

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Industry 4.0 και η εφαρμογή του σε βιομηχανία πλαστικών

Σταυρουλάκης Γεώργιος Μ.Ο.200 | Νοέμβριος 2022

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:  
Μάνια Μαρκάκη

## **I. Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγο μου για την κατανόηση και την στήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου και την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Μαρκάκη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία που εργάζομαι, την ΚΟΥΒΙΔΗΣ ΑΒΕΕ για την άδεια και την βοήθεια που μου παρείχε για συλλογή πληροφοριών για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας μου και ιδιαίτερα τον Διευθυντή Παραγωγής κ. Βιτσαξάκη Ι. και τον IT Manager Καρατζή Ν.

## II. Περίληψη

Η εποχή που διανύουμε είναι η εποχή της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης, πιο γνωστής και ως Industry 4.0, μια νέα τάξη πραγμάτων που τα πάντα σε ένα εργοστάσιο είναι συνδεδεμένα και ελέγχονται μέσω του Διαδικτύου, οπότε χωρίς αυτό δεν θα υπήρχε αυτή η τάση της αυτοματοποίησης στον τομέα της παραγωγής. Εννέα τεχνολογίες είναι οι κύριες τεχνολογίες της Industry 4.0, οι οποίες δημιουργούν ένα κυβερνοφυσικό σύστημα, στο οποίο μηχανές και ρομπότ συνδέονται μεταξύ τους και όλες μαζί στο διαδίκτυο δρώντας αυτοβούλως, ανταλλάζοντας μεγάλα δεδομένα τα οποία είναι διαθέσιμα παντού μέσω Cloud. Η ανάπτυξη των αυτοματοποιημένων βιομηχανικών συστημάτων είναι ραγδαία στις ανεπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες, την Κίνα και τις ΗΠΑ, σε αντίθεση με την Ελλάδα που βρίσκεται ακόμα πολύ πίσω στην τεχνολογική εξέλιξη. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ασχοληθεί εκτενέστερα με τις τεχνολογίες της Industry 4.0 στον τομέα της βιομηχανίας πλαστικών, τις δυνατότητες τους και τις εφαρμογές τους σε αυτόν τον κλάδο, καθώς και τις τεχνολογίες Industry 4.0 που υπάρχουν στην βιομηχανία πλαστικών ΚΟΥΒΙΔΗΣ ΑΒΕΕ.

Λέξεις κλειδιά: Industry 4.0, βιομηχανία πλαστικών, πλαστικά, υπολογιστικό νέφος, έξυπνο εργοστάσιο

### **III. Abstract**

This is the era of the 4th Industrial Revolution, better known as Industry 4.0, a new world order where everything in a factory is connected and controlled via the Internet, without which there would not be this trend of automation in the production sector. Nine technologies are the main technologies of Industry 4.0, which create a cyber-physical system in which machines and robots are connected to each other and all together on the internet acting on their own, exchanging big data which is available everywhere via Cloud. The development of automated industrial systems is rapid in developed European countries, China and the USA, in contrast to Greece, which is still far behind in technological development. The purpose of this paper is to deal more extensively with the Industry 4.0 technologies in the plastics industry, their potential and their applications in this industry, as well as the Industry 4.0 technologies that exist in the plastics industry KOUVIDIS ABEE.

Keywords: Industry 4.0, plastics industry, plastics, cloud computing, smart factory



## Περιεχόμενα

I. Ευχαριστίες.....	II
II. Περίληψη.....	III
III. Abstract.....	IV
1. Εισαγωγή.....	12
1.1. Σημαντικότητα του θέματος.....	12
1.2. Στόχος-Σκοπός.....	12
1.3. Διάρθρωση μελέτης.....	12
2. Βασικές αρχές Industry 4.0.....	13
2.1. Εισαγωγή.....	13
2.2. Ορισμός Industry 4.0.....	14
2.3. Πλεονεκτήματα εφαρμογής Industry 4.0.....	15
2.4. Οι εννέα πυλώνες της τεχνολογικής εξέλιξης.....	16
2.5. Στοιχεία και αρχές σχεδιασμού Industry 4.0.....	17
Βιβλιογραφία.....	18
3. Οι εννέα Πυλώνες του Industry 4.0 και ο τρόπος εφαρμογής τους σε μια βιομηχανία πλαστικών.....	19
3.1. Εισαγωγή.....	19
3.1.1. Οι εννέα Πυλώνες.....	20
3.2. Μεγάλα δεδομένα(Big data).....	20
3.2.1. Ορισμός.....	20
3.2.2. Η σημασία συλλογής δεδομένων σε μια βιομηχανία πλαστικών.....	21
3.2.3. Απόκτηση εμπειρίας από τη συλλογή δεδομένων.....	22
3.3. Βιομηχανικό Internet of things(IIoT).....	23
3.3.1. Ορισμός.....	23
3.3.2. Ιδιότητες των πολυμερών και ανάλυση τους εφαρμόζοντας Ψηφιακή μηχανική.....	24
3.3.3. Αισθητήρες συλλογής δεδομένων και παρακολούθησης της διαδικασίας παραγωγής.....	27
3.3.4. Ποιοτικός Έλεγχος Παραγωγής.....	31
3.3.5. Τύποι Ποιοτικού Ελέγχου Παραγωγής.....	34
3.4.2. Οφέλη από το Cloud.....	36
3.4.3. Τύποι Cloud.....	37
3.4.4. Υπηρεσίες Cloud: Χαρακτηριστικά και οφέλη.....	37
3.4.5. Τύποι υπηρεσιών Cloud.....	37
3.4.6. Cloud σε βιομηχανία πλαστικών.....	38
3.5. Προσομοίωση(Simulation).....	39

3.5.1. Ορισμός.....	39
3.5.2. Προσομοίωση σε βιομηχανία πλαστικών.....	39
3.5.3. Προσομοίωση διαδικασίας.....	40
3.5.5. Προσομοίωση με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα(Artificial Neural Networks).....	42
3.6. Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων(Horizontal and vertical system integration).....	43
3.6.1. Ορισμός.....	43
3.6.2. Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων σε βιομηχανία πλαστικών.....	44
3.7. Επαυξημένη πραγματικότητα(Augmented reality).....	45
3.7.1. Ορισμός.....	45
3.7.2.Επαυξημένη πραγματικότητα σε βιομηχανία πλαστικών.....	46
3.8. Κυβερνοασφάλεια(Cybersecurity).....	48
3.8.2. Κυβερνοασφάλεια σε βιομηχανία πλαστικών.....	50
3.9. Αυτόνομα ρομπότ(Autonomous Robots).....	50
3.9.2. Αυτόνομα ρομπότ σε βιομηχανία πλαστικών.....	52
3.10. Προσθετική κατασκευή ή 3D Εκτύπωση(Additive manufacturing).....	52
3.10.2. Προσθετική κατασκευή σε βιομηχανία πλαστικών.....	53
Βιβλιογραφία 3ου κεφαλαίου.....	55
4. Στοιχεία Industry 4.0, οι αρχές σχεδιασμού και η εφαρμογή τους σε βιομηχανία πλαστικών.....	57
4.1.Κυβερνοφυσικά συστήματα(CPS).....	57
4.1.1. Ορισμός.....	57
4.1.2. Χαρακτηριστικά των κυβερνοφυσικών συστημάτων.....	60
4.1.3. Κυβερνοφυσικά συστήματα σε βιομηχανία πλαστικών.....	61
4.1.4. Σχεδιασμός και υλοποίηση ενός συστήματος CPPS.....	63
4.2. Διαδίκτυο των πραγμάτων(Internet of Things).....	65
4.2.2. Όραμα και πιθανότητες.....	66
4.2.3. Πλαίσιο λειτουργίας του IoT.....	67
4.2.4. Αρχιτεκτονική του IoT.....	68
4.3. Internet of Services.....	69
4.4.2. Αλυσίδα αξίας.....	71
4.4.3. Αλυσίδα αξίας σε βιομηχανία πλαστικών.....	72
4.4.3.1. Ρύθμιση βάσει μοντέλου των διαδικασιών χύτευσης με έγχυση.....	72
4.4.4. Λιτή διαχείριση (Lean management).....	74
4.4.5. Ενσωμάτωση των τεχνολογιών Industry 4.0 στη διαχείριση τομέων ενός εργοστασίου.....	76

4.4.5.1. Διαχείριση χώρου παραγωγής .....	76
4.4.5.2. Διαχείριση αποθήκης .....	77
4.4.5.3. Logistics 4.0.....	79
4.4.5.4. Διαχείριση εξοπλισμού.....	80
4.5 Αρχές σχεδιασμού Industry 4.0 .....	81
4.5.1. Διαλειτουργικότητα.....	81
4.5.2. Εικονικοποίηση .....	81
4.5.3. Αποκέντρωση.....	81
4.5.4. Δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο .....	82
4.5.5. Προσανατολισμός στις υπηρεσίες.....	82
4.5.6. Αρθρωτότητα.....	82
Βιβλιογραφία 4ου κεφαλαίου.....	83
<b>5. Πρόγραμμα Smart Building Siemens Desigo CC και εφαρμογή του σε βιομηχανία πλαστικών.....</b>	<b>86</b>
5.1. Ορισμός.....	86
5.2. Πρόγραμμα Siemens Desigo CC.....	86
5.3. Χαρακτηριστικά Desigo CC.....	87
<b>6. Industry 4.0 στην Ελλάδα και στην Ευρώπη .....</b>	<b>107</b>
6.1. 4 <sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση στην Ελλάδα .....	107
6.2. Βιομηχανικές επενδύσεις στην Ελλάδα .....	108
6.3. Πρόταση ΣΕΒ για εθνική στρατηγική .....	110
6.4. 4 <sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση στην Ευρώπη.....	116
Βιβλιογραφία 6 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου .....	119
<b>7. Συμπεράσματα-Προτάσεις .....</b>	<b>120</b>
Βιβλιογραφία 7 <sup>ου</sup> Κεφαλαίου .....	122

## Κατάλογος Εικόνων

Figure 1 Από τη 1η ως τη 4η Βιομηχανική Επανάσταση .....	14
Figure 2 Κύριες τεχνολογίες Industry 4.0(Rübmann, M. et al., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, The Boston Consulting Group (BCG), 2015.).....	16
Figure 3 Οι εννέα πυλώνες Industry 4.0.....	19
Figure 4 Οι διαφορετικοί τύποι δεδομένων .....	23
Figure 5 Διαδίκτυο των πραγμάτων .....	23
Figure 6 Συσκευή και διαδικασία μέτρησης της θερμικής αγωγιμότητας .....	25
Figure 7 Αρχή της διαφορικής θερμιδομετρίας σάρωσης.....	25
Figure 8 Τυπική μέτρηση $pVT$ άμορφων και ημικρυσταλλικών πολυμερών.....	26
Figure 9 Θέσεις αισθητήρων παραμέτρων σε μηχανή έγχυσης .....	27
Figure 10 Ανιχνευτής θερμοκρασίας αντίστασης.....	28
Figure 11 Θερμοζεύγος.....	28
Figure 12 Πυροηλεκτρικός αισθητήρας .....	29
Figure 13 Πιεζοαντιστατικός αισθητήρας πίεσης .....	29
Figure 14 Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης.....	30
Figure 15 Περιτροφικό ποτενσιόμετρο μιας στροφής .....	30
Figure 16 Γραμμικό ποτενσιόμετρο.....	31
Figure 17 Κινούμενη συσκευή ανίχνευσης και μέτρησης.....	33
Figure 18 Τρισδιάστατη μέτρηση σχήματος .....	33
Figure 19 Μέτρηση με αξονική τομογραφία .....	34
Figure 20 Δίκτυο βασισμένο στο cloud .....	36
Figure 21 Τύποι υπηρεσιών cloud.....	38
Figure 22 Βασικές αρχές προσομοίωσης μοριακής δυναμικής .....	40
Figure 23 Διαφορετικές στρατηγικές πλέγματος .....	41
Figure 24 Microsoft Hololens .....	47
Figure 25 Google Glass.....	47
Figure 26 Προτεινόμενες δράσεις για την εξασφάλιση κυβερνοασφάλειας .....	49
Figure 27 Συσκευή βιοεξώθησης.....	54
Figure 28 Αρχιτεκτονική των CPS.....	59
Figure 29 Ολοκλήρωση κυβερνοφυσικών συστημάτων(Liu Y., Peng Y. and Wang B., 2017) .....	59
Figure 30 Κυβερνοφυσικό σύστημα παραγωγής στη χύτευση με έγχυση.....	62
Figure 31 Διαδικασία απομάκρυνσης αντικειμένων.....	63
Figure 32 Μοντέλο V μιας διαδικασίας μηχανοτρονικού σχεδιασμού.....	64
Figure 33 Διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης για τη δημιουργία δομής CPPS σύμφωνα με το RAMI 4.0 .....	65
Figure 34 Αρχιτεκτονική 6 στρωμάτων IoT(Farooq M. U., Waseem M. and Mazhar S., 2015) .....	69
Figure 35 Κύριες και υποστηρικτικές δραστηριότητες μιας αλυσίδας αξίας.....	71
Figure 36 Φυσικά και εικονικά αντικείμενα .....	72
Figure 37 Παλιός(πάνω) και νέος(κάτω) τρόπος ρύθμισης διεργασίας .....	73
Figure 38 Πλήρως συνδεδεμένες μονάδες παραγωγής για αυτοματοποιημένη διαδικασία..	74
Figure 39 Σύστημα Παραγωγής της Toyota .....	75

Figure 40 Χρόνοι κύκλων.....	77
Figure 41 Ρομποτικό σύστημα μεταφοράς απλό .....	79
Figure 42 Ρομποτικό σύστημα μεταφοράς με 2 ανελκυστήρες (Vogel-Heuser, Bauernhansl and Hompel, 2017).....	79
Figure 43 Διαχείριση εξοπλισμού.....	80
Figure 44 Αρχιτεκτονική του Siemens Desigo CC.....	87
Figure 45 Τοπολογία συστήματος Desigo .....	87
Figure 46 Κεντρικό μενού .....	89
Figure 47 Μηχανές παραγωγής Σ6-Σ7.....	89
Figure 48 Μηχανές παραγωγής Σ8-Σ9 .....	90
Figure 49 Αντλίες κενού.....	90
Figure 50 Αντλητικά συγκροτήματα.....	91
Figure 51 Ανελκυστήρας-Ανεβαστήρια .....	91
Figure 52 Εξαερισμός ισογείου .....	92
Figure 53 Εξαερισμός-Κλιματισμός ισογείου .....	92
Figure 54 UPS.....	93
Figure 55 Γεννήτριες.....	93
Figure 56 Μέση Τάση(Νέο Κτήριο) .....	94
Figure 57 Μέση Τάση(Παλιό Κτήριο).....	94
Figure 58 Κλιματισμός γραφείων 1ου ορόφου(Νέο κτήριο) .....	95
Figure 59 Κλιματισμός γραφείων ισογείου(κτήριο Γ) .....	95
Figure 60 Κλιματισμός γραφείων ισογείου(Νέο κτήριο) .....	96
Figure 61 Ζεστό νερό χρήσης .....	96
Figure 62 Κλιματισμός ηλεκτροστασίου-μπαταριών .....	97
Figure 63 Παραγωγή νερού κλιματισμού.....	97
Figure 64 Ψύκτης Νο1 Κλιματισμού .....	98
Figure 65 Αντιπαγετική προστασία.....	98
Figure 66 Διάγραμμα ψύξης μηχανών παραγωγής.....	99
Figure 67 Κύκλωμα ψύξης υψηλών θερμοκρασιών .....	99
Figure 68 Ψύκτης υψηλών θερμοκρασιών γραμμών παραγωγής.....	100
Figure 69 Ψύκτες χαμηλών θερμοκρασιών γραμμών παραγωγής .....	100
Figure 70 Ψύκτης Νο2 .....	101
Figure 71 Κύκλωμα ψύξης θερμοκρασιών Extruder-Vacuum.....	101
Figure 72 Πυρανίχνευση κτηρίου Α-1ος όροφος .....	102
Figure 73 Πυρανίχνευση κτηρίου Α-2ος όροφος.....	102
Figure 74 Πυρανίχνευση κτηρίου Β-1ος όροφος .....	103
Figure 75 Πυρανίχνευση κτηρίου Β-2ος όροφος .....	103
Figure 76 Πυρανίχνευση κτηρίου Β-Γραφεία .....	104
Figure 77 Πυρανίχνευση δώματος-Μηχανοστασίου Ανελκυστήρων.....	104
Figure 78 Πυρανίχνευση κτηρίου Γ-1ος όροφος.....	105
Figure 79 Πυρανίχνευση κτηρίου Γ-Χώρος φορτοεκφόρτωσης.....	105
Figure 80 Ακαθάριστος σχηματισμός πάγιου κεφαλαίου(Eurostat, 2019) .....	109
Figure 81 Ποσοστό του ακαθάριστου σχηματισμού πάγιου κεφαλαίου της βιομηχανίας σε μηχανήματα & εξοπλισμό στο σύνολο της οικονομίας(Eurostat, 2019) .....	109
Figure 82 Αρχιτεκτονική του προγράμματος "Βιομηχανία 4.0" .....	110
Figure 83 Εκτιμώμενη επίδραση του προγράμματος.....	111
Figure 84 Σύμπραξη προγράμματος "Βιομηχανία 4.0" .....	112

Figure 85 Εθνικά προγράμματα μετασχηματισμού της βιομηχανίας στην ΕΕ(ΤΕΥΧΟΣ 46 ΣΕΒ Deloitte, , 2019).....	116
Figure 86 Μέγεθος βιομηχανίας και δημόσιοι πόροι για προγράμματα «Βιομηχανία 4.0» στην Ε.Ε.(δεξιά) και Ψηφιακή ωριμότητα και δημόσιοι πόροι για προγράμματα «Βιομηχανία 4.0» στην Ε.Ε.(αριστερά).....	118

## **Κατάλογος πινάκων**

Table 1 Οι 9 Πυλώνες του Industry 4.0 .....	20
Table 2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των μεθόδων μέτρησης .....	32
Table 3 Επίπεδα συστήματος ΙοΤ και οι απειλές της ασφάλειας τους .....	49
Table 4 Αρχές σχεδιασμού Industry 4.0 .....	81
Table 5 Χρηματοδοτικά εργαλεία στην ΕΕ .....	117



## **1. Εισαγωγή**

### **1.1. Σημαντικότητα του θέματος**

Η ιδέα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας προήλθε από την ανάγκη που πλέον υπάρχει για τις επιχειρήσεις του βιομηχανικού τομέα να εκμοντερνιστούν και να εκσυγχρονιστούν, ώστε να είναι ανταγωνιστικές στο παγκόσμιο οικονομικό στερέωμα. Στην σύγχρονη εποχή που διανύουμε υπάρχει η απαίτηση από τις επιχειρήσεις να αυξήσουν τους αυτοματισμούς διαδικασιών παραγωγής, να βελτιστοποιήσουν την παρακολούθηση των συστημάτων αυτοματισμού και να αποθηκεύουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για μελλοντική επεξεργασία. Πραγματοποιώντας όλες τις παραπάνω ενέργειες, μια επιχείρηση θα οδηγηθεί στην νέα εποχή του Industry 4.0.

### **1.2. Στόχος-Σκοπός**

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει και να αναλύσει τι είναι ακριβώς η 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση ή όπως είναι παγκοσμίως γνωστή “Industry 4.0” βασιζόμενη στην παγκόσμια βιβλιογραφία, τις τεχνολογίες και τα στοιχεία της και πως μπορούν να εφαρμοστούν γενικά σε μια βιομηχανία παραγωγής πλαστικών προϊόντων και ειδικά τι εφαρμόζεται στην βιομηχανία παραγωγής πλαστικών σωλήνων ΚΟΥΒΙΔΗΣ με περιγραφή της εφαρμογής Smart Building Siemens Desigo CC.

### **1.3. Διάρθρωση μελέτης**

Στο Κεφάλαιο 2 θα γίνει μια βιβλιογραφική επισκόπηση πάνω στο θέμα Industry 4.0. Στο Κεφάλαιο 3 θα παρουσιαστούν οι τεχνολογίες και πως εφαρμόζονται στον κλάδο της βιομηχανίας πλαστικών. Στο κεφάλαιο 4 θα αναλυθούν τα στοιχεία του Industry 4.0 όπως κυβερνοφυσικά συστήματα, IoT, κτλ. Στο κεφάλαιο 5 θα παρουσιαστεί η εφαρμογή smart building Siemens Desigo CC που είναι εγκατεστημένη στην βιομηχανία πλαστικών ΚΟΥΒΙΔΗΣ ΑΒΕΕ για τον έλεγχο χώρων του εργοστασίου. Στο κεφάλαιο 6 θα γίνει αναφορά σε έρευνες που αφορούν την ανάπτυξη της Industry 4.0 στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στο κεφάλαιο 7 καταγράφονται συμπεράσματα και προτάσεις της εργασίας.



## 2. Βασικές αρχές Industry 4.0

### 2.1.Εισαγωγή

Ο όρος Industry 4.0 είναι ένα από τα πιο πολυσυζητημένα ζητήματα στην σύγχρονη βιομηχανία και οικονομία. Ένας όρος που καθιερώθηκε το 2011 από την Γερμανική κυβέρνηση όταν μια ένωση αντιπροσώπων επιχειρήσεων, την πολιτική και την ακαδημαϊκή κοινότητα προώθησε την ιδέα ως μια προσέγγιση για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της μεταποιητικής βιομηχανίας (L. W. , and W. W. Kagermann H., 2011). Η γερμανική ομοσπονδιακή κυβέρνηση υποστήριξε την ιδέα ανακοινώνοντας ότι η Industry 4.0 θα αποτελέσει αναπόσπαστο μέρος της "Στρατηγικής Υψηλής Τεχνολογίας 2020 για τη Γερμανία", με στόχο την ηγετική θέση στην τεχνολογική καινοτομία. Η εν συνεχεία συσταθείσα "Ομάδα Εργασίας Industry 4.0" ανέπτυξε προτάσεις για την εφαρμογή- αυτές δημοσιεύθηκαν τον Απρίλιο του 2013 (W. W. , and H. J. Kagermann H., 2013). Στην εν λόγω δημοσίευση, οι (W. W. , and H. J. Kagermann H., 2013) περιγράφουν το όραμά τους για τη Industry 4.0 ως εξής: Στο μέλλον, οι επιχειρήσεις θα δημιουργήσουν παγκόσμια δίκτυα που θα ενσωματώνουν τα μηχανήματα, τα συστήματα των αποθηκών τους και τις εγκαταστάσεις παραγωγής με τη μορφή κυβερνοφυσικών συστημάτων (CPS). Στο περιβάλλον της μεταποίησης, αυτά τα CPS περιλαμβάνουν έξυπνα μηχανήματα, συστήματα αποθήκευσης και εγκαταστάσεις παραγωγής ικανά να λειτουργούν αυτόνομα, να ανταλλάσσουν πληροφορίες, να ενεργοποιούν λειτουργίες και να ελέγχουν το ένα το άλλο ανεξάρτητα, με αποτέλεσμα τη διευκόλυνση θεμελιωδών βελτιώσεων στις βιομηχανικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην κατασκευή, τη μηχανική, τη χρήση υλικών και τη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού και του κύκλου ζωής. Τα έξυπνα προϊόντα είναι μοναδικά αναγνωρίσιμα, μπορούν να εντοπιστούν ανά πάσα στιγμή και γνωρίζουν το ιστορικό τους, την τρέχουσα κατάστασή τους και τις εναλλακτικές διαδρομές για την επίτευξη της κατάστασης-στόχου τους. Τα ενσωματωμένα συστήματα παραγωγής είναι κάθετα δικτυωμένα με τις επιχειρηματικές διαδικασίες εντός των εργοστασίων και επιχειρήσεων και οριζόντια συνδεδεμένα με διασκορπισμένα δίκτυα αξίας που μπορούν να διαχειριστούν σε πραγματικό χρόνο -από τη στιγμή της παραγγελίας μέχρι την αποστολή της παραγγελίας (W. W. , and H. J. Kagermann H., 2013).Επίσης αναφέρεται και με τον όρο «4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση» ο οποίος εισάχθηκε από τον Klaus Schwab, πρόεδρο του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ το 2015 και αναφέρεται στην επακόλουθη ανάπτυξη της εκβιομηχάνισης η οποία πραγματοποιήθηκε και αναφέρεται παρακάτω σε τέσσερα στάδια:

- Με τον όρο Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση, αναφερόμαστε στη χρονική περίοδο 1760-1840, κατά την οποία χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά ατμοηλεκτρική και υδροηλεκτρική ενέργεια, είχαμε τη μετάβαση από τη χειρωνακτική στη μηχανοποιημένη παραγωγή.

- Κατά την Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση, 1894-1914, εισάχθηκαν λογιστικές υποδομές όπως σιδηροδρομικά και τηλεγραφικά δίκτυα, όπου με τη χρήση τους, υπήρχε πιο αποτελεσματική παροχή πόρων και πληροφοριών, καθώς και η ανακάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας είχε ως αποτέλεσμα τη ραγδαία οικονομική ανάπτυξη και αύξηση της παραγωγικότητας.
- Η Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση, η οποία πραγματοποιήθηκε στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα, χαρακτηρίστηκε από τη εισαγωγή ηλεκτρονικών συστημάτων και μικροελεγκτών στα συστήματα ελέγχου των μηχανών και η οποία ήταν μια επέκταση της Δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης και είχε ως αποτέλεσμα μια αποδοτικότερη και πιο καλά ελεγχόμενη παραγωγή.

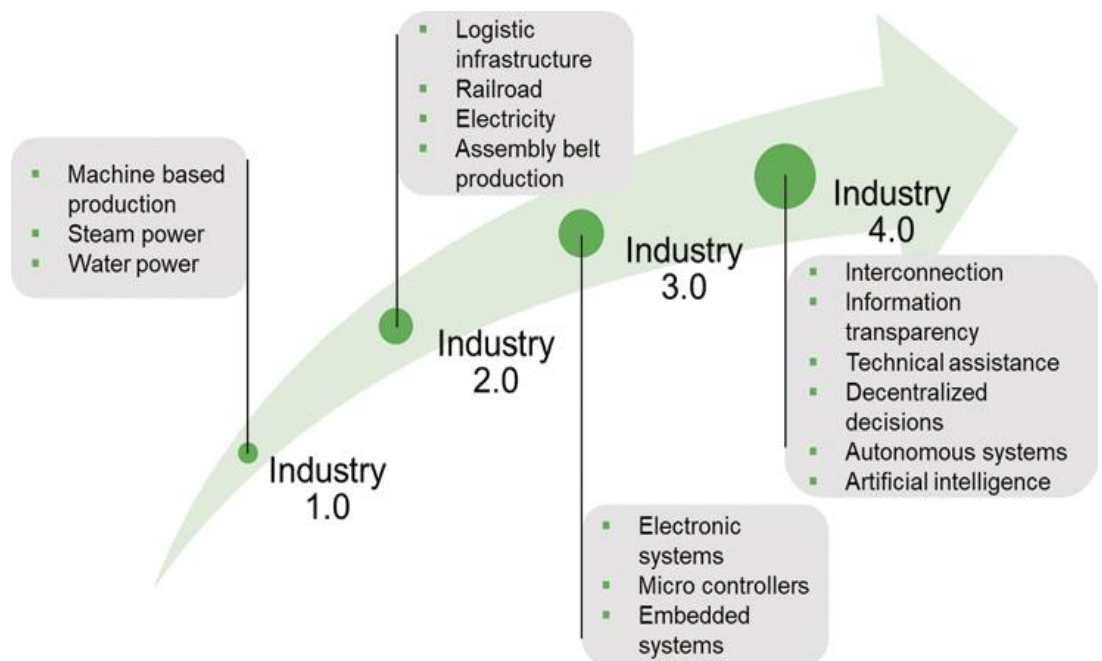


Figure 1 Από τη 1η ως τη 4η Βιομηχανική Επανάσταση

Συνεπώς, με τον όρο Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, περιγράφεται η ακόμα πιο μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής, δηλαδή τη διασύνδεση και την ανάπτυξη πιο σύνθετων και ευέλικτων συστημάτων, τα οποία οργανώνουν πιο έξυπνα την παραγωγή. Τα οφέλη που αποκομίζονται είναι υψηλότερη ποιότητα και παραγωγικότητα και επιτυγχάνονται με την ψηφιοποίηση, δηλαδή τη μετατροπή των αναλογικών πληροφοριών σε ψηφιακές, οι οποίες πλέον είναι διαθέσιμες παντού σε οποιοδήποτε χρόνο και αυτόματα ανιχνεύσιμες.

## 2.2.Ορισμός Industry 4.0

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το Industry 4.0 ορίζεται ως εξής: Industry 4.0 είναι ένας όρος για τεχνολογίες και έννοιες οργάνωσης της αλυσίδας αξίας. Στο

πλαίσιο των αρθρωτά δομημένων έξυπνων εργοστασίων του Industry 4.0, τα κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS) παρακολουθούν φυσικές διαδικασίες, δημιουργούν ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου και λαμβάνουν αποκεντρωμένες αποφάσεις. Μέσω του Internet of Things (IoT), δηλαδή το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένες φυσικές συσκευές και λογισμικά με άλλες συσκευές με δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων και ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση, τα CPS επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους και με ανθρώπους σε πραγματικό χρόνο. Μέσω του Internet of services (IoS), προσφέρονται τόσο εσωτερικές όσο και δια-οργανωτικές υπηρεσίες και χρησιμοποιούνται από τους συμμετέχοντες στην αλυσίδα αξίας (Hermann M., 2015).

### **2.3. Πλεονεκτήματα εφαρμογής Industry 4.0**

Το Industry 4.0 έχει ως στόχο την αύξηση της αποτελεσματικότητας και της παραγωγικότητας σε μια βιομηχανία με απώτερο σκοπό την αύξηση των εσόδων και να γίνει περισσότερο ανταγωνιστική στην παγκόσμια αγορά στην οποία όλο και περισσότερες επιχειρήσεις υιοθετούν αυτήν την φιλοσοφία. Η σωστή και κατάλληλη συλλογή δεδομένων και στοιχείων επιφέρει άμεσα οφέλη στη λειτουργία μιας βιομηχανίας, ποσοτικοποιούν την τρέχουσα κατάσταση, παρέχουν ανατροφοδότηση για τον απαραίτητο χειροκίνητο χειρισμό και βοηθούν στον εντοπισμό λειτουργιών ή διαδικασιών που παρέχουν τις περισσότερες δυνατότητες βελτιστοποίησης. Επίσης, η εμφάνιση της κατάστασης μιας μηχανής, όπως για παράδειγμα η μέτρηση κατανάλωσης ενέργειας, βοηθά στη μέτρηση της παραγωγικότητας σε πραγματικό χρόνο και βοηθούν στην ποσοτικοποίηση της χρήσης ή στην εύρεση τρόπων βελτιστοποίησης.

Η εφαρμογή των εννοιών του Industry 4.0 βοηθά κυρίως στην απόκτηση δεδομένων, τα οποία θα είναι χρήσιμα στην ανάλυση αποτυχημένων εφαρμογών και σφαλμάτων που προκύπτουν στη προετοιμασία μιας γραμμής παραγωγής και αποφυγής τους σε μελλοντικές παραγωγές, εμπλουτίζοντας τις γνώσεις και εμπειρίες των εργαζομένων, τα οποία δεδομένα στη συνέχεια θα είναι διαθέσιμα παντού μέσω του cloud.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες ψηφιοποίησης χρησιμοποιούνται στην αύξηση της αποδοτικότητας με συνεχή παροχή δεδομένων εργασίας και αυτοματοποίηση τυποποιημένων ροών εργασίας, ακόμα και σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η παραγωγή γίνεται πιο ευέλικτη μειώνοντας τους νεκρούς χρόνους κατά την αλλαγή στη διαδικασία παραγωγής από το ένα προϊόν στο άλλο, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους και αύξηση της ανταγωνιστικότητας.

Χρησιμοποιώντας τις νέες τεχνολογίες δημιουργούνται μοντέλα παραγωγής, τα οποία συνεχώς θα βελτιώνονται και θα προσφέρουν μεγαλύτερη ποιότητα στις διαδικασίες παραγωγής, στα παραγόμενα προϊόντα και αποδοτικότητα στην

εργασία με παράλληλη μείωση παρουσίας εργαζομένων στο χώρο της παραγωγής, με αποτέλεσμα λιγότερα εργατικά ατυχήματα.

Η γνώση των νέων τεχνολογιών για τη βελτιστοποίηση παραγωγής και διαδικασιών μπορεί να μεταδοθεί και στους προμηθευτές και πελάτες μιας επιχείρησης με στοχευμένη ανταλλαγή πληροφοριών για καλύτερη συνεργασία και ροή της εφοδιαστικής αλυσίδας, προς όφελος όλων ή μια εταιρία μπορεί ακόμα και να πουλά πληροφορίες και δεδομένα που αποκτούν από τις νέες τεχνολογίες σε τρίτες εταιρίες που δεν συνεργάζονται μαζί τους.

## 2.4.Οι εννέα πυλώνες της τεχνολογικής εξέλιξης

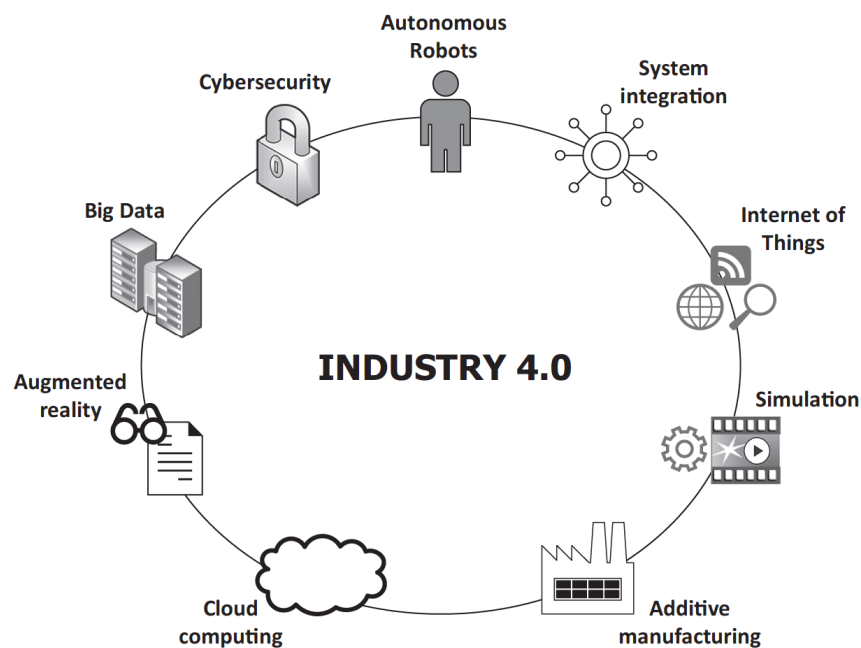


Figure 2 Κύριες τεχνολογίες Industry 4.0 (Rübmann, M. et al., *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, The Boston Consulting Group (BCG), 2015.)

Οι εννέα πιο σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στην βιομηχανία είναι:

- Μεγάλα δεδομένα και ανάλυση (Big Data and Analytics)
- Αυτόνομα ρομπότ (Autonomous Robots)
- Προσομοίωση (Simulation)
- Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων (System Intergration)
- Βιομηχανικό Internet of things (Industrial IoT)
- Κυβερνοασφάλεια (Cyber Security)
- Υπολογιστικό νέφος (Cloud)
- 3D Εκτύπωση (Additive manufacturing)
- Επαυξημένη πραγματικότητα

Στο κεφάλαιο 3, οι έννοιες των εννέα αυτών τεχνολογιών θα δοθούν πιο αναλυτικά και θα περιγραφεί το πως αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν σε μια οποιαδήποτε βιομηχανία πλαστικών.

## **2.5.Στοιχεία και αρχές σχεδιασμού Industry 4.0**

Τα τέσσερα στοιχεία του Industry 4.0, που θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 4 και που θα γίνει η παρουσίαση του case study της εφαρμογής smart factory της Siemens “Desigo”, είναι τα εξής:

- Κυβερνοφυσικά συστήματα[Cyber-Physical Systems (CPS)]
- Internet of Things(IoT)
- Internet of Services(IoS)
- Έξυπνα εργοστάσια(Smart Factories)

Στο ίδιο κεφάλαιο θα αναλυθούν και οι αρχές σχεδιασμού που καθορίζονται από τα στοιχεία του Industry 4.0 και είναι οι εξής:

- Διαλειτουργικότητα
- Εικονικοποίηση
- Αποκέντρωση
- Δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο
- Προσανατολισμός υπηρεσιών
- Αρθρωτότητα

## **Βιβλιογραφία 2<sup>ο</sup> Κεφαλαίου**

1. Hermann M., Pentek T., and Otto B., Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universität Dortmund. Fakultät Maschinenbau. Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management. Working Paper No. 01/2015, 2015.
2. Hopmann C., Schmitz M., Plastics Industry 4.0: Potentials and Applications in Plastics Technology, 2020.
3. Kagermann H., Wahlster W., and Helbig J., Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013.
4. Kagermann H., Lukas W., and Wahlster W., Industry 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI nachrichten, 13, 2011.
5. Rübmann, M. et al., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, The Boston Consulting Group (BCG), 2015.)
6. Wai Yie Leong, Joon Huang Chuah, Boon Tuan Tee - The Nine Pillars of Technologies for Industry 4.0, 2021.

### 3.Οι εννέα Πυλώνες του Industry 4.0 και ο τρόπος εφαρμογής τους σε μια βιομηχανία πλαστικών

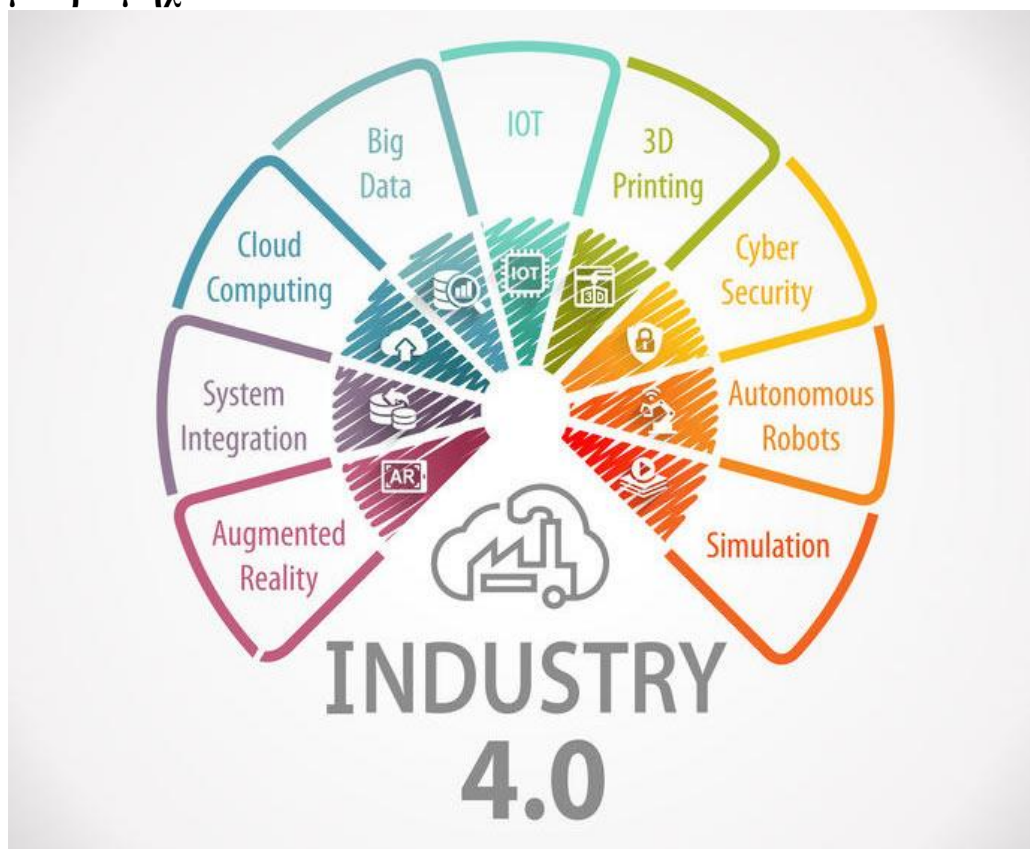


Figure 3 Οι εννέα πυλώνες Industry 4.0

#### 3.1. Εισαγωγή

Μια βιομηχανία πλαστικών κατασκευάζει προϊόντα από συνθετικά πολυμερή υλικά όπως Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), Πολυανθρακικό (Polycarbonate), Πολυαιθυλένιο (Polyethylene), Πολυπροπυλένιο (Polypropylene), κ.α., ευρέως γνωστά ως πλαστικά, όπως πλαστικούς σωλήνες προστασίας καλωδίων, υδραυλικούς σωλήνες, προστατευτικό φιλμ, δίχτυα, οικιακά είδη, κ.α. Μερικοί από τους τύπους μηχανών παραγωγής που χρησιμοποιούν είναι οι:

- Χύτευσης με έγχυση
- Μορφοποίησης με διέλαση-εξώθηση
- Χύτευσης με έγχυση και αντίδραση
- Υγρής χύτευσης
- Δομικής χύτευσης
- Μορφοποίησης σάντουιτς
- Θερμοδιαμόρφωσης - Διαμόρφωσης υπό κενό
- Διέλασης -χύτευσης με εμφύσηση
- Μορφοποίησης τεντώματος
- Χύτευσης με έγχυση και εμφύσηση
- Μορφοποίησης με συμπίεση

### 3.1.1. Οι εννέα Πυλώνες

Οι εννέα Πυλώνες του Industry 4.0, όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 3.1, επιτρέπουν τη μετατροπή των μεμονωμένων μονάδων παραγωγής σε μια πλήρως αυτοματοποιημένη, ολοκληρωμένη και βελτιστοποιημένη ροή παραγωγής. Το αποτέλεσμα αυτής της τεχνολογικής ανάμειξης θα είναι ένα υψηλότερο επίπεδο αποτελεσματικότητας μεταξύ προμηθευτών, κατασκευαστών και πελατών, καθώς και μεταξύ μηχανών και μηχανών και μεταξύ μηχανών και ανθρώπων. Το πλαίσιο της βιομηχανίας 4.0 είναι ένα σύνολο πυλώνων και των κύριων ρόλων τους, όπως απεικονίζεται στον πίνακα 1:

Πυλώνας	Κύριος ρόλος
Μεγάλα δεδομένα και ανάλυση	Ανάλυση και εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από μεγάλα σύνολα δεδομένων
Βιομηχανικό Internet of things	Κάνοντας τα αντικείμενα να επικοινωνούν μεταξύ τους και με τους ανθρώπους
Υπολογιστικό νέφος	Πρόσβαση σε πληροφορίες από οπουδήποτε μέσω του Διαδικτύου
Προσομοίωση	Δημιουργία στον εικονικό κόσμο και πρόβλεψη των αποτελεσμάτων μιας δράσης
Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων	Διασύνδεση, σύμπραξη και συνεργασία σε οριζόντιο και κάθετο επίπεδο
Επαυξημένη πραγματικότητα	Εκτέλεση εργασιών σε πραγματικό περιβάλλον διαδραστικά με εικονικά αντικείμενα
Κυβερνοασφάλεια	Προστασία υπολογιστικών συστημάτων και δικτύων
Αυτόνομα ρομπότ	Εκτέλεση εργασιών με ελάχιστη ή καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση
Πρόσθετη κατασκευή	Δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων προσθέτοντας υλικό στρώμα με στρώμα

Table 1 Οι 9 Πυλώνες του Industry 4.0

## 3.2. Μεγάλα δεδομένα(Big data)

### 3.2.1. Ορισμός

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων αναφέρεται συνήθως ως μια κοινή διαδικασία εξέτασης τεράστιων και ποικίλων συνόλων δεδομένων για την εξαγωγή κρίσιμων πληροφοριών (π.χ. κρυφό μοτίβο, συσχέτιση, παρατυπία, τάση και προτίμηση) συνήθως για τη λήψη αποφάσεων. Είναι ένας συστηματικός τρόπος αποκάλυψης σημαντικών πληροφοριών ή ενδείξεων, που δεν θα μπορούσε να γίνει εύκολα με τη χρήση παραδοσιακών μεθόδων επεξεργασίας δεδομένων. Η ανάλυση δεδομένων, που κάποτε ήταν πολύ δημοφιλής μεταξύ των εφαρμογών πληροφορικής, διεισδύει σήμερα στην αλυσίδα εφοδιασμού και τη βιομηχανία παραγωγής. Η δύναμη των μεγάλων δεδομένων και της ανάλυσης δεδομένων μπορεί να βοηθήσει τη μεταποιητική βιομηχανία να μειώσει τη σπατάλη και να μειώσει τον χρόνο διακοπής λειτουργίας. Σε ορισμένα εργοστάσια, τα δεδομένα συλλέγονται σε διάφορα επίπεδα των διαδικασιών παραγωγής με ειδικούς αισθητήρες και ενεργοποιητές. Όταν ένα προϊόν εντοπίζεται ως ελαττωματικό, τα δεδομένα κατασκευής του θα μπορούσαν



στη συνέχεια να αλλάξουν, να υποβληθούν σε επεξεργασία και να αναλυθούν για να καταλήξουν σε ένα συγκεκριμένο πρότυπο σχέδιο. Το βήμα ή τα βήματα της διαδικασίας κατασκευής που προκαλούν το σχηματισμό του πρότυπου σχεδίου μπορούν να επανασχεδιαστούν ή να αναπροσαρμοστούν ώστε να διορθωθεί το ελαττωματικό ζήτημα.

Η προληπτική συντήρηση χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί πότε πρέπει να πραγματοποιηθεί η ρουτίνα συντήρησης και μπορεί να βασίζεται σε δεδομένα κατασκευής που συλλέγονται. Θεωρείται πιο αποδοτική ως προς το κόστος καθώς και ασφαλέστερη από την παραδοσιακή πρακτική συντήρησης. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων θεωρείται συχνά ως ένα από τα βασικά μέρη του Industry 4.0.

Η βιομηχανική ανάλυση μεγάλων δεδομένων έχει πράγματι προσελκύσει το ενδιαφέρον τόσο της έρευνας όσο και των εφαρμογών τόσο από τη βιομηχανία όσο και από τον ακαδημαϊκό χώρο. Η αποτελεσματική χρήση αυτής της τεχνολογίας θα προσφέρει ένα νέο κύμα ανάπτυξης της παραγωγής και τελικά θα μετασχηματίσει τις οικονομίες. Οι απαιτήσεις των βιομηχανικών μεγάλων δεδομένων πρέπει να πληρούνται προκειμένου οι εταιρείες να επιτύχουν λειτουργική αποτελεσματικότητα με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Η βιομηχανική ανάλυση μεγάλων δεδομένων καλύπτει την αποθήκευση δεδομένων στο cloud, το σύστημα διαχείρισης επιχειρησιακών δεδομένων και την υβριδική πλατφόρμα υπηρεσιών. Η βιομηχανική ανάλυση μεγάλων δεδομένων χρησιμοποιείται επίσης για τη συντήρηση της παραγωγής και την καινοτομία των υπηρεσιών με επίκεντρο την αυτοματοποιημένη επεξεργασία δεδομένων, την αξιολόγηση της λειτουργίας και την πρόγνωση (J. Wang. et al., 2018). Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται προκειμένου να εντοπιστούν τα προβλήματα που συνέβησαν σε διάφορες διαδικασίες παραγωγής και να προβλεφθούν πιθανές διαταραχές κατά τη λειτουργία. (Bagheri B. et al., 2015).

### **3.2.2. Η σημασία συλλογής δεδομένων σε μια βιομηχανία πλαστικών**

Σε μια βιομηχανία πλαστικών, η απόκτηση και ανάλυση δεδομένων είναι σημαντική για την παραγωγή πλαστικών εξαρτημάτων υψηλής ποιότητας. Η χρήση δεδομένων επιτρέπει τη βελτίωση στους ακόλουθους τομείς:

- Ο έλεγχος της σταθερότητας της διεργασίας επιτρέπει την ταχεία αντίδραση σε διαταραχές της διεργασίας.
- Βελτιστοποίηση της διαδικασίας: ανάλυση των δεδομένων της διαδικασίας για την επίτευξη υψηλότερης ποιότητας τεμαχίων ποιότητας (Hornmann C., 2020)

Η διαδικασία χύτευσης με έγχυση επηρεάζεται πάντοτε από διαταραχές. Μπορούν να προκύψουν απρόβλεπτα και επηρεάζονται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Σε αυτούς περιλαμβάνονται η μηχανή και η φθορά της, τα χαρακτηριστικά του υλικού, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα, και η πρακτικές γνώσεις του προσωπικού χειρισμού. Οι μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες τήγματος και καλουπιού, για παράδειγμα, μπορεί να

προκύψουν από μια ασταθή θερμική κατάσταση κατά τη διάρκεια της εκκίνησης ή μετέπειτα απρογραμματίστες διακοπές της παραγωγής. Ωστόσο, επίσης, οι διακυμάνσεις του ελέγχου και οι διαταραχές στο σύστημα θέρμανσης μπορούν να προκαλέσουν μεταβολές στις τιμές της θερμοκρασίας. Επιπλέον, διαφορετικές παρτίδες υλικών ή η χρήση ανακυκλωμένου υλικού προκαλούν διακυμάνσεις του ιξώδους που επηρεάζουν την πορεία της πίεσης της κοιλότητας (Schmitt, R. et al., 2012). Αποκτώντας συνεχώς νέα δεδομένα, ο χειριστής μιας μηχανής αποκτά και την εμπειρία να επεμβαίνει γρηγορότερα σε μια ενδεχόμενη διαταραχή στην διεργασία και έτσι να μην γίνει αντιληπτή η διαταραχή στο τέλος της παραγωγής, κοστίζοντας στην επιχείρηση χρόνο, πρώτες ύλες, χαμένες εργατοώρες, κτλ.

Επίσης, η ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται μπορούν να συνεισφέρουν στη βελτιστοποίηση της διεργασίας, στην επιλογή του καταλληλότερου καλουπιού ή καλύτερης διαδικασίας για γρηγορότερη παραγωγή με μεγαλύτερη ακρίβεια και υψηλότερης ποιότητας τεμάχια, όπως και να βοηθήσουν στη βελτίωση άλλων παραγόντων όπως η κατανάλωση ενέργειας της μηχανής, η παραγωγικότητα της διαδικασίας και η συνολική απόδοση του εξοπλισμού του εργοστασίου (OEE).

### **3.2.3. Απόκτηση εμπειρίας από τη συλλογή δεδομένων**

Άλλος ένας τομέας που βοηθάει η συλλογή και ανάλυση δεδομένων είναι στην απόκτηση εμπειριών στη διαδικασία χύτευσης με έγχυση ή εξώθηση, η οποία διαδικασία είναι αρκετά περίπλοκη και αν δεν συλλέγονται δεδομένα στο πέρασμα των χρόνων, δεν θα υπάρχουν ολοκληρωμένες γνώσεις της διεργασίας για να υπάρξει σταθερότητα και κατά συνέπεια η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων δεν θα είναι η επιθυμητή. Για την καλύτερη και καταλληλότερη ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της διεργασίας, απαιτείται διαχωρισμός των δεδομένων που συλλέγονται σε τρεις τύπους δεδομένων. Τα δεδομένα θα προέρχονται από τις παραμέτρους:

- της μηχανής όπως για τη ταχύτητα έγχυσης, τη θερμοκρασία του φούρνου, τη θερμοκρασία καλουπιού και τη πίεση τροφοδοσίας του υλικού.
- της διεργασίας όπως για τη πίεση της κοιλότητας, τη θερμοκρασία τήξης, τη ταχύτητα διάτμησης και τη πίεση του ακροφυσίου
- της ποιότητας όπως για το βάρος του παραγόμενου αντικειμένου, τις διαστάσεις του, τις μηχανικές και οπτικές ιδιότητες.

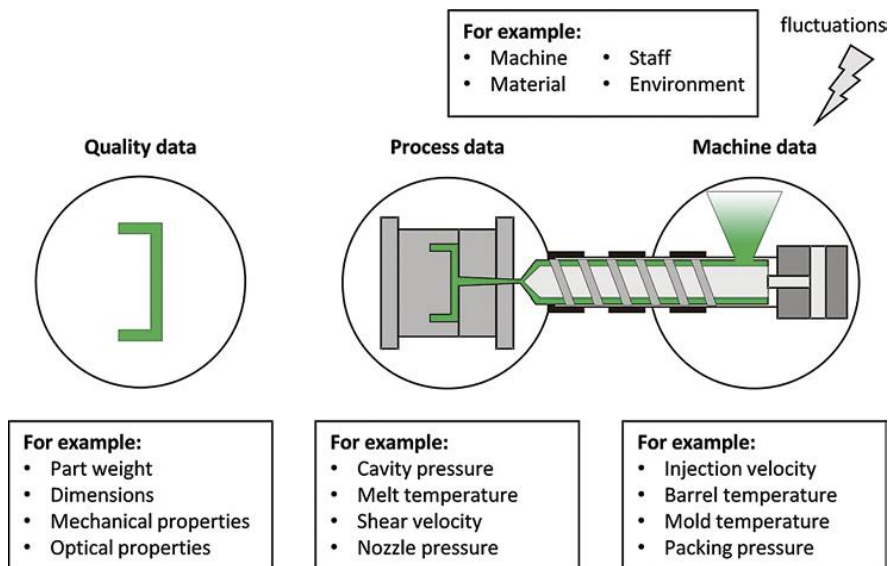


Figure 4 Οι διαφορετικοί τύποι δεδομένων

### 3.3. Βιομηχανικό Internet of things(IIoT)



Figure 5 Διαδίκτυο των πραγμάτων

#### 3.3.1.Ορισμός

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένα δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών, μηχανών ή συστημάτων που μοιράζονται και διαχειρίζονται δεδομένα. Ένα οικοσύστημα αισθητήρων και ενεργοποιητών επικοινωνεί μεταξύ του και λειτουργεί ανεξάρτητα. Γνωστό και ως Διαδίκτυο των Πάντων (IoE), το IIoT περιλαμβάνει το Διαδίκτυο των Υπηρεσιών Παραγωγής (IoMS), το Διαδίκτυο των Ανθρώπων (IoP) και την Ολοκλήρωση της Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνιών (IICT) (Neugebauer R. et al., 2016). Το IIoT επινοήθηκε από τον Kelvin Ashton, έναν Βρετανό πρωτοπόρο της τεχνολογίας, το 1999.(Neugebauer R. et al., 2016)

Το βιομηχανικό IoT (IIoT), αναφερόμενο αρχικά από την General Electric, είναι μια ισχυρή έκδοση του Internet of Things, κατάλληλη για το σκληρό περιβάλλον της βιομηχανίας. Στο IIoT χρησιμοποιούνται έξυπνοι αισθητήρες και ενεργοποιητές που συμβάλλουν στη βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής. Είναι ένα δίκτυο συνδεδεμένων έξυπνων συσκευών δημιουργώντας ένα σύστημα ολοκληρωμένο που συλλέγει, ανταλλάσσει και αναλύει δεδομένα. Το σύστημα IIoT αποτελείται γενικά από i) ευφυείς συσκευές που μπορούν να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να επικοινωνούν δεδομένα, ii) μια ιδιωτική ή δημόσια υποδομή επικοινωνίας δεδομένων και iii) συστήματα ανάλυσης επιχειρηματικών πληροφοριών. Η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων πραγματοποιείται επίσης σε διάφορους κλάδους, όπως η μεταποίηση, η ενέργεια, η γεωργία, οι μεταφορές και η υγειονομική περίθαλψη. Από απλούς περιβαλλοντικούς αισθητήρες έως πολύπλοκα βιομηχανικά αυτόνομα ρομπότ, οι συσκευές IIoT καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τομέων εφαρμογής. (Wai Yie Leong, Joon Huang Chuah, Boon Tuan, 2020)

Στην περίπτωση των βιομηχανικών πλαστικών, οι πρόοδοι στην τεχνολογία των αισθητήρων και η αξιοποίηση των δεδομένων των αισθητήρων για τον έλεγχο των διαδικασιών, έχουν συνεισφέρει στην αυτοματοποίηση και ψηφιοποίηση των διαδικασιών, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τη τυποποίηση μιας διαδικασίας όπως π.χ. μιας διαδικασίας χύτευσης με έγχυση για τη βελτιστοποίηση του χρόνου κύκλου ή για τη παρακολούθηση μιας συνεχούς παραγωγής, υπολογισμένης με βασικούς δείκτες απόδοσης. Οι πληροφορίες αφορούν τα δεδομένα ποιότητας όπως οι διαστάσεις και το βάρος ενός τεμαχίου και τη περιγραφή της δυναμικής συμπεριφοράς της μηχανής όπως η κίνηση του κοχλίου ή την υδραυλική πίεση. Παρακάτω θα περιγραφεί αναλυτικά η χρησιμότητα των αισθητήρων στην συλλογή των δεδομένων στον τομέα της συμπεριφοράς μιας μηχανής και των υλικών και στον τομέα της ποιότητας.

### **3.3.2. Ιδιότητες των πολυμερών και ανάλυση τους εφαρμόζοντας Ψηφιακή μηχανική**

Επειδή τα πλαστικά παρουσιάζουν μια πολύπλοκη συμπεριφορά κατά τη διεργασία μορφοποίησης τους ειδικά όσον αφορά τη θερμοκρασία και τη πίεση που ασκείται, πρέπει να είναι γνωστές οι ιδιότητες τους και αυτά τα δεδομένα συλλέγονται από τους αισθητήρες και βοηθούν στην εφαρμογή της Ψηφιακής μηχανικής, δηλαδή να σχεδιάζεται ψηφιακά η όλη διαδικασία με λογισμικό προσομοίωσης και να γίνεται η υπολογιστική προσομοίωση της ώστε να γίνεται σωστά η διεργασία και να αποφεύγονται τυχόν προβλήματα κατά τη παραγωγή του προϊόντος. Οι ιδιότητες των πολυμερών είναι:

- Θερμικές ιδιότητες πλαστικών τήξεων οι οποίες είναι εξαιρετικής σημασίας για την ψηφιακή ανάλυση διεργασιών και είναι η θερμική αγωγιμότητα, η ειδική θερμοχωρητικότητα και η εξάρτηση του ειδικού όγκου από την πίεση και της θερμοκρασίας (pVT-συμπεριφορά), ούσες απαραίτητες για διάφορα στάδια της ψηφιακής μηχανικής διαδικασίας.
  - Θερμική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα που έχει το υλικό και επιτρέπει να διαδίδεται η θερμότητα μέσα από τη μάζα και μπορεί να μετρηθεί με τη

παρακάτω συσκευή- αισθητήρα(Εικόνα 6) σε όλο το εύρος θερμοκρασιών της διεργασίας, επειδή η συμπεριφορά της είναι διαφορετική για τη στερεά και τη λιωμένη κατάσταση. Έτσι, αποφεύγονται οι λανθασμένες εκτιμήσεις.

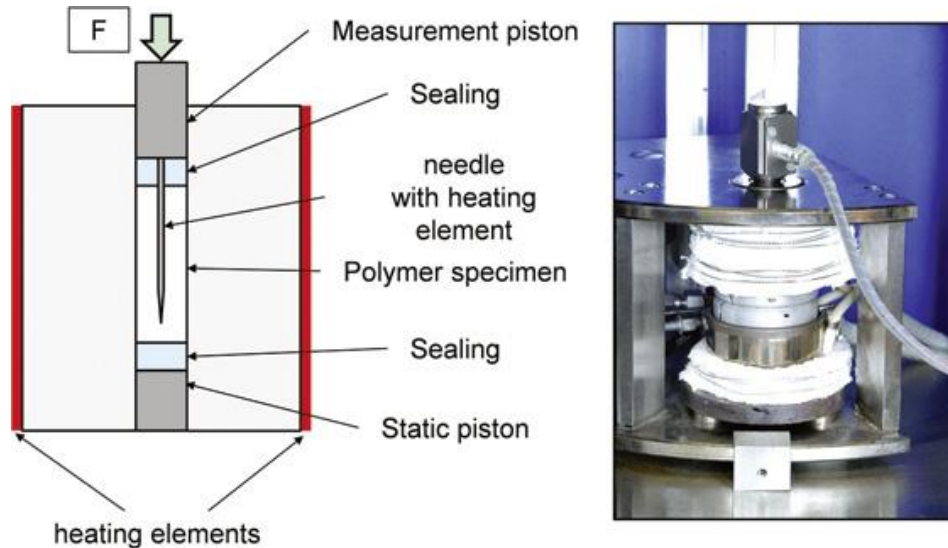


Figure 6 Συσκευή και διαδικασία μέτρησης της θερμικής αγωγιμότητας

- Θερμοχωρητικότητα είναι η ενέργεια που χρειάζεται για την αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού και για τον προσδιορισμό της χρησιμοποιείται η Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης(DSC) (Εικόνα 7), η οποία είναι μια θερμοαναλυτική μέθοδος κατά την οποία μετράται η διαφορά θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός δείγματος σε σχέση με μια θερμοκρασία αναφοράς σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.(Höhne G. et al.,1983).

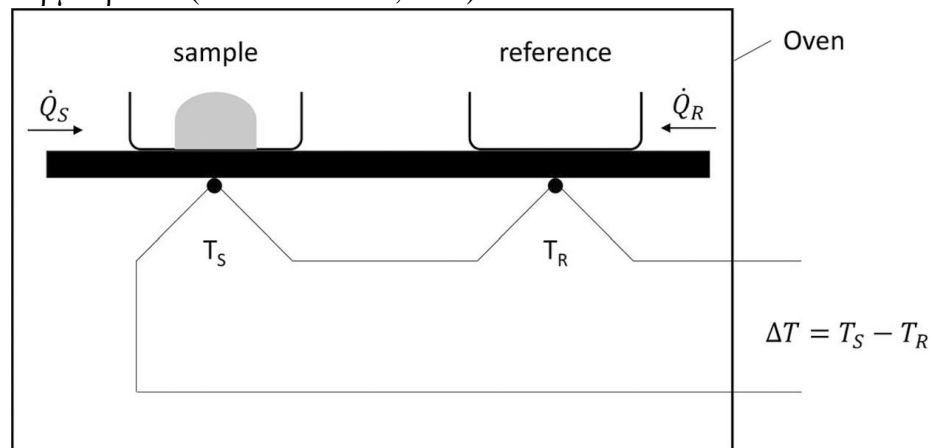


Figure 7 Αρχή της διαφορικής θερμιδομετρίας σάρωσης

- ο  $p-vT$ -συμπεριφορά είναι η συσχέτιση της πίεσης, της θερμοκρασίας και του ειδικού όγκου του πλαστικού τήγματος. Η συμπεριφορά αυτή απεικονίζεται συνήθως σε καμπύλες άμορφων και κρυσταλλικών πολυμερών όπως φαίνονται στην εικόνα 8:

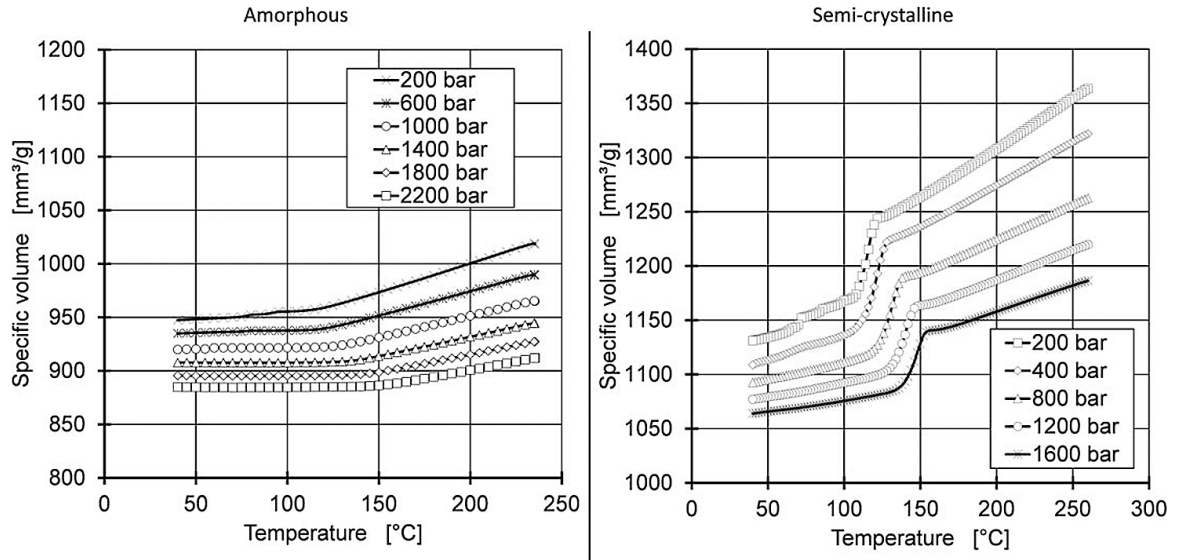


Figure 8 Τυπική μέτρηση  $p-vT$  άμορφων και ημικρυσταλλικών πολυμερών

Το διάγραμμα  $p-vT$  περιγράφει τον ειδικό όγκο ως συνάρτηση της πίεσης και της θερμοκρασίας. Ο ειδικός όγκος αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας (Wang J., 2012). Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος προσέγγισης της συμπεριφοράς των πολυμερών είναι διάφορα αναλυτικά και εμπειρικά μοντέλα όπως:

- (1) Συνεχείς καταστατικές εξισώσεις δύο περιοχών, οι οποίες περιγράφουν τόσο την κατάσταση ισορροπίας τήγματος/υγρού όσο και την κατάσταση μη ισορροπίας στερεού/γυαλιού. Με αυτόν τον τρόπο, οι εμπειρικές προσεγγίσεις έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι ακριβέστερες από τα αναλυτικά μοντέλα, ιδίως για τη στερεά κατάσταση (Rodgers, P. A., 1993).
- (2) Συνεχείς καταστατικές εξισώσεις δύο περιοχών με εξάρτηση από το ρυθμό ψύξης, το οποίο είναι ένα πιο πρόσφατο μοντέλο, είναι πιο κατάλληλο και για την στερεά και την τηγμένη κατάσταση του υλικού, πιο εύκολο στη χρήση και χρησιμοποιώντας τον ρυθμό ψύξης, ο οποίος είναι ένας παράγοντας που έχει μεγάλη επιρροή στον υπολογισμό της  $p-vT$  συμπεριφοράς των πολυμερών.
  - Ρεολογικές ιδιότητες, δηλαδή η συμπεριφορά του ιξώδους δεν διαφέρει στα άμορφα από τα ημικρυσταλλικά θερμοπλαστικά, όπως γίνεται στην συμπεριφορά  $p-vT$ . Το ιξώδες των πλαστικών τήξεων ακολουθεί το πρότυπο ροής με διατμητική αραίωση. Αυτό σημαίνει ότι το ιξώδες του τήγματος γίνεται χαμηλότερο για υψηλότερους ρυθμούς διάτμησης. Η συμπεριφορά αυτή εξηγείται από ένα ευθυγράμμιση των μορίων προς την κατεύθυνση της ροής. (Karrenberg, G. et al., 2016)
  - Μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες χρειάζονται να περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού σε στερεά κατάσταση σε θερμοκρασία στερεοποίησης και οι

δοκιμές που γίνονται για την εξέταση τους είναι στατικές δοκιμές εφελκυσμού, στρέψης, δόνησης, κ.α.

### 3.3.3. Αισθητήρες συλλογής δεδομένων και παρακολούθησης της διαδικασίας παραγωγής

Όπως προαναφέρθηκε, για τον λόγο ότι έχουν αυξηθεί οι απαιτήσεις για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας στα πλαστικά προϊόντα, στις σύγχρονες βιομηχανίες χρησιμοποιούνται πλέον ψηφιοποιημένες μηχανές παραγωγής με ειδικούς αισθητήρες οι οποίοι παρέχουν συνεχώς δεδομένα που αφορούν κρίσιμες παραμέτρους διεργασίας των υλικών όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η περιεκτικότητα σε υγρασία και οι θέσεις της μηχανής (Εικόνα 9):

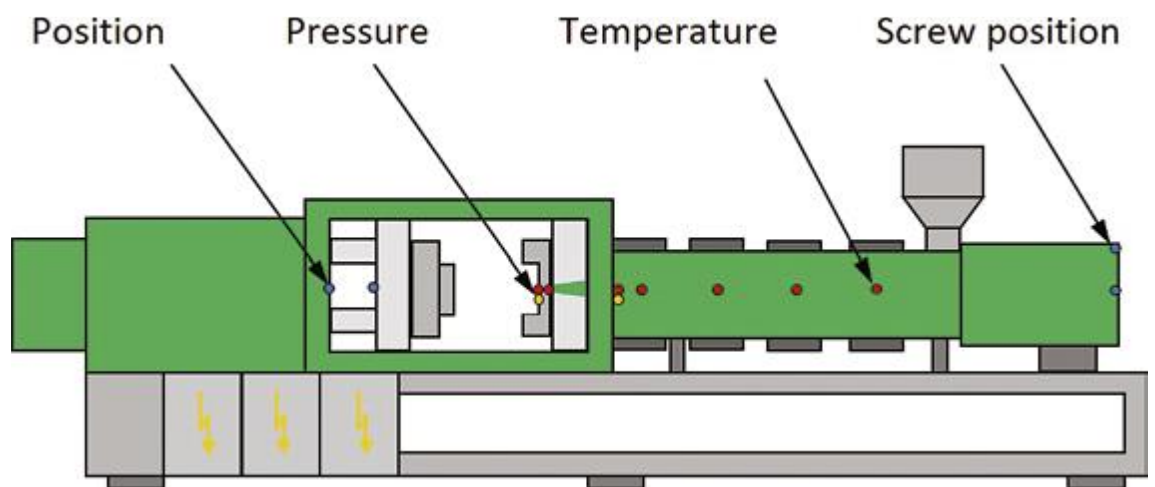


Figure 9 Θέσεις αισθητήρων παραμέτρων σε μηχανή έγχυσης

#### 3.3.3.1. Μέτρηση θερμοκρασίας

Υπάρχουν δύο είδη αισθητήρων θερμοκρασίας:

- Οι αισθητήρες θερμοκρασίας επαφής, οι οποίοι είναι καταλληλότεροι για μετρήσεις σταθερής κατάστασης. Τέτοιοι είναι:
  - Θερμόμετρο αντίστασης ή ανιχνευτής θερμοκρασίας αντίστασης (RTD), χρησιμοποιεί την ευαίσθητη στη θερμοκρασία ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων, έτσι ώστε μια συγκεκριμένη αντίσταση να μπορεί να αντιστοιχιστεί σε μια συγκεκριμένη μετρούμενη θερμοκρασία. (Εικόνα 10)
  - Θερμοζεύγος, το οποίο αποτελείται από ένα ζεύγος ανόμοιων μεταλλικών αγωγών A και B που συνδέονται στο άκρο τους, δημιουργώντας μια ηλεκτρική σύνδεση. (Εικόνα 11)

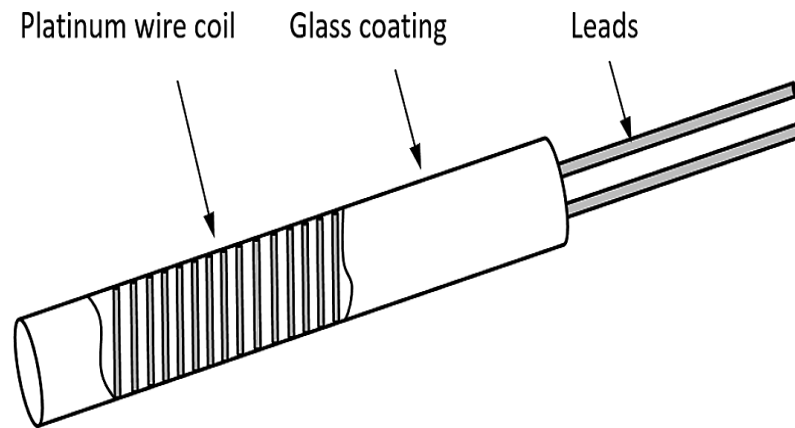


Figure 10 Ανιχνευτής θερμοκρασίας αντίστασης

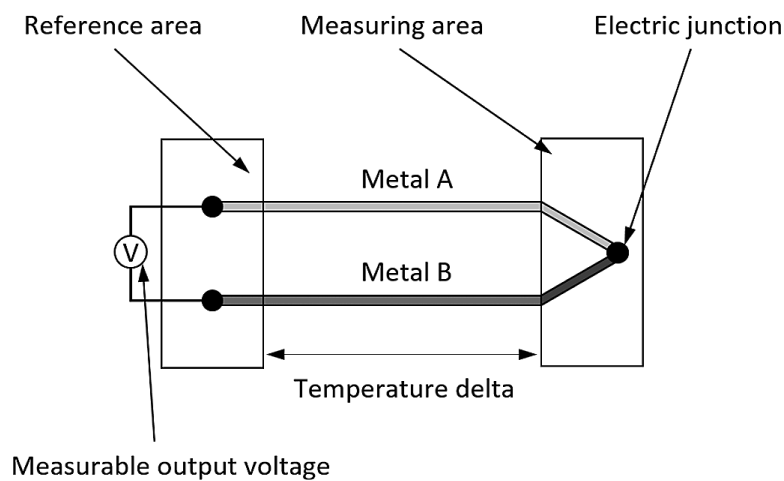


Figure 11 Θερμοζεύγος

- Αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίς επαφή, οι οποίοι κατά κύριο λόγο είναι αισθητήρες θερμοκρασίας υπερέθρων, δηλαδή συσκευές που μπορούν να ανιχνεύουν απομακρυσμένα τη θερμοκρασία ενός αντικειμένου. Τέτοιοι αισθητήρες είναι:
  - Οι θερμοπυλώνες που χρησιμοποιούν το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο για την παραγωγή τάσης εξόδου.
  - Οι αισθητήρες φωτονίων IR που αποτελούνται από έναν ανιχνευτή ημιαγωγών που αλλάζει την ηλεκτρική του κατάσταση κατά την απορρόφηση φωτονίων και που οδηγεί σε ένα φωτοβολταϊκό φαινόμενο με αποτέλεσμα μια έξοδο τάσης.
  - Οι πυροηλεκτρικοί αισθητήρες που περιέχουν ορισμένους τύπους κρυστάλλων που δίνουν τάση όταν εφαρμόζεται θερμότητα ή ψύχος. (Εικόνα 12)



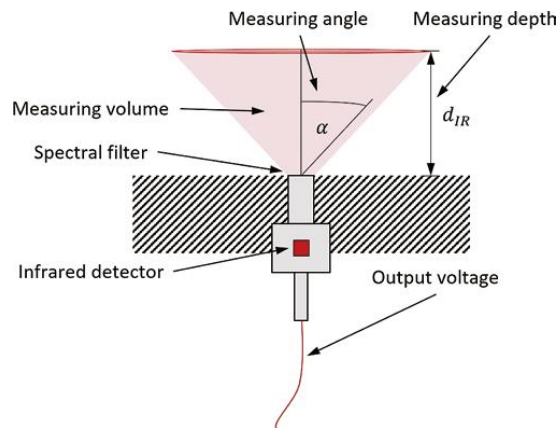


Figure 12 Πυροηλεκτρικός αισθητήρας

### 3.3.3.2. Μέτρηση πίεσης ηλεκτρονικά

Άλλη μια σημαντική παράμετρος στην διαδικασία παραγωγής πλαστικών προϊόντων για την οποία συλλέγονται δεδομένα από αισθητήρες είναι η πίεση στις μηχανές έγχυσης και εξώθησης. Τα τελευταία χρόνια η πίεση μετρείται ηλεκτρικά με αισθητήρες που παράγουν μετρήσιμη ηλεκτρική έξοδο, η οποία απαιτείται για την ψηφιακή επεξεργασία δεδομένων. Οι αισθητήρες πίεσης που χρησιμοποιούνται είναι οι:

- Πιεζοαντιστατικοί αισθητήρες πίεσης, που αλλάζουν την ειδική ηλεκτρική τους αντίσταση όταν μηχανικά εφαρμόζεται μηχανική τάση (Knosp, B., 2019) (Εικόνα 13)
- Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης, οι οποίοι εφαρμόζουν το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, δηλαδή μετατοπίζεται ένα ηλεκτρικό φορτίο σε ορισμένα στερεά υλικά όταν εφαρμόζεται μηχανική τάση. Τα πλεονεκτήματα των πιεζοηλεκτρικών αισθητήρων πίεσης είναι η υψηλή ακρίβεια, ανθεκτικότητα, σωστή ανταπόκριση, αυτοτροφοδοσία και είναι αρκετά συμπαγής. (Εικόνα 14)

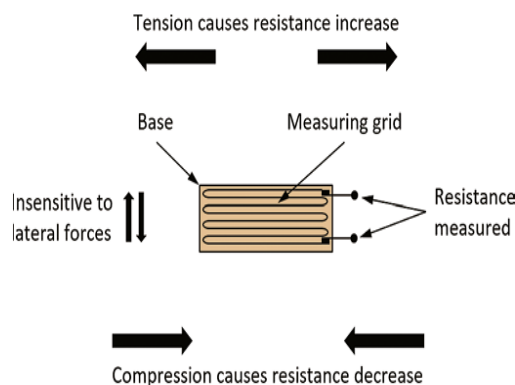


Figure 13 Πιεζοαντιστατικός αισθητήρας πίεσης

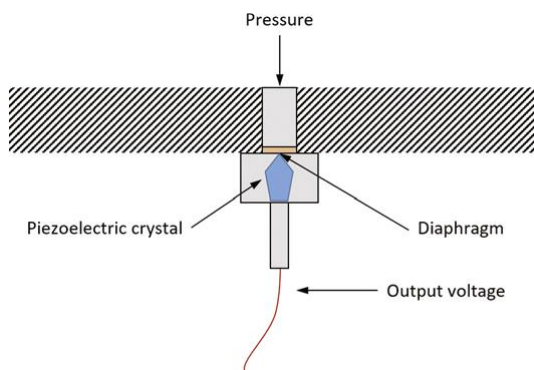


Figure 14 Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης

### 3.3.3.3.Μέτρηση θέσης

Ο αισθητήρας θέσης είναι μια συσκευή που μπορεί να μετρήσει τη θέση είτε απόλυτα είτε σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς (αισθητήρας μετατόπισης). Η μέτρηση μπορεί να είναι σε μεταφορικούς και περιστροφικούς άξονες. Η μέτρηση θέσης μπορεί να γίνει είτε με μεθόδους επαφής είτε με απομακρυσμένες μεθόδους. Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται συχνά είναι:

- Ποτενσιόμετρο το οποίο προσδιορίζει τη θέση ενός αντικειμένου μετρώντας την αντίσταση ή την τάση.
- Περιστροφικό ποτενσιόμετρο το οποίο είναι ένα ποτενσιόμετρο μίας στροφής. Η αντίσταση αποτελείται από υλικά όπως αγώγιμο πλαστικό ή μέταλλο και διαθέτει δύο ακροδέκτες (A και C) που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της τάσης για δεδομένο ρεύμα(Εικόνα 15)
- Γραμμικό ποτενσιόμετρο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της μεταφορικής θέσης ενός αντικειμένου που είναι προσαρτημένο στον άξονα(Εικόνα 16)

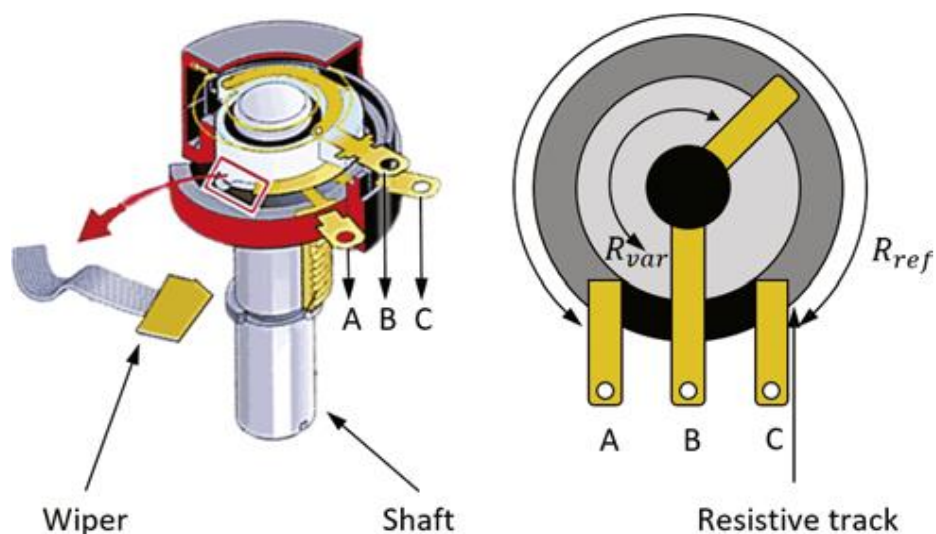


Figure 15 Περιστροφικό ποτενσιόμετρο μιας στροφής

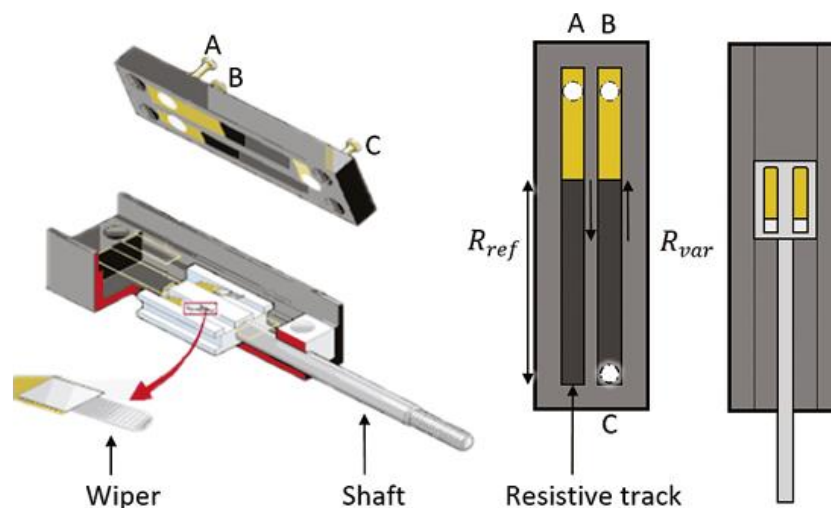


Figure 16 Γραμμικό ποτενσιόμετρο

#### 3.3.3.4. Μέτρηση υγρασίας

Ορισμένα πολυμερή όπως το πολυκαρβονικό και το πολυαμίδιο προσελκύνουν και απορροφούν υγρασία από τον αέρα με αποτέλεσμα απώλειες στην ποιότητα των τελικών προϊόντων και μειωμένες μηχανικές ιδιότητες, κάνοντας έτσι την μέτρηση και έλεγχο της υγρασίας μια ιδιαίτερη κρίσιμη διαδικασία. Για τη μέτρηση της περιεκτικότητας του αέρα σε υγρασία, χρησιμοποιούνται:

- Χωρητικό υγρόμετρο που είναι χαμηλού κόστους, συμπαγές και χρησιμοποιείται συχνά για τη μέτρηση υγρασίας διαφόρων στερεών υλικών και υγρών
- Βαρυμετρικό υγρόμετρο που έχει την μεγαλύτερη ακρίβεια
- Οπτικό υγρόμετρο
- Ηλεκτρομαγνητικό υγρόμετρο που χρησιμοποιείται στην μέτρηση της υγρασίας διάφορων υλικών χωρίς άμεση επαφή με τον μετρούμενο όγκο  
(Hormann and Schmitz, 2020)

#### 3.3.4. Ποιοτικός Έλεγχος Παραγωγής

Οι αισθητήρες στις μηχανές παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο και στον τομέα της ποιότητας, καθώς συλλέγουν δεδομένα κατά τη διαδικασία παραγωγής που θα επιτύχουν την υψηλότερη τελική ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Τις προηγούμενες δεκαετίες, ο ποιοτικός έλεγχος γινόταν κυρίως χειροκίνητα, δηλαδή γινόντουσαν δοκιμές με παχύμετρα, ζυγαριές και ειδικά κατασκευασμένες συσκευές δοκιμών και οπτικά, επειδή δεν υπήρχε εμπιστοσύνη στις δυνατότητες των ψηφιακών μεθόδων ελέγχου, στην αυτοματοποιημένη ανάλυση των δεδομένων μέτρησης και το κόστος αυτών των μεθόδων ήταν υψηλό.

Οι κύριες απαιτήσεις για την αποτελεσματική χρήση του ποιοτικού ελέγχου στις μηχανές έγχυσης και εξώθησης είναι:

- η συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση δεδομένων
- διαδικτυακή σύνδεση των συσκευών ελέγχου ποιότητας των μηχανών
- διαδικτυακή ενσωμάτωση της επεξεργασίας των υλικών (αναγόμευση, ανάμιξη, ξήρανση)
- παρακολούθηση και έλεγχος παραγόμενων παρτίδων

Ο πιο σημαντικός τρόπος διασφάλισης της ποιότητας είναι η μέτρηση των παραγόμενων προϊόντων, δηλαδή η τήρηση των σωστών διαστάσεων και προδιαγραφών που πρέπει να έχει ένα πλαστικό προϊόν. Για την μέτρηση της ποιότητας χρησιμοποιούνται πολλές μέθοδοι που αναλύουν την ακρίβεια των διαστάσεων των προϊόντων παρέχοντας συγκεκριμένη ακρίβεια και ταχύτητα μέτρησης, όπως και διαφορετική συνδεσιμότητα σε συστήματα της εταιρείας. Γενικά, οι μέθοδοι μέτρησης μπορούν να χωριστούν σε μετρήσεις με επαφή και οπτικές μετρήσεις. Η σύγκριση των δύο παραπάνω μεθόδων μέτρησης παρουσιάζεται στον πίνακα 2:

Μέτρηση με αφή		Οπτική μέτρηση	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Πολύ υψηλή ακρίβεια μέτρησης σε <u>υπο-μm</u>	Προβληματική επαφή κατά τη διάρκεια μέτρησης αδύναμων μερών	Ανέπαφη μέτρηση	Ακρίβεια μέτρησης 10 μm
Μετρήσιμες κανονικές γεωμετρίες	Στατικό σύστημα	Διαθέσιμα κινητά συστήματα	Δυσκολία στη μέτρηση σχήματος και ακριβείας, επειδή οι επιφάνειες δεν είναι τοπικά παράλληλες μεταξύ τους
Μετρήσιμες ανοχές σχήματος και γεωμετρίας	Μέτρηση σημείου	Πλήρες ψηφιακό αντίγραφο του μετρούμενου τμήματος	
Πιθανές όλες οι ποιότητες των επιφανειών	Μέτρηση μεμονωμένων χαρακτηριστικών	Πιθανή η απεριόριστη μεταγενέστερη αξιολόγηση	
	Πιθανή η μέτρηση μόνο με συσκευή μέτρησης συντεταγμένων	Άποψη του εσωτερικού του αντικείμενου (βιομηχανική αξονική τομογραφία)	

Table 2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των μεθόδων μέτρησης

#### ➤ Μέτρηση με επαφή

Στις μετρήσεις με επαφή, ένας αισθητήρας έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη θέση και καταγράφονται οι τρισδιάστατες συντεταγμένες του σ' αυτήν την θέση. Ένα ρομπότ μετακινεί τη συσκευή ή μετακινείται πάνω σε μια σταθερή ράγα προκειμένου να φτάσει στα καθορισμένα σημεία μέτρησης έχοντας τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. (Εικόνα 17)

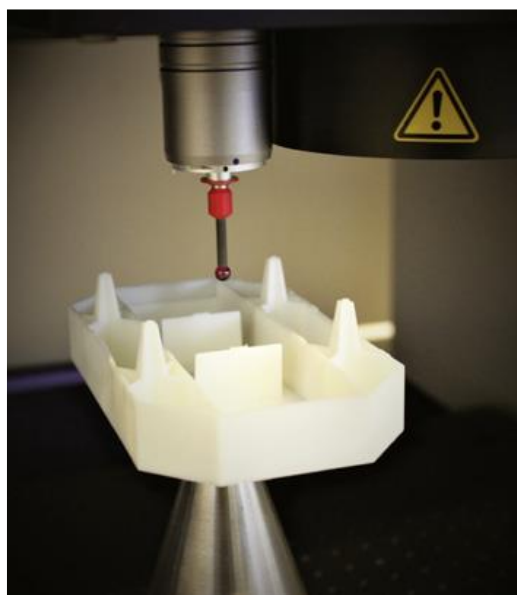


Figure 17 Κινούμενη συσκευή ανίχνευσης και μέτρησης

➤ Οπτική μέτρηση

Στην οπτική μέτρηση, το φως ανακλάται στην επιφάνεια του μετρούμενου αντικειμένου και δεν καταστρέφει το αντικείμενο καθώς είναι ανέπαφη. Οι τρεις μέθοδοι οπτικής μέτρησης είναι οι εξής:

- Τρισδιάστατη μέτρηση σχήματος

Στη συγκεκριμένη μέτρηση (Εικόνα 18), η πηγή φωτός διανέμει σημεία μέτρησης ή δομημένες λωρίδες φωτός πάνω στο προς σάρωση εξάρτημα και η αντανάκλαση καταγράφεται από μία ή δύο κάμερες. Τα δεδομένα μέτρησης απεικονίζονται σε ένα σύστημα CAD ως νέφος σημείων σε τρισδιάστατο χώρο. Σε μια διαδικασία μετεπεξεργασίας, τα σημεία αυτά συνδέονται σε ένα τριγωνικό πλέγμα. Στο τέλος, πραγματοποιείται ανακατασκευή της επιφάνειας του πλέγματος για να ληφθεί το πλήρως ψηφιοποιημένο τμήμα. (Schuth, M. Et al., 2017).

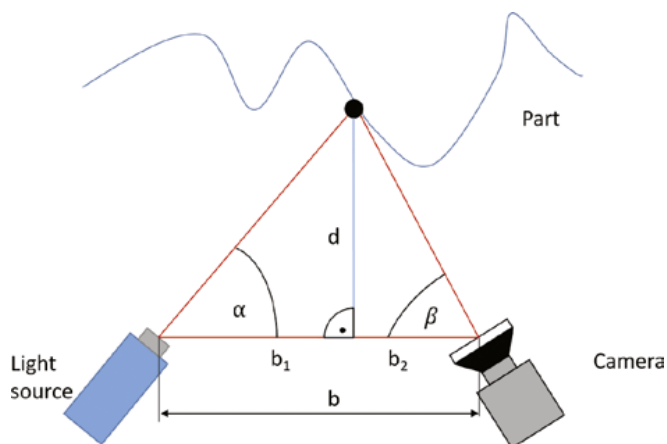


Figure 18 Τρισδιάστατη μέτρηση σχήματος

- Οπτικές κάμερες

Η ακρίβεια των οπτικών καμερών είναι πολύ υψηλή, αλλά είναι κατάλληλες μόνο για δισδιάστατη μέτρηση.

- Αξονική τομογραφία

Είναι η πιο αργή αλλά και η πιο ακριβής μέθοδος οπτικής μέτρησης. Για τη μέτρηση χρησιμοποιούνται ακτίνες X και η μέτρηση αυτή είναι χρήσιμη για την ψηφιακή ανακατασκευή του δείγματος και για την επιθεώρηση της μικροδομής του, κάνοντας πιο πιθανή και εύκολη την παρατήρηση των χαρακτηριστικών της μικροδομής του όπως ο προσανατολισμός των ινών ή αν έχει εγκλωβιστεί αέρας μέσα στο πλαστικό αντικείμενο. Η μέτρηση με αξονική τομογραφία μπορεί να είναι είτε δισδιάστατη, είτε τρισδιάστατη.(Εικόνα 19)

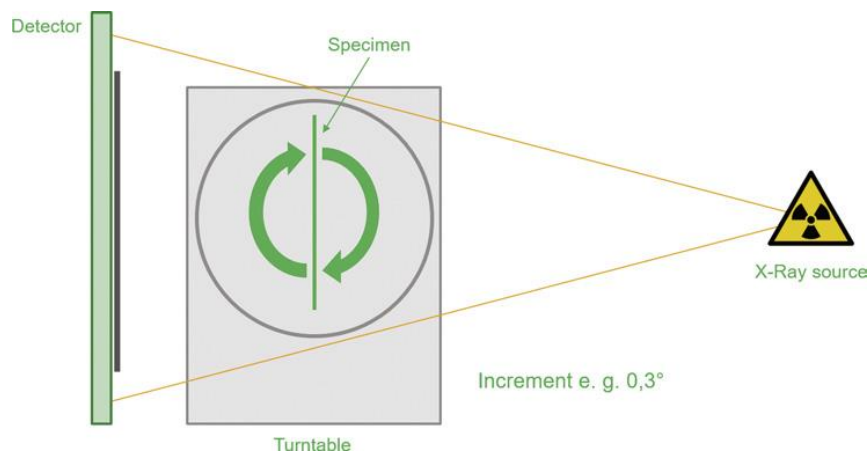


Figure 19 Μέτρηση με αξονική τομογραφία

### 3.3.5. Τύποι Ποιοτικού Ελέγχου Παραγωγής

Οι τρεις τύποι Ποιοτικού Ελέγχου Παραγωγής για την εκπλήρωση των απαιτήσεων ποιότητας είναι:

- Χειροκίνητος Ποιοτικός Έλεγχος(Offline Quality Control)

Ο συγκεκριμένος έλεγχος πραγματοποιείται χειροκίνητα κατά τη διάρκεια ή μετά την παραγωγή. Πραγματοποιείται με τη μορφή ελέγχου εξόδου, μέτρησης τυχαίων δειγμάτων ή με τη δημιουργία ενός μοντέλου ποιότητας με την ανάλυση των δεδομένων διεργασίας που συλλέγονται. Το μοντέλο ποιότητας μπορεί να δημιουργηθεί με τη χρήση διάφορων μεθόδων, όπως η ανάλυση παλινδρόμησης ή τα νευρωνικά δίκτυα. Τα πλεονεκτήματα των νευρωνικών δικτύων σε σύγκριση με άλλες μεθόδους στατιστικού ελέγχου διεργασιών είναι:

- Οι προδιαγραφές μη γραμμικών συσχετίσεων είναι πιθανές
- Εύκολη διαδικασία εκμάθησης: δεν είναι απαραίτητες οι γνώσεις εμπειρογνομόνων ή η περιγραφή της συμπεριφοράς του συστήματος

- Πρόβλεψη συνεχώς μετρήσιμων και προσδιοριστικών ποιοτικών χαρακτηριστικών.(Bluhm, 1996)
- Ποιοτικός έλεγχος στην γραμμή παραγωγής(Inline Quality Control)

Σε αυτόν τον ποιοτικό έλεγχο, τα παραγόμενα με τη διεργασία της έγχυσης τεμάχια ζυγίζονται κατευθείαν με το τέλος του κάθε κύκλου, όπως επίσης ελέγχονται και μετρούνται οπτικά οι διαστάσεις τους και οι θερμοκρασίες τους με τη χρήση απλών και υπέρυθρων καμερών και με άμεση διαλογή των προϊόντων που πληρούν τα ποιοτικά κριτήρια. Τα δεδομένα συλλέγονται άμεσα και είναι διαθέσιμα άμεσα μετά από κάθε κύκλο παραγωγής.

- Συνεχής Ποιοτικός Έλεγχος(Online Quality Control)

Ο ποιοτικός έλεγχος πραγματοποιείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας εφαρμόζοντας διάφορα μοντέλα ποιότητας. Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ελέγχεται και να συλλέγονται δεδομένα είναι το ιξώδες του τήγματος. Ο έλεγχος γίνεται με έναν συνδυασμό ενός αισθητήρα υπέρυθρων (IR) και ενός αισθητήρα πίεσης κοιλότητας. Ο αισθητήρας IR είναι σε θέση να ελαττώσει τη ταχύτητα ροής όταν ο αισθητήρας υπερχειλίζει με υλικό. Το σήμα πίεσης ενός απομακρυσμένου αισθητήρα πίεσης κοιλότητας επιτρέπει τον υπολογισμό του ιξώδους του τήγματος με τη χρήση της εξίσωσης Hele-Shaw. (Gordon, 2015). Μια άλλη δυνατότητα είναι ο ορισμός του τήγματος ιξώδους με τη χρήση δύο αισθητήρων πίεσης κοιλότητας, όπου η απώλεια πίεσης μεταξύ των θέσεων των αισθητήρων αναλύεται με την ίδια διαδικασία. (Hormann C. , 2014)

### 3.4.Υπολογιστικό νέφος(Cloud)

#### 3.4.1.Ορισμός

Το υπολογιστικό νέφος είναι η κατά παραγγελία παροχή πόρων πληροφορικής, όπως δεδομένα, αποθήκευση και ενέργεια μέσω του διαδικτύου αντί της αγοράς, κατοχής και συντήρησης φυσικών κέντρων δεδομένων και διακομιστών. (Amazon, 2020).

Οι εταιρείες χρησιμοποιούν λογισμικό βασισμένο στο cloud για ορισμένες επιχειρηματικές και αναλυτικές εφαρμογές, αλλά με τη Βιομηχανία 4.0, περισσότερες επιχειρήσεις που σχετίζονται με παραγωγή θα απαιτούν αυξημένη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των εγκαταστάσεων και των άλλων τμημάτων μιας εταιρείας. Ταυτόχρονα, οι επιδόσεις των τεχνολογιών cloud θα βελτιωθούν, επιτυγχάνοντας χρόνους αντίδρασης μόλις μερικών χιλιοστών του δευτερολέπτου. Ως αποτέλεσμα, τα δεδομένα και η λειτουργικότητα των μηχανών θα αναπτύσσονται όλο και περισσότερο στο cloud, επιτρέποντας περισσότερες υπηρεσίες με βάση τα δεδομένα για τα συστήματα παραγωγής. Ακόμη και τα συστήματα που παρακολουθούν και ελέγχουν τις διαδικασίες μπορούν να υπάρχουν στο cloud. (Rübmann, 2015).



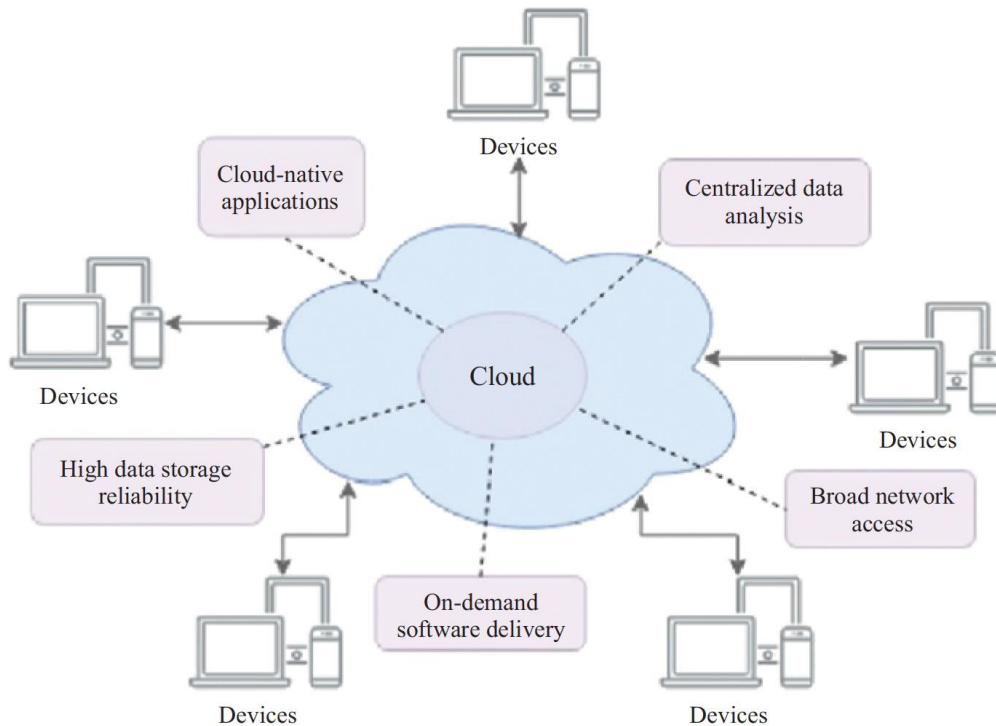


Figure 20 Δίκτυο βασισμένο στο cloud

### 3.4.2. Οφέλη από το Cloud

Τα συνολικά οφέλη του cloud περιλαμβάνουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- 1) Ευκινησία-γρήγορη πρόσβαση στους πόρους, εγκατάσταση και ρύθμιση νέων τεχνολογιών μέσα σε λίγα λεπτά.
- 2) Ελαστικότητα - κλιμάκωση των πόρων ανάλογα με τις ανάγκες. Περιορίζονται η σπατάλη πόρων ή καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων.
- 3) Εξοικονόμηση κόστους-ένα μεγάλο ποσό μπορεί να εξοικονομηθεί από τις κεφαλαιουχικές δαπάνες και να ανακατευθυνθεί προς τις μεταβλητές δαπάνες.
- 4) Επεκτασιμότητα-η επιχείρηση μπορεί εύκολα να επεκταθεί σε νέα επίγεια δίκτυα για να προσεγγίσει τους τελικούς χρήστες.
- 5) Παραγωγικότητα-χρονική απαίτηση εγκατάστασης υλικού και λογισμικού σε μια νέα τοποθεσία μπορεί να απορριφθεί.
- 6) Απόδοση-οι υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους μειώνουν την καθυστέρηση του δικτύου σε σχέση με την παραδοσιακή εγκατάσταση τοπικού δικτύου.
- 7) Αξιοπίστο - το υπολογιστικό νέφος υπόκειται σε τακτική συντήρηση, όπως δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας δεδομένων και αντιγραφή δεδομένων, ώστε τα δεδομένα των χρηστών να μπορούν να ανακτηθούν ακόμη και κατά τη διάρκεια καταστροφής.
- 8) Ασφάλεια-οι πάροχοι υπολογιστικού νέφους προσφέρουν ένα σύνολο πολιτικών και ελέγχων που διασφαλίζουν τα δεδομένα των χρηστών από απειλές.

(Microsoft & Amazon, 2020)



### 3.4.3. Τύποι Cloud

Υπάρχουν τέσσερις τύποι cloud οι οποίοι βασίζονται σε διαφορετικές αρχιτεκτονικές. Αυτές είναι:

- Δημόσιο cloud, το οποίο ένας τρίτος πάροχος το παρέχει και το λειτουργεί, δηλαδή παρέχει τις πηγές του, hardware, software και τεχνική υποστήριξη. Ένας οποιοσδήποτε χρήστης του συγκεκριμένου cloud μπορεί να έχει πρόσβαση στις εφαρμογές του ή στο πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο.
- Ιδιωτικό cloud, το οποίο μόνο ένας οργανισμός το παρέχει, το λειτουργεί και το συντηρεί. Οι πηγές και δεδομένα υπάρχουν μόνο στα κεντρικά του οργανισμού και πρόσβαση έχουν μόνο τα υποκαταστήματα του σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.
- Υβριδικό cloud, το οποίο είναι συνδυασμός των δύο παραπάνω cloud.
- Cloud κοινότητας χρηστών, το οποίο χρησιμοποιείται από παραπάνω από μια επιχειρήσεις που συνεργάζονται π.χ. στην ανάπτυξη ενός έργου.

### 3.4.4. Υπηρεσίες Cloud: Χαρακτηριστικά και οφέλη

Κάποια χαρακτηριστικά από τα οποία μπορούν να επωφεληθούν οι χρήστες των υπηρεσιών του cloud είναι:

- Μια μικρομεσαία επιχείρηση ή οργανισμός μπορεί να «ενοικιάσει» τις υπηρεσίες cloud από έναν πάροχο, ο οποίος έχει την ευθύνη της λειτουργίας και συντήρησης του, αποφεύγοντας το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.
- Ευκολία χρήσης και προσβασιμότητας από τους χρήστες του cloud
- Πληρωμή ανάλογα με τη χρήση των υπηρεσιών του cloud, δίνοντας την δυνατότητα σε μια επιχείρηση να το χρησιμοποιεί όποτε εκείνη το χρειάζεται, γλυτώνοντας έτσι περιττά έξοδα.
- Όσο μεγαλώνει και επεκτείνεται μια επιχείρηση ή οργανισμός, ένας πάροχος με τις υποδομές που διαθέτει, έχει τη δυνατότητα να του παρέχει περισσότερες υπηρεσίες και χώρο καθώς μπορούν να επεκταθούν απεριόριστα.

### 3.4.5. Τύποι υπηρεσιών Cloud

Οι υπηρεσίες cloud είναι οι εξής τρεις:

- IaaS (Infrastructure as a Service): Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες είναι ιδανικές για επιχειρήσεις που θέλουν να ενοικιάσουν υπολογιστικά κέντρα, εξοπλισμό και τεχνογνωσία αποφεύγοντας τα έξοδα εγκατάστασης, λειτουργίας, αδειών εφαρμογών και συντήρησης.

- PaaS(Platform as a Service):Παροχή υποδομής και λογισμικού από έναν πάροχο cloud σε χρήστες για ανάπτυξη εφαρμογών
- SaaS(Software as a Service):Παροχή πλήρους πακέτου εφαρμογών στους χρήστες προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε επιχείρησης όπως συστήματα CRM,ERP,κτλ.

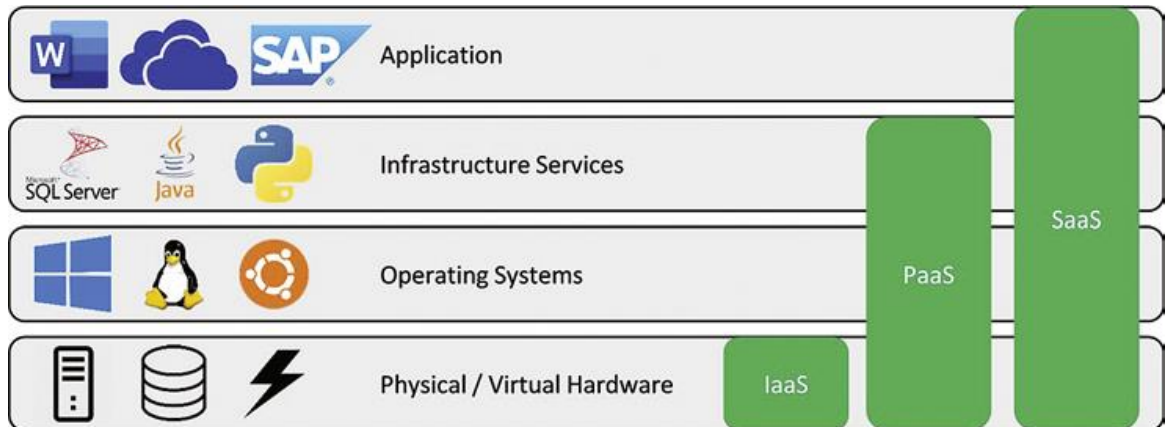


Figure 21 Τύποι υπηρεσιών cloud

### 3.4.6. Cloud σε βιομηχανία πλαστικών

Υπάρχουν δύο είδη υποδομών τεχνολογίας της πληροφορίας, το cloud, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά παραπάνω, και το edge computing. Στο edge computing τα δεδομένα επεξεργάζονται αμέσως με το που δημιουργούνται στα μηχανήματα. Οι αισθητήρες σε αυτά τα συλλέγουν και τα μεταδίδουν σε υπολογιστές επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επειδή όμως υπάρχει μια καθυστέρηση στην αποστολή και επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο όπως και περιορισμένο εύρος αποστολής των δεδομένων, χρησιμοποιείται το υδριβικό σύστημα που περιλαμβάνει και τις δύο υποδομές. Στο υδριβικό σύστημα οι αισθητήρες των μηχανημάτων, των περιφερειακών συσκευών και του λοιπού εξοπλισμού μεταδίδουν τα δεδομένα πολύ πιο γρήγορα μέσα σε δευτερόλεπτα για λειτουργίες όπως ο έλεγχος της τροφοδοσίας του κοιλία της έγχυσης προκειμένου να ελεγχθεί το βέλτιστο σημείο μεταγωγής, καθώς το σημείο μεταγωγής επηρεάζει άμεσα την ποιότητα του εξαρτήματος ή η τρέχουσα κατανάλωση ισχύος της μηχανής. Τα δεδομένα επεξεργάζονται και στέλνονται κατευθείαν πίσω στις μηχανές σε χιλιοστά του δευτερολέπτου (Hornmann and Schmitz, 2020).

Άλλα δεδομένα που μπορούν να διακινούνται μέσω cloud είναι τα δεδομένα παραγωγής όπως πιέσεις, θερμοκρασίες κεφαλών και φούρνων των μηχανημάτων και των υλικών από τα μηχανήματα έγχυσης και εξώθησης που θα είναι συνδεδεμένα. Από το cloud επίσης θα ενημερώνονται οι χειριστές των μηχανών για την λειτουργία τους και τα δεδομένα παραγωγής των προϊόντων, όπως και για τον αρχικό ποιοτικό έλεγχο που διεξάγεται σε δείγματα προϊόντων μετά την εκκίνηση μιας μηχανής.

### 3.5. Προσομοίωση(Simulation)

#### 3.5.1. Ορισμός

Η προσομοίωση ορίζεται ως η κατά προσέγγιση απομίμηση της λειτουργίας μιας διαδικασίας ή συστήματος και είναι μέρος της Ψηφιακής μηχανικής. Χρησιμοποιείται σε πολλές λειτουργίες, όπως στη μηχανική ασφάλειας, στη βελτιστοποίηση της απόδοσης, στην εκπαίδευση, σε δοκιμές, στον σχεδιασμό, κ.λπ. Η προσομοίωση διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην Βιομηχανία 4.0, καθώς η τεχνολογία αυτή βοηθά στην επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων με πολλούς τρόπους. Μειώνει ουσιαστικά την περιττή σπατάλη χρόνου και πόρων, ενώ παράλληλα αυξάνει την αποδοτικότητα στην παραγωγή. Επιπλέον, ενισχύει σημαντικά την παραγωγικότητα και τα έσοδα μιας μεταποιητικής επιχείρησης. Εκτός από αυτό, η προσομοίωση είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά το στάδιο του σχεδιασμού ενός προϊόντος, διότι επιτρέπει τη σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του προϊόντος και την πραγματοποίηση των απαραίτητων αλλαγών εάν το προϊόν δεν πληροί τις προδιαγραφές. Με τη βοήθεια των βημάτων προσομοίωσης, η ποιότητα του λήψης αποφάσεων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά και να διαπιστωθεί (G. Schuh, T. Potente and C. Wesch-Potente, 2014).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τρισδιάστατη προσομοίωση της ανάπτυξης προϊόντων, της ανάπτυξης υλικών και της παραγωγής έχει γίνει συνήθης πρακτική σε πολλές εταιρείες ως απαραίτητο βήμα. Χρησιμοποιεί δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για να αντικατοπτρίζει τον φυσικό κόσμο σε ένα εικονικό μοντέλο που ενσωματώνει ανθρώπους, μηχανές και προϊόντα. Η προσομοίωση επιτρέπει επίσης στους χειριστές να δοκιμάζουν και να βελτιστοποιούν τις ρυθμίσεις των μηχανών για το επόμενο προϊόν στον εικονικό κόσμο πριν από την πραγματική φυσική αναδιαμόρφωση, διατηρώντας έτσι τον νεκρό χρόνο διακοπής λειτουργίας των μηχανών στο ελάχιστο, ενώ παράλληλα αυξάνεται η συνολική ποιότητα. Η χρήση εργαλείων προσομοίωσης χρησιμοποιείται συνήθως στις εγκαταστάσεις παραγωγής για την απεικόνιση του φυσικού κόσμου σε ένα εικονικό μοντέλο, κυρίως για τη μείωση του χρόνου ρύθμισης της μηχανής και την αύξηση της συνολικής ποιότητας (Rübmann, 2015).

#### 3.5.2. Προσομοίωση σε βιομηχανία πλαστικών

Σε μια βιομηχανία πλαστικών ένας παράγοντας που μπορεί να ελεγχθεί με τη προσομοίωση είναι τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενός προϊόντος όπως και οι νέες ρυθμίσεις που ενδεχομένως να χρειάζεται να εφαρμοστούν όπως πίεση, θερμοκρασίες υλικού, κτλ. Τα υλικά αυτά ονομάζονται ψηφιακά υλικά. Τα ψηφιακά υλικά αναφέρονται σε μια ανομοιογενή βάση δεδομένων για τη πραγματοποίηση ολόκληρης της αλυσίδας αξίας δηλαδή από την έναρξη της διαδικασίας με την παροχή του υλικού σε πραγματικό χρόνο, δεδομένων και ιδιοτήτων των υλικών των εξαρτημάτων μέχρι την συναρμολόγηση και τον ποιοτικό έλεγχο του. Η ψηφιακή προσομοίωση των πλαστικών υλικών γίνεται σε διάφορες κλίμακες:

- Νανοσκοπική κλίμακα, για τη μοντελοποίηση του πλήρους κύκλου ζωής του πλαστικού εξαρτήματος με τη χρήση του εργαλείου προσομοίωσης, την προσομοίωση μοριακής δυναμικής(MDS). Στόχος του MDS είναι ο υπολογισμός των τροχιών ενός καθορισμένου ατομικού μοντέλου, το οποίο περιέχει τη θέση των ατόμων σε καθορισμένα χρονικά σημεία κατά τη διάρκεια ολόκληρου του χρόνου της προσομοίωσης.(Hinchliffe, 2009)

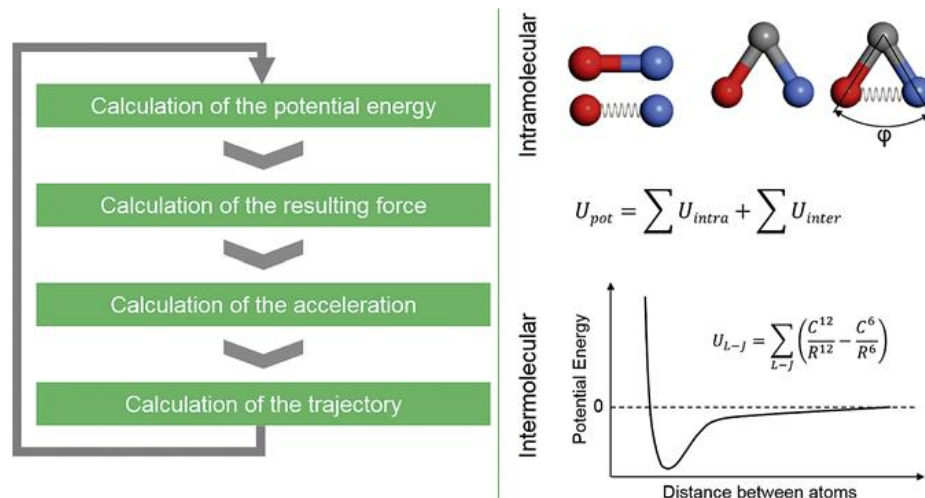


Figure 22 Βασικές αρχές προσομοίωσης μοριακής δυναμικής

- Μικροσκοπική και μακροσκοπική κλίμακα με προσομοίωση μικροδομής ημικρυσταλλικών θερμοπλαστικών χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης SpheroSim για την πρόβλεψη της μικροδομής των ημικρυσταλλικών θερμοπλαστικών(Sprekowsius, 2016) Με αυτό το λογισμικό, η μικροδομή μπορεί να προσομοιωθεί από δεδομένες μακροσκοπικές κατανομές θερμοκρασίας και πεδία ταχυτήτων που προκύπτουν από προσομοίωση πλήρωσης. (Hormann and Schmitz, 2020). Στη μακροσκοπική κλίμακα επιλέγονται τα μοντέλα υλικών για την πρόβλεψη της προκύπτουσας συμπεριφοράς του εξαρτήματος ή της τρέχουσας συμπεριφοράς κόπωσης σε πραγματικό χρόνο.

### 3.5.3. Προσομοίωση διαδικασίας

Η διαδικασία της παραγωγής των πλαστικών προϊόντων και πιο συγκεκριμένα η χύτευση με έγχυση είναι άλλος ένας παράγοντας στον οποίο εφαρμόζεται η μέθοδος της προσομοίωσης με ζητούμενο την καλύτερη δυνατή ποιότητα. Με τη προσομοίωση της χύτευσης με έγχυση υπολογίζονται διάφορες ιδιότητες της διαδικασίας όπως ο χρόνος κύκλου, η κατανομή της πίεσης και της θερμοκρασίας για την επίλυση επαναλαμβανόμενων προβλημάτων(π.χ. ο σχεδιασμός του καλουπιού, η θέση του εξολκέα, η ύπαρξη τυχόν γραμμών συγκόλλησης και εγκλεισμάτων αέρα, καθώς και η ποσότητα συρρίκνωσης και στρέβλωσης).(Hormann and Schmitz, 2020). Τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης της διαδικασίας παραγωγής είναι:

- Καλύπτονται οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για καλύτερη ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων με έγχυση
- Πολλές κοστοβόρες δοκιμές στις μηχανές injection μπορούν να αποφευχθούν με τη χρήση προσομοίωσης
- Μείωση του κόστους και του χρόνου της διαδικασίας σχεδιασμού των καλουπιών ως 75% και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται ως 50%, με αποτέλεσμα τη μείωση και του χρόνου παραγωγής
- Μείωση του χρόνου κύκλου παραγωγής κατά 10-30% (Sendler, 1997)
- Εξοικονόμηση κόστους 20-30% στην ανάπτυξη και 5-10% στην παραγωγή χυτών τεμαχίων. Η εξοικονόμηση χρόνου μέχρι την κυκλοφορία στην αγορά είναι 10-25% χάρη στον έγκαιρο εντοπισμό των προβλημάτων και των ευκολότερων αλλαγών που μπορούν να γίνουν στην πρώιμη φάση ανάπτυξης (Friesenbichler, 2013).

Η προσομοίωση της χύτευσης με έγχυση ξεκινά με το πλέγμα της απαιτούμενης γεωμετρίας του τεμαχίου, που σημαίνει τη διαίρεση του τεμαχίου σε διακριτά στοιχεία. Πιο γνωστές μέθοδοι πλέγματος είναι το μοντέλο Mid-Plane (ένα μεσαίο επίπεδο προκύπτει από τη γεωμετρία, το οποίο στη συνέχεια διαιρείται σε δισδιάστατα στοιχεία και σε κάθε στοιχείο δίνεται το πάχος σαν ένα χαρακτηριστικό), το μοντέλο Dual-Domain (ύπαρξη δύο επιφανειών ολόκληρων με πλέγμα που ανταλλάσσουν υλικά μεταξύ τους με τη πίεση να υπολογίζεται μόνο στην κατεύθυνση της ροής και η θερμοκρασία σε διάφορα σημεία ολοκλήρωσης κατά μήκος του πάχους του εξαρτήματος) και το τρισδιάστατο μοντέλο (το χυτευμένο τμήμα είναι πλήρως δικτυωμένο με τη χρήση τρισδιάστατων στοιχείων. Αυτό επιτρέπει τον υπολογισμό τόσο της θερμοκρασίας όσο και της πίεσης τρισδιάστατα, καθώς και την προσομοίωση τρισδιάστατων φαινομένων, όπως η εκροή). (Εικόνα 23) (Kennedy and Zheng, 2013)

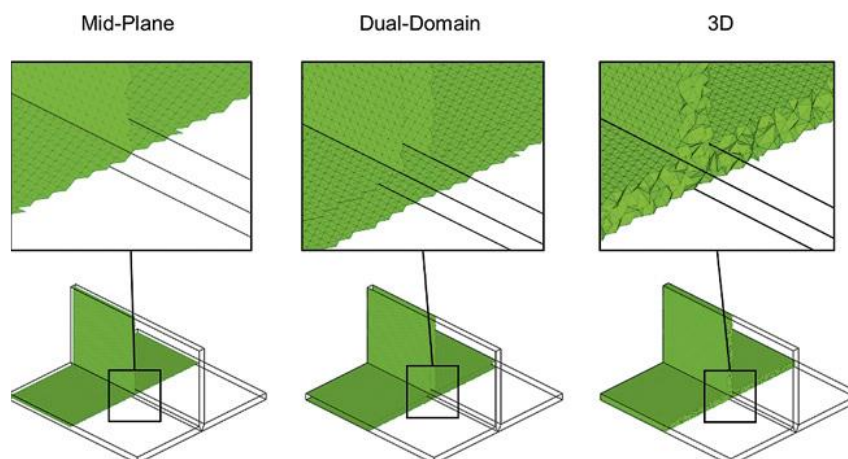


Figure 23 Διαφορετικές στρατηγικές πλέγματος

Η μέθοδος πλέγματος που έχει επιλεγεί καθώς και η γεωμετρία του στοιχείου και ο αριθμός των κόμβων επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα των αποτελεσμάτων και την διάρκεια των υπολογισμών. (Osswald and Hernández-Ortiz, 2006).

### 3.5.4. Προσομοίωση αντικειμένου

Κατά τη φάση της ανάπτυξης ενός προϊόντος, προκειμένου να προσδιοριστεί η λειτουργική απόδοση πριν από την πραγματοποίηση πρωτοτύπων ή σύνθετων δοκιμών, διενεργούνται εικονικές δομικές προσομοιώσεις με σκοπό την αποφυγή δαπανηρών δοκιμών και επαναλήψεων και μείωση των χρόνων των δοκιμών. Με τη προσομοίωση επίσης αποφεύγονται η ανισοτροπία στην δομή του υλικού του τελικού προϊόντος, δηλαδή το τήγμα επηρεάζεται από θερμικές και ρεολογικές πιέσεις κατά τη διαδικασία της έκχυσης και η οποία επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού και την παραγωγή του προϊόντος.

Με τη χρήση των αισθητήρων και των οπτικών συστημάτων μέτρησης, λαμβάνονται οι κατάλληλες πληροφορίες για κάθε κύκλο διεργασίας. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για μελλοντικές προσομοιώσεις παραγωγής προϊόντων με τις επιμέρους πληροφορίες διεργασίας του, οι οποίες επιτρέπουν την πρόβλεψη των μηχανικών ιδιοτήτων και, συνεπώς, την λειτουργικότητα κάθε επιμέρους εξαρτήματος. (Hormann and Schmitz, 2020). Η μεθοδολογία που προτείνει ο Hormann (Hormann, Stender and Magura, 2019), δηλαδή η ενσωμάτωση μιας δομικής προσομοίωσης στο σύστημα της γραμμής παραγωγής για την αντιστάθμιση των διακυμάνσεων της διαδικασίας και την εγγύηση σταθερών ιδιοτήτων των παραγόμενων προϊόντων, έχει ως αποτέλεσμα η ανεπτυγμένη γραμμή παραγωγής να είναι σε θέση να δεχθεί τις μετέπειτα διαδικασίες έτσι ώστε οι διακυμάνσεις που προκαλούνται από όλες τις διαδικασίες κατά την παραγωγή να μπορούν να εξισορροπηθούν και συνεπώς να μπορούν να επιτευχθούν σταθερές μηχανικές ιδιότητες για κάθε προϊόν.

### 3.5.5. Προσομοίωση με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα(Artificial Neural Networks)

Η ποιότητα των προσομοιώσεων τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί κατακόρυφα πλησιάζοντας συνεχώς στην απόδοση της πραγματικής διεργασίας, αλλά εξακολουθούν να μην υπάρχουν απόλυτα αξιόπιστα αποτελέσματα λόγω πολλών διαταραχών και διακυμάνσεων τόσο στο υλικό όσο και στην ίδια την διαδικασία παραγωγής όπως για παράδειγμα οι διακυμάνσεις στο ιξώδες των υλικών ή οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Γι' αυτόν τον λόγο, με τη χρήση δεδομένων προσομοίωσης μπορεί να δημιουργηθεί ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο. Τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούν μέρος της Τεχνητής Νοημοσύνης, δηλαδή είναι δίκτυα που εκπαιδεύονται μέσω των εισόδων που λαμβάνονται από εξωτερικά ή εσωτερικά σενάρια στο σύστημα και αυτές οι εισοδοί πολλαπλασιάζονται με τυχαία εκχωρημένα βάρη, ένα νευρωνικό δίκτυο είναι μια ολοκλήρωση διαφόρων συστημάτων μάθησης, γι' αυτό και έχουν την ικανότητα να μαθαίνουν μέσω προηγούμενης εκπαίδευσης και είναι αντικείμενα προγραμματισμού που μιμούνται τη λειτουργία των βιολογικών νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου. (Rivas-Asanza, Mazon-Olivo and Mejía-Reñafiel, 2018). Τα πλεονεκτήματα δημιουργίας ενός Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου είναι ότι δεν χρειάζεται καν να χρησιμοποιηθεί μια μηχανή για τη διεργασία έκχυσης,

κερδίζοντας έτσι χρόνο, και μη ύπαρξη ανάγκης για πειράματα εξαιτίας επάρκειας δεδομένων και προσέγγισης της διεργασίας.

### **3.6. Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων(Horizontal and vertical system integration)**

#### **3.6.1. Ορισμός**

Ένα σύστημα μπορεί να ολοκληρωθεί οριζόντια και κάθετα. Η οριζόντια ολοκλήρωση μπορεί να οδηγήσει τη δικτύωση μεταξύ των κυβερνο-φυσικών συστημάτων(τα κυβερνο-φυσικά συστήματα είναι συστήματα όπου τα προϊόντα, ο εξοπλισμός και τα αντικείμενα είναι συνδεδεμένα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με ενσωματωμένο υλικό και λογισμικό πέρα από τα όρια των μεμονωμένων εφαρμογών και θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα) σε ένα πρωτοφανές επίπεδο για την επίτευξη μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας. Κάθε συσκευή και σύστημα του ίδιου επιπέδου κατασκευής σε ίδια εγκατάσταση είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Υπάρχει επίσης επικοινωνία δεδομένων μεταξύ των συστημάτων σε διαφορετικές εγκαταστάσεις, επιτρέποντας τον προγραμματισμό και την κατανομή των εργασιών μεταξύ τους. Με αυτά τα δεδομένα, ο χρόνος διακοπής λειτουργίας σε μια συγκεκριμένη εγκατάσταση μπορεί να καλυφθεί ή αντισταθμιστεί από μηχανήματα από άλλη εγκατάσταση με ελάχιστη ή καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση. Εν τω μεταξύ, η κάθετη ολοκλήρωση είναι σχετικά πιο δύσκολο επιχείρημα. Κάθε σύστημα σε διαφορετικά επίπεδα της ιεραρχίας έχει πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα που συλλέγονται ή παράγονται. Η κύρια πρόκληση τώρα είναι ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας σε διαφορετικά επίπεδα. Έτσι, τα συστήματα δυσκολεύονται να επικοινωνήσουν και να ανταλλάξουν δεδομένα μεταξύ τους. Ωστόσο, εάν η κάθετη ολοκλήρωση σε μια εγκατάσταση διεξάγεται σωστά, η αποδοτικότητα θα βελτιωθεί πάρα πολύ. Αυτό μπορεί να επιλυθεί με τη χρήση κατάλληλων διεπαφών. Η πλήρης ολοκλήρωση και η αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής κάθετα και οριζόντια δείχνει την αυτοματοποίηση των επικοινωνιών και της συνεργασίας ιδίως κατά μήκος τυποποιημένων διαδικασιών.(VDI-Statusreport, 2015).

Για την οριζόντια ολοκλήρωση, συνδέονται τα κυβερνοφυσικά δίκτυα και τα δίκτυα επιχειρησιακών συστημάτων που επιτυγχάνουν νέα επίπεδα ευελιξίας, αυτοματοποίησης και λειτουργικής αποδοτικότητας στις διαδικασίες παραγωγής. Αυτό το είδος ολοκλήρωσης μπορεί να συμβεί σε διαφορετικά επίπεδα. Στο επίπεδο της παραγωγής, οι συνδεδεμένες με το διαδίκτυο μηχανές και μονάδες παραγωγής γίνονται μια οντότητα με σαφώς καθορισμένες ιδιότητες εντός του δικτύου παραγωγής. Επικοινωνούν συνεχώς μεταφέροντας την κατάσταση της απόδοσής τους και ανταποκρίνονται αυτόνομα στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις παραγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας σε παραγωγή αντικειμένων και μικρότερο χρόνο διακοπής λειτουργίας των μηχανών λόγω προληπτικής συντήρησης. Οριζόντια ενσωμάτωση μπορεί να συμβεί σε πολλαπλές εγκαταστάσεις παραγωγής, όπου τα δεδομένα της εγκατάστασης παραγωγής μοιράζονται σε ολόκληρη την επιχείρηση και αυτό επιτρέπει στις

εργασίες παραγωγής να κατανέμονται έξυπνα μεταξύ των εγκαταστάσεων ώστε να αντιδρούν αποτελεσματικά και γρήγορα στις αλλαγές στην παραγωγή. Επιπλέον, η οριζόντια ολοκλήρωση μπορεί να λάβει χώρα σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, όπου η διαφάνεια των δεδομένων και τα υψηλά επίπεδα αυτοματοποιημένης συνεργασίας στο (i) αρχικό στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας που χειρίζεται τις διαδικασίες παραγωγής και (ii) του τελικού σταδίου της εφοδιαστικής αλυσίδας που παραδίδει τα τελικά προϊόντα στην αγορά.

Από την άλλη πλευρά, η κάθετη ολοκλήρωση συμβάλλει στη σύνδεση όλων των λογικών επιπέδων εντός ενός οργανισμού, όπως η παραγωγή, η έρευνα και ανάπτυξη, η διασφάλιση ποιότητας, τεχνολογία πληροφοριών, πωλήσεις και μάρκετινγκ, ανθρώπινοι πόροι κ.λπ. Αυτό το είδος ολοκλήρωσης επιτρέπει την ελεύθερη ροή των δεδομένων μεταξύ αυτών των επιπέδων προκειμένου να διευκολυνθεί η τακτική και η λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Η κάθετη ολοκλήρωση δημιουργεί ουσιαστικά ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, καθώς επιτρέπει σε μια εταιρεία να ανταποκρίνεται γρήγορα και κατάλληλα στα μεταβαλλόμενα σημάδια της αγοράς καθώς και σε νέες ευκαιρίες (Schuldenfrei M., 2019).

### **3.6.2. Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων σε βιομηχανία πλαστικών**

Η οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση σε μια βιομηχανία πλαστικών εφαρμόζεται συνήθως με το σύστημα δεδομένων Σύστημα εκτέλεσης παραγωγής (Manufacturing Execution System/MES). Το σύστημα που μπορεί να χαρτογραφήσει τις διεργασίες στο χώρο της παραγωγής σε πραγματικό χρόνο είναι το MES. Το MES βρίσκεται στο επίπεδο ελέγχου της παραγωγής και συνδέει την διοίκηση της εταιρείας με την παραγωγή. Το MES λειτουργεί έτσι ως διαπαφή και για τους δύο τομείς (κάθετη ολοκλήρωση). Επιπλέον, το MES εξασφαλίζει οριζόντια ολοκλήρωση, καθώς όλες οι διαδικασίες παραγωγής και εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να χαρτογραφηθούν ολιστικά, αποφεύγοντας έτσι μεμονωμένες λύσεις, για παράδειγμα μέσω ξεχωριστών λογισμικών (Kletti and Schumacher, 2014).

Οι στόχοι του MES είναι ο διαφανής έλεγχος της παραγωγής με την παροχή πληροφοριών σχετικά με τη διαθεσιμότητα εργαζομένων, πόρων, υλικών, τις απαιτούμενες οδηγίες παραγωγής, κ.λπ. Επιπλέον, ένα MES παρέχει πληροφορίες για τις απαιτήσεις του πελάτη. Αυτές περιλαμβάνουν τις ακριβείς ημερομηνίες παράδοσης, το μέγεθος της παραγγελίας και τον χρόνο παράδοσης των παραγγελιών. Επιπλέον, τα δεδομένα ποιότητας, όπως οι συνθέσεις των παρτίδων των πρώτων υλών ή ανατροφοδότηση από την εσωτερική διαδικασία παραγωγής μπορούν να καταγράφονται με ένα MES. Επιπλέον, ένα MES διαχειρίζεται προσωπικά δεδομένα όπως το πρόγραμμα των βαρδιών ή τα προσόντα. Αυτό επιτρέπει στο MES να κάνει τις κατάλληλες προτάσεις για εργασίες που απαιτούν συγκεκριμένα προσόντα από έναν εργαζόμενο (Hornmann and Schmitz, 2020).

Η παραγωγή πλαστικών προϊόντων εξαρτάται από πολλές επιρροές και αλληλεπιδράσεις, οι οποίες επηρεάζουν τελικά την ποιότητα του προϊόντος. Η διαδικασία κατασκευής μπορεί να επηρεαστεί από περιβαλλοντικές επιδράσεις, όπως



οι καιρικές συνθήκες, αλλά και από διαφορετικούς χειριστές, διαφορετική ποιότητα των υλικών λόγω διαφορετικών παρτίδων πρώτων υλών και από τις αποδόσεις των μηχανημάτων οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν διαταραχές στην παραγωγή. Ένα σύστημα MES πρέπει να είναι σε θέση να ανιχνεύει αυτούς τους μεγάλους αριθμούς διαταραχών και να δρομολογεί τα κατάλληλα αντίμετρα, είτε μέσω αυτόνομων ενεργειών είτε μέσω οδηγιών που εμφανίζονται στον εργαζόμενο. Ένα παράδειγμα αυτόνομης ενέργειας είναι ότι η μέτρηση των αεραγωγών ή μιας συγκεκριμένης θερμοκρασίας προκαλεί αυτόματα το κλείσιμο των παραθύρων και πυλών. Στη βιομηχανία πλαστικών, πολλές διεργασίες είναι πολύ απαιτητικές σε πόρους, καθώς διάφορα εργαλεία και περιφερειακές συσκευές χρησιμοποιούνται στη διαδικασία παραγωγής. Για μια ομαλή παραγωγική διαδικασία, είναι απαραίτητο οι πρώτες ύλες, τα εργαλεία και οι περιφερειακές συσκευές να είναι διαθέσιμα όταν χρειάζεται (Michaeli and Eversheim, 1993).

Ένα σύστημα MES πρέπει να έχει πρόσβαση στην κατάσταση όλων των παραγωγικών πόρων και εργαλείων ανά πάσα στιγμή και να τα διαχειρίζεται ενεργά, έτσι ώστε οι διαδικασίες αλλαγής να μπορούν να εκτελούνται αποτελεσματικά (Kletti, 2015).

### **3.7. Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented reality)**

#### **3.7.1. Ορισμός**

Η επαυξημένη πραγματικότητα αποτελεί μια ψηφιακή τεχνολογία όπου οι χρήστες έχουν μια διαδραστική εμπειρία του πραγματικού περιβάλλοντος με τα εικονικά αντικείμενα που ενισχύονται από αντιληπτικές πληροφορίες που δημιουργούνται από υπολογιστή. Τα εργαλεία που θα χρησιμοποιούνται για την επαυξημένη πραγματικότητα βρίσκονται ως επί το πλείστον στα σπάργανα, αλλά έχουν ήδη αρχίσει να δημιουργούν νέες υπηρεσίες. Στο παρελθόν, η επαυξημένη πραγματικότητα έβρισκε εφαρμογές μόνο σε ορισμένες σημαντικές ή επικίνδυνες εργασίες, όπως οι προσομοιωτές πτήσεων. Πρόσφατα, έχει διεισδύσει στους τομείς των επισκευών και της συντήρησης. Οι οδηγίες απομακρυσμένης επισκευής μπορούν να μεταφερθούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου, αρκεί να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους τεχνικούς να αποκτήσουν δεξιότητες και εμπειρίες βοηθώντας τους να γίνουν ανταγωνιστικοί στην αγορά. Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει εισαχθεί σε πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία. Τώρα χρησιμοποιείται στη συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ (HRC), η οποία είναι ένας τομέας που προσπαθεί να κατανοήσει πώς μπορεί να βελτιωθεί η συνεργασία μεταξύ ανθρώπου και ρομπότ με τη χρήση καινοτόμων διεπαφών. Στην πραγματικότητα, ο σχηματισμός ενός αξιόπιστου και ασφαλούς συστήματος ανθρώπου-ρομπότ είναι αναμφίβολα ένα εξαιρετικά δύσκολο έργο. Η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται για την προβολή πληροφοριών που εντάσσονται στο πραγματικό περιβάλλον, βοηθώντας τους χειριστές να έχουν καλύτερη επίγνωση των κινήσεων καθώς και των δυνάμεων που ασκούνται από ένα ρομπότ. Εκτός από αυτό, η

επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται για εργασίες συντήρησης, επισκευής και συναρμολόγησης. Η χρησιμοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας για αυτές τις εργασίες μπορεί να μειώσει το συνολικό κόστος.

Ωστόσο, η εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας για αυτές τις εργασίες μπορεί να έχει την πολυπλοκότητά της, δηλαδή οι τεχνικοί μπορεί να χρειαστεί να ανατρέξουν σε εγχειρίδιο οδηγιών για να ολοκληρώσουν τη διαδικασία. Η συνεχής εναλλαγή της προσοχής μεταξύ συστήματος και εγχειριδίου μπορεί να επιφέρει πρόσθετες γνώσεις στους τεχνικούς. Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας για τη συντήρηση και την επισκευή αποτελούνται από ένα σύνολο εικονικών στοιχείων, τα οποία παρέχουν βοήθεια, ενδείξεις ή υποδείξεις στους τεχνικούς. Αυτά τα εικονικά στοιχεία περιλαμβάνουν κινούμενα τρισδιάστατα μοντέλα τα οποία περιγράφουν την εργασία που πρέπει να εκτελεστεί, ηχητικό κομμάτι που παρέχει οδηγίες, ετικέτες κειμένου που εξηγούν τα βήματα που πρέπει να γίνουν κ.λπ. Με τη χρήση των γραφικών στοιχείων για την επισκευή ή τη συντήρηση, η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στους τεχνικούς να καθοδηγούνται σωστά για την εκτέλεση ορισμένων εργασιών, οι οποίες θα μπορούσαν να είναι επικίνδυνες από τη φύση τους. Παρά τη χρησιμότητά της, αντιμετωπίζει μια δυσκολία εφαρμογής, δηλαδή μπορεί να χρειαστεί πολύς χρόνος για τη δημιουργία, αλλαγή και βελτίωση των διαδικασιών επαυξημένης πραγματικότητας. Μια άλλη μεγάλη πρόκληση είναι ότι δεν υπάρχει μια σαφής και προσιτή ροή εργασίας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη επαυξημένης πραγματικότητας για τη βιομηχανία (Pace F.D., Manuri F. and Sanna A., 2018).

Συστήματα που εφαρμόζουν επαυξημένη πραγματικότητα, υποστηρίζουν επίσης πολλές άλλες υπηρεσίες, π.χ. επιλογή εξαρτημάτων σε μια αποθήκη και αποστολή οδηγιών επισκευής μέσω κινητών συσκευών. Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παροχή πληροφοριών στους εργαζόμενους σε πραγματικό χρόνο και βοήθειας στη λήψη αποφάσεων και στις διαδικασίες εργασίας. Την ώρα που οι εργαζόμενοι μπορεί να ελέγχουν ένα πραγματικό σύστημα ή μηχανή που χρειάζεται επισκευή, μπορούν να λάβουν επιπλέον οδηγίες επισκευής για να γίνουν όλα σωστά. (Rübmann, 2015).

Η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο της ποιότητας των προϊόντων. Καθώς η ποικιλία των προϊόντων αυξάνεται ραγδαία στη βιομηχανία, το έργο της επιθεώρησης γίνεται όλο και πιο πολύπλοκο. Η διαδικασία ελέγχου θα μπορούσε να γίνει λιγότερο αποτελεσματική λόγω των περιορισμένων γνώσεων των εργαζομένων. Η εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να βοηθήσει στην ενίσχυση της διαδικασίας επιθεώρησης, καθώς επιτρέπει την άμεση σύγκριση μεταξύ του πραγματικού προϊόντος και του ιδανικού. Φορώντας μια ειδική συσκευή AR, ο εργαζόμενος μπορεί να επιθεωρήσει το κατασκευασμένο προϊόν οπτικοποιώντας μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του ιδανικού προϊόντος, κάνοντας τη σύγκριση (Pace F.D., Manuri F. and Sanna A., 2018).

### **3.7.2.Επαυξημένη πραγματικότητα σε βιομηχανία πλαστικών**

Το μεγάλο πλεονέκτημα της εφαρμογής της επαυξημένης πραγματικότητας σε μια βιομηχανία είναι η ψηφιοποίηση της παραγωγής που απαιτεί η 4η Βιομηχανική

Επανάσταση. Οι εργαζόμενοι έχουν πάντα ψηφιακή πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες που τους αφορούν και μπορούν να βλέπουν τις πληροφορίες απευθείας στο οπτικό τους πεδίο(Tönnis, 2010).

Παραδείγματα συσκευών επαυξημένης πραγματικότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια βιομηχανία πλαστικών και όχι μόνο είναι τα ειδικά γυαλιά Microsoft HoloLens(Εικόνα 24) και Google Glass(Εικόνα 25).



Figure 24 Microsoft Hololens



Figure 25 Google Glass

Μπορούν να εμφανίζονται στους φακούς από απλές, στατικές πληροφορίες και μηνύματα σχετικά με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο έως δύσκολες οδηγίες (π.χ. οδηγίες συναρμολόγησης και παραγωγής). Επίσης, με τη χρήση των γυαλιών και tablet μπορούν να αναγνωρίζονται τα μέρη και εξαρτήματα των μηχανημάτων έγχυσης, εξώθησης και συσκευασίας πλαστικών σωλήνων και άλλων πλαστικών προϊόντων που χρειάζονται επισκευή ή ρύθμιση και να καθοδηγούνται σωστά οι τεχνικοί συντήρησης από τους αντίστοιχους τεχνικούς της εταιρίας που έχει προμηθεύσει το εκάστοτε μηχάνημα εξ αποστάσεως.

Η χρήση μέσων επαυξημένης πραγματικότητας μπορεί να βοηθήσει και στην πιο γρήγορη εκπαίδευση των εργαζομένων των τομέων της συντήρησης αλλά και παραγωγής στη επισκευή, συντήρηση και στη χρήση αντίστοιχα χωρίς να χρειάζεται να εκπαιδευτούν πάνω στις πραγματικές μηχανές παραγωγής και συσκευασίας.

## 3.8. Κυβερνοασφάλεια(Cybersecurity)

### 3.8.1. Ορισμός

Η κυβερνοασφάλεια αποτελεί εξαιρετικά κρίσιμο στοιχείο της Βιομηχανίας 4.0, καθώς προστατεύει τα συστήματα υπολογιστών, τα δίκτυα και τα δεδομένα από κακόβουλες δραστηριότητες, όπως επιθέσεις και κλοπή δεδομένων από χάκερς. Γίνεται όλο και σημαντικότερη από ποτέ λόγω του αυξημένου αριθμού συνδεδεμένων συσκευών και συστημάτων. Η διασφάλιση των δεδομένων με παράλληλη διατήρηση της απόδοσης των συστημάτων είναι ο κύριος σκοπός της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο. Είναι ανησυχητικό το γεγονός ότι τα συστήματα πληροφορικής πολλών εταιριών και οργανισμών δέχονται καθημερινά επιθέσεις και εισβολές. Είναι άκρως ζωτικής σημασίας τα εργοστάσια να πρέπει να γνωρίζουν τις πιθανές αδυναμίες τους και να είναι καλά προετοιμασμένα έναντι οποιασδήποτε πιθανής εισερχόμενης απειλής. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ισχυρή ασφάλεια στον κυβερνοχώρο καθώς διασφαλίζει ότι η καθημερινή λειτουργία των παραγωγικών δραστηριοτήτων δεν θα επηρεαστεί, γεγονός που μπορεί να κοστίσει τεράστιες απώλειες στην εταιρεία.

Για την Industry 4.0, η ύπαρξη προηγμένης διαχείρισης ταυτότητας και πρόσβασης στις μηχανές και αξιόπιστων συστημάτων επικοινωνίας είναι υψίστης σημασίας, καθώς το πρόβλημα των απειλών κυβερνοασφάλειας γίνεται πιο σοβαρό με την αυξημένη συνδεσιμότητα και την ευρύτερη χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Η αύξηση της πυκνότητας δεδομένων και η συγχώνευση της τεχνολογίας των πληροφοριών με την επιχειρησιακή τεχνολογία αποτελούν μεγάλη πρόκληση για την κυβερνοασφάλεια, αφού τα δεδομένα των επιχειρήσεων πρέπει να προστατευθούν από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, κλοπή και κατάχρηση καθώς οι επιθέσεις στον κυβερνοχώρο και οι απειλές του διαδικτύου πληθαίνουν και σοβαρεύουν. Οι μεγάλες εταιρείες ή επιχειρήσεις εκτίθενται συνήθως σε κακόβουλες επιθέσεις, οι οποίες προκαλούν τεράστιες οικονομικές απώλειες εκτός από άλλες ταλαιπωρίες όπως συντριβές συστημάτων, διαρροή δεδομένων, παραβίαση της ιδιωτικής ζωής, αλλοίωση δεδομένων, βραδύτητα σε συστήματα, κ.λπ.

Ένα σύστημα Internet of Things, μπορεί γενικά να χωριστεί σε τέσσερα κύρια επίπεδα, δηλαδή στο επίπεδο αντίληψης, στο επίπεδο δικτύου, στο επίπεδο υπηρεσιών και στην εφαρμογή. Ένα σύστημα μπορεί να είναι ευάλωτο και μια κυβερνοεπίθεση μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε επίπεδο του συστήματος. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα τέσσερα επίπεδα με τα συστατικά τους, καθώς και τις πιθανές κυβερνοαπειλές και ευπάθειες.(Wai Yie Leong, Joon Huang Chuah and Boon Tuan Tee, 2020).

	Perception layer	Network layer	Service layer	Application layer
<b>Components</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barcodes</li> <li>RFID tags</li> <li>RFID reader-writers</li> <li>Intelligent sensors, GPS</li> <li>BLE devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wireless sensor networks (WSNs)</li> <li>WLAN</li> <li>Social networks</li> <li>Cloud networks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Service management</li> <li>Database</li> <li>Service APIs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Smart applications and management</li> <li>Interfaces</li> </ul>
<b>Security threats and vulnerabilities</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unauthorised access</li> <li>Confidentiality</li> <li>Availability</li> <li>Noisy data</li> <li>Malicious code attacks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Denial of services (DoS)</li> <li>Routing attack</li> <li>Transmission threats</li> <li>Data breach</li> <li>Network congestion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipulation</li> <li>Spoofing</li> <li>Unauthorised access</li> <li>Malicious information</li> <li>DoS attacks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Configuration threats</li> <li>Malicious code (malware) attacks</li> <li>Phishing attacks</li> </ul>

Table 3 Επίπεδα συστήματος IoT και οι απειλές της ασφάλειας τους

Για την αντιμετώπιση των ζητημάτων κυβερνοασφάλειας, διάφοροι φορείς πρέπει να συνεργαστούν στενά για τη μείωση των επιπτώσεων στο ελάχιστο όπως φαίνεται στην εικόνα 26. Αυτοί είναι οι ειδικοί σε θέματα ασφάλειας Τεχνολογίας Πληροφοριών, οι κατασκευαστές, οι ρυθμιστικές αρχές, η κοινότητα τυποποίησης και η ακαδημαϊκή κοινότητα, με τον κάθε φορέα να έχει τον δικό του ρόλο. (ENISA, 2019)






	<b>INDUSTRY 4.0 SECURITY EXPERTS (OT AND IT SECURITY)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promote cross-functional knowledge on IT and OT security</li> <li>Secure supply chain management processes</li> <li>Establish Industry 4.0 baselines for security interoperability</li> <li>Apply technical measures to ensure Industry 4.0 security</li> </ul>
	<b>INDUSTRY 4.0 OPERATORS (SOLUTION PROVIDERS &amp; MANUFACTURERS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promote cross-functional knowledge on IT and OT security</li> <li>Clarify liability among Industry 4.0 actors</li> <li>Foster economic and administrative incentives for Industry 4.0 security</li> <li>Secure supply chain management processes</li> <li>Establish Industry 4.0 baselines for security interoperability</li> <li>Apply technical measures to ensure Industry 4.0 security</li> </ul>
	<b>REGULATORS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clarify liability among Industry 4.0 actors</li> <li>Foster economic and administrative incentives for Industry 4.0 security</li> <li>Harmonise efforts on Industry 4.0 security standards</li> <li>Establish Industry 4.0 baselines for security interoperability</li> </ul>
	<b>STANDARDISATION COMMUNITY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Harmonise efforts on Industry 4.0 security standards</li> <li>Establish Industry 4.0 baselines for security interoperability</li> </ul>
	<b>ACADEMIA AND R&amp;D BODIES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promote cross-functional knowledge on IT and OT security</li> <li>Establish Industry 4.0 baselines for security interoperability</li> </ul>

Figure 26 Προτεινόμενες δράσεις για την εξασφάλιση κυβερνοασφάλειας

### 3.8.2. Κυβερνοασφάλεια σε βιομηχανία πλαστικών

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα δεδομένα που παράγονται και συλλέγονται σε μια βιομηχανία συνεχώς αυξάνονται με την ανάπτυξη του διαδικτύου που μπορούν να δεχτούν κακόβουλες επιθέσεις από ανεπιθύμητες απειλές που μπορούν να κλέψουν ή να αλλοιώσουν δεδομένα και να κάνουν τεράστια ζημιά σε μια εταιρία. Εξαιρέση δεν μπορεί να αποτελέσει ο κλάδος της βιομηχανίας πλαστικών. Σε πολλές βιομηχανίες, όχι μόνο στον συγκεκριμένο τομέα, υπάρχει ένας κεντρικός υπολογιστής που επεξεργάζεται τα δεδομένα που αφορούν τις συνθέσεις των πλαστικών προϊόντων, τις διαδικασίες παραγωγής, κτλ., με πολλούς κόμβους συνδεδεμένους σε αυτόν. Έτσι είναι ευκολότερο να προστατευτεί ένας μόνο υπολογιστής από τυχόν επιθέσεις και απειλές, χωρίς να επηρεαστούν οι υπόλοιποι. Άλλος πιθανός στόχος ανεπιθύμητων επιθέσεων μπορεί να αποτελέσει το υπολογιστικό νέφος μιας εταιρίας, ειδικά όταν είναι δημόσιο και η εταιρία επεξεργάζεται τα δεδομένα της στο νέφος. Για αυτόν τον λόγο, ο πάροχος του cloud πρέπει να είναι απόλυτα έμπιστος και αξιόπιστος για να μην υπάρχει ο κίνδυνος να γίνει διακίνηση δεδομένων της εταιρίας από τον πάροχο χωρίς την άδεια της με κίνδυνο αποκάλυψης επιχειρηματικών μυστικών και στρατηγικών και να έχει την τεχνογνωσία και τις υποδομές για την σωστή προστασία των πελατών του.

### 3.9. Αυτόνομα ρομπότ(Autonomous Robots)

Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται συνήθως για την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων, κουραστικών και επικίνδυνων εργασιών. Στις μέρες μας, τα ρομπότ είναι σε θέση να παρέχουν ένα ολοένα και ευρύτερο φάσμα υπηρεσιών, ενώ παράλληλα γίνονται πιο ευέλικτα, συνεργάσιμα καθώς και αυτόνομα. Αυτά τα ρομπότ αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεργάζονται με ασφάλεια με τους ανθρώπους.

Η λέξη Cobotics, η οποία σχηματίζεται από τις δύο λέξεις «collaborative» και «robotics» είναι ένας δημοφιλής όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα ρομπότ που βοηθούν τους χειριστές να εκτελούν τα καθημερινά τους καθήκοντα. Τα ρομπότ γίνονται όλο και πιο έξυπνα και είναι πλέον σε θέση να μαθαίνουν από τον άνθρωπο να εκτελούν διάφορες σύνθετες και απαιτητικές εργασίες.

Τα αυτόνομα ρομπότ χρησιμοποιούνται στα εργοστάσια για να αναλάβουν διάφορους ρόλους. Τα πλήρως αυτόνομα ρομπότ χρησιμοποιούνται συνήθως για διαδικασίες μεγάλου όγκου και επαναλαμβανόμενες διαδικασίες, καθώς ένα ρομπότ έχει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η ακρίβεια, η ταχύτητα και η ανθεκτικότητα. Πολλοί χώροι παραγωγής χρησιμοποιούν ρομπότ για να βοηθήσουν στην εκτέλεση πιο περίπλοκων εργασιών. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται συνήθως για την εκτέλεση εργασιών όπως η ανύψωση, η συγκράτηση και η μετατόπιση βαρέων ή ογκωδών εξαρτημάτων. Τα ρομπότ είναι σχεδιασμένα ώστε να είναι πιο ευέλικτα, συνεργάσιμα και αυτόνομα και μπορούν να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και να λειτουργούν με ασφάλεια μαζί με τον άνθρωπο (Rübmann, 2015). Διατηρώντας τη καλή ασφάλεια

που παρέχουν, την ευελιξία και την πολυχρηστικότητα τους, τα αυτόνομα ρομπότ μπορούν να εκτελέσουν μια δεδομένη εργασία με μεγάλη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα (Bahrin M.A.K., Othman M.F. and Azli N.H.N., 2016).

Η εισαγωγή των αυτόνομων ρομπότ έχει παίξει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη της σύγχρονης παραγωγικής βιομηχανίας. Τα ρομπότ μπορούν να εκτελούν εργασίες με έξυπνο τρόπο, γρήγορα, με ευελιξία και ασφάλεια. Τα ρομπότ και οι άνθρωποι εργάζονται αρμονικά σε αλληλένδετες εργασίες με τη βοήθεια της διεπαφής ανθρώπου-μηχανής. Η χρήση των ρομπότ στον κλάδο της μεταποίησης είναι ευρέως διαδεδομένη, καθώς καλύπτει διάφορες λειτουργίες, π.χ. logistics, παραγωγή, διαχείριση γραφείου κ.λπ. Από το 2004, ο αριθμός των βιομηχανικών ρομπότ πολλαπλών χρήσεων που έχουν αναπτυχθεί από εταιρείες στην Ευρώπη έχει διπλασιαστεί (Schuh G., Potente T. and Wesch-Potente C., 2014).

Η ενσωμάτωση των ρομπότ στην αυτοματοποίηση της μεταποίησης βοηθά τις εταιρείες να παραμένουν ανταγωνιστικές διεθνώς σε δύσκολο επιχειρηματικό περιβάλλον, καθώς τα ρομπότ εκτελούν εργασίες που δύσκολα ένας άνθρωπος μπορεί να κάνει ή δεν έχει τις ικανότητες και την τεχνογνωσία να τις κάνει. Με την χρησιμοποίηση των αυτόνομων ρομπότ, οι εργαζόμενοι μπορούν να διαθέσουν περισσότερο χρόνο στον σχεδιασμό, την καινοτομία, τον προγραμματισμό και τη στρατηγική, που είναι εξίσου κρίσιμα για την ανάπτυξη και την επιτυχία. Η αυτοματοποίηση στην παραγωγή με τη χρήση ρομπότ θα επιφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια και ικανοποίηση στους εργαζομένους, αυξημένη παραγωγικότητα και τελικά υψηλότερη κερδοφορία στην επιχείρηση.

Άλλα πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης των αυτόνομων ρομπότ είναι:

- τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση κάθε εργασίας και διαδικασίας από τις πολλές που υπάρχουν σε όλη τη διαδρομή παραγωγής από τη διαχείριση των πρώτων υλών μέχρι τη συσκευασία του τελικού προϊόντος
- τα ρομπότ δεν χρειάζονται ανάπαυση όπως οι άνθρωποι και μπορούν να εργάζονται 24 ώρες το 24ωρο
- τα σύγχρονα ρομπότ έχουν αναπτυχθεί τόσο πολύ όπου είναι ιδιαίτερα ευέλικτα και μπορούν εύκολα να εκτελούν διάφορες πολύπλοκες λειτουργίες
- η χρήση ρομπότ για την αυτοματοποίηση της παραγωγής είναι οικονομικά αποδοτική και είναι ικανή να βελτιώσει την γενικότερη κατάσταση μιας εταιρείας
- η αυτοματοποίηση με ρομπότ μπορεί να ανεβάσει πολλά επίπεδα μια εταιρία στην επίτευξη υψηλής ποιότητας και υψηλής ταχύτητας κατασκευής και ταχύτερης παράδοσης των προϊόντων στους πελάτες  
(Wai Yie Leong, Joon Huang Chuah, Boon Tuan Tee, 2020)

### 3.9.2. Αυτόνομα ρομπότ σε βιομηχανία πλαστικών

Τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται αρκετά αυτόνομα ρομπότ σε αρκετές βιομηχανίες πλαστικών ως ένα μέρος των κυβερνοφυσικών συστημάτων παραγωγής (CPPS). Όπως περιγράφεται από το Cluster of Excellence "Integrative Production Technology for High-Wage Countries" του RWTH Aachen University, τα κυβερνοφυσικά συστήματα παραγωγής είναι πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνολογικά συστήματα παραγωγής που απαιτούν ολιστικά συστήματα ελέγχου ως συνδυασμό προσδιοριστικών και κυβερνητικών μοντέλων διεργασιών (Hormann, 2016). Τα κυβερνοφυσικά συστήματα παραγωγής αποτελούν την εξέλιξη των κυβερνοφυσικών συστημάτων και θα περιηραφούν αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.

## 3.10. Προσθετική κατασκευή ή 3D Εκτύπωση(Additive manufacturing)

### 3.10.1. Ορισμός

Η προσθετική κατασκευή ή 3D Εκτύπωση είναι ευρέως γνωστή ως μια διαδικασία ένωσης υλικών μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα φυσικό αντικείμενο, με αναφορά σε ένα σύνολο τρισδιάστατων δεδομένων μοντέλου, συνήθως στρώμα επί στρώματος. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή μικρών παρτίδων εξατομικευμένων προϊόντων που προσφέρουν κατασκευαστικά πλεονεκτήματα, π.χ. πολύπλοκα αλλά ελαφριά σχέδια και είναι διαφορετική από την αφαιρετική κατασκευή, η οποία είναι μια συμβατική διαδικασία με την οποία ένα φυσικό τρισδιάστατο αντικείμενο δημιουργείται με τη διαδοχική αφαίρεση υλικού από ένα συμπαγές μπλοκ υλικού. Η αφαιρετική κατασκευή εκτελείται συνήθως με χειροκίνητη κοπή του υλικού ή μηχανικά με τη χρήση ενός υπολογιστή αριθμητικού ελέγχου (CNC) αφού έχει σχεδιαστεί το μοντέλο που θέλουμε σε εφαρμογή τύπου CAD στον υπολογιστή. Η προσθετική κατασκευή αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο της Βιομηχανίας 4.0 καθώς έχει να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις της αυξανόμενης εξατομικεύσεως των προϊόντων και της μείωσης του χρόνου διάθεσης στην αγορά, ζητήματα που αντιμετωπίζουν πολλές εταιρείες για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των πελατών(Rennung F., Luminosu C.T. and Draghici A., 2016).

Η προσθετική κατασκευή είναι πλέον η βασικότερη τεχνολογία για τη δημιουργία εξατομικευμένων προϊόντων λόγω της ικανότητάς της να κατασκευάζει αντικείμενα με προηγμένα χαρακτηριστικά όσον αφορά το σχήμα, το υλικό κ.λπ. Η παραγωγή έχει γίνει ταχύτερη και πιο αποδοτική από άποψη κόστους με την εφαρμογή τεχνολογιών προσθετικής κατασκευής όπως η επιλεκτική τήξη με λέιζερ (SLM), η λιωμένη εναπόθεση (FDM), η επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (SLS) κ.λπ.(Landherr M., Schneider U. and Bauernhansl T., 2016). Καθώς η ποιότητα των προϊόντων που κατασκευάζονται με τις τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής βελτιώνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται πλέον σε διάφορες βιομηχανίες, π.χ. στη μεταποίηση, στις κατασκευές, στην βιοϊατρική, στην αεροδιαστημική και πολλές άλλες. Παρά τις αμφιβολίες που υπάρχουν σχετικά με το πόσο καλά μπορούν να εφαρμοστούν στη μαζική παραγωγή, η εφαρμογή της



προσθετικής κατασκευής σε διάφορες βιομηχανίες αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς λόγω των νέων τεχνολογικών εξελίξεων. Χρησιμοποιεί ως προηγμένη τεχνολογία για την κατασκευή ακριβών και πολύπλοκων προϊόντων και τα επόμενα χρόνια θα αντικαταστήσει πλήρως τις συμβατικές τεχνικές κατασκευής (Dilberoglu U.M., Gharehparagh B. and Yaman U., 2017).

### 3.10.2. Προσθετική κατασκευή σε βιομηχανία πλαστικών

Σε μια βιομηχανία πλαστικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν 3D εκτυπωτές για κατασκευή όχι μόνο πλαστικών δειγμάτων, αλλά και μεταλλικών ανταλλακτικών και εξαρτημάτων. Η τεχνολογία προσθετικής κατασκευής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη ενός νέου πολυμερούς προϊόντος είναι η τεχνολογία εξώθησης. Τα χαρακτηριστικά της είναι:

- Φόρτωση υλικού
- Υγροποίηση του υλικού
- Εφαρμογή πίεσης για τη μετακίνηση του υλικού μέσω του ακροφυσίου
- Εξώθηση
- Διάστρωση σύμφωνα με μια προκαθορισμένη διαδρομή και με ελεγχόμενο τρόπο
- Συγκόλληση του υλικού με το ίδιο ή με δευτερεύοντα υλικά κατασκευής για να σχηματιστεί μια συνεκτική στερεή δομή
- Πρόσθεση δομών στήριξης για την επίτευξη σύνθετων γεωμετρικών χαρακτηριστικών

Άλλη μια τεχνολογία προσθετικής κατασκευής είναι η τεχνολογία βιοεξώθησης, η οποία διαθέτει μεγάλη ποικιλία υλικών που μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία. Εάν ένα υλικό μπορεί να παρουσιαστεί σε υγρή μορφή που μπορεί να στερεοποιηθεί γρήγορα, τότε είναι κατάλληλο για αυτή τη διαδικασία. Η δημιουργία αυτού του υγρού μπορεί να είναι είτε μέσω θερμικής επεξεργασίας του υλικού για τη δημιουργία τήγματος, είτε με τη χρήση κάποιας μορφής χημικής διεργασίας όπου το υλικό βρίσκεται σε μορφή γέλης ή τήγματος που μπορεί να στεγνώσει ή να σκληρύνει χημικά γρήγορα. Αυτές οι τεχνικές είναι χρήσιμες για τη βιοεξώθηση. Βιοεξώθηση είναι η διαδικασία δημιουργίας βιοσυμβατών ή/και βιοαποικοδομήσιμων συστατικών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πλαισίων, που συνήθως αναφέρονται ως "ικριώματα", τα οποία φιλοξενούν ζωικά κύτταρα για το σχηματισμό ιστών (μηχανική ιστών). Τέτοια ικριώματα πρέπει να είναι πορώδη, με μικροπόρους που επιτρέπουν την προσκόλληση των κυττάρων και μακροπόρους που παρέχουν χώρο για την ανάπτυξη των κυττάρων.

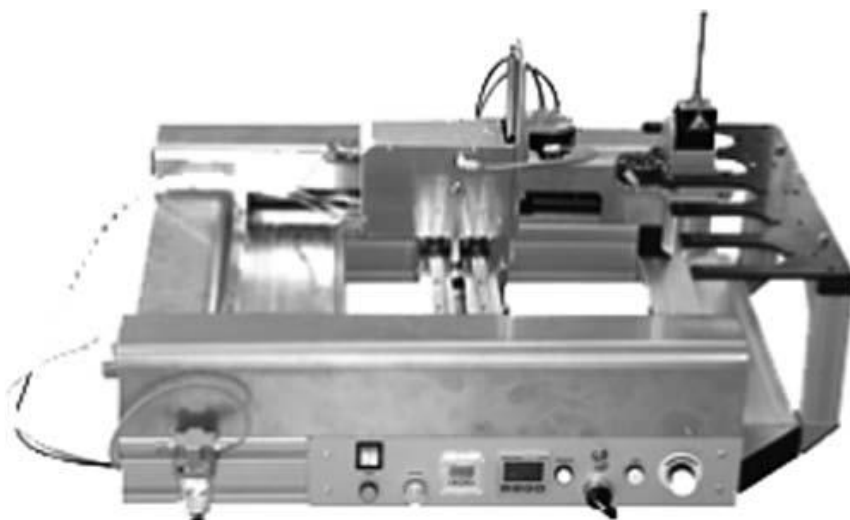


Figure 27 Συσκευή βιοεξώθησης

Η τεχνολογία που επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η τεχνολογία της εκτύπωσης. Οι 3D εκτυπωτές έχουν χαμηλό κόστος, υψηλή ταχύτητα, δυνατότητα επεκτασιμότητας, ευκολία κατασκευής εξαρτημάτων από πολλαπλά υλικά και δυνατότητα εκτύπωσης χρωμάτων (Gibson, Rosen and Stucker, 2010).

Η χρήση μηχανημάτων προσθετικής κατασκευής στην βιομηχανία πλαστικών μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος καθώς μπορεί να δημιουργηθεί στην αρχή το δείγμα που έχει δημιουργηθεί στο CAD, με τα υλικά που έχει σχεδιάσει η επιχείρηση για την παραγωγή του, να το δοκιμάσει ελέγχοντας τις μηχανικές ιδιότητες του και τις ρυθμίσεις με τις οποίες μπορεί να παραχθεί και στην συνέχεια να ζητήσει την κατασκευή του κατάλληλου καλουπιού έγχυσης και μπλοκ εξώθησης. Εκτός από τον τομέα παραγωγής, ένα μηχάνημα-εκτυπωτής προσθετικής κατασκευής θα φανεί χρήσιμο και στο τμήμα συντήρησης, καθώς μπορεί να κατασκευαστεί, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο υλικό, οποιοδήποτε εξάρτημα ή ανταλλακτικό που χρειάζεται στην επισκευή ή συντήρηση οποιασδήποτε μηχανής έγχυσης, εξώθησης ή συσκευασίας γρηγορότερα και οικονομικότερα από το να κατασκευαστεί από έναν εξωτερικό συνεργάτη-μηχανουργείο.

## Βιβλιογραφία 3ου κεφαλαίου

1. Amazon, “AWS,” [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/what-iscloud-computing/>. [Accessed 24 February 2020].
2. Bagheri B., Yang S., Kao H.A., Lee J., Cyber-Physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment, IFAC Conference, 48(3), pp.1622–1627, 2015.
3. Bahrin M.A.K., Othman M.F., Azli N.H.N., Talib M.F., Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 78(6–13), pp. 137–143, 2016.
4. Bluhm, R.; Schnerr, O.; Kudlik, N.; Vaculik, R.: Increasing process reliability in injection moulding. 18th International Colloquium Plastics Technology. Aachen 1996
5. Dilberoglu U.M., Gharehpapagh B., Yaman U., Dolen M., The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Procedia Manufacturing 11, pp. 545–554, 2017.
6. ENISA, Industry 4.0 – Cybersecurity Challenges and Recommendations, pp. 1–13, 2019.
7. Friesenbichler, W.: Kosten reduzieren durch systematische Entwicklungsprozesse. Kunststoffe 102 (2013) 7, pp. 50–53
8. Gordon, G.; Kazmer, D. O.; Tang, X.; Fan, Z.; Gao, R. X.: Quality control using a multivariate injection molding sensor. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 78 (2015) 9, pp. 1381–1391
9. Hewlett Packard Enterprise, What Is Industrial Internet of Things (IIoT), <https://www.hpe.com/my/en/what-is/industrial-iiot.html>, 2020.
10. Hinchliffe, A.: Molecular Modelling for Beginners. Chichester, UK. John Wiley & Sons, op. 2009. ISBN: 0470513144
11. Höhne G, Breuer KH, Eysel W - Differential scanning calorimetry: Comparison of power compensated and heat flux instruments, 1983.
12. Hopmann, C.: Industry 4.0 – Strategies for plastics technology. 28th International Colloquium Plastics Technology. Aachen 2016
13. Hopmann C., Schmitz M., Plastics Industry 4.0: Potentials and Applications in Plastics Technology, 2020.
14. Hopmann, C.; Stender, S.; Magura, N.; Emonts, M.; Fischer, K.; Schneider, D.: Methoden zur produktfunktionsgeregelten Fertigung von Composite-Bauteilen. wt-online 10 (2019) pp. 785–792
15. Hopmann, C.; Weber, M.; Reißmann, A.: Effect analysis for compensating viscosity fluctuations by means of a self-optimizing injection molding process (2014)
16. Karrenberg, G.; Birkholz, A.; Wortberg, J.: Modeling of consistent rheological and thermodynamic material data for process simulations. Journal of Plastics Technology 12 (2016) 6, pp. 1–34.
17. Kennedy, P.; Zheng, R.: Flow Analysis of Injection Molds. Munich: Carl Hanser Verlag, 2013
18. Kletti, J.: MES – Manufacturing Execution System. Moderne Informationstechnologie unterstützt die Wertschöpfung. Berlin, Heidelberg. Springer Vieweg 2015
19. Kletti, J.; Schumacher, J.: Die perfekte Produktion. Manufacturing Excellence durch Short Interval Technology (SIT). Berlin. Springer Vieweg 2014
20. Knospe, B.: Druck-Fibel. Rund um die Messgröße Druck. [https://www.kometec.de/shop/pdf/fibel\\_druck.pdf](https://www.kometec.de/shop/pdf/fibel_druck.pdf), 19. 09. 2019
21. Landherr M., Schneider U., Bauernhansl T., The Application Centre Industrie 4.0 – Industry-driven Manufacturing, Research and Development, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), Procedia CIRP 57, pp. 26–31, 2016.
22. Leong Wai Yie, Chuah Joon Huang, Tee Boon Tuan - The Nine Pillars of Technologies for Industry 4.0, 2021.
23. Michaeli, W.; Eversheim, W.: CIM im Spritzgießbetrieb. Wirtschaftlich Fertigen durch Rechnerintegration. Munich. Hanser 1993.

24. Microsoft, "What is cloud computing?," Microsoft Azure, [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/en-in/overview/what-is-cloud-computing/>. [Accessed 24 February 2020].
25. Neugebauer R., Hippmann S., Leis M., Landherr M., Industrie 4.0 - Form the Perspective of Applied Research, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), Procedia CIRP 57, pp. 2–7, 2016.
26. Osswald, T.; Hernández-Ortiz, J. P.: Polymer Processing: Modeling and Simulation. Munich: Carl Hanser Verlag, 2006.
27. Pace F.D., Manuri F., Sanna A., Augmented Reality in Industry 4.0, 2018.
28. Rennung F., Luminosu C.T., Draghici A., Service Provision in the Framework of Industry 4.0, SIM 2015 / 13th International Symposium in Management, Procedia - Social and Behavioural Sciences 221, pp. 372–377, 2016.
29. Rivas-Asanza, W., Mazon-Olivo, B., Mejía-Peñañiel, E.: Capítulo 1: Generalidades de las redes neuronales artificiales. Redes Neuronales Artificiales Aplicadas Al Reconocimiento de Patronos, June, 11–35 (2018).
30. Rübmann, M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M.: Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, The Boston Consulting Group (BCG), (2015.).
31. Schmitt, R.; Brecher, C.; Corves, B.; Gries, T.; Jeschke, S.; Klocke, F.; Loosen, P.; Michaeli, W.; Müller, R.; Poprawe, R.; Reisgen, U.; Schlick, C.; Schuh, G.: Self-optimising Production Systems. In: Brecher, C. (Ed.): Integrative Production Technology for High-Wage Countries. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2012, pp. 697–986
32. Schuldenfrei M., Horizontal and Vertical Integration in Industry 4.0, <https://www.mbtmag.com/business-intelligence/article/13251083/horizontal-andvertical-integration-in-industry-40>, 2019.
33. Schuh G., Potente T., Wesch-Potente C., Weber A.R., Prote J., Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0, Robust Manufacturing Conference (RoMaC 2014), ProcediaCIRP 19, pp. 51–56, 2014.
34. Schuth, M.; Buerakov, W.: Handbuch optische Messtechnik. Praktische Anwendungen für Entwicklung, Versuch, Fertigung und Qualitätssicherung. Munich. Hanser 2017.
35. Sandler, U.: Varianten aus dem 3D-Baukasten. CAD/CAM (1997) 2, pp. 94–96.
36. Spekowius, M.: A New Microscale Model for the Description of Crystallization of Semi-crystalline Thermoplastics. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Dissertation, 2016.
37. Tönnis, M.: Augmented Reality. Einblicke in die Erweiterte Realität. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag 2010.
38. Wai Yie Leong, Joon Huang Chuah, Boon Tuan Tee - The Nine Pillars of Technologies for Industry 4.0, 2021.
39. Wang J.- PVT Properties of Polymers for Injection Molding, 2012
40. Wang J., Zhang W., Shi Y, Duan S., Liu J., Industrial Big Data Analytics: Challenges, Methodologies, and Applications, Submitted to IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, pp. 1–12, 2018.

## **4. Στοιχεία Industry 4.0, οι αρχές σχεδιασμού και η εφαρμογή τους σε βιομηχανία πλαστικών**

Industry 4.0 είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να δείξει πώς θέλουμε να είναι οι μελλοντικές μεταποιητικές βιομηχανίες και το πρώτο πιο κρίσιμο στοιχείο αυτής της μελλοντικής προσπάθειας είναι το CPS(Gorecky D., Schmitt M. and Loskyll M.,2014) Κυβερνοφυσικό σύστημα είναι η έννοια της ενσωμάτωσης λογισμικού σε ένα φυσικό αντικείμενο.(Lee, Bagheri and Kao, 2015). Το επόμενο θεμέλιο της βιομηχανίας 4.0 είναι το Internet of Things και το Internet of Service, όπου το διαδίκτυο που χρησιμοποιείται ήδη στη βιομηχανία 3.0, λειτουργεί σε συνεργασία με το ενσωματωμένο λογισμικό και μέσω της συνδεσιμότητας του διαδικτύου σε όλα τα ψηφιακά κυκλώματα, μπορούμε να ελέγχουμε και να συνδέουμε διαφορετικούς τύπους προϊόντων. Το εργοστάσιο όπου λειτουργούν αυτές οι έξυπνες μηχανές είναι γνωστό ως έξυπνο εργοστάσιο(Smart Factory). CPS, Smart Factory, IoT και IoS αποτελούν τα θεμελιώδη στοιχεία της Industry 4.0(Faller and Feldmüller, 2015).

### **4.1.Κυβερνοφυσικά συστήματα(CPS)**

#### **4.1.1. Ορισμός**

Τα κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS) είναι μια μετασχηματιστική τεχνολογία για τη διαχείριση διασυνδεδεμένων συστημάτων και συμπεριλαμβάνουν τόσο τα φυσικά μηχανήματα όσο και τους υπολογιστές(Baheti R. and Gill H., 2011). Η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα και οι πιο προσιτές τιμές των αισθητήρων, των συστημάτων απόκτησης δεδομένων και των δικτύων υπολογιστών, καθώς και ο ανταγωνιστικός χαρακτήρας της σημερινής βιομηχανίας, οδηγούν όλο και περισσότερες επιχειρήσεις να εφαρμόσουν μεθοδολογίες υψηλής τεχνολογίας. Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση αισθητήρων και δικτυωμένων μηχανών έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή παραγωγή μεγάλου όγκου δεδομένων(Big Data)(Shi J., Wan J. and Yan H., 2011; Lee J., Lapira E. and Bagheri B., 2013). Τα κυβερνοφυσικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να διαχειριστούν μεγάλα δεδομένα και να αξιοποιήσουν τη διασυνδεσιμότητα των μηχανών για να φτάσουν στον στόχο απόκτησης ευφυών, ανθεκτικών και αυτοπροσαρμοζόμενων μηχανών.(National Institute of Standards and Technology, 2013; Krogh B. H., 2015). Επιπλέον, με την ενσωμάτωση των CPS στην παραγωγή, στην εφοδιαστική αλυσίδα και στην παροχή υπηρεσιών, τα εργοστάσια αναπτύσσονται και εμβαθύνουν όλο και περισσότερο στην φιλοσοφία του Industry 4.0, ενισχύοντας σημαντικά το οικονομική τους δυναμική.(Lee J., Lapira E. and Bagheri B., 2013).

Ο όρος κυβερνοφυσικό σύστημα αναφέρεται σε μια νέα γενιά συστημάτων με ολοκληρωμένες υπολογιστικές και φυσικές ικανότητες που μπορούν να αλληλοεπιδρούν με τον άνθρωπο μέσω πολλών νέων τρόπων. Η ικανότητα του κυβερνοφυσικού συστήματος να αλληλοεπιδρά και να επεκτείνει τις δυνατότητες του φυσικού κόσμου μέσω υπολογισμού, επικοινωνίας και ελέγχου αποτελεί βασικό παράγοντα της τεχνολογικής ανάπτυξης. Οι ευκαιρίες και οι ερευνητικές προκλήσεις περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη αεροπλάνων και διαστημικών

οχημάτων επόμενης γενιάς, υβριδικών βενζίνης και ηλεκτρικών οχημάτων, πλήρως αυτόνομων αστικών οχημάτων και προσθετικών συστημάτων που επιτρέπουν στα εγκεφαλικά σήματα να ελέγχουν φυσικά αντικείμενα. Με την πάροδο των ετών, οι ερευνητές συστημάτων και ελέγχου έχουν αναπτύξει ισχυρά συστήματα επιστημονικών και μηχανικών μεθόδων και εργαλείων, όπως μέθοδοι χρόνου και συχνότητας, ανάλυση στατικού χώρου, σύστημα ταυτοποίησης, φιλτράρισμα, πρόβλεψη, βελτιστοποίηση, εύρωστος έλεγχος και στοχαστικός έλεγχος. Ταυτόχρονα, οι ερευνητές της επιστήμης των υπολογιστών έχουν κάνει σημαντικές ανακαλύψεις σε νέες γλώσσες προγραμματισμού, τεχνικές υπολογισμών σε πραγματικό χρόνο, μεθόδους οπτικοποίησης, σχέδια μεταγωγιστών, αρχιτεκτονικές ενσωματωμένων συστημάτων και λογισμικό συστημάτων, καθώς και καινοτόμες προσεγγίσεις για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των υπολογιστικών συστημάτων, της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και την ανοχή σε σφάλματα. Οι ερευνητές της επιστήμης των υπολογιστών έχουν επίσης αναπτύξει μια ποικιλία ισχυρών μοντέλων-μεθόδων και εργαλείων ελέγχου.

Η έρευνα για τα κυβερνοφυσικά συστήματα στοχεύει στην ενσωμάτωση γνώσεων και αρχών μηχανικής σε όλο το φάσμα των υπολογιστικών και μηχανολογικών κλάδων (δικτύωση, έλεγχος, λογισμικό, ανθρώπινη αλληλεπίδραση, θεωρία, καθώς και ηλεκτρική, μηχανολογική, χημική, βιοϊατρική, επιστήμη των υλικών και άλλοι κλάδοι μηχανικής) για την ανάπτυξη της νέας επιστήμης CPS και υποστηρικτικής τεχνολογίας.

Άλλη μια πρόκληση των κυβερνοφυσικών συστημάτων είναι η ενσωμάτωση όλων των μηχανημάτων, οχημάτων, αισθητήρων, ενεργοποιητών, ασύρματης επικοινωνίας και πολυπύρηνων επεξεργαστών ενός εργοστασίου υπό ένα κοινό προηγμένης τεχνολογίας σύστημα ελέγχου με κοινά εξαρτήματα, διατηρώντας παράλληλα χαμηλό το κόστος από το να έχει το κάθε μηχάνημα τον δικό του σύστημα. (Baheti R. and Gill H., 2011).

Τα κυβερνοφυσικά συστήματα είναι ένας αναδυόμενος ερευνητικός τομέας που περιλαμβάνει την αλληλοκάλυψη και την ενσωμάτωση σε ένα σύστημα. Οι επιστήμονες πληροφορικής και οι επαγγελματίες δικτύων πρέπει να συνεργαστούν στενά με ειδικούς σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, όπως ο αυτοματισμός και ο έλεγχος, πολιτικούς μηχανικούς, μηχανολόγους και βιολόγους. Ως εκ τούτου, οι ορισμοί των CPS εκφράζουν κυρίως την οπτική των επιστημόνων που τους διατυπώνουν (Liu Y., Peng Y. and Wang B., 2017).

Η αρχιτεκτονική των CPS αποτυπώνεται στην εικόνα 28:

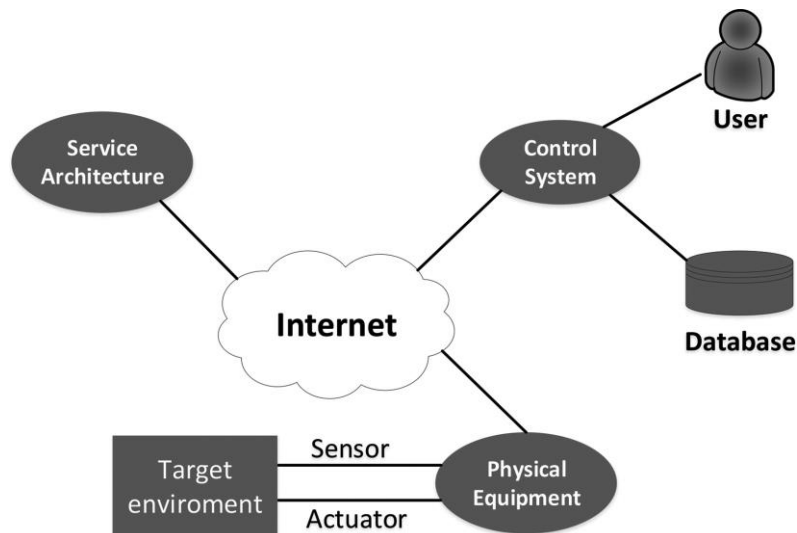


Figure 28 Αρχιτεκτονική των CPS

Συνοψίζοντας, το CPS είναι ο στενός συνδυασμός και συντονισμός των συστημάτων δικτύου και των φυσικών συστημάτων. Με την οργανική ενσωμάτωση και την εις βάθος συνεργασία των τεχνολογιών των υπολογιστών, των επικοινωνιών και του ελέγχου, τα CPS μπορούν να υλοποιήσουν την λειτουργία ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο, του δυναμικού ελέγχου και των υπηρεσιών πληροφοριών μεγάλων τεχνικών συστημάτων. Ο όρος CPS αναφέρεται επίσης σε κατακεκομμένα ετερογενή συστήματα που περιέχουν συστήματα δικτύου και φυσικά συστήματα με διαφορετικές λειτουργίες. Επιπλέον, η δομή και η λειτουργία διαφέρουν μεταξύ των υποσυστημάτων τους και είναι κατακεκομμένα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Ενσύρματες ή ασύρματες επικοινωνίες απαιτούνται για τον συντονισμό των υποσυστημάτων. Η ολοκλήρωση των κυβερνοφυσικών συστημάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 29(Galar Pascual, Daponte and Kumar, 2020):

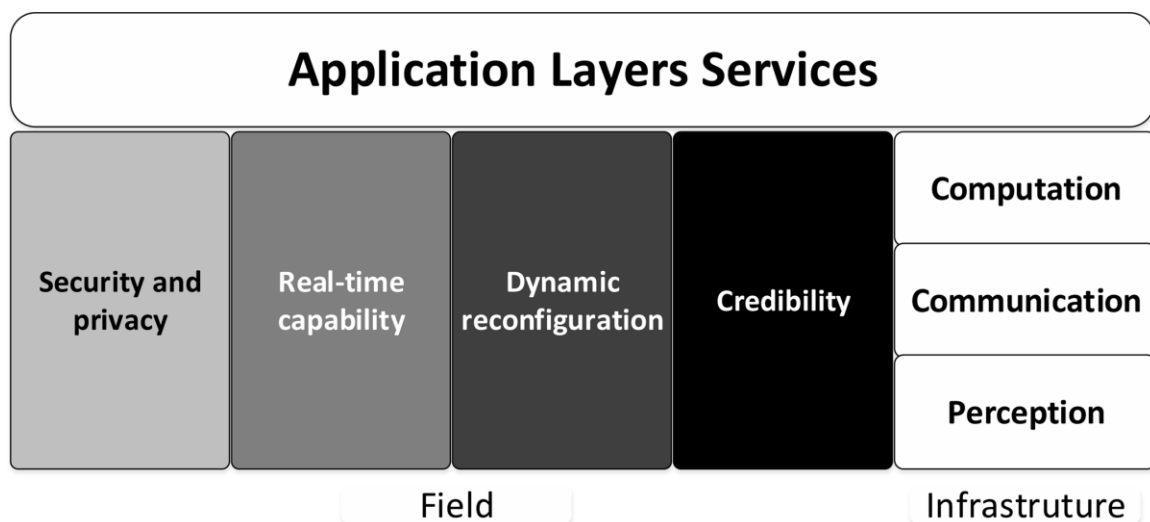


Figure 29 Ολοκλήρωση κυβερνοφυσικών συστημάτων(Liu Y., Peng Y. and Wang B., 2017)

#### 4.1.2. Χαρακτηριστικά των κυβερνοφυσικών συστημάτων

Το κυβερνοφυσικό σύστημα αλληλεπιδρά με τα φυσικά συστήματα μέσω δικτύων και είναι ένα συγκεντρωτικό και στενά συνδεδεμένο ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα, το οποίο περιέχει μεγάλο αριθμό φυσικών συστημάτων που αποτελούνται από ευφυείς ασύρματους αισθητήρες(Liu Y., Peng Y. and Wang B., 2017).

Το CPS έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Φυσικό σύστημα: Αυτό περιλαμβάνει το σχεδιασμό του φυσικού συστήματος, όπως ο σχεδιασμός του υλικού, η διαχείριση της ενέργειας, το μέγεθος υλικού και η ενθυλάκωση συνδεσιμότητας και η δοκιμή του συστήματος. Μηχανικοί και επιστήμονες σε αυτόν τον τομέα έχουν βαθιά κατανόηση της μηχανικής, της ηλεκτρονικής, της βιολογίας και της χημείας, κατανοούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων και γνωρίζουν πώς να επεξεργάζονται δεδομένα μετρήσεων με τη χρήση τεχνολογίας επεξεργασίας σήματος. Κάθε φυσικό σύστημα έχει το δικό του χαρακτηριστικά δικτύου, μια μεγιστοποιημένη πολυεπίπεδη κάλυψη δικτύου, μια ποικιλία σύνθετων χρονικών και χωρικών κλιμάκων για την ικανοποίηση των χρονικών απαιτήσεων των διαφόρων εργασιών και έναν υψηλό βαθμό αυτοματισμού.
2. Σύστημα πληροφοριών: Οι πληροφορίες στη μηχανική του φυσικού συστήματος μπορούν να μετατραπούν σε κανόνες και μοντέλα ενός συστήματος λογισμικού. Το πιο βασικό καθήκον είναι να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ κάποιων παραγόντων όπως το σύστημα πραγματικού χρόνου, το σύστημα δικτύου, το σύστημα αρχείων, το ιεραρχικό σύστημα αποθήκευσης, η διαχείριση μνήμης, η αρθρωτή σχεδίαση λογισμικού, η ταυτόχρονη σχεδίαση και η τυπική επαλήθευση.
3. Ολοκλήρωση ετερογενών συστημάτων: Τα CPS είναι ετερογενή καταναμημένα συστήματα που χαρακτηρίζονται από την ολοκλήρωση και αλληλεπίδραση πληροφοριακών συστημάτων και φυσικών συστημάτων.
4. Ασφάλεια, ικανότητα πραγματικού χρόνου και προβλεψιμότητα: Επειδή τα δικτυακά συστήματα και το φυσικό σύστημα είναι ανοικτά, μπορεί να σημειωθούν εισβολές, αλλοιώσεις, παραποιήσεις και άλλες κακόβουλες επιθέσεις, καθώς και καθυστερήσεις στη μετάδοση δεδομένων μέσω δικτύου. Το κυβερνοφυσικό σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρει αξιοπιστία, ασφάλεια, εγκυρότητα, ικανότητα πραγματικού χρόνου, δυναμισμό και προβλεψιμότητα. Για την αξιοπιστία, η ταυτότητα των πηγών συλλογής πληροφοριών ή των αποστολέων εντολών ελέγχου πρέπει να πιστοποιείται και ο παραλήπτης πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσει την πραγματική ταυτότητα του αποστολέα για να αποτρέψει την παραχάραξη. Για την ασφάλεια απαιτείται η κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των απεσταλμένων ή λαμβανόμενων πληροφοριών και η ιδιωτικότητα των πληροφοριών πρέπει να προστατεύεται. Για την εγκυρότητα, πρέπει να διασφαλίζεται η ακρίβεια της επεξεργασίας, καθώς και η ορθότητα και η ακεραιότητα των πληροφοριών ή των οδηγιών που αποστέλλονται, ώστε να αποφεύγονται οι αβεβαιότητες και τα προβλήματα στην εφαρμογή των κυβερνοφυσικών συστημάτων ώστε να μην επηρεάζεται η ακρίβεια της



επεξεργασίας του συστήματος. Ικανότητα σε πραγματικό χρόνο σημαίνει ότι οι συλλεγόμενες πληροφορίες ή οδηγίες πρέπει να διαβιβάζονται εγκαίρως, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε πραγματικό χρόνο της επεξεργασίας εργασιών. Ο δυναμισμός περιλαμβάνει τη δυναμική αναδιοργάνωση και αναδιαμόρφωση, την αυτόματη προσαρμογή των κανόνων και τη δημιουργία εντολών με βάση τις απαιτήσεις της εργασίας- περιλαμβάνει επίσης αλλαγές στα εξωτερικά περιβάλλοντα για την εξάλειψη της μεροληψίας και την ικανοποίηση των απαιτήσεων της εργασίας σύμφωνα με τους προκαθορισμένους κανόνες. Με την προβλεψιμότητα, η στρατηγική κατανομής πόρων CPS μπορεί να κατανέμει με εύλογο τρόπο τους πόρους σε πολλαπλές ανταγωνιστικές εργασίες πραγματικού χρόνου σε οποιαδήποτε στιγμή και σε κάθε περίπτωση, έτσι ώστε οι απαιτήσεις σε πραγματικό χρόνο κάθε εργασίας σε πραγματικό χρόνο να μπορούν να ικανοποιηθούν (Galar Pascual, Daronte and Kumar, 2020).

#### **4.1.3. Κυβερνοφυσικά συστήματα σε βιομηχανία πλαστικών**

Στις βιομηχανίες πλαστικών που υπάρχουν μεγάλες γραμμές παραγωγής, η εφαρμογή του CPS στον τομέα της διαχείρισης της παραγωγής επισημοποιήθηκε τα τελευταία χρόνια (Monostori L., 2014) υπό τον όρο κυβερνοφυσικά συστήματα παραγωγής (CPPS). Σύμφωνα με τους (Rudtsch V. *et al.*, 2014), τα κύρια οφέλη που μπορούν να αναμένονται από τη γενίκευση της CPPS είναι:

- i. Βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής
- ii. Βελτιστοποιημένη προσαρμογή προϊόντων
- iii. Αποδοτική παραγωγή πόρων
- iv. Ανθρωποκεντρικές διαδικασίες παραγωγής

Το κυβερνοφυσικό σύστημα παραγωγής (CPPS) είναι ένα σύστημα παραγωγής που βασίζεται στην τελευταία λέξη της τεχνολογίας επικοινωνίας, πληροφοριών και επικοινωνιών και αποτελεί τη βάση της Industry 4.0. Το CPPS είναι ένας συνδυασμός των κυβερνοφυσικών συστημάτων και του Internet of Things και Internet of Services. Αυτές οι νέες έννοιες και τεχνολογίες αναπτύσσονται συνεχώς από τους επιστήμονες (Varela *et al.*, 2018) και προκαλούν αλλαγές και επικαιροποιήσεις όσον αφορά τα κοινά συστήματα παραγωγής. Συνεπώς, το CPPS έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που οδηγούν σε νέες απαιτήσεις στον τομέα της μοντελοποίησης και της ανάλυσης του ίδιου του CPPS, καθώς και όσον αφορά τη διαχείριση της γνώσης. Μέθοδοι μοντελοποίησης όπως τα μοντέλα Markov και τα δίκτυα Petri (Long F., Zeiler and Bertsche, 2016) μπορούν, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση διαδικασιών παραγωγής.

Τα θεμέλια για την εξέλιξη των κυβερνοφυσικών συστημάτων παραγωγής είχαν μπει από το σύστημα Ολοκληρωμένης παραγωγής με υπολογιστή (Computer Integrated Manufacturing/CIM). Η CIM συμπεριλαμβάνει τα συστήματα σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Design /CAD), σχεδιασμού διεργασιών

με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Planning/CAP), προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής (Production Planning and Control/PPC), κατασκευής με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Manufacturing/CAM), και διασφάλισης ποιότητας με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Quality/CAQ) (N. N., 1985).

Στην έκθεση K τον Οκτώβριο του 2016 στο Ντίσελντορφ της Γερμανίας(Εικόνα 30), αποδείχθηκε ότι μια μεγάλης κλίμακας παραγωγή πολλαπλών παραλλαγών εξατομικευμένων εξαρτημάτων είναι εφικτή στις διαδικασίες παραγωγής με χύτευση με έγχυση με την ενσωμάτωση των υφιστάμενων τεχνολογιών επεξεργασίας και διασυνδεδεμένων συστημάτων σε ένα CPPS. Συνεπώς, η βασική τεχνολογία είναι το δίκτυο επικοινωνίας, που βασίζεται σε πρωτόκολλα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εσωτερική όσο και για εξωτερική επικοινωνία. Αυτή η δομή δικτύου επιτρέπει επομένως την αυτοματοποιημένη μεταφορά των απαιτήσεων των πελατών και των παραμέτρων της διαδικασίας(Hormann and Schmitz, 2020).

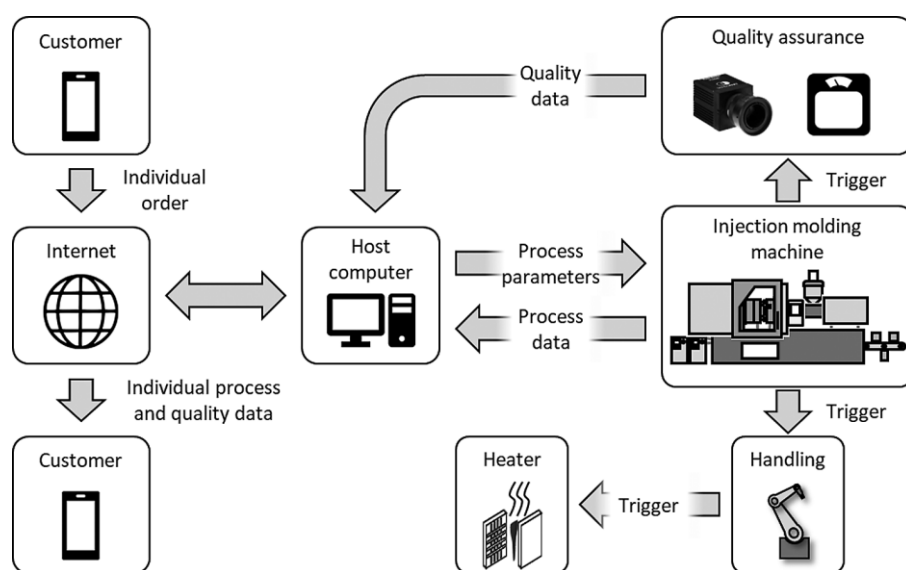


Figure 30 Κυβερνοφυσικό σύστημα παραγωγής στη χύτευση με έγχυση

Η διαδικασία έχει ως εξής: Ο κεντρικός υπολογιστής καταχωρεί μια παραγγελία παραγωγής στον κατάλογο παραγωγής με τη μέθοδο first-in-first-out. Συνεπώς, οι παράμετροι των κινήσεων του καλουπιού καθορίζουν την εκτόνωση του καλουπιού. Οι μεταβολές του σημείου μετάβασης από την έγχυση στην πίεση συγκράτησης ρυθμίζουν το τήγμα που εγχέεται ανάλογα με τη παραλλαγή του επιλεγμένου τμήματος. Ανάλογα με την σειρά παραγωγής και την επόμενη αλλαγή, ο κεντρικός υπολογιστής μεταφέρει τις απαιτούμενες παραμέτρους ρύθμισης μέσω του συστήματος εκτέλεσης παραγωγής στη μηχανή χύτευσης με έγχυση και δρομολογεί την έναρξη του κύκλου. Το μηχάνημα αναλαμβάνει στη συνέχεια τον έλεγχο και διαχειρίζεται όλα τα μηχανήματα που είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της παραγγελίας. Επιπλέον, οι μετρήσεις με αισθητήρες της πίεσης και της θερμοκρασίας της κοιλότητας του καλουπιού(π.χ. πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης και αισθητήρες θερμοκρασίας με βάση το θερμοστοιχείο) ενεργοποιούνται ακριβώς πριν από την έγχυση. Τα δεδομένα των αισθητήρων και τα δεδομένα από τον τελικό σταθμό διασφάλισης ποιότητας, όπου γίνεται η μέτρηση του βάρους και του πάχους του τεμαχίου καθώς και ο έλεγχος της θέσης του επόμενου, στη συνέχεια

ενοποιούνται και αποστέλλονται στον κεντρικό υπολογιστή. Με τον τρόπο αυτό, το πλήρες σύνολο δεδομένων ποιότητας είναι προσβάσιμο σε μια κεντρική βάση δεδομένων. (Hormann *et al.*, 2017). Στη χύτευση με έγχυση, η μηχανή έγχυσης που είναι συνδεδεμένη με τον κεντρικό υπολογιστή, λειτουργεί ως κεντρικό στοιχείο ενός CPPS. Καθορίζει τον κύκλο παραγωγής και ενεργοποιεί τα περιφερειακά μηχανήματα που χρειάζονται σε όλη την διαδικασία όπως συστήματα σκλήρυνσης και ρομπότ χειρισμού με προϋπόθεση την ύπαρξη ενός κοινού πρωτοκόλλου επικοινωνίας (ρυθμός μετάδοσης, γλώσσα, περιεχόμενο) που επιτρέπει στη μηχανή να ανιχνεύει σφάλματα, να θέτει τιμές-στόχους ή να λαμβάνει τρέχουσες τιμές, να ελέγχει τα όρια ή να έχει πρόσβαση σε λειτουργικές λειτουργίες. Παρ' όλα αυτά, ο εσωτερικός μηχανισμός ελέγχου παραμένει ανεξάρτητος και ο τρόπος λειτουργίας πρέπει να προσαρμόζεται στη συνολική διαδικασία χύτευσης με έγχυση (Kruijsen, 2006; Geisser, 2016).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με τη μηχανή injection, που είναι το κεντρικό στοιχείο του CPPS, συνδέονται συστήματα χειρισμού-αυτόνομα ρομπότ είτε για το χειρισμό υλικών είτε για το χειρισμό παραγόμενων εξαρτημάτων. Τα συστήματα χειρισμού τεμαχίων είναι κυρίως υπεύθυνα για εργασίες κατά την απομάκρυνση, αλλά επίσης για τη μεταφορά των ενθέτων στο καλούπι πριν από την έναρξη της διαδικασίας. Τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο είναι τα γραμμικά ρομπότ π.χ. πνευματικά και σερβομηχανικά και η ασφαλής επικοινωνία τους με το μηχάνημα έγχυσης εξασφαλίζεται με μια ηλεκτρική διεπαφή στέλλοντας ψηφιακά σήματα εισόδου-εξόδου (Εικόνα 31) καθώς το σύστημα χειρισμού πρέπει να παρεμβαίνει στη διαδικασία συχνά. Το ρομπότ χειρισμού ενημερώνει έτσι τη μηχανή όταν έχει εγκαταλείψει το περιοχή της μονάδας σύσφιξης. Επιπλέον, η μηχανή δίνει την άδεια εκκίνησης στο ρομπότ χειρισμού μετά το άνοιγμα του καλούπιού (Tolz, 2016).

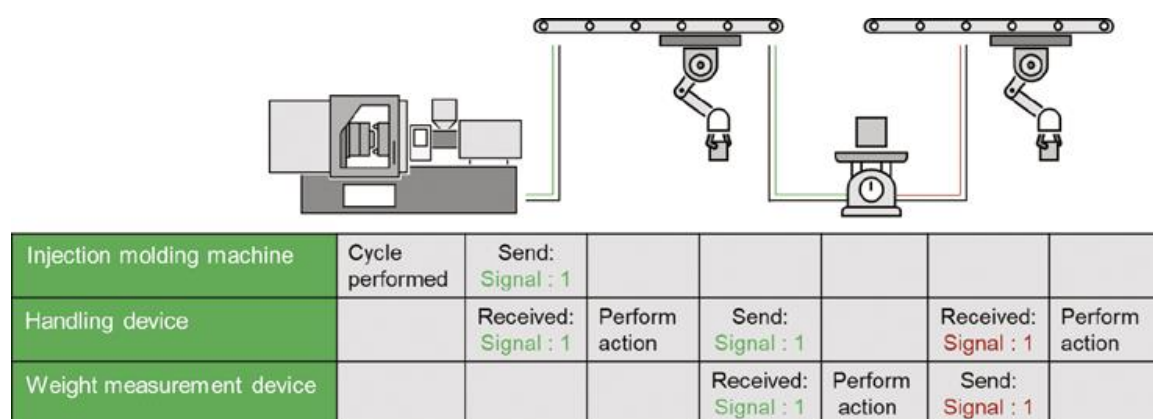


Figure 31 Διαδικασία απομάκρυνσης αντικειμένων

#### 4.1.4. Σχεδιασμός και υλοποίηση ενός συστήματος CPPS

Το σύστημα CPPS αποτελεί ένα μηχανοτροπικό σύστημα. Μηχανοτρονικό σύστημα είναι η συνεργατική ολοκλήρωση της επιστήμης του μηχανολόγου μηχανικού με τα

ηλεκτρονικά και τον ευφυή έλεγχο στον σχεδιασμό και την κατασκευή προϊόντων και συστημάτων. (Mori T., 1969). Υπάρχουν δύο μέθοδοι σχεδιασμού ενός CPPS, το μοντέλο V και RAMI 4.0. Σύμφωνα με το μοντέλο V που περιγράφεται παρακάτω, η διαδικασία μηχανοτρονικού σχεδιασμού ξεκινά με τον καθορισμό των απαιτήσεων που πρέπει να πληροί το σύστημα (Εικόνα 32).

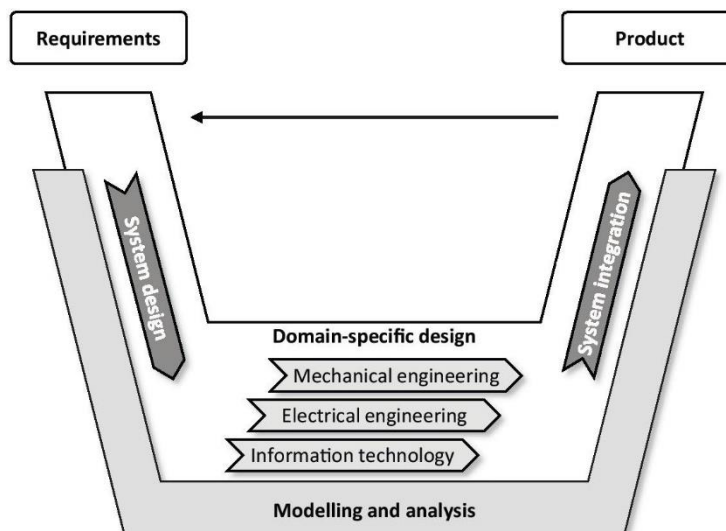


Figure 32 Μοντέλο V μιας διαδικασίας μηχανοτρονικού σχεδιασμού

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο γενικός σχεδιασμός του συστήματος, πριν από την πραγματοποίηση του ειδικού σχεδιασμού του τομέα με τη μηχανολογική και την ηλεκτρολογική μηχανική, καθώς και με την εισαγωγή της πληροφορικής στο σχεδιασμό του συστήματος (N. N., 2004). Η διαδικασία σχεδιασμού του συστήματος συγκεκριμενοποιεί τις απαιτήσεις και διαμορφώνει το μελλοντικό μηχανοτρονικό σύστημα βήμα προς βήμα. Ξεκινά με ένα λειτουργικό σχεδιασμό του συστήματος, που ακολουθείται από ένα τεχνικό σχέδιο. Μετά τις τεχνικές λειτουργικότητες και τις στοχευμένες υπηρεσίες που έχουν καθοριστεί, οι διεπαφές και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιμέρους συστατικών στοιχείων προσδιορίζονται. Το τελικό φύλλο προδιαγραφών χρησιμεύει στη συνέχεια ως βάση για τον τρέχοντα και προαναφερθέντα σχεδιασμό συγκεκριμένου τομέα πριν από την ολοκλήρωση του συστήματος για την υλοποίηση του τελικού προϊόντος ή την υλοποίηση του συστήματος (Schmertosch and Krabbes, 2018). Η διαδικασία ολοκλήρωσης του συστήματος ακολουθεί επομένως κάθε στάδιο του προηγούμενου συστήματος σχεδιασμού προς τα πίσω για την επικύρωση κάθε εννοιολογικού σχεδιασμού με μια πραγματική φυσική αναπαράσταση. Αρχικά, τα επιμέρους στοιχεία δοκιμάζονται προτού ενσωματωθούν σε ένα πλήρες σύστημα. Αφού γίνει η σύνδεση των στοιχείων, ακολουθεί η τελική δοκιμή του συστήματος, όπου περατώνεται η διαδικασία ολοκλήρωσης του συστήματος κατ' αναλογία με το λειτουργικό σύστημα σχεδιασμού. Αφού υλοποιηθούν και δοκιμαστούν οι προγραμματισμένες λειτουργίες και υπηρεσίες με επιτυχία, η διαδικασία σχεδιασμού έχει ολοκληρωθεί και το τελικό προϊόν ή σύστημα έχει δημιουργηθεί (Schmertosch and Krabbes, 2018).

Η άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι το μοντέλο αρχιτεκτονικής αναφοράς Industry 4.0 (Reference Architecture Model Industry 4.0/RAMI 4.0). Το μοντέλο αυτό αποσκοπεί στην παροχή μιας αναφοράς αρχιτεκτονικής για έξυπνες συσκευές σε ένα συνδεδεμένο περιβάλλον παραγωγής που αναφέρεται σε διάφορα ιεραρχικά επίπεδα, από τις επιχειρηματικές διαδικασίες έως τις μεμονωμένες συσκευές πεδίου και στο συνολικό κύκλο ζωής του προϊόντος. Το σύστημα εκπληρώνει ένα συγκεκριμένο έργο, έχει καθορισμένες ιδιότητες και υποστηρίζει τυποποιημένες υπηρεσίες και καταστάσεις (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2016). Το μοντέλο RAMI 4.0 επικεντρώνεται σε έξι διαφορετικά στρώματα στον άξονα που σχετίζεται με την αρχιτεκτονική του, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως κατευθυντήριες γραμμές για την κάλυψη όλων των πτυχών του σχεδιασμού ενός CPPS. Τα στρώματα περιγράφουν τις ιδιότητες και τη δομή των διαχωρισμένων στοιχείων ή συστημάτων, τις λειτουργίες και τα δεδομένα τους που αφορούν συγκεκριμένες λειτουργίες και τα οποία πρέπει να ανταλλάσσονται μέσω του συστήματος πληροφοριών. Όπως φαίνονται στην εικόνα 33, τα στρώματα είναι το επιχειρησιακό, το λειτουργικό, το πληροφοριών, της επικοινωνίας, της ολοκλήρωσης και των στοιχείων (Hormann and Schmitz, 2020).



Figure 33 Διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης για τη δημιουργία δομής CPPS σύμφωνα με το RAMI 4.0

## 4.2. Διαδίκτυο των πραγμάτων(Internet of Things)

### 4.2.1. Ορισμός

Στην προηγούμενη ενότητα, έγινε η αναλυτική περιγραφή του βιομηχανικού Internet of Things. Το Internet of Things αναφέρεται σε ένα ετερογενές δίκτυο φυσικών και εικονικών αντικειμένων ενσωματωμένα με ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικό, αισθητήρες και συστήματα συνδεσιμότητας για να μπορούν τα αντικείμενα να επιτύχουν μεγαλύτερη αξία και υπηρεσίες ανταλλάσσοντας δεδομένα με άλλα συνδεδεμένα αντικείμενα μέσω του Διαδικτύου (McEwen A. and Cassimally H., 2013). Οι διαφορές με το Ποτ είναι έχουν να κάνουν με το σε ποια επιχειρησιακή περιοχή ή το πεδίο εφαρμογής εφαρμόζονται. Όταν το IoT ενεργοποιείται σε βιομηχανία μεγάλης κλίμακας και αντιμετωπίζει ζητήματα της βιομηχανίας, όπως

κατασκευή, διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, παραγωγή κ.λπ. τότε καλείται ΠoT. (IET TELECOMMUNICATIONS SERIES 88 The Nine Pillars of Technologies for Industry 4.0, 2020). Από τις γραμμές παραγωγής και τις αποθήκες μέχρι τις παραδόσεις λιανικής και τα ράφια των καταστημάτων, το IoT μεταμορφώνει τις επιχειρήσεις και τις διαδικασίες παραγωγής παρέχοντας ακριβέστερη και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση της ροής των υλικών και των προϊόντων. Οι επιχειρήσεις επενδύουν στο IoT για να επανασχεδιάσουν τις ροές εργασίας στο εργοστάσιο, να βελτιώσουν την παρακολούθηση των υλικών και να βελτιστοποιήσουν τα κόστη διανομής(Lee I. and Lee K., 2015).

#### 4.2.2. Όραμα και πιθανότητες

Τα επόμενα χρόνια το IoT θα κάνει τα ακόλουθα:

- Θα συνδέει τα άψυχα και τα ζωντανά όντα: Οι πρώτες δοκιμές και εφαρμογές των δικτύων IoT ξεκίνησαν με τη σύνδεση βιομηχανικού εξοπλισμού. Σήμερα, το όραμα του IoT έχει επεκταθεί και στη σύνδεση των πάντων, από τον βιομηχανικό εξοπλισμό έως τα καθημερινά αντικείμενα. Αυτά μπορεί να είναι από αεριοστρόβιλους και αυτοκίνητα έως μετρητές κοινής ωφέλειας. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ζωντανούς οργανισμούς, όπως φυτά, αγροτικά ζώα και ανθρώπους.
- Θα χρησιμοποιεί αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων: Τα φυσικά αντικείμενα που συνδέονται, θα διαθέτουν έναν ή περισσότερους αισθητήρες. Κάθε αισθητήρας θα παρακολουθεί μια συγκεκριμένη κατάσταση, όπως η θέση, η δόνηση, κίνηση και θερμοκρασία. Στο IoT, αυτοί οι αισθητήρες θα συνδέονται μεταξύ τους και με συστήματα που μπορούν να κατανοήσουν ή να παρουσιάσουν πληροφορίες από τα δεδομένα των αισθητήρων. Αυτοί οι αισθητήρες θα παρέχουν νέες πληροφορίες στα συστήματα μιας εταιρείας και στους ανθρώπους.
- Περισσότερα στοιχεία θα επικοινωνούν μέσω ενός δικτύου IP: Στο παρελθόν, οι άνθρωποι επικοινωνούσαν με ανθρώπους και με μηχανές. Τα αντικείμενα με δυνατότητα IoT θα μοιράζονται πληροφορίες σχετικά με τα κατάσταση και το περιβάλλον με ανθρώπους, συστήματα λογισμικού και άλλες μηχανές. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να μοιράζονται σε πραγματικό χρόνο ή να συλλέγονται και να μοιράζονται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Συνοψίζοντας, τα πάντα θα έχουν ψηφιακή ταυτότητα και συνδεσιμότητα, πράγμα που σημαίνει ότι οι άνθρωποι θα αναγνωρίζουν, παρακολουθούν και επικοινωνούν με τα αντικείμενα.
- Αλλάζει τη φύση των απαιτούμενων δεδομένων: Τα δεδομένα θα είναι μικρά σε μέγεθος και θα διαβιβάζονται συχνά
- Αλλάζει τον αριθμό των συσκευών: Ο αριθμός των συσκευών ή των κόμβων που συνδέονται στο δίκτυο θα είναι πολύ μεγαλύτερος στο IoT απ' ό,τι στην παραδοσιακή υπολογιστική με H/Y (Lopez Research LLC, 2013).

### 4.2.3. Πλαίσιο λειτουργίας του IoT

Για να είναι ένα πλαίσιο IoT αξιόπιστο και λειτουργικό, θα πρέπει να ικανοποιείται ένα ελάχιστο σύνολο μέτρων για να επιτευχθεί ολοκλήρωση και η διαλειτουργικότητα (Uviase O. and Kotonya G., 2018). Τα μέτρα αυτά είναι:

- **Επεκτασιμότητα:** Δεδομένης της εξελισσόμενης φύσης του IoT, ένα αποτελεσματικό πλαίσιο ολοκλήρωσης θα πρέπει να είναι επεκτάσιμο και αρκετά εξελικτικό ώστε να υποστηρίζει τα δισεκατομμύρια πράγματα που θα συνδεθούν σύντομα στο Διαδίκτυο.
- **Ευκολία δοκιμών:** Ένα πλαίσιο ολοκλήρωσης θα πρέπει να υποστηρίζει την ευκολία δοκιμών και διόρθωσης σφαλμάτων. Θα πρέπει να παρέχει υποστήριξη για την διόρθωση ελαττωμάτων και αποτυχιών, τη δοκιμή ολοκλήρωσης, τη συστατική δοκιμή, τη δοκιμή συστήματος, τη δοκιμή συμβατότητας, τη δοκιμή εγκατάστασης, τις λειτουργικές και μη λειτουργικές δοκιμές, δοκιμές επιδόσεων και δοκιμές ασφαλείας.
- **Ευκολία ανάπτυξης:** Ένα πλαίσιο ενσωμάτωσης IoT θα πρέπει να παρέχει ένα μέσο εύκολης ανάπτυξης για προγραμματιστές. Χωρίς να είναι πολύπλοκο, θα πρέπει να παρέχει την κατάλληλη καθοδήγηση για μη προγραμματιστές και προγραμματιστές με βασικές γνώσεις προγραμματισμού, ώστε να κατανοούν εύκολα τα εσωτερικά του πλαισίου.
- **Ανοχή σφαλμάτων:** Ένα σύστημα IoT πρέπει να είναι αξιόπιστο και ανθεκτικό. Ένα πλαίσιο έξυπνης ολοκλήρωσης θα πρέπει να χειρίζεται σφάλματα, καθώς οι συσκευές IoT μπορούν να εναλλάσσονται μεταξύ offline και online καταστάσεις. Το πλαίσιο θα πρέπει να παρέχει μηχανισμούς αυτοδιόρθωσης για παροδικά σφάλματα (σφάλματα δικτύου, σφάλματα σε επίπεδο κόμβου κ.λπ.), σφάλματα μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης, σφάλματα κατάρρευσης διακομιστή, σφάλματα αποδοχής αιτημάτων (όταν ο διακομιστής δεν λαμβάνει εισερχόμενα αιτήματα από τον πελάτη), σφάλματα χρονισμού κ.ο.κ.
- **Ελαφριά υλοποίηση:** Τα πλαίσια ολοκλήρωσης θα πρέπει να είναι μικρής δυσκολίας τόσο στο στάδιο της ανάπτυξης και της ανάπτυξής τους. Θα πρέπει να είναι εύκολο στην εγκατάσταση, απεγκατάσταση, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση, ενημέρωση, έκδοση και προσαρμογή.
- **Συντονισμός υπηρεσιών ή χορογραφία υπηρεσιών:** είναι η ενορχήστρωση και χορογραφία πολλαπλών υπηρεσιών από έναν διαμεσολαβητή που ενεργεί ως κεντρικό στοιχείο. Υπηρεσία χορογραφίας είναι η αλυσίδα υπηρεσιών για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης συναλλαγής. Τα πλαίσια ολοκλήρωσης πρέπει να υποστηρίζουν τουλάχιστον ένα από τα δύο ή και τα δύο για την επίτευξη αξιοπιστίας.
- **Λειτουργικότητα δύο ή περισσότερων τομέων:** Το πλαίσιο θα πρέπει να είναι επεκτάσιμο ώστε να υποστηρίζει επικοινωνία μεταξύ τομέων. Για παράδειγμα, σε έναν τομέα έξυπνων αυτοκινήτων, ένα πλαίσιο ολοκλήρωσης θα πρέπει να παρέχει υποστήριξη για επικοινωνία και αλληλεπίδραση με φωτεινούς σηματοδότες, κλείσιμο δρόμων κ.ο.κ. που ανήκουν σε έναν τομέα έξυπνης πόλης.



Ανεξάρτητα από την ερευνητική κοινότητα ή την ανομοιογένεια στην έρευνα, κοινός στόχος είναι η επεκτασιμότητα, η ευελιξία, η επεκτασιμότητα, η επαναχρησιμοποίηση σχεδιασμού και η επαναχρησιμοποίηση υλοποίησης.(Uviase O. and Kotonya G., 2018)

#### 4.2.4. Αρχιτεκτονική του IoT

Η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται κυρίως είναι αυτή των έξι στρωμάτων που έχει προτείνει ο Farooq και είναι τα ακόλουθα:

- Στρώμα κωδικοποίησης: Το στρώμα κωδικοποίησης είναι το θεμέλιο του IoT Προσδιορίζει τα αντικείμενα ενδιαφέροντος. Σε αυτό το στρώμα, σε κάθε αντικείμενο αποδίδεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό, καθιστώντας εύκολη τη διάκριση των αντικειμένων(Cheng X., Zhang M. and Sun F., 2012)
- Στρώμα αντίληψης: Αυτό είναι το στρώμα συσκευών του IoT. Δίνει μια φυσική υπόσταση σε κάθε αντικείμενο. Το στρώμα αποτελείται από αισθητήρες δεδομένων σε διάφορες μορφές, όπως ετικέτες RFID, αισθητήρες υπερύθρων ή άλλα δίκτυα αισθητήρων, που ανιχνεύουν τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα, τη θέση, κ.α. των αντικειμένων (Bandyopadhyay D. and sen J., 2011). Αυτό το στρώμα συγκεντρώνει χρήσιμες πληροφορίες για τα αντικείμενα από τους αισθητήρες που συνδέονται με αυτά και μετατρέπει τις πληροφορίες σε ψηφιακά σήματα, τα οποία στη συνέχεια διαβιβάζονται στο στρώμα δικτύου για περαιτέρω ενέργειες (Farooq M. U., Waseem M. and Mazhar S., 2015).
- Στρώμα δικτύου: Αυτό το στρώμα λαμβάνει τις χρήσιμες πληροφορίες με τη μορφή ψηφιακών σημάτων από το στρώμα αντίληψης και τις μεταδίδει στα συστήματα επεξεργασίας του στρώματος ενδιάμεσου λογισμικού μέσω της μετάδοσης μέσω των όπως Wi-Fi, Bluetooth, WiMAX, Zigbee, GSM και 3G με πρωτόκολλα όπως το πρωτόκολλο διαδικτύου έκδοσης 4 (IPv4), IPv6, μεταφορά τηλεμετρίας με ουρά αναμονής μηνυμάτων (MQTT) και υπηρεσία διανομής δεδομένων (DDS) (Zhang Y., 2011)
- Ενδιάμεσο στρώμα : Αυτό το στρώμα επεξεργάζεται τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τους αισθητήρες (Shen G. and Liu B., 2011). Περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως cloud ή την πανταχού παρούσα υπολογιστική(ubiquitous computing), οι οποίες εξασφαλίζουν μια άμεση πρόσβαση στη βάση δεδομένων για την αποθήκευση όλων των απαραίτητων πληροφοριών σε αυτό το στρώμα. Χρησιμοποιώντας την ευφυή επεξεργασία εξοπλισμού, οι πληροφορίες επεξεργάζονται και αναλαμβάνεται μια πλήρως αυτοματοποιημένη δράση με βάση τα αποτελέσματα (Farooq M. U., Waseem M. and Mazhar S., 2015)
- Στρώμα εφαρμογής: Αυτό το στρώμα υλοποιεί τις εφαρμογές του IoT για όλα τα είδη βιομηχανίας, με βάση τις επεξεργασμένα δεδομένα. Οι εφαρμογές προωθούν την ανάπτυξη του IoT, οπότε αυτό το στρώμα είναι πολύ χρήσιμο στην μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη ενός δικτύου IoT (Wu M. et al., 2010).



Κάποιες εφαρμογές που σχετίζονται με το IoT είναι τα έξυπνα σπίτια, έξυπνα μέσα μεταφοράς κ.α. (Farooq M. U., Waseem M. and Mazhar S., 2015).

- Επιχειρησιακό στρώμα: Αυτό το στρώμα διαχειρίζεται τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες του IoT και είναι υπεύθυνο για όλες τις έρευνες που σχετίζονται με το IoT. Δημιουργεί διαφορετικά επιχειρηματικά μοντέλα για αποτελεσματικές επιχειρηματικές στρατηγικές (Khan R. *et al.*, 2012).

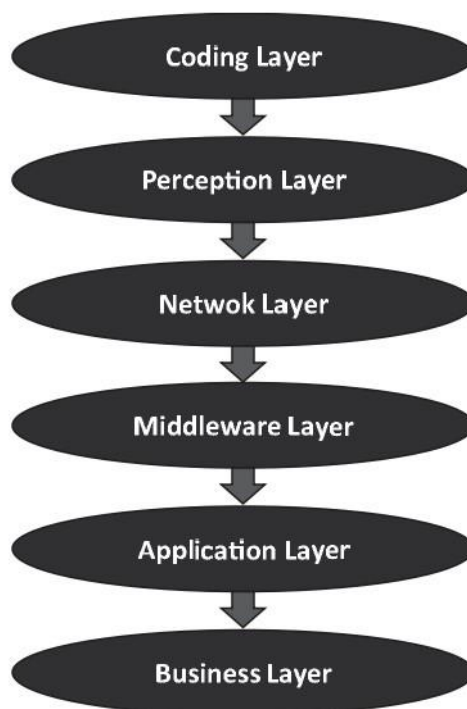


Figure 34 Αρχιτεκτονική 6 στρωμάτων IoT(Farooq M. U., Waseem M. and Mazhar S., 2015)

Σε βιομηχανίες πλαστικών εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο το Industrial Internet of Things, καθώς είναι καταλληλότερο για μια βιομηχανία όπως αναφέρθηκε.

### 4.3. Internet of Services

Το IoS επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους μέσω του Διαδικτύου. Το IoS αποτελείται από συμμετέχοντες, μια υποδομή για υπηρεσίες, επιχειρηματικά μοντέλα και τις ίδιες τις υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες προσφέρονται και μετατρέπονται σε υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας από διάφορους παρόχους, οι οποίες μετά κοινοποιούνται σε χρήστες και καταναλωτές έχοντας πρόσβαση σε αυτές μέσω διαφόρων καναλιών (Buxmann P., Hess T. and Ruggaber R., 2009). Αυτή η εξέλιξη επιτρέπει μια νέα και δυναμική μεταβολή της κατανομής των επιμέρους δραστηριοτήτων της αλυσίδας αξίας (Industrie 4.0 Whitepaper FuE-Themen, 2015). Είναι πιθανό ότι η ιδέα αυτή θα μεταφερθεί από τα μεμονωμένα εργοστάσια σε ολόκληρα δίκτυα προστιθέμενης αξίας στο μέλλον. Τα εργοστάσια

μπορεί να πάνε ένα βήμα παραπέρα και να προσφέρουν ειδικές τεχνολογίες παραγωγής αντί για απλά είδη παραγωγής. Αυτές οι τεχνολογίες παραγωγής θα προσφέρονται μέσω του IoS και θα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προϊόντων ή την αντιστάθμιση των παραγωγικών ικανοτήτων (Scheer A. W., 2013). Η ιδέα του IoS έχει ήδη εφαρμοστεί σε ένα έργο με την ονομασία SMART FACE στο πλαίσιο του προγράμματος "Autonomics for Industry 4.0" που ξεκίνησε από το γερμανικό ομοσπονδιακό υπουργείο Οικονομικών Υποθέσεων και Ενέργειας. Το έργο ανέπτυξε έναν νέο κατανεμημένο έλεγχο παραγωγής για την αυτοκινητοβιομηχανία, βασισμένο σε μια αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες. Αυτό επιτρέπει τη χρήση αρθρωτών σταθμών συναρμολόγησης που μπορούν να τροποποιηθούν ή να επεκταθούν με ευελιξία. Η μεταφορά μεταξύ των σταθμών συναρμολόγησης εξασφαλίζεται με AGVs. Τόσο οι σταθμοί συναρμολόγησης όσο και τα AGV προσφέρουν τις υπηρεσίες τους μέσω του IoS. Τα αμαξώματα των οχημάτων γνωρίζουν τη διαμόρφωσή τους ανάλογα τις απαιτήσεις του πελάτη και μπορούν να αποφασίζουν αυτόνομα ποια βήματα κατασκευής απαιτούνται. Ως εκ τούτου, μπορούν να συνθέσουν μεμονωμένα τις απαιτούμενες διαδικασίες μέσω του IoS και να πλοηγηθούν αυτόνομα μέσα στην παραγωγή (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), 2014).

#### **4.4. Έξυπνο εργοστάσιο(Smart factory)**

##### **4.4.1. Ορισμός**

Η εφαρμογή των τεχνολογιών CPS και του IoT στα συστήματα παραγωγής έχει νέες δυνατότητες, επιτρέποντας τη διαχείριση πολύπλοκων και ευέλικτων συστημάτων για την εκπλήρωση ταχέων αλλαγών. Με την πρόοδο του Industry 4.0 και την εμφάνιση του μοντέλου του έξυπνου εργοστασίου, η τυπική φιλοσοφία των συστημάτων παραγωγής έχει τροποποιηθεί. Το έξυπνο εργοστάσιο οργανώνει τις εγκαταστάσεις του σύμφωνα με τις αρχές της Λιτής Παραγωγής και της Αλυσίδας Αξίας, εισάγει αλλαγές στους παράγοντες και τα μέρη των συμβατικών συστημάτων παραγωγής και ενσωματώνει αυτές τις ανάγκες των έξυπνων συστημάτων, ώστε να μπορέσει να ανταπεξέλθει στο μέλλον. Φέρει επίσης μονάδες-μηχανήματα οι οποίες είναι έξυπνες και τυποποιημένες που μπορούν να συνδεθούν και να αναμειχθούν πολύ απλά με κάθε άλλη μονάδα και να φέρει μια συγκεκριμένη λειτουργικότητα για να σχηματίσει ένα online δίκτυο εντός του εργοστασίου. Μια συνεχώς αυξανόμενη ποσότητα ανάλυσης σε κάθε ακαδημαϊκό και βιομηχανικό κλάδο αφιερώνεται στη μετάβαση της αντίληψης του καλού εργοστασίου από τη θεωρία στο απτό προϊόν (Gaub H., 2016). Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις του συστήματος του έξυπνου εργοστασίου είναι να μπορεί να φτάσει σε υψηλό επίπεδο διαμοιρασμού και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των προϊόντων του, την υποδομή των προϊόντων και των διαδικασιών παραγωγής τους, το σύστημα ελέγχου τους και τη περίοδο εφαρμογής (Alexandre M., 2014). Η πλήρως ελεγχόμενη από μηχανήματα παραγωγή στο μέλλον, η οποία μπορεί να εξοικονομήσει κόστος, χρόνο, εργαλεία και διαδικασίες, σκιαγραφείται ψηφιακά σε όλη την έκταση(IET

#### 4.4.2. Αλυσίδα αξίας

Η αλυσίδα αξίας περιγράφει τη διαδικασία ή ένα σύνολο δραστηριοτήτων με τις οποίες μια εταιρεία προσθέτει αξία σε ένα προϊόν, αποκτώντας ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της ακολουθώντας την δική της στρατηγική, συμπεριλαμβανομένων όλων των βημάτων από την παραγγελία του πελάτη έως την εξυπηρέτηση μετά την πώληση (Hornmann and Schmitz, 2020). Η αλυσίδα αξίας κάθε επιχείρησης μπορεί να αποτελείται από εννέα γενικές κατηγορίες δραστηριοτήτων (Porter, 1985): Εισερχόμενη εφοδιαστική, λειτουργίες, εξερχόμενη εφοδιαστική, μάρκετινγκ και πωλήσεις, καθώς και υπηρεσίες αποτελούν τις κύριες δραστηριότητες. Προμήθειες, τεχνολογική ανάπτυξη, ανθρώπινοι πόροι και οι υποδομές της εταιρείας αποτελούν τις υποστηρικτικές δραστηριότητες (Εικόνα 35).

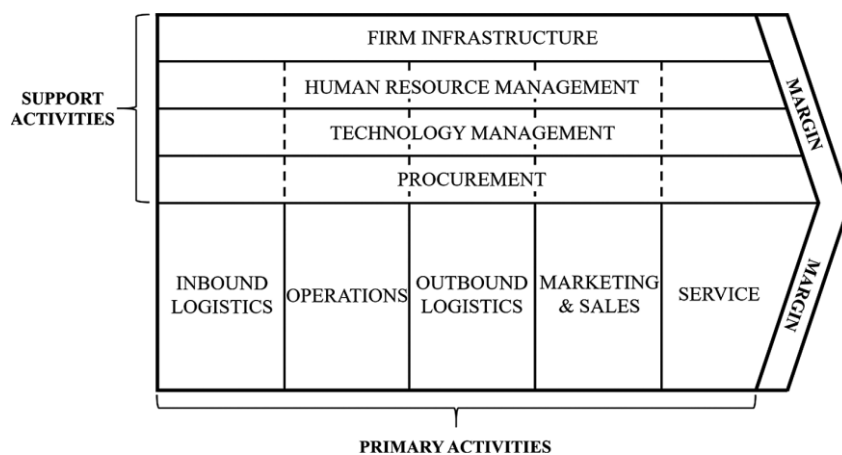


Figure 35 Κύριες και υποστηρικτικές δραστηριότητες μιας αλυσίδας αξίας

Και οι πέντε πρωταρχικές δραστηριότητες είναι απαραίτητες για την προσθήκη αξίας σε ένα προϊόν ή μια υπηρεσία και για τη δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Οι υποστηρικτικές δραστηριότητες μπορούν να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα των πρωτογενών δραστηριοτήτων (Porter, 1985).

Οι γενικές δραστηριότητες προστιθέμενης αξίας ενός οργανισμού μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε φυσική και εικονική αλυσίδα αξίας. Στη φυσική ή παραδοσιακή αλυσίδα αξίας, εκτελείται μια πραγματική φυσική δραστηριότητα προκειμένου να προστεθεί αξία σε ένα προϊόν ή μια υπηρεσία. Η εικονική αλυσίδα αξίας περιγράφει δραστηριότητες που υλοποιούνται στην κυβερνοαγορά, δηλαδή στην αγορά του ηλεκτρονικού εμπορίου στο διαδίκτυο. Καθώς στην πράξη καμία επιχείρηση δεν μπορεί να περιοριστεί μόνο στη φυσική ή στην εικονική αλυσίδα αξίας, οι επιχειρήσεις συμμετέχουν και στις δύο αλυσίδες αξίας σε αυτό που

αναφέρεται ως συνδυασμένη αλυσίδα αξίας. Η ανταλλαγή δεδομένων και η επικοινωνία παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς συνδέει τα φυσικά αντικείμενα με τα εικονικά αντικείμενα και τις υπηρεσίες (Rayport and Sviokla, 1995), (Εικόνα 36).

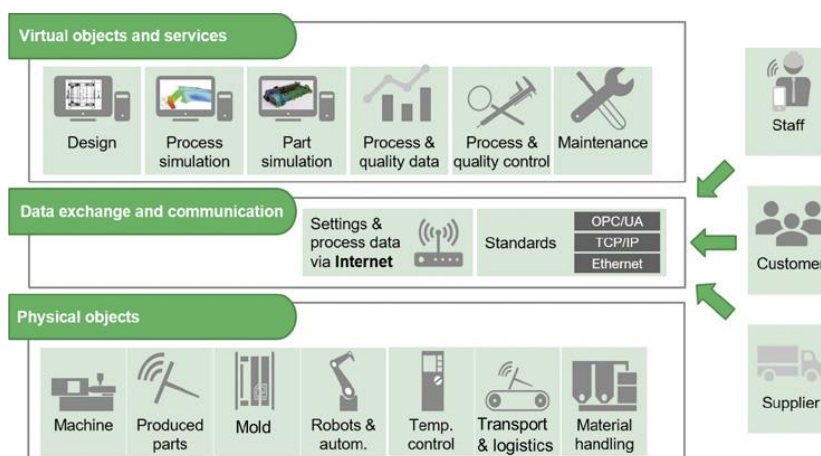


Figure 36 Φυσικά και εικονικά αντικείμενα

Τα τελευταία χρόνια η αλυσίδα αξίας έχει γίνει πιο περίπλοκη εξαιτίας της παγκοσμιοποίησης, η οποία οδήγησε σε ολοένα και μεγαλύτερο ανταγωνισμό, ο οποίος αναγκάζει τις επιχειρήσεις να βελτιστοποιήσουν τις αλυσίδες αξίας τους, της εξατομικευμένης προσδοκίας των πελατών για ένα ευρύ χαρτοφυλάκιο προϊόντων με τακτική παραγωγή νέων προϊόντων και της ανάγκης για ακόμα πιο σωστή διαχείριση του χώρου παραγωγής (shop floor management) για να παραμένει μια επιχείρηση ανταγωνιστική (Hormann and Schmitz, 2020).

#### 4.4.3. Αλυσίδα αξίας σε βιομηχανία πλαστικών

Σε μια βιομηχανία επεξεργασίας πλαστικών, για να αυξηθεί η προστιθέμενη αξία στο τελικό προϊόν, πρέπει να αυξηθεί η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων όχι μόνο από τον τομέα της παραγωγής αλλά από όλες τις διαδικασίες πριν και μετά στην εφοδιαστική αλυσίδα για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποιότητα της διαδικασίας και των προϊόντων. Γι' αυτό τον λόγο, πρέπει να εφαρμοστούν μεθοδολογίες της Industry 4.0, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

##### 4.4.3.1. Ρύθμιση βάσει μοντέλου των διαδικασιών χύτευσης με έγχυση

Η σωστή ρύθμιση των παραμέτρων χύτευσης με έγχυση είναι καθοριστική για την ποιότητα των προϊόντων που παράγονται με έγχυση, επειδή η ποιότητα της διαδικασίας ρύθμισης μπορεί να αυξήσει τη σταθερότητα της διαδικασίας, να βελτιώσει την ταχύτητα παραγωγής και να μειώσει τη φθορά και την κατανάλωση ενέργειας. Σήμερα, στις περισσότερες βιομηχανίες οι παράμετροι διεργασίας παραγωγής και οι ρυθμίσεις της μηχανής injection γίνονται χειροκίνητα ακόμα από τεχνίτες παραγωγής. Η διαδικασία φαίνεται στην εικόνα 37 πάνω. Η λύση για την απλοποίηση των διαδικασιών, την αύξηση της ποιότητας και τη μείωση του χρόνου παραγωγής είναι μια αυτοματοποιημένη αλληλουχία (Εικόνα 37 κάτω). Για να επιτευχθεί ο αυτοματισμός, πρέπει όλες οι μονάδες που χρησιμοποιούνται στη

διαδικασία ρύθμισης της παραγωγής να είναι συνδεδεμένες. Η σύνδεση αυτή γίνεται με βάση το OPC-UA-δηλαδή η ενοποιημένη αρχιτεκτονική η οποία είναι μια ανεξάρτητη αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες και ενσωματώνει όλες τις λειτουργίες των επιμέρους προδιαγραφών OPC σε ένα επεκτάσιμο πλαίσιο (OPC Foundation, 2021)- με ένα σύστημα κεντρικού υπολογιστή. Έτσι, θα υπάρχει μια συνεχή συλλογή πληροφοριών από τη μηχανή και από την διαδικασία παραγωγής των προϊόντων και αποθήκευση τους σε μια βάση δεδομένων.

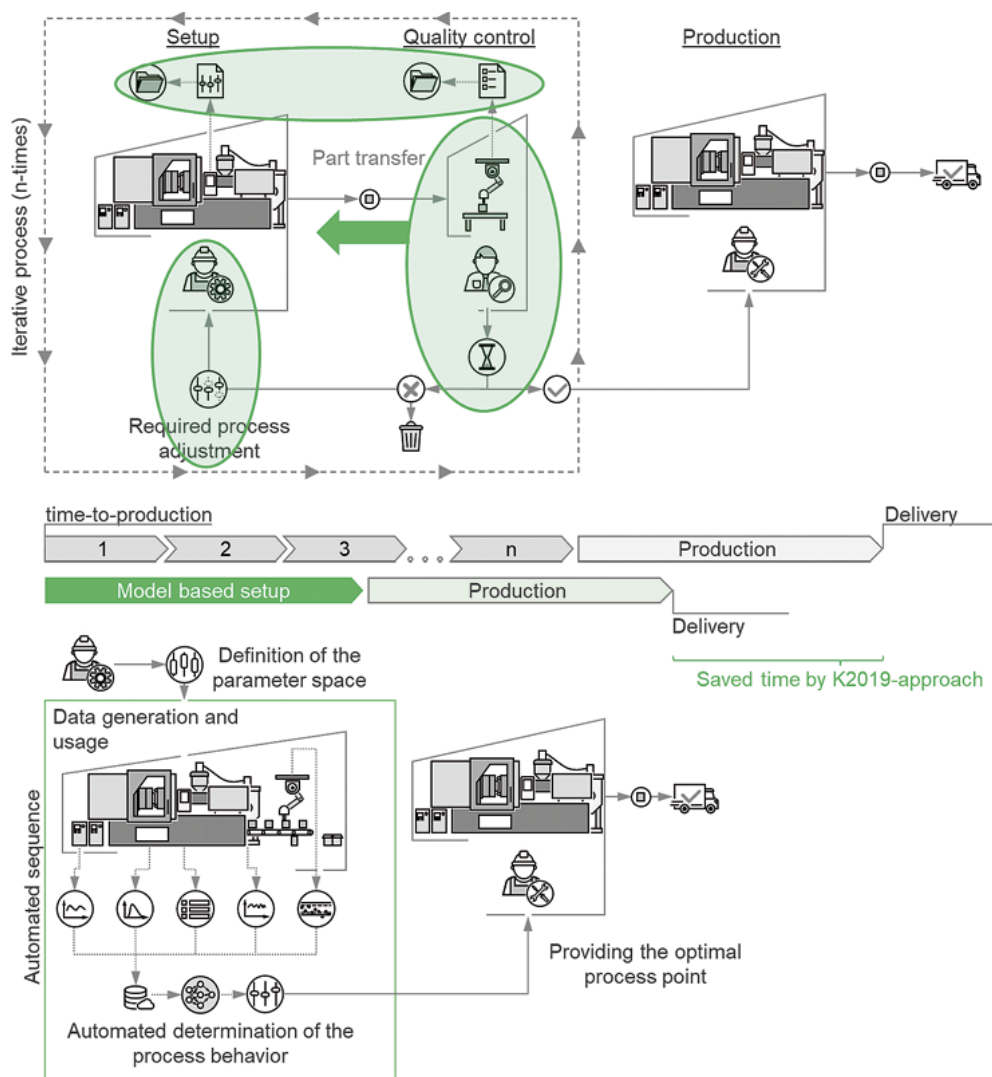


Figure 37 Παλιός(πάνω) και νέος(κάτω) τρόπος ρύθμισης διεργασίας

Με την εφαρμογή της Industry 4.0, δίνεται η επιπλέον δυνατότητα επεκτασιμότητας αυτού του συστήματος παραγωγής με το να γίνεται διάκριση μεταξύ ποσοτικά μετρήσιμων μεταβλητών, όπως οι διαστάσεις, τα βάρη και η παραγωγή σκάρτων προϊόντων με ζυγαριές για την αυτόματη μέτρηση του βάρους του τεμαχίου ή τα συστήματα καμερών και το ειδικό λογισμικό επεξεργασίας εικόνας για οπτικές μετρήσεις, και υποκειμενικών μεταβλητών, όπως η οπτική των εξαρτημάτων. Για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας ρύθμισης και παραγωγής, δημιουργείται ένα

μοντέλο διαδικασίας ελεγχόμενο από ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο για τον προσδιορισμό του βέλτιστου σημείου παραγωγής και ποιότητας (Εικόνα 38) (Hornmann and Schmitz, 2020).

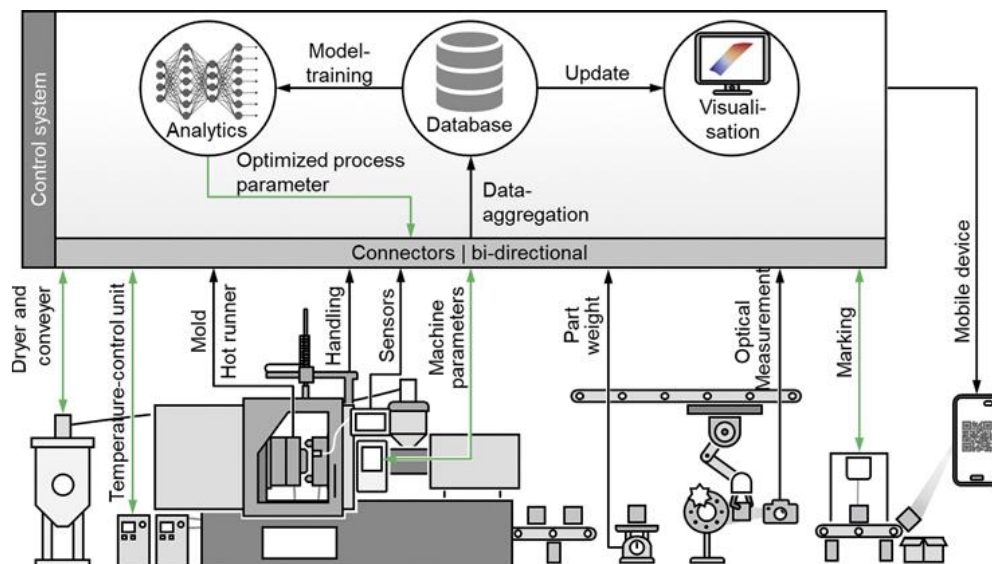


Figure 38 Πλήρως συνδεδεμένες μονάδες παραγωγής για αυτοματοποιημένη διαδικασία

#### 4.4.4. Λιτή διαχείριση (Lean management)

Η shop floor management, η οποία είναι ένα εργαλείο διαχείρισης και λήψης αποφάσεων σε περίπλοκες και δύσκολες καταστάσεις στον χώρο παραγωγής με σκοπό τη καταγραφή, την απεικόνιση και την αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης του τομέα παραγωγής τακτικά, συμπαγώς και με όλους τους εμπλεκόμενους εργαζόμενους ακριβώς στο χώρο, προέρχεται από τη φιλοσοφία της Λιτής διαχείρισης. Η όρος Λιτή Διαχείριση εισήχθη την δεκαετία του 90 από τους Αμερικάνους επιστήμονες James Womack, Daniel Jones, και Daniel Roos (Zollondz, 2013) από την έρευνα που έκαναν για τις Ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες και τους λόγους που υπερίσχυαν των Αμερικάνικων και ειδικά για το σύστημα παραγωγής της Toyota(TPS). Κατά την έρευνα διαπίστωσαν ότι τα αυτοκίνητα της Toyota κατασκευάζονταν πολύ πιο γρήγορα, με λιγότερους πόρους, μικρότερες επενδύσεις, με πολλά λιγότερα αποθέματα και με πολύ λιγότερα ελαττώματα σε σχέση με τα Αμερικάνικα.

Η λιτή διαχείριση ή το σύστημα παραγωγής της Toyota(Εικόνα 39) είναι μια ολιστική εταιρική φιλοσοφία που στοχεύει στην ευθυγράμμιση όλων των διαδικασιών με τον πελάτη. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αποφεύγονται όλα τα στάδια της διαδικασίας ή οι λειτουργίες ενός προϊόντος που αυξάνουν το κόστος παραγωγής. Ο λόγος είναι ότι το υψηλότερο κόστος κατασκευής οδηγεί συνήθως σε υψηλότερες

τιμές προϊόντος που τελικά πληρώνει ο πελάτης. Εάν το κόστος του προϊόντος είναι πολύ υψηλό επειδή το προϊόν έχει λειτουργίες που δεν είναι χρήσιμες, η πιθανότητα ο πελάτης να αναζητήσει και να αγοράσει ένα φθηνότερο προϊόν από έναν ανταγωνιστή είναι μεγάλη (Hormann and Schmitz, 2020).

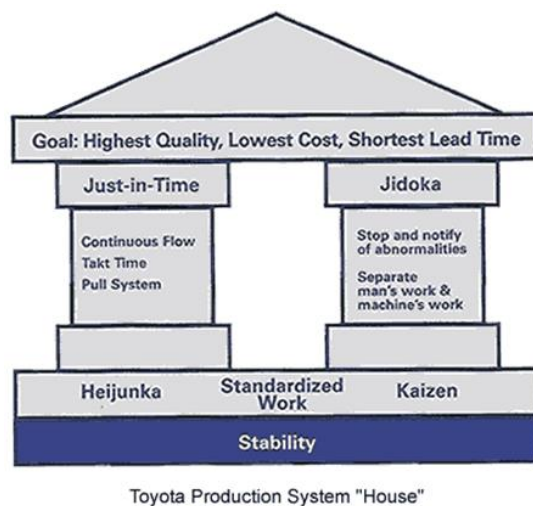


Figure 39 Σύστημα Παραγωγής της Toyota

Κάποιες βασικές έννοιες της Λιτής διαχείρισης είναι:

- Η έννοια της αξίας, δηλαδή ποιες εργασίες προσθέτουν αξία, ποιες όχι και ποιες δεν προσθέτουν αξία αλλά είναι απαραίτητες.
- Η έννοια της σπατάλης με τους 7 τύπους της Muda (πλεονάζουσα παραγωγή, απόθεμα, μεταφορά, ελαττωματικά προϊόντα, αναμονή, περιττές κινήσεις και υπερ-επεξεργασία)
- Αξιοπιστία Εξοπλισμού
- Τυποποιημένη Εργασία
- Οπτικός Έλεγχος
- Συνεχή βελτίωση (Kaizen)
- Σεβασμός Ανθρώπινου Δυναμικού
- Δημιουργία Ροής στη παραγωγική διαδικασία (Heijunka)
- Μέθοδος Just in Time
- Ποιότητα στην Πηγή (Jidoka)

(Κοντογιάννης Θ. and Καζάρας Κ., 2016)



#### 4.4.5. Ενσωμάτωση των τεχνολογιών Industry 4.0 στη διαχείριση τομέων ενός εργοστασίου

##### 4.4.5.1. Διαχείριση χώρου παραγωγής

Έχοντας μπει τα τελευταία χρόνια οι τεχνολογίες του Industry 4.0 για τα καλά στη ζωή των επιχειρήσεων, παρακάτω θα αναφερθούν οι μέθοδοι που εφαρμόζονται σε κάθε τομέα ενός εργοστασίου. Αρχικά στο shop floor, όντας όλα τα μηχανήματα και οι οντότητες ενός εργοστασίου συνδεδεμένα μεταξύ τους σε ένα κοινό δίκτυο, μπορούν να μεταφέρονται αυτόματα τα δεδομένα, οι πληροφορίες, οι παράμετροι μιας παραγωγής προϊόντος και τυχόν αλλαγές πολύ πιο γρήγορα παντού, από τη παραγωγή στο τμήμα συντήρησης και τα ανώτερα στελέχη με μηδαμινά λάθη και ελάχιστη χειροκίνητη εργασία. Επίσης συλλέγονται δεδομένα από τη μέτρηση της αποδοτικότητας και της δυναμικότητας της παραγωγής ενός εργοστασίου. Για αυτό τον λόγο, χρησιμοποιούνται κάποιοι δείκτες απόδοσης. Κάποιοι από αυτούς είναι οι εξής:

1. Δείκτης συνολικής απόδοσης του εξοπλισμού(Overall Equipment Effectiveness-OEE).

$$OEE = \text{Ποιότητα} * \text{Απόδοση} * \text{Διαθεσιμότητα}$$

Η ποιότητα αντιπροσωπεύει την απώλεια που προκαλείται από απορρίψεις ή επανεπεξεργασία. Η απόδοση υποδεικνύει την πραγματική επιβάρυνση της μηχανής κατά τη λειτουργία, συγκρίνοντας την πραγματική ποσότητα παραγωγής με τη θεωρητικά δυνατή ποσότητα παραγωγής-στόχο. Η διαθεσιμότητα, δείχνει τις απώλειες κατά τις οποίες το μηχάνημα δεν ήταν σε λειτουργία. Ο ΟΕΕ είναι κατάλληλος για σειριακή ή μαζική παραγωγή και επομένως είναι κατάλληλος για τους τομείς παραγωγής μιας βιομηχανίας πλαστικών (Gorecki and Pautsch, 2014). Στο (Vijayakumar S.R. and Gajendran S., 2014), οι συγγραφείς περιγράφουν ορισμένες μεθόδους για τη βελτίωση του ΟΕΕ μιας μηχανής χύτευσης με έγχυση. Για την αύξηση του συντελεστή ποιότητας, για παράδειγμα, οι συγγραφείς εντόπισαν έξι προβλήματα, τη βασική τους αιτία και τις ενέργειες που πρέπει να κάνουν ώστε να τα αποτρέψουν στο μέλλον. Ένα πρόβλημα ήταν η στρέβλωση ενός συγκεκριμένου προϊόντος που προκλήθηκε από μπλοκαρισμένο κανάλι ψύξης. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, προστέθηκε ένας κατάλογος ελέγχου σχετικά με τη θερμοκρασία του πυρήνα του καλουπιού και της κοιλότητας, ώστε να διασφαλίζονται οι σωστές θερμοκρασίες. Επιπλέον, για να βελτιώσουν την απόδοση, οι συγγραφείς εντόπισαν ορισμένες ανωμαλίες στη μηχανή χύτευσης με έγχυση που ήταν υπεύθυνες για τις μη προγραμματισμένες διακοπές λειτουργίας της μηχανής, οι οποίες αποδείχθηκε ότι προέρχονταν από τον θερμαντήρα ακροφυσίων. Με την αντικατάσταση του θερμαντήρα ακροφυσίου, οι μη προγραμματισμένες αυτές διακοπές λειτουργίας μειώθηκαν.



## 2. Συνολικός χρόνος κύκλου

$$\text{Total Cycle Time} = \text{Processing Time} + \text{Transportation Time} + \text{Waiting Time}$$

Ο χρόνος κύκλου περιγράφει γενικά την περίοδο μεταξύ της έναρξης της πρώτης λειτουργίας και του τέλους της τελευταίας λειτουργίας. Δηλαδή, Ο συνολικός χρόνος κύκλου καλύπτει τον χρόνο από την έναρξη της παραγωγής έως την παράδοση για αποστολή, συμπεριλαμβανομένων όλων των χρόνων επεξεργασίας, αναμονής και μεταφοράς (Charron et al., 2014; Gorecki and Pautsch, 2014)(Εικόνα 40).

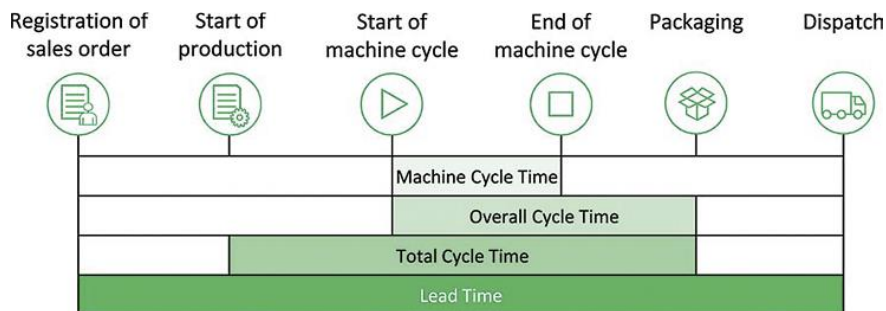


Figure 40 Χρόνοι κύκλων

## 3. Χρόνος λειτουργίας(Takt Time)

$$\text{Takt Time}(s/unit) = \frac{\text{Net time available for production}(s)}{\text{Customers daily demand}(unit)}$$

Ο χρόνος λειτουργίας περιγράφει το χρονικό διάστημα που είναι θεωρητικά διαθέσιμο για την παραγωγή μιας μονάδας. Η κύρια χρήση αυτού του δείκτη τοποθετείται στην ανάλυση ροής αξίας(Value Stream Mapping-VSM), ένα άλλο εργαλείο της λιτής διαχείρισης. Ο κύριος στόχος της ανάλυσης ροής αξίας είναι να επισημάνει την πραγματική ροή πληροφοριών και υλικών (συμπεριλαμβανομένων των χρόνων επεξεργασίας και αποθήκευσης) για τον εντοπισμό σημείων συμφόρησης(bottleneck) και βημάτων διεργασίας που δεν προσθέτουν αξία (Gorecki and Pautsch, 2014).

### 4.4.5.2. Διαχείριση αποθήκης

Η αποθήκευση εμπορευμάτων ως μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας(logistics) εκπληρώνει διάφορες λειτουργίες. Αυτές είναι βασικά η χρονική ισορροπία της ζήτησης και των ποσοτήτων παραγωγής, η εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης, οι προβλέψεις για αναμενόμενες ή μη συμφορήσεις ή υποσχέσεις χρόνου παράδοσης, η τεχνολογικά εξαρτημένη αποθήκευση, όπως οι διαδικασίες ψύξης ή ωρίμανσης, και πολλά άλλα (Kompel and Schmidt, 2005). Από την άποψη αυτή, οι στόχοι της εφοδιαστικής μπορούν να συνοψιστούν ως τα 6R(Right) των logistics, που σημαίνουν ότι το σωστό προϊόν πρέπει να είναι διαθέσιμο στον πελάτη τη σωστή

στιγμή, στο σωστό μέρος, στη σωστή ποσότητα, με τη σωστή ποιότητα και στη σωστή τιμή (Jünemann, 1989). Ωστόσο, προκειμένου να διατηρηθεί το κεφάλαιο κίνησης σε χαμηλά επίπεδα, το ιδανικό σενάριο για τις εταιρείες οδηγεί στην πλήρη κατάργηση της αποθήκευσης όλων των εμπορευμάτων, αφού όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η συσσώρευση αποθεμάτων στην αποθήκη είναι μια από τις 7 σπατάλες (Backer *et al.*, 2008).

Για τη σωστή διαχείριση μιας αποθήκης, υπάρχει το σύστημα διαχείρισης αποθήκης (Warehouse management system-WMS). Το σύστημα διαχείρισης αποθήκης διαχειρίζεται τα αποθηκευμένα αγαθά, τις θέσεις αποθήκευσης και τη μεταξύ τους σχέση. Αφενός, αυτό γίνεται με την αποτύπωση της δομής της αποθήκης (καθορισμός των θέσεων αποθήκευσης, καθορισμός των αποθηκευτικών χώρων σύμφωνα με κάποια κριτήρια, όπως ο χώρος, το επιτρεπόμενο βάρος κ.λπ.) Η δεύτερη συνιστώσα ενός WMS είναι η διαχείριση των αποθεμάτων. Αυτή χρησιμοποιείται για την καταγραφή και την ενημέρωση της κατάστασης των εμπορευμάτων. Επιπλέον, ένα σύγχρονο WMS είναι ικανό να πραγματοποιεί βελτιστοποιήσεις της αποθήκης (Jünemann, 1989). Ένα παράδειγμα είναι η έξυπνη κατανομή μιας θέσης αποθήκευσης σύμφωνα με τη "χαοτική αποθήκευση", η οποία πραγματοποιείται με βάση τα δεδομένα κατανάλωσης. Στόχος είναι η μείωση των χρόνων πρόσβασης με την τοποθέτηση εμπορευμάτων με υψηλό ρυθμό κυκλοφορίας όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο παραλαβής. Σε αντίθεση με την αρχή των σταθερών θέσεων, η χαοτική αποθήκευση χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος χώρος αποθήκευσης στα εμπορεύματα, αλλά αυτά αποθηκεύονται εκεί όπου υπάρχει διαθέσιμος κατάλληλος αποθηκευτικός χώρος εκείνη τη στιγμή (Martin, 2016).

Στη περίπτωση των βιομηχανιών πλαστικών, πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα όσον αφορά την αποθήκευση πλαστικών προϊόντων και ιδίως πρώτων υλών. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αλλοίωση των πρώτων υλών οδηγεί σε επανεπεξεργασία ή απόρριψη των προϊόντων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις στην παράδοση, και στη χειρότερη περίπτωση, τα αλλοιωμένα σκάρτα προϊόντα να φτάσουν στον πελάτη, ο οποίος στη συνέχεια θα εκφράσει τα παράπονα του. Εκτός από την αλλοίωση από ρύπους και σκουπίδια, η υγρασία μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για την ποιότητα των ακατέργαστων κόκκων της πρώτης ύλης. Η υγρασία προκαλείται από διάφορες καιρικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ παραγωγής και αποθήκης μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση του ακατέργαστου κοκκοποιημένου υλικού. Επιπλέον, η ξήρανση των πλαστικών περιορίζει σημαντικά την ευελιξία της παραγωγής, καθώς συνήθως χρειάζονται ώρες για να επιτευχθεί το μέγιστο ανεκτό επίπεδο υγρασίας. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό το περιττό στάδιο της διαδικασίας, συνιστάται η οργάνωση της αποθήκευσης με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορούν να εμφανιστούν εξ αρχής οξειδώσεις. Ένα άλλο μέτρο που πρέπει να ληφθεί είναι η διαδικασία ψύξης των προϊόντων που έχουν παραχθεί με έγχυση και εξώθηση. Τα ζεστά, αποδιαμορφωμένα προϊόντα υπόκεινται σε διαδικασία συρρίκνωσης που μπορεί να διαρκέσει σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή, εάν είναι απαραίτητο, τα προϊόντα δεν μπορούν να υποστούν άμεση επεξεργασία, αλλά πρέπει να αποθηκευτούν μέχρι να γίνουν τυχόν

δοκιμές και επιτευχθούν οι μηχανικές ιδιότητες του προϊόντος (Johannaber and Michaeli, 2014).

#### 4.4.5.3. Logistics 4.0

Ο αντίκτυπος της Industry 4.0 στα logistics εκφράζεται με τον όρο "Logistics 4.0". Η επιρροή της Industry 4.0 στην εφοδιαστική αλυσίδα αντανακλάται ιδίως στην αυτόνομη και αποκεντρωμένη οργάνωση των επιμέρους (βοηθητικών) οχημάτων αποθήκης. Αυτός ο τύπος αυτόνομης οργάνωσης μπορεί να υλοποιηθεί μόνο εάν οι πόροι της αποθήκης εφοδιάζονται με επαρκείς πληροφορίες, κάτι που κατ' αρχήν καθίσταται εφικτό με την ψηφιοποίηση. Δύο παραδείγματα είναι τα συστήματα αποθήκευσης που λειτουργούν με τη βοήθεια ρομποτικών συστημάτων μεταφοράς και ανελκυστήρων (Εικόνες 41,42)

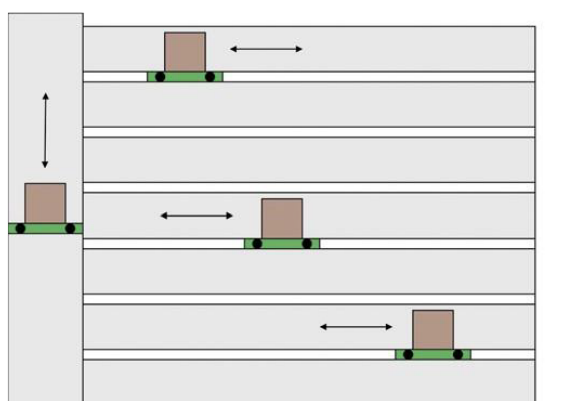


Figure 41 Ρομποτικό σύστημα μεταφοράς απλό

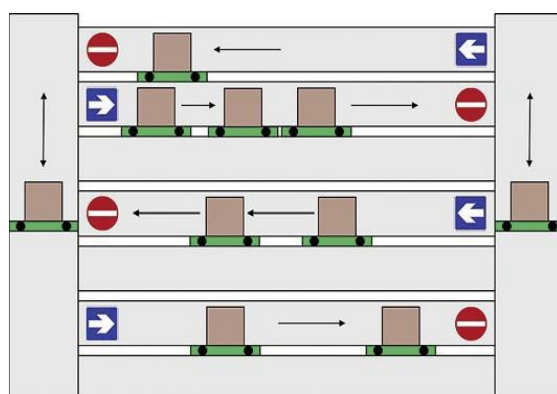


Figure 42 Ρομποτικό σύστημα μεταφοράς με 2 ανελκυστήρες (Vogel-Heuser, Bauernhansl and Hompel, 2017)

Μια από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τα οχήματα της αποθήκης για να επικοινωνούν απευθείας και αποκεντρωμένα μεταξύ τους είναι το πρωτόκολλο ZigBee (το ZigBee είναι πιο εξειδικευμένο για ασύρματα δίκτυα όπου ο όγκος των δεδομένων είναι μικρός- ο ιδιαίτερος χαρακτήρας του ZigBee είναι η δυνατότητα δικτύωσης πολλών δικτύων χαμηλής εμβέλειας σε ένα τεράστιο)(Vogel-Heuser, Bauernhansl and Hompel, 2017). Επίσης εφαρμόζεται και η τεχνολογία RFID. Η

αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) έχει καθιερωθεί ως ένα χρήσιμο πρότυπο μετάδοσης. Η αυτόματη μετάδοση δεδομένων ενεργοποιείται όταν η απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη είναι αρκετά μικρή. Η πιθανή απόσταση μετάδοσης εξαρτάται από την επιλεγμένη ζώνη συχνοτήτων του πομπού ή του δέκτη (Finkenzeller, 2010).

#### 4.4.5.4. Διαχείριση εξοπλισμού

Μια άλλη σημαντική μέθοδος για τη βελτίωση της ευρωστίας της παραγωγής είναι η διαχείριση των πόρων. Οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν μέσω της διαχείρισης των πόρων είναι η παρακολούθηση της λειτουργικής ικανότητας και η διασφάλιση της διαθεσιμότητας των επιμέρους πόρων (VDI 5600 Blatt 1, 2016). Η διαχείριση εξοπλισμού μπορεί να γίνει αντιληπτή σε πέντε επιμέρους τομείς:

- η απογραφή του εξοπλισμού, δηλαδή καταγράφεται η διαθεσιμότητα των λειτουργικών πόρων
- η παρακολούθηση της τρέχουσας κατάστασης των πόρων
- οι διαδικασίες συντήρησης των μηχανημάτων, οι οποίες είναι τρεις, η άμεση συντήρηση δηλαδή η αποκατάσταση βλαβών μετά που θα συμβούν, η προληπτική συντήρηση και η προβλεπτική συντήρηση
- η παρακολούθηση κατάστασης του εξοπλισμού
- η διαχείριση ενέργειας, δηλαδή ελαχιστοποίηση της σπατάλης ενέργειας και συνεπώς εξοικονόμηση ενεργειακών δαπανών (N. N., 2019)



Figure 43 Διαχείριση εξοπλισμού

## 4.5 Αρχές σχεδιασμού Industry 4.0

Οι ορισμοί των στοιχείων της Industry 4.0 επηρεάζουν τις περιπτώσεις των αρχών σχεδιασμού της Industry 4.0. Από τα τέσσερα στοιχεία μπορούν να προκύψουν οι έξι αρχές σχεδιασμού (Hermann M., 2015)(Πίνακας 4).

Design Principles of Each Industry 4.0 Component

	Cyber-Physical Systems	Internet of Things	Internet of Services	Smart Factory
Interoperability	X	X	X	X
Virtualization	X	—	—	X
Decentralization	X	—	—	X
Real-time capability	—	—	—	X
Service orientation	—	—	X	—
Modularity	—	—	X	—

Table 4 Αρχές σχεδιασμού Industry 4.0

### 4.5.1. Διαλειτουργικότητα

Η διαλειτουργικότητα είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την Industry 4.0. Διαλειτουργικότητα σημαίνει ότι όλα τα CPS σε μια βιομηχανική μονάδα (φορείς τεμαχίων, σταθμός συναρμολόγησης και προϊόντα) είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους "μέσω ανοικτών δικτύων και σημασιολογικών περιγραφών"(Hermann M., 2015).

### 4.5.2. Εικονικοποίηση

Μέσω της εικονικοποίησης, τα CPS είναι σε θέση να παρακολουθούν φυσικές διεργασίες. Τα δεδομένα των αισθητήρων συνδέονται με εικονικά μοντέλα εγκαταστάσεων και μοντέλα προσομοίωσης, δημιουργώντας ένα εικονικό αντίγραφο του φυσικού κόσμου. Σε περίπτωση βλάβης, μπορεί να ειδοποιηθεί ο συντηρητής. Επιπλέον, παρέχονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες, όπως τα επόμενα βήματα εργασίας ή οι ρυθμίσεις ασφαλείας(Gorecky D., Schmitt M. and Loskyll M., 2014).

### 4.5.3. Αποκέντρωση

Η αυξανόμενη ζήτηση για μεμονωμένα προϊόντα καθιστά όλο και πιο δύσκολο τον κεντρικό έλεγχο των συστημάτων. Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές δίνουν τη δυνατότητα στα CPS να λαμβάνουν μόνοι τους αποφάσεις. Μόνο σε περιπτώσεις αποτυχίας οι εργασίες ανατίθενται σε ανώτερο επίπεδο (Hompe T. and Otto B., 2014). Ωστόσο, για τη διασφάλιση της ποιότητας και την ιχνηλασιμότητα, είναι

απαραίτητο να παρακολουθείται το σύνολο του συστήματος ανά πάσα στιγμή (Schlick J. *et al.*, 2014).

#### **4.5.4. Δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο**

Για οργανωτικές εργασίες, τα δεδομένα πρέπει να συλλέγονται και να αναλύονται σε πραγματικό χρόνο, ώστε σε περίπτωση βλάβης μιας μηχανής, να μπορούν τα προϊόντα να κατευθυνθούν σε άλλη μηχανή (Schlick J. *et al.*, 2014).

#### **4.5.5. Προσανατολισμός στις υπηρεσίες**

Οι υπηρεσίες των εταιρειών, των CPS και των ανθρώπων είναι διαθέσιμες στο ΙoS και μπορούν να αξιοποιηθούν από άλλα ενδιαφερόμενα μέρη. Μπορούν να προσφέρονται τόσο εσωτερικά όσο και πέρα από τα σύνορα των εταιρειών. Μια βιομηχανία μπορεί βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες, όπου όλα τα CPS προσφέρουν τις λειτουργίες τους σε μια ενθυλακωμένη υπηρεσία ιστού (Hermann M., 2015). Ως αποτέλεσμα, η λειτουργία της διεργασίας για το συγκεκριμένο προϊόν μπορεί να βασίζεται στις ειδικές απαιτήσεις του πελάτη (Schlick J. *et al.*, 2014).

#### **4.5.6. Αρθρωτότητα**

Τα αρθρωτά συστήματα μπορούν να προσαρμόζονται ευέλικτα στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις αντικαθιστώντας ή επεκτείνοντας μεμονωμένες ενότητες. Ως εκ τούτου, τα αρθρωτά συστήματα μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στις εποχιακές διακυμάνσεις ή σε μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά προϊόντων. Με βάση τυποποιημένες διεπαφές λογισμικού και υλικού (Schlick J. *et al.*, 2014), νέες μονάδες αναγνωρίζονται αυτόματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως μέσω του ΙoS (Hermann M., 2015).

## Βιβλιογραφία 4ου κεφαλαίου

1. Alexandre M., Industries 4.0 framework, challenges and perspectives. Wiesbaden: RheinMain University, 2014.
2. Backer, K. de; Pilat, D.; Yamano, N.; Lunati, M.; Cimper, A.; Olsen, K.; Webb, C.; Van Welsum, D.; Reif, X.; Criscuolo, C.; Karpaty, P.; Svanberg, S.; Basri, E.: Staying Competitive in the Global Economy. Compendium of Studies on Global Value Chains. Paris. OECD publishing 2008
3. Baheti R., and Gill H., Cyber physical systems (CPS), The Impact of Control Technology, 2011, 161–166, 2011.
4. Bandyopadhyay D., and Sen J., Internet of Things—Applications and Challenges in Technology and Standardization, Wireless Personal Communications, 58(1) 49–69, 2011.
5. Buxmann P., Hess T., and Ruggaber R., Internet of services. Business & Information Systems Engineering, 5, 341–342, 2009.
6. Cheng X., Zhang M., and Sun F., Architecture of Internet of Things and its key technology integration based-on RFID. Fifth International Symposium on Computational Intelligence and Design, pp. 294–297, 2012.
7. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0). Beuth Verlag GmbH. Berlin 2016
8. Faller, C., & Feldmüller, D. (2015). Industry 4.0 learning factory for regional SMEs. Procedia CIRP, 32, 88-91.
9. Farooq M. U., Waseem M., and Mazhar S., A Review on Internet of Things (IoT), International Journal of Computer Applications (0975 8887), 113(1) 1–7, 2015.
10. Finkenzeller, K.: RFID handbook. Fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication. Chichester. Wiley 2010
11. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Smart face—Smart Micro factory for Electric Vehicles with Lean Production Planning. Smart Face—Smart Micro Factory für Elektrofahrzeuge mit schlanker Produktionsplanung. Christoph Mertens, Supply Chain Engineering, 2014.  
[https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/OE%20220/Referenzen/jahresbericht2016/Smart%20Face\\_Smart%20Micro%20Factory.pdf](https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/OE%20220/Referenzen/jahresbericht2016/Smart%20Face_Smart%20Micro%20Factory.pdf). Accessed August 30, 2018.
12. Gaub H., “Customization of mass-produced parts by combining injection molding and additive,” Reinf. Plast., vol. 60, no. 6, pp. 401–404, 2016.
13. Geisser, P.: Temperiertechnik. Theorie und Praxis 2016.
14. Gorecki, P.; Pautsch, P.: Praxisbuch Lean Management. Der Weg zur operativen Excellence. Munich. Hanser 2014
15. Gorecky D., Schmitt M., and Loskyll M., Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter, 2014.
16. Hompel T., and Otto B., Technik für die wandlungsfähige Logistik. Industrie 4.0. 23. Deutscher Materialfluss-Kongress, 2014.
17. Hopmann, C.; Theunissen, M.; Kessler, F.; Lammert, N.; Haschke, F.: Integrated production of customized lightweight parts. 3rd International Injection Moulding Conference. Aachen 2017
18. Industrie 4.0 Whitepaper FuE-Themen, Plattform Industrie 4.0, Stand: 7, 2015.<https://www.din.de/blob/67744/de1c706b159a6f1baceb95a6677ba497/whitepaper-fue-themen-data.pdf>. Accessed September 1, 2018.
19. Johannaber, F.; Michaeli, W.: Handbuch Spritzgießen. Munich. Hanser 2014
20. Jünemann, R.: Materialfluß und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin. Springer-Verl. 1989

21. Khan R., Khan S. U., Zaheer R., and Khan S., Future Internet: The Internet of Things Architecture, possible applications and key challenges, in Proceedings of Frontiers of Information Technology (FIT), 257–260, 2012.
22. Kompel, M. ten; Schmidt, T.: Warehouse Management. Automatisierung und Organisation von Lager-und Kommissioniersystemen. Berlin. Springer 2005
23. Krogh B. H., Cyber physical systems: The need for new models and design paradigms. Presentation report, PPT. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 1–31, 2015.
24. Kruijssen, T.: Datenschnittstellen. In: Beck, R. (Ed.): Handbuch der Temperierung mittels flüssiger Medien. Heidelberg: Hüthig 2006, pp. 55–61
25. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
26. Lee J., Lapira E., Bagheri B., and Kao H., Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment, *Manufacturing Letter*, 38, 41, 2013a.
27. Lee I., and Lee K., The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Kelley School of Business, Indiana University. Published by Elsevier Inc. All rights reserved. *Business Horizons* 58, 431–440, 2015.
28. Lopez Research LLC, An Introduction to the Internet of Things (IoT), San Francisco, CA, 2013.
29. Liu Y., Peng Y., Wang B., Yao S., and Liu Z., Review on cyber physical systems, *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 4(1), 27–40, 2017.
30. Long, F., Zeiler, P., Bertsche, B.: Modelling the production systems in industry 4.0 and their availability with high-level Petri nets. In: 8th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, Elsevier, vol. 49, no. 12, pp. 145–150 (2016)
31. Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik. Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit. Wiesbaden. Springer Vieweg 2016
32. McEwen A., and Cassimally H., Designing the Internet of Internet, 1st edition. John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2013.
33. Monostori L., Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges, *Procedia CIRP*. 17 (2014) 9–13. doi:10.1016/j.procir.2014.03.115.
34. Mori T., Mechatronic, 1969
35. National Institute of Standards and Technology, Workshop report on foundations for innovation in cyberphysical systems, 2013. <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/el/CPS-WorkshopReport-1–30-13-Final.pdf>. Accessed September 10, 2018.
36. N. N.: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI-Richtlinie 2206, 2004
37. N. N.: Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion. CIM Computer Intergrated Manufacturing. Eschborn. AWF 1985
38. N. N.: Nexeed Manufacturing Execution System. Betriebsmittelmanagement. 49. <https://www.boschconnected-industry.com/connected-manufacturing/nexeed-manufacturing-execution/betriebsmittelmanagement/>, 27.08.2019
39. Porter, M. E.: Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York. Free Press 1985
40. Rayport, J.; Sviokla, J.: Exploiting the virtual value chain. *Harvard Business Review* (1995) November–December, pp. 75–85
41. Richards M., Micro services vs. Service-Oriented Architecture, O’Reilly Media, Inc., Sebastopol, CA, 2016.
42. Rudtsch V., Gausemeier J., Gesing J., Mittag T., Peter S., Pattern-based Business Model Development for Cyber-Physical Production Systems, *Procedia CIRP*. 25 (2014) 313–319. doi:10.1016/j.procir.2014.10.044.
43. Scheer A. W., Industrie 4.0: Wie sehen Produktionsprozesse im Jahr 2020 aus? 2013.



44. Schlick J., Stephan P., Loskyll M., and Lappe D., *Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung*, 2014
45. Schmertosh, T.; Krabbes, M.: *Automatisierung 4.0. Objektorientierte Entwicklung modularer Maschinen für die digitale Produktion*. Munich. Carl Hanser Verlag 2018
46. Shen G., and Liu B., The visions, technologies, applications and security issues of Internet of Things, E-Business and E -Government (ICEE), 1–4, 2011.
47. Shi J., Wan J., Yan H., and Suo H., A survey of cyber-physical systems, International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCP), 1–6, 2011.
48. Tolz, M.: *Peripheriegeräte der Spritzgießtechnik*. Nürnberg. Wittmann Robot Systeme GmbH 2016.
49. Uviase O., and Kotonya G., IoT architectural framework: connection and integration framework for IoT systems, School of Computer Science and Communication. Lancaster University, Lancaster, UK, 2018.
50. Varela, M.L.R., Putnik, G.D., Manupati, V.K., Rajyalakshmi, G., Trojanowska, J., Machado, J.: Collaborative manufacturing based on cloud, and on other i4.0 oriented principles and technologies: a systematic literature review and reflections. *Manag. Prod. Eng. Rev.* 9(3), 90–99 (2018)
51. VDI 5600 Blatt 1 – Manufacturing execution systems (MES). Beuth Verlag GmbH. Berlin
52. Vijayakumar S.R.; Gajendran S.: Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in injection moulding process industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* (2014), pp. 47–60
53. Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten: *Handbuch Industrie 4.0. Vol. 3: Logistik*. Berlin. Springer Vieweg 2017
54. Wu M., Lu T. L., Ling F. Y., Sun L., and Du H. Y., Research on the architecture of Internet of Things, *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, 484–487, 2010.
55. Zhang Y., Technology framework of the Internet of Things and its application, *Electrical and Control Engineering (ICECE)*, 4109–4112, 2011.
56. Zollondz, H.-D.: *Grundlagen Lean Management. Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme, Techniken sowie Gestaltungs- und Implementierungsansätze eines modernen Managementparadigmas*. Munich. Oldenbourg 2013
57. Κοντογιάννης Θ., Καζάρας Κ.: *Λιτή Παραγωγή & Λιτή Διοίκηση Βιομηχανικών Επιχειρήσεων (Lean Manufacturing)*, 2016

## 5. Πρόγραμμα Smart Building Siemens Desigo CC και εφαρμογή του σε βιομηχανία πλαστικών

### 5.1. Ορισμός

Το έξυπνο κτίριο είναι μια τεχνολογία Internet of Things και θεωρείται κάθε κατασκευή που χρησιμοποιεί αυτοματοποιημένες διαδικασίες για τον αυτόματο έλεγχο των λειτουργιών του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων θέρμανση, εξαερισμό, κλιματισμό, φωτισμό, ασφάλεια και άλλα συστήματα και επικεντρώνεται σε υφιστάμενα κτίρια και σε ροές δεδομένων αισθητήρων. Ένα έξυπνο κτίριο χρησιμοποιεί αισθητήρες, ενεργοποιητές και μικροτσίπ, προκειμένου να συλλέγει δεδομένα και να τα διαχειρίζεται ανάλογα με τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες μιας επιχείρησης. Αυτή η υποδομή βοηθά τους ιδιοκτήτες, τους φορείς εκμετάλλευσης και τους διαχειριστές εγκαταστάσεων να βελτιώσουν την αξιοπιστία και την απόδοση των περιουσιακών στοιχείων, γεγονός που μειώνει τη χρήση ενέργειας, βελτιστοποιεί τον τρόπο χρήσης του χώρου και ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτιρίων (Rui et al., 2022; Tracy P., 2016).

### 5.2. Πρόγραμμα Siemens Desigo CC

Η πλατφόρμα διαχείρισης κτιρίου SIEMENS DESIGO CC χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση, τη σύνδεση και τον έλεγχο των συστημάτων ενός κτιρίου όπως της θέρμανσης, του εξαερισμού και του κλιματισμού, του φωτισμού, της σκίασης, της ενέργειας, της πυρασφάλειας και της ασφάλειας, ενώ βασίζεται σε αποδεδειγμένες τεχνολογίες με εκτεταμένη υποστήριξη για πρότυπα επικοινωνιών όπως BACnet(Building Automation and Control network), OPC(πρότυπο διαλειτουργικότητας για την ασφαλή και αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων στον τομέα της αυτοματοποίησης), SNMP(παρακολούθηση συσκευών IP), SMTP(Εισερχόμενα και εξερχόμενα e-mails), Modbus(πρότυπο επικοινωνίας) και ONVIF(κάμερες IP). Το Desigo CC είναι ένα εργαλείο για την ταυτόχρονη λειτουργία και παρακολούθηση και απεικόνισης όλων των διαδικασιών σε ένα εργοστάσιο μέσω υπολογιστή, με αυτόματες ειδοποιήσεις και προειδοποιήσεις για τυχόν βλάβες και κινδύνους, παρέχοντας ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών και αναφορών. Ως πλατφόρμα ολοκλήρωσης, το Desigo CC έχει σχεδιαστεί για να συνδέεται ταυτόχρονα με πολλαπλά συστήματα και να χρησιμοποιείται από πολλούς χειριστές, κάνοντας ο καθένας την δική του χρήση. Το σύστημα Desigo CC έχει την δυνατότητα να χωριστεί σε δύο επίπεδα:

- Επίπεδο διαχείρισης
- Επίπεδο αυτοματισμού, το οποίο διασυνδέεται με το επίπεδο πεδίου και περιλαμβάνει επίσης τον αυτοματισμό των χώρων ενός εργοστασίου.(Siemens system catalogue, 2016)

Παρακάτω απεικονίζεται η αρχιτεκτονική του Desigo CC(Εικόνα 44):

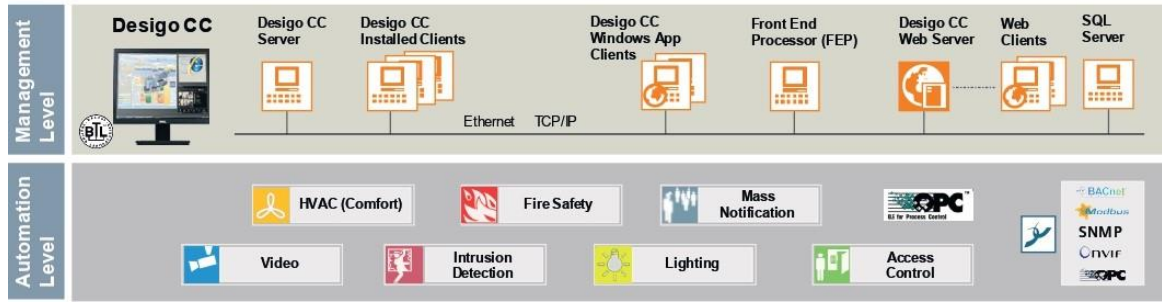


Figure 44 Αρχιτεκτονική του Siemens Designo CC

Εξαιτίας της αποκεντρωμένης νοημοσύνης, και τα δύο επίπεδα λειτουργούν τόσο αυτόνομα όσο και σε δίκτυο. Παρακάτω απεικονίζεται η τοπολογία του Designo CC:

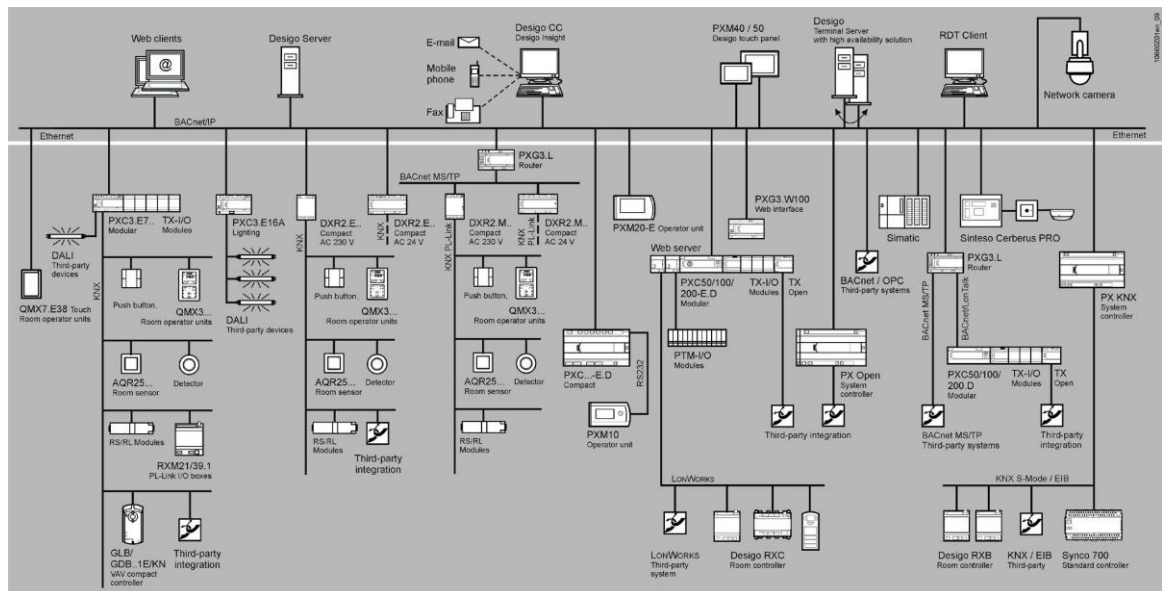


Figure 45 Τοπολογία συστήματος Designo

### 5.3. Χαρακτηριστικά Designo CC

Τα χαρακτηριστικά του Designo CC είναι:

- Πλήρης ενσωμάτωση συστημάτων αυτοματισμού κτιρίων, πυρασφάλειας, εισβολής και ζωντανών συστημάτων καμερών IP.
- Συλλογή, προβολή, ανάλυση και σύγκριση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.
- Η διεπαφή χρήστη με προσανατολισμό στη ροή εργασιών επιτρέπει τη γρήγορη και ακριβή λειτουργία και το χειρισμό συμβάντων και βλαβών
- Υποστήριξη των κορυφαίων ανοικτών προτύπων: BACnet, OPC, Modbus και SNMP.

- Υποστήριξη του βιομηχανικού προτύπου Siemens Simatic S7-300 / 400
- Υποστήριξη του προτύπου ONVIF για κάμερες βίντεο IP
- Το Desigo CC υποστηρίζει διασυνδέσεις με συστήματα πυρασφάλειας συμβατά με το πρότυπο EN54
- Πρότυπο πυρασφάλειας (UL864 9η έκδοση, ULC-S527-11) για μονάδες πυρανίχνευσης. (Siemens system catalogue, 2016)

#### **5.4. Η πλατφόρμα Siemens Desigo CC στη βιομηχανία πλαστικών ΚΟΥΒΙΔΗΣ**

Η βιομηχανία πλαστικών ΚΟΥΒΙΔΗΣ χρησιμοποιεί την πλατφόρμα διαχείρισης κτιρίου SIEMENS DESIGO CC, σε συνεργασία με την εταιρία κατασκευής εξειδικευμένων συστημάτων επεξεργασίας νερού SYCHEM A.E. στην νέα πτέρυγα για την ενσωμάτωση, τη σύνδεση και τον έλεγχο των συστημάτων:

- Του τομέα παραγωγής όπως αντλίες κενού και γραμμές παραγωγής
- Αντλητικών όπως ανελκυστήρες, αναβаторια και αντλητικά συγκροτήματα
- Εξαερισμού ισογείου παραγωγής και υπογείου
- Ηλεκτροστάσιου για έλεγχο των ups, των γεννητριών και της μέσης τάσης νέου και παλαιού κτηρίου
- Κλιματισμού γραφείων και ζεστού νερού χρήσης ορόφων νέου κτηρίου, κλιματισμού ηλεκτροστάσιου και μπαταριών, παραγωγής νερού κλιματισμού και ψύκτη 1 κλιματισμού
- Μηχανοστάσιου όπως αντιπαγετικής προστασίας, ψύξης μηχανών παραγωγής, κυκλώματος ψύξης υψηλών θερμοκρασιών, ψυκτών υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών γραμμών παραγωγής, ψύκτη 2 και κυκλώματος ψύξης υψηλών θερμοκρασιών extruder-vacuum.
- Πυρανίχνευσης κτιρίων Α,Β και Γ.

Παρακάτω ακολουθούν οι γραφικές απεικονίσεις των συστημάτων που αναφέρθηκαν και ελέγχονται από τη πλατφόρμα Desigo CC στο πρόγραμμα περιήγησης του κεντρικού υπολογιστή:

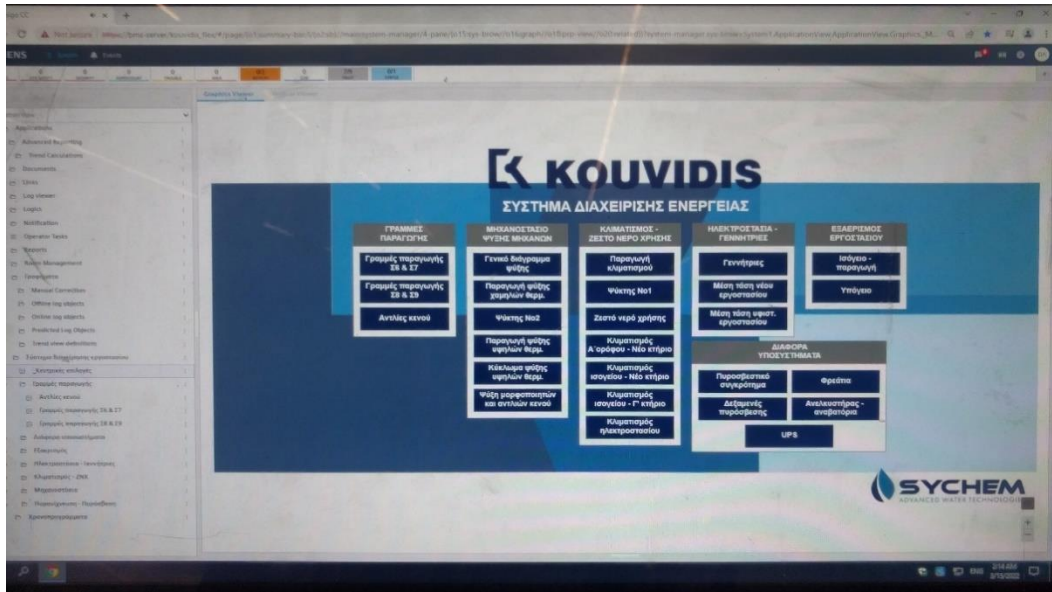


Figure 46 Κεντρικό μενού

Παραγωγή(Εικόνες 47, 48, 49)

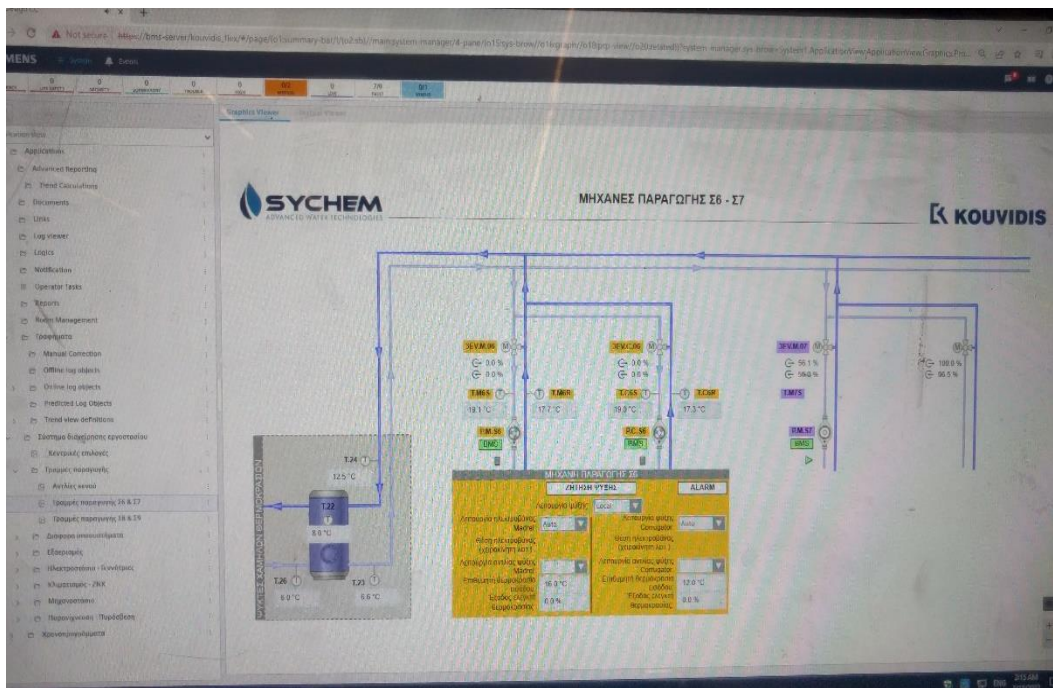


Figure 47 Μηχανές παραγωγής Σ6-Σ7



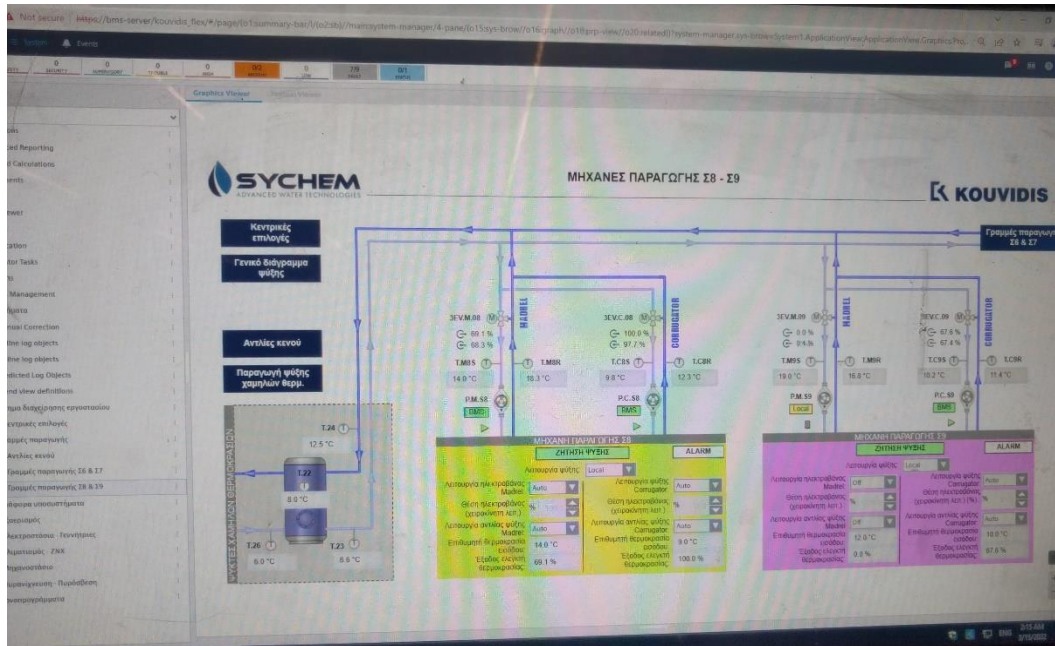


Figure 48 Μηχανές παραγωγής Σ8-Σ9

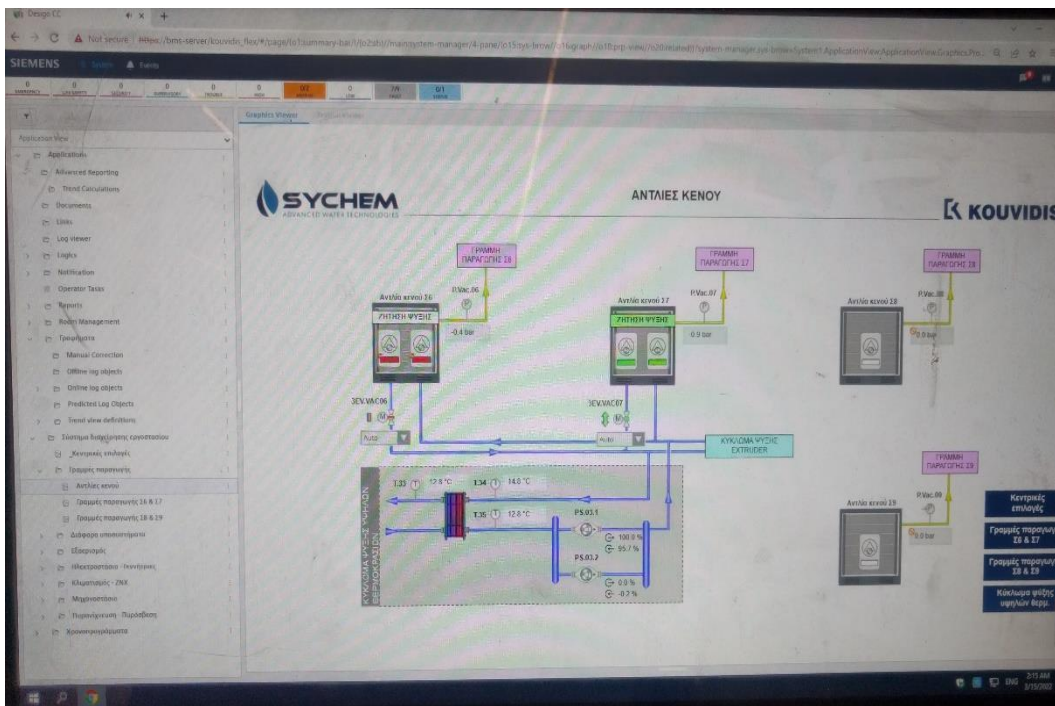


Figure 49 Αντλίες κενού

## Αντλητικά συστήματα(Εικόνες 50, 51)

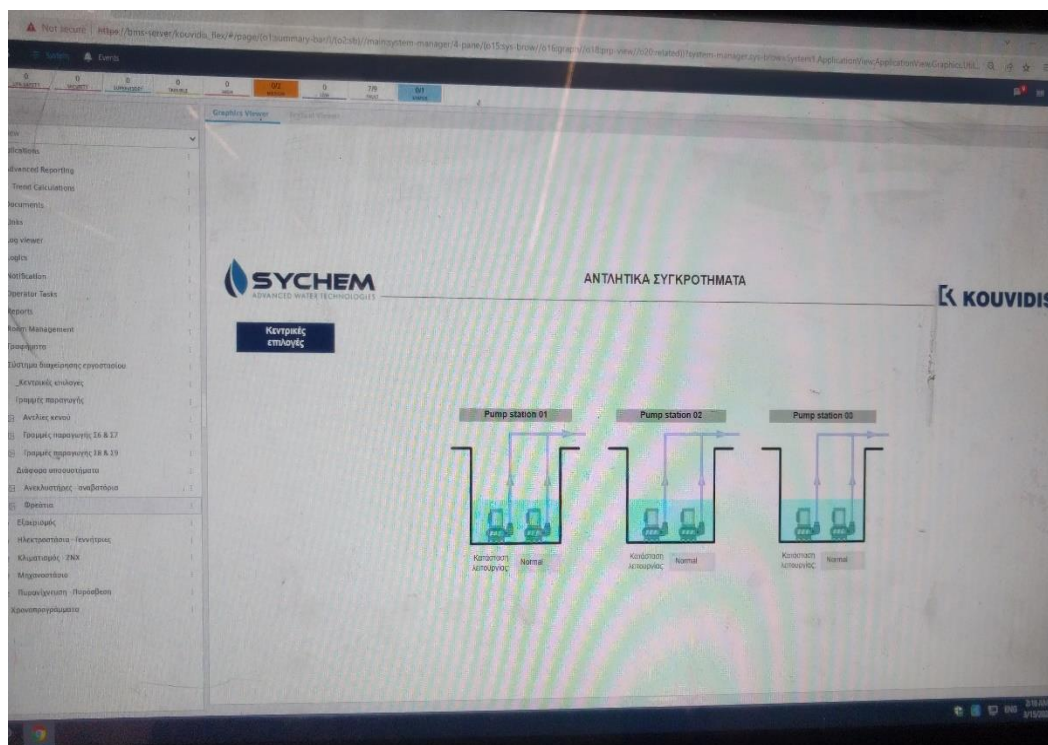


Figure 50 Αντλητικά συγκροτήματα

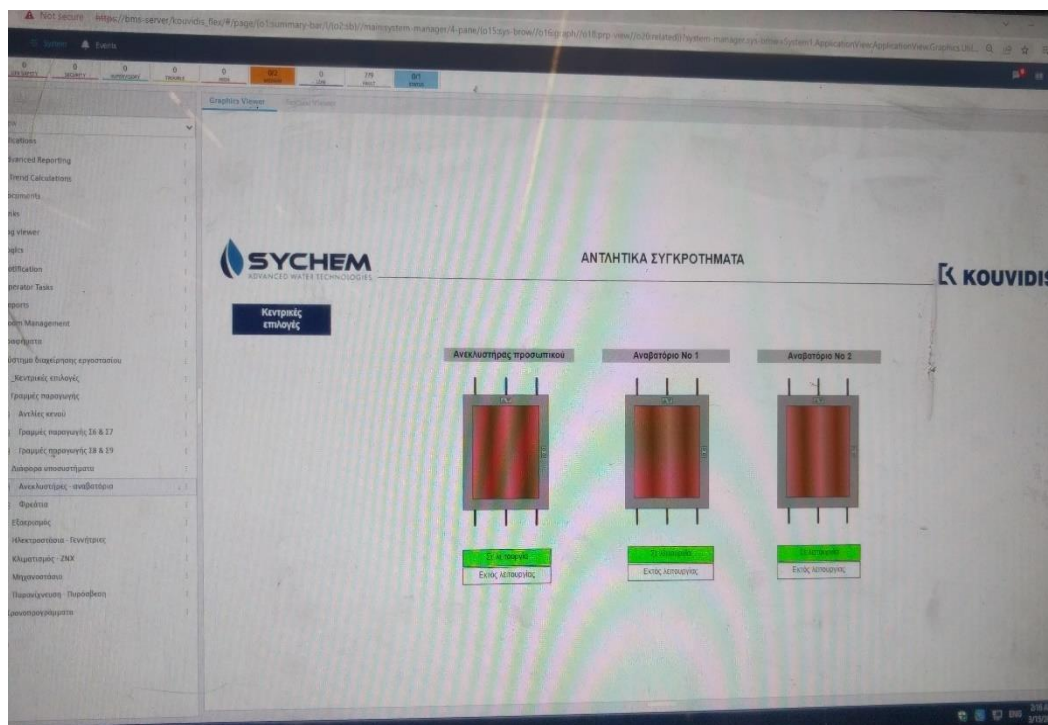


Figure 51 Ανεκλυστήρας-Ανεβατόρια



## Εξαιρισμός(52, 53)

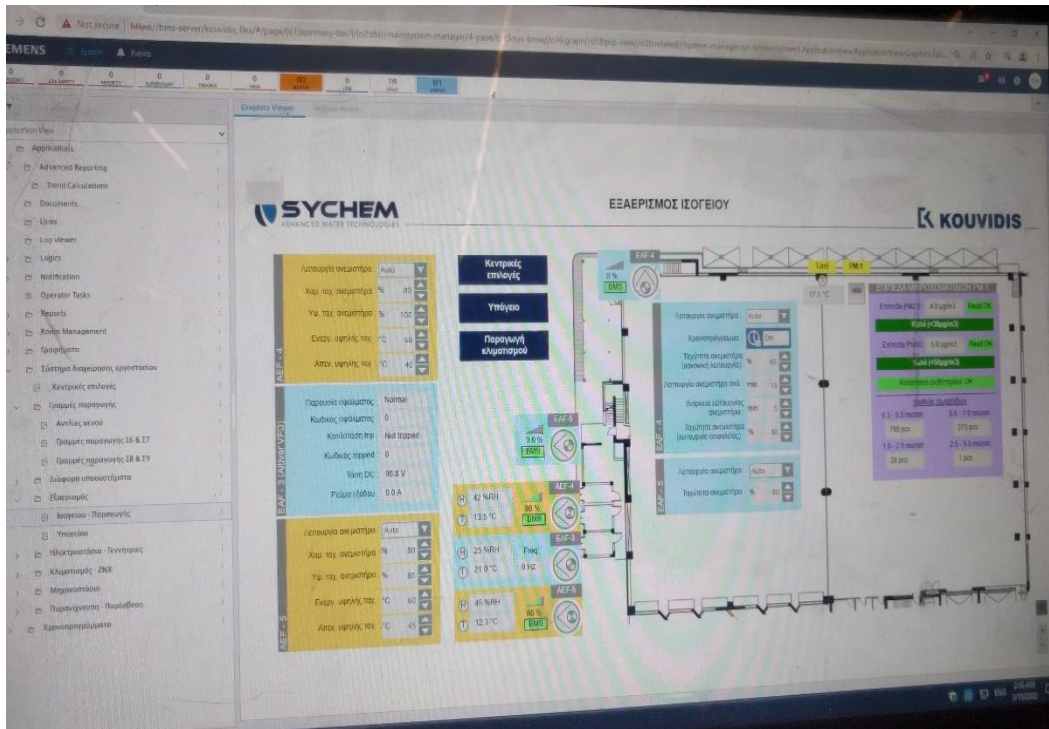


Figure 52 Εξαιρισμός ισογείου

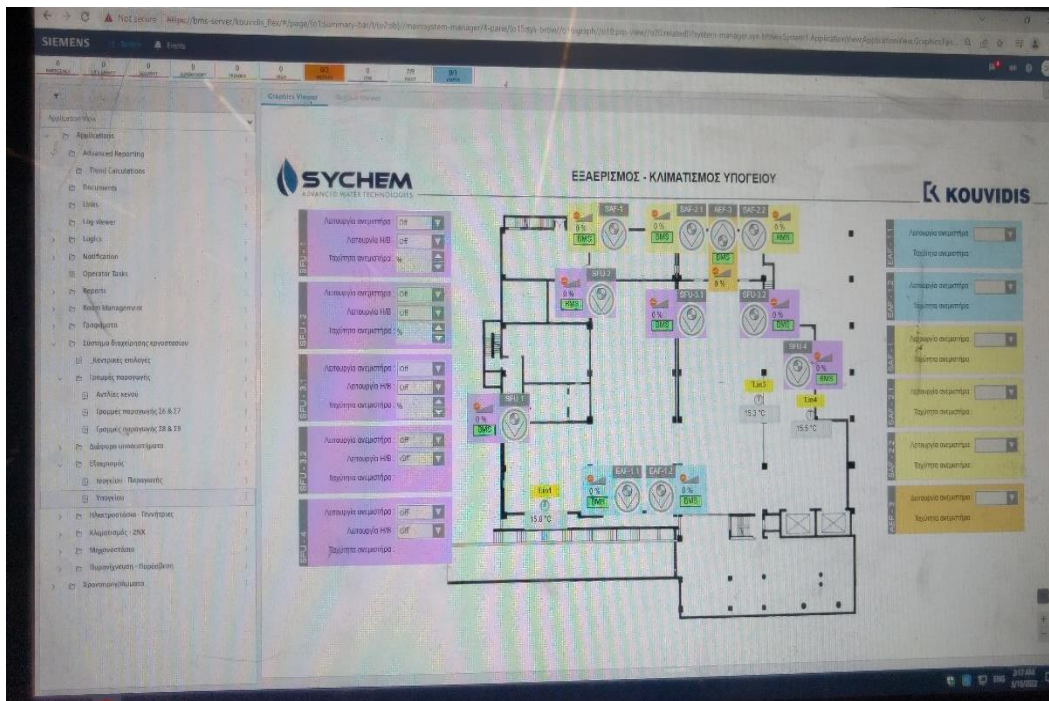


Figure 53 Εξαιρισμός-Κλιματισμός υπογείου



## Ηλεκτροστάσιο(Εικόνα 54,55,56,57)

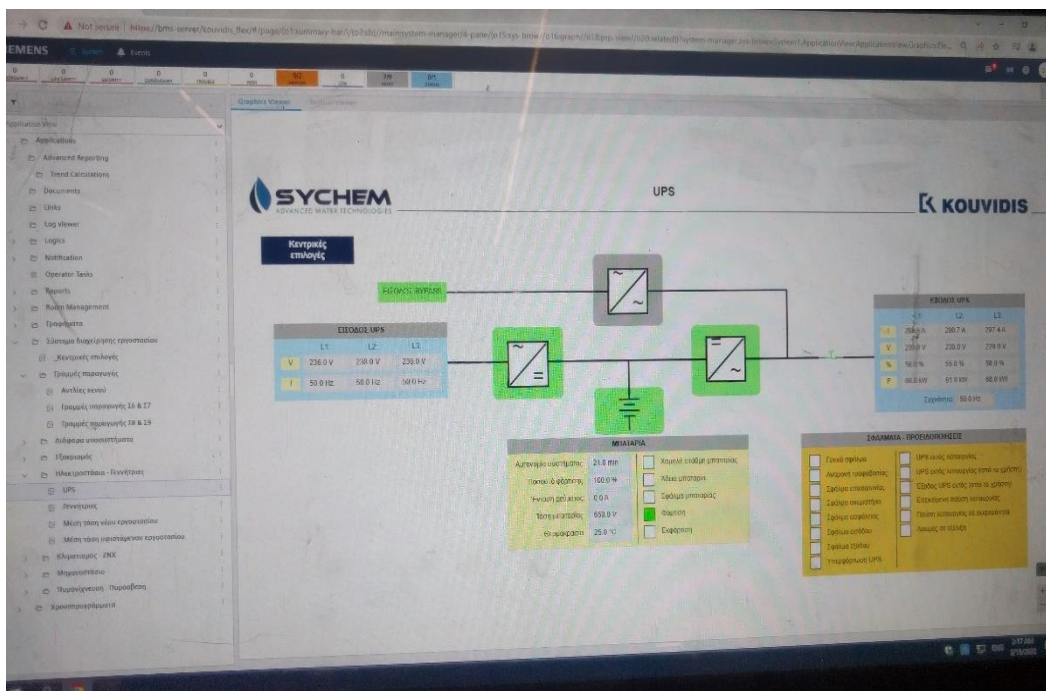


Figure 54 UPS

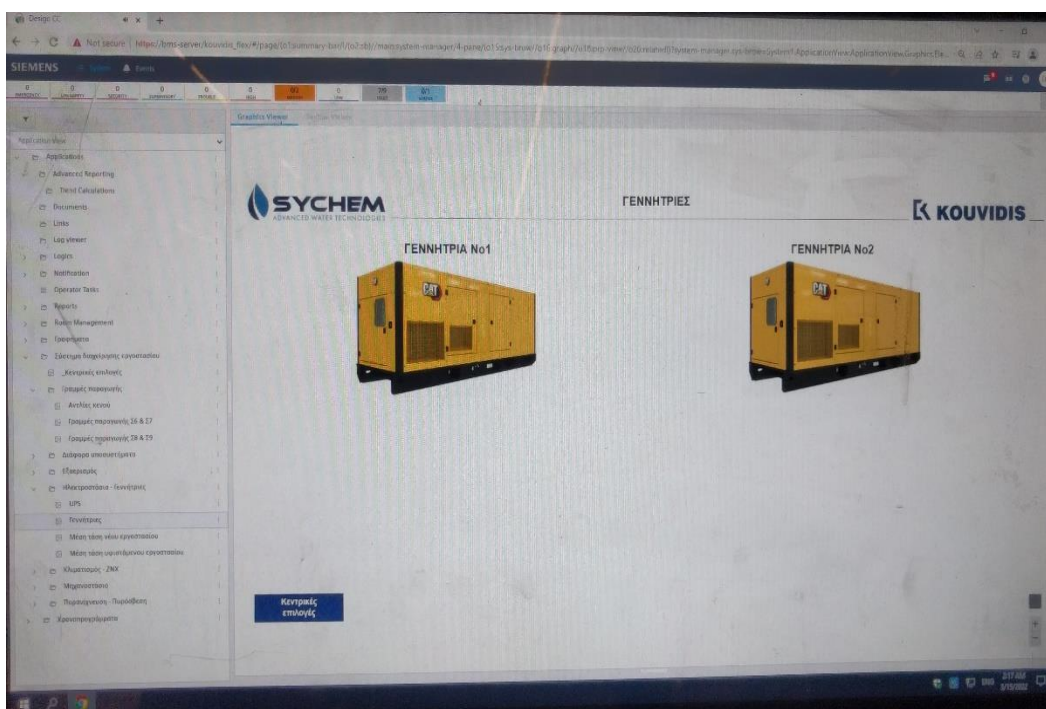


Figure 55 Γεννήτριες

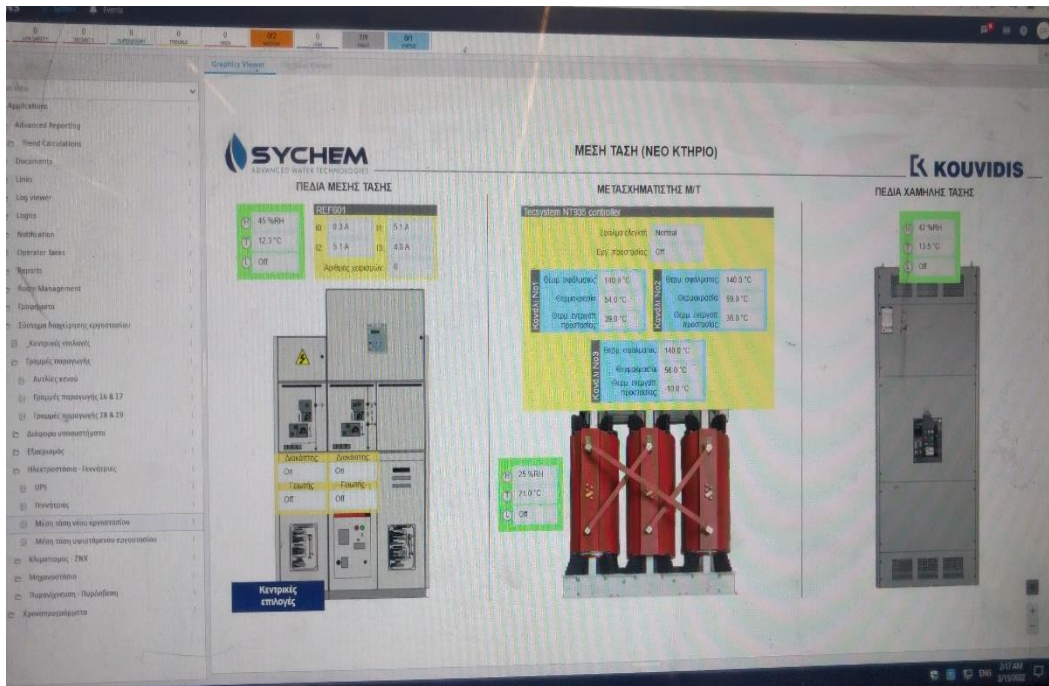


Figure 56 Μέση Τάση(Νέο Κτήριο)

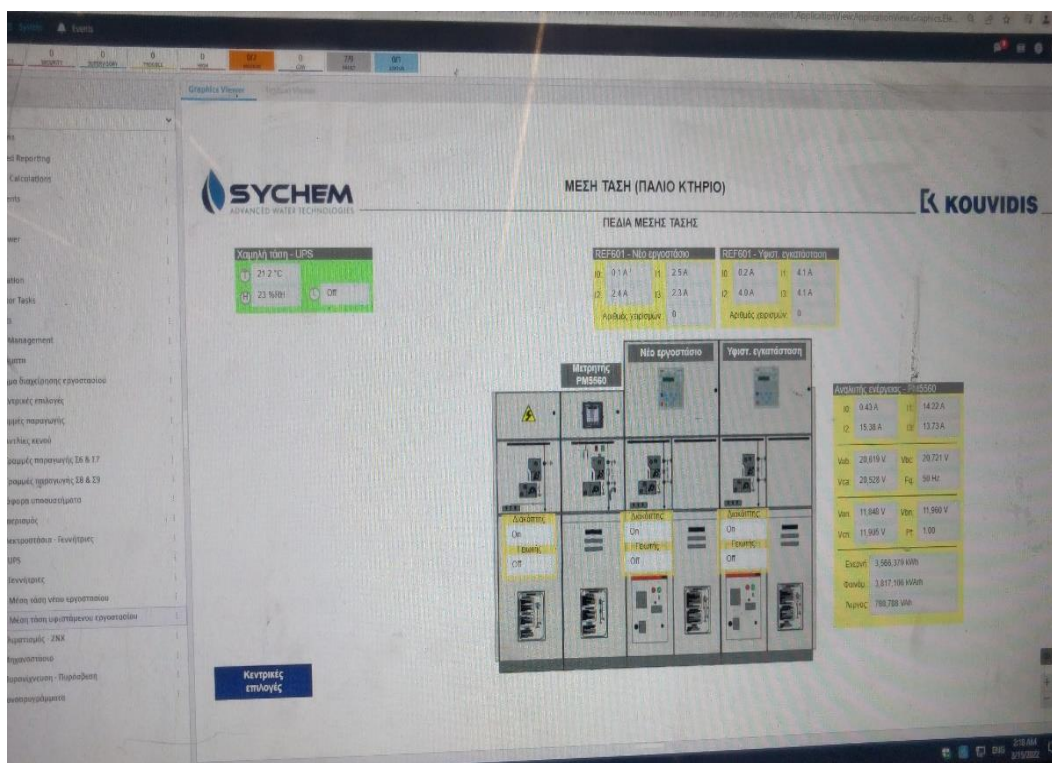


Figure 57 Μέση Τάση(Παλιό Κτήριο)



Κλιματισμός-Ζεστό νερό χρήσης(58, 59, 60, 61, 62, 63, 64)

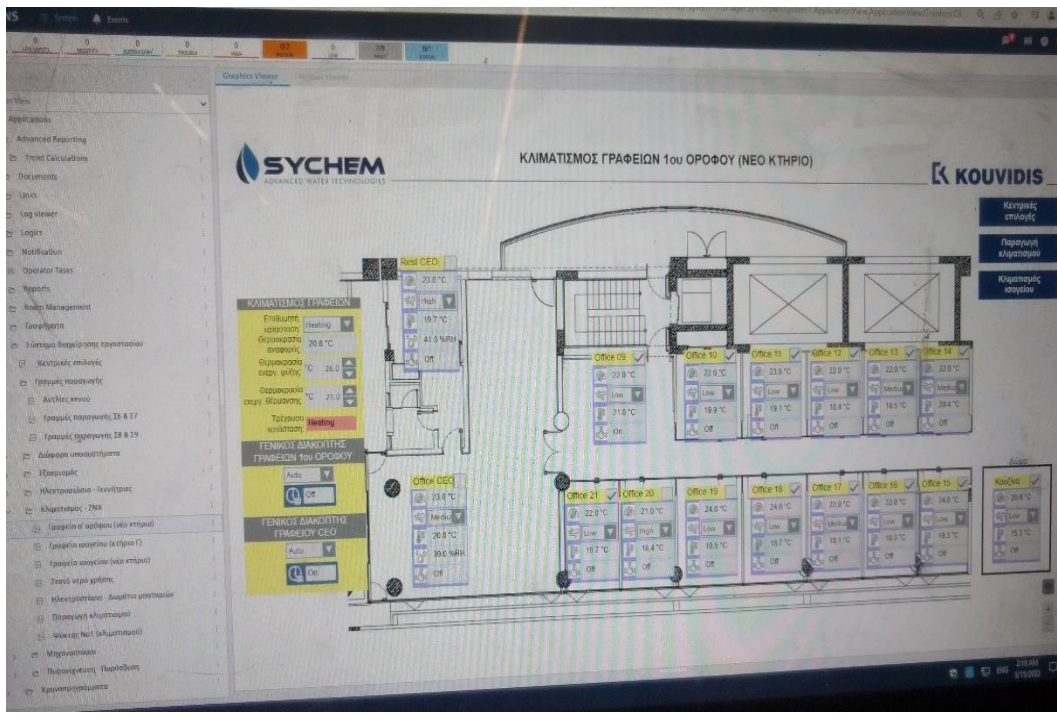


Figure 58 Κλιματισμός γραφείων 1ου ορόφου(Νέο κτήριο)

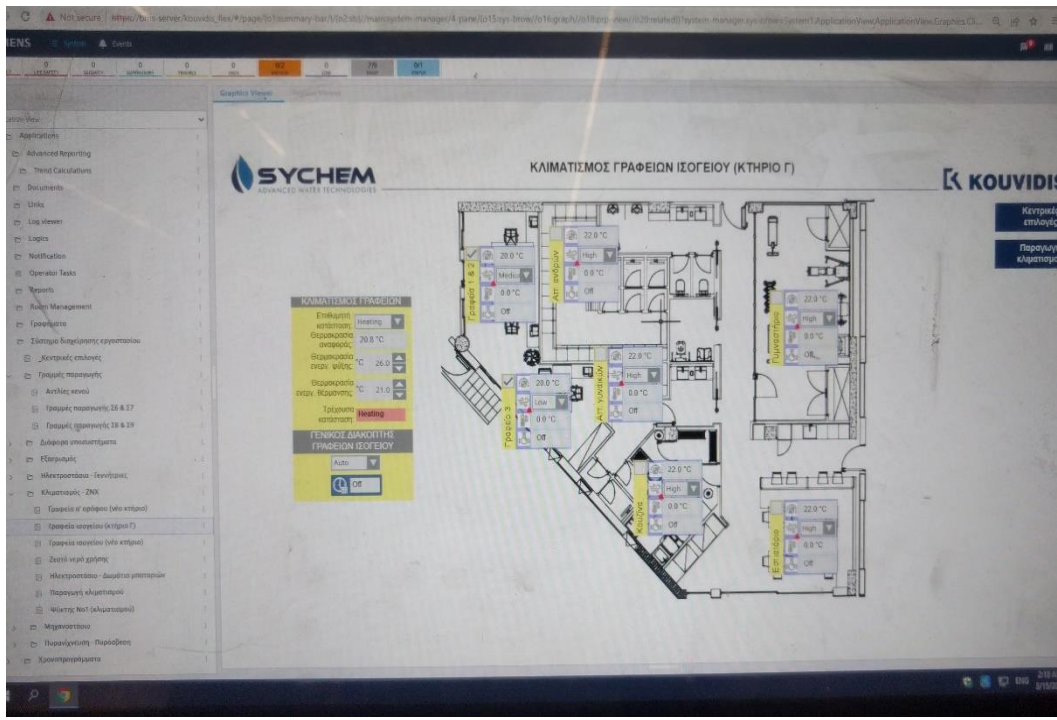


Figure 59 Κλιματισμός γραφείων ισογείου(κτήριο Γ)

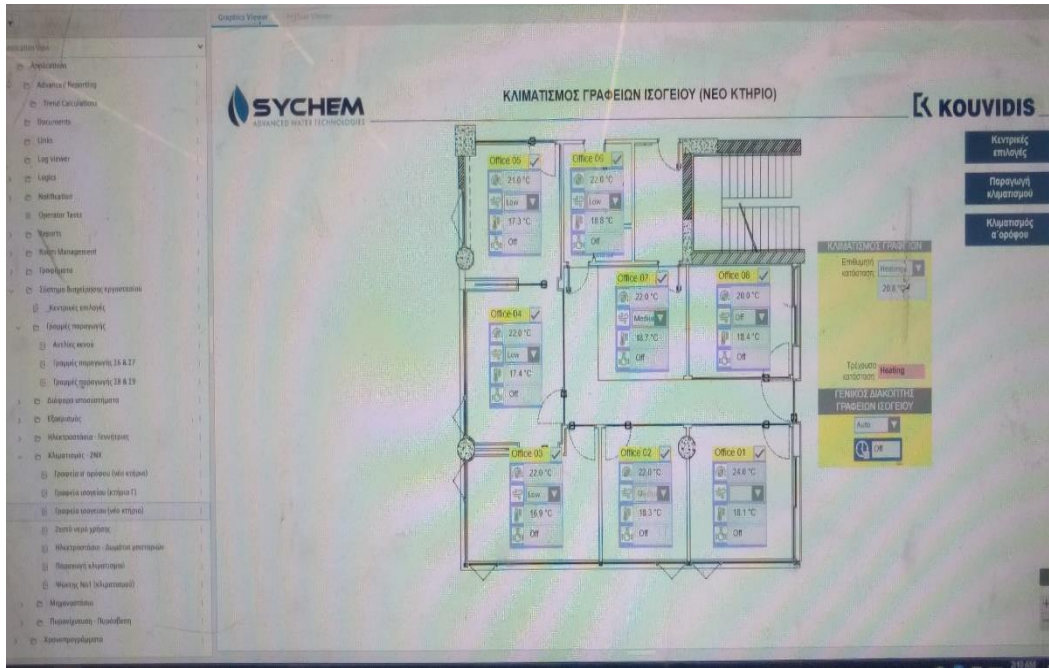


Figure 60 Κλιματισμός γραφείων ισογείου(Νέο κτήριο)

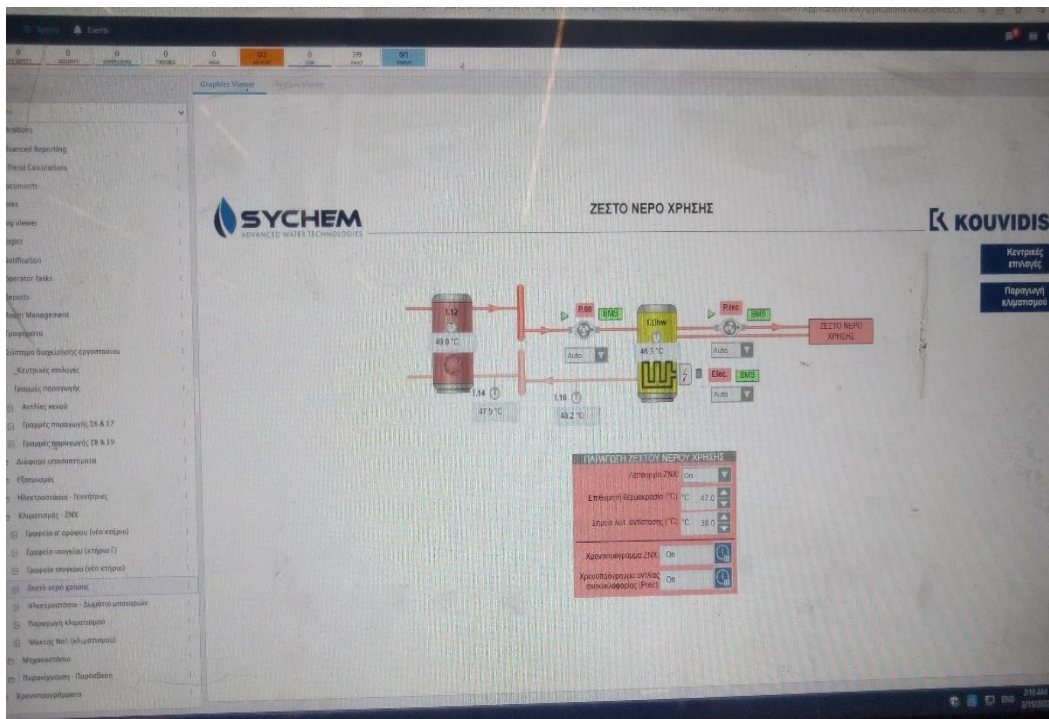


Figure 61 Ζεστό νερό χρήσης



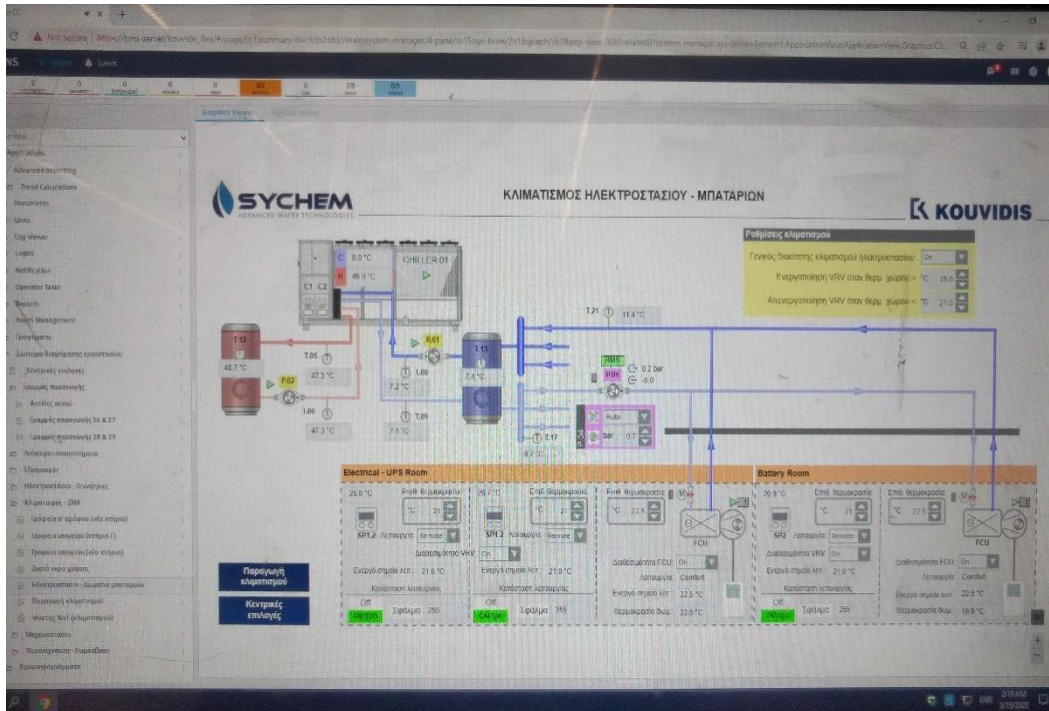


Figure 62 Κλιματισμός ηλεκτροστασίου-μπαταριών

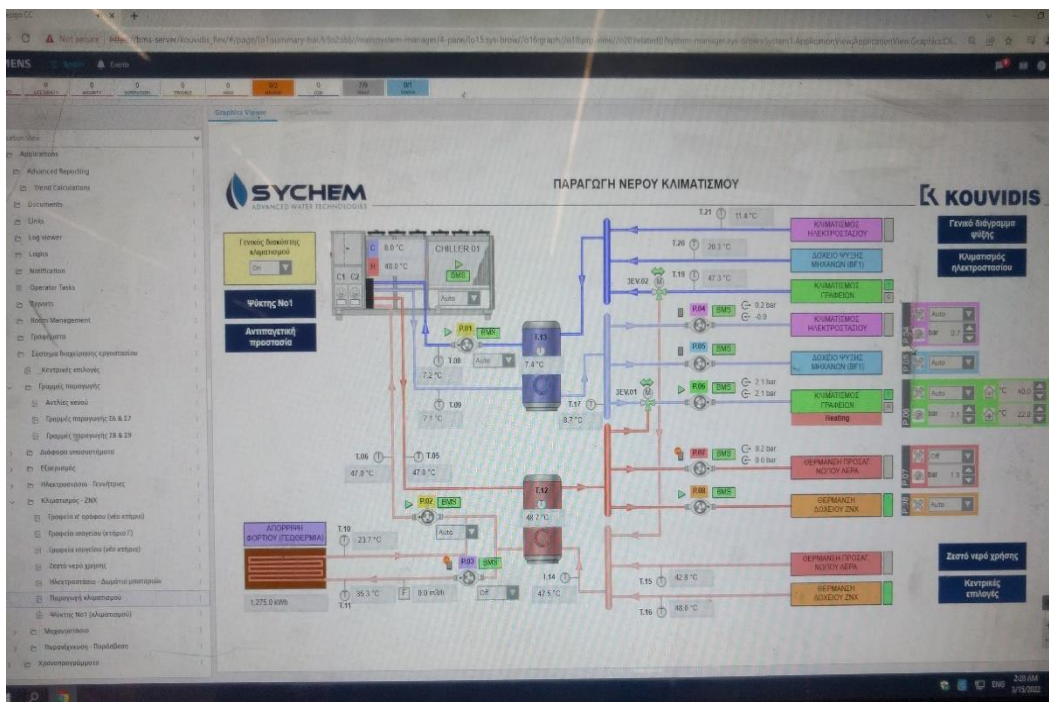


Figure 63 Παραγωγή νερού κλιματισμού

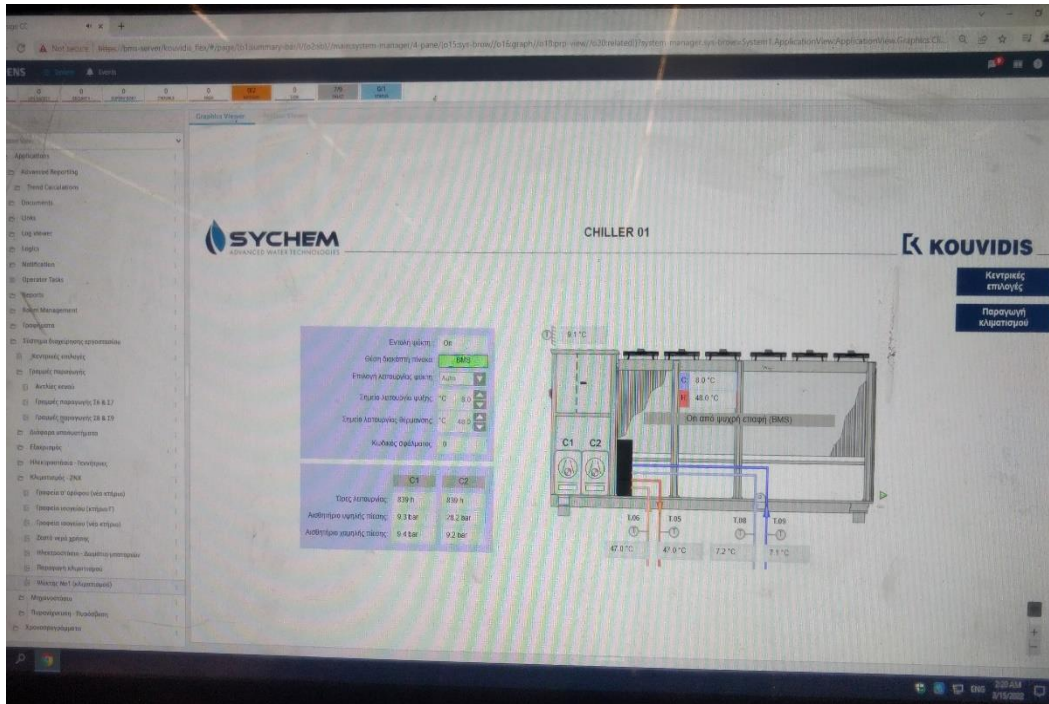


Figure 64 Ψύκτης Νοι Κλιματισμού

Μηχανοστάσιο(Εικόνα 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71)

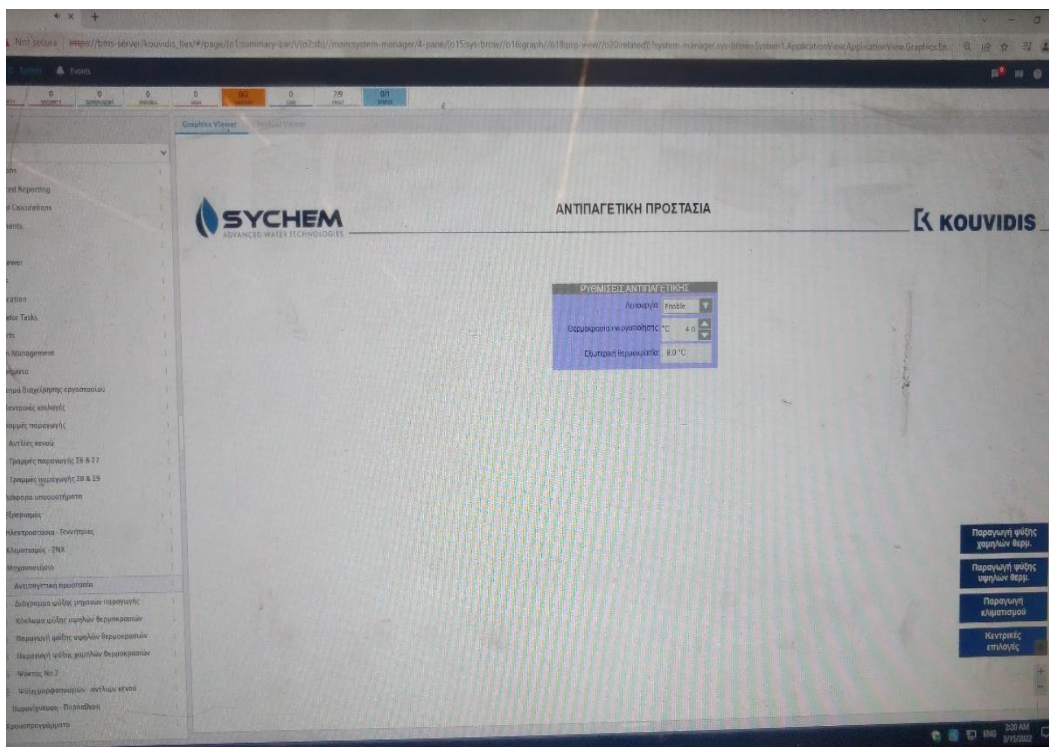


Figure 65 Αντιπαγετική προστασία



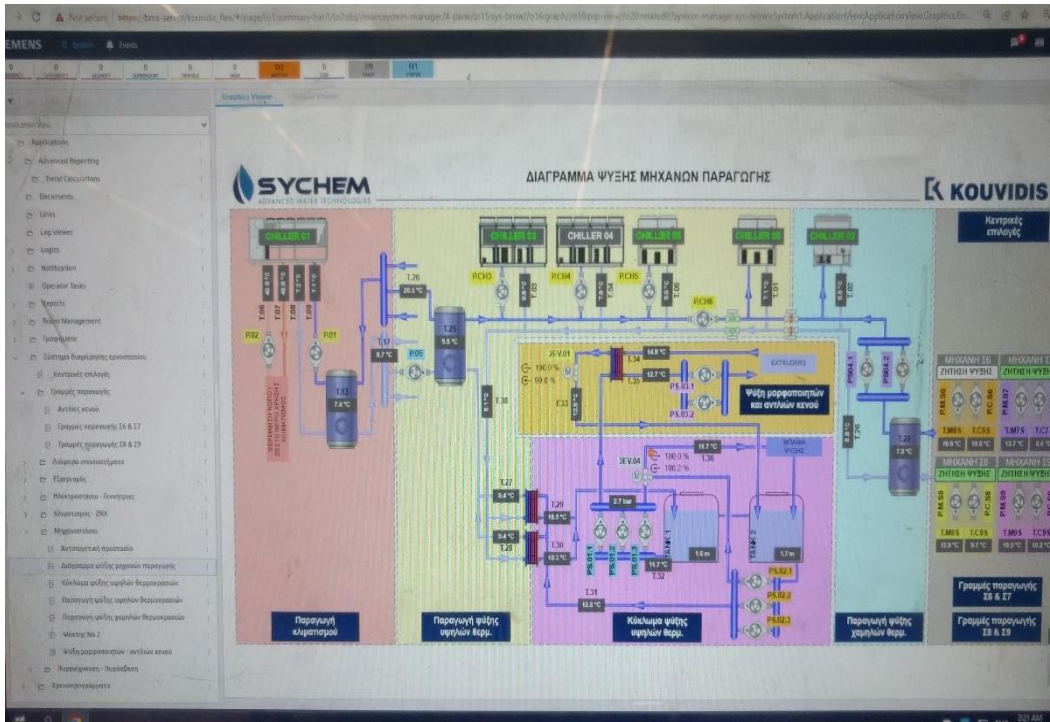


Figure 66 Διάγραμμα ψύξης μηχανών παραγωγής

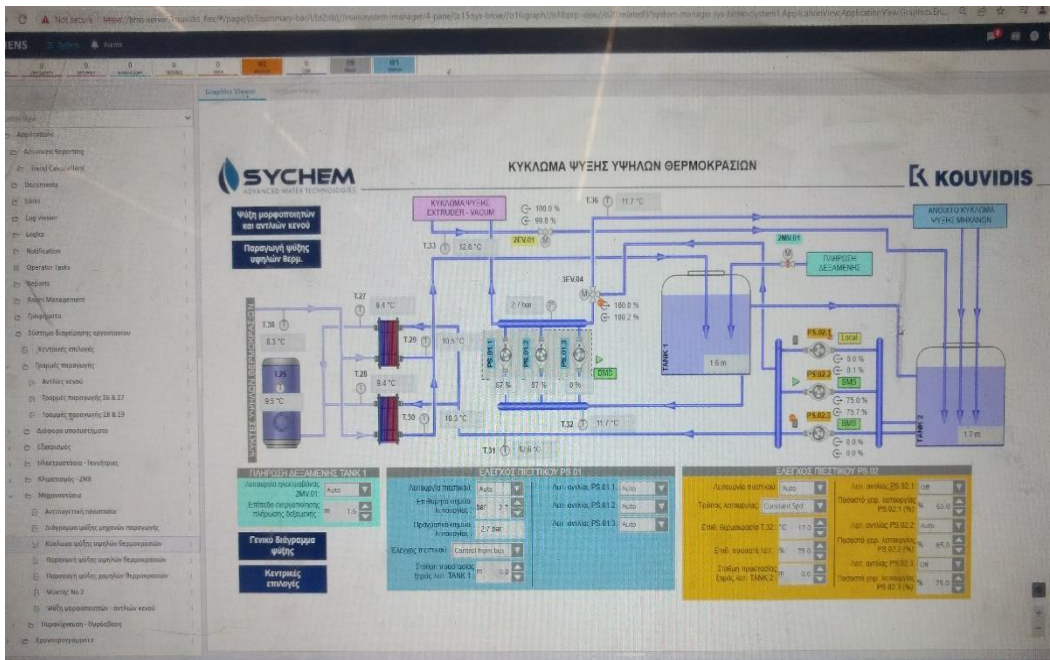


Figure 67 Κύκλωμα ψύξης υψηλών θερμοκρασιών

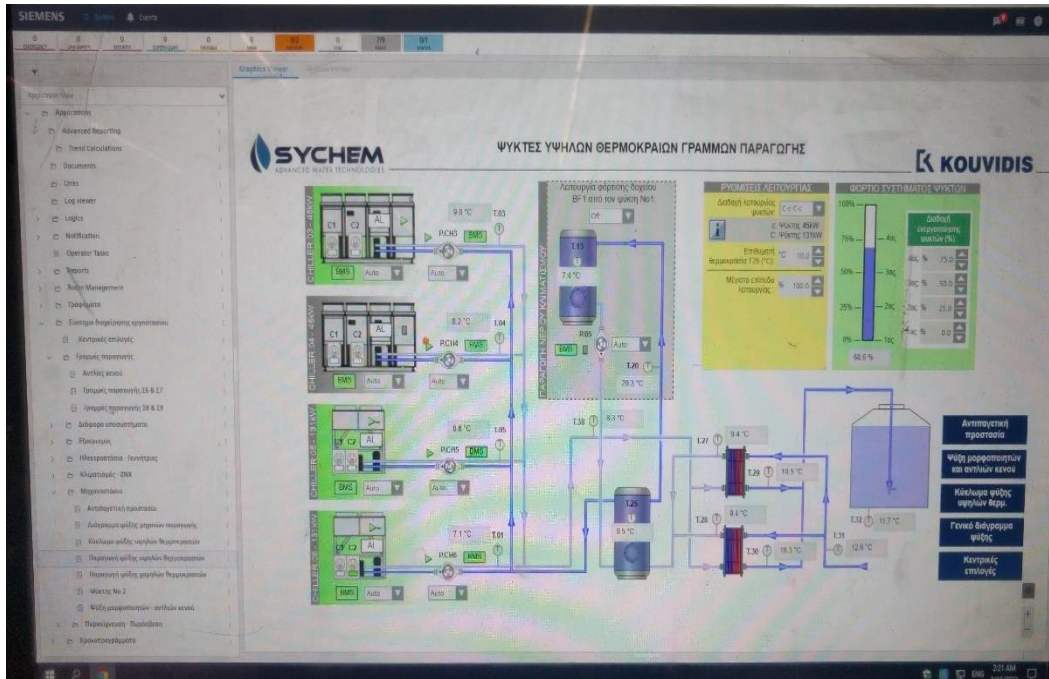


Figure 68 Ψύκτης υψηλών θερμοκρασιών γραμμών παραγωγής

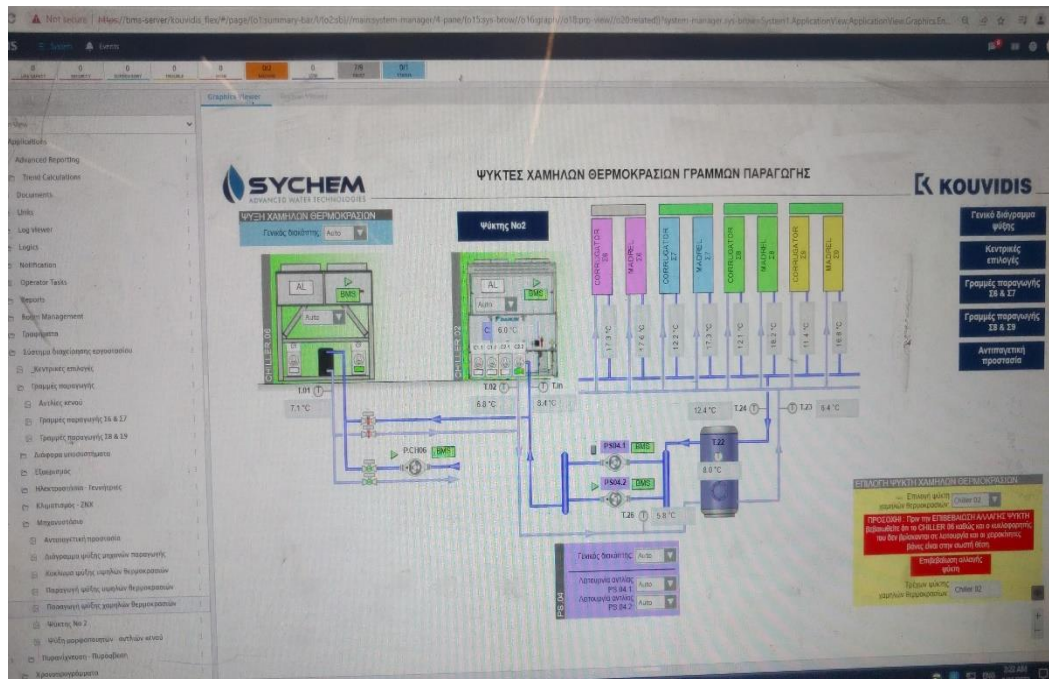


Figure 69 Ψύκτης χαμηλών θερμοκρασιών γραμμών παραγωγής



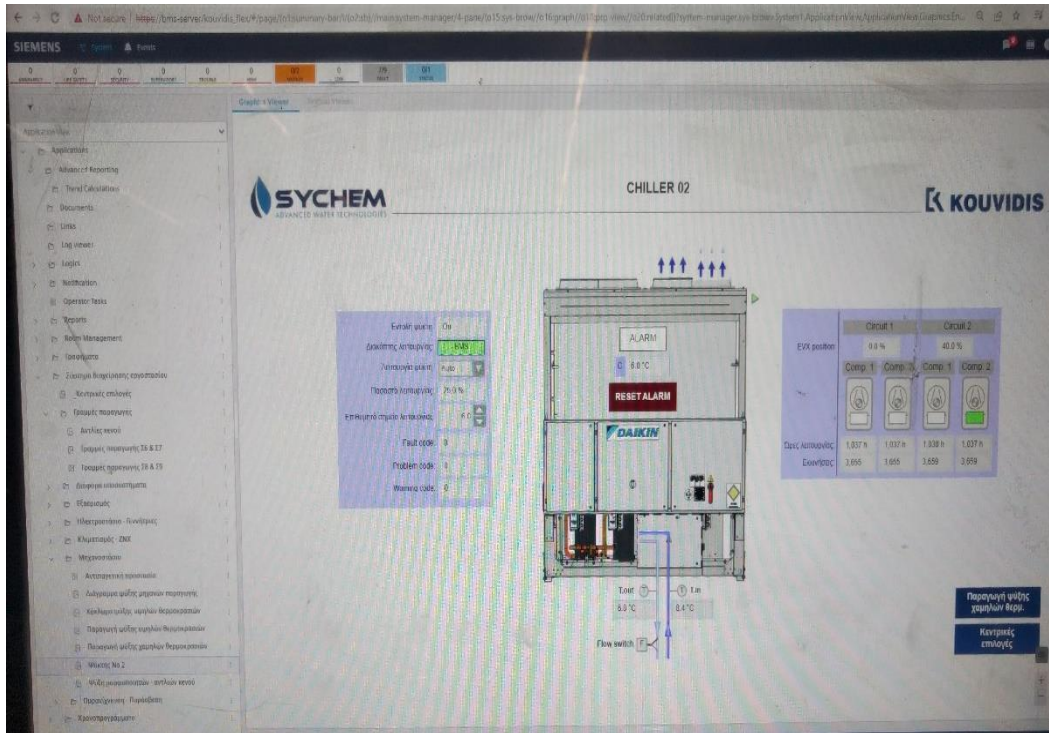


Figure 70 Ψύκτης Νο2

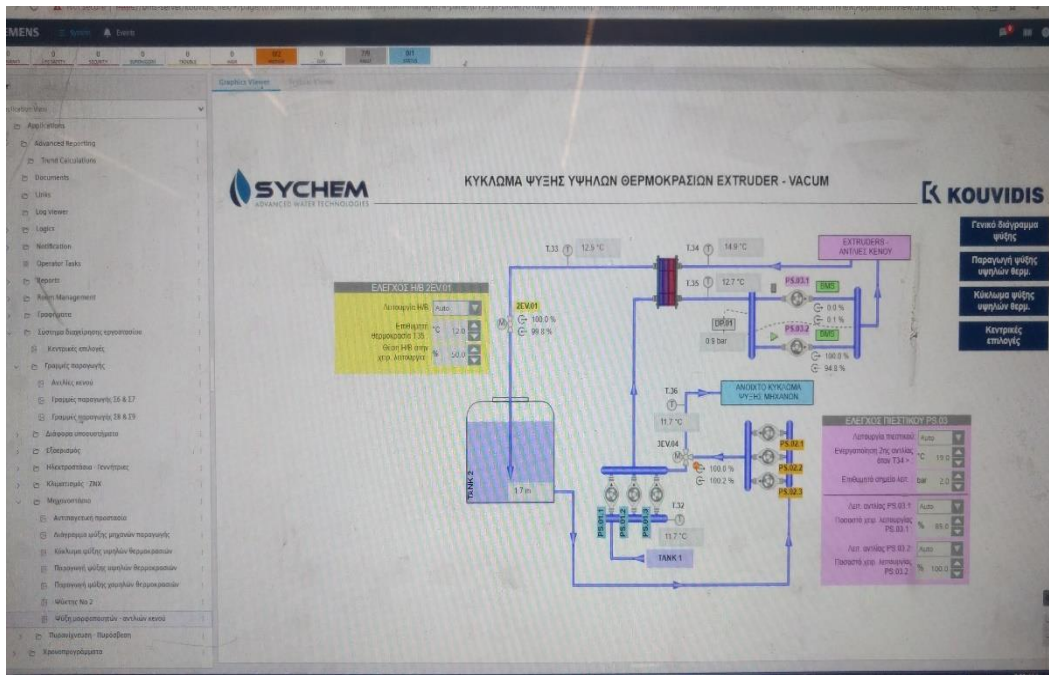


Figure 71 Κύκλωμα ψύξης θερμοκρασιών Extruder-Vacuum

## Πυρανίχνευση(Εικόνα 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78,79)

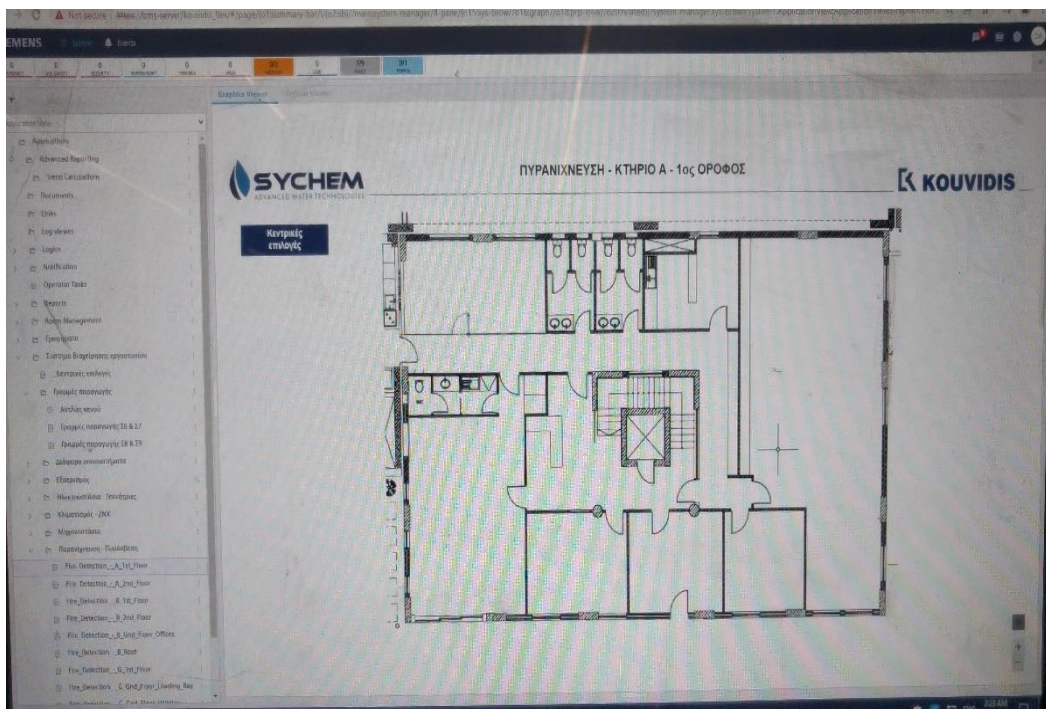


Figure 72 Πυρανίχνευση κτηρίου Α-1ος όροφος

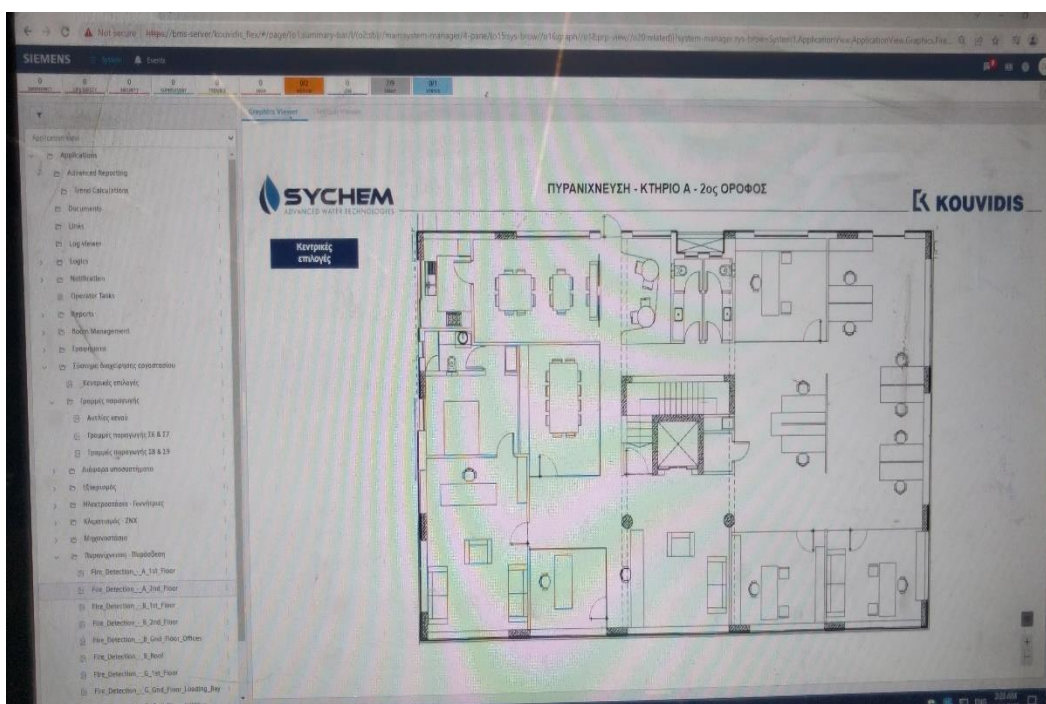


Figure 73 Πυρανίχνευση κτηρίου Α-2ος όροφος



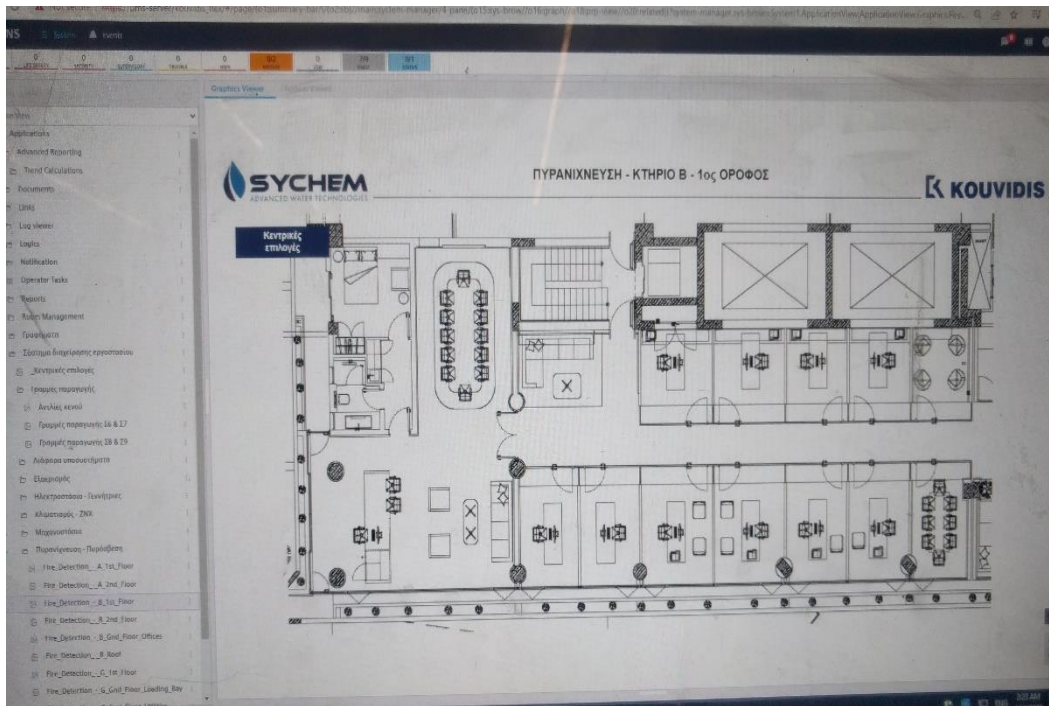


Figure 74 Πυρανίχνευση κτηρίου Β-1ος όροφος

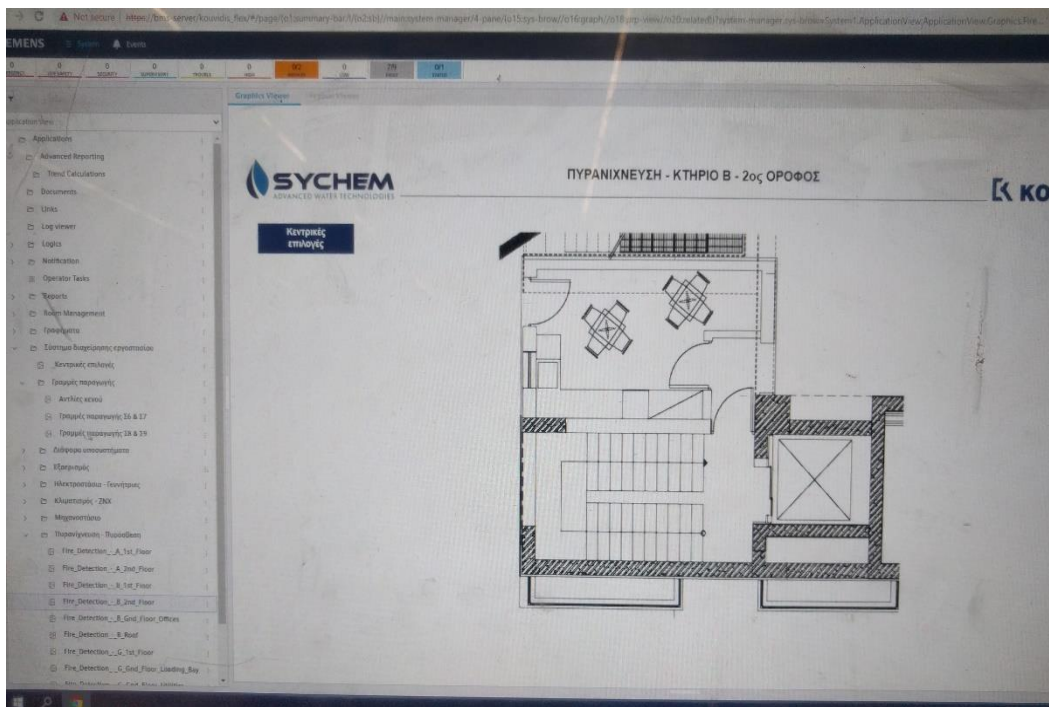


Figure 75 Πυρανίχνευση κτηρίου Β-2ος όροφος

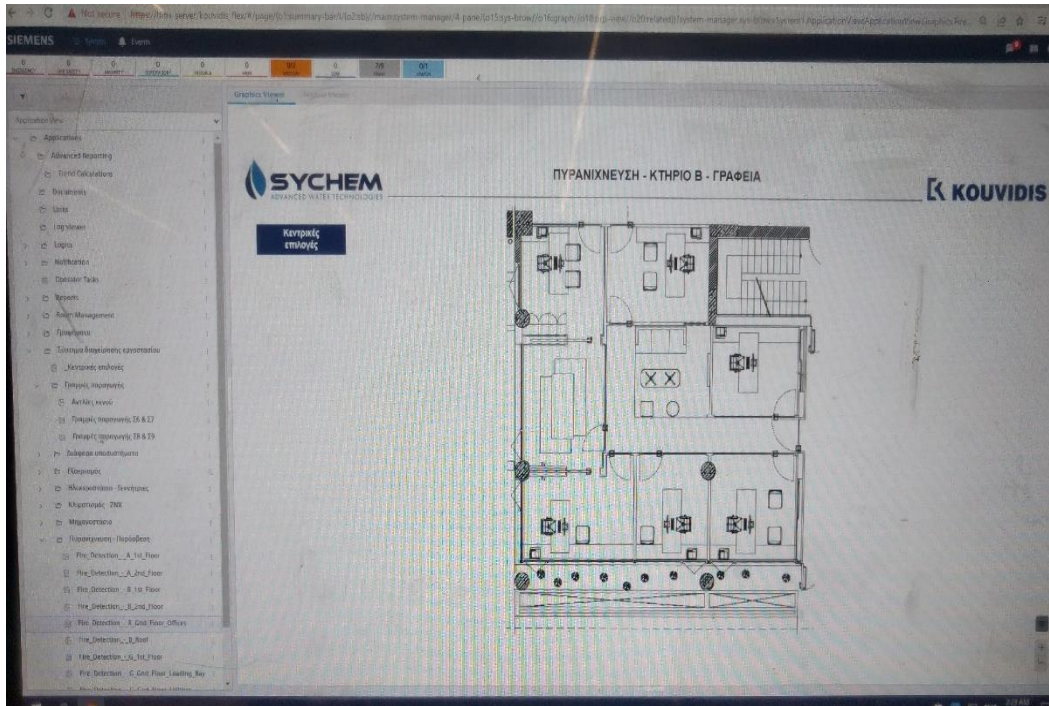


Figure 76 Πυρανίχνευση κτηρίου Β-Γραφεία

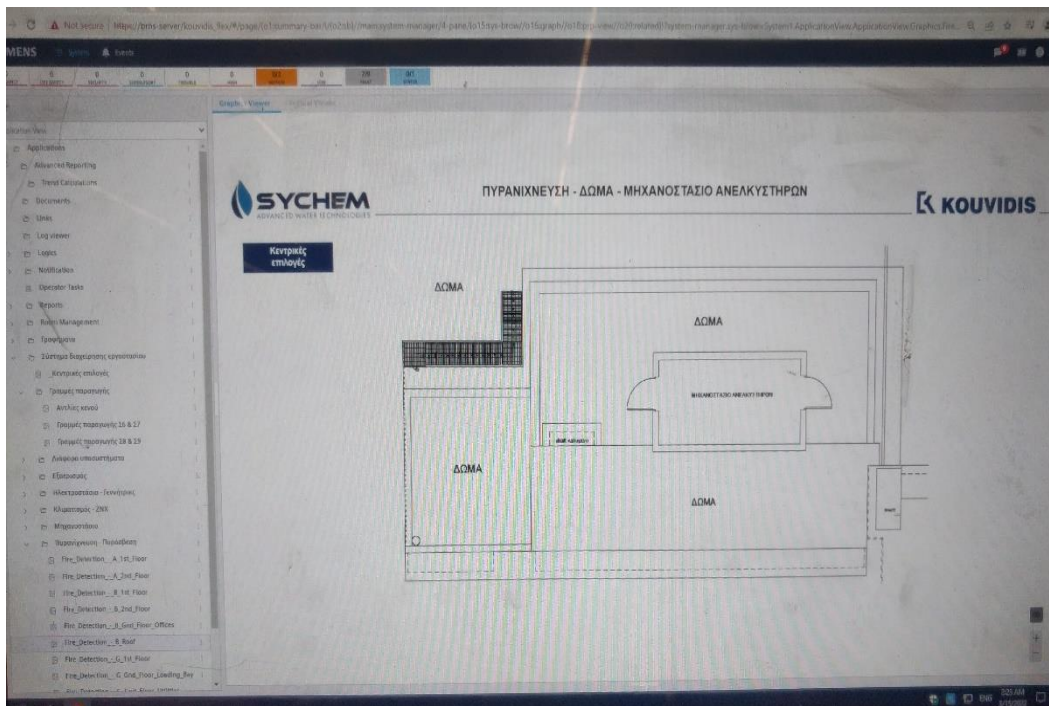


Figure 77 Πυρανίχνευση δώματος-Μηχανοστασίου Ανελκυστήρων



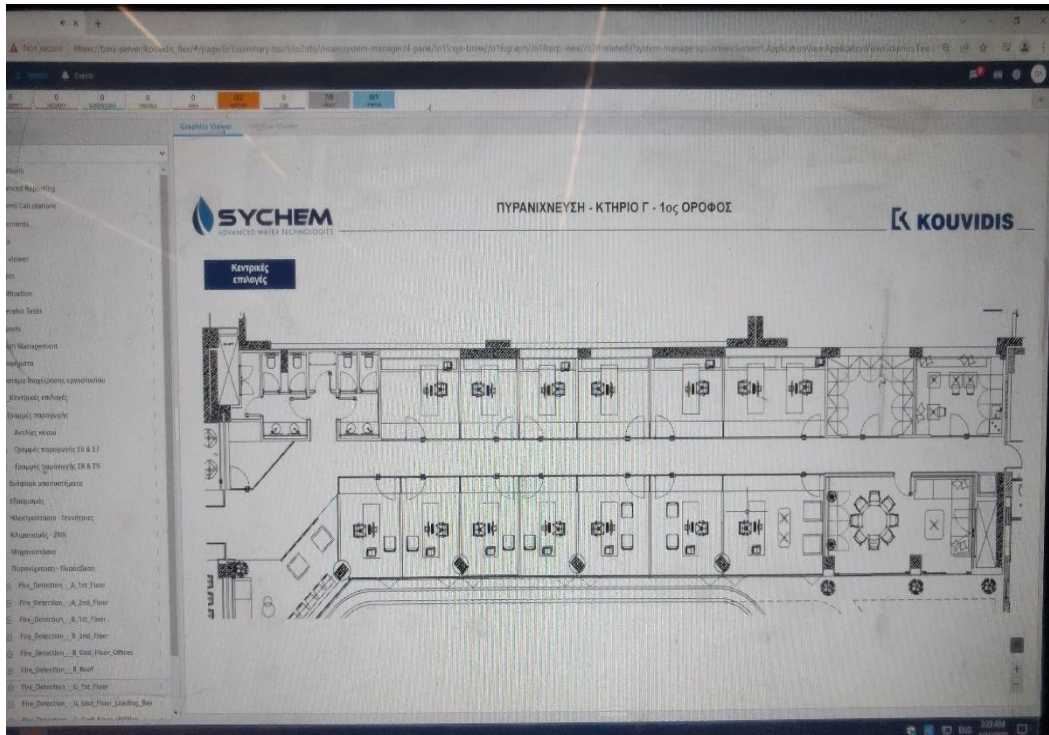


Figure 78 Πυρανίχνευση κτηρίου Γ-1ος όροφος

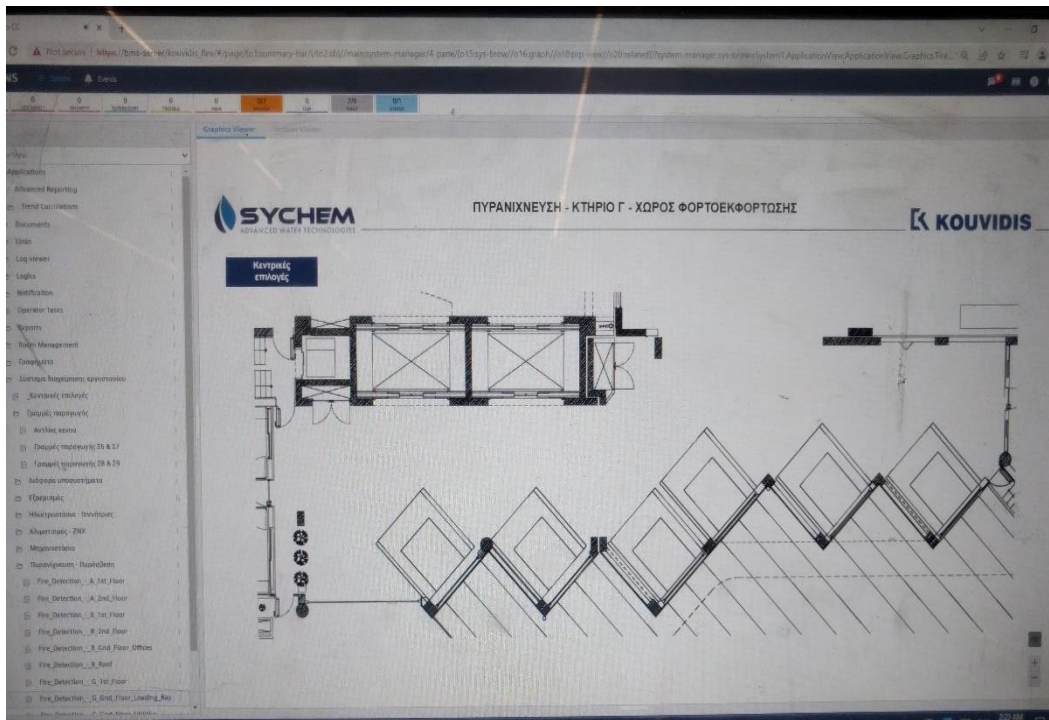


Figure 79 Πυρανίχνευση κτηρίου Γ-Χώρος φορτοεκφόρτωσης

Πηγή: Πλατφόρμα Siemens Desigo CC βιομηχανίας πλαστικών ΚΟΥΒΙΔΗΣ ΑΒΕΕ

## Βιβλιογραφία 5<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

1. Bolpagni M., Gavina R., Ribeiro D.- Industry 4.0 for the Built Environment\_ Methodologies, Technologies and Skills (2022)
2. Siemens Building Automation and Control Systems, System Catalog, [www.siemens.com/buildingautomation](http://www.siemens.com/buildingautomation), 2016
3. What is a Smart Building and How Can It Benefit You? <https://www.rcrwireless.com/20160725/business/smart-building-tag31-tag99>, 2016

## 6. Industry 4.0 στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

### 6.1. 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια, βιομηχανίες των προηγμένων τεχνολογικά κρατών και ανταγωνιστικών ως προς την Ελλάδα, εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις νέες τεχνολογίες που έχει φέρει η 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση, αναδιατάσσοντας τη βιομηχανική τους παραγωγή, επενδύοντας σε σύγχρονο τεχνολογικό και μηχανολογικό εξοπλισμό, με την Ελλάδα δυστυχώς να είναι πάρα πολύ πίσω ακόμη. Ήδη στη Γαλλία, το 28% των συνολικών επενδύσεων των επιχειρήσεων αφορά μηχανολογικό εξοπλισμό νέας τεχνολογίας, στη Γερμανία 30%, στην Ισπανία 32%, στην Πορτογαλία 33%, στην Ιταλία 42%, συνολικά στην ΕΕ είναι 31% και στην Ελλάδα μόλις στο 13% (ΤΕΥΧΟΣ 47 ΣΕΒ, 2019).

Με ελάχιστες εξαιρέσεις, οι ελληνικές επιχειρήσεις επενδύουν προς λανθασμένη κατεύθυνση, δηλαδή ακόμα σε τεχνολογίες αυτοματοποίησης, τυποποίησης και μείωσης του κόστους της 3<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης και όχι τεχνολογίες της 4<sup>ης</sup>, με αποτέλεσμα τη χαμηλή ψηφιακή ωριμότητα των επιχειρήσεων (26οι στην ΕΕ) σύμφωνα με τη μελέτη του Παρατηρητηρίου Ψηφιακού Μετασχηματισμού του Συνδέσμου Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών(ΣΕΒ) (ΤΕΥΧΟΣ 46 ΣΕΒ, 2019).

Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, τα κυριότερα προβλήματα και προκλήσεις που αντιμετωπίζει η βιομηχανία στην Ελλάδα και για τα οποία χρειάζονται επειγόντος παρεμβάσεις για την αντιμετώπισή τους είναι τα εξής:

- Στροφή σε επενδύσεις σε ψηφιακές τεχνολογίες και συστήματα νέας γενιάς που μετασχηματίζουν την παραγωγή, όπως cloud, τεχνητή νοημοσύνη, μεγάλα δεδομένα, internet of things, ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων με προμηθευτές και πελάτες, κλπ.(27<sup>η</sup> θέση η Ελλάδα)
- Υιοθέτηση στρατηγικής μετασχηματισμού στις επιχειρήσεις με στόχους, σύστημα μέτρησης και παρακολούθησης των επενδύσεων και στελέχη υπεύθυνα για τις πρωτοβουλίες ψηφιακού μετασχηματισμού.
- Ανάπτυξη των ψηφιακών δεξιοτήτων και τεχνογνωσίας των εργαζομένων μέσω ενδο-επιχειρησιακών προγραμμάτων εκπαίδευσης - κατάρτισης, αλλά και προσέλκυση νέου εξειδικευμένου ταλέντου.(25<sup>η</sup> θέση)
- Υιοθέτηση κουλτούρας καινοτομίας σε όλα τα επίπεδα διοίκησης, καθώς η έλλειψή της αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την αφομοίωση των νέων διαδικασιών και οργάνωσης που συνεπάγονται οι τεχνολογίες στη Industry 4.0.
- Αποκατάσταση χρηματοδότησης και παροχή επενδυτικών κινήτρων ώστε η βιομηχανία να υλοποιήσει προγράμματα ψηφιακού και τεχνολογικού μετασχηματισμού και να καλύψει έτσι την υποχώρηση των επενδύσεων των προηγούμενων ετών. Οι τεχνολογικές / μηχανολογικές επενδύσεις στην Ελλάδα είναι το 13% του συνόλου, έναντι 31% στην ΕΕ.
- Προσαρμογή του ρυθμιστικού πλαισίου στη χρήση των νέων ψηφιακών τεχνολογιών (πχ. θέματα κυβερνο-ασφάλειας, ψηφιακής ταυτοποίησης, κλπ.), αλλά και επιτάχυνση του προγράμματος βελτίωσης των υποδομών (πχ ευρυζωνικές συνδέσεις υπερ-υψηλής ταχύτητας, υποδομές 5G, προώθηση έργων ΣΔΙΤ, κλπ.).

- Συγκεκριμένα για τη βιομηχανία στην περιφέρεια: (1) Να ενισχυθούν οι δια-περιφερειακές σχέσεις στην παραγωγή με ψηφιακές τεχνολογίες, επιλογή που είναι κρισιμότερη από την περιφερειακή εξειδίκευση (2) Ταχεία διείσδυση σε αγορές εκτός περιφέρειας μιας και όλες οι βιομηχανίες στις χωρικές ενότητες παραμένουν εστιασμένες στην τοπική αγορά (3) Να στηριχθούν τα ΜμΕ ώστε να δημιουργηθούν σταθερές B2B συνεργασίες με μεγαλύτερες επιχειρήσεις εντός και εκτός Ελλάδας (4) Να επικαιροποιηθεί ο ερευνητικός χάρτης της χώρας και να διευκολυνθεί η κινητικότητα των ερευνητών, ώστε οι σύνθετες τεχνολογικές ανάγκες της βιομηχανίας να καλύπτονται από ερευνητικά κέντρα όλης της επικράτειας, όχι μόνο της ίδιας περιφέρειας. (‘ΤΕΥΧΟΣ 50 ΣΕΒ, 2019)

Η λύση στο πρόβλημα των λάθος επενδύσεων και η επιλογή των επενδύσεων για τη σωστή ψηφιακή και τεχνολογική ανάπτυξη της οικονομίας θα επιτευχθεί με τη δημιουργία μιας ενιαίας εθνικής στρατηγικής για το Industry 4.0 με συνεταιρισμό μεταξύ του ιδιωτικού τομέα, της Πολιτείας, των οικοσυστημάτων καινοτομίας και του εκπαιδευτικού συστήματος, όπως και 19 από τις 28 χώρες της Ε.Ε. Σύμφωνα με την ανάλυση του Παρατηρητηρίου Ψηφιακού Μετασχηματισμού του ΣΕΒ, 5 κύριοι τομείς χρίζουν άμεσης επέμβασης:

- Άμεση δημιουργία μηχανισμών συντονισμού δημόσιου και ιδιωτικού τομέα
- Δραστική ενίσχυση τεχνολογικών επενδύσεων
- Ενίσχυση επενδύσεων που μετασχηματίζουν την έρευνα σε εμπορεύσιμα προϊόντα
- Κάλυψη χάσματος ψηφιακών και τεχνολογικών δεξιοτήτων
- Ανάπτυξη κόμβων καινοτομίας για την συνεύρεση ερευνητών και επιχειρήσεων.

Όλες αυτές οι ενέργειες αναμένεται να επιφέρουν μόνο οφέλη, όπως έχει γίνει σε Έξυπνα Εργοστάσια στην ΕΕ. Μερικά από αυτά είναι: 7-12% λιγότερες δαπάνες ελέγχων ποιότητας και φύρας, ως 30% λιγότερος χρόνος από το σχεδιασμό ως τη μαζική παραγωγή, ως και 60% περισσότερος παραγωγικός χρόνος μηχανημάτων, 5-10% λιγότερες δαπάνες συντήρησης, 10-20% βελτίωση της ροής παραγωγής, 20-30% μεγαλύτερη διαθεσιμότητα πρώτων υλών, 10-20% μικρότερο κόστος πωληθέντων, 10-20% μεγαλύτερη απόδοση στοιχείων ενεργητικού, 10-35% καλύτερη ποιότητα προϊόντων, 10-20% λιγότερος χρόνος αλλαγής γραμμών παραγωγής, 15-25% λιγότερα αποθέματα, ως και 10% περισσότερη ασφάλεια στην εργασία (ΤΕΥΧΟΣ 47 ΣΕΒ, 2019)

## **6.2. Βιομηχανικές επενδύσεις στην Ελλάδα**

Σύμφωνα με την έρευνα του Παρατηρητηρίου Ψηφιακού Μετασχηματισμού του ΣΕΒ(ΤΕΥΧΟΣ 46 ΣΕΒ, 2019), οι ελληνικές επιχειρήσεις δεν είναι ακόμα ψηφιακά ώριμες καθώς η Ελλάδα παραμένει χαμηλά σε θέση στην Ε.Ε.(26<sup>η</sup>) παρά το γεγονός ότι επενδύουν συνεχώς σε ΤΠΕ(11<sup>η</sup>) και σε τεχνολογίες που εστιάζουν στην εσωτερική υποστήριξη (12η) και όχι σε λύσεις διασύνδεσης συστημάτων και



συνεργατών (27η). Για την ελληνική βιομηχανία, η οικονομική κρίση αποτέλεσε τροχοπέδη στην τεχνολογική αναβάθμισή τους. Σύμφωνα με την μελέτη του Παρατηρητηρίου, την περίοδο 2010-2017 καταγράφηκε μικρή μείωση στις επενδύσεις μηχανολογικού και τεχνολογικού εξοπλισμού (περίπου στα €1,37 δισ. το 2017) από τις ελληνικές επιχειρήσεις.

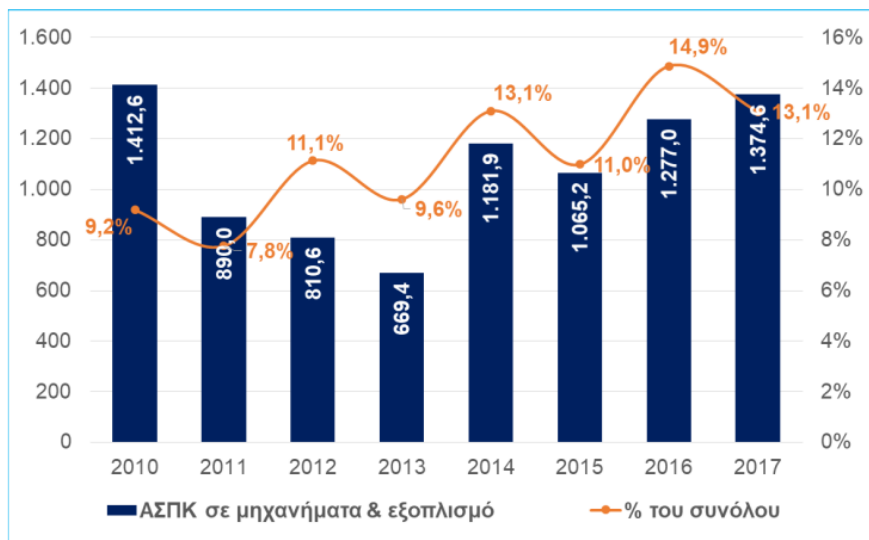


Figure 80 Ακαθάριστος σχηματισμός πάγιου κεφαλαίου (Eurostat, 2019)

Το μόνο θετικό είναι ότι παρόλο οι επενδύσεις όλων των άλλων τομέων της οικονομίας έπεσαν κατά 32%, το ποσοστό συμμετοχής των επενδύσεων της βιομηχανίας ως προς το σύνολο της οικονομίας ανέβηκε από το 9,2% σε 13,1%.

Παρά αυτή την άνοδο, οι ελληνικές επενδύσεις επενδύουν πολύ λιγότερο σε τεχνολογικό και μηχανολογικό εξοπλισμό σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη της Ε.Ε. (σύγκριση ακαθάριστων επενδύσεων για μηχανήματα και εξοπλισμό, όπου περιλαμβάνονται και οι δαπάνες για ΤΠΕ). Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό στη Γαλλία είναι 28%, στη Γερμανία 30%, στην Ισπανία 32%, στην Πορτογαλία 33% και στην Ιταλία 42%, ενώ ο μέσος όρος στην Ε.Ε. είναι 30.9% (Εικόνα 81) (ΤΕΥΧΟΣ 46 ΣΕΒ, 2019).

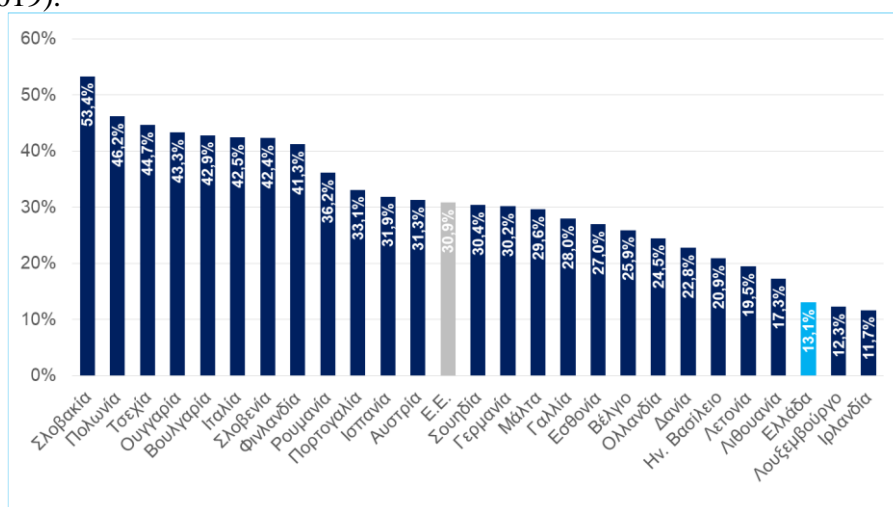


Figure 81 Ποσοστό του ακαθάριστου σχηματισμού πάγιου κεφαλαίου της βιομηχανίας σε μηχανήματα & εξοπλισμό στο σύνολο της οικονομίας (Eurostat, 2019)

### 6.3.Πρόταση ΣΕΒ για εθνική στρατηγική

Η πρόταση αρχικά του ΣΕΒ για τη δημιουργία στην Ελλάδα μιας σύγχρονης, ανταγωνιστικής και εξωστρεφούς βιομηχανίας, συνδεδεμένης με τα παγκόσμια βιομηχανικά δίκτυα και τα οικοσυστήματα της νέας οικονομίας, μέσω ενός μετασχηματισμού, που θα αξιοποιεί τις τεχνολογίες, τα ψηφιακά εργαλεία και τις δεξιότητες της 4<sup>ης</sup> Βιομηχανικής Επανάστασης ήταν το πρόγραμμα «Βιομηχανία 4.0». Η αρχιτεκτονική του προγράμματος συνοψίζεται στην εικόνα 82:

<p><b>Όραμα:</b> Η δημιουργία μιας σύγχρονης, ανταγωνιστικής και εξωστρεφούς βιομηχανίας, συνδεδεμένης με τις παγκόσμιες αλυσίδες αξίας και τα οικοσυστήματα της νέας οικονομίας, μέσω ενός συνολικού μετασχηματισμού, που θα αξιοποιεί τις τεχνολογίες, τα ψηφιακά εργαλεία και τις δεξιότητες της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης.</p>					
Άξονες	I. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	II. ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	III. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΥΜΠΡΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ	IV. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ	V. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ & ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΟΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
<b>Ενδεικτικές Δράσεις</b>	I.1 Διευκόλυνση δανειοδότησης I.2 Επενδυτικά κίνητρα για σύγχρονο τεχνολογικό και ψηφιακό εξοπλισμό I.3 Φορολογικοί χειρισμοί ως επενδυτικό εργαλείο I.4 Θεματικά επενδυτικά σχέδια (sector deals)	II.1 Διευκόλυνση καινοτομίας II.2 Ενίσχυση δαπανών τεχνολογικής έρευνας II.3 Ενίσχυση εμπορικής αξιοποίησης της πνευματικής ιδιοκτησίας (Patent Box) II.4 Χρηματοδότηση διδακτορικών διατριβών II.5 Κινητικότητα ερευνητών στη βιομηχανία	III.1 Δημιουργία πλατφόρμας «Σύμπραξη για τη Βιομηχανία 4.0» III.2 Κόμβοι Ψηφιακής Καινοτομίας III.3 Κέντρα Αριστείας III.4 Περιοχές Καινοτομίας III.5 Εθνική πύλη ευρεσιτεχνιών	IV.1 Προσανατολισμός τριτοβάθμιας εκπαίδευσης IV.2 Προγράμματα δια βίου μάθησης σε ψηφιακές τεχνολογίες και δεξιότητες IV.3 Ενεργητικές και παθητικές πολιτικές απασχόλησης IV.4 Προσέλευση και διατήρηση ταλέντου IV.5 Ψηφιακό σχολείο	V.1 Διασφάλιση διανοητικής ιδιοκτησίας V.2 Κυβερνοασφάλεια και λύσεις κυβερνοπροστασίας
<b>Εμπλεκόμενοι φορείς</b>	Υπουργείο Ανάπτυξης & Επενδύσεων Υπουργείο Οικονομικών Χρηματοδοτικοί οργανισμοί (τράπεζες, VC, PE, κ.λπ.)	Υπουργείο Ανάπτυξης & Επενδύσεων Χρηματοδοτικοί οργανισμοί Πανεπιστήμια Ερευνητικά κέντρα	Υπουργείο Ανάπτυξης & Επενδύσεων Χρηματοδοτικοί οργανισμοί Πανεπιστήμια Ερευνητικά κέντρα	Υπουργείο Παιδείας & Θρησκευμάτων Επιχειρήσεις Πανεπιστήμια Σχολεία	Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης Πανεπιστήμια Ερευνητικά κέντρα CERTs

Figure 82 Αρχιτεκτονική του προγράμματος "Βιομηχανία 4.0"

Οι προτεραιότητες του προγράμματος ήταν οι εξής:

- Υψηλή προτεραιότητα σε τρεις τομείς: Επενδύσεις σε υψηλή τεχνολογία, εστίαση της έρευνας κατά προτεραιότητα σε βιομηχανική καινοτομία και αναβάθμιση ανθρωπίνου δυναμικού/δεξιοτήτων για τη ψηφιακή εποχή.
- Κατά προτεραιότητα δρομολόγηση πόρων προς τους ανωτέρω τομείς. Κινητοποίηση πόρων με ικανή αναλογία ως προς το ΑΕΠ, αλλά διάθεση των πόρων αυτών με κριτήριο την προστιθέμενη αξία και τη δημιουργία σταθερών και καλά αμειβόμενων θέσεων εργασίας
- Διευκόλυνση της καθετοποίησης, των επιχειρηματικών συνεργασιών ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης και της μεγέθυνσης, αναδιατάσσοντας τα τοπικά βιομηχανικά δίκτυα και εξελίσσοντας την επικράτεια σε μια ενιαία βιομηχανική χωρική ενότητα.
- Απλοποίηση ρυθμιστικού περιβάλλοντος ειδικά σε θέματα που σχετίζονται με την αξιοποίηση ψηφιακών συστημάτων, πνευματικής ιδιοκτησίας και κυβερνο-ασφάλειας. ('ΤΕΥΧΟΣ 50 ΣΕΒ, 2019)

Το πρόγραμμα θα διαρκούσε 4 χρόνια, ο προϋπολογισμός της πρωτοβουλίας από δημόσιους πόρους, θα έφτανε τα €2 δισεκατομμύρια. οι πόροι αυτοί θα οδηγούσαν σε ίσου περίπου μεγέθους κινητοποίηση ιδιωτικών κεφαλαίων. Επομένως, το σύνολο

των πόρων αναμενόταν να διαμορφωθεί σε περίπου €4δισ. - €6δισ. Αν η πρόταση εφαρμοζόταν και διοχετευόντουσαν στην οικονομία οι πόροι αυτοί, υπήρχε η εκτίμηση ότι μετά από τετραετή διάρκεια εφαρμογής το ΑΕΠ θα είχε ενισχυθεί σε ποσοστό έως 7,7%, ή κατά €16 δισ.

(Εικόνα 83)(“ΤΕΥΧΟΣ 50 ΣΕΒ, 2019)

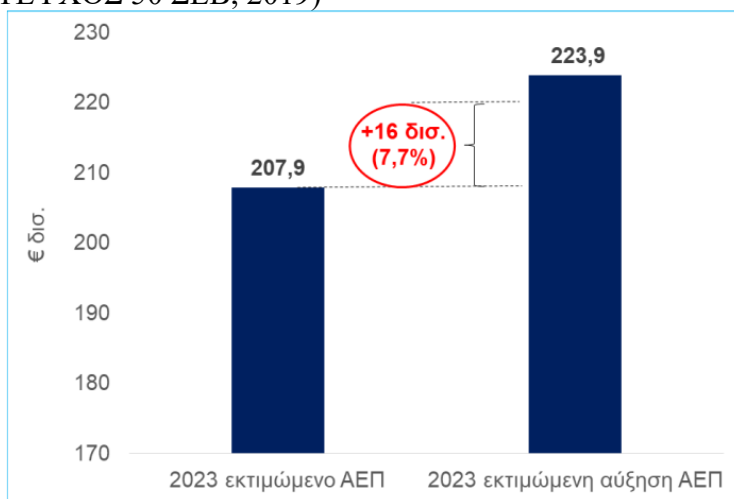


Figure 83 Εκτιμώμενη επίδραση του προγράμματος

Απαραίτητη προϋπόθεση για το σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος «Βιομηχανία 4.0» ήταν η σύμπραξη δυνάμεων του δημόσιου τομέα, της βιομηχανίας και της ερευνητικής κοινότητας, υπό τη μορφή μιας πλατφόρμας συνεργασίας. Οι προτεινόμενες αρμοδιότητες της σύμπραξης ήταν οι εξής:

- **Καταγραφή τάσεων:** Υλοποίηση εξειδικευμένων ερευνών, συστηματική παρακολούθηση του τεχνολογικού εκσυγχρονισμού, της ψηφιακής ωριμότητας και του μετασχηματισμού, καταγραφή καλών πρακτικών, κλπ. Ο ΣΕΒ θέτει το Παρατηρητήριο Ψηφιακού Μετασχηματισμού που έχει δημιουργήσει προς αξιοποίηση από τη σύμπραξη
- **Πολιτικές:** Διαμόρφωση και συμφωνία της εθνικής στρατηγικής. Γνωμοδότηση και εισήγηση για πολιτικές που απορρέουν από την εθνική στρατηγική όπως ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας, ψηφιακές και τεχνολογικές δεξιότητες, στόχευση συγχρηματοδοτούμενων και εθνικών πόρων, υποδομές, γενικό και ειδικό ρυθμιστικό πλαίσιο (πχ. αδειοδότηση, κόστος ενέργειας, κυβερνο- ασφάλεια, πνευματική ιδιοκτησία, κλπ.), ενίσχυση βιομηχανικής καινοτομίας, κλπ.
- **Διοίκηση υλοποίησης:** Προγραμματισμός και υλοποίηση δράσεων, παρακολούθηση και αξιολόγηση του «Βιομηχανία 4.0», μέτρηση αποτελέσματος, διορθωτικές ενέργειες, συντονισμός εμπλεκόμενων στην υλοποίηση του προγράμματος, κλπ.
- **Ενημέρωση, κινητοποίηση, δικτύωση:** Ενημέρωση και διάδοση του μετασχηματισμού και των ωφελειών για τη βιομηχανία, ανταλλαγή γνώσεων και βέλτιστων πρακτικών, δικτύωση και συνεργασία με αντίστοιχες πλατφόρμες άλλων ευρωπαϊκών χωρών. (ΤΕΥΧΟΣ 50 ΣΕΒ, 2019)

Η δομή αυτής της σύμπραξης που προτάθηκε ήταν η εξής:

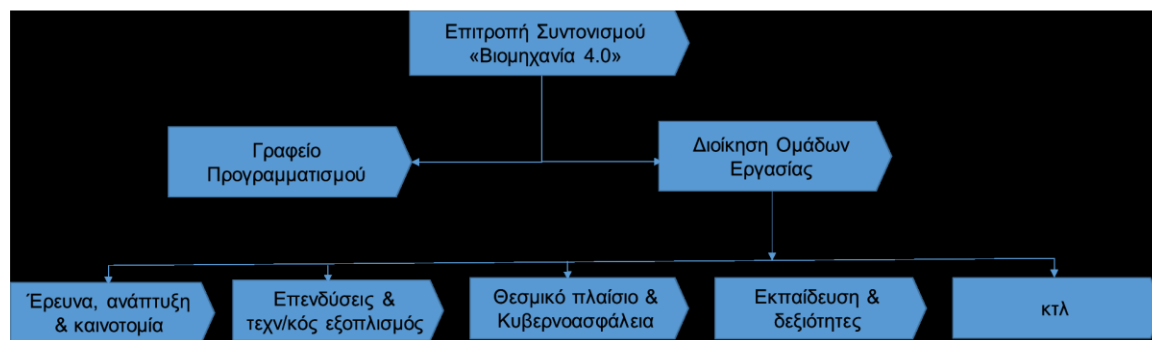


Figure 84 Σύμπραξη προγράμματος "Βιομηχανία 4.0"

Οι άξονες που θα είχε κινηθεί το πρόγραμμα είναι οι παρακάτω:

#### ΑΞΟΝΑΣ Ι: ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

##### I.1 Διευκόλυνση δανειοδότησης και εκκίνησης επένδυσης

Δανειοδότηση δαπάνης επενδυτικού χαρακτήρα στο πλαίσιο του ψηφιακού και τεχνολογικού μετασχηματισμού. Είτε ελεύθερη επιλογή δαπανών βάσει προστιθέμενης αξίας και δεικτών απόδοσης της επένδυσης (μοντέλο Πορτογαλίας) είτε βάσει προ-επιλεγμένης λίστας (μοντέλο Ιταλίας). Δάνεια από €25.000 έως €12,5 εκ. για επενδυτικά σχέδια με συνολικό κόστος έως €25 εκ., προνομιακό επιτόκιο μειωμένο κατά 40%. Ελάχιστη διάρκεια: 5 έτη.

Εναλλακτικά, επιστρεπτές προκαταβολές (μοντέλο Γαλλίας).

##### I.2 Επενδυτικά κίνητρα για σύγχρονο τεχνολογικό και ψηφιακό εξοπλισμό

Υπερ-αποσβέσεις 200% για επενδύσεις σε ψηφιακές τεχνολογίες και σύγχρονο μηχανολογικό εξοπλισμό.

##### I.3 Φορολογικοί χειρισμοί ως επενδυτικό εργαλείο

Αύξηση του επιτρεπόμενου χρόνου μεταφοράς ζημιών τουλάχιστον στη 10ετία, δυνατότητα προσαρμογής των φορολογικών συντελεστών, δικαίωμα επιλογής ως προς τη δυνατότητα σταθερής ή μεταβλητής μεθόδου αποσβέσεων.

##### I.3 Θεματικά επενδυτικά σχέδια (sector deals)

Εφαρμογή θεματικών (ή τομεακών) πολιτικών, προσαρμοσμένων για κλάδους βαρύνουσας σημασίας για την εγχώρια βιομηχανία. Πλάνο δράσης με εξειδίκευση καθεστώτων του αναπτυξιακού νόμου και του νόμου των στρατηγικών επενδύσεων, τα οποία αποσκοπούν σε επιπλέον επενδυτική κινητοποίηση σε επιλεγμένα θέματα της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης. Πρόσθετες ενισχύσεις 35%-55% των εργαλείων που ισχύουν στην περιοχή ή/και στην επένδυση.

#### ΑΞΟΝΑΣ ΙΙ: ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

##### II.1 Διευκόλυνση καινοτομίας (μικρής κλίμακας)

Πρόγραμμα «κουπονιών» καινοτομίας, με αντικείμενο τη διευκόλυνση δράσεων ΜμΕ σχετικών με αναβάθμιση σε νέες τεχνολογίες, όπως λογισμικό, Big Data, Cloud, τεχνητή νοημοσύνη κ.λπ., μέσω συνεργασιών με φορείς καινοτομίας (ερευνητικά κέντρα, πανεπιστημιακά εργαστήρια κ.ά.).

##### II.2 Ενίσχυση δαπανών τεχνολογικής έρευνας (μεγαλύτερης κλίμακας)

Υπερ-εκπτώσεις δαπανών E&A από 150% έως 200% του ύψους των δαπανών έρευνας, από 130% σήμερα.

##### II.3 Ενίσχυση εμπορικής αξιοποίησης της πνευματικής ιδιοκτησίας (Patent Box)

Βελτίωση του υφιστάμενου κινήτρου ευρεσιτεχνιών. Καθορισμός του φορολογικού συντελεστή προϊόντων πνευματικής ιδιοκτησίας στο 10% για όλο το διάστημα κατά το οποίο η καινοτομία / διανοητική ιδιοκτησία παράγει έσοδα.

##### II.4 Χρηματοδότηση διδακτορικών διατριβών

Χρηματοδότηση του 15% των διδακτορικών διατριβών που υλοποιούνται σε ΑΕΙ/ΑΤΕΙ σε θέματα «Βιομηχανία 4.0», με άμεση αξιοποίηση από τη βιομηχανία.

##### II.5 Κινητικότητα ερευνητών στη βιομηχανία

Εκ περιτροπής απασχόληση ερευνητών των δημόσιων ερευνητικών οργανισμών σε τμήματα E&A επιχειρήσεων για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (ενδεικτικά 1-3 χρόνια).



## **ΑΞΟΝΑΣ III: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΥΜΠΡΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ**

### **III.1 Δημιουργία πλατφόρμας «Σύμπραξη για τη Βιομηχανία 4.0»**

Πλατφόρμα συνεργασίας υπό την ενδεικτική επωνυμία «Σύμπραξη για τη Βιομηχανία 4.0» η οποία θα αποτελέσει το όχημα ταχύτερου σχεδιασμού και υλοποίησης του ψηφιακού και τεχνολογικού μετασχηματισμού της βιομηχανίας. Η οργανωτική δομή και λειτουργία της στηρίζεται στη συνεργασία και από κοινού δράση ιδιωτικού, δημόσιου τομέα και ακαδημαϊκής & ερευνητικής κοινότητας.

### **III.2 Κόμβοι Ψηφιακής Καινοτομίας (Digital Innovation Hubs)**

Δημιουργία Κόμβων Ψηφιακής Καινοτομίας σε πόλεις της Ελλάδας με βιομηχανική παραγωγή ή/και εμπορευματικά κέντρα, με στόχο την υποστήριξη του ψηφιακού μετασχηματισμού της βιομηχανίας, με έμφαση στις ΜμΕ.

### **III.3 Κέντρα Αριστείας (Competence Centers)**

Δημιουργία Κέντρων Αριστείας σε πόλεις που διαθέτουν ακαδημαϊκά ιδρύματα και γενικά υψηλό ακαδημαϊκό επίπεδο, τα οποία θα διενεργούν έρευνα στις disruptive τεχνολογίες.

### **III.4 Περιοχές Καινοτομίας (Innovation Districts)**

Δημιουργία οικοσυστήματος καινοτομίας σε «παρηκμασμένη» περιοχή της Αθήνας, όπου οι αξίες των ακινήτων έχουν εμφανίσει σημαντική υποχώρηση.

### **III.5 Εθνική πύλη ευρεσιτεχνιών**

Δημιουργία εθνικής πύλης ευρεσιτεχνιών υπό τη μορφή online εργαλείου καταχώρησης των ευρεσιτεχνιών από τον ΟΒΙ.

## **ΑΞΟΝΑΣ IV: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ**

### **IV.1 Προσανατολισμός τριτοβάθμιας εκπαίδευσης**

- Στρατηγικός αναπροσανατολισμός των εκπαιδευτικών προγραμμάτων σε όλες τις βαθμίδες της τυπικής εκπαίδευσης ώστε να δίνεται προτεραιότητα στην ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων STEM, καθώς επίσης και την ανάπτυξη ψηφιακών και οριζοντίων δεξιοτήτων.
- Διδασκαλία σε σχολές STEM των γνώσεων και δεξιοτήτων που είναι αναγκαίες στο πλαίσιο του ανταγωνισμού στην ψηφιακή εποχή.
- Δημιουργία νέων τμημάτων ΤΠΕ έτσι ώστε οι απόφοιτοι να αυξηθούν από τους 2.000 στους 3.000 ετησίως.
- Καθιέρωση υποχρεωτικής πρακτικής άσκησης για μάθηση με βάση της εργασία σε όλες τις σχολές STEM.

### **IV.2 Προγράμματα δια βίου μάθησης σε ψηφιακές τεχνολογίες και δεξιότητες**

- Ειδικά προγράμματα επανακατάρτισης και απόκτησης πρόσθετων τεχνικών ή/και γενικών προσόντων για εργαζομένους. Καλύπτουν την ανάγκη για συνεχές reskilling και upskilling.
- Προγράμματα επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης στη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών, που απευθύνονται σε ΜμΕ.
- Προγράμματα επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης για εργαζόμενους που αντιμετωπίζουν υψηλό κίνδυνο αυτοματοποίησης της εργασίας τους.
- Διαμόρφωση κατάλληλου πλαισίου για την αναγνώριση και πιστοποίηση προγραμμάτων κατάρτισης και προσόντων.
- Σύνδεση των συστημάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης με τις ανάγκες της αγοράς εργασίας (αξιοποίηση των αποτελεσμάτων μηχανισμών διάγνωσης αναγκών της αγοράς εργασίας, συμμετοχή των επιχειρήσεων στη διαμόρφωση εκπαιδευτικών προγραμμάτων, βελτίωση ρυθμιστικών πλαισίων για την

πρακτική άσκηση και τη μαθητεία και προώθηση των εν λόγω μεθόδων μάθησης με βάση την εργασία).

- Δημιουργία κλαδικών συμβουλίων δεξιοτήτων (skill councils) με εκπροσώπους των επιχειρήσεων και της εκπαίδευσης σε κρίσιμους και εξωστρεφείς κλάδους της οικονομίας.

#### **IV.3 Ενεργητικές και παθητικές πολιτικές απασχόλησης**

Ενίσχυση της κινητικότητας της απασχόλησης, ώστε να στηριχθεί η επανένταξη των εργαζομένων που θα πρέπει να αλλάξουν τη δουλειά τους λόγω αυτοματοποίησης της θέσης εργασίας που κατείχαν.

#### **IV.4 Προσέλκυση και διατήρηση ταλέντου**

- Κίνητρα για προσέλκυση και διατήρηση ανθρώπινου δυναμικού

#### **IV.5 Ψηφιακό σχολείο**

- Αναβάθμιση των υποδομών και του τεχνολογικού εξοπλισμού στα σχολεία, μέσα από την αύξηση της διείσδυσης της ευρυζωνικότητας υψηλής χωρητικότητας.
- Συνεχής επιμόρφωση, επανακατάρτιση και πιστοποίηση σε θέματα ψηφιακών δεξιοτήτων του 20%-25% των εκπαιδευτικών ετησίως.
- Ανασχεδιασμός και εκσυγχρονισμός των τεχνικών διδασκαλίας.
- Εισαγωγή μαθημάτων πληροφορικής, εκπαιδευτικής ρομποτικής & νέων τεχνολογιών και στις δύο βαθμίδες εκπαίδευσης.

### **ΑΞΟΝΑΣ V: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ & ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΟΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

#### **V.1 Διασφάλιση διανοητικής ιδιοκτησίας**

Διαμόρφωση ενός πιο ευέλικτου και αποτελεσματικού ρυθμιστικού πλαισίου που να εξασφαλίζει τη μεταφορά τεχνολογίας και την εμπορική εκμετάλλευση του διανοητικού πλούτου των Ελληνικών πανεπιστημίων (αναθεώρηση του Ν. 4386/2016 με συγκεκριμένη αναλογία ποσοστών για τη διανομή των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων).

#### **V.2 Κυβερνοασφάλεια και λύσεις κυβερνοπροστασίας**

- Υψηλότερο επίπεδο προστασίας για τα πληροφοριακά και τηλεπικοινωνιακά συστήματα που χρησιμοποιούνται τόσο στο δημόσιο τομέα όσο και στις επιχειρήσεις. Έμφαση στην προστασία των κρίσιμων υποδομών.
- Πρόληψη, εντοπισμός, ανάδραση, έρευνα και συντονισμός σχετικά με παράνομες και εγκληματικές δραστηριότητες στο διαδίκτυο.
- Εκπαίδευση και ενημέρωση επιχειρήσεων και δημόσιων οργανισμών σε θέματα κυβερνοασφάλειας. Δημιουργία εκπαιδευτικών προγραμμάτων: στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, ενδοεταιρικά και στο δημόσιο τομέα.
- Αναβάθμιση του ρόλου της Εθνικής Αρχής Αντιμετώπισης Ηλεκτρονικών Επιθέσεων (Εθνικό CERT) & στενότερη συνεργασία με τις υπόλοιπες Αρχές Αντιμετώπισης και τους δημόσιους φορείς.
- Υιοθέτηση ενός αποτελεσματικού συστήματος καταγραφής και κοινοποίησης περιστατικών κυβερνοεπιθέσεων.

Εν τέλει, ελάχιστες πράξεις έχουν γίνει από τότε, καθώς η Ελλάδα υστερεί ακόμα κατά πολύ από τις άλλες χώρες σε ψηφιακή ωριμότητα και συγκεκριμένα στη 25<sup>η</sup> θέση στην Ε.Ε., όσο και στο μέγεθος της βιομηχανίας συνολικά. Η χαμηλή τεχνολογική ετοιμότητα του ιδιωτικού τομέα αποδίδεται στην έλλειψη στρατηγικών ψηφιακής μετάβασης από τις περισσότερες ελληνικές επιχειρήσεις, στην απουσία εθνικής στρατηγικής Industry 4.0, αλλά και στις καθυστερήσεις στο σχεδιασμό και υλοποίηση δημόσιων έργων που θα ψηφιοποιούσαν τις «δύσκολες» διεπαφές μεταξύ επιχειρήσεων και Δημοσίου (π.χ. δικαιοσύνη). Οι εγχώριες επιχειρήσεις (πλην εξαιρέσεων σε μεγάλους βιομηχανικούς ομίλους), εμφανίζονται, ειδικά με τον φόβο της πανδημίας, αρκετά διστακτικές στην υιοθέτηση καινοτόμων ψηφιακών τεχνολογιών, στις οποίες η Ελλάδα παραμένει χαμηλά στην 21<sup>η</sup> θέση σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Data Dashboard της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (<https://ati.ec.europa.eu/data-dashboard>, 2021), στις τεχνολογίες «έξυπνης μεταποίησης» 19<sup>η</sup>, στο cloud (23<sup>η</sup>), στα ρομποτικά συστήματα (18<sup>η</sup>), στην



κυβερνοασφάλεια (19η) και το IoT (16η), αλλά είναι 10<sup>η</sup> στα Big Data Analytics. (ΤΕΥΧΟΣ 72 ΣΕΒ, 2021). Δύο χρόνια μετά την υποβολή της πρότασης του ΣΕΒ, η Ελλάδα δεν έχει ακόμα εθνική στρατηγική για την ψηφιοποίηση της βιομηχανίας στα πρότυπα αντίστοιχων πρωτοβουλιών άλλων ευρωπαϊκών χωρών. Η πρόοδος της πρότασης είναι η εξής:

Δράσεις	Πρόοδος (2019-2021)	Παρατηρήσεις / Σχόλια
<b>ΑΞΟΝΑΣ I: ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ</b>		
I.1 Διευκόλυνση δανειοδότησης και εκκίνησης επένδυσης	Μερική πρόοδος	Σε εξέλιξη δράσεις απλοποίησης της αδειοδοτικής διαδικασίας και της πρόσβασης μικρότερων επιχειρήσεων σε δανεισμό με ανταγωνιστικούς όρους
I.2 Επενδυτικά κίνητρα και χρηματοδοτικά εργαλεία για σύγχρονο τεχνολογικό και ψηφιακό εξοπλισμό	Μερική πρόοδος	Σε αναμονή η έναρξη διάθεσης πόρων του ΤΑΑ, του νέου ΕΣΠΑ, του νέου αναπτυξιακού νόμου.
I.3 Φορολογικοί χειρισμοί ως επενδυτικό εργαλείο	Χωρίς πρόοδο	Αφορά σε υπερ-αποσβέσεις, επιταχυνόμενες αποσβέσεις, μεταφορά ζημιών τουλάχιστον στη δεκαετία, κτλ. Σε αναμονή η έναρξη διάθεσης πόρων του ΤΑΑ
I.4 Θεματικά επενδυτικά σχέδια (sector deals)	Χωρίς πρόοδο	Σε αναμονή η εξειδίκευση του περιγράμματος για την ανάπτυξη της βιομηχανίας
<b>ΑΞΟΝΑΣ II: ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ</b>		
II.1 Διευκόλυνση καινοτομίας (μικρής κλίμακας)	Μερική πρόοδος	Σε αναμονή η έναρξη διάθεσης πόρων του νέου ΕΣΠΑ και του ΤΑΑ.
II.2 Ενίσχυση δαπανών τεχνολογικής έρευνας (μεγαλύτερης κλίμακας)	Ολοκληρώθηκε	Με το άρθρο 46 του Ν.4712/2020, θεσμοθετήθηκαν υπερ-εκπτώσεις δαπανών Ε&Α στο 100% (από 30%).
II.3 Ενίσχυση εμπορικής αξιοποίησης της πνευματικής ιδιοκτησίας (Patent Box)	Χωρίς πρόοδο	
II.4 Χρηματοδότηση διδακτορικών διατριβών	Μερική πρόοδος	Αναμένεται η έναρξη προγραμμάτων του ΤΑΑ βάσει του αναμορφωμένου πλαισίου εκπόνησης διδακτορικής έρευνας με χρηματοδότηση από επιχειρήσεις, ΤΑΑ, ΑΕΙ.
II.5 Κινητικότητα ερευνητών στη βιομηχανία	Χωρίς πρόοδο	
<b>ΑΞΟΝΑΣ III: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΥΜΠΡΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ</b>		
III.1 Δημιουργία πλατφόρμας «Σύμπραξη για τη Βιομηχανία 4.0»	Μερική πρόοδος	Έχει συσταθεί η Κυβερνητική Επιτροπή Βιομηχανίας, με αντικείμενο τη διαμόρφωση, υλοποίηση, εποπτεία και αξιολόγηση της Εθνικής Στρατηγικής για τη Βιομηχανία. Οι δράσεις για τη Βιομηχανία 4.0 δεν έχουν οριστικοποιηθεί, περίπου 1,5 χρόνο μετά την ανακοίνωση σύστασης της Επιτροπής.
III.2 Κόμβοι Ψηφιακής Καινοτομίας	Μερική πρόοδος	Στα πλαίσια του Digital Europe 2021-2027, έχει ήδη ανακοινωθεί η πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος και έχουν υποβληθεί προτάσεις.

Δράσεις	Πρόοδος (2019-2021)	Παρατηρήσεις / Σχόλια
III.3 Κέντρα Αριστείας	Μερική πρόοδος	Το άρθρο 19 του Ν.4653/2020 θεσμοθετεί την ανάδειξη Κέντρων Αριστείας στην ανώτατη εκπαίδευση. Σε εξέλιξη πρωτοβουλίες δημιουργίας Κέντρων. Έχουν υποβληθεί προτάσεις στα πλαίσια του προγράμματος Widening of Participation & Spreading Excellence.
III.4 Περιοχές Καινοτομίας	Μερική πρόοδος	Σε εξέλιξη στο ακίνητο της ΧΡΩΠΕΙ στον Πειραιά και στο τεχνολογικό πάρκο Thess INTEC στη Θεσσαλονίκη.
III.5 Εθνική πύλη ευρεσιτεχνιών	Χωρίς πρόοδο	
<b>ΑΞΟΝΑΣ IV: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ</b>		
IV.1 Προσανατολισμός τριτοβάθμιας εκπαίδευσης σε θέματα STEM και ψηφιακές και οριζόντιες δεξιότητες	Χωρίς πρόοδο	Σε αναμονή η έναρξη διάθεσης πόρων του ΤΑΑ Σε αναμονή η αναμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών
IV.2 Προγράμματα δια βίου μάθησης σε ψηφιακές τεχνολογίες και δεξιότητες	Μερική πρόοδος	Γίνονται βελτιώσεις στις υπηρεσίες πιστοποίησης. Επίσης, προχωράει η επικαιροποίηση ή διαμόρφωση επαγγελματικών και εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Γίνονται ρυθμίσεις για την ενίσχυση της σύνδεσης της ΕΕΚ με την αγορά εργασίας. Έγινε η σύσταση κλαδικών συμβουλίων δεξιοτήτων. Σε αναμονή η έναρξη διάθεσης πόρων του ΤΑΑ
IV.3 Ενεργητικές και παθητικές πολιτικές απασχόλησης σε θέματα Industry 4.0	Χωρίς πρόοδο	Σε αναμονή η έναρξη διάθεσης πόρων του ΤΑΑ
IV.4 Προσέλκυση και διατήρηση ταλέντου	Μερική πρόοδος	Σε εξέλιξη παρεμβάσεις όπως η έκπτωση φόρων 50% για 7 χρόνια σε όσους μεταφέρουν τη φορολογική τους κατοικία στην Ελλάδα.
IV.5 Ψηφιακό σχολείο	Μερική πρόοδος	Σε εξέλιξη η εγκατάσταση τεχνικού εξοπλισμού του Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου (ΠΣΔ). Επίσης, ο Ν.4692/2020 εισήγαγε στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση το θεσμό των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων. Οι 2 από τους 4 κύκλους στοχοθεσίας (Δεξιότητες 21 <sup>ου</sup> αιώνα και Δεξιότητες τεχνολογίας, μηχανικής και επιστήμης) αφορούν (και) δεξιότητες ψηφιακών τεχνολογιών.
<b>ΑΞΟΝΑΣ V: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ &amp; ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΟΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</b>		
V.1 Διασφάλιση διανοητικής ιδιοκτησίας	Χωρίς πρόοδο	
V.2 Κυβερνοασφάλεια και λύσεις κυβερνοπροστασίας	Μερική πρόοδος	Σε εξέλιξη η Εθνική Στρατηγική Κυβερνοασφάλειας. Στη ΒΨΜ έχουν ενταχθεί σημαντικά έργα κυβερνοασφάλειας, με την υλοποίηση τους ακόμα σε αρχικά στάδια

(ΤΕΥΧΟΣ 72 ΣΕΒ, 2021)

### 6.4.4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση στην Ευρώπη

Αρκετές χώρες της Ε.Ε., αν και είναι πολύ πιο ανεπτυγμένες τεχνολογικά από την Ελλάδα, εντούτοις, είναι ακόμα αρκετά πίσω από ΗΠΑ και Κίνα. Έτσι για να γίνουν διεθνώς πιο ανταγωνιστικές και να αποκτήσουν μεγαλύτερα μερίδια στην παγκόσμια αγορά, 19 από αυτές εφαρμόζουν ήδη πολιτικές επιτάχυνσης της ψηφιοποίησης. Τα προγράμματα μετασχηματισμού που εφαρμόζει κάθε χώρα της Ε.Ε. φαίνονται παρακάτω (Εικόνα 85):

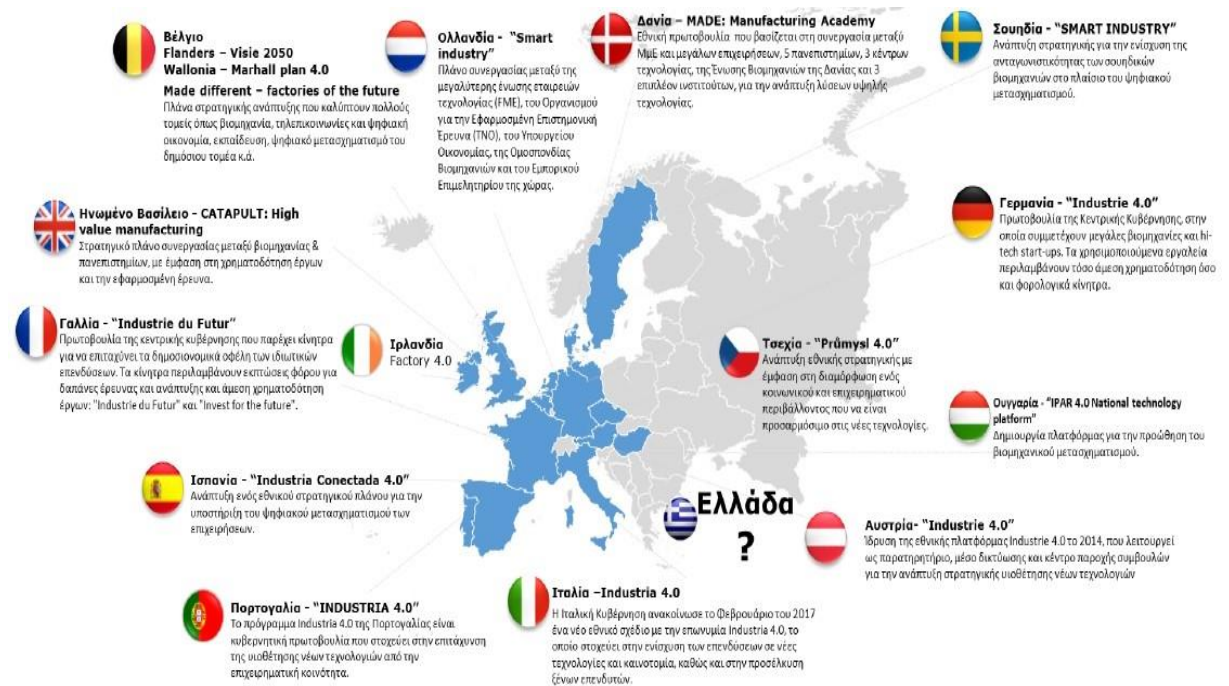


Figure 85 Εθνικά προγράμματα μετασχηματισμού της βιομηχανίας στην ΕΕ (ΤΕΥΧΟΣ 46 ΣΕΒ Deloitte, , 2019)

Οι βασικοί πυλώνες για την υλοποίηση ενός προγράμματος μετασχηματισμού είναι οι εξής:

- Άμεση δημιουργία μηχανισμών διακυβέρνησης και συντονισμού δημόσιου και ιδιωτικού τομέα,
- Δραστική ενίσχυση τεχνολογικών επενδύσεων (CapEx),
- Ενίσχυση επενδύσεων που μετασχηματίζουν την έρευνα σε «εμπορεύσιμη» καινοτομία,
- Κάλυψη χάσματος ψηφιακών και τεχνολογικών δεξιοτήτων,
- Ανάπτυξη κόμβων καινοτομίας για τη συνένωση ερευνητών και επιχειρήσεων.

(ΤΕΥΧΟΣ 47 ΣΕΒ, 2019)

Η γνώση και οι εμπειρίες που πρέπει να ενστερνιστεί η Ελλάδα από τα υπόλοιπα κράτη της Ε.Ε. για να υλοποιήσει ένα εθνικό πρόγραμμα μετάβασης στη Industry 4.0 αφορούν:

A. Διακυβέρνηση και συντονισμός:



- Δημόσιο και ιδιωτικός τομέας συμπράττουν συστηματικά στο σχεδιασμό
- Ο ρόλος του ιδιωτικού τομέα στην υλοποίηση εθνικών πολιτικών είναι καθοριστικός

B. Στόχευση εθνικών προγραμμάτων:

- Ανταγωνιστικότητα και έλευση νέων πηγών εσόδων
- Ανάπτυξη δεξιοτήτων και σύγχρονων υποδομών.

Γ. Εργαλεία επενδυτικής κινητοποίησης

- Χρηματοοικονομικά εργαλεία που συνδέονται με στόχους και αποτελέσματα παρά με επιχορηγήσεις χωρίς αντίκρισμα(ΤΕΥΧΟΣ 46 ΣΕΒ, 2019)(Πίνακας 5)

		Χρηματοοικονομικά εργαλεία															
		Αυστρία	Βέλγιο	Γαλλία	Γερμανία	Δανία	Ηνωμένο Βασίλειο	Ισπανία	Ιταλία	Λιθουανία	Λουξεμβούργο	Ολλανδία	Ουγγαρία	Πολωνία	Πορτογαλία	Σουηδία	Τσεχία
Κίνητρα για επενδύσεις σε καινοτομία και Ε&Α	Vouchers καινοτομίας		✓	✓	✓		✓			✓			✓	✓	✓		✓
	Μέτρα απόσβεσης			✓		✓			✓								
	Μέτρα FDI	✓													✓	✓	✓
	Μείωση φόρου	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	
Μέτρα χρηματοδότησης	Εγγυήσεις / Δάνεια			✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓		
	Εθνικό ταμείο καινοτομίας		✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓		✓	✓
	Venture capital - Στήριξη start-ups	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓		✓	
Πατέντες & Κίνητρα για δικαιώματα πνευμ. ιδιοκτ.		✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓			✓			

Table 5 Χρηματοδοτικά εργαλεία στην ΕΕ

Δ. Προϋπολογισμός και χρηματοδότηση

- Στοχευμένη δημόσια χρηματοδότηση με σαφείς τεχνολογικούς στόχους
- Σημαντικοί πόροι, για να καλυφθεί η χαμηλή ψηφιακή και τεχνολογική ετοιμότητα, σε χώρες ειδικά με χαμηλή ψηφιακή ωριμότητα
- Όλοι οι παράγοντες, δημόσιοι και ιδιωτικοί, ανεξαρτήτως μεγέθους, επενδύουν σημαντικά.

E. Διασύνδεση βιομηχανίας και έρευνας

- Έρευνα στενά συνδεδεμένη με ταχύτερη εμπορική αξιοποίηση προϊόντων
- Αναπροσαρμογή του τρόπου σύμπραξης με την ερευνητική κοινότητα

Τα ύψη των δημόσιων προϋπολογισμών που διατίθενται για πολιτικές Industry 4.0, τα μεγέθη των κρατών και η ψηφιακή ωριμότητα φαίνονται στην Εικόνα 86:

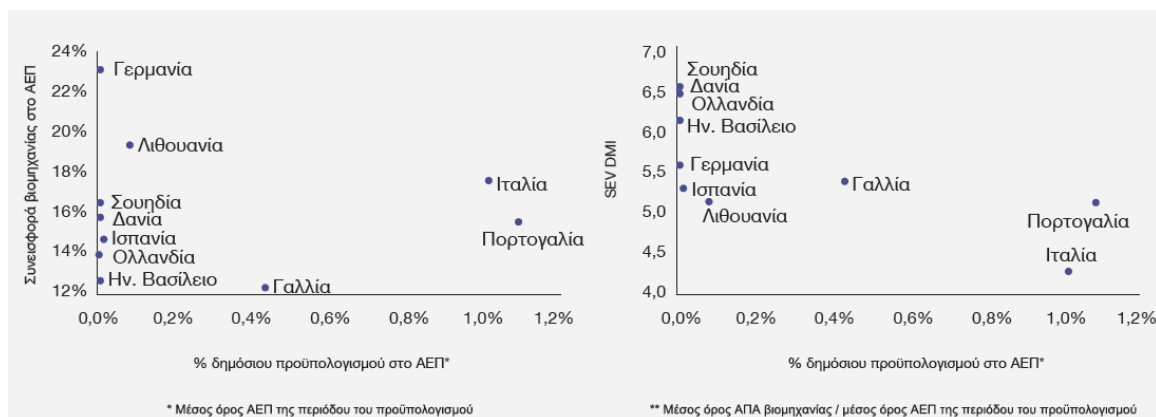


Figure 86 Μέγεθος βιομηχανίας και δημόσιοι πόροι για προγράμματα «Βιομηχανία 4.0» στην Ε.Ε. (δεξιά) και Ψηφιακή ωριμότητα και δημόσιοι πόροι για προγράμματα «Βιομηχανία 4.0» στην Ε.Ε. (αριστερά)

Χαρακτηριστικά, η Ιταλία και η Γαλλία έχουν τους υψηλότερους προϋπολογισμούς με €18 δισ. και €10 δισ. αντίστοιχα, η Λετονία έχει διαθέσει €6 δισ., ενώ η Γερμανία έχει διαθέσει €200 εκ. από το 2011. Οι προϋπολογισμοί δεν μπορούν να συγκριθούν εξαιτίας των διαφορετικών μέτρων που περιλαμβάνονται σε κάθε πολιτική, καθώς και τις εισφορές της βιομηχανίας, οι οποίες δεν μπορούν να αποτιμηθούν σε όλες τις περιπτώσεις. Οι χώρες υψηλών προϋπολογισμών (Εικόνα 5.4), Ιταλία και Γαλλία, κατατάσσονται σε χαμηλή θέση στον δείκτη DESI 2019 (24η και 15η θέση αντίστοιχα), ενώ η Πολωνία, όπου υπάρχει πρόθεση επένδυσης €235 δισ. μέχρι το 2040, εμφανίζει ομοίως χαμηλή επίδοση (25η θέση). Αντίθετα, οι χώρες που βρίσκονται υψηλά στη κατάταξη, διαθέτουν αρκετά χαμηλότερα κονδύλια (π.χ. Σουηδία €50 εκ., Δανία €50 εκ. και Ολλανδία €25 εκ.) (‘ΤΕΥΧΟΣ 50 ΣΕΒ, 2019).

Στην ΕΕ το 2021, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσδιορίζει τη διείσδυση των ψηφιακών τεχνολογιών στο 28% των επιχειρήσεων, ενώ έρευνα που διεξήχθη από το ινστιτούτο YouGov σε 10 ευρωπαϊκές χώρες, αναφέρει ότι λιγότερο από το ¼ των επιχειρήσεων (23%) έχουν ξεκινήσει τον ψηφιακό μετασχηματισμό της παραγωγής τους. Αρνητική συγκυρία αποτέλεσαν η πανδημία Covid-19 και τα έκτακτα μέτρα που λήφθηκαν σε αρκετές χώρες, με συνέπεια να επιβραδυνθεί η υλοποίηση των επενδυτικών σχεδιασμών.

Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με στοιχεία του Data Dashboard και της Eurostat (<https://ati.ec.europa.eu/data-dashboard>, 2021):

- στο 25% των επιχειρήσεων υπολογίζεται η χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (κυρίως ζητούνται λύσεις machine learning), μόλις στο 14% διαμορφώνεται το αντίστοιχο ποσοστό των εργαλείων big data analytics,
- το 25,6% έχουν υιοθετήσει τεχνολογίες / πλατφόρμες σχετικές με cloud περιβάλλοντα,
- το 65% χρησιμοποιούν κάποιο εργαλείο κυβερνοασφάλειας. Ωστόσο, μόλις το 31,5% έχουν καταγεγραμμένες, συνεκτικές πολιτικές προστασίας,
- το 41% χρησιμοποιούν τεχνολογίες IoT, ποσοστό που αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω, όσο η ανάπτυξη δικτύων 5G θα επιτρέπει τη ροή μεγαλύτερων όγκων δεδομένων, με μικρότερο latency.

Συνοψίζοντας τη σύγκριση Ελλάδας και ΕΕ, παρατηρείται ότι οι εγχώριες επιχειρήσεις (πλην εξαιρέσεων σε μεγάλους βιομηχανικούς ομίλους), εμφανίζονται αρκετά διστακτικές στην υιοθέτηση καινοτόμων ψηφιακών τεχνολογιών. Στην ΕΕ, η τεχνολογική διείσδυση διαμορφώνεται σαφώς πιο υψηλά, με κάποιες χώρες να είναι πλέον αρκετά ώριμες. Φυσικό ήταν όμως η πανδημία να προκαλέσει διστακτικότητα στην υλοποίηση νέων επενδυτικών πρωτοβουλιών. Στην προσπάθεια επανεκκίνησης στη μετά-Covid εποχή, η Ελλάδα ξεκινάει από σαφώς μειονεκτικό σημείο (ΤΕΥΧΟΣ 72 ΣΕΒ, 2021)

## Βιβλιογραφία 6<sup>ου</sup> Κεφαλαίου

1. [ati.ec.europa.eu/data-dashboard/overview?filter%5Bgeo%5D=GR%2CEU27](https://ati.ec.europa.eu/data-dashboard/overview?filter%5Bgeo%5D=GR%2CEU27)
2. Eurostat research, 2019
3. ΣΕΒ; Special Report Τεύχος 46: Το ψηφιακό & τεχνολογικό χάσμα οικονομίας και επιχειρήσεων, 2019
4. ΣΕΒ; Special Report Τεύχος 47: Βιομηχανία 4.0: Το μέλλον είναι εδώ, 2019
5. ΣΕΒ; Special Report Τεύχος 50: Εθνικό πρόγραμμα «Βιομηχανία 4.0», 2019
6. ΣΕΒ; Special Report Τεύχος 72: Βιομηχανία 4.0, 2022

## 7. Συμπεράσματα-Προτάσεις

Για να φτάσει γενικά μια επιχείρηση σε υψηλά επίπεδα αυτοματοποίησης των συστημάτων της, πρέπει οι άνθρωποι που την απαρτίζουν να κατανοήσουν πλήρως τις ανάγκες της, να εκτιμήσουν την θέση της επιχείρησης στην αγορά που δραστηριοποιείται, την εταιρική κουλτούρα που επικρατεί και με την εφαρμογή της καλύτερης δυνατής στρατηγικής, να επιλεγούν οι καταλληλότερες τεχνολογίες για τις διαδικασίες και διεργασίες παραγωγής των προϊόντων της. Άρα, μια επιχείρηση αν θέλει να προσαρμοστεί στη νέα τάξη πραγμάτων και να επωφεληθεί από τις τρομερές ευκαιρίες που θα προκύψουν από τις νέες τεχνολογίες, θα πρέπει να κάνει ριζικές αλλαγές σε όλους τους τομείς της. Οι νέες τεχνολογίες αναφέρθηκαν αναλυτικά στις ενότητες 3,4 και 5.

Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στο πλαστικό, το οποίο είναι το υλικό που εξετάζει η παρούσα εργασία, είναι ένα ιδιαίτερο και πολύπλοκο υλικό που για να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα πρέπει να λειτουργήσουν σωστά πολλοί παράγοντες. Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών και η πλήρης αυτοματοποίηση ενός εργοστασίου θα ωφελήσει τα μέγιστα την βιομηχανία πλαστικών, αξιοποιώντας τις μοναδικές ιδιότητες αυτής της κατηγορίας υλικών, αυξάνοντας την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και μειώνοντας τα μη συμμορφούμενα προϊόντα σκραπ. Οι άνθρωποι που εργάζονται σε αυτόν τον τομέα πρέπει να κατανοήσουν πλήρως την φιλοσοφία και τις ιδιαιτερότητες του πλαστικού για να μπορέσουν να προσαρμόσουν πλήρως τις νέες τεχνολογίες στην παραγωγή του. Η ψηφιοποίηση και ο αυτοματισμός της παραγωγής πλαστικού δεν είναι σε εγχειρίδιο με έτοιμες λύσεις και προϊόντα καταλόγου. Πρέπει να διεγερθεί η φαντασία και η αίσθηση καινοτομίας για την εύρεση της κατάλληλης στρατηγικής και τρόπων εφαρμογής των νέων τεχνολογιών. Η επιτυχία προσαρμογής μιας βιομηχανίας πλαστικών σε μεγάλο βαθμό στις νέες τεχνολογίες Industry 4.0, θα την εκτοξεύσει στον κλάδο καθιστώντας την πλήρως ανταγωνιστική και έναν σημαντικό παίκτη στην παγκόσμια αγορά.

Στην ελλαδικό χώρο δυστυχώς ο ψηφιακός μετασχηματισμός των επιχειρήσεων κινείται αρκετά πιο αργά σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση, με λίγες μόνο εξαιρέσεις. Το ζητούμενο κατά τον ΣΕΒ είναι η συνολική πορεία της Ελλάδας προς την 4η βιομηχανική εποχή να αποκτήσει πυξίδα και ταχύτερο βηματισμό σύγκλισης με τις επιδόσεις της υπόλοιπης Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι προτάσεις του Παρατηρητηρίου Ψηφιακού Μετασχηματισμού του ΣΕΒ για την ταχύτερη προσαρμογή της Ελλάδας στη Βιομηχανία 4.0 είναι οι εξής:

- Ολοκλήρωση και συμφωνία εθνικής στρατηγικής ανάμεσα στα αρμόδια υπουργεία και τις επιχειρήσεις για τον συντονισμό σε θέματα εργαλείων χρηματοδότησης, φορολογικών κινήτρων, μηχανισμών καινοτομίας, αναβάθμισης των δεξιοτήτων, μείωσης της γραφειοκρατίας στη δημόσια διοίκηση, κτλ.
- Οι επιχειρήσεις να εστιάσουν σε τεχνολογίες αιχμής ώστε να είναι ανταγωνιστικές
- Προσαρμογή διοικητικών πρακτικών για να αξιοποιηθούν οι τεχνολογίες αιχμής. Στην προσπάθεια επανεκκίνησης στη μετά-Covid εποχή, οι επιχειρήσεις πρέπει να προσαρμόσουν ταχύτερα τα μοντέλα λειτουργίας και λήψης αποφάσεων στις ευκολίες που δίνουν οι τεχνολογίες Industry 4.0 (π.χ. IoT, τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση, επαυξημένη πραγματικότητα,

- κτλ). Μέχρι σήμερα, η πλειονότητα των επιχειρήσεων μετασχηματίζει τη λειτουργία τους με αργούς ρυθμούς με συνέπεια τις ιδιαίτερα χαμηλές επιδόσεις στο δείκτη πραγματικής διείσδυσης των τεχνολογιών αιχμής.
- Ενίσχυση της εγχώριας παραγωγής συστημάτων αιχμής με τις κύριες τεχνολογίες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες όπως, Internet of Things (IoT), αυτόνομες μηχανές και ρομπότ, τεχνητή νοημοσύνη, κυβερνοφυσικά συστήματα, λύσεις κυβερνο-ασφάλειας, κτλ., οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας υψηλών προσόντων και αποδοχών για τους νέους, να αξιοποιηθούν άμεσα στη βιομηχανία και να ενισχύσουν την ασφάλεια / άμυνα της χώρας, κρατώντας τους στην Ελλάδα και μειώνοντας την μετανάστευση τους στο εξωτερικό.
  - Μεταστροφή της σημαντικής ψηφιακής υστέρησης των ΜμΕ(μικρομεσαίων επιχειρήσεων) με τον σχεδιασμό νέου προγράμματος ΕΣΠΑ το οποίο θα συνδυάζει τη ψηφιακή αναβάθμιση με την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας διοχετεύοντας πόρους με κριτήρια τόσο τις διαφορετικές ανάγκες των ΜμΕ όσο και την τεχνολογική ένταση της κάθε επένδυσης
  - Αναδιάταξη των προτεραιοτήτων της Βίβλου Ψηφιακού Μετασχηματισμού (ΒΨΜ) με κριτήριο τις ανάγκες της Βιομηχανίας 4.0, δημιουργώντας δηλαδή κρίσιμα έργα για τη Βιομηχανία 4.0
  - Ταχύτερη διάθεση πόρων της ΕΕ σε έργα για τη Βιομηχανία 4.0 με επιχορηγήσεις για το γενικότερο ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων αλλά και σημαντικούς πόρους για την αναβάθμιση των δεξιοτήτων. (ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0, 2022)

Αλλά ακόμα και τα περισσότερα τεχνολογικά προηγμένα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ποσοστά παραγωγικότητας χαμηλότερα από ό,τι εκείνων των Ηνωμένων Πολιτειών λόγω της δημόσιων πολιτικών και επιχειρηματικών πρακτικών, οι οποίες ευνοούν περισσότερο τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας στην ψηφιακή κοινωνία: καλύτερη διαχείριση, υψηλότερα επίπεδα επενδύσεων στην ψηφιακή τεχνολογία, χαμηλότεροι ψηφιακοί φόροι, υποστήριξη της ανάληψης ρίσκου, πρωτοποριακό πνεύμα και μεγαλύτερες οικονομίες κλίμακας τόσο σε επίπεδο εταιρείας όσο και αγοράς. (Jean-Claude Andre, 2019)

Η μετάβαση στην νέα τάξη πραγμάτων που έχει φέρει η εποχή της Industry 4.0 είναι άκρως ριζοσπαστική και τελείως αναγκαία για μια επιχείρηση να είναι ανταγωνιστική. Αλλά εκτός τους υποστηρικτές της τεχνολογικής εξέλιξης, υπάρχουν και αυτοί που είναι σκεπτικοί με την 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση εκφράζοντας αντιρρήσεις, φόβους και ανησυχίες. Οι συγκεκριμένες κοινωνικές ομάδες υποστηρίζουν ότι με την πλήρη αυτοματοποίηση των συστημάτων των επιχειρήσεων παγκοσμίως, θα χαθούν πολλές θέσεις εργασίας και ότι η αύξηση της παραγωγικότητας θα επιτευχθεί μόνο με άνισα κατανομημένα κέρδη, πρόκληση πολλών περιβαλλοντικών ζητημάτων, καταπάτηση της ατομικής ελευθερίας, εκμετάλλευση των εργαζομένων και στασιμότητα ή μείωση των μισθών.

Το μυστικό και η λύση των προβλημάτων που έχουν ή μπορεί να προκύψουν κατά την όλο και περισσότερη εμπάθυνση των επιχειρήσεων στην εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στο εσωτερικό τους, είναι να βρεθεί μια μέση λύση και οι καλύτερες δυνατές επιλογές στα ζητήματα και τις ανησυχίες που εκφράζει ένα σύνολο της

κοινωνίας για ένα καλύτερο αύριο για όλες τις πλευρές. Η τεχνολογία είναι μόνο ένα μέσο, ένα εργαλείο και όχι ένας αποκλειστικός στόχος.(Jean-Claude Andre, 2019)

## **Βιβλιογραφία 7<sup>ου</sup> Κεφαλαίου**

1. Jean-Claude Andre, Industry 4.0 - Paradoxes and Conflicts, 2019
2. ΣΕΒ; Special Report Τεύχος 72: Βιομηχανία 4.0, 2022