



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΚΤΥΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΙΩΣΙΜΟΥ ΕΞΥΠΝΟΥ ΣΠΙΤΙΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PLC

Μαριαλένα Μηλιώνη

Επιβλέπων: Ανδρέας Τσορμπατζόγλου

Επίκουρος καθηγητής

Άρτα, Ελλάδα, Φεβρουάριος, 2025

CONSTRUCTION OF A SUSTAINABLE SMART HOME BASED ON PLC SYSTEMS

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, Ελλάδα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Όνομα Επίθετο,

Ανδρέας Τσορμπατζόγλου

τίτλος, βαθμίδα

Επίκουρος καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

Κωνσταντίνος Αγγέλης

τίτλος, βαθμίδα

Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

Δουμένης Γρηγόριος

τίτλος, βαθμίδα

Επίκουρος καθηγητής

© Μηλιώνη, Μαριαλένα, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Πληροφορικής & δικτύων.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εκ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Μηλιώνη Μαριαλένα

Υπογραφή



Μηλιώνη Μαριαλένα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ανδρέα Τσορμπατζόγλου, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τις γνώσεις και την αδιάλειπτη υποστήριξή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, την κατανόηση και την ενθάρρυνση που μου προσέφεραν σε κάθε στάδιο αυτής της προσπάθειας. Χωρίς τη συμβολή τους, η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας δεν θα ήταν δυνατή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματεύεται την κατασκευή ενός βιώσιμου και έξυπνου σπιτιού, το οποίο βασίζεται στη χρήση Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (PLC) για τη διαχείριση και αυτοματοποίηση κρίσιμων λειτουργιών. Στόχος της μελέτης είναι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και η ενίσχυση της ασφάλειας μέσω της αξιοποίησης τεχνολογιών IoT, Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και cloud computing.

Αρχικά, αναλύονται οι αρχές του βιώσιμου σχεδιασμού και οι τεχνολογίες αυτοματισμού που μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο ρόλος των PLC στην έξυπνη διαχείριση οικιακών λειτουργιών, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση και η ασφάλεια, καθώς και η διασύνδεσή τους με αισθητήρες και πλατφόρμες cloud για απομακρυσμένο έλεγχο και αυτοματοποίηση σε πραγματικό χρόνο.

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την ανάλυση και τον προγραμματισμό των PLC για την εφαρμογή έξυπνων λύσεων διαχείρισης ενέργειας και ασφάλειας, καθώς και τη δοκιμή της αποδοτικότητας του συστήματος μέσω προσομοιώσεων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η ενσωμάτωση PLC με σύγχρονες τεχνολογίες οδηγεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, αύξηση της λειτουργικότητας και βελτίωση της ασφάλειας των κατοικιών.

Συμπερασματικά, η εργασία αναδεικνύει τη σημασία της τεχνολογικής ενσωμάτωσης στον οικιακό αυτοματισμό και προτείνει ένα μοντέλο έξυπνης κατοικίας που είναι ταυτόχρονα βιώσιμο και καινοτόμο, ανοίγοντας νέες προοπτικές στον τομέα της αυτοματοποιημένης διαχείρισης κτιρίων.

Λέξεις-κλειδιά: Έξυπνο σπίτι, Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), βιωσιμότητα, IoT, αυτοματισμός.

ABSTRACT

This master's thesis explores the construction of a sustainable and smart home based on the use of Programmable Logic Controllers (PLCs) for managing and automating critical functions. The study aims to optimize energy efficiency and enhance security through the integration of IoT, Artificial Intelligence (AI), and cloud computing technologies.

Initially, the principles of sustainable design and automation technologies that contribute to reducing energy consumption and environmental footprint are analyzed. Subsequently, the role of PLCs in the intelligent management of household functions, such as lighting, heating, and security, is presented, along with their integration with sensors and cloud platforms for remote control and real-time automation.

The methodology includes the analysis and programming of PLCs for implementing smart energy and security management solutions, as well as testing system efficiency through simulations. The results indicate that the integration of PLCs with modern technologies leads to a significant reduction in energy consumption, increased functionality, and improved home security.

In conclusion, this thesis highlights the importance of technological integration in home automation and proposes a smart home model that is both sustainable and innovative, opening new perspectives in the field of automated building management.

Keywords: Smart home, Programmable Logic Controller (PLC), sustainability, IoT, automation.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Έξυπνο κτήριο	12
1.1.1 Βιωσιμότητα	12
1.1.2 Ασφάλεια.....	13
1.1.3 Έξυπνη διαχείριση οικιακών λειτουργιών με IoT και TN σε πλατφόρμες cloud.....	14
1.1.4 Βιώσιμη αρχιτεκτονική και έξυπνες τεχνολογίες: Ο σχεδιασμός των σπιτιών του μέλλοντος	17
1.2 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)	21
1.2.1 Από τα συστήματα λογικής με ρελέ στο PLC	22
1.3 Έξυπνος οικιακός αυτοματισμός με χρήση PLC, AI, IoT και cloud: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση.....	24
2. Λογισμικό έξυπνων δομικών σχεδίων με τη βοήθεια του υπολογιστή (Autocad+).....	29
2.1 Autocad: Εισαγωγή	29
2.2 Autocad+: Έξυπνες εφαρμογές	30
2.3 Autocad & PLC συστήματα.....	33
2.4 Στατιστική αποδεκτικότητα της χρήσης του Autocad	35
2.5 CODESYS	40
2.5.1 Πως λειτουργούν οι γλώσσες προγραμματισμού PLC	42
2.5.2 Δομή και Ανάπτυξη Κώδικα σε PLC: Προσέγγιση με τη Γλώσσα Structured Text (ST)	48
2.5.3 Δομή της Structured Text	50
2.5.4 Εισαγωγή στη διαδοχική ενεργοποίηση φωτισμού μέσω Structured Text (CODESYS) για αυτοματισμούς.....	53
2.5.5 Αυτοματοποιημένο σύστημα φωτισμού με εναλλαγή λειτουργιών με τη χρήση PLC (CODESYS)	56
2.5.6 Βασική επίδειξη εφαρμογής έξυπνου φωτισμού	66

2.5.7	Εναλλαγή της έντασης του φωτισμού μέσω της χρήσης ροοστάτη	69
2.5.8	Σύστημα Παρακολούθησης Κλίσης Κολώνων για Ενίσχυση της Ασφάλειας Κτιρίων μέσω PLC71	
3.	Τεχνολογίες ασφάλειας & πρόληψης κινδύνων για έξυπνες κατοικίες	76
3.1	Συστήματα ανίχνευσης καπνού, θερμοκρασίας & μονοξειδίου του άνθρακα	77
3.2	Συστήματα ελέγχου πλημμύρας.....	78
3.3	Έξυπνο σύστημα ανίχνευσης κίνησης & εισβολής.....	79
3.4	Συστήματα ανίχνευσης διαρροών φυσικού αερίου.....	81
3.5	Έξυπνη διαχείριση ενέργειας για ασφαλή & αποδοτικά σπίτια	82
4.	Συμπεράσματα: Ενσωματώνοντας τεχνολογία & βιωσιμότητα στα σπίτια του μέλλοντος.....	83
5.	Αναφορές	85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθώς ο κόσμος αντιμετωπίζει την κλιματική αλλαγή και τη μείωση των φυσικών πόρων, γίνεται ολοένα και πιο αναγκαίο να ενσωματώνουμε βιώσιμες πρακτικές στην καθημερινή μας ζωή. Ένα σημαντικό βήμα προς ένα πιο οικολογικό μέλλον ξεκινά από το ίδιο μας το σπίτι. Με την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών και την επιλογή οικολογικών λύσεων, μπορούμε να μετατρέψουμε τα σπίτια μας σε φιλικούς προς το περιβάλλον χώρους. Αυτές οι αλλαγές όχι μόνο μειώνουν τις επιπτώσεις μας στο περιβάλλον, αλλά συμβάλλουν και σε μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κόστους.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να κάνουμε ένα σπίτι πιο **βιώσιμο**. Για παράδειγμα, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση LED φωτισμού, την κατάλληλη μόνωση, καθώς και την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Παράλληλα, η εξοικονόμηση νερού και η χρήση βιώσιμων υλικών στην κατασκευή ή ανακαίνιση αποτελούν κρίσιμες πτυχές. Η μείωση των αποβλήτων είναι επίσης βασικό στοιχείο της βιωσιμότητας.

Η τεχνολογία πλέον μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε πιο “έξυπνα” και βιώσιμα σπίτια. Η κατασκευή μιας σύγχρονης οικίας δεν αφορά πλέον μόνο την ενεργειακή αποδοτικότητα και βιωσιμότητα, αλλά προάγει την ευημερία και εξοικονομεί χρήματα. Με τη χρήση τεχνολογιών αυτοματισμού λοιπόν, όπως ο **Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)**, μπορούμε να δημιουργήσουμε σπίτια που όχι μόνο **μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα**. Βελτιώνεται έτσι η **κατανάλωση ενέργειας**, με τον έλεγχο του φωτισμού, της θέρμανσης και του κλιματισμού, **παρέχοντας υψηλά επίπεδα προστασίας από φυσικές καταστροφές και ατυχήματα**. [1]

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός βιώσιμου και έξυπνου σπιτιού που βασίζεται σε Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC) και η αξιοποίηση τους για τον αυτοματισμό και πιο συγκεκριμένα για τον αυτοματισμό μέσα σε μια κατοικία. Οι PLC αυτοματοποιούν λειτουργίες όπως ο φωτισμός, η θέρμανση και η ασφάλεια. Εξετάζεται επίσης, η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Οι χρήστες με αυτό το τρόπο απολαμβάνουν ένα περιβάλλον υψηλότερης ποιότητας, ασφάλειας και άνεσης βελτιώνοντας έτσι την καθημερινότητά τους. Έτσι, η δυνατότητα δημιουργίας σπιτιών που είναι ενεργειακά αποδοτικά και που μπορούν να προσαρμόζονται στις ανάγκες του χρήστη σε πραγματικό χρόνο αποτελεί μια τεχνολογία με μεγάλες προοπτικές για το μέλλον.

1.1 Έξυπνο κτήριο

Για την κατασκευή μιας σύγχρονης έξυπνης κατοικίας από το σχέδιο και τα θεμέλια μέχρι την παράδοση της προτείνονται εν συνεχεία κάποια συστήματα που δεν περιορίζονται μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά παρέχουν και ευέλικτες και καινοτόμες λύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και την αύξηση της διάρκειας ζωής του σπιτιού, ενώ παράλληλα προσαρμόζονται δυναμικά στις ανάγκες των κατοίκων. Παρουσιάζεται έτσι μια προμελέτη που αφορά ένας ολοκληρωμένο πλαίσιο κατασκευής και λειτουργίας ενός σύγχρονου έξυπνου σπιτιού.

1.1.1 Βιωσιμότητα

Αρχικά, βασικός πυλώνας είναι ο σχεδιασμός της οικίας με έμφαση στη **βιωσιμότητα και την ασφάλεια**. Η βέλτιστη διαχείριση της θερμότητας και η **εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού**, αλλά και η **σωστή μόνωση** του σπιτιού (με διπλή ή τριπλή υάλωση) εξασφαλίζουν την **ενεργειακή απόδοση**, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι. Η **ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**, όπως τα **ηλιακά πάνελ**, στο πλαίσιο του έξυπνου σπιτιού είναι μια στρατηγική επιλογή που προσφέρει σημαντικά οφέλη τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Τα ηλιακά πάνελ μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, παρέχοντας στο σπίτι μια καθαρή, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αυτό μειώνει δραστικά την εξάρτηση από συμβατικές πηγές, όπως το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο, και μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Με την χρήση αυτών λοιπόν, **μειώνονται οι λογαριασμοί ρεύματος** κάτι που παραμένει καίριο και επίκαιρο λόγω της μεγάλης ενεργειακής κρίσης που βιώνουμε καθημερινά, αυξάνοντας με αυτό το τρόπο την ενεργειακή ανεξαρτησία. Παράλληλα, **μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου**, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προσδώσει οικονομικά οφέλη στον ιδιοκτήτη με την δημιουργία εσόδων από την επιστροφή ενέργειας. Τέλος, προσφέρεται και αυτονομία σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπως είναι αυτές των διακοπών ρεύματος.

Όταν το σπίτι ολοκληρώνεται, τα συστήματα PLC πρέπει να είναι πλήρως διασυνδεδεμένα με όλα τα οικιακά συστήματα. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατάσταση αισθητήρων σε διάφορους χώρους του σπιτιού (π.χ. παράθυρα, πόρτες, συστήματα θέρμανσης) ώστε να επιτρέπεται η απομακρυσμένη παρακολούθηση και ο έλεγχος μέσω μιας εφαρμογής ή μιας πλατφόρμας IoT (Internet of Things). Το σύστημα μπορεί να προσαρμόζεται δυναμικά στις συνήθειες των κατοίκων, βελτιστοποιώντας την ενεργειακή κατανάλωση.

Το σπίτι λειτουργεί σαν ένας ζωντανός οργανισμός με συγκεκριμένες ανάγκες, τις οποίες πρέπει να "ακούμε" και να κατανοούμε. Η αυτονομία που παρέχει ένα σύστημα PLC επιτρέπει στο ίδιο το σπίτι να αντιλαμβάνεται αυτές τις ανάγκες και να τις επιλύει αυτοδύναμα. Μέσα από τη συνεχή παρακολούθηση και τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων, το σπίτι γίνεται πιο αποδοτικό και προσαρμόζεται δυναμικά στις συνθήκες και τις απαιτήσεις των κατοίκων του. Η προσαρμοστικότητα των PLC στις ανάγκες κάθε σπιτιού και η δυνατότητα συνδυασμού τους με άλλες τεχνολογίες καθιστούν αυτά τα συστήματα ιδανικά για την υλοποίηση έξυπνων και βιώσιμων οικιακών λύσεων.



Εικόνα 1.1.1 Smart home [7]

1.1.2 Ασφάλεια

Παράλληλα, βάση του ΦΕΚ σε **περιοχές με υψηλό σεισμικό κίνδυνο** θα εξυπηρετούσε η χρήση εύκαμπτων θεμελίων, κατάλληλου οπλισμού, καθώς και απορροφητικών υλικών στις δομές του σπιτιού βοηθώντας έτσι στην απορρόφηση των σεισμικών κυμάτων, μειώνοντας τους κραδασμούς. Το PLC, σε συνδυασμό με τη χρήση **αισθητήρων σεισμικής δραστηριότητας** και **ανίχνευσης στάθμης νερού** για την πρόληψη πλημμυρών, μπορεί όχι μόνο να ενεργοποιήσει έναν **συναγερμό σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης**, αλλά και να ενεργοποιήσει **αυτόματα συστήματα όπως αντλίες αποστράγγισης** σε υπόγειους χώρους ή περιοχές όπου υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης νερού. Επιπλέον, μπορεί να ενεργοποιήσει μηχανισμούς, όπως ένα **κουμπί διακοπής ρεύματος**, προκειμένου

να απενεργοποιηθεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, αποτρέποντας περαιτέρω ζημιές και ατυχήματα. Οι **ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο** μπορούν να σταλούν στον ιδιοκτήτη μέσω κάποιας εφαρμογής σε ένα smartphone όπου **θα έχει πλήρη απομακρυσμένο έλεγχο** και διαχείριση της κατάστασης, ο οποίος με τη σειρά του μπορεί να ενημερώσει τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης.

1.1.3 Έξυπνη διαχείριση οικιακών λειτουργιών με IoT και TN σε πλατφόρμες cloud

Ο **οικιακός αυτοματισμός** αφορά τη δυνατότητα να ελέγχονται αυτόματα ηλεκτρονικές συσκευές στο σπίτι μέσω του Διαδικτύου. Αυτό επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο των συσκευών, που μπορούν να λειτουργούν συντονισμένα μεταξύ τους χωρίς την ανάγκη χειροκίνητης παρέμβασης. Η **χρήση αυτοματισμών μέσω συστημάτων PLC** μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή διαφόρων σεναρίων. Για παράδειγμα, το σύστημα μπορεί να **ελέγχει την κατανάλωση ενέργειας**, ανιχνεύοντας τότε οι κάτοικοι δεν βρίσκονται στο σπίτι. Σε αυτή την περίπτωση, το PLC μπορεί να απενεργοποιεί αυτόματα τα φώτα, να ρυθμίζει τη θερμοκρασία ή να διακόπτει τη λειτουργία μη απαραίτητων συσκευών. Επιπλέον, μπορεί να ενεργοποιηθεί ένας **σιωπηλός συναγερμός (κουμπί πανικού)** σε περίπτωση παραβίασης, ενώ βρίσκεστε στο σπίτι, αναβοσβήνοντας τα περιμετρικά φώτα και ειδοποιώντας αυτόματα την αστυνομία. Παράλληλα, το σύστημα PLC μπορεί να συνδεθεί με το σύστημα ασφαλείας της κεντρικής εισόδου, καθώς και με τις περιμετρικές μπαλκονόπορτες και τα παράθυρα. Σε **περίπτωση παραβίασης**, το σύστημα ενεργοποιείται και ειδοποιεί τον ιδιοκτήτη, ενώ ο συναγερμός εκπέμπει διαφορετικό ήχο, υποδεικνύοντας το ακριβές σημείο της παραβίασης. Τα **συστήματα ανίχνευσης καπνού και θερμότητας** που συνδέονται με τα PLC προσφέρουν ένα πολυεπίπεδο σύστημα **πυρασφάλειας**. Τα PLC μπορούν να εντοπίσουν **καπνό ή απότομες αλλαγές στη θερμοκρασία** και να ενεργοποιήσουν αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης, ή να στείλουν σήμα στις αρμόδιες αρχές. Επιπλέον, αυτές οι ειδοποιήσεις μπορούν να αποστέλλονται απευθείας στον ιδιοκτήτη μέσω κινητού τηλεφώνου, διασφαλίζοντας άμεση αντίδραση.

Η **χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης** σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, όπως ένας σεισμός μεγαλύτερος των 5R, προσφέρει τη δυνατότητα αυτόνομης και γρήγορης λήψης αποφάσεων που μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις ζημιές και να προστατεύσουν ανθρώπινες ζωές. Σε ένα έξυπνο σπίτι εξοπλισμένο με αισθητήρες IoT, το σύστημα είναι προγραμματισμένο να λαμβάνει δεδομένα **από διάφορους αισθητήρες σεισμικής δραστηριότητας**. Όταν ανιχνεύεται σεισμός άνω των 5 Ρίχτερ, οι αισθητήρες αποστέλλουν σήμα στο σύστημα που βασίζεται σε TN. Η TN, έχοντας προ-εκπαιδευτεί με

βάση σενάρια σεισμικών κινδύνων και με τη βοήθεια της ιστορικής ανάλυσης δεδομένων, αντιλαμβάνεται αμέσως την ένταση και το επίκεντρο του σεισμού. Εφόσον το επίπεδο του σεισμού είναι υψηλό (>5R), το σύστημα λαμβάνει την απόφαση να **κλείσει αυτόματα την παροχή νερού και ρεύματος στο σπίτι**. Αυτό αποτρέπει αμέσως περαιτέρω κινδύνους όπως βραχυκυκλώματα που μπορεί να οδηγήσουν σε πυρκαγιά ή την έκρηξη σωλήνων νερού. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες που είναι διασκορπισμένοι σε διάφορα σημεία του σπιτιού (ανίχνευσης καπνού, θερμότητας, πίεσης στους σωλήνες νερού κ.λπ.), η TN **συνεχίζει να παρακολουθεί την κατάσταση**. Αν οι αισθητήρες καπνού ή θερμότητας δείξουν αυξημένα επίπεδα, η TN καταλαβαίνει ότι πιθανόν να υπάρχει φωτιά και ενεργοποιεί συστήματα πυρόσβεσης ή ειδοποιεί την πυροσβεστική υπηρεσία. Παράλληλα, οι αισθητήρες πίεσης και ροής στους σωλήνες νερού ελέγχουν αν υπάρχει διαρροή ή ρήξη σε κάποιο σημείο. Εάν εντοπιστεί κάποιο τέτοιο πρόβλημα, το σύστημα αποφασίζει να διατηρήσει την παροχή νερού κλειστή μέχρι να επιδιορθωθεί το πρόβλημα. Η TN στέλνει **ειδοποιήσεις στους ιδιοκτήτες του σπιτιού μέσω εφαρμογών στα smartphones τους**, ενημερώνοντάς τους για την τρέχουσα κατάσταση, τις ενέργειες που έχει λάβει και τις επόμενες αποφάσεις. Παράλληλα, **επικοινωνεί αυτόματα με τις αρμόδιες υπηρεσίες**, όπως την πυροσβεστική ή την εταιρεία ύδρευσης, δίνοντάς τους ακριβείς πληροφορίες για τη ζημιά και την περιοχή. Τέλος, η **αυτόματη επαναφορά λειτουργιών μετά από βλάβες ή διακοπές ρεύματος** αποτελεί ένα αυτοματισμό που προσφέρει καινοτομία, καθώς το PLC θα μπορεί να αποθηκεύει δεδομένα προηγούμενων ρυθμίσεων και θα τις εφαρμόζει εκ νέου μόλις το σύστημα επανέλθει, χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.

Τα συστήματα PLC επιτρέπουν την αυτοματοποίηση των οικιακών λειτουργιών και τον έλεγχο των συσκευών μέσω της δημιουργίας προκαθορισμένων σεναρίων. Με την **ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT**, οι αισθητήρες μπορούν να **μεταφέρουν δεδομένα στις πλατφόρμες cloud μέσω του PLC**, το οποίο διαχειρίζεται και **προσαρμόζει αυτόματα** τις τοπικές λειτουργίες του σπιτιού **χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης**. Οι πλατφόρμες cloud παρέχουν την απαραίτητη υποδομή για την αποθήκευση και την επεξεργασία αυτών των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας **ανάλυση σε μεγάλη κλίμακα** που δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί τοπικά με έναν οικιακό υπολογιστή ή PLC. Στο cloud, η TN αναλύει τα δεδομένα, μαθαίνει από τις συνήθειες των χρηστών, προβλέπει ανάγκες και ανιχνεύει ανωμαλίες, επιστρέφοντας εντολές στο PLC για την εκτέλεση των απαραίτητων ενεργειών. Με αυτόν τον τρόπο, βελτιστοποιείται η απόδοση των συσκευών, προσφέροντας λύσεις για εξοικονόμηση ενέργειας και ασφάλεια.

Η **αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) και της Μηχανικής Μάθησης** μέσω του cloud επιτρέπει την ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Ενισχύουν τη λειτουργικότητα του οικιακού αυτοματισμού, επιτρέποντας στις συσκευές να **προσαρμόζονται στις συνήθειες** και τις προτιμήσεις των χρηστών. Αυτό οδηγεί στη **δημιουργία έξυπνων λειτουργιών**, όπως η πρόβλεψη ενεργειακών αναγκών, η αυτόματη προσαρμογή της θερμοκρασίας και του φωτισμού, καθώς και η ανίχνευση μοτίβων κίνησης ή ασυνήθιστων δραστηριοτήτων. Με τη βοήθεια της TN, οι πλατφόρμες cloud **βελτιώνουν την αποδοτικότητα των συσκευών**, προσφέροντας λύσεις που εστιάζουν στην **εξοικονόμηση ενέργειας και στην ενίσχυση της ασφάλειας**. Επίσης, η TN προσφέρει **εξατομικευμένες εμπειρίες χρήστη**, προσαρμόζοντας αυτόματα τον φωτισμό ή τη θερμοκρασία ανάλογα με την ώρα της ημέρας ή τη δραστηριότητα (π.χ., παρακολούθηση ταινίας).

Επιπλέον, οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στο cloud επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν **απομακρυσμένη πρόσβαση** στο σύστημα του έξυπνου σπιτιού. Μέσω **εφαρμογών σε κινητές συσκευές**, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν τα σενάρια αυτοματισμού από οπουδήποτε, **λαμβάνοντας ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο** για σημαντικά συμβάντα, όπως παραβίαση ασφάλειας ή ασυνήθιστη κατανάλωση ενέργειας. Αυτό παρέχει σημαντική ευκολία και αίσθηση ελέγχου, ακόμη και όταν οι χρήστες είναι εκτός σπιτιού, επιτρέποντας την απομακρυσμένη επίλυση προβλημάτων και την ενημέρωση του συστήματος χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας τεχνικού προσωπικού.

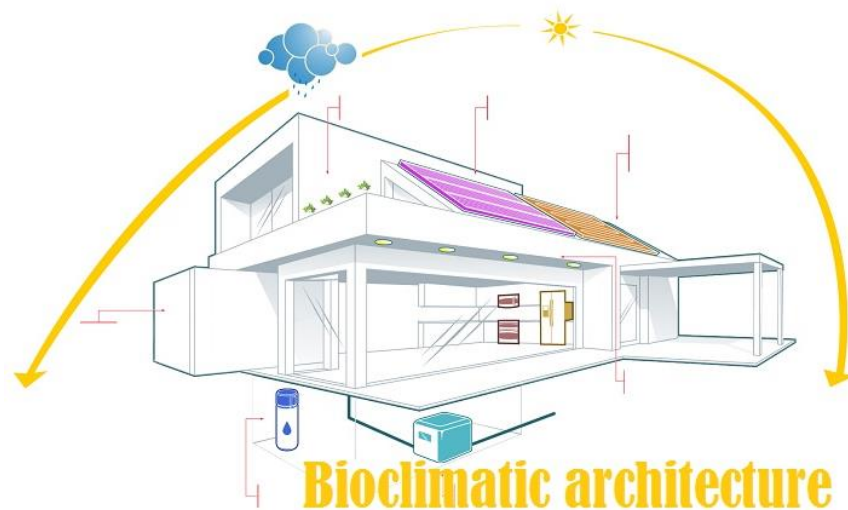
Η **ασφάλεια** είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση των οικιακών λειτουργιών μέσω IoT. Οι πλατφόρμες cloud χρησιμοποιούν **τεχνολογίες κρυπτογράφησης** και άλλα μέτρα για την **προστασία των δεδομένων** των χρηστών, αποτρέποντας μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Οι χρήστες μπορούν επίσης να ρυθμίζουν ειδοποιήσεις ασφαλείας για να ενημερώνονται άμεσα σε περίπτωση παραβίασης.

Τέλος, η χρήση του cloud επιτρέπει τον **συγχρονισμό δεδομένων από πολλαπλές πηγές ή αισθητήρες** που **βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες**, βελτιώνοντας την **αποτελεσματικότητα** και τον συντονισμό των συσκευών. Με αυτόν τον τρόπο, τα συστήματα του σπιτιού λειτουργούν συντονισμένα, εξασφαλίζοντας βέλτιστη κατανομή πόρων, όπως η ενέργεια, και αποφεύγοντας τη σπατάλη, ενώ η αλληλεπίδραση με φωνητικούς βοηθούς μέσω MM επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά τις συσκευές τους.[8]

1.1.4 Βιώσιμη αρχιτεκτονική και έξυπνες τεχνολογίες: Ο σχεδιασμός των σπιτιών του μέλλοντος

Η βιώσιμη αρχιτεκτονική αποτελεί μια από τις πιο κρίσιμες προσεγγίσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων, ανταγωνιζόμενη την παραδοσιακή αρχιτεκτονική με επίκεντρο την οικολογική συνείδηση και την αποδοτικότητα των πόρων. Στην εποχή της κλιματικής αλλαγής και των αυξανόμενων ενεργειακών απαιτήσεων, η βιώσιμη αρχιτεκτονική αποτελεί αναγκαία λύση για ένα μέλλον που συνδυάζει την άνεση της σύγχρονης ζωής με την προστασία του πλανήτη.

Η αρχιτεκτονική των σπιτιών βάση βιοκλιματικών αρχών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της οικολογικής δόμησης, που αφορά τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο επίπεδο των κτιριακών μονάδων. Στόχοι του **βιοκλιματικού σχεδιασμού**, είναι η εξασφάλιση του ηλιασμού, η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα, η προστασία από δυνατούς ανέμους, η προστασία από τον ήλιο, η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων και η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιδιώκει την **βέλτιστη αξιοποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών** για ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων. Βασικός πυλώνας είναι η **χρήση τη νότιας πλευράς για παθητική ηλιακή θέρμανση** και η **προστασία της βόρειας πλευράς από ανέμους**. Το ιδανικό σχήμα του κτιρίου είναι **επιμήκες κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, με μεγάλα ανοίγματα στο νότο και μικρά στη βόρεια πλευρά** για μείωση των θερμικών απωλειών. Τα **υλικά κατασκευής προτιμώνται φιλικά προς το περιβάλλον**, ενώ ο διαμπερής αερισμός και η εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του εδάφους ενισχύουν τη φυσική θέρμανση και ψύξη. Ο εσωτερικός χώρος οργανώνεται ώστε οι **κύριοι χώροι να βρίσκονται στο νότο**, ενώ οι **δευτερεύοντες χώροι τοποθετούνται στη βόρεια πλευρά** για πρόσθετη προστασία από τις καιρικές συνθήκες. [10]



Εικόνα 1.1.4 [1] Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού [11]

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια αποτελεί το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στις περισσότερες χώρες. Στην Ελλάδα σύμφωνα με το ΚΑΠΕ το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 70%. Η περισσότερη από αυτή την ενέργεια καταναλώνεται για την ψύξη και τη θέρμανση τους, λόγω ανεπαρκούς μόνωσης. **Παθητικό σπίτι**, ορίζεται το σπίτι με μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο. Συγκεκριμένα ένα κτήριο έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο (βιοκλιματικός σχεδιασμός) ώστε η κατανάλωση ενέργειας που κάνει ο χρήστης του να είναι περίπου ίση με την ενέργεια που παράγει το ίδιο το κτήριο με τη μορφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Είναι η πιο εξελιγμένη μορφή βιώσιμης δόμησης σήμερα. Η ιδέα του παθητικού σπιτιού αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 στη Γερμανία και σήμερα αποτελεί το ταχύτερα αναπτυσσόμενο πρότυπο δόμησης στον κόσμο, με περισσότερα από 20.000 κατασκευασμένα σπίτια. [9] Η ενσωμάτωση λοιπόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως **ηλιακά πάνελ** μπορεί να δημιουργήσει κατοικίες που είναι ενεργειακά αυτόνομες (Zero Energy Homes), παράγοντας τη δική τους ενέργεια και μειώνοντας την εξάρτηση από το δίκτυο. Αυτά τα σπίτια μπορούν να αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ενέργεια σε μπαταρίες και να τη χρησιμοποιούν σε περιόδους υψηλής ζήτησης ή διακοπών ρεύματος.



Εικόνα 1.1.4 [2] Ενεργειακά αυτόνομη κατοικία με ηλιακά πάνελ [9]

Η αξιοποίηση των επιφανειών των κτιρίων με φυτεμένα δώματα (πράσινες στέγες) και κάθετους κήπους συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας, στη μόνωση του κτιρίου και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, ενώ ταυτόχρονα παρέχει χώρο για την καλλιέργεια τροφίμων σε αστικά περιβάλλοντα. **Φυτεμένο ή Πράσινο Δώμα** ορίζεται το κομμάτι της επιφάνειας της οροφής κτηρίων, που καλύπτεται με φυτά και αποτελείται από την κατάλληλη υποδομή (αντιριζική μεμβράνη, αποσραγγιστικό σύστημα, φίλτρα, υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών), τα φυτά και το σύστημα άρδευσης. Η κατασκευή πράσινων δωματών προσφέρει πλήθος ωφελειών που διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά. **Περιβαλλοντικά**, συμβάλλουν στη μείωση της αστικής θερμικής νησίδας, βελτιώνοντας το μικροκλίμα και μειώνοντας την επιφανειακή θερμοκρασία έως και 40 °C σε σχέση με τα παραδοσιακά δώματα. Αυτό οδηγεί σε μειωμένο ενεργειακό αποτύπωμα, περιορίζοντας την εκπομπή CO₂ στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, η πίεση στα συστήματα αποχέτευσης μπορεί να μειωθεί κατά 70-95% το καλοκαίρι, ενώ η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται μέσω της απορρόφησης αιωρούμενων σωματιδίων. Οι πράσινοι χώροι ενισχύουν τη βιοποικιλότητα, προσφέροντας φυσικά ενδιατήματα που έχουν πληγεί από την υπερβολική αστική ανάπτυξη. **Οικονομικά**, τα πράσινα δώματα αυξάνουν τη διάρκεια ζωής των κατασκευών, μειώνουν τα κόστη συντήρησης και ανακαίνισης και βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση, εξοικονομώντας ενέργεια κατά 25% για τη θέρμανση και 75% για την ψύξη. Επιπλέον, συμβάλλουν στη μείωση του θορύβου στις

αστικές περιοχές, προστατεύοντας τις κατοικίες κοντά σε αυτοκινητοδρόμους και βιομηχανικές ζώνες. **Κοινωνικά**, παρέχουν ψυχολογικά οφέλη, ενισχύοντας το αίσθημα χαλάρωσης και ευεξίας στους χρήστες. Παράλληλα, προάγουν την ανάπτυξη μικροκαλλιιεργειών εντός του αστικού ιστού, μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ενισχύοντας την αυτάρκεια σε διατροφικούς πόρους.[12]



Εικόνα 1.1.4 [3] Eco friendly & Sustainable [13]

Η επιλογή κατάλληλων υλικών μπορεί να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της κατασκευής και να αυξήσει την αντοχή του σπιτιού στο χρόνο. Μια μεγάλη **πηγή ανθρωπογενών VOCs είναι οι επικαλύψεις**, ιδιαίτερα οι βαφές και οι προστατευτικές επικαλύψεις, επειδή απαιτούνται διαλύτες για να διασκορπίσουν προστατευτικά ή διακοσμητικά υμένια. Παράγονται περίπου 12 εκατομμύρια λίτρα βαφών ετησίως. Συνηθισμένοι διαλύτες είναι οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, αιθανικός αιθυλεστέρας, αιθέρες της γλυκόλης και προπανόνη. Με κίνητρο το κόστος, περιβαλλοντικές ανησυχίες και νομοθεσίες, οι βιομηχανίες βαφών και επικαλύψεων μετακινούνται με αυξανόμενους ρυθμούς προς τους υδατικούς διαλύτες. [5] Για τις **τελικές εργασίες**, λοιπόν, όπως το βάψιμο και η επίστρωση προτείνεται η χρήση υλικών με χαμηλές εκπομπές τοξικών αερίων είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση ενός υγιούς εσωτερικού περιβάλλοντος. Οι βαφές με χαμηλές πτητικές οργανικές ενώσεις

(VOC) όχι μόνο μειώνουν την τοξικότητα αλλά συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα εντός του σπιτιού. [6]

1.2 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)

Ο **Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)** είναι στην ουσία ένας **μικροϋπολογιστής** σχεδιασμένος για τον **έλεγχο αυτοματισμών**, αντικαθιστώντας τους παραδοσιακούς πίνακες αυτοματισμού που βασίζονται σε ηλεκτρονόμους και πλέον έχουν ξεπεραστεί. Χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για αποθήκευση οδηγιών και ειδικές λειτουργίες όπως είναι η λογική, η ακολουθία, ο χρόνος, η αρίθμηση κ.λπ. για να ελέγξει τις μηχανές και τη διαδικασία λειτουργίας τους. [2]

Ένας PLC συχνά χαρακτηρίζεται ως **βιομηχανικός υπολογιστής**, καθώς εκτελεί τη βασική λειτουργία μιας εξειδικευμένης υπολογιστικής μονάδας στον βιομηχανικό τομέα. Παρακολουθεί την κατάσταση των συσκευών εισόδου, όπως τα σήματα από έναν διακόπτη φωτός, και λαμβάνει αποφάσεις για τον έλεγχο των συσκευών εξόδου, όπως η ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση ενός φωτιστικού συστήματος. Επιπλέον, οι PLC χρησιμοποιούνται για τη **μετάδοση δεδομένων** από συσκευές σε εργοστάσια ή απομακρυσμένες τοποθεσίες προς κεντρικές εφαρμογές που λειτουργούν συνήθως σε υπολογιστές. Άλλη σημαντική εφαρμογή τους είναι η **παρακολούθηση και διάγνωση σφαλμάτων** σε βιομηχανικές μηχανές και εργαλεία, καθώς και η ενεργοποίηση συγκεκριμένων λειτουργιών ή συμβάντων των συσκευών. Για τους παραπάνω λόγους η χρήση PLC προσφέρει **πολλά πλεονεκτήματα**, ειδικά για τις εταιρείες που κατασκευάζουν αυτοματισμούς, καθώς η ψηφιοποίηση μειώνει σημαντικά το κόστος παραγωγής αυτών των συσκευών.



Εικόνα 1.2 PLC (Κεντρικές μονάδες) [2]

1.2.1 Από τα συστήματα λογικής με ρελέ στο PLC

Οι PLC αποτελούν τους **διαδόχους των συστημάτων λογικής που βασίζονται σε ρελέ**. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνταν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο συσκευών χαμηλού επιπέδου, όπως διακόπτες, ρελέ, χρονοδιακόπτες, ενεργοποιητές και κινητήρες. Τα **ρελέ εκτελούν λογικές λειτουργίες** ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας μαγνητικά πηνία σε ηλεκτρικά κυκλώματα. Επιπλέον, μπορούν να συνδέουν κυκλώματα με διαφορετικά επίπεδα ρεύματος και τάσης, γεγονός που τα καθιστούσε ιστορικά ιδανικά για τον έλεγχο και τον συντονισμό διαφόρων βιομηχανικών συσκευών αυτοματισμού.

Το **μειονέκτημα** ενός συστήματος λογικής με ρελέ είναι ότι, όπως ένας πίνακας διανομής, είναι σκληρά συνδεδεμένο και **δύσκολο στη συντήρηση** λόγω του πλήθους καλωδίων. Η ανάπτυξη των μικροελεγκτών έλυσε αυτό το πρόβλημα επιτρέποντας τις διαδικασίες λογικής με ρελέ να προγραμματίζονται και να αποθηκεύονται σε έναν υπολογιστή. [3] Για αυτό τα **PLC αντικαθιστούν τον συμβατικό πίνακα αυτοματισμού**, μαζί με τους ηλεκτρονόμους, τα χρονικά και τους απαριθμητές, επιτρέποντας την εύκολη προσαρμογή και επέκταση του συστήματος. Ο προγραμματισμός του αυτοματισμού γίνεται μέσω ειδικών συσκευών ή ηλεκτρονικού υπολογιστή με κατάλληλο λογισμικό, εξαλείφοντας πολύπλοκες συνδεσμολογίες. [4]



Εικόνα 1.2.1 Γραφική αναπαράσταση που σχετίζεται με την ασφάλεια και τον αυτοματισμό σε βιομηχανικά συστήματα με τη χρήση PLC [3]

Ένα **PLC περιλαμβάνει** την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU), μνήμη (RAM και ROM), μονάδες εισόδου/εξόδου (I/O), παροχή ρεύματος και μια συσκευή προγραμματισμού. Η CPU είναι ο "εγκέφαλος" που εκτελεί τις προγραμματισμένες εντολές, ενώ οι μονάδες εισόδου/εξόδου συνδέονται με αισθητήρες και συσκευές όπως κινητήρες και βαλβίδες. Τα δεδομένα από τους αισθητήρες εισάγονται στο PLC, επεξεργάζονται και η CPU εκτελεί ενέργειες βάσει αυτών των δεδομένων. Τα PLC χρησιμοποιούν επίσης **πρωτόκολλα** όπως το **RS-232** για σειριακή επικοινωνία και το Modbus RTU για μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, αν και τα Ethernet πρωτόκολλα είναι ταχύτερα. Παράλληλα μπορούν να επικοινωνούν με εξωτερικές και ασύρματες συσκευές (π.χ. μέσω Bluetooth) και να συνδέονται σε δίκτυα μέσω Ethernet.

Ο **κύκλος ζωής ενός PLC περιλαμβάνει τέσσερα στάδια**: σάρωση των εισόδων, εκτέλεση προγραμμάτων, δημιουργία εξόδων και διαγνωστικός έλεγχος. Η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI) επιτρέπει στους χειριστές να αλληλεπιδρούν με το PLC και να ελέγχουν τις βιομηχανικές διαδικασίες σε πραγματικό χρόνο. Τα PLC **χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα αυτοματοποιημένων διεργασιών**, όπως ο έλεγχος ανελκυστήρων και η διαχείριση συστημάτων φωτισμού σε έξυπνα κτίρια. Επιπλέον, εφαρμόζονται στην παρακολούθηση καμερών ασφαλείας, συστημάτων συναγερμού, φαναριών, καθώς και σε βιομηχανικές διεργασίες όπως η κοπή γυαλιού και χαρτιού. Τα PLC **παρακολουθούν λειτουργικά δεδομένα** όπως ο χρόνος λειτουργίας, η θερμοκρασία και στατιστικά

χρήσης, ξεκινούν και διακόπτουν διαδικασίες, και δημιουργούν ειδοποιήσεις σε περίπτωση δυσλειτουργίας μηχανημάτων.

Επιπροσθέτως, άλλες χρήσεις είναι σε διαδικασίες όπως η συναρμολόγηση προϊόντων, η συσκευασία, ο έλεγχος κίνησης, ο έλεγχος παρτίδων, τα διαγνωστικά μηχανημάτων, οι δοκιμές και οι ρομποτικές διεργασίες. Η **γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic** είναι από τις πλέον διαδεδομένες, αν και άλλες γλώσσες όπως το Function Block Diagram, το Structured Text, το Sequential Function Chart και η Instruction List χρησιμοποιούνται επίσης. Η Ladder Logic βασίζεται σε γραφικά διαγράμματα κυκλωμάτων ρελέ για την απεικόνιση και καθορισμό της λογικής των διεργασιών στα προγράμματα των PLC. Τα **πλεονεκτήματα των PLC** περιλαμβάνουν την **κατάργηση των παραδοσιακών ενσύρματων συστημάτων ελέγχου λογικής**, τα οποία είναι δυσκολότερα στην εγκατάσταση, συντήρηση και τροποποίηση. Για τον τελικό χρήστη περιλαμβάνουν μειωμένο κόστος συντήρησης, ευελιξία στις τροποποιήσεις και ευκολία στην επέκταση του συστήματος. Τα **εξαρτήματα των PLC δεν απαιτούν περίπλοκη καλωδίωση** επειδή η λογική ελέγχου υλοποιείται μέσω του λογισμικού. Οι τροποποιήσεις και ενημερώσεις μπορούν να γίνουν εύκολα με την αποστολή ενός νέου προγράμματος Ladder Logic. Αυτές οι τροποποιήσεις μπορούν να γίνουν απομακρυσμένα, σε αντίθεση με τα συστήματα λογικής ρελέ που απαιτούν χειροκίνητη παρέμβαση. [3]

Τα PLC έχουν φέρει επανάσταση στον τομέα του βιομηχανικού αυτοματισμού. Αντικαθιστώντας τα παραδοσιακά συστήματα με ρελέ, προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία, απλότητα στην εγκατάσταση και συντήρηση, καθώς και βελτιωμένες δυνατότητες ελέγχου και παρακολούθησης. Η προσαρμοστικότητα των PLC, η δυνατότητα απομακρυσμένων τροποποιήσεων και η συνδεσιμότητά τους με σύγχρονα δίκτυα τα καθιστούν απαραίτητα σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από απλές αυτοματοποιημένες λειτουργίες έως σύνθετα βιομηχανικά περιβάλλοντα. Η εξέλιξη αυτή, σε συνδυασμό με τη συνεχή ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, εξασφαλίζει ότι τα PLC θα συνεχίσουν να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βιομηχανία του μέλλοντος, καθιστώντας τις διαδικασίες πιο αποδοτικές, ασφαλείς και ευέλικτες.

1.3 Έξυπνος οικιακός αυτοματισμός με χρήση PLC, AI, IoT και cloud: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση

Η έννοια του “έξυπνου σπιτιού” εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του **1980**, όταν άρχισαν να χρησιμοποιούνται οι έννοιες των “έξυπνων κτιρίων”. Εκείνα τα χρόνια, σχεδιάζονταν μόνο για την ευκολία των χρηστών. Στην αρχή, η ιδέα το “έξυπνου σπιτιού” είχε ως **στόχο να αυξήσει την αναβάθμιση των προτύπων διαβίωσης των ανθρώπων. Σήμερα**, είναι επίσης κατάλληλη για την

ικανοποίηση των προσωπικών αναγκών των **ηλικιωμένων και των ατόμων με αναπηρίες**, παρέχοντας βοήθεια και υποστήριξη. Η ανάπτυξη τεχνολογιών για αυτόν το σκοπό επηρεάζει άμεσα **τα πρότυπα ζωής** μέσω του σχεδιασμού συστημάτων έξυπνων σπιτιών. Αυτός ο τομέας εφαρμογής είναι πολύ σημαντικός για το **μέλλον**. Η έννοια της **πλήρους και σωστής διαχείρισης κάθε συσκευής και ηλεκτρικού εξοπλισμού**, καθώς και η **κατάργηση των διαδικασιών που απαιτούσαν χειροκίνητο έλεγχο** στο παρελθόν, είναι οι λόγοι για τους οποίους βρίσκεται στο επίκεντρο της προσοχής. [16] Τα έξυπνα σπίτια και η διαχείριση ενέργειας αποτελούν σημαντικό τομέα έρευνας και ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με τους **Pedrasa et al.**, έχουν περιγραφεί **αλγοριθμικές βελτιώσεις** σε εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων που επιτρέπουν στους καταναλωτές να **βελτιστοποιήσουν την πρόσβαση** στις υπηρεσίες ηλεκτρικής ενέργειας των έξυπνων σπιτιών. [14] Η ενσωμάτωση της **Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)** και των **Τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)** έχει φέρει επανάσταση στον τομέα του **έξυπνου οικιακού αυτοματισμού**, επιτρέποντας τη δημιουργία ευφυών δομών που βελτιώνουν την **ασφάλεια**, την **άνεση** και την **προστασία** των σύγχρονων χώρων διαβίωσης.

Η χρήση της **TN**, με την ικανότητά της να **αναλύει δεδομένα** και να **λαμβάνει αποφάσεις**, σε συνδυασμό με τις **συσκευές IoT**, προσφέρει δυνατότητες για αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, δημιουργώντας μια αποτελεσματική συνέργεια. Αυτή η συνέργεια ενισχύει τις δυνατότητες των έξυπνων οικιακών συστημάτων, καθιστώντας τα πιο αποδοτικά και προσαρμοστικά στις ανάγκες των κατοίκων τους.

Τα έξυπνα σπίτια, μέσω της ενσωμάτωσης της **TN** και του **IoT**, προσφέρουν μια ευρεία γκάμα εφαρμογών. Οι **αλγόριθμοι TN** μπορούν να **αναλύουν τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω αισθητήρων IoT**, παρέχοντας πληροφορίες και λαμβάνοντας ενημερωμένες αποφάσεις. Για παράδειγμα, η **TN μπορεί να μάθει τις καθημερινές ρουτίνες των κατοίκων** για να βελτιστοποιήσει τη χρήση ενέργειας και την άνεση, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος ενέργειας. Παρά τα σημαντικά οφέλη της ενσωμάτωσης της **TN** και του **IoT** στα έξυπνα σπίτια, υπάρχουν **προκλήσεις** που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Αυτές περιλαμβάνουν **ζητήματα ιδιωτικότητας** σχετικά με τη συλλογή και τη χρήση προσωπικών δεδομένων, τη **διαλειτουργικότητα** μεταξύ διαφόρων συσκευών και συστημάτων IoT, και την ανάγκη για **ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας** για την προστασία από πιθανές απειλές.

Συνολικά, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας **TN** και **IoT** υπόσχεται πολλά για το μέλλον του οικιακού αυτοματισμού. Παρέχει στους ιδιοκτήτες πρωτοφανή επίπεδα **άνεσης, ευκολίας και αποδοτικότητας**, ενώ οι **έξυπνοι αισθητήρες** ενισχύουν την **ασφάλεια** και την **ενεργειακή απόδοση**. Επιπλέον, τα

συστήματα οικιακού αυτοματισμού προσφέρουν **δυνατότητες απομακρυσμένης πρόσβασης και αυτοματοποίησης**, βελτιώνοντας την διαχείριση της ασφάλειας και της χρήσης διαφόρων συσκευών όπως **smartphones, laptops, tablets, smartwatches**, ή βοηθούς φωνής.

Τα συστήματα αυτά προσφέρουν επίσης πολλές δυνατότητες που **αυξάνουν την ασφάλεια** μέσω της διαχείρισης εξοπλισμού και φωτισμού, παρέχουν **αυξημένη επίβλεψη και άνεση**, ενώ παράλληλα βοηθούν στη **διαχείριση των πόρων** και την **εξοικονόμηση χρημάτων**.^[15] Είναι δυνατό να ταξινομηθούν τα συστήματα έξυπνων σπιτιών σε δύο κατηγορίες: **τοπικά** και **απομακρυσμένα**. Το σύστημα έξυπνου σπιτιού μπορεί να ελεγχθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους, είτε από οποιαδήποτε **συσκευή συνδεδεμένη στο διαδίκτυο**, είτε από έναν **πίνακα χειριστή συναρμολογημένο στο PLC**. Το **PLC (Programmable Logic Controller)** θεωρείται ως μια εναλλακτική λύση για τέτοια συστήματα. Το PLC, είναι μια ηλεκτρονική συσκευή σχεδιασμένη να χρησιμοποιείται στο βιομηχανικό τομέα που ελέγχει ένα σύστημα ή ομάδες συστημάτων μέσω τερματικών εισόδου/εξόδου αναλογικών/ψηφιακών δεδομένων, παρέχοντας γενικό έλεγχο μέσω ενσωματωμένων λειτουργιών όπως χρονισμός, καταμέτρηση, επεξεργασία δεδομένων, σύγκριση, ταξινόμηση, μεταφορά δεδομένων και αριθμητικές πράξεις. Ταυτόχρονα, η χρήση του PLC είναι **πλεονεκτική** για διάφορους λόγους, όπως η δυνατότητα να γίνονται **αλλαγές στο λογισμικό** και η **επανεκκίνηση του αλγόριθμου όταν επανέρχεται η ενέργεια**, με **αποθήκευση δεδομένων για μεγάλο χρονικό διάστημα σε περίπτωση διακοπής ρεύματος**.^[16]

Ο **αυτοματισμός** είναι η μέθοδος διαχείρισης ή λειτουργίας διαφόρων μηχανών, μηχανημάτων, βιομηχανικών διαδικασιών και άλλων συσκευών χρησιμοποιώντας **διάφορα συστήματα ελέγχου**, συνήθως με **μικρή ή καθόλου ανθρώπινη συμμετοχή**. Υπάρχουν διάφορες μορφές αυτοματισμού που μπορούν να ταξινομηθούν ως οικιακός αυτοματισμός, βιομηχανικός αυτοματισμός, αυτόνομος αυτοματισμός, αυτοματισμός κτιρίων κ.λπ.^[17] Στην **παρούσα έρευνα** ασχοληθήκαμε με την ανάπτυξη ενός **έξυπνου ασύρματου οικιακού αυτοματισμού** χρησιμοποιώντας **Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC)**. Αναπτύχθηκε ένα **σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου** για την **απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο** με τη χρήση ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή (**PLC**), το οποίο είναι ιδιαίτερα ακριβές, ισχυρό και ανθεκτικό. Ένα PLC που προσφέρει επεκτασιμότητα και την ικανότητα να συνδέεται με μια σειρά εισόδου-εξόδου μονάδων. Η **απλότητα προγραμματισμού** και δικτύωσης με αισθητήρες PLC δείχνει την **αυξημένη φιλικότητα της συσκευής προς το χρήστη**.^[17] Η έρευνα επικεντρώθηκε σε **τρεις βασικούς πυλώνες**: Τεχνητή Νοημοσύνη (**AI**), **cloud computing** και

Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και πως μπορούν συνδυαστικά να ενισχύσουν τη λειτουργικότητα και την αποδοτικότητα των έξυπνων σπιτιών.

Το **Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)** είναι ο πυρήνας της λειτουργίας των έξυπνων σπιτιών, καθώς επιτρέπει τη διασύνδεση και την επικοινωνία μεταξύ διαφόρων συσκευών και αισθητήρων, προσφέροντας περισσότερη άνεση και ευκολία στη ζωή των ανθρώπων. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τον έλεγχο των οικιακών συσκευών, όπως ο **αυτοματισμός του σπιτιού μέσω IoT με βάση το cloud**, ο **αυτοματισμός του σπιτιού μέσω WiFi** μέσω **εφαρμογών για κινητά** από οποιοδήποτε smartphone, ο **απομακρυσμένος έλεγχος με βάση το Android**, ο **ψηφιακός έλεγχος του σπιτιού**. Αλλά ο **αυτοματισμός με βάση το PLC** είναι ο πιο κατάλληλος για διαχείριση υψηλής ισχύος και αυτόματη διάγνωση προβλημάτων με γρήγορη απόκριση. Στην έρευνα μας, το **PLC συνδυάστηκε με συσκευές IoT για να παρακολουθεί και να ελέγχει οικιακές συσκευές σε πραγματικό χρόνο**. Οι αισθητήρες **IoT συλλέγουν δεδομένα για διάφορες παραμέτρους**, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η κατανάλωση ενέργειας, και τα μεταφέρουν στο PLC για επεξεργασία. Η ενσωμάτωση του IoT με το PLC επιτρέπει την αυτόματη λήψη αποφάσεων και την ενημέρωση των χρηστών μέσω email ή μηνυμάτων, κάνοντας το σύστημα πιο αποδοτικό και αξιόπιστο.

Η **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)** είναι κρίσιμη για την αυτοματοποίηση και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών του έξυπνου σπιτιού. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι AI για την **ανάλυση των δεδομένων** που συλλέγονται από διάφορους **αισθητήρες IoT**. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να **μαθαίνει και να προσαρμόζεται στις καθημερινές ρουτίνες των κατοίκων (προσωποποίηση)**, βελτιστοποιώντας τη χρήση ενέργειας και αυξάνοντας την άνεση. Οι αυτοματοποιήσεις που υποστηρίζονται από τη τεχνητή νοημοσύνη διευκολύνουν τις καθημερινές εργασίες, ενισχύοντας την άνεση και την ευκολία για τους κατοίκους. Εργασίες όπως η ρύθμιση της θερμοκρασίας, ο έλεγχος του φωτισμού και η διαχείριση των συστημάτων ασφαλείας μπορούν να αυτοματοποιηθούν πλήρως με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι αλγόριθμοι AI **επιτρέπουν την ανίχνευση βλαβών και την αυτόματη ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συσκευών**, ενισχύοντας την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του συστήματος. Παράλληλα, είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις **απειλές προστασίας με μεγαλύτερη επιτυχία**. Η **διασφάλιση της αξιοπιστίας των συστημάτων** είναι ζωτικής σημασίας για την αυτοματοποίηση, τη λήψη αποφάσεων και την αποφυγή δυσλειτουργιών, που θα μπορούσαν να διαταράξουν τις καθημερινές ρουτίνες ή να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια. [15]

Το **Cloud Computing** παρέχει την απαραίτητη υποδομή για την αποθήκευση και επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων που συλλέγονται από τις συσκευές IoT. Στην έρευνα μας, το cloud χρησιμοποιείται για την **αποθήκευση δεδομένων και την εκτέλεση πολύπλοκων υπολογισμών** που απαιτούνται για τη λειτουργία των αλγορίθμων AI. Η χρήση του cloud επιτρέπει επίσης την **απομακρυσμένη πρόσβαση και τον έλεγχο** του συστήματος οικιακού αυτοματισμού, προσφέροντας στους χρήστες τη δυνατότητα να διαχειρίζονται τις οικιακές τους συσκευές από οπουδήποτε, οποτεδήποτε.

Οι προτάσεις του οικιακού αυτοματισμού που δίνονται στην παρούσα έρευνα περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών που βελτιώνουν την ασφάλεια, την άνεση και την αποδοτικότητα των κατοικιών. Το σύστημα PLC επιτρέπει τον αυτόματο έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας, απενεργοποιώντας τα φώτα και ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία όταν οι κάτοικοι δε βρίσκονται στο σπίτι, ενώ μπορεί επίσης να ενεργοποιεί σιωπηλό συναγερμό σε περίπτωση παραβίασης και να ενημερώνει παράλληλα τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Η σύνδεση του PLC με το σύστημα ασφαλείας της κεντρικής εισόδου και τις περιμετρικές μπαλκονόπορτες επιτρέπει την άμεση ειδοποίηση του ιδιοκτήτη και την ενεργοποίηση διαφοροποιημένων ήχων συναγερμού. Τα συστήματα πυρασφάλειας, ενσωματώνοντας ανίχνευση καπνού και θερμότητας, μπορούν να ενεργοποιήσουν αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης και να στείλουν σήμα στις αρμόδιες αρχές. Σε περιπτώσεις έκτακτης, όπως ένας σεισμός άνω των 5R, το σύστημα μπορεί να κλείσει αυτόματα την παροχή νερού και ρεύματος, αποτρέποντας περαιτέρω κινδύνους. Επίσης, το σύστημα συνεχίζει να παρακολουθεί την κατάσταση μετά το σεισμό, ενεργοποιώντας πυροσβεστικά συστήματα ή ειδοποιώντας τις αρμόδιες υπηρεσίες αν εντοπιστούν προβλήματα. Οι αυτόματες ειδοποιήσεις αποστέλλονται στους ιδιοκτήτες και στις αρμόδιες αρχές για άμεση αντίδραση. Η αυτόματη επαναφορά των λειτουργιών μετά από βλάβες εξασφαλίζει την αποκατάσταση των προηγούμενων ρυθμίσεων χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Μέσω IoT και Τεχνητής Νοημοσύνης, τα δεδομένα αναλύονται στο cloud, βελτιστοποιώντας τη λειτουργία των συσκευών για εξοικονόμηση ενέργειας και ασφάλεια, ενώ προσφέρονται εξατομικευμένες εμπειρίες χρήστη, όπως η προσαρμογή φωτισμού και θερμοκρασίας. Οι χρήστες μπορούν να ελέγχουν απομακρυσμένα τις λειτουργίες του έξυπνου σπιτιού μέσω κινητών συσκευών, λαμβάνοντας ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο, ενώ η ασφάλεια των δεδομένων τους διασφαλίζεται με τεχνολογίες κρυπτογράφησης. Ο συγχρονισμός δεδομένων από πολλαπλές πηγές και η αλληλεπίδραση με φωνητικούς βοηθούς ενισχύουν την αποτελεσματικότητα και τον συντονισμό των συσκευών στο σπίτι. Η μελέτη λοιπόν εξετάζει την εφαρμογή ελέγχου αυτοματισμού σε έξυπνα σπίτια μέσω προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC), οι οποίοι προσφέρουν απλότητα, ταχύτητα και αξιοπιστία. Συνδυάζοντας PLC με το

οικιακό περιβάλλον, επιτυγχάνονται λειτουργίες όπως έλεγχος φωτισμού, θερμοκρασίας, ανίχνευση καπνού και συστήματα ασφαλείας. Υπογραμμίζεται η δυνατότητα των PLC να προσφέρουν σταθερό και αποδοτικό έλεγχο σε έξυπνα σπίτια, με προοπτικές για μελλοντική ανάπτυξη και προσθήκες λειτουργιών ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών. Παρά τις προκλήσεις σε θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας, τα πλεονεκτήματα είναι σαφή και περιλαμβάνουν τόσο σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, την ασφάλεια, όσο και την εξατομικευμένη εμπειρία του χρήστη. Συνολικά, αυτή η τεχνολογική ενσωμάτωση θέτει τα θεμέλια για πιο βιώσιμες αποδοτικές και βελτιωμένες κατοικίες, οδηγώντας το μέλλον του οικιακού αυτοματισμού σε νέα επίπεδα.

2. Λογισμικό έξυπνων δομικών σχεδίων με τη βοήθεια του υπολογιστή (Autocad+)

2.1 Autocad: Εισαγωγή

Το πιο ενδιαφέρον πράγμα σχετικά με την Αρχιτεκτονική είναι πώς εξελίσσεται από γενιά σε γενιά. Κάτι που μας κάνει να αναρωτηθούμε, πώς θα ήταν οι σελίδες της ιστορίας χωρίς τις Αρχιτεκτονικές Καινοτομίες. Μερικές καινοτομίες έρχονται ως νέες, κάποιες ως τροποποιήσεις των προγενέστερων, και άλλες ως ολική αντίθεση προς τα παλαιότερα κινήματα. Κάθε πολιτισμός φαίνεται να εκφράζεται μέσω ενός Αρχιτεκτονικού κινήματος. Ωστόσο, η Αρχιτεκτονική σε όλη της τη δόξα είναι πολύ αργή στην υιοθέτηση της τεχνολογίας. Όταν η πρώτη βιομηχανική επανάσταση γέννησε την τεχνολογία CAD, ήρθε με μια σαρωτική αλλαγή ως προς την παράδοση κτιρίων συνολικά. Σε συνδυασμό με τις συνοδευόμενες τεχνολογικές εξελίξεις, τα κτίρια αυξήθηκαν σε μέγεθος και χρήσεις - εμπορικές, εταιρικές κ.λπ. Δυστυχώς, αυξήθηκε επίσης και η κατανάλωση ενέργειας έτσι, προέκυψε η ανάγκη για βιωσιμότητα και αποδοτικότητα. Ζούμε στην εποχή της Πληροφορικής και οι συσκευές συνεχίζουν να εξοπλίζονται με δυνατότητες που ήταν αδιανόητες πριν από λίγα χρόνια. Κάθε πολιτισμός εκφράζεται μέσω ενός Αρχιτεκτονικού κινήματος. Πώς εκφράζεται, λοιπόν, αυτή η Εποχή της Πληροφορίας(;) [18]

Το AutoCAD είναι μια εμπορική εφαρμογή για σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) και λογισμικό σχεδίασης, η οποία αναπτύσσεται και διατίθεται στην αγορά από την Autodesk. Το Δεκέμβριο του 1982 κυκλοφόρησε ως εφαρμογή γραφείου που εκτελείται σε μικροϋπολογιστές με εσωτερικούς οδηγούς γραφικών. Κυκλοφόρησε ως πρώτη και πριν από την εισαγωγή της AutoCAD, όπου σχεδόν όλα τα εμπορικά προγράμματα CAD έτρεχαν σε κεντρικό υπολογιστή ή μικροϋπολογιστή και κάθε χειριστής

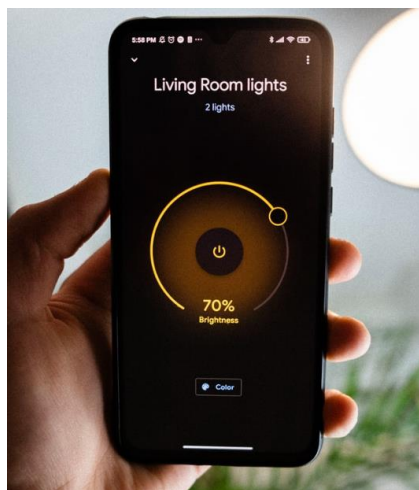
CAD (χρήστης) εργαζόταν σε ξεχωριστό τερματικό γραφικών. Το AutoCAD χρησιμοποιείται στη βιομηχανία από αρχιτέκτονες, διαχειριστές έργων, μηχανικούς, γραφίστες, πολεοδόμους και άλλους επαγγελματίες. [19] Η δημοτικότητα του οφείλεται στην ευελιξία και τη δυνατότητα προσαρμογής του, επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν και να βελτιώνουν τα έργα τους με ακρίβεια. Το Autocad υποστηρίζει διάφορες μορφές αρχείων και προσφέρει εργαλεία για τη συνεργασία και την κοινή χρήση σχεδίων, καθιστώντας το απαραίτητο για επαγγελματίες που απαιτούν υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια στα έργα τους. Στην εποχή της πληροφορικής, οι δυνατότητες των σύγχρονων εργαλείων σχεδίασης συνεχίζουν να επεκτείνονται, επιτρέποντας στους επαγγελματίες να δημιουργούν έργα με ακρίβεια και λεπτομέρεια που δεν ήταν δυνατές στο παρελθόν. Η συνεχιζόμενη πρόοδος στην τεχνολογία CAD θα συνεχίσει να διαμορφώνει το μέλλον της αρχιτεκτονικής, προσφέροντας νέες ευκαιρίες για καινοτομία και βελτίωση.



Εικόνα 2.1 Introduction to Autocad [29]

2.2 Autocad+: Έξυπνες εφαρμογές

Με τη **διάδοση της τεχνολογίας** του Διαδικτύου των πραγμάτων (**IoT**) και την άνοδο της έννοιας του έξυπνου δικτύου, έχουν διεξαχθεί πολλές θεωρητικές έρευνες και πρακτική διερεύνηση σχετικά με την ευφυή ηλεκτρική κατασκευή στο σπίτι. Η επικοινωνία μεταξύ των οικιακών συσκευών και των χρηστών ενισχύουν τις δυνατότητες **αυτοματοποίησης, παρακολούθησης και τηλεχειρισμού**. Ωστόσο, η συνεχιζόμενη **κρίση ενέργειας** οδηγεί στην ανάγκη χρήσης **εναλλακτικών μεθόδων παραγωγής ενέργειας** σε βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση. Εάν οι ηλιακοί συλλέκτες είναι η εναλλακτική βραχυπρόθεσμη πηγή ενέργειας, τότε το κόστος παραγωγής ανά μονάδα αποτελεί ένα τεράστιο εμπόδιο για να γίνει αυτή η τεχνολογία δημοφιλής στη μάζα. [19]



Εικόνα 2.2 [1] Έξυπνη εφαρμογή για τον έλεγχο συσκευών IoT [30]

Τα βασικά στοιχεία ενός έξυπνου κτιρίου είναι η **δομή/κατασκευή** του και τα **τεχνολογικά του συστήματα**. Η κατασκευή του κτιρίου περιλαμβάνει τα δομικά και αισθητικά στοιχεία, ενώ τα τεχνολογικά συστήματα περιλαμβάνουν τις **τερματικές συσκευές**, τις **συσκευές ελέγχου και διοίκησης**. Τα τεχνολογικά συστήματα ενός έξυπνου σπιτιού είναι πλήρως ενσωματωμένα με την κατασκευή του – για ολιστικά έξυπνα σπίτια – ώστε να παράγουν ενοποιημένα προϊόντα. [18]

Η **ψηφιακή σχεδίαση** είναι καίρια στο τομέα των “**έξυπνων σπιτιών**”, καθώς επιτυγχάνεται αποτελεσματικότητα στη διαδικασία της κατασκευής μέσω της **συνεργασίας** των επαγγελματιών του κλάδου, βελτιώνοντας έτσι την **επικοινωνία** και **μειώνοντας πιθανά λάθη** κατά τη διάρκεια της **κατασκευής**. Παράλληλα, επιτυγχάνεται **μείωση των συνολικών κατασκευαστικών εξόδων**, καθώς η καλύτερη συνεργασία και ο σχεδιασμός μέσω ψηφιακών εργαλείων οδηγούν σε λιγότερες σπατάλες και πιο αποδοτική χρήση πόρων. Η **ενοποίηση των τεχνολογικών συστημάτων**, δημιουργούν ένα **ολιστικό και ενοποιημένο προϊόν**. Η ψηφιακή σχεδίαση διευκολύνει την ψηφιακή κατασκευή, επιτρέποντας τη ταχύτερη και πιο ακριβή παραγωγή των δομικών στοιχείων. Τα έξυπνα σπίτια σχεδιάζονται με **ψηφιακά εργαλεία** που επιτρέπουν την καλύτερη αισθητική και λειτουργικότητα, συνδυάζοντας τη τεχνολογία με την αρχιτεκτονική. Τα **δεδομένα** που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της ψηφιακής σχεδίασης είναι διαθέσιμα για τη **διαχείριση** των εγκαταστάσεων μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, διευκολύνοντας τη συντήρηση και την παρακολούθηση των συστημάτων, αλλά και την αξιολόγηση της προόδου.

Η εξέλιξη του Autocad ενσωματώνει πρόσθετες δυνατότητες και εφαρμογές για τη δημιουργία έξυπνων κτιρίων και υποδομών. Σήμερα πλέον στο Autocad, όπως και σε άλλα λογισμικά σχεδίασης,

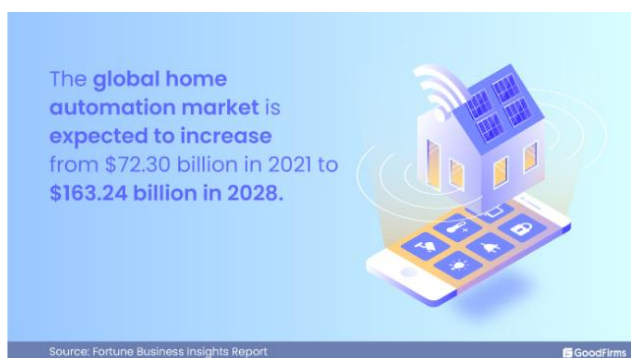
υπάρχουν εφαρμογές και λύσεις που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της ανάπτυξης έξυπνων σπιτιών. Αυτές οι εφαρμογές επικεντρώνονται στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, της άνεσης των χρηστών και της συνολικής διαχείρισης των κτιρίων. [21] Η εφαρμογή του **Building Information Modeling (BIM)** και της **Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)** στον τομέα της κατασκευής έχει οδηγήσει σε σημαντικές εξελίξεις και καινοτομίες, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν και στο AutoCAD για έξυπνα σπίτια. [23] Η ενσωμάτωσή του **AutoCAD με AI** επιτρέπει την αυτόματη επαλήθευση των σχεδίων σύμφωνα με τους κανονισμούς και τα πρότυπα κατασκευής. Αυτό **μειώνει τα σφάλματα** και τις **καθυστερήσεις** που προκύπτουν από χειροκίνητους ελέγχους. Το **BIM** είναι μια κρίσιμη τεχνολογία που επιτρέπει τη δημιουργία **ψηφιακών μοντέλων κτιρίων**, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων σπιτιών. Μέσω του **BIM**, οι σχεδιαστές μπορούν να **ενσωματώσουν δεδομένα** σχετικά με συστήματα φωτισμού, HVAC (θέρμανση, αερισμός και κλιματισμός) και άλλες υποδομές σε ένα ενιαίο μοντέλο, για τη διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων του έργου, αλλά και την παρακολούθηση της προόδου σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του κτιρίου. Επίσης, με τη χρήση των **Ψηφιακών δίδυμων (Digital twins)** δημιουργούνται **ψηφιακές αναπαραστάσεις** φυσικών κτιρίων, οι οποίες ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο με δεδομένα από αισθητήρες. Οι ψηφιακοί δίδυμοι βοηθούν στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των κτιρίων, επιτρέποντας την παρακολούθηση και τη διαχείριση των συστημάτων σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 2.2 [2] Digital twins [31]

Ακόμη, χρησιμοποιούνται **εργαλεία ανάλυσης ενεργειακής απόδοσης** που επιτρέπουν τη σχεδίαση και την προσομοίωση της κατασκευής, όπως το EnergyPlus και το TRNSYS, για την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των κτιρίων και τη διασφάλιση ότι οι λύσεις που εφαρμόζονται είναι αποδοτικές και βιώσιμες. [21] Παράλληλα, το Autocad επιτρέπει τη δημιουργία **τριδιάστατων μοντέλων (3D μοντελοποίηση)** που βοηθούν τους σχεδιαστές να **οπτικοποιήσουν** το τελικό προϊόν και να ενσωματώσουν στοιχεία έξυπνης τεχνολογίας. Η χρήση **εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας**

(VR) διενεργείται για την παρουσίαση σχεδίων και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του έξυπνου σπιτιού. Η ενσωμάτωσή της VR στο AutoCAD επιτρέπει στους χρήστες να εξερευνούν τα σχέδια σε 3D περιβάλλοντα, βελτιώνοντας την κατανόηση και την επικοινωνία μεταξύ των σχεδιαστών και των πελατών, επιτρέποντας έτσι στους χρήστες να βιώσουν το χώρο πριν από την κατασκευή. [22], [23] Αυτές οι τεχνολογίες προσφέρουν στους σχεδιαστές τα εργαλεία για να ενσωματώνουν και να παρακολουθούν τις ενεργειακές καταναλώσεις και τις λειτουργίες του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας τα σφάλματα και βελτιώνοντας την απόδοση. Συνολικά, η σύγχρονη τεχνολογία μέσω του AutoCAD διαμορφώνει το μέλλον της αρχιτεκτονικής και της κατασκευής, προσφέροντας λύσεις που είναι όχι μόνο τεχνολογικά προηγμένες αλλά και φιλικές προς το περιβάλλον, εξασφαλίζοντας έτσι ένα βιώσιμο και άνετο τρόπο ζωής για τους κατοίκους.



Εικόνα 2.2 [3] Home automation [30]

2.3 Autocad & PLC συστήματα

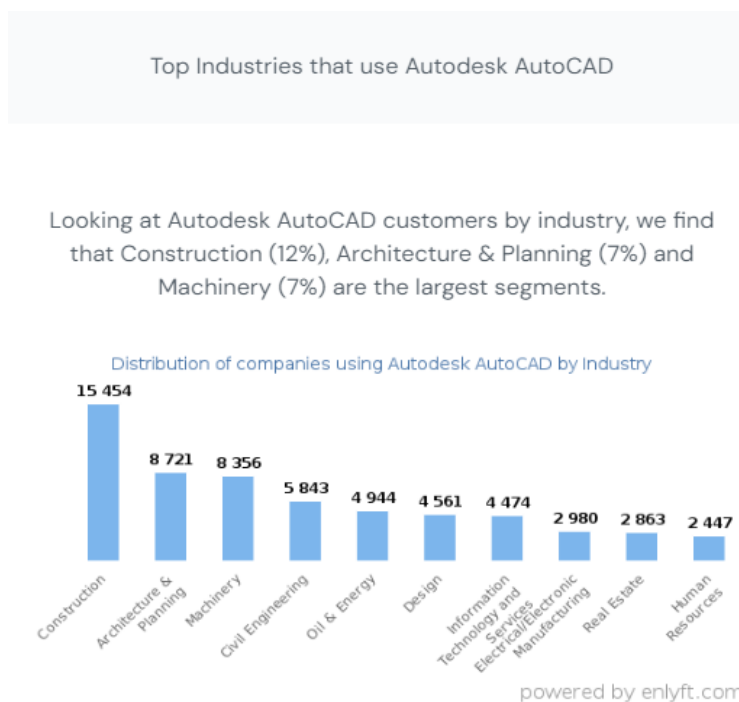
Τα PLC (Programmable Logic Controllers) συστήματα είναι βασικά για την αυτοματοποίηση και τον έλεγχο σε έξυπνα σπίτια και υποδομές. Το **Autocad επιτρέπει την ενσωμάτωση PLC** συστημάτων στα σχέδια κατοικιών, παρέχοντας εργαλεία για το σχεδιασμό και τη διαμόρφωση των αυτοματοποιημένων διαδικασιών. Μέσω του Autocad, οι σχεδιαστές μπορούν να ενσωματώνουν **διαγράμματα ελέγχου** και να **προσομοιώνουν τη λειτουργία των PLC συστημάτων** για τη διαχείριση φωτισμού, θέρμανσης, εξαερισμού και άλλων κρίσιμων λειτουργιών του κτιρίου. Η χρήση των PLC συστημάτων σε συνδυασμό με το Autocad προσφέρει τη δυνατότητα για **αποδοτικότερη διαχείριση της ενέργειας και της ασφάλειας του κτιρίου**. Οι αισθητήρες και οι ελεγκτές μπορούν να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο την κατανάλωση ενέργειας και να προσαρμόζουν τις

λειτουργίες του κτιρίου για να επιτύχουν βέλτιστη απόδοση. Αυτή η ενσωμάτωση εξασφαλίζει ότι τα έξυπνα σπίτια δεν είναι μόνο τεχνολογικά προηγμένα αλλά και περιβαλλοντικά βιώσιμα.

Η ενσωμάτωση ενός PLC συστήματος στο σχέδιο μιας κατοικίας μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του Autocad. Αρχικά, γίνεται **σχεδιασμός ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου κατοικίας**, συμπεριλαμβανομένων των σημείων όπου θα τοποθετηθούν οι αισθητήρες, οι διακόπτες κι οι άλλες συσκευές που θα ελέγχονται από το PLC. Στο σχέδιο θα πρέπει να προσδιοριστούν τα **σημεία ελέγχου**, όπως οι φωτισμοί, οι θερμοστάτες και οι άλλες συσκευές που θα συνδεθούν με το PLC. Αυτά τα σημεία πρέπει να είναι σαφώς **επισημασμένα** για να διευκολύνουν την εγκατάσταση. Επίσης, πρέπει να **περιληφθούν οι συνδέσεις** μεταξύ των συσκευών και του PLC. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση **κατάλληλων συμβόλων και γραμμών** για να δείξουν ότι οι συσκευές θα συνδεθούν με τις εισόδους και τις εξόδους του PLC. Αφού ολοκληρωθεί το σχέδιο, θα πρέπει να αναπτυχθεί το **λογισμικό ελέγχου** για το PLC. Αυτό περιλαμβάνει την προγραμματισμένη λογική που θα καθορίζει πώς θα αντιδρούν οι συσκευές σε διάφορες συνθήκες. Ο προγραμματισμός του PLC μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας **κατάλληλο λογισμικό (π.χ. Ladder Logic)**. Ο προγραμματισμός αυτός θα καθορίσει πώς το PLC θα αντιδρά σε διάφορες εισόδους και θα ελέγχει τις εξόδους. Εάν περιλαμβάνονται και άλλες έξυπνες τεχνολογίες, μπορεί να ενσωματωθεί το PLC με συστήματα IoT και BIM για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των διαδικασιών. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω πλατφορμών που συνδυάζουν δεδομένα από το AutoCAD με IoT συσκευές. Χρησιμοποιώντας **BIM**, μπορεί να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό δίδυμο της κατοικίας που θα περιλαμβάνει το PLC σύστημα. Αυτό θα επιτρέψει την **παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος σε πραγματικό χρόνο** και την **ανάλυση δεδομένων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της ασφάλειας**. Είναι σημαντικό να δοκιμαστεί το σύστημα PLC **στο φυσικό περιβάλλον** της κατοικίας για να διασφαλιστεί ότι λειτουργεί όπως έχει σχεδιαστεί και ότι οι συνδέσεις είναι σωστές. Μέσω της παραπάνω διαδικασίας ενσωματώνεται αποτελεσματικά ένα PLC σύστημα στο σχέδιο μιας κατοικίας, βελτιώνοντας έτσι την αυτοματοποίηση και την αποδοτικότητα των οικιακών συστημάτων, προσφέροντας στους κατοίκους μεγαλύτερη άνεση και έλεγχο. [21], [22] Η ενσωμάτωση των PLC συστημάτων με τη χρήση του AutoCAD στα σχέδια κατοικιών προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Μέσω αυτών των προηγμένων τεχνολογιών, τα έξυπνα σπίτια μπορούν να ανταποκριθούν στις σύγχρονες ανάγκες και να προσφέρουν υψηλότερη ποιότητα ζωής στους κατοίκους τους.

2.4 Στατιστική αποδελτίωση της χρήσης του Autocad

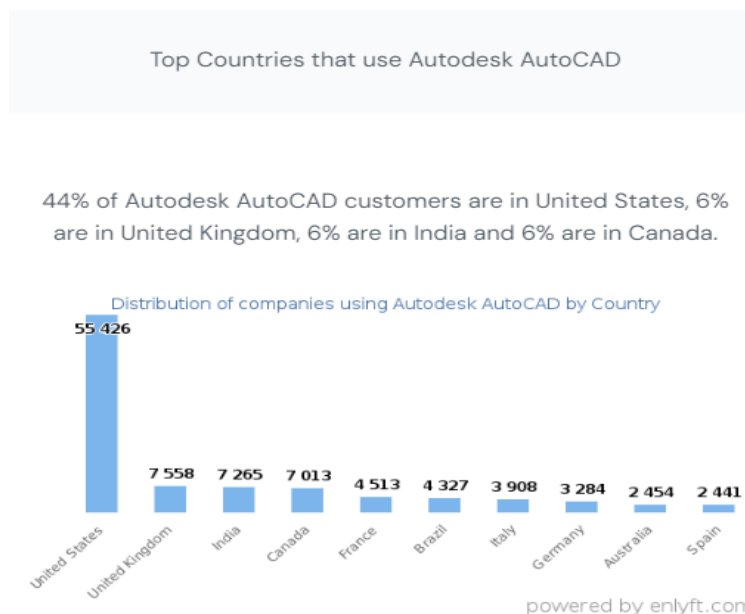
Το Autocad της Autodesk είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά CAD (Computer- Aided Design) που χρησιμοποιείται παγκοσμίως. Σύμφωνα με στοιχεία, το Autocad χρησιμοποιείται από περίπου 124.320 εταιρίες σε διάφορους τομείς, με την πλειονότητα αυτών να βρίσκονται στις Ηνωμένες Πολιτείες και να δραστηριοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα. Οι εταιρείες που χρησιμοποιούν Autocad συνήθως απασχολούν 10-50 υπαλλήλους και έχουν ετήσια έσοδα μεταξύ 1 και 10 εκατομμυρίων δολαρίων. Στην κατηγορία του Computer-Aided Design & Engineering, το Autocad κατέχει περίπου το 23,8% της αγοράς, ανταγωνιζόμενο άλλα σημαντικά προϊόντα όπως το Dassault SolidWorks και τα συστήματα της Dassaut Systems. [23]



Εικόνα 2.4 [1] Χρήση του Autocad ανά τομέα/ κλάδο [23]

Επιπλέον, η εξειδικευμένη έκδοση του Autocad για ηλεκτρολογικά σχέδια, το **Autocad Electrical**, περιλαμβάνει **εργαλεία** και **πρόσθετα για PLCs**. Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν τη **δημιουργία** και την **επεξεργασία των σχεδίων PLC**, τη χρήση του **PLC Database File Editor** και την **αξιοποίηση του Spreadsheet to PLC I/O Utility** για την **αυτοματοποίηση της διαδικασίας σχεδίασης**. Η δημιουργία και εισαγωγή ενός νέου PLC module στο Autocad Electrical περιλαμβάνει βήματα όπως το **άνοιγμα του PLC Database File Editor**, την **επιλογή και δημιουργία νέου module**, τη **ρύθμιση των τερματικών** και την **εισαγωγή του module στο σχέδιο**. Αυτή η διαδικασία διευκολύνει την ακριβή και αποτελεσματική

σχεδίαση ηλεκτρολογικών συστημάτων, εξοικονομώντας χρόνο και μειώνοντας τα σφάλματα. Εν συνεχεία περιγράφεται **βήμα προς βήμα η διαδικασία δημιουργίας και εισαγωγής ενός νέου PLC module στο Autocad Electrical**. Ακολουθούμε συγκεκριμένα βήματα για να διασφαλίσουμε ότι το module είναι κατάλληλα ρυθμισμένο και λειτουργικό στο σχέδιο μας. Αρχικά, στην **παλέτα Schematic**, επιλέγουμε **Insert PLCs** και στη συνέχεια **PLC Database File Editor** για να ανοίξουμε τον **επεξεργαστή της βάσης δεδομένων** των PLC. Εκεί, **επιλέγουμε την κατηγορία και το τύπο του module** που θέλουμε να δημιουργήσουμε από το δένδρο επιλογών και κάνουμε κλικ στο **New Module**. Συμπληρώνουμε τις πληροφορίες όπως κωδικό, περιγραφή, τύπο module, αριθμό τερματικών και αριθμό διευθύνσεων.

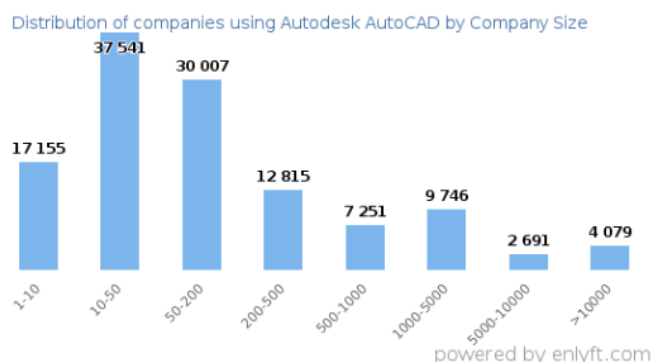


Εικόνα 2.4 [2] Γεωγραφική κατανομή χωρών που χρησιμοποιούν το Autodesk Autocad

Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε τις **προτροπές** (prompts) που θα εμφανίζονται κατά την εισαγωγή του module, όπως ο **αριθμός rack και slot**, για να διασφαλίσουμε ότι το module θα είναι ενσωματωμένο στο σύστημα. Ρυθμίζουμε τους **τύπους τερματικών** που θα χρησιμοποιηθούν στο module, επιλέγοντας τις κατάλληλες κατηγορίες και τύπους στη λίστα και προσδιορίζουμε τις **επιλογές εμφάνισης** και τις **παραμέτρους αναπροτροπής (re-prompt)**. **Αποθηκεύουμε το module** και ολοκληρώνουμε τη δημιουργία του. Τέλος, για να εισαγάγουμε το **νέο PLC module στο σχέδιο**, στην παλέτα **Schematic** **επιλέγουμε Insert PLCs** και στην συνέχεια **Insert PLC (Parametric)**. Επιλέγουμε το νέο module από τη λίστα, καθορίζουμε το σημείο εισαγωγής στο σχέδιο και ρυθμίζουμε τις παραμέτρους όπως **αριθμό rack, slot και αρχική διεύθυνση I/O**. Αυτή η διαδικασία διασφαλίζει ότι το νέο module είναι έτοιμο

για χρήση και πλήρως ενσωματωμένο στο σχέδιο, επιτρέποντας την ακριβή και αποδοτική σχεδίαση ηλεκτρολογικών συστημάτων, εξοικονομώντας χρόνο και μειώνοντας τα σφάλματα. [24]

Of all the customers that are using Autodesk AutoCAD, 45% are small (<50 employees), 41% are medium-sized and 14% are large (>1000 employees).



Εικόνα 2.4 [3] Διανομή εταιρειών που χρησιμοποιούν το Autodesk AutoCAD με βάση το μέγεθος της εταιρείας (Αριθμός Εργαζομένων)

Το AutoCAD Electrical επιτρέπει τη δημιουργία PLC modules, είτε με την εισαγωγή ολόκληρων μονάδων PLC είτε με την προσθήκη σημείων εισόδου/εξόδου (I/O) ως μεμονωμένα σύμβολα στο σχέδιο. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν απεριόριστο αριθμό PLC I/O modules, χρησιμοποιώντας διαφορετικά γραφικά στυλ. Η δημιουργία των PLC I/O modules γίνεται μέσω μιας παραμετρικής διαδικασίας που βασίζεται σε πληροφορίες από τη βάση δεδομένων PLC (ACE_PLC.MDB). Αυτή η βάση δεδομένων περιέχει την αλληλουχία και τις τιμές κειμένου που προστίθενται σε κάθε σύμβολο του module.

Κατά τη δημιουργία του module, το AutoCAD Electrical διαβάζει την απόσταση των "σκαλοπατιών" (rungs) του ladder diagram και τοποθετεί τα σημεία I/O και τα τερματικά με ακρίβεια, ώστε να ευθυγραμμίζονται με αυτά τα rungs. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει την σωστή τοποθέτηση των I/O σημείων και τερματικών μέσα στο ηλεκτρολογικό σχέδιο, ώστε να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η λειτουργικότητα των συνδέσεων. Τα "σκαλοπάτια" (rungs) αναπαριστούν τις διαδρομές του ρεύματος στο ladder diagram, και η απόσταση μεταξύ τους καθορίζει τα επίπεδα ελέγχου.

Κατά την εισαγωγή ενός PLC module, μπορεί να προστεθούν επιπλέον αποστάσεις ή το module να χωριστεί σε πολλαπλά μέρη, εάν απαιτείται. Το πρόγραμμα επιλέγει αυτόματα τα κατάλληλα σύμβολα από τη βάση δεδομένων, σχεδιάζει ένα ορθογώνιο γύρω τους και δημιουργεί το module ως ένα ενιαίο

block, προσθέτοντας τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Η παραμετρική διαδικασία χρησιμοποιεί μια βιβλιοθήκη συμβόλων για τη δημιουργία της στοίβας των PLC σημείων. Τα αρχεία παραμετρικών PLC ξεκινούν με τους χαρακτήρες "HP" (Horizontal ladder rungs) ή "VP" (Vertical ladder rungs), ακολουθούμενα από έναν αριθμό που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο στυλ PLC I/O. Υπάρχουν πέντε προκαθορισμένα στυλ στο AutoCAD Electrical, αριθμημένα από 1 έως 5, και είναι δυνατή η δημιουργία προσαρμοσμένων στυλ εάν τα προκαθορισμένα δεν καλύπτουν τις ανάγκες του χρήστη, με επιλογές μέχρι και 9 διαφορετικά στυλ.

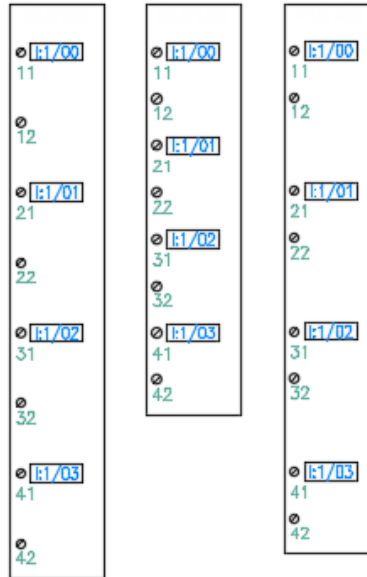
Ορισμένα PLC modules μπορεί να μην είναι κατάλληλα για παραμετρική δημιουργία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μπορεί να εισαχθεί μια προδημιουργημένη μονάδα, εφόσον αυτή περιλαμβάνει τα σωστά χαρακτηριστικά και το όνομα του block ξεκινά με "PLCIO". Η μονάδα τοποθετείται στο ladder diagram, διακόπτει τα καλώδια και τα επανασυνδέει αυτόματα. Το AutoCAD Electrical περιλαμβάνει μερικά δείγματα πλήρων PLC μονάδων για άμεση χρήση.

Τα σημεία I/O του PLC μπορούν επίσης να εισαχθούν ως ανεξάρτητα σύμβολα διασκορπισμένα μέσα στο σχέδιο. Το AutoCAD Electrical παρέχει μια βιβλιοθήκη συμβόλων μονού σημείου I/O, τα οποία μπορούν να επεκταθούν και να προσαρμοστούν στις ανάγκες του χρήστη. Αυτά τα σύμβολα δεν ακολουθούν την τυπική ονοματολογία του AutoCAD Electrical, γι' αυτό τα ονόματά τους πρέπει να ξεκινούν με "PCIO" για να αναγνωρίζονται και να επεξεργάζονται στις σχετικές αναφορές PLC.

Παραδείγματα αρχείων συμβόλων:

- **PLCIOI1T.dwg:** Πρώτη είσοδος, μονό καλώδιο αριστερά
- **PLCIOI1.dwg:** 2+ είσοδοι, μονό καλώδιο αριστερά
- **PLCIOI2T.dwg:** Πρώτη είσοδος, καλώδιο αριστερά και δεξιά
- **PLCIOI2.dwg:** 2+ είσοδοι, καλώδιο αριστερά και δεξιά
- **PLCIOO1T.dwg:** Πρώτη έξοδος, καλώδιο δεξιά
- **PLCIOO1.dwg:** 2+ έξοδοι, καλώδιο δεξιά
- **PLCIOO2T.dwg:** Πρώτη έξοδος, καλώδιο αριστερά και δεξιά
- **PLCIOO2.dwg:** 2+ έξοδοι, καλώδιο αριστερά και δεξιά

Αυτά τα εργαλεία και τα σύμβολα διευκολύνουν την ακριβή και αποτελεσματική σχεδίαση των ηλεκτρολογικών συστημάτων με το AutoCAD Electrical.



Εικόνα 2.4 [4] Απεικόνιση τριών διαφορετικών παραδειγμάτων εισαγωγής του ίδιου PLC module με διαφορετικές αποστάσεις rung (σκαλοπατιών) σε τέσσερις σειρές (rungs) με τους αριθμούς I:1/00 έως I:1/03, διευθύνσεις εισόδου (11, 12, 21, 22, 31, 32, 41, 42). και πρόσθετες αποστάσεις κατά την εισαγωγή

Τα **rungs** αποτελούν το βασικό δομικό στοιχείο στα **Ladder Logic Diagrams**, καθορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο το **PLC** (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής) επεξεργάζεται τις εισόδους και ενεργοποιεί τις εξόδους. Με αυτά τα διαγράμματα, μπορούν να αναπαρασταθούν σύνθετες λογικές συνθήκες με έναν απλό και κατανοητό τρόπο. Το **AutoCAD Electrical** είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο εργαλείο για τη σχεδίαση ηλεκτρικών ελέγχων, το οποίο περιλαμβάνει βιβλιοθήκες με πάνω από 3.000 Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC) από γνωστούς κατασκευαστές. Το λογισμικό αυτό διευκολύνει τη διαδικασία σχεδίασης ηλεκτρικών κυκλωμάτων, παρέχοντας εργαλεία για την αυτόματη ρύθμιση των καλωδιώσεων και την πλοήγηση σε συσκευές. Αυτές οι λειτουργίες επιτρέπουν στους σχεδιαστές να επικεντρώνονται περισσότερο στη δημιουργική πτυχή της σχεδίασης και λιγότερο σε ρουτίνες εργασίες. Επιπλέον, το **AutoCAD Electrical** υποστηρίζει τη συνεργασία μεταξύ ειδικών στη μηχανική σχεδίαση και στη σχεδίαση ηλεκτρικών συστημάτων ελέγχου. Παρέχει επίσης, τη δυνατότητα μεταφοράς σχεδίων σε άλλα **CAD** εργαλεία της **Autodesk**, προάγοντας την εύκολη συνεργασία και την ανταλλαγή δεδομένων. Καταληκτικά, το **AutoCAD Electrical** είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη σχεδίαση ηλεκτρικών συστημάτων ελέγχου, μειώνοντας τον χρόνο ολοκλήρωσης έργων, ενώ η ενσωμάτωση των **PLC** είναι ευρέως διαδεδομένη και κρίσιμη για τον τομέα της ηλεκτρολογικής σχεδίασης.[27]

2.5 CODESYS

Το **CODESYS** είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για τον προγραμματισμό εφαρμογών ελεγκτών όπου παράγει κώδικα μηχανής για πολλούς επεξεργαστές σύμφωνα με το **διεθνές πρότυπο IEC 61131-3**. Ανήκει στην CODESYS GROUP, που ιδρύθηκε το **1994** από τη γερμανική εταιρεία με την επωνυμία **3S- Smart Software Solutions**, και έχει την έδρα της στο Kempten. **Αρχικά αναπτύχθηκε** για να δώσει στους χρήστες τη δυνατότητα προγραμματισμού βιομηχανικών ελεγκτών από διαφορετικούς κατασκευαστές με ένα ενιαίο λογισμικό και να επιτρέπει την προσομοίωση αυτών των προγραμμάτων. Προέρχεται από το "Controller Development System" και είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού που μπορεί να **κατεβάσει κανείς δωρεάν** από την ιστοσελίδα της εταιρείας για σκοπούς προσομοίωσης. Διατίθενται σε **πέντε γλώσσες προγραμματισμού**, όπως η λίστα εντολών (**IL**), το δομημένο κείμενο (**ST**), το διάγραμμα διαδοχικών λειτουργιών (**SFC**), παρέχοντας τη **δύναμη προηγμένων γλωσσών προγραμματισμού όπως η C**. Κάθε γλώσσα προσφέρει διαφορετικές δυνατότητες, διευκολύνοντας την ανάπτυξη και την εφαρμογή των λύσεων αυτοματισμού, καθώς προσφέρει την ευελιξία στους χρήστες επιτρέποντας στους μηχανικούς ελέγχου να χρησιμοποιούν τη γλώσσα με την οποία είναι πιο εξοικειωμένοι.

Σήμερα, περισσότερες από 400 εταιρείες προσφέρουν συστήματα αυτοματισμού που προγραμματίζονται με το CODESYS. Το λογισμικό περιλαμβάνει διάφορα εργαλεία, όπως CODESYS Engineering, CODESYS Runtime, CODESYS PC Application, CODESYS Visualization, CODESYS Fieldbus, CODESYS Motion + CNC και CODESYS Safety.

Επιπλέον, διαθέτει **ενσωματωμένους μεταγλωττιστές** που μετατρέπουν τον κώδικα σε εγγενή μηχανικό κώδικα, υποστηρίζοντας τις πιο δημοφιλείς οικογένειες επεξεργαστών. Μετά τη σύνδεση του CODESYS με τον ελεγκτή, παρέχεται **εκτενής λειτουργικότητα αποσφαλμάτωσης και υποστήριξη για διάφορες διεπαφές πεδίου**. Αυτό το σύστημα προσφέρει επίσης τη δυνατότητα **δημιουργίας οπτικοποιήσεων και εφαρμογών** με προσαρμοσμένα στοιχεία, διευκολύνοντας έτσι τη διαδικασία ανάπτυξης και την αλληλεπίδραση με τις συσκευές ελέγχου. Παράλληλα, το CODESYS παρέχει λειτουργίες όπως την **επικοινωνία με το περιβάλλον ανάπτυξης, τη διαχείριση και εκτέλεση προγραμμάτων, διαχείριση εισόδων και εξόδων, λειτουργίες ασφάλειας και υποστήριξη πρόσθετων προϊόντων** όπως το **CODESYS Target Visu/WebVisu** και το **CODESYS SoftMotion CNC +Robotics**. Τέλος, προσφέρει τη **δυνατότητα διασύνδεσης στο διαδίκτυο**, επιτρέποντας την **απομακρυσμένη εποπτεία και έλεγχο του συστήματος**, καθώς και τη **δημιουργία ψηφιακού διδύμου (Digital Twin)**. Το CODESYS είναι ένα **λογισμικό για Προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLCs)**. Με τη βοήθεια του

CODESYS, οι κατασκευαστές συσκευών μπορούν να προσθέσουν επιπλέον δυνατότητες στις συσκευές τους, αυξάνοντας έτσι τις λειτουργικές τους ικανότητες. Παράλληλα, προσφέρει στους χρήστες τη δυνατότητα να **απλοποιήσουν και να μειώσουν το κόστος των αρχιτεκτονικών των PLC**. Επιπλέον, το CODESYS προσφέρει ένα **εύχρηστο και πρακτικό περιβάλλον εργασίας**, με λειτουργίες όπως **αυτόματη δήλωση μεταβλητών και άμεση παρακολούθηση τους**, που απλοποιούν τη χρήση του. Διαθέτει **δυνατότητες προσομοίωσης σε κατάσταση “Εκτός Λειτουργίας” (offline mode)**, ενώ με τον σχεδιαστή γραφικών, οι χρήστες μπορούν να **προσομοιώσουν τον πίνακα λειτουργίας της εφαρμογής** δημιουργώντας το γραφικό περιβάλλον. Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το CODESYS **διατίθεται δωρεάν**, επιτρέποντας στους χρήστες να **δημιουργούν τις δικές τους βιβλιοθήκες** με λειτουργίες, συνθήκες, συναρτήσεις και λειτουργικά μπλοκ. [26], [28]

Στην παρούσα εργασία θα περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών αυτοματισμού χρησιμοποιώντας Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLCs) και εργαλεία μηχανικής λογισμικού. Τα εργαλεία αυτά παρέχονται μέσω του λογισμικού CODESYS και θα βοηθήσουν επίσης στην ανάπτυξη λογισμικού αυτοματοποιημένου ελέγχου σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα, καθώς και στη δημιουργία γραφικών για την εποπτεία και τον χειρισμό της ελεγχόμενης διαδικασίας. Επιπλέον θα επιτρέψουν την προσομοίωση της εκτέλεσης του λογισμικού πριν την εγκατάσταση του στον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή που θα διαχειρίζεται τη διαδικασία.



Εικόνα 2.5 CODESYS λογισμικό[32]

Οι PLC προγραμματίζονται με τη χρήση μιας εξειδικευμένης γλώσσας προγραμματισμού, που ονομάζεται λογική σκάλας (ladder logic), η οποία μοιάζει με ένα διάγραμμα σκάλας με “σκαλοπάτια” η που αναπαριστούν τη λογική ελέγχου. Ο PLC εκτελεί τη λογική που έχει προγραμματιστεί σε έναν συνεχή βρόγχο, σκανάροντας τις εισόδους, επεξεργαζόμενος τη λογική και ενημερώνοντας τις εξόδους σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει στους PLC να λαμβάνουν αποφάσεις, να πραγματοποιούν υπολογισμούς και να ελέγχουν διαδικασίες με βάση προκαθορισμένες συνθήκες και ακολουθίες.

2.5.1 Πως λειτουργούν οι γλώσσες προγραμματισμού PLC

Οι γλώσσες προγραμματισμού των ελεγκτών προγραμματιζόμενης λογικής (PLC) έχουν εξελιχθεί παράλληλα με τα ίδια PLC και αποτελούν τη βάση για την αποδοτική λειτουργία τους. Υπάρχουν πέντε γλώσσες προγραμματισμού PLC, **δύο γραφικές** και **δύο κειμενικές**. Οι **γραφικές** περιλαμβάνουν τη **λογική σκάλας (LAD)** και το **διάγραμμα μπλοκ λειτουργιών (FBD)**, ενώ οι **κειμενικές γλώσσες** είναι το **δομημένο κείμενο (ST)** και η **λίστα εντολών (IL)**. Οι **διαδοχικοί πίνακες λειτουργιών (SFC)** είναι επίσης μια **γραφική μέθοδος οργάνωσης προγραμμάτων** για σειριακή ή παράλληλη επεξεργασία. Για την επιθυμητή λειτουργία ενός PLC, απαιτείται η δημιουργία ενός προγράμματος. Η διαδικασία προγραμματισμού γίνεται αρχικά εκτός σύνδεσης (**offline**) και το πρόγραμμα μεταφέρεται στο PLC, αφού προηγηθεί έλεγχος για σφάλματα και να μετατραπεί σε κώδικα μηχανής. Στην περίπτωση **online επεξεργασίας**, επιτρέπεται η αλλαγή του προγράμματος ενώ αυτό εκτελείται, χωρίς διακοπή του κύκλου λειτουργίας. Ωστόσο, κατά τη μεταφορά του προγράμματος απαιτείται προσωρινή παύση του επεξεργαστή και των λειτουργιών ελέγχου. Η σωστή οργάνωση ενός προγράμματος αποτελεί σημαντικό στοιχείο στον προγραμματισμό, καθώς βελτιώνει τη λειτουργικότητα και διευκολύνει τον εντοπισμό των επιμέρους λειτουργιών. Διάφορες πλατφόρμες προσφέρουν δυνατότητες δημιουργίας καθυκόντων, προγραμμάτων, ρουτινών και υποπτημάτων, ορισμένα από τα οποία προορίζονται για αρχική εκτέλεση. Κατά την εκμάθηση μιας νέας πλατφόρμας, είναι σημαντικό να προσδιορίσετε ποια είναι η κύρια ρουτίνα. Όπως και στη μνήμη δεδομένων, το πρόγραμμα μπορεί να οργανωθεί με διαφορετικούς τρόπους. Όλες οι βασικές πλατφόρμες PLC διαθέτουν κάποιου είδους υπορουτίνα, αν και αυτές μπορεί να ονομάζονται διαφορετικά ανάλογα με την πλατφόρμα.

Ένα ουσιαστικό ζήτημα είναι αν η μνήμη θα είναι παγκόσμια (προσβάσιμη από όλα τα προγράμματα και τις ρουτίνες) ή τοπική (διαθέσιμη μόνο σε συγκεκριμένο μέρος του προγράμματος), καθώς αυτή η απόφαση πρέπει να ληφθεί πριν την έναρξη ενός προγράμματος. Οι πιο ισχυροί προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC) μπορούν επίσης να υποστηρίζουν τη χρήση πολλαπλών προγραμμάτων εντός μιας εργασίας. Παρότι τα προγράμματα σαρώνονται διαδοχικά, η δυνατότητα αυτή επιτρέπει τον καθορισμό πινάκων δεδομένων ή λιστών ετικετών σε ένα μόνο πρόγραμμα, αντί να είναι καθολικά προσβάσιμα. Τα προγράμματα εκτελούνται με συγκεκριμένη σειρά στο πλαίσιο της εργασίας, γεγονός που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση προγραμμάτων με διαφορετικά ονόματα, αλλά με ίδιες ετικέτες, διευκολύνοντας την ταχεία ανάπτυξη κώδικα. Ένα πρόγραμμα μπορεί να γραφεί και να δοκιμαστεί και στη συνέχεια να αντιγραφεί με τις ίδιες διευθύνσεις.

Οι ελεγκτές PLC έχουν εξελιχθεί με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τον κατασκευαστή, ενώ οι μέθοδοι διαχείρισης δεδομένων και το λογισμικό προγραμματισμού διαφέρουν από πλατφόρμα σε πλατφόρμα. Γι' αυτόν τον λόγο, η **Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC)** δημιούργησε ένα **ανοιχτό πρότυπο το 1982** για να καθορίσει πτυχές όπως ο εξοπλισμός, το λογισμικό, οι επικοινωνίες, η ασφάλεια και άλλες λειτουργίες των προγραμματιζόμενων ελεγκτών. Καθώς οι εθνικές επιτροπές θεώρησαν το αρχικό πρότυπο πολύπλοκο, το διαίρεσαν αρχικά σε **πέντε μέρη: Μέρος 1: Γενικές Πληροφορίες, Μέρος 2: Απαιτήσεις Εξοπλισμού και Δοκιμών, Μέρος 3: Γλώσσες Προγραμματισμού, Μέρος 4: Οδηγίες Χρήστη και Μέρος 5: Επικοινωνίες**. Το πρότυπο έχει πλέον διαιρεθεί σε 9 μέρη, ενώ ένα δέκατο βρίσκεται υπό ανάπτυξη.

Το τρίτο μέρος, IEC 61131-3, καθορίζει τις γλώσσες προγραμματισμού και περιλαμβάνει δύο γραφικές γλώσσες, δύο γλώσσες κειμένου και μια ακόμη μέθοδο οργάνωσης προγραμμάτων για διαδοχική ή παράλληλη επεξεργασία. Οι **γραφικές γλώσσες** είναι η **λογική σκάλας (LAD)** και το **διάγραμμα μπλοκ λειτουργιών (FBD)**, ενώ οι **γλώσσες κειμένου** είναι το **δομημένο κείμενο (ST)** και η **λίστα εντολών (IL)**. Επιπλέον, περιγράφεται η **μέθοδος των διαδοχικών πινάκων λειτουργιών (SFC)**, η οποία επιτρέπει την ελεύθερη τοποθέτηση γραφικών στοιχείων και μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση του SFC.

Η **λογική σκάλας (Ladder Logic)** εξελίχθηκε από τα ηλεκτρικά διαγράμματα κυκλωμάτων, τα οποία μοιάζουν με τη μορφή σκάλας όταν σχεδιάζονται. Ως **γραφική γλώσσα**, οι εντολές αναπαριστούν ηλεκτρικές επαφές και πηνία. Οι κάθετες πλευρές του διαγράμματος σκάλας είναι γνωστές ως **“ράγες”**, ενώ τα οριζόντια τμήματα συχνά αναφέρονται ως **“σκαλοπάτια”**. [34]

Τα PLC προγραμματίζονται με τη γλώσσα **λογικής σκάλας (ladder logic)**, η οποία είναι μια **γραφική γλώσσα προγραμματισμού** που αναπαριστά τη λογική ελέγχου σε μορφή διαδοχικών “σκαλοπατιών”. Κάθε σκαλοπάτι αποτελείται από ένα σύνολο συνθηκών εισόδου και δράσεων εξόδου, που συνδέονται μέσω λογικών τελεστών και συναρτήσεων.

Βασικά στοιχεία της λογικής σκάλας περιλαμβάνουν:

- **Επαφές:** Αναπαριστούν την κατάσταση μιας εισόδου ή μιας εσωτερικής συνθήκης, και μπορούν να είναι κανονικά ανοιχτές (NO) ή κανονικά κλειστές (NC).
- **Πηνία:** Απεικονίζουν την έξοδο ή δράση που ενεργοποιείται όταν οι συνθήκες του σκαλοπατιού πληρούνται. Αυτή μπορεί να είναι φυσική έξοδος ή εσωτερικό bit μνήμης.

- **Χρονοδιακόπτες και Μετρητές:** Εισάγουν χρονικές καθυστερήσεις ή μετρούν γεγονότα στη λογική ελέγχου.
- **Μαθηματικές και Συγκριτικές Εντολές:** Εκτελούν αριθμητικές πράξεις και συγκρίσεις τιμών.
- **Λειτουργικά Μπλοκ:** Είναι τυποποιημένα ή προσαρμοσμένα μπλοκ κώδικα που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες ή υπολογισμούς.

Ο προγραμματισμός ενός PLC περιλαμβάνει τη δημιουργία του προγράμματος λογικής σκάλας, το οποίο αποτελείται από **αλληλουχία “σκαλοπατιών” που ορίζουν τη λογική ελέγχου της αυτοματοποιημένης διαδικασίας**. Το πρόγραμμα αναπτύσσεται μέσω **λογισμικού προγραμματισμού PLC**, το οποίο παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον για τη σύνταξη και επεξεργασία της λογικής σκάλας. Το τελικό πρόγραμμα μεταφέρεται στο PLC, όπου **εκτελείται σε έναν συνεχή βρόγχο** που περιλαμβάνει τη σάρωση των εισόδων, την επεξεργασία της λογικής και την ενημέρωση των εξόδων.

Οι **διευθύνσεις “X”** αντιστοιχούν σε **φυσικές εισόδους**, ενώ οι **διευθύνσεις “Y”** αντιπροσωπεύουν **φυσικές εξόδους**. [33] Τα **“M”** είναι **εσωτερικά bits μνήμης**. Εξαιτίας της ποικιλίας των σχημάτων διευθυνσιοδότησης, οι καταχωρητές μπορεί να έχουν διαφορετικές αναπαραστάσεις ανά πλατφόρμα. Κατά την παρακολούθηση της λογικής σκάλας σε πραγματικό χρόνο, οι **επαφές** και τα **πηνία** συνήθως **αλλάζουν χρώμα** για να **δείχνουν την τρέχουσα κατάστασή τους**.

Στα Μαθηματικά και την Μαθηματική λογική, **Άλγεβρα Boole** είναι η υποπεριοχή της άλγεβρας όπου οι τιμές των μεταβλητών είναι οι τιμές αληθείας αληθές και ψευδές, που συνήθως αναπαρίστανται με 1 και 0 αντίστοιχα. [35] Οι **λειτουργικές μονάδες (FBs) προέκυψαν από την Άλγεβρα Boole**, με τις βασικές λογικές λειτουργίες **AND** και **OR** να αποτελούν τον πυρήνα της. Πιο σύνθετες μονάδες χρησιμοποιούνται για μαθηματικές πράξεις, φόρτωση και μεταφορά δεδομένων, συγκρίσεις, καθώς και για λειτουργίες χρονομέτρησης και μέτρησης. Ορισμένες λειτουργίες, όπως η **XOR** (αποκλειστικό OR), δεν μπορούν να αναπαρασταθούν στη **λογική σκάλας**. Επιπλέον, σε **σύνθετα σχεδιαγράμματα FBD**, η λογική μπορεί να εκτείνεται σε πολλές σελίδες, και γι’ αυτό χρησιμοποιούνται σύμβολα σύνδεσης εκτός σελίδας για να δηλωθούν αυτές οι συνδέσεις.

Οι **γραφικές γλώσσες** συνήθως μετατρέπονται σε μια γλώσσα κειμένου που ονομάζεται λίστα εντολών (**IL - Instruction List**) πριν **μεταγλωττιστούν σε μια άλλη γλώσσα χαμηλού επιπέδου**, τη γλώσσα μηχανής. Πριν από την καθιέρωση των προσωπικών υπολογιστών, οι εντολές εισάγονταν στο PLC μέσω φορητών συσκευών προγραμματισμού, οι οποίες συχνά διέθεταν πλήκτρα με εικονίδια λογικής σκάλας. Η **λίστα εντολών (IL)**, ως **κειμενική γλώσσα**, μπορεί να επεξεργαστεί εύκολα σε εξωτερικούς

επεξεργαστές κειμένου ή υπολογιστικά φύλλα, όπως το **Microsoft Excel**. Μπορεί επίσης να εισαχθεί ή να εξαχθεί σε μορφή αρχείων **.csv** (διαχωρισμένα με κόμμα) ή **XML** (Extensible Markup Language), διευκολύνοντας τη δημιουργία πινάκων διευθύνσεων ή ετικετών με ενιαία δομή, οι οποίοι μπορούν στη συνέχεια να μετατραπούν σε επαναλαμβανόμενα “σκαλοπάτια” ή μπλοκ με διαφορετικές διευθύνσεις.

Η γλώσσα **Structured Text (ST)** είναι η πιο δημοφιλής **γραμματική γλώσσα** προγραμματισμού για PLC. Το Structured Text μοιάζει με γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, όπως η **Pascal** ή η **C**. Οι μεταβλητές δηλώνονται με συγκεκριμένους τύπους δεδομένων στην αρχή των ρουτινών, ενώ παράλληλα διαμορφώνονται και άλλες παράμετροι. Τα **σχόλια** σε αυτή τη γλώσσα συνήθως ξεκινούν με “//”, αλλά η σύνταξή τους μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εταιρεία που παρέχει το λογισμικό. Οι γλώσσες γραμμικού προγραμματισμού, όπως το Structured Text, χρησιμοποιούν δομές όπως “**If-Then-Else**”, “**Do-While**” και “**Jump**” για τον έλεγχο της ροής του προγράμματος. Στις γλώσσες αυτές, η σωστή σύνταξη είναι πολύ σημαντική, καθώς τα λάθη στον κώδικα μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστούν. Συχνά, τα εργαλεία εντοπισμού σφαλμάτων επιτρέπουν την εκτέλεση του κώδικα σε επιμέρους τμήματα, μια ενότητα κάθε φορά.

Αν και η συγγραφή κώδικα PLC με το Structured Text μπορεί να είναι **απαιτητική**, προσφέρει μεγαλύτερη ισχύ και **ευελιξία σε σχέση με τη λογική σκάλας** ή τα **λειτουργικά μπλοκ**. Είναι δυνατή η ανάπτυξη βιβλιοθηκών για την εκτέλεση σύνθετων εργασιών, όπως η αναζήτηση δεδομένων με SQL ή η δημιουργία πολύπλοκων μαθηματικών αλγορίθμων. Ωστόσο, η γραμμική εκτέλεση του προγράμματος δυσκολεύει τον παράλληλο έλεγχο πολλαπλών εισόδων, καθιστώντας τη διαχείριση του προγράμματος πιο περίπλοκη όταν περιλαμβάνει πολλούς βρόχους. Διαφορετικές πλατφόρμες PLC ενδέχεται να χρησιμοποιούν διαφορετική ονομασία για αυτές τις γλώσσες IEC.

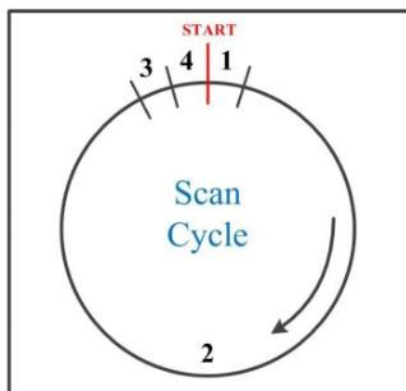
Η γλώσσα **SFC** χρησιμοποιεί μπλοκ που περιέχουν κώδικα, ο οποίος συνήθως ενεργοποιεί εξόδους ή εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες. Σε πολλές πλατφόρμες τα μπλοκ ή τα “βήματα” μπορούν να περιέχουν κώδικα γραμμένο σε άλλες **γλώσσες προγραμματισμού IEC**, όπως **Ladder** ή **FBD**. Το πρόγραμμα προχωρά από μπλοκ σε μπλοκ μέσω “μεταβάσεων”, οι οποίες καθορίζονται συνήθως από τη μορφή εισόδων. Η γλώσσα SFC βασίζεται στο **Grafset**, ένα μοντέλο διαδοχικού ελέγχου που αναπτύχθηκε από ερευνητές στη Γαλλία το 1975, το οποίο με τη σειρά του στηρίζεται στα **δυναμικά δίκτυα Petri**, επίσης γνωστά ως **δίκτυα θέση/μετάβαση**. Τα δίκτυα Petri, που αναπτύχθηκαν το 1939, χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την περιγραφή χημικών διεργασιών.

Σε ένα διάγραμμα SFC, τα βήματα μπορεί να είναι ενεργά ή ανενεργά και οι ενέργειες εκτελούνται μόνο υπό **δύο συνθήκες**: **είτε** όταν έχουν οριστεί ως αρχικά βήματα **είτε** ενεργοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια ενός κύκλου σάρωσης και δεν έχουν απενεργοποιηθεί έκτοτε. Όταν μια μετάβαση ενεργοποιείται, αυτή ενεργοποιεί το επόμενο βήμα και απενεργοποιεί το προηγούμενο βήμα. Οι ενέργειες που σχετίζονται με τα βήματα διακρίνονται σε διάφορους τύπους, με τις πιο κοινές να είναι η **ρύθμιση (S)**, η **επαναφορά (R)** και η **συνεχής λειτουργία (N)**. Οι ενέργειες N παραμένουν ενεργές όσο το βήμα παραμένει ενεργό, ενώ η ρύθμιση και η επαναφορά λειτουργούν όπως και στις άλλες γλώσσες PLC. Η λογική των μεταβάσεων και οι ενέργειες εντός των βημάτων μπορούν να γραφούν και σε άλλες γλώσσες PLC, με το Structured Text συνήθως να χρησιμοποιείται στα μπλοκ ενεργειών και τη λογική σκάλας (ladder) στις μεταβάσεις. Τα βήματα και οι μεταβάσεις σημειώνονται αντίστοιχα ως S# και T#.

Στην **κορυφή** του προγράμματος θα υπάρχει πάντα ένα αρχικό βήμα, από το οποίο ξεκινά η εκτέλεση και στο οποίο επιστρέφει το πρόγραμμα μετά την ολοκλήρωση. Το πρόγραμμα σαρώνει διαρκώς τη λογική σε ένα βήμα, μέχρι η λογική της επόμενης μετάβασης γίνει αληθής. Όταν αυτό συμβεί, το τρέχον βήμα απενεργοποιείται και ενεργοποιείται το επόμενο. Ο κύκλος λειτουργίας του προγράμματος ελέγχεται από τον επεξεργαστή (CPU) του PLC. Ο κύκλος λειτουργίας, ή σάρωση (scan), αποτελείται από μια σειρά λειτουργιών που εκτελούνται διαρκώς με την εξής σειρά:

1. Ανάγνωση των φυσικών εισόδων στον πίνακα εικόνας εισόδων
2. Σάρωση της λογικής διαδοχικά, με ανάγνωση και εγγραφή στη μνήμη και στους πίνακες εισόδων/εξόδων.
3. Εγγραφή του πίνακα εικόνας εξόδων στις φυσικές εξόδους.
4. Εκτέλεση βοηθητικών λειτουργιών, όπως ο έλεγχος σφαλμάτων, η διαχείριση επικοινωνιών και η ενημέρωση των εσωτερικών τιμών χρονομέτρων και μετρητών.

Ο κύκλος σάρωσης μπορεί να απεικονιστεί όπως φαίνεται στο διάγραμμα.



Εικόνα 2.5.1 Ένας κύκλος σάρωσης ενός PLC διαβάζει τις φυσικές εισόδους, σαρώνει τη λογική ακολουθιακά, γράφει τον πίνακα εικόνας εξόδου και ελέγχει το σύστημα για σφάλματα και άλλες εργασίες συντήρησης [34]

Όταν ο επεξεργαστής τεθεί σε **λειτουργία “run”**, η κατάσταση των αναλογικών και ψηφιακών εισόδων διαβάζεται και αποθηκεύεται σε καταχωρητές μνήμης που αντιστοιχούν στις διαμορφωμένες εισόδους. Στο επόμενο στάδιο της σάρωσης, η λογική αξιολογείται διαδοχικά. Αν το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε λογική σκάλας, οι “βαθμίδες” αξιολογούνται μία μία, από τον αριστερό προς τον δεξιό οδηγό και από πάνω προς τα κάτω. Καθώς επεξεργάζεται η λογική, οι έξοδοι και οι καταχωρητές μνήμης ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται και η κατάσταση τους αποθηκεύεται στους αντίστοιχους καταχωρητές. Για τις εξόδους, η κατάσταση τους καταγράφεται στον Πίνακα Εικόνας Εξόδων, ο οποίος έχει δημιουργείται κατά τη διαμόρφωση του υλικού.

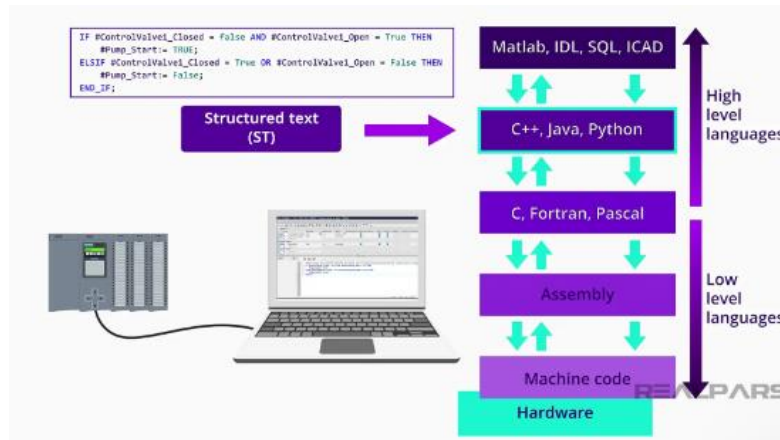
Ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση μιας σάρωσης εξαρτάται από τον αριθμό και το τύπο των εντολών στο πρόγραμμα. Η διάρκεια της σάρωσης μπορεί να κυμαίνεται από 3 έως 5 ms (για πολύ σύντομα προγράμματα ή πολύ γρήγορους επεξεργαστές) έως 60 ή 70 ms (για μεγαλύτερα προγράμματα).

Εάν ο χρόνος σάρωσης υπερβεί το απαιτούμενο όριο, μπορεί να γίνουν αισθητές καθυστερήσεις στις φυσικές αντιδράσεις των ενεργοποιητών. Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητη η αξιολόγηση για πιθανή αναβάθμιση σε ισχυρότερο επεξεργαστή PLC ή ακόμα και χρήση πολλαπλών επεξεργαστών για τη βελτίωση της απόδοσης. [34]

2.5.2 Δομή και Ανάπτυξη Κώδικα σε PLC: Προσέγγιση με τη Γλώσσα Structured Text (ST)

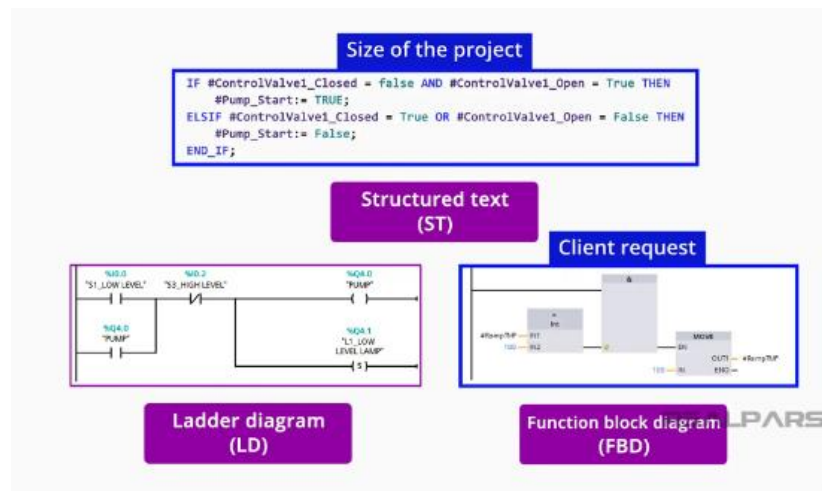
Στα συστήματα PLC, υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι προγραμματισμού: **γραμματικός (Programmable)** και **γραφικός (Graphical)**. Ο **γραφικός προγραμματισμός (Graphical)** χρησιμοποιεί διαγράμματα και σύμβολα για να αναπαραστήσει τη λογική και τη ροή του προγράμματος. Γραφικές γλώσσες όπως τα **Function Block Diagrams (FBD)**, που είναι πιο οπτικά και προσιτά, αλλά ενδέχεται να δυσκολεύονται στη διαχείριση σύνθετων μαθηματικών ή λογικών εκφράσεων. Είναι χρήσιμα για εφαρμογές, λοιπόν, όπου η αλληλουχία των λειτουργιών μπορεί να περιγραφεί μέσω διαγραμμάτων και είναι ιδανικά για προγραμματιστές που προτιμούν να βλέπουν την αλληλεπίδραση των στοιχείων οπτικά. Σε αντίθεση με τις **γραφικές γλώσσες** όπως η **λογική σκάλας (ladder logic)** η Structured Text είναι απλώς κείμενο, δίνοντας μεγάλη ευελιξία και δυνατότητα διαχείρισης περίπλοκων λογικών και μαθηματικών λειτουργιών. Ο **γραμματικός προγραμματισμός (programmable)** περιλαμβάνει τον προγραμματισμό με γλώσσες που μοιάζουν περισσότερο με γλώσσες προγραμματισμού όπως η Pascal ή η C. Η γλώσσα **Structured Text (ST)** είναι η πιο δημοφιλής γλώσσα **γραμματικού προγραμματισμού για PLC**. Ως μία από τις γλώσσες προγραμματισμού PLC σύμφωνα με το πρότυπο IEC-61131, η Structured Text (ST) βασίζεται και μοιάζει με παραδοσιακές γλώσσες προγραμματισμού όπως Python ή η Java. *Στην παρούσα έρευνα είναι και ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η προγραμματιστική ανάπτυξη PLC.*

Όπως όλες οι γλώσσες προγραμματισμού, η Structured Text έχει **πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα** και υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους ένας προγραμματιστής μπορεί να επιλέξει να τη χρησιμοποιήσει στο επόμενο έργο προγραμματισμού PLC. Επειδή η Structured Text μοιάζει με τις παραδοσιακές γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, η κατανόηση της είναι σχετικά εύκολη για όσους έχουν εμπειρία στον προγραμματισμό, ακόμη και χωρίς προηγούμενη γνώση προγραμματισμού PLC.



Εικόνα 2.5.2 [1] Structured Text & γλώσσες λογισμικού που χρησιμοποιείται [36]

Οι περισσότεροι κατασκευαστές PLC **υποστηρίζουν διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού στα PLC τους**, καθώς οι απαιτήσεις μπορεί να διαφέρουν ανά έργο ή πελάτη. Η επιλογή μιας συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού μπορεί να καθορίζεται τόσο από τις προτιμήσεις του πελάτη όσο και από την πολυπλοκότητα και το **μέγεθος του έργου προγραμματισμού**.



Εικόνα 2.5.2 [2] Βασικές γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζει το CODESYS [36]

Η Structured Text είναι μια **“ελαφριά” γλώσσα προγραμματισμού**, επειδή όπως δηλώνει το όνομα της, είναι βασισμένη σε κείμενο και **δε διαθέτει γραφική διεπαφή** που να απαιτεί μνήμη, γεγονός που επιτρέπει τη χρήση μικρότερης μνήμης επεξεργαστή και συνεπώς μειώνει το κόστος. Αυτό καθιστά τη Structured Text ιδανική επιλογή για μεγαλύτερα προγράμματα PLC, όπου η μνήμη του επεξεργαστή είναι περιορισμένη και το κόστος είναι σημαντικός παράγοντας. Χρησιμοποιώντας μια γλώσσα προγραμματισμού βασισμένη σε κείμενο, το πρόγραμμα καταλαμβάνει πολύ λιγότερο χώρο και η ροή λογικής είναι πιο εύκολη στην ανάγνωση και την κατανόηση.

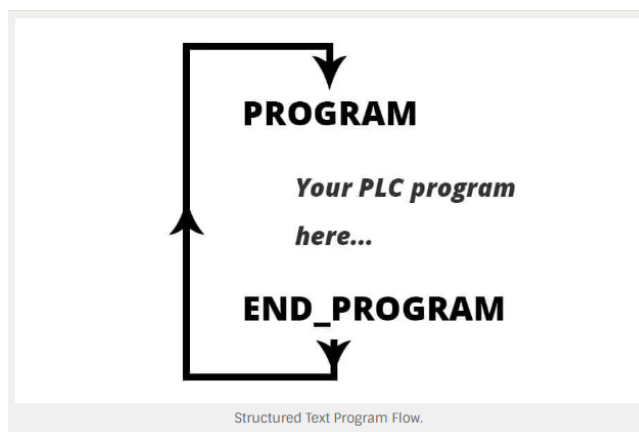
Η χρήση της Structured Text είναι ένας τρόπος γραφής που παρέχει μια **καθαρή και κατανοητή ροή λογικής**, ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν **συνεχείς και σαφείς συνθήκες ελέγχου**. Ωστόσο, μετά την εγκατάσταση ενός έργου PLC, η **υποστήριξη και συντήρηση ενός προγράμματος ST** μπορεί να είναι πιο απαιτητική για τον τελικό χρήστη, ειδικά αν δεν έχει εμπειρία με τον προγραμματισμό. Για παράδειγμα, πολλοί **ηλεκτρολόγοι** είναι εξοικειωμένοι με τα **ηλεκτρικά διαγράμματα** και είναι πιο άνετοι με τη **γλώσσα ladder logic**, η οποία μοιάζει περισσότερο με τέτοια διαγράμματα. Αν δεν έχουν γνώσεις προγραμματισμού, μπορεί να δυσκολευτούν στην κατανόηση της ST. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί πλεονέκτημα ή μειονέκτημα, ανάλογα με τον στόχο. Μια στρατηγική που χρησιμοποιείται είναι να **διατηρούνται τα πολύπλοκα κομμάτια του προγράμματος σε Structured Text** για διαχείριση από ειδικούς, ενώ τα τμήματα που χρειάζονται **συχνή προσαρμογή** να προγραμματίζονται σε **ladder logic**. Το γεγονός ότι η Structured Text αποτελεί τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού, βάσει του προτύπου IEC 61131-3, επιτρέπει τη χρήση της σε PLC διαφορετικών κατασκευαστών. Αυτό προσφέρει σημαντική ευελιξία και διευκολύνει τη διαχείριση έργων σε συστήματα PLC από διάφορες μάρκες. Στην ευρωπαϊκή αγορά, το **Siemens S7 είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα PLC** και η Structured Text αποτελεί μια κοινή γλώσσα προγραμματισμού για τη συγκεκριμένη μάρκα. [37]

2.5.3 Δομή της Structured Text

Η γλώσσα Structured Text (ST) ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες σύνταξης για την ανάπτυξη προγραμμάτων PLC. Κάποιοι από αυτούς είναι οι εξής:

- Κάθε εντολή στην Structured Text τελειώνει με **ελληνικό ερωτηματικό (;)**
- Μια ρουτίνα **ολοκληρώνεται** με τη δήλωση **End_If**
- Τα **κενά** και οι **εσοχές δεν έχουν λειτουργική αξία**, αλλά **χρησιμοποιούνται για καλύτερη αναγνωσιμότητα**

Η Structured Text χρησιμοποιεί επίσης χρήση **τελεστών για τη διαχείριση δεδομένων**. Μερικά παραδείγματα τελεστών είναι οι **λογικοί τελεστές** όπως **AND**, **OR** και **NOT**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση **Boolean δεδομένων** και την παραγωγή λογικών αποτελεσμάτων. [37]



Εικόνα 2.5.3 Δομή προγράμματος loop [38]

Δομές Προγράμματος και Μεταβλητές

Η δομή **PROGRAM/ END_PROGRAM** είναι το σημείο όπου βρίσκεται **ολόκληρο το πρόγραμμα του PLC** οριοθετώντας έτσι το κεντρικό σώμα του προγράμματος, ενώ η δομή **VAR/END_VAR** καθορίζουν την **περιοχή δήλωσης των μεταβλητών**. Αυτές οι λέξεις είναι **δεσμευμένες λέξεις-κλειδιά** και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς. Όταν το PLC φτάσει στο **END_PROGRAM**, ο **κύκλος σάρωσης του PLC θα ξεκινήσει ξανά επιτρέποντας την επανεκτέλεση του προγράμματος**. Αυτό μοιάζει με τη **λογική της ladder** ή οποιασδήποτε άλλης γλώσσας προγραμματισμού PLC. Το όνομα του προγράμματος δεν μπορεί να είναι **PROGRAM** ή ακόμα και **program** (η Structured Text δε διακρίνει πεζά-κεφαλαία) επειδή αυτή η λέξη είναι δεσμευμένη για τη δομή του προγράμματος. Για παράδειγμα, στο λογισμικό προγραμματισμού **Studio 5000 Logix Designer για PLC της Allen Bradley**, οι μεταβλητές αναφέρονται ως ετικέτες, ενώ στο **SIMATIC STEP 7 για PLC της Siemens**, οι μεταβλητές ονομάζονται σύμβολα. Στις νεότερες εκδόσεις του **STEP 7** (από την έκδοση **TIA Portal 11 και μετά**), ο όρος ετικέτες επανέρχεται. Παρόλο που η ονομασία μπορεί να διαφέρει, η λειτουργία των μεταβλητών παραμένει η ίδια.

Τύποι Δεδομένων στην Structured Text

Η Structured Text υποστηρίζει διάφορους τύπους δεδομένων, καθορισμένους από το πρότυπο IEC 61131-3. Οι τύποι αυτοί διευκολύνουν τον προγραμματισμό, καθώς **καθορίζουν το εύρος τιμών και τις λειτουργίες που υποστηρίζουν**. Οι τύποι δεδομένων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: **Βασικοί τύποι** (Elementary data types) και **Παράγωγοι τύποι** (Derived data types).

1. **Βασικοί τύποι:** Αυτοί περιλαμβάνουν τους ακέραιους (π.χ., **SINT, INT, DINT**), τους δεκαδικούς (π.χ., **REAL, LREAL**), τις χρονικές τιμές (π.χ., **TIME, DATE**), τα αλφαριθμητικά (**STRING**) και τις δυαδικές συμβολοσειρές (π.χ., **BOOL, BYTE**).
2. **Παράγωγοι τύποι:** Αυτοί περιλαμβάνουν τους δομημένους τύπους (**STRUCT**) και τους πίνακες (**ARRAY**), οι οποίοι προσφέρουν ευελιξία και επιτρέπουν την ομαδοποίηση των δεδομένων για εύκολη διαχείριση.

Εντολές και Τελεστές στην Structured Text

Η Structured Text περιλαμβάνει εντολές και τελεστές για την εκτέλεση λειτουργιών και την επεξεργασία δεδομένων:

- **Αριθμητικοί τελεστές:** Πρόσθεση, αφαίρεση κ.λπ.
- **Σχεσιακοί τελεστές:** Ίσον, μεγαλύτερο κ.λπ.
- **Λογικοί τελεστές:** **AND, OR, NOT**.
- **Δυαδικοί τελεστές:** Εφαρμόζονται ανά bit για διαχείριση δυαδικών δεδομένων.

Οι συνθήκες, όπως οι εντολές **IF** και **CASE**, επιτρέπουν στον PLC να **λαμβάνει αποφάσεις** με βάση τις **εισόδους**. Οι εντολές **IF** επιτρέπουν τον έλεγχο συνθηκών και περιλαμβάνουν τη **λογική έκφραση** που αξιολογείται ως **TRUE** ή **FALSE**. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν οι λέξεις-κλειδιά **ELSIF** και **ELSE** για **σύνθετες συνθήκες**. Η εντολή **CASE** χρησιμοποιείται για **αριθμητικές εκφράσεις** σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ενώ οι βρόχοι **FOR**, **WHILE** και **REPEAT** επιτρέπουν την **εκτέλεση επαναλαμβανόμενων διαδικασιών**. [38]

Πλεονεκτήματα της Structured Text

Σε αντίθεση με άλλες γραφικές γλώσσες, η Structured Text προσφέρει **ευελιξία και δυνατότητες για σύνθετες λειτουργίες**, καθώς μπορεί να διαχειριστεί περίπλοκους μαθηματικούς υπολογισμούς και λογικές εκφράσεις. **Διευκολύνει την ανάπτυξη επαναλαμβανόμενων και σταθερών λειτουργιών** χωρίς την ανάγκη πολλών γραμμών κώδικα, προσφέροντας **αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία**. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα **οργάνωσης του κώδικα σε διεργασίες και υπορουτίνες**, καθιστώντας τον ευκολότερο στη διαχείριση και ανάλυση.

Η Structured Text (ST) αποτελεί ένα **σαφές, ευέλικτο και ισχυρό εργαλείο** για τη δημιουργία ακριβούς και αξιόπιστου κώδικα στα PLC, **ανταγωνιζόμενο τις παραδοσιακές γλώσσες προγραμματισμού**

υψηλού επιπέδου. Με τη Structured Text, μπορούμε να **διαχειριστούμε σύνθετα έργα σε PLC συστήματα**, διευκολύνοντας τη δημιουργία και ανάλυση κάθε επιμέρους διεργασίας.

2.5.4 Εισαγωγή στη διαδοχική ενεργοποίηση φωτισμού μέσω Structured Text (CODESYS) για αυτοματισμούς

Η Structured Text (ST) είναι μία ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται ευρέως στα συστήματα PLC, επιτρέποντας την εκτέλεση σύνθετων διαδικασιών αυτοματισμού με ευανάγνωστο και δομημένο τρόπο. Στον παρόν παράδειγμα, παρουσιάζεται ένα απλό πρόγραμμα ελέγχου φωτισμού, σχεδιασμένο για να δείξει τις βασικές αρχές προγραμματισμού σε γλώσσα Structured Text (ST), μέσα σε ένα περιβάλλον CODESYS. Το πρόγραμμα αυτό λειτουργεί ως παράδειγμα διαδοχικής ενεργοποίησης, με στόχο την εξοικείωση με βασικές έννοιες αυτοματισμού, όπως η χρήση χρονοδιακοπών και μετρητών, που είναι απαραίτητα εργαλεία στο τομέα των βιομηχανικών και οικιακών αυτοματισμών.

Ο κώδικας αυτός υλοποιεί έναν αυτοματισμό που ανάβει πέντε φώτα (A, B, C, D, E) διαδοχικά για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια δύο δευτερόλεπτα. Η διαδοχική ενεργοποίηση των φώτων εξυπηρετεί την κατανόηση των αρχών του αυτοματισμού και του συγχρονισμού σε PLC, θέτοντας βάσεις για πιο σύνθετα προγράμματα. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τα εξής στοιχεία:

- **Χρονοδιακόπτης (TON):** για τον έλεγχο του χρόνου παραμονής κάθε φάσης.
- **Μετρητής (CTU):** για τον αριθμητικό έλεγχο της σειράς ενεργοποίησης.
- **Δομή ελέγχου CASE:** για την επιλογή της εξόδου που θα ενεργοποιηθεί σε κάθε φάση, να διασφαλιστεί δηλαδή η εναλλαγή των φωτών με προβλεπόμενη χρονική σειρά.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κυκλικά, με την ενεργοποίηση και την επαναφορά του μετρητή όταν ολοκληρωθεί κάθε κύκλος των πέντε φώτων

```

PROGRAM LightControl_V1
VAR
    A: BOOL;
    B: BOOL;
    C: BOOL;
    D: BOOL;
    E: BOOL;

    PowerOn: BOOL;
    FlasherTimer: TON;
    FlasherDone: BOOL;

    Counter: CTU;
    ResetCommand: BOOL;
END_VAR

```

- **A, B, C, D, E:** Αυτές είναι **Boolean** μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν τα φώτα.
- **PowerOn:** **Boolean** μεταβλητή που ενεργοποιεί το σύστημα.
- **FlasherTimer:** Χρονοδιακόπτης τύπου TON (Time-On Delay), με καθυστέρηση ενεργοποίησης.
- **FlasherDone:** Boolean μεταβλητή που δείχνει αν ο χρονοδιακόπτης ολοκληρώθηκε.
- **Counter:** Μετρητής τύπου CTU (Count Up).
- **ResetCommand:** Boolean μεταβλητή που δίνει εντολή επαναφοράς του μετρητή.

```

FlasherTimer(In:=PowerOn, PT:= T#2S);
FlasherDone := FlasherTimer.Q;

IF FlasherDone THEN PowerOn:=0;
ELSE PowerOn:=1;
END_IF

Counter(CU:=FlasherDone, RESET:= ResetCommand, PV:=5);

```

```

CASE Counter.CV OF
  1: A:=1;
     B:=0;
     C:=0;
     D:=0;
     E:=0;
  2: A:=0;
     B:=1;
     C:=0;
     D:=0;
     E:=0;
  3: A:=0;
     B:=0;
     C:=1;
     D:=0;
     E:=0;
  4: A:=0;
     B:=0;
     C:=0;
     D:=1;
     E:=0;
  5: A:=0;
     B:=0;
     C:=0;
     D:=0;
     E:=1;

  6: ResetCommand:=1;

ELSE ResetCommand:=0;
END_CASE

```

- **FlasherTimer:** Ενεργοποιείται όταν η PowerOn είναι ενεργή (TRUE). Ο χρονοδιακόπτης έχει προκαθορισμένο χρόνο (PT) 2 δευτερολέπτων (T#2S).
- **FlasherDone := FlasherTimer.Q;** Η FlasherDone γίνεται TRUE όταν ο χρονοδιακόπτης ολοκληρώνεται, δηλαδή μετά από 2 δευτερόλεπτα. Αυτό σημαίνει ότι το χρονοδιάγραμμα έχει λήξει.
- Αν η **FlasherDone** είναι **TRUE** (δηλαδή έχουν περάσει 2 δευτερόλεπτα), τότε η PowerOn γίνεται **FALSE**, με αποτέλεσμα να απενεργοποιείται ο χρονοδιακόπτης και να επανέρχεται αμέσως σε κατάσταση αναμονής.
- Αν η **FlasherDone** είναι **FALSE**, τότε η **PowerOn** παραμένει ενεργή.
- **Counter:** Ο μετρητής αυξάνεται κάθε φορά που η FlasherDone είναι TRUE, δηλαδή κάθε 2 δευτερόλεπτα.
- **PV:=5:** Ορίζεται ο προορισμός του μετρητή (Preset Value) στο 5. Αυτό σημαίνει ότι ο μετρητής θα μετρήσει μέχρι το 5 πριν επανέλθει.
- **RESET:= ResetCommand:** Η εντολή επαναφοράς ενεργοποιείται από τη ResetCommand

Δομή CASE

- **CASE Counter.CV OF:** Αυτή η δομή ελέγχει την τρέχουσα τιμή (CV) του μετρητή Counter.
- **Τιμές 1 έως 5:** Για κάθε τιμή του CV από 1 έως 5, ενεργοποιείται ένα συγκεκριμένο φως (A, B, C, D ή E), ενώ τα υπόλοιπα φώτα παραμένουν σβηστά.
- **Τιμή 6:** Όταν ο μετρητής φτάσει στο 6, ενεργοποιείται η ResetCommand, η οποία επαναφέρει τον μετρητή (Counter) στην αρχική του κατάσταση, επαναλαμβάνοντας τον κύκλο.
- **ELSE ResetCommand:=0;** Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, η ResetCommand παραμένει 0, δηλαδή δεν δίνει εντολή επαναφοράς.

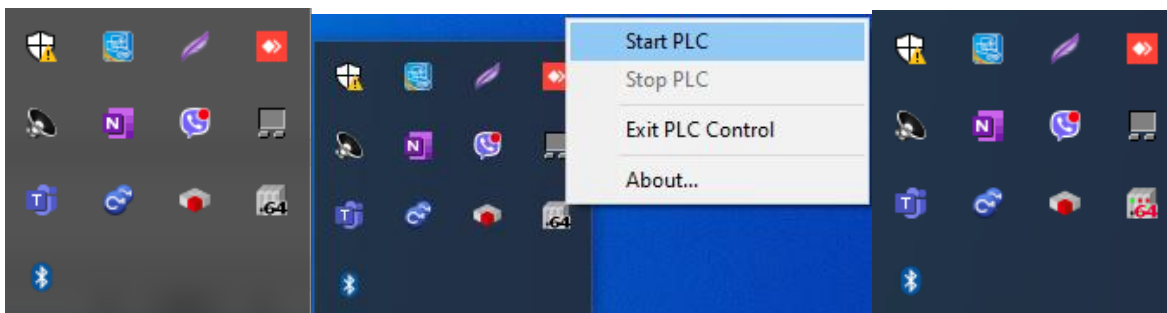
Συνολική Λειτουργία

1. Το PowerOn ενεργοποιεί το FlasherTimer, που μετράει 2 δευτερόλεπτα κάθε φορά.
2. Όταν ο χρονοδιακόπτης ολοκληρώνεται (FlasherDone = TRUE), αυξάνεται ο μετρητής Counter.
3. Ο μετρητής ελέγχεται από τη δομή CASE, που ανάβει ένα συγκεκριμένο φως κάθε φορά (A, B, C, D, E).
4. Όταν ο μετρητής φτάσει στο 6, το ResetCommand επανεκκινεί τον μετρητή και ο κύκλος ξεκινά από την αρχή.

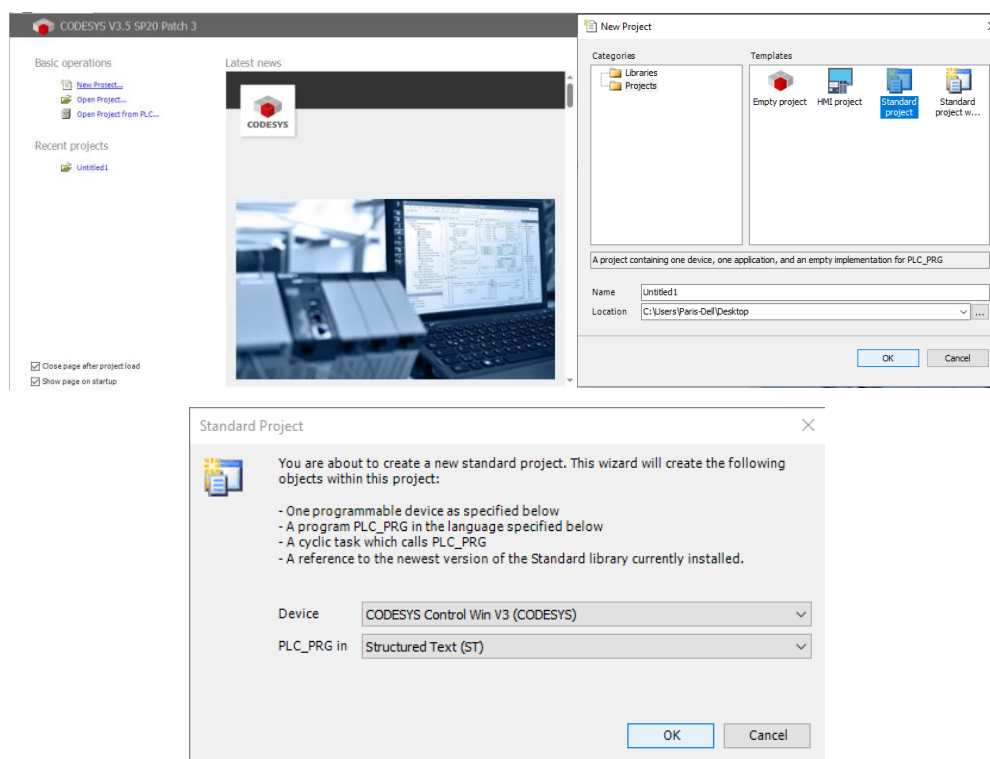
Αυτός ο κώδικας δημιουργεί έναν διαδοχικό κύκλο ενεργοποίησης και απενεργοποίησης φώτων, κάθε 2 δευτερόλεπτα, με επαναφορά στον αρχικό κύκλο μόλις ολοκληρωθούν 5 φώτα. [39]

2.5.5 Αυτοματοποιημένο σύστημα φωτισμού με εναλλαγή λειτουργιών με τη χρήση PLC (CODESYS)

Το πρόγραμμα αφορά τη χρήση του περιβάλλοντος ανάπτυξης **CODESYS V3.5** που είναι ένα εργαλείο προγραμματισμού για συστήματα αυτοματισμού (PLC). Είναι ένα βασικό εργαλείο που χρησιμοποιεί την προσομοίωση για να δείξει τη λειτουργία ενός διακόπτη και τη μεταβολή της φωτεινότητας μέσω **Visual Interface**. Αρχικά για να γίνει εκτέλεση του προγράμματος και να γίνει οπτικοποίηση του αποτελέσματος πρέπει το **tray icon** που έχει το **64 πάνω να είναι σε λειτουργία running mode**. Έλεγχος με δεξί κλικ.

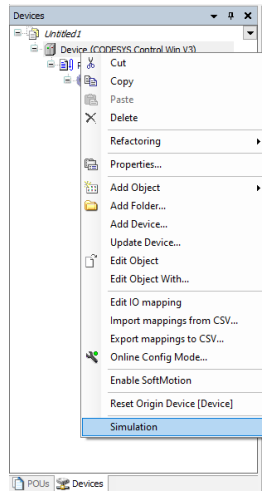


Εικόνα 2.5.5 [1] tray icon



Εικόνα 2.5.5 [2] Εκκίνηση του CODESYS V3.5

Έπειτα γίνεται **εκκίνηση του CODESYS V3.5**, όπου ξεκινά το περιβάλλον ανάπτυξης και δημιουργείται ένα νέο έργο τύπου (**File → New Project**) **Standard Project** όπου γίνεται ορισμός ονόματος για το εκάστοτε έργο και οριστικοποίηση του. Στο παράθυρο του διαλόγου, επιλέγεται **CODESYS Control V3**, για έναν **εξομοιωτή που τρέχει σε υπολογιστή για δοκιμές**, αντί για φυσικό PLC. Έπειτα δημιουργείται η **κύρια λογική της εφαρμογής (POU)**, η οποία γράφεται στη **γλώσσα Structured Text (ST)**, που είναι δημοφιλής στα PLC. Στο παράθυρο **Devices (αριστερό παράθυρο)**, κάντε **δεξί κλικ** στο **“Device (CODESYS Control Win V3)”** και έπειτα **αριστερό κλικ** στο **“Simulation”** ώστε να εμφανιστεί ένα **τικ** πάνω του.



Εικόνα 2.5.5 [3] Ενεργοποίηση του Simulation

Έπειτα κάντε δεξί κλικ στο **“Application”**, πηγαίνετε στο **Add Object** και επιλέξτε **POU**. Ονομάστε το **“POU_main_program”** και επιλέξτε **Structured Text** ως τη γλώσσα προγραμματισμού. Κάντε διπλό κλικ στο **POU_main_program** (στο κάτω παράθυρο) και έπειτα **επικολλήστε τον κώδικα**. Ο κώδικας που προστίθεται ελέγχει έναν **εικονικό διακόπτη (Switch)** για να **αλλάζει η φωτεινότητα (LightBrightness)**.

Ο παρακάτω κώδικας αναπτύχθηκε για τον **έλεγχο της φωτεινότητας μιας λάμπας (Lamp)** μέσω ενός **διακόπτη (Dip Switch)** και ενός **ροοστάτη (Slider)** χρησιμοποιώντας τη γλώσσα **Structured Text (ST)**. Το πρόγραμμα αξιοποιεί **μεταβλητές** που επιτρέπουν τον **δυναμικό έλεγχο** της κατάστασης και της **έντασης του φωτός** και αποτελείται από **δύο βασικά τμήματα**: τη **λίστα παγκόσμιων μεταβλητών (GVL)** και το **κύριο πρόγραμμα εκτέλεσης**.

Το **κύριο πρόγραμμα** είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού **ST** για **PLC** και περιλαμβάνει τη λογική που καθορίζει την ένταση του φωτισμού. Υλοποιείται λοιπόν, έλεγχος της φωτεινότητας μιας λάμπας μέσω ενός **διακόπτη**. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται σε **ενεργή κατάσταση (ON)**, η τιμή του **Ροοστάτη (Slider)** χρησιμοποιείται για να ελέγξει τη **φωτεινότητα της λάμπας**. Συγκεκριμένα, η **τιμή του ροοστάτη αντιστοιχίζεται στην ένταση της φωτεινότητας** και ενημερώνει την τιμή εξόδου που συνδέεται με τη λάμπα. Έτσι, η φωτεινότητα αυξομειώνεται δυναμικά ανάλογα με τη θέση του Slider. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται σε **ανενεργή κατάσταση (OFF)**, η φωτεινότητα μηδενίζεται και η λάμπα σβήνει.

Με βάση την παραπάνω λογική, η ένταση της φωτεινότητας μπορεί να προσαρμοστεί σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας τόσο τον **πλήρη έλεγχο της κατάστασης της λάμπας (Lamp)** όσο και την **αυξομείωση της φωτεινότητάς της μέσω του ροοστάτη (Slider)**. Ο συνδυασμός του **διακόπτη (Dip**

Switch) και του **ροοστάτη (Slider)** επιτρέπει την απλή και αποδοτική **προσομοίωση** ενός πραγματικού συστήματος ελέγχου φωτισμού. Επιπλέον, η μεταβλητή εξόδου μπορεί να συνδεθεί με γραφικά αντικείμενα, όπως bar displays ή δυναμικές λάμπες στην οπτικοποίηση του CODESYS, προκειμένου να αποτυπώνεται οπτικά το επίπεδο φωτεινότητας ανάλογα με την κατάσταση του συστήματος.

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
END_VAR
```

```
IF Switch THEN
    // Όταν ο διακόπτης είναι ενεργοποιημένος, ο ροοστάτης καθορίζει την ένταση της λάμπας
    LightBrightness := 100; // Εδώ ρυθμίζουμε την φωτεινότητα ανάλογα με την θέση του ροοστάτη
    LightOutput := LightBrightness; // Αντιστοιχούμε την τιμή του ροοστάτη στην ένταση της λάμπας
ELSE
    // Όταν ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος, η φωτεινότητα είναι 0 και η λάμπα σβήνει
    LightBrightness := 0; // Δεν υπάρχει φωτεινότητα όταν ο διακόπτης είναι σβηστός
    LightOutput := 0; // Σβηστή η λάμπα
END_IF;
```

Ο **διακόπτης** ελέγχεται από τη λογική μεταβλητή **Switch**, ενώ η **φωτεινότητα της λάμπας** καθορίζεται από τις μεταβλητές **LightBrightness** και **LightOutput**. Το πρόγραμμα ξεκινά με τον ορισμό του μπλοκ **RPROGRAM PLC_PRG**, το οποίο περιλαμβάνει τη λογική λειτουργία του συστήματος. Το μπλοκ **VAR** χρησιμοποιείται για να **δηλωθούν τοπικές μεταβλητές του προγράμματος**. Σε αυτή τη περίπτωση, δεν υπάρχουν τοπικές μεταβλητές, οπότε το μπλοκ είναι **κενό**. Όλες οι απαιτούμενες μεταβλητές (**Switch**, **LightBrightness**, **LightOutput**) θεωρούνται παγκόσμιες μεταβλητές και είναι δηλωμένες στο **GVL**. Στο πρόγραμμα γίνεται **έλεγχος της κατάστασης του διακόπτη μέσω της εντολής IF Switch THEN**. Όταν η μεταβλητή **Switch** είναι **TRUE**, δηλαδή ο **διακόπτης είναι ενεργοποιημένος**, η **φωτεινότητα της λάμπας** καθορίζεται από τη τιμή **100**, η οποία αντιπροσωπεύει τη **μέγιστη ένταση φωτός**. Η τιμή αυτή ανατίθεται στη **μεταβλητή LightBrightness**, η οποία με τη σειρά της αντιστοιχίζεται στη μεταβλητή **LightOutput**, που **ελέγχει τη τιμή εξόδου προς τη λάμπα**. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η λάμπα να ανάβει με πλήρη φωτεινότητα.

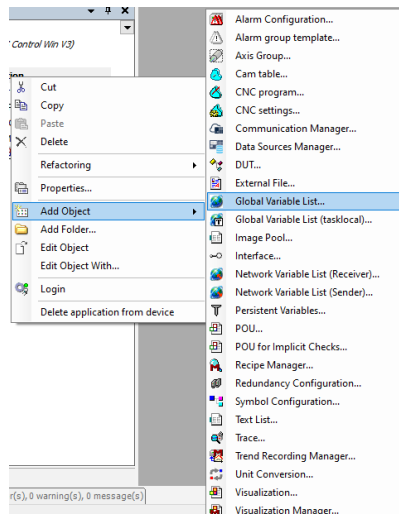
Σε αντίθετη περίπτωση, όταν η μεταβλητή **Switch** είναι **FALSE**, δηλαδή ο **διακόπτης είναι απενεργοποιημένος**, εκτελείται το **μπλοκ ELSE**. Σε αυτή την περίπτωση, η μεταβλητή **LightBrightness** ορίζεται στη τιμή **0**, που αντιστοιχεί σε **μηδενική φωτεινότητα**. Ταυτόχρονα, η μεταβλητή **LightOutput**

ορίζεται επίσης στο **0**, με αποτέλεσμα η λάμπα να **σβήνει πλήρως**. Το μπλοκ ολοκληρώνεται με την εντολή **END_IF**, η οποία σηματοδοτεί το τέλος της δομής ελέγχους.

Ο κώδικας ελέγχει την κατάσταση του διακόπτη Switch και προσαρμόζει τη φωτεινότητα της λάμπας. Αν ο διακόπτης είναι ενεργός, η φωτεινότητα ορίζεται σε 100 και η λάμπα ανάβει με πλήρη ένταση. Αν ο διακόπτης είναι ανενεργός, η φωτεινότητα και η έξοδος μηδενίζονται με αποτέλεσμα η λάμπα να σβήνει. Η παραπάνω **λογική** είναι **απλή και λειτουργική**, ωστόσο μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να χρησιμοποιεί τη μεταβλητή του ροοστάτη (Slider) για αυξομείωση της φωτεινότητας αντί να ορίζεται πάντα στο 100 όταν ο διακόπτης είναι ενεργοποιημένος.

Εν συνεχεία δημιουργείται μια **λίστα παγκόσμιων μεταβλητών** όπου ορίζονται οι καθολικές μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν. Κάντε δεξί κλικ στο Application, πηγαίνετε στο ADD Object και επιλέξτε Global Variables List, ονομάστε το GVL κάντε διπλό κλικ και επικολλήστε τον κώδικα. Οι μεταβλητές περιλαμβάνουν:

- **Switch:** (τύπος: BOOL) Χρησιμοποιείται για να ελέγξει την **κατάσταση του διακόπτη**. Αν είναι **TRUE**, ο διακόπτης είναι ενεργοποιημένος. Αν είναι **FALSE**, ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος.
- **LightBrightness:** (τύπος: INT) Καθορίζει το επίπεδο **φωτεινότητας** της λάμπας. Η τιμή κυμαίνεται από **0** (καμία φωτεινότητα) έως **100** (μέγιστη φωτεινότητα).
- **LightOutput:** (τύπος: INT) Αντιπροσωπεύει την **έξοδο** που καθορίζει τη φωτεινότητα της λάμπας. Η τιμή της **συνδέεται άμεσα με τη LightBrightness** και χρησιμοποιείται για να ρυθμιστεί το φως.
- **SliderValue:** (τύπος: INT) Καθορίζει τη **θέση του Slider**, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον χειροκίνητο έλεγχο της φωτεινότητας. Η τιμή κυμαίνεται από 0 έως 100 και μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τη θέση του Slider.



Εικόνα 2.5.5 [4] Προσθήκη νέων στοιχείων ή αντικειμένων στην ιεραρχία του έργου Device
Tree Προσθήκη Global Variables

Στη **λίστα παγκόσμιων μεταβλητών (GVL)**, δηλώνονται οι απαραίτητες μεταβλητές για τον έλεγχο της λειτουργίας. Ο **διακόπτης (Switch)**, που είναι μια **λογική μεταβλητή (BOOL)**, καθορίζει αν η **λάμπα** θα είναι **αναμμένη ή σβηστή**, όπου **FALSE** σημαίνει ότι ο διακόπτης είναι **κλειστός** και αντιστοίχως όταν η τιμή της είναι **TRUE**, ο διακόπτης θεωρείται **ενεργοποιημένος**. Η **φωτεινότητα (LightBrightness)** της **λάμπας** εκφράζεται ως **ακέραιος αριθμός (INT)** με εύρος τιμών **από 0 έως 100**, ενώ η **τελική έξοδος**, που καθορίζει την **ένταση της φωτεινότητας**, αποθηκεύεται σε μια ξεχωριστή μεταβλητή. Επιπλέον, η τιμή **του Slider**, δηλαδή του **ροοστάτη** που χρησιμοποιείται για τη **ρύθμιση της φωτεινότητας**, καταχωρείται επίσης σε μία μεταβλητή με το ίδιο **εύρος τιμών (0-100)**, , όπου το 0 σημαίνει ότι η λάμπα είναι σβηστή και το 100 αντιπροσωπεύει την πλήρη φωτεινότητα. Αυτή η μεταβλητή ελέγχει το επίπεδο φωτεινότητας του φωτός, επιτρέποντας τη ρύθμιση της έντασης.

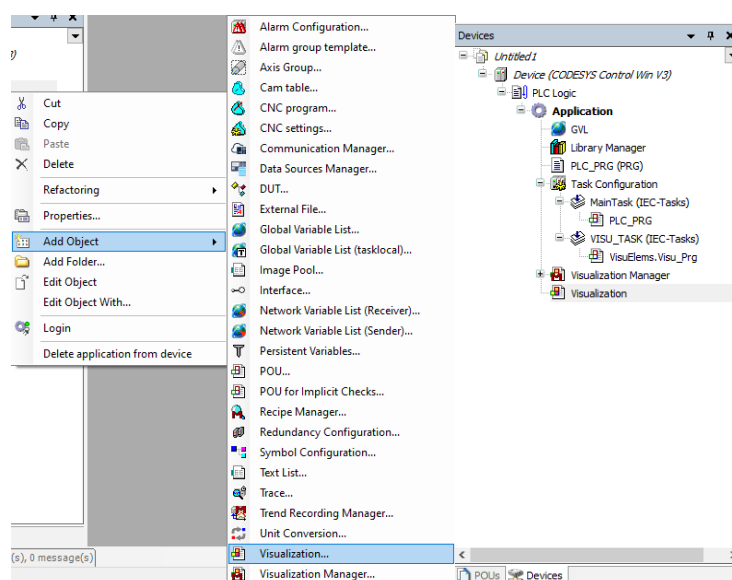
```
VAR_GLOBAL
    Switch : BOOL := FALSE; // Ελέγχει αν το φως είναι αναμμένο ή σβηστό
    LightBrightness : INT := 0; // Επίπεδο φωτεινότητας του φωτός (0 έως 100)
    LightOutput : INT := 0; // Τιμή εξόδου της λάμπας
    SliderValue : INT := 0; // Τιμή Slider (0-100)
END_VAR
```

Το **GVL (Global Variable List)** είναι ένα εργαλείο στον προγραμματισμό PLC και ειδικότερα στο περιβάλλον ανάπτυξης όπως το CODESYS, που χρησιμοποιείται για τη **διαχείριση των παγκόσμιων μεταβλητών**. Οι μεταβλητές που δηλώνονται σε ένα GVL είναι προσβάσιμες από οποιοδήποτε πρόγραμμα ή λειτουργικό μπλοκ μέσα στο πρόγραμμα. Αυτό είναι χρήσιμο για δεδομένα που

χρειάζονται κοινή πρόσβαση. Το GVL παρέχει έναν δομημένο τρόπο για την οργάνωση των παγκόσμιων μεταβλητών και την κατηγοριοποίηση για την ευκολότερη κατανόηση και διαχείριση. Η χρήση τους μπορεί να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του προγράμματος.

Η σύνταξη του GVL ορίζεται με το **VAR_GLOBAL** που ορίζει την έναρξη της λίστας παγκόσμιων μεταβλητών και το **END_VAR** που ορίζει το τέλος της λίστας.

Ακόμη δημιουργείται ένα γραφικό περιβάλλον για την αλληλεπίδραση με τις μεταβλητές. Κάντε **δεξί κλικ** στο **Application** στο **Device Tree** και επιλέξτε **Add Object** → **Visualization**, ονομάστε το **LightControlVis** κάντε **αριστερό κλικ** στο **LightControlVis** και μεταβείτε στο **Visualization toolbox** στο δεξί παράθυρο.



Εικόνα 2.5.5 [5] Προσθήκη νέων στοιχείων ή αντικειμένων στην ιεραρχία του έργου Device Tree

Προσθήκη Οπτικοποίησης

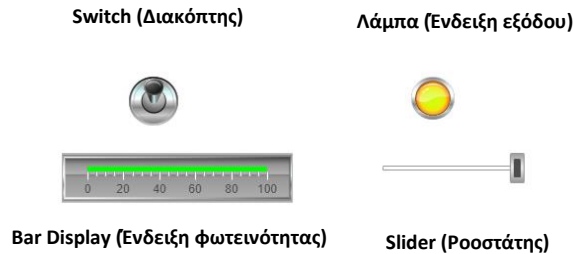
Στην οπτικοποίηση (Visualization) προστίθενται αρχικά ένας **εικονικός διακόπτης** για την **εναλλαγή κατάστασης του Switch**, μια **μπάρα (Bar Display)** που δείχνει το **επίπεδο φωτεινότητας** βάσει της τιμής του **LightBrightness**, ένας **Slider** που αντιστοιχίζεται στη μεταβλητή **SliderValue** και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μεταβλητής **LightBrightness**, που καθορίζει τη **φωτεινότητα** και τέλος η **λάμπα** που αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα της **φωτεινότητας στην έξοδο**. Πηγαίνετε στο **Lamps/switches/bitmaps** και σύρετε στο κύριο παράθυρο έναν **“dip switch”**, κάνετε **διπλό κλικ** στο **dip switch** και σέρνουμε στο κύριο παράθυρο ένα **Lamp**. Στις **Properties** και στις 2 περιπτώσεις

(αριστερό παράθυρο) στο πεδίο **Variable**, γράψτε **“Switch”**. Επιστρέψτε στο **Visualization toolbox**, πηγαίnete στο **“measurements controls”** και σύρετε στο κύριο παράθυρο ένα **“bar display”**. Ομοίως στο **Visualization toolbox** μεταβείτε στο **“Common Controls”** και επιλέξτε το **Slider**. Κάντε λοιπόν κλικ πάνω στο bar display και στο slider και στις **Properties** στο πεδίο **Variable** γράψτε **“LightBrightness”** και επιλέξτε στο **Scale start** → **0** και **Scale end** → **100**.

Το συνδυασμένο αυτό γραφικό περιβάλλον επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει εύκολα το σύστημα και να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τη λειτουργία των μεταβλητών που σχετίζονται με τον φωτισμό.



Εικόνα 2.5.5 [6] Visualization γραφική απεικόνιση που ελέγχει τη λειτουργία μιας λάμπας και την ένταση του φωτισμού της μέσω των μεταβλητών ενός προγράμματος σε CODESYS



Εικόνα 2.5.5 [7] Visualization με επεξηγήσεις μεταβλητών για κάθε *type of element*

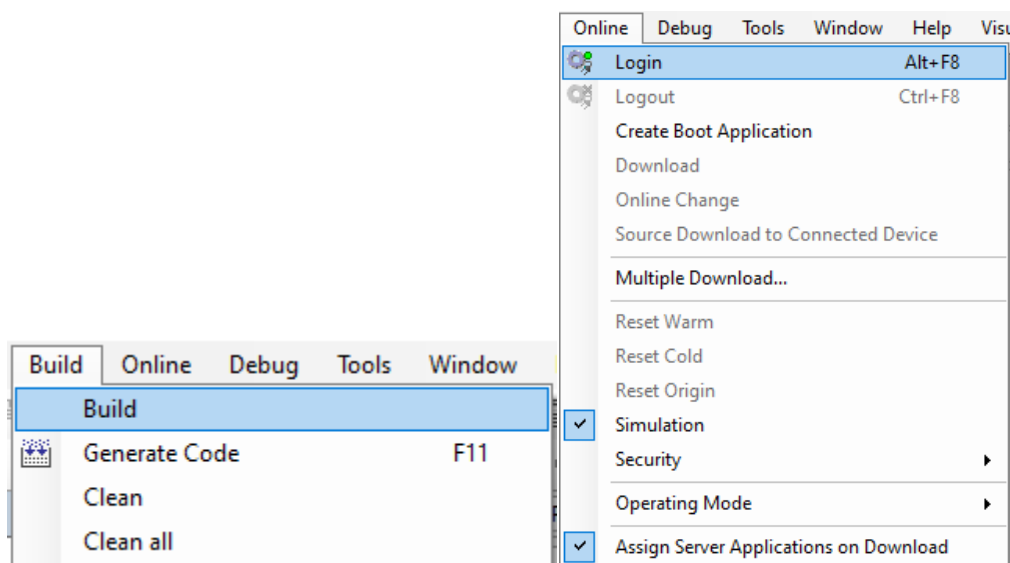
Στο CODESYS, κάνετε **drag and drop** το **POU** (Program Organization Unit) στο Task Configuration, προσδιορίζετε πώς και πότε θα εκτελείται το πρόγραμμα στον ελεγκτή (PLC). Στο παράθυρο του Task Configuration, υπάρχουν 2 φάκελοι: ο **Main Task (κύριο task)** και **VISU_Task (δευτερεύων ή επιπλέον task)**. Το POU σύρεται και τοποθετείται (drag and drop) και στους δύο φακέλους:

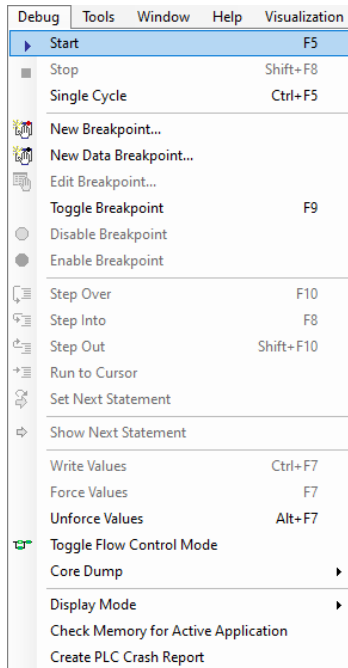
- Τοποθέτηση στον **Main Task** σημαίνει ότι το πρόγραμμα θα εκτελείται κατά κύριο λόγο σε αυτό το task. Είναι το κύριο σημείο εκτέλεσης του προγράμματος.
- Τοποθέτηση στον **Secondary Task** επιτρέπει την εκτέλεση του προγράμματος και σε δευτερεύοντα task, που μπορεί να εκτελείται με διαφορετική συχνότητα ή προτεραιότητα.

Το **Task Configuration** είναι υπεύθυνο για τη **διαχείριση της εκτέλεσης των προγραμμάτων**. Καθορίζει **πότε και με ποια σειρά** θα εκτελείται το POU. Με το **drag and drop** στους δύο φακέλους, εξασφαλίζεται ότι το POU είναι διαθέσιμο και εκτελείται με βάση τις απαιτήσεις του συστήματος. Τοποθετώντας έτσι το POU **σε δύο φακέλους** εξασφαλίζοντας **αξιοπιστία και εφεδρεία στην εκτέλεση**. Το **κύριο task** μπορεί να τρέχει το πρόγραμμα **με υψηλή προτεραιότητα**, ενώ το **δευτερεύον task** μπορεί να διαχειρίζεται **λιγότερο κρίσιμες λειτουργίες ή πρόσθετες εργασίες**. Με αυτή τη διαδικασία, το **CODESYS** εξασφαλίζει την **οργανωμένη εκτέλεση** του προγράμματος με **βέλτιστη απόδοση και ευελιξία**.

Αποθηκεύεται εν συνεχεία το έργο (**Ctrl + S**) και κάνουμε **Build (Ctrl + B)**. Η εντολή **Build** **ελέγχει** και **μεταγλωττίζει** τον κώδικα που έχετε γράψει. Είναι μια διαδικασία κατά την οποία το **πρόγραμμα μετατρέπεται σε κώδικα** που μπορεί να κατανοήσει και να εκτελέσει ο ελεγκτής (PLC). Κατά τη

διάρκεια του **Build**, το σύστημα ελέγχει για συντακτικά και λογικά λάθη στον κώδικα. Αν ο κώδικας είναι σωστός, μεταγλωττίζεται σε εκτελέσιμο κώδικα και είναι έτοιμος να φορτωθεί στον ελεγκτή. Έπειτα μεταβαίνουμε στο **Online** → **Login**, όπου η εντολή Online συνδέει το CODESYS με τον ελεγκτή (PLC). Όταν βρίσκετε Online, μπορείτε να δείτε τις τρέχουσες τιμές των μεταβλητών και να παρακολουθήσετε τη συμπεριφορά του προγράμματος σε πραγματικό χρόνο. Κάντε κλικ **Debug** → **Start** ή πατήστε **F5** για την εκτέλεση του προγράμματος στον ελεγκτή. Το πρόγραμμα αρχίζει να τρέχει είτε στον προσομοιωτή είτε στον φυσικό ελεγκτή. Κατά την εκτέλεση, μπορείτε να παρακολουθήσετε τις τιμές των μεταβλητών και να ελέγξετε τη συμπεριφορά του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Μετά το Build και το Login, πατώντας Start, μπορείτε να δείτε τον έλεγχο της λάμπας και τη λειτουργία του διακόπτη στο γραφικό περιβάλλον Visualization. Αυτές οι εντολές είναι **θεμελιώδεις** για τον **προγραμματισμό**, τη **δοκιμή** και την **επίλυση σφαλμάτων** σε ένα έργο CODESYS.





Εικόνα 2.5.5 [8] Build: Μεταγλώττιση και έλεγχος του κώδικα, **Online:** Σύνδεση με τον ελεγκτή ή τον προσομοιωτή, **Start:** Εκτέλεση του προγράμματος και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο

2.5.6 Βασική επίδειξη εφαρμογής έξυπνου φωτισμού

Ο παρακάτω κώδικας παρέχει έναν έλεγχο φωτισμού που περιλαμβάνει:

1. Διακόπτη ON/OFF (Switch):

- Χρησιμοποιείται για να **ενεργοποιεί (TRUE)** ή να **απενεργοποιεί (FALSE)** το φως
- Όταν ο **διακόπτης** είναι **OFF**, το φως σβήνει ανεξάρτητα από τη τιμή του slider (η μεταβλητή **LightOutput** γίνεται 0)
- Αν ο διακόπτης **Switch** είναι **TRUE (ON)**, τότε η μεταβλητή **LightOutput** παίρνει τη τιμή του **slider LightBrightness**, δηλαδή την ένταση του φωτισμού.

2. Ρύθμιση φωτεινότητας (LightBrightness):

Χρησιμοποιεί ένα slider για να ρυθμίσει την ένταση του φωτός από 0 έως 100.

3. Αλλαγή χρώματος φωτός (LampColor):

Ορίζεται μια μεταβλητή **LampColor**, η οποία καθορίζει ποια λάμπα είναι ενεργή (ή ποιο “χρώμα” εμφανίζεται) ανάλογα με την τιμή της έντασης φωτός

- Ανάλογα με τη τιμή του φωτισμού, επιλέγεται ένα από τα παρακάτω:
 - **LightOutput=0: LampColor:=0:** Όλες οι λάμπες είναι σβηστές

- **Καφέ φως** (χαμηλή ένταση: 1-30) LightOutput<=30: LampColor :=1:
Ενεργοποιείται η καφέ λάμπα
- **Κόκκινο φως** (μεσαία ένταση: 31-70) LightOutput <=70: LampColor :=2:
Ενεργοποιείται η κόκκινη λάμπα
- **Μπλε φως** (υψηλή ένταση: 71-100) LightOutput > 70: LampColor := 3:
Ενεργοποιείται η μπλε λάμπα
- Όταν η ένταση είναι 0, όλες οι λάμπες σβήνουν.

```
VAR_GLOBAL
    LightBrightness : INT := 0; // Slider value (0-100)
    LightOutput : INT := 0;    // Simulated light intensity
    Switch : BOOL := FALSE;    // Switch ON/OFF control
    LampColor : INT := 0;      // Μεταβλητή για το χρώμα των λαμπτήρων
END_VAR
```

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
END_VAR
```

```
// Program Logic
IF Switch = TRUE THEN
    LightOutput := LightBrightness; // Set light output based on slider value
ELSE
    LightOutput := 0;                // Light OFF
END_IF

// Λογική για τα thresholds του χρώματος
IF LightOutput = 0 THEN
    LampColor := 0;                  // Όλες οι λάμπες OFF
ELSIF LightOutput <= 30 THEN
    LampColor := 1;                  // Καφέ λάμπα ON
ELSIF LightOutput <= 70 THEN
    LampColor := 2;                  // Κόκκινη λάμπα ON
ELSE
    LampColor := 3;                  // Μπλε λάμπα ON
END_IF
```

Το visualization δημιουργεί μια οπτική αναπαράσταση του φωτισμού, ώστε να είναι κατανοητή η λειτουργία του συστήματος.

1. Διακόπτης ON/OFF: Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί το φως

2. *Slider*:

- Χρησιμοποιείται για την προσαρμογή της φωτεινότητας
- Η τιμή που επιλέγεται με το slider μεταφέρεται στη μεταβλητή LightBrightness.

3. *Καφέ, κόκκινη και μπλε λάμπα* εμφανίζονται ή εξαφανίζονται ανάλογα με τη συνθήκη της έντασης

- Οι συνθήκες στις επιλογές Invisible είναι:
 - Καφέ λάμπα: $\text{LightOutput} \leq 0$ OR $\text{LightOutput} > 30$
 - Κόκκινη λάμπα: $\text{LightOutput} \leq 30$ OR $\text{LightOutput} > 70$
 - Μπλε λάμπα: $\text{LightOutput} \leq 70$
- Έτσι, μόνο μία λάμπα εμφανίζεται κάθε φορά

Προσφέρεται ένας δυναμικός έλεγχος φωτισμού, όπου ο **χρήστης** μπορεί να **ενεργοποιήσει** ή να **απενεργοποιήσει** το φως με έναν διακόπτη. Η **ένταση του φωτός** μπορεί να **ρυθμιστεί** χρησιμοποιώντας ένα slider και το **χρώμα του φωτός** **αλλάζει δυναμικά**, ανάλογα με την ένταση, προσφέροντας οπτική ανατροφοδότηση στο χρήστη.

Αυτός ο κώδικας και το visualization μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

1. **Διαδραστικό έλεγχο φωτισμού:** Παρουσιάζοντας πως ελέγχουμε το φως σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα το **slider** δείχνει τη **ρύθμιση φωτεινότητας** και οι **λάμπες** παρέχουν άμεση **οπτική ανατροφοδότηση**.
2. **Προσαρμογή για ρεαλιστικά συστήματα:** Ο κώδικας μπορεί να οδηγήσει πραγματικά LED ή λαμπτήρες που αντιπροσωπεύουν ένταση ή χρώμα φωτός.

Στο πλαίσιο ενός βιώσιμου έξυπνου σπιτιού, το πρόγραμμα αυτό μπορεί να προσφέρει:

1. *Ρύθμιση έντασης φωτισμού:*

- **Μείωση κατανάλωσης ενέργειας:** Η δυνατότητα **ρύθμισης της φωτεινότητας** (dimming) μειώνει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας.
- **Ευελιξία:** Προσαρμόζεται η **ένταση ανάλογα με τις ανάγκες** (π.χ. χαμηλός φωτισμός το βράδυ, υψηλός φωτισμός για εργασία) και η απενεργοποίηση του φωτός (Switch = OFF) εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει άσκοπη χρήση.

2. *Οπτική ενημέρωση:* Η αλλαγή χρώματος φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Σήμανση κατάστασης:
 - ✓ Χαμηλός φωτισμός → χαλάρωση

✓ Υψηλός φωτισμός → εργασία

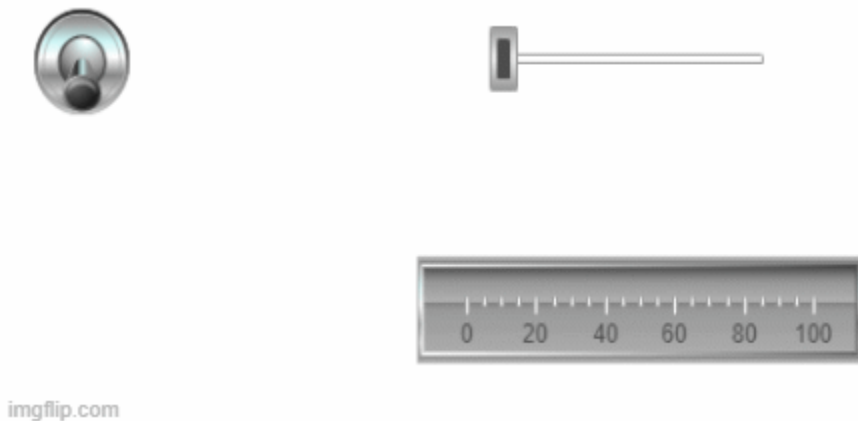
- **Διακοσμητικό φωτισμό:** επιλογή διαφορετικών χρωμάτων για ατμόσφαιρα

3. **Ενσωμάτωση με συστήματα αυτοματισμού:** Ο κώδικας μπορεί να επεκταθεί ώστε να ελέγχεται από αισθητήρες:

- **Ανίχνευση παρουσίας:** Ενεργοποίηση φωτισμού όταν ανιχνεύεται παρουσία στο δωμάτιο
- **Φωτοαισθητήρες:** Ρύθμιση φωτεινότητας ανάλογα με το φυσικό φως

4. **Αναπαράσταση σε HMI (Human-Machine Interface):** Το visualization είναι κατάλληλο για χρήση σε οθόνη αφής ενός HMI, επιτρέποντας στους χρήστες να **ελεγχθούν το φωτισμό χειροκίνητα**.

5. **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Ο διακόπτης **OFF** εξασφαλίζει ότι ο φωτισμός δεν παραμένει ενεργός όταν δεν χρειάζεται, μειώνοντας την κατανάλωση.



Εικόνα 2.5.6 Visualization που υλοποιήθηκε βάσει του κώδικα και η αλλαγή της κατάστασης των λαμπών με βάση την ένταση που έχει οριστεί στο slider

2.5.7 Εναλλαγή της έντασης του φωτισμού μέσω της χρήσης ροοστάτη

Ο παρακάτω κώδικας ελέγχει τη λειτουργία του φωτισμού με βάση τη θέση του διακόπτη. Συγκεκριμένα η λειτουργία του **διακόπτη (Switch)** περιλαμβάνει **2 καταστάσεις**: Όταν ο **διακόπτης** είναι **ενεργοποιημένος (Switch=TRUE)**, όπου το πρόγραμμα ρυθμίζει το **LightOutput** στη τιμή του **LightBrightness**, δηλαδή η **ένταση** του φωτός είναι **ίση** με τη τιμή του **slider**. Όταν όμως ο **διακόπτης**

είναι **απενεργοποιημένος (Switch=FALSE)**, όπου το πρόγραμμα **μηδενίζει το LightOutput**, ανεξάρτητα από τη τιμή του slider, δηλαδή το **φως σβήνει τελείως**.

Επιτυγχάνεται λοιπόν με αυτό το τρόπο ο **έλεγχος της ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του φωτός**, όπου ο **διακόπτης (Switch)** **ελέγχει** αν το φως θα είναι **αναμμένο ή σβηστό** και η **ρύθμιση της έντασης του φωτισμού**, όπου όταν το **φως είναι αναμμένο**, το **slider** καθορίζει την **ένταση του φωτός (LightBrightness → LightOutput)**.

```
VAR_GLOBAL
    LightBrightness : INT := 0; // Slider value (0-100)
    LightOutput : INT := 0;    // Simulated light intensity
    Switch : BOOL := FALSE;    // Switch ON/OFF control
END_VAR
```

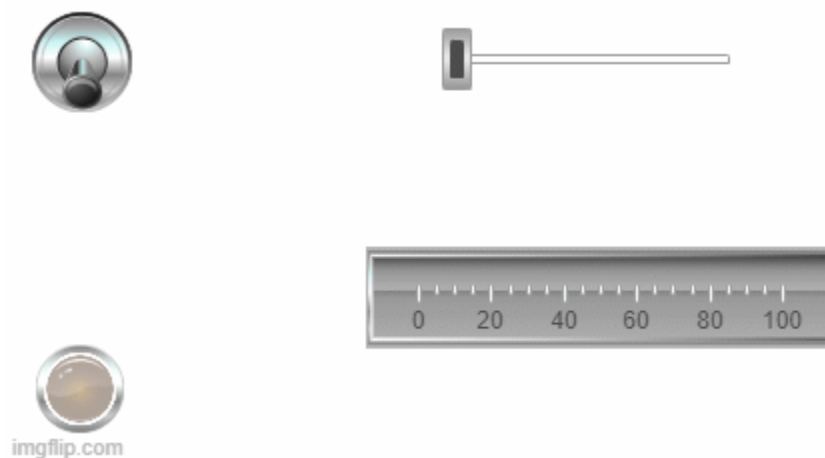
Αρχικά γίνεται ορισμός Global Variables (GVL). Είναι γνωστό ότι οι μεταβλητές που ορίζονται στην global area (GVL) είναι διαθέσιμες σε όλο το πρόγραμμα. Η **LightBrightness (INT)** αντιπροσωπεύει τη τιμή του slider, που κυμαίνεται από 0 έως 100. Χρησιμοποιείται έτσι για τη ρύθμιση της έντασης του φωτισμού και αρχικοποιείται με τη τιμή 0. Η **LightOutput (INT)** προσομοιώνει την ένταση του φωτός που πραγματικά παράγεται και αρχικοποιείται ομοίως με την τιμή 0. Η Switch (BOOL) αντιπροσωπεύει ένα διακόπτη ON/OFF που ελέγχει αν το φως είναι ενεργοποιημένο ή απενεργοποιημένο, είναι τύπου BOOL, με αρχική τιμή FALSE (δηλαδή OFF).

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
END_VAR
```

```
// Program Logic
IF Switch = TRUE THEN
    LightOutput := LightBrightness; // Set light output based on slider value
ELSE
    LightOutput := 0;               // Light OFF
END_IF
```

Ο κώδικας έχει εφαρμογές σε διάφορους τομείς. **Στα συστήματα ρύθμισης φωτισμού σε έξυπνα σπίτια**, ο **διακόπτης** μπορεί να προσομοιώσει έναν **φυσικό διακόπτη φωτισμού**, ενώ το **slider** χρησιμοποιείται για τη **ρύθμιση της έντασης του φωτός**, καθιστώντας το ιδανικό για **εφαρμογές smart**

dimming. Επίσης, μπορεί να ενσωματωθεί σε γραφική διεπαφή (visualization) στο **πλαίσιο προγραμματισμού HMI**, επιτρέποντας στον χρήστη να βλέπει και να ελέγχει τον φωτισμό. Τέλος, η λογική αυτή είναι **κατάλληλη για βιομηχανικά ή εκπαιδευτικά συστήματα**, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσομοιώσεις ή για εξάσκηση στον προγραμματισμό PLC.



Εικόνα 2.5.7 Έλεγχος Φωτισμού μέσω PLC: Διακόπτης ON/OFF και Ρυθμιστής Έντασης (Slider)

Η κινούμενη εικόνα απεικονίζει έναν διαδραστικό μηχανισμό ελέγχου φωτισμού που υλοποιείται μέσω προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιεί ή να απενεργοποιεί το φως μέσω ενός διακόπτη (Switch) και να ρυθμίζει την ένταση του φωτισμού με τη βοήθεια ενός ρυθμιστή (Slider). Όταν ο διακόπτης είναι στη θέση "ON", η ένταση του φωτός προσαρμόζεται ανάλογα με την τιμή που έχει οριστεί στο slider. Αν ο διακόπτης είναι στη θέση "OFF", ο φωτισμός σβήνει τελείως, ανεξάρτητα από την τιμή του slider. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος ενός έξυπνου σπιτιού, επιτρέποντας τον ακριβή και ευέλικτο έλεγχο του φωτισμού.

2.5.8 Σύστημα Παρακολούθησης Κλίσης Κολώνων για Ενίσχυση της Ασφάλειας Κτιρίων μέσω PLC

Η ασφάλεια των κτιρίων αποτελεί κρίσιμο ζήτημα στη σύγχρονη κατασκευαστική βιομηχανία, ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονη σεισμική δραστηριότητα. Σκοπός αυτής της τεχνικής έκθεσης είναι η παρουσίαση ενός συστήματος παρακολούθησης κλίσης κολώνων το οποίο βασίζεται στη χρήση PLC. Το σύστημα αυτό μπορεί να εντοπίσει σε πραγματικό χρόνο αποκλίσεις στις κλίσεις των κολώνων ενός κτιρίου, συμβάλλοντας στην άμεση διάγνωση πιθανών δομικών προβλημάτων.

Το προτεινόμενο σύστημα χρησιμοποιεί δύο κλισιόμετρα (αισθητήρες μέτρησης κλίσης), τα οποία τοποθετούνται σε δύο κολώνες. Ο κύριος σκοπός ενός αλφαδιού είναι να καθορίσει εάν μια επιφάνεια είναι οριζόντια (επίπεδη) ή κάθετη (κατακόρυφη), παρακολουθώντας τη θέση της φυσαλίδας μέσα σε ένα φιαλίδιο γεμάτο με υγρό. Τα αλφάδια μηχανής είναι όργανα υψηλής ακρίβειας που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση τη σωστής ευθυγράμμισης μηχανημάτων και εξοπλισμού. Μετρούν μικρές κλίσεις συνήθως σε χιλιοστά ανά μέτρο (mm/m). Τα τετράγωνα αλφάδια χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της καθετότητας των επιφανειών. Επιβεβαιώνουν ότι δύο επιφάνειες σχηματίζουν γωνία 90°. Τα **ψηφιακά αλφάδια** παρέχουν **ακριβείς μετρήσεις γωνιών και κλίσεων**, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα σε ψηφιακή οθόνη. Οι μετρήσεις γίνονται συνήθως σε **μοίρες (°)** ή **ποσοστό κλίσης (%)**. Διακρίνονται σε αλφάδια ακρίβειας “μηχανής”, αλφάδια μηχανής τετράγωνα, κλισιόμετρα, αλφάδια στρογγυλά, αλφάδια αλουμινίου, αλφάδια Laser. Τα **κλισιόμετρα**, ή αλλιώς **ψηφιακά αλφάδια** χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση κλίσης με ταχύτητα και ακρίβεια. Είναι μαγνητικά και διατίθενται σε ψηφιακά ή σε αναλογικά με βερνιέρο. Πλεονεκτούν από τα απλά αλφάδια φυσαλίδας στη ταχύτητα και ευκολία χρήσης. Επιπλέον διαθέτουν και εσωτερικό φωτισμό. [40] Οι αισθητήρες αυτοί καταγράφουν τις τιμές των κλίσεων σε μοίρες και παρέχουν δεδομένα σε έναν PLC. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί τις τιμές μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος (HMI). Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος περιλαμβάνουν την **παρακολούθηση της κλίσης κάθε κολώνας ανεξάρτητα, τον υπολογισμό της διαφοράς κλίσης μεταξύ των δύο κολώνων, ενεργοποίηση οπτικών σημάτων (φωτάκια) σε περιπτώσεις υπέρβασης των ορίων ασφαλείας - 0.2 μοίρες (20 δηλαδή στο display) - και συγκεκριμένα ενεργοποιείται κόκκινο λαμπάκι για τη πρώτη κολώνα, πράσινο λαμπάκι για τη δεύτερη κολώνα και μπλε λαμπάκι όταν η διαφορά κλίσης μεταξύ δύο κολώνων ξεπεράσει το όριο (0.2 μοίρες).**

Η λογική της υλοποίησης περιλαμβάνει την εισαγωγή των τιμών των κλισιομέτρων (**σε display**) εισάγονται στον PLC μέσω μεταβλητών **Column1_Tilt** και **Column2_Tilt**. Το display ή slider χρησιμοποιεί μια κλίμακα που μετράει τις πραγματικές μοίρες σε ακέραιες τιμές (π.χ., πολλαπλασιασμένες επί 100). Ο PLC συγκρίνει τις τιμές με το προκαθορισμένο όριο ασφαλείας (20 στο display). Αν ενεργοποιηθεί μία από τις συνθήκες ασφαλείας, το αντίστοιχο φωτάκι ανάβει. Όλες οι λογικές συνθήκες υλοποιούνται μέσω απών δομών IF, εξασφαλίζοντας την ακρίβεια και την ευκολία συντήρησης του συστήματος.

Global Variables (GVL):

```
VAR_GLOBAL
    Column1_Tilt : REAL := 0.0; // Κλίση πρώτης κολώνας (σε εκατοστά της μοίρας)
    Column2_Tilt : REAL := 0.0; // Κλίση δεύτερης κολώνας (σε εκατοστά της μοίρας)
    TiltDifference : REAL := 0.0; // Διαφορά κλίσης μεταξύ των δύο κολώνων
    RedLight : BOOL := FALSE; // Κόκκινο λαμπάκι
    GreenLight : BOOL := FALSE; // Πράσινο λαμπάκι
    BlueLight : BOOL := FALSE; // Μπλε λαμπάκι
END_VAR
```


όπου: **Column1_Tilt**: η κλίση της πρώτης κολώνας (σε εκατοστά της μοίρας)

Column2_Tilt: η κλίση της δεύτερης κολώνας (σε εκατοστά της μοίρας)

TiltDifference: η απόλυτη διαφορά μεταξύ των δύο κλίσεων

RedLight, GreenLight, BlueLight: Φωτεινές ενδείξεις για την κατάσταση της κολώνας και της διαφοράς κλίσης

PLC Program Logic:

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
    Threshold : REAL := 20.0;           // Όριο ασφαλείας σε εκατοστά της μοίρας(0.2 μοίρες)
END_VAR
```

```
TiltDifference := ABS(Column1_Tilt - Column2_Tilt);

// Έλεγχος για την πρώτη κολώνα
IF Column1_Tilt > Threshold THEN
    RedLight := TRUE;
ELSE
    RedLight := FALSE;
END_IF

// Έλεγχος για τη δεύτερη κολώνα
IF Column2_Tilt > Threshold THEN
    GreenLight := TRUE;
ELSE
    GreenLight := FALSE;
END_IF

// Έλεγχος διαφοράς κλίσης
IF TiltDifference > Threshold THEN
    BlueLight := TRUE;
ELSE
    BlueLight := FALSE;
END_IF
```

Ορίζεται ένα **όριο ασφαλείας (Threshold)**, το οποίο είναι **20 εκατοστά της μοίρας (0.2 μοίρες)**. Έπειτα υπολογίζεται η **διαφορά κλίσης** μεταξύ των **2 κολώνων**. Αν η κλίση της πρώτης ή της δεύτερης κολώνας ξεπεράσει το όριο, ενεργοποιούνται **αντίστοιχα** το κόκκινο και τα πράσινα φώτα. Αν η διαφορά κλίσης μεταξύ των δύο κολώνων ξεπεράσει το όριο ενεργοποιείται το μπλε φως.

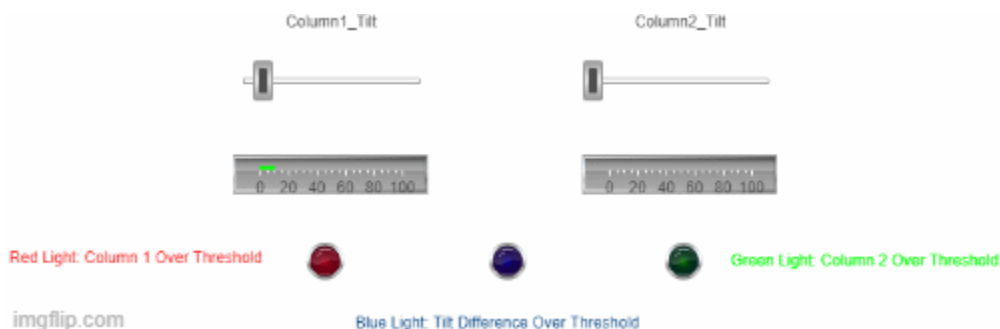
Το γραφικό περιβάλλον του συστήματος περιλαμβάνει **δύο sliders** που προσομοιώνουν τις τιμές των αισθητήρων κλίσης, **δύο bar displays** που απεικονίζουν τις κλίσεις των κολώνων και **τρία φωτάκια (κόκκινο, πράσινο, μπλε)** που λειτουργούν ως οπτικές ενδείξεις ασφάλειας.

Η διαδικασία για τη δημιουργία ενός **Visualization** στο **CODESYS**, για την ανάπτυξη μιας λειτουργικής εφαρμογής παρακολούθησης της ασφάλειας ενός κτιρίου, ενσωματώνοντας εύκολα τη λογική σε ένα σύστημα PLC.

Προσθήκη στοιχείων στο Visualization:

- ✓ **Προσθήκη των sliders:** Τα sliders αντιστοιχούν στις τιμές των κλισιομέτρων (**Column1_Tilt** και **Column2_Tilt**). Από το μενού **Visualization Toolbox** στην δεξιά πλευρά, επιλέγουμε το στοιχείο **Slider**. Έπειτα πραγματοποιείται κλικ πάνω στο slider και επιλέγουμε το **Properties** και ορίζουμε στο **Variable** το **Column1_Tilt** για το πρώτο slider. Τέλος, ρυθμίζουμε το εύρος **0.0 έως 100** καθώς δουλεύουμε σε εκατοστά της μοίρας και τέλος προσθέτουμε μια ετικέτα (label) πάνω από το slider με κείμενο "Column 1 Tilt". Επαναλαμβάνουμε τα ίδια βήματα για το δεύτερο slider, αλλά αυτό το συνδέουμε με τη μεταβλητή **Column2_Tilt** και βάζουμε την ετικέτα "Column2 Tilt".
- ✓ **Προσθήκη των Lamp Indicators:** Τα λαμπάκια (indicators) θα δείχνουν την κατάσταση των **RedLight**, **GreenLight** και **BlueLight**, όπου στην ιδιότητα **Image** επιλέγεται το **Red**, **Green** και **Blue** αντίστοιχα. Τέλος, γίνεται προσθήκη μιας ετικέτας (label) κάτω από κάθε lamp με τις αντίστοιχες ονομασίες: "**Red Light: Column 1 Over Threshold**", "**Green Light: Column 2 Over Threshold**", "**Blue Light: Tilt Difference Over Threshold**".
- ✓ **Προσθήκη των Bar Displays:** Τα Bar Displays θα δείχνουν τη τιμή της κλίσης σε πραγματικό χρόνο. Από το "Toolbox", βρίσκουμε το στοιχείο Bar Display, έπειτα κάνουμε κλικ πάνω στο στοιχείο και επιλέγουμε Properties. Συνδέουμε εν συνεχεία το Value με το **Column1_Tilt** για το πρώτο bar και ορίζουμε το εύρος τιμών **0.0 έως 100** καθώς δουλεύουμε σε εκατοστά της μοίρας. Επαναλαμβάνουμε τα ίδια βήματα για το δεύτερο bar και το συνδέουμε αντίστοιχα με το **Column2_Tilt**.

Τέλος, πραγματοποιούμε τη δοκιμή για να ελέγξουμε αν αυτή η γραφική διεπαφή που οπτικοποιεί τη λειτουργία της εφαρμογής. Συνδεόμαστε με τον ελεγκτή PLC πατώντας **Online > Login**, έπειτα εκτελούμε το πρόγραμμα πατώντας **Online > Run** και χρησιμοποιούμε τα sliders για να μεταβάλλουμε τις τιμές των κλισιομέτρων ώστε να ελέγξουμε αν οι λυχνίες αντιδρούν σωστά.



Εικόνα 2.5.8 Σύστημα παρακολούθησης κλίσης στηλών με χρήση ορίων και ενεργοποίηση ειδοποιήσεων

Αρχικά, όπως παρατηρούμε στο gif στην αρχική κατάσταση το slider της κολώνας 1 είναι σε μια τιμή κάτω του 20 εκατοστά της μοίρας όπως βλέπουμε στο bar display, ενώ το slider της δεύτερης κολώνας είναι στη χαμηλότερη τιμή μηδέν, για αυτό και **κανένα από τα φωτάκια δεν είναι αναμμένο**. Στην επόμενη κατάσταση παρατηρούμε ότι το slider της πρώτης κολώνας ανεβαίνει από τη τιμή 20 (κατώφλι), για αυτό και το κόκκινο φωτάκι ανάβει, δείχνοντας ότι η **Column1_Tilt** ξεπέρασε το όριο. Στην αμέσως επόμενη κατάσταση, το **slider ανεβαίνει πάνω από τη τιμή 20 (κατώφλι)**, το **πράσινο φωτάκι** ανάβει δείχνοντας ότι η **Column2_Tilt** ξεπέρασε το όριο. Όταν η **διαφορά των δύο τιμών (Column1_Tilt και Column2_Tilt)** υπερβαίνει το κατώφλι (20), το **μπλε φωτάκι** ανάβει. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει σημαντική ασυμμετρία στην κλίση μεταξύ των δύο στηλών.

Το προτεινόμενο σύστημα έχει ευρεία εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως την **ασφάλεια των κτιρίων** παρέχοντας έγκαιρη ειδοποίηση σε περιπτώσεις **δομικών προβλημάτων** που μπορεί να προκύψουν από **σεισμικές δονήσεις ή φθορά του κτιρίου**. Έπειτα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την ανέγερση ενός κτιρίου για τη διασφάλιση της σωστής ευθυγράμμισης των δομικών στοιχείων. Αλλά και για προληπτική συντήρηση ενσωματώνοντας σε έξυπνα κτίρια για τη συνεχή παρακολούθηση και τη διασφάλιση της δομικής ακεραιότητας.

Το **σύστημα παρακολούθησης κλίσης κολώνων** που αναπτύχθηκε με χρήση PLC αποτελεί ένα **εργαλείο υψηλής αξίας** για την **κατασκευαστική βιομηχανία**. Η ευελιξία, η αξιοπιστία και η δυνατότητα προσαρμογής του σε διαφορετικά σενάρια το καθιστούν ιδανικό για **εφαρμογές σε κτίρια κάθε είδους**. Η ενσωμάτωση τέτοιων τεχνολογιών σε έξυπνα κτίρια **ενισχύει την ασφάλεια, μειώνοντας παράλληλα το κόστος επιδιόρθωσης ζημιών**.

Οι περιπτώσεις σεισμικών δονήσεων αποτελούν ένα ιδιαίτερα σημαντικό πεδίο που μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη **βελτίωση της ασφάλειας** και της **λειτουργικότητας των κτιρίων**, επηρεάζοντας **ιδιαίτερα στις κολώνες**, που αποτελούν βασικά δομικά στοιχεία για τη σταθερότητα του οικοδομήματος.

Το σύστημα αυτό σε συνθήκες σεισμικών δονήσεων προσφέρει **έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων** ακόμα και μικρών. Αυτές οι αποκλίσεις, αν μείνουν αδιάγνωστες, μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική υποβάθμιση της δομικής ακεραιότητας του κτιρίου. Με τη χρήση PLC και αισθητήρων, η **παρακολούθηση είναι συνεχής και εξαιρετικά ακριβής**.

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, η ανίχνευση μεταβολών στην κλίση των κολώνων μπορεί να **ενεργοποιήσει αυτόματους μηχανισμούς ειδοποίησης ή ακόμα και έκτακτης εκκένωσης του κτιρίου**. Έτσι, μειώνεται ο κίνδυνος απώλειας ζωών σε περίπτωση δομικής αστοχίας. Έπειτα από μια σεισμική δόνηση, τα **δεδομένα που συλλέγονται από το σύστημα** μπορούν να αναλυθούν για να εντοπιστούν

οι κολώνες που υπέστησαν τις μεγαλύτερες πιέσεις ή αποκλίσεις. Αυτό βοηθά τις ομάδες επιθεώρησης να επικεντρωθούν στα σημεία του κτιρίου που χρειάζονται επισκευές ή περαιτέρω αξιολόγηση.

Σε πιο προηγμένα συστήματα, οι ενδείξεις από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενεργοποιήσουν αυτόματα μηχανισμούς ασφαλείας, όπως η διακοπή ρεύματος, η ενεργοποίηση αντικραδασμικών συστημάτων όπως οι σεισμικοί αποσβεστήρες, αλλά και η αποσύνδεση επικίνδυνων φορτίων, όπως οι ηλεκτρικές συσκευές, συστήματα αερίου.

Σε περιοχές με έντονη σεισμική δραστηριότητα, η συνεχής παρακολούθηση προσφέρει μια πληθώρα ωφελειών, όπως η συμβολή στον εντοπισμό προβλημάτων πριν εξελιχθούν σε μεγάλες καταστροφές. Οι πληροφορίες που παρέχονται από το σύστημα μπορούν να αξιοποιηθούν για την αναβάθμιση της ανθεκτικότητας των κτιρίων, μέσω βελτιωμένων δομικών σχεδιασμών ή στοχευμένων επεμβάσεων. Τα δεδομένα που συλλέγονται επίσης, μπορούν να διαμοιράζονται με φορείς πολιτικής προστασίας, ώστε να ληφθούν άμεσα μέτρα σε ευρύτερη κλίμακα. Ανιχνεύοντας λοιπόν τις μικρές αποκλίσεις, το σύστημα μειώνει έτσι το κόστος από μεγάλες επισκευές ή την ανάγκη πλήρους ανακατασκευής του κτιρίου, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του.

Για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα πρέπει να διαθέτει αισθητήρες υψηλής ευαισθησίας που μπορούν να ανιχνεύσουν και τις πιο μικρές αλλαγές, γρήγορη επεξεργασία δεδομένων ώστε να παρέχει ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο, αλλά και ανθεκτικά υλικά που αντέχουν στις σκληρές συνθήκες που μπορεί να προκύψουν από έναν σεισμό.

Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας μπορεί να αποδειχθεί σωτήρια σε κρίσιμες περιπτώσεις και να συμβάλλει στην προστασία ανθρώπινων ζωών και περιουσιών.

3. Τεχνολογίες ασφάλειας & πρόληψης κινδύνων για έξυπνες κατοικίες

Η ασφάλεια ενός σύγχρονου σπιτιού αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους παράγοντες στην καθημερινότητα των κατοίκων του. Απειλές όπως, πυρκαγιές, πλημμύρες εισβολές ή διαρροές αερίου, μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο όχι μόνο την περιουσία αλλά και την ανθρώπινη ζωή. Η ανάπτυξη τεχνολογικών λύσεων που ενσωματώνουν αισθητήρες και αυτοματισμούς, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες των PLC, επιτρέπει τη δημιουργία έξυπνων συστημάτων που παρακολουθούν, εντοπίζουν και ανταποκρίνονται άμεσα σε οποιονδήποτε κίνδυνο. Τα συστήματα αυτά δεν περιορίζονται μόνο στην πρόληψη και την ειδοποίηση, αλλά προσφέρουν επίσης δυνατότητες αυτόνομης παρέμβασης για τη μείωση των κινδύνων και τη διατήρηση της ασφάλειας στο σπίτι. Εν συνεχεία, περιγράφονται διάφορες εφαρμογές που μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά στην προστασία μια έξυπνης κατοικίας.

3.1 Συστήματα ανίχνευσης καπνού, θερμοκρασίας & μονοξειδίου του άνθρακα

Ένα σύστημα ανίχνευσης καπνού, θερμοκρασίας και μονοξειδίου άνθρακα αποτελεί ένα από τους πιο βασικούς πυλώνες για την ενίσχυση της ασφάλειας σε ένα έξυπνο σπίτι. Με την **χρήση αισθητήρων καπνού**, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε **οπτικού** είτε **ιονιστικού** τύπου, ανιχνεύεται άμεσα η παρουσία καπνού στο χώρο. Παράλληλα, οι **αισθητήρες θερμοκρασίας καταγράφουν** τις **συνθήκες** και ειδοποιούν όταν αυτές υπερβαίνουν ένα προκαθορισμένο όριο, όπως για παράδειγμα οι 60°C. Αυτά τα συστήματα εξασφαλίζουν την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών κινδύνων, προστατεύοντας ζωές και περιουσίες.

Η **Lumories** είναι μια κορυφαία εταιρεία ηλεκτρικού εμπορίου που εξειδικεύεται σε εξελιγμένους λαμπτήρες και φωτιστικά προϊόντα. Παράλληλα, παρέχει **προηγμένα συστήματα ανίχνευσης καπνού** που ενσωματώνονται σε έξυπνα σπίτια, προσφέροντας αυξημένη ασφάλεια. Η γκάμα της περιλαμβάνει λαμπτήρες, φωτιστικά, ανεμιστήρες, ηλιακά συστήματα και έξυπνα οικιακά προϊόντα. Στην κατηγορία των έξυπνων ανιχνευτών καπνού, η Lumories διαθέτει **συσκευές που ενσωματώνονται σε ένα έξυπνο σπίτι**, συμβάλλοντας στην προστασία του χώρου. Οι ανιχνευτές αυτοί τοποθετούνται στην **οροφή**, ιδανικά στο **κέντρο του δωματίου** και τουλάχιστον **50 cm μακριά από τους τοίχους**, καθώς όπως είναι γνωστό ο καπνός ανεβαίνει προς τα πάνω, για να επιτευχθεί βέλτιστη ανίχνευση καπνού. Σε περίπτωση ανίχνευσης καπνού, ενεργοποιούν συναγερμό και μπορούν να **στείλουν ειδοποιήσεις στους κατοίκους μέσω εφαρμογών**, συμβάλλοντας στην άμεση αντίδραση σε ενδεχόμενο κίνδυνο πυρκαγιάς. Σε περίπτωση ανίχνευσης, οι συσκευές αυτές ενεργοποιούν συναγερμό και αποστέλλουν ειδοποιήσεις στους κατοίκους μέσω εφαρμογών, διευκολύνοντας την άμεση αντίδραση σε ενδεχόμενο κίνδυνο πυρκαγιάς.[41]

Η σειρά συμβατικών πυρανιχνευτών προσφέρει ευελιξία και αξιοπιστία στο τομέα της ανίχνευσης και διακρίνονται σε δύο κύριους τύπους τους **οπτικούς (φωτοηλεκτρικούς)** και **ιονιστικούς**. Οι **ιονιστικοί ανιχνευτές καπνού** περιέχουν ένα θάλαμο με μικρή ποσότητα ραδιενεργού υλικού που ιονίζει τον αέρα, δημιουργώντας ροή ιόντων μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Όταν **ο καπνός εισέρχεται στο θάλαμο, δεσμεύει ιόντα, μειώνοντας τη ροή του ρεύματος και ενεργοποιώντας το συναγερμό**. Είναι πιο ευαίσθητοι σε καπνό από **γρήγορα καύσιμα υλικά**, όπως **χαρτί ή βενζίνη** και χρησιμοποιούνται για χώρους όπου απαιτείται **ταχύτατη απόκριση** του ανιχνευτή ενώ παράλληλα διασφαλίζεται η **καθαρότητα του περιβάλλοντος**. Από την άλλη, οι φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές καπνού χρησιμοποιούν μια δέσμη φωτός και έναν φωτοηλεκτρικό αισθητήρα. Όταν **ο καπνός εισέρχεται στο θάλαμο ανίχνευσης, διαχέει το φως**, προκαλώντας αλλαγή που **ανιχνεύεται από τον αισθητήρα, ενεργοποιώντας το συναγερμό**. Αυτοί οι ανιχνευτές είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην ανίχνευση καπνού από **αργά καύσιμα υλικά**, όπως **ξύλο ή ύφασμα**, ενώ εμφανίζουν μειωμένη πιθανότητα ψευδών συναγερμών.[42]

Το **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)** είναι ένα **άοσμο, άχρωμο και άγευστο** αέριο που παράγεται από την **καύση ορυκτών καυσίμων** όπως ο **άνθρακας**, το **πετρέλαιο**, το **φυσικό αέριο**, το **ξύλο** και το **προπάνιο**. Δεδομένου ότι δεν ανιχνεύεται από τις **ανθρώπινες αισθήσεις**, χαρακτηρίζεται ως **“σιωπηλός δολοφόνος”**. Η εισπνοή του επηρεάζει την **ικανότητα του σώματος να μεταφέρει οξυγόνο**, καθώς συνδέεται με την **αιμοσφαιρίνη στο αίμα**, σχηματίζοντας καρβοξυαιμοσφαιρίνη (**COHb**), η οποία μειώνει δραστικά την παροχή οξυγόνου στα κύτταρα. Οι συνέπειες ποικίλουν από ήπια συμπτώματα, όπως πονοκέφαλος, ζάλη και δύσπνοια, έως σοβαρές επιπτώσεις, όπως απώλεια συνείδησης, επιληπτικές κρίσεις ή θάνατος. Για αυτό, οι ανιχνευτές μονοξειδίου του άνθρακα είναι ζωτικής σημασίας.

Οι ηλεκτροχημικοί ανιχνευτές CO είναι πιο διαδεδομένοι, καθώς προσφέρουν ακρίβεια και ευαισθησία. Λειτουργούν μέσω μια χημικής αντίδρασης στον αισθητήρα που παράγει ηλεκτρικό ρεύμα ανάλογο με τη συγκέντρωση του CO στον αέρα. Εναλλακτικά, χρησιμοποιούνται **αισθητήρες ημιαγωγών οξειδίου μετάλλου (MOS)**, που ανιχνεύουν το CO μέσω αλλαγών στην ηλεκτρική αντίσταση. [43]

Οι **αισθητήρες μονοξειδίου του άνθρακα** τοποθετούνται σε **κρίσιμα σημεία**, όπως **κουζίνες ή δωμάτια με τζάκι**, για να καταγράφουν τη συγκέντρωση του επικίνδυνου αυτού αερίου. Σε περίπτωση **ανίχνευσης επικίνδυνων επιπέδων CO, καπνού ή υψηλής θερμοκρασίας**, ενεργοποιείται **συναγερμός**, είτε **ηχητικός** είτε **φωτεινός**, ενώ παράλληλα αποστέλλεται **ειδοποίηση στο κινητό τηλέφωνο του ιδιοκτήτη μέσω SMS ή εφαρμογής**. Επιπλέον, μπορεί να ενεργοποιηθεί **αυτόματα ένα σύστημα εξαερισμού ή να ανοίξουν τα παράθυρα** για τη μείωση του κινδύνου. Αυτή η λειτουργία προστατεύει την οικογένεια από **κινδύνους πυρκαγιάς ή δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα**.

Η χρήση συστημάτων ανίχνευσης καπνού, θερμοκρασίας και μονοξειδίου του άνθρακα αποτελεί κρίσιμο κομμάτι για την ενίσχυση της ασφάλειας ενός έξυπνου σπιτιού. Οι εξελιγμένες τεχνολογίες που ενσωματώνουν οι σύγχρονοι ανιχνευτές προσφέρουν όχι μόνο έγκαιρη ειδοποίηση αλλά και δυνατότητες άμεσης παρέμβασης, προστατεύοντας τόσο τους κατοίκους, όσο και τις υποδομές του σπιτιού. Σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα των έξυπνων εφαρμογών και την δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης, τα συστήματα αυτά καθίστανται απαραίτητα για κάθε σύγχρονη κατοικία.

3.2 Συστήματα ελέγχου πλημμύρας

Ένα άλλο σημαντικό σύστημα για την προστασία του σπιτιού είναι αυτό που σχετίζεται με την **ανίχνευση της πλημμύρας**. **Αισθητήρες υγρασίας ή ανίχνευσης νερού** τοποθετούνται σε **ευάλωτες περιοχές**, όπως **μπάνια, κουζίνες ή υπόγεια**. Αυτές οι αισθητήρες **ανιχνεύουν άμεσα** τη διαρροή νερού και **ειδοποιούν τον χρήστη μέσω συναγερμού και μηνύματος στο κινητό τηλέφωνο**. Παράλληλα, το σύστημα μπορεί να ενεργοποιήσει **αντλίες για την απομάκρυνση του νερού**, ενώ, αν

το πρόβλημα εντοπίζεται στην παροχή νερού, έχει τη δυνατότητα να **κλείσει αυτόματα τη ροή μέσω ηλεκτροβάνας**. Με το τρόπο αυτό, **αποφεύγονται σοβαρές ζημιές** στο σπίτι και **μειώνεται το κόστος επισκευών**.

Ένα παράδειγμα της εφαρμογής για την έξυπνη προστασία από διαρροές νερού αποτελεί η **εταιρεία GROHE**, η οποία έχει αναπτύξει προηγμένα συστήματα που συνδυάζουν τη τεχνολογία με την πρακτικότητα. Το **GROHE Sense** είναι ένας **έξυπνος αισθητήρας νερού** που **τοποθετείται σε ευάλωτα σημεία** του σπιτιού, όπως μπάνια, κουζίνες ή υπόγεια και ανιχνεύει διαρροές νερού ή αυξήσεις στην υγρασία. Σε περίπτωση που εντοπιστεί **πρόβλημα**, ο **αισθητήρας στέλνει ειδοποιήσεις στον χρήστη** μέσω εφαρμογής, επιτρέποντας την άμεση λήψη μέτρων για την αποτροπή των ζημιών.

Επιπλέον, το **GROHE Sense Guard προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση προστασίας**, καθώς μπορεί να **ανιχνεύσει** διαρροές σε **πραγματικό χρόνο** και αν κριθεί απαραίτητο να **διακόψει αυτόματα την παροχή νερού**. Αυτό το σύστημα λειτουργεί προληπτικά, προστατεύοντας τον χρήστη από μεγάλες ζημιές, όπως πλημμύρες που προκαλούνται από σπασμένους σωλήνες ή ανεξέλεγκτες διαρροές. Η **GROHE**, μέσα από τη τεχνολογία της, προσφέρει ευκολία, αξιοπιστία και ασφάλεια εξασφαλίζοντας ένα έξυπνο και προστατευμένο περιβάλλον για κάθε σπίτι. Τα συστήματα της εταιρείας αποτελούν ιδανική επιλογή για όσους επιθυμούν να διατηρούν τον έλεγχο του σπιτιού τους, μειώνοντας το κόστος των επισκευών και τον κίνδυνο καταστροφών. [44]

Ένα ακόμα παράδειγμα, αποτελεί η **εταιρεία HAM Systems**, η οποία προσφέρει τον **HAM BLE αισθητήρα πλημμύρας**, έναν Bluetooth αισθητήρα διαρροής νερού που επικοινωνεί με το cloud μέσω της συσκευής **HAM GPISense**. Αυτός ο αισθητήρας τοποθετείται εύκολα σε **περιοχές υψηλού κινδύνου**, όπως μπάνια ή κουζίνες και ειδοποιεί άμεσα το χρήστη στο **smartphone** του όταν εντοπίζονται διαρροές. Με διάρκεια ζωής μπαταρίας περίπου 2 ετών και αδιάβροχη προστασία IP65, εξασφαλίζει συνεχή παρακολούθηση του σπιτιού χωρίς ταλαιπωρία. [45]

Τα συστήματα ανίχνευσης πλημμύρας είναι απαραίτητα για κάθε σύγχρονη κατοικία, καθώς προσφέρουν προληπτική προστασία από ανεπιθύμητες διαρροές που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές. Η δυνατότητα άμεσης ανίχνευσης, ειδοποίησης και παρέμβασης μειώνει δραστικά τον κίνδυνο καταστροφών, ενώ παράλληλα διασφαλίζει την ασφάλεια και την ηρεμία των κατοίκων. Με τι λύσεις που προσφέρουν εταιρείες όπως η GROHE και η HAM Systems, η διαχείριση των διαρροών γίνεται πιο εύκολη, αξιόπιστη και αποτελεσματική, καθιστώντας τα έξυπνα συστήματα προστασίας αναπόσπαστο μέρος κάθε έξυπνου σπιτιού.

3.3 Έξυπνο σύστημα ανίχνευσης κίνησης & εισβολής

Για την προστασία από εισβολές, το έξυπνο σπίτι μπορεί να διαθέτει ένα **σύστημα ανίχνευσης κίνησης και παραβίασης**. **Αισθητήρες κίνησης (PIR)** και **μαγνητικοί αισθητήρες** σε **πόρτες** και **παράθυρα** εντοπίζουν οποιαδήποτε ύποπτη δραστηριότητα. Εάν ανιχνευθεί κίνηση σε μη επιτρεπτές ώρες ή

παραβίαση σημείου εισόδου, **ενεργοποιείται συναγερμός**, τα **φώτα ανάβουν** για να αποτρέψουν τον εισβολέα, ενώ ο **ιδιοκτήτης** λαμβάνει **ειδοποίηση στο κινητό**. Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να **τραβήξει φωτογραφία ή βίντεο από κάμερες ασφαλείας** και να τα **αποστείλει στον ιδιοκτήτη**. Όλα αυτά τα μέτρα συνδυάζονται για την μεγιστοποίηση της ασφάλειας του σπιτιού.

Η εταιρεία **Larnitech** παρέχει **ολοκληρωμένα συστήματα ασφαλείας** για **έξυπνα σπίτια**, τα οποία περιλαμβάνουν ανίχνευση κίνησης και προστασία από εισβολές. Η προστασία αυτή επιτυγχάνεται, αρχικά, μέσω της δυνατότητα **εξ αποστάσεως ελέγχου** των καμερών από το **κινητό** ή οποιασδήποτε άλλη διασυνδεδεμένη συσκευή. Ο ιδιοκτήτης μπορεί να **λαμβάνει εικόνες** από τις κάμερες σε **προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα**, όταν **ανιχνευθεί κίνηση** ή όποτε ο ίδιος το **θεωρήσει απαραίτητο**. Επίσης, το σύστημα προσφέρει εξατομικευμένες ρυθμίσεις, όπως περιορισμός πρόσβασης στις κάμερες. Για παράδειγμα, μια οικογένεια μπορεί να διαθέτει κοινό λογαριασμό, αλλά μόνο οι γονείς να έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης στις ζωντανές μεταδόσεις ή τα αποθηκευμένα δεδομένα. Τα δεδομένα βίντεο μεταδίδονται μέσω κρυπτογραφημένου καναλιού σε διακομιστή που βρίσκεται σε άλλη χώρα, κάτι που καθιστά αδύνατη την κακόβουλη καταστροφή ή υποκλοπή τους.

Το **σύγχρονο σύστημα ασφαλείας Larnitech** προστατεύει πλήρως ένα σπίτι **από διαρρήκτες** με μια πληθώρα επιλογών προσαρμογής. Ο χρήστης μπορεί να **ρυθμίσει το συναγερμό** ώστε να καλύπτει όλα τα δωμάτια (όταν το σπίτι είναι άδειο) ή μόνο συγκεκριμένα, προκειμένου να εμποδιστεί η πρόσβαση, για παράδειγμα, σε μέλη του προσωπικού. Τις **νυχτερινές ώρες**, η λειτουργία ασφαλείας μπορεί να **ενεργοποιηθεί** σε ολόκληρη την **περίμετρο του σπιτιού**, εκτός από τα δωμάτια που χρησιμοποιούνται από τα μέλη της οικογένειας. Σε **περίπτωση παραβίασης**, το σύστημα αντιδρά με τον εξής τρόπο: οι αισθητήρες ανιχνεύουν κίνηση, ενώ οι κάμερες **καταγράφουν εικόνες του εισβολέα**. Ταυτόχρονα, **ενεργοποιείται σήμα φωτός και ήχου σε όλο το σπίτι**, ενώ **ειδοποιήσεις αποστέλλονται** στο κινητό του **ιδιοκτήτη**, καθώς και στην **εταιρεία ασφαλείας**. Επιπλέον, η κλειδωμένη ηλεκτρονική κλειδαριά μπορεί να ενσωματωθεί στο σενάριο “Ασφάλεια”. Οι πόρτες και τα παράθυρα ελέγχονται από **αισθητήρες κλίσης** και το πρόγραμμα εμφανίζει ανά πάσα στιγμή ποιες πόρτες είναι κλειστές και ποιες όχι. Εάν τα παράθυρα διαθέτουν ηλεκτρικούς μηχανισμούς, μπορούν να κλείσουν εξ αποστάσεως για επιπλέον προστασία.

Μια καινοτόμος δυνατότητα του συστήματος αποτελεί η προσομοίωση παρουσίας, η οποία προσφέρει επιπλέον ασφάλεια όταν οι ιδιοκτήτες λείπουν από το σπίτι για αρκετές ημέρες. Το σύστημα μπορεί να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση ότι το σπίτι είναι κατοικημένο, ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας φώτα, τηλεόραση, μουσική ή ακόμη και ήχους συνομιλιών ή γαβγίσματα σκύλων. Παράλληλα, ανοίγει και κλείνει τις κουρτίνες σε τυχαία διαστήματα, αποθαρρύνοντας έτσι τους πιθανούς εισβολείς. [46]

Τα **έξυπνα συστήματα ανίχνευσης κίνησης και εισβολής** συνεισφέρουν σημαντικά στην **ασφάλεια** και την **ηρεμία των ιδιοκτητών ενός έξυπνου σπιτιού**. Προσφέρουν προηγμένη προστασία μέσω τεχνολογιών που λειτουργούν **προληπτικά** αλλά και **άμεσα σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης**. Η

δυνατότητα **εξ αποστάσεως ελέγχου**, η **ενσωμάτωση αισθητήρων και καμερών**, καθώς και οι καινοτόμες λειτουργίες όπως η **προσομοίωση παρουσίας**, ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της προστασίας και αυξάνουν την αίσθηση ασφαλείας, καθιστώντας το έξυπνο σπίτι έναν χώρο πραγματικής προστασίας και άνεσης.

3.4 Συστήματα ανίχνευσης διαρροών φυσικού αερίου

Η **ανίχνευση διαρροών φυσικού αερίου** αποτελεί ζωτικής προστασίας μέτρο για την ασφάλεια ενός έξυπνου σπιτιού. Η **εγκατάσταση ανιχνευτών αερίου** σε κρίσιμους χώρους όπως η κουζίνα, επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών διαρροών και την άμεση προειδοποίηση των κατοίκων μέσω ηχητικών και φωτεινών σημάτων. Ο ασφαλέστερος, πιο αξιόπιστος και πρακτικός τρόπος για την ανίχνευση διαρροών φυσικού αερίου είναι η **χρήση εξειδικευμένων ανιχνευτών, εξοπλισμένων με αισθητήρες που ανιχνεύουν την παρουσία μεθανίου ή μονοξειδίου του άνθρακα** στον αέρα. Όταν η συγκέντρωση αυτών των ουσιών **υπερβεί τα επιτρεπτά όρια**, οι ανιχνευτές ενεργοποιούν **σήματα φωτός και ήχου**, ειδοποιώντας άμεσα τους κατοίκους για τον κίνδυνο. Για τη μέγιστη αποδοτικότητα, οι συσκευές αυτές πρέπει να τοποθετούνται σε κατάλληλη θέση, όπως 30 εκατοστά από τη οροφή, για τη συνεχή ανίχνευση.

Οι ανιχνευτές αερίου **διαφέρουν** ως προς τον **σχεδιασμό**, τη **μέθοδο σύνδεσης**, τον **βαθμό αυτονομίας** και τις **αρχές λειτουργίας** τους. Κυμαίνονται από απλά, οικονομικά μοντέλα έως πολυλειτουργικές συσκευές που μπορούν να **ανιχνεύσουν διάφορους τύπους ουσιών**, όπως **εύφλεκτα μείγματα** και **μονοξείδιο του άνθρακα**. Οι ανιχνευτές μπορεί να είναι **ενσύρματοι**, οι οποίοι λειτουργούν μέσω του δικτύου και δεν απαιτούν έλεγχο μπαταρίας, ή **ασύρματοι**, οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι από την ηλεκτρική ενέργεια και προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία.

Ανάλογα με τη **τεχνολογία** που εφαρμόζουν για την **ανίχνευση** και την **ανάλυση των ιδιοτήτων του αέρα**, οι ανιχνευτές αερίου διακρίνονται σε τρεις βασικούς τύπους: **καταλυτικούς, ημιαγωγικούς και υπέρυθρους**. Ένας από τους βασικούς τύπους είναι οι **καταλυτικοί αισθητήρες**, χρησιμοποιούνται συχνά σε **βιομηχανικές εγκαταστάσεις** και διαθέτουν **θάλαμο καύσης**, όπου καίγεται μικρή ποσότητα αερίου. Αυτή η **καύση προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας** την οποία **ανιχνεύει το ηλεκτρονικό κύκλωμα της συσκευής**, ενεργοποιώντας τα **σήματα συναγερμού**. Οι καταλυτικοί αισθητήρες είναι **ευέλικτοι** και **αξιόπιστοι** καθώς μπορούν να λειτουργούν τόσο με **τροφοδοσία από το δίκτυο** όσο και από **μπαταρίες**.

Οι **ημιαγωγικοί αισθητήρες** είναι **πιο προσιτοί οικονομικά** και **ιδανικοί για οικιακή χρήση**. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται σε μια **πλάκα ημιαγωγού, επικαλυμμένη με ειδική χημική σύνθεση**. Όταν το αέριο εισέλθει στην πλάκα, προκαλεί **αλλαγή στην ηλεκτρική αντίσταση του υλικού**, γεγονός που **ανιχνεύεται από το κύκλωμα της συσκευής και ενεργοποιεί τον συναγερμό**. Λόγω της **χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας**, οι ημιαγωγικοί αισθητήρες είναι κατάλληλοι **για καθημερινή χρήση**, αν και λειτουργούν αποκλειστικά μόνο μέσω του δικτύου.

Οι υπέρυθροι αισθητήρες είναι πιο **εξελιγμένοι και αξιόπιστοι**. Χρησιμοποιούν **υπέρυθρη ακτινοβολία** για την ανάλυση του αέρα, εντοπίζοντας σωματίδια αερίου μέσω της **σκέδασης φωτός**. Όταν ανιχνεύσουν **ρύπανση από αέριο**, ενεργοποιούν άμεσα **ειδοποιήσεις φωτός και ήχου**. Οι υπέρυθροι αισθητήρες παρέχουν **εξαιρετική ακρίβεια, γρήγορη απόκριση** και **ελάχιστους ψευδείς συναγερμούς**. Επιπλέον, μπορούν να λειτουργούν τόσο με **μπαταρίες** όσο και με **τροφοδοσία από το δίκτυο**, καθιστώντας ιδανική επιλογή για **περιβάλλοντα** που απαιτούν **υψηλή αξιοπιστία και ταχύτητα**.

Εκτός από τους **σταθερούς ανιχνευτές** που παρακολουθούν συνεχώς την ποιότητα του αέρα, υπάρχουν και **φορητοί αναλυτές αερίου**, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από **επαγγελματίες** για την **ανίχνευση διαρροών** σε σωλήνες ή τη μέτρηση της συγκέντρωσης αερίων σε συγκεκριμένα σημεία. Παρότι προορίζονται για βραχυπρόθεσμη χρήση, οι φορητές συσκευές παρέχουν μεγάλη ευελιξία και είναι απαραίτητες σε εξειδικευμένες εφαρμογές. [47]

Η ενσωμάτωση ανιχνευτών αερίου στα συστήματα ασφαλείας ενός έξυπνου σπιτιού ενισχύει σημαντικά την προστασία των κατοίκων και της περιουσίας τους. Με τη δυνατότητα έγκαιρης ανίχνευσης επικίνδυνων συγκεντρώσεων αερίου και την ενεργοποίηση αυτόματων προειδοποιήσεων, οι ανιχνευτές αυτοί αποτρέπουν σοβαρά ατυχήματα και προστατεύουν την ανθρώπινη ζωή. Η ποικιλία διαθέσιμων τεχνολογιών, από απλούς ημιαγωγικούς αισθητήρες έως εξελιγμένους υπέρυθρους αναλυτές, καλύπτει κάθε ανάγκη, προσφέροντας λύσεις για οικιακή και βιομηχανική χρήση. Τα συστήματα αυτά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι ενός έξυπνου και ασφαλούς σπιτιού.

3.5 Έξυπνη διαχείριση ενέργειας για ασφαλή & αποδοτικά σπίτια

Η **έξυπνη διαχείριση ενέργειας** αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία για τη δημιουργία **ασφαλών και αποδοτικών** κατοικιών. Τα συστήματα έξυπνης διαχείρισης εξασφαλίζουν την **αποδοτική χρήση ενέργειας**, ενώ παράλληλα **προλαμβάνουν πιθανούς κινδύνους**. **Αισθητήρες ρεύματος και θερμοκρασίας** παρακολουθούν συνεχώς τις ηλεκτρικές συσκευές ενός σπιτιού. Εάν καταγραφεί **υπερκατανάλωση ρεύματος ή υπερθέρμανση** σε κάποια συσκευή, το **σύστημα ειδοποιεί άμεσα τον χρήστη** και μπορεί **αυτόματα να διακόψει τη τροφοδοσία** της συσκευής **μέσω έξυπνων πριζών**. Με αυτόν το τρόπο, **μειώνεται δραστικά ο κίνδυνος πυρκαγιάς** λόγω ηλεκτρικής βλάβης, ενώ διασφαλίζεται η ασφάλεια του των κατοίκων και της περιουσίας τους.

Επιπλέον, όπως αναφέρεται στη μεταπτυχιακή εργασία του *Γιώργου Μπαμίχα*, διάφοροι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης κατανάλωσης ενέργειας μπορούν να εφαρμοστούν σε έξυπνα σπίτια. Η χρήση συστημάτων **Energy Management (EMS)** και **Building Energy Management Systems (BEMS)** ενισχύει την **ενεργειακή αποδοτικότητα** και την **ασφάλεια**. Αυτά τα συστήματα συνδυάζουν την **παρακολούθηση ενεργειακών φορτίων** με **έξυπνους αλγόριθμους**, οι οποίοι **προσαρμόζουν τη χρήση ενέργειας** ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών και τις εξωτερικές συνθήκες. Χαρακτηριστικό

παράδειγμα είναι η δυνατότητα παρακολούθησης των συνθηκών και της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο επιτρέποντας την εξοικονόμηση ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής, και τη μείωση των δαπανών για τους χρήστες.

Η σημαντικότητα της ευφυούς αυτοματοποίησης αναδεικνύεται από τα **Demand Site Management (DSM)** συστήματα, τα οποία προωθούν μια πιο **ορθολογική χρήση ενέργειας**. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στους καταναλωτές να **διαχειρίζονται ενεργά την κατανάλωσή τους**, ειδικά σε περιόδους μειωμένης προσφοράς ενέργειας. Μέσω των **έξυπνων μετρητών**, οι χρήστες λαμβάνουν πληροφορίες και προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής τους αποδοτικότητας. Οι στρατηγικές DSM ενισχύουν τη βιωσιμότητα, επιτρέποντας στους χρήστες να **μειώνουν τη ζήτηση** και να **προσαρμόζουν την κατανάλωσή τους** ανάλογα με τις συνθήκες. [48]

Όπως επισημαίνει ο *Ανέστης Δημόπουλος* στη διπλωματική του εργασία, η χρήση **έξυπνων μετρητών και τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνιών** ενισχύει τη **διαχείριση της ενεργειακής ζήτησης**. Η **εφαρμογή τεχνολογιών έξυπνης μέτρησης** επιτρέπει την **αμφίδρομη επικοινωνία** μεταξύ των μετρητών και του δικτύου, παρέχοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για την κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, τα προγράμματα που επιτρέπουν στους χρήστες να **τροποποιούν το προφίλ κατανάλωσης** τους οδηγούν σε **σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση της ζήτησης**. Παράλληλα, οι **Ευφυείς Ηλεκτρονικές Συσκευές (IED)** συμβάλλουν στην παρακολούθηση της κατάστασης του συστήματος, διασφαλίζοντας την **ασφάλεια** του δικτύου. Οι τεχνολογίες αυτές **επηρεάζουν θετικά** την ενεργειακή απόδοση, υποστηρίζουν τη **βιώσιμη ανάπτυξη** και προάγουν τη σημασία της **έξυπνης διαχείρισης ενέργειας** σε κοινωνικό επίπεδο. [49]

Η έξυπνη διαχείριση ενέργειας **δεν αποτελεί απλώς μια τεχνολογική καινοτομία**, αλλά ένα **απαραίτητο εργαλείο** για την επίτευξη της **ασφάλειας, της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας των σύγχρονων κατοικιών**. Με τη χρήση **προηγμένων αισθητήρων, έξυπνων μετρητών και συστημάτων αυτοματοποίησης**, δίνεται η δυνατότητα στους κατοίκους να **ελέγχουν ενεργά την κατανάλωση ενέργειας**, να **προλαμβάνουν κινδύνους**, όπως πυρκαγιές λόγω ηλεκτρικών βλαβών και να **μειώνουν τις περιττές δαπάνες**. Τα συστήματα αυτά, προσαρμοσμένα στις ανάγκες κάθε χρήστη, συνεισφέρουν σε ένα **ασφαλές και βιώσιμο περιβάλλον**, ανταποκρινόμενα στις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής και υποστηρίζοντας τη **μετάβαση σε ένα πιο “πράσινο” μέλλον**.

4. Συμπεράσματα: Ενσωματώνοντας τεχνολογία & βιωσιμότητα στα σπίτια του μέλλοντος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την **ανάπτυξη ενός βιώσιμου και έξυπνου σπιτιού**, με έμφαση στη χρήση **Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (PLC)**, της **Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)**, του **Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT)** και των πλατφορμών **cloud**.

Μέσα από την ανάλυση, προέκυψαν τα εξής βασικά συμπεράσματα:

- 1. Προώθηση της βιωσιμότητας και μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος:** Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα ηλιακά πάνελ, σε συνδυασμό με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, δημιουργεί σπίτια που είναι ενεργειακά αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον. Αυτά τα μέτρα συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και περιορίζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, οι πράσινες στέγες και οι κάθετοι κήποι ενισχύουν τη θερμική μόνωση, μειώνουν την αστική θερμική νησίδα και βελτιώνουν τη συνολική ποιότητα ζωής μέσα στις πόλεις.
- 2. Αυτοματισμός και εξυπνότερη διαχείριση λειτουργιών:** Τα PLC, σε συνεργασία με αισθητήρες IoT, επιτρέπουν τη δημιουργία ενός “ζωντανού οργανισμού” που προσαρμόζεται δυναμικά στις ανάγκες των κατοίκων. Ο αυτοματισμός βασικών λειτουργιών, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, η ψύξη και η διαχείριση συσκευών, προσφέρει εξαιρετική ενεργειακή αποδοτικότητα, ενώ η χρήση τεχνολογιών AI επιτρέπει την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων που βελτιώνουν την απόδοση του σπιτιού σε πραγματικό χρόνο. Οι κάτοικοι μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν αυτές τις λειτουργίες απομακρυσμένα μέσω εφαρμογών, παρέχοντας μεγαλύτερη ευκολία και άνεση.
- 3. Ασφάλεια και αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών:** Ένα βασικό πλεονέκτημα των έξυπνων σπιτιών είναι η δυνατότητα πρόληψης και απόκρισης σε φυσικές καταστροφές και ατυχήματα. Μέσω αισθητήρων και συστημάτων PLC, είναι εφικτή η ανίχνευση σεισμικών δονήσεων, καπνού, πλημμύρας ή ακόμα παραβιάσεων. Οι λειτουργίες αυτές δεν περιορίζονται μόνο στην ενεργοποίηση συναγερμών αλλά περιλαμβάνουν και αυτόματες ενέργειες, όπως το κλείσιμο παροχών ρεύματος και νερού ή την άμεση ειδοποίηση των αρμόδιων υπηρεσιών. Παράλληλα, οι αισθητήρες σε συνδυασμό με τη τεχνητή νοημοσύνη βελτιώνουν την προστασία, αποφεύγοντας περαιτέρω ζημιές και ατυχήματα.
- 4. Συμβολή της τεχνολογίας στο σχεδιασμό και την υλοποίηση:** Το λογισμικό AutoCAD, το Building Information Modeling (BIM) και η χρήση ψηφιακών διδύμων (digital twins) ενίσχυσαν σημαντικά τη διαδικασία σχεδιασμού, βελτιώνοντας την ακρίβεια, μειώνοντας τα σφάλματα και επιταχύνοντας τη διαδικασία κατασκευής. Η χρήση προηγμένων εργαλείων ανάλυσης ενεργειακής απόδοσης εξασφαλίζει τη μέγιστη βιωσιμότητα και λειτουργικότητα του τελικού προϊόντος. Ταυτόχρονα, η ενσωμάτωση τεχνολογιών εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας παρέχει τη δυνατότητα προεπισκόπησης και αλληλεπίδρασης με το χώρο πριν από την κατασκευή, διευκολύνοντας την επικοινωνία μεταξύ σχεδιαστών και πελατών.
- 5. Προκλήσεις και περιορισμοί:** Αν και οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, παραμένουν προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ζητήματα όπως η ιδιωτικότητα δεδομένων, η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συσκευών και τα θέματα κυβερνοασφάλειας αποτελούν σημαντικά εμπόδια για την ευρεία υιοθέτηση αυτών των λύσεων. Επιπλέον, το κόστος αρχικής εγκατάστασης παραμένει υψηλό, περιορίζοντας την πρόσβαση σε ορισμένες κοινωνικές ομάδες.

6. Μελλοντικές προοπτικές: Η εξέλιξη της τεχνολογίας υπόσχεται την περαιτέρω ενσωμάτωση πιο καινοτόμων λύσεων στα έξυπνα σπίτια, ενισχύοντας τη λειτουργικότητα και μειώνοντας τα κόστη. Η συνεχής ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης και του IoT αναμένεται να προσφέρει ακόμα πιο εξατομικευμένες εμπειρίες, ενώ η έμφαση στη βιωσιμότητα δημιουργεί τις βάσεις για μια πιο φιλική προς το περιβάλλον διαβίωση.

Η εργασία κατέδειξε πως τα έξυπνα σπίτια, με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών, μπορούν να αποτελέσουν μια πραγματική επανάσταση στο τρόπο που ζούμε και αλληλεπιδρούμε με τον οικιακό μας χώρο. Παρά τις προκλήσεις, τα πλεονεκτήματα είναι σαφή και ενισχύουν την ποιότητα ζωής, μειώνοντας ταυτόχρονα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας αποτελούν μια σταθερή βάση για μελλοντικές μελέτες και υλοποιήσεις στο τομέα της βιώσιμης και έξυπνης κατοικίας.

5. Αναφορές

[1] <https://greenbusiness.gr/special/13942/agkaliazontas-ti-viosimotita-ta-zero-waste-spitia-mas-odigoy-n-se-ena-prasino-mellon/>

[2] <https://www.e-controltech.gr/el/ilika-aitomatismoi/plc-kentrikes-monades>

[3] <https://www.paessler.com/it-explained/plc>

[4] Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC)

[5] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BF%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%AD%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7

[6] Χαρίλαος Κωστούλας (2020) *Ποιότητα Αέρα στον εσωτερικό χώρο κατοικιών*, Διπλωματική Εργασία, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση Αποβλήτων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας, Πάτρα

[7] <https://ilmec.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD/>

[8] Σκούρτα Θεώνη (2023) *Internet of Things and Home Automation*, Διπλωματική Εργασία, Διδρυματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών “Ψηφιακή Καινοτομία και Νεοφυής Επιχειρηματικότητα”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Σάμος

- [9] <https://smarteco.gr/about/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%B1/%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AD%CF%82/zero-energy-home/>
- [10] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD
- [11] <http://www.ktirio.com.gr/article.php?id=23301554301792>
- [12] <https://www.monotech.gr/ypiresies/fytemena-domata/>
- [13] <https://karchlab.com/2019/11/07/trisdiastatoprasino-fitemenadomata-opseis/>
- [14] Yu-Huei Cheng, Pei-Ju Chao, Hsin-Ying Liang, and Che-Nan Kuo (2020) Smart Home Environment Management Using Programmable Logic Controller, Engineering Letters, 28:4, EL_28_4_24
- [15] Mageshkumar Naarayanassamy Varadajan, Mohanraj Arunachalam, Rajkumar N, Viji C(2024) Integration of AI and IoT for Smart Home Automation, SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering
- [16] Okan Bingol, Kubilay Tasdelen, Zekeriya Keskin, Yunus Emre Kocaturk (2014), Web-based Smart Home Automation: PLC- controlled Implementation, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 11, No. 3, https://www.researchgate.net/publication/381111082_Integration_of_Ai_and_lot_for_Smart_Home_Automation?enrichId=rgreq-b780167fe962ddf029567e4c8877a2b4-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzM4MTExMTA4MjtBUzoxMTQzMTI4MTI1MDkxNzU2NUAxNzE4MDg1NjQzNzQ5&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf
- [17] Sarangapani E, Narmadhai N, Santhosh N (2020), Industry 4.0 technologies incorporated with Delta PLC based Smart Home Automation for Rural Development, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ICCSSS, 1084 (2021) 012112, doi:10.1088/1757-899X/1084/1/012112
- [18] Blaze Academy, Smart Home Technology Fundamentals, Introductory insights into smart building technology
- [19] Mamunur Rashid, Nasir A. Algeelani, Nasir A. Algeelani, Nohaidda Binti Sariff, Indoor Electrical Installation Design Layout Using IOT, 978-1-6654-1224-7/21/\$31.00 ©2021 IEEE
- [20] Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations, ICBI (2020), Lecture Notes in Civil Engineering Volodymyr Onyshchenko, Gulchohra Mammadova, Svitlana Sivitska, Akif Gasimov Editors, Management in the Construction Sector Using Smart Technologies: European Experience p.p 615-623, L. Boldyrieva et al., Liudmila Boldyrieva, Alina Chaikina & Khanlar Ganiyev

- [21] Integrating Digital Twins with BIM for Enhanced Building Control Strategies: A Systematic Literature Review Focusing on Daylight and Artificial Lighting Systems (2024), Martin Hauer, Sascha Hammes, Philipp Zech, David Geisler-Moroder, Daniel Plörer, Josef Miller, Vincent van Karsbergen, Rainer Pfluger, Buildings 2024, 14, 805. <https://doi.org/10.3390/buildings14030805>, Buildings 2024, 14, 805, [Buildings | An Open Access Journal from MDPI](#)
- [22] Innovative BIM technology application in the construction management of highway, (2024) 14:15298, Dong Zhou, Bida Pei, Xueqin Li, Ding Jiang, LinWen, [Innovative BIM technology application in the construction management of highway | Scientific Reports \(nature.com\)](#)
- [23] <https://enlyft.com/tech/products/autodesk-autocad>
- [24]<https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Customizing-PLCs-AutoCAD-Electrical-2017#downloads>
- [25]https://help.autodesk.com/view/ACAD_E/2022/ENU/?guid=GUID-1B613225-890C-428C-894C-BA75C399C2ED
- [26] <https://en.wikipedia.org/wiki/CODESYS>
- [27] Alexey L. Khoroshko, The Research of the Possibilities and Application of the AutoCAD Software Package for Creating Electronic Versions of Textbooks for “Engineering and Computer Graphics” Course (2020), TEM Journal. Volume 9, Issue 3, Pages 1141-1149, ISSN 2217-8309, DOI: 10.18421/TEM93-40, Moscow Aviation Institute (MAI), Volokolamskoe Highway, 4, 125993, Moscow, Russia, TEM Journal – Volume 9 / Number 3 / 2020.
- [28] Αλέξανδρος Ασημακόπουλος, (2022) Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ανάπτυξη λογισμικού PLC ανοιχτής αρχιτεκτονικής που θα υλοποιεί τον αυτόματο έλεγχο, την εποπτεία και τον χειρισμό εγκατάστασης φόρτωσης συντρίμματος σε φορτηγά οχήματα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Επιβλέπων Καθηγητής: Χασάπης Γεώργιος
- [29] <https://redresscompliance.com/autocad-explained-transforming-design-in-the-digital-age/>
- [30] <https://www.goodfirms.co/resources/home-automation-systems-drivers-trends-outlook>
- [31] <https://www.linkedin.com/pulse/sdi-english-edition-newsletter-what-digital-twin-alex-sander/>
- [32] <https://ti2.com.au/codesys-functional-affordable-independent-2-hours-plc-simulation/>
- [33] <https://oxmaint.com/blog/post/what-is-a-plc>
- [34]<https://www.controleng.com/articles/plc-programming-language-fundamentals-for-improved-operations-maintenance/>

[35]https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BB%CE%B3%CE%B5%CE%B2%CF%81%CE%B1_%CE%9C%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%BB#:~:text=%CE%A3%CF%84%CE%B1%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE,%CE%BC%CE%B5%201%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%200%20%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AF%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B1.

[36] <https://www.realpars.com/blog/structured-text>

[37]https://cdn.automationdirect.com/static/helpfiles/lc_plc/Content/A_IntroductionTopics/LP001-2.htm

[38] <https://www.plcacademy.com/structured-text-tutorial/>

[39] https://www.youtube.com/watch?v=PXnaULHpxC8&ab_channel=ShaneWelcher

[40]<https://organametrisis.gr/collections/alfadia1?srsId=AfmBOoruUh-DiLsfGxpARHDh0LvHUmDSMFeClAbaIR7TUjzNAW4ipfm5>

[41] <https://www.lumories.gr/c/e3ypno-spiti/e3ypnh-oikiakh-asfaleia/e3ypnoi-anixneytes-kapnou>

[42]<https://www.meidanis.gr/el/fotoil-kos-anihn-kapnou-50-mpd821.html?srsId=AfmBOoqcMyZZalWiUXIKZLDZbKu58h5yf2wd4wp4j8OMjTHhjYP8UFuk>

[43]<https://el.winsen-sensor.com/knowledge/the-importance-of-carbon-monoxide-sensors-in-generators.html?searchid=6753>

[44] https://www.grohe.gr/el_gr/smarthome/for-home-owners/

[45] [HAM BLE αισθητήρας πλημμύρας – HAM Systems store](#)

[46] <https://www.larnitech.com/el/news-el/security-systems-in-a-smart-house/>

[47]<https://engineeris.decorexpro.com/el/gaz/safety/kak-proverit-utechku-gaza-v-domashnih-usloviyah.html>

[48] Μπαμίχας Γεώργιος, (2021) Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Κτιριακοί Αυτοματισμοί για Ευφυή Δίκτυα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

[49] Δημόπουλος Ανέστης, Διπλωματική Εργασία, Έξυπνο δίκτυο: Αναγκαιότητα & Προκλήσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Επιβλέπων: Γεώργιος Καραγιαννίδης, καθηγητής ΤΗΜΜΥ ΑΠΘ

