

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ

Παραδείγματα

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Η υπάρχουσα οδική σύνδεση μεταξύ δύο πόλεων έχει κατασκευαστεί πριν πολλά χρόνια και παρουσιάζει σήμερα αυξημένο κόστος συντήρησης καθώς και μειωμένη ταχύτητα κυκλοφορίας. Εξετάζεται η κατασκευή ενός σύγχρονου αυτοκινητόδρομου (σε αντικατάσταση της υπάρχουσας οδού) που μπορεί να εξυπηρετήσει πολύ καλύτερα την κυκλοφορία των οχημάτων. Δίνονται τα παρακάτω στοιχεία για τις δύο λύσεις:

	Υπάρχουσα οδός	Αυτοκινητό-δρομος
Μήκος (km)	70	60
Κόστος κατασκευής (10^3 €/km)	0	7.000
Κόστος συντήρησης (10^3 €/km/έτος)	20	15
Μέση ταχύτητα κίνησης (km/h)	60	100
Λειτουργικό κόστος οχήματος (€/km)	0,30	0,25
Ρυθμός ατυχημάτων (ατυχήματα/ 10^6 οχημ.χλμ)	1,2	0,3
Μέσος κόστος ατυχήματος (€/ατύχημα)	8.000	12.000
Μέση ημερήσια κυκλοφορία (οχήματα/ημέρα)	5.000	
Μέση πληρότητα οχημάτων (επιβάτες/όχημα)	1,5	
Αξία χρόνου (€/ώρα)	8	
Περίοδος ανάλυσης (έτη)	50	
Επιθυμητός ρυθμός απόδοσης (%)	5%	

Αξιολογήστε τη σκοπιμότητα κατασκευής του νέου αυτοκινητοδρόμου. Χρησιμοποιήστε τα εξής κριτήρια:

- Το κόστος του κύκλου ζωής των εναλλακτικών λύσεων.
- Το λόγο ωφελειών-κόστους B/C.
- Την καθαρή ωφέλεια B-C.

ΛΥΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 1

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΑΞΕΩΝ για υπάρχουσα οδό

(α)	Υπάρχουσα οδός	Αυτοκινητόδρομος	Υπάρχουσα οδός	Αυτοκινητόδρομος	
Κόστος κατασκευής (10^3 €)	0	420.000	0	420.000	
Κόστος συντήρησης (10^3 €/έτος)	1.400	900	1.400	900	= $20 \cdot 10^3 \text{€}/\text{km}/\text{έτος} \cdot 70 \text{ km} = 1400 \cdot 10^3 \text{€}/\text{έτος}$
Μέση ημερ. κυκλοφ. (οχημ/ημέρα)	5.000	5.000			
Μέσος αριθμός επιβατών ανά ημέρα	7.500	7.500			= $5000 \text{ οχημ}/\text{ημέρα} \cdot 1,5 \text{ επιβ}/\text{οχημ} = 7500 \text{ επιβ}/\text{ημερα}$
Μέσος χρόνος διαδρομής (ώρες)	1,17	0,60			= $70 \text{ km}/60 \text{ km}/\text{h} = 1,17 \text{ h}$
Κόστος χρόνου (10^3 €/έτος)	25.550	13.140	25.550	13.140	= $7500 \text{ επιβ}/\text{ημ} \cdot 1,17 \text{ h} \cdot 8 \text{€}/\text{h} \cdot 365 \text{ ημ}/\text{έτος} = 25.550 \cdot 10^3 \text{€}/\text{έτος}$
Λειτουργικό κόστος οχημάτων (10^3 €/έτος)	38.325	27.375	38.325	27.375	= $5000 \text{ οχημ}/\text{ημ} \cdot 70 \text{ km} \cdot 365 \text{ ημ}/\text{έτος} \cdot 0,3 \text{€}/\text{km} = 38325 \cdot 10^3 \text{€}/\text{έτος}$ = $1,2 \text{ ατυχ}/10^6 \text{ οχημ.km} \cdot 5000 \text{ οχημ}/\text{ημ} \cdot 70 \text{ km} \cdot 365 \text{ ημ}/\text{έτος} = 153 \text{ ατυχ}/\text{έτος}$
Αριθμός ατυχημάτων (ατυχήματα/έτος)	153	33			
Κόστος ατυχημάτων (10^3 €/έτος)	1.226	394	1.226	394	= $153 \text{ ατυχ}/\text{έτος} \cdot 8000 \text{ €}/\text{ατυχ} = 1226 \cdot 10^3 \text{€}/\text{έτος}$
Συνολικό ετήσιο κόστος (10^3 €/έτος)			66.501	41.809	
Συνολικό κόστος στον παρόντα χρόνο (10^3 €)			1.214.045	1.183.266	

(β, γ)

Κόστος κατασκευής (10^3 €)		420.000	
Κόστος συντήρησης (10^3 €/έτος)		900	
Ωφέλειες			
Μείωση χρόνου διαδρομής (10^3 €/έτος)		12.410	
Μείωση κόστους ατυχημάτων (10^3 €/έτος)		10.950	
Μείωση λειτουργικού κόστους οχημάτων (10^3 €/έτος)		832	
Αποφυγή συντήρησης υπάρχουσας οδού (10^3 €/έτος)		1.400	
Σύνολο ωφελειών (10^3 €/έτος)		25.592	
Συγκεντρωτικά		PW	EAW
Κόστος κατασκευής (10^3 €)		420.000	23.006
Κόστος συντήρησης (10^3 €)		16.430	900
Ωφέλειες (10^3 €)		467.209	25.592

	B	C	B/C	B-C
Σε παρούσα αξία (10^3 €)	467.209	436.430	1,07	30.779
Σε ετήσια αξία (10^3 €)	25.592	23.906	1,07	1.686

Παρατηρήσεις

- Γίνεται η (όχι ιδιαίτερα ρεαλιστική) παραδοχή ότι η υπάρχουσα οδός έχει διάρκεια ζωής όση και η νέα οδός.
- Κανονικά το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως πρόβλημα αντικατάστασης υπάρχοντος παγίου από νέο. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη «αρχικό κόστος» υπάρχουσας οδού όση η υπολειμματική της αξία (εφόσον υπάρχει κάτι ρευστοποιήσιμο ή αξιοποιήσιμο, π.χ., ανακύκλωση αδρανών – σε αυτή την περίπτωση η υπολειμματική αξία δεν αλλάζει στο χρόνο, αρά θα υπάρχει κι όταν εγκαταληφθεί οριστικά η οδός).
- Πιο ρεαλιστικά θα έπρεπε να θεωρηθεί διαχρονική αύξηση της μεταφορικής ζήτησης (και των αντίστοιχων επιπτώσεων) ώστε να επιλεγεί ο χρόνος αντικατάστασης της υπάρχουσας οδού όταν θα δημιουργούνταν επαρκείς συνθήκες «συμφόρησης» στην υπάρχουσα οδό.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Εξετάζεται η αναβάθμιση/βελτίωση μιας υπάρχουσας οδού η οποία έχει κατασκευαστεί πολλά χρόνια πριν και δεν καλύπτει επαρκώς τις υφιστάμενες ανάγκες. Η νέα οδός θα ακολουθεί εν γένει την υπάρχουσα χάραξη, θα υπάρχουν όμως βελτιώσεις στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά καθώς και μικρή μείωση του μήκους της οδού. Η κατασκευή θα γίνει με τη μέθοδο της παραχώρησης δηλαδή το έργο θα κατασκευαστεί από κοινοπραξία κατασκευαστικών εταιριών και τραπεζικών ιδρυμάτων η οποία θα χρηματοδοτήσει κατά ένα μέρος την κατασκευή του έργου με αντάλλαγμα την εισπραξη των διοδίων από τους χρήστες της νέας οδού για προκαθορισμένο διάστημα. Η οδός εκτιμάται ότι θα έχει διάρκεια ζωής 60 ετών και μηδενική υπολειμματική αξία στο τέλος της περιόδου. Η κοινοπραξία θα καταβάλει το 40% του αρχικού κόστους κατασκευής ενώ το υπόλοιπο 60% θα καλυφθεί από το δημόσιο. Η κοινοπραξία θα εκμεταλλευτεί το έργο στα πρώτα 30 χρόνια της λειτουργίας του (θα εισπράττει τα διόδια) ενώ στη συνέχεια θα μεταβιβάσει την εκμετάλλευση του έργου στο δημόσιο με μηδενικό αντάλλαγμα (μετά το χρόνο αυτό το δημόσιο θα εισπράττει τα διόδια). Στο διάστημα εκμετάλλευσης του έργου από την κοινοπραξία, αυτή είναι υπεύθυνη και για τη συντήρηση του έργου ενώ μετά τη μεταβίβαση στο δημόσιο, το τελευταίο αναλαμβάνει τη συντήρηση. Τα λοιπά δεδομένα που σχετίζονται με την υπό κατασκευή οδό δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Απαντήστε στα παρακάτω ανεξάρτητα ερωτήματα (σε κάθε περίπτωση σχεδιάστε το διάγραμμα δαπανών - εσόδων).

1. Ελέγξτε την οικονομική σκοπιμότητα του έργου (θεωρούμενου ως δημόσιο έργο) με βάση το κριτήριο ωφελειών-κόστους (B/C) για επιθυμητό ρυθμό απόδοσης 5%.
2. Ελέγξτε τη χρηματοοικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης για την κοινοπραξία λαμβάνοντας υπόψη τα κόστη και τα έσοδα της για επιθυμητό ρυθμό απόδοσης 10%. Χρησιμοποιείστε τα κριτήρια της παρούσας αξίας και του εσωτερικού ρυθμού απόδοσης.
3. Ελέγξτε τη χρηματοοικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης για το Δημόσιο λαμβάνοντας υπόψη τα κόστη και τα έσοδα του για επιθυμητό ρυθμό απόδοσης 5%. Χρησιμοποιείστε τα κριτήρια της παρούσας αξίας και του εσωτερικού ρυθμού απόδοσης.

Παράμετρος	Τιμή
Μήκος οδού (km)	90
Κόστος κατασκευής ($\times 10^3$ €)	350.000
Κόστος συντήρησης ($\times 10^3$ €/έτος/km)	40
Μέση ετήσια κυκλοφορία ($\times 10^3$ οχημ/έτος)	8.000
Μέση πληρότητα οχημάτων (επιβάτες/όχημα)	1,2
Μείωση χρόνου διαδρομής (min)	10
Αξία χρόνου (€/επιβάτη/ώρα)	8
Μείωση μήκους οδού (km)	5
Λειτουργικό κόστος οχήματος (€/km)	0,30
Μείωση μέσου αριθμού ατυχημάτων (ατυχ/έτος/km)	4
Μέσο κόστος ενός ατυχήματος (€)	5.500
Τιμή διοδίου (€/όχημα)	2,5

ΛΥΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 2

α) οικονομική σκοπιμότητα έργου (κριτήριο B/C)

Ωφέλειες (B)

$$\text{Αξία χρόνου} = 10 \text{ min/διαδρομή} * 8.000.000 \text{ οχήμ/έτος} * 1,2 \text{ επιβ/όχημα} * 8 \text{ €/επιβ/η} * \\ *(1/60) \text{ h/min} = 12.800 \text{ χιλ. €/έτος}$$

$$\text{Αξία ατυχημάτων} = 4 \text{ ατυχ/έτος/km} * 90 \text{ km} * 5.500 \text{ €/ατυχ} = 1.980 \text{ χιλ. €/έτος}$$

$$\text{Αξία (μείωσης) λειτουργικού κόστους οχημάτων} = 0,30 \text{ €/km/όχημ} * 5 \text{ km} * 8000000 \text{ οχήμ/έτος} \\ = 12.000 \text{ χιλ. €/έτος}$$

$$\text{Αξία διοδίων (για τα έτη 1-30)} = 8.000.000 \text{ οχημ/έτος} * 2,5 \text{ €/όχημα} = 20.000 \text{ χιλ €/έτος}$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα διόδια των ετών 1-30 λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των ωφελειών (αρνητική ωφέλεια). Ακόμη, τα διόδια των ετών 31-60 δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των ωφελειών και του κόστους, αφού μειώνουν ισοδύναμα τόσο τις ωφέλειες (αρνητική ωφέλεια) όσο και το κόστος (θα έπρεπε να αφαιρεθούν τόσο από τον αριθμητή όσο και από τον παρανομαστή του κλάσματος B/C).

Κόστος (C)

$$\text{Κόστος κατασκευής (συμμετοχή δημοσίου)} = 60\% * 350.000 \text{ χιλ. €} = 210.000 \text{ χιλ. €}$$

$$\text{Κόστος συντήρησης (για τα έτη 31-60)} = 40.000 \text{ €/έτος/km} * 90 \text{ km} = 3.600 \text{ χιλ €/έτος}$$

Παρούσα αξία των ωφελειών και του κόστους

$$\text{Αξία χρόνου (B1)} = 12.800 (P/A, 5\%, 60) = 12.800 * 18,9293 = 242.295 \text{ χιλ €}$$

$$\text{Αξία ατυχημάτων (B2)} = 1.980 (P/A, 5\%, 60) = 1.980 * 18,9293 = 37.480 \text{ χιλ €}$$

$$\text{Αξία (μείωσης) λειτουργικού κόστους οχημάτων (B3)} = 12.000 * 18,9293 = 22.7152 \text{ χιλ €}$$

$$\text{Αξία διοδίων (για τα έτη 1-30) (B4)} = 20.000 (P/A, 5\%, 30) = 20.000 * 15,3725 = 30.7450 \text{ χιλ €}$$

$$\text{Συνολικές ωφέλειες } B = B1 + B2 + B3 - B4 = 242.295 + 37.480 + 22.7152 - 30.7450 = 199.477 \text{ χιλ €}$$

$$\text{Κόστος κατασκευής (συμμετοχή δημοσίου) (K1)} = 210.000 \text{ χιλ. €}$$

$$\text{Κόστος συντήρησης (για τα έτη 31-60) (K2)} = 3.600 (P/A, 5\%, 30) (P/F, 5\%, 30) = \\ = 3.600 * 15,3725 * 0,2314 = 12.806 \text{ χιλ €}$$

$$\text{Συνολικό κόστος } C = C1 + C2 = 210.000 + 12.806 = 222.806 \text{ χιλ €}$$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο δείκτης B/C:

$$\frac{B}{C} = \frac{B1 + B2 + B3 - B4}{C1 + C2} = \frac{199477}{222806} = 0,895 < 1$$

Εναλλακτικά, αν τα διόδια των ετών 1-30 ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό (αύξηση) του κόστους τότε προκύπτει ότι $\frac{B}{C} = \frac{506927}{530256} = 0,956 < 1$

β) χρηματοοικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης για την κοινοπραξία

Ίδια κεφάλαια κοινοπραξίας = 40% * 350.000 χιλ. € = 140.000 χιλ. €

Κόστος συντήρησης (για τα έτη 1-30) = 40.000 €/έτος/km * 90 km = 3.600 χιλ €/έτος

Διόδια (για τα έτη 1-30) = 8.000.000 οχημ/έτος * 2,5 €/όχημα = 20.000 χιλ €/έτος

$$\begin{aligned}PW &= -140.000 - 3.600(P/A, 10\%, 30) + 20.000(P/A, 10\%, 30) = \\ &= -140.000 - 3.600 * 9,4269 + 20.000 * 9,4269 = \mathbf{14.601 \text{ χιλ. €} > 0}\end{aligned}$$

Κατ' αντιστοιχία υπολογίζεται ότι **IRR = 11,23%** > 10%.

γ) χρηματοοικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης για το δημόσιο

Συμμετοχή δημοσίου = 60% * 350.000 χιλ. € = 210.000 χιλ. €

Κόστος συντήρησης (για τα έτη 31-60) = 40.000 €/έτος/km * 90 km = 3.600 χιλ €/έτος

Διόδια (για τα έτη 31-60) = 8.000.000 οχημ/έτος * 2,5 €/όχημα = 20.000 χιλ €/έτος

$$\begin{aligned}PW &= -210.000 - 3.600(P/A, 5\%, 30)(P/F, 5\%, 30) + 20.000(P/A, 5\%, 30)(P/F, 5\%, 30) = \\ &= -210.000 - 3.600 * 15,3725 * 0,2314 + 20.000 * 15,3725 * 0,2314 = \mathbf{-151.662 \text{ χιλ. €} < 0}\end{aligned}$$

Κατ' αντιστοιχία υπολογίζεται ότι **IRR = 1,92%** < 5%.

Ερώτημα: Θα ήταν οικονομικά σκόπιμο και χρηματοοικονομικά αποδεκτό να αναληφθεί η υλοποίηση του έργου πλήρως από το δημόσιο (χωρίς ιδιωτική συμμετοχή);

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Στο παράδειγμα χρησιμοποιείται ως μοναδιαία περίοδος ανάλυσης τα 5 χρόνια λόγω της μεγάλης διάρκειας των έργων. Επίσης, τα ποσά δίνονται σε χιλιάδες ευρώ.

Η υπάρχουσα οδός μεταξύ δύο πόλεων κατασκευάστηκε πριν 40 χρόνια με κόστος 22.000 και εκτιμάται ότι η απομένουσα διάρκεια χρήσιμης ζωής της είναι 10 χρόνια μετά το τέλος της οποίας η υπολειμματική αξία της εκτιμάται σε 2.000. Η υποτίμηση της αξίας της (απόσβεση) ακολουθεί προσεγγιστικά τη μέθοδο της σταθερής απόσβεσης. Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας της οδού για το υπόλοιπο της ζωής της είναι 3.500 στην επόμενη περίοδο (5ετία) και 4.500 στην μεθεπόμενη και τελική περίοδο (τα ποσά αυτά θεωρούνται συγκεντρωμένο στο τέλος κάθε περιόδου).

Εξετάζεται η κατασκευή μιας νέας οδού που θα αντικαταστήσει την υπάρχουσα με κόστος κατασκευής 25.000, η οποία εκτιμάται ότι θα χρησιμοποιηθεί για 60 χρόνια από τη στιγμή κατασκευής της και θα έχει τότε υπολειμματική αξία ίση με το $1/10$ του κόστους κατασκευής. Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας της νέας οδού εκτιμάται σε 2.200 ανά περίοδο (5ετία) και θεωρείται συγκεντρωμένο στο τέλος κάθε περιόδου.

α Να βρεθεί η υπολειμματική αξία της υπάρχουσας οδού σήμερα και σε 5 χρόνια από σήμερα (τέλος της 8^{ης} και 9^{ης} περιόδου αντίστοιχα από το χρόνο κατασκευής της).

β. Αν ο ελάχιστος αποδεκτός ρυθμός απόδοσης για την αξιολόγηση των έργων είναι 3 % ανά έτος, να προσδιοριστεί ο βέλτιστος χρόνος κατασκευής της νέας οδού (η ανάλυση να γίνει ανά περίοδο).

ΛΥΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 3

Η διαδικασία επίλυσης περιλαμβάνει εν γένει δύο μέρη:

1. τον καθορισμό των εναλλακτικών προτάσεων και των οικονομικών μεγεθών κάθε μιας,
2. τη σύγκριση των προτάσεων με βάση κάποιο κοινό κριτήριο (π.χ., παρούσα αξία, ισοδύναμη ετήσια αξία, ρυθμό απόδοσης, λόγο ωφελειών-κόστους).

Οι εναλλακτικές προτάσεις είναι

- άμεση αντικατάσταση της υφιστάμενης οδού - κατασκευή νέας οδού,
- διατήρηση σε λειτουργία της υφιστάμενης οδού για μια περίοδο (5 χρόνια) και στη συνέχεια κατασκευή της νέας οδού,
- διατήρηση σε λειτουργία της υφιστάμενης οδού για δύο περιόδους (10 χρόνια) δηλ. μέχρι το τέλος της ζωής της και στη συνέχεια κατασκευή της νέας οδού,

(α) Η απόσβεση ανά περίοδο είναι $(22.000 - 2.000) / 10 = 2.000$ €. Άρα, η υπολειμματική αξία της οδού σήμερα, σε 5 χρόνια και σε 10 χρόνια είναι 6.000 €, 4.000 € και 2.000 € αντίστοιχα.

(β) Χρησιμοποιείται η διαδικασία αντικατάστασης με μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Συγκεκριμένα, θεωρώντας ότι η νέα οδός, όποτε κατασκευαστεί, θα χρησιμοποιηθεί για 60 χρόνια (12 περιόδους), το ισοδύναμο κόστος της ανά περίοδο είναι:

$$EC_{5\text{ετίας}} = (C-S) (A/P, I_{5\text{ετίας}}, N) + S I_{5\text{ετίας}} + \text{κόστος συντήρησης-λειτουργίας}$$

όπου $C = 25.000$, $S = 2.500$, $N = 12$ και $I_{5\text{ετίας}} = 1,03^5 - 1 = 0,1593$ ή 15,93% και ο κωδικοποιημένος όρος $(A/P, i, N)$ ισούται με $\{i(1+i)^N / [(1+i)^N - 1]\}$.

$$\text{Άρα } EC_{5\text{ετίας}} = 4.317 + 398 + 2.200 = 6.915 \text{ €}.$$

Αυτό θα είναι το κόστος ανά περίοδο στο μέλλον αν γίνει άμεσα η κατασκευή της νέας οδού.

Αν η υπάρχουσα οδός χρησιμοποιηθεί για μία ακόμα περίοδο (την 9^η), το ισοδύναμο κόστος της για την περίοδο αυτή θα είναι

$$EC_{9\text{ης } 5\text{ετίας}} = 6.000 \times 1,1593 - 4.000 + 3.500 = 6.456 \text{ €}.$$

Αν η υπάρχουσα οδός χρησιμοποιηθεί για τη 10^η περίοδο, το ισοδύναμο κόστος της για την περίοδο αυτή θα είναι

$$EC_{10\text{ης } 5\text{ετίας}} = 4.000 \times 1,1593 - 2.000 + 4.500 = 7.137 \text{ €}.$$

Επομένως, η πλέον οικονομική λύση είναι να διατηρηθεί σε λειτουργία η υφιστάμενη οδός για μία ακόμα περίοδο πριν αντικατασταθεί από την νέα οδό.

Σχόλιο 1: Στην παραπάνω επίλυση έχουν γίνει απλοποιητικές παραδοχές με σημαντικότερη ότι η υπολειμματική αξία της υφιστάμενης οδού σε δεδομένη χρονική στιγμή είναι η ίδια είτε χρησιμοποιείται η οδός ή όχι. Η αξία μιας οδού (ενός έργου γενικότερα) υφίσταται εν γένει όταν αυτή εξυπηρετεί τη λειτουργία για την οποία κατασκευάστηκε. Αν κατασκευαστεί μια νέα εναλλακτική (και πιο λειτουργική) οδός, είναι φανερό ότι η αξία της υφιστάμενης οδού μειώνεται πολύ πιο γρήγορα από ό,τι λόγω της

φυσικής φθοράς ή της λειτουργικής ανεπάρκειας της. Η αξία μπορεί να προκύπτει από τη χρήση της για την εξυπηρέτηση τοπικών ή τουριστικών μετακινήσεων, την ανακύκλωση υλικών, κλπ. Αν πάντως εγκαταλειφθεί πλήρως η παλιά οδός, η αξία της πρέπει να θεωρηθεί μηδενική.

Σχόλιο 2: Τα σημαντικά αυξημένα ποσά κόστους ανά περίοδο που εμφανίζει η υπάρχουσα οδός (3.500 & 4.500) έναντι της νέας οδού (2.200) δύνανται να αντιπροσωπεύουν, πέραν του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, και τα αντίστοιχα κόστη χρήση. Συγκεκριμένα, η υπάρχουσα οδός, ως χαμηλότερου σχεδιασμού, θα εμφανίζει πολύ υψηλότερα επίπεδα συμφόρησης με επίπτωση στο χρόνο διαδρομής, την κατανάλωση καυσίμου, κλπ).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4

Η ανάλυση που ακολουθεί έχει ως μοναδιαία περίοδο ανάλυσης τα 5 χρόνια λόγω της μεγάλης διάρκειας των έργων. Η υπάρχουσα περιαστική οδός μεταξύ δύο σημείων της πόλεως έχει μήκος 10 km και, με συνθήκες ελεύθερης ροής, ο χρόνος μετακίνησης των οχημάτων είναι 10 min. Ο χρόνος αυτός αυξάνεται με τον κυκλοφοριακό φόρτο με βάση τη σχέση:

$$t = \frac{10}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \text{ (min)}$$

όπου v ο κυκλοφοριακός φόρτος (δηλαδή πόσα οχήματα κυκλοφορούν) σε οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα και c η κυκλοφοριακή ικανότητα (πόσα οχήματα μπορεί να εξυπηρετήσει η οδός) επίσης σε οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα. Η κυκλοφοριακή ικανότητα λαμβάνεται για όλες τις περιπτώσεις ίση με 3000 οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα. Ως παράδειγμα εφαρμογής της παραπάνω σχέσης, αν $v = 500$ οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα, ο χρόνος διαδρομής είναι 10,3 min.

Η υπάρχουσα οδός, η οποία έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας (μία ανά κατεύθυνση), εμφανίζει περιόδους συμφόρησης τα τελευταία χρόνια και για το λόγο αυτό εξετάζεται η κατασκευή νέας οδού με περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας. Η συμφόρηση εμφανίζεται κάθε εργάσιμη ημέρα (θεωρήστε 250 εργάσιμες ημέρες ανά έτος) για 4 ώρες το πρωί στη μια κατεύθυνση και 4 ώρες το απόγευμα στην άλλη κατεύθυνση (συνολικά 8 ώρες συμφόρησης κάθε εργάσιμη ημέρα). Στις υπόλοιπες ώρες και ημέρες, ο αριθμός των οχημάτων είναι μικρός ώστε να μη χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι χρόνοι διαδρομής στους υπολογισμούς.

Η νέα οδός θα έχει τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας (δύο ανά κατεύθυνση), την ίδια κυκλοφοριακή ικανότητα c (3000 οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα) και ο χρόνος διαδρομής δίνεται επίσης από τον παραπάνω τύπο ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο v (ο οποίος θεωρούμε ότι μοιράζεται ισομερώς στις δύο λωρίδες κυκλοφορίας).

Ο αναμενόμενος κυκλοφοριακός φόρτος v στην υπάρχουσα οδό κατά τις ώρες αιχμής αναμένεται να είναι κατά την επόμενη 5ετία (περίοδος 1) 2000 οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα και θα αυξάνει κάθε επόμενη περίοδο (5ετία) κατά 200 οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα (από την 6^η περίοδο και μετά ο χρόνος διαδρομής σταθεροποιείται στα 120 min). Για τη νέα οδό να θεωρηθεί για ευκολία ότι ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος για όλη τη διάρκεια χρήσης της θα είναι τις ώρες αιχμής 1500 οχήματα ανά ώρα ανά λωρίδα (ή 3000 οχήματα ανά ώρα ανά κατεύθυνση).

Η νέα οδός, όποτε κατασκευαστεί, θα κοστίσει ποσό $C=30.000.000$ €, θα χρησιμοποιηθεί για 8 περιόδους (40 χρόνια) και θα έχει υπολειμματική αξία 2.000.000 €. Η υπάρχουσα οδός έχει μηδενική υπολειμματική αξία.

Η αξιολόγηση της οικονομικής σκοπιμότητας κατασκευής της νέας οδού θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη την ωφέλεια που προκύπτει αποκλειστικά από τη μείωση του χρόνου διαδρομής (θεωρούμε δηλαδή ότι το λειτουργικό κόστος των οχημάτων, το κόστος ατυχημάτων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κλπ των δύο εναλλακτικών είναι ίδιες). Ίδιο είναι και το ετήσιο κόστος συντήρησης των δύο οδών.

Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με ετήσιο ελάχιστο αποδεκτό ρυθμό απόδοσης $i=4\%$. Η μέση πληρότητα των οχημάτων είναι 1,5 επιβάτες ανά όχημα και η αξία του χρόνου είναι 8 €/ώρα. Όλα τα ποσά, πλην του κόστους κατασκευής της νέας οδού, θεωρούνται στο τέλος της αντίστοιχης περιόδου (5ετίας).

Σε ποια χρονική στιγμή είναι οικονομικά σκόπιμο να αντικατασταθεί η υπάρχουσα οδός από τη νέα;

ΛΥΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 4

Ο χρόνος μετακίνησης και το κόστος του χρόνου διαδρομής στην υπάρχουσα οδό δίνεται στον παρακάτω πίνακα για τις επόμενες περιόδους (πενταετίες).

Περίοδος	v	c	t (min)	Κόστος χρόνου (€)
1	2000	3000	18,0	72.000.000 *
2	2200	3000	21,6	95.192.308
3	2400	3000	27,8	133.333.333
4	2600	3000	40,2	208.928.571
5	2800	3000	77,6	434.482.759
6	3000	3000	120,0	720.000.000

* $2.000 \text{ οχήμ/ώρα} \times 8 \text{ ώρες συμφ/ημέρα} \times 250 \text{ ημέρες συμφ/έτος} \times 5 \text{ έτη} \times 1,5 \text{ επιβ/όχημα} \times (18/60) \text{ ώρες} \times 8 \text{ €/ώρα} = 72.000.000 \text{ €}.$

Αντίστοιχα, για τη νέα οδό ισχύει $v = 1500$, $c = 3000$, $t = 13,33 \text{ min}$ οπότε το προκύπτον κόστος χρόνου ανά πενταετία είναι:

$3.000 \text{ οχήμ/ώρα} \times 8 \text{ ώρες συμφ/ημέρα} \times 250 \text{ ημέρες συμφ/έτος} \times 5 \text{ έτη} \times 1,5 \text{ επιβ/όχημα} \times 13,33/60 \text{ ώρες} \times 8 \text{ €/ώρα} = 80.000.000 \text{ €}.$

Το ισοδύναμο κόστος κατασκευής (συμπεριλαμβανομένης της υπολειμματικής αξίας) της νέας οδού ανά περίοδο (κόστος ανάκτησης κεφαλαίου) είναι:

$CR = (C - S) (A/P, i, N) + S i = (30.000.000 - 2.000.000) (A/P, 21,67\%, 8) + 2.000.000 \times 0,2167 = 8.095.548 \text{ €},$

όπου $i = i_{5\text{ετίας}} = 1,04^5 - 1 = 21,67\%$.

Το συνολικό ισοδύναμο κόστος της νέας οδού ανά περίοδο (πενταετία) είναι:

$80.000.000 + 8.095.000 = 88.095.548 \text{ €}.$

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι ο βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης της υπάρχουσας οδού είναι μετά την παρέλευση 5 χρόνων από σήμερα (τέλος 1^{ης} περιόδου).

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5

Η Τεχνική Υπηρεσία ενός Δήμου μελετά την κατασκευή ενός μικρού φράγματος, ύψους 20 m, το οποίο θα αξιοποιείται για την άρδευση 10 χιλ. στρεμμάτων αγροτικών εκτάσεων και για την παραγωγή ρεύματος 14 GWh/έτος με την κατασκευή ενός μικρού Υδροηλεκτρικού (Υ/Η) Σταθμού, το οποίο θα πωλείται στη ΔΕΗ αντί 0,05 €/kWh (1 GWh = 10⁶ kWh). Η χρονική διάρκεια κατασκευής των έργων είναι 3 έτη αλλά θεωρείται (για απλούστευση) ότι το κόστος κατασκευής καταβάλλεται εξολοκλήρου στο χρόνο περάτωσης της κατασκευής και έναρξης λειτουργίας των έργων. Τα κόστη κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας κατανέμονται στα επιμέρους έργα ως εξής:

Έργο	Κόστος κατασκευής	Κόστος συντήρησης και λειτουργίας
Φράγμα και συμπληρωματικά έργα	6 εκατ. €	50 χιλ. € / έτος
Υ/Η σταθμός	2 εκατ. €	150 χιλ. € / έτος
Υπόγειο αρδευτικό δίκτυο	4 εκατ. €	80 χιλ. € / έτος

Η αξία των έργων μειώνεται ανά έτος κατά 3% επί της αρχικής αξίας αυτών. Ο ταμιευτήρας του φράγματος καταλαμβάνει 500 στρέμματα αγροτικής και δασικής έκτασης, η εκμετάλλευση των οποίων αποδίδει πριν από την κατασκευή του έργου κατά μέσο όρο 100 €/στρέμμα/έτος. Το όφελος από την άρδευση που απολαμβάνουν οι δημότες - αγρότες υπολογίζεται σε 80 €/στρέμμα/έτος. Πριν την κατασκευή του φράγματος, το νερό του ποταμού επαρκεί για να αρδεύσει 3 χιλ. στρέμματα, δηλαδή μόνο το 30% της έκτασης, με την ίδια απόδοση (80 €/στρέμμα/έτος). Με την έναρξη λειτουργίας του έργου εγκαταλείπεται εξοπλισμός αντλιοστασίων και επιφανειακού αρδευτικού δικτύου που λειτουργούσε πριν το φράγμα συνολικής αξίας 1 εκατ. €. Οι ετήσιες δαπάνες και τα έσοδα λογίζονται στο τέλος του αντίστοιχου έτους.

Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία θα παραχθεί από το έργο θα αντικαταστήσει ενέργεια η οποία παράγεται σήμερα από καύση λιγνίτη. Το (πραγματικό) κόστος της λιγνιτικής παραγωγής για τη ΔΕΗ είναι 0,06 €/kWh και το κόστος μεταφοράς-διανομής της ενέργειας 0,02 €/kWh. Με το έργο, το κόστος αγοράς της ενέργειας είναι (όπως προαναφέρθηκε) 0,05 €/kWh ενώ το κόστος μεταφοράς-διανομής 0,01 €/kWh (επειδή η χρήση της ενέργειας θα γίνεται σε παρακείμενες στο έργο περιοχές). Σε κάθε περίπτωση (χωρίς ή με το έργο), η ΔΕΗ χρεώνει τη μονάδα ενέργειας στους καταναλωτές 0,12 €/kWh (συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς-διανομής). Επιπλέον, υπάρχει πρόσθετη χρέωση 0,02 €/kWh για το περιβαλλοντικό κόστος από την καύση λιγνίτη και η τιμή αυτή εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει (κατά μέσο όρο σε διάστημα 50-ετίας) το 80% του περιβαλλοντικού κόστους εκπομπής CO₂, εκπεφρασμένο σε χρηματικές μονάδες (χρηματική αποτίμηση).

Χρησιμοποιώντας όποια από τα παραπάνω δεδομένα θεωρείτε ότι σας χρειάζονται, απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:

- Χρηματοοικονομική ανάλυση: Να υπολογιστεί η ελάχιστη διάρκεια λειτουργίας του φράγματος και του Υ/Η σταθμού ώστε η αποδοτικότητα των έργων για το Δήμο (Δημοτική Αρχή & δημότες) να είναι 6%.
- Οικονομική ανάλυση από την άποψη της βιωσιμότητας του έργου: Εξετάζοντας τις θετικές και αρνητικές επιπτώσεις του έργου (οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές), να υπολογιστεί ο λόγος B/C για επιθυμητό ρυθμό απόδοσης 4% και διάρκεια λειτουργίας του έργου 50 έτη. Επαναλάβετε τον υπολογισμό του λόγου B/C για διάρκεια λειτουργίας του έργου 30 έτη και 100 έτη και συγκρίνετε/σχολιάστε τα αποτελέσματα.
- Επαναλάβετε την ανάλυση του ερωτήματος (β), για διάρκεια λειτουργίας του έργου 50 έτη, θεωρώντας όμως ότι το έργο (φράγμα) στοχεύει αποκλειστικά στη βελτίωση της άρδευσης (δεν κατασκευάζεται δηλαδή Υ/Η σταθμός). Υπολογίστε στη συνέχεια το λόγο $\Delta B/\Delta C = (B_\beta - B_\gamma)/(C_\beta - C_\gamma)$ μεταξύ των δύο περιπτώσεων (β) και (γ). Τι αντιπροσωπεύει (ποιο σενάριο περιγράφει) ο λόγος $\Delta B/\Delta C$;
- Επαναλάβετε την ανάλυση του ερωτήματος (β), για διάρκεια λειτουργίας του έργου 50 έτη, θεωρώντας όμως ότι το έργο (φράγμα) στοχεύει αποκλειστικά στη βελτίωση της άρδευσης (δεν κατασκευάζεται δηλαδή Υ/Η σταθμός). Υπολογίστε στη συνέχεια το λόγο $\Delta B/\Delta C = (B_\beta - B_\gamma)/(C_\beta - C_\gamma)$ μεταξύ των δύο περιπτώσεων (β) και (γ). Τι αντιπροσωπεύει (ποιο σενάριο περιγράφει) ο λόγος $\Delta B/\Delta C$;

ΛΥΣΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΟΣ 5

(α) Χρηματοοικονομική ανάλυση

Το κόστος κατασκευής των έργων είναι $6.000.000 + 2.000.000 + 4.000.000 = 12.000.000$ €.

Το κόστος εγκατάλειψης εξοπλισμού αντλιοστασίων που δεν έχει πλήρως αποσβεστεί είναι $1.000.000$ €.

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας-συντήρησης είναι $50.000 + 150.000 + 80.000 = 280.000$ €/έτος.

Το κόστος κατάληψης της αγροτικής και δασικής έκτασης είναι $500 \text{ στρ} \times 100 \text{ €/στρ/έτος} = 50.000$ €/έτος.

Η αγροτική παραγωγή χωρίς το έργο αποδίδει όφελος $3.000 \text{ στρ} \times 80 \text{ €/στρ/έτος} = 240.000$ €/έτος.

Η αγροτική παραγωγή με το έργο αποδίδει όφελος $10.000 \text{ στρ} \times 80 \text{ €/στρ/έτος} = 800.000$ €/έτος.

Τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι $14 \times 10^6 \text{ KWh/έτος} \times 0,05 \text{ €/KWh} = 700.000$ €/έτος.

Η υπολειμματική αξία των έργων δίνεται ως συνάρτηση της διάρκειας εκμετάλλευσης από τη σχέση

$$S = 12.000.0000 \times (1-0,03t), \text{ όπου } t \text{ η περίοδος εκμετάλλευσης και } S \geq 0.$$

Με βάση τα παραπάνω, η χρηματοροή περιλαμβάνει τα εξής ποσά:

Συνολικό κόστος σε χρόνο 0: $13.000.000$

Ετήσιο καθαρό όφελος: $(800.000 - 240.000) + 700.000 - 280.000 - 50.000 = 930.000$

Υπολειμματική αξία όπως αναφέρεται παραπάνω

Σημ. Στο Excel η υπολειμματική αξία κωδικοποιείται με τη συνάρτηση $\text{MAX}\{12.000.0000 \times (1-0,03t); 0\}$

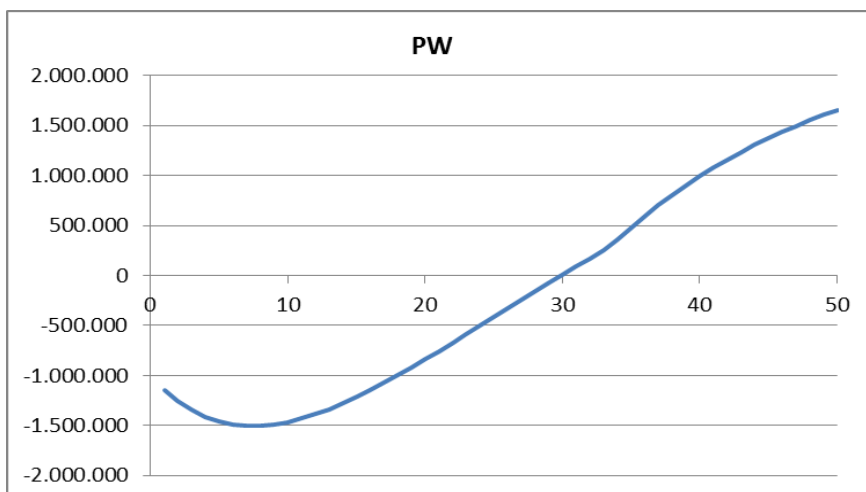
Ο υπολογισμός της ζητούμενης διάρκειας προκύπτει από την εξίσωση που μηδενίζει την παρούσα αξία της επένδυσης για επιθυμητή απόδοση $i_{\min} = 6\%$ που είναι:

$$-13.000.000 + 930.000 (P/A, 6\%, t) + \text{max}\{12.000.0000 \times (1-0,03t); 0\} / 1,06^t = 0$$

Με δοκιμές (ή με τη εντολή Goal Seek του Excel) προκύπτει ελάχιστη διάρκεια εκμετάλλευσης των έργων

$$t = 29,9 \approx 30 \text{ χρόνια.}$$

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η PW αξίας της επένδυσης για διαφορετικές περιόδους εκμετάλλευσης.



(β) Οικονομική ανάλυση

Τα κόστη, οι επιπτώσεις και τα οφέλη της υφιστάμενης κατάστασης είναι τα ακόλουθα:

- Το όφελος της αγροτικής παραγωγής χωρίς το έργο είναι 240.000 €/έτος.
- Το κόστος παραγωγής και μεταφοράς της ενέργειας είναι $14 \times 10^6 \text{ KWh/έτος} \times (0,06 + 0,02) \text{ €/KWh} = 1.120.000 \text{ €/έτος}$.
- Η επίπτωση από τις εκπομπές CO_2 είναι $14 \times 10^6 \text{ KWh/έτος} \times (0,02/0,80) \text{ €/KWh} = 350.000 \text{ €/έτος}$.

Τα κόστη, οι επιπτώσεις και τα οφέλη από την κατασκευή και τη λειτουργία των έργων είναι τα ακόλουθα:

- Το κόστος κατασκευής είναι 12.000.000 €.
- Το κόστος εγκατάλειψης εξοπλισμού αντλιοστασίων είναι 1.000.000 €.
- Το ετήσιο κόστος λειτουργίας-συντήρησης είναι 280.000 €/έτος.
- Το κόστος κατάληψης της αγροτικής και δασικής έκτασης είναι 50.000 €/έτος.
- Το όφελος της αγροτικής παραγωγής με το έργο είναι 800.000 €/έτος.
- Το κόστος μεταφοράς της ενέργειας είναι $14 \times 10^6 \text{ KWh/έτος} \times 0,01 \text{ €/KWh} = 140.000 \text{ €/έτος}$.

Οι παραπάνω συνεισφορές ανασυντάσσονται για την εφαρμογή της μεθόδου ωφελειών-κόστους. Αναφορικά με την ενέργεια, η ωφέλεια είναι ίση με το κόστος παραγωγής και μεταφοράς της ενέργειας στην υφιστάμενη κατάσταση το οποίο αποφεύγεται με τη λειτουργία των έργων, δηλαδή

$$14 \times 10^6 \text{ KWh/έτος} \times (0,06 + 0,02 - 0,01) \text{ €/KWh} = 980.000 \text{ €/έτος}$$

Η ωφέλεια από τη μείωση εκπομπών CO_2 είναι ίση με την επίπτωση από τις εκπομπές στην υφιστάμενη κατάσταση οι οποίες αποφεύγονται με τη λειτουργία των έργων, δηλαδή 350.000 €/έτος.

Με βάση τα παραπάνω, η χρηματοροή ωφελειών-κόστους περιλαμβάνει τα εξής ποσά:

Κόστη έργων

Κόστος κατασκευής σε χρόνο 0 : 12.000.000

Ετήσιο κόστος λειτουργίας-συντήρησης 280.000

Ωφέλειες έργων

Ετήσια ωφέλεια : 800.000 + 980.000 + 350.000 = 2.130.000

Αρνητικές επιπτώσεις

Εγκατάλειψη εξοπλισμού (σε χρόνο 0) : 1.000.000

Κατάληψη εκτάσεων και όφελος παραγωγής χωρίς το έργο : 50.000 + 240.000 = 290.000

Για $N = 50$ χρόνια και $i_{\min} = 4\%$, η παρούσα αξία των δαπανών του έργου (κόστους κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης) προκύπτει

$$C = 12.000.000 + 280.000 (P/A, 4\%, 50) = 18.015.012$$

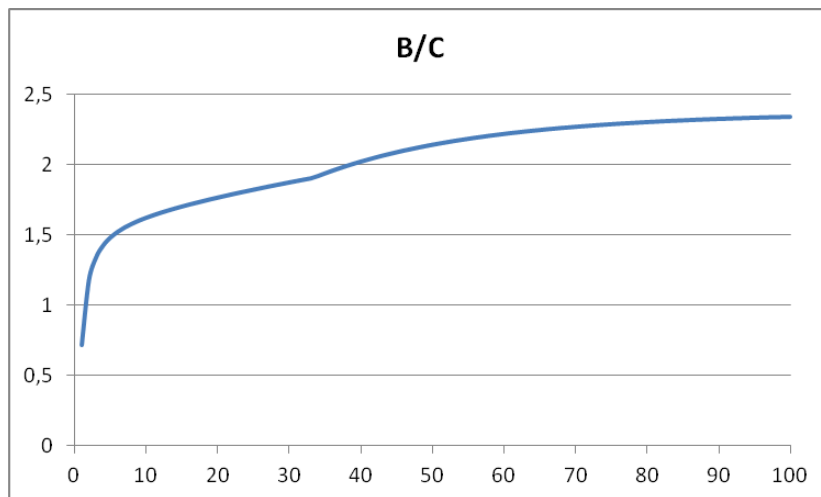
και η παρούσα αξία των ωφελειών

$$B = -1.000.000 + (2.130.000 - 290.000) (P/A, 4\%, 50) = 38.527.220$$

Ο λόγος ωφελειών-κόστους είναι $B/C = 38.527.220 / 18.015.012 \Rightarrow B/C = 2,14$

Η ανάλυση ευαισθησίας ως προς την περίοδο λειτουργίας του έργου δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα. Φαίνεται ότι ο λόγος B/C δεν επηρεάζεται πολύ από την περίοδο λειτουργίας του έργου εκτός από τις πολύ μικρές περιόδους (όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί και παρουσιάζει τις τιμές του λόγου B/C για διάρκειες εκμετάλλευσης 1 ως 100 χρόνια).

Περίοδος λειτουργίας	30 χρόνια	50 χρόνια	100 χρόνια
B/C	1,87	2,14	2,34



(γ) Ανάλυση πρόσθετης επένδυσης

Στην περίπτωση που υλοποιείται το φράγμα μόνο για λόγους άρδευσης, δεν απαιτείται η δαπάνη κατασκευής και λειτουργίας/συντήρησης του Υ/Η σταθμού, δεν υπάρχει ωφέλεια από την παραγωγή ενέργειας κι από τη μείωση εκπομπών CO₂.

Το κόστος κατασκευής είναι $6.000.000 + 4.000.000 = 10.000.000$ €.

Το κόστος εγκατάλειψης εξοπλισμού αντλιοστασίων είναι $1.000.000$ €.

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας-συντήρησης είναι $50.000 + 80.000 = 130.000$ €/έτος.

Το κόστος κατάληψης της αγροτικής και δασικής έκτασης είναι 50.000 €/έτος.

Το όφελος της αγροτικής παραγωγής χωρίς το έργο είναι 240.000 €/έτος.

Το όφελος της αγροτικής παραγωγής με το έργο είναι 800.000 €/έτος.

Με βάση τα παραπάνω, η χρηματοροή ωφελειών-κόστους περιλαμβάνει τα εξής ποσά:

Κόστη έργων

Κόστος κατασκευής σε χρόνο 0 : $10.000.000$

Ετήσιο κόστος λειτουργίας-συντήρησης : 130.000

Ωφέλειες έργων

Ετήσια ωφέλεια : 800.000

Αρνητικές επιπτώσεις

Εγκατάλειψη εξοπλισμού (σε χρόνο 0) : $1.000.000$

Κατάληψη εκτάσεων και όφελος παραγωγής χωρίς το έργο : $50.000 + 240.000 = 290.000$

Για $N = 50$ χρόνια και $i_{\min} = 4\%$, η παρούσα αξία των δαπανών του έργου (κόστους κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης) προκύπτει

$$C = 10.000.000 + 130.000 (P/A, 4\%, 50) = 12.792.684$$

και η παρούσα αξία των ωφελειών

$$B = -1.000.000 + (800.000 - 290.000) (P/A, 4\%, 50) = 9.955.914$$

Ο λόγος ωφελειών-κόστους είναι $B/C = 9.955.914 / 12.792.684 \Rightarrow B/C = 0,78$

Η πρόσθετη επένδυση μεταξύ των λύσεων (β) και (γ) δίνει

$$\Delta B = 38.527.220 - 9.955.914 = 28.571.306$$

$$\Delta C = 18.015.012 - 12.792.684 = 5.222.328$$

$$\Delta B/\Delta C = 5,47$$

Ο λόγος $\Delta B/\Delta C$ εκφράζει την αποδοτικότητα της πρόσθετης επένδυσης για να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει Υ/Η σταθμός σε ένα φράγμα το οποίο έχει ήδη κατασκευαστεί για άρδευση και αξιολογείται (εκ των υστέρων) η αξιοποίηση του φράγματος και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Θεωρώντας ότι το φράγμα σε αυτή την περίπτωση (αν δηλαδή είχε σχεδιαστεί και κατασκευαστεί αρχικά μόνο για άρδευση) έχει τα ίδια (τεχνικά και οικονομικά) χαρακτηριστικά με αυτά της άσκησης, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι (α) δε θα ήταν οικονομικά σκόπιμο να γίνει το φράγμα αποκλειστικά για λόγους άρδευσης και (β) η πρόσθετη επένδυση για την κατασκευή Υ/Σ έχει πολλαπλάσιες ωφέλειες από το απαιτούμενο κόστος.