

Capitolo XII.

Progresso tecnologico e crescita



4. Capitale fisico e capitale umano a confronto

Oltre al capitale fisico – macchinari, uffici, e così via – le economie hanno un altro tipo di capitale: il **capitale umano**, dato dall'insieme delle abilità dei lavoratori.

Come si possono considerare gli effetti del capitale umano sulla produzione?

4.1. Estendiamo la funzione di produzione

Estendendo la funzione di produzione come segue:

$$\frac{Y}{N} = f\left(\frac{K}{N}, \frac{H}{N}\right)$$

il livello di prodotto per lavoratore $\left(\frac{Y}{N}\right)$ dipende sia dal livello di capitale fisico per lavoratore (K/N) , sia dal livello di capitale umano per lavoratore (H/N) .

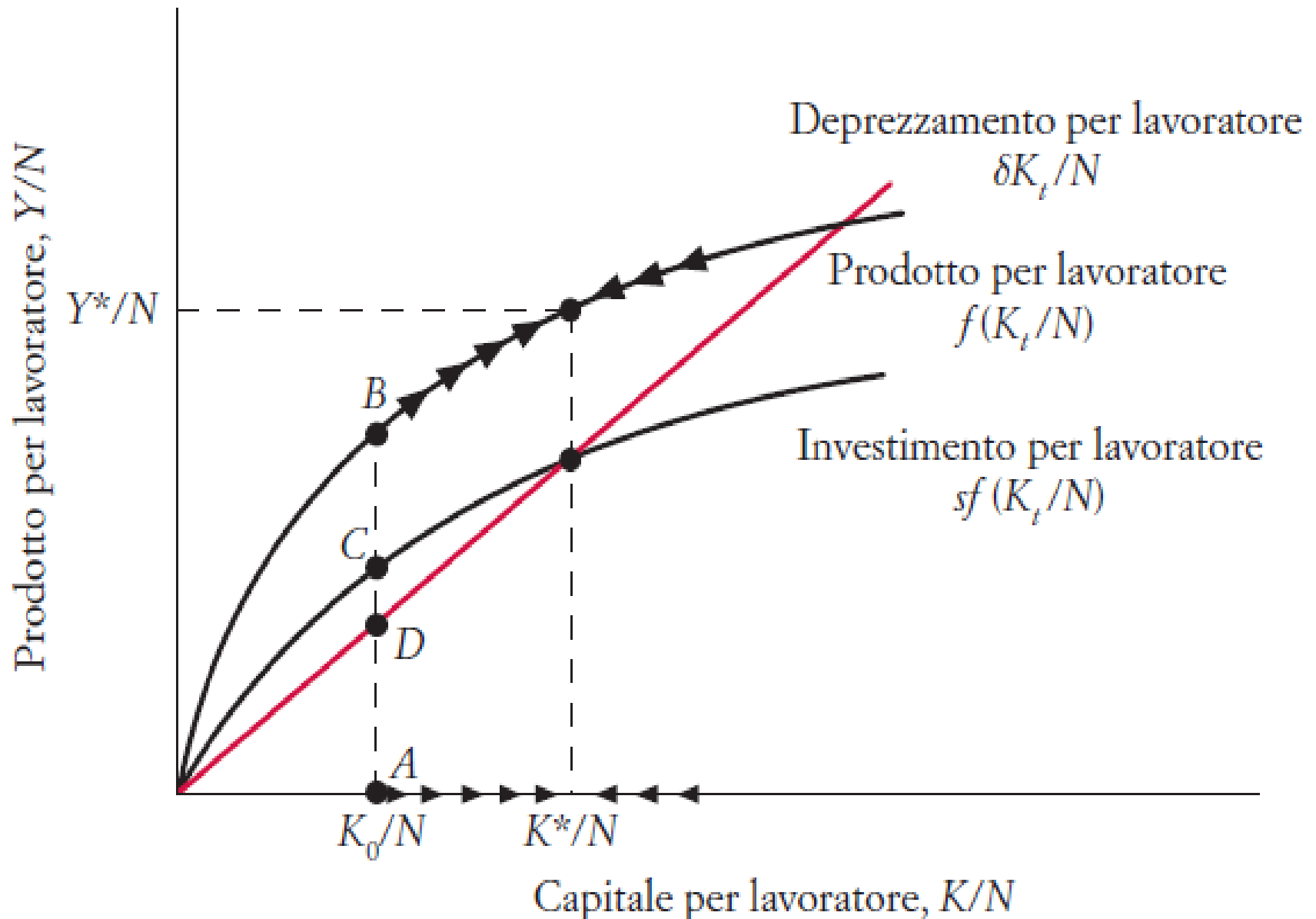
Un incremento del capitale umano comporta una crescita del prodotto per lavoratore.

$$Y = \sqrt{K H}$$

$$\frac{Y}{N} = \sqrt{\frac{K}{N} \frac{H}{N}} = \sqrt{\frac{K}{N}} \sqrt{\frac{H}{N}} = A \sqrt{\frac{K}{N}}$$

Se la popolazione non cambia lo possiamo assimilare al progresso tecnico generico

2.1. La dinamica del capitale e della produzione



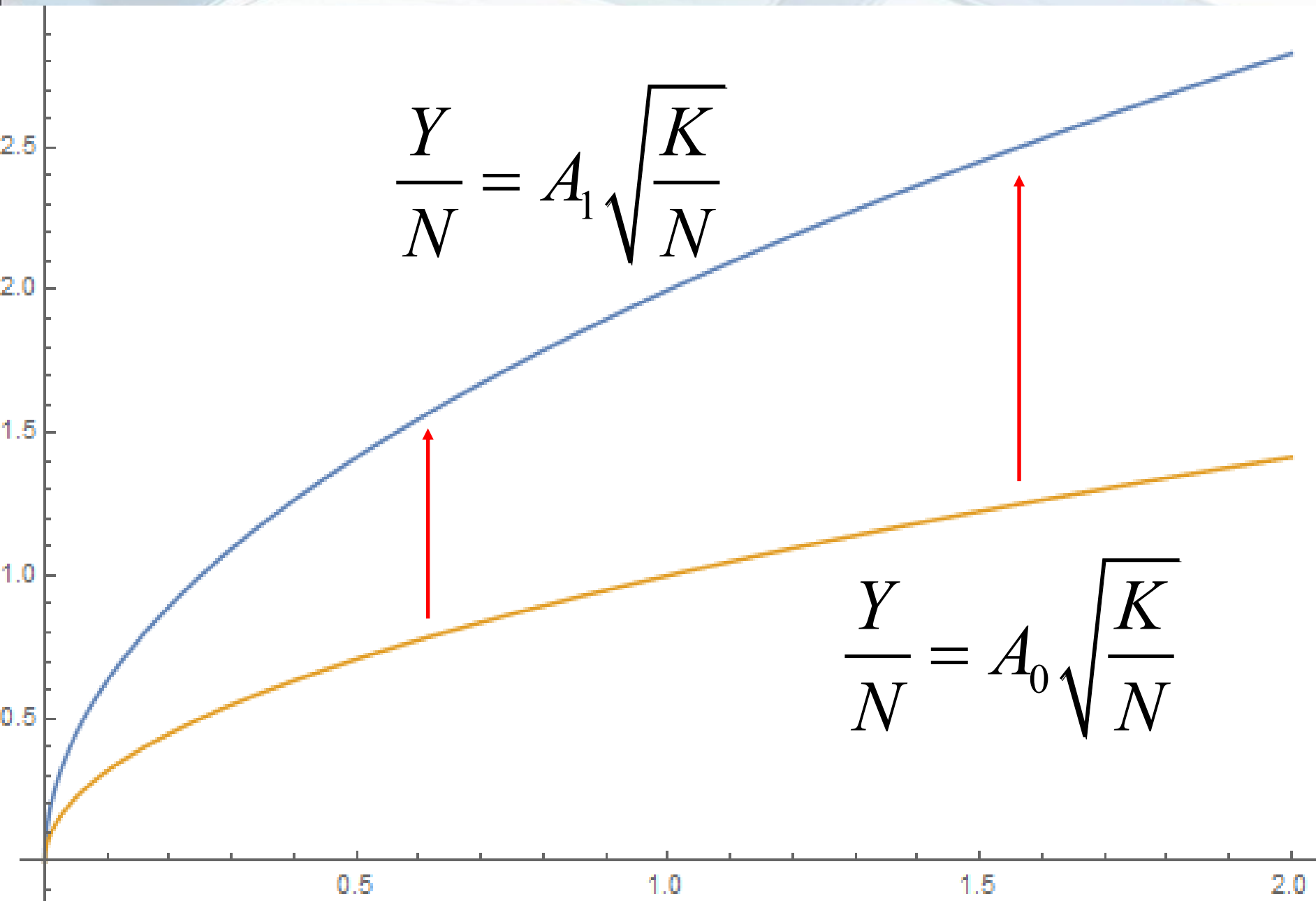
4.2. Capitale umano, capitale fisico e produzione

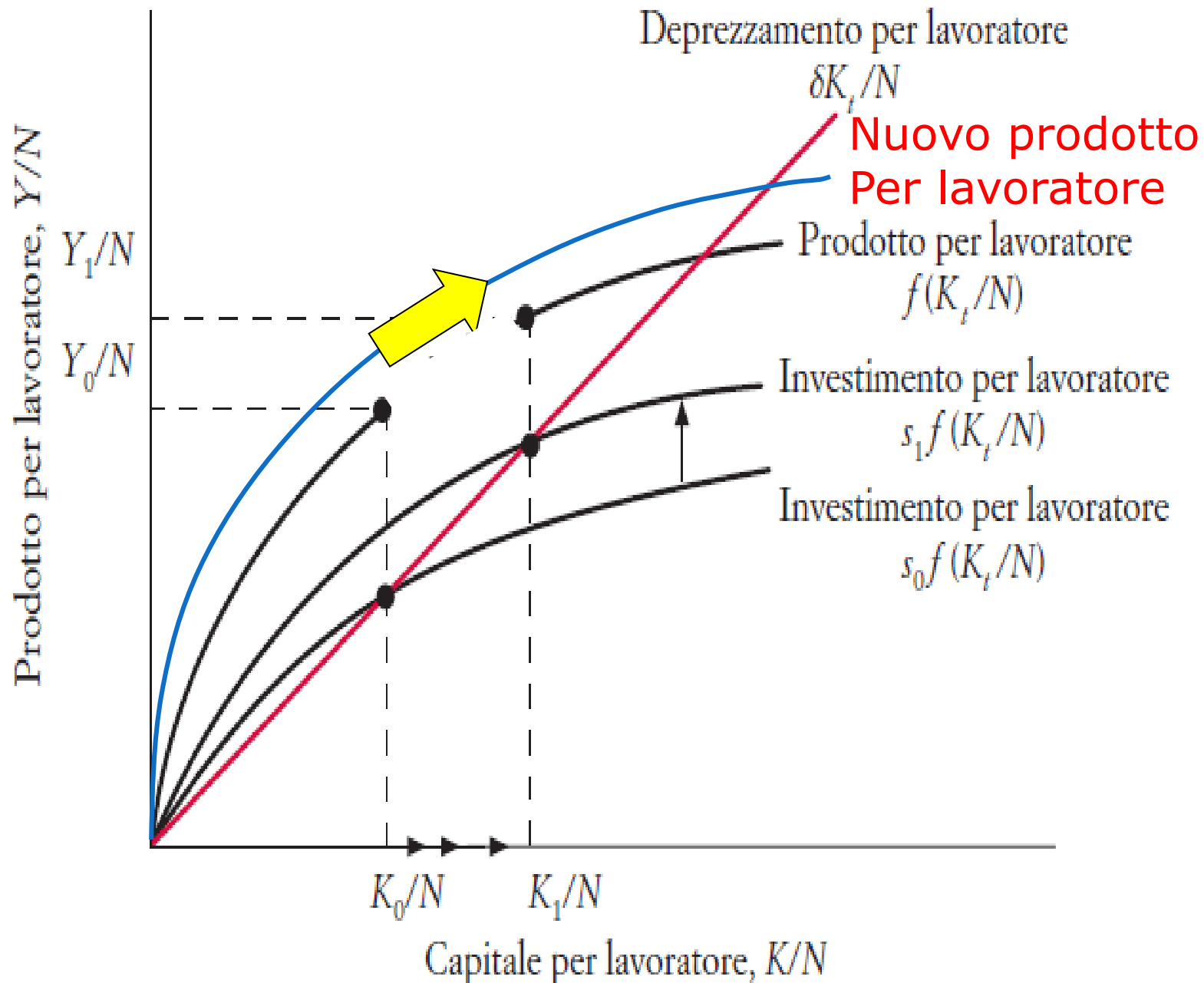
Le nostre conclusioni precedenti rimangono valide:

- ✓ un aumento del tasso di risparmio aumenta il capitale per lavoratore di stato stazionario e quindi il prodotto per lavoratore
- ✓ queste conclusioni si estendono al capitale umano
- ✓ nel lungo periodo, il prodotto per lavoratore dipende sia da quanto una società risparmia (per accumulare capitale fisico), sia da quanto spende per l'istruzione (per accumulare capitale umano)



Aumento del capitale umano





4.3. Crescita endogena

Abbiamo concluso che un paese che risparmia di più e/o spende di più in istruzione raggiungerà un maggior livello di prodotto per lavoratore in stato stazionario, ma non sappiamo come questo paese possa sostenere una crescita perennemente maggiore del prodotto per lavoratore.

I modelli che affrontano questo problema sono i **modelli di crescita endogena**, nei quali la crescita, nel lungo periodo, dipende da variabili quali il tasso di risparmio e il tasso di investimento in istruzione.



1.1. Progresso tecnologico e funzione di produzione

Il progresso tecnologico si manifesta in diversi modi:

- ✓ generare più produzione a parità di capitale e lavoro;
- ✓ consentire prodotti migliori;
- ✓ realizzare nuovi prodotti;
- ✓ ampliare la gamma dei prodotti disponibili.

1.1. Progresso tecnologico e funzione di produzione

Indicando con A lo **stato di tecnologia**, avremo la seguente funzione di produzione:

$$Y = F(K, N, A)$$

(+ + +)

nel caso in cui il progresso sia relativo ai lavoratori:

$$Y = F(K, AN)$$

1.1. Progresso tecnologico e funzione di produzione

Possiamo quindi pensare al progresso tecnologico in due modi equivalenti:

- ✓ il progresso tecnologico riduce il numero di lavoratori necessari per ottenere una data quantità di prodotto.
- ✓ il progresso tecnologico aumenta il prodotto ottenibile con un dato numero di lavoratori.

1.1. Progresso tecnologico e funzione di produzione

Assumendo ragionevolmente rendimenti di scala costanti, per un dato stato della tecnologia (A), raddoppiare sia la quantità di capitale sia la quantità di lavoro consente di ottenere una quantità doppia di prodotto:

$$2Y = F(2K, 2AN)$$

In generale, per ogni numero (x):

$$xY = F(xK, xAN)$$

1.1. Progresso tecnologico e funzione di produzione

Per ottenere la relazione tra prodotto e **capitale per unità di lavoro effettivo**, poniamo $x=1/AN$ nell'equazione precedente e scriviamo:

$$\frac{Y}{AN} = F\left(\frac{K}{AN}, 1\right)$$

oppure:

$$\frac{Y}{AN} = f\left(\frac{K}{AN}\right)$$

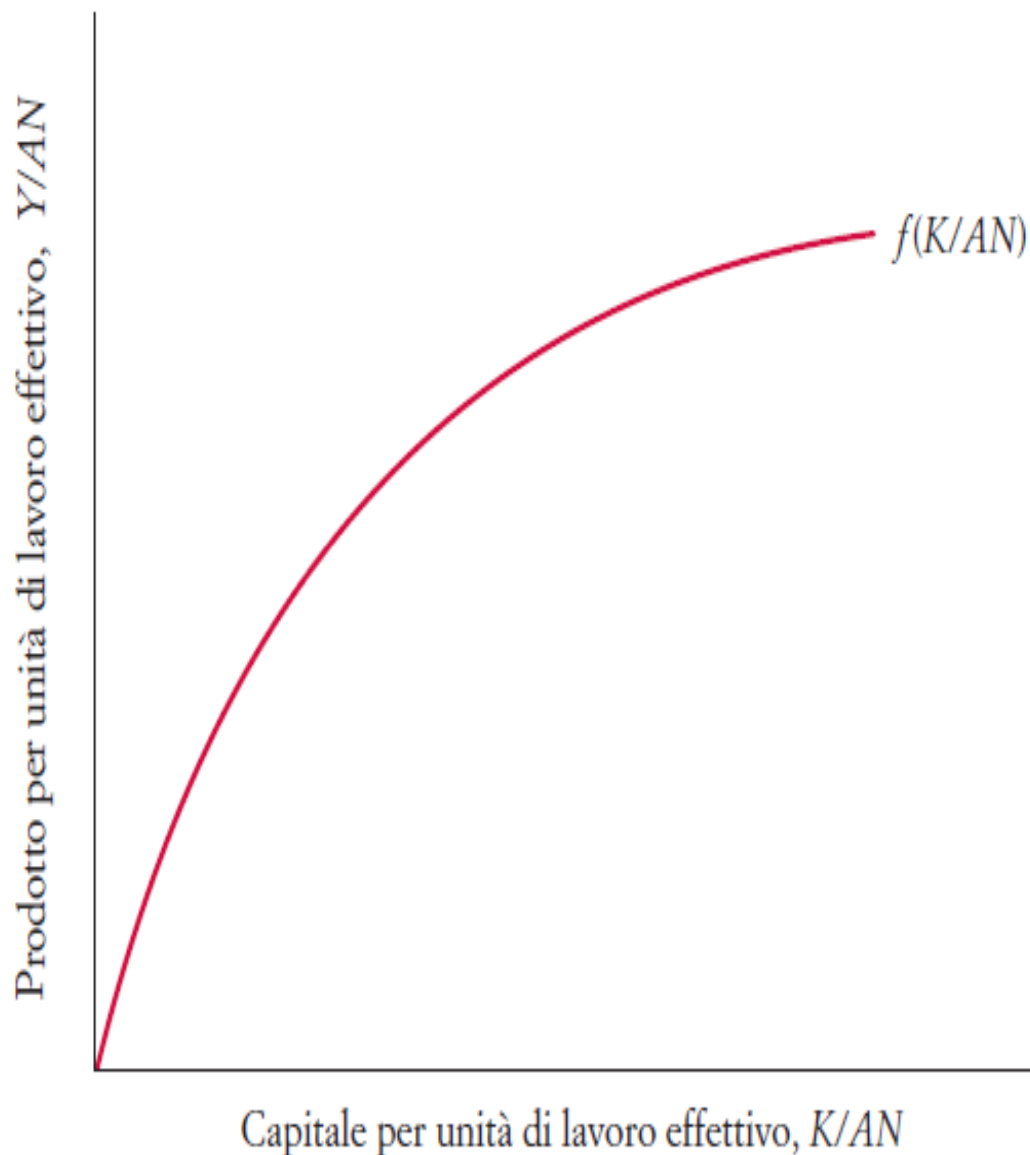
il prodotto per unità di lavoro effettivo è una funzione del capitale per unità di lavoro effettivo.



1.1. Progresso tecnologico e funzione di produzione

FIG. 12.1. Prodotto per unità di lavoro effettivo e capitale per unità di lavoro effettivo.

Per via dei rendimenti decrescenti del capitale, aumenti del capitale per unità di lavoro effettivo comportano aumenti sempre più piccoli del prodotto per unità di lavoro effettivo.



1.2. Interazioni tra produzione e capitale

Sotto le stesse ipotesi, l'investimento è dato:

$$I = S = sY$$

e quindi:

$$\frac{I}{AN} = s \frac{Y}{AN}$$

La relazione tra investimento per unità di lavoro effettivo e capitale per unità di lavoro effettiva sarà:

$$\frac{I}{AN} = sf \left(\frac{K}{AN} \right)$$

1.2. Interazioni tra produzione e capitale

Il livello di investimento necessario per mantenere un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo è dato da:

$$I = (\delta + g_A + g_N)K$$

Il valore di stato stazionario del capitale per unità di lavoro effettivo sarà:

$$sf\left(\frac{K_t}{A_t N_t}\right) = (\delta + g_A + g_N) \frac{K_t}{A_t N_t}$$

1.2. Interazioni tra produzione e capitale

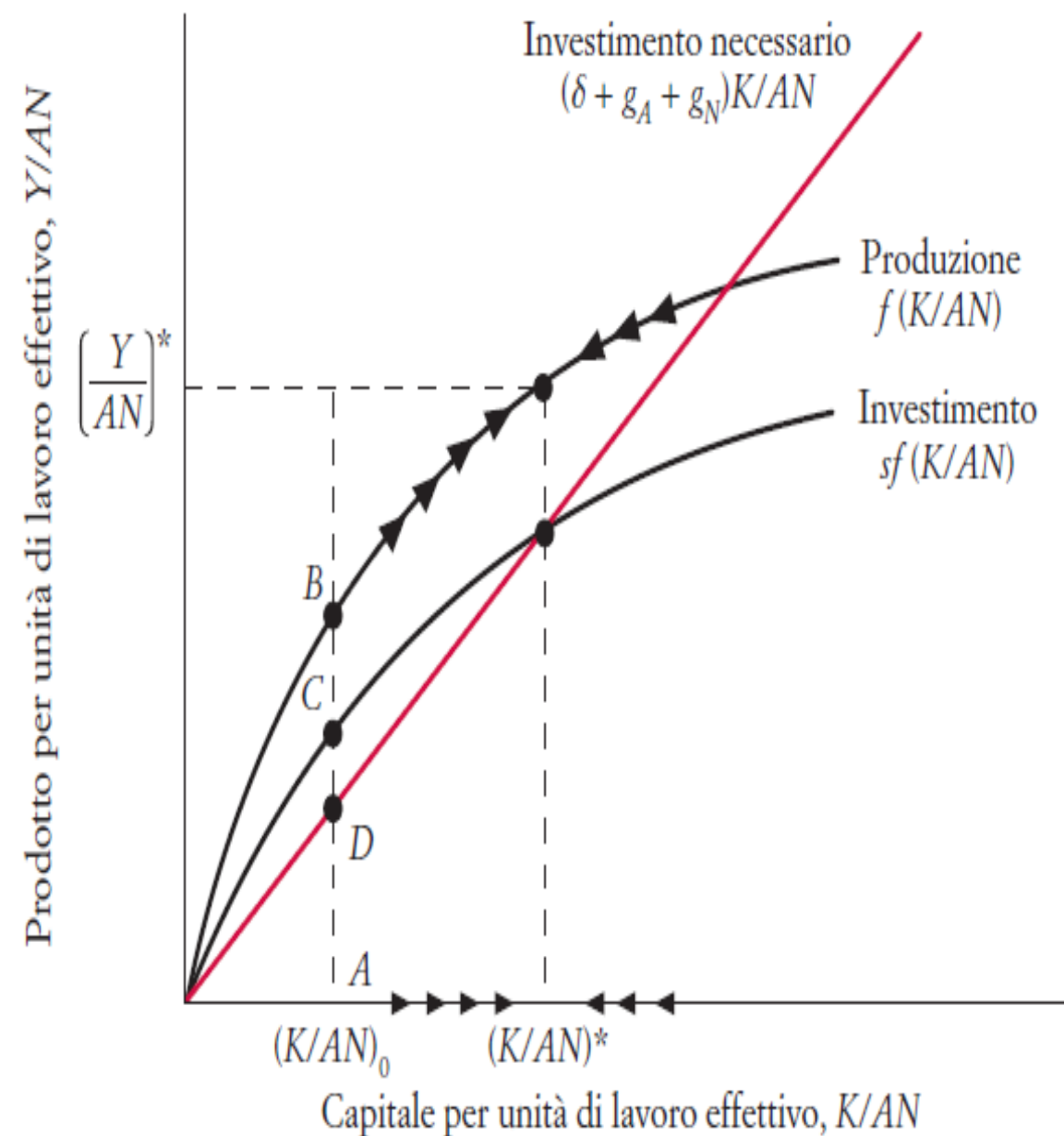


FIG. 12.2. Dinamica del capitale per unità di lavoro effettivo e del prodotto per unità di lavoro effettivo.

Il capitale per unità di lavoro effettivo e il prodotto per unità di lavoro effettivo convergono a valori costanti nel lungo periodo.

1.3. Dinamica di capitale e produzione

Nella figura 12.2, per (K/AN_0) , il prodotto per unità di lavoro effettivo è pari alla distanza AB . L'investimento è dato da AC . L'ammontare di investimento richiesto per mantenere quel livello di capitale per unità di lavoro effettivo è pari a AD . Poiché l'investimento eccede quanto richiesto, per mantenere costante il livello di capitale per unità di lavoro effettivo K/AN aumenta.

Partendo da (K/AN_0) , l'economia si muove verso destra, con un livello crescente di capitale per unità di lavoro effettivo.

In stato stazionario, il capitale e il prodotto per unità di lavoro effettivo sono costanti e pari rispettivamente a $(K/AN)^*$ e $(Y/AN)^*$.



Calcoliamo lo stato stazionario

$$k_{t+1} - k_t = s\sqrt{k_t} - (\delta + g_A + g_N)k_t = 0$$

$$s\sqrt{k^*} = (\delta + g_A + g_N)k^*$$

$$\sqrt{k^*} = y^* = \frac{s}{\delta + g_A + g_N}$$

Il prodotto pro capite rimane costante

ma il PIL cresce: $Y^* \equiv y^* AN$

$$\begin{aligned}\frac{dY^*/dt}{Y^*} &= \frac{d(AN)/dt}{AN} = \\ &= \frac{d(N)/dt}{N} + \frac{d(A)/dt}{A}\end{aligned}$$

1.3. Dinamica di capitale e produzione

In stato stazionario, il tasso di crescita della produzione è uguale al tasso di progresso tecnologico (g_A) più il tasso di crescita della popolazione (g_N).

Sia (g_A) (g_N) non dipendono dal tasso di risparmio.

Di conseguenza, il tasso di crescita della produzione è indipendente dal tasso di risparmio.

In stato stazionario il prodotto per lavoratore cresce al tasso di progresso tecnologico.



1.3. Dinamica di capitale e produzione

TAB. 12.1. *Le proprietà della crescita bilanciata*

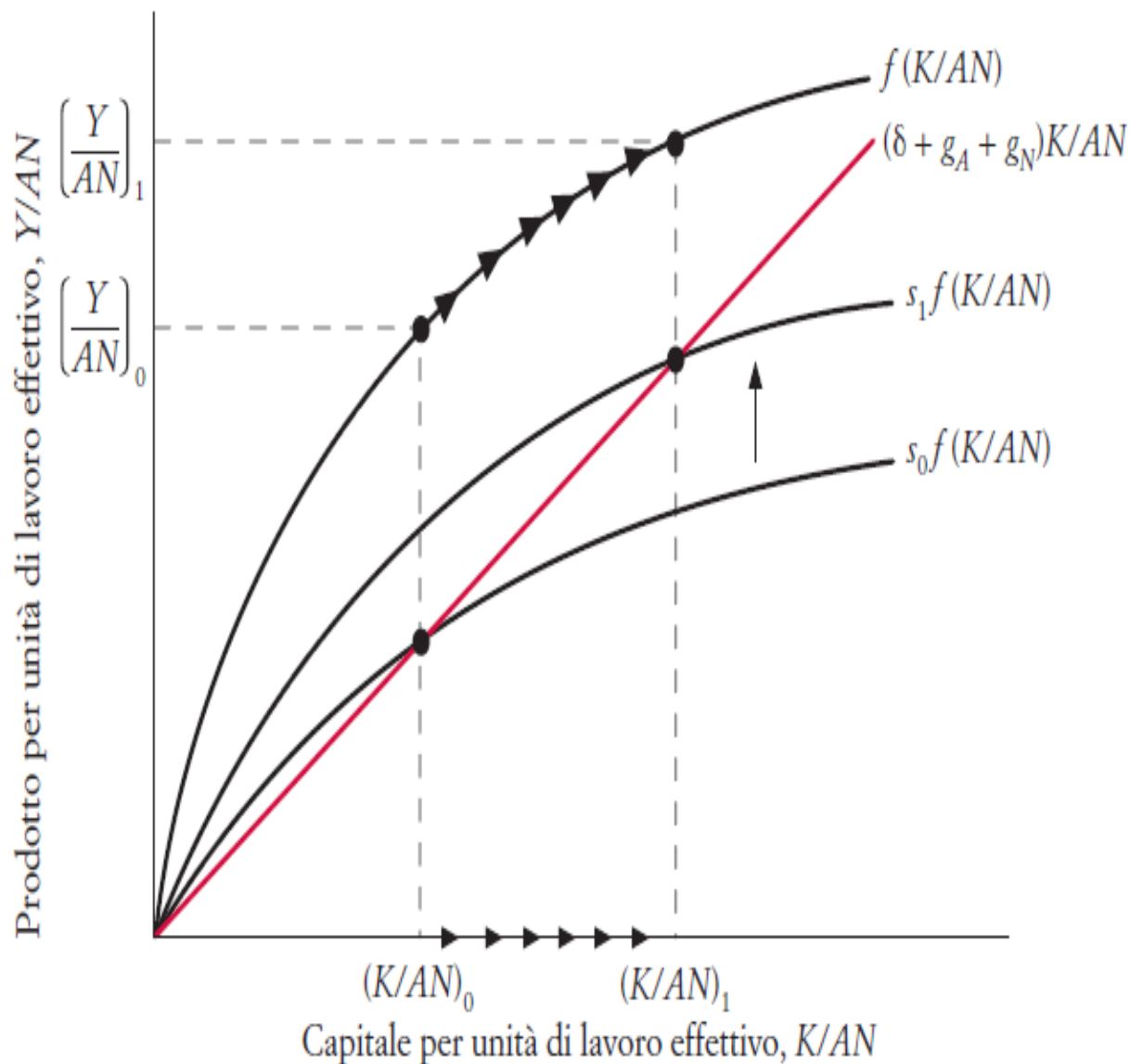
Tasso di crescita di:

1. Capitale per unità di lavoro effettivo	0
2. Prodotto per unità di lavoro effettivo	0
3. Capitale per lavoratore	g_A
4. Prodotto per lavoratore	g_A
5. Lavoro	g_N
6. Capitale	$g_A + g_N$
7. Produzione	$g_A + g_N$

1.4. Effetti del tasso di risparmio

FIG. 12.3. Gli effetti di un aumento del tasso di risparmio (I).

Un aumento del tasso di risparmio provoca un aumento dei livelli di stato stazionario del prodotto per unità di lavoro effettivo e del capitale per unità di lavoro effettivo.



1.4. Effetti del tasso di risparmio

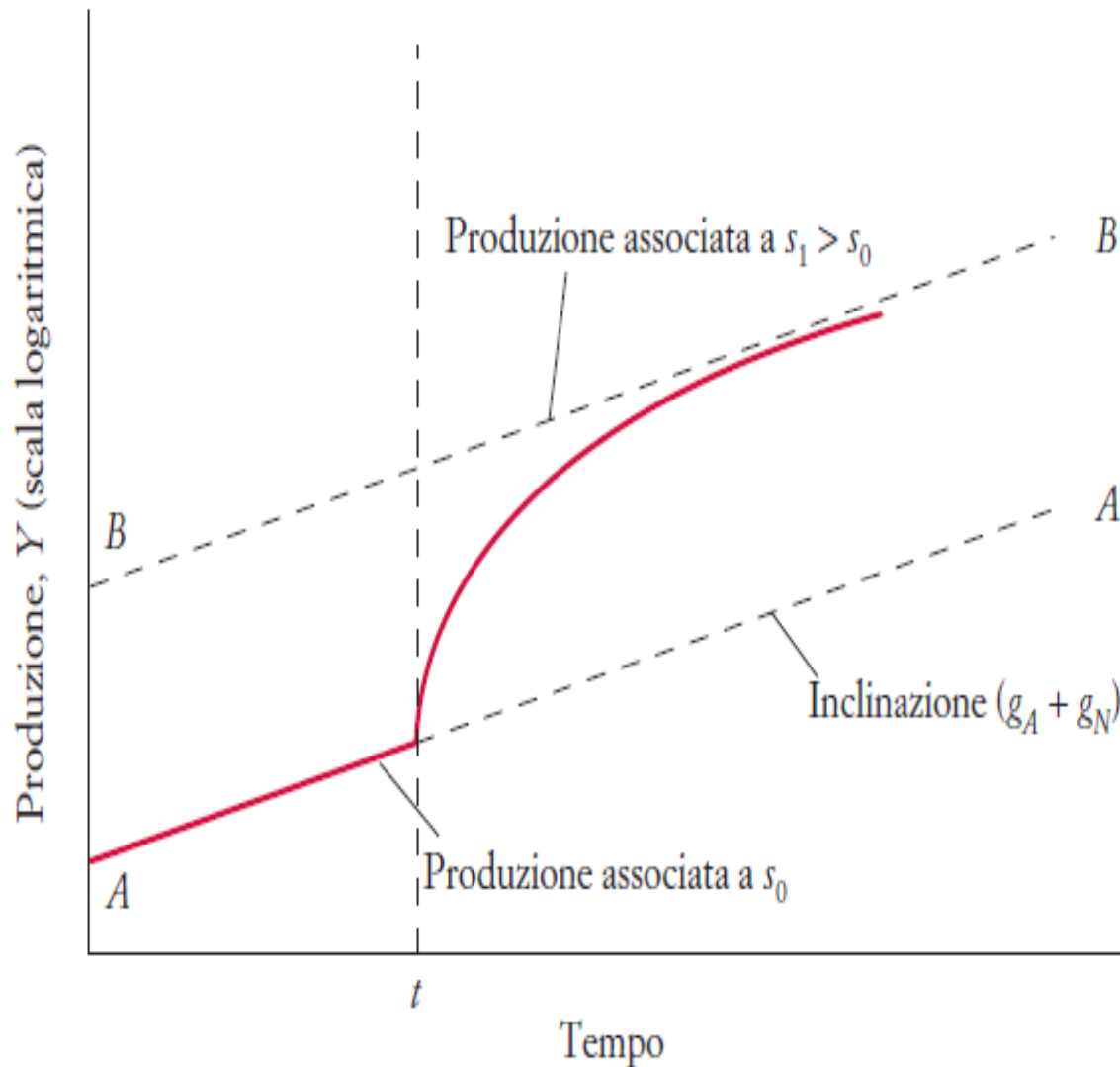


FIG. 12.4. Gli effetti di un aumento del tasso di risparmio (II).

Un aumento del tasso di risparmio genera una crescita più elevata fino a quando l'economia raggiunge il suo nuovo sentiero di crescita bilanciata.

2. Le determinanti del progresso tecnologico

La maggior parte del progresso tecnologico è il risultato dell'attività di **ricerca e sviluppo (R&S)** svolta dalle imprese.

I livelli di spesa in R&S dipendono da:

- la **fertilità del processo di ricerca;**
- l'**appropriabilità dei risultati della ricerca.**

2.1. La fertilità del processo di ricerca

Fertilità della ricerca: indica la misura in cui la spesa in ricerca e sviluppo si traduce in nuove idee e nuovi prodotti.

La fertilità della ricerca dipende dall'interazione tra *ricerca di base* e *ricerca applicata*. La ricerca di base non conduce di per sé al progresso tecnologico, ma è determinante per il successo di quella applicata.



2.1. La fertilità del processo di ricerca

Il *sistema educativo* ha chiaramente un ruolo importante nello sviluppo e nel successo della ricerca di base.

Le potenzialità di una scoperta si realizzano pienamente solo dopo un certo periodo di tempo.

Appropriabilità dei risultati della ricerca: se le imprese non possono appropriarsi dei profitti generati dai nuovi prodotti, gli investimenti in ricerca e sviluppo diminuiranno e il progresso tecnologico subirà un rallentamento.

L'appropriabilità dipende da:

- la natura del processo di ricerca;
- il grado di protezione accordata ai nuovi prodotti dalla legislazione dei **brevetti**.

3. Istituzioni, progresso tecnologico e crescita

- La crescita economica è determinata da numerosi fattori. Tra questi, le **istituzioni** svolgono un ruolo chiave.
- Quando gli economisti parlano di istituzioni, si riferiscono principalmente alla protezione del **diritto di proprietà**.
- Se per esempio i diritti di proprietà sono fortemente tutelati, gli individui sono maggiormente incentivati a investire in capitale e tecnologia.
- In concreto, “protezione dei diritti di proprietà” significa: un buon sistema politico, un buon sistema giudiziario, leggi contro l’insider trading, leggi che proteggano i brevetti, leggi antitrust...



3. Istituzioni, progresso tecnologico e crescita

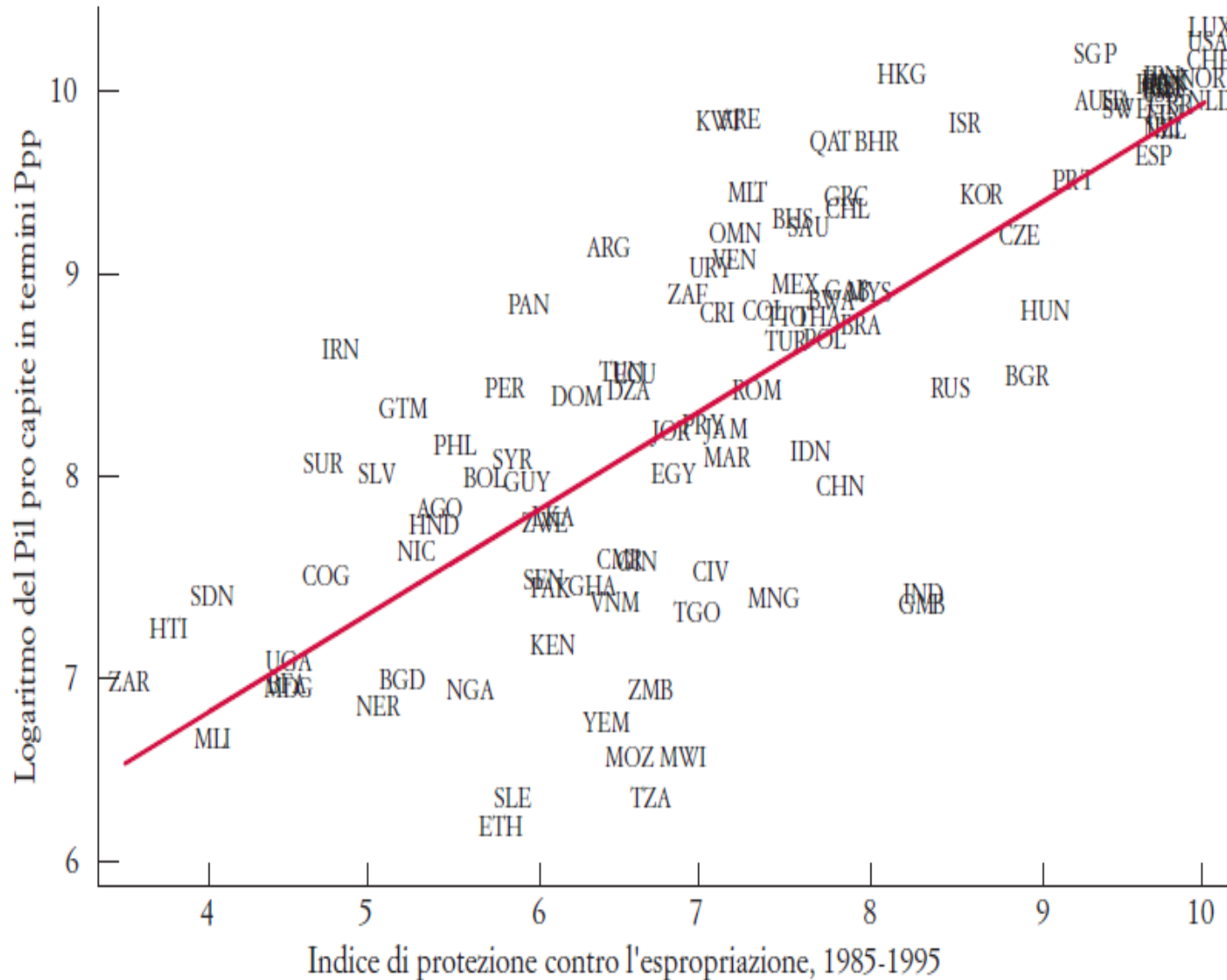


FIG. 12.5. Protezione contro l'espropriazione e Pil pro capite.

C'è una forte correlazione positiva tra il grado di protezione contro l'espropriazione e il livello del Pil pro capite.

Fonte: Daron Acemoglu, *Understanding Institutions*, Lionel Robbins Lectures, 2004, London School of Economics.

4.1. Accumulazione di capitale e progresso tecnologico nei paesi ricchi dal 1985

Supponiamo che il prodotto per lavoratore in un certo paese cresca più del solito.

La nostra teoria ci suggerisce che questo può essere dovuto:

- ✓ a un maggior tasso di progresso tecnologico, in condizioni di crescita bilanciata
- ✓ all'aggiustamento dell'economia su di un maggior livello di capitale per unità di lavoro effettivo, K/AN .

4.1. Accumulazione di capitale e progresso tecnologico nei paesi ricchi dal 1985

Possiamo stabilire quanta parte della crescita proviene dal progresso tecnologico e quanta dall'accumulazione di capitale?

- ✓ se l'alta crescita riflette una maggior crescita bilanciata, il prodotto per lavoratore dovrebbe crescere a un tasso uguale a quello del progresso tecnologico
- ✓ Se l'alta crescita riflette l'accumulazione di capitale, il prodotto per lavoratore dovrebbe crescere a un tasso superiore a quello del progresso tecnologico



4.1. Accumulazione di capitale e progresso tecnologico nei paesi ricchi dal 1985

L'evidenza empirica per cinque paesi ricchi sembra suggerire una crescita dovuta principalmente a progresso tecnologico

TAB. 12.2. Tassi medi annui di crescita del prodotto per lavoratore e progresso tecnologico in cinque paesi ricchi dal 1985

	Tasso di crescita del prodotto per lavoratore (%)	Tasso di progresso tecnologico (%)
	1985-2014	1985-2013
Francia	1,3	1,4
Giappone	1,6	1,7
Italia	0,8	0,5
Regno Unito	1,9	1,4
Stati Uniti	1,7	1,4
Media aritmetica	1,4	1,3

Fonte: Oecd Productivity Statistics.

4.2. Accumulazione del capitale e progresso tecnologico in Cina dal 1980

- ✓ Dagli anni Ottanta la Cina ha registrato tassi di crescita bilanciata molto elevati, che si riflettono in un tasso di progresso tecnologico di circa l'8% in media all'anno.
- ✓ L'elevata accumulazione di capitale è stata accompagnata quindi da un elevato e costante miglioramento della tecnologia.
- ✓ Tuttavia, dalla seconda metà degli anni Novanta, l'accumulazione di capitale è stata insolitamente elevata.



4.2. Accumulazione del capitale e progresso tecnologico in Cina dal 1980

TAB. 12.3. Tasso annuo di crescita del prodotto per lavoratore e progresso tecnologico in Cina, 1978-2011

Periodo	Tasso di crescita del Pil (%)	Tasso di crescita del Pil per lavoratore (%)	Tasso di progresso tecnologico
1978-1995	10,1	7,4	7,9
1996-2011	9,8	8,8	5,9

Fonte: Penn World Table (versione 8.1)