

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**



**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

(2020-2021)

*2<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση*

*ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ*

Ονοματεπώνυμο:

- Χρήστος Τσούφης

Αριθμός Μητρώου:

- 03117176

Στοιχεία Επικοινωνίας:

- [el17176@mail.ntua.gr](mailto:el17176@mail.ntua.gr)
- [chris99ts@gmail.com](mailto:chris99ts@gmail.com)

## **Εισαγωγή**

Η 2<sup>η</sup> εργαστηριακή άσκηση έχει σκοπό την εξοικείωση στη μοντελοποίηση και στην ανάλυση επιχειρησιακών διαδικασιών με χρήση διαγράμματος BPMN. Ως διαδικασία επιλέχθηκε η παρασκευή φαγητού (παστίτσιο) η οποία αποτυπώθηκε με μορφή διαγράμματος BPMN και στη συνέχεια εκτελέστηκε η προσομοίωση.

## **Λεκτική Περιγραφή της Διαδικασίας**

Η διαδικασία αποτελείται από 36 εργασίες, 9 χρονιστές και 7 πύλες (2 AND & 5 XOR). Αποτελείται από 3 στάδια τα οποία εκτελούνται παράλληλα από την αρχή. Αυτά είναι, η προετοιμασία του κιμά, έπειτα της κρέμας μπεσαμέλ και τέλος των ζυμαρικών τα οποία έπειτα ενώνονται για την παρασκευή του παστίτσιου.

Για την προσομοίωση, έχουν επιλεγθεί 3 resources (Bechamel Cook, Mince Meat Cook, Pasta Cook) κάθε ένα εκ των οποίων αναλαμβάνει από την αρχή έως το τέλος το επιμέρους αντίστοιχο στάδιο. Το τελευταίο στάδιο είναι η ένωση των υλικών και το ψήσιμο και σερβίρισμα, το αναλαμβάνει ο Pasta Cook, αφού χρειάστηκε τον λιγότερο χρόνο.

Αναλυτικότερα, τα στάδια που ακολουθούνται είναι τα εξής:

### ***Υλικά συνταγής:***

- 500 γραμ. ζυμαρικά (ριγκατόνι ή κοραλάκι ή κοφτό μακαρόνι)
- Αλάτι
- 3-4 κ.σ. κεφαλοτύρι (για την κρούστα)

### ***Για τη ζουμερή σάλτσα κιμά***

- 700 γραμ. κιμάς μοσχαρίσιος
- 4 κ.σ. ελαιόλαδο
- 2 φέτες μπέικον
- 1 σκ. Σκόρδο
- 1 μέτριο κρεμμύδι
- 1 κλωνάρι σέλερυ
- 2 καρότα
- 1 κ.σ. πελτέ ντομάτας
- 1/4 φλ. Κονιάκ
- 1 συσκευασία ψιλοκομμένες ή 400 γρ. τριμμένες ντομάτες
- 1/2 φλ. Νερό
- 1 δαφνόφυλο
- 1/2 ξυλάκι κανέλας
- Αλάτι
- Πιπέρι

### *Για την εύκολη κρέμα μπεσαμέλ*

- 1.250 γραμ. γάλα
- 6 γεμάτες κ.σ. κορν φλάουρ (125 γραμ.)
- 2 κ.σ. βούτυρο
- 2 αυγά χτυπημένα (προαιρετικά)
- Αλάτι
- 1 πρέζα μοσχοκάρυδο
- 1/2 φλ. Κεφαλοτύρι

### *Προετοιμασία κιμά:*

1. Ξεκινάμε το εύκολο παστίτσιο ριγκατόνι.
2. Βάζουμε στο μπλέντερ το μπέικον, το σκόρδο, το κρεμμύδι, το καρότο και το σέλερυ και τα ψιλοκόβουμε.
3. Ζεσταίνουμε το ελαιόλαδο σε κατσαρόλα και ροδίζουμε τον κιμά.
4. Προσθέτουμε όλα τα υπόλοιπα υλικά και ανακατεύουμε.
5. Αφήνουμε να μαραθούν για 3-4 λεπτά.
6. Προσθέτουμε τον πελτέ και τον ανακατεύουμε.
7. Τον ψήνουμε για 1 λεπτό.
8. Σβήνουμε με το κονιάκ και αφήνουμε να εξατμιστεί.
9. Προσθέτουμε τις ντομάτες και 1/2 φλιτζάνι ζεστό νερό.
10. Σκεπάζουμε την κατσαρόλα, χαμηλώνουμε τη φωτιά.
11. Σιγοβράζουμε για 30 λεπτά.
12. Αν στεγνώσει γρήγορα ο κιμάς συμπληρώνουμε λίγο ζεστό νερό. Ο κιμάς πρέπει να είναι ζουμερός και μελωμένος (**XOR** loop).
13. Προς το τέλος του βρασμού, ρίχνουμε δαφνόφυλλο και κανέλα και αλατοπιπερώνουμε.
14. Ίσως χρειαστεί να προσθέσουμε λίγο ζεστό νερό ή ζωμό, αν δεν είναι ζουμερός ο κιμάς (**XOR** loop).
15. Αφήνουμε τα μυρωδικά να αρωματίσουν για 5 λεπτά και τα αφαιρούμε.
16. Τέλος, το αποσύρουμε από τη φωτιά και το αφήνουμε στην άκρη.

### *Προετοιμασία μπεσαμέλ:*

1. Βάζουμε όλα τα υλικά κρύα στην κατσαρόλα (εκτός από τα αυγά) και ανακατεύουμε τακτικά σε μέτρια προς δυνατή φωτιά.
2. Αφήνουμε να βράσει και να πήξει για 5 λεπτά (**XOR** loop).
3. Μόλις βράσει η εύκολη κρέμα μπεσαμέλ, αποσύρουμε από τη φωτιά.
4. Αφήνουμε να κρυώσει για 5-6'.
5. Προσθέτουμε τα χτυπημένα αυγά και το κεφαλοτύρι.
6. Ανακατεύουμε με γρήγορες κινήσεις με το σύρμα, ώστε γρήγορα τα αυγά να ομογενοποιηθούν στην κρέμα.

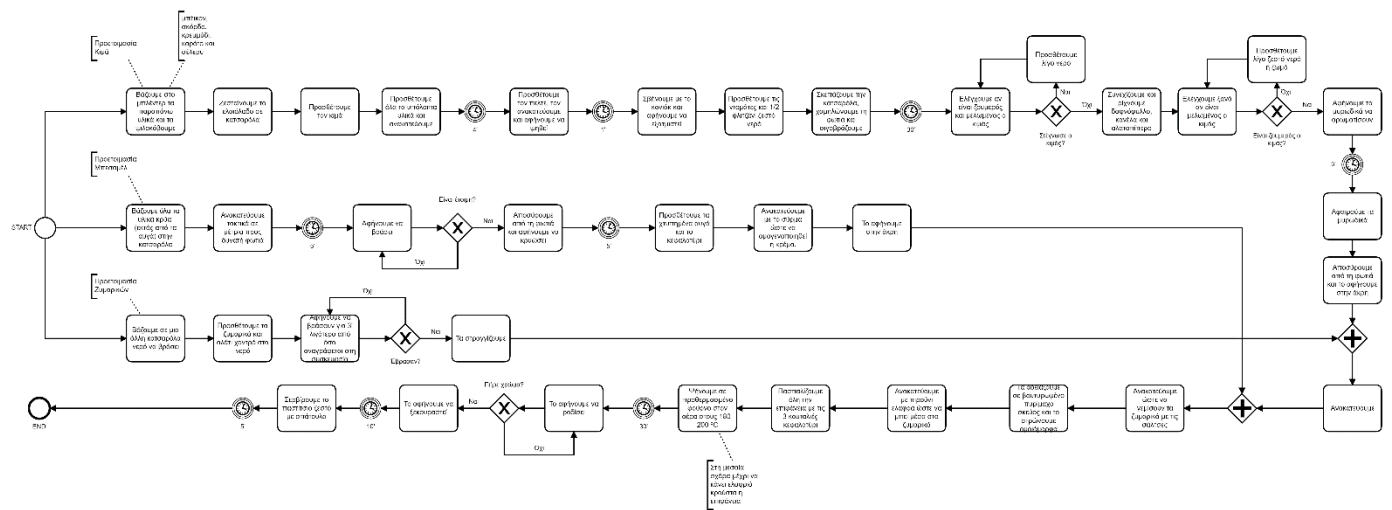
## Προετοιμασία Ζυμαρικών:

1. Βάζουμε σε μια άλλη κατσαρόλα νερό να βράσει.
2. Προσθέτουμε τα ζυμαρικά και αλάτι χοντρό στο νερό.
3. Αφήνουμε να βράσουν 2-3 λεπτά λιγότερο από όσο αναγράφεται στην συσκευασία (**XOR loop**).
4. Τα στραγγίζουμε.

## Προετοιμασία Στησίματος:

1. Ρίχνουμε τα ριγκατόνι στον κιμά και ανακατεύουμε (**AND**).
2. Προσθέτουμε τη κρέμα και το τυρί και ανακατεύουμε ώστε να γεμίσουν τα ζυμαρικά με τις σάλτσες (**AND**).
3. Τα αδειάζουμε σε βουτυρωμένο πυρίμαχο σκεύος και το στρώνουμε ομοιόμορφα.
4. Με πιρούνι ανακατεύουμε ελαφρά να μπει μέσα στα ριγκατόνι.
5. Πασπαλίζουμε όλη την επιφάνεια με τις 3 κονταλιές κεφαλοτύρι.
6. Ψήνουμε σε προθερμασμένο φούρνο στον αέρα στους 180-200 °C για 30 λεπτά, στη μεσαία σχάρα μέχρι να κάνει ελαφριά κρούστα η επιφάνεια.
7. Αν δεν έχει ροδίσει, το αφήνουμε σε ζεστό φούρνο μέχρι να πάρει χρώμα (**XOR loop**).
8. Το αφήνουμε για 10 λεπτά να ξεκουραστεί.
9. Σερβίρουμε το παστίτσιο ζεστό με σπάτουλα.

## Το διάγραμμα BPMN της διαδικασίας



## Οι παράμετροι και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης

Οι παράμετροι και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης φαίνονται και στο επισυναπτόμενο αρχείο simulation\_results.csv αλλά και σε screenshots που υπάρχουν παρακάτω.

### Simulation Results

#### Simulation Results

##### General information

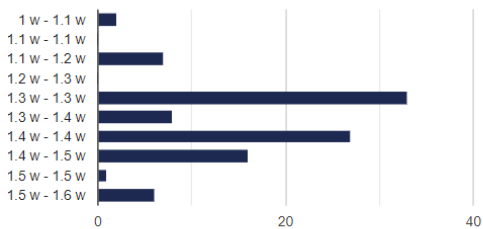
Completed process instances 100

Total cost 1041.3 EUR

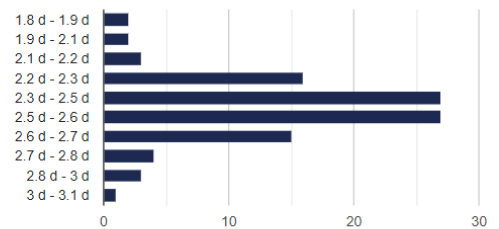
Total simulation time 1.6 weeks

### Charts

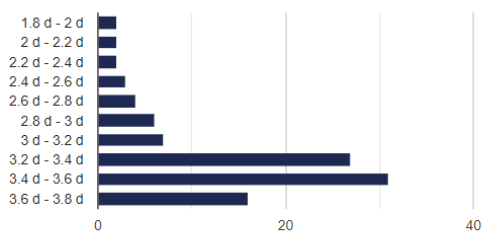
Process cycle times including off-timetable hours



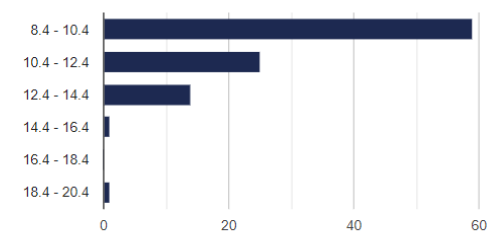
Process cycle times excluding off-timetable hours



Process waiting times



Process costs (EUR)



Resource utilization %



### Scenario Statistics

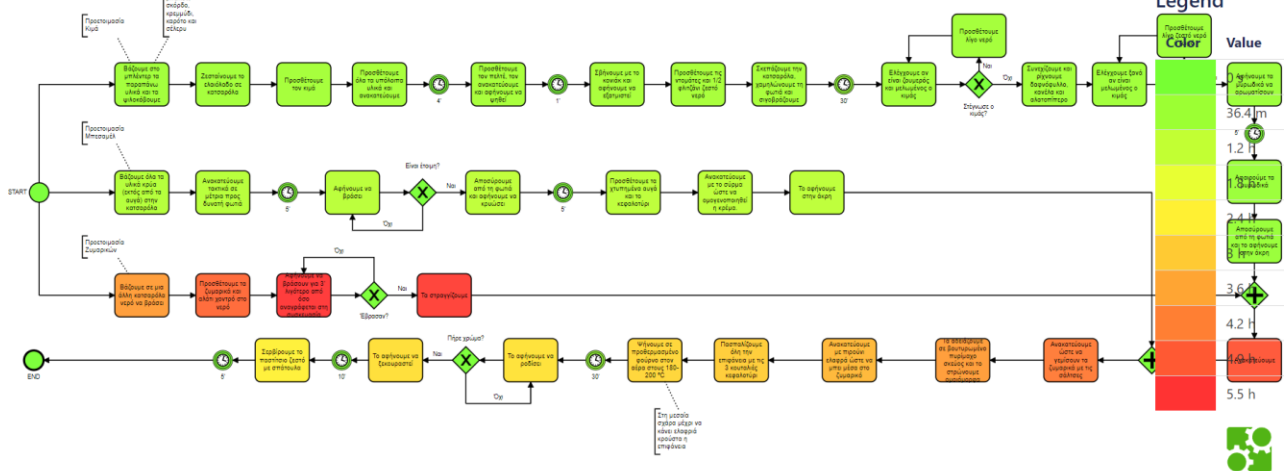
#### Scenario Statistics

	Minimum	Maximum	Average
Process instance cycle times including off-timetable hours	1 week	1.6 weeks	1.4 weeks
Process instance cycle times excluding off-timetable hours	1.8 days	3.1 days	2.5 days
Process instance costs	8.4 EUR	20.3 EUR	10.4 EUR

# Heatmaps

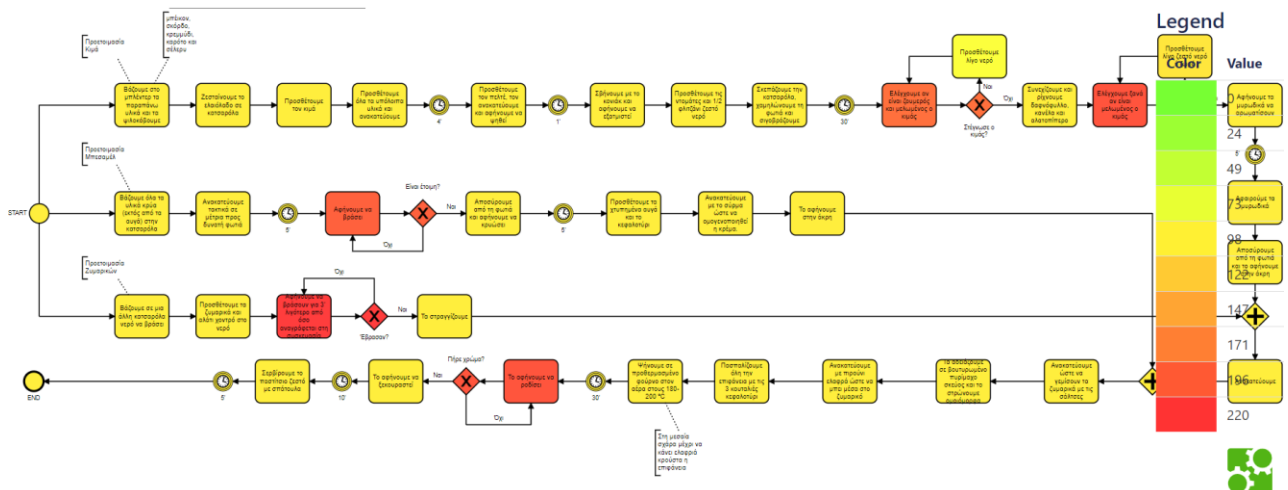
## Heatmap

Heatmap based on Durations



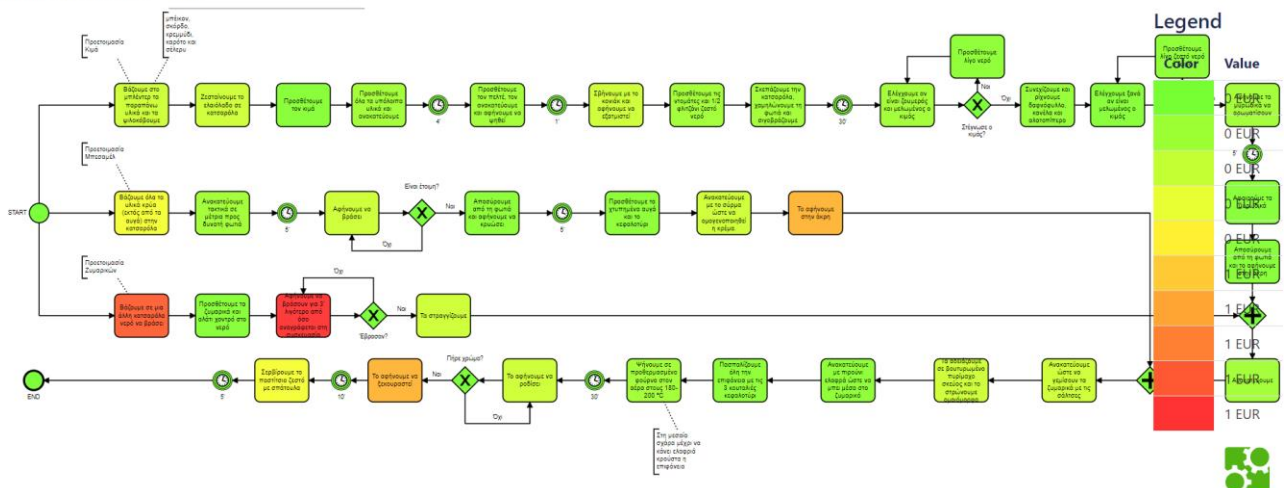
## Heatmap

Heatmap based on Counts

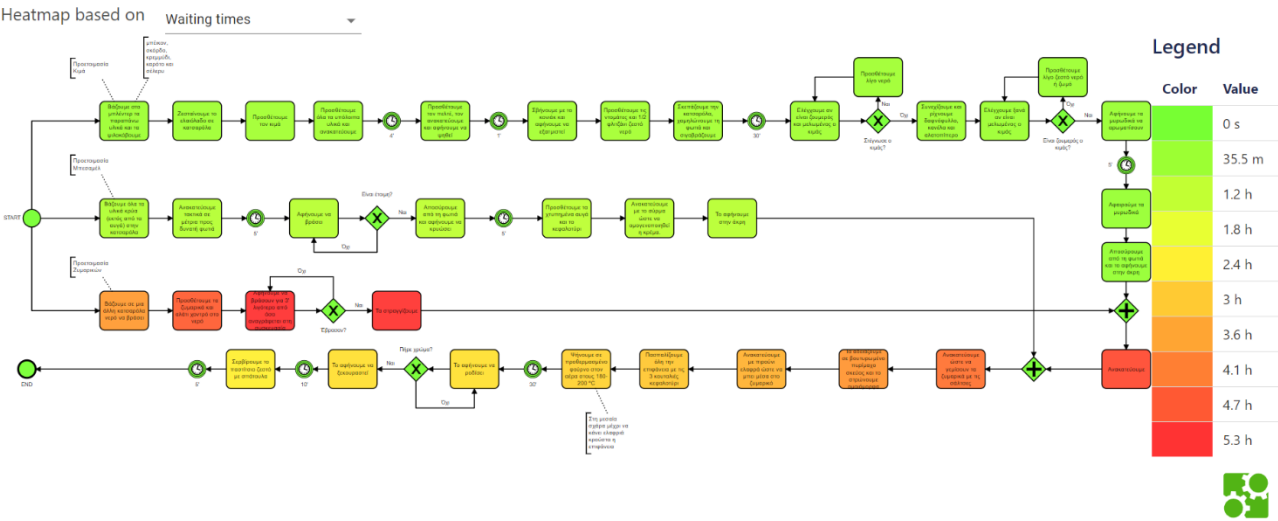


## Heatmap

Heatmap based on Costs



Heatmap



Activity Durations, Costs, Waiting Times, Deviations from Thresholds

Activity Durations, Costs, Waiting times, Deviations from Thresholds

Name	Waiting time				Duration			Duration over threshold			Cost			Cost over threshold		
	Count	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max
1'	100	0 s	0 s	0 s	1 m	1 m	1 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
10'	100	0 s	0 s	0 s	10 m	10 m	10 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
30'	100	0 s	0 s	0 s	30 m	30 m	30 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
30'	100	0 s	0 s	0 s	30 m	30 m	30 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
4'	100	0 s	0 s	0 s	4 m	4 m	4 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
5'	100	0 s	0 s	0 s	5 m	5 m	5 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
5'	100	0 s	0 s	0 s	5 m	5 m	5 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
5'	100	0 s	0 s	0 s	5 m	5 m	5 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
5'	100	0 s	0 s	0 s	5 m	5 m	5 m	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
Ανακατεύουμε	100	55.8 m	4.9 h	7.9 h	56.8 m	5 h	7.9 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0

Ανακατεύουμε με πιρούνι ελαφρά ώστε να μπει μέσα στο ζυμαρικό	100	1.6 h	3.3 h	7.9 h	1.6 h	3.4 h	7.9 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Ανακατεύουμε με το σύρμα ώστε να ομογενοποιηθεί η κρέμα.	100	3 m	1.1 h	1.9 h	5 m	1.1 h	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Ανακατεύουμε τακτικά σε μέτρια προς δυνατή φωτιά	100	0 s	58.7 m	1.9 h	1 m	59.7 m	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Ανακατεύουμε ώστε να γεμίσουν τα ζυμαρικά με τις σάλτσες	100	1.5 h	4.3 h	7.9 h	1.6 h	4.4 h	7.9 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Αποσύρουμε από τη φωτιά και αφήνουμε να κρυώσει	100	1 m	1.1 h	1.9 h	1.5 m	1.1 h	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Αποσύρουμε από τη φωτιά και το αφήνουμε στην άκρη	100	0 s	29.9 m	1.3 h	20 s	30.3 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
Αφήνουμε να βράσει	196	0 s	1 h	1.9 h	2 m	1.1 h	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Αφήνουμε να βράσουν για 3' λιγότερο από όσο αναγράφεται στη συσκευασία	220	0 s	5.3 h	7.8 h	8 m	5.5 h	7.9 h	0 s	0 s	0 s	1.1	1.1	1.1	0	0	0
Αφήνουμε τα μυρωδικά να αρωματίσουν	100	2.3 m	33.4 m	1.3 h	3.3 m	34.4 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Αφαιρούμε τα μυρωδικά	100	0 s	31.4 m	1.3 h	20 s	31.7 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0

Βάζουμε σε μια άλλη κατσαρόλα νερό να βράσει	100	0 s	3.7 h	7.5 h	7 m	3.8 h	7.6 h	0 s	0 s	0 s	0.9	0.9	0.9	0	0	0
Βάζουμε στο μπλέντερ τα παραπάνω υλικά και τα ψιλοκόβουμε	100	0 s	36.9 m	1.3 h	2 m	38.9 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Βάζουμε όλα τα υλικά κρύα (εκτός από τα αυγά) στην κατσαρόλα	100	0 s	54.5 m	1.8 h	3 m	57.5 m	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.4	0.4	0.4	0	0	0
Ελέγχουμε αν είναι ζουμερός και μελωμένος ο κιμάς	186	20 s	40.6 m	1.3 h	1.3 m	41.6 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Ελέγχουμε ξανά αν είναι μελωμένος ο κιμάς	205	4 m	37.2 m	1.3 h	4.3 m	37.5 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
Ζεσταίνουμε το ελαιόλαδο σε κατσαρόλα	100	0 s	39.3 m	1.3 h	2 m	41.3 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Πασπαλίζουμε όλη την επιφάνεια με τις 3 κουταλιές κεφαλοτύρι	100	1.6 h	3 h	7.7 h	1.6 h	3 h	7.7 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Προσθέτουμε λίγο ζεστό νερό ή ζωμό	105	2.3 m	36.6 m	1.3 h	2.8 m	37.1 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Προσθέτουμε λίγο νερό	86	4.3 m	39.9 m	1.3 h	4.8 m	40.4 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Προσθέτουμε τα ζυμαρικά και αλάτι χοντρό στο νερό	100	0 s	4.7 h	7.6 h	20 s	4.7 h	7.6 h	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0



Προσθέτουμε τα χτυπημένα αυγά και το κεφαλοτύρι	100	2 m	1.1 h	1.9 h	2.5 m	1.1 h	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Προσθέτουμε τις ντομάτες και 1/2 φλιτζάνι ζεστό νερό	100	0 s	43.6 m	1.3 h	1 m	44.6 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Προσθέτουμε τον κιμά	100	0 s	41.5 m	1.3 h	20 s	41.8 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0	0	0	0	0	0
Προσθέτουμε τον πελτέ, τον ανακατεύουμε και αφήνουμε να ψηθεί	100	0 s	43 m	1.3 h	1 m	44 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Προσθέτουμε όλα τα υπόλοιπα υλικά και ανακατεύουμε	100	0 s	42.4 m	1.3 h	1 m	43.4 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Σβήνουμε με το κονιάκ και αφήνουμε να εξατμιστεί	100	20 s	43.5 m	1.3 h	2.3 m	45.5 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Σερβίρουμε το παστίτσιο ζεστό με σπάτουλα	100	0 s	2.4 h	5.1 h	3 m	2.4 h	5.2 h	0 s	0 s	0 s	0.4	0.4	0.4	0	0	0
Σκεπάζουμε την κατσαρόλα, χαμηλώνουμε τη φωτιά και σιγοβράζουμε	100	0 s	43.4 m	1.3 h	1 m	44.4 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Συνεχίζουμε και ρίχνουμε διαφνόφυλλο, κανέλα και αλατοπίπερο	100	3 m	39.7 m	1.3 h	3.7 m	40.4 m	1.3 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Τα αδειάζουμε σε βουτυρωμένο πυρίμαχο σκεύος και το στρώνουμε ομοιόμορφα	100	1.6 h	3.8 h	7.7 h	1.6 h	3.8 h	7.8 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0

Τα στραγγίζουμε	100	7 m	5.3 h	7.8 h	9 m	5.3 h	7.8 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Το αφήνουμε να ξεκουραστεί	100	3 m	2.6 h	7.6 h	8 m	2.7 h	7.7 h	0 s	0 s	0 s	0.7	0.7	0.7	0	0	0
Το αφήνουμε να ροδίσει	204	21 m	2.6 h	7.7 h	23 m	2.7 h	7.7 h	0 s	0 s	0 s	0.3	0.3	0.3	0	0	0
Το αφήνουμε στην άκρη	100	4 m	1 h	1.8 h	9 m	1.1 h	1.9 h	0 s	0 s	0 s	0.7	0.7	0.7	0	0	0
Ψήνουμε σε προθερμασμένο φούρνο στον αέρα στους 180-200 °C	100	1.6 h	2.8 h	7.7 h	1.6 h	2.9 h	7.7 h	0 s	0 s	0 s	0.1	0.1	0.1	0	0	0

## Προτάσεις για πιθανή βελτιστοποίηση της διαδικασίας

- Με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας παρασκευής φαγητού (παστίτσιο) θα μπορούσε να προστεθεί ένα ακόμα resource το οποίο θα αναλάμβανε το τελευταίο μέρος της διαδικασίας έτσι ώστε να ελευθερώνονται πόροι πιο γρήγορα.
- Επίσης, για να μειωθεί η πιθανότητα του γεγονότος να μην είναι κατάλληλα ψημένο το φαγητό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλύτερος φούρνος.
- Τέλος η παρασκευή μεγαλύτερης ποσότητας θα βοηθούσε στο να τελειώσει πιο γρήγορα η διαδικασία για πολλούς πελάτες.

Πηγές:

[https://www.argiro.gr/recipe/eykolo-pastitsio-rigkatoni/?fbclid=IwAR0-9vNm\\_NgFqmaSVrZ\\_3WUXhVwKEhOKoC7jYMR-DPFkOJ4l3ZB-bX3gsyw](https://www.argiro.gr/recipe/eykolo-pastitsio-rigkatoni/?fbclid=IwAR0-9vNm_NgFqmaSVrZ_3WUXhVwKEhOKoC7jYMR-DPFkOJ4l3ZB-bX3gsyw)