

**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΟΙ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΑ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΡΙΣΤΩΝ ΕΡΓΩΝ**

Παρασκευόπουλος Βασίλης
Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, MSc, P.E.,
ASHRAE Accredited Commissioning
Process Management Professional (CPMP)

www.vpc.gr

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ - COMMISSIONING

- Οι Διαδικασίες Λειτουργικής Παραλαβής Συστημάτων (ΔΛΠΣ) αποτελούν μια μεθοδολογία βελτιστοποίησης έργων, που εξελίσσεται διαρκώς τα τελευταία χρόνια.
- Σαν διαδικασία βασίστηκε στο TAB (Testing – adjusting – balancing) για να συμπεριλάβει προελέγχους και ελέγχους με χρήση προτύπων φορμών ελέγχου. (Το πρώτο standard commissioning: “Procedural Standard for Building System Commissioning” εκδόθηκε το 1993 από την NEBB. Ακολούθησε το 1996 η ASHRAE με το guideline 1)

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ - COMMISSIONING

- Ashrae guideline 1: Cx συστημάτων κλιματισμού (1996)
- Ashrae guideline 0: Η διαδικασία commissioning (2005).
- National Institute of Building Sciences – total commissioning: Το guideline 0 είναι κοινό. Εισάγει τις διαδικασίες.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ - COMMISSIONING

- Χρειάζεται να γίνει αντιληπτό, ότι το commissioning ως διαδικασία, έχει υπερβεί κατά πολύ την έννοια του TAB και σκοπό έχει πλέον την απόδοση άριστων κτιρίων, εξομαλύνοντας τις διάφορες φάσεις κατασκευής και παράδοσης του έργου, και καταγράφοντας, και με αυτό τον τρόπο μεταφέροντας, τις τεχνικές πληροφορίες που απαιτούνται για την απρόσκοπτη λειτουργία και συντήρηση του έργου.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ - COMMISSIONING

- Στην πράξη όμως συχνότατα υποβαθμίζεται, είτε σε ένα απλό TAB (επιβεβαιώνοντας ότι υπάρχουν οι design παροχές), είτε σε troubleshooting (ανίχνευση του τι δεν πάει καλά και δεν δουλεύει το σύστημα), καθώς και σε μια διαδικασία συμπλήρωσης φορμών –τυπική- που σκοπό έχει να διευκολύνει την παράδοση του κτιρίου.
- Τι λείπει?

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ - COMMISSIONING

- Η διαφορά των ΔΛΠΣ από τα προηγούμενα – και αν θέλετε η εξέλιξή τους- είναι η απαίτηση για συστημικό έλεγχο των εγκαταστάσεων.
- Στις ΔΛΠΣ απαιτείται να γίνει το **επόμενο βήμα** που θα αποδείξει ότι όλα τα επιμέρους εξαρτήματα λειτουργούν κανονικά αλλά και ότι το σύστημα λειτουργεί όπως πρέπει – σύμφωνα με τις ανάγκες του ιδιοκτήτη - και αντιδρά (στις αλλαγές παραμέτρων και εποχών καθώς και σε σφάλματα και καταστάσεις ανάγκης όπως ακριβώς προβλέπεται)

ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ (ΤΑ)

- Το επόμενο βήμα αποτέλεσε η εισαγωγή της έννοιας των ΤΑ (ASHRAE guideline 0 και 1).
- Οι ΤΑ (Owner's Project Requirements) είναι ένα κείμενο το οποίο περιγράφει λεπτομερώς τις λειτουργικές απαιτήσεις ενός έργου και τις προβλέψεις του πως θα χρησιμοποιείται και λειτουργεί. Αφορά δε και μηχανολογικά και οικοδομικά στοιχεία.

ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ (ΤΑ)

Στις ΤΑ απαιτείται να υπάρχουν αναλυτικά τα παρακάτω:

- Αντικειμενικοί στόχοι του έργου (project goals)
- Μετρήσιμα κριτήρια αποδοχής
- Κοστολογικά στοιχεία
- Benchmarks (καταναλώσεις ρεύματος/ενέργειας, ενεργειακό rating, ποιότητα αέρα, κλπ)
- Κριτήρια αποδοχής
- Συμπληρωματικές πληροφορίες

ΟΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ (ΤΑ)

- Οι ΤΑ του έργου διαμορφώνονται πριν το design, στην pre-design φάση.
- Οι τεχνικές απαιτήσεις του έργου ως αρχείο ενσωματώνονται στο commissioning plan
- οποιαδήποτε αλλαγή κατά την κατασκευή του έργου αποτυπώνεται σε νέες εκδόσεις των ΤΑ.
- Αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του commissioning report και του systems manual του έργου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΑ

(αναφορικά με τα Η/Μ)

- Στοιχεία κόστους και χρονικού προγραμματισμού
- ΔΛΠΣ, σκοπός και προϋπολογισμός
- Απαιτήσεις καταγραφών και δημιουργίας αρχείων (περιγραφικά)
- Οδηγίες ιδιοκτήτη (αποφάσεις σχετικά με συστήματα, εταιρίες κλπ)
- Σχεδιαστικοί περιορισμοί (χωρικοί, προϋπάρχουσες καταστάσεις, διαθέσιμες παροχές κλπ)
- Απαιτήσεις χρηστών. Πως οι χρήστες ορίζουν την θερμική άνεση, την ποιότητα αέρα κλπ
- Απαιτήσεις και πίνακες χρήσης χώρων. Ωράρια, πληθυσμοί κλπ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΑ

(αναφορικά με τα Η/Μ)

- Απαιτήσεις εκπαίδευσης χρηστών και συντηρητών. Καταγραφή των δυνατοτήτων των υπευθύνων λειτουργίας του κυρίου του έργου, και καθορισμός των απαιτήσεων εκπαίδευσης.
- Απαιτήσεις για παροχή εγγυήσεων (μηχανημάτων, έργου)
- Benchmarking. Μια λίστα στόχων για μελλοντική χρήση και σύγκριση με άλλα έργα. Καταναλώσεις ενέργειας, απόδοση, εγκατεστημένη ικανότητα κλπ.
- Εργαλεία ποιότητας και στατιστικής ανάλυσης. Καθορίζονται οι μέθοδοι ελέγχου των υποβολών (sampling)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΑ

(αναφορικά με τα Η/Μ)

- Λειτουργικά κριτήρια και κριτήρια συντήρησης. Περιγραφή του πως θα λειτουργούν και θα συντηρούνται τα συστήματα, συμπεριλαμβανομένου και του τύπου συντήρησης (εσωτερικά, εξωτερικά συνεργεία, προληπτική συντήρηση, συντήρηση αποκατάστασης κλπ)
- Περιγραφή των χωρικών απαιτήσεων συντήρησης (πρόβλεψη προσβάσεων κλπ)
- Απαιτήσεις ποιότητας υλικών και κατασκευής
- Αποδεκτές ανοχές στα μετρούμενα μεγέθη και την λειτουργία των συστημάτων (θερμοστάτες κλπ)
- Στόχοι ενεργειακής απόδοσης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΑ

(αναφορικά με τα Η/Μ)

- Περιβαλλοντικοί στόχοι. Ανακυκλώσιμα υλικά, συμπαγωγή κλπ.
- Προσαρμοστικότητα των συστημάτων για μελλοντικές αλλαγές χρήσεων.
- Standards και κώδικες που θα διέπουν την μελέτη, επιπλέον των απαραίτητων (NFPA, commissioning codes κλπ)
- Ζητήματα υγείας και υγιεινής, εσωτερική ποιότητα αέρα κλπ. (θέσεις λήψης νωπού, τοπικές απορρίψεις, φίλτραυση κλπ)
- Ακουστική. Στόχοι
- Δονήσεις. Στόχοι
- Αντισεισμική προστασία.
- Ασφάλεια

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΑ

(αναφορικά με τα Η/Μ)

- Αισθητική. Τοποθέτηση εξωτερικών μηχανημάτων κλπ.
- Σύστημα ελέγχου. Καθορίζεται η επικοινωνία των συστημάτων, η πρόσβαση σε αυτό έξω από το κτίριο, το επίπεδο ελέγχου, οδηγίες τοποθέτησης αισθητήρων κλπ.

ΕΚΜΑΙΕΥΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΤΑ

- Παραδοσιακά κάθε μελετητής, παράγει την Βάση Σχεδιασμού από την οποία και εκπορεύονται οι αποφάσεις του για τον σχεδιασμό. Πόσο συχνά όμως είναι ταυτισμένη η ΒΣ (ένα ποσοτικό κείμενο φτιαγμένο από τεχνικούς) με τις ΤΑ (ένα αφηγηματικό κείμενο που εκφράζει τις προσδοκίες του ιδιοκτήτη)?
- Σύμφωνα με το guideline 0, ο καλύτερος τρόπος για την παραγωγή των ΤΑ, είναι η διεξαγωγή ενός εργαστηρίου (workshop) στο οποίο συμμετέχουν, ιδιοκτήτης, χρήστες, συντηρητές, και μελετητές, μέσα από το οποίο, αξιολογούνται απαντήσεις σε συγκεκριμένες ερωτήσεις και παράγεται το τελικό κείμενο.

ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΑ

- Οι ΤΑ χρησιμοποιούνται από τον μελετητή για την έκδοση της Βάσης Σχεδιασμού
- Οι ΤΑ χρησιμοποιούνται από την ομάδα ΛΠΣ για την παρασκευή του commissioning plan (του οποίου αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα) και για την παρασκευή των φορμών ελέγχου και την σύνταξη των Ολοκληρωμένων Δοκιμών (ΟΔ).
- Ο Υπεύθυνος ΔΛΠΣ θα πρέπει να ποσοτικοποιήσει τις ΤΑ σε μετρήσιμα μεγέθη και να προδιαγράψει τις διαδικασίες και τις μεθόδους που θα ακολουθηθούν, ώστε να αποδειχθεί ότι το έργο με την παράδοσή του ικανοποιεί τις ΤΑ.

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΡΓΟΥ (ΟΔ)

- Το πρώτο βήμα στην δημιουργία των ΟΔ, είναι ο καθορισμός του ποια ΤΑ απαιτεί ποσοτική επιβεβαίωση, (Για παράδειγμα συνθήκες άνεσης: διατήρηση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας για κάποια περίοδο). Κάποιες δοκιμές μπορεί να αποδεικνύουν την ικανοποίηση περισσότερων από μιας ΤΑ.
- Το δεύτερο βήμα είναι ο καθορισμός των μεταβλητών που θα αξιολογηθούν σε κάθε ΟΔ (Θερμοκρασίες, σχετικές υγρασίες, διαφορά θερμοκρασίας σε αντίθετες όψεις του κτιρίου κλπ)

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΡΓΟΥ (ΟΔ)

- Το τρίτο βήμα είναι να δομηθούν οι δοκιμές με τρόπο που να περιγράφεται ο ρόλος του κάθε συμμετέχοντα, τα μετρούμενα μεγέθη, τα προσδοκώμενα αποτελέσματα και οι αποκρίσεις του συστήματος. Για παράδειγμα:
 - Για ένα μεμονωμένο σύστημα (π.χ. ψύκτης) να αποδειχθεί ότι μπορεί να ελέγξει μια μεταβλητή (πχ σταθερή θερμοκρασία προσαγωγής).
 - Για ένα σύστημα (π.χ. ψυχρό νερό) να αποδειχθεί ότι μπορεί να ακολουθήσει τις θερμοκρασιακές μεταβολές ή μεταβολές παροχών σε μερικά φορτία και στις ακραίες συνθήκες.
 - Για αλληλοεπιδράσεις μεταξύ συστημάτων (π.χ. ψυχρό νερό και παροχή ρεύματος), να αποδειχθεί ότι η αλληλουχία των αντιδράσεων των συστημάτων επιτρέπει την μετάβαση σε εφεδρικά συστήματα και την επαναφορά χωρίς πρόβλημα

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΡΓΟΥ (ΟΔ) ΚΑΙ BMS

- Βασικό εργαλείο για την διαδικασία των ΟΔ, είναι το σύστημα BMS, που επιτρέπει την καταγραφή της συμπεριφοράς του έργου και την ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας.
- Βασική προϋπόθεση είναι η παραλαβή του συστήματος BMS και ο έλεγχος του ως προς την ορθότητα τοποθέτησης των αισθητηρίων και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΔ

- Σχετικές πιέσεις σε νοσοκομειακούς χώρους. Η ΟΔ περιλαμβάνει την μέτρηση του ΔP και την καταγραφή του κάτω από διάφορες συνθήκες και όχι απλά την επιβεβαίωση των προσαγωγών, απαγωγών αέρα.
- Συστήματα μεταβλητής παροχής νερού. Η ΟΔ περιλαμβάνει όχι μόνο την επιβεβαίωση των ροών, αλλά και τις κινήσεις των βαλβίδων ελέγχου και την μεταβολή των εσωτερικών συνθηκών (θερμοκρασίας υγρασίας).
- Εφεδρικά συστήματα (ψυχροδοχεία, εφεδρικές πηγές ενέργειας, εφεδρικοί ψύκτες). Οι ΟΔ περιλαμβάνουν σενάρια βλάβης του ενός ψύκτη και ανάληψη φορτιών από τον δεύτερο, σενάρια αποφόρτισης και φόρτισης των ψυχροδοχείων, εντολές σε ηλεκτρικούς πίνακες κλπ.

TEST OF FAILURE SIMULATION TEST CHILLER CH01

- Prerequisites for test performance:
 1. Completion of Controls commissioning & Remediation of punch list
 2. Availability of system documentation & acceptance inspection
 3. Load simulation with electrical heaters covering 500 W/m²

TEST OF FAILURE SIMULATION TEST CHILLER CH01

- Test Procedure / sequences:
- Apply failure simulation via Chiller software
- Under full load record water temperature at Chiller 2:
 1. Inlet Temperature
 2. Outlet Temperature

TEST OF FAILURE SIMULATION

TEST CHILLER CH01

- Record space temperature for 2 hours with Chiller 2 serving all IT
 1. Area:----- Maintained temperature:-----
 2. Provide BMS trend

TEST OF FAILURE SIMULATION

TEST CHILLER CH01

- Participants / Names:
 1. Contractor's Project engineer:
 2. Subcontractor Electrical:
 3. Subcontractor Mechanical:
 4. Subcontractor Controls:
 5. Designer:
 6. Facility Operator:
 7. BMS Supplier / programmer:
 8. Commissioning Authority:

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Όλοι έχουμε συναντήσει έργα όπου ο κατασκευαστής ισχυρίζεται ότι έχει κατασκευάσει το έργο όπως ακριβώς του είπε ο μελετητής, αλλά το αποτέλεσμα δεν ικανοποιεί τον ιδιοκτήτη.
- Τσεκάροντας κουτάκια σε φόρμες ελέγχου, δεν αποδεικνύει ότι το κτίριο λειτουργεί ως σύστημα σύμφωνα με τις ΤΑ.
- Τσεκάροντας κουτάκια δεν είναι Commissioning
- Η χρήση όλων των ενδειγμένων υλικών και η τυφλή απόδοση της μελέτης δεν εγγυάται από μόνη της την απόδοση των συστημάτων.
- Η απλή ρύθμιση των μεγεθών (παροχών κλπ) και η καταγραφή των δεδομένων, δεν πιστοποιεί το αποτέλεσμα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Πρέπει σε κάθε περίπτωση (η διεξοδικότητα εξαρτάται από την κρισιμότητα των εγκαταστάσεων) οι εγκαταστάσεις να περνάνε στην φάση της αποδοχής από σκληρό έλεγχο που να αποδεικνύει, όχι μόνο, ότι υπάρχουν οι απαραίτητες παροχές στις design συνθήκες, αλλά ότι το αποτέλεσμα (η διατήρηση της θερμοκρασίας, η διατήρηση πιέσεων ή καθαρού αέρα) ικανοποιεί τις ΤΑ του έργου, και τις προσδοκίες του ιδιοκτήτη (και του μελετητή).
- Θα πρέπει όλα τα κτίρια και όχι μόνο τα ειδικά να περνάνε από αυτή τη διαδικασία, ώστε να αποδεικνύεται ότι το σύστημα μπορεί να κάνει αυτά για τα οποία προδιαγράφηκε.

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΘΕΡΜΑ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

www.vpc.gr