

Άσκηση εφαρμογής LCA

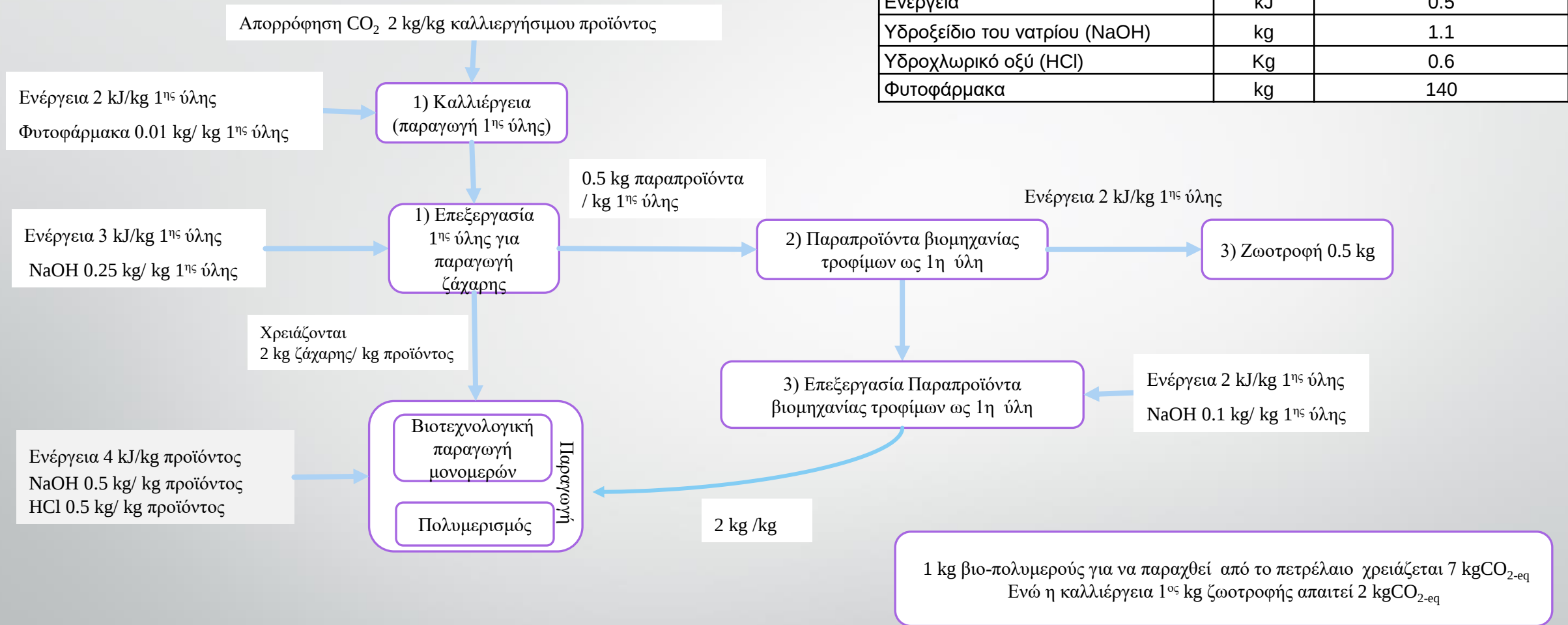
Το παρακάτω διάγραμμα ροής δείχνει τα στάδια παραγωγής ενός βιο-πλαστικού το οποίο χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη σάκχαρο που μπορεί να προέλθει από καλλιέργεια τεύτλων και από παραπροϊόντα βιομηχανίας τροφίμων. Στο διάγραμμα αναγράφονται τα ποσά ενέργειας και μάζας που χρειάζονται σε κάθε στάδιο. Να υπολογιστούν οι επιπτώσεις της παραγωγής του βιο-πλαστικού ως προς την δυνητική αύξηση της θέρμανσης του πλανήτη εκφρασμένη σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα με λειτουργική μονάδα kg προϊόντος ($\text{kg CO}_{2\text{-eq}}/\text{kg}$ προϊόντος) για τις περιπτώσεις:

α) Cradle-to-gate LCA approach λαμβάνοντα υπόψιν την παραγωγή του βιο-πολυμερούς με πρώτη ύλη την σάκχαρη με ταυτόχρονη παραγωγή και ζωοτροφής κάνοντας κατανομή κατά μάζα μεταξύ βιο-πολυμερούς και ζωοτροφής, να γίνει με την μέθοδο της κατανομής κατά μάζας και οικονομική αξία αν το 1 kg βιο-πολυμερούς έχει αξία \$5 και \$1,5 η ζωοτροφή.

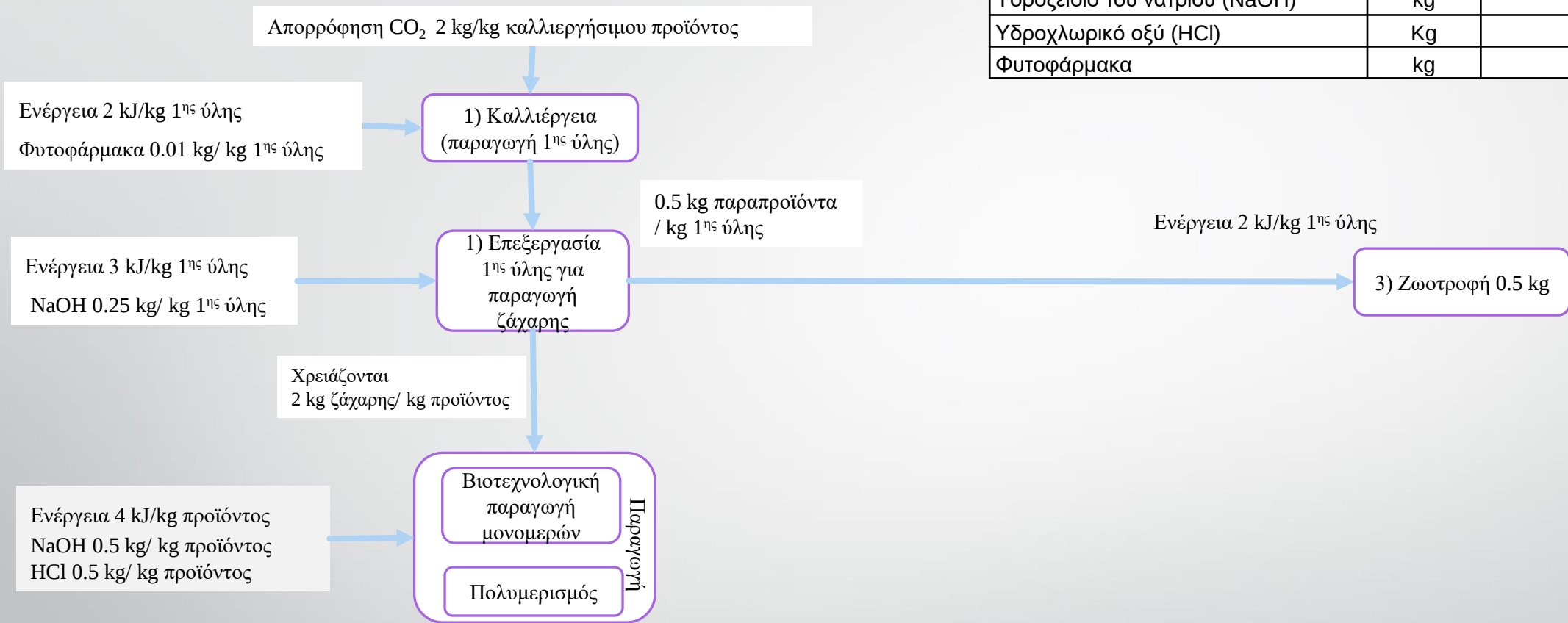
β) Cradle-to-gate LCA approach λαμβάνοντα υπόψιν την παραγωγή του βιο-πολυμερούς με πρώτη ύλη τα παραπροϊόντα βιομηχανίας τροφίμων και ως προϊόντα έχουμε την ζάχαρη και το βιο-πολυμερές, να γίνει με την μέθοδο της κατανομής κατά μάζας και οικονομική αξία αν το 1 kg βιο-πολυμερούς έχει αξία \$5 και \$2,5 η ζάχαρη.

γ) Να εξετάσετε την περίπτωση επέκτασης του συστήματος για τα ερωτήματα α) και β). Ποιο σύστημα είναι περιβαλλοντικά καλύτερο;

ΟΛΟ



(α) ερώτημα



GHG	Units	GWP100 (kg-CO2 eq.)
Ενέργεια	kJ	0.5
Υδροξείδιο του νατρίου (NaOH)	kg	1.1
Υδροχλωρικό οξύ (HCl)	Kg	0.6
Φυτοφάρμακα	kg	140

Λύση α) ερωτήματος

Ισοζύγιο

Για ένα κιλό προϊόντος χρειάζονται: 1 kg προϊόντος = 2 kg ζάχαρη που παράγεται στο στάδιο επεξεργασίας της 1^η ύλης η οποία για κάθε ένα κιλό χρειάζεται 2 κιλά 1^η ύλης. Αρά το 1 kg προϊόντος χρειάζεται 4 kg 1^η ύλης

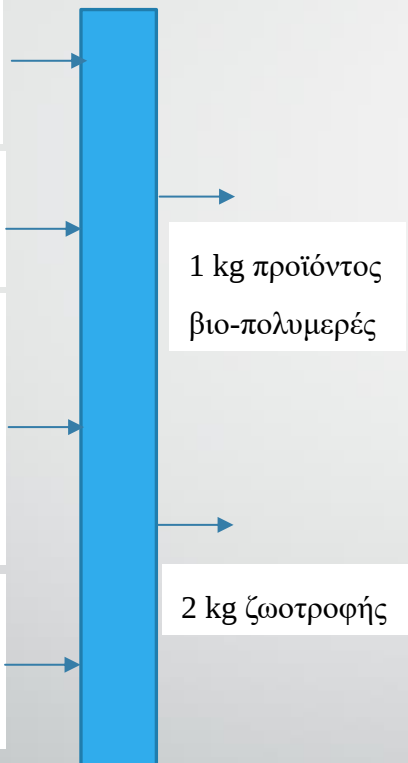
Για παραγωγή 4 kg 1^{ης} ύλης =
Ενέργεια= $4 \cdot 2 \text{ kJ} = 8 \text{ kJ}$
Φυτοφάρμακα= $4 \cdot 0.01 \text{ kg} = 0.04 \text{ kg}$
Απορρόφηση= $4 \cdot 2 \text{ kg} = 8 \text{ kg CO}_2$

Επεξεργασία 4 kg 1^{ης} ύλης =
Ενέργεια= $4 \cdot 3 \text{ kJ} = 12 \text{ kJ}$
NaOH $0.25 \text{ kg} / \text{kg } 1^{\text{η}} \text{ ύλης} = 4 \cdot 0.25 = 1 \text{ kg}$

Στο στάδιο παραγωγής τα δεδομένα αφορούν 1 kg προϊόντος. Επομένως τα νούμερα είναι τα παρακάτω:

Ενέργεια 4 kJ/kg προϊόντος
NaOH $0.5 \text{ kg} / \text{kg}$ προϊόντος
HCl $0.5 \text{ kg} / \text{kg}$ προϊόντος

Από τα 4 kg 1^η ύλης που παράγονται τα 2 kg καταλήγουν σε ζωοτροφή για να γίνει αυτό χρειάζονται: Ενέργεια 2 kJ/kg 1^{ης} ύλης άρα $4 \cdot 2 \text{ kJ} = 8 \text{ kJ}$



Συνολικά

Ενέργεια= 8 kJ (καλλιέργεια) + 12 kJ (επεξεργασία) + 4 kJ (παραγωγή) + 8 kJ (παραγωγή ζωοτροφής)= **32 kJ**
Φυτοφάρμακα= **0,04 kg**
NaOH = 1 kg (επεξεργασία) + 0.5 kg (παραγωγή)= **1,5 kg**
HCl = **0,5 kg** (παραγωγή)

Συνολικά kgCO_{2-eq}

Ενέργεια= $32 \text{ kJ} \cdot 0.5 = 16 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
Φυτοφάρμακα= $0.04 \text{ kg} \cdot 140 = 5.6 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
NaOH = $1.5 \text{ kg} \cdot 1.1 = 1.65 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
HCl = $0.5 \text{ kg} \cdot 0.6 = 0.3 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
Σύνολο: $23.55 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} - 8 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ (απορρόφηση)= $15.55 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$

Κατανομής κατά μάζα

Μάζα προϊόντων

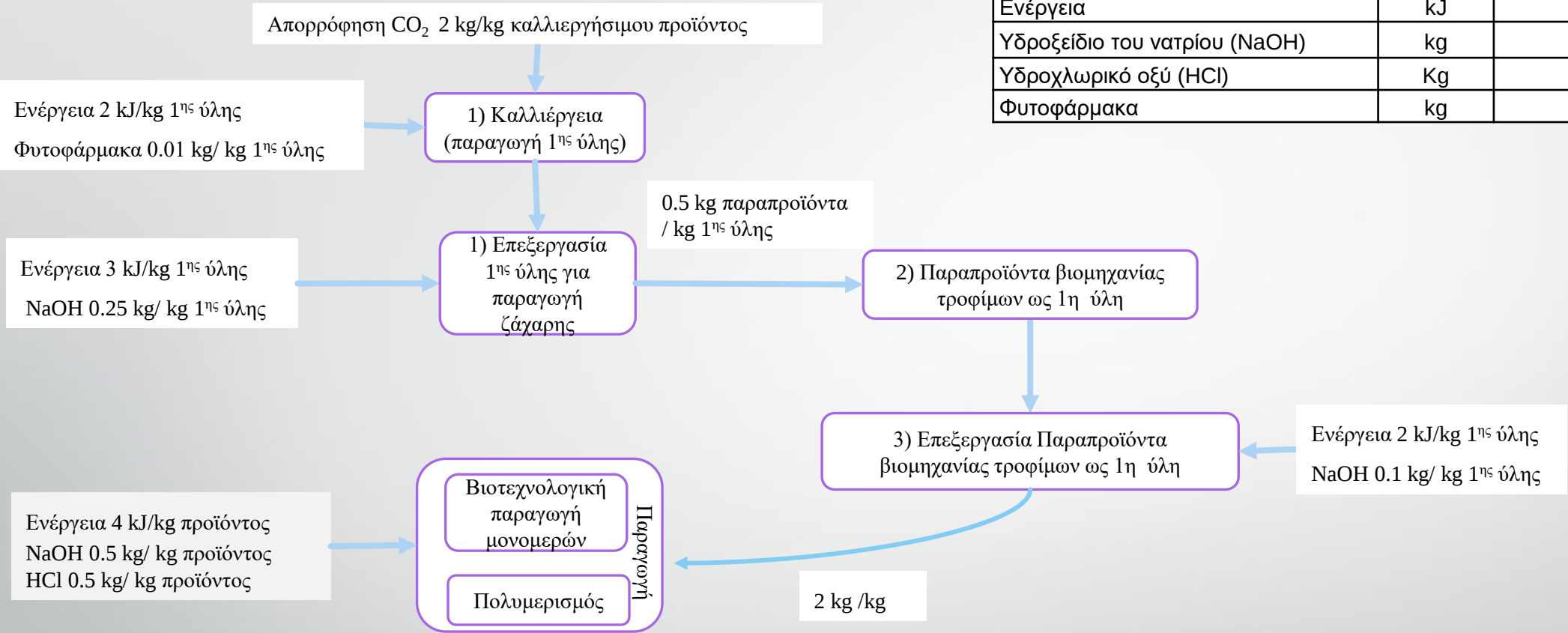
1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές + 2 kg ζωοτροφής = 3 kg
 $15.55 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / 3 = 5.18 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / \text{kg}$
 1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές= $5.18 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / \text{kg}$
 1 kg προϊόντος ζωοτροφής= $5.18 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / \text{kg}$

Κατανομής κατά οικονομική αξία

Οικονομική αξία προϊόντων

1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές $\cdot \$5$ + 2 kg ζωοτροφής $\cdot \$1.5$ = $\$8$
 $15.55 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / 8 = 1.94 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / \$$
 1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές= $1.94 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / \text{kg} \cdot \$5 = 9.71 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
 1 kg προϊόντος ζωοτροφής= $1.94 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} / \text{kg} \cdot \$1.5 = 2.91 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$

(β) ερώτημα



GHG	Units	GWP100 (kg-CO2 eq.)
Ενέργεια	kJ	0.5
Υδροξείδιο του νατρίου (NaOH)	kg	1.1
Υδροχλωρικό οξύ (HCl)	Kg	0.6
Φυτοφάρμακα	kg	140

Λύση β) ερωτήματος

Ισοζύγιο

Για ένα κιλό προϊόντος χρειάζονται:
1 kg προϊόντος = 2 kg από επεξεργασμένη ύλη παραπροϊόντων η οποία χρειάζεται με την σειρά της 2 κιλά 1^η ύλη για κάθε ένα κιλό.
Αρά το 1 kg προϊόντος χρειάζεται 4 kg 1^η ύλης

Για παραγωγή 4 kg 1^{ης} ύλης =
Ενέργεια= 4*2 kJ =8 kJ
Φυτοφάρμακα= 4*0.01kg=0.04 kg
Απορρόφηση=4*2kg= 8 kg CO₂

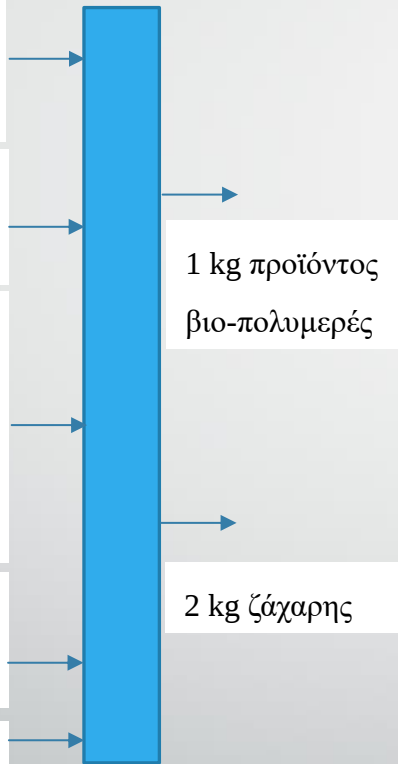
Επεξεργασία 4 kg 1^{ης} ύλης =
Ενέργεια= 4*3 kJ =12 kJ
NaOH =4*0,25=1 kg

Στο στάδιο παραγωγής τα δεδομένα αφορούν 1 kg προϊόντος. Επομένως τα νούμερα είναι τα παρακάτω:

Ενέργεια 4 kJ/kg προϊόντος
NaOH 0,5 kg/ kg προϊόντος
HCl 0,5 kg/ kg προϊόντος

Επεξεργασία παραπροϊόντων:
Ενέργεια 2 kJ/kg 1^{ης} ύλης άρα 4*2kJ=8 kJ
NaOH =0,1 kg * 4 kg 1^{ης} ύλης = 0.4 kg

Από τα 4 kg 1^η ύλης που παράγονται τα 2 kg καταλήγουν σε παραπροϊόντα τα οποία επεξεργάζονται: Ενέργεια 2 kJ/kg 1^{ης} ύλης άρα 4*2kJ=8 kJ
NaOH =0,1 kg * 4 kg 1^{ης} ύλης = 0.4 kg



Συνολικά

Συνολικά
kgCO_{2-eq}

Κατανομής
κατά μάζα

Κατανομής κατά
οικονομική αξία

Ενέργεια=8 kJ (καλλιέργεια) + 12 kJ (επεξεργασία) + 4 kJ (παραγωγή) +8 kJ (παραγωγή παραπροϊόντων)= **32 kJ**
Φυτοφάρμακα= **0,04 kg**
NaOH =1 kg (επεξεργασία) + 0,5 kg (παραγωγή) +0,4 kg (επεξεργασία παραπροϊόντων) =**1,9 kg**
HCl =**0,5 kg** (παραγωγή)

Ενέργεια=32 kJ * 0.5=16 kgCO_{2-eq}
Φυτοφάρμακα= **0,04 kg * 140= 5.6 kgCO_{2-eq}**
NaOH =**1,9 kg * 1,1= 2,09 kgCO_{2-eq}**
HCl =**0,5 kg * 0,6=0,3 kgCO_{2-eq}**
Σύνολο: 23,99 kgCO_{2-eq}-8 kgCO_{2-eq} (απορρόφηση)=15,99 kgCO_{2-eq}

Μάζα προϊόντων
1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές + 2 kg ζάχαρης = 3 kg
15,99 kgCO_{2-eq}/3=5,33 kgCO_{2-eq}/kg
1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές= 5,33 kgCO_{2-eq}/kg
1 kg προϊόντος ζάχαρης= 5,33 kgCO_{2-eq}/kg

Οικονομική αξία προϊόντων
1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές *\$5 + 2 kg ζάχαρης * \$2,5 = \$10
15,99 kgCO_{2-eq}/10=1,599 kgCO_{2-eq}/\$
1 kg προϊόντος βιο-πολυμερές= 1,599 kgCO_{2-eq}/kg *\$5= 7,99 kgCO_{2-eq}
1 kg προϊόντος ζάχαρης= 1,599 kgCO_{2-eq}/kg *\$2,5= 3,99 kgCO_{2-eq}

Λύση β) ερωτήματος

Επέκταση Ορίων του συστήματος

Στην περίπτωση του ερωτήματος α) η παράγωγή της ζάχαρης δεν πραγματοποιείται. Η ζάχαρη αποτελεί κύριο προϊόν και οι απαιτήσεις σε παραγωγή θα υπάρχουν. Έτσι αυξάνοντας την όριο του συστήματος μπορούμε να εισάγουμε για την περίπτωση του ερωτήματος α) την παραγωγή ζάχαρης η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τροφή όπως επίσης και τα πολυμερή που παράγονται από την πρώτη ύλη και την ζωοτροφή.

Επομένως: για το ερώτημα α) θα έχουμε συνολικά $15,55 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ από το βιο-πολυμερές + $12,7 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ από την παραγωγή ζάχαρης και ζωοτροφής σε άλλη γραμμή παραγωγής ενώ αποφεύγεται η παραγωγή 1 kg πολυμερούς και 4 kg ζωοτροφής.

Συνολικά στο σύστημα έχουμε:

$$15,55 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} + 12,7 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} - 7 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} (\text{πολυμερές πετρελαίου} - 4 * 1 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} (\text{ζωοτροφή})) = 17,25 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$$

*Μόνο τα στάδια παραγωγής της ζάχαρης και ζωοτροφής
Ενέργεια = $28 \text{ kJ} * 0,5 = 14 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
Φυτοφάρμακα = $0,04 \text{ kg} * 140 = 5,6 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
NaOH = $1 \text{ kg} * 1,1 = 1,1 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$
Συνολικά = $20,7 - 8 = 12,7 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$

Στην περίπτωση του ερωτήματος β) η παράγωγή της ζωοτροφής δεν πραγματοποιείται. Η ζωοτροφή αποτελεί κύριο προϊόν και οι απαιτήσεις σε παραγωγή θα υπάρχουν. Έτσι αυξάνοντας την όριο του συστήματος μπορούμε να εισάγουμε για την περίπτωση του ερωτήματος β) την παραγωγή ζωοτροφής όπως επίσης και τα πολυμερή που παράγονται από την πρώτη ύλη και την ζωοτροφή.

Επομένως: για το ερώτημα β) θα έχουμε συνολικά $15,99 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ από το βιο-πολυμερές + $8 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ από την παραγωγή ζωοτροφής σε από παραγωγή ενώ αποφεύγεται η παραγωγή 1 kg πολυμερούς από πετρέλαιο και 4 kg ζάχαρης.

Συνολικά στο σύστημα έχουμε:

$$15,99 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} + 4 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} (\text{ζωοτροφή}) - 7 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}} (\text{πολυμερές πετρελαίου}) = 12,99 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$$

Επομένως στην περίπτωση β) το σύστημα έχει μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο ως προς την δυνητική αύξηση της θέρμανσης του πλανήτη.