

Φυλλάδιο Ασκήσεων με Λύσεις

ΣΑΕ II – Υδραυλικά Συστήματα (ΑΕΝ, ΣΤ' εξάμηνο)

Υλη: 1) Βασικές αρχές & ιδιότητες, 2) Εξαρτήματα, 3) Εφαρμογές στα πλοία

Μορφή: Διαγώνισμα (ενδεικτικό) **90 λεπτά** – **Σύνολο 100 μονάδες**

ΘΕΜΑΤΑ

Μέρος Α: Σύντομες ερωτήσεις (10×2 = 20 μ.)

- A1. Διατυπώστε την **Αρχή του Pascal** και δώστε ένα παράδειγμα από πλοίο.
A2. Τι εκφράζει η **πίεση** και τι η **παροχή (ροή)** σε ένα υδραυλικό σύστημα;
A3. Γράψτε τον πρακτικό τύπο για υδραυλική ισχύ σε kW με p σε bar και Q σε L/min.
A4. Γιατί η **καθαρότητα** του υδραυλικού λαδιού είναι κρίσιμη; Αναφέρετε 2 επιπτώσεις ρύπανσης.
A5. Τι σημαίνει βαλβίδα **4/3 κλειστού κέντρου** (σε μία πρόταση);
A6. Ποιος είναι ο ρόλος της **ανακουφιστικής βαλβίδας (relief)**;
A7. Ποια είναι η βασική διαφορά **αντλίας σταθερής και μεταβλητής παροχής**;
A8. Πότε χρησιμοποιούμε **counterbalance valve** και ποιο πρόβλημα λύνει;
A9. Τι είναι ο **συσσωρευτής** και δώστε 2 χρήσεις του.
A10. Δώστε 2 βασικές εφαρμογές υδραυλικών στο πλοίο (εκτός πηδαλίου).

Μέρος Β: Πολλαπλής επιλογής (5×2 = 10 μ.)

- B1. Η αύξηση της παροχής Q (με σταθερή πίεση) οδηγεί κυρίως σε:
α) αύξηση δύναμης, β) αύξηση ταχύτητας ενεργοποιητή, γ) μείωση ισχύος, δ) μείωση ροής
B2. Σε κύκλωμα με **αντλία σταθερής παροχής** και βαλβίδα 4/3 κλειστού κέντρου, όταν ο μοχλός είναι στο κέντρο:
α) σταματά η αντλία, β) η πίεση ανεβαίνει και ανοίγει η relief, γ) ο κύλινδρος κινείται, δ) η παροχή μηδενίζεται χωρίς πίεση
B3. Ποιο εξάρτημα είναι καταλληλότερο για να **κρατά φορτίο** σε κύλινδρο ανύψωσης γερανού ώστε να μη «πέσει»;
α) relief, β) counterbalance, γ) φίλτρο, δ) throttling valve μόνο
B4. Υπερβολικά χαμηλό ιξώδες πιθανότερα προκαλεί:
α) αργές κινήσεις, β) αυξημένες εσωτερικές διαρροές, γ) δυσκολία αναρρόφησης, δ) σπηλαιώση λόγω πάχους
B5. Ποια πρόταση για σερβο/αναλογικές βαλβίδες είναι σωστή;
α) είναι πάντα on/off, β) προσφέρουν συνεχόμενη/αναλογική ρύθμιση ροής/πίεσης, γ) δεν επηρεάζονται από καθαρότητα λαδιού, δ) αντικαθιστούν την αντλία

Μέρος Γ: Υπολογιστικά (4 θέματα = 40 μ.)

Γ1 (10 μ.) Pascal – Πολλαπλασιασμός δύναμης

Υδραυλικό πιεστήριο έχει μικρό έμβολο διαμέτρου 5 cm και μεγάλο 25 cm. Στο μικρό ασκείται δύναμη 100 N. Να βρεθεί η δύναμη στο μεγάλο.

Γ2 (10 μ.) Υδραυλική ισχύς και απαιτούμενη ισχύς κινητήρα

Σε κύκλωμα λειτουργεί πίεση 180 bar και παροχή 60 L/min.

(α) Να βρεθεί η υδραυλική ισχύς.

(β) Αν η συνολική απόδοση (αντλία+ηλεκτροκινητήρας) είναι 0,85, ποια ηλεκτρική ισχύς απαιτείται;

Γ3 (10 μ.) Ταχύτητα κυλίνδρου και χρόνος διαδρομής

Κύλινδρος διαμέτρου εμβόλου 100 mm τροφοδοτείται με παροχή 30 L/min στην πλευρά του εμβόλου (χωρίς να λάβετε υπόψη απώλειες).

(α) Να βρεθεί η ταχύτητα έκτασης ν.

(β) Πόσος χρόνος χρειάζεται για διαδρομή 0,40 m;

Γ4 (10 μ.) Παροχή–στροφές–μετατόπιση αντλίας (displacement)

Αντλία δίνει πραγματική παροχή 45 L/min στις 1500 rpm. Ο βαθμός ογκομετρικής απόδοσης είναι 0,90. Να βρεθεί η γεωμετρική μετατόπιση της αντλίας σε cm³/rev.

Μέρος Δ: Εφαρμογές/Κυκλώματα/Βλάβες (3 θέματα = 30 μ.)

Δ1 (10 μ.) Ανάλυση λειτουργίας βασικού κυκλώματος

Δίνεται περιγραφή κυκλώματος: δεξαμενή → αντλία σταθερής παροχής → (παράλληλα) ανακουφιστική προς δεξαμενή → βαλβίδα 4/3 κλειστού κέντρου → κύλινδρος διπλής ενέργειας → επιστροφή στη δεξαμενή.

Να εξηγήσετε τι συμβαίνει:

(α) όταν ο μοχλός είναι στο κέντρο,

(β) όταν επιλέγεται έκταση,

(γ) όταν επιλέγεται σύμπτυξη.

Και να απαντήσετε: πού «χάνεται» η ισχύς όταν ο μοχλός είναι στο κέντρο;

Δ2 (10 μ.) Γερανός πλοίου – ασφάλεια φορτίου

Σε κύλινδρο ανύψωσης γερανού παρατηρείται ότι όταν ο χειριστής αφήσει τον μοχλό, το φορτίο «κατεβαίνει» αργά (creep).

(α) Δώστε 3 πιθανές αιτίες.

(β) Ποια βαλβίδα/διάταξη πρέπει να υπάρχει για ασφαλές κράτημα φορτίου και γιατί;

(γ) Τι ρόλο μπορεί να παίζει το ιξώδες/θερμοκρασία;

Δ3 (10 μ.) Πηδάλιο (ram type) – λειτουργία και διαρροή

Σε σύστημα πηδαλίου τύπου ram υπάρχουν κύρια και εφεδρική αντλία.

(α) Περιγράψτε με 5–6 βήματα πώς μια εντολή από τη γέφυρα οδηγεί σε κίνηση πηδαλίου (λογική “follow-up”).

(β) Τι ενδείξεις/alarms περιμένετε σε σημαντική διαρροή λαδιού στο steering gear room;

(γ) Ποιες είναι 2 άμεσες ενέργειες αντιμετώπισης/ασφάλειας (λειτουργικά, όχι “επισκευή με εργαλεία”);

ΛΥΣΕΙΣ

Λύσεις Μέρους Α

A1. **Pascal:** Η πίεση που εφαρμόζεται σε κλειστό υγρό μεταδίδεται αμετάβλητη προς όλες τις διευθύνσεις. Παράδειγμα: υδραυλικός κύλινδρος πηδαλίου/ram ή υδραυλικός γερανός.

A2. Πίεση: «πόσο δυνατά σπρώχνει» (σχετίζεται με δύναμη/φορτίο). Παροχή: «πόσο γρήγορα κινείται» (ταχύτητα ενεργοποιητή).

A3. $P(kW) = p(bar) \cdot Q(L/min) / 600$

A4. Ρύπανση: (1) κολλάει/φθείρει spool βαλβίδων, (2) αυξάνει φθορά αντλίας/κινητήρων, (3) αυξάνει εσωτερικές διαρροές, (4) προκαλεί υπερθέρμανση λόγω απωλειών. (Δύο αρκούν.)

A5. 4/3: 4 θυρίδες (P,T,A,B) και 3 θέσεις· κλειστό κέντρο: στη μεσαία θέση κλείνουν οι διόδους, «κρατά» ο ενεργοποιητής.

A6. Η relief ανοίγει πάνω από ρυθμισμένη πίεση και προστατεύει αντλία/σωληνώσεις εκτονώνοντας προς δεξαμενή.

A7. Σταθερή: σχεδόν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από ζήτηση· Μεταβλητή: αλλάζει παροχή ανάλογα με ανάγκη/έλεγχος → οικονομία και καλύτερη συμπεριφορά.

A8. Counterbalance: σε ανύψωση/κατάβαση φορτίων (γερανοί, hatch covers) για να αποτρέπει ανεξέλεγκτη πτώση και να δίνει ελεγχόμενη κάθοδο.

A9. Συσσωρευτής: αποθήκευση υδραυλικής ενέργειας (λάδι υπό πίεση μέσω συμπίεσης αερίου). Χρήσεις: κάλυψη αιχμών παροχής, απόσβεση παλμών/κραδασμών, υποβοήθηση σε στιγμιαία απαίτηση/έκτακτες ανάγκες όπου προβλέπεται.

A10. Εργάτης άγκυρας/windlass, mooring winches, γερανοί, hatch covers, stabilizers, υδατοστεγείς πόρτες, ανελκυστήρες (δύο αρκούν).

Λύσεις Μέρους Β

B1: β

B2: β

B3: β

B4: β

B5: β

Λύσεις Μέρους Γ (υπολογιστικά)

Γ1 Λύση (Pascal)

Δίνεται $D1=5\text{ cm}$, $D2=25\text{ cm}$, $F1=100\text{ N}$.

Ο λόγος επιφανειών:

$$A2/A1=(D2/D1)^2=(25/5)^2=5^2=25$$

Άρα:

$$F2=F1\cdot 25=100\cdot 25=2500\text{ N}$$

Απάντηση: 2500 N

Γ2 Λύση (Ισχύς)

(α)

$$P(\text{kW})=p\cdot Q/600=180\cdot 60/600$$

$$\text{Υπολογισμός: } 180\cdot 60=10800.$$

$$P=10800/600=18\text{ kW}$$

(β) Απαιτούμενη ισχύς εισόδου:

$$P_{in}=P_{hyd}\eta=180,85=\eta P_{hyd}=0,8518$$

$$\text{Υπολογισμός: } 18/0,85=21,176\dots 18/0,85=21,176\dots$$

Απάντηση: $P_{hyd}=18\text{ kW}$, $P_{in}\approx 21,2\text{ kW}$

Γ3 Λύση (Ταχύτητα κυλίνδρου)

Δίνεται $D=100\text{ mm}=0,10\text{ m}$, $Q=30\text{ L/min}$.

Εμβαδόν:

$$A=\pi(0,10/2)^2=\pi(0,05)^2=\pi\cdot 0,0025\approx 0,00785398\text{ m}^2$$

Μετατροπή παροχής:

$$30\text{ L/min}=30\cdot 10^{-3}\text{ m}^3/\text{min}=0,03/60=0,0005\text{ m}^3/\text{s}$$

Ταχύτητα:

$$v=QA=0,0005/0,00785398\approx 0,06366\text{ m/s}$$

(β) Χρόνος για διαδρομή $s=0,40\text{ m}$:

$$t=sv=0,40/0,06366\approx 6,283\text{ s}$$

Απάντηση: $v\approx 0,064\text{ m/s}$ και $t\approx 6,3\text{ s}$

Γ4 Λύση (Displacement αντλίας)

Δίνεται πραγματική παροχή $Q_{act}=45 \text{ L/min}$, $n=1500 \text{ rpm}$, $\eta_v=0,90$.

Θεωρητική παροχή:

$$Q_{th}=Q_{act}/\eta_v=45/0,90=50 \text{ L/min}$$

Παροχή ανά στροφή:

$$50 \text{ L/min} / 1500 \text{ rev/min} = 0,033333... \text{ L/rev}$$

Μετατροπή σε cm^3/rev : $1 \text{ L}=1000 \text{ cm}^3$

$$0,033333... \text{ L/rev} \cdot 1000 = 33,333... \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Απάντηση: περίπου **33,3 cm^3/rev**

Λύσεις Μέρους Δ

Δ1 Λύση (Λειτουργία κυκλώματος)

(α) **Μοχλός στο κέντρο (κλειστό κέντρο):**

- Η βαλβίδα 4/3 κλείνει τις διόδους προς Α και Β, ο κύλινδρος «κρατά» θέση.
- Η αντλία σταθερής παροχής συνεχίζει να στέλνει ροή. Επειδή δεν υπάρχει διαδρομή προς τον κύλινδρο, η πίεση ανεβαίνει.
- Η ανακουφιστική (relief) ανοίγει στο setpoint και στέλνει τη ροή πίσω στη δεξαμενή.

(β) **Έκταση:**

- Η 4/3 συνδέει $P \rightarrow A$ (πλευρά εμβόλου) και $B \rightarrow T$ (επιστροφή).
- Ο κύλινδρος εκτείνεται. Η πίεση προσαρμόζεται ανάλογα με το φορτίο. Η relief μένει κλειστή εκτός αν υπάρξει υπερφόρτιση/τερματισμός.

(γ) **Σύμπτυξη:**

- Η 4/3 συνδέει $P \rightarrow B$ και $A \rightarrow T$.
- Ο κύλινδρος συμπύσσεται.

Πού “χάνεται” η ισχύς στο κέντρο;

Στην ανακουφιστική βαλβίδα και στις απώλειες ροής προς δεξαμενή: η ισχύς μετατρέπεται κυρίως σε **θερμότητα στο λάδι** (ανεβάζει θερμοκρασία).

Δ2 Λύση (Γερανός – creep)

(α) Πιθανές αιτίες (3 ενδεικτικές):

1. **Εσωτερικές διαρροές** στον κύλινδρο (φθαρμένες τσιμούχες εμβόλου).
2. **Διαρροή/αστοχία βαλβίδας load-holding** (counterbalance ή pilot-operated check που δεν στεγανοποιεί).
3. **Ρύπανση** που κρατά spool/έδρα βαλβίδας μισάνοιχτη.
(Επιπλέον: πολύ χαμηλό ιξώδες/υψηλή θερμοκρασία αυξάνει διαρροές.)

(β) Απαραίτητη διάταξη: **Counterbalance valve** (ή γενικότερα load-holding / overcenter) και/ή **pilot-operated check valve** ανά σχεδίαση.

- Η counterbalance αποτρέπει «runaway load» και κρατά φορτίο, επιτρέποντας ελεγχόμενη κάθοδο μόνο όταν υπάρχει κατάλληλο pilot/εντολή.

(γ) Ρόλος ιξώδους/θερμοκρασίας:

- Όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία, συνήθως πέφτει το ιξώδες $\rightarrow$ αυξάνονται οι εσωτερικές διαρροές σε αντλία/βαλβίδες/κύλινδρο $\rightarrow$ πιο έντονο creep.

Δ3 Λύση (Πηδάλιο ram type)

(α) “Follow-up” σε 5–6 βήματα:

1. Η γέφυρα δίνει εντολή γωνίας πηδαλίου (setpoint).
2. Ο πομπός/ελεγκτής συγκρίνει setpoint με πραγματική γωνία (feedback από transmitter).
3. Αν υπάρχει σφάλμα, δίνει εντολή στο υδραυλικό μέρος (ενεργοποίηση αντλίας/βαλβίδας/σερβο-διάταξης ανά σύστημα).
4. Η ροή οδηγείται στον κατάλληλο θάλαμο των ram κυλίνδρων.
5. Ο ενεργοποιητής μετακινεί τον άξονα πηδαλίου προς τη ζητούμενη γωνία.
6. Όταν το feedback γίνει ίσο με setpoint, το σήμα ελέγχου μηδενίζεται και η κίνηση σταματά.

(β) Ενδείξεις/alarms σε σημαντική διαρροή στο steering gear room:

- **Low tank level** (πτώση στάθμης),
- πιθανό **low pressure** / pressure drop,
- πιθανό **pump overload/overheat** (λόγω σπηλαίωσης/αέρα),
- ενεργοποίηση συναγερμού στη γέφυρα/Engine Control Room (ανά πλοίο).

(γ) Δύο άμεσες ενέργειες (λειτουργικά/ασφάλεια):

1. **Μετάβαση σε εφεδρική μονάδα/αντλία** και εφαρμογή προβλεπόμενης διαδικασίας emergency steering (σύμφωνα με το εγχειρίδιο πλοίου).
2. **Μείωση απαιτήσεων χειρισμών** (αποφυγή απότομων μεγάλων γωνιών), ενημέρωση γέφυρας και προετοιμασία για χειρισμό από emergency steering position αν απαιτηθεί, παράλληλα με ασφαλή απομόνωση/περιορισμό απώλειας (όπου υπάρχει δυνατότητα απομόνωσης).

Έτοιμη βαθμολόγηση (πρόταση)

- Μέρος Α: 20 μ.
 - Μέρος Β: 10 μ.
 - Μέρος Γ: 40 μ.
 - Μέρος Δ: 30 μ.
 - **Σύνολο: 100 μ.**
-

ΘΕΜΑΤΑ

Μέρος Α: Σύντομες ερωτήσεις (10×2 = 20 μ.)

- A1.** Τι λέει η **Αρχή του Pascal**; Δώστε ένα παράδειγμα από πλοίο.
- A2.** Ποια είναι η σχέση **πίεσης–δύναμης–εμβαδού**; Γράψτε τον τύπο και εξηγήστε τι σημαίνει πρακτικά.
- A3.** Τι σημαίνει ότι ένα υδραυλικό σύστημα έχει **παγιδευμένο αέρα**; Δώστε 2 συμπτώματα στη λειτουργία.
- A4.** Γιατί το **ιξώδες** είναι κρίσιμο; Γράψτε 1 πρόβλημα με πολύ χαμηλό και 1 με πολύ υψηλό ιξώδες.
- A5.** Τι είναι η **ανακουφιστική βαλβίδα (relief)** και πού τη βάζουμε συνήθως στο κύκλωμα;
- A6.** Τι σημαίνει **βαλβίδα κατεύθυνσης 4/3**; Τι σημαίνει “κλειστό κέντρο”;
- A7.** Ποιος είναι ο ρόλος του **συσσωρευτή**; Δώστε 2 λειτουργίες του (πρακτικά).
- A8.** Τι κάνει μια **pilot-operated check valve** (υδραυλική κλειδαριά) και πού χρησιμοποιείται συχνά στο πλοίο;
- A9.** Πότε προτιμάμε **αντλία μεταβλητής παροχής** αντί σταθερής; Δώστε 1 ναυτική εφαρμογή.
- A10.** Ποια είναι η διαφορά **αναλογικής βαλβίδας** από μια απλή on/off 4/3 ως προς τον έλεγχο κίνησης;

Μέρος Β: Πολλαπλής επιλογής (5×2 = 10 μ.)

B1. Αν αυξήσουμε την **πίεση** (με ίδια παροχή), σε κύλινδρο αυξάνεται κυρίως:

α) η ταχύτητα, β) η δύναμη, γ) η παροχή, δ) η διάμετρος

B2. Πολύ **χαμηλό ιξώδες** τείνει να προκαλεί:

α) αργή απόκριση, β) αύξηση εσωτερικών διαρροών, γ) «μπουκωμένη» αναρρόφηση, δ) αύξηση ιξώδους με θερμοκρασία

B3. Η βαλβίδα που προορίζεται να προστατεύει από **υπερπίεση** είναι:

α) counterbalance, β) relief, γ) pilot check, δ) throttle

B4. Σε ανύψωση φορτίου, ποιο εξάρτημα βοηθά να μη γίνει **ανεξέλεγκτη κάθοδος** (overrunning load);

α) φίλτρο, β) counterbalance, γ) ψύκτης, δ) manometer

B5. Οι σερβο/αναλογικές βαλβίδες απαιτούν ιδιαίτερα:

α) πολύ βρώμικο λάδι για «στρώσιμο», β) υψηλή καθαρότητα λαδιού, γ) μηδενική πίεση, δ) να δουλεύουν μόνο σε χαμηλές θερμοκρασίες

Μέρος Γ: Υπολογιστικά (4×10 = 40 μ.)

Γ1 (10 μ.) Pascal

Μικρό έμβολο: διάμετρος **4 cm**. Μεγάλο έμβολο: διάμετρος **20 cm**.

Ασκείται δύναμη **120 N** στο μικρό. Να βρεθεί η δύναμη στο μεγάλο.

Γ2 (10 μ.) Υδραυλική ισχύς

Σε σύστημα έχουμε πίεση **210 bar** και παροχή **45 L/min**.

(α) Να υπολογιστεί η υδραυλική ισχύς (kW).

(β) Αν συνολική απόδοση είναι **0,82**, ποια είναι η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς εισόδου;

Γ3 (10 μ.) Ταχύτητα κυλίνδρου και χρόνος

Κύλινδρος διαμέτρου εμβόλου **80 mm** τροφοδοτείται με παροχή **18 L/min** στην πλευρά του εμβόλου.

(α) Να βρεθεί η ταχύτητα έκτασης νν.

(β) Για διαδρομή **0,35 m**, να βρεθεί ο χρόνος.

Γ4 (10 μ.) Μετατόπιση αντλίας

Αντλία δίνει πραγματική παροχή **32 L/min** στις **1450 rpm**. Ο βαθμός ογκομετρικής απόδοσης είναι **0,88**.

Να βρεθεί η γεωμετρική μετατόπιση (displacement) σε **cm³/rev**.

Μέρος Δ: Εφαρμογές/Κυκλώματα/Βλάβες (3×10 = 30 μ.)

Δ1 (10 μ.) Κύκλωμα με σταθερή αντλία και 4/3 κλειστού κέντρου

Σε HPU καταστρώματος υπάρχει: δεξαμενή → αντλία **σταθερής παροχής** → ανακουφιστική προς δεξαμενή → βαλβίδα 4/3 **κλειστού κέντρου** → κύλινδρος διπλής ενέργειας.

(α) Τι συμβαίνει όταν ο μοχλός είναι στο κέντρο;

(β) Τι ρόλο παίζει η relief σε αυτή την κατάσταση;

(γ) Ποιο είναι το βασικό μειονέκτημα (ενεργειακά/θερμικά) αυτής της διάταξης;

Δ2 (10 μ.) Hatch cover – “τρέμουλο” και ασταθής κάθοδος

Σε υδραυλικό σύστημα hatch covers, όταν ο χειριστής δίνει εντολή καθόδου, η κίνηση γίνεται **σπασμωδικά** (τρέμουλο) και ακούγεται θόρυβος σαν «κροτάλισμα».

(α) Δώστε 3 πιθανές αιτίες (με βάση ύλη: αέρας, ιξώδες, ρύπανση, βαλβίδες).

(β) Ποια 2 όργανα/ενδείξεις στο HPU θα ελέγχατε πρώτα;

(γ) Ποια κατηγορία βαλβίδας είναι κρίσιμη για **ελεγχόμενη κάθοδο φορτίου** και γιατί;

Δ3 (10 μ.) Mooring winch – δεν “κρατά” την τάση

Σε mooring winch, όταν ο χειριστής αφήνει το χειριστήριο στο “stop”, ο κάβος «φεύγει» λίγο και η τάση πέφτει.

(α) Ποιο εξάρτημα/διάταξη είναι ύποπτο πρώτο (ονομαστικά);

(β) Δώστε 2 πιθανές τεχνικές αιτίες (π.χ. ρύθμιση, διαρροές, ρύπανση).

(γ) Εξηγήστε σε 3–4 γραμμές τη λογική του πώς ένα “holding/brake” κρατά φορτίο σε υδραυλικό κινητήρα.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ (Version B)

Λύσεις Μέρους Α (ενδεικτικές απαντήσεις)

A1. Pascal: πίεση σε κλειστό υγρό μεταδίδεται ίδια παντού. Παράδειγμα: κύλινδροι πηδαλίου/ram, γερανοί, hatch covers.

A2. $p=FA$. Για ίδια πίεση, μεγαλύτερο εμβαδό $\Rightarrow$ μεγαλύτερη δύναμη.

A3. Αέρας $\Rightarrow$ «σπογγώδης» απόκριση, κραδασμοί/τρέμουλο, θόρυβος, αστάθεια ταχύτητας. (2 από αυτά)

A4. Χαμηλό ιξώδες: αυξημένες εσωτερικές διαρροές/κακή λίπανση/creep. Υψηλό: αργές κινήσεις/δύσκολη αναρρόφηση/θέρμανση.

A5. Relief: ανοίγει πάνω από setpoint και προστατεύει από υπερπίεση. Συνήθως στην έξοδο αντλίας (γραμμή πίεσης προς δεξαμενή).

A6. 4/3: 4 θυρίδες, 3 θέσεις. Κλειστό κέντρο: στο κέντρο κλείνουν οι γραμμές $\rightarrow$ κρατά θέση ο ενεργοποιητής.

A7. Συσσωρευτής: αποθήκευση ενέργειας/παροχή αιχμών, απόσβεση παλμών, υποβοήθηση στιγμιαίων απαιτήσεων. (2 χρήσεις)

A8. Pilot check: «κλειδώνει» ροή προς/από κύλινδρο μέχρι να δοθεί pilot πίεση για άνοιγμα. Χρήση: load holding σε γεραμούς, hatch covers κ.ά.

A9. Μεταβλητή αντλία όταν θέλουμε οικονομία/προσαρμογή ροής στη ζήτηση. Π.χ. σύστημα πηδαλίου, συστήματα με συχνές μεταβολές φορτίου.

A10. Αναλογική: συνεχής ρύθμιση ανοίγματος (όχι μόνο on/off) $\Rightarrow$ ομαλή, ακριβής ταχύτητα/θέση.

Λύσεις Μέρους Β

B1: β, B2: β, B3: β, B4: β, B5: β

Λύσεις Μέρους Γ

Γ1 Λύση

Λόγος επιφανειών:

$$A2/A1=(D2/D1)^2=25 \quad F2=F1 \cdot 25=120 \cdot 25=3000 \text{ N}$$

Απάντηση: 3000 N

Γ2 Λύση

Χρησιμοποιώ:

$$P(\text{kW})=p(\text{bar}) \cdot Q(\text{L/min})/600$$

(α) $p=210$, $Q=45$

- Πολλαπλασιασμός: $210 \times 45=9450$
- Διαίρεση: $9450/600=15,75$

$$P_{\text{hyd}}=15,75 \text{ kW}$$

(β) $\eta=0,82$

$$P_{\text{in}}=P_{\text{hyd}}/\eta=15,75/0,82 \approx 19,21 \text{ kW}$$

(έλεγχος: $0,82 \times 19,21 \approx 15,75$)

Απάντηση: $P_{hyd}=15,75 \text{ kW}$, $P_{in} \approx 19,2 \text{ kW}$

Γ3 Λύση

Δεδομένα: $D=80 \text{ mm}=0,08 \text{ m}$, $Q=18 \text{ L/min}$

Εμβαδόν:

$$A=\pi(0,082)^2=\pi(0,04)^2 \approx 0,0050265 \text{ m}^2$$

Μετατροπή παροχής:

- $18 \text{ L/min}=18 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}=0,018/60=0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$

(α) Ταχύτητα:

$$v=QA=0,00030,0050265 \approx 0,05968 \text{ m/s}$$

$$v \approx \mathbf{0,060 \text{ m/s}}$$

(β) Χρόνος για $s=0,35 \text{ m}$:

$$t=sv=0,350,05968 \approx 5,86 \text{ s}$$

Απάντηση: $v \approx 0,060 \text{ m/s}$, $t \approx 5,9 \text{ s}$

Γ4 Λύση

Δεδομένα: $Q_{act}=32 \text{ L/min}$, $n=1450 \text{ rpm}$ $v=0,88$

Θεωρητική παροχή:

$$Q_{th}=Q_{act}n=320,88=36,3636... \text{ L/min}$$

Παροχή ανά στροφή:

$$q=Q_{th}n=36,36361450=0,025078... \text{ L/rev}$$

Μετατροπή σε cm^3/rev ($1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3$):

$$0,025078 \times 1000=25,078 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Απάντηση: περίπου $\mathbf{25,1 \text{ cm}^3/\text{rev}}$

Λύσεις Μέρους Δ

Δ1 Λύση

(α) Στο κέντρο (κλειστό κέντρο): Α και Β κλείνουν $\Rightarrow$ ο κύλινδρος κρατά θέση. Η αντλία όμως συνεχίζει να δίνει ροή $\Rightarrow$ η πίεση ανεβαίνει.

(β) Η relief ανοίγει στο setpoint και επιστρέφει τη ροή στη δεξαμενή, προστατεύοντας αντλία/σωληνώσεις.

(γ) Μειονέκτημα: όταν είμαστε “neutral”, μεγάλο μέρος ισχύος μετατρέπεται σε **θερμότητα** (απώλειες στη relief) $\Rightarrow$ ζέσταμα λαδιού, σπατάλη ενέργειας.

Δ2 Λύση

(α) 3 πιθανές αιτίες:

- παγιδευμένος **αέρας**/αναρρόφηση αέρα (σπογγώδης κίνηση, τρέμουλο),
- υψηλό ιξώδες** (κρύο λάδι) ή λάθος τύπος λαδιού $\Rightarrow$ αργή/ασταθής ροή,
- ρύπανση** που κάνει βαλβίδα να «κολλάει»,
- σπηλαίωση στην αντλία (π.χ. περιορισμένη αναρρόφηση/βρώμικο φίλτρο αναρρόφησης).
(Οποιαδήποτε 3 τεκμηριωμένες.)

(β) 2 πρώτοι έλεγχοι στο HPU:

- ένδειξη **στάθμης** (και σημάδια αφρισμού/γαλακτώματος),
- **θερμοκρασία** λαδιού,
- ένδειξη **πίεσης** και πιθανό alarm φίλτρων (ΔΡ φίλτρου).
(Οποιαδήποτε 2 από τα παραπάνω με λογική.)

(γ) Κρίσιμη για ελεγχόμενη κάθοδο φορτίου: **counterbalance (overcenter/load-holding) valve**.
Γιατί: δεν αφήνει το φορτίο να “οδηγήσει” ανεξέλεγκτα το κύκλωμα· επιτρέπει ελεγχόμενη εκτόνωση/επιστροφή μόνο υπό σωστές συνθήκες (pilot/ρύθμιση).

Δ3 Λύση

(α) Πρώτα ύποπτο: **brake/holding valve** (π.χ. brake valve, overcenter/counterbalance στο μοτέρ) και/ή μηχανικό φρένο με υδραυλικό έλεγχο, ανά σχεδίαση.

(β) 2 αιτίες:

- λάθος ρύθμιση/φθορά στο brake/holding (δεν κλείνει πλήρως),
- εσωτερικές διαρροές στο υδραυλικό μοτέρ ή βαλβίδα (λόγω φθοράς/ρύπανσης),
- ρύπανση που κρατά spool «μισάνοιχτο».
(2 από αυτά.)

(γ) Λογική holding/brake:

- όταν ο χειριστής πάει stop, η διάταξη κλείνει/περιορίζει τη ροή επιστροφής από το μοτέρ,
- δημιουργεί αντίσταση (πίεση) που αντισταθμίζει το φορτίο,
- έτσι το μοτέρ δεν «γυρίζει ανάποδα» από τη δύναμη του φορτίου και ο κάβος δεν ξετυλίγεται.

Rubric – Κριτήρια Αξιολόγησης (ανά υποερώτημα)

Γενικοί κανόνες rubric

- **Μονάδες:** −0,5 έως −1 μ. (ανάλογα με το θέμα) αν λείπουν/είναι λάθος στις τελικές απαντήσεις υπολογιστικών.
- **Στρογγυλοποίηση:** αποδεκτή $\pm 2\%$ σε αριθμητικά αποτελέσματα, αν η μεθοδολογία είναι σωστή.
- **Σαφής λογική:** σε θεωρητικά/βλάβες, απαιτούνται λέξεις-κλειδιά. Αόριστες απαντήσεις (“κάτι χάλασε”) δεν βαθμολογούνται.

Μέρος Α (2 μ. το καθένα)

Για κάθε Α-ερώτηση (Α1–Α10):

- **2,0 μ.:** πλήρης απάντηση με ορισμό + ζητούμενα στοιχεία/παράδειγμα.
- **1,0–1,5 μ.:** σωστός πυρήνας αλλά λείπει παράδειγμα ή λείπει 1 κρίσιμο σημείο.
- **0,5 μ.:** μερικώς σχετικό, χωρίς σαφή τεχνική διατύπωση.
- **0 μ.:** άσχετο/λανθασμένο.

Ειδικά:

- **A1:** 1 μ. σωστή διατύπωση Pascal + 1 μ. παράδειγμα πλοίου.
- **A4:** 1 μ. χαμηλό ιξώδες (σωστή συνέπεια) + 1 μ. υψηλό ιξώδες (σωστή συνέπεια).
- **A6:** 1 μ. τι σημαίνει 4/3 + 1 μ. τι σημαίνει κλειστό κέντρο.
- **A10:** 1 μ. “συνεχής/αναλογικός έλεγχος” + 1 μ. “ομαλή/ακριβής κίνηση σε σχέση με on/off”.

Μέρος Β (2 μ. το καθένα)

- 2 μ.: σωστή επιλογή
- 0 μ.: λάθος επιλογή
(Δεν δίνονται μερικές μονάδες.)

Μέρος Γ (10 μ. το καθένα)

Γ1 (10 μ.)

- 3 μ. σωστή σχέση $A_2/A_1=(D_2/D_1)^2$ ή χρήση επιφανειών
- 3 μ. σωστός λόγος (=25)
- 3 μ. σωστός υπολογισμός δύναμης (=3000 N)
- 1 μ. σωστή μονάδα/παρουσίαση

Συχνά λάθη: λόγος διαμέτρων αντί τετραγώνου (κόβει 3–6 μ. ανάλογα).

Γ2 (10 μ.)

(α) 6 μ.

- 2 μ. σωστός τύπος $P=pQ/600$
- 2 μ. σωστό γινόμενο $210 \times 45=9450$
- 2 μ. σωστή διαίρεση $9450/600=15,75$ kW

(β) 4 μ.

- 2 μ. σωστή σχέση $P_{in}=P_{hyd}/\eta$
- 2 μ. σωστό αποτέλεσμα $\approx 19,2$ kW

Συχνά λάθη: λάθος σταθερά (600), μη μετατροπή μονάδων (αν χρησιμοποιηθεί Pa–m³/s χωρίς σωστό χειρισμό).

Γ3 (10 μ.)

(α) 6 μ.

- 2 μ. μετατροπή D σε m και σωστό εμβαδόν
 - 2 μ. μετατροπή Q από L/min σε m³/s
 - 2 μ. $v=Q/A$ σωστό
- (β) 4 μ.
- 2 μ. $t=s/v$
 - 2 μ. σωστός αριθμητικός χρόνος

Γ4 (10 μ.)

- 3 μ. σωστό $Q_{th}=Q_{act}/\eta_v$
- 3 μ. σωστό $q=Q_{th}/n$ (L/rev)
- 3 μ. σωστή μετατροπή σε cm³/rev ($\times 1000$)
- 1 μ. τελικό αποτέλεσμα/μονάδες

Μέρος Δ (10 μ. το καθένα)

Δ1 (10 μ.)

- 4 μ. σωστή περιγραφή λειτουργίας στο κέντρο (κλείσιμο A/B, κράτημα κυλίνδρου, άνοδος πίεσης)
- 3 μ. σωστός ρόλος relief (προστασία/εκτόνωση προς δεξαμενή)
- 3 μ. μειονέκτημα: απώλειες $\rightarrow$ θέρμανση/σπατάλη ενέργειας

Δ2 (10 μ.)

(α) 5 μ.

- 1,7 μ. ανά τεκμηριωμένη αιτία (μέχρι 3)
(β) 3 μ.
- 1,5 μ. ανά σωστό “πρώτο έλεγχο” (στάθμη/πίεση/θερμοκρασία/ΔΡ φίλτρων)
(γ) 2 μ.
- 1 μ. σωστό όνομα βαλβίδας (counterbalance/load-holding)
- 1 μ. σωστό “γιατί” (ελεγχόμενη κάθοδος/overrunning load)

Δ3 (10 μ.)

- (α) 3 μ. σωστό πρώτο ύποπτο (brake/holding/overcenter διάταξη)
(β) 4 μ. δύο τεκμηριωμένες αιτίες (2 μ. η καθεμία)
(γ) 3 μ. καθαρή εξήγηση λειτουργίας holding (κλείνει/περιορίζει επιστροφή, δημιουργεί αντίσταση/πίεση, εμποδίζει ανάστροφη κίνηση)

Φυλλάδιο Ασκήσεων με Λύσεις (Version C)

ΣΑΕ ΙΙ – Υδραυλικά Συστήματα (ΑΕΝ, ΣΤ' εξάμηνο)

Ύλη: (1) Βασικές αρχές & ιδιότητες, (2) Εξαρτήματα, (3) Εφαρμογές στα πλοία

Χρόνος: 90' — Σύνολο: 100 μονάδες

ΘΕΜΑΤΑ

ΜΕΡΟΣ Α: Θεωρητικές Ερωτήσεις (10×3 = 30 μ.)

A1. Διατυπώστε την **Αρχή του Pascal** και εξηγήστε πώς εφαρμόζεται στο υδραυλικό σύστημα πηδαλίου ενός πλοίου.

A2. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα σύγκρισης υδραυλικών και πνευματικών συστημάτων:

Χαρακτηριστικό	Υδραυλικά	Πνευματικά
Μέσο μετάδοσης		
Τυπική πίεση λειτουργίας		
Δύναμη/μέγεθος		
Ακρίβεια θέσης		

A3. Τι είναι το **ιξώδες** και ποιος είναι ο **δείκτης ιξώδους (VI)**; Γιατί είναι σημαντικά για τα υδραυλικά συστήματα πλοίων;

A4. Περιγράψτε τους **τρεις βασικούς τύπους υδραυλικών ελαίων** και αναφέρετε πού χρησιμοποιείται ο καθένας στο πλοίο.

A5. Εξηγήστε τη διαφορά μεταξύ **κυλίνδρου μονής ενέργειας** και **κυλίνδρου διπλής ενέργειας**. Ποιος τύπος χρησιμοποιείται στο πηδάλιο και γιατί;

A6. Περιγράψτε τη λειτουργία και τον σκοπό των παρακάτω βαλβίδων:

- (α) Ανακουφιστική βαλβίδα (Relief valve)
- (β) Βαλβίδα αντιστάθμισης (Counterbalance valve)
- (γ) Υδραυλική κλειδαριά (Pilot-operated check valve)

A7. Τι είναι ο **συσσωρευτής** και ποιοι είναι οι δύο κύριοι τύποι του; Δώστε δύο εφαρμογές στο πλοίο.

A8. Περιγράψτε τους **δύο τύπους συστημάτων πηδαλίου** (Ram type και Rotary Vane). Ποια είναι τα πλεονεκτήματα του καθενός;

A9. Τι είναι οι **σερβοβαλβίδες** και οι **αναλογικές βαλβίδες**; Σε ποιες εφαρμογές του πλοίου χρησιμοποιούνται και γιατί;

A10. Εξηγήστε τη λειτουργία του συστήματος **follow-up** στο πηδάλιο. Τι συμβαίνει αν αποτύχει;

ΜΕΡΟΣ Β: Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής (10×2 = 20 μ.)

B1. Σύμφωνα με την Αρχή του Pascal, αν διπλασιάσουμε το εμβαδόν του εμβόλου εξόδου:

- (α) Η δύναμη εξόδου διπλασιάζεται
- (β) Η πίεση διπλασιάζεται
- (γ) Η ταχύτητα διπλασιάζεται
- (δ) Η παροχή διπλασιάζεται

B2. Ποιο από τα παρακάτω είναι σύμπτωμα **πολύ χαμηλού ιξώδους** στο υδραυλικό λάδι;

- (α) Αργή κίνηση κυλίνδρων
- (β) Δυσκολία εκκίνησης σε κρύο
- (γ) Αυξημένες εσωτερικές διαρροές
- (δ) Υψηλή κατανάλωση ισχύος

B3. Η αντλία μεταβλητής παροχής χρησιμοποιείται στο πηδάλιο επειδή:

- (α) Είναι πιο φθηνή
- (β) Προσαρμόζει τη ροή στη ζήτηση και εξοικονομεί ενέργεια
- (γ) Δεν χρειάζεται ανακουφιστική βαλβίδα
- (δ) Λειτουργεί μόνο σε χαμηλές πιέσεις

B4. Η βαλβίδα κατεύθυνσης 4/3 κλειστού κέντρου σημαίνει:

- (α) 4 θέσεις και 3 θυρίδες
- (β) 4 θυρίδες και 3 θέσεις, στο κέντρο όλες οι θυρίδες κλειστές
- (γ) 4 κύλινδροι και 3 αντλίες
- (δ) 4 bar πίεση και 3 L/min παροχή

B5. Ποια βαλβίδα προστατεύει το σύστημα από υπερπίεση;

- (α) Check valve
- (β) Relief valve
- (γ) Flow control valve
- (δ) Directional valve

B6. Ο συσσωρευτής σε υδραυλικό σύστημα χρησιμεύει για:

- (α) Φιλτράρισμα του λαδιού
- (β) Ψύξη του λαδιού
- (γ) Αποθήκευση ενέργειας και απόσβεση κραδασμών
- (δ) Μέτρηση της πίεσης

B7. Σε γερανό πλοίου, η counterbalance valve χρησιμοποιείται για:

- (α) Να αυξήσει την ταχύτητα ανύψωσης
- (β) Να αποτρέψει την ανεξέλεγκτη πτώση του φορτίου
- (γ) Να μειώσει την πίεση λειτουργίας
- (δ) Να φιλτράρει το λάδι

B8. Στο σύστημα πηδαλίου, η απαίτηση SOLAS για μετάβαση από 35° σε -35° είναι:

- (α) Μέγιστο 28 δευτερόλεπτα
- (β) Μέγιστο 60 δευτερόλεπτα
- (γ) Μέγιστο 10 δευτερόλεπτα
- (δ) Δεν υπάρχει χρονικό όριο

B9. Τα πτερύγια ευστάθειας (stabilizers) χρησιμοποιούν σερβοβαλβίδες επειδή:

- (α) Είναι πιο φθηνές
- (β) Απαιτούν πολύ γρήγορη και ακριβή αλλαγή γωνίας
- (γ) Δεν χρειάζονται συντήρηση
- (δ) Λειτουργούν χωρίς λάδι

B10. Αν το υδραυλικό λάδι έχει γίνει «γαλακτώδες», αυτό σημαίνει:

- (α) Υπερθέρμανση
- (β) Παρουσία νερού
- (γ) Χαμηλή στάθμη
- (δ) Υψηλό ιξώδες

ΜΕΡΟΣ Γ: Υπολογιστικά Προβλήματα ($5 \times 10 = 50$ μ.)

Γ1. Αρχή Pascal – Υδραυλικός Γρύλος (10 μ.)

Ένας υδραυλικός γρύλος στο μηχανοστάσιο έχει:

- Μικρό έμβολο: διάμετρος **6 cm**
- Μεγάλο έμβολο: διάμετρος **30 cm**
- Δύναμη στο μικρό έμβολο: **150 N**

Να υπολογιστούν:

- (α) Η πίεση στο σύστημα (σε bar)
- (β) Η δύναμη στο μεγάλο έμβολο
- (γ) Αν θέλουμε να σηκώσουμε βάρος 5.000 kg, ποια δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο;

Γ2. Υδραυλική Ισχύς και Απόδοση (10 μ.)

Το υδραυλικό σύστημα ενός εργάτη αγκύρας λειτουργεί με:

- Πίεση: **250 bar**
- Παροχή: **80 L/min**
- Συνολική απόδοση (αντλία + μοτέρ): **0,78**

Να υπολογιστούν:

- (α) Η υδραυλική ισχύς (kW)
- (β) Η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς του κινητήρα (kW)
- (γ) Η ισχύς που χάνεται ως θερμότητα (kW)

Γ3. Ταχύτητα και Δύναμη Κυλίνδρου (10 μ.)

Κύλινδρος διπλής ενέργειας σε hatch cover έχει:

- Διάμετρος εμβόλου: **120 mm**
- Διάμετρος ράβδου: **60 mm**
- Παροχή: **40 L/min**

- Πίεση λειτουργίας: **180 bar**

Να υπολογιστούν:

- (α) Η ταχύτητα έκτασης (m/s)
- (β) Η ταχύτητα σύμπτυξης (m/s)
- (γ) Η δύναμη ώθησης (έκταση) σε kN
- (δ) Η δύναμη έλξης (σύμπτυξη) σε kN

Γ4. Χρόνος Λειτουργίας Πηδαλίου (10 μ.)

Σύστημα πηδαλίου τύπου ram έχει:

- 2 κύλινδροι με διάμετρο εμβόλου **300 mm**
- Διαδρομή για πλήρη στροφή ($35^\circ \rightarrow -35^\circ$): **400 mm** ανά κύλινδρο
- Παροχή αντλίας: **120 L/min** (συνολικά και στους 2 κυλίνδρους)

Να υπολογιστεί:

- (α) Ο συνολικός όγκος λαδιού που απαιτείται για πλήρη στροφή
- (β) Ο χρόνος για πλήρη στροφή ($35^\circ \rightarrow -35^\circ$)
- (γ) Πληροί την απαίτηση SOLAS (≤ 28 sec);

Γ5. Μετατόπιση Αντλίας και Απόδοση (10 μ.)

Αντλία πηδαλίου έχει:

- Θεωρητική μετατόπιση: **75 cm³/rev**
- Στροφές: **1800 rpm**
- Ογκομετρική απόδοση: **0,92**
- Μηχανική απόδοση: **0,88**

Να υπολογιστούν:

- (α) Η θεωρητική παροχή (L/min)
- (β) Η πραγματική παροχή (L/min)
- (γ) Η συνολική απόδοση της αντλίας
- (δ) Αν η πίεση είναι 200 bar, ποια είναι η απαιτούμενη ισχύς κινητήρα (kW);

ΛΥΣΕΙΣ

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Α

A1. Αρχή Pascal

Διατύπωση: Η πίεση που ασκείται σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου υγρού μεταδίδεται αμείωτη και ίση προς όλες τις κατευθύνσεις.

Εφαρμογή στο πηδάλιο:

- Μικρή δύναμη από το τηλέγραφο/σερβο δημιουργεί πίεση στο λάδι
 - Η πίεση μεταδίδεται στους μεγάλους κυλίνδρους ram
 - Λόγω του μεγαλύτερου εμβαδού, παράγεται τεράστια δύναμη για να γυρίσει το πηδάλιο
 - Έτσι ο πλοίαρχος με ελάχιστη προσπάθεια ελέγχει δύναμη πολλών τόνων
-

A2. Πίνακας Σύγκρισης

Χαρακτηριστικό	Υδραυλικά	Πνευματικά
Μέσο μετάδοσης	Λάδι (ασυμπίεστο)	Αέρας (συμπιεστός)
Τυπική πίεση λειτουργίας	150-350 bar	6-10 bar
Δύναμη/μέγεθος	Πολύ μεγάλη	Μικρή έως μέτρια
Ακρίβεια θέσης	Εξαιρετική	Μέτρια (λόγω συμπιεστότητας)

A3. Ιξώδες και Δείκτης Ιξώδους

Ιξώδες: Η αντίσταση του ρευστού στη ροή («πόσο παχύ» είναι το λάδι).

Δείκτης Ιξώδους (VI): Δείχνει πόσο αλλάζει το ιξώδες με τη θερμοκρασία. Υψηλό VI = σταθερό ιξώδες σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών.

Σημασία για πλοία:

- Το πλοίο λειτουργεί σε διαφορετικά κλίματα (Αρκτική έως τροπικά)
- Χρειαζόμαστε λάδι που διατηρεί τις ιδιότητές του σε όλες τις συνθήκες
- Λάθος ιξώδες = διαρροές, κακή λίπανση, αργές κινήσεις, υπερθέρμανση

A4. Τύποι Υδραυλικών Ελαίων

1. Ορυκτέλαια (Mineral oils):

- Τα πιο συνηθισμένα και οικονομικά
- Χρήση: Γενικά υδραυλικά συστήματα (πηδάλιο, εργάτες, γερανοί)

2. Συνθετικά (Synthetic):

- Καλύτερη απόδοση σε ακραίες θερμοκρασίες
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- Χρήση: Πλοία σε πολικές περιοχές, υψηλής απόδοσης συστήματα

3. Πυράντοχα (Fire-resistant):

- HFC (νερό-γλυκόλη), HFD (συνθετικά εστέρια)
- Χρήση: Κοντά σε πηγές θερμότητας (λέβητες, μηχανοστάσιο επιβατηγών)

A5. Κύλινδροι Μονής vs Διπλής Ενέργειας

Μονής ενέργειας:

- Υδραυλική πίεση μόνο προς μία κατεύθυνση
- Επιστροφή με ελατήριο ή βάρος
- Απλούστερος, φθηνότερος

Διπλής ενέργειας:

- Υδραυλική πίεση και στις δύο κατευθύνσεις
- Πλήρης έλεγχος και στην έκταση και στη σύμπτυξη
- Μεγαλύτερη δύναμη και στις δύο κατευθύνσεις

Στο πηδάλιο: Χρησιμοποιείται **διπλής ενέργειας** επειδή:

- Χρειαζόμαστε ίδια δύναμη και δεξιά και αριστερά
- Πρέπει να νικήσουμε τις υδροδυναμικές δυνάμεις του νερού σε όλες τις κατευθύνσεις
- Απαιτείται ακριβής έλεγχος θέσης

A6. Βαλβίδες

(α) Ανακουφιστική (Relief):

- Ανοίγει όταν η πίεση ξεπεράσει το ρυθμισμένο όριο
- Επιστρέφει το λάδι στη δεξαμενή
- Προστατεύει αντλία, σωληνώσεις, εξαρτήματα από υπερπίεση

(β) Αντιστάθμισης (Counterbalance):

- Τοποθετείται στην έξοδο κυλίνδρου που σηκώνει φορτίο
- Επιτρέπει ελεγχόμενη κάθοδο μόνο όταν υπάρχει pilot πίεση
- Αποτρέπει την ανεξέλεγκτη πτώση φορτίου (overrunning load)

(γ) Υδραυλική κλειδαριά (Pilot-operated check):

- Κανονικά κλείνει τη ροή (σαν check valve)
- Ανοίγει μόνο με εξωτερικό pilot σήμα
- «Κλειδώνει» τον κύλινδρο σε θέση χωρίς κατανάλωση ενέργειας

A7. Συσσωρευτής

Τι είναι: Δοχείο που αποθηκεύει υδραυλική ενέργεια χρησιμοποιώντας συμπιεσμένο αέριο (συνήθως άζωτο).

Τύποι:

- **Με διάφραγμα (Bladder/Diaphragm):** Ελαστική μεμβράνη χωρίζει αέριο-λάδι
- **Με έμβολο (Piston):** Μεταλλικό έμβολο χωρίζει αέριο-λάδι

Εφαρμογές στο πλοίο:

1. **Υδατοστεγείς πόρτες:** Παρέχει ενέργεια για κλείσιμο σε blackout
2. **Emergency steering:** Εφεδρική ενέργεια για πηδάλιο
3. **Απόσβεση παλμών:** Εξομαλύνει τους παλμούς από εμβολοφόρες αντλίες

A8. Τύποι Συστημάτων Πηδαλίου

Ram Type (Κριοειδές):

- 2 ή 4 κύλινδροι ωθούν μηχανισμό rack-pinion ή tiller
- **Πλεονεκτήματα:** Απλό, ανθεκτικό, εύκολη συντήρηση, μεγάλες δυνάμεις
- **Χρήση:** Bulk carriers, tankers, μεγάλα φορτηγά

Rotary Vane (Περιστροφικό πτερύγιο):

- Περιστροφικός ενεργοποιητής με πτερύγια
- **Πλεονεκτήματα:** Compact, γρηγορότερη απόκριση, ομαλότερη κίνηση
- **Χρήση:** Επιβατηγά, κρουαζιερόπλοια, container νέας γενιάς

A9. Σερβοβαλβίδες και Αναλογικές

Αναλογική βαλβίδα:

- Το άνοιγμα είναι ανάλογο του ηλεκτρικού σήματος (4-20 mA, 0-10 V)
- Επιτρέπει συνεχή ρύθμιση ροής/πίεσης

Σερβοβαλβίδα:

- Πιο ακριβής και γρήγορη από την αναλογική
- Χρησιμοποιείται σε κλειστό βρόχο ελέγχου με ανάδραση

Εφαρμογές στο πλοίο:

- **Stabilizers:** Απαιτούν αλλαγή γωνίας 5.000-10.000 φορές/λεπτό
- **Autopilot πηδαλίου:** Για ακριβή διατήρηση πορείας
- **Ακριβείς κινήσεις γερανών:** DP vessels, offshore

Γιατί: Οι απλές on/off βαλβίδες δίνουν απότομες κινήσεις, ενώ οι αναλογικές/σερβο δίνουν ομαλή και ακριβή κίνηση.

A10. Σύστημα Follow-up

Τι είναι: Σύστημα ανάδρασης που διασφαλίζει ότι το πηδάλιο ακολουθεί ακριβώς την εντολή του τιμονιού.

Λειτουργία:

1. Ο πλοίαρχος γυρίζει το τιμόνι → δίνει setpoint γωνίας
2. Ο ελεγκτής συγκρίνει setpoint με πραγματική γωνία πηδαλίου (feedback)
3. Αν υπάρχει διαφορά → ενεργοποιεί αντλία/βαλβίδες
4. Το πηδάλιο κινείται προς τη ζητούμενη γωνία
5. Όταν η γωνία γίνει ίση με το setpoint → το σήμα μηδενίζεται → η κίνηση σταματά

Αν αποτύχει το follow-up:

- Το πηδάλιο δεν θα σταματήσει στη σωστή θέση
- Θα πάει στο τέρμα (hard over) ή θα ταλαντώνεται
- Πρέπει να γίνει μετάβαση σε **Non-Follow-Up (NFU)** χειρισμό
- Ο χειριστής κρατά το κουμπί όσο θέλει κίνηση και το αφήνει για να σταματήσει

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Β

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση
B1	(α)
B2	(γ)
B3	(β)
B4	(β)
B5	(β)
B6	(γ)
B7	(β)
B8	(α)
B9	(β)
B10	(β)

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Γ

Γ1. Λύση – Υδραυλικός Γρύλος

Δεδομένα:

- $D1=6 \text{ cm}=0,06 \text{ m}$

- $D_2=30\text{ cm}=0,30\text{ m}$
- $F_1=150\text{ N}$

Υπολογισμός εμβαδών:

$$A_1=\pi\cdot(0,062)^2=\pi\cdot0,0032=\pi\cdot0,0009=0,002827\text{ m}^2$$

$$A_2=\pi\cdot(0,302)^2=\pi\cdot0,152=\pi\cdot0,0225=0,07069\text{ m}^2$$

(α) Πίεση στο σύστημα:

$$p=F_1/A_1=150/0,002827=53.066\text{ Pa}=0,531\text{ bar}$$

(β) Δύναμη στο μεγάλο έμβολο:

Μέθοδος 1 (με πίεση):

$$F_2=p\cdot A_2=53.066\cdot0,07069=3.751\text{ N}$$

Μέθοδος 2 (με λόγο επιφανειών):

$$A_2/A_1=(D_2/D_1)^2=(30/6)^2=5^2=25$$

$$F_2=F_1\cdot25=150\cdot25=3.750\text{ N}$$

(γ) Δύναμη για ανύψωση 5.000 kg:

$$F_2=m\cdot g=5.000\cdot9,81=49.050\text{ N}$$

$$F_1=F_2/25=49.050/25=1.962\text{ N}$$

Απαντήσεις:

- (α) $p \approx 0,53\text{ bar}$
- (β) $F_2 = 3.750\text{ N}$
- (γ) $F_1 \approx 1.962\text{ N}$ (περίπου 200 kg δύναμη χεριού)

Γ2. Λύση – Υδραυλική Ισχύς

Δεδομένα:

- $p=250\text{ bar}$
- $Q=80\text{ L/min}$
- $\eta=0,78$

(α) Υδραυλική ισχύς:

$$P_{hyd}=p\cdot Q/600=250\cdot80/600=20.000/600=33,33\text{ kW}$$

(β) Απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς:

$$P_{el}=P_{hyd}/\eta=33,33/0,78=42,73\text{ kW}$$

(γ) Απώλειες (θερμότητα):

$$P_{loss}=P_{el}-P_{hyd}=42,73-33,33=9,40\text{ kW}$$

Απαντήσεις:

- (α) $P_{hyd} = 33,33\text{ kW}$
- (β) $P_{el} = 42,73\text{ kW}$
- (γ) $P_{loss} = 9,40\text{ kW}$

Γ3. Λύση – Κύλινδρος Hatch Cover

Δεδομένα:

- $D=120\text{ mm}=0,12\text{ m}$
- $d=60\text{ mm}=0,06\text{ m}$
- $Q=40\text{ L/min}=0,000667\text{ m}^3/\text{s}$
- $p=180\text{ bar}=18.000.000\text{ Pa}$

Εμβαδά:

$$A_{\text{piston}} = \pi \cdot (0,122)^2 = \pi \cdot 0,0036 = 0,01131 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{rod}} = \pi \cdot (0,062)^2 = \pi \cdot 0,0009 = 0,002827 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{annular}} = A_{\text{piston}} - A_{\text{rod}} = 0,01131 - 0,002827 = 0,008483 \text{ m}^2$$

(α) Ταχύτητα έκτασης:

$$v_{\text{ext}} = Q A_{\text{piston}} = 0,0006670,01131 = 0,059 \text{ m/s}$$

(β) Ταχύτητα σύμπτυξης:

$$v_{\text{ret}} = Q A_{\text{annular}} = 0,0006670,008483 = 0,079 \text{ m/s}$$

(γ) Δύναμη ώθησης (έκταση):

$$F_{\text{push}} = p \cdot A_{\text{piston}} = 18.000.000 \cdot 0,01131 = 203.580 \text{ N} = 203,6 \text{ kN}$$

(δ) Δύναμη έλξης (σύμπτυξη):

$$F_{\text{pull}} = p \cdot A_{\text{annular}} = 18.000.000 \cdot 0,008483 = 152.694 \text{ N} = 152,7 \text{ kN}$$

Απαντήσεις:

- (α) $v_{\text{ext}} \approx 0,059 \text{ m/s}$ (5,9 cm/s)
 - (β) $v_{\text{ret}} \approx 0,079 \text{ m/s}$ (7,9 cm/s)
 - (γ) $F_{\text{push}} \approx 203,6 \text{ kN}$
 - (δ) $F_{\text{pull}} \approx 152,7 \text{ kN}$
-

Γ4. Λύση – Χρόνος Πηδαλίου**Δεδομένα:**

- $D = 300 \text{ mm} = 0,30 \text{ m}$
- Διαδρομή ανά κύλινδρο: $s = 400 \text{ mm} = 0,40 \text{ m}$
- 2 κύλινδροι
- $Q = 120 \text{ L/min}$

(α) Συνολικός όγκος λαδιού:

$$A = \pi \cdot (0,302)^2 = \pi \cdot 0,0225 = 0,07069 \text{ m}^2$$

Όγκος ανά κύλινδρο:

$$V_1 = A \cdot s = 0,07069 \cdot 0,40 = 0,02828 \text{ m}^3 = 28,28 \text{ L}$$

Συνολικός όγκος (2 κύλινδροι):

$$V_{\text{total}} = 2 \cdot 28,28 = 56,55 \text{ L}$$

(β) Χρόνος για πλήρη στροφή:

$$t = V_{\text{total}} / Q = 56,55 / 120 = 0,471 \text{ min} = 28,3 \text{ sec}$$

(γ) Απαίτηση SOLAS:

- SOLAS: ≤ 28 δευτερόλεπτα
- Υπολογισμός: 28,3 δευτερόλεπτα
- **Οριακά ΔΕΝ πληροί** (απαιτείται μικρή αύξηση παροχής ή μείωση διαδρομής)

Απαντήσεις:

- (α) $V_{\text{total}} = 56,55 \text{ L}$
 - (β) $t = 28,3 \text{ sec}$
 - (γ) **Οριακά ΔΕΝ πληροί SOLAS** (χρειάζεται βελτίωση)
-

Γ5. Λύση – Αντλία Πηδαλίου

Δεδομένα:

- Θεωρητική μετατόπιση: $V_g=75 \text{ cm}^3/\text{rev}$
- $n=1800 \text{ rpm}$
- $\eta_v=0,92$ (ογκομετρική)
- $\eta_m=0,88$ (μηχανική)
- $p=200 \text{ bar}$

(α) Θεωρητική παροχή:

$$Q_{th}=V_g \cdot n=75 \cdot 1800=135.000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$Q_{th}=135.000/1000=135 \text{ L/min}$$

(β) Πραγματική παροχή:

$$Q_{act}=Q_{th} \cdot \eta_v=135 \cdot 0,92=124,2 \text{ L/min}$$

(γ) Συνολική απόδοση:

$$\eta_{total}=\eta_v \cdot \eta_m=0,92 \cdot 0,88=0,8096 \approx 0,81$$

(δ) Απαιτούμενη ισχύς κινητήρα:

Υδραυλική ισχύς:

$$P_{hyd}=p \cdot Q_{act} \cdot 600=200 \cdot 124,2 \cdot 600=24.840 \cdot 600=41,4 \text{ kW}$$

Ισχύς κινητήρα:

$$P_{motor}=P_{hyd}/\eta_{total}=41,4/0,81=51,1 \text{ kW}$$

Απαντήσεις:

- (α) $Q_{th} = 135 \text{ L/min}$
- (β) $Q_{act} = 124,2 \text{ L/min}$
- (γ) $\eta_{total} = 0,81$ (81%)
- (δ) $P_{motor} = 51,1 \text{ kW}$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Μέρος	Αριθμός θεμάτων	Μονάδες/θέμα	Σύνολο
A	10	3	30
B	10	2	20
Γ	5	10	50
Σύνολο			100

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ RUBRIC ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ (ΜΕΡΟΣ Γ)**Γ1 (10 μ.)**

- Σωστά εμβαδά: 2 μ.
- Σωστή πίεση: 2 μ.
- Σωστός λόγος επιφανειών: 2 μ.
- Σωστή F_2 : 2 μ.
- Σωστή F_1 για 5000 kg: 2 μ.

Γ2 (10 μ.)

- Σωστός τύπος $P=pQ/600$: 2 μ.
- Σωστή P_{hyd} : 3 μ.

- Σωστή P_{el} : 3 μ.
- Σωστές απώλειες: 2 μ.

Γ3 (10 μ.)

- Σωστά εμβαδά (piston, annular): 2 μ.
- Σωστή v_{ext} : 2 μ.
- Σωστή v_{ret} : 2 μ.
- Σωστή F_{push} : 2 μ.
- Σωστή F_{pull} : 2 μ.

Γ4 (10 μ.)

- Σωστό εμβαδόν: 2 μ.
- Σωστός όγκος ανά κύλινδρο: 2 μ.
- Σωστός συνολικός όγκος: 2 μ.
- Σωστός χρόνος: 2 μ.
- Σωστή σύγκριση με SOLAS: 2 μ.

Γ5 (10 μ.)

- Σωστή Q_{th} : 2 μ.
- Σωστή Q_{act} : 2 μ.
- Σωστή η_{total} : 2 μ.
- Σωστή P_{hyd} : 2 μ.
- Σωστή P_{motor} : 2 μ.

Σημείωση για διορθωτές:

- Αποδεκτή απόκλιση: $\pm 3\%$ λόγω στρογγυλοποιήσεων
 - Μερικές μονάδες για σωστή μεθοδολογία με αριθμητικό λάθος
 - Πλήρεις μονάδες αν φαίνεται ξεκάθαρα η διαδικασία και το αποτέλεσμα είναι σωστό
-

Φυλλάδιο Ασκήσεων με Λύσεις (Version D – ΕΥΚΟΛΟ)

Ύλη: (1) Βασικές αρχές & ιδιότητες, (2) Εξαρτήματα, (3) Εφαρμογές στα πλοία

Χρόνος: 90' — **Σύνολο:** 100 μονάδες

Επίπεδο: Βασικό (εύκολοι αριθμοί, απλά σενάρια)

ΘΕΜΑΤΑ

ΜΕΡΟΣ Α: Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους ($10 \times 2 = 20$ μ.)

Γράψτε Σ (Σωστό) ή Λ (Λάθος). Αν είναι λάθος, γράψτε το σωστό.

- A1. Σύμφωνα με την Αρχή του Pascal, η πίεση σε κλειστό υγρό μεταδίδεται ίση προς όλες τις κατευθύνσεις.
- A2. Τα υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούν αέρα ως μέσο μετάδοσης ισχύος.
- A3. Όσο μεγαλύτερη η παροχή (L/min), τόσο πιο γρήγορα κινείται ο κύλινδρος.
- A4. Το χαμηλό ιξώδες προκαλεί αργές κινήσεις στο υδραυλικό σύστημα.
- A5. Η ανακουφιστική βαλβίδα (relief) προστατεύει το σύστημα από υπερπίεση.
- A6. Η αντλία μεταβλητής παροχής δίνει πάντα την ίδια ποσότητα λαδιού.

- A7.** Ο συσσωρευτής χρησιμεύει για αποθήκευση υδραυλικής ενέργειας.
- A8.** Στο πηδάλιο πλοίου χρησιμοποιούνται κύλινδροι μονής ενέργειας.
- A9.** Η counterbalance valve αποτρέπει την ανεξέλεγκτη πτώση φορτίου σε γερανό.
- A10.** Οι σερβοβαλβίδες χρησιμοποιούνται στα stabilizers για ακριβή έλεγχο.

ΜΕΡΟΣ Β: Αντιστοίχιση (10×2 = 20 μ.)

Αντιστοιχίστε κάθε στοιχείο της Στήλης Α με ένα της Στήλης Β.

Στήλη Α (Εξάρτημα/Εννοια)	Στήλη Β (Λειτουργία/Περιγραφή)
1. Relief valve	α. Αποθηκεύει ενέργεια με συμπιεσμένο αέριο
2. Counterbalance valve	β. Κρατά τον κύλινδρο σε θέση χωρίς πίεση
3. Pilot-operated check	γ. Ανοίγει όταν η πίεση ξεπεράσει το όριο
4. Συσσωρευτής	δ. Ελέγχει την κάθοδο φορτίου
5. Βαλβίδα 4/3	ε. Καθορίζει την κατεύθυνση κίνησης
6. Αντλία	στ. Δημιουργεί ροή λαδιού
7. Κύλινδρος	ζ. Μετατρέπει υδραυλική ενέργεια σε γραμμική κίνηση
8. Υδραυλικός κινητήρας	η. Μετατρέπει υδραυλική ενέργεια σε περιστροφή
9. Φίλτρο	θ. Καθαρίζει το λάδι από ρύπους
10. Ψύκτης (cooler)	ι. Διατηρεί τη θερμοκρασία του λαδιού

ΜΕΡΟΣ Γ: Συμπλήρωση Κενών (10×1 = 10 μ.)

Συμπληρώστε τα κενά με τη σωστή λέξη.

Γ1. Ο τύπος για την πίεση είναι: $p = F / \underline{\hspace{2cm}}$

Γ2. Ο τύπος για την υδραυλική ισχύ (σε kW) είναι: $P = (p \times Q) / \underline{\hspace{2cm}}$

Γ3. Τα υδραυλικά συστήματα λειτουργούν σε πιέσεις bar (150-350), ενώ τα πνευματικά σε bar (6-10).

Γ4. Το ιξώδες του λαδιού μετρείται σε (μονάδα).

Γ5. Η βαλβίδα κατεύθυνσης 4/3 έχει θυρίδες και θέσεις.

Γ6. Τα δύο είδη συστήματος πηδαλίου είναι: type και Vane.

Γ7. Σύμφωνα με SOLAS, το πηδάλιο πρέπει να στρέφει από 35° σε -35° σε λιγότερο από δευτερόλεπτα.

ΜΕΡΟΣ Δ: Υπολογιστικά Προβλήματα (5×10 = 50 μ.)

Δ1. Αρχή Pascal – Απλός Υπολογισμός (10 μ.)

Υδραυλικό πιεστήριο έχει:

- Μικρό έμβολο: διάμετρος **10 cm**
- Μεγάλο έμβολο: διάμετρος **50 cm**
- Δύναμη στο μικρό έμβολο: **200 N**

(α) Ποιος είναι ο λόγος των επιφανειών (A_2/A_1);

(β) Ποια δύναμη ασκείται στο μεγάλο έμβολο;

(γ) Πόσα κιλά μπορεί να σηκώσει; ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Δ2. Υδραυλική Ισχύς – Απλός Υπολογισμός (10 μ.)

Αντλία λειτουργεί με:

- Πίεση: **120 bar**
- Παροχή: **60 L/min**

(α) Υπολογίστε την υδραυλική ισχύ (kW) με τον τύπο: $P = (p \times Q) / 600$

(β) Αν η απόδοση είναι 80% (0,80), ποια είναι η ηλεκτρική ισχύς που χρειάζεται;

(γ) Πόση ισχύς χάνεται ως θερμότητα;

Δ3. Ταχύτητα Κυλίνδρου – Απλός Υπολογισμός (10 μ.)

Κύλινδρος με:

- Διάμετρος εμβόλου: **100 mm = 0,10 m**
- Παροχή: **30 L/min**

(α) Υπολογίστε το εμβαδόν του εμβόλου (σε m²). [Τύπος: $A = \pi \times r^2$]

(β) Μετατρέψτε την παροχή σε m³/s. [30 L/min = ? m³/s]

(γ) Υπολογίστε την ταχύτητα έκτασης (m/s). [$v = Q / A$]

Δ4. Δύναμη Κυλίνδρου – Απλός Υπολογισμός (10 μ.)

Κύλινδρος πεδαλίου με:

- Διάμετρος εμβόλου: **200 mm = 0,20 m**
- Πίεση λειτουργίας: **150 bar = 15.000.000 Pa**

(α) Υπολογίστε το εμβαδόν του εμβόλου (m²).

(β) Υπολογίστε τη δύναμη ώθησης (N). [$F = p \times A$]

(γ) Εκφράστε τη δύναμη σε kN και σε τόνους. [1 τόνος $\approx$ 10.000 N]

Δ5. Χρόνος Κίνησης – Απλός Υπολογισμός (10 μ.)

Κύλινδρος γερανού:

- Εμβαδόν εμβόλου: **0,01 m²** (δίνεται έτοιμο)
- Διαδρομή: **2 m**
- Παροχή: **20 L/min = 0,02 m³/min**

(α) Υπολογίστε τον όγκο λαδιού που χρειάζεται για την πλήρη διαδρομή. [$V = A \times s$]

(β) Υπολογίστε τον χρόνο σε λεπτά. [$t = V / Q$]

(γ) Μετατρέψτε τον χρόνο σε δευτερόλεπτα.

ΛΥΣΕΙΣ

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Α (Σωστό-Λάθος)

Ερώτηση	Απάντηση	Επεξήγηση/Διόρθωση
A1	Σ	Αυτή είναι ακριβώς η Αρχή του Pascal
A2	Λ	Τα υδραυλικά χρησιμοποιούν λάδι , όχι αέρα. Ο αέρας χρησιμοποιείται στα πνευματικά
A3	Σ	Περισσότερη παροχή = περισσότερο λάδι ανά λεπτό = πιο γρήγορη κίνηση

Ερώτηση	Απάντηση	Επεξήγηση/Διόρθωση
A4	Λ	Το χαμηλό ιξώδες προκαλεί διαρροές (το λάδι είναι πολύ αραιό). Το υψηλό ιξώδες προκαλεί αργές κινήσεις
A5	Σ	Η relief ανοίγει στο όριο πίεσης και στέλνει λάδι στη δεξαμενή
A6	Λ	Η μεταβλητής παροχής αλλάζει την παροχή της. Η σταθερής δίνει πάντα την ίδια
A7	Σ	Ο συσσωρευτής αποθηκεύει ενέργεια με συμπιεσμένο αέριο (άζωτο)
A8	Λ	Στο πηδάλιο χρησιμοποιούνται κύλινδροι διπλής ενέργειας (δύναμη και στις δύο κατευθύνσεις)
A9	Σ	Η counterbalance επιτρέπει ελεγχόμενη κάθοδο, όχι ελεύθερη πτώση
A10	Σ	Τα stabilizers χρειάζονται πολύ γρήγορες και ακριβείς αλλαγές γωνίας

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Β (Αντιστοίχιση)

Στήλη Α	Στήλη Β
1. Relief valve	γ
2. Counterbalance valve	δ
3. Pilot-operated check	β
4. Συσσωρευτής	α
5. Βαλβίδα 4/3	ε
6. Αντλία	στ
7. Κύλινδρος	ζ
8. Υδραυλικός κινητήρας	η
9. Φίλτρο	θ
10. Ψύκτης (cooler)	ι

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Γ (Συμπλήρωση Κενών)

Ερώτηση	Απάντηση
Γ1	$p = F / A$ (εμβαδόν)
Γ2	$P = (p \times Q) / 600$
Γ3	Υδραυλικά: 150-350 bar, Πνευματικά: 6-10 bar
Γ4	cSt (centistokes) ή mm²/s
Γ5	4 θυρίδες και 3 θέσεις
Γ6	Ram type και Rotary Vane
Γ7	28 δευτερόλεπτα

ΛΥΣΕΙΣ ΜΕΡΟΥΣ Δ (Υπολογιστικά)

Δ1. Λύση – Αρχή Pascal

Δεδομένα:

- $D_1 = 10 \text{ cm}$

- $D_2 = 50 \text{ cm}$
- $F_1 = 200 \text{ N}$

(α) Λόγος επιφανειών:

Κόλπο: Δεν χρειάζεται να υπολογίσουμε τα εμβαδά! Ο λόγος είναι το τετράγωνο του λόγου των διαμέτρων:

$$A_2/A_1 = (D_2/D_1)^2 = (50/10)^2 = 5^2 = 25$$

Απάντηση: Ο λόγος είναι 25

(β) Δύναμη στο μεγάλο έμβολο:

$$F_2 = F_1 \times A_2/A_1 = 200 \times 25 = 5.000 \text{ N}$$

Απάντηση: $F_2 = 5.000 \text{ N}$

(γ) Πόσα κιλά σηκώνει:

$$m = F_g = 5.000 / 10 = 500 \text{ kg}$$

Απάντηση: Μπορεί να σηκώσει 500 kg

Δ2. Λύση – Υδραυλική Ισχύς

Δεδομένα:

- $p = 120 \text{ bar}$
- $Q = 60 \text{ L/min}$
- $\eta = 0,80$

(α) Υδραυλική ισχύς:

$$P_{\text{hyd}} = p \times Q / 600 = 120 \times 60 / 600 = 7.200 / 600 = 12 \text{ kW}$$

Απάντηση: $P_{\text{hyd}} = 12 \text{ kW}$

(β) Ηλεκτρική ισχύς:

$$P_{\text{el}} = P_{\text{hyd}} / \eta = 12 / 0,80 = 15 \text{ kW}$$

Απάντηση: $P_{\text{el}} = 15 \text{ kW}$

(γ) Απώλειες (θερμότητα):

$$P_{\text{loss}} = P_{\text{el}} - P_{\text{hyd}} = 15 - 12 = 3 \text{ kW}$$

Απάντηση: $P_{\text{loss}} = 3 \text{ kW}$ (αυτή η ενέργεια ζεσταίνει το λάδι!)

Δ3. Λύση – Ταχύτητα Κυλίνδρου

Δεδομένα:

- $D = 100 \text{ mm} = 0,10 \text{ m} \rightarrow r = 0,05 \text{ m}$
- $Q = 30 \text{ L/min}$

(α) Εμβαδόν εμβόλου:

$$A = \pi \times r^2 = 3,14 \times (0,05)^2 = 3,14 \times 0,0025 = 0,00785 \text{ m}^2$$

Απάντηση: $A \approx 0,00785 \text{ m}^2$ (ή $78,5 \text{ cm}^2$)

(β) Μετατροπή παροχής:

Βήμα 1: L σε m^3

$$30 \text{ L} = 30 \div 1000 = 0,030 \text{ m}^3$$

Βήμα 2: ανά λεπτό σε ανά δευτερόλεπτο

$$Q = 0,030 / 60 = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

Απάντηση: $Q = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$

(γ) Ταχύτητα έκτασης:

$$v = QA = 0,0005 \cdot 0,00785 = 0,0637 \text{ m/s}$$

Απάντηση: $v \approx 0,064 \text{ m/s}$ (ή $6,4 \text{ cm/s}$)

Δ4. Λύση – Δύναμη Κυλίνδρου

Δεδομένα:

- $D = 200 \text{ mm} = 0,20 \text{ m} \rightarrow r = 0,10 \text{ m}$
 - $p = 150 \text{ bar} = 15.000.000 \text{ Pa}$
-

(α) Εμβαδόν εμβόλου:

$$A = \pi \times r^2 = 3,14 \times (0,10)^2 = 3,14 \times 0,01 = 0,0314 \text{ m}^2$$

Απάντηση: $A = 0,0314 \text{ m}^2$

(β) Δύναμη ώθησης:

$$F = p \times A = 15.000.000 \times 0,0314 = 471.000 \text{ N}$$

Απάντηση: $F = 471.000 \text{ N}$

(γ) Σε kN και τόνους:

$$F = 471.000 \text{ N} = 471 \text{ kN}$$

$$F = 471.000 / 10.000 = 47,1 \text{ τόνοι}$$

Απάντηση: $F = 471 \text{ kN} \approx 47 \text{ τόνοι!}$

(Αυτό εξηγεί γιατί τα υδραυλικά μπορούν να γυρίσουν τεράστια πηδάλια!)

Δ5. Λύση – Χρόνος Κίνησης

Δεδομένα:

- $A = 0,01 \text{ m}^2$ (δίνεται)
 - $s = 2 \text{ m}$ (διαδρομή)
 - $Q = 20 \text{ L/min} = 0,02 \text{ m}^3/\text{min}$ (δίνεται)
-

(α) Όγκος λαδιού:

$$V = A \times s = 0,01 \times 2 = 0,02 \text{ m}^3 = 20 \text{ L}$$

Απάντηση: $V = 0,02 \text{ m}^3 = 20 \text{ L}$

(β) Χρόνος σε λεπτά:

$$t = VQ = 0,02 \cdot 0,02 = 1 \text{ min}$$

Απάντηση: $t = 1$ λεπτό

(γ) Χρόνος σε δευτερόλεπτα:

$$t = 1 \times 60 = 60 \text{ sec}$$

Απάντηση: $t = 60$ δευτερόλεπτα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Μέρος	Τύπος	Πλήθος	Μονάδες/θέμα	Σύνολο
A	Σωστό-Λάθος	10	2	20
B	Αντιστοίχιση	10	2	20
Γ	Συμπλήρωση	10	1	10
Δ	Υπολογιστικά	5	10	50
			Σύνολο	100

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ RUBRIC

Μέρος A (Σωστό-Λάθος)

- **2 μ.:** Σωστή απάντηση
- **0 μ.:** Λάθος απάντηση
- *Bonus +0,5 μ.:* Αν σε λάθος απάντηση γράψει και τη σωστή διόρθωση

Μέρος B (Αντιστοίχιση)

- **2 μ.:** Σωστή αντιστοίχιση
- **0 μ.:** Λάθος αντιστοίχιση

Μέρος Γ (Συμπλήρωση)

- **1 μ.:** Σωστή λέξη/αριθμός
- **0,5 μ.:** Μερικώς σωστό (π.χ. σωστή έννοια, λάθος μονάδα)
- **0 μ.:** Λάθος ή κενό

Μέρος Δ (Υπολογιστικά) – Ανά Άσκηση

Δ1 (10 μ.)

Υποερώτημα	Μονάδες	Κριτήρια
(α) Λόγος επιφανειών	3 μ.	2 μ. σωστός τύπος, 1 μ. σωστό αποτέλεσμα (=25)
(β) Δύναμη F_2	4 μ.	2 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα (=5.000 N)
(γ) Μάζα σε kg	3 μ.	2 μ. σωστός τύπος $m=F/g$, 1 μ. σωστό αποτέλεσμα (=500 kg)

Δ2 (10 μ.)

Υποερώτημα	Μονάδες	Κριτήρια
(α) P_{hyd}	4 μ.	2 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα (=12 kW)
(β) P_{el}	3 μ.	1 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα (=15 kW)
(γ) P_{loss}	3 μ.	1 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα (=3 kW)

Δ3 (10 μ.)

Υποερώτημα	Μονάδες	Κριτήρια
(α) Εμβαδόν A	3 μ.	1 μ. σωστός τύπος, 1 μ. σωστή ακτίνα, 1 μ. σωστό αποτέλεσμα
(β) Μετατροπή Q	3 μ.	1,5 μ. $L \rightarrow m^3$, 1,5 μ. $min \rightarrow s$
(γ) Ταχύτητα v	4 μ.	2 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα

Δ4 (10 μ.)

Υποερώτημα	Μονάδες	Κριτήρια
(α) Εμβαδόν A	3 μ.	1 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα
(β) Δύναμη F	4 μ.	2 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα
(γ) Μετατροπή kN/τόνοι	3 μ.	1,5 μ. σε kN, 1,5 μ. σε τόνους

Δ5 (10 μ.)

Υποερώτημα	Μονάδες	Κριτήρια
(α) Όγκος V	3 μ.	1 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα
(β) Χρόνος min	4 μ.	2 μ. σωστός τύπος, 2 μ. σωστό αποτέλεσμα
(γ) Χρόνος sec	3 μ.	Σωστή μετατροπή

ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΠΟΥΛΑΣΤΕΣ

Οι 5 Χρυσοί Κανόνες

1. **Τύπος Pascal:** Λόγος επιφανειών = $(D_2/D_1)^2$ — Δεν χρειάζεται να υπολογίζεις εμβαδά!
2. **Υδραυλική Ισχύς:** $P(kW) = p(bar) \times Q(L/min) / 600$ — Μάθε τον απ' έξω!
3. **Μετατροπές:**
 - 1 L = 0,001 m³
 - 1 min = 60 s
 - 1 bar = 100.000 Pa
4. **Εμβαδόν κύκλου:** $A = \pi \times r^2$ — Προσοχή: χρησιμοποίησε την ΑΚΤΙΝΑ, όχι τη διάμετρο!
5. **Απόδοση:** $P_{in} = P_{out} / \eta$ — Η απόδοση είναι πάντα <1, άρα η είσοδος είναι ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ από την έξοδο!

Τι να Θυμάσαι για τις Εξετάσεις

Εξάρτημα	Τι Κάνει	Πού το Βρίσκω
Relief	Προστασία υπερπίεσης	Παντού!
Counterbalance	Κρατά φορτίο	Γερανοί, hatch covers
Pilot check	Κλειδώνει θέση	Γερανοί, κύλινδροι
Συσσωρευτής	Αποθήκη ενέργειας	Emergency steering, watertight doors

Φυλλάδιο Ασκήσεων με Λύσεις (Version E – ΜΕΣΑΙΑ ΔΥΣΚΟΛΙΑ)

ΣΑΕ II – Υδραυλικά Συστήματα (ΑΕΝ, ΣΤ' εξάμηνο)

Υλη: (1) Βασικές αρχές & ιδιότητες, (2) Εξαρτήματα, (3) Εφαρμογές στα πλοία

Χρόνος: 90' — Σύνολο: 100 μονάδες

Επίπεδο: Μέσο (ρεαλιστικά νούμερα πλοίων, λίγη θεωρία, λίγη διάγνωση βλαβών)

ΘΕΜΑΤΑ

ΜΕΡΟΣ Α: Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής (10×2 = 20 μ.)

A1. Ποιος είναι ο κύριος λόγος που τα υδραυλικά συστήματα προτιμώνται στα πλοία αντί των πνευματικών;

- α) Είναι πιο φθηνά
- β) Έχουν μεγαλύτερη δύναμη και ακαμψία
- γ) Δεν χρειάζονται λάδι
- δ) Δεν έχουν διαρροές

A2. Τι συμβαίνει στο ιξώδες του λαδιού όταν η θερμοκρασία **αυξάνεται**;

- α) Αυξάνεται
- β) Μένει σταθερό
- γ) Μειώνεται
- δ) Γίνεται άπειρο

A3. Ποιο εξάρτημα χρησιμοποιείται για να περιορίσει την πίεση και να προστατεύσει την αντλία;

- α) Check valve
- β) 4/3 valve
- γ) Relief valve
- δ) Accumulator

A4. Σε ένα υδραυλικό κύκλωμα, η μονάδα μέτρησης της παροχής (Q) είναι:

- α) bar
- β) L/min
- γ) kW
- δ) Nm

A5. Ποιος τύπος αντλίας είναι ιδανικός για συστήματα που απαιτούν εξοικονόμηση ενέργειας (π.χ. πηδάλιο);

- α) Gear pump (σταθερής)
- β) Vane pump (σταθερής)
- γ) Piston pump (μεταβλητής παροχής)
- δ) Χειροκίνητη αντλία

A6. Τι κάνει μια **Pilot-operated check valve**;

- α) Αφήνει το λάδι να περάσει μόνο προς μια κατεύθυνση, εκτός αν έρθει πίεση pilot
- β) Ανοίγει μόνο όταν η πίεση είναι πολύ χαμηλή
- γ) Ελέγχει την ταχύτητα του κυλίνδρου
- δ) Αναμιγνύει αέρα με λάδι

A7. Ποιος είναι ο Δείκτης Ιξώδους (Viscosity Index - VI);

- α) Δείχνει πόσο παχύ είναι το λάδι στους 40°C
- β) Δείχνει πόσο αλλάζει το ιξώδος με τη θερμοκρασία (σταθερότητα)
- γ) Δείχνει το χρώμα του λαδιού
- δ) Δείχνει την πίεση θραύσης

A8. Σε ένα κύκλωμα με συσσωρευτή (accumulator), ποιο αέριο χρησιμοποιείται συνήθως;

- α) Οξυγόνο
- β) Άζωτο (Nitrogen)
- γ) Αέρας από κομπρεσέρ
- δ) Υδρογόνο

A9. Αν ο κύλινδρος ενός γερανού "βουλιάζει" αργά όταν σταματήσει η αντλία, ποιο εξάρτημα πιθανόν να φταίει;

- α) Η αντλία
- β) Η δεξαμενή
- γ) Η counterbalance valve ή οι τσιμούχες
- δ) Το φίλτρο

A10. Ποιος είναι ο τύπος του κυκλώματος που χρησιμοποιείται στα περισσότερα συστήματα πεδαλίου για οικονομία;

- α) Open center
- β) Closed center
- γ) Series
- δ) Parallel

ΜΕΡΟΣ Β: Υπολογιστικά Προβλήματα (5×10 = 50 μ.)

(Δείξτε τη διαδικασία. Μονάδες: bar, L/min, kW, cm, s)

B1. Πίεση & Δύναμη (Pascal)

Ένας υδραυλικός γρύλος έχει μικρό έμβολο Ø 2 cm και μεγάλο Ø 20 cm.

- (α) Ποιος είναι ο λόγος πολλαπλασιασμού της δύναμης;
- (β) Αν ασκήσουμε 150 N στο μικρό έμβολο, ποια δύναμη παράγεται στο μεγάλο;
- (γ) Πόσα κιλά (μάζα) μπορεί να σηκώσει θεωρητικά; ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)

B2. Ισχύς & Απόδοση

Μια αντλία παρέχει παροχή 80 L/min σε πίεση 180 bar. Η μηχανική απόδοση της αντλίας είναι 0,90 και η ογκομετρική 0,95.

- (α) Υπολογίστε την Υδραυλική Ισχύ (kW).
- (β) Υπολογίστε τη Συνολική Απόδοση (η_{total}).
- (γ) Πόση ισχύς (kW) απαιτείται από τον ηλεκτροκινητήρα;

B3. Ταχύτητα Κυλίνδρου

Κύλινδρος διαμέτρου Ø 80 mm τροφοδοτείται με 30 L/min.

- (α) Υπολογίστε την ταχύτητα έκτασης σε m/s.
- (β) Αν η ράβδος έχει διάμετρο 40 mm, ποια είναι η ταχύτητα σύμπτυξης;

B4. Χρόνος Λειτουργίας

Ένας κύλινδρος πρέπει να διανύσει 0,5 m. Η παροχή είναι 40 L/min.

- (α) Πόσος χρόνος (sec) χρειάζεται για την πλήρη διαδρομή;
- (β) Αν η παροχή μειωθεί στο μισό (20 L/min), πόσος θα είναι ο χρόνος;

B5. Επιλογή Αντλίας (Σχεδιασμός)

Θέλουμε να κινήσουμε έναν κύλινδρο που απαιτεί 20 kW υδραυλικής ισχύος. Η πίεση λειτουργίας είναι 160 bar.

- (α) Ποια παροχή (L/min) χρειαζόμαστε;
- (β) Αν η απόδοση της αντλίας είναι 85%, ποια ισχύς κινητήρα (kW) πρέπει να επιλεγεί (στρογγυλοποιήστε στον επόμενο τυπικό κινητήρα π.χ. 30, 37, 45 kW);

ΜΕΡΟΣ Γ: Αντιστοίχιση & Θεωρία (30 μ.)

Γ1. Αντιστοίχιση (10 μ.)

Συνδέστε το Εξάρτημα (Α) με τη Λειτουργία (Β).

A (Εξάρτημα)	B (Λειτουργία)
1. Accumulator	A. Μετατρέπει περιστροφική κίνηση σε γραμμική

A (Εξάρτημα)	B (Λειτουργία)
2. Relief Valve	B. Αποθήκευση ενέργειας / Απόσβεση κραδασμών
3. 4/3 Valve (Closed Center)	Γ. Ελέγχει ταχύτητα κυλίνδρου (throttling)
4. Flow Control Valve	Δ. Προστασία από υπερπίεση
5. Hydraulic Motor	Ε. Αλλαγή κατεύθυνσης / Στάση / "Κλειστό" κέντρο

Γ2. Διάγνωση Βλάβης (10 μ.)

Ένας εργάτης άγκυρας (windlass) δεν έχει αρκετή δύναμη να σηκώσει την άγκυρα (γυρίζει αργά και κολλάει).

Γράψτε 3 πιθανές αιτίες (π.χ. πίεση, λάδι, εξάρτημα).

Γ3. Θεωρία (10 μ.)

Εξηγήστε με 2-3 προτάσεις γιατί στα μεγάλα πλοία χρησιμοποιούμε μεταβλητής παροχής αντλία στο πηδάλιο και όχι σταθερής με relief valve. (Τι κερδίζουμε;)

ΛΥΣΕΙΣ (Version E)

ΜΕΡΟΣ Α (Πολλαπλής Επιλογής)

Ερώτηση	Απάντηση	Σχόλιο
A1	β	Μεγάλη δύναμη & ακαμψία (λόγω ασυμπίεστου λαδιού)
A2	γ	Όσο πιο ζεστό, τόσο πιο αραιό (μικρότερο ιξώδες)
A3	γ	Relief valve = Βαλβίδα ανακούφισης/ασφαλείας
A4	b	L/min (Λίτρα ανά λεπτό)
A5	c	Piston pump μεταβλητής = εξοικονόμηση ενέργειας
A6	a	Pilot-operated check = "Εξυπνη" βαλβίδα μονής διεύθυνσης
A7	β	VI = Viscosity Index (Δείκτης Ιξώδους)
A8	β	Αζωτο (Nitrogen) - είναι αδρανές και ασφαλές
A9	γ	Counterbalance (αν δεν κρατάει) ή τσιμούχες (διαρροή)
A10	β	Closed center (πιο αποδοτικό για συνεχή λειτουργία)

ΜΕΡΟΣ Β (Υπολογιστικά)

B1. Πίεση & Δύναμη

(α) Λόγος = $(D2/D1)^2 = (20/2)^2 = 10^2 = 100$.

(β) $F2 = F1 \times 100 = 150 \times 100 = 15.000$ N.

(γ) $m = F/g = 15.000/9,81 \approx 1.529$ kg (περίπου 1,5 τόνους).

B2. Ισχύς & Απόδοση

(α) $Phyd = (p \cdot Q)/600 = (180 \cdot 80)/600 = 14.400/600 = 24$ kW.

(β) $\eta_{total} = \eta_{vol} \cdot \eta_{mech} = 0,95 \cdot 0,90 = 0,855$ (ή 85,5%).

(γ) $P_{motor} = Phyd/\eta_{total} = 24/0,855 \approx 28,07$ kW.

B3. Ταχύτητα Κυλίνδρου

$$D=80 \text{ mm}=8 \text{ cm} \rightarrow r=4 \text{ cm}.$$

$$A=\pi \cdot r^2=3,14 \cdot 16=50,24 \text{ cm}^2.$$

$$Q=30 \text{ L/min}=30.000 \text{ cm}^3/\text{min}=500 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

$$(\alpha) v_{\text{ext}}=Q/A=500/50,24 \approx 9,95 \text{ cm/s}.$$

$$(\beta) \text{ Ράβδος } d=40 \text{ mm} \rightarrow A_{\text{rod}}=3,14 \cdot 4=12,56 \text{ cm}^2.$$

$$A_{\text{annular}}=50,24-12,56=37,68 \text{ cm}^2.$$

$$v_{\text{ret}}=500/37,68 \approx 13,27 \text{ cm/s} \text{ (Η σύμπτυξη είναι πιο γρήγορη!).}$$

B4. Χρόνος Λειτουργίας

$$s=0,5 \text{ m}=50 \text{ cm}.$$

$$Q=40 \text{ L/min}=40.000 \text{ cm}^3/\text{min} \approx 666,6 \text{ cm}^3/\text{s}.$$

(α) $V_{\text{needed}}=A \cdot s$ (δεν δίνεται διάμετρος, υποθέτουμε ότι ζητάει χρόνο με βάση παροχή και όγκο... Ας υποθέσουμε ότι ο κύλινδρος έχει όγκο 20L για απλότητα ή ζητάμε γενικό τύπο).

Ας λύσουμε αντίστροφα: $t=V/Q$ Αν δεν έχουμε V , ας υποθέσουμε ότι η ερώτηση εννοεί "πόσο λάδι χρειάζεται για 0,5m σε κύλινδρο 10cm διαμέτρου".

$$A=\pi \cdot 5^2=78,5 \text{ cm}^2. V=78,5 \cdot 50=3.925 \text{ cm}^3=3,925 \text{ L}.$$

$$t=3,925/40 \text{ min}=0,098 \text{ min}=5,88 \text{ sec}.$$

(β) Αν $Q=20 \text{ L/min}$, ο χρόνος διπλασιάζεται. $t=11,76 \text{ sec}.$

B5. Επιλογή Αντλίας

$$(\alpha) P_{\text{hyd}}=20 \text{ kW}, p=160 \text{ bar}.$$

$$Q=(P \cdot 600)/p=(20 \cdot 600)/160=12.000/160=75 \text{ L/min}.$$

$$(\beta) P_{\text{motor}}=P_{\text{hyd}}/\eta=20/0,85 \approx 23,5 \text{ kW}.$$

Επιλογή κινητήρα: Ο επόμενος τυπικός είναι **30 kW**.

ΜΕΡΟΣ Γ (Αντιστοίχιση & Θεωρία)

Γ1. Αντιστοίχιση

1 -> B (Accumulator = Αποθήκευση)

2 -> Δ (Relief = Προστασία)

3 -> E (4/3 Closed = Αλλαγή/Στάση/Κλειστό)

4 -> Γ (Flow Control = Ταχύτητα)

5 -> A (Motor = Περιστροφή)

Γ2. Διάγνωση Βλάβης (Windlass)

1. **Χαμηλή πίεση:** Ρυθμισμένο relief valve, φθαρμένη αντλία.
2. **Πρόβλημα ροής:** Βρώμικο φίλτρο, πολύ παχύ λάδι (κρύο), στραβωμένη σωλήνωση.
3. **Διαρροή:** Εσωτερική διαρροή στην αντλία ή στον κινητήρα (φθαρμένα εξαρτήματα).

Γ3. Θεωρία (Μεταβλητής vs Σταθερής)

Με **σταθερή αντλία**, όταν το πηδάλιο δεν γυρίζει, όλη η παροχή πάει στο relief valve και γίνεται θερμότητα (σπατάλη ενέργειας).

Με **μεταβλητή αντλία**, όταν το πηδάλιο σταματήσει, η

Συνέχεια με τη λύση της Γ3 και την **Θεωρία (Μεταβλητής vs Σταθερής)** που ζήτησες. Αυτό είναι το πιο σημαντικό κομμάτι για να καταλάβεις γιατί χρησιμοποιούμε τη μια ή την άλλη αντλία στο πλοίο.

ΛΥΣΗ Γ3: Αντλία Πηδαλίου (Μεταβλητής Παροχής)

Δεδομένα:

- Θεωρητικός κυβισμός (V_g): **75 cm³/rev**
- Στροφές (n): **1800 rpm**

- Ογκομετρική απόδοση (η_v): **0,92**
- Μηχανική απόδοση (η_m): **0,88**
- Πίεση (p): **200 bar**

(α) Θεωρητική παροχή (Q_{th})

Είναι η παροχή που θα είχε η αντλία αν δεν είχε καθόλου διαρροές (ιδανική).

$$Q_{th} = V_g \times n$$

$$Q_{th} = 75 \times 1800 = 135.000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Μετατροπή σε Liters (διαιρούμε με 1000):

$$Q_{th} = 135.000 / 1000 = 135 \text{ L/min}$$

(β) Πραγματική παροχή (Q_{act})

Είναι η παροχή που βγαίνει όντως από την αντλία (μετά τις διαρροές).

$$Q_{act} = Q_{th} \times \eta_v$$

$$Q_{act} = 135 \times 0,92 = 124,2 \text{ L/min}$$

(γ) Συνολική απόδοση (η_{total})

Είναι ο συνδυασμός της ογκομετρικής και της μηχανικής απόδοσης. Μας δείχνει πόση ενέργεια πάει χαμένη συνολικά.

$$\eta_{total} = \eta_v \times \eta_m$$

$$\eta_{total} = 0,92 \times 0,88 = 0,8096 \approx 81\%$$

(δ) Απαιτούμενη ισχύς κινητήρα (P_{motor})

Πόση ηλεκτρική ενέργεια χρειάζεται για να γυρίσει την αντλία.

Βήμα 1: Υδραυλική Ισχύς (P_{hyd})

$$P_{hyd} = p \times Q_{act} / 600 = 200 \times 124,2600 = 24.840600 = 41,4 \text{ kW}$$

Βήμα 2: Ισχύς Κινητήρα (P_{motor})

$$P_{motor} = P_{hyd} \eta_{total} = 41,4 \times 0,81 = 51,1 \text{ kW}$$

ΘΕΩΡΙΑ: Μεταβλητής vs Σταθερής Παροχής (Γιατί έχει σημασία;)

Αυτή η ερώτηση είναι **παγίδα** στις εξετάσεις αν δεν καταλάβεις τη λογική.

1. Η Βασική Διαφορά (Με απλά λόγια)

Χαρακτηριστικό	Αντλία Σταθερής Παροχής (Fixed)	Αντλία Μεταβλητής Παροχής (Variable)
Κυβισμός	Σταθερός. Γυρίζει και βγάζει πάντα τα ίδια λίτρα/λεπτό.	Μεταβλητός. Μπορεί να βγάζει από 0 έως 100% παροχή.
Ρύθμιση	Δεν ρυθμίζεται. Ό,τι βγάζει, βγάζει.	Ρυθμίζεται (συνήθως με πίεση ή σήμα).
Τι γίνεται με το παραπάνω λάδι;	Πάει στην Relief Valve και γίνεται ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (σπατάλη).	Μειώνει την παραγωγή. Δεν φτιάχνει παραπάνω λάδι.
Κόστος	Φθηνή.	Ακριβή και πολύπλοκη.

2. Το "Μυστικό" του Πηδαλίου (Γιατί στη Γ3 είναι Μεταβλητής;)

Σκέψου ένα πλοίο που ταξιδεύει για 10 μέρες.

- Το πηδάλιο κουνιέται μόνο για **1 ώρα** συνολικά σε αυτές τις 10 μέρες.
- Τις υπόλοιπες **239 ώρες** το πηδάλιο είναι ακίνητο (ευθεία).

Αν είχαμε ΣΤΑΘΕΡΗ αντλία:

Θα έβγαζε 124 L/min συνέχεια. Επειδή το πηδάλιο δεν κουνιέται, όλα αυτά τα λίτρα θα πήγαιναν στην **Relief Valve** και θα ζέσταιναν το λάδι. Θα σπαταλούσαμε ρεύμα τζάμπα. ✕

Με ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ αντλία (όπως στη Γ3):

Όταν το πηδάλιο είναι ευθεία, η αντλία "καταλαβαίνει" ότι δεν χρειάζεται δουλειά.

- Μειώνει τον κυβισμό της στο **0%** (ή στο ελάχιστο).
- Δεν βγάζει λάδι.
- **Κατανάλωση ρεύματος = 0 kW.** ✓

3. Συμπέρασμα για τις Εξετάσεις (ΑΕΝ)

Η αντλία Μεταβλητής Παροχής χρησιμοποιείται στο Πηδάλιο για ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.

Δεν σπαταλάμε ενέργεια για να ζεσταίνουμε το λάδι στην relief valve όταν το πηδάλιο δεν δουλεύει.

Τι να γράψεις αν σε ρωτήσουν θεωρητικά:

"Η αντλία μεταβλητής παροχής επιτρέπει την προσαρμογή της παροχής ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος. Σε αντίθεση με τη σταθερή αντλία, όπου η περίσσεια παροχής χάνεται ως θερμότητα μέσω της βαλβίδας ανακούφισης (relief valve), η μεταβλητή αντλία μειώνει τον κυβισμό της όταν δεν απαιτείται κίνηση, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας τη θερμότητα στο σύστημα."