

1

Φυσικό περιβάλλον και οικονομία

Η νεοκλασική οικονομική προσέγγιση

Μαθησιακοί στόχοι

Αφού μελετήσετε αυτό το κεφάλαιο, θα έχετε εξοικειωθεί με τα παρακάτω:

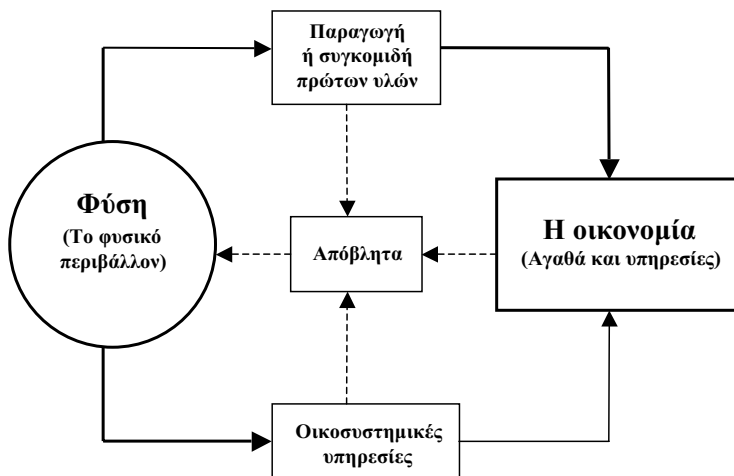
- ▶ Την ιδιόμορφη φύση της τυπικής οικονομικής αντίληψης για τους φυσικούς πόρους ως συντελεστές παραγωγής.
- ▶ Πώς υπό συγκεκριμένες ιδανικές συνθήκες, η αγοραία τιμή (ή τιμές) μπορεί να αποτελέσει ένδειξη «απόλυτης» και «σχετικής» σπανιότητας των πόρων.
- ▶ Τον βαθμό στον οποίο η υποκατάσταση συντελεστών και η τεχνολογική αλλαγή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της συνθήκης της σπανιότητας των πόρων, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών πόρων.
- ▶ Μια διαγραμματική αποτύπωση μιας οικονομίας που προσανατολίζεται στην αγορά και τη σχέση της με το «φυσικό» περιβάλλον σύμφωνα με τη νεοκλασική θεωρία.
- ▶ Τις αξιωματικές παραδοχές και, σε θεμελιώδες επίπεδο, τις αναλυτικές αρχές που αποτελούν τους θεμέλιους λίθους της τυπικής οικονομικής αντίληψης για το φυσικό περιβάλλον και τις αλληλεπιδράσεις του με την οικονομία.

ΕΝΑ ΖΩΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟ για την κατανόηση των ιδεολογικών θεμελίων της τρέχουσας επικρατούσας σχολής της οικονομικής σκέψης, όσον αφορά την αποτελεσματικότητα του συστήματος της αγοράς να παράγει αξιόπιστους δείκτες της σπανιότητας των φυσικών πόρων, τα όρια της δυνατότητας υποκατάστασης πόρων και τον βαθμό στον οποίο η οικονομία θεωρείται εξαρτώμενη από το φυσικό περιβάλλον, δηλαδή τους προβληματισμούς για τη γενική σπανιότητα των πόρων.

1.1 Εισαγωγή

Είναι ασφαλές να πούμε ότι οι ορθόδοξοι οικονομολόγοι έχουν μια ιδιόμορφη άποψη για το φυσικό περιβάλλον (δηλαδή, όλους τους έμβιους οργανισμούς και τα άψυχα πράγματα που απαντούν φυσικά στον πλανήτη), συμπεριλαμβανομένου του τρόπου χρήσης και διαχείρισής του. Βασικός στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση

ΣΧΗΜΑ 1.1 Ένα διάγραμμα που αναπαριστά πώς η παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών στο πλαίσιο μιας οικονομίας εξαρτάται από το φυσικό περιβάλλον για την παραγωγή πρώτων υλών, τη διάθεση των αποβλήτων και την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών.



των αξιωματικών παραδοχών και, σε θεμελιώδες επίπεδο, των αναλυτικών αρχών που αποτελούν τους θεμέλιους λίθους της τυπικής οικονομικής αντίληψης για το φυσικό περιβάλλον και τις αλληλεπιδράσεις του με την οικονομία. Πρόκειται για ένα κρίσιμο ζήτημα και θα μας απασχολήσει ήδη από την αρχή του βιβλίου, επειδή βοηθά στη σαφή αναγνώριση της ιδεολογικής βάσης των νεοκλασικών οικονομικών, της επικρατούσας προσέγγισης στις οικονομικές αναλύσεις από τη δεκαετία του 1870 περίπου, όπως εφαρμόζονται στη διαχείριση του φυσικού περιβάλλοντος.

Πώς αντιλαμβάνονται οι νεοκλασικοί οικονομολόγοι τον ρόλο του «φυσικού» περιβάλλοντος στην οικονομία; Για τους σκοπούς του βιβλίου, το φυσικό περιβάλλον θα μπορούσε να οριστεί ως το φυσικό, χημικό και βιολογικό πλαίσιο από το οποίο οι άνθρωποι και άλλα έμβια είδη εξαρτώνται για τη διαβίωσή τους. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1, η οικονομία θεωρείται ότι εξαρτάται από το φυσικό περιβάλλον όσον αφορά τρεις διακριτούς σκοπούς: (1) την παραγωγή πρώτων υλών – η οποία περιλαμβάνει την εξαγωγή μη ανανεώσιμων πόρων (όπως σιδηρομεταλλεύματα, ορυκτά καύσιμα κ.λπ.) και τη συγκομιδή ανανεώσιμων πόρων (όπως ξυλεία, χορτονομή, γενετικούς πόρους, χρωστικές κ.λπ.), (2) τη διάθεση και αποθήκευση αποβλήτων και (3) την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών και την εξασφάλιση άλλων παροχών όπως επικοινωνία, ενδιαίτημα και καταφύγιο, παροχή νερού και ρύθμιση υδάτινων πόρων, ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων, ρύθμιση του κλίματος, αισθητικές απολαύσεις κ.ά. (Costanza et al., 2017).

Ως εκ τούτου, από μια γενική άποψη, η οικονομία θεωρείται ότι εξαρτάται πλήρως από το φυσικό περιβάλλον όσον αφορά τις πρώτες ύλες, τη διάθεση και αφομοίωση απόβλητων υλικών και την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη και τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη Γη. Οι νεοκλασικοί οι-

κονομολόγοι, ακόμα κι όταν κατηγορούνται ότι θεωρούν δεδομένες τις υπηρεσίες που παρέχει η φύση, έχουν απόλυτη επίγνωση της κρίσιμης σημασίας των οικοσυστημικών υπηρεσιών για τη ζωή στη Γη, όπως και για τους ανθρώπους. Εάν οι οικονομολόγοι μοιάζει να έχουν παραβλέψει ή ακόμα και αγνοήσει τη συνεισφορά των οικοσυστημικών υπηρεσιών, αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι δεν έχουν επινοήσει ακόμα επαρκείς τρόπους προκειμένου να αποδώσουν την αξία της συνεισφοράς των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην οικονομία, στο όριο (στο ίδιο).

Αυτό ωστόσο δεν επιδέχεται αμφισβήτηση. Επειδή η Γη είναι «πεπερασμένη», υπάρχει ένα *θεωρητικό* ανώτατο όριο που αφορά την εξαγωγή και τη συγκομιδή πόρων και την απόρριψη αποβλήτων στο φυσικό περιβάλλον. Επιπλέον, η ικανότητα της φύσης να παρέχει οικοσυστημικές υπηρεσίες επηρεάζεται επίσης αρνητικά και με αναλογικό τρόπο από την ποσότητα των φυσικών πόρων που εξαγονται και συγκομίζονται και από τη διάθεση ή απόρριψη αποβλήτων στο φυσικό περιβάλλον. Συνεπώς, όπως σε οποιονδήποτε κλάδο των οικονομικών, θεμελιώδες πρόβλημα για τη μελέτη των οικονομικών του περιβάλλοντος είναι αυτό της σπανιότητας – της σχέσης ανταλλαγής μεταξύ των οικονομικών αγαθών και υπηρεσιών και της διαφύλαξης της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος. Αυτό δείχνει ότι η αυξημένη παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών θα οδηγήσει τελικά στην υποβάθμιση της υγείας ή/και της παραγωγικής ικανότητας του φυσικού περιβάλλοντος.

Για να γίνουν κατανοητές όλες οι προεκτάσεις τέτοιων σχέσεων ανταλλαγής, θα ωφελούσε να αποσαφηνιστούν κάποιες βασικές (και υπό κάποια έννοια αξιωματικές) παραδοχές που χρησιμοποιεί η τυπική οικονομική προσέγγιση όσον αφορά το φυσικό περιβάλλον και ο τρόπος με τον οποίο αυτές σχετίζονται ή επηρεάζονται από τις δραστηριότητες στο πλαίσιο της οικονομίας:

- Οι φυσικοί πόροι είναι «ουσιώδεις» συντελεστές παραγωγής. Μια συγκεκριμένη ελάχιστη ποσότητα αυτών των πόρων είναι αναγκαία για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών.
- Οι φυσικοί πόροι γεννούν προβληματισμούς στον βαθμό που είναι *σπάνιοι* (scarce) και η σπανιότητα των πόρων, συμπεριλαμβανομένου του περιβάλλοντος, μπορεί να μετρηθεί (υποδειχθεί) από την *αγοραία τιμή* (market price).
- Η σπανιότητα των φυσικών πόρων μπορεί να αμβλυνθεί μέσω υποκατάστασης συντελεστών ή/και τεχνολογικών εξελίξεων.
- Τίποτα δεν χάνεται όταν η οικονομία αντιμετωπίζεται ξεχωριστά από τα φυσικά οικοσυστήματα – το φυσικό, χημικό και βιολογικό πλαίσιο στο οποίο βασίζονται οι άνθρωποι και άλλοι έμβιοι οργανισμοί για τη διαβίωσή τους. Με άλλα λόγια, το φυσικό οικοσύστημα αντιμετωπίζεται ως κάτι που βρίσκεται εκτός της οικονομίας και προσδιορίζεται εξωγενώς. Λάβετε υπόψη ότι στο Σχήμα 1.1 η οικονομία και το φυσικό περιβάλλον σχεδιάζονται ως δύο διακριτές οντότητες. Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθεί το πλήρες φάσμα των προεκτάσεων αυτής της θεωρίας.

Από τα παραπάνω καθίσταται προφανές ότι, σε θεμελιώδες επίπεδο, κεντρική θέση στη νεοκλασική θεωρία των οικονομικών αναφορικά με τη «σύνδεση» του φυσικού

περιβάλλοντος και της οικονομικής διαδικασίας κατέχουν τα τρία παρακάτω βασικά θέματα: (1) ο βαθμός στον οποίο οι αγοραίες τιμές επισημαίνουν ικανοποιητικά τη σπανιότητα των πόρων, συμπεριλαμβανομένου του περιβάλλοντος, (2) ο βαθμός στον οποίο η υποκατάσταση των συντελεστών και οι τεχνολογικές εξελίξεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άμβλυνση της σπανιότητας των φυσικών πόρων και (3) ο βαθμός στον οποίο η οικονομία μπορεί να θεωρηθεί ως ένα «ανοιχτό σύστημα» όσον αφορά τη χρήση υλικών και ενέργειας – και ως εκ τούτου, τελικά να εξαρτάται από τη φύση.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1, σε ένα ανοιχτό σύστημα ο μετασχηματισμός χαρακτηρίζεται από γραμμικές διεργασίες στις οποίες η ύλη και η ενέργεια εισέρχονται ως εισροές ή παραγωγή (εν προκειμένω, η οικονομία) και εξέρχονται ως παραπροϊόντα/απόβλητα στο εξωτερικό περιβάλλον. Ένα τέτοιο ανοιχτό σύστημα μπορεί να διατηρηθεί επ' αόριστον μόνο εάν υπάρχει συνεχής ροή ελεύθερης ενέργειας-ύλης από μια εξωτερική πηγή, εν προκειμένω τη φύση (περισσότερα για αυτό το θέμα σύντομα). Στο υπόλοιπο κεφάλαιο θα πραγματευτούμε αυτά τα τρία θέματα ένα προς ένα.

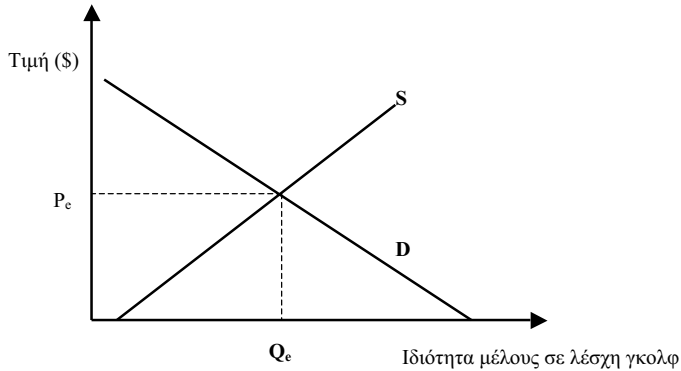
1.2 Η αγορά ως πάροχος πληροφοριών για τη σπανιότητα των πόρων

Από τη σκοπιά των νεοκλασικών οικονομικών, το σύστημα της αγοράς θεωρείται ο προτιμώμενος θεσμός για την κατανομή σπάνιων πόρων. Υποθετικά και υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, το σύστημα της αγοράς, καθοδηγούμενο από την ελεύθερη έκφραση των επιμέρους επιλογών των καταναλωτών και των παραγωγών, θα οδηγούσε στη μεγιστοποίηση της ευημερίας της κοινωνίας συνολικά – το θεώρημα του «αόρατου χεριού» (ανατρέξτε στο Παράρτημα Α για μια τυπική ανάλυση αυτού του θεωρήματος, η οποία χρησιμοποιεί βασική ανάλυση της προσφοράς και της ζήτησης). Το σύστημα της αγοράς επιτυγχάνει αυτόν τον αξιοθαύμαστο άθλο χρησιμοποιώντας την τιμή ως μέσο μέτρησης της σπανιότητας των φυσικών πόρων. Σε αυτήν την ενότητα θα αποπειραθούμε να εξηγήσουμε, σε πολύ βασικό επίπεδο, το πώς η αγοραία τιμή υποδεικνύει τη σπανιότητα των φυσικών πόρων (Jayasuriya, 2015).

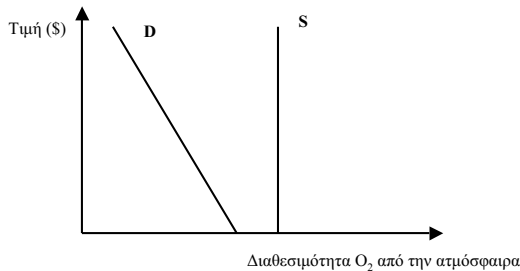
Υπό κανονικές συνθήκες, δεν καταβάλλεται κάποιο αντίτιμο για την εισπνοή οξυγόνου της ατμόσφαιρας. Από την άλλη πλευρά, αν και πρόκειται για κάτι λιγότερο ουσιώδες από το οξυγόνο για την επιβίωσή μας, κανείς δεν θα θεωρούσε ότι μπορεί να αποκτήσει την ιδιότητα του μέλους σε μια τοπική λέσχη γκολφ χωρίς χρέωση (με μηδενική τιμή). Γιατί συμβαίνει αυτό; Η απάντηση σε αυτήν την ερώτηση είναι μάλλον απλή και μπορεί να εξηγηθεί χρησιμοποιώντας τα Σχήματα 1.2 και 1.3.

Στο Σχήμα 1.2 η επικρατούσα τιμή ισορροπίας της αγοράς (της ισορροπίας προσφοράς και ζήτησης στην αγορά), P_e , είναι *θετική*. Έτσι, μία μονάδα αυτής της υπηρεσίας, της ιδιότητας μέλους σε μια λέσχη γκολφ, μπορεί να αποκτηθεί μόνο εάν κάποιος είναι πρόθυμος και ικανός να καταβάλει την επικρατούσα αγοραία τιμή. Με άλλα λόγια, αυτή η υπηρεσία μπορεί να αποκτηθεί μόνο με κάποιο κόστος (όχι δωρεάν). Από την άλλη πλευρά, στο Σχήμα 1.3, η προσφορά υπερβαίνει τη ζήτηση παντού. Υπό αυτήν τη συνθήκη, η τιμή για αυτόν τον πόρο θα είναι *μηδενική*, άρα το αγαθό θα είναι

ΣΧΗΜΑ 1.2 Η προσφορά και η ζήτηση και η τιμή ισορροπίας της αγοράς, P_e , για την ιδιότητα μέλους σε μια τοπική λέσχη γκολφ. Η υπηρεσία της λέσχης είναι σπάνια, επειδή στη μηδενική τιμή η ζητούμενη ποσότητα υπερβαίνει κατά πολύ την παρεχόμενη ποσότητα – δημιουργώντας έλλειμμα.



ΣΧΗΜΑ 1.3 Η προσφορά και η ζήτηση οξυγόνου (O_2). Το O_2 αντιμετωπίζεται ως ένα δωρεάν αγαθό, επειδή στη μηδενική τιμή η παρεχόμενη ποσότητα υπερβαίνει τη ζητούμενη ποσότητα – δημιουργώντας πλεόνασμα.



ένα δωρεάν αγαθό. Αυτή η περίπτωση εξηγεί με σαφήνεια γιατί η κανονική χρήση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας γίνεται με μηδενική τιμή. Ως εκ τούτου, οι οικονομολόγοι ορίζουν τυπικά ως σπάνιο οποιονδήποτε πόρο ο οποίος επιβάλλει μια θετική τιμή (positive price). Από αυτήν την άποψη, η αγοραία τιμή αποτελεί δείκτη της απόλυτης σπανιότητας.

Επομένως, για τους οικονομολόγους, ο μηχανισμός της αγοράς είναι ανεκτίμητος στον βαθμό που παρέχει πληροφορίες για τις τιμές σπανιότητας δυνητικά αμέτρητων πόρων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Βάσει αυτής της πληροφορίας της αγοράς, μπορούμε να μάθουμε περισσότερα για τη σπανιότητα των πόρων. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να αναπτύξουμε τη σχετική (σε αντίθεση με την απόλυτη) σπανιότητα από έναν λόγο δύο τιμών ισορροπίας της αγοράς.

Ας υποθέσουμε ότι υπάρχουν δύο πόροι, ο χρυσός και το αργό πετρέλαιο. Έστω ότι

τα Χ και Υ αναπαριστούν τον χρυσό και το αργό πετρέλαιο, αντίστοιχα. Τότε, το P_x/P_y (ο λόγος της αγοραίας τιμής του χρυσού προς την αγοραία τιμή του αργού πετρελαίου) θα ήταν μια μέτρηση της σχετικής σπανιότητας. Πιο συγκεκριμένα, έστω ότι η τιμή για τον χρυσό είναι 1.000 δολάρια η ουγκιά και για το αργό πετρέλαιο είναι 80 δολάρια το βαρέλι. Σε αυτήν την περίπτωση, η σχετική τιμή θα είχε αριθμητική τιμή ίση με 12,5. Υπό ποια έννοια αυτός ο αριθμός αποτυπώνει τη σχετική σπανιότητα;

Είναι προφανές πως αυτός ο αριθμός υποδηλώνει ότι ο χρυσός είναι σχετικά σπανιότερος (ή πιο ακριβός) από το αργό πετρέλαιο. Επιπλέον, σε ιδανικές συνθήκες της αγοράς, η παραπάνω αριθμητική τιμή θα έδειχνε ότι η αξία ή το κόστος των πόρων (εργασία, κεφάλαιο, πρώτες ύλες κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη και τη διάθεση στην αγορά μιας ουγκιάς χρυσού είναι 12,5 φορές μεγαλύτερη από την αξία ενός βαρελιού αργού πετρελαίου. Αυτή η πληροφορία εξηγεί γιατί η αγοραία τιμή μιας ουγκιάς χρυσού πρέπει να είναι 12,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή ενός βαρελιού αργού πετρελαίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι παρόμοια ανάλυση μπορεί να γίνει για οποιοδήποτε ζεύγος φυσικών πόρων, καθώς και για αγαθά και υπηρεσίες.

Τέτοιες πληροφορίες μπορούν να είναι εξαιρετικά πολύτιμες για τη λήψη αποφάσεων σε επίπεδο κοινωνικής οργάνωσης σχετικά με την κατανομή των πόρων, στο όριο. Για παράδειγμα, όπως θα καταστεί προφανές στην επόμενη ενότητα, η σχετική τιμή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό των δυνατοτήτων υποκατάστασης συντελεστών, όπως το φυσικό κεφάλαιο (π.χ. δασικές εκτάσεις για τη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα) έναντι του ανθρωπογενούς κεφαλαίου (π.χ. η τεχνολογία που απαιτείται για τη γεωλογική δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα). Η δέσμευση του άνθρακα είναι η δέσμευση ή η αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα ως μέσο μετριασμού της συμβολής των εκπομπών ορυκτών καυσίμων στην υπερθέρμανση του πλανήτη (περισσότερες πληροφορίες στο Κεφάλαιο 9).

Δυστυχώς, οι πληροφορίες που παρέχει η αγορά σχετικά με τη σπανιότητα των πόρων έχουν περιορισμούς (Jayasuriya, 2015). Λόγου χάρη, στο προηγούμενο παράδειγμα η τιμή αγοράς για ένα βαρέλι αργού πετρελαίου καθορίστηκε στα 80 δολάρια. Αυτή η τιμή περιλαμβάνει άραγε τη ζημία (κόστος) της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κατά τη διύλιση, τη μεταφορά και τη χρήση του αργού πετρελαίου για τη λειτουργία μηχανοκίνητων οχημάτων ή για άλλες συναφείς δραστηριότητες; Αυτό που υπονοείται εν προκειμένω είναι ότι θα ήταν δυνατή μια κατάσταση (ή καταστάσεις) όπου η τιμή της αγοράς δεν θα λάμβανε πλήρως υπόψη όλα τα κόστη της εξόρυξης ή της χρήσης των πόρων. Ο βαθμός στον οποίο μπορεί να ισχύει αυτός ο ισχυρισμός, ιδίως όσον αφορά τους περιβαλλοντικούς πόρους, θα μελετηθεί στο Κεφάλαιο 3. Στην πραγματικότητα, δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι η «σωστή διαμόρφωση των τιμών» είναι ένα από τα θεμελιώδη θέματα με τα οποία ασχολείται η οικονομική του περιβάλλοντος.

Ωστόσο, η «διόρθωση» των πιθανών στρεβλώσεων στις αγοραίες τιμές αποτελεί μόνο μία πλευρά της πρόκλησης, δεδομένου ότι οι περισσότερες οικοσυστημικές υπηρεσίες (όπως η αφομοίωση και η αποτοξικοποίηση αποβλήτων, η εδαφογένεση και η συντήρηση του εδάφους, η διασπορά των σπόρων και η ανακύκλωση των θρε-

πτικών στοιχείων, η διατήρηση της βιοποικιλότητας κ.ά.) δεν αποτελούν αντικείμενο συναλλαγών μέσω των συνήθων μηχανισμών της αγοράς. Συνεπώς, προκειμένου να εκτιμηθούν οι συνέπειες διαφορετικών τρόπων δράσης, δεν αρκεί να γνωρίζουμε ότι οι οικοσυστημικές υπηρεσίες είναι πολύτιμες – είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζουμε πόσο πολύτιμες είναι και πώς αυτή η αξία επηρεάζεται από διαφορετικές ομάδες μεταβλητών απόφασης (Farley, 2008· Costanza et al., 2017). Αυτό το θέμα εξετάζεται αποκλειστικά στο Κεφάλαιο 7 ως «περιβαλλοντική αποτίμηση» – οι διάφορες μέθοδοι απόδοσης χρηματικής αξίας σε περιβαλλοντικά αγαθά και υπηρεσίες.

Η δεύτερη θεμελιώδης αρχή που επηρεάζει και διαμορφώνει την κυρίαρχη οικονομική προσέγγιση στη διαχείριση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων είναι η τεχνολογία και ο ρόλος που διαδραματίζει στη βελτίωση της σπανιότητας των φυσικών πόρων, συμπεριλαμβανομένου του περιβάλλοντος. Μια ευσύνοπτη αλλά ουσιαστική ανάλυση των γενικών χαρακτηριστικών των τεχνολογικών εξελίξεων που αμβλύνουν τη σπανιότητα (εξοικονόμηση πόρων) είναι το αντικείμενο της επόμενης ενότητας.

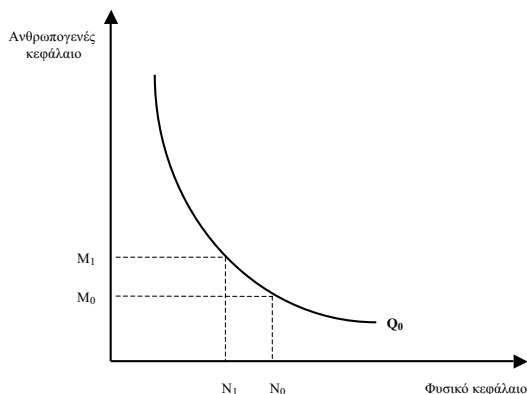
1.3 Υποκατάσταση συντελεστών, τεχνολογικές εξελίξεις και σπανιότητα των πόρων

Κατά βάση, η υποκατάσταση συντελεστών υποδηλώνει ότι οι βασικοί πόροι χρησιμοποιούνται συνδυαστικά. Επιπλέον, οι πόροι θεωρούνται γενικά *ανταλλάξιμοι* (fungible), δηλαδή, ένα είδος πόρου (όπως ένα μηχάνημα) μπορεί να αντικατασταθεί κάλλιστα από άλλο (όπως η εργασία) στην παραγωγική διαδικασία. Ένας τύπος ενεργειακού πόρου (όπως το πετρέλαιο) μπορεί να αντικατασταθεί από άλλη μορφή ενέργειας (όπως το φυσικό αέριο). Για παράδειγμα, έστω ότι η παγκόσμια κοινότητα εξετάζει σοβαρά το ενδεχόμενο να εφαρμόσει μια πολιτική για το κλίμα η οποία χρησιμοποιεί δύο εναλλακτικούς τρόπους δέσμευσης άνθρακα με τη συνδρομή της τεχνολογίας. Αυτές οι εναλλακτικές είναι η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS) και η χρηματοδότηση της προστασίας των δασών για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα (FCF).

Τα τελευταία χρόνια, πολλοί διεθνείς οργανισμοί για την ενέργεια προάγουν τη CCS ως μία από τις πλέον υποσχόμενες προσωρινές λύσεις για τη μείωση της συγκέντρωσης του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η οποία είναι υπεύθυνη για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Σε αυτήν την περίπτωση, η διαδικασία περιλαμβάνει τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και την αποθήκευσή του σε βαθείς γεωλογικούς σχηματισμούς, στον ωκεανό ή με τη μορφή ενανθράκωσης. Πρόκειται για μια τεχνολογική επέμβαση που απαιτεί τεράστιες επενδύσεις σε ανθρωπογενές ή «τεχνητό» κεφάλαιο.

Από την άλλη πλευρά, η FCF είναι ένας μηχανισμός που προωθείται τα τελευταία χρόνια (λόγου χάρη, στην πρόσφατη Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα) ως μέσο διάσωσης των παγκόσμιων δασικών οικοσυστημάτων. Εν προκειμένω, γίνονται επενδύσεις για τη διατήρηση ενός φυσικού κεφαλαίου (τα δάση του πλανήτη για τις υπηρεσίες τους στη δέσμευση του άνθρακα) προσδοκώντας κάποια απόδοση στο μέλλον

ΣΧΗΜΑ 1.4 Δυνατότητες υποκατάστασης μεταξύ φυσικού και ανθρωπογενούς κεφαλαίου. Το επίπεδο εκροής Q_0 μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας τους συνδυασμούς εισροών (N_0, M_0) ή (N_1, M_1) ή αρκετούς άλλους συνδυασμούς των N και M κατά μήκος της καμπύλης σταθερής εκροής, Q_0 .



από την εκτιμώμενη αξία της διατήρησης. Εάν αυτό υλοποιείται σε μεγάλη και βιώσιμη κλίμακα, μπορεί να καταστήσει δυνατή την απομάκρυνση σημαντικών ποσοτήτων άνθρακα από την ατμόσφαιρα χωρίς την ανάγκη για νέες τεχνολογίες που απαιτούν επενδύσεις σε ανθρωπογενές κεφάλαιο, όπως η CCS. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται σαφώς ότι το ανθρωπογενές κεφάλαιο (CCS) μπορεί να αντικατασταθεί από το φυσικό κεφάλαιο (FCF) και αντιστρόφως (Akerman, 2006· Ausubel, 1996).

Για να εξηγήσουμε την ουσία της υποκατάστασης συντελεστών και των προεκτάσεων της με τυπικό τρόπο, θα υποθέσουμε ότι η παγκόσμια κοινότητα έχει συμφωνήσει στη δέσμευση μιας δεδομένης (αλλά μη καθορισμένης) ποσότητας CO_2 (σε μέρη ανά εκατομμύριο ή ppm) ετησίως σε σταθερή βάση χρησιμοποιώντας δύο εναλλακτικά τεχνολογικά μέσα, πιο συγκεκριμένα τα CCS και FCF. Η προκαθορισμένη ποσότητα CO_2 που πρέπει να δεσμεύεται ετησίως σε σταθερή βάση παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.4 με μια καμπύλη με αρνητική κλίση που σημειώνεται ως Q_0 . Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η σταθερή εκροή CO_2 , το Q_0 , μπορεί να δεσμεύεται με διάφορους συνδυασμούς δύο εισροών: φυσικό κεφάλαιο (FCF) και ανθρωπογενές κεφάλαιο (CCS). Όπως φαίνεται στον οριζόντιο και τον κάθετο άξονα του Σχήματος 1.4, οι μεταβλητές N και M ορίζεται ότι αναπαριστούν το φυσικό και το ανθρωπογενές κεφάλαιο, αντίστοιχα.

Συνεπώς, από το Σχήμα 1.4 γίνεται προφανές ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε συνδυασμός φυσικού και ανθρωπογενούς κεφαλαίου προκειμένου να εξασφαλιστεί το προκαθορισμένο επίπεδο άνθρακα που δεσμεύεται ετησίως στον πλανήτη, Q_0 . Για παράδειγμα, δύο ζεύγη αυτών των άπειρων συνδυασμών είναι τα (N_0, M_0) και (N_1, M_1) . Εύκολα συμπεραίνει κανείς ότι η παγκόσμια κοινότητα μπορεί να περιορίσει την εξάρτησή της από τη χρήση των δασών για τη δέσμευση άνθρακα (όπως μια μετακίνηση από N_0 σε N_1), αυξάνοντας τις επενδύσεις που προάγουν την ανάπτυξη εγκαταστάσεων οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για δέσμευση και απο-

θήκευση άνθρακα (όπως μια μετακίνηση από M_0 σε M_1) και για την παραγωγή του ίδιου επιπέδου δέσμευσης άνθρακα, Q_0 .

Με άλλα λόγια, είναι δυνατή η υποκατάσταση φυσικού κεφαλαίου με ανθρωπογενές κεφάλαιο και η παραγωγή του επιθυμητού επιπέδου δέσμευσης άνθρακα, Q_0 , και αντιστρόφως. Η παρατήρηση αυτή υποδεικνύει, από μια ευρύτερη σκοπιά, ότι ο πλανήτης μπορεί να επιλέξει ποιον συνδυασμό αυτών των δύο εισροών (εναλλακτικές επενδύσεις) θα χρησιμοποιήσει για να διατηρήσει το επιθυμητό επίπεδο δέσμευσης άνθρακα, Q_0 . Η τελική επιλογή εξαρτάται βέβαια από τη σχετική τιμή (ή σχετική σπανιότητα) αυτών των δύο πόρων, όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Ωστόσο, μια πιο προσεκτική ματιά στην κλίση της καμπύλης σταθερής εκροής στο Σχήμα 1.4 υποδεικνύει ότι κάθε σταδιακή μείωση στο φυσικό κεφάλαιο, N , θα απαιτούσε μια προοδευτικά αυξανόμενη ποσότητα ανθρωπογενούς κεφαλαίου προκειμένου να παραχθεί η επιθυμητή ποσότητα εκροής, Q_0 . Με άλλα λόγια, το *κόστος ευκαιρίας* (opportunity cost) υπό την έννοια των άλλων εισροών που θυσιάζονται (εν προκειμένω, το ανθρωπογενές κεφάλαιο) αυξάνεται με συνεχώς υψηλότερο ρυθμό καθώς το φυσικό κεφάλαιο γίνεται όλο και πιο σπάνιο.

Τα δύο πιο σημαντικά διδάγματα που προκύπτουν από τα παραπάνω είναι τα εξής:

1. Οι περιβαλλοντικοί πόροι μπορούν να υποκαθίστανται πάντα από άλλους συντελεστές παραγωγής, αλλά με *αυξανόμενο κόστος ευκαιρίας*. Δηλαδή η διαδοχική μείωση των περιβαλλοντικών πόρων (όπως οι δασικές λεκάνες απορροής) απαιτεί μια σταδιακά μεγαλύτερη αύξηση άλλων συντελεστών (όπως το ανθρωπογενές κεφάλαιο) προκειμένου να διατηρηθεί η παραγωγή ενός σταθερού επιπέδου εκροής. Υπό αυτήν την έννοια, η σπανιότητα (διαθεσιμότητα) των φυσικών πόρων θα μπορούσε να εγείρει ανησυχίες.
2. Ωστόσο, ακόμα κι αν κάτι τέτοιο συνεπάγεται ένα αυξανόμενο υψηλότερο κόστος, η δυνατότητα υποκατάστασης συντελεστών συνεπάγεται ότι η σπανιότητα οποιουδήποτε πόρου (συμπεριλαμβανομένου του περιβάλλοντος) μπορεί να αμβλυνθεί μέσω υποκατάστασης άλλων συντελεστών παραγωγής.

Στην παραπάνω περιγραφή των δυνατοτήτων υποκατάστασης, η τεχνολογία παραγωγής θεωρείται ότι παραμένει σταθερή. Με άλλα λόγια, οι δυνατότητες υποκατάστασης συντελεστών αναλύθηκαν θεωρώντας ότι δεν υπάρχει καμία αλλαγή στις τρέχουσες (ή τις πλέον εξελιγμένες) τεχνικές παραγωγής. Ωστόσο, σε μια δυναμική οικονομία η τεχνολογική πρόοδος που επιφέρει θεμελιώδεις αλλαγές στις τεχνικές παραγωγής είναι φυσιολογική. Σε αυτήν την περίπτωση, θα ήταν χρήσιμο να παρατεθεί μια σύντομη περιγραφή των ευρύτερων επιπτώσεων που έχουν οι αλλαγές της τεχνολογίας παραγωγής στη σπανιότητα (ή μη) των φυσικών πόρων.

Στην ανάλυση της παραγωγής, η τεχνολογική πρόοδος ορίζεται ως η ικανότητα παραγωγής μιας δεδομένης ποσότητας εκροής χρησιμοποιώντας μικρότερες ποσότητες από όλες τις εισροές (αν και όχι απαραίτητα με την ίδια αναλογία). Το Σχήμα 1.5 χρησιμοποιείται για την εξήγηση αυτού του σημείου.