1. PROGRESSO TECNOLOGICO E TASSO DI CRESCITA

A quale tasso crescerà la produzione in un'economia nella quale si realizzano accumulazione di capitale e progresso tecnologico?

Per rispondere a questa domanda dobbiamo includere il progresso tecnologico sviluppato nel capitolo precedente.

1.1 PROGRESSO TECNOLOGICO E FUNZIONE DI PRODUZIONE

Il progresso tecnologico può manifestarsi in diversi modi:

- Può generare una maggiore produzione a parità di capitale e lavoro;
- Può consentire di realizzare prodotti migliori;
- Può portare alla realizzazione di nuovi prodotti;
- Può ampliare la gamma dei prodotti disponibili.

I vari modi nei quali può realizzarsi il progresso tecnologico sono comunque molto simili, quindi possiamo considerare lo **stato della tecnologia** come la variabile che indica quanto prodotto può essere ottenuto dal capitale e dal lavoro in un dato periodo di tempo.

Indichiamo lo **stato della tecnologia** con la lettera A e riscriviamo la funzione di produzione come:

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

Questa è la nostra funzione di produzione estesa, secondo la quale: la produzione dipende dal capitale (K), dal lavoro (N) e dallo stato della tecnologia (A).
A parità di capitale e lavoro, un miglioramento dello stato della tecnologia consente un incremento della produzione.

Sarà utile una forma più compatta:

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

Questa equazione afferma *che la produzione dipende dal capitale (K) e dal lavoro moltiplicato per lo stato di tecnologia (cioè per **il lavoro effettivo** AN).*

Sulla base di questa nuova equazione possiamo pensare al progresso tecnologico in 2 modi equivalenti:

- Il progresso tecnologico riduce il numero di lavoratori necessari per ottenere una data quantità di prodotto. Infatti un valore doppio di produce la stessa quantità di prodotto con la metà dei lavoratori.
- Il progresso tecnologico aumenta il prodotto ottenibile con un dato numero di lavoratori.

Le restrizioni che dobbiamo imporre sulla funzione di produzione estesa sono le stesse viste in precedenza.
Infatti è ancora ragionevole assumere che esistano *rendimenti di scala costanti*.
Infatti, ***per un dato stato della tecnologia** (A), **raddoppiare sa la quantità di capitale** (K) **sia la quantità di lavoro** (N) **consentirà di ottenere una quantità doppia di prodotto**:*

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

In generale:

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

Se poi supponiamo che $x = \frac{1}{AN}$ allora:

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

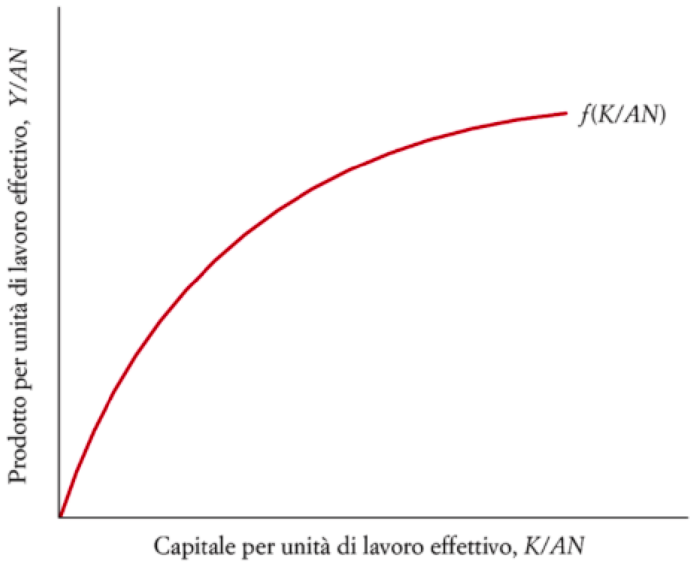
Se definiamo una funzione f tale per cui $f\left(\frac{K}{AN}\right) = F(\frac{K}{AN}, 1)$ allora:

Equazione 6

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

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

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



1.2 INTERAZIONI TRA PRODUZIONE E CAPITALE

Possiamo ora studiare le determinanti della crescita.
Seguiremo lo stesso approccio visto nel capitolo precedente. La differenza è che qui ci concentriamo su prodotto, capitale e investimento per unità di lavoro effettivo (invece che per lavoratore).

Sotto l'ipotesi che l'investimento sia uguale al risparmio privato e che il tasso di risparmio privato sia costante (stessa ipotesi del capitolo precedente), l'**investimento** è dato da:

$$I = S = sY$$

Dividendo entrambi i lati per il numero di lavoratori effettivi (AN), otteniamo:

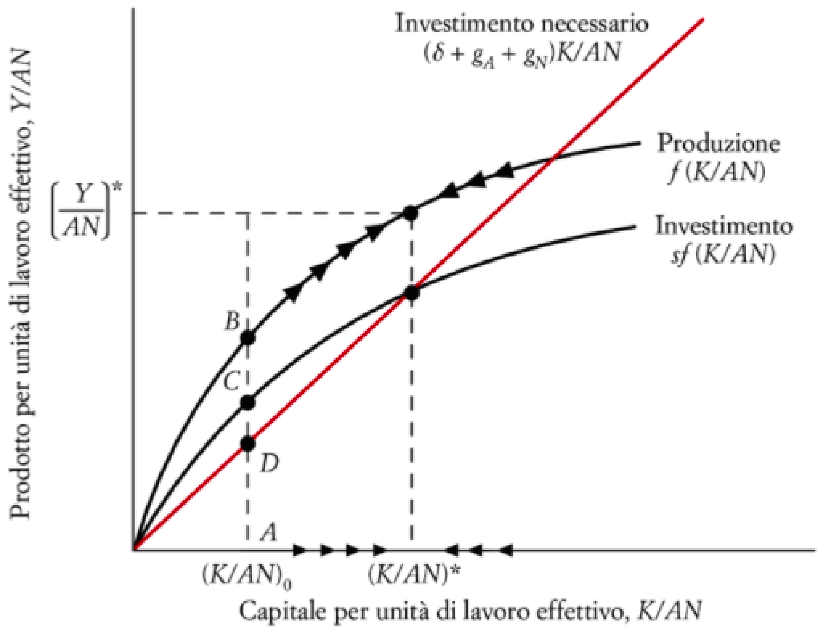
$$\frac{I}{AN} = s\frac{Y}{AN}$$

Sostituendo il prodotto per unità di lavoro effettivo (Y/AN) con la sua espressione dall'*equazione 6*, otteniamo:

$$\boldsymbol{\frac{I}{AN} = s\, f\left(\frac{K}{AN}\right)}$$

Equazione 6:

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



Dalla figura si nota che il capitale per unità di lavoro effettivo e il prodotto per unità di lavoro effettivo convergono a valori costanti nel lungo periodo (le frecce della figura).

Inoltre la figura rappresenta la ***relazione tra investimento e capitale per unità di lavoro effettivo*** (curva inferiore). Infatti, *essa è uguale alla relazione tra prodotto e capitale per unità di lavoro effettivo* (curva superiore) *moltiplicata per il tasso di risparmio s f(K/AN).*

Infine: *qual è il livello di investimento che mantiene costante un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo ?*.

Nel capitolo precedente la conclusione a cui siamo arrivati è che, affinché il capitale rimanesse costante, l'investimento doveva essere uguale al deprezzamento dello stock esistente di capitale.

Però ***introducendo il progresso tecnologico, il numero di unità di lavoro effettivo (AN) aumenta nel tempo***.
Quindi, ***per mantenere lo stesso rapporto capitale/lavoro effettivo (K/AN) si deve aumentare lo stock di capitale (K) in modo proporzionale all'aumento delle unità di lavoro effettivo (AN)***.

Vediamo ciò nel dettaglio. Siano:

- δ → il tasso di deprezzamento del capitale;
- g_A → il **tasso di progresso tecnologico**
- g_N → il **tasso di crescita della popolazione**

Inoltre se *assumiamo che il rapporto tra occupazione e popolazione totale rimanga costante, il numero dei lavoratori (N) è anch'esso al tasso annuo g_N.*
Quindi il ***tasso di crescita del lavoro in unità effettive*** (AN) è uguale a: $g_A + g_N$.

Perciò *il livello di investimento necessario per mantenere un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo è dato da*:

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

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

Per mantenere costante lo stock di capitale serve un investimento pari a δK.
E un ammontare addizionale pari a $(g_A + g_N)K$ è necessario affinché il capitale cresca allo stesso tasso di crescita del lavoro effettivo.

N.B. → Quindi se il tasso di deprezzamento è $\delta = 10\%$, per mantenere costante il capitale, l'investimento deve essere uguale al 10% del capitale esistente, cioè: $I = 10\%K$
Inoltre, se il lavoro effettivo cresce del 3% all'anno [$(g_A + g_N) = 3\%$], allora per mantenere lo stesso livello di capitale per unità di lavoro effettivo, il capitale deve anch'esso cresce del 3% all'anno, cioè: $(g_A + g_N)K = 3\%$
Quindi l'investimento dovrà essere del 13%:

$$I = 10\%K + 3\%K = 13\%K$$

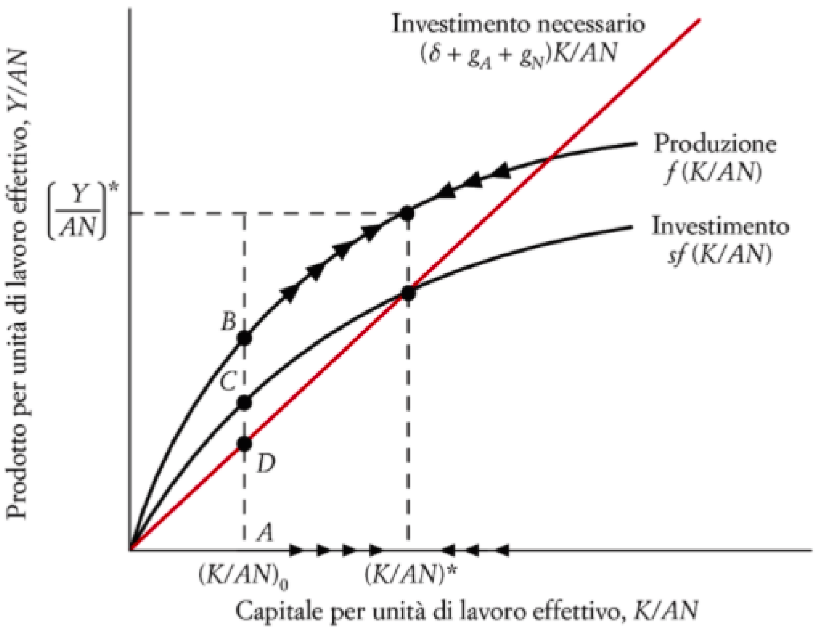
Per definire più precisamente l'ammontare di investimento per unità di lavoro effettivo (I/AN) necessario a mantenere il livello costante del capitale per unità di lavoro effettivo (K/AN), dividiamo l'espressione precedente per il numero di unità di lavoro effettivo (AN), e otteniamo:

$$\boldsymbol{\frac{I}{AN} = (\delta + g_A + g_N)\frac{K}{AN}}$$

Il livello di investimento per unità di lavoro effettivo necessario per mantenere un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo è rappresentato dalla retta nel grafico.
La retta ha un'inclinazione pari a $(\delta + g_A + g_N)$.

1.3 DINAMICA DI CAPITALE E PRODUZIONE

Tenendo sempre presente la seguente figura; consideriamo un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo pari a $(K/AN)_0$.



In quel livello, il prodotto per unità di lavoro effettivo $(Y/AN)_0$ è pari alla distanza AB.

Inoltre l'investimento per unità di lavoro effettivo $(I/AN)_0$ è dato da AC.

Invece, l'investimento *richiesto* per mantenere costante quel livello di capitale per unità di lavoro effettivo è pari ad AD.

Siccome **l'*investimento eccede quanto richiesto per mantenere costante il livello di capitale per unità di lavoro effettivo, allora K/AN aumenta.***

Quindi partendo da $(K/AN)_0$, l'economia si muove verso destra (con un livello crescente di capitale per un'unità di lavoro effettivo.
Questo processo continua fino a quando l'investimento è esattamente sufficiente a mantenere costante il livello di capitale per unità di lavoro effettivo, cioè *fino a quando non si raggiunge* $(K/AN)^*$.

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

Ciò implica che, in stato stazionario, la produzione cresce allo stesso tasso di crescita del lavoro effettivo (per cui il rapporto tra i due è costane).
Poiché il lavoro effettivo cresce al tasso $(g_A + g_N)$, in stato stazionario anche la crescita della produzione è pari a $(g_A + g_N)$.
Di conseguenza anche il capitale cresce al tasso $(g_A + g_N)$.

Quindi, *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).*
*Di conseguenza **il tasso di crescita della produzione non dipende dal tasso di risparmio**.*

N.B. → Ora dobbiamo poi ricordare la logica che abbiamo seguito nel capito precedente per dimostrare che in assenza di progresso tecnologico e di crescita demografica, l'economia non potrebbe sostenere una crescita positiva per sempre.

Quindi il lavoro effettivo cresce al tasso $(g_A + g_N)$.
Supponiamo che l'economia cerchi di raggiungere una crescita del prodotto superiore a $(g_A + g_N)$.
A causa dei rendimenti decrescenti del capitale, quest'ultimo dovrebbe crescere più rapidamente del prodotto.

L'economia dovrebbe destinare una quota sempre maggiore del reddito all'accumulazione di capitale e ad un certo punto questo risulterebbe impossibile.
Quindi l'economia non può crescere per sempre ad un tasso superiore a $(g_A + g_N)$.

Comunque, *poiché la produzione, il capitale e il lavoro effettivo in stato stazionario crescono tutti allo stesso tasso $(g_A + g_N)$, lo stato stazionario di questa economia è anche chiamato **stato di crescita bilanciata**.*
Le **proprietà della crescita bilanciata** sono riassunte nella seguente tabella:

	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	$g_A + g_N$

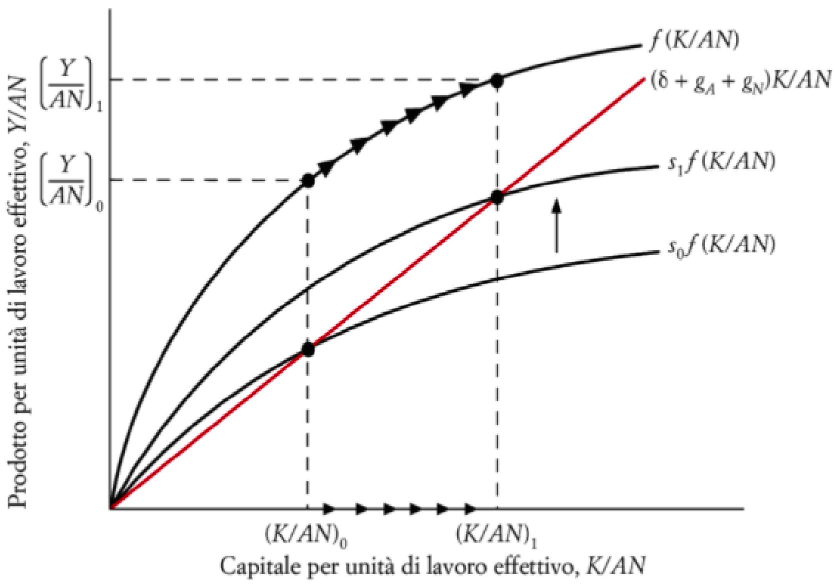
Sul sentiero di crescita bilanciata (ovvero in stato stazionario o nel lungo periodo):

- Il capitale per unità di lavoro effettivo e il prodotto per unità di lavoro effettivo sono costanti (cioè uguali a zero).
- Il capitale per lavoratore e il prodotto per lavoratore crescono al tasso di progresso tecnologico (g_A).
- Il lavoro (non effettivo) cresce al tasso di crescita demografica (g_N).
- Il capitale e la produzione (e anche lavoro effettivo) crescono ad un tasso pari alla somma del di incremento demografico e del tasso di progresso tecnologico ($g_A + g_N$).

1.4 EFFETTI DEL TASSO DI RISPARMIO

Quindi in stato stazionario il tasso di crescita della produzione dipende soltanto dal tasso di crescita demografica e dal tasso di progresso tecnologico.
Le variazioni del tasso di risparmio non influenzano il tasso di crescita stazionario, ma il livello di prodotto per unità di lavoro effettivo.

Questo risultato è evidente nella seguente figura che mostra l'effetto di aumento del tasso di risparmio da s_0 a s_1.



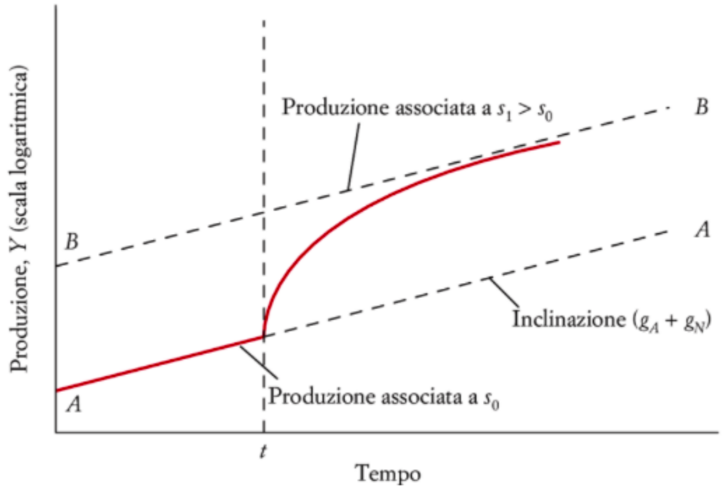
L'aumento del tasso di risparmio sposta la curva dell'investimento da $s_0\ f(K/AN)$ a $s_1\ f(K/AN)$

Ne segue che, in stato stazionario, il livello di capitale per unità di lavoro effettivo aumenta da $(K/AN)_0$ a $(K/AN)_1$.
Con un corrispondente incremento del livello di prodotto per unità di lavoro effettivo da $(Y/AN)_0$ a $(Y/AN)_1$.

In seguito all'aumento del tasso di risparmio, il capitale e il prodotto per unità di lavoro effettivo aumentano per un po' prima di convergere nel nuovo livello.

Poi, la seguente figura mostra l'andamento del capitale e del prodotto nel tempo.

Inizialmente l'economia si trova sul sentiero di crescita bilanciata (nel lungo periodo) AA.
Su di esso il prodotto e il capitale crescono al tasso $(g_A + g_N)$.
Per cui l'inclinazione della retta AA è $(g_A + g_N)$.



Dopo l'aumento del tasso di risparmio al tempo t, il prodotto e il capitale crescono più rapidamente per un certo periodo di tempo.

Alla fine il capitale e il prodotto raggiungono un livello maggiore di quello che avrebbero mantenuto senza l'aumento del tasso di risparmio, ma la loro crescita rimane $(g_A + g_N)$.

Nel nuovo stato stazionario, l'economia cresce infatti allo stesso tasso, ma su un sentiero di crescita più elevato BB [con inclinazione $(g_A + g_N)$].

Riassumiamo:
In stato stazionario il prodotto per unità di lavoro effettivo e il capitale per unità di lavoro effettivo sono costanti.
Quindi, il prodotto per lavoratore e il capitale per lavoratore crescono al tasso di progresso tecnologico.

Il tasso di crescita della produzione in stato stazionario è indipendente dal tasso di risparmio. Tuttavia influenza il livello di prodotto per unità di lavoro effettivo in stato stazionario e aumenti del tasso di risparmio portano ad aumenti temporanei del tasso di crescita al di sopra del tasso di crescita di stato stazionario.