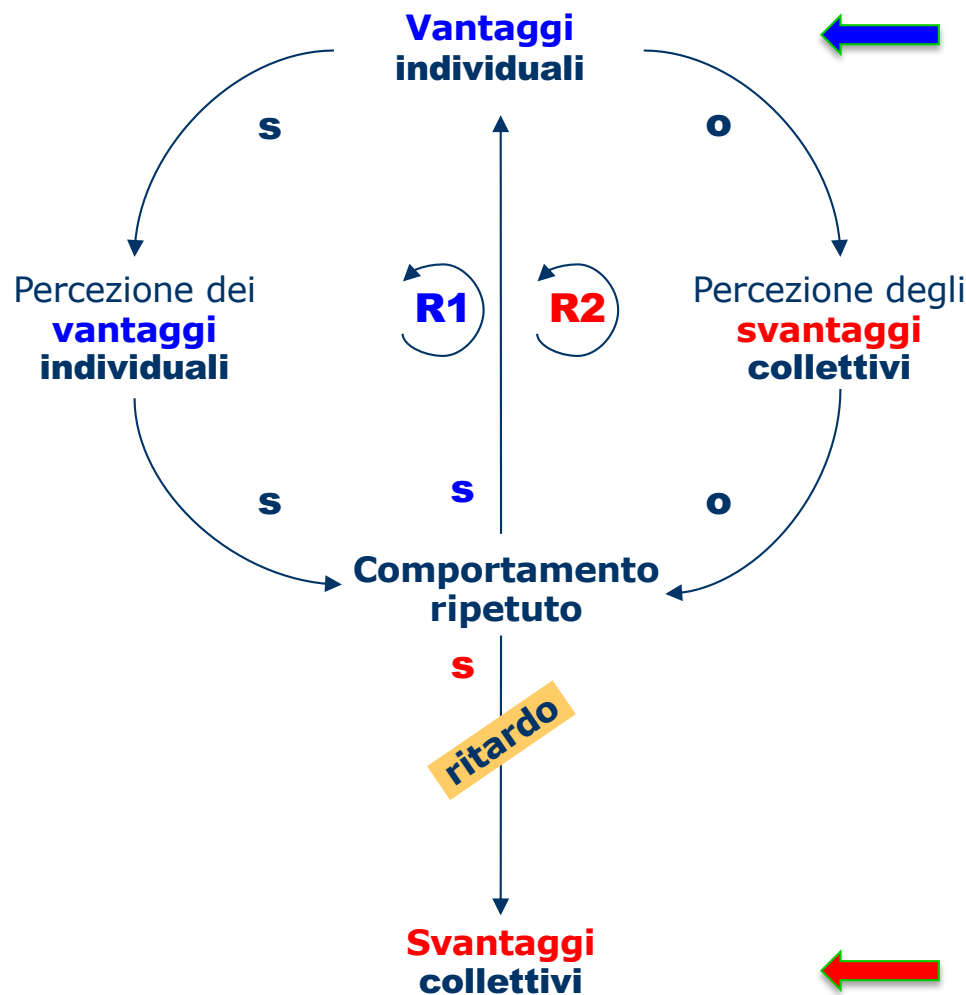
- **Archetipo della «Miopia sociale»**
- **Archetipo della «Miopia locale»**



2 - Archetipo della Miopia sociale

Preferenze individuali [Mella]

Pensiamo a noi. Gli altri si arrangeranno



Archetipo della Miopia sociale o archetipo delle preferenze individuali:

si preferisce ripetere un comportamento che offra **vantaggi individuali**, non tenendo conto dei **danni provocati a collettività più ampie**.

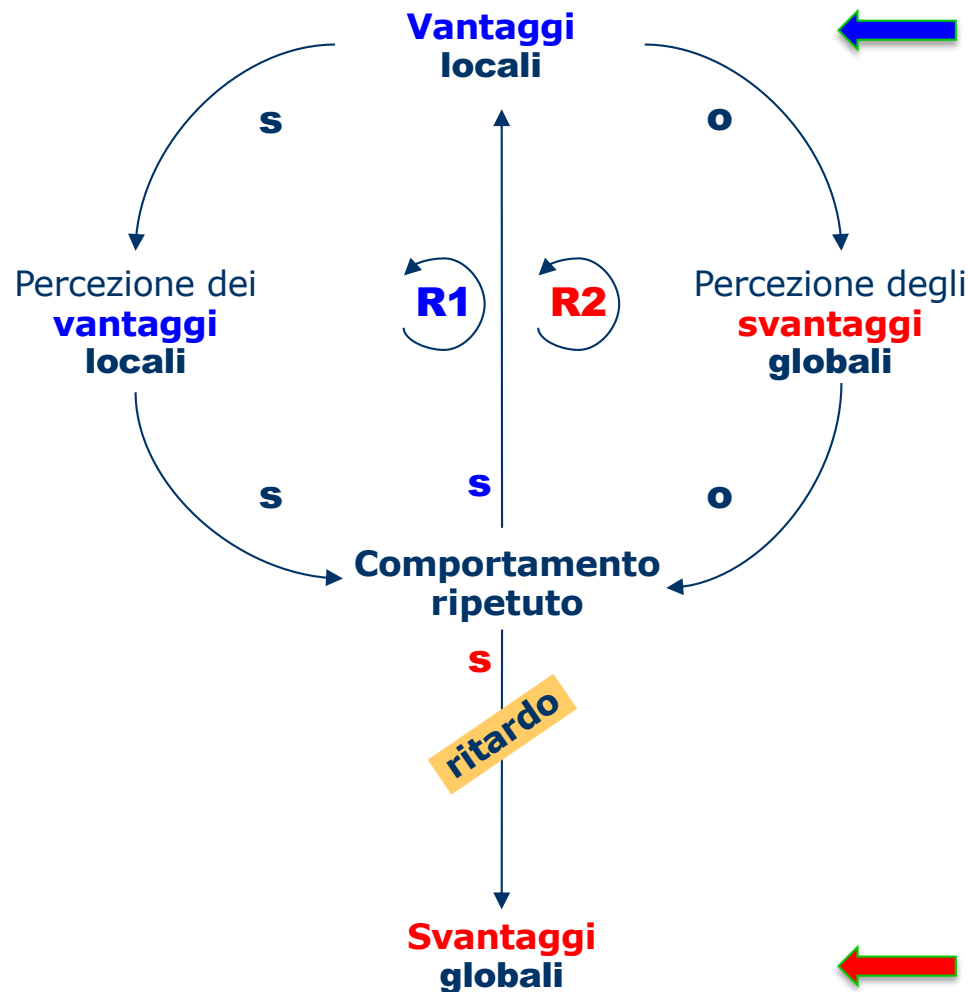
Siamo tutti propensi a dare priorità ai vantaggi per la nostra famiglia, club, associazione, dipartimento o reparto, anche se le nostre azioni potrebbero svantaggiare gli altri. Ci si sacrifica per la propria famiglia più volentieri che per la collettività.



3 - Archetipo della Miopia territoriale

Preferenze locali [Mella]

Not In My Back Yard



Archetipo della Miopia locale

o archetipo delle preferenze locali:
si preferisce ripetere un comportamento che offra **vantaggi locali**, non curandosi dei possibili **svantaggi globali su un territorio più ampio**.

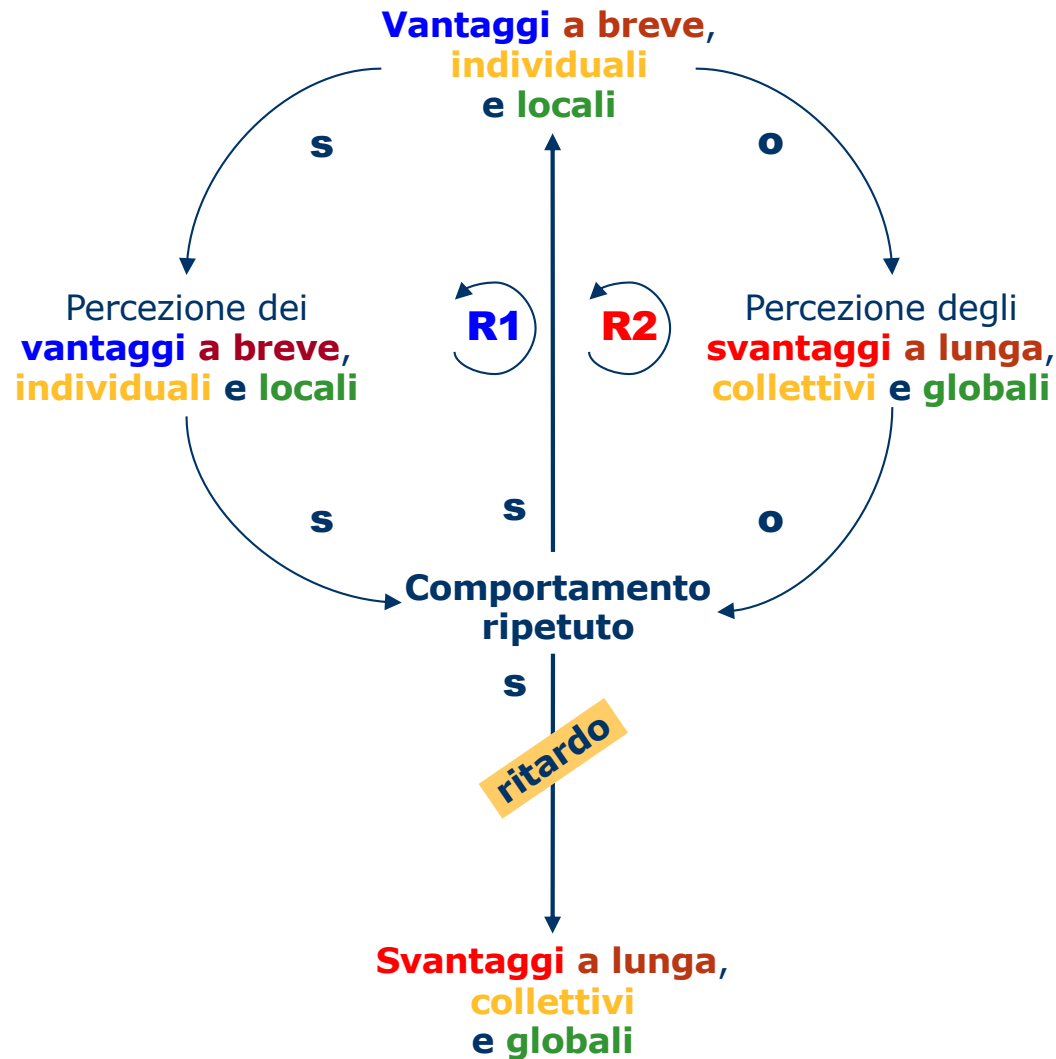
Anche se siamo consapevoli che discariche pubbliche e inceneritori sono necessari per il bene comune (o per evitare un danno comune), siamo fermamente decisi a non permettere che questi siano inseriti nelle nostre città, o nel nostro quartiere, dal momento che gli interessi locali prevalgono sui vantaggi globali che fornirebbero a un territorio più vasto.

L'**effetto NIMBY** è sempre presente. «Non nel mio cortile, non a casa mia» è la risposta individuale più comune alla richiesta della comunità di iniziare la costruzione di opere pubbliche a vantaggio della collettività.



Archetipo delle 3 Miopie

Massimo pericolo di danno [Mella]
Massima urgenza di controllo



I tre archetipi sono tutti espressione del comportamento miope degli individui (agenti decisori). Possono, pertanto, essere considerati congiuntamente, formando un unitario «Archetipo delle tre miopie».

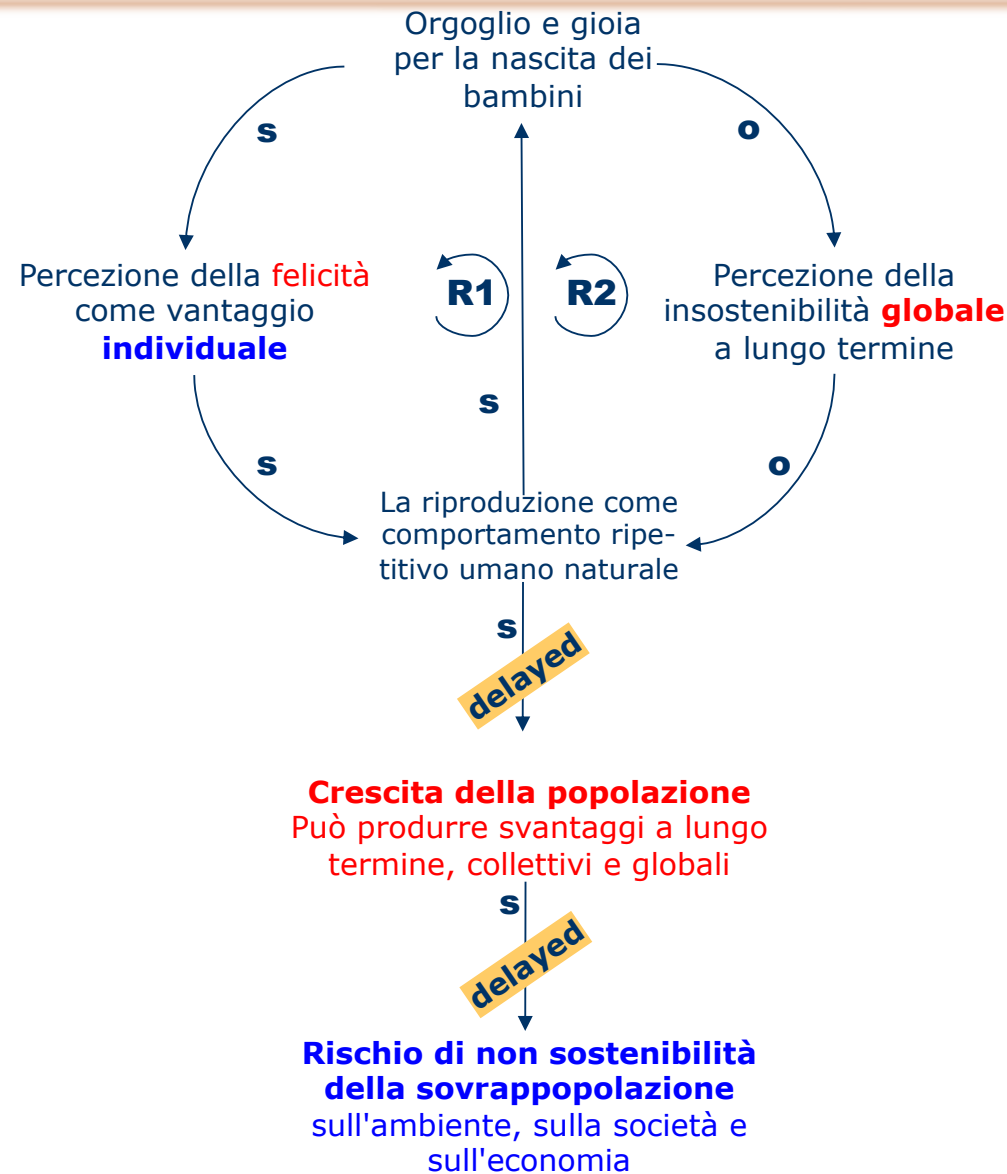
NOTA

Anche se in forma differente, il modello che interpreta il fenomeno del **Global warming** (Lezione 4) rappresenta una variante dell'**Archetipo delle 3 Miopie**.



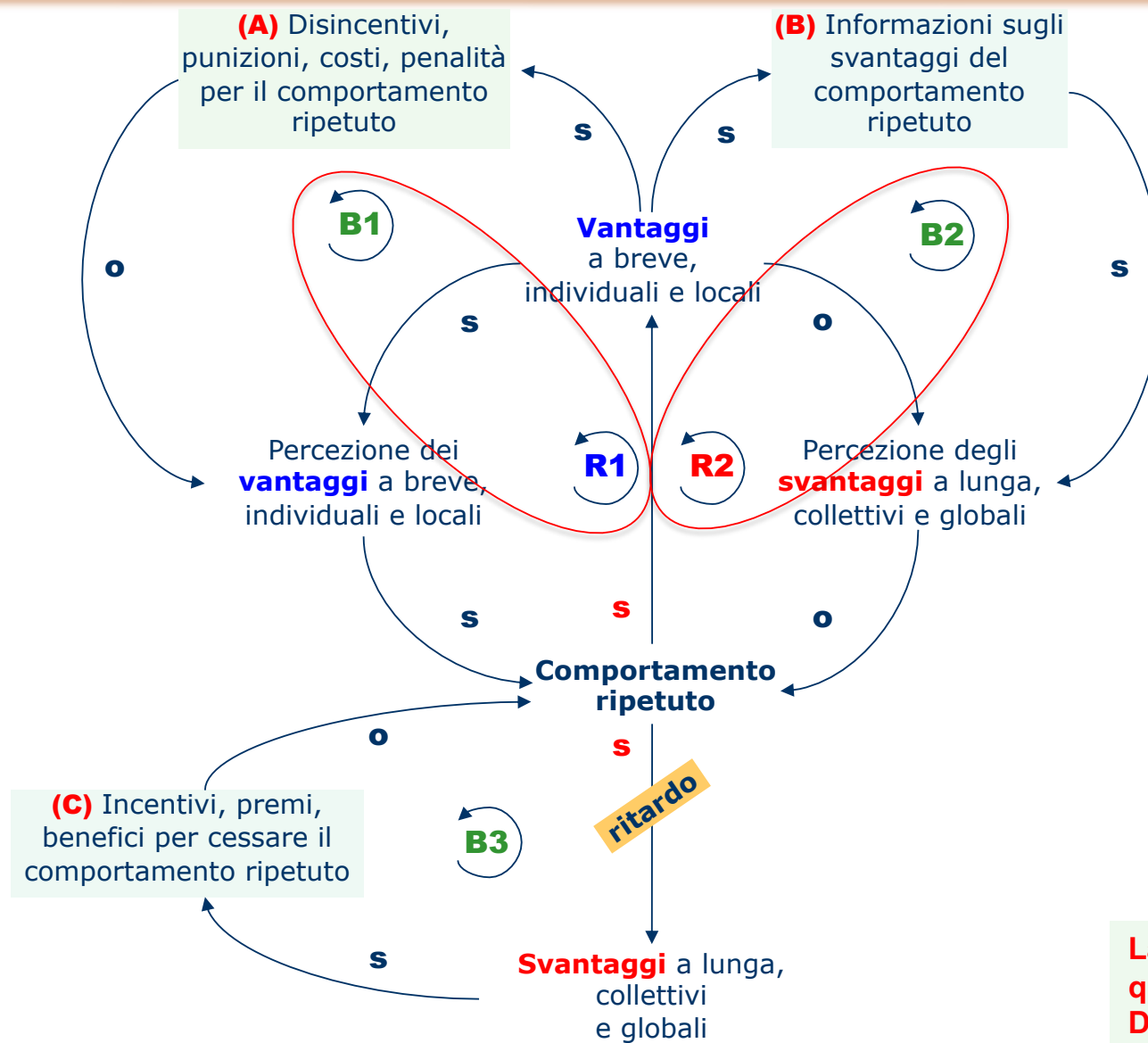
Rischi delle 3 miopie

Esempio - Rischi di sovrappopolazione



Contrastare l'archetipo delle 3 Miopie

Strategia a tre leve di controllo. II modello



La spiegazione di questo modello è nella Diapositiva seguente



Contrastare l'archetipo delle 3 Miopie

Le tre leve di controllo

- Per affrontare il problema della sostenibilità nel lungo termine del comportamento di breve termine, individuale e locale, occorre agire per cercare di contrastare gli effetti di rinforzo dei loop [R1] e [R2].
- **Tre** sono le più rilevanti **leve strategiche** per l'indebolimento di tali loop; sono state sintetizzate nel modello della pagina precedente.
 - La **prima leva (A)** consiste nel tentare di indebolire o annullare il loop [R1], con la creazione del loop di bilanciamento [B1]. Poiché i vantaggi locali rendono immediata la percezione del beneficio dell'azione ripetuta, un appropriato sistema di disincentivi, anche sotto forma di punizioni, imposizione di costi e tasse, proporzionati in qualche misura all'entità dei vantaggi, diminuirebbe la percezione della convenienza a ripetere il comportamento corrente e locale, riducendo il numero delle ripetizioni.
 - La **seconda leva (B)** di contrasto è quella che indebolisce il loop [R2], che produce una sottostima degli svantaggi di lungo periodo, tramite il loop di bilanciamento [B2]. Un'incisiva, diffusa e persistente informazione e formazione sui danni prodotti dai comportamenti ripetuti avrebbe l'effetto di portare alla coscienza dell'individuo-agente la dannosità globale delle sue azioni. La capacità persuasiva dell'informazione deve essere proporzionata all'entità dei vantaggi e degli svantaggi, individuali e locali. Quanto più questi sono rilevanti, tanto più **l'informazione deve essere insistente, ripetuta, uniforme, credibile, convincente e diffusa** anche in popolazioni di ampi territori.
 - La **terza leva (C)** è quella che agisce direttamente sul comportamento ripetuto dell'agente, con il loop [B3], offrendo incentivi – benefici sociali ed economici, premi, sgravi fiscali, ecc. – che convincano l'agente a ridurre l'intensità e la frequenza delle proprie azioni e a utilizzare processi, tecnologie e metodi che riducano gli svantaggi di lungo periodo, collettivi e globali.



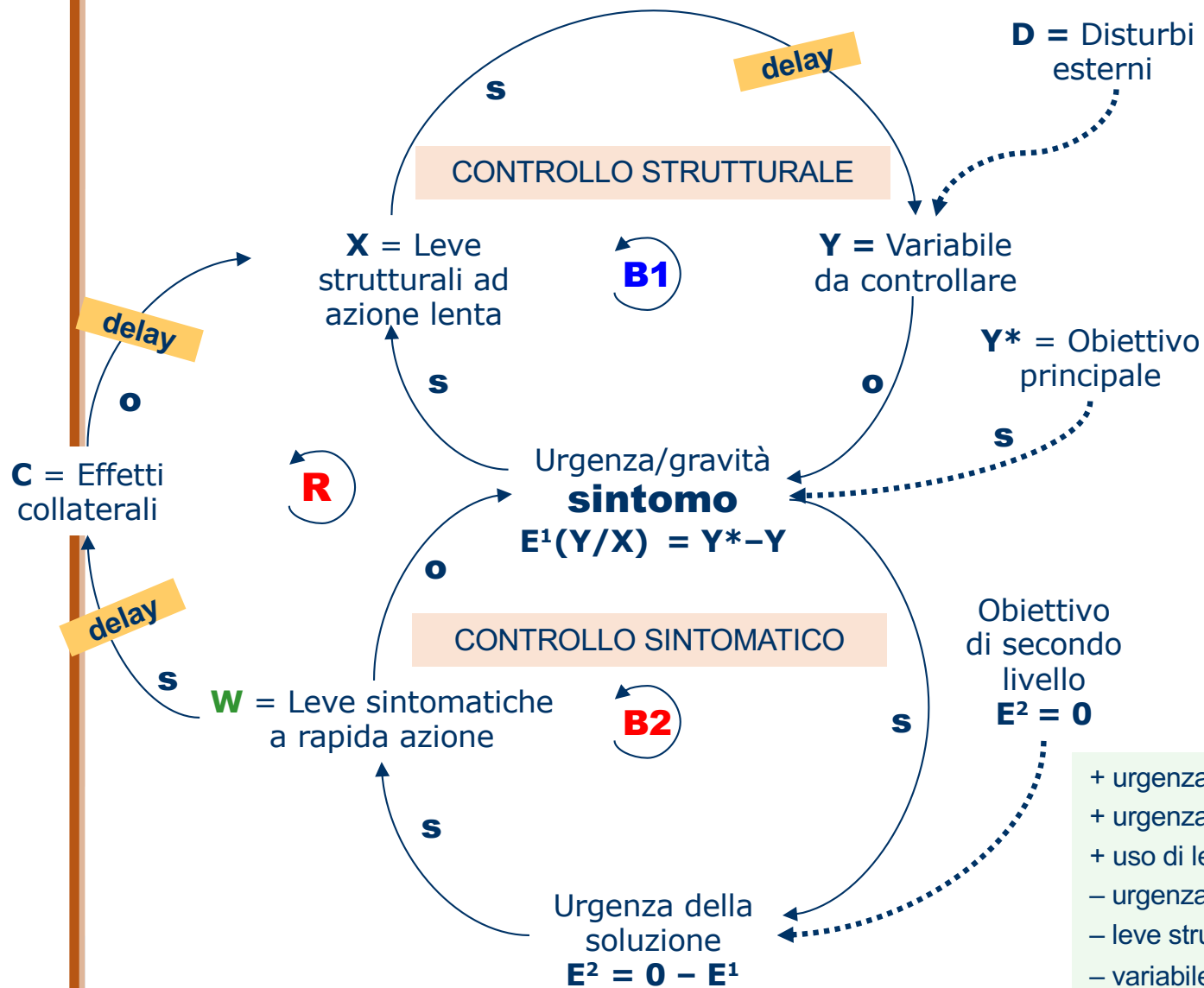
L'uomo di fronte all'urgenza

L'archetipo del «Controllo sintomatico», o «Shifting the Burden», o «Transfer» [Senge, n. 3]

- Questo archetipo descrive una situazione molto diffusa: quando sorge un **problema nella dinamica di qualche variabile**,
 - anziché ricercare una **soluzione definitiva** che elimina il problema modificando la struttura sistemica che lo produce,
 - si adotta, per **comodità**, o per **fretta**, o per **basso costo**, una **soluzione sintomatica** che nasconde il problema e lo aggrava.
 - La **febbre** non è il «problema» ma il «sintomo» di un'infezione.
 - L'**esaurimento delle scorte** non è il «problema» ma il «sintomo» di una errata programmazione della produzione e delle vendite.
 - Il **mal di testa** non è il «problema» ma, a volte, il «sintomo di stress» o di «pressione troppo alta».
 - Gli **occhi arrossati** possono essere il «sintomo» di una congiuntivite o della intensità dell'aria condizionata.
 - La **manca di soldi per cambiare l'automobile** è il «sintomo» di un lavoro non adeguato o forse di una inefficiente pianificazione del cash flow familiare.
- Dovrebbe essere evidente che: **i sintomi non sono il problema ma il segnale di qualche problema che li ha prodotti. Il problema non sta nei valori di una variabile (sintomo) ma nel «malfunzionamento del sistema» che ne produce le variazioni anomale.**
 - Se si cerca di curare la febbre con il ghiaccio sulla fronte, senza curare l'infezione con gli antibiotici, il sistema migliora per poche ore ma l'infezione si estende e si aggrava.
 - Se si cerca di rifornire il magazzino con una produzione straordinaria, senza riprogrammare la produzione e le vendite, la rottura degli stock si ripresenterà.
- **Occorre, pertanto, evitare di limitare la soluzione alla semplice eliminazione del sintomo. Risolvere il problema significa eliminare il malfunzionamento del sistema.**



La struttura dell'archetipo del «Controllo sintomatico», o «Shifting the Burden» [Senge, n. 3]



Archetipo Shifting the burden:

prediligere le leve **sintomatiche** a quelle **strutturali** o **strategiche**.

Il loop **[B1]** indica il «**sistema di controllo strutturale**», che offre la **soluzione definitiva** in quanto agisce sulla **struttura** del **problema** che si rivela tramite il **sintomo**.

Il loop **[B2]** indica il «**sistema di controllo sintomatico**», che agisce quando il sintomo è grave, persistente e insostenibile e richiede un intervento rapido direttamente sul sintomo stesso, mediante l'attivazione della leva sintomatica **W** ad azione rapida.

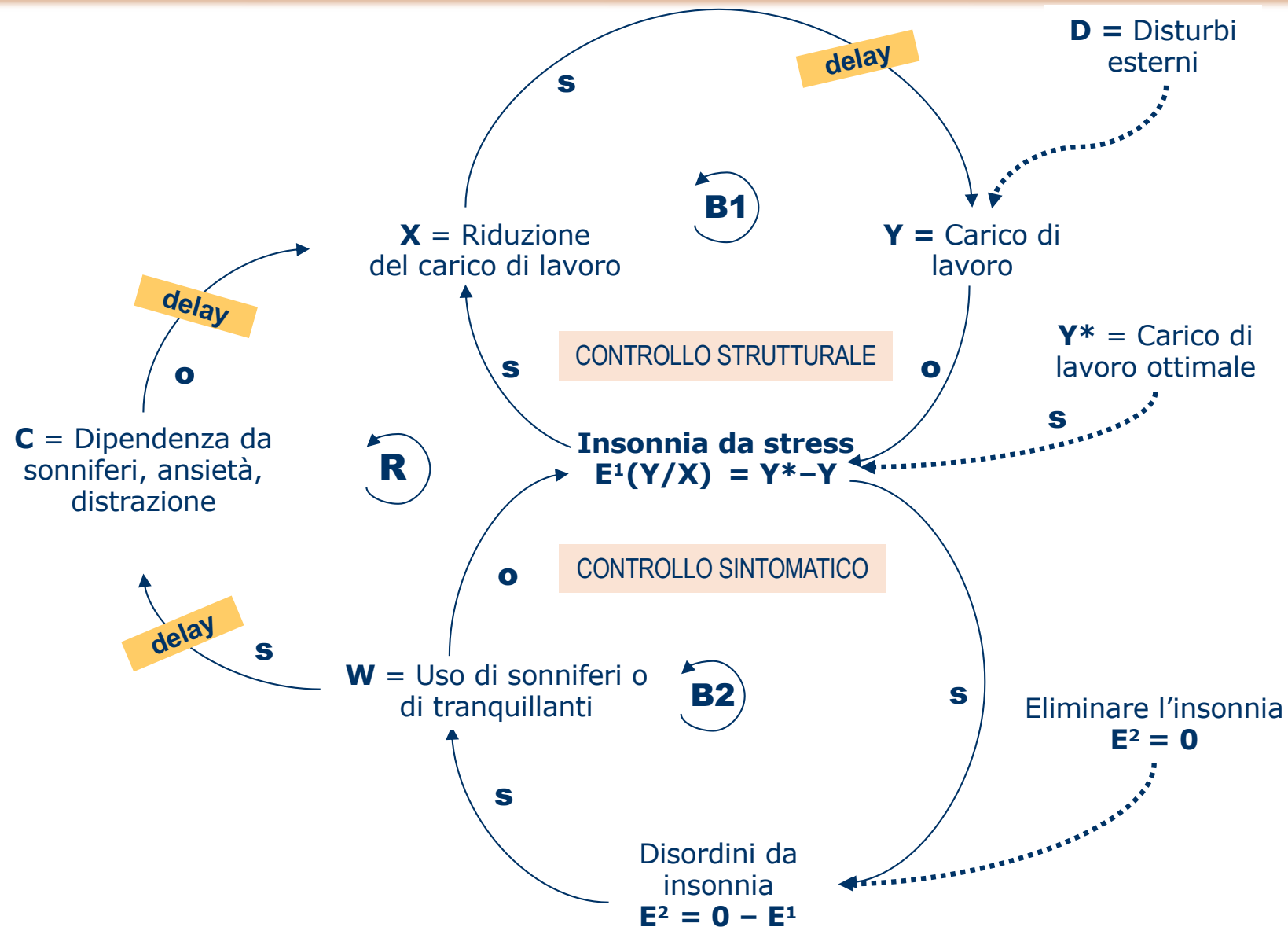
Il loop **[R]** indica che il «controllo sintomatico» può generare **effetti collaterali indesiderati** che aggravano il **problema** rendendo più difficile il «controllo strutturale».

L'impiego della leva sintomatica, W, inibisce l'azione della X

- + urgenza sintomo → + urgenza soluzione
- + urgenza soluzione → + uso di leve sintomatiche, **W**
- + uso di leve sintomatiche **W** → - urgenza sintomo
- urgenza sintomo → - leve strutturali **X**
- leve strutturali **X** → - valori variabile principale **Y**
- variabile principale **Y** → + gravità sintomo **E¹**

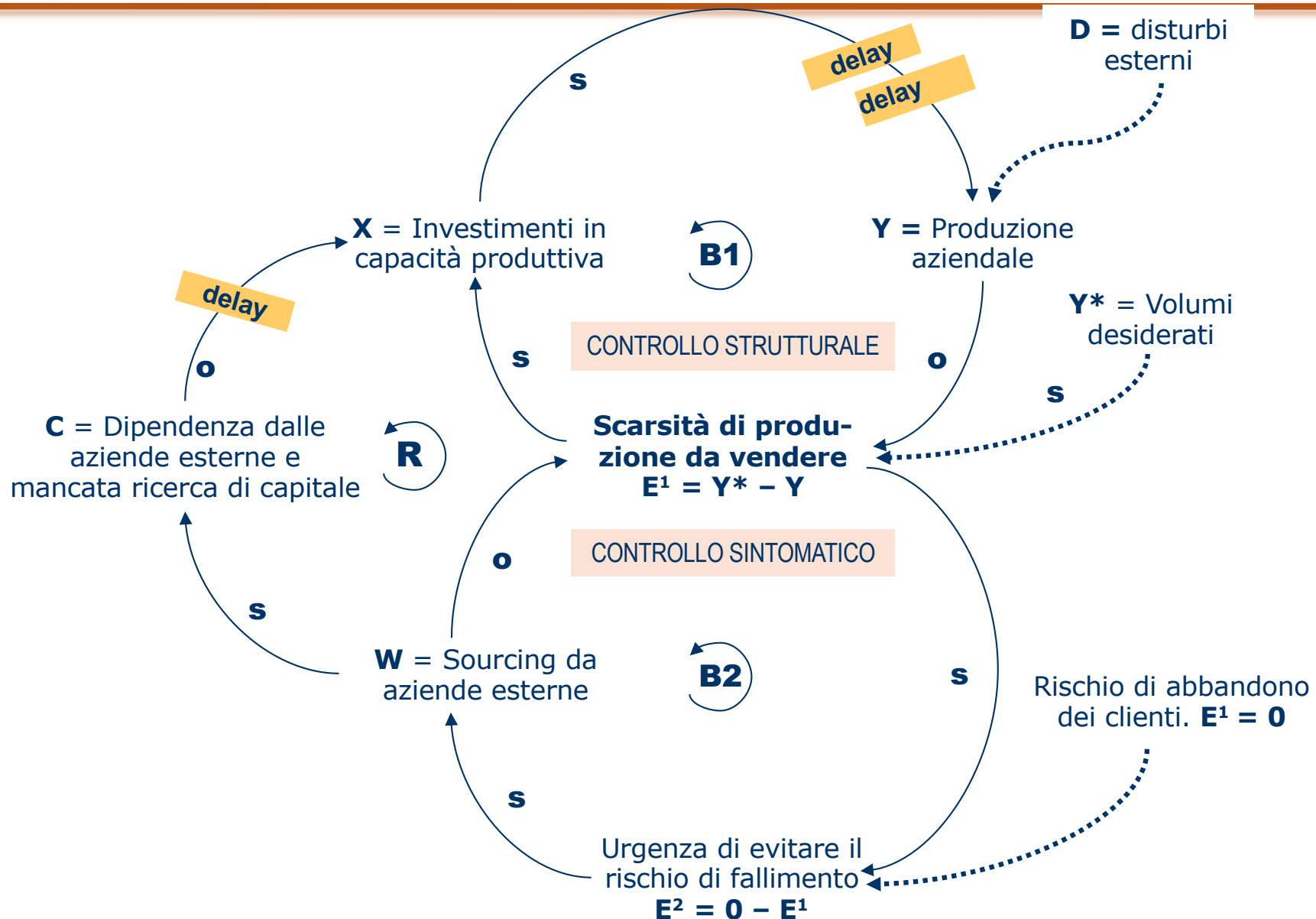


Shifting the Burden Stress



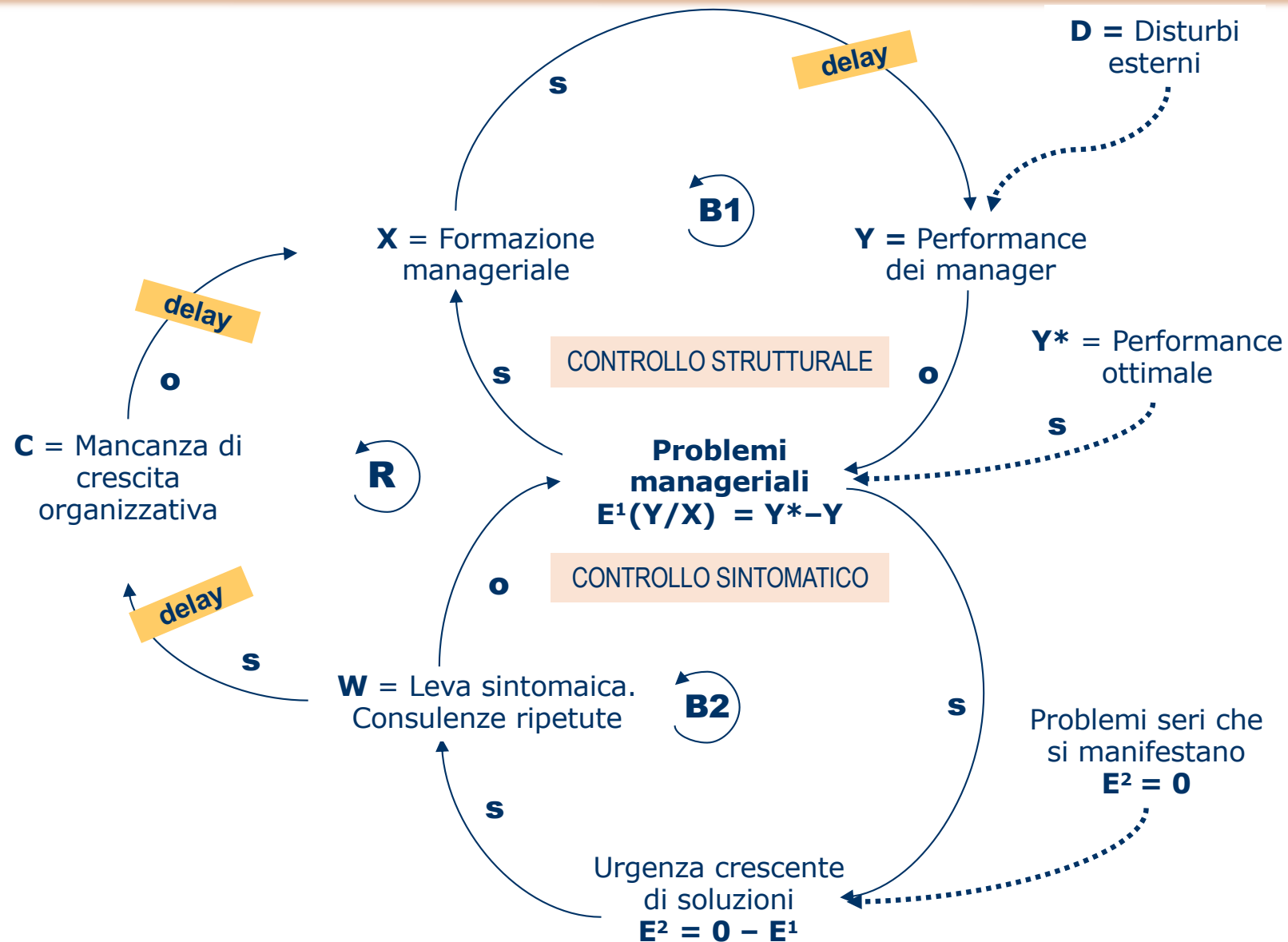
Shifting the Burden (to the intervenor)

Outsourcing



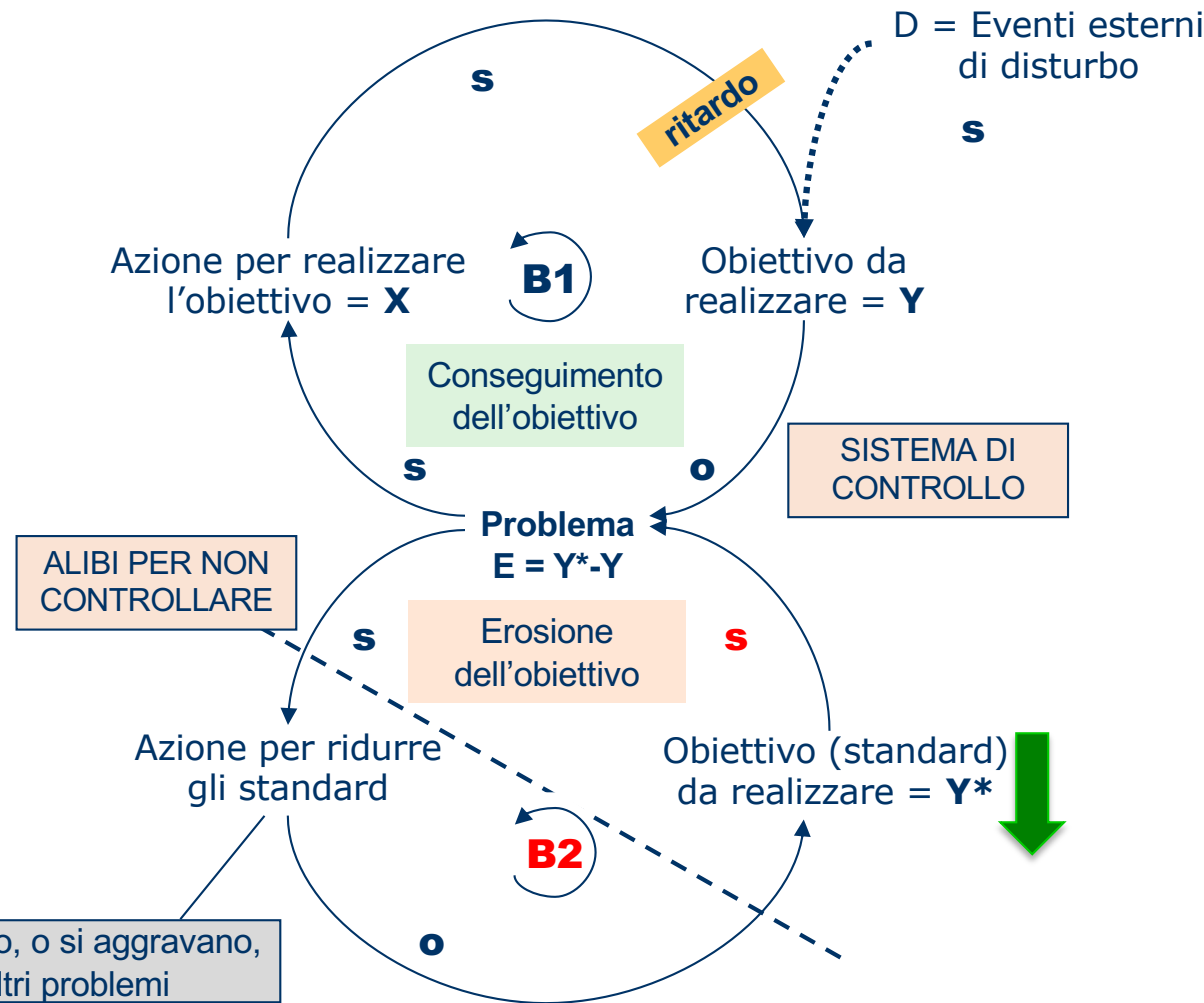
Shifting the Burden (to the intervenor)

Consulenze ripetute



L'uomo di fronte agli obiettivi

Erosione degli obiettivi. Eroding goals [Senge, n. 5]



È tremendamente dannoso.
Conoscerlo è fondamentale.

Evitarlo è un dovere.

Esso sviluppa la sua azione quando il manager-governor, percependo le difficoltà (**problema**) nel conseguire l'obiettivo prefissato, "risponde" **aggiustando l'obiettivo al ribasso**, invece di attivare le leve sistemiche che risolverebbero il problema in modo definitivo. Poiché tra **Y*** ed **E** vi è un senso di variazione "**s**", appare evidente che riducendo (**erodendo**) il livello dell'obiettivo si riduce, di fatto, anche **E** e il manager **rinuncia al controllo**.

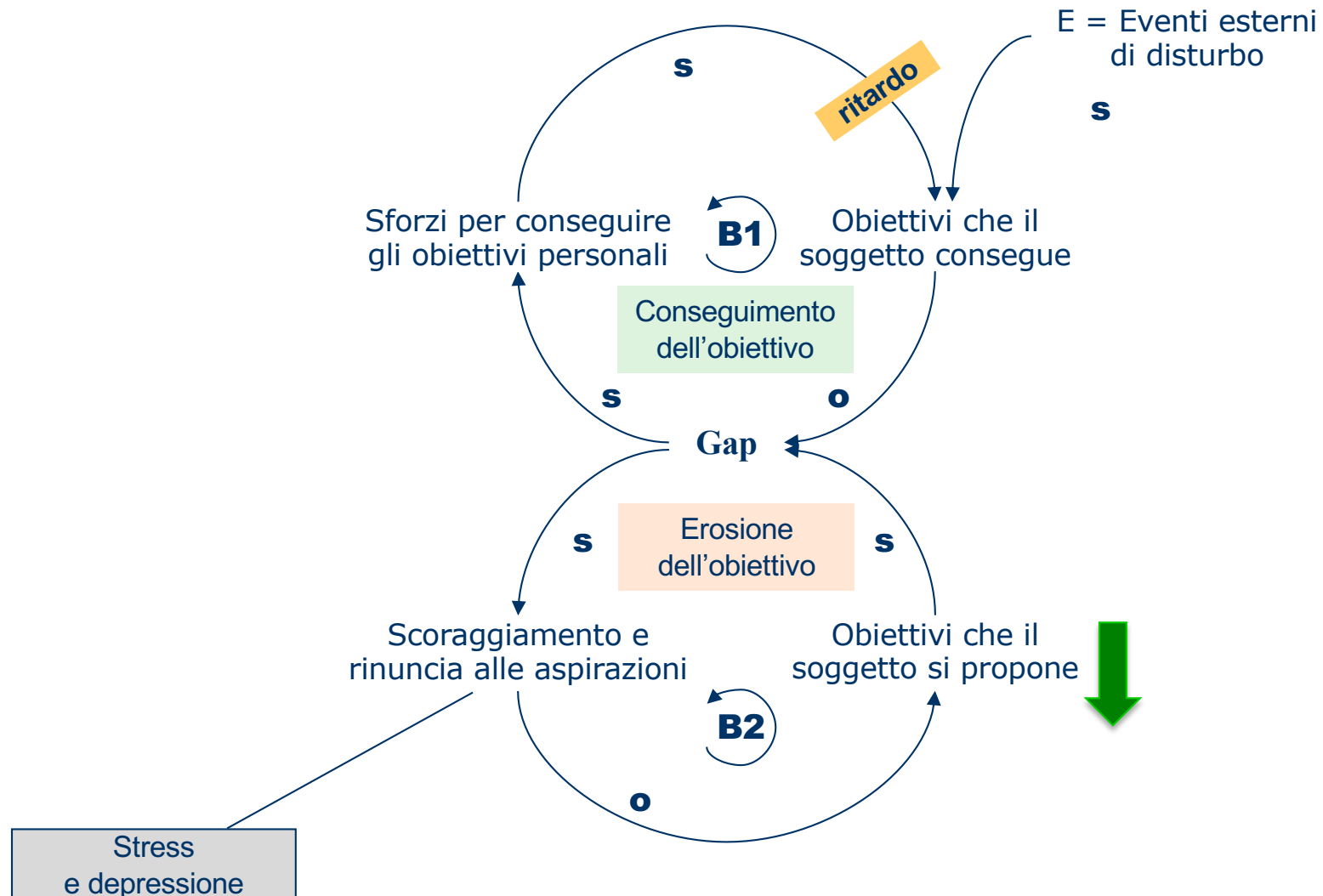
La ripetuta "erosione degli obiettivi" innesca una "**spirale di degrado**" delle performance dell'individuo/organizzazione.

Il tasso di inquinamento dell'aria ha superato le soglie? Alziamole per legge. I colibatteri nell'acqua del nostro golfo sono troppo elevati e la balneazione può essere compromessa? Alziamo la tolleranza con un decreto comunale. Le emissioni nell'aria stanno innalzando la temperatura del pianeta in modo preoccupante, perché il protocollo di Kyoto non viene rispettato? Rinviamone l'applicazione di qualche anno. Le carceri sono stracolme e le condizioni di convivenza diventano proibitive? Alziamo la tolleranza sociale per piccoli furti, truffe, episodi di violenza e deliberiamo indulti e amnistie (questo è anche un controllo sintomatico).

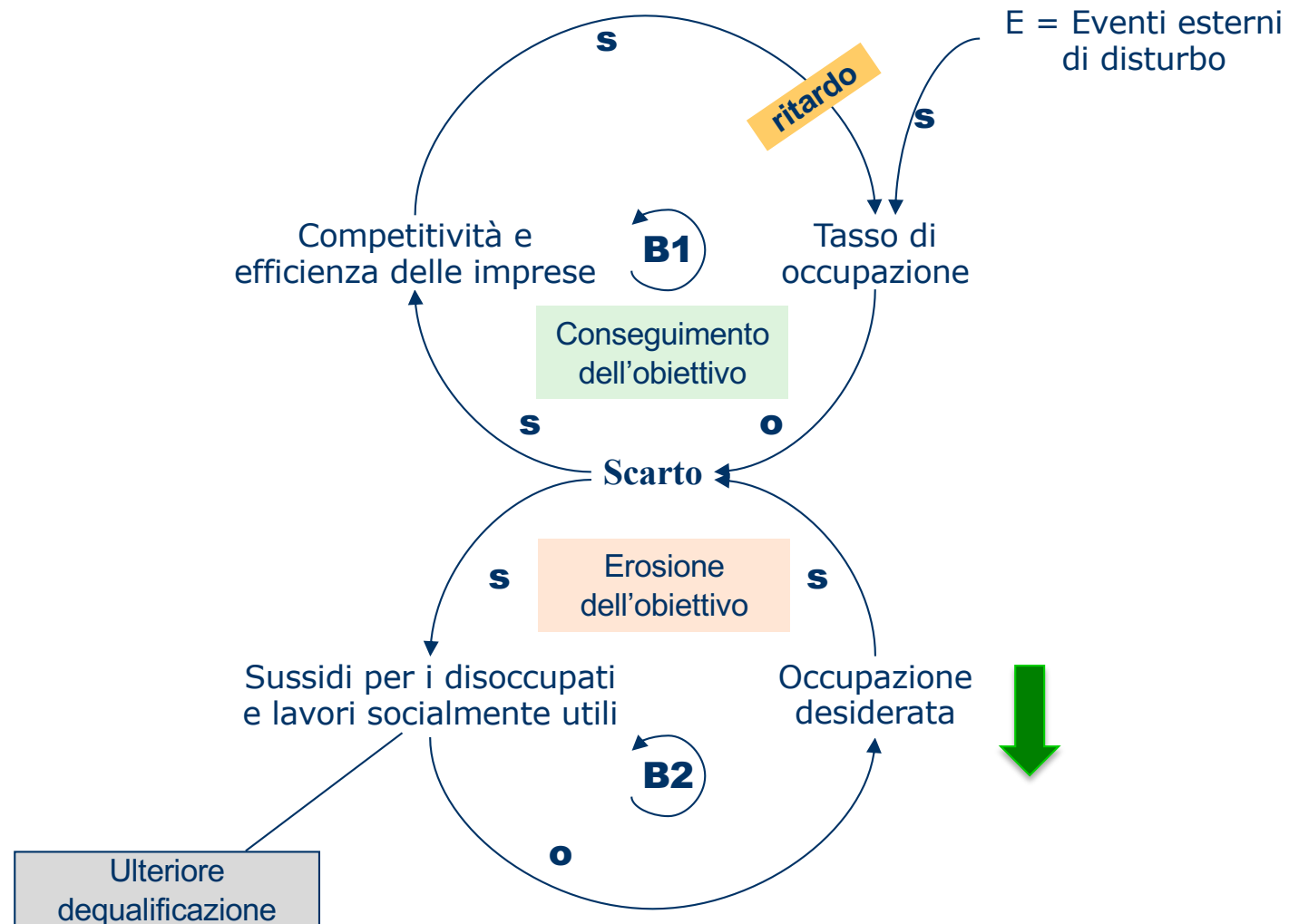


Eroding goals

Nella nostra vita

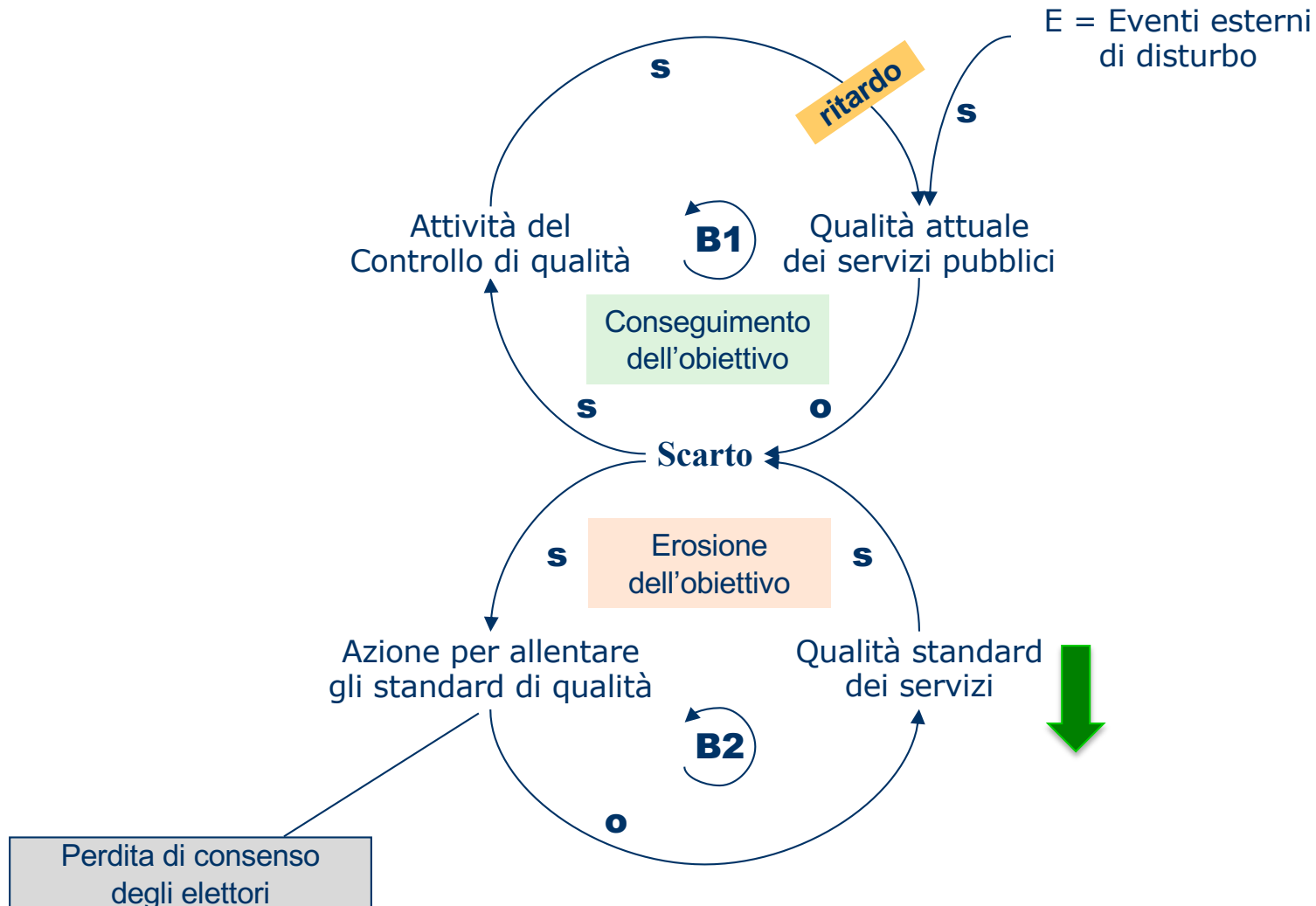


Eroding goals Nella società



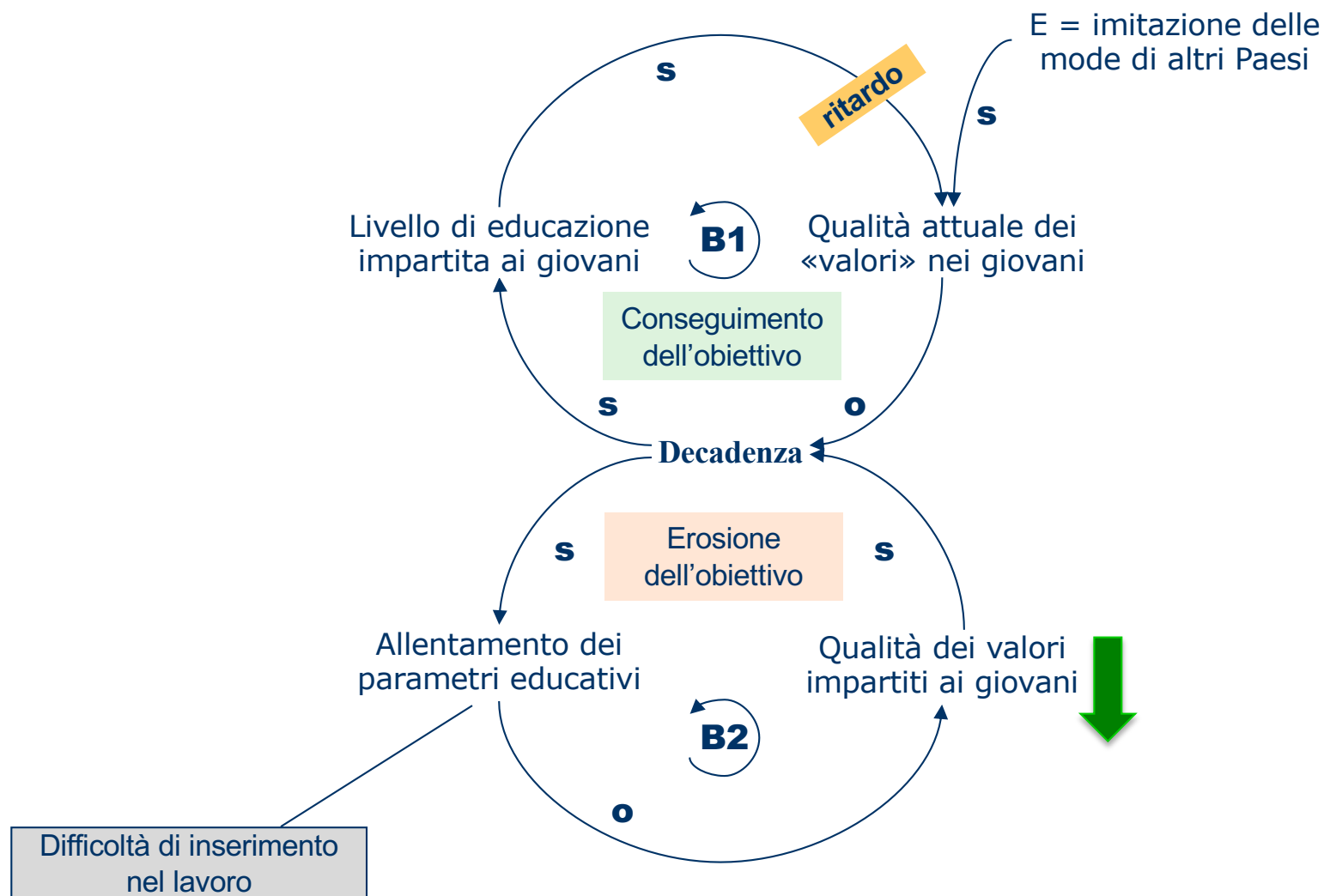
Eroding goals

Nelle aziende pubbliche



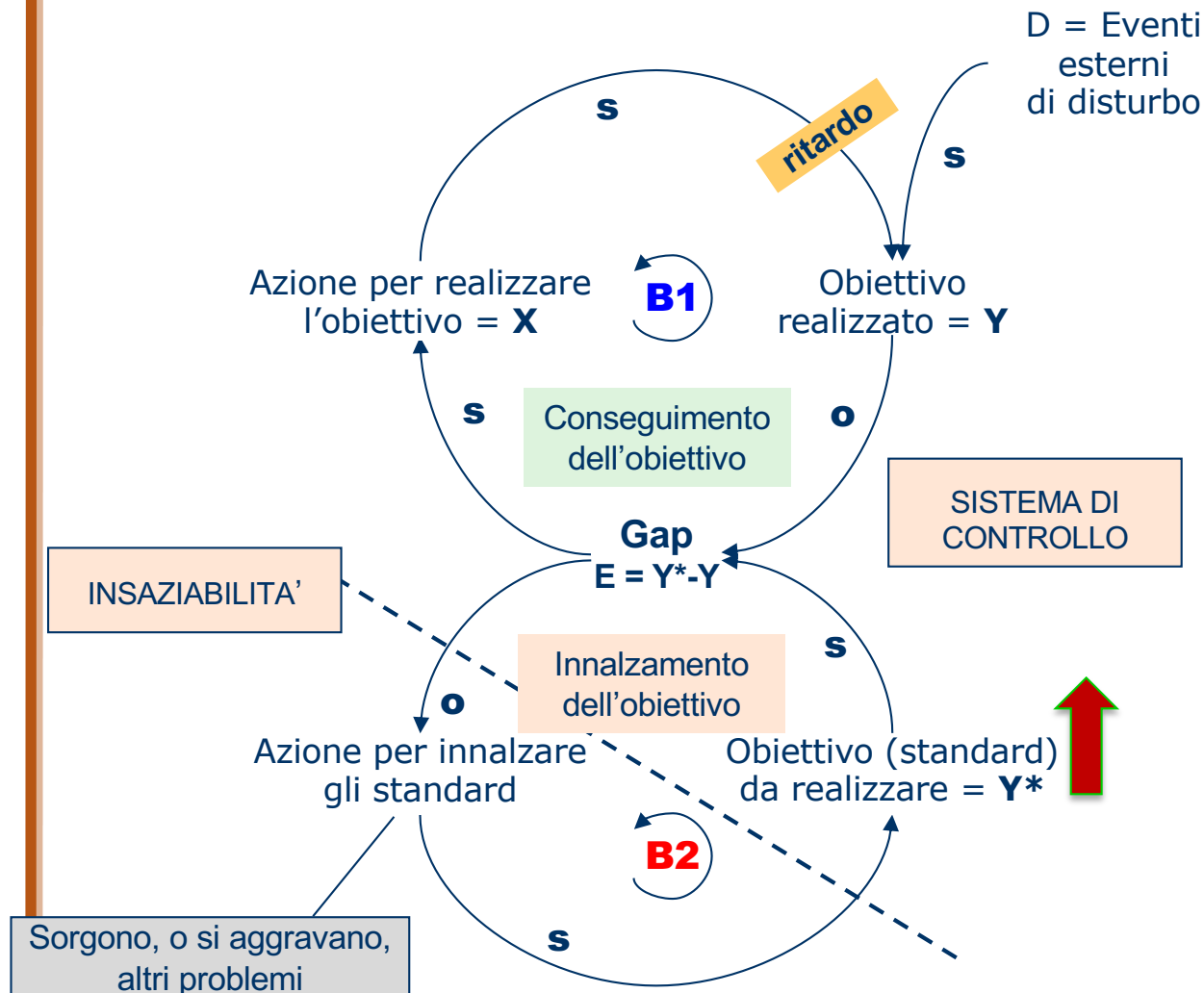
Eroding goals

Nei processi educativi



L'uomo di fronte agli obiettivi

Archetipo dell'insaziabilità o Strengthening goals [Mella]



L'archetipo dell'**Erosione degli obiettivi** ammette una variante speculare che potremmo denominare dell'**Insaziabilità** (o **Strengthening goals**).

Esso agisce quando il manager-governor, avendo conseguito l'obiettivo Y^* [$E=0$], invece di attivare il loop **[B1]**, riducendo l'azione della leva **X**, agisce per innalzare nuovamente il livello di Y^* , attivando il loop **[B2]**, con la conseguenza di aumentare nuovamente il **Gap**, costringendo il loop **[B1]** a riprendere la propria azione.

Si produce un nuovo **Gap** che il sistema cerca di azzerare. Il manager-governor, però, aumenta nuovamente il livello dell'obiettivo, e lo fa numerose volte, come se fosse "**insaziabile**" e desiderasse sempre più elevati livelli di performance.

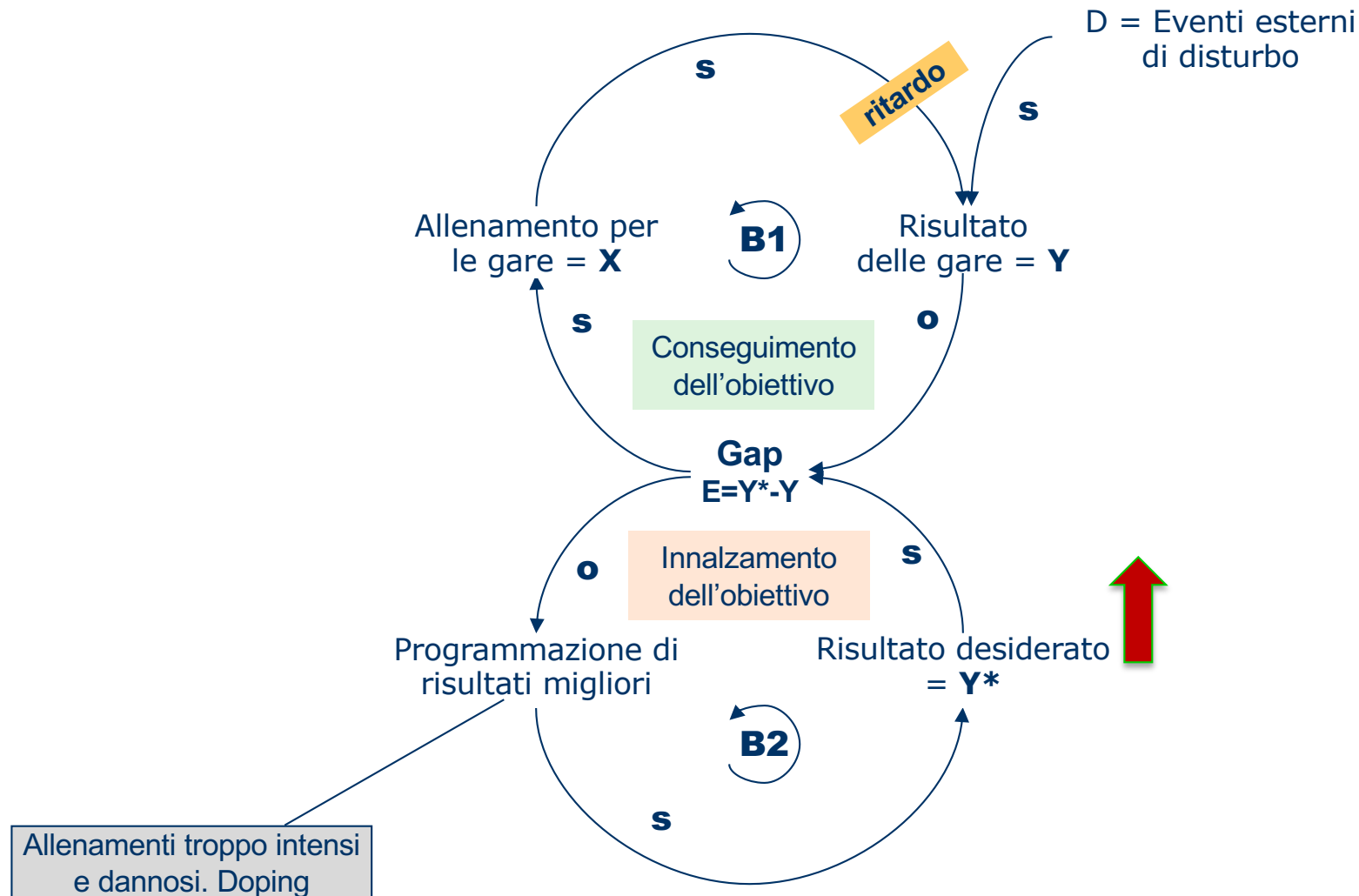
Coloro che si trovano assoggettati a quest'archetipo non riusciranno mai a essere soddisfatti e, quando non diventano frustrati, finiscono con il sottoporre se stessi, e i collaboratori, a uno stress da prestazione insopportabile, fino anche all'auto distruzione.

In molti casi, tuttavia, il comportamento dell'uomo "insaziabile" presenta lati positivi: miglioramento continuo, progresso, scoperte scientifiche, ecc.



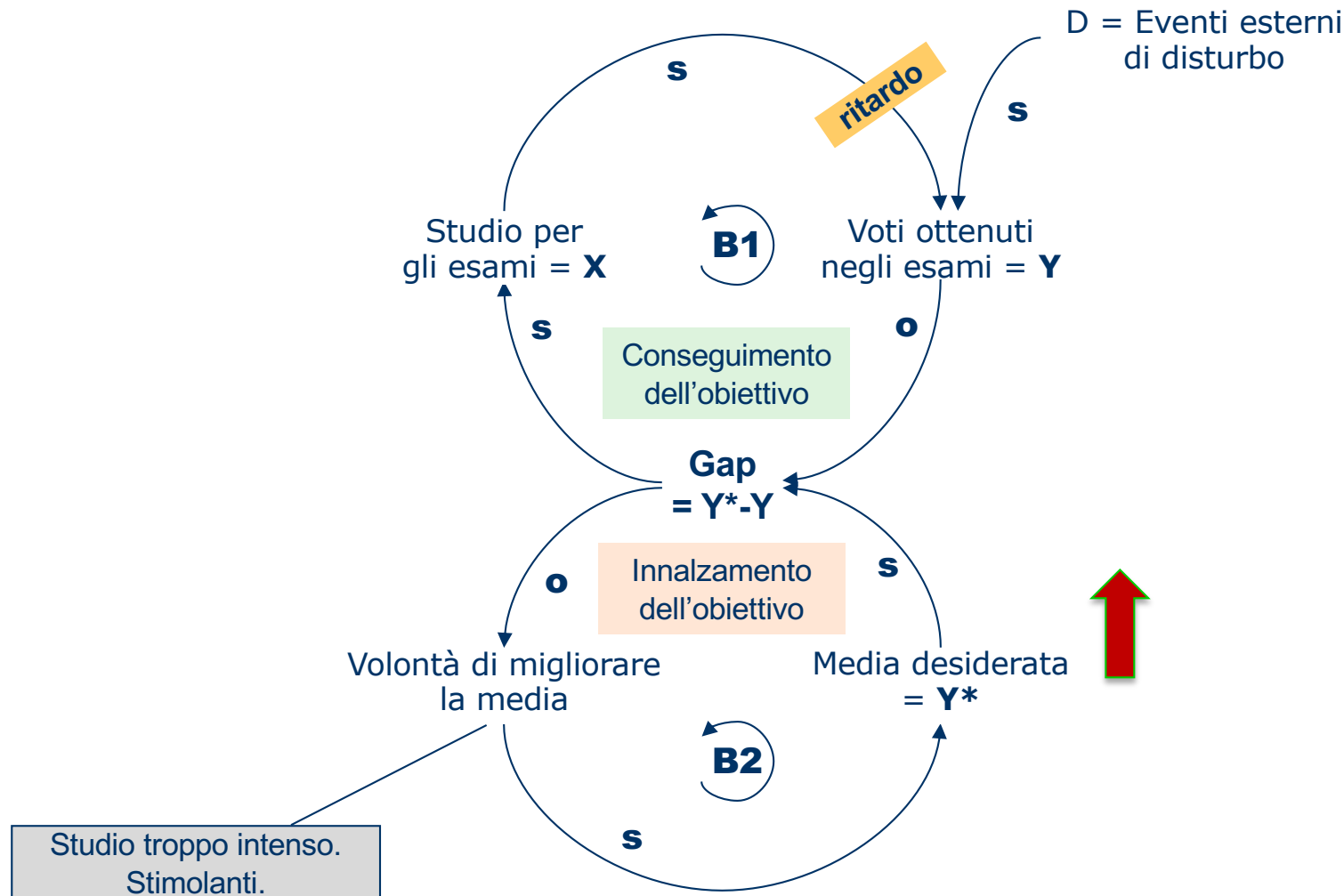
Insaziabilità

Degli atleti e degli allenatori



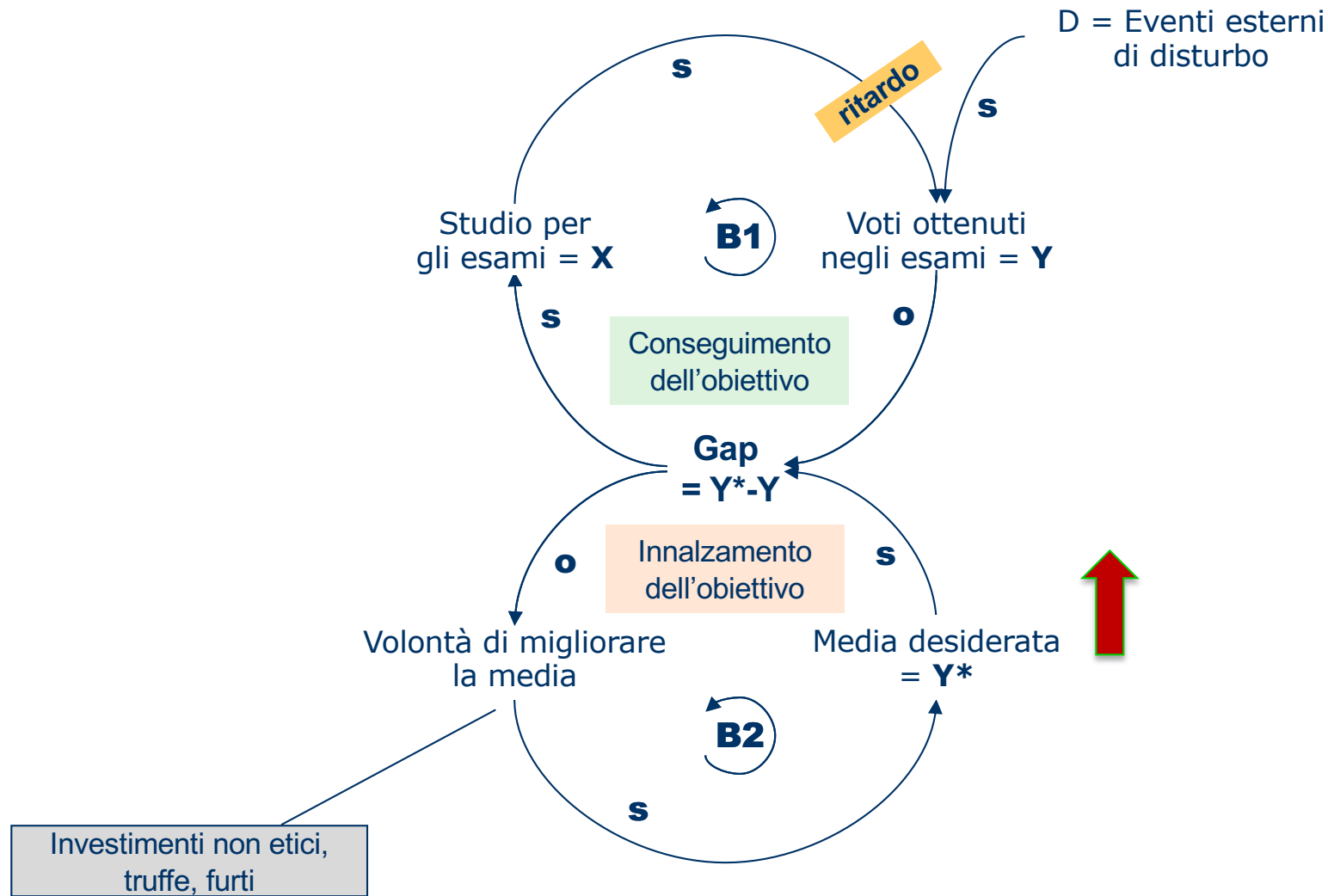
Insaziabilità

Dei genitori e dei parenti per lo studio e la ricerca



Insaziabilità

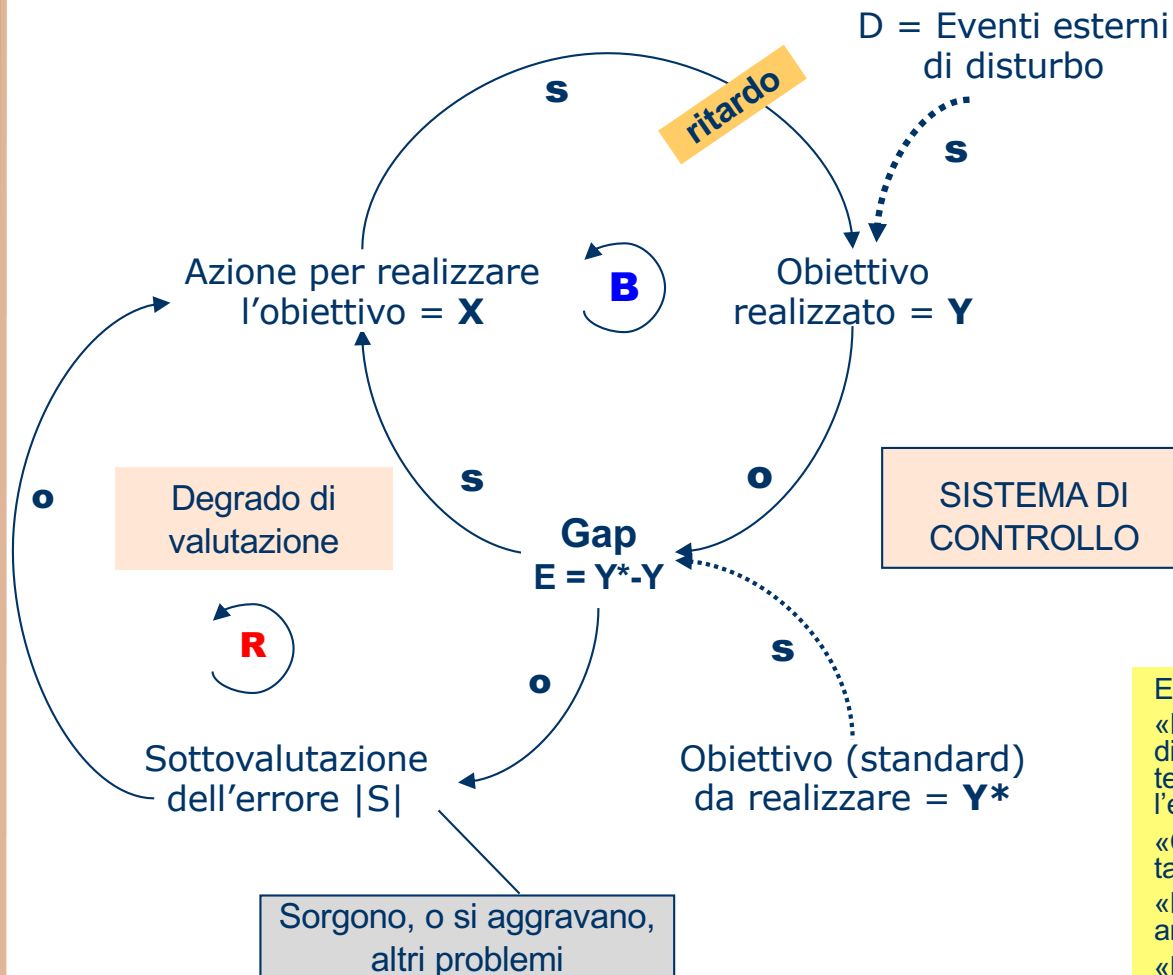
Aspirazione alla ricchezza



L'uomo di fronte agli obiettivi

Degrado di valutazione dell'errore

Degradation of the error assessment [Mella]



L'archetipo del “**degrado di valutazione dell'errore**” è alquanto dannoso.

Conoscerlo è utile. Evitarlo è impossibile. I soggetti che ne sono colpiti sono “ritardatari cronici”.

Questo archetipo agisce quando occorre controllare una scadenza, un'ora di appuntamento, un livello di rottura di una scorta in magazzino (serbatoio, provviste), ecc.; in tutti i casi, cioè, nei quali l'errore, E , è costituito da una distanza temporale o da un limite da raggiungere.

Quando l'errore, E , è “**grande**”, il manager manovra la X in modo adeguato per ridurlo: **[B]**; quando E diventa “**piccolo**”, il manager tende a **sottovalutarne la grandezza**, ritenendo che vi sia ancora tempo per agire sulla X e raggiungere il **tempo del controllo, t^*** .

Rallenta, quindi, la regolazione di X con l'inevitabile conseguenza di allontanare il **tempo del controllo, t^*** , e di “arrivare in ritardo”: **[R]**.

Ecco alcuni emblematici esempi:

«È il momento di ordinare il nuovo lotto di materie», dice il direttore della produzione. «Lo farò domani, tanto c'è ancora tempo», risponde il responsabile del magazzino, che, per l'ennesima volta, produrrà la rottura dello stock.

«Controlla la pressione degli pneumatici!»; «Lo farò domani, tanto c'è ancora tempo!»; risultato: gomma a terra.

«Porta il cane a fare i bisognini!»; «Lo farò tra poco, tanto c'è ancora tempo!»; risultato: il pavimento da pulire.

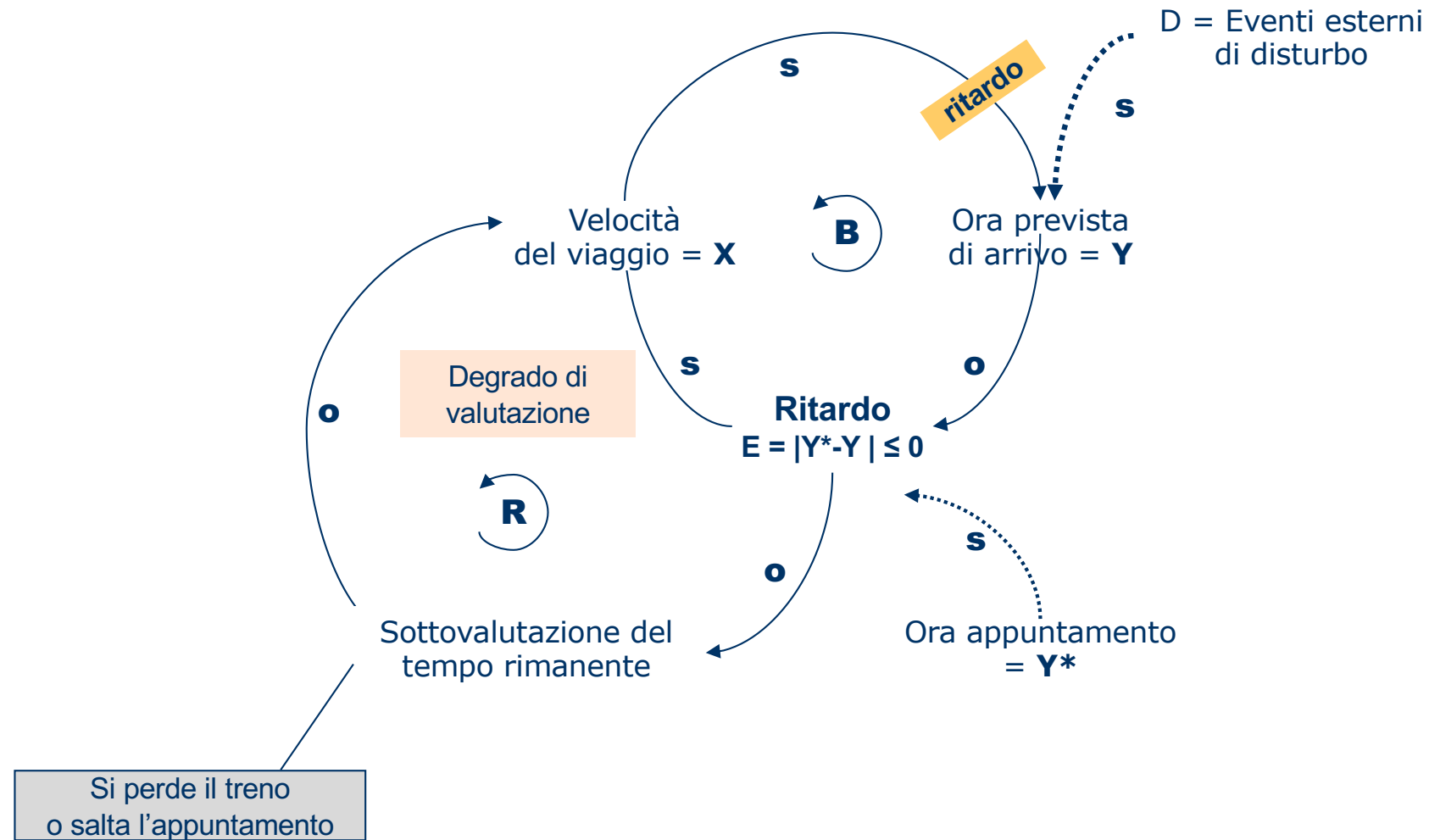
«Partiamo, perché è ora!»; «Tra poco, tanto ce la facciamo!»; risultato: il film è già iniziato.

«Studia, perché hai l'esame tra poco!»; «Figurati! Ce la faccio comodamente»; risultato: si salta l'appello.



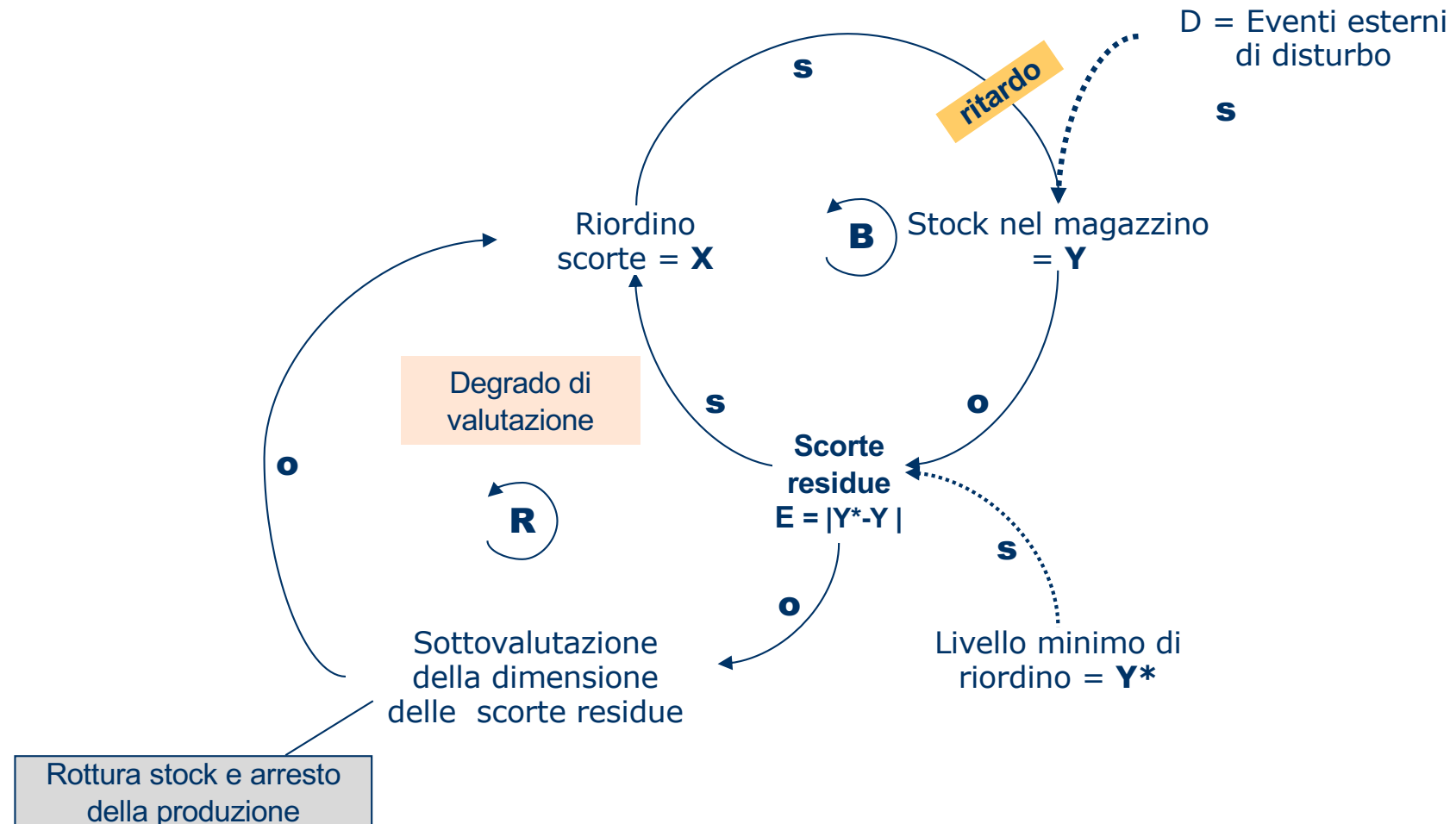
Degrado di valutazione dell'errore

Arrivo in ritardo



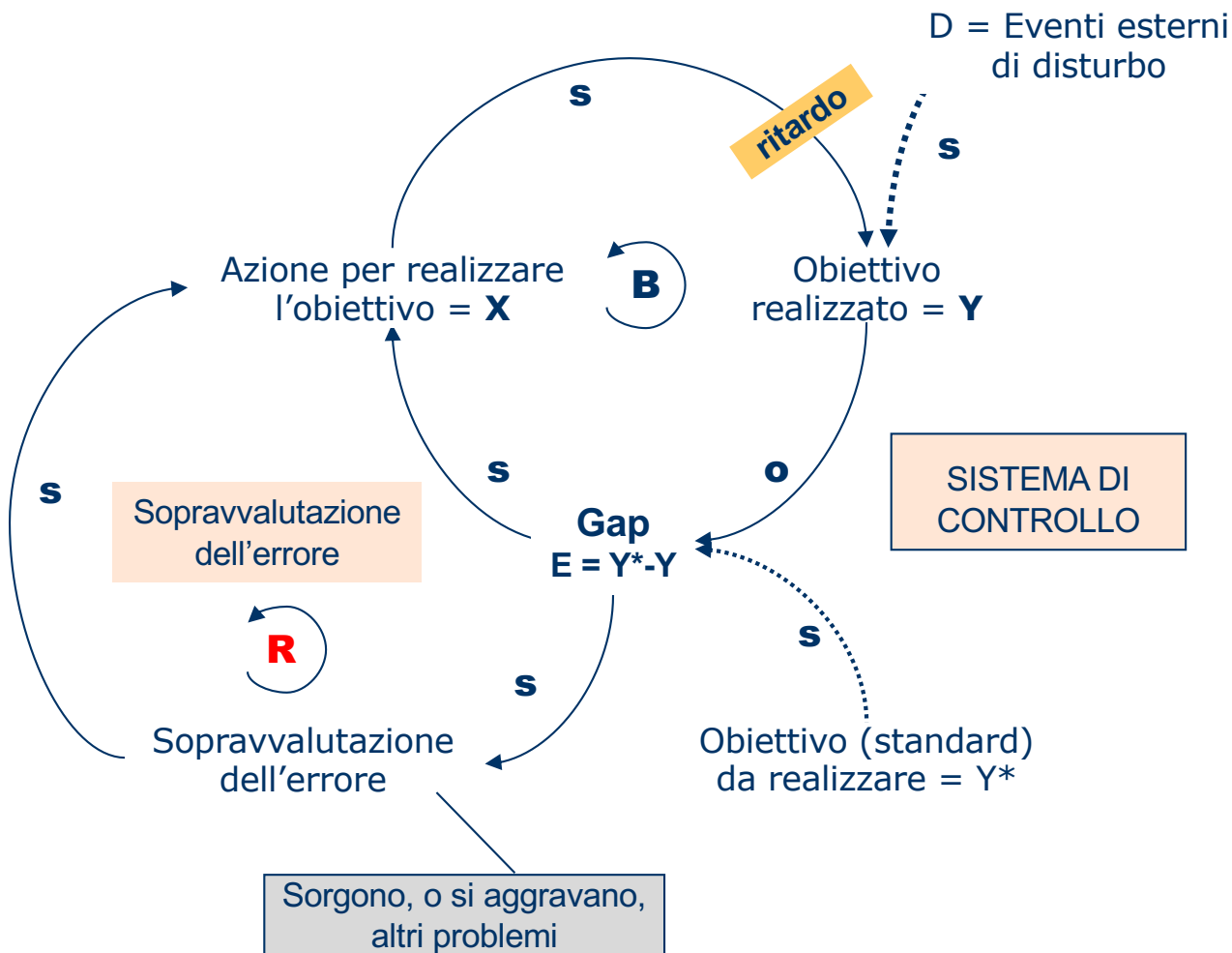
Degrado di valutazione dell'errore

Rottura dello stock



L'uomo di fronte agli obiettivi

Archetipo dello Accanimento [Mella]



È un altro tipico malfunzionamento dell'apparato di rilevazione e di valutazione dello scostamento $E = Y - Y^*$ che produce una **sopravvalutazione** di **E**, così che decisore sovradimensiona l'azione della leva decisionale.

I soggetti che sono colpiti da questo archetipo si **accaniscono** nell'evitare il pur minimo errore così che il manager-governor cerca di conseguire il controllo dell'obiettivo in modo rigido, senza ammettere la minima tolleranza.

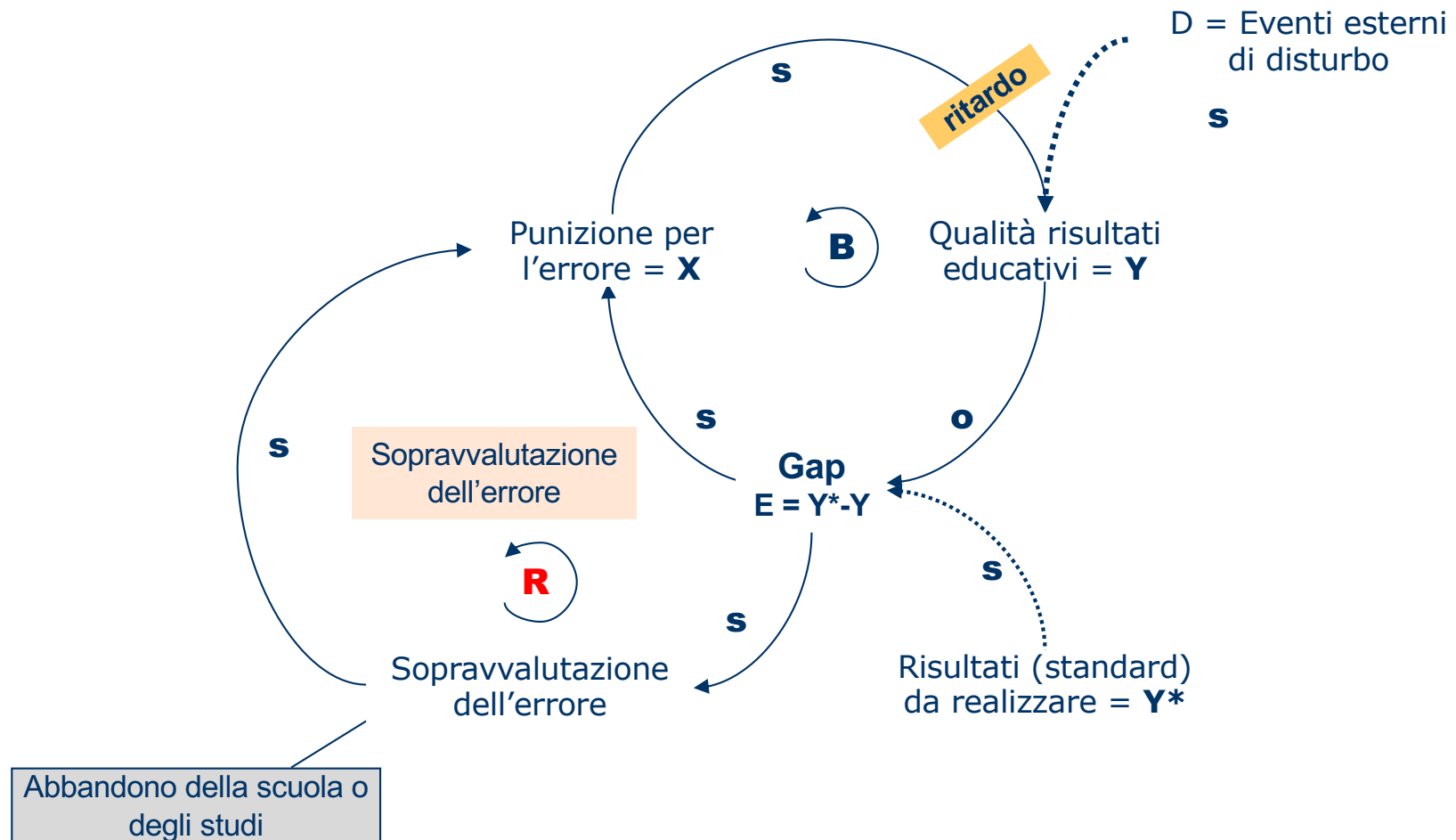
Anzi, quanto più l'errore diventa "piccolo", tanto più viene **sopravvalutato**, così che il manager si **"accanisce"** nell'agire sulla **X** per produrre il **"controllo perfetto"**.

Riconoscerete questo archetipo quando un vigile vi multa per avere superato il limite di velocità di pochi chilometri orari, o il Fisco vi sanziona perché avete scritto il dato corretto in una riga sbagliata o il dirigente vi rimprovera per avere consegnato la pratica con un minuto di ritardo.



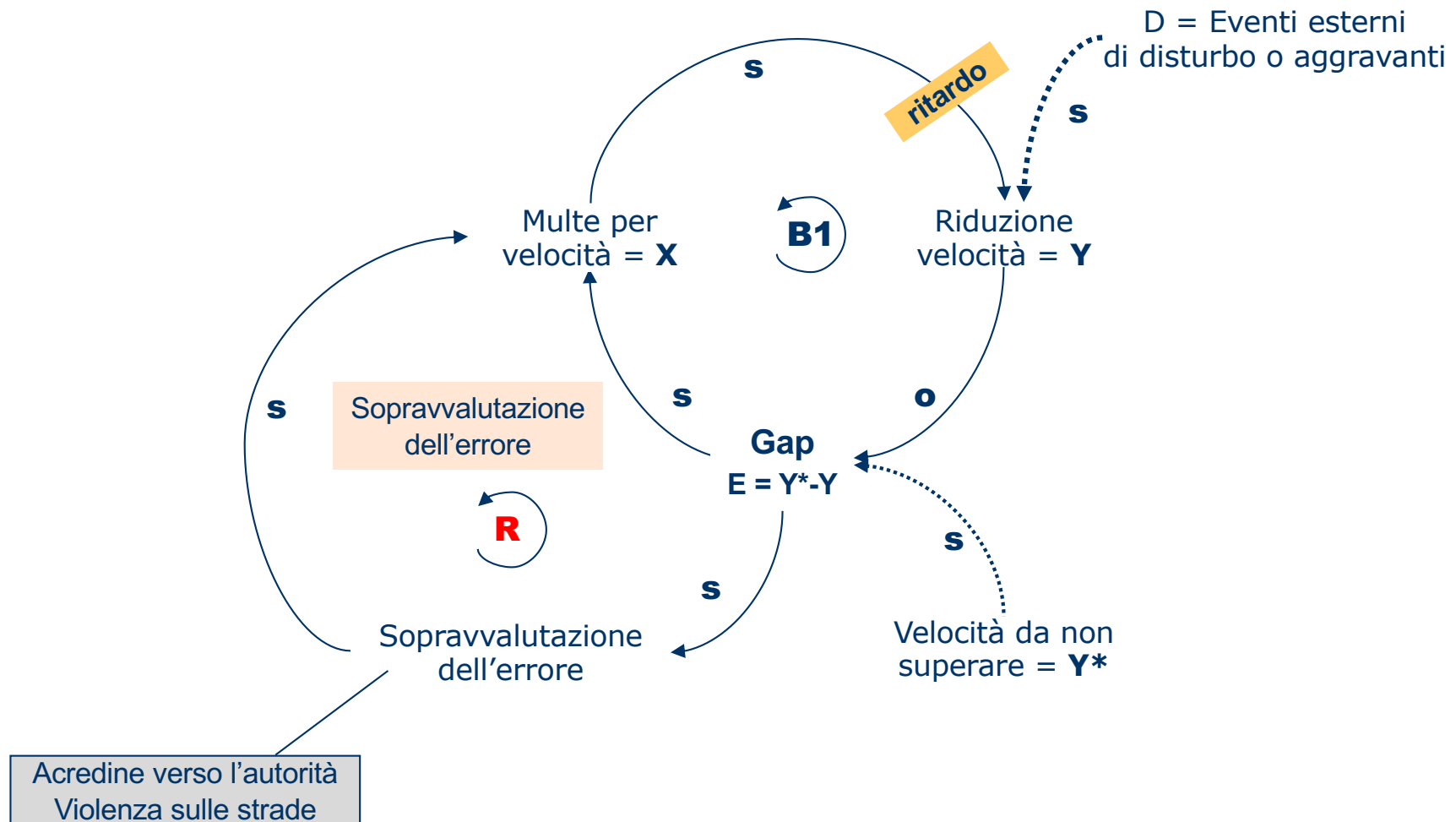
Accanimento

Severità eccessiva in ambito educativo



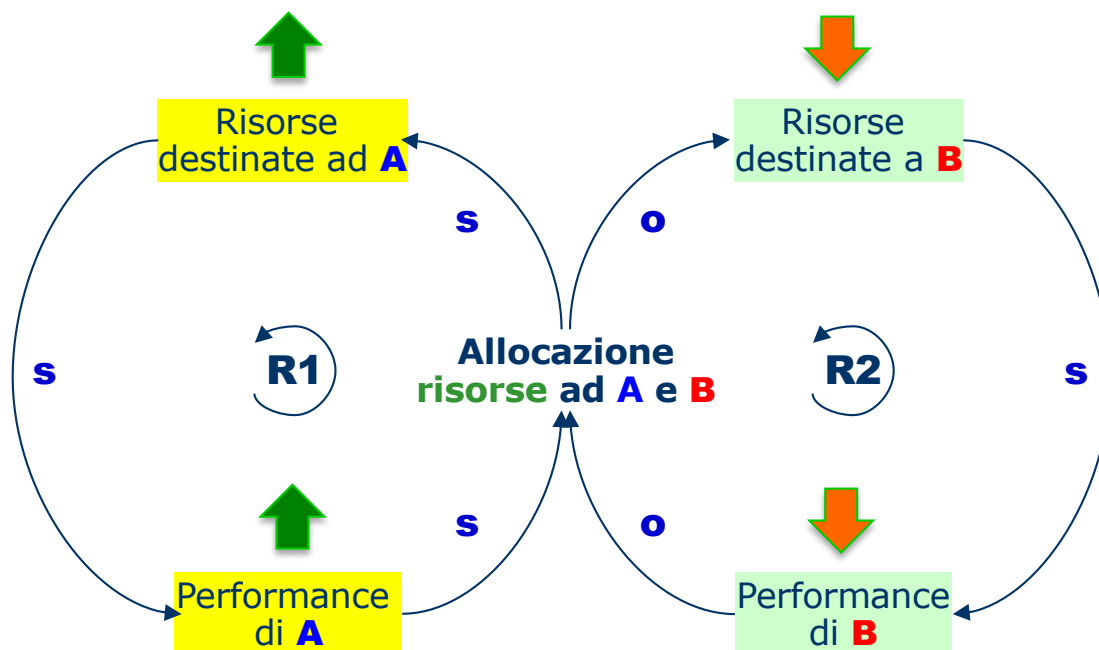
Accanimento

Controllo punitivo di velocità



L'uomo di fronte alla ripartizione

Successo a chi ha successo
Success to the successful [Senge, n. 7]



L'archetipo del “**successo a chi ha successo**” è alquanto dannoso perché può agire in ogni circostanza e in ogni ambiente, danneggiando gli individui e le organizzazioni.

È indispensabile conoscerlo per evitarlo.

L'archetipo agisce quando il manager-governor deve **allocare «risorse» fisse** di qualche tipo tra due (o anche più) soggetti (enti, organizzazioni, territori, ecc.), **A** e **B**, e decide la **ripartizione proporzionale alle loro performance** storiche o ipotizzate.

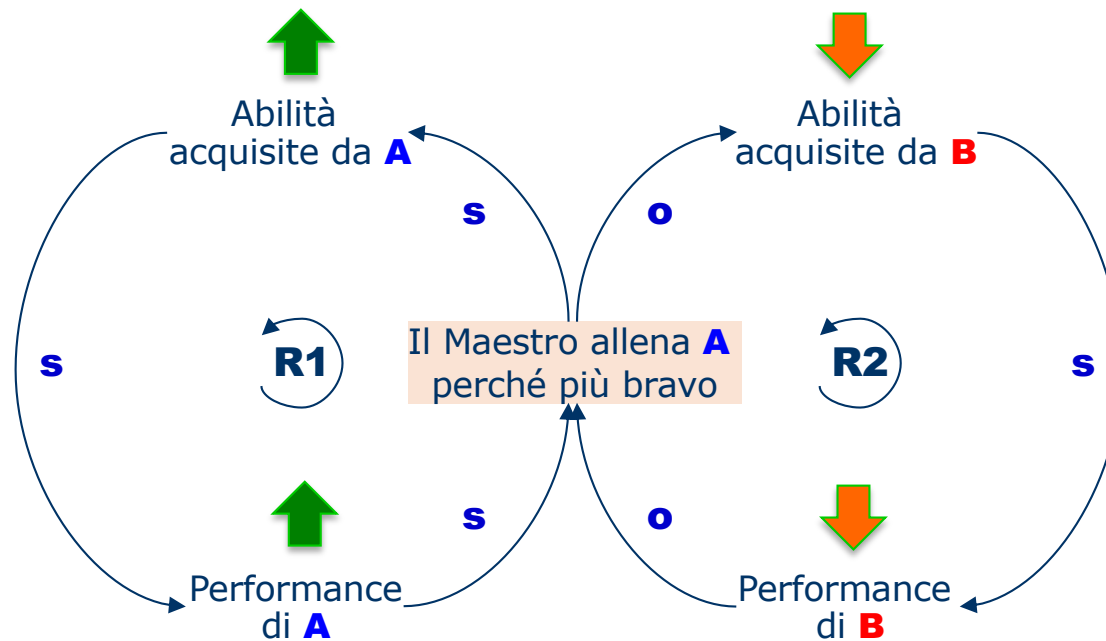
Destinando, per esempio, più risorse ad **A**, si favorisce la crescita delle performance di **A**, mentre **B** riduce le sue performance, così che, **nella successiva allocazione**, una quantità maggiore di risorse viene nuovamente allocata ad **A**.

Il soggetto **B**, ricevendo minori risorse, otterrà performance inferiori a quelle di **A**, così che **nella successiva allocazione**, **B** rimane sfavorito rispetto ad **A** e difficilmente **B** uscirà dallo stato di inferiorità rispetto ad **A**.



L'uomo di fronte alla ripartizione

Successo del più abile nello sport



Ecco l'archetipo in azione.

I nostri figli hanno un diverso successo negli studi? Dovremmo provare a premiare quello con i migliori voti, comprando un nuovo i-Pad, e negare un regalo a quello con i voti insufficienti per fargli capire che non siamo soddisfatti della situazione? Il rischio è di indurgli uno stato di frustrazione che ridurrà ulteriormente il suo rendimento.

Il ministro deve ripartire i fondi tra Università (lo stesso vale anche per fondi di facoltà e di dipartimento) e lo fa in proporzione alla qualità della ricerca e dell'insegnamento, non tenendo conto della qualità e del numero degli studenti in arrivo?

Mio figlio, vuole imparare a «tirare di scherma» ma si lamenta perché il Maestro allena con maggiore intensità gli allievi con più esperienza ed organizza incontri e mini tornei solo tra coloro che devono prepararsi per le gare. Gli allievi con minore esperienza rimangono sempre "al palo", osservando invidiosi i compagni che possono allenarsi con il Maestro. Ho disegnato a mio figlio il modello dell'archetipo. Ha capito, e mi ha guardato sconsolato, consapevole del fatto che rimarrà sempre «un dilettante» perché solo i più bravi diventano sempre più bravi. Spero che cambi idea



Contrastare l'archetipo del Successo a chi ha successo

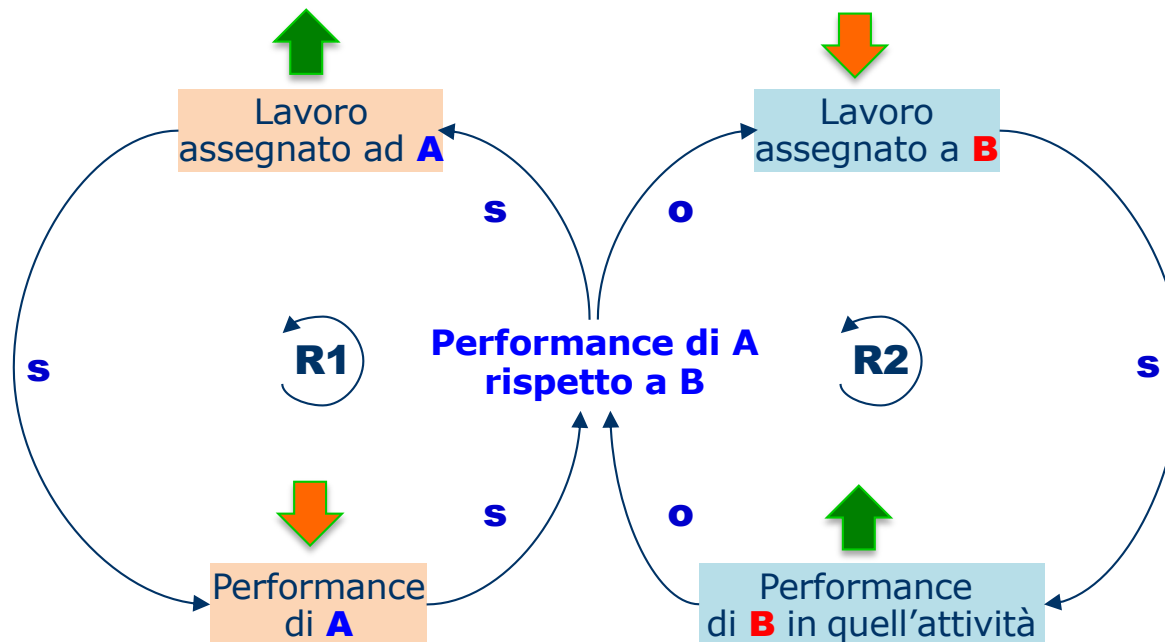
- Questi Archetipo rappresenta produce un evidente esempio di **«path dependence» perchè un iniziale flusso differenziale di risorse produrrà un differenziale di prestazioni permanente** (Arthur 1994, Liebowitz and Margolis 1998). Colui che riceve risorse in proporzione alle performance, rafforza la sua posizione; chi ha basse performance non riceve risorse (o si vede ridotte quelle precedentemente distribuite) e peggiora le sue prestazioni.
- Proprio per questo, l'archetipo produce un altro importante **effetto dannoso**: esso **crea concorrenza** nel raccogliere risorse, e questa competizione continua ad accrescersi, con il rischio di sfociare in un **aperto conflitto**.
- Tre sono le **leve strategiche** per contrastare l'Archetipo e ridurre i suoi effetti negativi.
 - **Puntare sulle potenzialità future**, non sulle performance passate; il manager decisore che effettua l'assegnazione delle risorse non deve privilegiare il mero successo storico ma valutare le **potenzialità future** di **A** e di **B**.
 - **Incentivare la cooperazione**, rendendo evidente ad **A** e **B** il vantaggio di abbandonare la logica della **competizione**, ricercando, invece, **forme di cooperazione per lo sfruttamento comune delle risorse globalmente assegnate**.
 - **Attuare un'alternanza**; nell'impossibilità di convincere i soggetti **A** e **B** a cooperare mettendo in comune le risorse, il manager-decisore deve cercare di predisporre una **norma** o un **regolamento**, una **procedura** che stabilisca **un'alternanza** nella distribuzione delle risorse, indipendentemente dalle performance passate.



L'uomo di fronte all'allocazione

Punizione del più abile

Punishment for success [Mella]



L'archetipo della “punizione del più abile” è parallelo al precedente ma opera in modo inverso. Essendo dannoso, conoscerlo è utile. **Evitarlo è difficile.**

Questo archetipo agisce quando il manager-governor, dovendo **allocare un lavoro (pesante, gravoso, impegnativo, time consuming)** di qualche tipo tra **A** e **B** e decide l'allocazione secondo le performance passate dei soggetti, **scegliendo il più abile.**

Se **A** ha ottenuto in passato migliori performance rispetto a **B** nell'eseguire simili lavori, con grande probabilità il manager tenderà ad allocare il nuovo lavoro ancora ad **A**, che impara a farlo in modo sempre più efficiente per non soccombere alla fatica, (loop **R1**) generandolo schema comportamentale descritto dal modello.

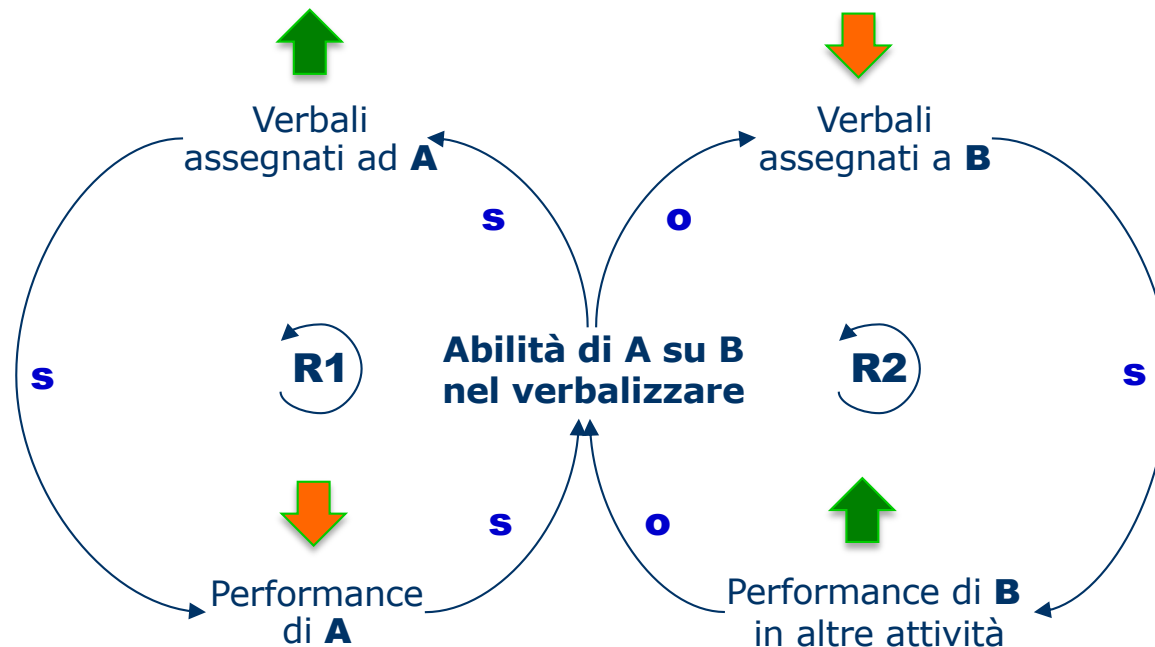
Conseguenza: Chi lavora meglio viene sempre più caricato di lavoro; i lazzaroni sono, invece, molto spesso sottoutilizzati. Sembra quasi che chi ha successo, chi dimostra le migliori performance, **finisca con l'essere “punito” per la sua stessa abilità.**

Lo sanno bene i dirigenti capaci, le segretarie svelte, i verbalizzatori efficienti, i poliziotti solerti, i militari più abili, ecc.



L'uomo di fronte all'allocazione

Punizione del più abile



È realistico pensare che **B**, forse in un momento di altruismo, possa decidere di aumentare la sua prestazione per alleggerire il lavoro di **A**? È da aspettarsi il contrario.

Cioè, il rischio è che il soggetto **A**, ribellandosi contro l'evidente ingiustizia nell'assegnazione dei diversi carichi di lavoro, decida di ridurre la propria efficienza al fine di non peggiorare la propria posizione.

Il danno è inevitabile: si assiste al rischio di una corsa graduale, sia di **A** sia di **B**, per ridurre le loro prestazioni, con l'inesorabile **deterioramento dell'intero sistema**.

Lo ha capito anche mia moglie, insegnante al Liceo, che da anni riceve inesorabilmente il compito di verbalizzare "tutte" le riunioni di "tutti" i Consigli scolastici, perché il Preside ed i colleghi ritengono che i suoi verbali siano perfetti. Una volta la verbalizzazione è stata assegnata ad un altro collega ma il Preside, vedendo il risultato disastroso, è tornato immediatamente sui suoi passi.

Il guardare il CLD di questo archetipo non è stato di alcuna consolazione per mia moglie.



Contrastare l'archetipo

Punizione del più abile

- La conseguenza dell'azione di questo Archetipo nelle organizzazioni non è tanto di "punire" con maggior lavoro il soggetto più performante quanto di «demotivare» i soggetti più efficienti, portando a un **decadimento progressivo delle performance dell'intero sistema**.
- Come evitare i deleteri effetti descritti dall'archetipo? È impensabile far leva sul "**bene dell'organizzazione**" perché non è realistico pensare che **A** accetti a lungo il maggior carico di lavoro e che il poco performante **B**, forse in un impeto di altruismo, voglia **innalzare** le proprie performance. C'è da aspettarsi, al contrario, che **A**, ribellandosi alla palese ingiustizia del continuo carico di lavoro, tenda a **ridurre progressivamente** il suo rendimento per non aggravare ulteriormente la propria posizione. Come insegna Carlo Maria Cipolla nella sua «Teoria della Stupidità» (Mella, 2017), **nessuno è così "sprovveduto" da svantaggiare se stesso (B) solo per dare un vantaggio agli altri (A)**.
- Tre sono le vie percorribili:
 - **fare leva sulla motivazione**, introducendo un sistema di **premi/punizioni** commisurati alle performance e al carico di lavoro di **A** e di **B**; se tale sistema fosse accettato da entrambi, produrrebbe l'effetto di mantenere elevate le performance di **A** e di innalzare progressivamente quelle di **B**;
 - **fare leva sulla standardizzazione dei carichi di lavoro**, separando i due loop concatenati; il lavoro dovrebbe essere assegnato ad **A** e a **B** sulla base di **regole** fondate su **indicatori** di produttività standard;
 - **cercare di rimuovere le cause della diversa produttività** e valutare le attitudini di **A** e di **B**, assegnando a **B** una diversa e più consona mansione.



L'uomo di fronte ai collaboratori

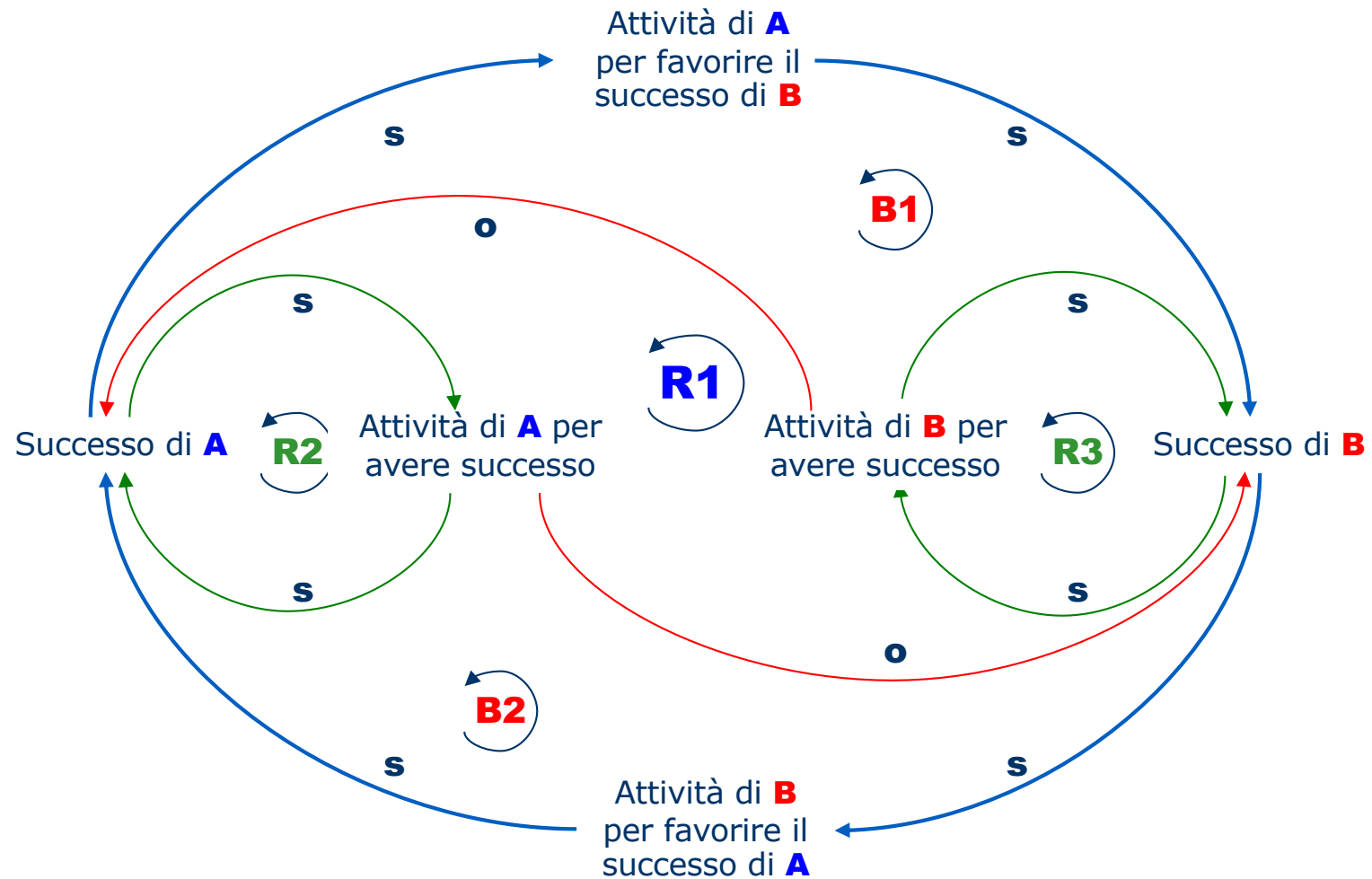
Archetipo degli Antagonisti inconsapevoli o degli Avversari accidentali [Braun, 2002]. **Accidental Adversaires**

- E questo un Archetipo più subdolo di quello del **Successo a chi ha successo** perché rappresenta la situazione in cui due (o più) soggetti, **A** e **B**, che lavorano insieme, sviluppano, nel tempo, comportamenti antagonisti.
- **Inizialmente**, **cooperano per il successo reciproco**, come accade, ad esempio, negli sport di doppio o di squadra (tennis, scherma a quadre, ecc.), oppure nelle band musicali, oppure, ancora, nelle situazioni di cooperazione tra orchestra e cantante (o solista), tra personaggi politici e partito di appartenenza, e così via, generando un loop di rinforzo, [**R1**] (freccie esterne, in blu) che indica come l'Attività di **A** venga attuata per favorire il Successo di **B** e, reciprocamente, l'Attività di **B** favorisca il Successo di **A**, **rinforzandosi a vicenda**.
- **Successivamente**, può, però, accadere che **A** e **B** mettano in atto azioni per **perseguire il successo personale**, individuale, originando i loop [**R2**] ed [**R3**]; l'Attività con cui **A** ricerca il Successo personale indebolisce il Successo di **B**; e viceversa (freccie in rosso).
- **Infine**, le relazioni di opposto senso tra le attività individuali, egoistiche, per il successo singolo, e l'attività cooperativa, altruistica, originano i due loop di bilanciamento [**B1**] e [**B2**] (freccie in rosso) che possono invertire il senso delle azioni del loop [**R1**] spingendo (costringendo) **A** e **B** a diventare **accidentalmente** e, spesso, **inconsapevolmente**, due **antagonisti**, due **avversari**.



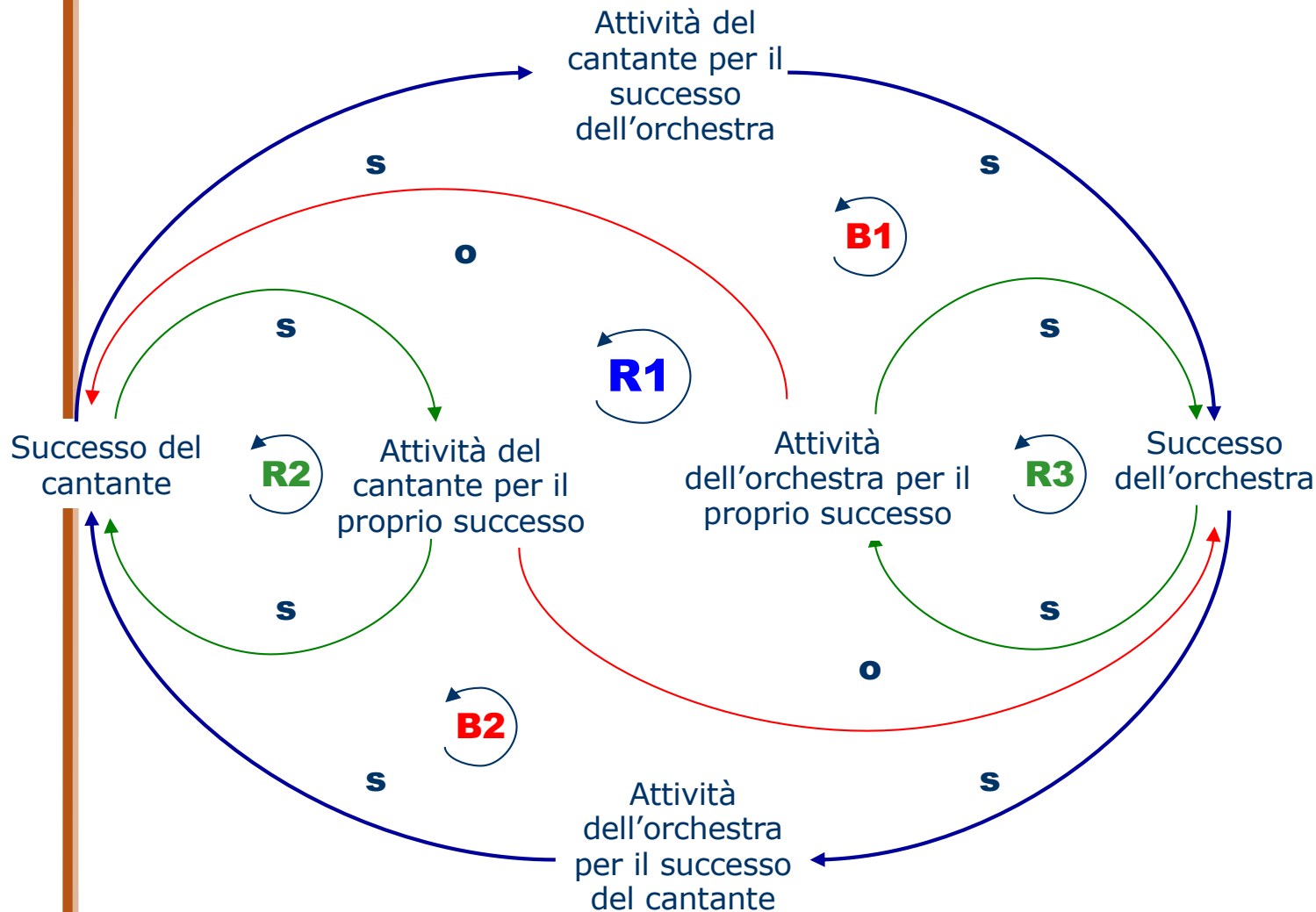
L'uomo di fronte ai collaboratori

Archetipo degli Antagonisti inconsapevoli o degli Avversari accidentali [Braun, 2002]. **Accidental Adversaires**



Archetipo Accidental Adversaires

Cantante e orchestra



Sostituire "Cantante" ed "Orchestra" con:

- due Campioni di tennis che giocano in doppio,
- due Chitarristi virtuosi nella stessa band,
- due (o più) Reparti che operano in un'impresa,
- due (o più) Dirigenti di line nella stessa organizzazione,
- due insegnanti della stessa classe, ecc.

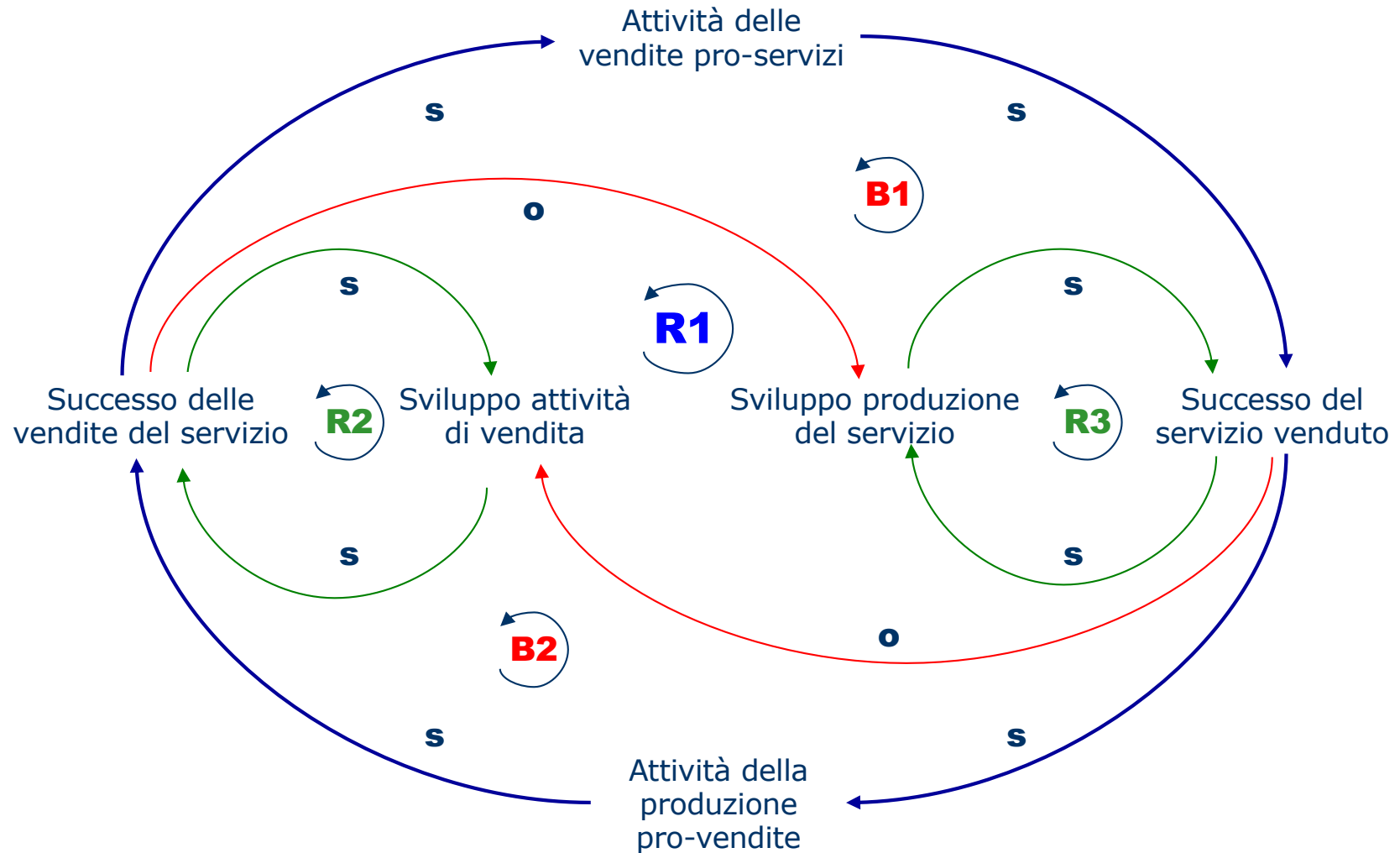
e vi potrete rendere conto di quanto questo Archetipo agisca in situazioni comuni e diffuse, **producendo la fine della collaborazione.**

L'Archetipo può colpire anche le famiglie. È tipica la situazione nella quale due coniugi – di cui uno "in carriera" e l'altro "di supporto domestico" – inizialmente collaborano per il successo della famiglia ... Poi, si sa come accade ... ma ... vale il detto: «**Tra moglie e marito non mettere il dito**».



Archetipo Accidental Adversaires

Produzione e vendite



Archetipo Accidental Adversaires

Contrastare l'archetipo

- Come contrastare l'Archetipo degli Avversari accidentali?
- Siamo, innanzitutto in presenza di due (o più) soggetti che non solo diventano **inconsapevolmente avversari** ma sono, spesso, anche **inconsapevolmente cooperatori**.
- Il **vettore strategico** di contrasto dovrebbe prevedere, almeno, le seguenti leve:
 - rendere i due soggetti consapevoli dei **benefici della cooperazione**;
 - informarli del pericolo di trasformare i benefici della cooperazione nei possibili **dannosi effetti della competizione**;
 - prevedere un **processo di coordinamento** – tramite comitati, informazioni reciproche, report sistematici – ed un soggetto che abbia l'autorità di coordinatore esterno;
 - insegnare ai soggetti come **auto-coordinarsi** per il vantaggio cooperativo;
 - introdurre un **sistema di controllo delle performance** collettive e individuali per rilevare prontamente se, e quando, inizia l'effetto dei loop di bilanciamento, [B1] e [B2].
 - **Insegnare a pensare con il Systems Thinking.**



Testi citati in questa “Appendice 4A”

- Arthur, W. B. (1994). Increasing returns and path dependence in the economy. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Braun, W. (2002). The system archetypes.
http://www.albany.edu/faculty/gpr/PAD724/724WebArticles/sys_archetypes.pdf
- Liebowitz and Margolis 1995). Path Dependence, Lock-In, and History. *Journal of Law, Economics and Organization*, 11(1), 205-226.
- Mella, P. (2017). Intelligence and Stupidity—The Educational Power of Cipolla’s Test and of the “Social Wheel”. *Creative Education*, 8(15), 2515-2534.
- Senge, P. (1990). The fifth discipline: The art and practice of the learning organization. New York: Doubleday/Currency.
- Senge, P. (2006, 1st ed. 1990). The fifth discipline: The Art and practice of the learning organization. New York: Doubleday/Currency (last edition, revised and enlarged).

Fine dell’Appendice 4A.



All stable processes we shall predict. All unstable processes we shall control (John von Neumann)

Cortile Volta

Corso Breve di Teoria del Controllo

Lezione 5 Il controllo nelle/delle Organizzazioni

Non accontentarti di meno di
quanto sei in grado di fare
(Peter Senge, 1992, p. XIV).

Piero Mella

Già Professore di "Teoria del Controllo" - Università di Pavia, Italy
piero.mella@unipv.it - <http://www.pieromella.it>

Vol. 14-3/2023 - DOI: 10.13132/2038-5498/14.3.801-855

Cite as: Mella, P. (2023). Corso Breve di Teoria del Controllo. Lezione 5. Il controllo nelle/delle Organizzazioni. *Economia Aziendale online*, 14(3), 801-855.

Economia Aziendale online - Electronic ISSN 2038-5498 - Tribunale di Pavia, 2007, n. 685 R.S.P.



Finalità della Lezione 5

Abstract

Nella **Lezione 4** abbiamo impiegato la **teoria del controllo** per dimostrare e che i Sistemi di Controllo, con la loro ubiqua presenza consentono al Mondo di esistere.

Questa **Lezione 5** estende la ricerca dei Sistemi di Controllo al “mondo” delle **organizzazioni** e delle **imprese**.

Cercheremo di dimostrare come le organizzazioni siano Sistemi di Controllo ad ogni livello di zoomata dell’osservazione.

Saranno presentati due modelli di organizzazioni quali sistemi di controllo:

- Il **Viable System Model**, o **VSM**, proposto da Stafford Beer e accettato come valido pressochè da tutti studiosi di organizzazione;
- Il **MOEST**, *Model of Organizations as Efficient Systems of Transformation*, proposto da Piero Mella, noto anche come **MISTE**, *Modello di Impresa quale Sistema di Trasformazione Efficiente*.

Sarà, infine, costruito un modello de sistemi di controllo dei valori che formano il bilancio di una impresa.

In **Lesson 4** we employed control theory to demonstrate that Control Systems, by their ubiquitous presence allow the World to exist.

Lesson 5 presents the Control Systems that operate in the world of organizations and firms.

We will try to demonstrate how organizations **are** Control Systems at every zoom level of observation.

Two models of organizations as control systems will be presented:

- The **Viable System Model**, or **VSM**, proposed by Stafford Beer and accepted as valid by almost all organization scholars;
- The **MOEST**, *Model of Organizations as Efficient Systems of Transformation*, also known as **MISTE**, *Modello di Impresa quale Sistema di Trasformazione Efficiente*, proposed by Piero Mella.

Finally, a model of the control systems of the values that make up the financial statements of a company will be built.

Keywords – VSM, MOEST, i tre «piani» dell’organizzazione, processori, micro-processi, macro- processi, organizzazioni come «sistemi viventi», livelli di sistemi di controllo nelle organizzazioni, VSM e teorema della «ricorsività», MOEST e le 5 trasformazioni, controlli nel MOEST, Pianificazione e Budgeting, EVF, roi, roe.

Keywords – VSM, MOEST, the three «levels» of the organization, processors, micro-processes, macro-processes, organizations as «living systems», levels of control systems in organizations, VSM and the «Recursive System Theorem», MOEST and the 5 transformations, controls in MOEST, Planning and Budgeting, EVF, roi, roe.



Le organizzazioni quali Sistemi Autopoietici

- Le organizzazioni – in particolare le imprese – sono **sistemi sociali**, in quanto
 - costituite da una **molteplicità di individui**, o **agenti**, che agiscono collettivamente come una singola entità, come un **tutto**;
 - essi, partecipando per loro **motivazioni particolari** accettano, **per contratto**, di fare parte di **organi tipici** –vincolati da **relazioni organizzative** e legami strutturali che
 - impongono di attuare comportamenti **specializzati**, **coordinati** e **cooperativi**,
 - per svolgere processi durevolmente orientati a un **fine comune**,
 - nel rispetto di **obiettivi**, **programmi**, **regole** e **responsabilità** che vengono loro posti quali vincoli di comportamento (Cyert, March, 1963).
- Le organizzazioni non effimere, o a vita definita, tendono a mantenersi durevolmente in vita rigenerando i **processi** (organi) e la **rete dei processi** che formano il **tessuto organizzativo**.
- Quanto più gli individui-organi-processori risultano *specializzati*, tanto più essi devono agire in modo **coordinato** e **cooperativo** – secondo **relazioni organizzative stabili**, alle quali accettano di essere subordinati –, diventando **elementi** della struttura organizzativa che costituiscono e della **rete dei micro processi** che producono.



Le caratteristiche degli organi

- I **legami organizzativi** trasformano/inseriscono gli individui in **organi**, che rappresentano le componenti di base della **struttura organizzativa**.
- Tali legami specificano, per ogni **organo**, i seguenti **cinque elementi**:
 - (i) una precisa **collocazione spaziale** e temporale in una *gerarchia* di organi (topologia);
 - (ii) una **funzione specializzata** degli organi, necessaria per conseguire la funzione macro dell'intera struttura;
 - (iii) una specifica **funzionalità** che delimita le interazioni ammissibili di ogni organo con gli altri;
 - (iv) una serie di standard di **funzionamento** di ciascuna classe di organi (in relazione alla loro attitudine e conoscenza);
 - (v) una struttura di **Sistemi di Controllo** dei **comportamenti**, delle **prestazioni** e delle **performance** degli organi e dei loro micro e macro processi.
- I **micro processi** attivati e attuati dagli individui nell'ambito degli organi della struttura, si compongono in **processi più ampi**, che tendono, essi stessi, a rigenerarsi ricorsivamente nel tempo, fino a formare un **macro processo** – attribuibile all'organizzazione quale unità – che trascende i micro processi attuati dagli organi, anche se li presuppone, e rappresenta il risultato emergente della rete dei micro processi.



I tre piani dell'organizzazione

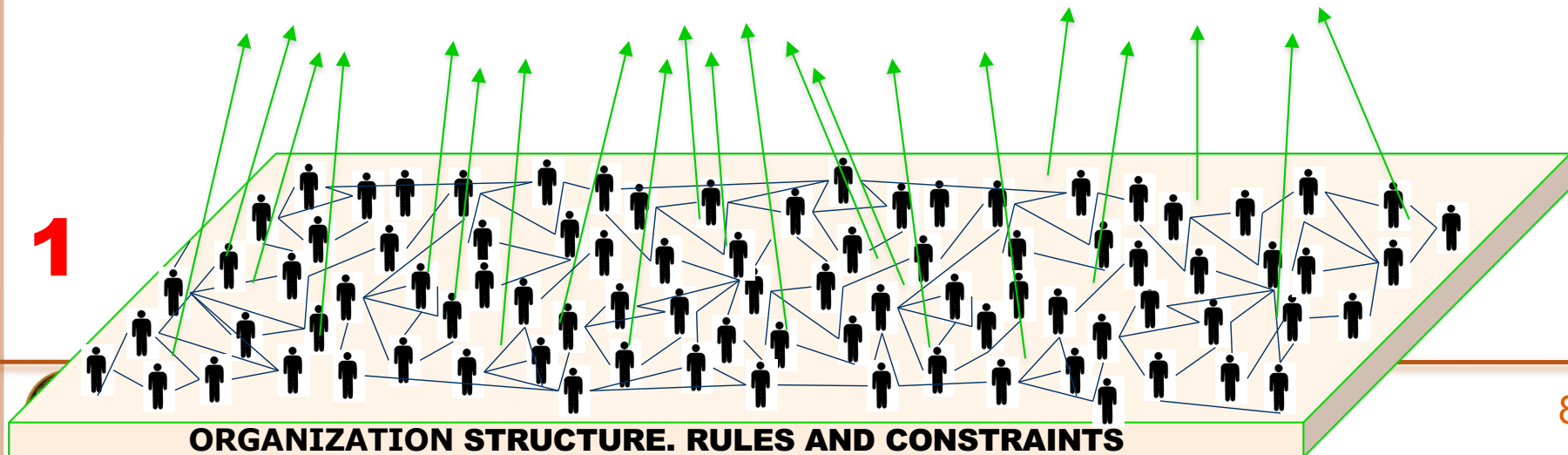
- Da queste osservazioni deriva che l'**organizzazione** può essere osservata su **tre diversi piani**, o **livelli**:
 - il **piano della struttura organizzativa** degli agenti, con le relazioni organizzative e i vincoli di comportamento («piano inferiore», indicato come **1**);
 - il **piano della rete dei micro processi**, delle **attività** e delle **operazioni** che gli agenti devono compiere («piano intermedio», indicato come **2**);
 - il **piano dei macro processi** che connettono l'organizzazione all'ambiente producono i flussi finanziari ed economici che consentono all'organizzazione di produrre gli output, i risultati, e gli outcome necessari per conseguire le proprie finalità istituzionali compiere («piano superiore» indicato come **3**);
- Le **frecce verticali ascendenti** indicano che la rete dei processi di un piano viene attivata dal comportamento degli agenti e degli organi del piano inferiore.
- Le frecce verticali **discendenti** indicano che i processi svolti su un piano superiore attivano il comportamento degli agenti e degli organi del piano inferiore.



I tre piani dell'organizzazione

Piano 1 - Piano della struttura organizzativa

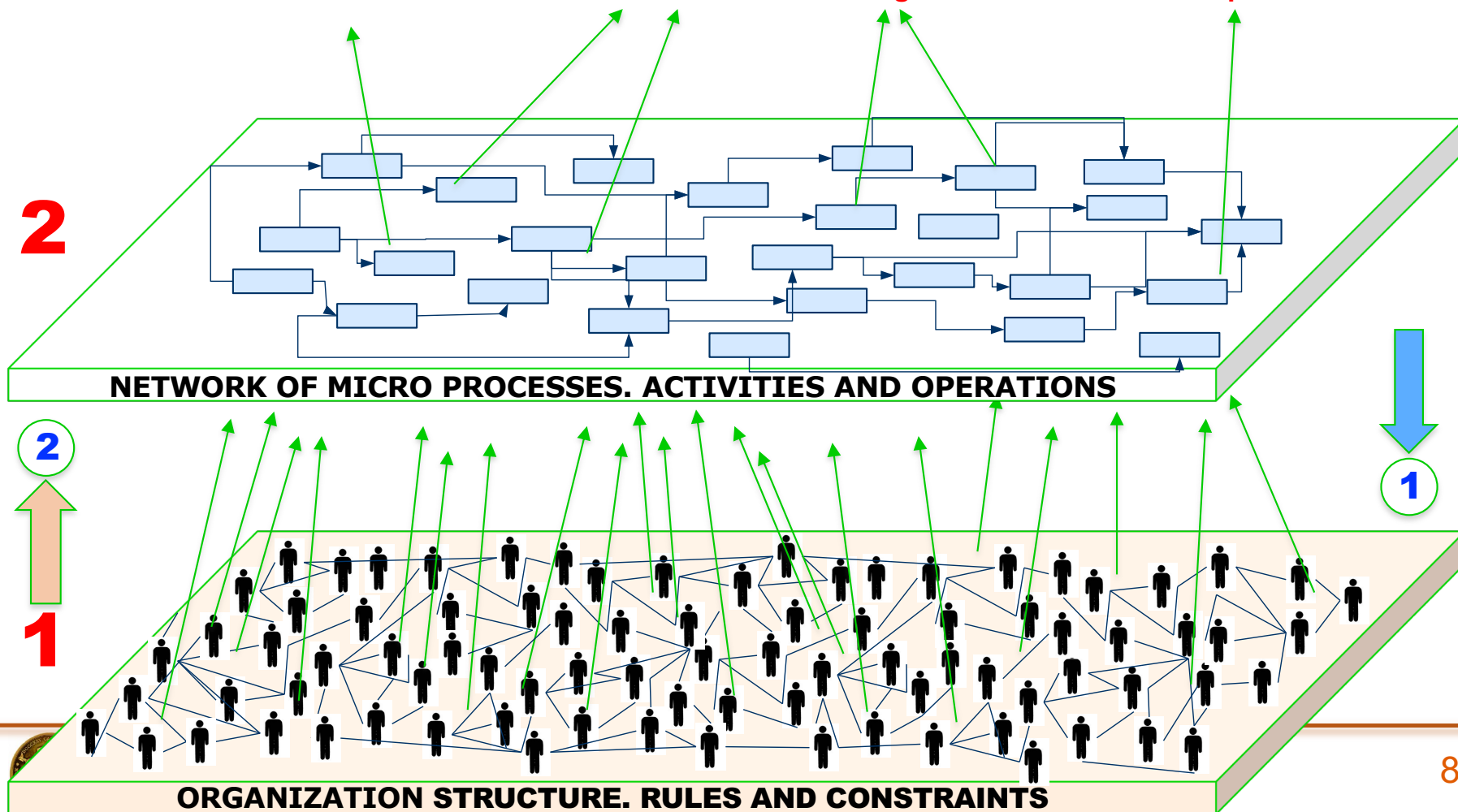
Gli **individui** e gli **organi** che essi compongono (**Piano 1**) possono essere considerati **processori** che consentono alla struttura di sviluppare la **rete dei processi ricorsivi sul piano superiore (Piano 2)**, che tende a mantenersi e a rigenerarsi nel tempo, adattandosi continuamente all'ambiente.



I tre piani dell'organizzazione

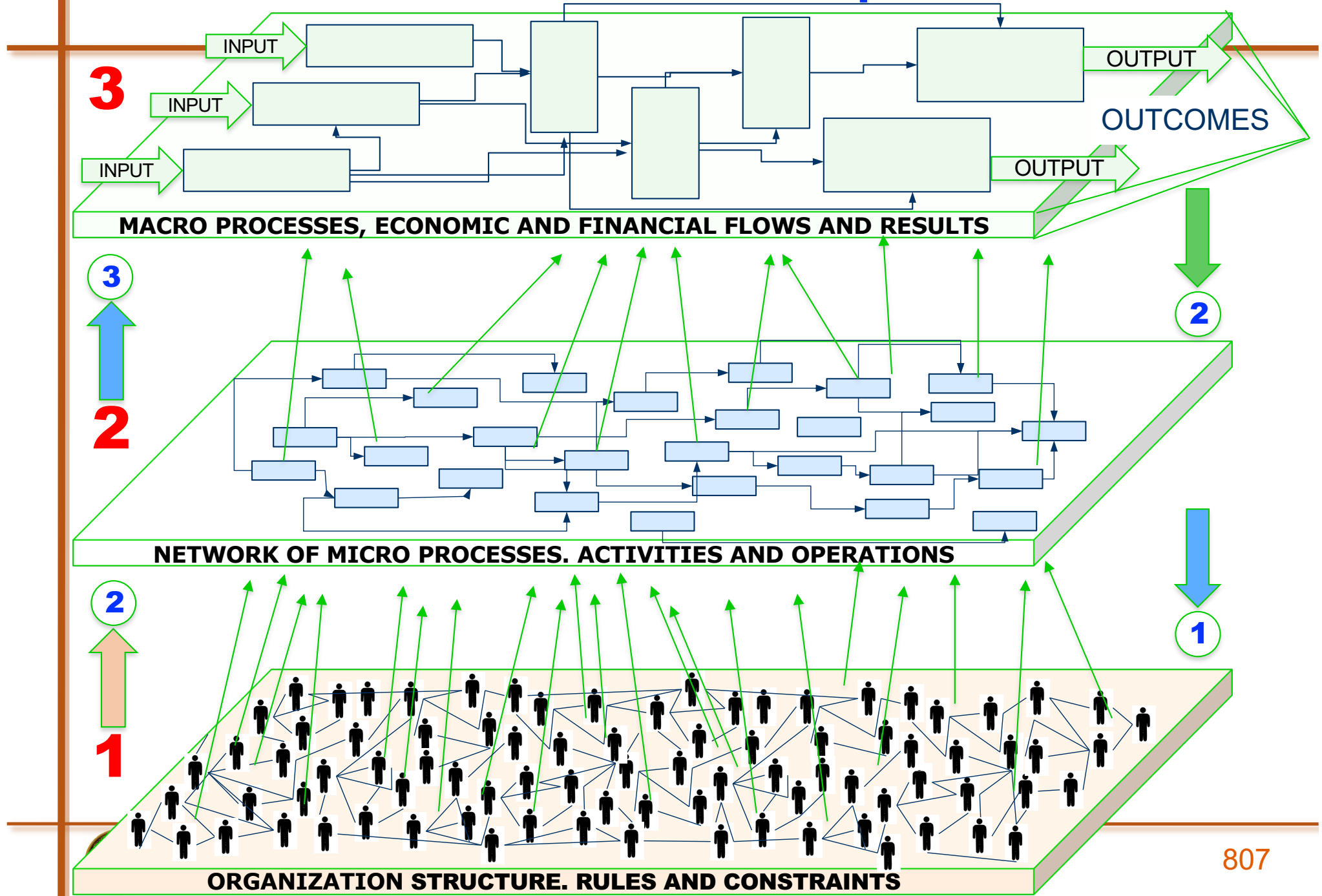
Piano 2 - Piano dei micro-processi

I **micro** processi del **Piano 2** si compongono nei processi più ampi (**Piano 3**), che tendono, essi stessi, a rigenerarsi ricorsivamente nel tempo, fino a formare un **macro** processo – attribuibile all'organizzazione quale unità – che trascende i **micro** processi attuati dagli organi, anche se li presuppone, e rappresenta il **risultato emergente** della **rete dei micro processi**.



I tre piani dell'organizzazione

Piano 3 - Piano dei macro-processi





Lo organizzazioni sono «**Macchine autopoietiche**», quindi, «**Sistemi viventi**»

- Con il continuo interagire con l'ambiente, l'organizzazione riproduce se stessa nel tempo, ricercando nell'ambiente le perturbazioni (variabili, stimoli, input), utili per l'autopoiesi, e fuggendo da quelle dannose (Uribe, 1981; Mingers, 2002), manifestando un **comportamento cognitivo volto alla sopravvivenza**, come se fosse un **sistema vivente**.
 - L'impresa quale sistema vivente è magistralmente descritta da **Salvatore Vicari** in un convincente testo, dal titolo **L'impresa quale sistema vivente** (Vicari, 1991; contra: Varela, 1981) e da **Arie de Geus**, nel suo noto lavoro **The Living Company: Habits for Survival in a Turbulent Business** (2002; vedi anche 1988) che enfatizza la **telonomia** dell'organizzazione (vedi oltre).
- In questo senso, le organizzazioni possono, a tutti gli effetti, essere considerate **macchine autopoietiche** – o sistemi autopoietici –, nel senso di Maturana e Varela (1992 e 1980), che tendono a mantenersi durevolmente in vita rigenerando continuamente i **processori** (organi) e la **rete dei processi** che formano il “tessuto organizzativo”. E, come già sappiamo:
 - ... una macchina autopoietica continuamente genera e specifica la sua propria organizzazione mediante il suo operare come sistema di produzione dei suoi propri componenti e lo fa in un turnover senza fine di componenti in condizioni di continue perturbazioni e di compensazione di perturbazioni (Maturana, Varela, 1992, p. 131).





Il controllo nelle organizzazioni

- Se accettiamo questa impostazione, appare evidente come l'esistenza di ogni **struttura organizzativa** sia condizionata da una **rete di Sistemi di Controllo organizzativo**, atti a produrre un “**allineamento**” tra le persone che compongono l'organizzazione, e tra organi diversi, affinché le loro **azioni**, **funzioni**, **posizioni**, **compiti** e **obiettivi** risultino **coordinati** e **cooperativi nel tempo**, come condizione necessaria per il mantenimento durevole del reciproco **accoppiamento strutturale**.
 - [Il controllo organizzativo è il processo per] dirigere, influenzare o determinare il comportamento di qualcun altro (Lawler, 1976, p. 1248).
 - [per controllo si intende] ogni processo tramite il quale una persona, un gruppo di persone o un'organizzazione di persone determina, o intenzionalmente influenza, ciò che un'altra persona o gruppo od organizzazione faranno (Tannenbaum, 1962, p. 238).
 - [...] il comportamento autopoietico di un organismo A [accoppiato strutturalmente all'organismo B] diventa una fonte di deformazione per un organismo B, e il comportamento compensatorio dell'organismo B agisce, a sua volta, come fonte di deformazione per l'organismo A, il cui comportamento compensatorio agisce ancora come fonte di deformazione per B e così via, ricorsivamente, fino a quando l'accoppiamento non venga interrotto (Maturana, Varela, 1992: pag. 82).
- Grazie ai Sistemi di Controllo di individui e di organi (*management control systems*) che compensano gli effetti delle perturbazioni ambientali, l'organizzazione diventa **sistema autonomo**, in grado di mantenere un **accoppiamento strutturale stabile** con l'ambiente e di rigenerare la rete autopoietica dei processi e degli organi.



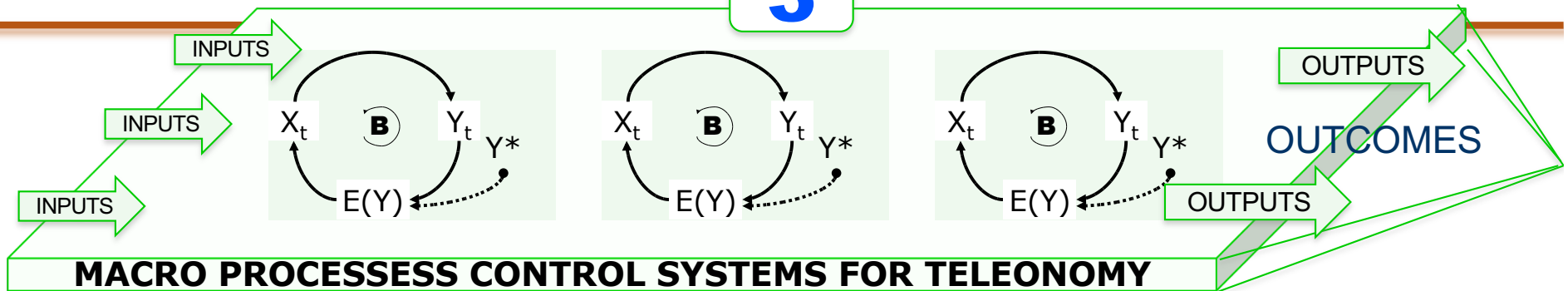
I 4 livelli di sistemi di controllo nelle organizzazioni

- L'agire dell'organizzazione è condizionata da **quattro livelli di sistemi di controllo** che, come mostrato nella diapositiva che segue:
 - **[1]** I sistemi di controllo dell'**accoppiamento strutturale** degli individui nell'organizzazione in base ai vincoli organizzativi; li definisco **Sistemi di controllo per l'autopoiesi**.
 - **[2]** I sistemi di controllo dell'efficienza, dell'efficacia e dell'equilibrio delle **operazioni, attività e micro processi** che costituiscono la rete autopoietica; li definisco **Sistemi di controllo per l'omeostasi**.
 - **[3]** I sistemi di controllo per garantire l'**efficacia dei macro processi** che generano gli input, gli **output** e formano i **risultati** dell'**organizzazione come unità**; li definisco **Sistemi di controllo per la teleonomia dell'organizzazione**, in quanto garantiscono che gli **output** e i **risultati** rispondano alle richieste degli stakeholder, che rappresentano i massimi vincoli vitali per il raggiungimento degli scopi istituzionali.
 - **[4]** I sistemi di controllo dell'**efficacia** delle **performance** agenti, degli organi e dell'intera organizzazione.
- Questi quattro tipi di sistemi di controllo le tradizionali quattro forme del controllo organizzativo: **(a)** controllo del *personale*, **(b)** controllo delle *azioni*, **(c)** controllo dei *risultati*, **(d)** controllo delle *performance* delle persone e dei processi.

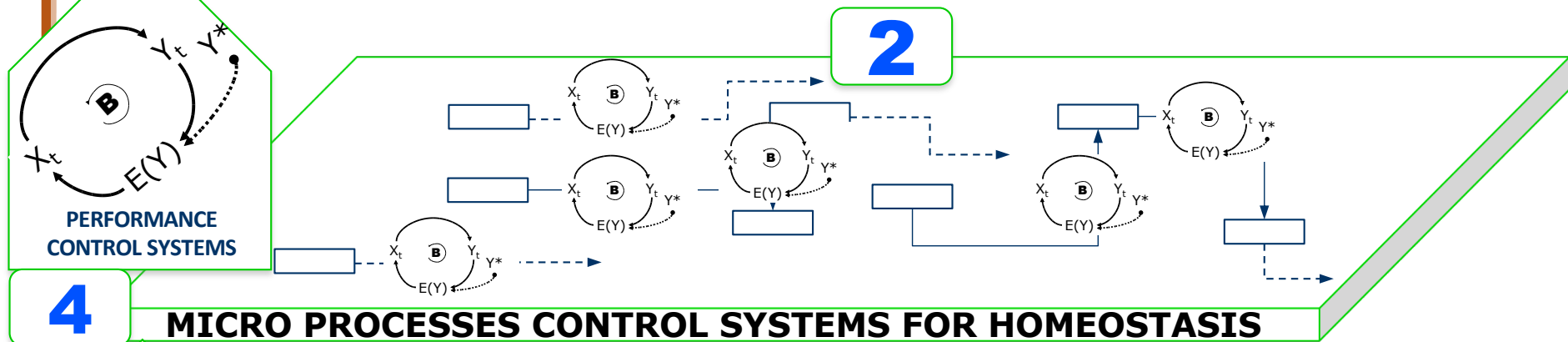


I quattro livelli dei sistemi di controllo

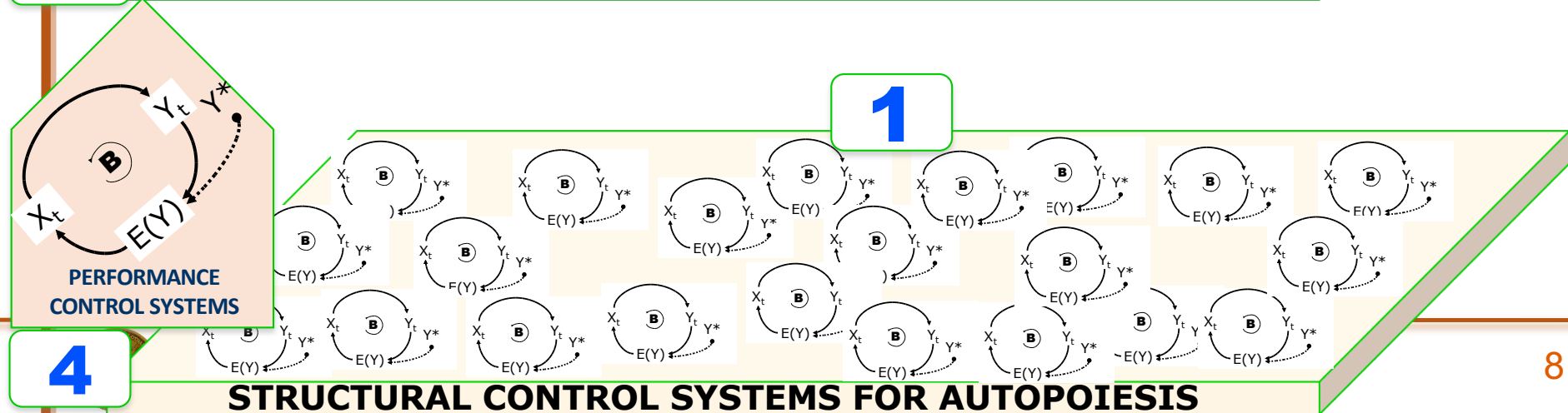
3



2

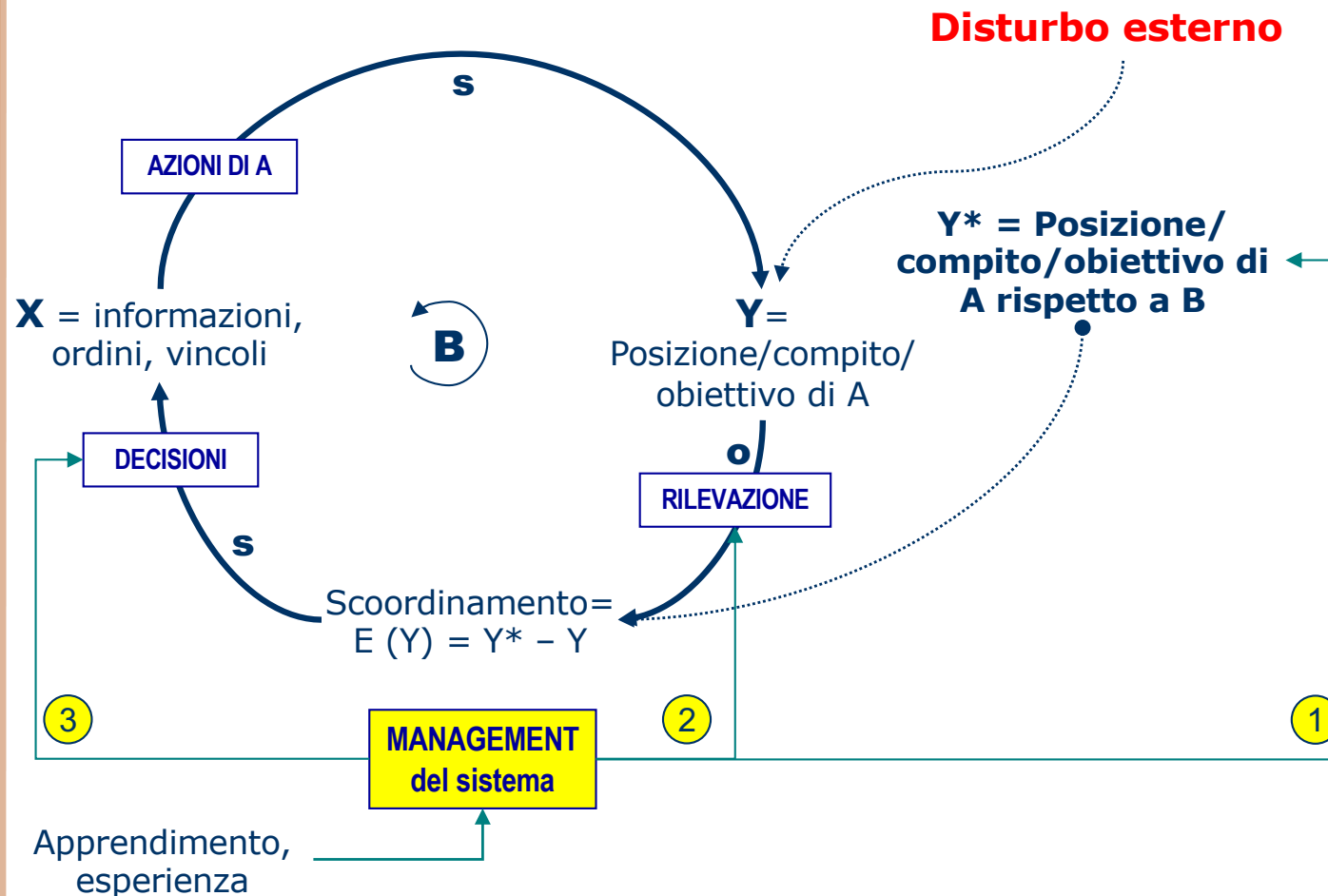


1



Sistema di Controllo dell'autopoiesi

L'Accoppiamento Strutturale [1]



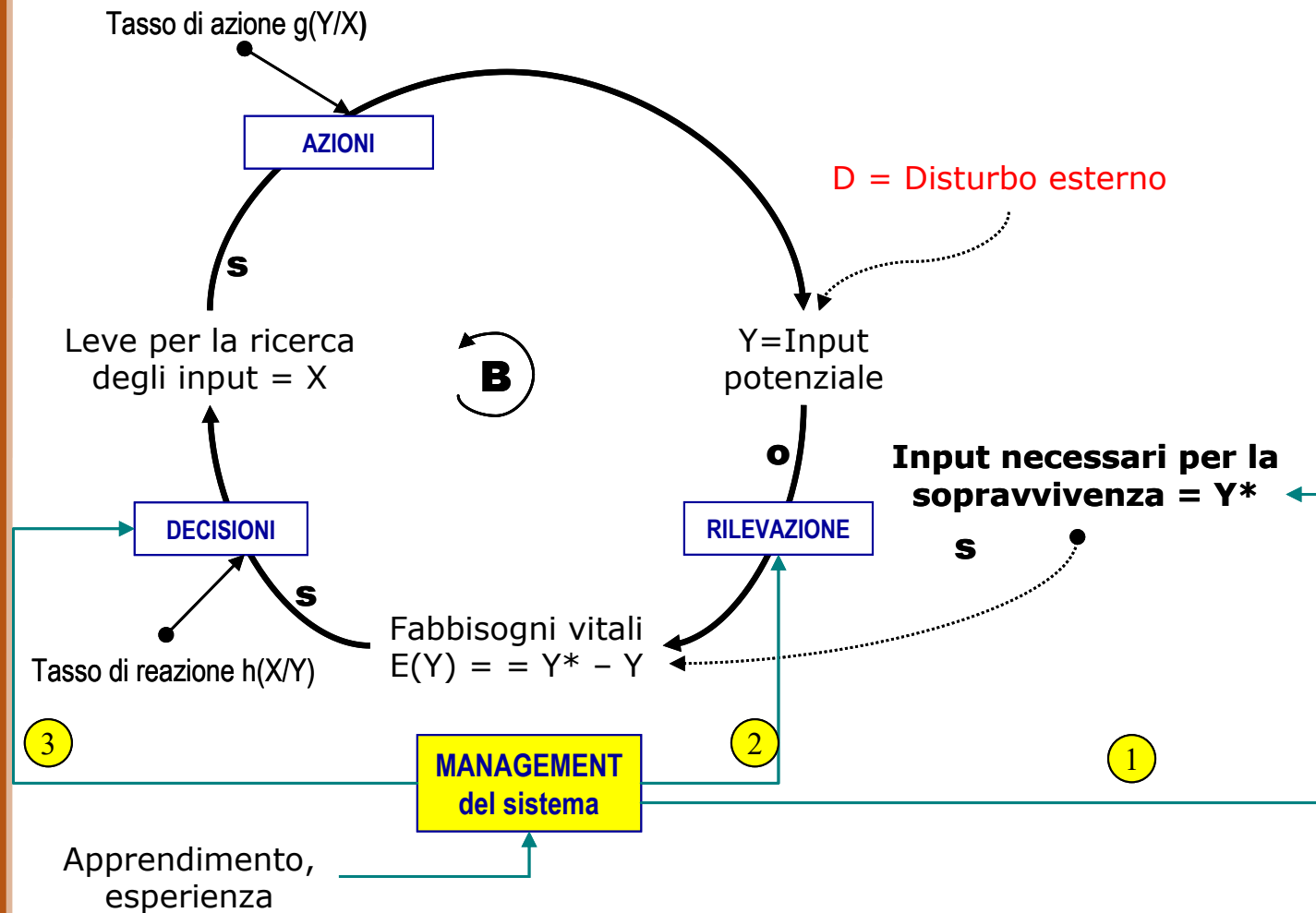
L'esistenza di ogni struttura organizzativa è condizionata da una rete di Sistemi di Controllo per l'autopoiesi atti a produrre un "allineamento" tra persone, funzioni e organi dell'organizzazione, affinché i loro compiti e obiettivi siano coordinati e cooperativi nel tempo, per il mantenimento durevole di un efficace accoppiamento strutturale.

Agendo sulle leve di controllo **X** = [informazioni, ordini, vincoli, motivazione, persuasione, premi/punizioni ecc.], tali sistemi devono eliminare le differenze **E = Y* - Y** = "sintomi di scoordinamento o di mancanza di cooperazione" tra la posizione/obiettivo di un organo A (**Y** = variabile controllabile) e i valori **Y*** necessari per l'accoppiamento strutturale di A con B, tenuto conto delle perturbazioni (**D**).



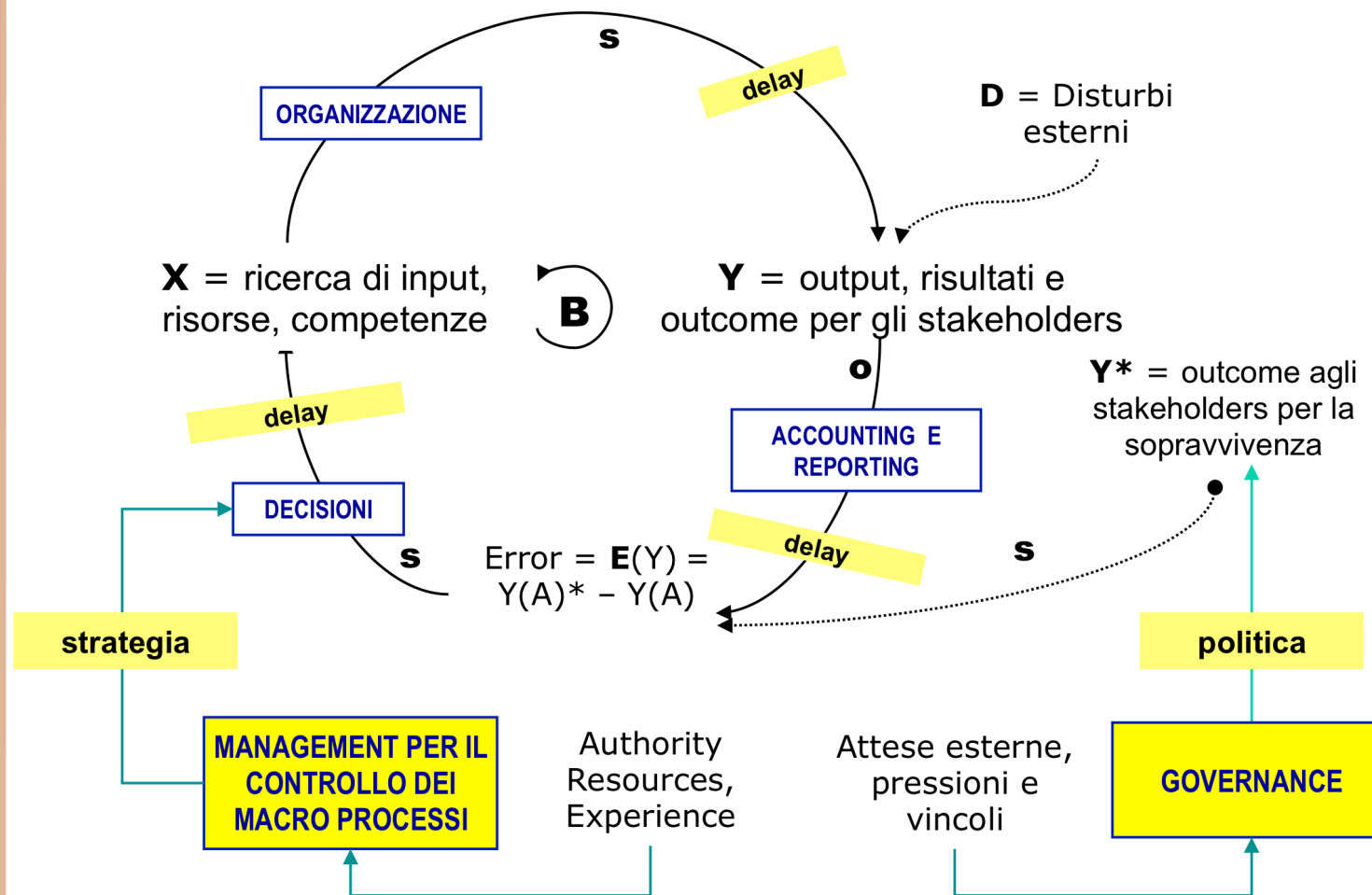
Sistema di Controllo dell'omeostasi

Il controllo dei processi [2]



In questo senso, le organizzazioni autopoietiche, quando si manifesta uno scostamento tra gli input necessari per l'autopoiesi (Y^*) rispetto agli input potenzialmente disponibili (Y_t), attivano le leve **cognitive** e **operative**, X , per ricercare nuovi input adeguati a quelli ritenuti necessari per il mantenimento della rete autopoietica.

Sistema di Controllo del comportamento teleonomico



Le organizzazioni, oltre che sistemi autopoietici e cognitivi, pongano in atto un **comportamento cognitivo e teleonomico** per il conseguimento del “**progetto esistenziale**” per il quale sono state istituite.

«... una delle proprietà fondamentali caratteristiche di tutti i viventi, nessuno escluso [è] quella di essere ... dotati di un progetto, rappresentato nelle loro strutture e al tempo stesso realizzato mediante le loro prestazioni, ad esempio la creazione di “artefatti”. [...]

Tutte le strutture, le prestazioni, le attività che concorrono al successo del progetto esistenziale saranno chiamate *“teleonomiche”* [» corsivo dell'Autore] (Monod, 1970, pag. 25).



Modelli delle Organizzazioni quali **Sistemi di Controllo** Il Viable System Model di Beer

- Vi sono diverse teorie e modelli che consentono di rappresentare le organizzazioni, in generale, e le imprese, in particolare, quali **Sistemi di Controllo**. **Iniziamo con la visione del VSM di Beer.**
- **Stafford Beer** in “The heart of Enterprise” (1979), “Brain of the Firm” (1981) e altri suoi lavori, interpreta le organizzazioni come **sistemi vitali – viable systems** – poiché, **grazie alla loro struttura**, tendono a mantenersi in vita durevolmente.
- Un sistema può essere definito **vitale** se è **capace di mantenere un’esistenza separata dall’ambiente** attraverso un continuo adattamento all’ambiente, anche in presenza di perturbazioni che non erano state previste nel momento in cui il sistema è stato progettato e realizzato (**viability**).
 - Il sistema vitale [**viable system**] è un sistema che **sopravvive**, **rimane unito** ed è **integrale**; è **omeostaticamente equilibrato** sia internamente che esternamente e possiede inoltre meccanismi e opportunità per crescere e **apprendere**, per **svilupparsi** e **adattarsi**, e cioè per diventare sempre più efficace nel suo ambiente (Beer, 1981, p. 63).



I cinque sottosistemi del VSM secondo Beer

- Secondo Stafford Beer, le **organizzazioni** – e ogni loro **suddivisione funzionale od operativa** – sono sistemi unitari e ricorsivi che
 - per **mantenersi vitali**
 - anche di fronte a **imprevedibili cambiamenti** delle condizioni ambientali
 - devono possedere una **struttura**
 - formata da **cinque sottosistemi** interrelati, attraverso i quali esse, in quanto unità, sviluppano le condizioni di vitalità:

[SS1] - unità operative,

[SS2] - coordinamento,

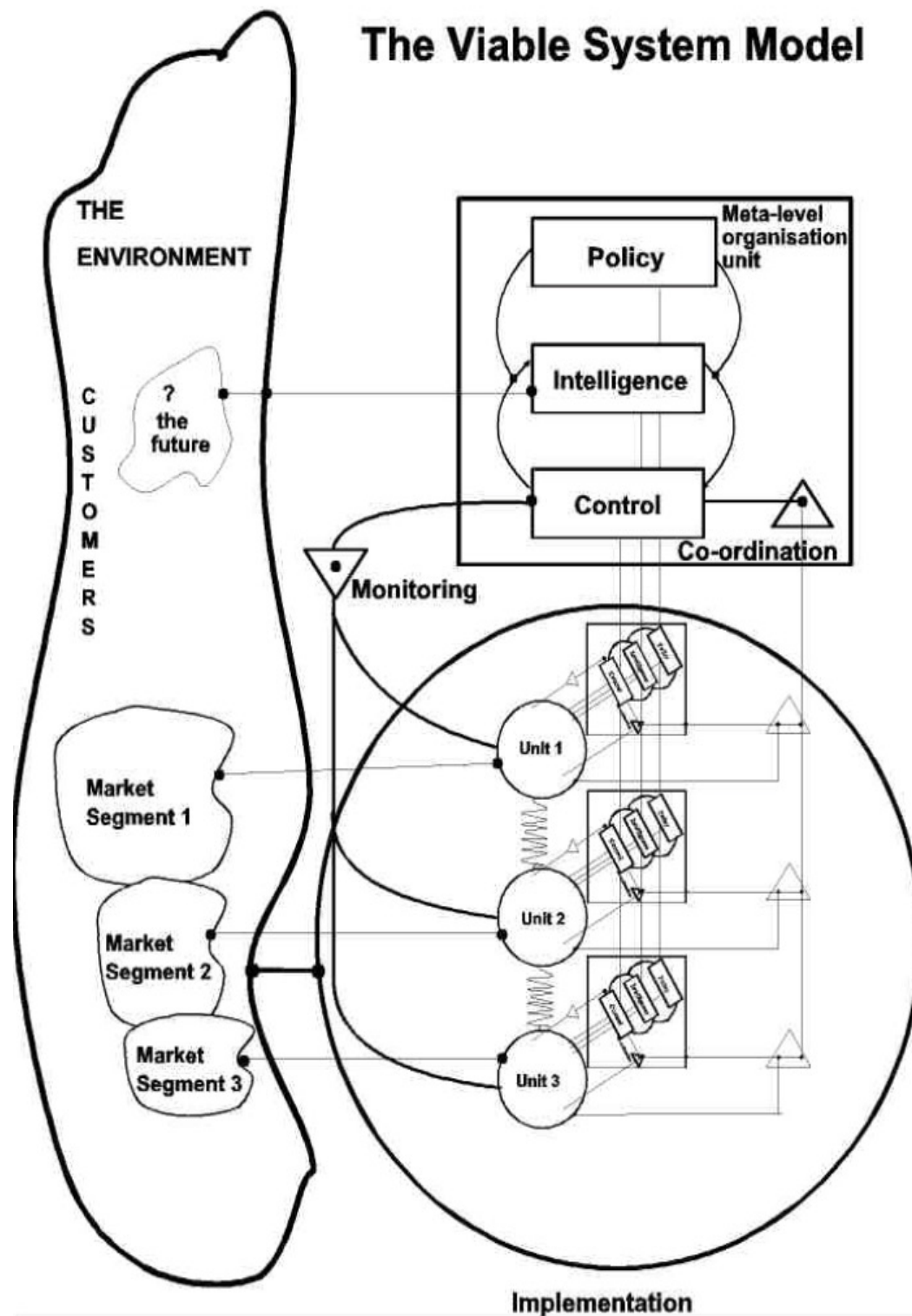
[SS3] - controllo dei processi,

[SS4] – capacità di indagare (intelligence),

[SS5] - immaginazione del futuro per porre obiettivi adeguati.



The Viable System Model



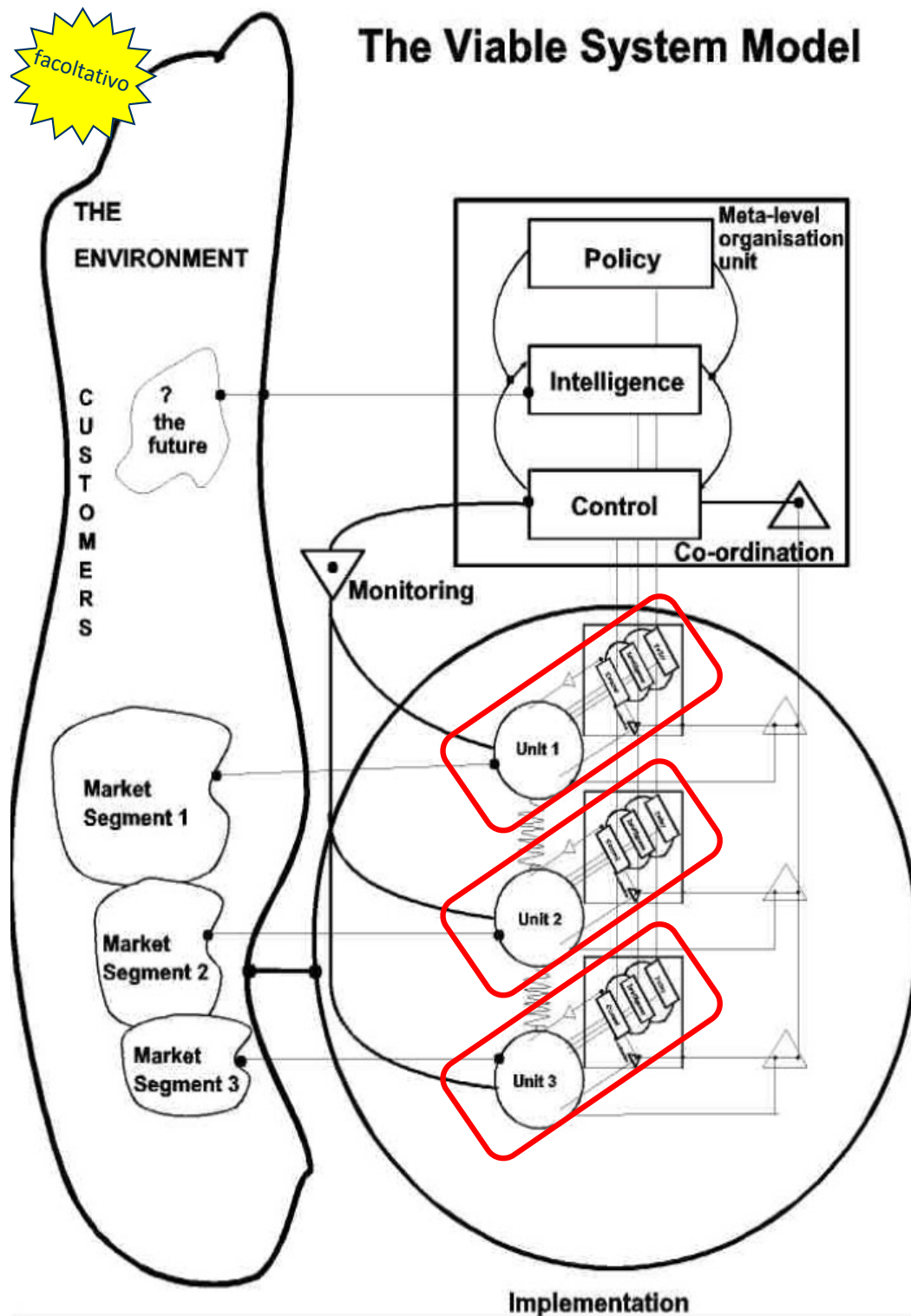
II VSM secondo Beer

«This book has been wholly about the viable system. There must be criteria of 'independent' viability", even though any system turns out to be embedded in a larger system and is never completely isolated, completely autonomous or completely free (Beer 1981, p. 226).

The object is to construct a model of the organization of any viable system. **The firm is something organic, which intends to survive – and that is why I call it a viable system»** (p. 75).

facoltativo

The Viable System Model



Teorema di ricorsività

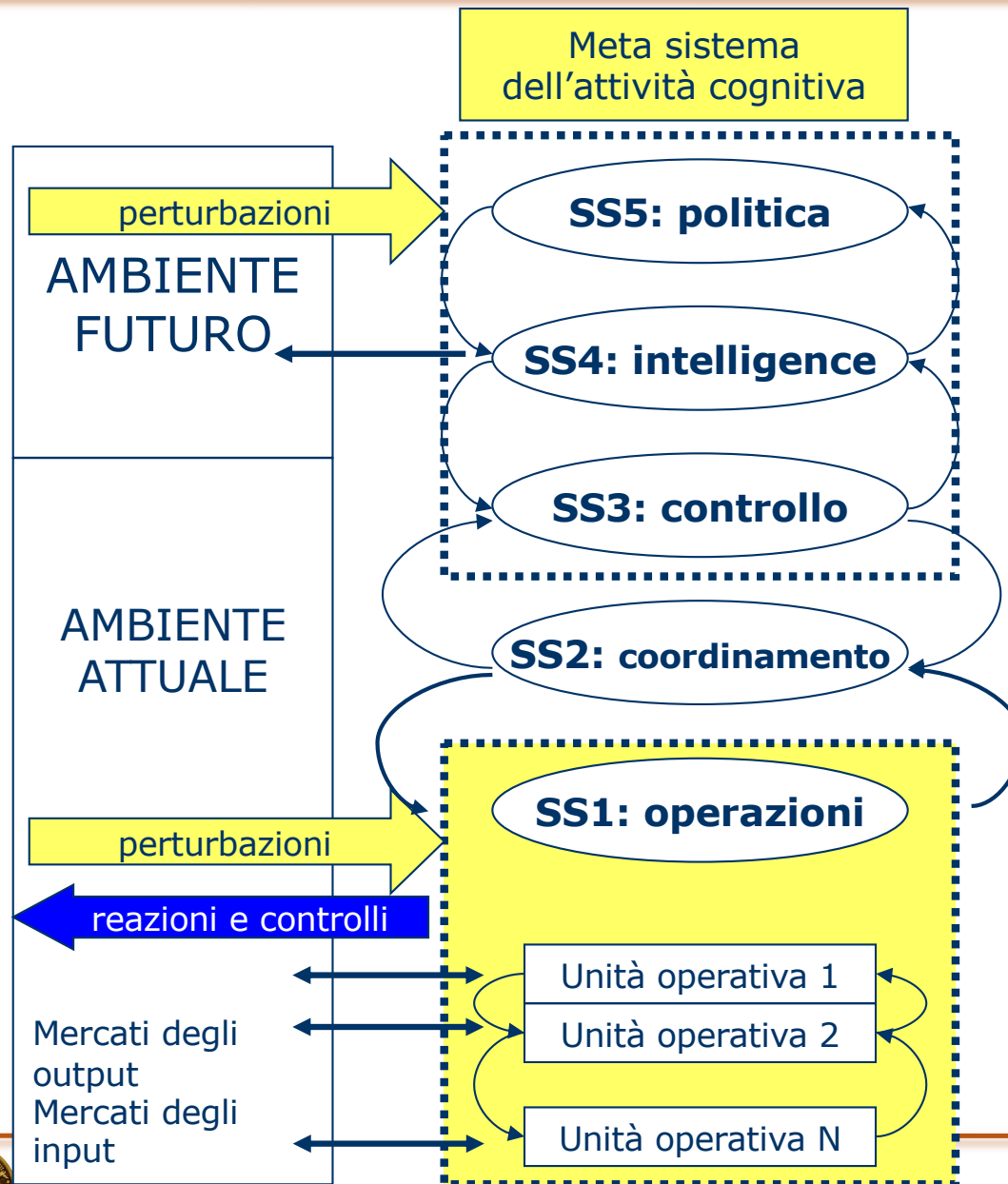
Secondo Beer, il VSM rappresenta, a tutti gli effetti, un'entità autonoma olonica, poiché ogni organizzazione, mentre è un'unità completa, è a sua volta composta da più piccole entità vitali (unità operative, dipartimenti, divisioni, funzioni, business units, ecc.) e, allo stesso tempo, fa parte di qualche più grande unità vitale (Mella, 2022c).

Per questo Beer enuncia il seguente teorema:

«**Recursive System Theorem.** In a recursive organizational structure, any viable system contains, and is contained in, a viable system. There is an alternative version of the Theorem as stated in Brain of the Firm, which expressed the same point from the opposite angle: 'if a viable system contains a viable system, then the organizational structure must be recursive' » (Beer 1979, p. 118).

Il Viable System Model (VSM)

Rappresentazione schematica sintetica



I 5 sottosistemi che costituiscono il modello del **Viable System Model** proposto da Beer devono essere considerati come autonomi **sistemi di controllo**, che devono operare contemporaneamente e in parallelo per conseguire e mantenere le condizioni di vitalità dell'organizzazione/impresa.



VSM - Sottosistema 1

(SS1) Operazioni

- Il SS1 rappresenta le **attività operative** (U.O.) dell'organizzazione che vengono sviluppate da **unità operative distinte**: Unità operativa 1, Unità operativa 2, Unità operativa 3, ecc..
- Le U.O. possono essere osservate nelle loro :
 - **relazioni verticali** (con gli altri sottosistemi): volte al conseguimento di obiettivi di vitalità e sopravvivenza dell'intera organizzazione;
 - **relazioni orizzontali**: interconnessioni di scambio con l'ambiente per il raggiungimento di obiettivi propri che ne consentano la sopravvivenza.
- **Le unità operative che compongono il SS1 sono Sistemi di Controllo orientati a obiettivi e vincoli operativi specifici e particolari, interni ed esterni.**



VSM - Sottosistema 2

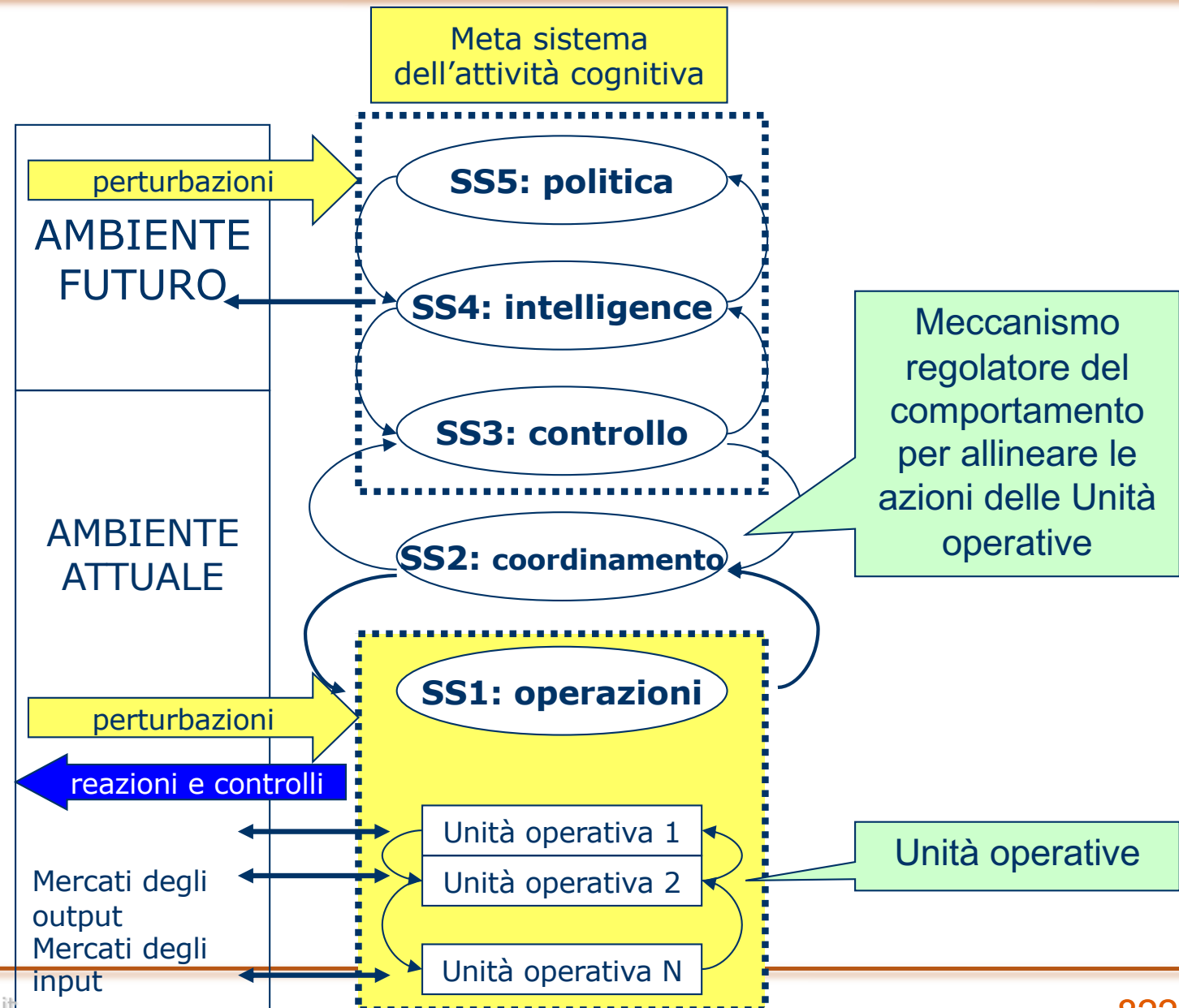
(SS2) Coordinamento

- È il sistema deputato al coordinamento delle unità operative che risultano interconnesse tra loro.
- **Pone in atto azioni di controllo volte ad evitare gli effetti dannosi delle interferenze e del mancato coordinamento tra le unità operative.**
- **Obiettivo di tale sistema, inteso quale sistema di controllo, è quello di permettere alle unità operative di conseguire i propri obiettivi, mantenendosi entro i vincoli comuni.**
- **Il coordinamento, infatti, presuppone il **monitoring**, vale a dire la continua rilevazione degli errori.**



Il Viable System Model

(SS1) Unità operative e (SS2) coordinamento



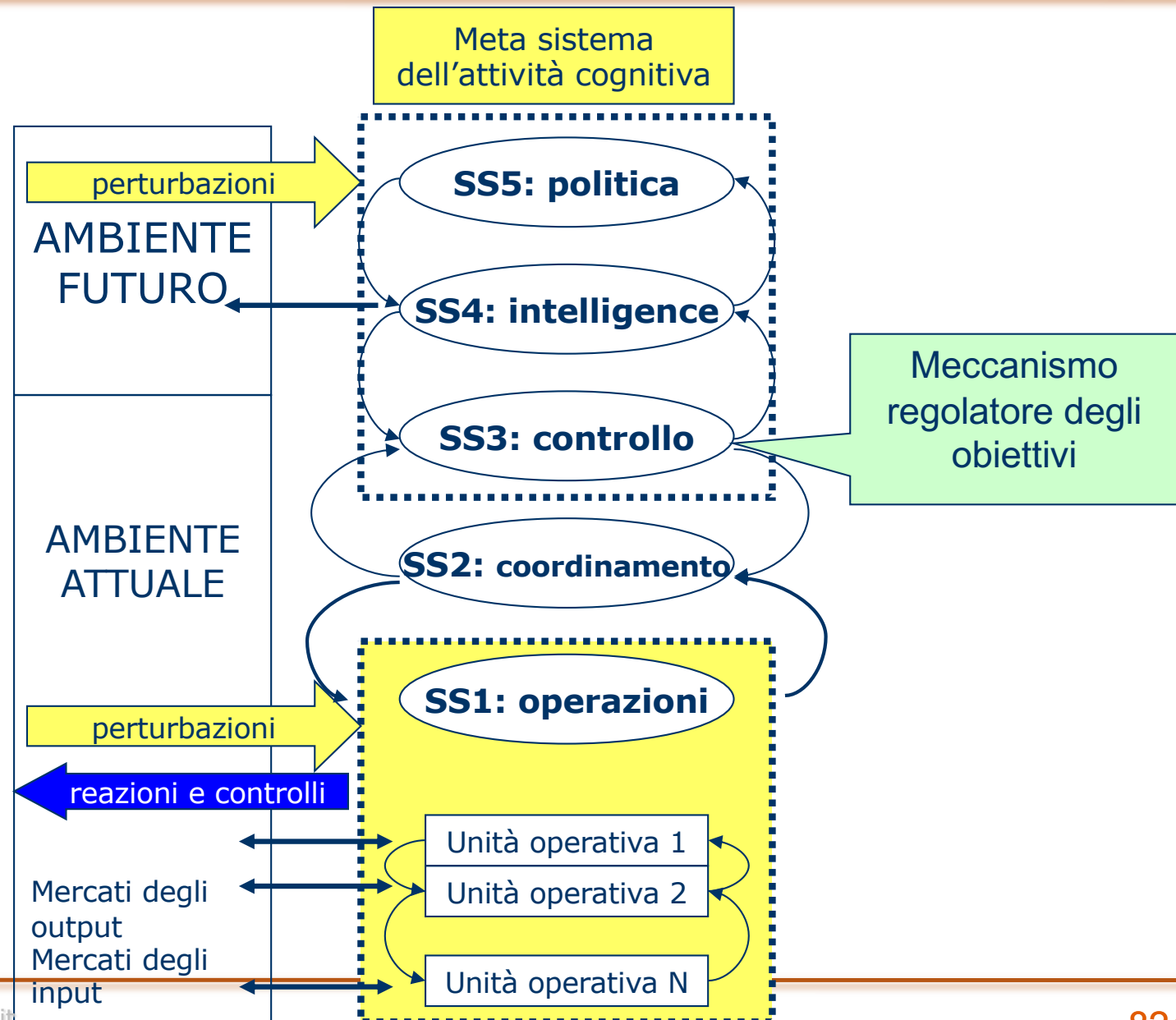
VSM - Sottosistema 3

(SS3) Controllo (secondo Beer)

- Le **unità operative** del **SS1**, coordinate attraverso il **SS2** per ottimizzare il reciproco **accoppiamento strutturale**, nonostante conseguano **obiettivi particolari**, formano il **sistema operativo che sviluppa le «operazioni»** dell'organizzazione (riquadro inferiore tratteggiato).
- La funzione del **SS3** è quella di **dirigere** il **sistema operativo** in modo unitario, verso il conseguimento degli **obiettivi di ordine superiore** – riferibili all'unitaria organizzazione.
- L'attività di direzione si esplica nell'elaborazione di **piani e programmi d'azione** e nel costante **monitoraggio dei processi** (che tendono verso gli obiettivi ultimi del sistema).
- **SS3** è un Sistema di Controllo fondato sulla programmazione e non può disgiungersi dai sistemi **SS4** e **SS5** poiché forma con essi un sottosistema di livello **superiore** che sviluppa **l'attività cognitiva e l'intelligenza** dell'organizzazione, (riquadro superiore tratteggiato).



Il Viable System Model (SS3) Controllo



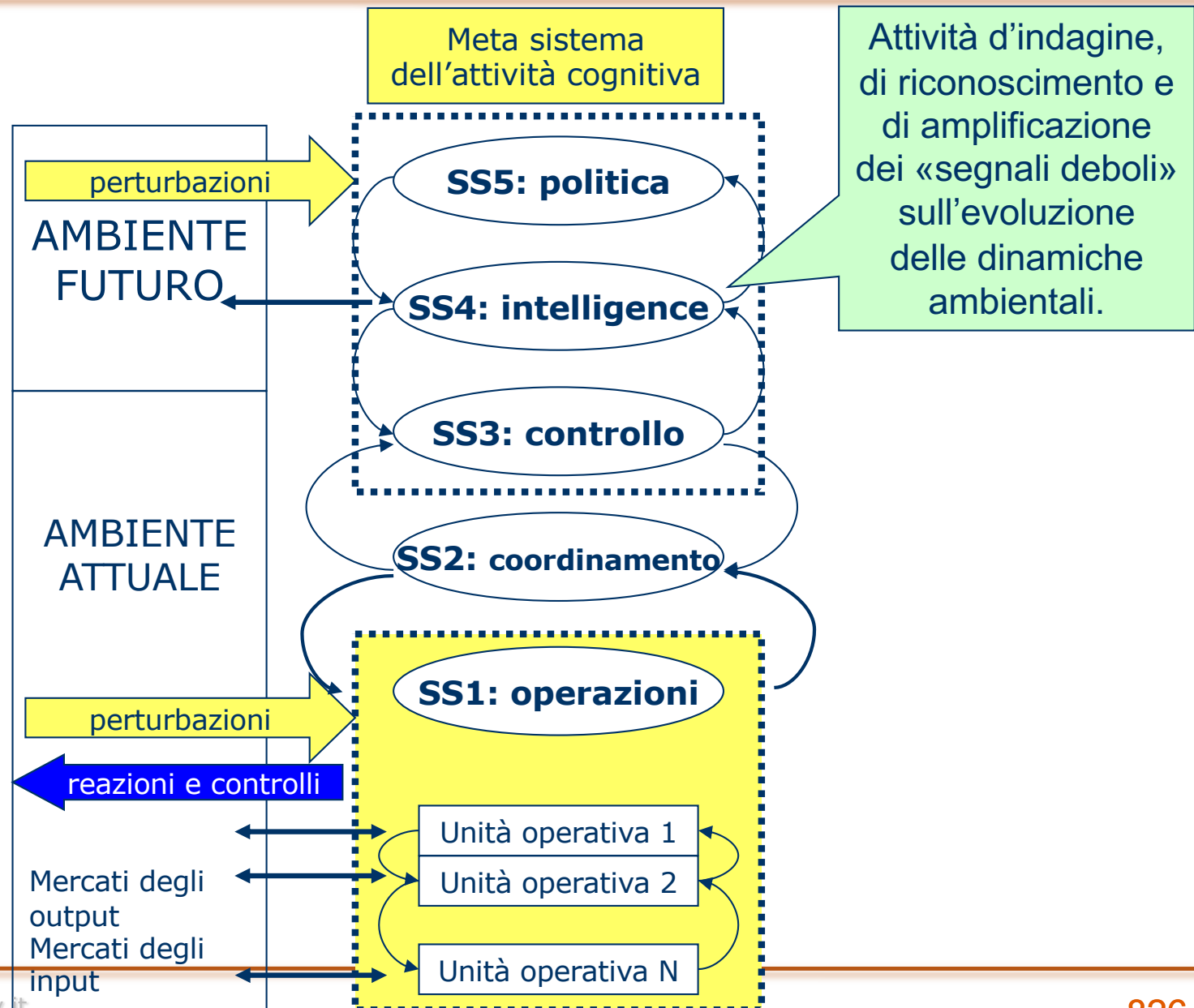
VSM - Sottosistema 4

(SS4) Intelligence sulle dinamiche future dell'ambiente

- L'organizzazione, per poter sopravvivere, deve sviluppare un'attività di osservazione continua e di **previsione dell'ambiente "futuro"**, affinché il **SS3** formuli programmi d'azione e adatti ad essi le unità e le attività del **SS1**.
- L'**SS4** è il sottosistema deputato alla proposta degli **obiettivi vitali** – secondo scenari futuri prevedibili – che si traducono in programmi d'azione, individuando, successivamente e progressivamente, e in tempo reale, gli scostamenti dai programmi che derivano dalle effettive dinamiche ambientali.



Il Viable System Model (SS4) Intelligence sull'ambiente



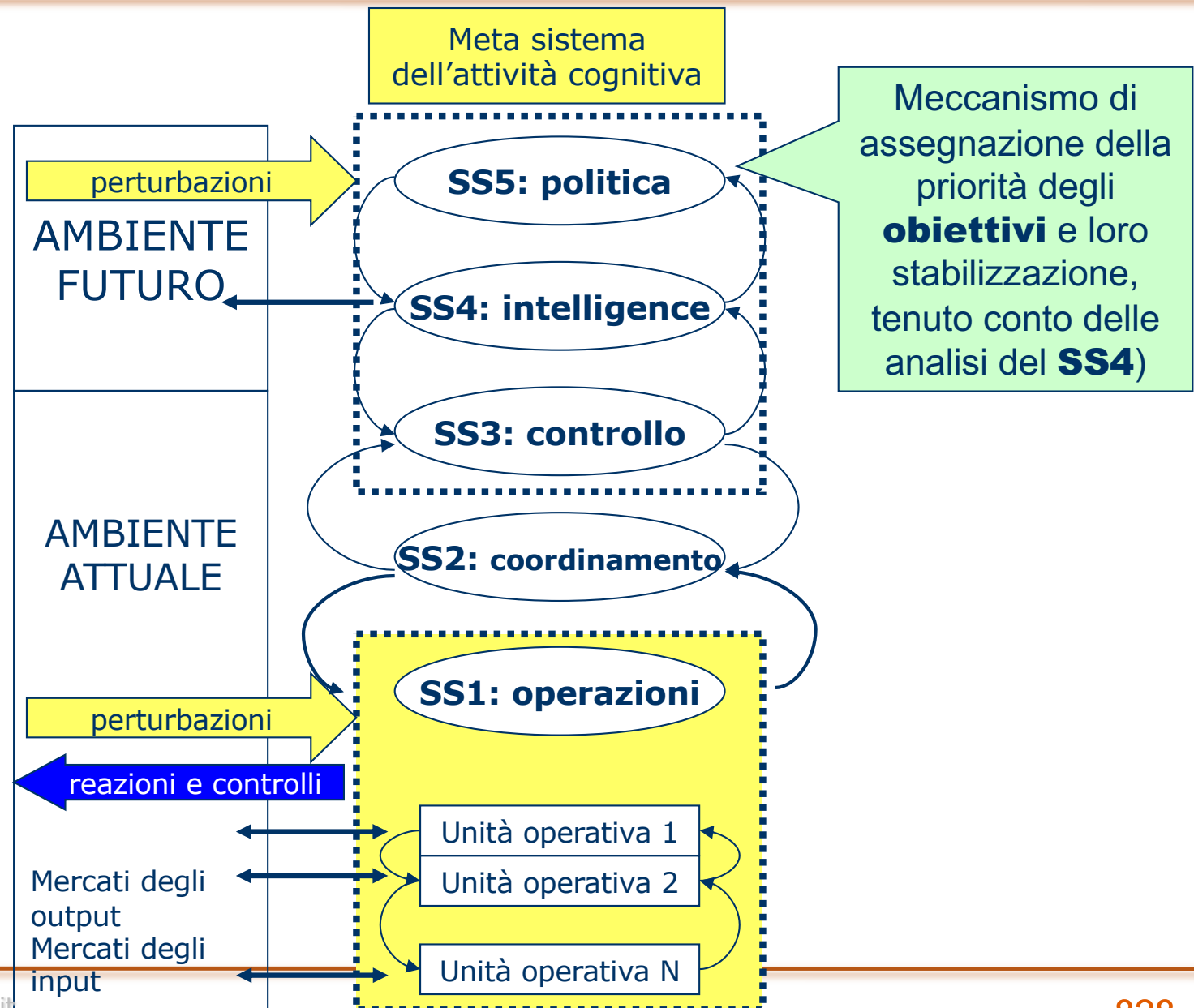
VSM - Sottosistema 5

(SS5) Politica

- Gli obiettivi posti dal **SS4** potrebbero essere tra loro incompatibili o concorrenti e non sempre adeguati al mantenimento delle condizioni di vitalità futura.
- Il **SS5** ha la funzione di porre una **gerarchia degli obiettivi** posti dal **SS4**, il cui perseguimento da parte del **SS1**, coordinate dal **SS2** e controllate dal **SS3**, è **condizione** per la sopravvivenza nel tempo dell'organizzazione quale sistema vitale.
- L'organizzazione viene, così, ad essere dotata di una **direzione unitaria**, di una capacità imprenditoriale in grado di definire le politiche volte al conseguimento degli obiettivi vitali.
- Le organizzazioni, pertanto, in quanto unità, sono Sistemi di Controllo che agiscono, attraverso le **strategie**, sulle **leve di controllo** impiegate dai sottosistemi inferiori, e risultano essere, anche, Sistemi di Controllo **multi obiettivo** poiché è necessaria un'attenta valutazione e razionale **ordinamento degli obiettivi**.



Il Viable System Model (SS5) Politica



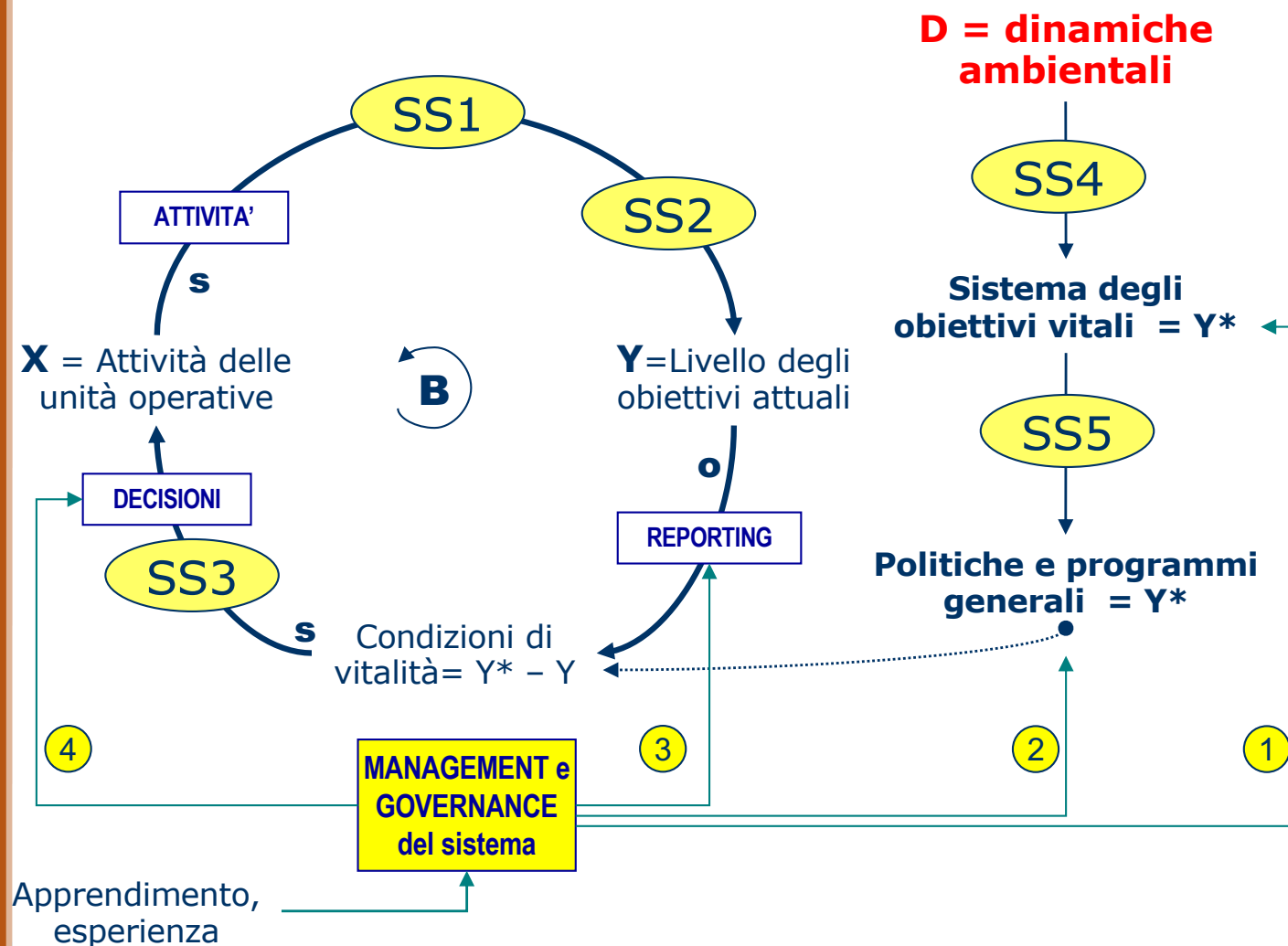


Sistemi Autopoietici e Sistemi Vitali

- Il modello dei sistemi **autopoietici** adotta una visione prevalentemente **micro**.
 - Secondo Varela, infatti:
 - Le conseguenze delle operazioni del sistema sono le operazioni del sistema, *in una situazione di completo autoriferimento* [...]. Si deve sottolineare con attenzione come la chiusura non sia l'isolamento. La chiusura si riferisce al fatto che il risultato di un'operazione cade ancora entro i confini del sistema stesso, e non al fatto che il sistema non ha interazioni (il che sarebbe appunto l'isolamento) (Varela, 1991).
 - Il **VSM** si pone in una prospettiva **macro**
 - Le organizzazioni sono unità che sopravvivono grazie alla loro struttura cognitiva e di controllo, in grado di **comunicare con l'ambiente** e derivare le informazioni necessarie per definire e conseguire i loro obiettivi istituzionali, attraverso il coordinamento delle unità operative.
 - Il VSM rappresenta il tipico modello di **sistema aperto** all'ambiente tramite le proprie operazioni e comunicazioni.
- La finalità del VSM?**
- Definire le condizioni strutturali che consentono alle organizzazioni di adattarsi all'ambiente.



Il Viable System Model come Unitario Sistema di Controllo



Il VSM riconosce come ogni organizzazione possa essere considerata come Sistema di Controllo unitario, nella **congiunta azione dei cinque sottosistemi**.



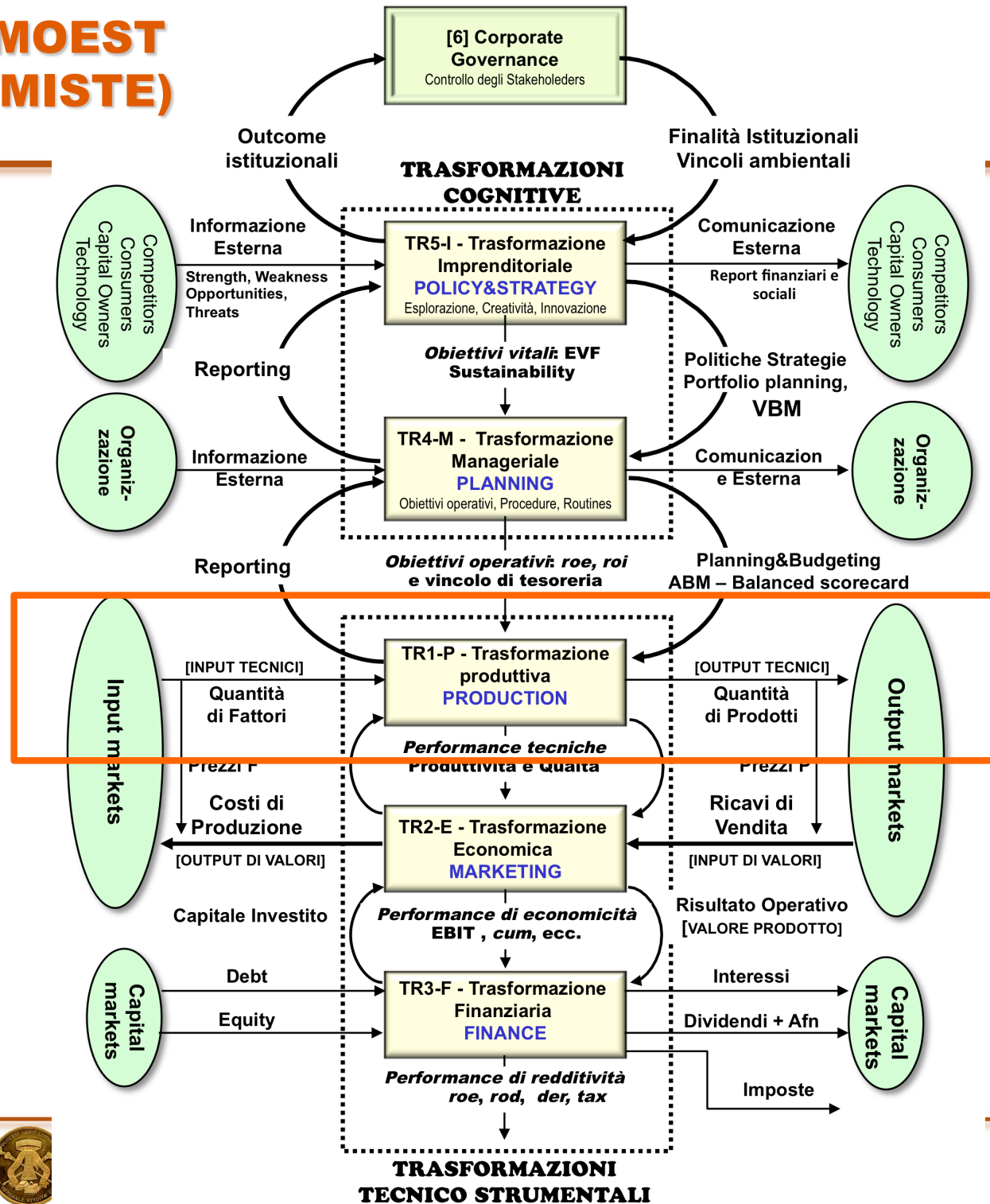
II MOEST – Model of Organizations as Efficient Systems of Transformation

- Il Modello di Organizzazione/Impresa quale Sistema di Trasformazione Efficiente **MOEST** (o anche **MISTE**) presenta le organizzazioni quali sistemi di trasformazione costituiti da **5 sistemi di trasformazione autonomi** ma interconnessi ciascuno dei quali ha propri sistemi di controllo.
- Il **MOEST** si pone in una **prospettiva funzionale**, evidenziando le **funzioni vitali** – che devono essere svolte con la **massima efficienza** – senza le quali nessuna organizzazione può vivere durevolmente.
- Secondo il **MOEST**, ogni organizzazione produttiva (impresa, in particolare) è composta da **cinque trasformazioni tipiche**, ciascuna delle quali, operando in **condizioni di massima efficienza** per l'azione di propri specifici sistemi di controllo, sviluppa una **funzione vitale**, analogamente a quanto visto nel **VSM**.
- Per questo, **MISTE**, propone obiettivi di efficienza per ciascuna trasformazione. Essi formano un preciso sistema di obiettivi di performance.

Pur essendo il MISTE già stato più volte presentato su *Economia Aziendale online* [si vedano Mella, P. (2022a) e Mella, P. (2022b)], ritengo opportuno richiamarne solo le caratteristiche principali.



MOEST (MISTE)

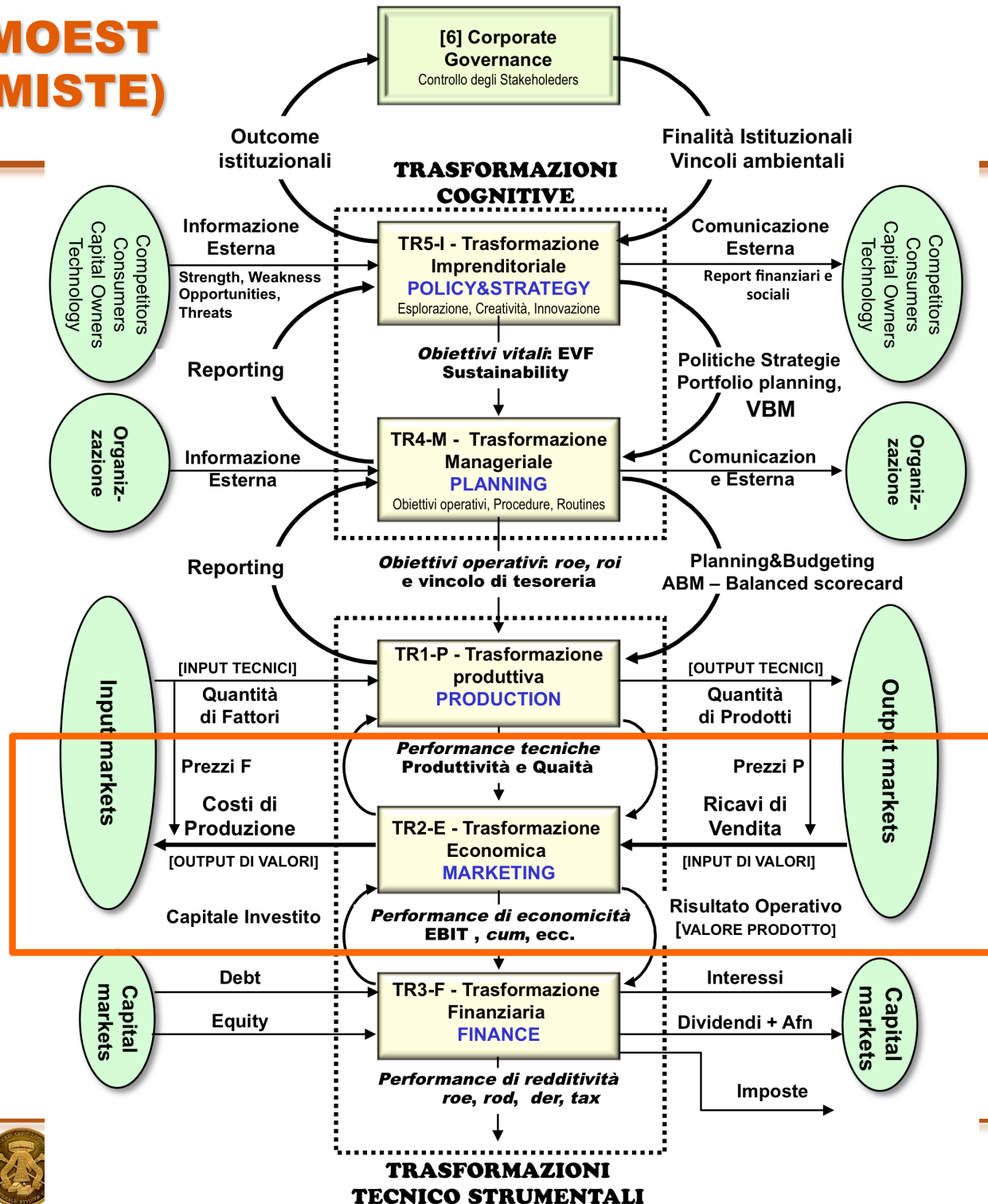


Trasformazione produttiva TR1-P

È una **trasformazione di utilità**.

Mediante un sistema produttivo, formato da una rete di centri operativi, l'impresa trasforma i fattori produttivi (aventi una data utilità), in prodotti finiti (in grado di erogare un'utilità maggiore).

L'efficienza di questa trasformazione è testata tramite due variabili:
1 -- la **produttività**: capacità della TR1-P di generare il massimo output produttivo con il minimo input – consumo – di fattori,
2 -- e dalla **qualità**: massimizzazione della **funzione d'uso** dei prodotti.

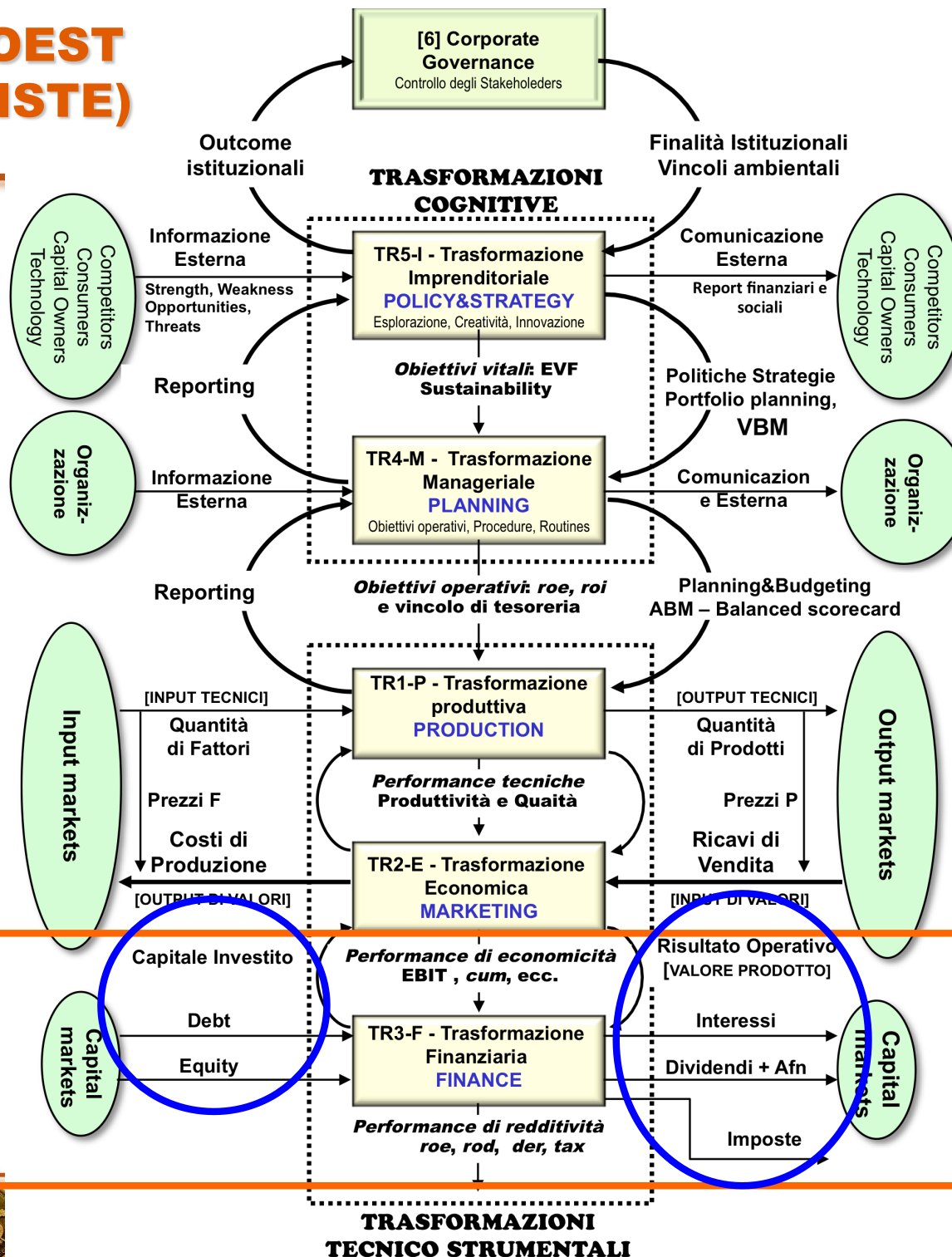


È una **trasformazione di valori**.

L'organizzazione produttiva, attraverso le proprie unità economiche rappresentate dai business e dagli investimenti, cerca di accrescere il valore dei fattori produttivi, impiegandoli per ottenere prodotti che possono essere negoziati a **prezzi remunerativi**, onde ottenere un **risultato economico**.

L'efficienza della TR2-E è testata dall'**economicità**, intesa come capacità di coprire i flussi di costi con i flussi di ricavi, quantificata dal rapporto tra RP e CP.





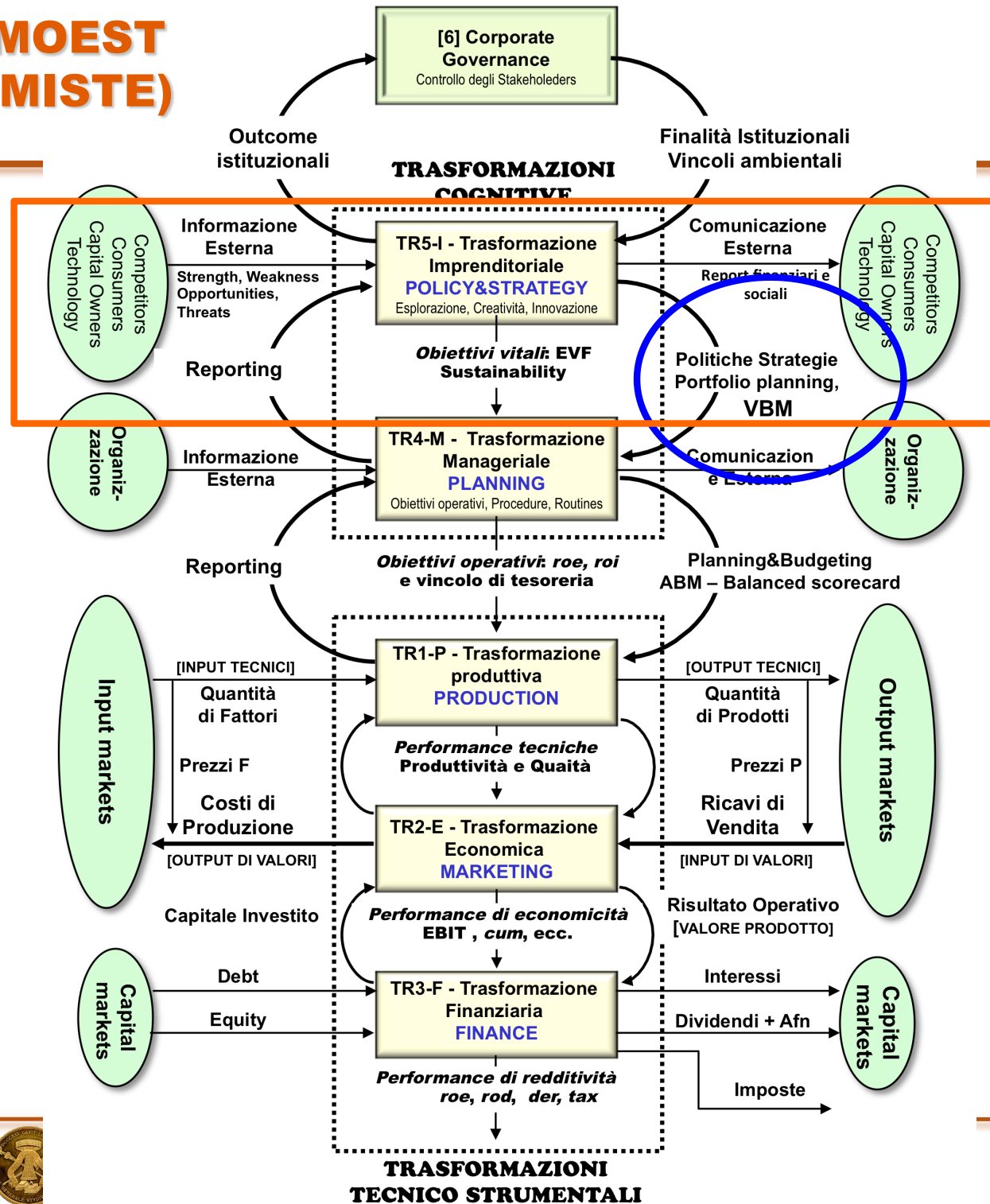
Trasformazione finanziaria TR3-F

È una **trasformazione di rischio**.

L'impresa dà vita ai **business** e trasforma i **capitali acquisiti** – a titolo di **equity** o di **debito** – e **impiegati** per attivare la TR1-P e la TR2-E, in flussi di **remunerazioni** a titolo di **interesse** (per i capitali di prestito) e a titolo di **profitto** (per i capitali di rischio).

L'efficienza della TR3-F è misurata dalla **redditività** quantificata dal rapporto tra le remunerazioni medie dei capitali e l'ammontare medio di questi, con riferimento ad un dato periodo.





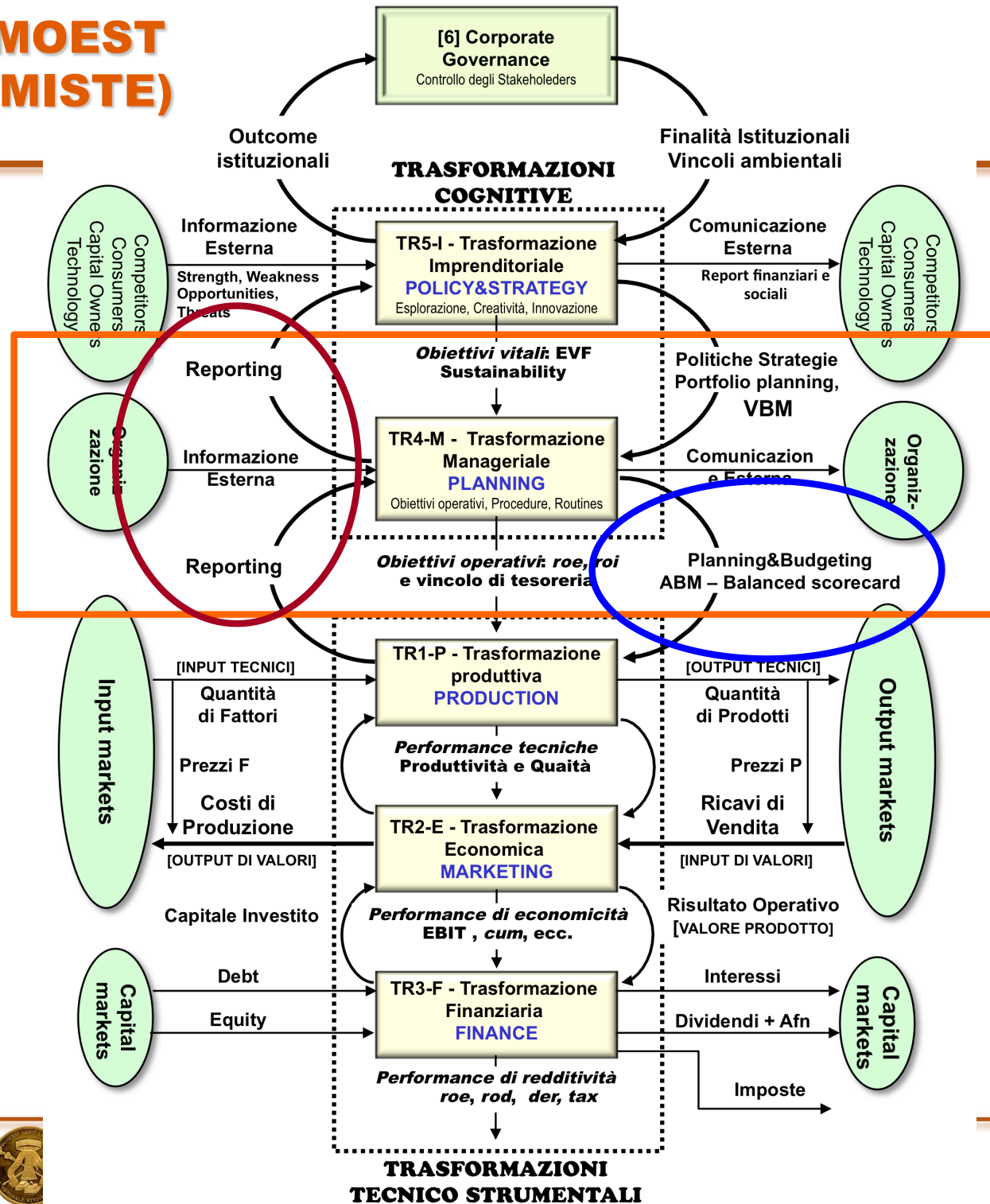
Trasformazione imprenditoriale TR5-I

La funzione della TR5-I è di **monitorare l'ambiente presente e futuro** affinché:

- 1 - vengano individuate le condizioni di sopravvivenza e si definiscano gli **obiettivi massimi** da conseguire, per garantire la vitalità durevole;
- 2 - si decidano le **politiche imprenditoriali** fissando la priorità degli obiettivi vitali;
- 3 - si stabiliscano le **strategie imprenditoriali**, per ogni obiettivo, per ordinare le leve di controllo più efficaci.

La TR5-I attua una **trasformazione di informazioni e previsioni in decisioni (politiche e strategiche)**, cioè piani e programmi di lungo periodo al fine di conseguire gli obiettivi vitali, realizzando le tre trasformazioni "tecniche" efficienti.

Il successo della TR5-I dipende da quello delle altre e i parametri fondamentali di efficienza imprenditoriale sono la **redditività** e l'**EVF**.



La TR4-M svolge cinque sottofunzioni:

- 1 - Segmenta gli obiettivi vitali (definiti dalla TR5-I) in **obiettivi operativi**;
- 2 - Segmenta le strategie generali (definite dalla TR5-I) in strategie **funzionali ed operative**;
- 3 - Elabora i **programmi** operativi e i **budget** che fungono, essi stessi da obiettivi operativi per i Sistemi di Controllo, necessari a perseguire la massima efficienza produttiva, economica e finanziaria.
- 4 - Svolge il **coordinamento manageriale** degli organi, delle unità operative e dei membri stessi dell'organizzazione – i “motori” delle trasformazioni “tecniche”;
- 5 - Assume decisioni di **regolazione operativa** che impongono alle unità controllate (organi, unità e individui) di sviluppare i comportamenti necessari per conseguire gli obiettivi.

MOEST (MISTE)

Due tipi di controlli nel MOEST

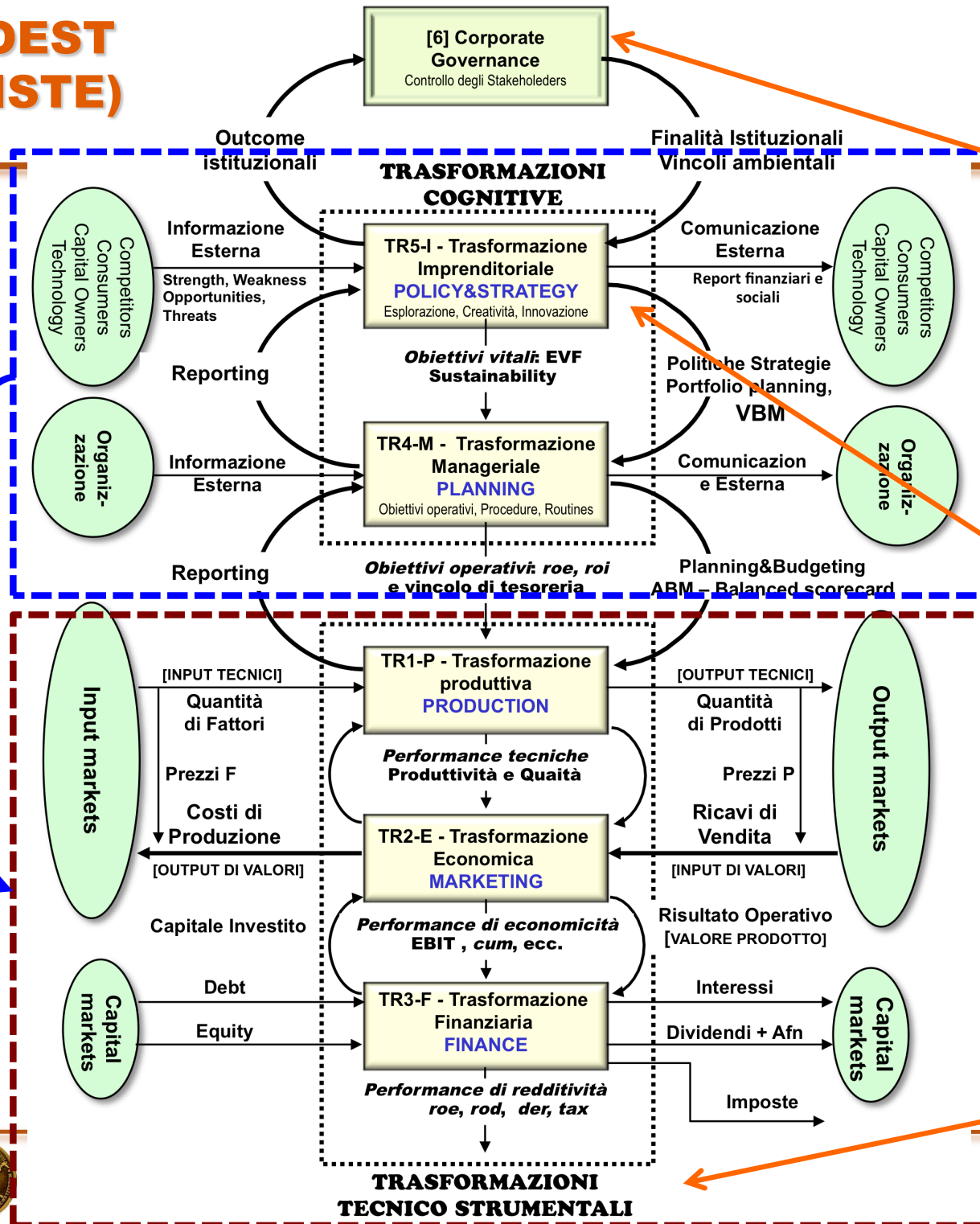
CONTROLLI ISTITUZIONALI

**Le trasformazioni
Manageriale e
Imprenditoriale
sono
trasformazioni
cognitive e
sviluppano i
controlli delle
performance del
sistema unitario.**

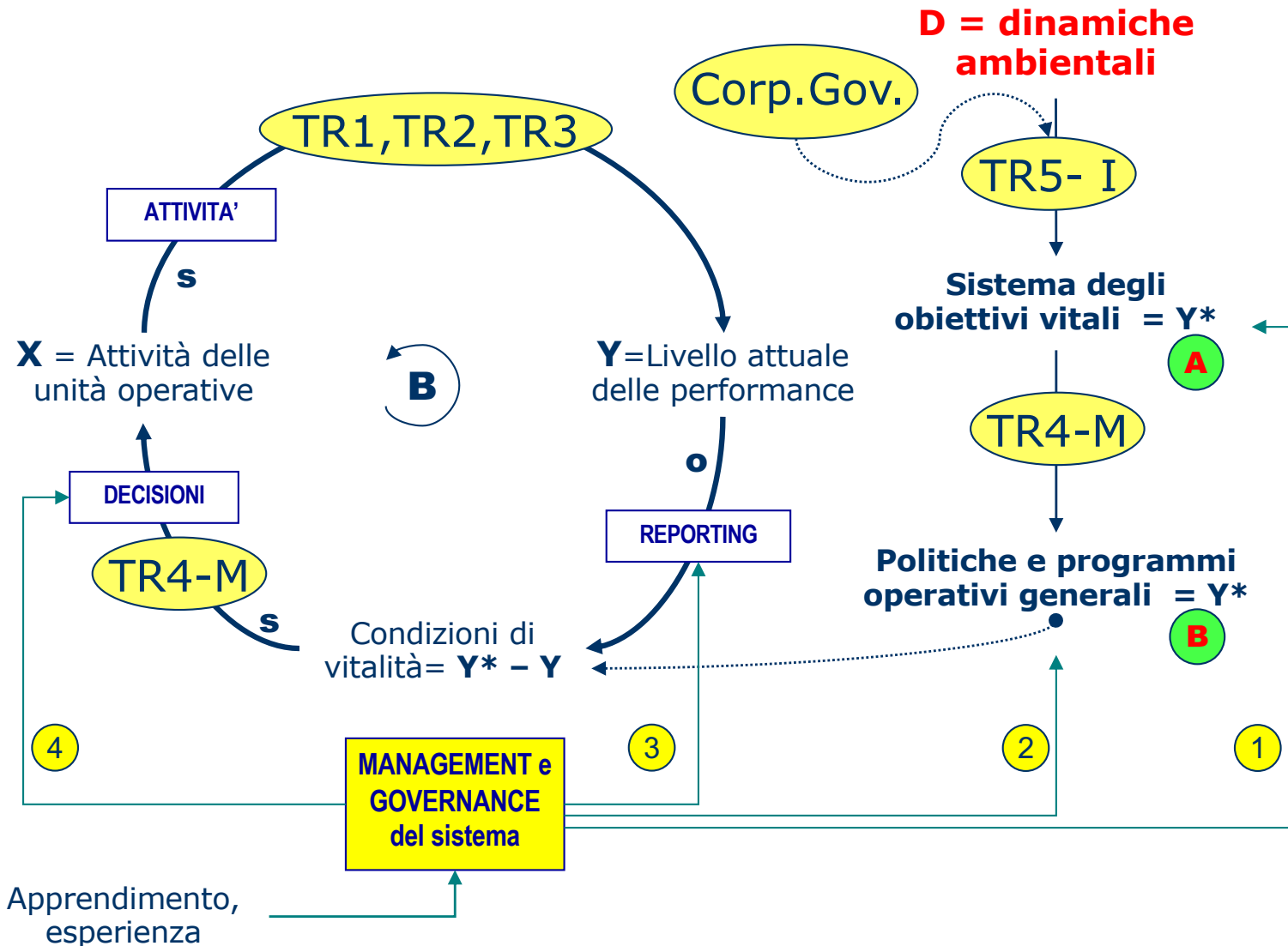
CONTROLLI delle PERFORMANCE

**Le trasformazioni
Produttiva,
Economica e
Finanziaria sono
trasformazioni
tecniche e
strutturali e
sviluppano i
controlli operativi.**

CONTROLLI OPERATIVI



II MISTE come Sistema di Controllo unitario



Ogni organizzazione produttiva deve essere considerata come un **Sistema di Sistemi** di Controllo per il conseguimento di obiettivi e performance necessari per la sopravvivenza.

Gli **obiettivi vitali** **A**
sono le finalità massime
vitali stabilite dalla
**Trasformazione
imprenditoriale.**

I valori deliberati nei **programmi operativi generali** e dettagliati nel budget, rappresentano gli **obiettivi operativi** stabiliti dalla **Trasformazione manageriale.**



VSM vs. MISTE

VSM

- Le unità operative del **SS1**, descritto da Beer, corrispondono alle unità che producono le "trasformazioni tecniche" del MISTE.
- Controllo strutturale.
- Non si fa riferimento ad espliciti indicatori di performance.

MOEST

- Il **MOEST** contiene tutti gli elementi di VSM.
- Le trasformazioni "cognitive" del **MOEST**, imprenditoriale e manageriale, corrispondono alle attività affidata ai meta-sistemi ad alto livello del VSM.
- Esplicita i tre livelli di controllo – istituzionale, strategico ed operativo.
- Evidenzia la possibilità di costruire un sistema preciso di indicatori di performance – produttività, economicità e redditività.

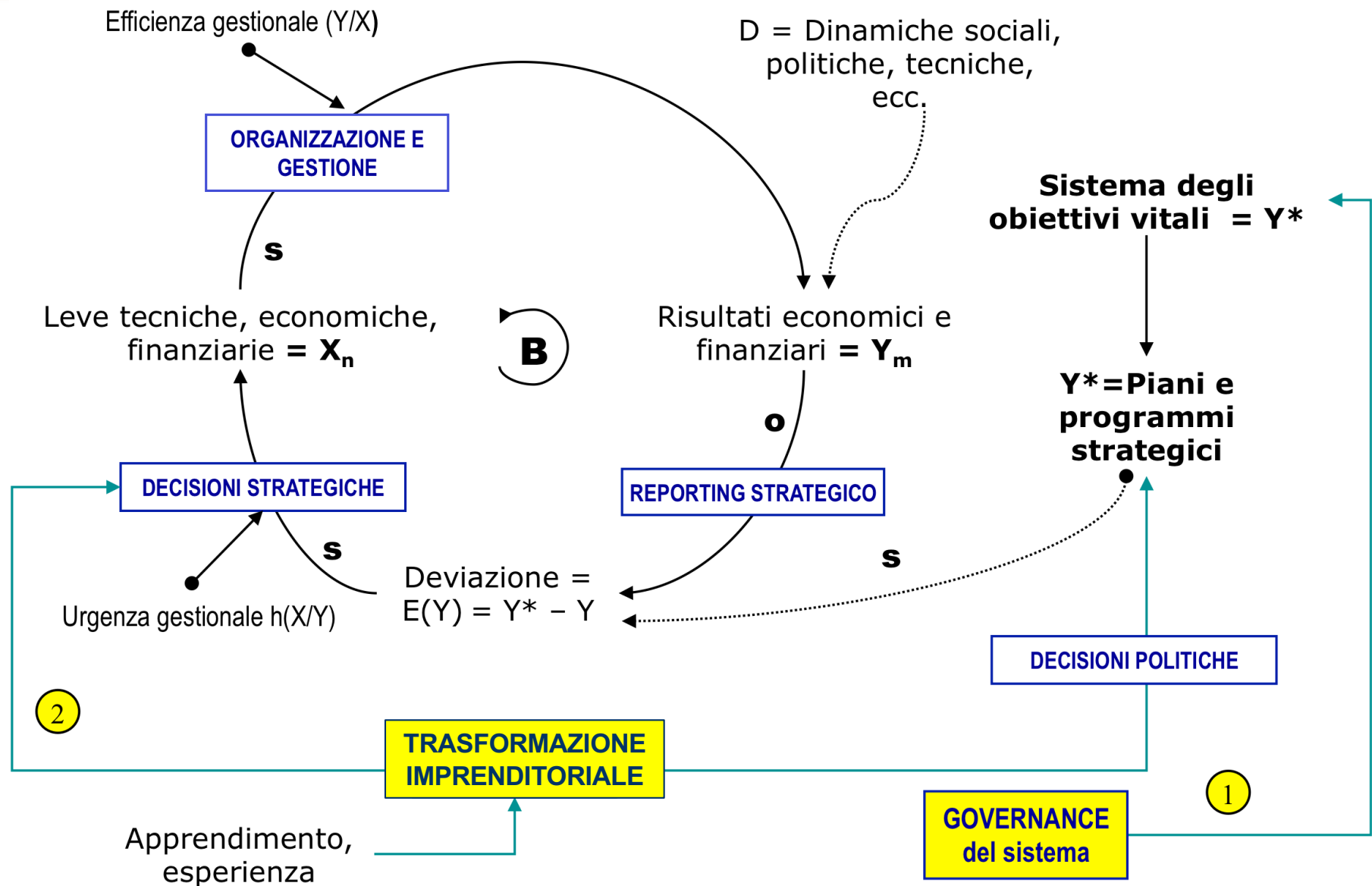


L'importanza del controllo di gestione nel MOEST

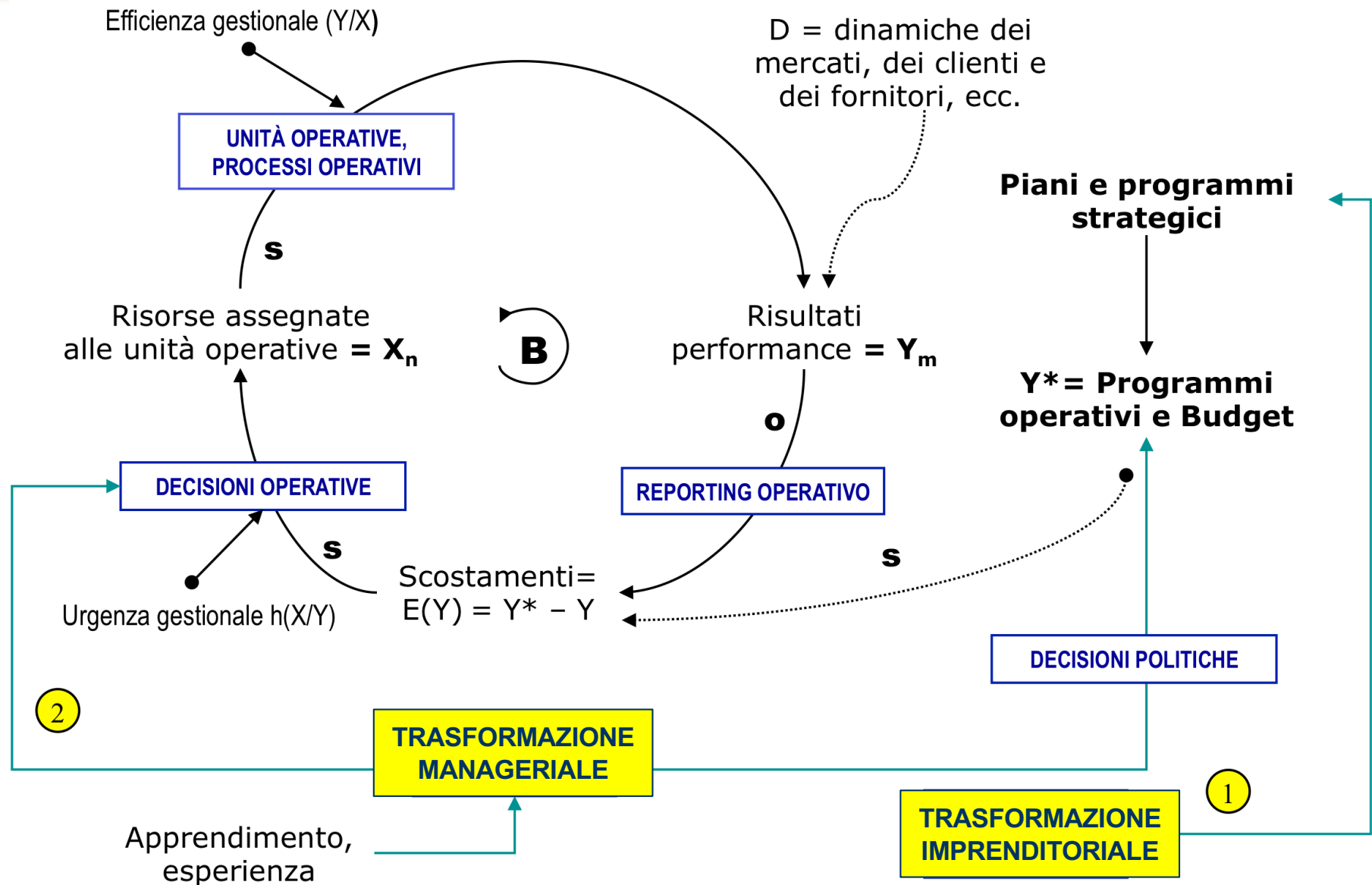
- **Il MOEST è fondato sull'ipotesi che le organizzazioni sviluppino trasformazioni efficienti.**
- **Non si possono assumere le decisioni e sviluppare i processi vitali delle organizzazioni, senza i processi di controllo che:**
 - agendo a differenti livelli (persone, reparti, business, ...)
 - **dirigono** l'organizzazione per sviluppare la massima **efficienza** e conseguire le massime **performance** di produttività, qualità, economicità e redditività,
 - in un ambiente sempre mutevole,
 - rispettando i vincoli posti dal mercato e dagli stakeholders.
- Osservando il MOEST, possiamo distinguere tra **macro controllo** e **micro controllo**: i due aspetti (micro e macro) si distinguono non per **logica** ma per **tipo** di Sistema di Controllo utilizzato e la **scala temporale** secondo cui si agisce.
- Il **macro controllo** si sviluppa sia nella forma del c.d. **controllo strategico** (attuato dalla TR5-I) sia nella forma del c.d. **controllo manageriale** (attuato dalla TR4-M).
 - “Il controllo di gestione è quella serie di prassi che un manager compie per assicurarsi che i risultati effettivi si avvicinino il più possibile a quelli programmati”. (Newman, 1981).



II Sistema del macro Controllo Strategico



Il Sistema del macro Controllo Manageriale





Il controllo di gestione: Feedback e Feedforward

Il duplice ruolo di Pianificazione e Budgeting

- Il **controllo a feedback**, tipico del comportamento «**reattivo**», non può, e non deve, essere l'unica forma di controllo delle trasformazioni del MISTE.
- Le **trasformazioni cognitive** devono sviluppare anche un **controllo a feedforward**, tipico del comportamento **proattivo**.
- **Il controllo per preazione anticipa quello per reazione.**
- **La pianificazione e il budgeting sono il risultato della logica del controllo per preazione e rappresentano lo strumento per quello a retroazione.**
- Nel MOEST **pianificazione**, in generale, e il **budget**, in particolare, svolgono altre importanti funzioni:
 - **sono strumenti di coordinamento,**
 - **di cooperazione,**
 - **e di apprendimento organizzativo,**
 - tra i membri, gli organi, le funzioni e i processi dell'organizzazione (come descritto anche dal VSM (SS2) e dal MISTE (TR4-M),
 - guidando l'organizzazione verso la logica delle **learning organizations** (Lezione 1)
 - La programmazione e il budgeting, da strumenti di **modelling to predict and control** sviluppano un processo di **modelling to learn** (de Geus, 1988).





Organizzazione quale agente economico cognitivo, intelligente

- Nello sviluppare la capacità di controllo della propria struttura, dei processi e della propria dinamica **verso livelli di efficienza sempre più elevati**, l'**organizzazione diventa:**
 - **Agente economico:** essa disegna e percorre una traiettoria sua propria nello spazio produttivo, economico e finanziario in cui opera,
 - **Agente cognitivo intelligente:** essa sviluppa un'attività cognitiva volta a dare un significato agli stimoli ambientali, a tradurli in informazioni e, tramite la programmazione, a strutturarle in conoscenza, configurando un comportamento reattivo e proattivo per riprodurre durevolmente i processi economici, adattandosi alla mutevolezza dell'ambiente, mantenendo la propria identità, in un processo autopoietico continuativo.
 - **Agente razionale:** l'attività cognitiva deve tendere a rendere massima l'efficienza delle trasformazioni vitali, ricercando le necessarie performance produttive, economiche e finanziarie, e diventa un **Sistema di Controllo di conseguimento.**
 - **Agente esplorativo:** alla continua ricerca del miglioramento delle performance, esplora il proprio ambiente territoriale per **raggiungere** le aree connotate da maggior attrattività è diventa un **Sistema di Controllo di miglioramento.**



Obiettivo direzionale di massimo livello

- Gli **obiettivi direzionali** possono essere considerati quali **obiettivi di performance**.
- L'**obiettivo di performance più elevato nelle imprese capitalistiche**, posto dal management, è il **massimo profitto con il minor impiego di capitale di rischio**.
- Poiché, tuttavia,
 - l'impresa "vive" grazie ai conferimenti di capitale di **equity** da parte del capitalista-imprenditore (individuale o società) che si attende un'equa remunerazione finanziaria di tali conferimenti;
 - vi è **separazione tra proprietà e gestione**, cosicché il management "vive" fino a quando sono soddisfatte le esigenze di redditività di chi ha conferito capitali di rischio,
- È immediato dedurre che
 - **La trasformazione imprenditoriale si dovrebbe porre, quale massimo obiettivo dell'impresa capitalistica, un livello di redditività che consentisse di rendere massimo il valore economico dell'impresa per gli shareholders.**



EVF = Economic Value of the Firm

- Il **valore economico dell'impresa** – o capitale economico – denominato **EVF** o **Economic Value of the Firm** si calcola, in forma sintetica, come:

$$EVF = R^{\text{prospettico}} / ce = E (roe^* / ce) \quad [1]$$

- Essendo:

- $R^{\text{prospettico}}$ = reddito medio prospettico atteso, accuratamente previsto,
- ce = cost of equity, pari al costo opportunità per il capitalista imprenditore cioè al rendimento offerto dal migliore investimento alternativo attuabile (ad analogo rischio),
- E = equity attuale,
- roe^* = redditività prospettica per il conferente dell'equity, essendo:

$$roe^* = R^{\text{prospettico}} / E \text{ (return on equity prospettico)}, \quad [2]$$

- risulta immediato calcolare l'EVF con la semplice espressione:

$$EVF = E (roe^* / ce) \quad [3]$$

- La differenza tra E ed EVF si definisce **valore (sintetico) di avviamento**.
- **Obiettivo massimo** posto dalla **trasformazione imprenditoriale** diviene, quindi, la **massimizzazione** dell'EVF o, in termini equivalenti, dell'**avviamento** dell'impresa.



Dall'EVF al roi

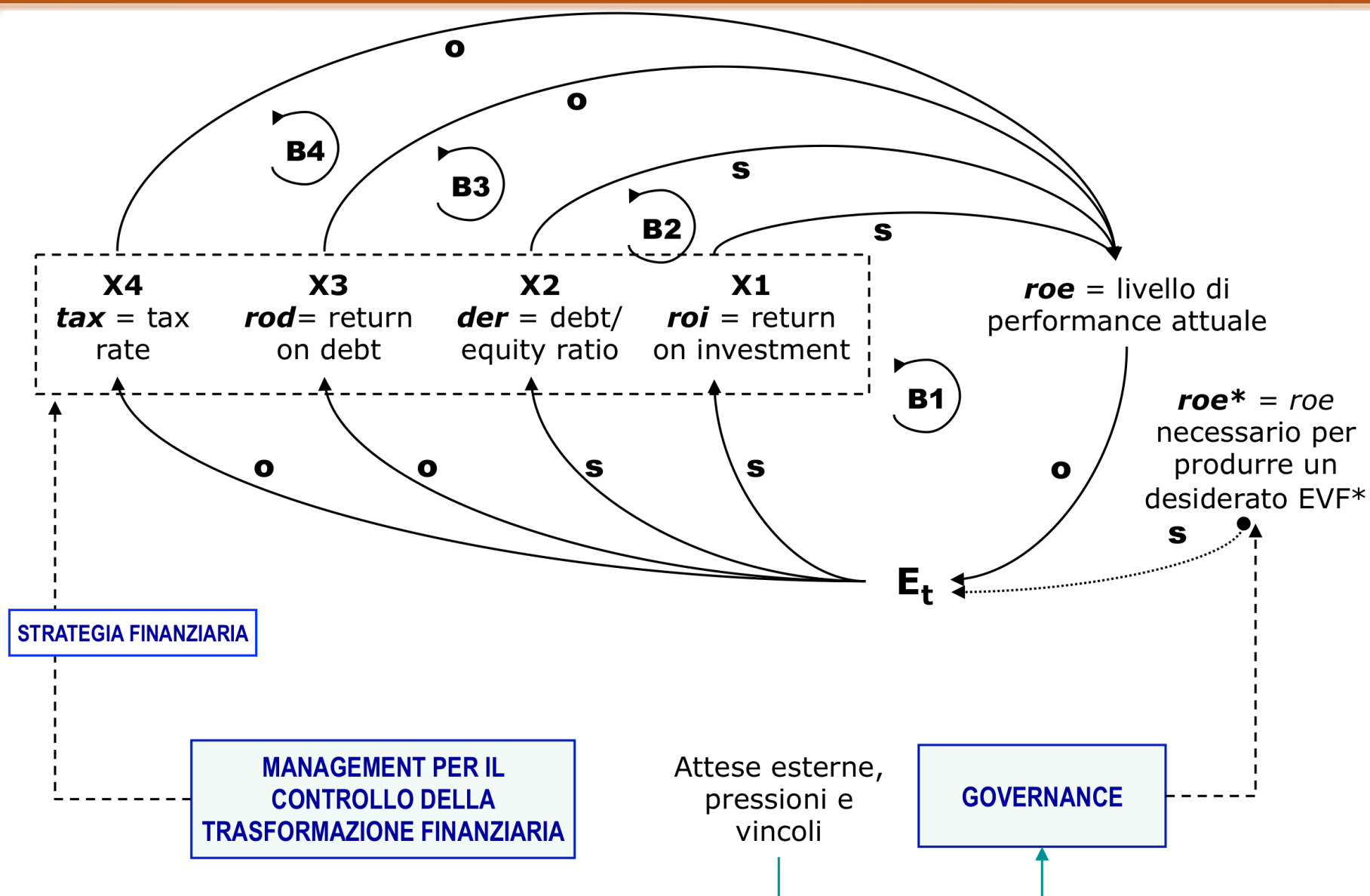
- La **trasformazione manageriale** dovrebbe tradurre l'obiettivo di **EVF** nell'obiettivo di **roe*** calcolato sull'equity, **E**, tenendo conto dei redditi futuri prospettici ottenibili nell'ambito di una pianificazione strategica corretta.
- Deriva che il **roe**, malgrado sia un indicatore sintetico di efficienza finanziaria, ai fini del controllo, rappresenta un **obiettivo manageriale di performance derivato da altri obiettivi manageriali** e, in particolare, dal
 - **roi = RO/CI** (return on investment)
 - e dalla Leva Finanziaria, o **der = D/E** (debt equity ratio)
 - come dimostra la nota relazione di **Modigliani-Miller** (1958):

$$\text{roe} = [\text{roi} + (\text{roi} - \text{rod}) \times \text{der}] \times (1 - \text{tax}) \quad [4]$$

- Il **roi** rappresenta, contemporaneamente, il **massimo obiettivo di performance** per la trasformazione **economica** e la **finanziaria** dell'impresa.
- Il modello che segue evidenzia il sistema plurileva per il controllo del «**roe**» nell'ambito della strategia finanziaria.



Sistema di Controllo del «roe»

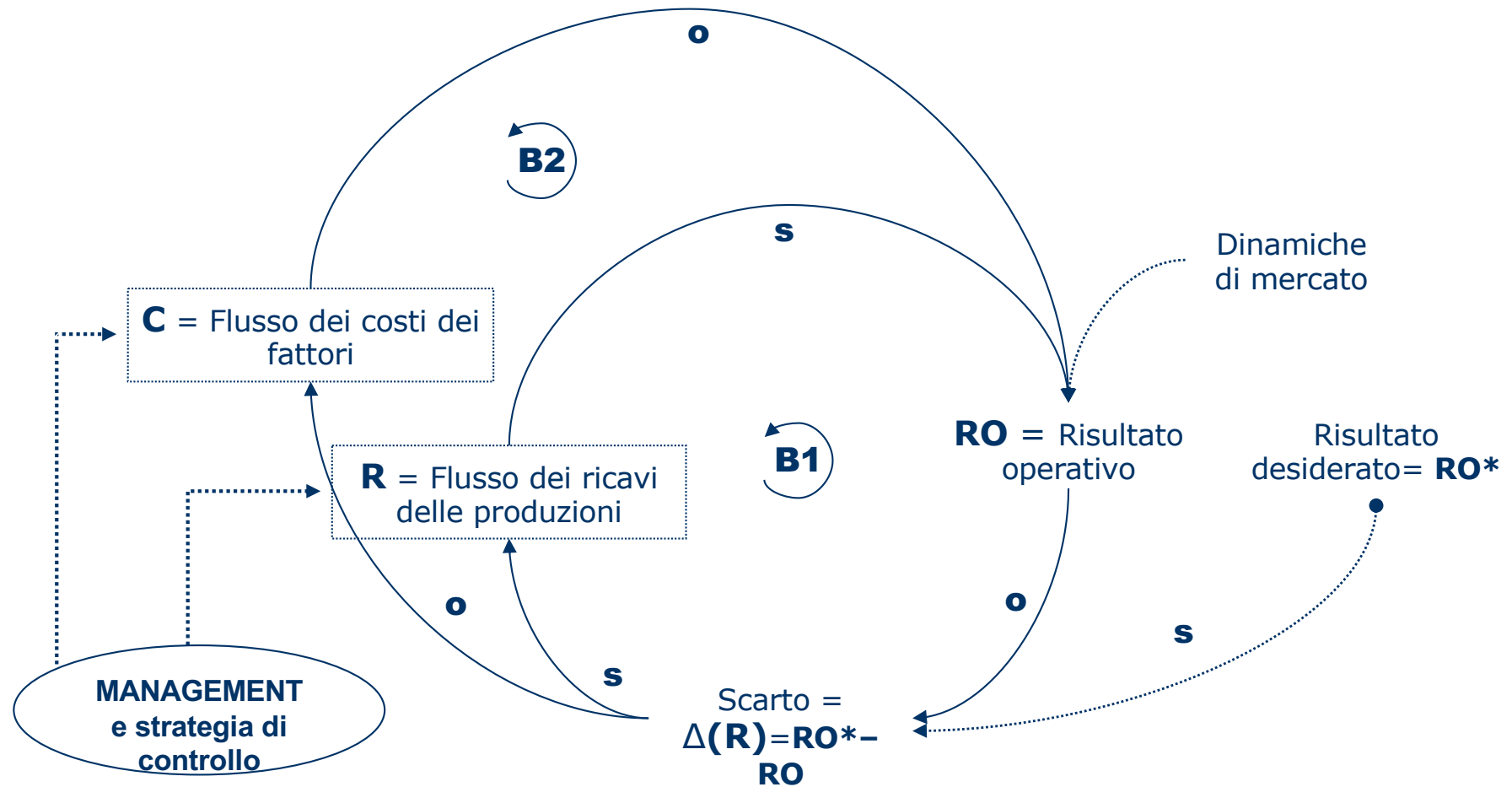


Dal roi al RO

- Il risultato operativo, **RO**, è la principale determinante del **roi** e deve, pertanto, essere considerato quale **massimo indicatore strategico di performance**, ovvero, quale **massimo obiettivo economico**, da tenere sotto controllo per la sopravvivenza stessa dell'impresa.
- Il **controllo del RO** è attuato da un **Sistema di Controllo di alto livello** che agisce su due leve:
 - la leva dei ricavi operativi (**R**)
 - la leva dei costi operativi (**C**).
- Il controllo del **RO** implica una Rete i Sistemi di Controllo a livelli inferiori che devono agire in modo coordinato e continuativo, per controllare i livelli desiderati di Ricavi e i livelli desiderati dei Costi, che garantiscono di realizzare l'obiettivo di RO.



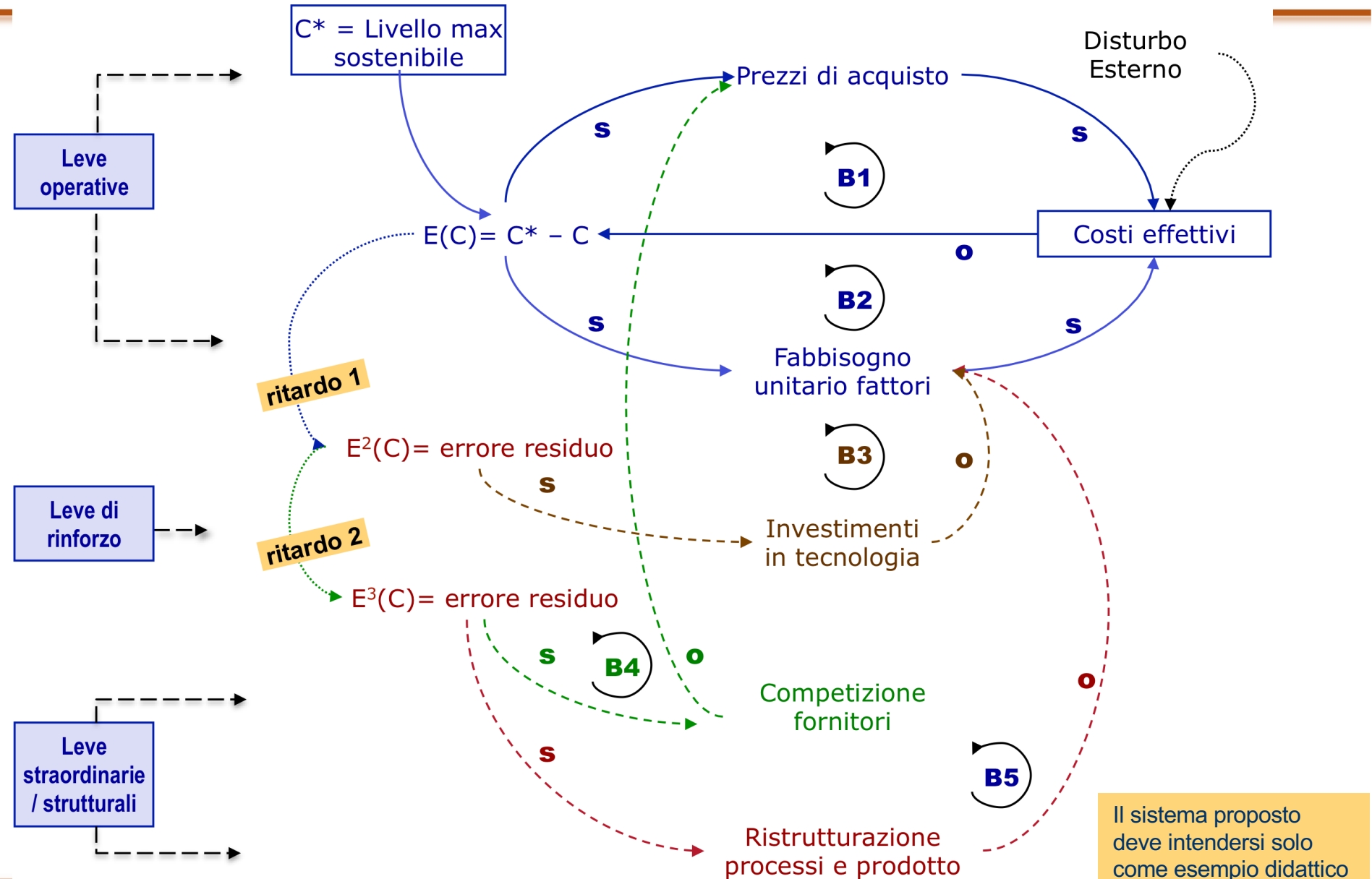
Il Sistema di Controllo di alto livello del risultato operativo



Poiché il RO dipende dai flussi e dai livelli dei ricavi e dei costi, è necessario attivare Sistemi di Controllo dei Ricavi e dei Costi operativi, e anche del cash flow.



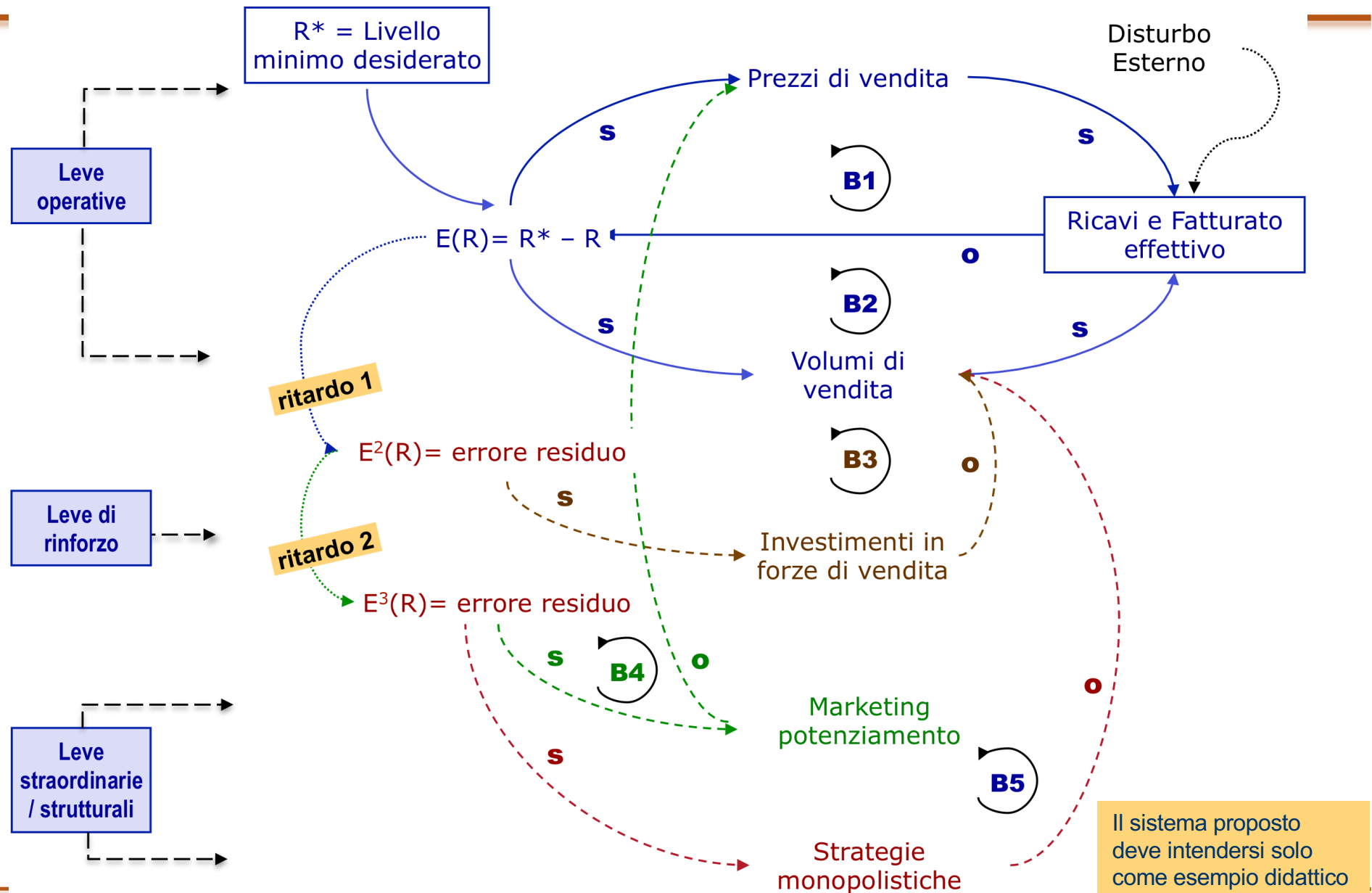
Modello generale di Sistema di Controllo dei Costi operativi



Il sistema proposto
deve intendersi solo
come esempio didattico

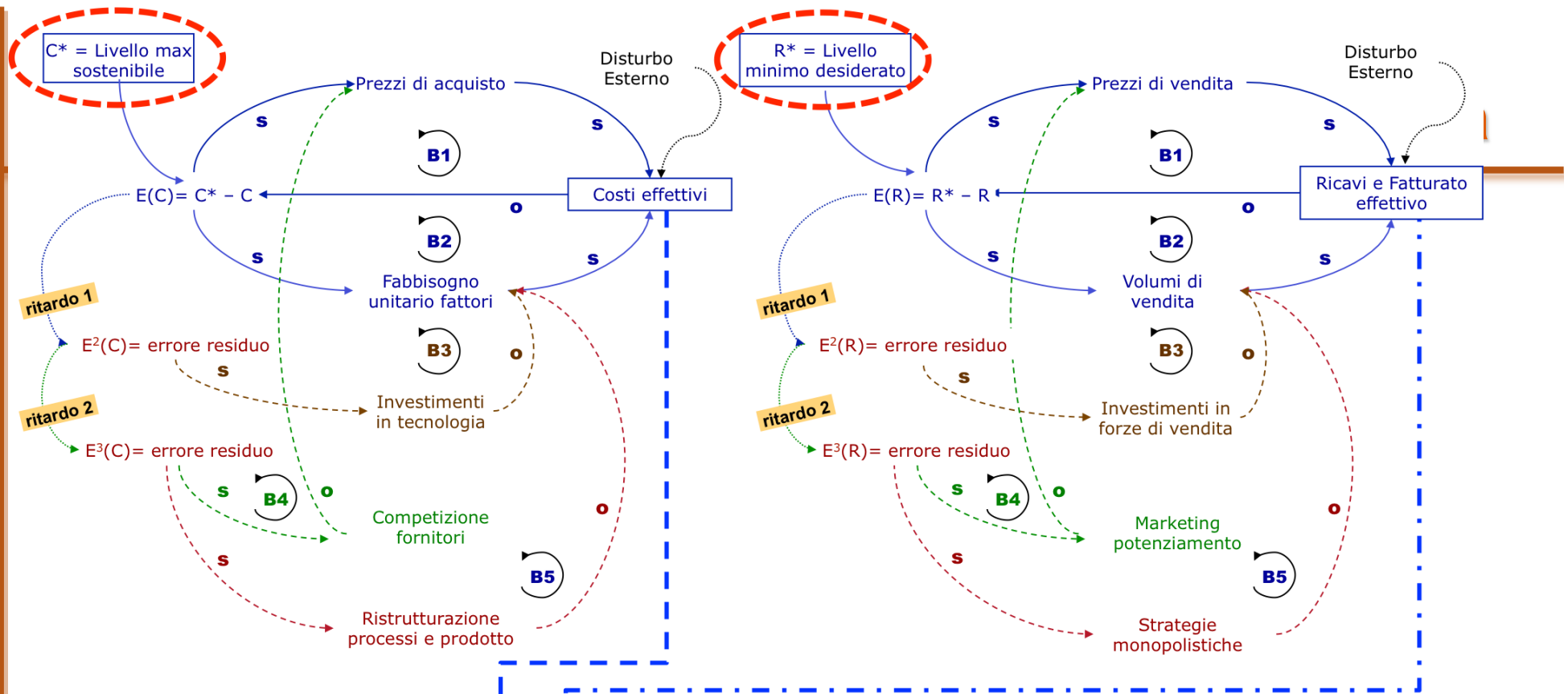


Modello generale di Sistema di Controllo dei Ricavi operativi



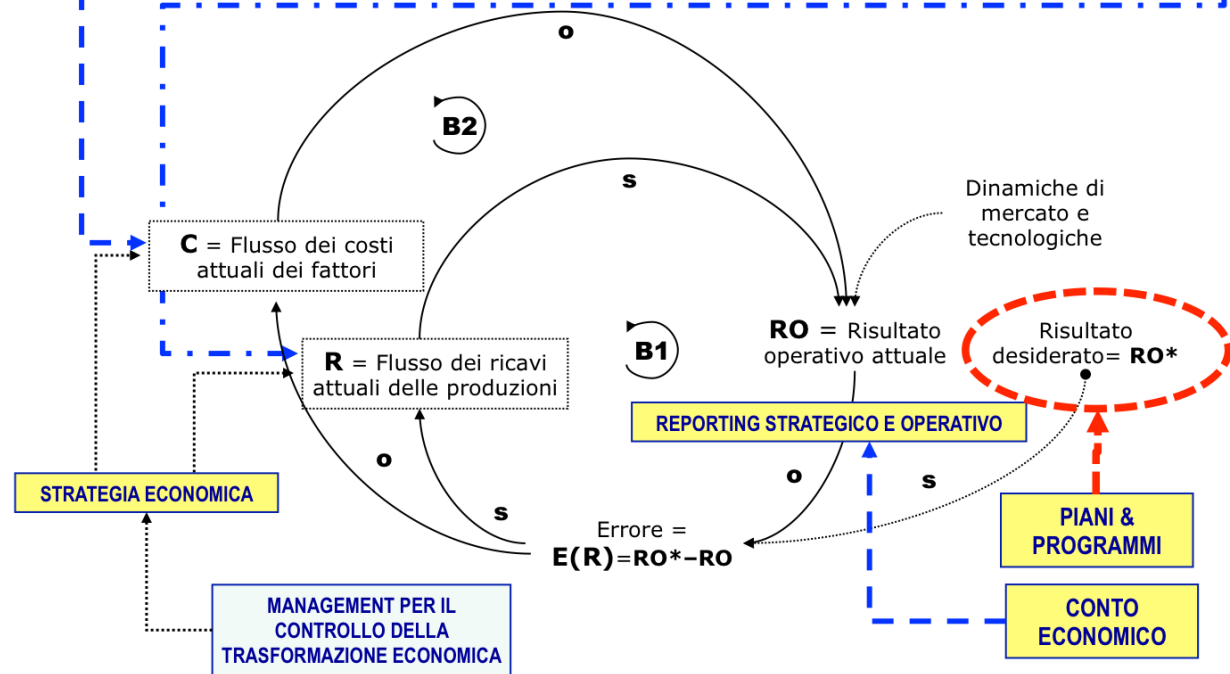
Il sistema proposto
deve intendersi solo
come esempio didattico



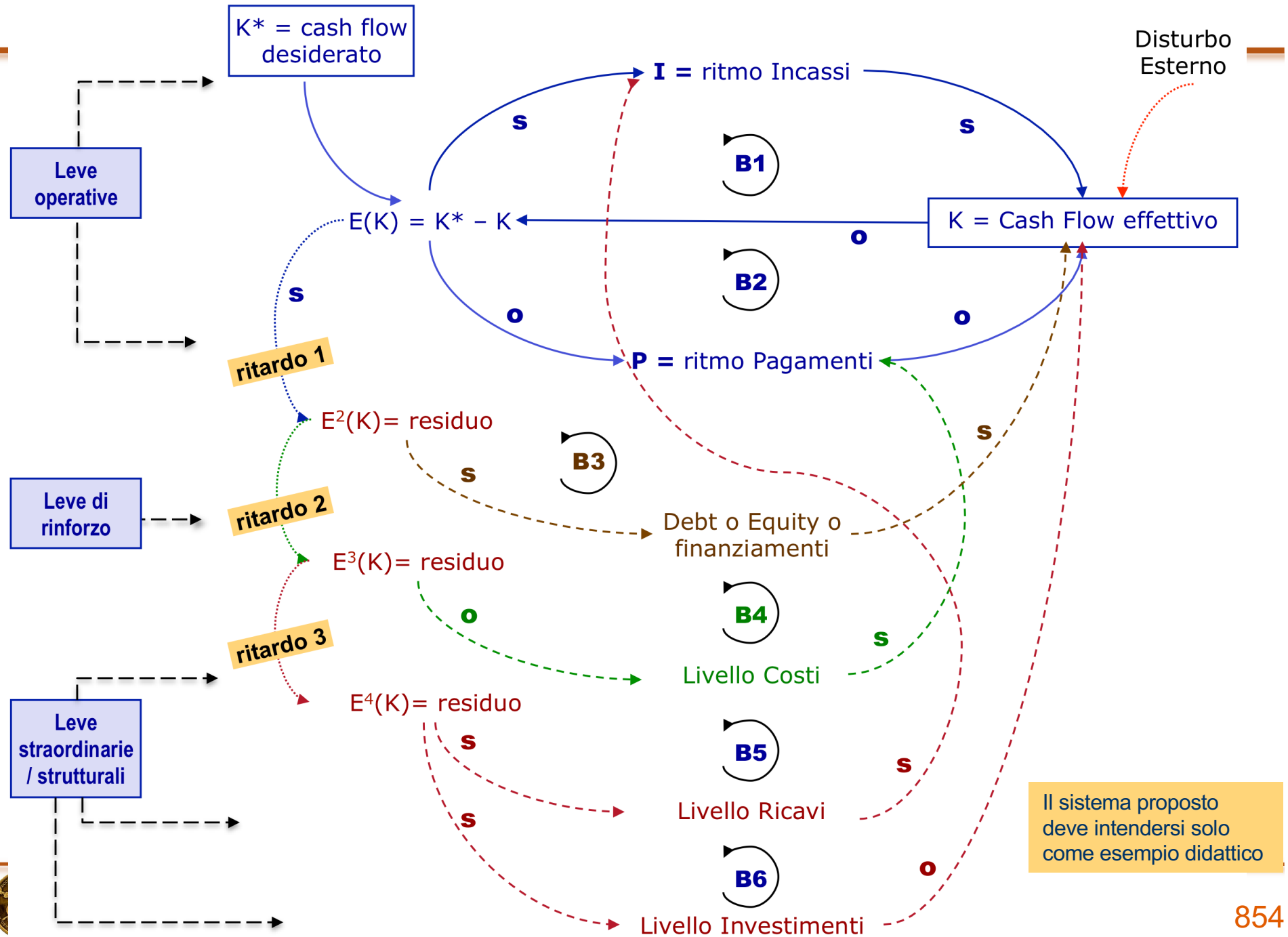


Il controllo dei **Costi** e dei **Ricavi operativi** è strumentale per il controllo del **Risultato Operativo**

Il sistema proposto deve intendersi solo come esempio didattico



Modello generale di Sistema di Controllo del cash flow



Testi citati in questa “Lezione 5”

- Beer, S. (1979). *The Heart of Enterprise*. Wiley, London and New York.
- Beer, S. (1981). *Brain of the Firm* (2nd edition). Wiley, London and New York.
- Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm* (2nd ed.). Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- de Geus, A. (1988). Planning as learning. *Harvard Business Review*, 66(2), 70–74.
- de Geus, A. (2002). *The living company: Habits for survival in a turbulent business*. Boston: Harvard Business Review Press.
- Lawler, E. E. (1976). Control systems in organizations. In M. Dunnette (ed.), *Handbook of industrial and organizational psychology* (pp.1247-1292). Chicago: Rand McNally.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980, 1st ed, 1972). *Autopoiesis and cognition. The realization of living*. Boston: Reidel Publishing.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1992). *L'albero della conoscenza*. Garzanti, Milano [Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding*. New Science Library/Shambhala Publications..
- Mella, P. (2022a). Model of Organizations as Efficient Systems of Transformation. MOEST. *Economia Aziendale online*, 13(2), 367-397.
- Mella, P. (2022b). MOEST. L'organizzazione-impresa quale Sistema di Trasformazione Efficiente. *Economia Aziendale Online*, 13(4), 735-786.
- Mella, P. (2022c). Oloni, Olarchie e Reti Oloniche [Holons, Holarchies and Holonic Networks]. Un cambiamento concettuale nelle organizzazioni. *Economia Aziendale Online*, 13(3), 399-430.
- Mingers, J. (2002). Can social systems be autopoietic? Assessing Luhmann's social theory. *The Sociological Review*, 50(2), 278–299.
- Modigliani, F., & Miller, M. (1958). The cost of capital, corporation finance, and the theory of investment. *American Economic Review*, XLVIII(3), 261–297.
- Monod, J. (1970), *Le hazard et la nécessité*. Editions du Seuil, Parigi.
- Newman, W. H. (1981). *Direzione e Sistemi di Controllo*. ETASLIBRI, Milano.
- Tannenbaum, R. (1962). Control in organizations. *Administration science quarterly*, 7, 236-257.
- Uribe, R. (1981). Modeling autopoiesis. In M. Zeleny (Ed.), *Autopoiesis: A theory of living organization*. New York: Elsevier.
- Varela, F. J. (1981). Describing the logic of living. In M. Zeleny (Ed.), *Autopoiesis: A theory of living organization*. New York: Elsevier.
- Varela, F. J. (1991). Complessità del cervello e autonomia del vivente. In Bocchi-Ceruti, *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano.
- Vicari, S. (1991). *The firm as a living system* [original: L'impresa vivente]. Milan: Etas Ed.

Fine della Lezione 5 – FINE DEL CORSO BREVE

