

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

Corso Breve di Teoria del Controllo

Lezione 1 Appendice 1B Costruire i Causal Loop Diagrams

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

Piero Mella

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

Aula Volta, Palazzo Centrale
Università di Pavia - Italy

Vol. 13-3/2022 - DOI: 10.13132/2038-5498/13.3.633-667

Cite as: Mella, P. (2022). Corso Breve di Teoria del Controllo. Lezione 1. APPENDICE 1B. Costruire i Causal Loop Diagrams. *Economia Aziendale online*, 13(3), 633-667.

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



APPENDICE 1B – I Causal Loop Diagrams – Integra la Lezione 1

- Il Systems Thinking rappresenta, prima di tutto, una **logica** per osservare il mondo, per costruire **modelli** che ci facciano comprendere le dinamiche.
- È anche un **linguaggio** per comunicare la conoscenza acquisita.
- Come costruire i **modelli**?

È questo il tema affrontato in questa

APPENDICE 1B

Costruire i modelli secondo la logica del Systems Thinking

Essa presenta, con gradualità, la tecnica per comporre i modelli sistemici.

Per una solida comprensione, consiglio Lettrici e Lettori a riprodurre manualmente, con carta e matita, i modelli presentati nel seguito.

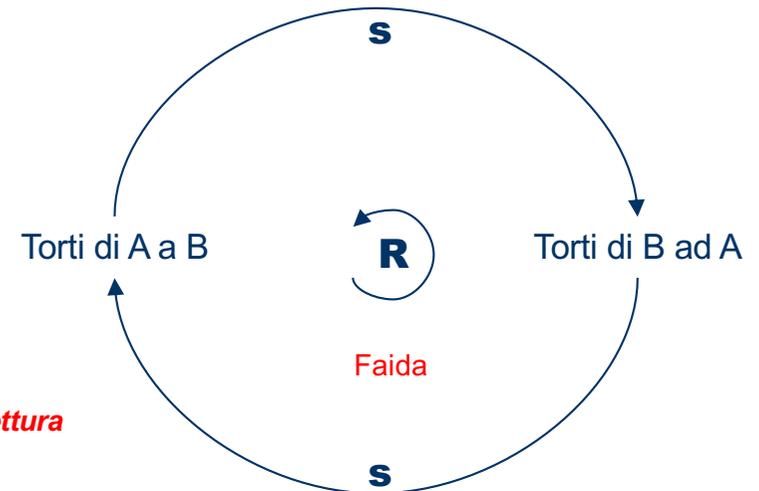
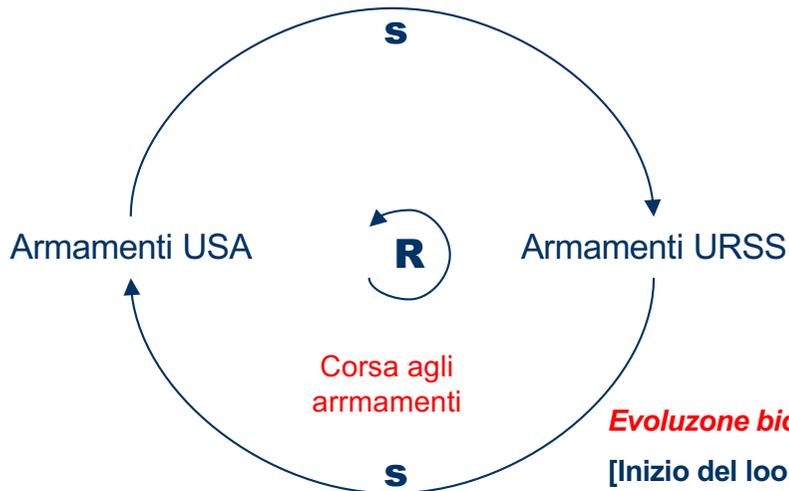
Per una migliore comprensione dei loop, in alcuni Causal Loop Diagrams ho anche suggerito semplici “percorsi di lettura”. **Consiglio di riscriverli cambiando il segno iniziale delle prima variabile ed estendendoli anche ad altri CLD.**



Loop elementari di rinforzo

Escalation

- Sono **loop elementari** quelli formati da **due sole variabili** interagenti.
- Questi loop rappresentano **sistemi di escalation**.



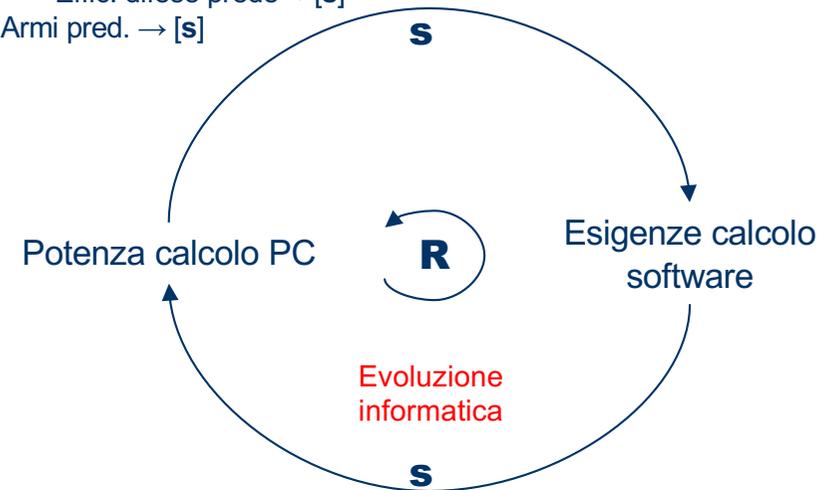
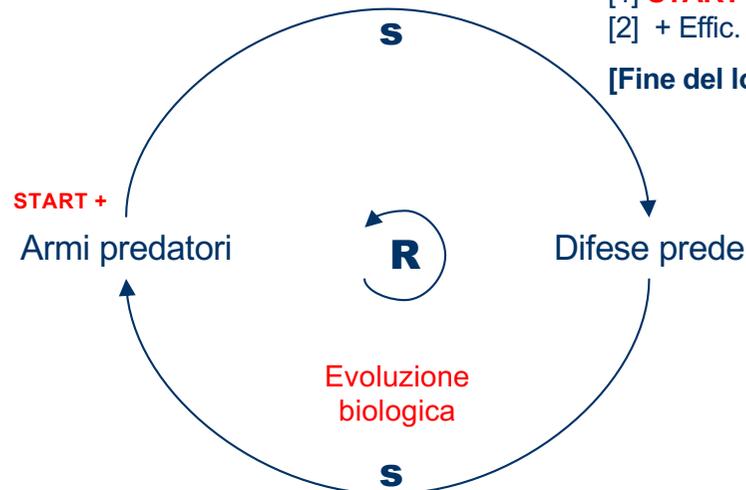
Evoluzione biologica – Esempio di lettura

[Inizio del loop]

[1] **START** + Potenza Armi predatori = + Effic. difese prede → [s]

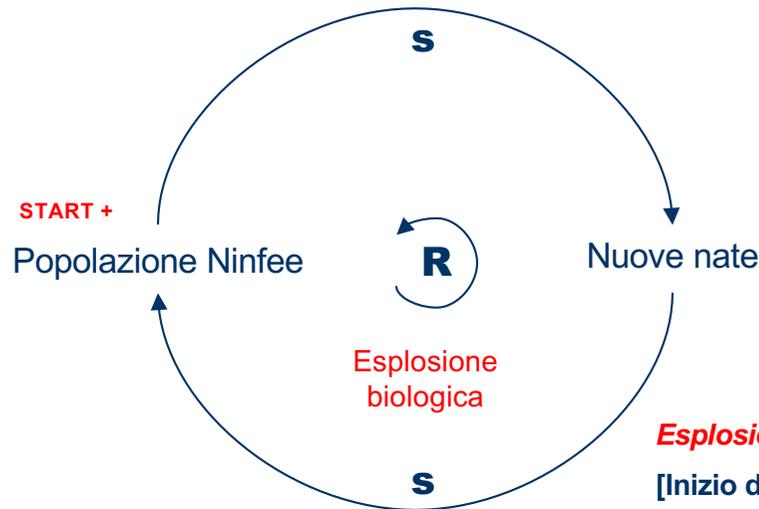
[2] + Effic. difese prede = + Potenza Armi pred. → [s]

[Fine del loop. Ripetere N volte]



Loop elementari di rinforzo Accumulazione/Diffusione

- Questi loop rappresentano sistemi di **accumulazione/diffusione**.



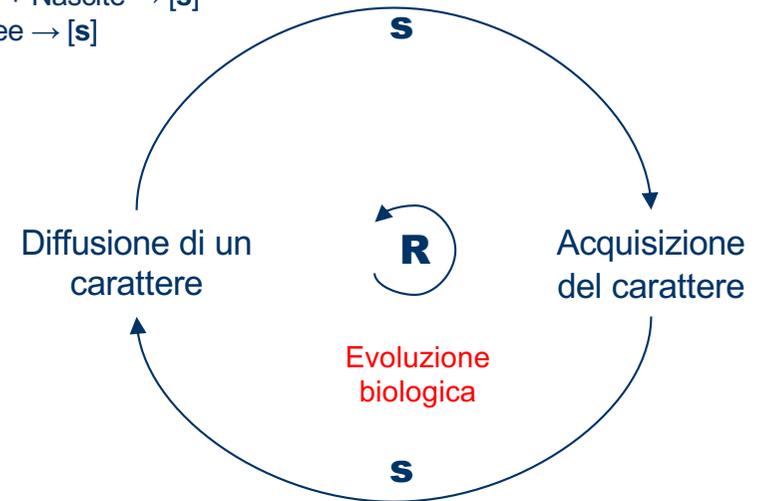
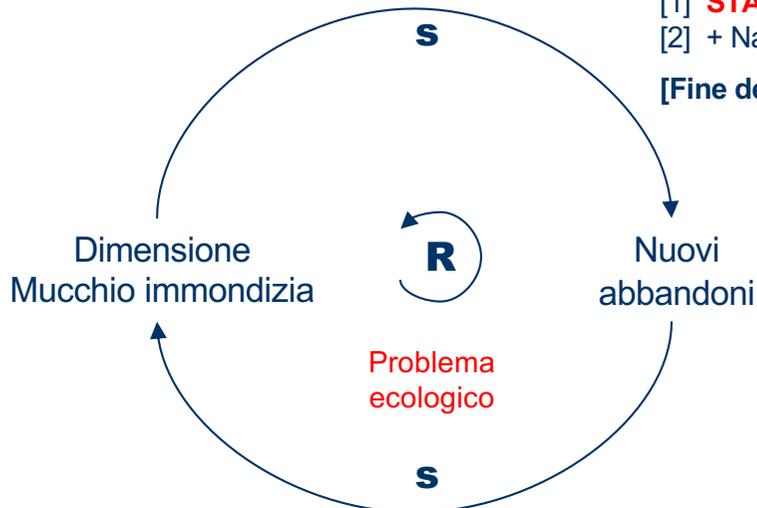
Explosione biologica – Esempio di lettura

[Inizio del loop]

[1] **START** + Popolazione Ninfee = + Nascite → [s]

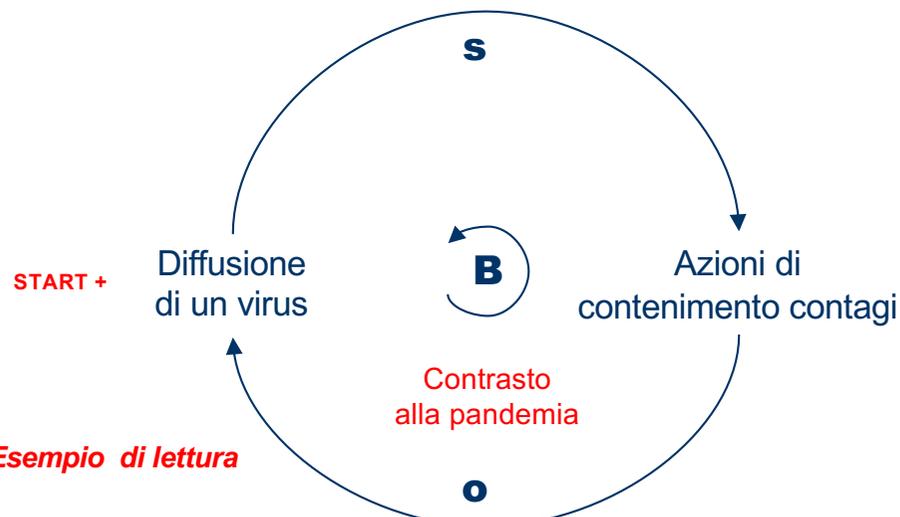
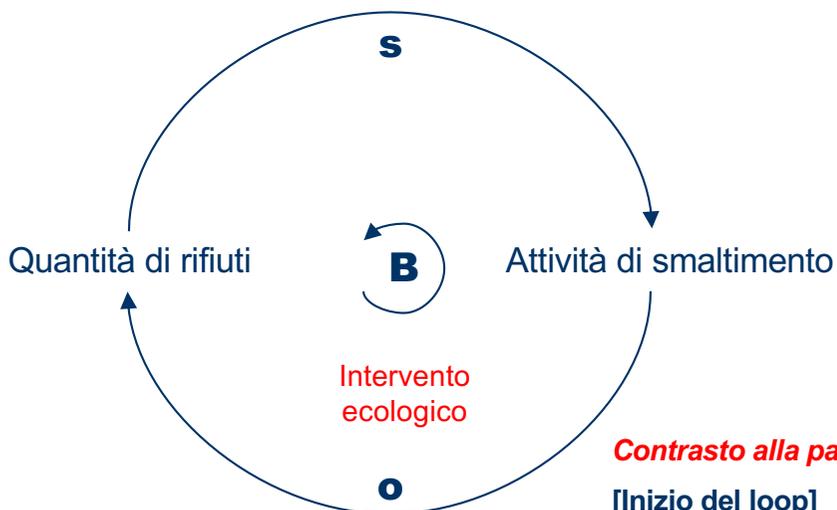
[2] + Nascite = + Popolazione Ninfee → [s]

[Fine del loop. Ripetere N volte]



Loop elementari di bilanciamento

- Questi loop rappresentano **sistemi di bilanciamento**.



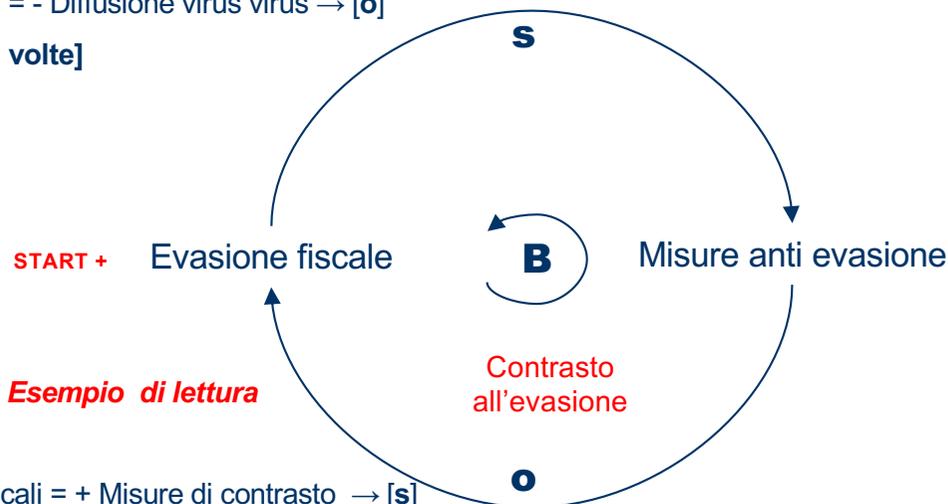
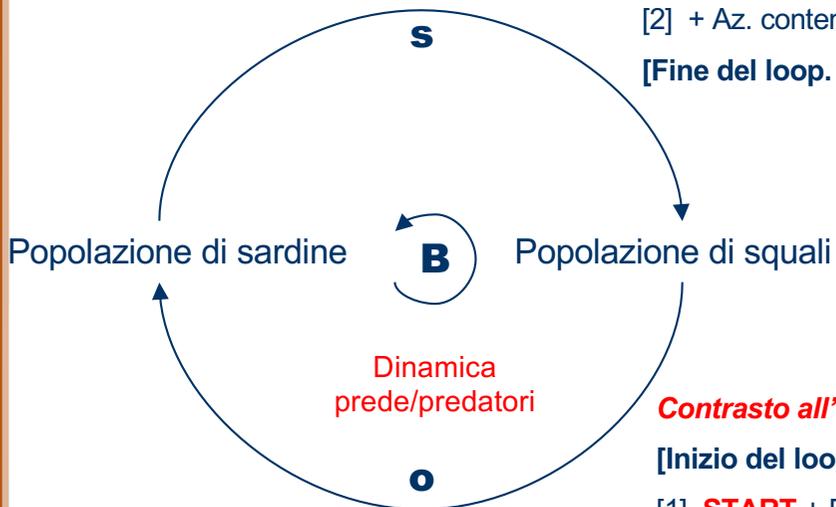
Contrasto alla pandemia – Esempio di lettura

[Inizio del loop]

[1] **START** + Diffus. virus = + Azione contenimento contagi → [s]

[2] + Az. contenim. contagi = - Diffusione virus virus → [o]

[Fine del loop. Ripetere N volte]



Contrasto all'evasione – Esempio di lettura

[Inizio del loop]

[1] **START** + Evasione fiscali = + Misure di contrasto → [s]

[2] + Misure di contrasto = - Entità evasione → [o]

[Fine del loop. Ripetere N volte]



Loop di diverse variabili «Vedere gli alberi e la foresta»



Efficacia campagne pubblicitarie – Esempio di lettura

[Inizio del loop]

[1] **START** + Efficacia pubblicità = + Vendite → [s]

[2] + Vendite = + Profitto e cash flow → [s]

[3] + Profitto e cash flow = + Investim. Pubblicitari → [s]

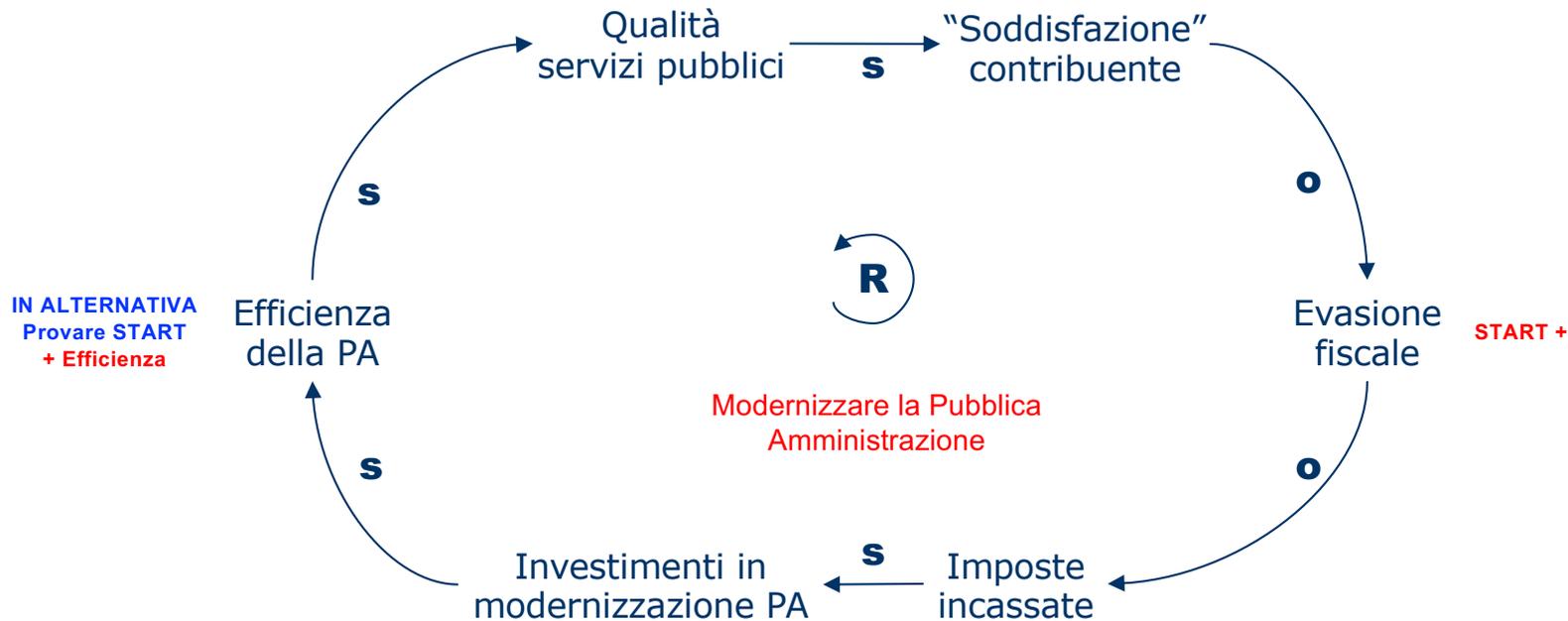
[4] + Investim. Pubblicitari = + Efficacia pubblicità → [s]

[Fine del loop. Ripetere N volte]



Loop di diverse variabili «Vedere gli alberi e la foresta»

- In un loop con diverse variabili è bene indicare lo **START di lettura**.



Modernizzazione pubblica amministraz. – Esempio di lettura

[Inizio del loop]

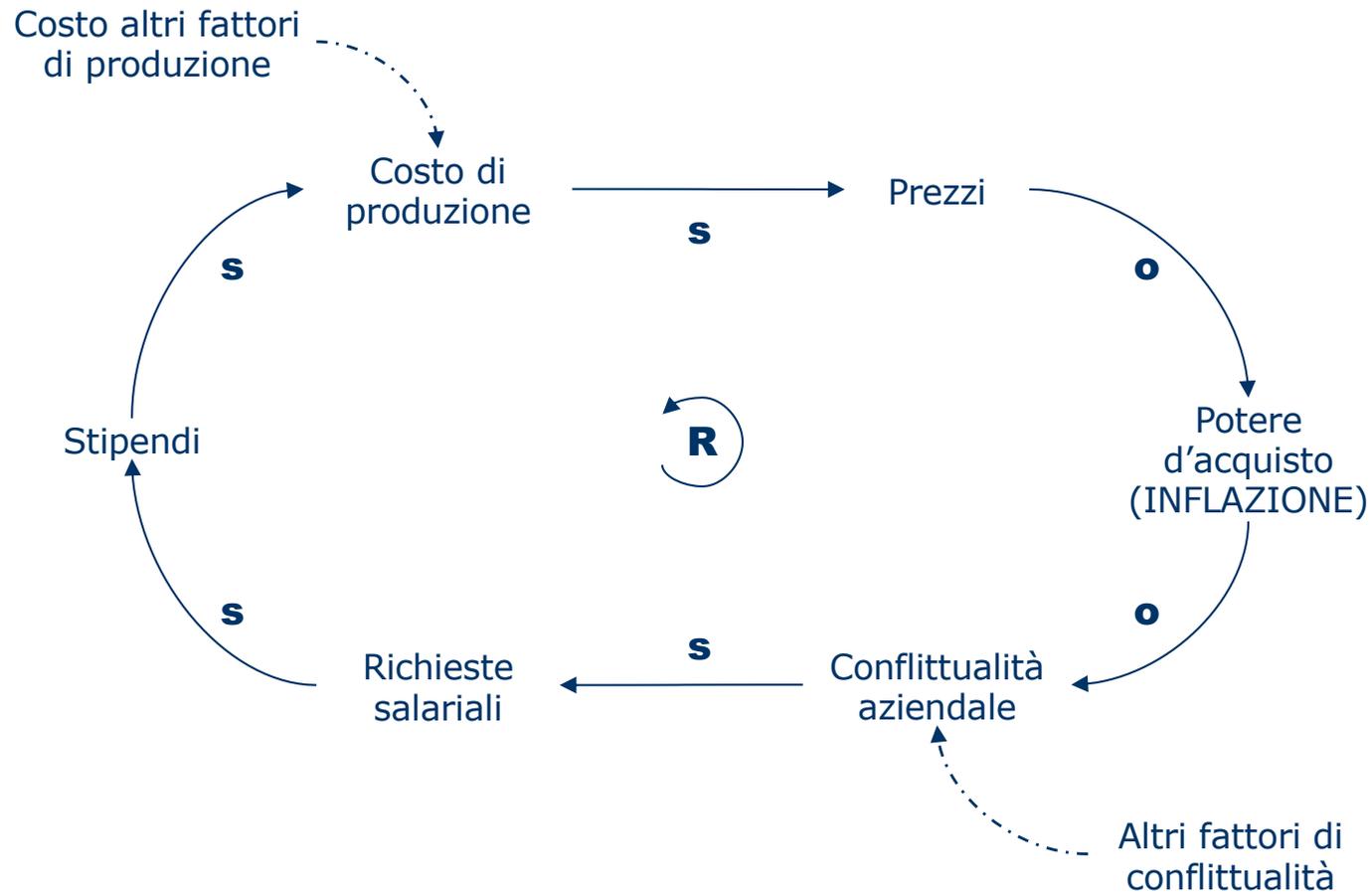
- [1] **START** + Evasione fiscale = - Imposte incassate → [o]
- [2] - Imposte incassate = - Invest. per modernizzare la PA → [s]
- [3] - Invest. per modernizzare la PA = - Efficienza PA → [s]
- [4] - Efficienza PA = - Qualità serv. Pubblici → [s]
- [5] - Qualità serv. Pubblici = - Soddisfazione del contribuente → [s]
- [6] - Soddisfazione del contribuente = + Evasione fiscale → [o]

[Fine del loop. Ripetere N volte]



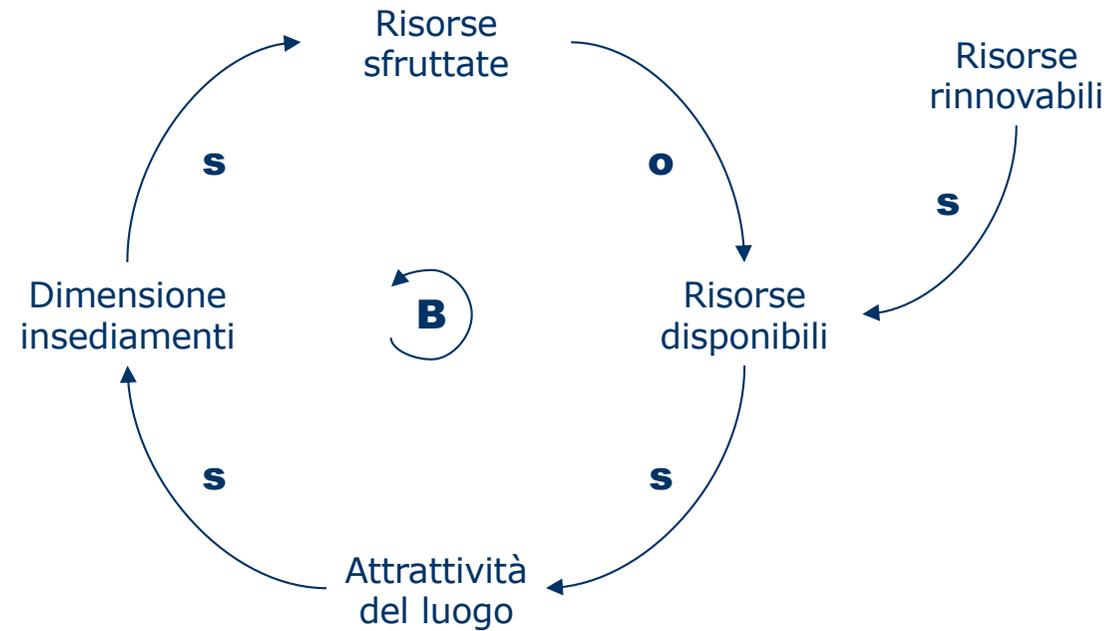
Loop di diverse variabili

Inflazione da costo del lavoro (modello parziale)



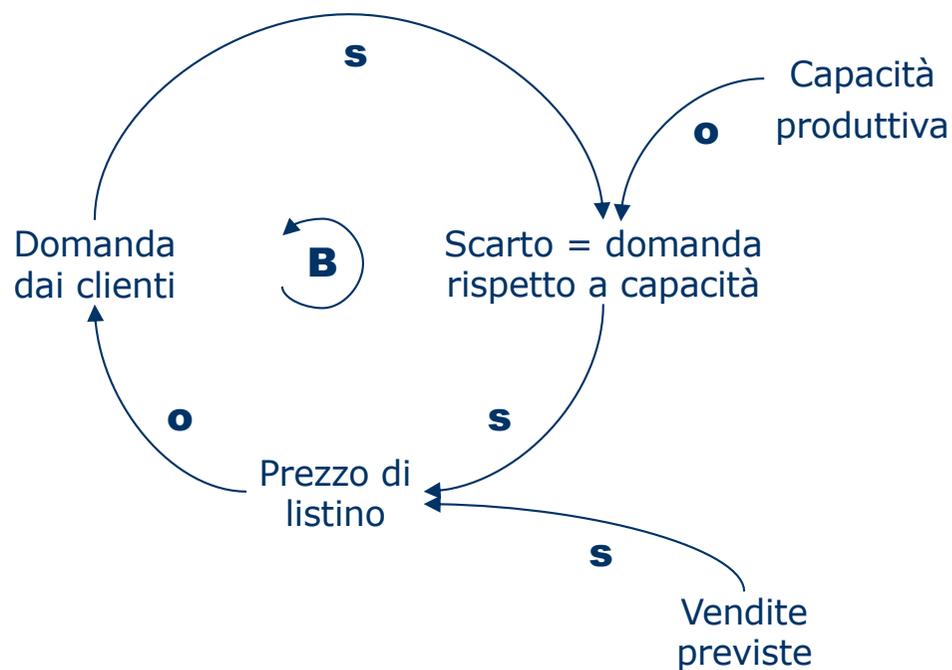
Loop di diverse variabili

Rapporto tra ampiezza degli insediamenti e risorse



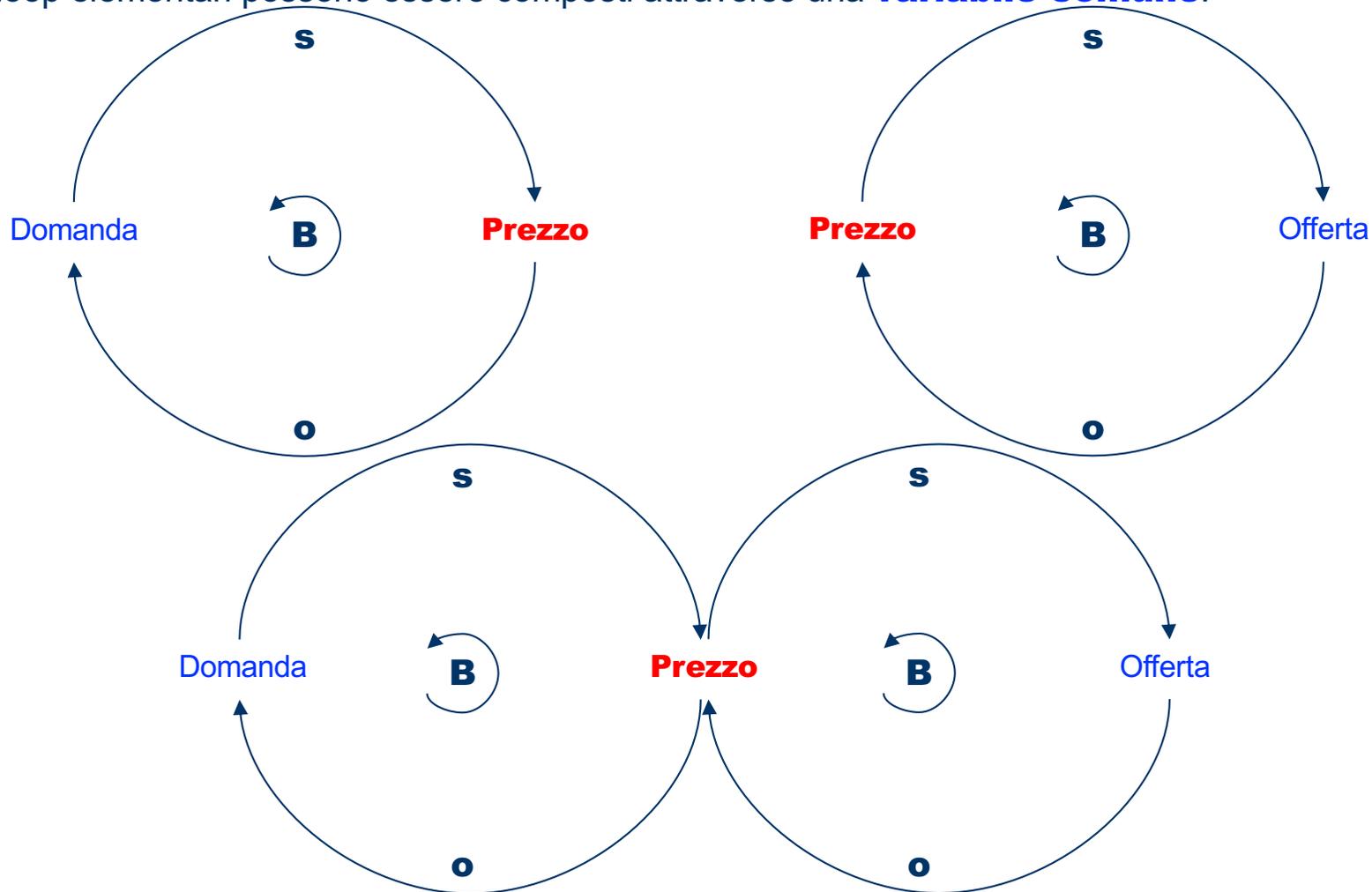
Loop di diverse variabili

Rapporto tra Domanda, capacità produttiva e prezzi



Componiamo i loop elementari Prezzo/Domanda/Offerta

- I loop elementari possono essere composti attraverso una **variabile comune**.



Sistema a doppio loop conosciuto come Legge della Domanda e dell'Offerta, o REGOLATORE DEL PREZZO



Componiamo i loop elementari

Regolatore di velocità

Riduttore di velocità

Distrurbi esterni

discesa/salita

START +

Leva 1
Pressione freno

B1

Attrito dei ferodi e velocità in calore

Velocità

Regolatore di velocità – Esempio di lettura

[Inizio del loop B1]

- [1] [START + DISCESA =] + Velocità = + Pressione freno → [s]
- [2] + Pressione freno = + conversione veloc. In calore → [s]
- [3] + conversione veloc. In calore = - Velocità → [o]

[Inizio del loop B2]

- [1] [START + SALITA =] - Velocità = + Pressione acc.tore. → [o]
- [2] + Pressione acceleratore = + Miscela ai cilindri → [s]
- [3] + Miscela ai cilindri = - Velocità → [s]

[Fine dei loop. Ripetere quanto è necessario]

Amplificatore di velocità

Leva 2
Pressione acceleratore

B2

Carburante ai cilindri

Sistema a doppio loop conosciuto come
REGOLATORE DELLA VELOCITÀ A DUE LEVE

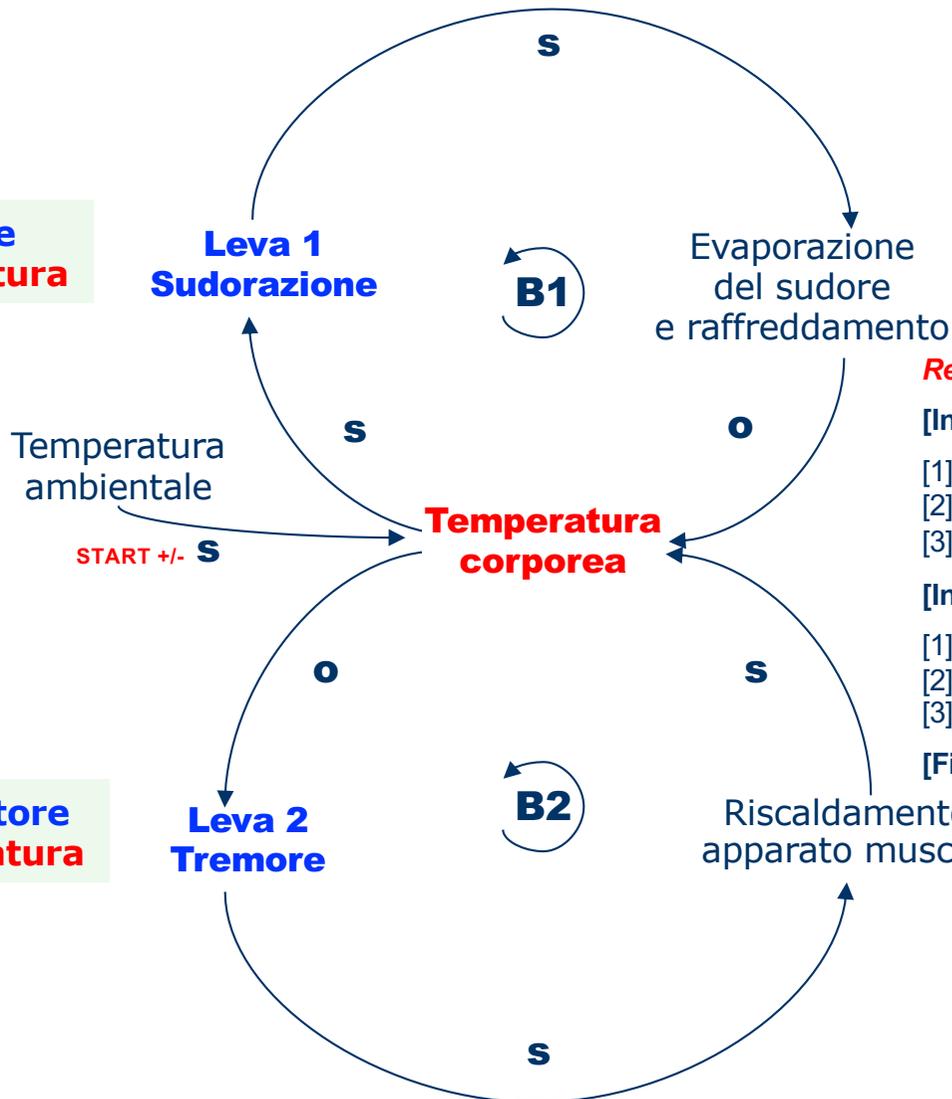


Componiamo i loop elementari

Regolatore della temperatura corporea

Riduttore
di temperatura

Disturbi
esterni



Regolatore della temperatura – Esempio di lettura

[Inizio del loop B1]

- [1] [START + TEMP. AMB. =] + Temperatura corpo = + Sudore → [s]
- [2] + Sudore = + Evaporazione. e raffreddamento → [s]
- [3] + Evapor. e raffreddam. = - Temperatura corpo → [o]

[Inizio del loop B2]

- [1] [START - TEMP. AMB. =] - Temperatura corpo = + Tremore → [o]
- [2] + Tremore = + Riscaldamento muscoli → [s]
- [3] + Riscaldamento muscoli = + Temperatura corpo → [s]

[Fine dei loop. Ripetere quanto è necessario]

Amplificatore
di temperatura

Sistema a doppio loop conosciuto come
REGOLATORE NATURALE DELLA TEMPERATURA CORPOREA



CLD con loop di «senso» diverso

«Sistema» della «conflittualità per le risorse»

- Partiamo (**Start**) dalla Popolazione e supponiamo un **Incremento elevato** della **popolazione**

Loop B

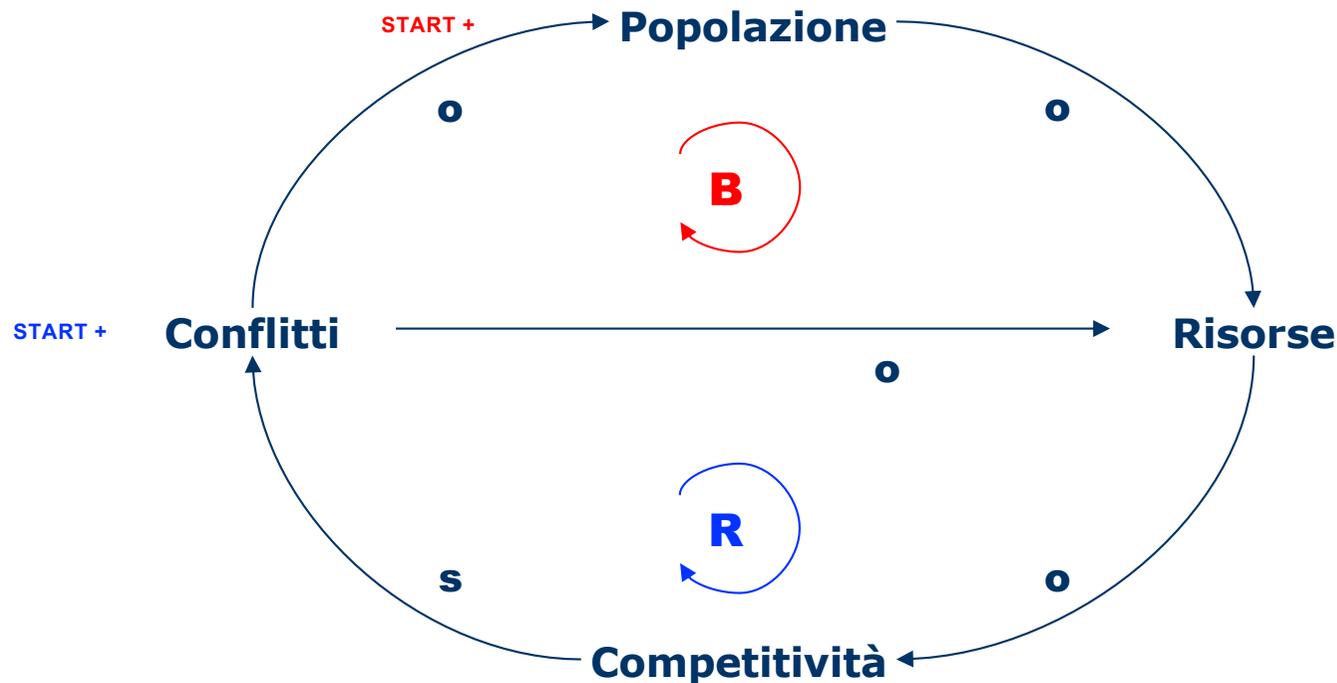
- [1] **START + Popolazione** = - Risorse → [o]
- [2] - Risorse = + Competitività → [o]
- [3] + Competitività = + Conflitti → [s]
- [4] + Conflitti = - **Popolazione** → [o]

[Fine dei loop. Ripetere]

Loop R

- [1] **START + Conflitti** = - Risorse → [o]
- [2] - Risorse = + Competitività → [o]
- [3] + Competitività = + **Conflitti** → [s]

[Fine dei loop. Ripetere]



CLD con loop di «senso» diverso

Domanda, capacità produttiva e livelli di qualità

Loop B

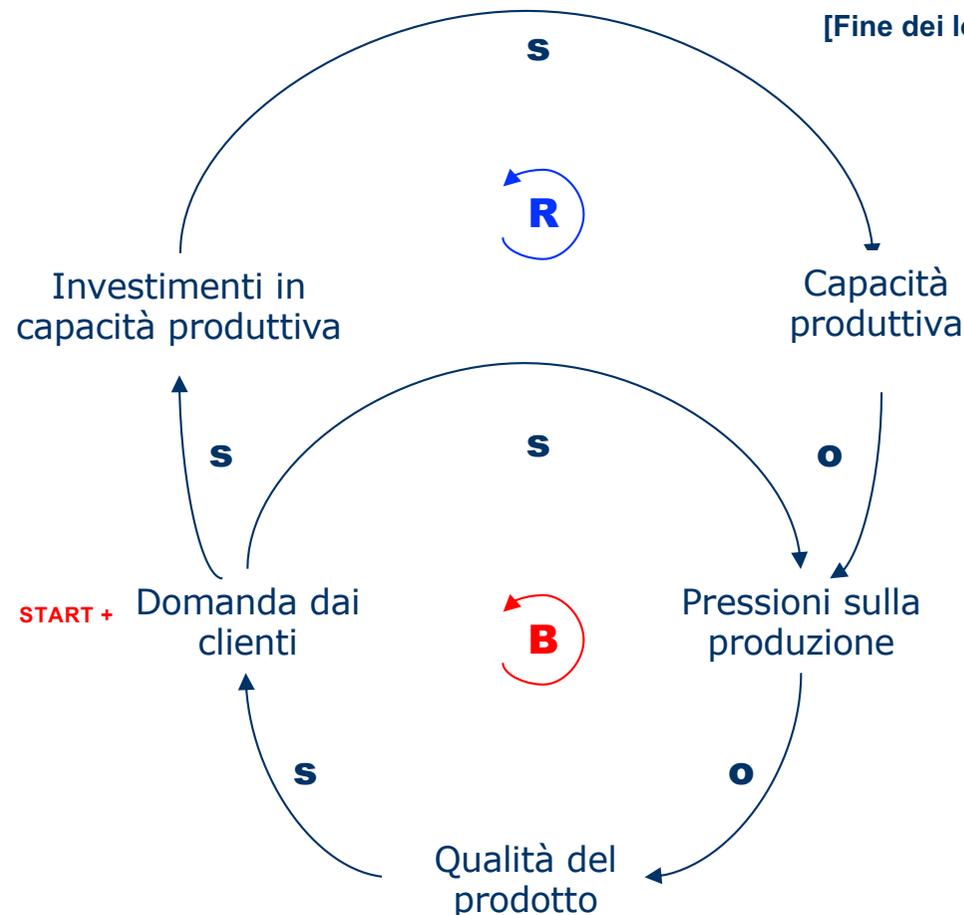
- [1] **START + Domanda clienti** = + Pressioni produzione → [s]
- [2] + Pressioni produzione = - Qualità del prodotto → [o]
- [3] - Qualità del prodotto = - **Domanda clienti** → [s]

[Fine dei loop. Ripetere]

Loop R

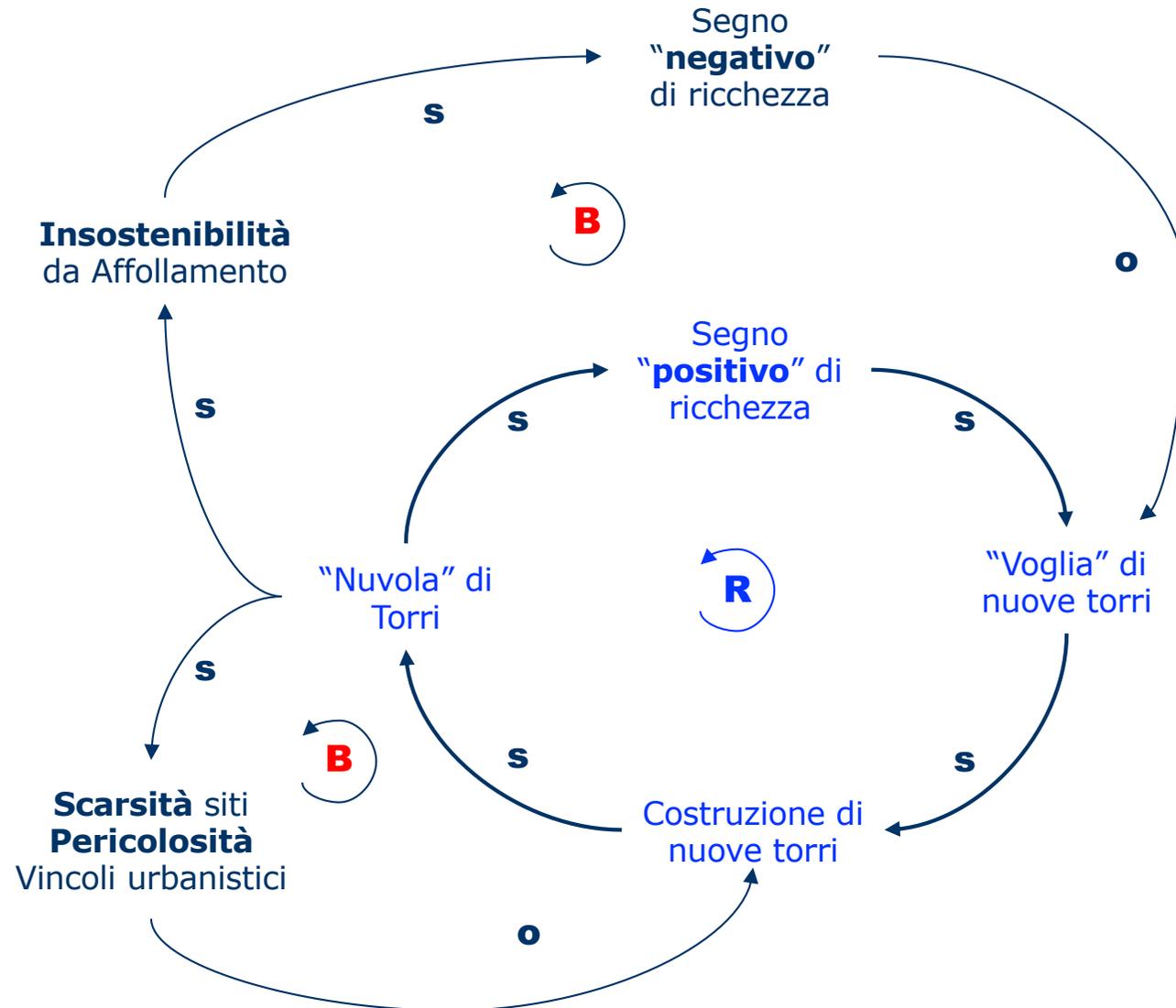
- [1] **START + Domanda clienti** = + Investimenti in Capacità → [s]
- [2] + Investimenti in Capacità = + Capacità produttiva → [s]
- [3] + Capacità produttiva = - Pressioni sulla produzione → [o]
- [4] - Pressioni produzione = + Qualità del prodotto → [o]
- [5] + Qualità del prodotto = + **Domanda clienti** → [s]

[Fine dei loop. Ripetere]



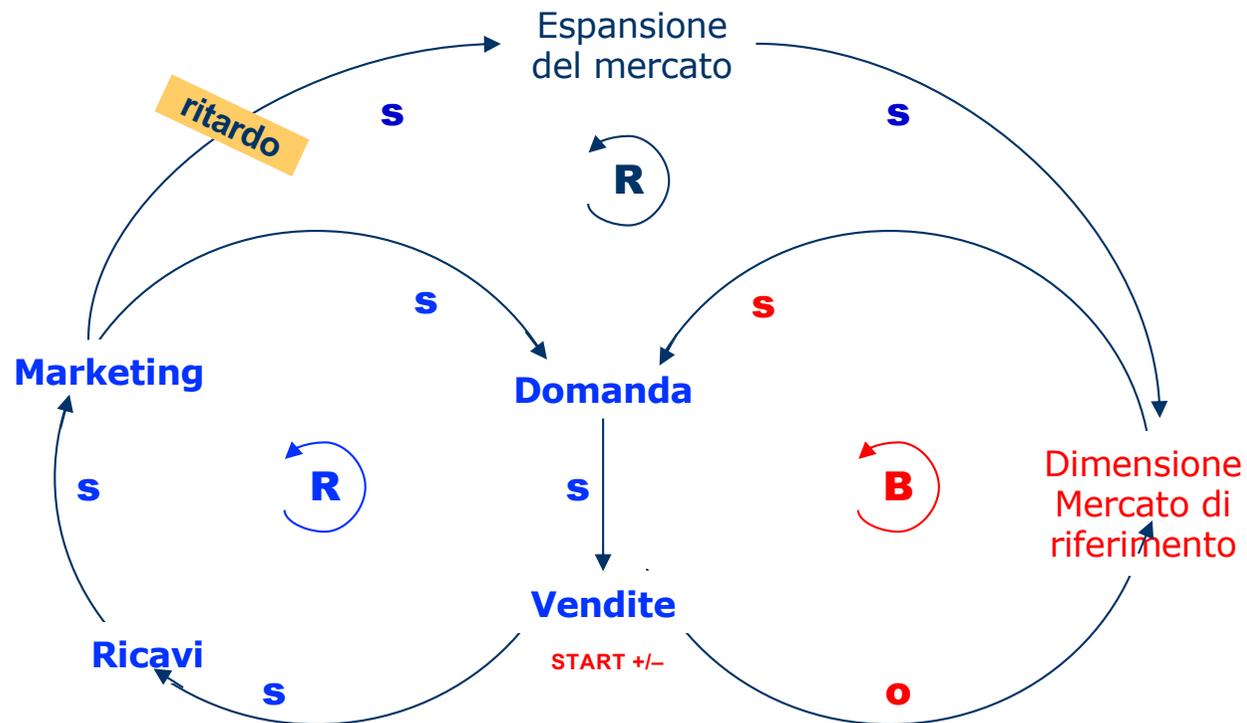
CLD con loop di senso diverso

Le 100 torri di Pavia nel medioevo



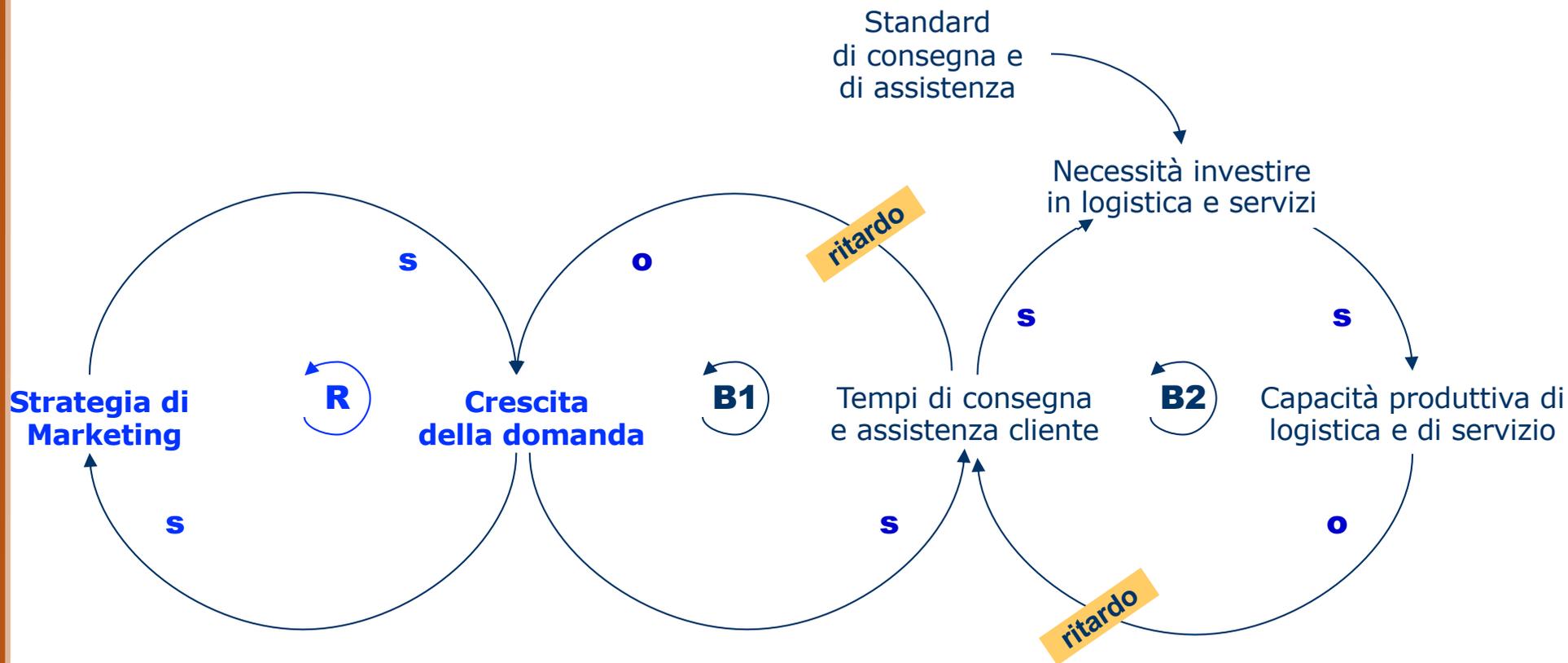
Limite alla crescita

Saturazione del mercato



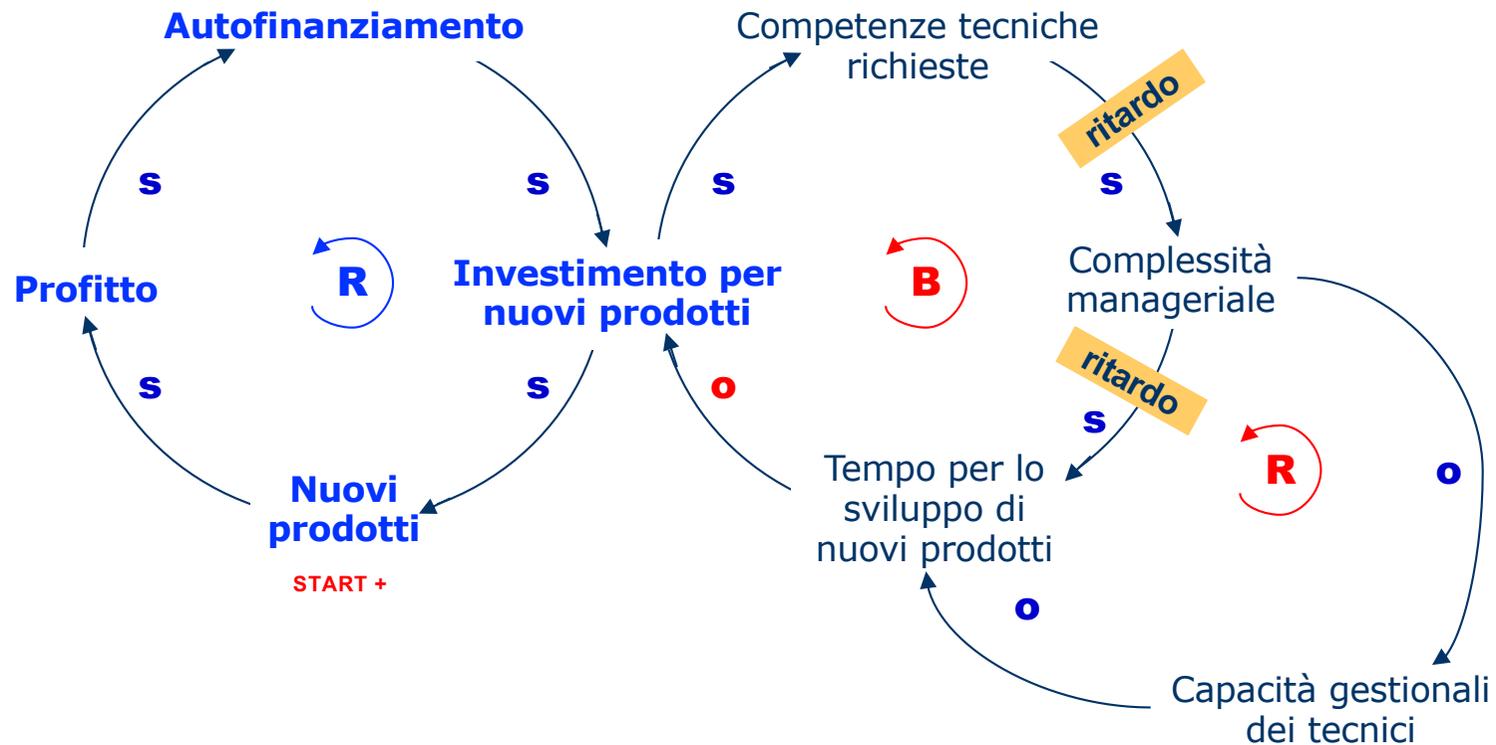
Limite alla crescita

Insufficienza di investimenti



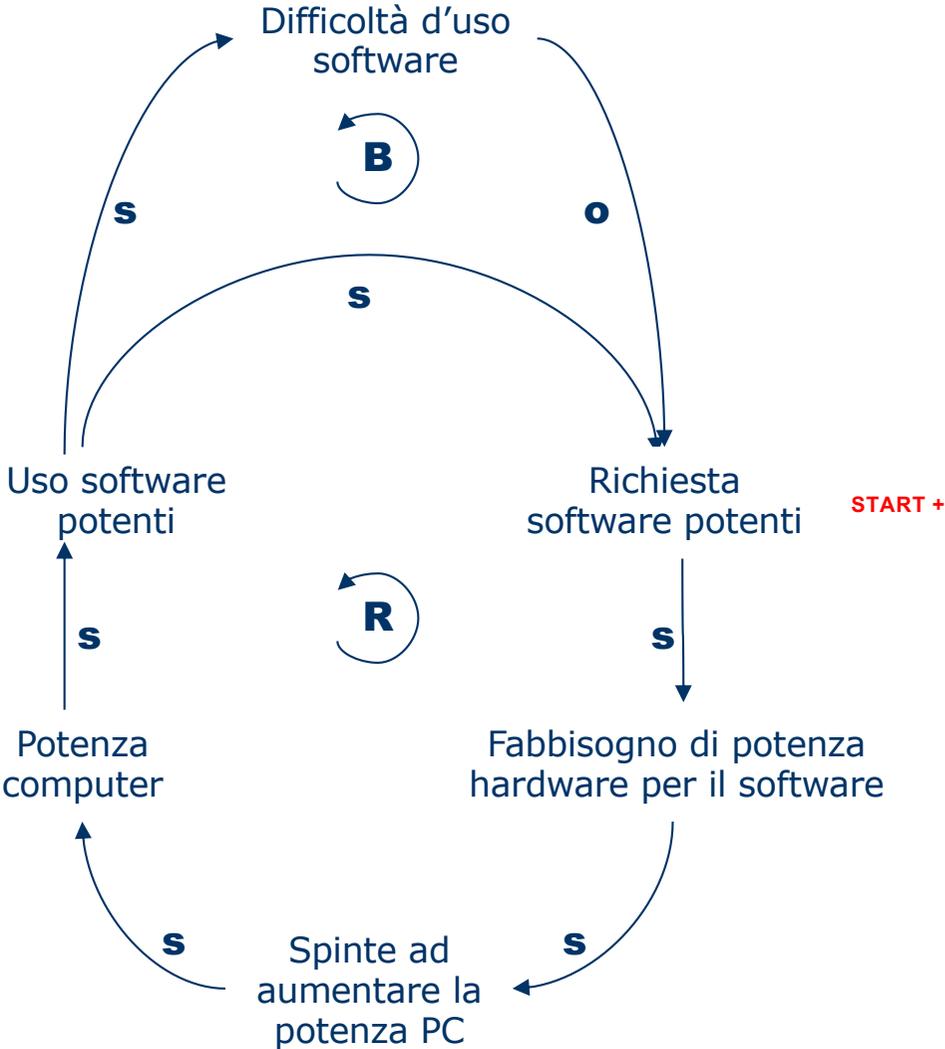
Limite alla crescita

Insufficienza di competenze



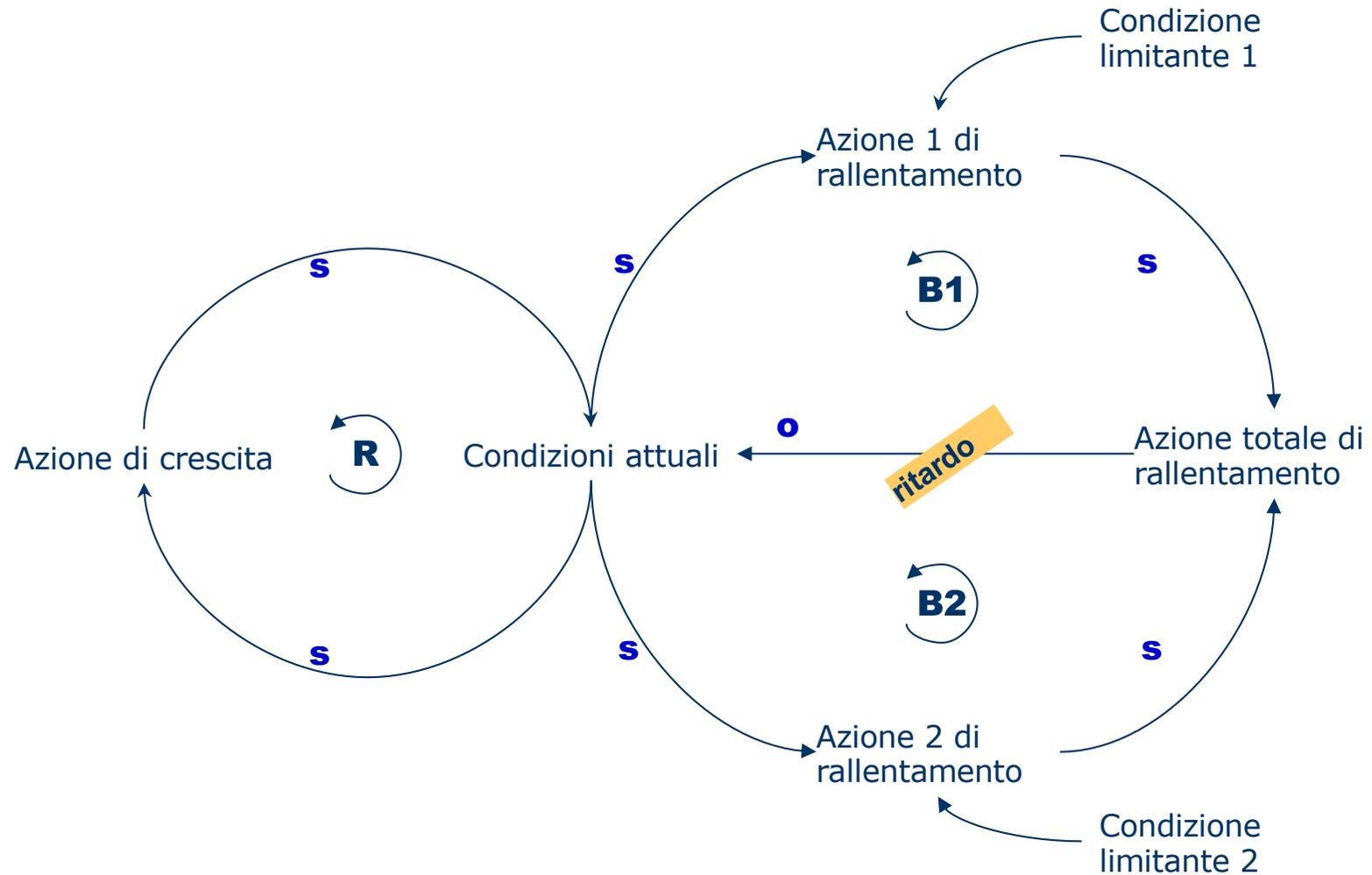
Limite alla crescita

Limiti di utilizzo



Limite alla crescita

Modello generale espandibile



Sistemi che non si vedono.

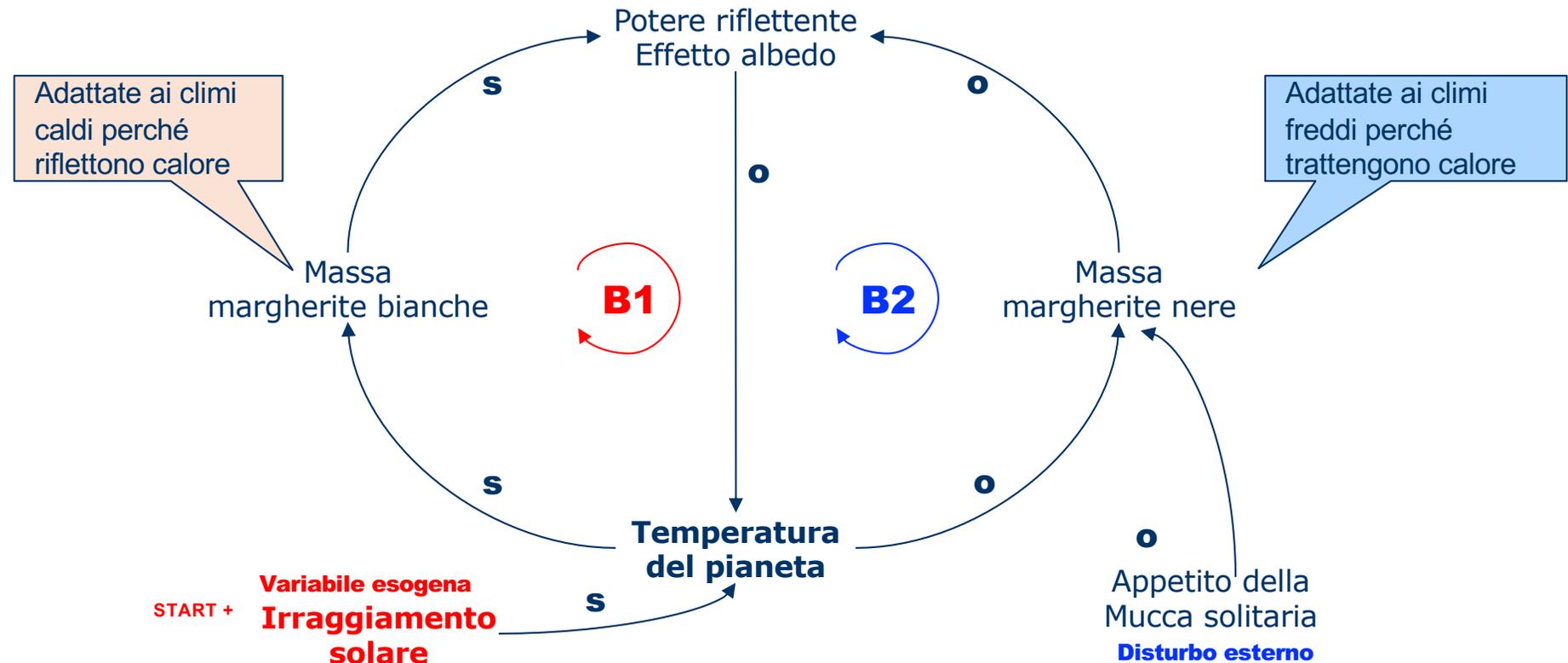
Le «termiche» e i «cumuletti del bel tempo»



Sistemi che non si vedono.

Daisylandia. Il mondo delle margherite, in GAIA di James Lovelock

James Ephraim Lovelock (1919-2022) è un biologo ambientalista britannico che ha inteso la Terra, con tutte le sue funzioni, come un unico superorganismo. Ha introdotto Daysilandia, un mondo-ecosistema con due sole popolazioni – **margherite bianche** e **margherite nere** – che, autoregolando la propria dimensione, regolano anche la temperatura del loro ambiente, resistendo indefinitamente a limitate **variazioni casuali** del calore emesso dalla stella (equivalente del sole).



Loop B1

- [1] **START + Irraggiamento solare** = + **Temperatura pianeta** → [s]
- [2] + **Temperatura pianeta** = + **Massa margherite bianche** → [s]
- [3] + **Massa margherite bianche** = + **Effetto albedo** → [s]
- [4] + **Effetto albedo** = – **Temperatura pianeta** → [o]

[Fine dei loop. Ripetere]

Loop B2

- [1] **START + Irraggiamento solare** = + **Temperatura pianeta** → [s]
- [2] + **Temperatura pianeta** = – **Massa margherite nere** → [o]
- [3] – **Massa margherite nere** = + **Effetto albedo** → [o]
- [4] + **Effetto albedo** = – **Temperatura pianeta** → [o]

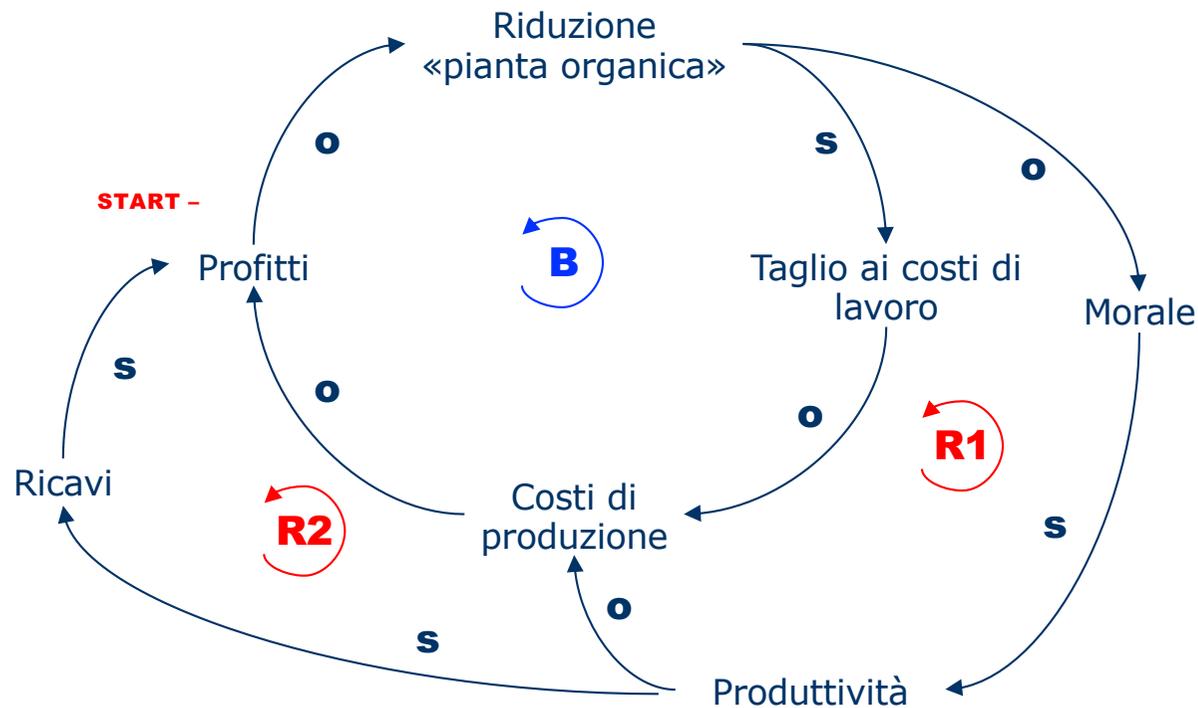
[Fine dei loop. Ripetere]



Capire i sistemi sempre più complessi

Il taglio dei posti di lavoro non sempre aumenta i profitti

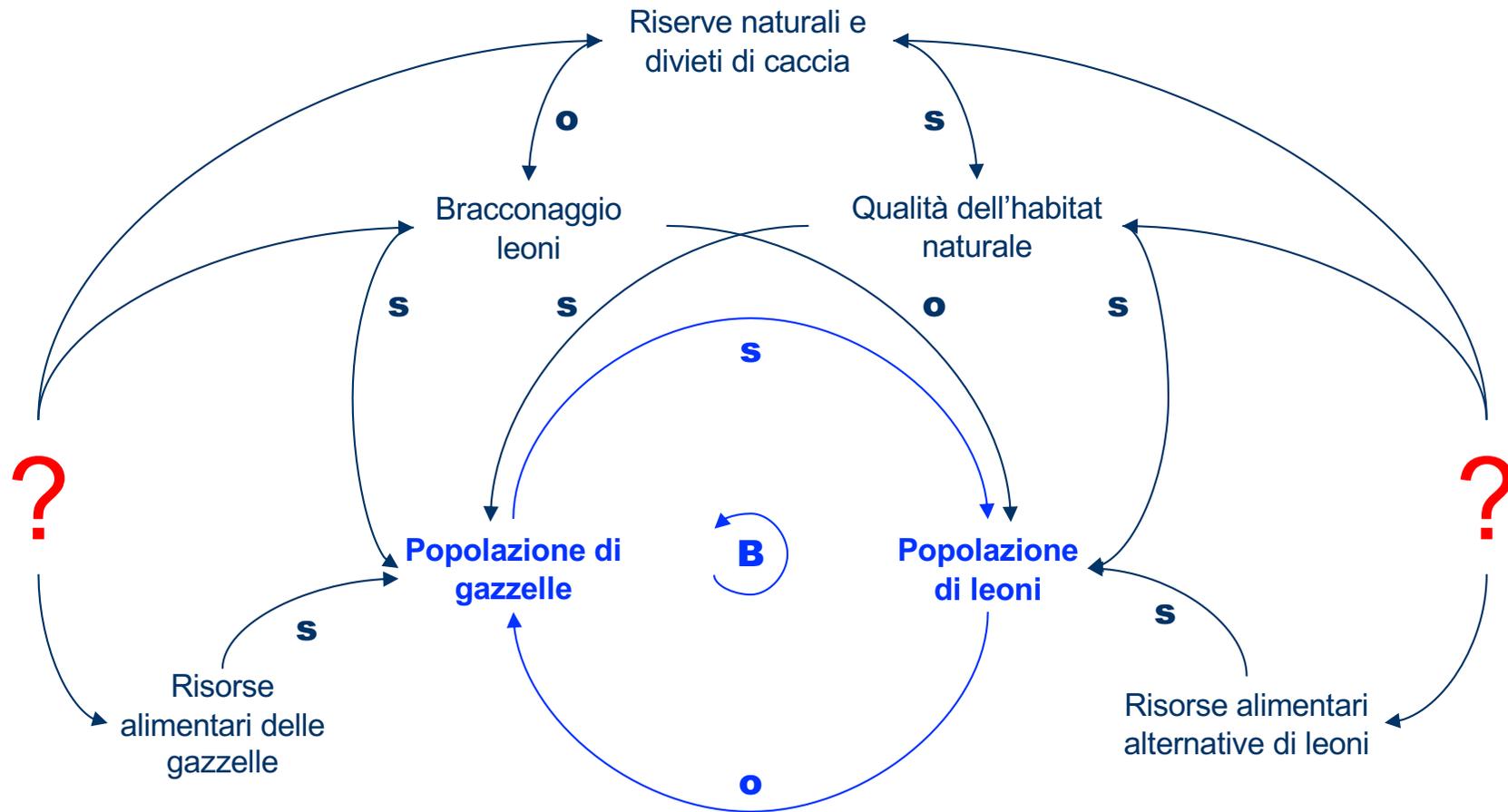
- Molto spesso, quando i **Profitti** diminuiscono (**Start -**), il primo provvedimento adottato dalle imprese è quello di **Riduzione della «pianta organica»**, contraendo l'occupazione, per ridurre i **Costi di produzione** e bilanciare la contrazione dei Profitti (**Loop. B**). Ciò, tuttavia, incide sul **Morale** degli altri lavoratori e la **Produttività** si può ridurre, con effetto negativo sui **Costi di produzione (Loop. R1)** e sui **Ricavi (Loop. R2)**, con ulteriore contrazione dei **Profitti**.



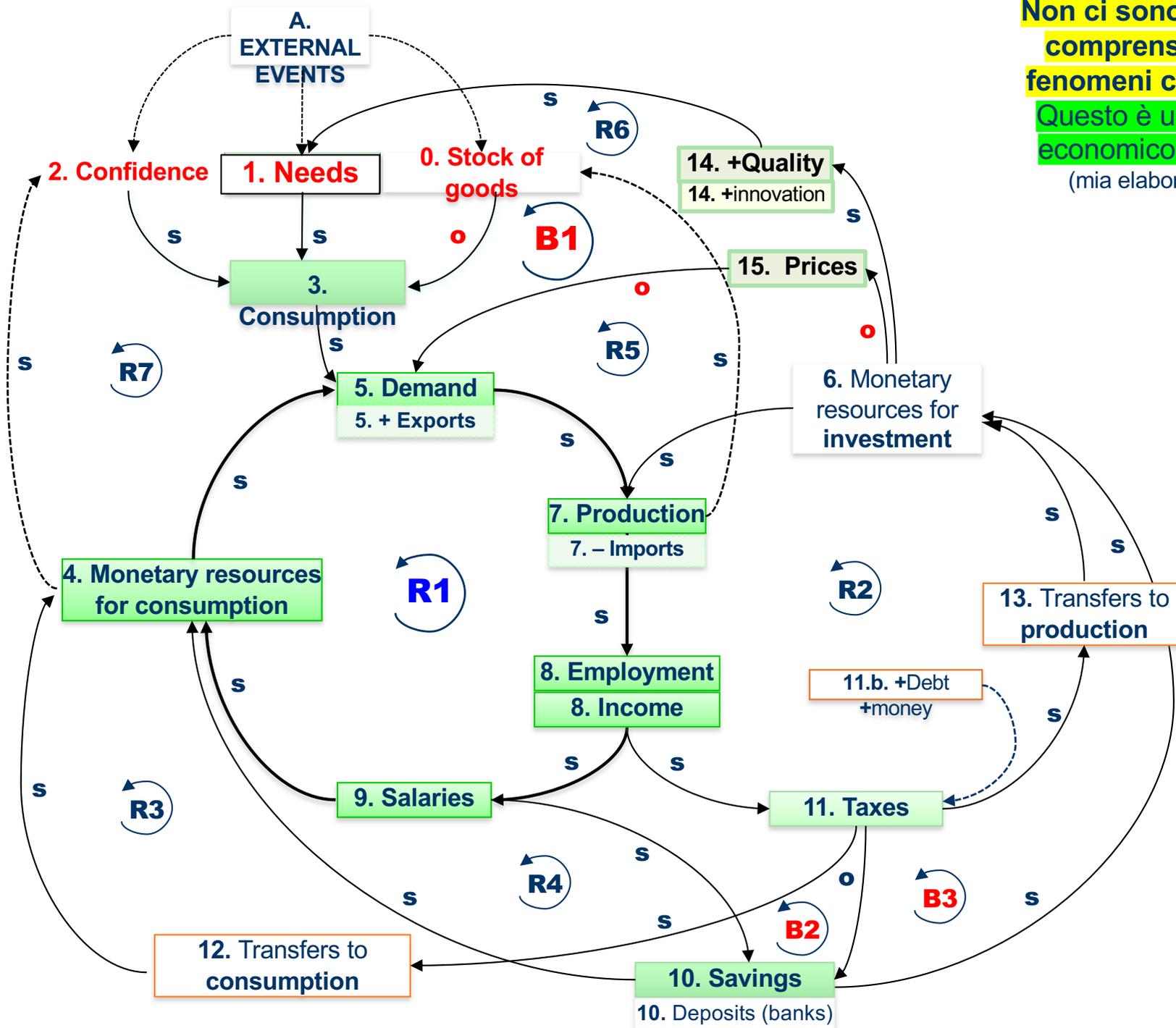
Capire i sistemi sempre più complessi

Convivenza tra Gazzelle e Leoni. Non solo prede/predatori

- Questa è una rappresentazione meno approssimativa di come si sviluppi la convivenza tra gazzelle e leoni, superando il semplice rapporto prede/predatori. Il modello considera, infatti, l'intervento dell'uomo e la presenza di risorse alimentari alternative. I punti interrogativi indicano la difficoltà di individuare le variabili causanti e il problema di individuare i confini del sistema.



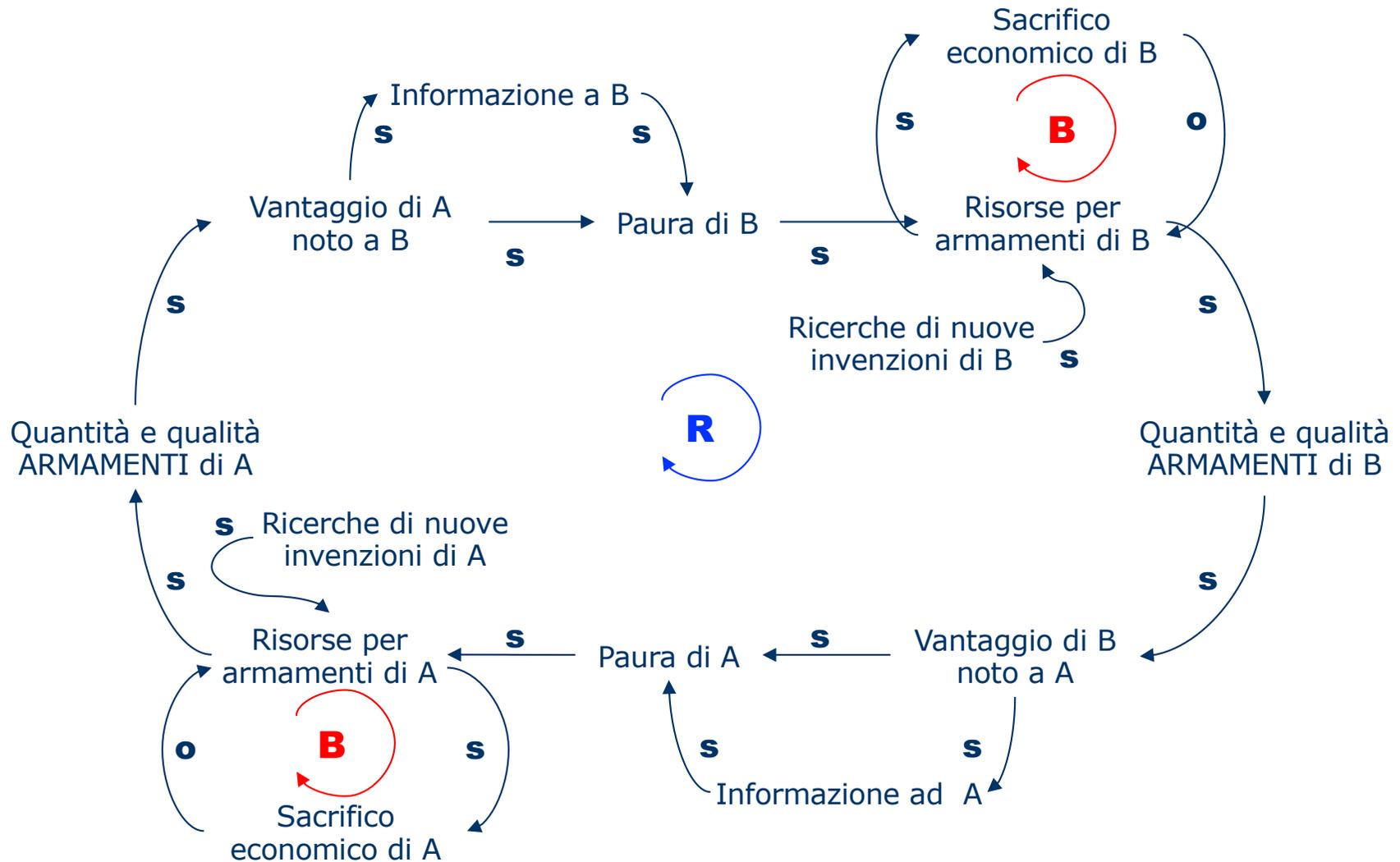
Non ci sono limiti alla
 comprensione dei
 fenomeni complessi.
 Questo è un sistema
 economico moderno
 (mia elaborazione)



Zoomare per ampliare i CLD.

Corsa agli armamenti. Modello Richardson

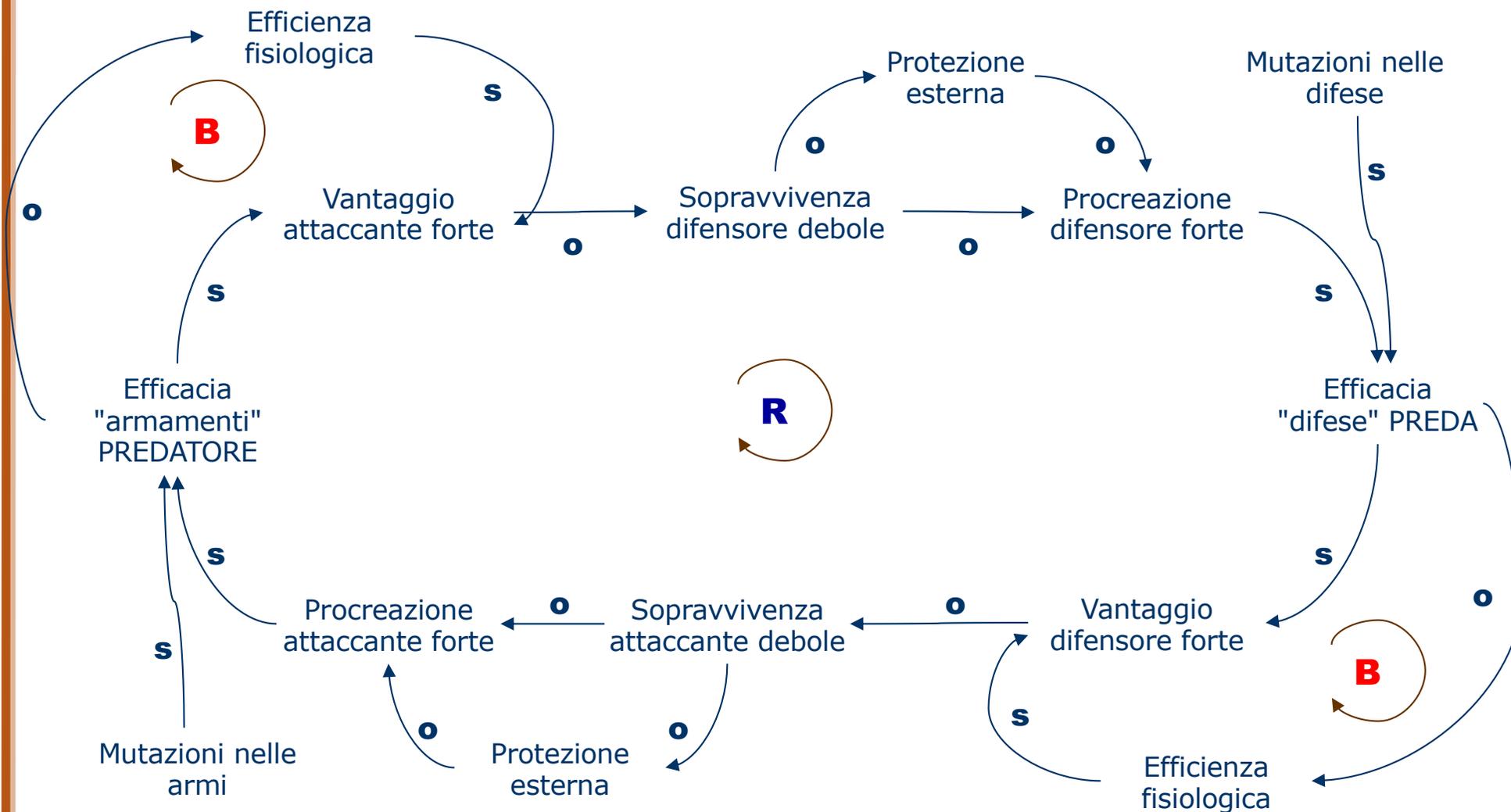
Il loop semplice dell'Escalation degli armamenti diventa più comprensibile inserendo altre variabili, anche economiche.



Zoomare per ampliare i CLD.

Evoluzione delle forme biologiche

Il loop precedente dell'Escalation degli armamenti si adatta anche per le forme biologiche che sono predatori e prede.



Come costruire i CLD?

- **Non ci sono regole standard ma solo suggerimenti.**
- **Si impara con l'esperienza!**
- **NOTA BENE!**
 - Per ogni situazione, sistema, problema, ecc., da descrivere e da interpretare, si possono costruire CLD diversi, a seconda dei punti di vista del *system thinker*, dei suoi obiettivi di indagine, della sua cultura, dell'ampiezza dei confini, ecc.
 - **Non c'è un modello «giusto» cui confrontare quello da noi costruito.**
 - L'unica condizione è la **coerenza** del modello con le **conoscenze possedute** e la sua **adeguatezza** a fornire una conoscenza significativa non desumibile dalla sola osservazione.
- Suggerisco tre tecniche:
 - **Progressiva espansione: zoom** (preferito): individuare una o poche variabili fondamentali – quelle, per. es. che evidenziano una situazione problematica – ed aggiungere progressivamente i collegamenti con altre variabili, espandendo gradualmente la mappa.
 - **Dall'organo al processo**: rappresentare la mappa della struttura fisica di un sistema organizzato e associare agli organi le variabili di input e di output relative ai processi svolti dagli organi stessi; collegare poi le variabili individuate e cercare i loop.
 - **Circolarizzazione delle relazioni lineari**: fare un elenco di fattori che influiscono su una variabile e associare ad essi un'autonoma variabile; trovare, poi, i collegamenti tra queste.
- **ATTENZIONE! Un CLD deve contenere solo variabili con un nome appropriato. Evitare i «falsi loop».**



Falso Loop 1

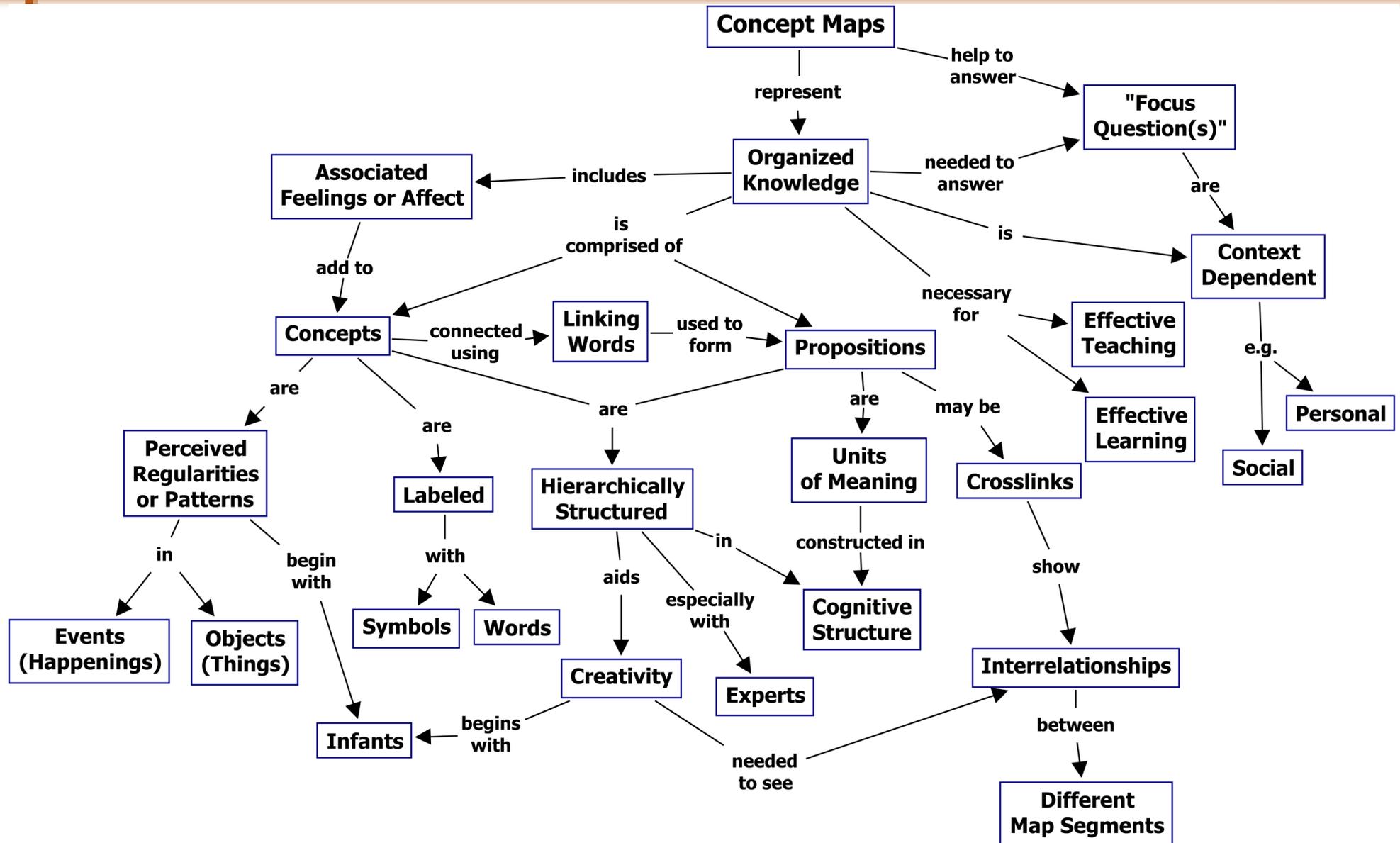
Manca la relazione circolare



Falso Loop 3

È un «mappa concettuale».

Non rappresenta nè variabili né loop



Loop da non imitare

FINE DELL'APPENDICE 1B

- Il CLD si propone di connettere le variabili che incidono sull'uso del **tabacco** (Richardson for Initiative on the Study and Implementation of Systems). Il modello appare difficilmente comprensibile in quanto, da un lato, mancano le **indicazione dei loop** tra le variabili e, dall'altro, si sono posti **confini troppo ampi**. L'elevato numero di variabili rende difficile percepire quelle veramente rilevanti.

