

Αντιμετώπιση πλημμυρών στα φράγματα της ΔΕΗ Α.Ε. στους ποταμούς Αχελώο, Άραχθο και Νέστο.

Γ. Α. Γεώργιος Λέρης
Μηχανολόγος Μηχανικός

Διευθυντής Διεύθυνσης Εκμετάλλευσης Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Λέξεις κλειδιά: φράγμα, ταμιευτήρας, αντιπλημμυρική προστασία, υδροηλεκτρικό έργο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εισήγηση αυτή παρουσιάζεται η αντιμετώπιση, από τη Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΔΕΥ) της Γενικής Διεύθυνσης Παραγωγής (ΓΔΠ) της ΔΕΗ Α.Ε., του πρωτοφανούς πλημμυρικού φαινομένου που εκδηλώθηκε στον ελλαδικό χώρο στα τέλη του 2005 και στις αρχές του 2006. Συγκεκριμένα, από τις 28.12.2005 μέχρι τις 7.1.2006 σημειώθηκαν πρωτοφανείς σε ένταση και διάρκεια βροχοπτώσεις που είχαν ως συνέπεια μεγάλες εισροές νερού στους ταμιευτήρες των Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) των ποταμών Αχελώου (ΥΗΣ Κρεμαστών, Καστρακίου, Στράτου I & II) Αράχθου (ΥΗΣ Πουρναρίου I & II) και Νέστου (ΥΗΣ Θησαυρού, Πλατανόβρυσης).

Ο σχεδιασμός αντιμετώπισης του πλημμυρικού συμβάντος εκπονήθηκε από τις αρμόδιες Διευθύνσεις και τα Κλιμάκια της ΔΕΗ (ΓΔΠ, ΔΕΥ, Συγκροτήματα) και περιελάμβανε τους εξής γενικούς στόχους: α) αντιπλημμυρική προστασία των παραποτάμιων περιοχών, β) ασφάλεια των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων, και γ) μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας.

Η ανάσχεση της πλημμύρας σε κάθε ποτάμιο Συγκρότημα ΥΗΣ παρουσιάζεται σε ξεχωριστές ενότητες, εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κάθε Υδροηλεκτρικού Έργου. Γιατί η αντιπλημμυρική προστασία που προσφέρει ένα φράγμα με τον αντίστοιχο ταμιευτήρα είναι ανάλογη της ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα και του μεγέθους της πλημμύρας που καλείται να ελέγξει (ένταση, διάρκεια και όγκος νερού).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΔΕΥ) της Γενικής Διεύθυνσης Παραγωγής (ΓΔΠ) έχει την ευθύνη της λειτουργίας και της συντήρησης των Υδροηλεκτρικών Σταθμών (ΥΗΣ) της ΔΕΗ Α.Ε. (16 μεγάλοι και 6 μικροί σταθμοί).

Η εκμετάλλευση των σημαντικών αυτών εγκαταστάσεων (φράγμα, ταμιευτήρας, μονάδες, σταθμός, υποσταθμός, βοηθητικές εγκαταστάσεις, κλπ) γίνεται με στόχο τη βέλτιστη λειτουργία τους ως υδραυλικά έργα πολλαπλού σκοπού για την κάλυψη των αναγκών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και άλλων χρήσεων όπως είναι η ύδρευση, η άρδευση, η αντιπλημμυρική προστασία, η αναψυχή, ο ναυταθλητισμός, κλπ.

Η αντιπλημμυρική προστασία που προσφέρει ένα φράγμα με τον αντίστοιχο ταμιευτήρα είναι ανάλογη της ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα και του μεγέθους της πλημμύρας που καλείται να ελέγξει (ένταση, διάρκεια και όγκος νερού). Στο κείμενο που ακολουθεί περιγράφεται παραστατικά η ανταπόκριση των Συγκροτημάτων Υδροηλεκτρικών Σταθμών της ΔΕΗ Α.Ε. στους ποταμούς Αχελώο, Άραχθο και Νέστο, στα έντονα καιρικά φαινόμενα που παρουσιάστηκαν το χρονικό διάστημα από 28.12.2005 έως 7.1.2006. Καταδεικνύεται επίσης ότι οι μεγάλοι ταμιευτήρες των ΥΗΣ Κρεμαστών στον ποταμό Αχελώο, Πουρναρίου Ι στον ποταμό Άραχθο, και Θησαυρού στον ποταμό Νέστο, κατά τις πρόσφατες πλημμύρες έκαναν σημαντική ανάσχεση και κυριολεκτικά γλίτωσαν τις παραποτάμιες περιοχές κατάντη των φραγμάτων, σώζοντας ζωές και περιουσίες.

Συγκεκριμένα, από τις 28.12.2005 μέχρι τις 7.1.2006 υπήρξαν πρωτοφανείς σε ένταση και διάρκεια βροχοπτώσεις που είχαν ως συνέπεια μεγάλες εισροές νερού στους ταμιευτήρες των ΥΗΣ των ποταμών Αχελώου (ΥΗΣ Κρεμαστών, Καστρακίου, Στράτου Ι & ΙΙ) Αράχθου (ΥΗΣ Πουρναρίου Ι & ΙΙ) και Νέστου (ΥΗΣ Θησαυρού, Πλατανόβρυσης). Το προσωπικό των παραπάνω ΥΗΣ και της ΔΕΥ κεντρικά, αντιμετώπισε με επιτυχία την έκτακτη αυτή κατάσταση εκτιμώντας ορθά τις κρίσιμες και πρωτοφανείς συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Πάρθηκαν σωστές αποφάσεις και δόθηκαν οι πρέπουσες οδηγίες που οδήγησαν στην αποφυγή ατυχημάτων και καταστροφών τόσο στις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ Α.Ε. όσο και στις παραποτάμιες περιοχές κατάντη των φραγμάτων. Ιδιαίτερα πρέπει να επισημανθεί η προθυμία και η αυταπάρνηση του Τεχνικού προσωπικού που εργαζόταν για πολλές ημέρες, κατά τη διάρκεια μάλιστα των εορτών, κάτω από εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες, θέτοντας σε κίνδυνο ακόμη και τη σωματική του ακεραιότητα.

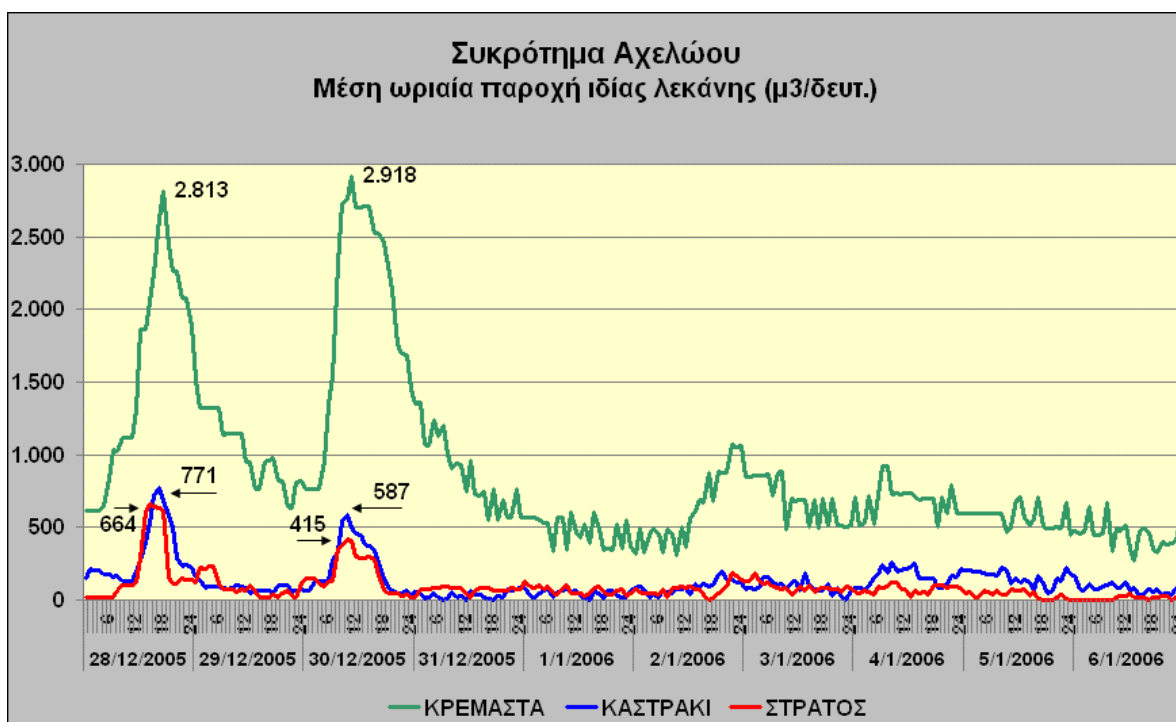
1. Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ ΑΧΕΛΩΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ ΑΠΟ 28-12-05 ΕΩΣ 7-1-06

Μέχρι την Τρίτη, 27.12.2005, οι παροχές του ποταμού ήταν σχετικά μικρές και στη λεκάνη απορροής δεν υπήρχε καθόλου χιόνι. Την Τρίτη το βράδυ (27.12.2005) άρχισε να βρέχει έντονα στη Δ. Ελλάδα και ιδιαίτερα στην περιοχή της Πίνδου, με συνέπεια από νωρίς το πρωί της Τετάρτης άρχισαν να αυξάνουν οι εισροές στους Ταμιευτήρες των Κρεμαστών, Καστρακίου, και Στράτου στον ποταμό Αχελώο.

Οι υπεύθυνοι στη Γενική Διεύθυνση Παραγωγής, έχοντας υπόψη και τις προβλέψεις για έντονες βροχοπτώσεις, τις επόμενες ημέρες, κατ' αρχήν σταμάτησαν τη λειτουργία του Σταθμού των Κρεμαστών (28.12.2005, ώρα 08:00) ώστε να χρησιμοποιηθεί η μεγάλη χωρητικότητα του ταμιευτήρα για την αντιμετώπιση της εξαιρετικά μεγάλης πλημμύρας. Στις 9:00 έγινε κλείσιμο των θυροφραγμάτων του εκχειλιστή με παροχή 2278 μ³/δευτ. και στάθμη λίμνης 265,47 μ. Η παροχή στις 16:00-17:00 έφτασε τα 2813 μ³/δευτ.

Στην περιοχή των φραγμάτων Στράτου και Καστρακίου, το μεσημέρι της Τετάρτης 28.12.2005 η ένταση των βροχοπτώσεων ήταν ισχυρότατη. Το γεγονός αυτό προκάλεσε συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού στο χώρο μπροστά από την είσοδο του κτιρίου του ΥΗΣ Στράτου Ι το οποίο ήταν αδύνατο να παροχετευτεί στο δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων. Αυτό είχε ως συνέπεια, παρά τις υπεράνθρωπες προσπάθειες του προσωπικού του Σταθμού, να εισρεύσει ένα μέρος του νερού στον υπόγειο χώρο του Σταθμού και να πλημμυρίσει μερικώς. Ο Σταθμός άμεσα τέθηκε εκτός λειτουργίας και χρησιμοποιήθηκε ο εκχειλιστής του φράγματος Στράτου για την παροχέτευση των αναγκαίων νερών και για τον έλεγχο της στάθμης των ταμιευτήρων Καστρακίου και Στράτου.

Οι παροχές της λεκάνης απορροής Καστρακίου και Στράτου ήταν οι μεγαλύτερες που έχουν παρουσιαστεί ποτέ (1400 μ³/δευτ. περίπου συνολικά). Πρέπει να σημειωθεί ότι η χωρητικότητα των δύο ταμιευτήρων είναι σχετικά μικρή και δεν μπορεί να γίνει μεγάλη ανάσχεση πλημμύρας. Επειδή οι βροχές ήταν καταρρακτώδεις σε όλο το Ν. Αιτωλοακαρνανίας και η κοίτη του ποταμού Αχελώου έχει περιοριστεί από ανθρώπινες δραστηριότητες (καλλιέργειες, καταπατήσεις, αμμοληψίες, κλπ), υπήρχε πρόβλημα διοχέτευσης των νερών στο τμήμα του ποταμού από το φράγμα του Στράτου μέχρι τις εκβολές του στο Ιόνιο πέλαγος. Να σημειωθεί ότι στον Αχελώο υπερχειλίζουν και οι φυσικές λίμνες Τριγωνίδα, Λυσιμαχεία και Οζερός. Σε πολλά σημεία ο ποταμός υπερχειλίζει και τα νερά του κατέκλυσαν παραποτάμιες γεωργικές καλλιέργειες.

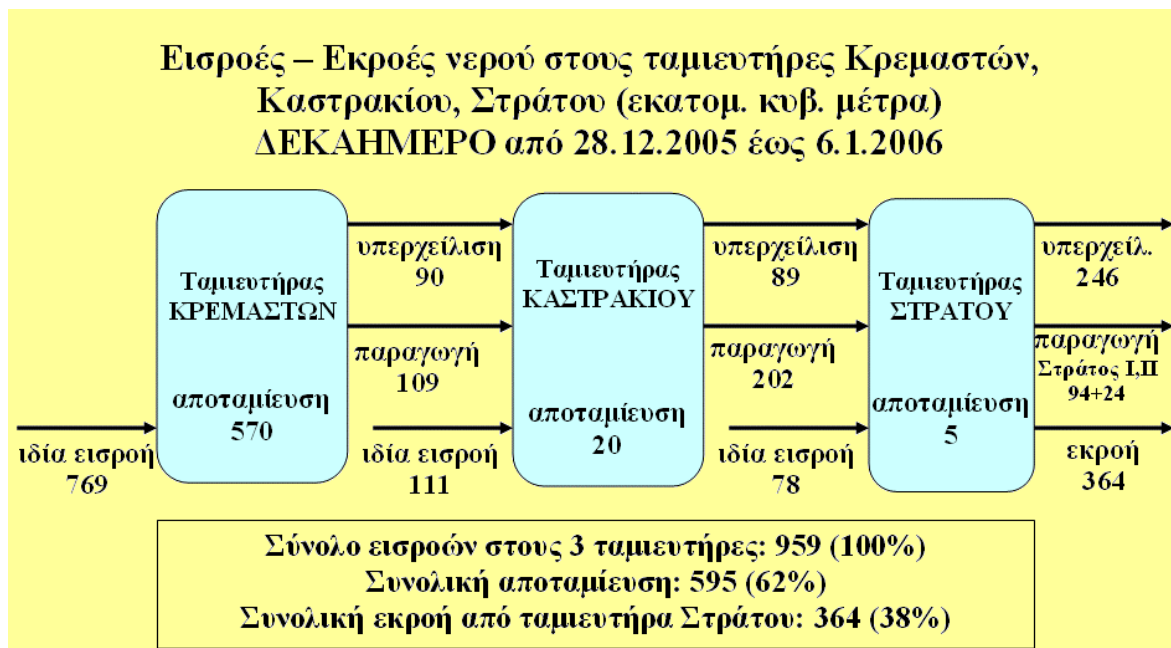


Εικόνα 0: Γράφημα παροχών π. Αχελώου στους Ταμιευτήρες Κρεμαστών, Καστρακίου, Στράτου

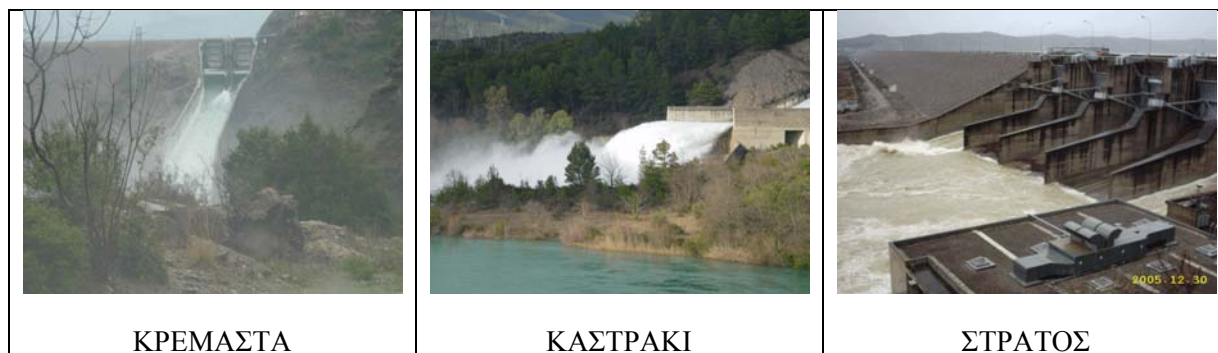
Την Πέμπτη 29.12.2005 παρόλο που μειώθηκαν οι παροχές, το προσωπικό της ΔΕΥ παρέμεινε σε επιφυλακή διότι αναμένονταν και τις επόμενες ημέρες μεγάλες βροχοπτώσεις.

Πράγματι την Παρασκευή 30.12.2005 στις 13:00 η παροχή πλημμύρας στα Κρεμαστά ήταν 2918 μ³/δευτ.. Η μελέτη εκτίμησης του μεγέθους της πλημμύρας, οι προβλέψεις για βροχές τις επόμενες ημέρες και η ανάγκη για αντιπλημμυρική προστασία κατόπιν του φράγματος Στράτου στις παραποτάμιες περιοχές του Αχελώου, οδήγησαν τους υπεύθυνους της επιχείρησης να ανοίξουν τα θυροφράγματα του εκχειλιστή Κρεμαστών στις 17:00, 30.12.2005 με παροχή 2544 μ³/δευτ..

Στις 31.12.2005 η στάθμη του ταμιευτήρα Καστρακίου ανέβηκε άνω του υψομέτρου 144,20 μ. και άρχισε η λειτουργία του υπερχειλιστή που στις 4.1.2006 με στάθμη ταμιευτήρα 145,58 μ. εκφόρτισε τη μέγιστη παροχή 300 μ³/δευτ. περίπου. Οι βροχές συνεχίστηκαν μέχρι 7.1.2006 αλλά οι αιχμές των πλημμύρων ήταν μικρότερες (1200 μ³/δευτ. στις 2.1.2006, και 800 μ³/δευτ. στις 4.1.2006). Τα θυροφράγματα του υπερχειλιστή Κρεμαστών έκλεισαν τις 4.1.2006 ώρα 19:30 για να μην υπάρξει απώλεια ενέργειας. Τη Δευτέρα 2.1.2006, ύστερα από συνεχή εργασία του Τεχνικού Προσωπικού του Συγκροτήματος Αχελώου τέθηκε σε λειτουργία η μια μονάδα του ΥΗΣ Στράτου και σε λίγες ημέρες λειτούργησε και η δεύτερη Μονάδα.



Εικόνα 0: Γράφημα εισροών-εκροών στους ταμιευτήρες του Συγκροτήματος Αχελώου



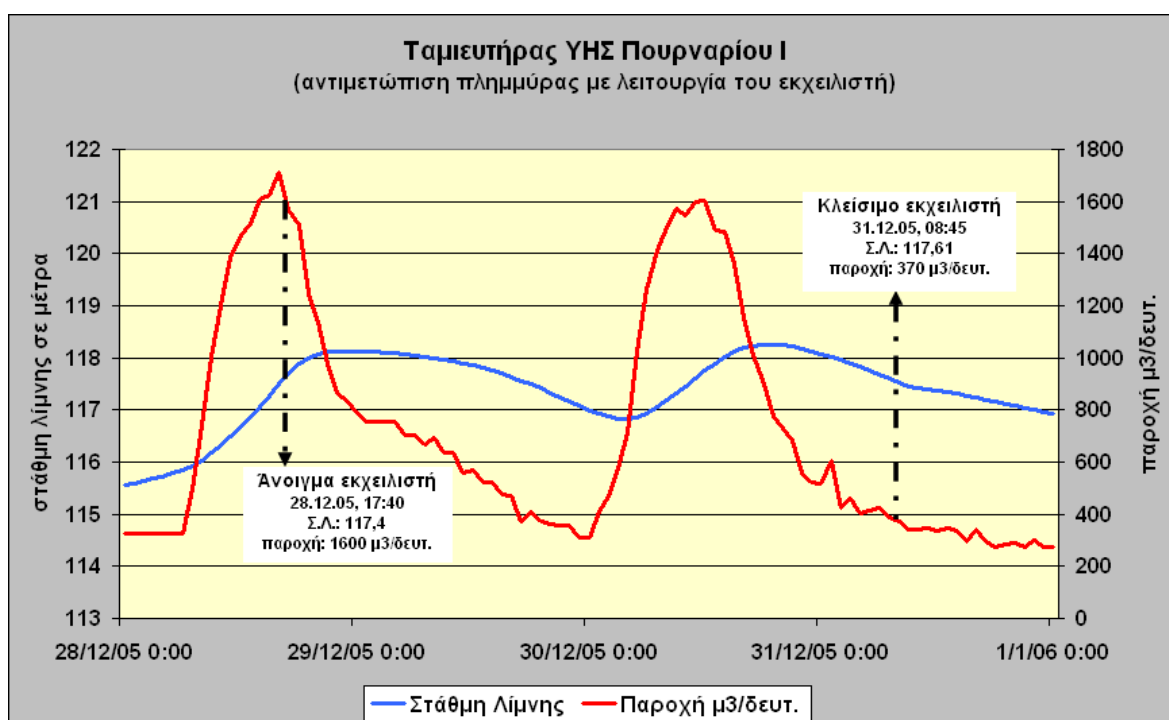
Εικόνα 3: Οι Εκχειλιστές των ΥΗΣ Κρεμαστών, Καστρακίου και Στράτου σε λειτουργία

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι μία πρωτοφανής σε ένταση και όγκο πλημμύρα η οποία δεν έχει παρουσιαστεί εδώ και 70 χρόνια που υπάρχουν στοιχεία για τον ποταμό Αχελώο, αντιμετωπίστηκε με επιτυχία σε συνεργασία με τις Κρατικές και Τοπικές Αρχές και φορείς (Πυροσβεστική, Αστυνομία, Νομαρχία, Περιφέρεια, κ.τ.λ.).

2. Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ ΑΡΑΧΘΟΥ ΤΟ ΠΕΝΘΗΜΕΡΟ ΑΠΟ 28-12-2005 ΕΩΣ 1-1-2006

Τη νύκτα της Τρίτης 27.12.2005 προς Τετάρτη άρχισε να βρέχει έντονα στη Δ. Ελλάδα (Δ. Στερεά και Ήπειρο). Η βροχή είχε πολύ μεγάλη ένταση και κυρίως διάρκεια. Η παροχή στον ταμιευτήρα του Πουρναρίου αυξήθηκε γρήγορα με αποτέλεσμα να ανεβαίνει η στάθμη παράλο που ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός λειτουργούσε συνεχώς και καταναλώνε 500 μ³/δευτ..

Το απόγευμα της Τετάρτης, 28.12.2005, με παροχή 1600 μ³/δευτ. και ρυθμό ανόδου στάθμης 20 εκατοστά του μέτρου την ώρα, οι υπεύθυνοι της Γενικής Διεύθυνσης Παραγωγής άνοιξαν τα θυροφράγματα του εκχειλιστή εκφορτίζοντας μια παροχή 300 μ³/δευτ.. Με αυτό τον τρόπο λειτουργίας έγινε μείωση του ρυθμού ανόδου της στάθμης και την άλλη ημέρα μείωση της στάθμης. Έτσι την Παρασκευή 30.12.2005 η εμφάνιση της νέας μεγάλης πλημμύρας αντιμετωπίστηκε με επιτυχία χωρίς να διακινδυνεύσει η ασφάλεια των εγκαταστάσεων και να συμβούν καταστροφές στα κατάντη των φραγμάτων. Η συνολική παροχή των 800 μ³/δευτ. πέρασε από τον υπερχειλιστή του μικρού φράγματος Πουρνάρι Ι και μετά στην κοίτη του ποταμού Αράχθου μέχρι τις εκβολές του στον Αμβρακικό κόλπο.



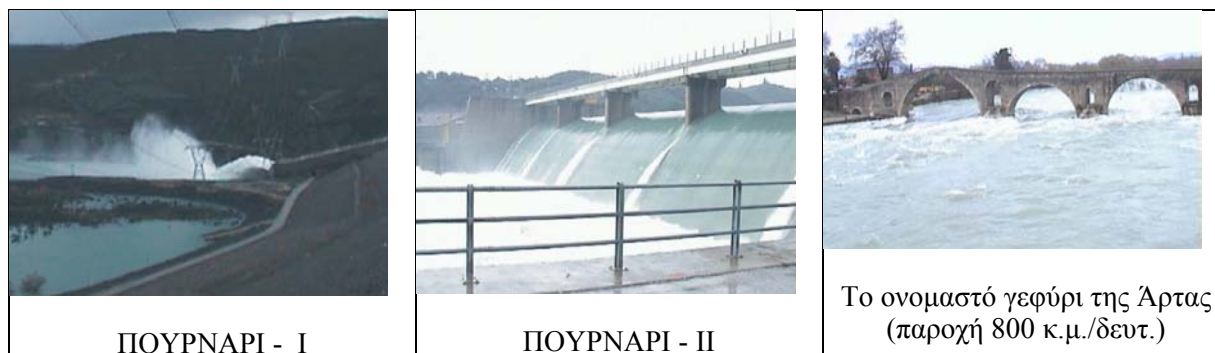
Εικόνα 4: Γράφημα παροχής Αράχθου στον ταμιευτήρα Πουρναρίου

Όπως φαίνεται στο γράφημα της εικόνας 4, εάν δεν γινόταν το άνοιγμα του εκχειλιστή τη συγκεκριμένη στιγμή αλλά υποχρεωτικά όταν η στάθμη έφθανε στο υψόμετρο 120 (ανώτατη επιτρεπόμενη στάθμη για την ασφάλεια του φράγματος) θα έπρεπε να γίνει εκφόρτιση 1600 μ³/δευτ. (500 από τις μονάδες των Σταθμών και 1.100 από τον εκχειλιστή), δηλαδή όλη η φυσική παροχή του ποταμού, ώστε να διατηρηθεί η στάθμη σταθερή.

Τελειώνοντας θέλουμε να σημειώσουμε ότι τα τρία (3) θυροφράγματα του εκχειλιστή του φράγματος έχουν δυνατότητα εκφόρτισης 6000 μ³/δευτ. Επίσης, αναφέρεται ότι στα κατάντη των

φραγμάτων η ευρύτερη κοίτη πλημμύρας του ποταμού Αράχθου έχει καταπατηθεί (ιδιαίτερα κοντά στην πόλη της Άρτας) με αποτέλεσμα να έχει μειωθεί η παροχeyτευτικότητα.

Η πλημμύρα που εμφανίστηκε αυτό το πενήθμερο είναι η μεγαλύτερη σε ένταση και όγκο από τότε που λειτουργεί ο Υδροηλεκτρικός Σταθμός Πουρναρίου I (1981).



Εικόνα 5: Οι Εκχειλιστές ΥΗΣ Πουρναρίου I & II σε λειτουργία

3. Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ ΝΕΣΤΟΥ ΤΟ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ ΑΠΟ 28-12-2005 ΕΩΣ 7-1-2006

Τις τελευταίες ημέρες του 2005, στους ταμιευτήρες των Υδροηλεκτρικών Σταθμών Νέστου (ΥΗΣ Θησαυρού, Πλατανόβρυσης), εμφανίσθηκαν πλημμυρικές εισροές που ήταν αποτέλεσμα έντονων βροχοπτώσεων με ταυτόχρονη χιονότση στη λεκάνη απορροής του ποταμού.

Το πλημμυρικό συμβάν ήταν, από άποψη αιχμής και συνολικής απορροής, το μέγιστο που έχει καταγραφεί στον ποταμό Νέστο την τελευταία τριακονταετία. Συγκεκριμένα η αιχμή της πλημμύρας στους δύο ταμιευτήρες άγγιξε τα 1250 μ³/δευτ και η συνολική απορροή υπερέβη τα 300.000.000 μ³ όταν η μέση ετήσια παροχή του ποταμού είναι της τάξης των 30 μ³ και η μέγιστη ωφέλιμη χωρητικότητα των ταμιευτήρων είναι της τάξης των 570.000.000 μ³.

Ο σχεδιασμός αντιμετώπισης του πλημμυρικού συμβάντος που εκπονήθηκε από τις αρμόδιες Διευθύνσεις και κλιμάκια της Επιχείρησης (ΓΔΠ, ΔΕΥ, Συγκρότημα Νέστου) περιελάμβανε τους εξής στόχους: α) γενικότερη ασφάλεια των έργων, β) αντιπλημμυρική προστασία των παρανέστιων περιοχών, και γ) μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας.

Αρχικά και προκειμένου να ετεροχρονισθούν τα πλημμυρικά συμβάντα ανάντη και κατόντη των φραγμάτων και με στόχο την προστασία των κατόντη περιοχών έγινε ανάλυση της πλημμύρας, στον ταμιευτήρα του Θησαυρού ο οποίος από προγενέστερο προγραμματισμό είχε κατάλληλο περιθώριο χωρητικότητας.

Παράλληλα για την αποφυγή υπερχειλίσης του ταμιευτήρα της Πλατανόβρυσης, τα πλεονάζοντα ύδατα αντλήθηκαν και αποθηκεύτηκαν στον ταμιευτήρα του Θησαυρού. Η Πλατανόβρυση έχει μικρό ωφέλιμο όγκο και η εκροή των δυο (2) μονάδων παραγωγής είναι 160 μ³/δευτ. Όταν η παροχή της πλημμύρας στην Πλατανόβρυση υπερέβη τα 160 μ³/δευτ έγινε άντληση με τις μονάδες του ΥΗΣ Θησαυρού οι οποίες έχουν τη δυνατότητα αυτή.

Μετά το πέρας της αιχμής του πλημμυρικού συμβάντος και προκειμένου η στάθμη του ταμιευτήρα του Θησαυρού να επανέλθει σε φυσιολογικά για την εποχή επίπεδα όλες οι μονάδες παραγωγής και των δύο έργων λειτούργησαν σε πλήρη ισχύ για διάστημα μεγαλύτερο των δεκαπέντε (15) ημερών παράγοντας σημαντικά ποσά ενέργειας.



Εικόνα 6: Γράφημα παροχών π. Νέστου στον ταμιευτήρα του ΥΗΣ Θησαυρού

Συμπερασματικά προκύπτει ότι τα Υδροηλεκτρικά Έργα της ΔΕΗ Α.Ε. στο ποταμό Νέστο κατά την διάρκεια του εξαιρετικού πλημμυρικού συμβάντος του Δεκεμβρίου 2005 λειτούργησαν χωρίς προβλήματα. Παρείχαν πλήρη αντιπλημμυρική προστασία των παρανέστιων περιοχών (δεν προέκυψε καμία αγροζημία ή άλλης μορφής καταστροφή) και παρήγαγαν σημαντικά ποσά ενέργειες χωρίς υπερχειλίσεις.

ΣΥΝΟΨΗ

Η ΔΕΗ Α.Ε., θεωρώντας ότι η αντιπλημμυρική προστασία των πληθυσμών, των γεωργικών εδαφών, των καλλιεργειών και των υποδομών που βρίσκονται κατάντη των φραγμάτων της αποτελεί προτεραιότητα και πάνω από όλα κοινωνική ευθύνη, κατόρθωσε να αντιμετωπίσει με απόλυτη επιτυχία τις πλημμύρες που εκδηλώθηκαν την περίοδο μεταξύ των τελών Δεκεμβρίου 2005 και των αρχών Ιανουαρίου 2006.

- Οι μεγάλοι ταμιευτήρες των ΥΗΣ Κρεμαστών, Πουρναρίου Ι και Θησαυρού, αναχάιτισαν τις πλημμύρες και παρείχαν πλήρη αντιπλημμυρική προστασία στις παραποτάμιες περιοχές. Καμία ζημιά ή άλλης μορφής καταστροφή δεν προκλήθηκε και κυρίως δεν καταγράφηκε απώλεια ανθρώπινης ζωής.

- Οι ΥΗΣ των Συγκροτημάτων Αχελώου, Αράχθου και Νέστου λειτούργησαν χωρίς προβλήματα και παράγαγαν σημαντικά ποσά ενέργειας χωρίς απώλειες και υπερχειλίσσεις νερών.
- Τέλος, στην αντιμετώπιση του πλημμυρικού φαινομένου συνέβαλε αποφασιστικά το τεχνικό προσωπικό της ΔΕΗ που με προθυμία και αυταπάρνηση εργαζόταν για πολλές ημέρες κάτω από εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες -κατά τη διάρκεια μάλιστα των εορτών- θέτοντας σε κίνδυνο ακόμη και τη σωματική του ακεραιότητα.

Dealing with floods of PPC's dams on Acheloos, Arachthos and Nestos river

George Leris

Mechanical Engineer

Director of Hydroelectric Generation Department

SUMMARY

In this paper the dealing with an extraordinary flood event which occurred in the Greek territory by the end of 2005 and the beginning of 2006 is presented by the Hydroelectric Generation Department of the Generation Division of P.P.C S.A. At that particular time period (28.12.2005 to 07.01.2006) extraordinary floods, in terms of intensity and duration, occurred in Western and Northern Greece, resulting in large inflows into reservoirs of Acheloos river (Kremasta, Kastraki, Stratos HEP) Arachthos river (Pournari i and ii HEP) and Nestos river (Thissavros and Platanovrysi HEP).

The planning for dealing with the flood event was drawn up by the pertinent departments and sections of P.P.C (Generation Division, Hydroelectric Generation Department, local Hydro Plants) and was focused on the following objectives: a) anti-flood protection of the river side areas, b) hydroelectric installations safety, and c) maximizing power generation.

The flood interception in each hydro complex is presented in separate chapter, due to the particular characteristics of each project. It should also mentioned that the anti-flood protection rendered by a dam along with the relevant reservoir is proportionate to the effective capacity of the reservoir as well as the flood magnitude that is called to control (intensity, duration and water volume).