



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Β' :
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Προηγμένα Συστήματα Κατεργασιών
(CIM-INDUSTRY 4.0)

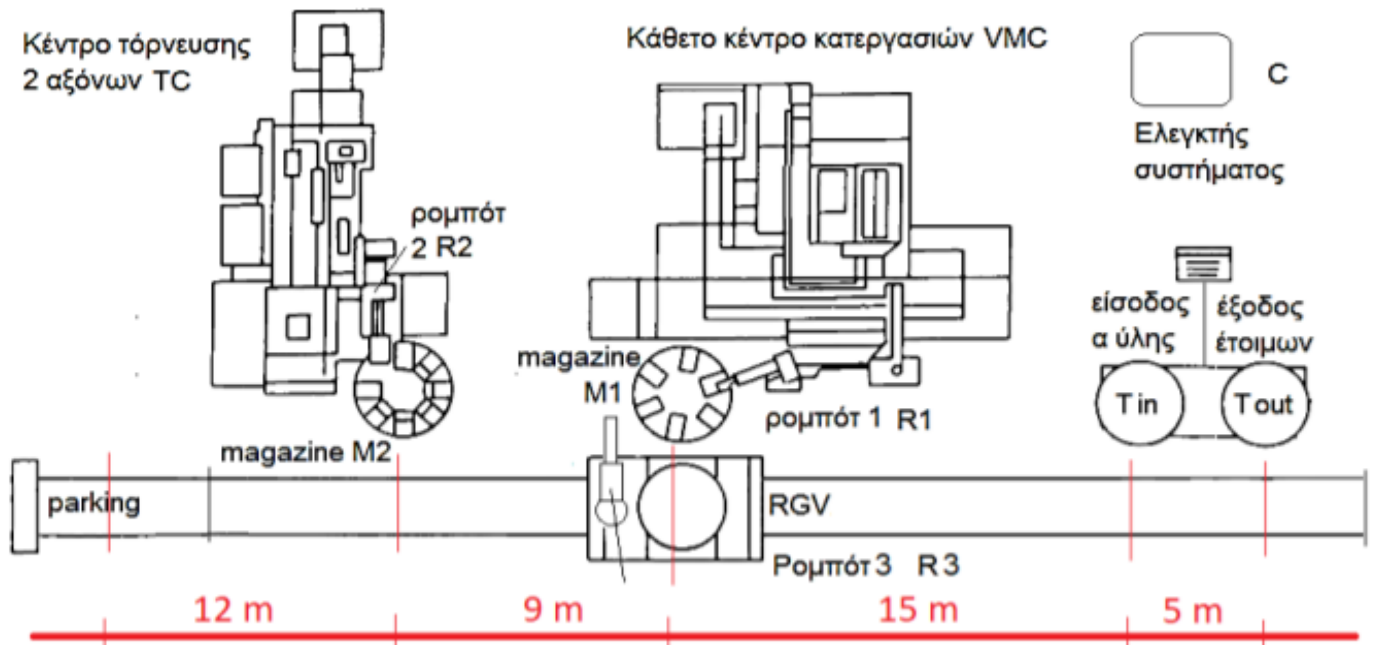
Χρονισμένο Δίκτυο Petri για την προσομοίωση του ελέγχου ευέλικτου
συστήματος κατεργασιών

<i>Συμμετέχοντες</i>	<i>ΑΜ</i>
Γιώργος Κασσαβετάκης	02121203
Γιώργος Κρομμύδας	02121208
Λάμπης Παπακώστας	02121211

Παρουσίαση Συστήματος

Περιγραφή Απαιτήσεων

Το σύστημα αποτελείται από 2 εργαλειομηχανές CNC: TC και VMC, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1: Ζητούμενη κατεργασία προς υλοποίηση

Τα προς κατεργασία τεμάχια φορτώνονται και εκφορτώνονται στην ενδιάμεση αποθήκη **M1** με την χρήση του ρομπότ **R1**. Τα προς κατεργασία τεμάχια φορτώνονται και εκφορτώνονται στην ενδιάμεση αποθήκη **M2** με την χρήση του ρομπότ **R2**. Οι ενδιάμεσες αποθήκες **M1** και **M2** έχουν χωρητικότητα 3 τεμαχίων και είναι χωρισμένες σε δύο ζώνες, 1 θέση για τα κατεργασμένα και 2 θέσεις για τα προς κατεργασία κομμάτια.

Η πρώτη ύλη εισάγεται από έναν εργαζόμενο στην αποθήκης εισόδου **Tin**, χωρητικότητας 24 τεμαχίων. Αντίστοιχα, η αποθήκη κατεργασμένων κομματιών **Tout** έχει χωρητικότητα 24 τεμαχίων.

Το σύστημα εξυπηρετείται από ένα όχημα **RGV** και φέρει ρομποτικό βραχίονα **R3** ο οποίος φορτώνει και εκφορτώνει μεμονωμένα τεμάχια μεταξύ **RGV** και των **M1**, **M2**, **Tin**, **Tout**.

Το **RGV** έχει χωρητικότητα 3 τεμαχίων ταυτόχρονα και ταχύτητα 10 m/min.

Η ευθύγραμμη τροχιά πάνω στην οποία κινείται το **RGV** έχει στάσεις στα σημεία **M1**, **M2**, **Tin** και **Tout**.

Η διάρκεια φόρτωσης /εκφόρτωσης από τα ρομπότ **R1**, **R2** και **R3** έχει διάρκεια 1 min.

Επιπλέον, κάθε φορά που το όχημα **RGV** συμπληρώσει αθροιστικά 4 μεταβάσεις στις αποθήκες **Tin** και **Tout**, μεταβαίνει στην θέση **PARKING** όπου σταθμεύει για 10 min για να φορτίσει τις μπαταρίες του.

Το σύστημα παράγει 3 οικογένειες τεμαχίων **F1**, **F2** και **F3**.

- Το τεμάχιο **F1** χρειάζεται κατεργασία στη μηχανή **TC** για 5 min
- Το τεμάχιο **F2** χρειάζεται κατεργασία στην μηχανή **VMC** για 10 min και στην μηχανή **TC** για 5 min, με την συγκεκριμένη σειρά
- Το τεμάχιο **F3** χρειάζεται κατεργασία στην μηχανή **VMC** για 15 min

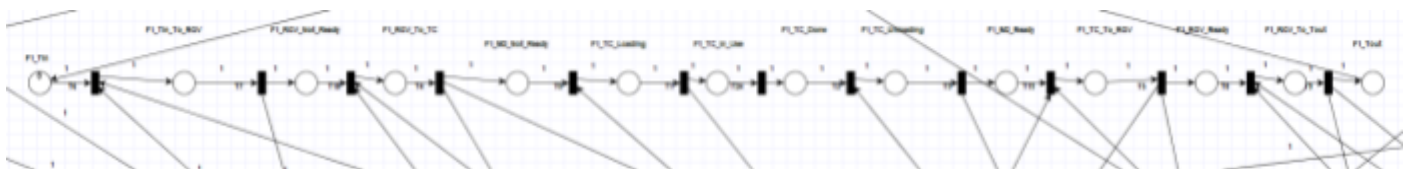
Η αποθήκη εισόδου **Tin** ξεκινά με 8 τεμάχια **F1**, 12 τεμάχια **F2** και 4 τεμάχια **F3**.

Λειτουργία Συστήματος Κατεργασιών

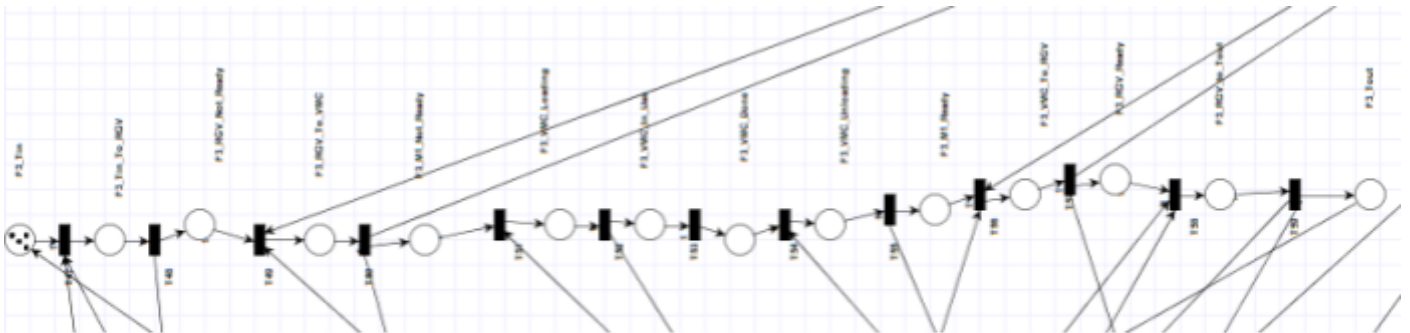
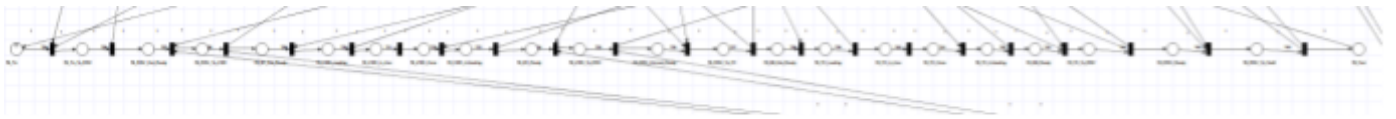
Αρχική Έκδοση

Στο αρχικό παραγόμενο δίκτυο Petri, το οποίο βασίστηκε στο σχήμα 1, υπάρχουν τρεις υποπεριοχές (υποδίκτυα ή κύτταρα) με κάθε μία από αυτές να αναφέρεται στην πορεία του κάθε τεμαχίου ανάλογα με την κατηγορία (F1,F2,F3) που υπάγεται. Αναλυτικότερα, μπορούμε να εμβαθύνουμε στα υποδίκτυα αυτά για να τα περιγράψουμε.

Το υποδίκτυο που κατεργάζεται τεμάχια τύπου F1 αποτελείται από κουπόνια και μεταβάσεις που περιγράφουν την αποθήκη εισόδου Tin, την είσοδο του ακατέργαστου τεμαχίου στο RGV, τον αριθμό των ακατέργαστων τεμαχίων F1 στο RGV, την μεταφορά στην αποθήκη M2 από το ρομπότ R3, την είσοδο στον τόρνο TC από το ρομπότ R2, την επεξεργασία του τεμαχίου τύπου F1 από τον τόρνο TC, την αναμονή για εκφόρτωση από το ρομπότ R2, την εκφόρτωση του τόρνου TC από το ρομπότ R2, τον αριθμό των τεμαχίων στην αποθήκη M2 (μήκη κατεργασμένων), την φόρτωση των κατεργασμένων τεμαχίων τύπου F1 στο RGV από το R3, την εκφόρτωση των κατεργασμένων F1 τεμαχίων στην αποθήκη εξόδου Tout από το ρομπότ R3 και τον αριθμό τεμαχίων στην αποθήκη εξόδου Tout για τα τεμάχια τύπου F1. Αντίστοιχα, μπορούμε να περιγράψουμε την μοντελοποίηση των υποδικτύων των F2 και F3 τεμαχίων. Στην περίπτωση του μοντέλου της F2 αυτό που παρατηρούμε είναι πως αποτελεί συνδυασμό των άλλων δύο μοντέλων, καθώς χρειάζεται να γίνει κατεργασία και από την φρέζα VMC και από τον τόρνο TC, ορίζοντας έτσι και το ημικατεργασμένο τεμάχιο τύπου F2 ως αποτέλεσμα της κατεργασίας των F2 από το VMC.



Εικόνα 2 : Διαδικασία κατεργασίας για τεμάχιο τύπου F1



Στο κέντρο του δικτύου υπάρχουν οι κοινοί πόροι της διάταξης, όπως οι μηχανές TC και VMC, οι διαθέσιμες θέσεις αποθηκών Tout, M1, M2 και αποθήκης RGV. Επιπλέον, υπάρχουν κοινές θέσεις και μεταβάσεις που περιγράφουν την τοποθεσία του RGV στην διάταξη (Tin, Tout, VMC, TC, Parking) ή στον δρόμο προς αυτές (π.χ. Tin_To_VMC). Τα κουπόνια των θέσεων και των διαθέσιμων συσκευών θέσεων χρησιμοποιούνται από τις κατάλληλες μεταβάσεις ώστε τα κουπόνια να μεταφέρονται κατά μήκος των θέσεων της πορείας του κάθε τεμαχίου στο σύστημα.

Σημείωση : Η πρώτη έκδοση περιγράφεται από το αρχείο **Petri_Net_Init.xml** στο επισυναπτόμενο αρχείο zip

Τελική Έκδοση

Μετά από μελέτη και λαμβάνοντας υπόψη την τυχαιότητα που διέπει τα Δίκτυα Petri, παρατηρήθηκε ότι το ανωτέρω δίκτυο δεν έχει την δυνατότητα να ελέγξει την μετακίνηση του RGV ως προς τις διαθέσιμες επιλογές του. Σύμφωνα με αυτό το πόρισμα, το δίκτυο τροποποιήθηκε με την ακόλουθη λογική ως προς τις δυνατές θέσεις που μπορεί να μεταβεί το RGV (**Tout**, **Tin**, **VMC**, **TC**)

Αποθήκη εξόδου Tout

Μετά την άφιξη του RGV στην αποθήκη εξόδου Tout, απαγορεύεται η μετακίνηση του μέχρι όλα τα διαθέσιμα τεμάχια (ανεξαρτήτου κατηγορίας) να μεταφερθούν στην έξοδο.

Αποθήκη εξόδου Tin

Αρχικά, γίνεται έλεγχος αν το RGV είναι γεμάτο ή/και αν η αποθήκη εισόδου έχει αδειάσει από διαθέσιμα τεμάχια. Στην συνέχεια, εάν υπάρχουν διαθέσιμα κατεργασμένα τεμάχια, γίνεται μετάβαση του RGV στην αποθήκη εξόδου Tout. Στην περίπτωση που όλα τα τεμάχια την αποθήκη του RGV είναι προς κατεργασία, τότε γίνεται η μεταφορά τους στην μηχανή VMC.

Μηχανή VMC

Αρχικά, γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη διαθέσιμης δουλειάς στην VMC, αναγκάζοντας με αυτό τον τρόπο το RGV να κάνει όλες τις δυνατές μεταφορές (φόρτωση και εκφόρτωση τεμαχίων). Στην συνέχεια, ελέγχεται αν υπάρχουν τεμάχια από και προς κατεργασία από την μηχανή TC. Στην περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμα υλικά ως προς κατεργασία στην μηχανή TC, το RGV μεταφέρεται στην αποθήκη TC. Στην αντίθετη περίπτωση, το RGV μεταφέρεται στην αποθήκη εισόδου Tin.

Μηχανή TC

Αρχικά, γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη διαθέσιμης δουλειάς στην TC, αναγκάζοντας με αυτό τον τρόπο το RGV να κάνει όλες τις δυνατές μεταφορές (φόρτωση και εκφόρτωση τεμαχίων). Εφόσον όλες οι δυνατές εργασίες έχουν υλοποιηθεί, το RGV μεταβαίνει στην μηχανή VMC.

Για τον έλεγχο των δυνατών ενεργειών από το RGV, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

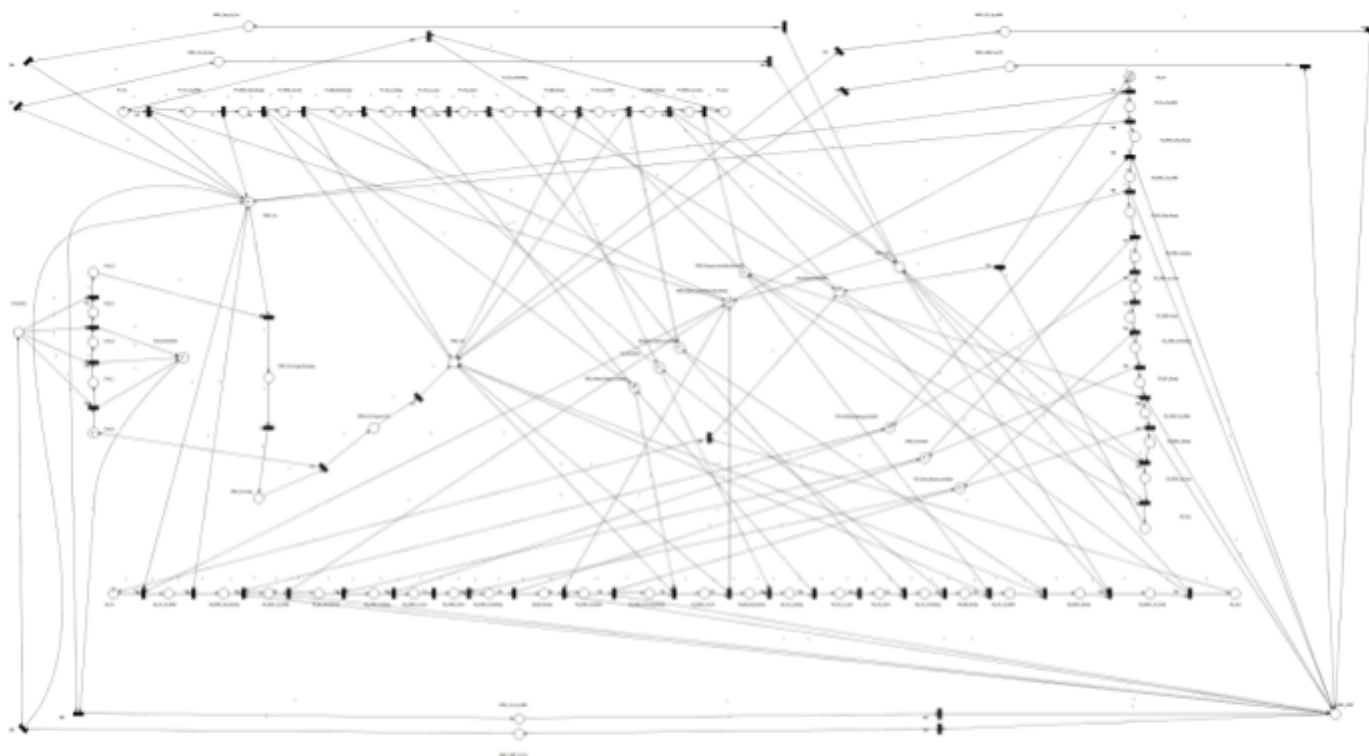
1. Ελέγχεται αν υπάρχει θέση στην σχετική αποθήκη ή αν η θέση εκφόρτωσης είναι κατειλημμένη
2. Ελέγχεται η συμβατότητα του τεμαχίου για την φόρτωση/εκφόρτωση
3. Ελέγχονται ο χώρος αποθήκευσης του RGV και του αντίστοιχου χώρου για την διαδικασία εκφόρτωσης ως προς την πληρότητα του
4. Ελέγχεται η πληρότητα του αποθηκευτικού χώρου του RGV σε συνδυασμό με την απουσία ακατέργαστων τεμαχίων.

Με τους παραπάνω ελέγχους, μπορεί να προσδιοριστεί η επιλογή ενέργειας στην θέση TC ή VMC. Η επιλογή μεταβάσεων του RGV ως προς το συνολικού δίκτυο Petri, συνοψίζεται ως εξής:

- 1) Γίνονται όλες οι διαθέσιμες ενέργειες στην παρούσα θέση του RGV, χωρίς μετατόπιση της θέσης του.
- 2) Επιλέγεται η κατεύθυνση κίνησης του RGV με προτεραιότητα στις κατευθύνσεις VMC_TO_TC και Tin_To_Tout, όταν το όχημα βρίσκεται στην μηχανή VMC ή στην αποθήκη εισόδου Tin.
- 3) Επαναλαμβάνονται τα βήματα (1) και (2)

Σημείωση : Η τελική έκδοση περιγράφεται από το αρχείο **Petri_Net_Final.xml** στο επισυναπτόμενο αρχείο zip

Οι τοπολογίες των δύο δικτύων που αναπτύχθηκαν φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 5: Αρχική υλοποίηση του Δικτύου Petri



Εικόνα 6: Τελική υλοποίηση του παραγόμενου Δικτύου Petri

Μοντελοποίηση Συστήματος Με Δίκτυα Petri

Αντιστοίχιση Καταστάσεων σε Θέσεις του PN

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθεται η αντιστοίχιση καταστάσεων/εργασιών του δεδομένου συστήματος κατεργασίας σε θέσεις του παραγόμενου δικτύου Petri.

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Κουπόνια	Επεξήγηση
1	F1_M2_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F1 στην αποθήκη M2
2	F1_M2_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F1 στην αποθήκη M2
3	F1_RGV_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F1 στην αποθήκη του RGV μετά την εκφόρτωση από το R3
4	F1_RGV_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F1 στην αποθήκη του RGV
5	F1_RGV_To_TC	1	Μεταφορά ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F1 από το RGV στον τόρνο TC με την χρήση του R3
6	F1_RGV_to_Tout	1	Εκφόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F1 προς την αποθήκη εξόδου Tout από το RGV με την χρήση του R3
7	F1_TC_Done	1	Ολοκλήρωση τórνευσης τεμαχίου τύπου F1 από την μηχανή TC
8	F1_TC_In_Use	1	Διαδικασία τórνευσης τεμαχίου τύπου F1 από την μηχανή TC
9	F1_TC>Loading	1	Φόρτωση ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F1 από την αποθήκη του RGV στον τόρνο TC για τórνευση με την χρήση του R2
10	F1_TC_To_RGV	1	Μεταφορά κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F1 από τον τόρνο TC στην αποθήκη του RGV με την χρήση του R3
11	F1_TC_Unloading	1	Εκφόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F1 από τον τόρνο TC στην αποθήκη M2 με την χρήση του R3
12	F1_Tin	8	Υπαρξη ακατέργαστων τεμαχίων τύπου F1 στην αποθήκη Tin
13	F1_Tin_To_RGV	1	Τοποθέτηση ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F1 στην αποθήκη του RGV με την χρήση του R3
14	F1_Tout	8	Παράδοση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F1 στην αποθήκη εξόδου Tout από την αποθήκη του RGV με την χρήση του R3
15	F2_M1_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη M1
16	F2_M1_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη M1
17	F2_M2_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη M2

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Κουπόνια	Επεξήγηση
18	F2_M2_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη του RGV
19	F2_RGV_Almost_Ready	1	Υπαρξη ημί-κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη του RGV
20	F2_RGV_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη του RGV
21	F2_RGV_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 στην αποθήκη του RGV
22	F2_RGV_To_TC	1	Μεταφορά ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 από την αποθήκη του RGV στην αποθήκη M2 από το ρομπότ R3
23	F2_RGV_To_Tout2	1	Μεταφορά κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 από την αποθήκη του RGV στην αποθήκη εξόδου Tout από το ρομπότ R3
24	F2_RGV_To_VMC	1	Φόρτωση του ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 από την αποθήκη του RGV στην αποθήκη M1 από το ρομπότ R3
25	F2_TC_Done	1	Ολοκλήρωση τόννευσης τεμαχίου τύπου F2 από τη μηχανή TC
26	F2_TC_in_Use	1	Διαδικασία τόννευσης τεμαχίου τύπου F2 από την μηχανή TC
27	F2_TC>Loading	1	Φόρτωση ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 στον τόρνο TC για τόννευση με την χρήση του R2
28	F2_TC_To_RGV	1	Μεταφορά τεμαχίου τύπου F2 από την αποθήκη M2 στην αποθήκη του RGV με την χρήση του ρομπότ R3
29	F2_TC_Unloading	1	Εκφόρτωση τεμαχίου τύπου F2 από τον τόρνο TC στην αποθήκη M2 με την χρήση του ρομπότ R2
30	F2_Tin	12	Υπαρξη τεμαχίων τύπου F2 στην αποθήκη Tin
31	F2_Tin_To_RGV	1	Φόρτωση τεμαχίων τύπου από την αποθήκη εισόδου Tin στην αποθήκη του RGV με την χρήση του ρομπότ R3
32	F2_Tout	12	Υπαρξη τεμαχίων τύπου F2 στην αποθήκη Tout

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Κουπόνια	Επεξήγηση
33	F2_VMC_Done	1	Ολοκλήρωση κατεργασίας τεμαχίου τύπου F2 από την μηχανή VMC
34	F2_VMC_In_Use	1	Διαδικασία κατεργασίας τεμαχίου τύπου F2 από την μηχανή VMC
35	F2_VMC_Loading	1	Φόρτωση ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F2 στην φρέζα VMC με την χρήση του R1
36	F2_VMC_To_RGV	1	Φόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 από την αποθήκη M1 στην αποθήκη του RGV με την χρήση του ρομπότ R3
37	F2_VMC_Unloading	1	Εκφόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F2 από την φρέζα VMC στην αποθήκη M1 με την χρήση του ρομπότ R1
38	F3_M1_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F3 στην αποθήκη M1
39	F3_M1_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F3 στην αποθήκη M1
40	F3_RGV_Not_Ready	1	Υπαρξη ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F3 στην αποθήκη του RGV
41	F3_RGV_Ready	1	Υπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F3 στην αποθήκη του RGV
42	F3_RGV_To_Tout	1	Φόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F3 από την αποθήκη του RGV στην αποθήκη εξόδου Tout με την χρήση του ρομπότ R3
43	F3_RGV_To_VMC	1	Φόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F3 από την αποθήκη του RGV στην αποθήκη M1 με την χρήση του ρομπότ R1
44	F3_Tin	8	Υπαρξη τεμαχίων τύπου F3 στην αποθήκη εισόδου Tin
45	F3_Tin_To_RGV	1	Φόρτωση τεμαχίων τύπου F3 από την αποθήκη εισόδου Tin στην αποθήκη του RGV με την χρήση του ρομπότ R3
46	F3_Tout	8	Υπαρξη κατεργασμένων τεμαχίων τύπου F3 στην αποθήκη εξόδου Tout

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Κουπόνια	Επεξήγηση
47	F3_VMC_Done	1	Ολοκλήρωση διαδικασίας της κατεργασίας των τεμαχίων τύπου F3 από την φρέζα VMC
48	F3_VMC_In_Use	1	Διαδικασία κατεργασίας τεμαχίου τύπου F3 από την μηχανή VMC
49	F3_VMC>Loading	1	Φόρτωση ακατέργαστου τεμαχίου τύπου F3 από την αποθήκη M1 στην φρέζα VMC με την χρήση του ρομπότ R1
50	F3_VMC_To_RGV	1	Φόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F3 από την αποθήκη M1 στην αποθήκη του RGV με την χρήση του ρομπότ R3
51	F3_VMC_Unloading	1	Εκφόρτωση κατεργασμένου τεμαχίου τύπου F3 στην αποθήκη M1 από την φρέζα VMC με την χρήση του ρομπότ R1
52	M1_Done_Space_Available	1	Διαθεσιμότητα θέσης για αποθήκευση κατεργασμένων τεμαχίων (ανεξαρτήτως τύπου) στην αποθήκη M1
53	M1_Undone_Space_Avalable	2	Διαθεσιμότητα θέσης για αποθήκευση ακατέργαστων τεμαχίων (ανεξαρτήτως τύπου) στην αποθήκη M1
54	M2_Done_Space_Available	1	Διαθεσιμότητα θέσης για αποθήκευση κατεργασμένων τεμαχίων (ανεξαρτήτως τύπου) στην αποθήκη M2
55	M2_Undone_Space_Available	2	Διαθεσιμότητα θέσης για αποθήκευση ακατέργαστων τεμαχίων (ανεξαρτήτως τύπου) στην αποθήκη M2
56	RGV_Parking	1	Το RGV βρίσκεται στην θέση PARKING
57	RGV_Parking_Charging	1	Το RGV βρίσκεται στην θέση PARKING και φορτίζεται
58	RGV_Parking_To_TC	1	Μετάβαση του οχήματος RGV από την θέση PARKING στην μηχανή TC
59	RGV_Space_Available	3	Διαθεσιμότητα θέσης για αποθήκευση τεμαχίων (ανεξαρτήτως χώρου και κατάσταση κατεργασίας) στην αποθήκη του RGV
60	RGV_TC	1	Το RGV βρίσκεται στην θέση του τόρνου TC

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Κουπόνια	Επεξήγηση
61	RGV_TC_To_VMC	1	Μετάβαση RGV από τον τόρνο TC στην φρέζα VMC
62	RGV_Tin	1	Το RGV βρίσκεται μπροστά από την αποθήκη εισόδου Tin
63	RGV_Tin_Jobs_Finished	1	Το RGV βρίσκεται μπροστά από την αποθήκη Tin με τα προς-κατεργασία τεμάχια στην αποθήκη του
64	RGV_Tin_To_Parking	1	Μετάβαση RGV από την αποθήκη Tin στην θέση PARKING
65	RGV_Tin_To_Tout	1	Μετάβαση RGV από την αποθήκη εισόδου Tin στην αποθήκη εξόδου Tout
66	RGV_Tin_To_VMC	1	Μετάβαση RGV από την αποθήκη εισόδου Tin στην φρέζα VMC
67	RGV_Tout	1	Το RGV βρίσκεται μπροστά από την αποθήκη εξόδου Tout
68	RGV_Tout_To_Tin	1	Μετάβαση RGV από την αποθήκη εξόδου Tout στην αποθήκη εισόδου Tin
69	RGV_VMC	1	Το RGV βρίσκεται μπροστά από την φρέζα VMC
70	RGV_VMC_Jobs_Finished	1	Το RGV βρίσκεται μπροστά από την φρέζα VMC με τα κατεργασμένα τεμάχια στην αποθήκη του
71	RGV_VMC_To_TC	1	Μετάβαση RGV από την φρέζα VMC στον τόρνο TC
72	RGV_VMC_To_Tin	1	Μετάβαση RGV από την φρέζα VMC στην αποθήκη εισόδου Tin
73	TC_Available	1	Διαθεσιμότητα τόρνου TC για επεξεργασία τεμαχίων (ανεξαρτήτως τύπου)
74	Tout_Space_Available	24	Διαθεσιμότητα χώρου αποθήκευσης εξόδου Tout
75	Visit_0	1	Αρχικοποίηση απαρίθμησης για την φόρτωση του RGV
76	Visit_1	1	Σήμανση 1ης επίσκεψης του RGV στην αποθήκη εισόδου Tin

Αριθμός	Θέση στο Δίκτυο	Κουπόνια	Επεξήγηση
77	Visit_2	1	Σήμανση 2ης επίσκεψης του RGV στην αποθήκη εισόδου Tin
78	Visit_3	1	Σήμανση 3ης επίσκεψης του RGV στην αποθήκη εισόδου Tin
79	Visit_4	1	Σήμανση 4ης επίσκεψης του RGV στην αποθήκη εισόδου Tin
80	Visit_Calculated	1	Βοηθητική κατάσταση για την μετάβαση του απαριθμητή επισκέψεων του RGV
81	Visit_New	1	Σήμανση νέας επίσκεψης του RGV στην αποθήκη εισόδου Tin
82	VMC_Available	1	Διαθεσιμότητα φρέζας VMC για επεξεργασία τεμαχίων (ανεξαρτήτως τύπου)

Αντιστοίχιση Γεγονότων σε Μεταβάσεις του PN

Στον παρακάτω πίνακα, παρατίθεται η αντιστοίχιση γεγονότων του δεδομένου συστήματος κατεργασίας σε μεταβάσεις του παραγόμενου δικτύου Petri.

Σημείωση: Οι μεταβάσεις με παύλες δηλώνουν κανονικές μεταβάσεις ενώ εκείνες με χρονικό διάστημα παρουσιάζονται ως χρονικές.

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
1	Charging_Time	600.0 sec	Χρονικό διάστημα φόρτισης του RGV
2	Charge_Needed	—	Μετάβαση στην κατάσταση φόρτισης του RGV
3	Counter_To_1	—	Σήμανση μετάβασης του απαριθμητή για την φόρτιση του RGV στην θέση 1
4	Counter_To_2	—	Σήμανση μετάβασης του απαριθμητή για την φόρτιση του RGV στην θέση 2
5	Counter_To_3	—	Σήμανση μετάβασης του απαριθμητή για την φόρτιση του RGV στην θέση 3
6	Counter_To_4	—	Σήμανση μετάβασης του απαριθμητή για την φόρτιση του RGV στην θέση 4
7	F1_Not_Ready_Waiting	—	Αναμονή ελεύθερης θέσης της αποθήκης M2 για την μεταφορά του τεμαχίου F1
8	F1_Waiting_To_Unload_To_M2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F1 από την αποθήκη του RGV στην αποθήκη M2
9	F2_Almost_Ready_Waiting	—	Αναμονή ελεύθερης θέσης της αποθήκης M2 για την μεταφορά του τεμαχίου F2
10	F2_Not_Ready_Waiting	—	Αναμονή ελεύθερης θέσης της αποθήκης M1 για την μεταφορά του τεμαχίου F2
11	F2_Waiting_Unload_To_M1	—	Μετάβαση για την εκφόρτωση του τεμαχίου F2 στην αποθήκη M1
12	F2_Waiting_Unload_To_M2	—	Μετάβαση για την εκφόρτωση του τεμαχίου F2 στην αποθήκη M2
13	F3_Undone_Waiting	—	Αναμονή ελεύθερης θέσης της αποθήκης M1 για την μεταφορά του τεμαχίου F3
14	F3_Waiting_Unload_To_M1	—	Μετάβαση για την εκφόρτωση του τεμαχίου F3 στην αποθήκη M1

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
15	Load_F1_Done_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του κατεργασμένου τεμαχίου F1 στην αποθήκη του RGV
16	Load_F1_Done_To_Tout_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του κατεργασμένου τεμαχίου F1 στην αποθήκη Tout
17	Load_F1_Undone_To_M2_De	—	Απόφαση φόρτωσης του ακατέργαστου υλικού F1 στην αποθήκη M2
18	Load_F1_Undone_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του ακατέργαστου υλικού F1 στην αποθήκη του RGV
19	Load_F2_Done_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του κατεργασμένου υλικού στην αποθήκη του RGV
20	Load_F2_Done_To_Tout_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη Tout
21	Load_F2_Semi_Done_To_M2_De	—	Απόφαση φόρτωσης του ημί-κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη M2
22	Load_F2_Semi_Done_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του ημι-κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη του RGV
23	Load_F2_Undone_To_M1_De	—	Απόφαση φόρτωσης του ακατέργαστου τεμαχίου F2 στην αποθήκη M1
24	Load_F2_Undone_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του ακατέργαστου τεμαχίου F2 στην αποθήκη του RGV
25	Load_F3_Done_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του κατεργασμένου τεμαχίου F3 στην αποθήκη του RGV
26	Load_F3_Done_To_Tout_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του κατεργασμένου τεμαχίου F3 στην αποθήκη Tout
27	Load_F3_Undone_To_M1_De	—	Απόφαση φόρτωσης του ακατέργαστου τεμαχίου F3 στην αποθήκη M1
28	Load_F3_Undone_To_RGV_Decision	—	Απόφαση φόρτωσης του ακατέργαστου τεμαχίου F3 στην αποθήκη του RGV
29	Loading_F1_Done_To_RGV_Decision	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του κατεργασμένου τεμαχίου F1 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
30	Loading_F1_Done_To_Tout	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του κατεργασμένου τεμαχίου F1 στην αποθήκη Tout, με την χρήση του ρομπότ R3

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
31	Loading_F1_To_TC_R2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F1 στην μηχανή TC, με την χρήση του ρομπότ R2
32	Loading_F1_Undone_To_M2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ακατέργαστου τεμαχίου F1 στην αποθήκη M2, με την χρήση του ρομπότ R3
33	Loading_F1_Undone_To_RGV	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ακατέργαστου τεμαχίου F1 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
34	Loading_F2_Done_To_RGV	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
35	Loading_F2_Done_To_Tout	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη Tout, με την χρήση του ρομπότ R3
36	Loading_F2_Semi_Done_To_M2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ημι-κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη M2, με την χρήση του ρομπότ R2
37	Loading_F2_Semi_Done_To_RGV	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ημι-κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
38	Loading_F2_To_TC_R2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F2 στην μηχανή TC, με την χρήση του ρομπότ R2
39	Loading_F2_To_VMC_R1	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F2 στην μηχανή VMC, με την χρήση του ρομπότ R1
40	Loading_F2_Undone_To_M1	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ακατέργαστου τεμαχίου F2 στην αποθήκη M1, με την χρήση του ρομπότ R3
41	Loading_F2_Undone_To_RGV	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ακατέργαστου τεμαχίου F2 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
42	Loading_F3_Done_To_RGV	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του κατεργασμένου τεμαχίου F3 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
43	Loading_F3_Done_To_Tout	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του κατεργασμένου τεμαχίου F3 στην αποθήκη Tout, με την χρήση του ρομπότ R3
44	Loading_F3_To_VMC_R1	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F3 στην μηχανή VMC, με την χρήση του ρομπότ R1

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
45	Loading_F3_Undone_To_M1	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ακατέργαστου τεμαχίου F3 στην αποθήκη M1, με την χρήση του ρομπότ R3
46	Loading_F3_Undone_To_RGV	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του ακατέργαστου τεμαχίου F3 στην αποθήκη του RGV, με την χρήση του ρομπότ R3
47	Parking_To_TC	72.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την θέση PARKING στην μηχανή TC
48	Parking_To_TC_Charged	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την θέση PARKING στην μηχανή TC, αφού έχει φορτιστεί πλήρως
49	RGV_Tin_To_VMC_No_Ready +F1_Undone	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC όταν το RGV δεν διαθέτει κατεργασμένο τεμάχιο και υπάρχει ένα ακατέργαστο τεμάχιο F1 στην αποθήκη του RGV
50	RGV_Tin_To_VMC_No_Ready +F2_Semidone	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC όταν το RGV δεν διαθέτει κατεργασμένο τεμάχιο και υπάρχει ένα ημί-κατεργασμένο τεμάχιο F2 στην αποθήκη του RGV
51	RGV_Tin_To_VMC_No_Ready +F2_Undone	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC όταν το RGV δεν διαθέτει κατεργασμένο τεμάχιο και υπάρχει ένα ακατέργαστο τεμάχιο F2 στην αποθήκη του RGV
52	RGV_Tin_To_VMC_No_Ready +F3_Undone	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC όταν το RGV δεν διαθέτει κατεργασμένο τεμάχιο και υπάρχει ένα ακατέργαστο τεμάχιο F3 στην αποθήκη του RGV
53	RGV_Tin_To_VMC_No_Ready +M1_Ready	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC όταν το RGV δεν διαθέτει κατεργασμένο τεμάχιο και υπάρχει διαθέσιμος χώρος στην αποθήκη M1
54	RGV_Tin_To_VMC_No_Ready +M2_Ready	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC όταν το RGV δεν διαθέτει κατεργασμένο τεμάχιο και υπάρχει διαθέσιμος χώρος στην αποθήκη M2

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
55	TC_On_F1	300.0 sec	Διάρκεια κατεργασίας του τεμαχίου F1 από την μηχανή TC
56	TC_On_F2	300.0 sec	Διάρκεια κατεργασίας του τεμαχίου F2 από την μηχανή TC
57	TC_To_VMC	54.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την μηχανή TC στην μηχανή VMC
58	TC_To_VMC_No_Action	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή TC στην μηχανή VMC χωρίς καμία ενδιάμεση ενέργεια
59	TC_To_VMC_No_M2_Space	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή TC στην μηχανή VMC με την αποθήκη M2 γεμάτη
60	TC_To_VMC_No_M2_Undone_Space +Full_RGV	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή TC όταν η αποθήκη M2 δεν έχει επαρκή χώρο για ακατέργαστα τεμάχια και η αποθήκη του RGV είναι γεμάτη
61	TC_To_VMC_No_Material	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή TC στην μηχανή VMC χωρίς τεμάχιο στην αποθήκη του
62	Tin_Leave_Full_RGV	—	Σήμανση αναχώρησης του RGV από την αποθήκη Tin με την αποθήκη του γεμάτη
63	Tin_Leave_Tin_Empty	—	Σήμανση αναχώρησης του RGV από την αποθήκη Tin χωρίς κανένα τεμάχιο στην αποθήκη του
64	Tin_To_Parking	216.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την αποθήκη Tin στην θέση PARKING
65	Tin_To_Tout	30.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την αποθήκη Tin στην αποθήκη Tout
66	Tin_To_Tout_F1_Ready	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην αποθήκη Tout με την ύπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου F1 στην αποθήκη του
67	Tin_To_Tout_F2_Ready	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην αποθήκη Tout με την ύπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου F2 στην αποθήκη του
68	Tin_To_Tout_F3_Ready	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την αποθήκη Tin στην αποθήκη Tout με την ύπαρξη κατεργασμένου τεμαχίου F3 στην αποθήκη του

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
69	Tin_To_VMC	90.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την αποθήκη Tin στην μηχανή VMC
70	Tout_To_Tin	30.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την αποθήκη Tout στην αποθήκη Tin
71	Tout_To_Tin_No_Action	—	Μετάβαση του RGV από την αποθήκη Tin στην αποθήκη Tout, χωρίς καμία ενδιάμεση ενέργεια
72	Unloading_F1_From_TC_R2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F1 από την μηχανή TC στην αποθήκη M2, με την χρήση του ρομπότ R2
73	Unloading_F2_From_TC_R2	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F2 από την μηχανή TC στην αποθήκη M2, με την χρήση του ρομπότ R2
74	Unloading_F2_From_VMC_R1	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F2 από την μηχανή VMC στην αποθήκη M1, με την χρήση του ρομπότ R1
75	Unloading_F3_From_VMC_R1	60.0 sec	Χρονική μετάβαση του τεμαχίου F2 από την μηχανή VMC στην αποθήκη M1, με την χρήση του ρομπότ R1
76	VMC_Leave_M1_Undone_Full_RGV	—	Μετάβαση του RGV από την μηχανή VMC με γεμάτες θέσεις για τα ακατέργαστα κομμάτια στην αποθήκη M1 σε συνδυασμό με την γεμάτη αποθήκη του RGV
77	VMC_Leave_No_Actions	—	Σήμανση αναχώρησης του RGV από την μηχανή VMC χωρίς διαθέσιμες ενδιάμεσες στάσεις για κατεργασία ή αποθήκευση
78	VMC_Leave_No_M1_Space	—	Σήμανση αναχώρησης του RGV από την μηχανή VMC με την αποθήκη M1 γεμάτη
79	VMC_Leave_No_Material	—	Σήμανση αναχώρησης του RGV από την μηχανή VMC λόγω έλλειψης συμβατού με ενέργεια τεμαχίου στην αποθήκη του
80	VMC_On_F2	600.0 sec	Διάρκεια κατεργασίας του τεμαχίου F2 από την μηχανή VMC
81	VMC_On_F3	900.0 sec	Διάρκεια κατεργασίας του τεμαχίου F3 από την μηχανή VMC
82	VMC_To_TC	54.0 sec	Χρονική μετάβαση του RGV από την μηχανή VMC στην μηχανή TC

Αριθμός	Μετάβαση	Χρόνος	Επεξήγηση
83	VMC_To_TC_F_Ready	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή VMC στην μηχανή TC με κατεργασμένο τεμάχιο (οποιασδήποτε κατηγορίας) στην αποθήκη του
84	VMC_To_TC_F1_Under_Construction	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή VMC στην μηχανή TC καθώς υπάρχει τεμάχιο F1 είναι υπό κατεργασία
85	VMC_To_TC_F2_Under_Construction	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή VMC στην μηχανή TC καθώς υπάρχει τεμάχιο F2 είναι υπό κατεργασία
86	VMC_To_Tin	90.0 sec	Χρονική Μετάβαση του RGV από την μηχανή VMC στην αποθήκη Tin
87	VMC_To_Tin_No_M2_Space	—	Σήμανση μετάβασης του RGV στην αποθήκη Tin, χωρίς διαθέσιμο χώρο στην αποθήκη M2
88	VMC_To_Tin_No_M2_Undone_Space +Full_RGV	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή VMC στην αποθήκη Tin όταν η αποθήκη M2 δεν έχει διαθέσιμη θέση για ακατέργαστα τεμάχια και η αποθήκη του RGV είναι γεμάτη
89	VMC_To_Tin_No_Material	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή VMC στην αποθήκη Tin χωρίς διαθέσιμα τεμάχια στην αποθήκη του
90	VMC_To_Tin_No_TC_Action	—	Σήμανση μετάβασης του RGV από την μηχανή VMC στην αποθήκη Tin χωρίς ενδιάμεση στάση για κατεργασία στην μηχανή TC

Επεξήγηση Χρονικών Παραμέτρων Μεταβάσεων του PN

Σημείωση: Όλα τα υπολογισμένα χρονικά διαστήματα πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή 60 ώστε να μετατραπούν σε δευτερόλεπτα.

Οι μεταβάσεις *F1_Waiting_To_Unload_To_M2*, *Loading_F1_Done_To_RGV_Decision*, *Loading_F1_Done_To_Tout*, *Loading_F1_To_TC_R2*, *Loading_F1_Undone_To_M2*, *Loading_F1_Undone_To_RGV*, *Loading_F2_Done_To_RGV*, *Loading_F2_Done_To_Tout*, *Loading_F2_Semi_Done_To_M2*, *Loading_F2_Semi_Done_To_RGV*, *Loading_F2_To_TC_R2*, *Loading_F2_To_VMC_R1*, *Loading_F2_Undone_To_M1*, *Loading_F2_Undone_To_RGV*, *Loading_F3_Done_To_RGV*, *Loading_F3_Done_To_Tout*, *Loading_F3_To_VMC_R1*, *Loading_F3_Undone_To_M1*, *Loading_F3_Undone_To_RGV*, *Unloading_F1_From_TC_R2*, *Unloading_F2_From_TC_R2*, *Unloading_F2_From_VMC_R1*, *Unloading_F3_From_VMC_R1* χρειάζονται 60 δευτερόλεπτα καθώς εκφράζουν φόρτωση/εκφόρτωση από τα αντίστοιχα ρομπότ που απαιτεί 1 min, σύμφωνα με την εκφώνηση. Η μετάβαση *TC_on_F1* χρειάζεται 300 δευτερόλεπτα καθώς η κατεργασία του κομματιού F1 από την μηχανή TC απαιτεί 5 min, σύμφωνα με την εκφώνηση.

Η μετάβαση *VMC_On_F2* χρειάζεται 600 δευτερόλεπτα καθώς η κατεργασία του κομματιού F2 από την μηχανή VMC απαιτεί 10 min, σύμφωνα με την εκφώνηση.

Η μετάβαση *TC_On_F2* χρειάζεται 300 δευτερόλεπτα καθώς η κατεργασία του κομματιού F2 από την μηχανή TC απαιτεί 5 min, σύμφωνα με την εκφώνηση.

Η μετάβαση *VMC_On_F3* χρειάζεται 900 δευτερόλεπτα καθώς η κατεργασία του κομματιού F3 από την μηχανή VMC απαιτεί 15 min, σύμφωνα με την εκφώνηση.

Οι μεταβάσεις *Tout_To_Tin* και *Tin_To_Tout* χρειάζονται 30 δευτερόλεπτα. Το χρονικό διάστημα υπολογίζεται από την απόσταση μεταξύ των αποθηκών Tin και Tout (5 m) και της δεδομένης ταχύτητας του RGV (10 m/min).

Οι μεταβάσεις *VMC_To_TC* και *TC_To_VMC* χρειάζονται 54 δευτερόλεπτα. Το χρονικό διάστημα υπολογίζεται από την διαίρεση της απόστασης των δύο μηχανών (9 m) και της δεδομένης ταχύτητας του RGV (10 m/min).

Οι μεταβάσεις *Tin_To_VMC* και *VMC_To_Tin* χρειάζονται 90 δευτερόλεπτα. Το χρονικό διάστημα υπολογίζεται από την διαίρεση της απόστασης μεταξύ της αποθήκης Tin και της μηχανής VMC (15 m) και της δεδομένης ταχύτητας του RGV (10 m/min).

Η μετάβαση *Tin_To_Parking* χρειάζεται 216 δευτερόλεπτα. Το χρονικό διάστημα υπολογίζεται από την διαίρεση της απόστασης μεταξύ της αποθήκης Tin και της θέσης PARKING του RGV (15 + 9 + 12 = 36 m) και της δεδομένης ταχύτητας του RGV (10 m/min).

Η μετάβαση *Parking_To_TC* χρειάζεται 72 δευτερόλεπτα. Το χρονικό διάστημα υπολογίζεται από την απόσταση μεταξύ της θέσης PARKING και της μηχανής TC (12 m) και της δεδομένης ταχύτητας του RGV (10 m/min).

Η μετάβαση *Charging_Time* χρειάζεται 600 δευτερόλεπτα καθώς η διάρκεια της φόρτισης του RGV απαιτείται 10 min, σύμφωνα με την εκφώνηση.