

ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΤΙΤΑΡΗΣΙΟ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ

Υπό

ΝΙΚΟΛΑΟΥ Ε. ΚΩΤΣΟΒΙΝΟΥ¹

1. ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Είναι γνωστό ότι ο Τιταρήσιος ποταμός διηθεί μεγάλες ποσότητες προς την καρστική μάζα πριν την έξοδό του στην Ανατολική Θεσσαλία. Μετά τη έξοδο του Τιταρήσιου από τα στενά του Δαμασίου, στον κοκκώδη προσχωματικό υδροφορέα που εκτείνεται σε μήκος αρκετών χιλιομέτρων, μέχρι την συμβολή του Τιταρήσιου με τον Πηνειό, η διήθηση είναι πλέον άμεση, και εξαρτάται σημαντικά από την στάθμη του νερού στον ποταμό. Δηλαδή, η παροχή κατείσδυσης στο υπόγειο υδροφορέα εξαρτάται όχι μόνο από την επιφάνεια κατάκλισης αλλά και από το βάθος του νερού πάνω από το κοκκώδη πυθμένα του ποταμού.

Ένα διαχρονικό μέτρο των κατεισχύσεων λαμβάνομε από ταυτόχρονες μετρήσεις της παροχής σε δύο γέφυρες, στη γέφυρα Μεσοχωρίου και στη γέφυρα προς το Κουτσόχερο, που βρίσκεται σε απόσταση 12.5 περίπου χιλιομέτρα μεταξύ τους. Οι μετρήσεις αυτές καλύπτουν μεγάλο χρονικό διάστημα (από το 1972 έως το 1995, με κάποιες ελλείψεις μετρήσεων σε ενδιάμεσα έτη). Μεταξύ των δύο γεφυρών εκρέουν διάφοροι μικροχείμαροι, που αποστραγγίζουν το σχιστολιθικό περιβάλλον με παροχές ενδεχομένως σημαντικές κατά την χειμερινή περίοδο. Δηλαδή, αν την χειμερινή περίοδο μετρηθεί ίση παροχή στην γέφυρα Μεσοχωρίου και στην γέφυρα προς Κουτσόχερο, αυτό δεν σημαίνει μηδενική διήθηση. Ακόμη, τον χειμώνα για το παραπάνω λόγο μπορεί να μετρηθεί στην γέφυρα προς Κουτσόχερο μεγαλύτερη παροχή από αυτή του Μεσοχωρίου. Από την άλλη μεριά πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι οι καλοκαιρινές μετρήσεις δεν είναι αντιπροσωπευτικές της δυνατότητας διήθησης του ποταμού τόσο γιατί υπάρχουν υδροληψίες για άρδευση που δεν είναι γνωστή η συνολική παροχή τους και δεύτερον γιατί όταν η παροχή είναι μικρή (π.χ. 0.5 κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο), τότε η δυνατότητα κατείσδυσης περιορίζεται από το μικρό μέγεθος της παροχής. Συνεπώς για να βρεθεί ένα ποσοτικό μέτρο της δυνατότητας κατείσδυσης, ενδείκνυται να συγκριθούν μετρήσεις την άνοιξη και τον φθινόπωρο (να αποκλεισθούν δηλαδή οι μετρήσεις του χειμώνα και του καλοκαιριού). Η φυσική διήθηση είναι η διαφορά των παροχών στις δύο γέφυρες και παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα 1.

Τα βασικά αποτελέσματα των μετρήσεων για την διήθηση τα χωρίσαμε σε δύο περιόδους, στη μία από το 1972 έως το 1981, και σε μία δεύτερη από το 1991 έως το 1995 και εμφανίζονται στα σχήματα 2 και 3 αντιστοίχως. Από τα διαγράμματα αυτά ευρέθη η καμπύλη παλινδρόμησης που συνδέει την παροχή του ποταμού Q (m^3/s) με την παροχή κατείσδυσης R (m^3/s). Βρήκαμε τις παρακάτω δύο σχέσεις:

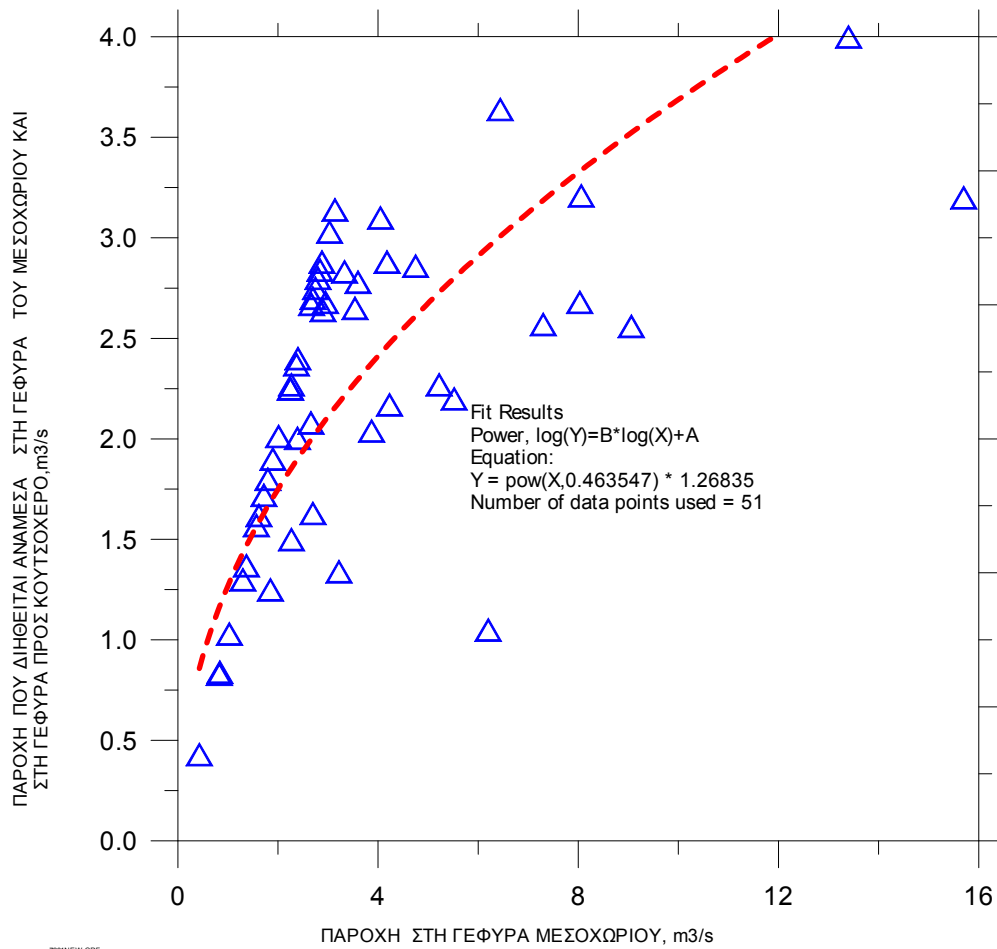
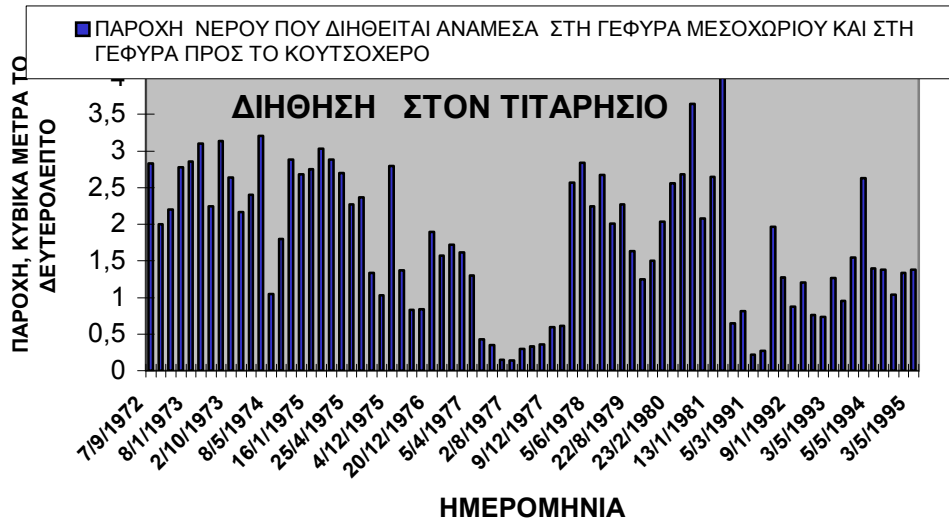
Καμπύλη κατείσδυσης για την περίοδο 1972-1981

$$R = 1.27Q^{0.46}$$

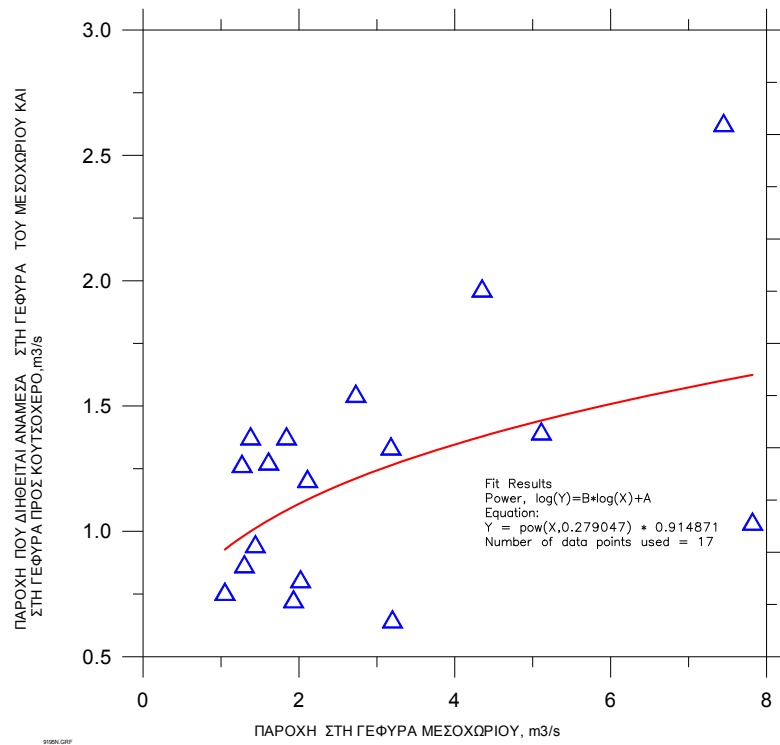
Καμπύλη κατείσδυσης για την περίοδο 1991-1995

$$R = 0.91Q^{0.28}$$

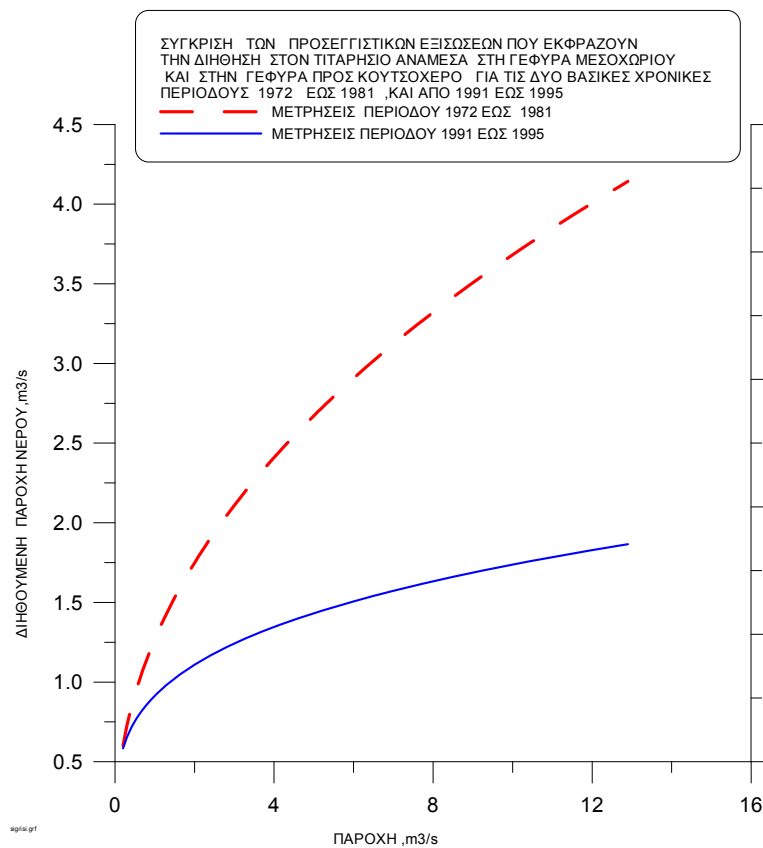
¹ Καθηγητής Υδραυλικών Έργων Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης
Πολυτεχνική Σχολή –67100 Ξάνθη
kotsovin@demo.cc.duth.gr



Σχήμα 2. Σχέση μεταξύ παροχής στον Τιταρήσιο και παροχής διήθησης για τα έτη 1972 έως 1981



Σχήμα 3. Σχέση μεταξύ παροχής στον Τιταρήσιο και παροχής διήθησης για τα έτη 1991 έως 1995



Σχήμα 4 Σύγκριση της διηθητικής ικανότητας Τιταρήσιου στο χρονικό διάστημα 1972-1981 και 1991-1995. Είναι φανερή η σημαντική μείωση της διηθητικότητας την νεώτερη χρονική περίοδο.

Οι δύο αυτές καμπύλες συγκρίνονται στο σχήμα 4 . Παρατηρούμε ότι υπάρχει σημαντική μείωση της διηθητικής ικανότητας του ποταμού Τιταρήσιου με τον χρόνο. Για παράδειγμα για παροχή στο Μεσοχώρι ίση με 4 m³/s ,έχομε τα τελευταία χρόνια παροχή διήθησης ίση με 1 m³/s ,έναντι παροχής διήθησης πριν το 1981 ίσης με 2.4 m³/s , δηλαδή έχομε μία μείωση της διήθησης κατά 44% . Στην συνέχεια υπολογίζομε την ταχύτητα διήθησης που βρίσκεται διαιρώντας την παροχή διήθησης με το εμβαδόν της διηθούμενης επιφάνειας, το οποίο είναι ίσο με την απόσταση των δύο γεφυρών επί το τυπικό πλάτος της ροής. Το πλάτος της ροής μεταβάλλεται από θέση σε θέση και αυξάνει με την παροχή. Σε πρώτη προσέγγιση (λαμβάνοντας υπ' όψιν την δυσκολία προσδιορισμού των παραμέτρων αυτών) υποθέτομε ότι για όλες τις παροχές των μετρήσεων που ελήφθησαν υπ' όψιν , που ήταν βασικά μικρότερες από 15 m³/s , το πλάτος της ροής περιορίζεται στη βαθιά κοίτη , για την οποία λαμβάνεται σταθερό πλάτος ίσο με 40 μέτρα . Τα στατιστικά στοιχεία του υπολογισμού της ταχύτητας διήθησης εμφανίζονται στον πίνακα 1 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 1				
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΙΤΑΡΗΣΙΟ (ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ ΚΑΙ ΓΕΦΥΡΑΣ ΠΡΟΣ ΚΟΥΤΣΟΧΕΡΟΥ)				
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΤΩΝ 1972 ΕΩΣ 1995				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΟ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΣΟΧΕΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΗΘΗΣΗ (MM/SEC)	ΜΕΣΗ ΔΙΗΘΗΣΗ (cm/day)
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	3,39	1,62	0,0035	30,8
MAX	23,38	19,82	0,023	199,4
MIN	0,02	0,00	0,00004	0,3
ST.DEV	3,99	3,28	0,0034	29,9
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΤΩΝ 1972 ΕΩΣ 1981				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΟ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΣΟΧΕΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΗΘΗΣΗ (MM/SEC)	ΜΕΣΗ ΔΙΗΘΗΣΗ (cm/day)
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	3,51	1,47	0,004	35,1
MAX	23,38	19,82	0,022	193,7
MIN	0,14	0,00	0,00028	2,4
ST.DEV	4,22	3,37	0,0031	27,1
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΤΩΝ 1991 ΕΩΣ 1995				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΟ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟ	ΠΑΡΟΧΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΣΟΧΕΡΟ	ΜΕΣΗ ΔΙΗΘΗΣΗ (MM/SEC)	ΜΕΣΗ ΔΙΗΘΗΣΗ (cm/day)
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	3,12	1,97	0,0024	21,1
MAX	13,74	12,55	0,023	199,4
MIN	0,02	0,00	0,00004	0,3
ST.DEV	3,45	3,03	0,00389	33,6

Παρατηρούμε ότι η μέση ταχύτητα διήθησης στο τμήμα του Τιταρήσιου μεταξύ γέφυρας Μεσοχωρίου και γέφυρας προς Κουτσόχερο για όλο το χρονικό διάστημα των ετών 1972 έως 1995 είναι 0.0035 mm/sec (περίπου 30.8 cm/sec) .Η διαχρονική μεταβολή στην διηθητικότητα φαίνεται από τον Πίνακα 1 . Τα τελευταία χρόνια (περίοδος 1991-1995) με παραπλήσιες παροχές (και αντίστοιχες εποχές) ,εμφανίζεται μείωση στην συνολική παροχή διήθησης. Συγκεκριμένα , για την περίοδο των ετών 1972 έως 1981 η μέση ταχύτητα διήθησης προέκυψε ίση με 0.004 mm/s περίπου, ενώ για το διάστημα 1991 έως 1995 προέκυψε ίση με 0.0024 mm/s, δηλαδή μειώθηκε η διηθητικότητα στο μισό.

Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην ανεξέλεγκτη αμμοληψία , στην άργιλο των μπαζών που έχουν εναποτεθεί η οποία κλείνει τους πόρους των χονδρόκοκκων αδρανών του ποταμού και στην μείωση (τεχνητώς ή φυσικώς) της διατομής κατάκλισης . Σημαίνει όμως συγχρόνως ότι έχει νόημα η κατασκευή έργων αύξησης της παροχής του εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα.

2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΥΝΑΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ-- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΤΙΤΑΡΗΣΙΟΥ

Δεδομένου του προβλήματος της πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, είναι χρήσιμο να υπολογισθούν κάποια άνω όρια της βελτίωσης που μπορεί να επιτευχθεί με μεθόδους επιφανειακής κατάκλισης. Είναι προφανές ότι η κατείσδυση από επιφανειακή κατάκλιση του ποταμού δεν μπορεί να ξεπεράσει την ποσότητα του νερού που ρέει μέσα στον Τιταρήσιο κατάντη της γέφυρας στο Μεσοχώρι. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε η βασική απορροή στη θέση της γέφυρας Μεσοχωρίου Q_B σε m^3/sec , ξεχωριστά για την καλοκαιρινή περίοδο του υδρολογικού έτους και για την χειμερινή.

Η μέση τιμή Q_B για χειμώνα είναι:

$$Q_B = 3,67 m^3/sec$$

Η μέση τιμή του Q_B για καλοκαίρι είναι:

$$Q_B = 1,14 m^3/sec$$

Συνεπώς βρίσκουμε ότι ο συνολικός όγκος νερού που απορρέει μετά τη γέφυρα Μεσοχωρίου είναι ετησίως 75 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού.

Από αυτά τα 75 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού το καλοκαίρι απορρέουν τα 17.7 εκατομμύρια και το χειμώνα τα 57.3 εκατομμύρια. Η κατείσδυση μαζί με την άντληση για άρδευση απορροφούν σχεδόν το 100% της καλοκαιρινής απορροής κατάντη του Μεσοχωρίου. Δηλαδή βασικά όλη η παροχή που περνά από τη γέφυρα στο Μεσοχώρι από Μάιο έως Οκτώβριο κατακρατείται μέχρι την νέα γέφυρα Τιναβίου, και βασικά η παροχή που φθάνει στον Αμπελών (που βρίσκεται κατάντη του Τιναβίου) τους μήνες αυτούς είναι μηδενική. Συνεπώς δεν υπάρχει τρόπος αύξησης της "καλοκαιρινής" διήθησης, λόγω ελλείψεως νερού. Η "χειμερινή" όμως διήθηση (μήνες Νοέμβριος έως Απρίλιος) επιδέχονται έργων αύξησης της διηθητικής ικανότητας. Αν δεχθούμε ότι λόγω της μείωσης της διηθητικότητας , η φυσική διήθηση αντιπροσωπεύει το 35% του όγκου του νερού που περνά από το Μεσοχώρι, τότε η φυσική διήθηση αντιπροσωπεύει άλλα 20 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού. Συνεπώς ο όγκος νερού που τώρα ρέει προς τα κατάντη του Τιναβίου είναι 37 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού. Συνεπώς ο όγκος των 37 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού είναι ο μέγιστος όγκος που μπορεί κανείς να σκεφθεί ότι με κατάλληλα έργα μπορεί να αυξήσει τα αποθέματα νερού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Αν υποθέσουμε ότι τα έργα εμπλουτισμού έχουν μία απόδοση της τάξεως των 70% , τότε ο πρόσθετος όγκος διήθησης θα είναι της τάξεως των 26 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού. Ενδεικτικά και τελείως απλουστευμένα , για να έχει ο αναγνώστης μία εικόνα της επίδρασης του όγκου αυτού στον υπόγειο αδρόκοκκο υδροφόρο ορίζοντα, υποθέτομε ότι τα 26 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού θα τροφοδοτήσουν τον υπόγειο υδροφορέα της κοίτης του Τιταρήσιου από το Μεσοχώρι ως την νέα γέφυρα Τίναβου , που έχει μήκος 22 χιλιόμετρα ,και υποτιθέμενο μέσο πλάτος 3 χιλιόμετρα . Αν το πορώδες του εδάφους είναι 30% , τότε η υπερύψωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα θα είναι της τάξεως $26000000/(22000*3000*0.3)=1.3$ μέτρα . Συνεπώς, με την προϋπόθεση ότι ο σημερινός υδροφόρος ορίζοντας έχει σταθεροποιηθεί για την σημερινή άντληση των υφισταμένων γεωτρήσεων , και ότι δεν θα αυξηθεί ο αντλούμενος όγκος από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα θα ανέρχεται κατά 1.3 μέτρα ετησίως και συνεπώς θα χρειασθούν μερικά έτη συνεπούς πολιτικής εμπλουτισμού και προστασίας της διηθητικότητας για να φανούν τα αποτελέσματα ανόδου της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.

3 ΕΡΓΑ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ

Ο εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα μέσα από τον Τιταρήσιο αυξάνει με την αύξηση του βάθους του νερού πάνω από την κοίτη του, με το πλάτος και μήκος κατάκλισης. Συνεπώς για αποτελεσματικότερη διήθηση και εμπλουτισμό απαιτείται η κατασκευή έργων εγκάρσια στη ροή του ποταμού, ώστε να δημιουργηθεί ο αναγκαίος χώρος κατάκλισης. Η κατασκευή μόνιμου αναβαθμού εξυπηρετεί μόνο μερικώς την σκοπιμότητα αυτή. Και αυτό γιατί πολύ γρήγορα ο αναβαθμός θα πληρωθεί με φερτά, κυρίως χονδρόκοκκη άμμο που λόγω της μεγάλης διαπερατότητας της συγκρατεί αρκετό νερό και συμβάλει στην διήθηση στους υπόγειους υδροφορείς. Είναι όμως προφανές ότι η αποτελεσματικότητα του μόνιμου, πεπληρωμένου με φερτά αναβαθμού είναι μειωμένη μπροστά στη απόδοση ενός ιδανικού αναβαθμού που δεν θα γέμιζε ποτέ με φερτά. Η δυνατότητα αυτή της κατασκευής του ιδανικού αναβαθμού με στόχο τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα έχει γίνει δυνατή την τελευταία δεκαετία με την τεχνολογία των "inflated rubber dams", που θα τα ονομάσουμε φουσκωτά φράγματα. Τα φράγματα αυτά αποτελούνται από ένα σωλήνα κλειστό στις δύο άκρες από ειδικό ελαστικό, ο οποίος μπορεί να φουσκώνει ή να ξεφουσκώνει (με αέρα ή με νερό), ανάλογα με τις επιθυμίες μας, με κάποιο εύχρηστο μηχανισμό. Ο σωλήνας αυτός προσαρμόζεται σε μία βάση από μπετόν που διατρέχει εγκάρσια τον ποταμό (π.χ. στην υφιστάμενη ράμπα ανάντη του Τίρναβου), και μπορεί να έχει διάμετρο από 0.6 έως 6 μέτρα, δημιουργώντας ένα αναβαθμό αντίστοιχου ύψους.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα του ιδιότυπου αυτού φράγματος είναι τα παρακάτω:

- δημιουργείται ένας ταμιευτήρας νερού που επιταχύνει σημαντικά την διήθηση του νερού.
- όταν συσσωρεύονται φερτά ανάντη του φουσκωτού φράγματος, τότε το ξεφουσκώνουμε (επιλέγοντας ημέρες με μεγάλες βροχοπτώσεις και απορροές), οπότε τα φερτά παρασύρονται προς τα κατόντη, αφήνοντας την κοίτη του ποταμού ανάντη του φράγματος στη φυσική της κατάσταση.
- το φουσκωτό φράγμα δεν αυξάνει το βάθος της ροής σε μεγάλη πλημμύρα και συνεπώς δεν αυξάνει τον κίνδυνο υπερχειλίσης των αναχωμάτων, όπως συμβαίνει με τους κλασσικούς αναβαθμούς. Αυτό επιτυγχάνεται αυτόματα οπότε το φουσκωτό φράγμα, γιατί διαθέτει πιεσόμετρο, και ξεφουσκώνει αυτόματα όταν αντιληφθεί ότι το βάθος της ροής ανάντη αρχίζει να αυξάνει με τρόπο που υποδηλώνει την εμφάνιση πλημμύρας.

Για τα παραπάνω ευεργετικά τους αποτελέσματα, τα φουσκωτά φράγματα έχουν βρει διεθνώς τεράστια εφαρμογή δημιουργώντας αναβαθμούς για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής έχουν τοποθετηθεί πάνω από 1400 φουσκωτά φράγματα για τον σκοπό αυτό. Η φωτογραφία 1 δείχνει το φουσκωτό φράγμα στο Fremont της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ, μήκους 89 μέτρων και ύψους 4 μέτρων, με στόχο τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Προτείνεται να τοποθετηθεί ένα φουσκωτό φράγμα ακριβώς ανάντη της υφιστάμενης ράμπας ανάντη του Τίρναβου. Το φουσκωτό θα εγκιβωτισθεί σε μία νέα ράμπα με πλευρικά πτερύγια και θα έχει πλάτος 50 μέτρα, και ύψος 1.0 μέτρο. Το μήκος της λεκάνης που θα κατακλύζεται προς τα ανάντη θα είναι περίπου 400 μέτρα, με τυπικό πλάτος 120 μέτρα. Με κατάλληλη διαμόρφωση της κοίτης το πλάτος αυτό μπορεί να αυξηθεί για να μεγαλώσει η επιφάνεια κατάκλισης. Η εκτιμώμενη παροχή διήθησης στην λεκάνη αυτή εκτιμάται με τον εξής τρόπο. Πρώτα, θεωρώντας την μέση τιμή διήθησης που βρέθηκε από τις μετρήσεις στις γέφυρες προς Κουτσόχερο και γέφυρα Τίρναβου, δηλαδή λαμβάνοντας μία μέση τιμή 0.003 mm/s. Βρίσκομε τυπική παροχή διείσδυσης $0.003 \cdot 400 \cdot 120 / 1000 = 0.216$ κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο. Για ένα χρόνο λειτουργίας του φράγματος (με 10 μήνες υδροφόρους) βρίσκομε ότι θα συγκρατηθούν περίπου 5.5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού. Για 20 χρόνια λειτουργίας θα συγκρατηθεί 111 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού. Το κόστος του φράγματος αυτού εκτιμάται σε 65 εκατομμύρια δραχμές. Για διάρκεια ζωής 20 χρόνια, και κατ'επίμνηση έξοδα συντήρησης για την εικοσαετία 45 εκατομμύρια, εκτιμάται ότι το κόστος του αποθηκευμένου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα σε σημερινές τιμές είναι $110/111 = 1$ δραχμή περίπου ανά κυβικό μέτρο νερού, τιμή που είναι αρκετά ικανοποιητική.

Μία άλλη θέση που θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένα φουσκωτό φράγμα μήκους 120 μέτρων και ύψους 1.2 μέτρου είναι η υφιστάμενη παλαιά γέφυρα. Η θέση αυτή ενδείκνυται γιατί

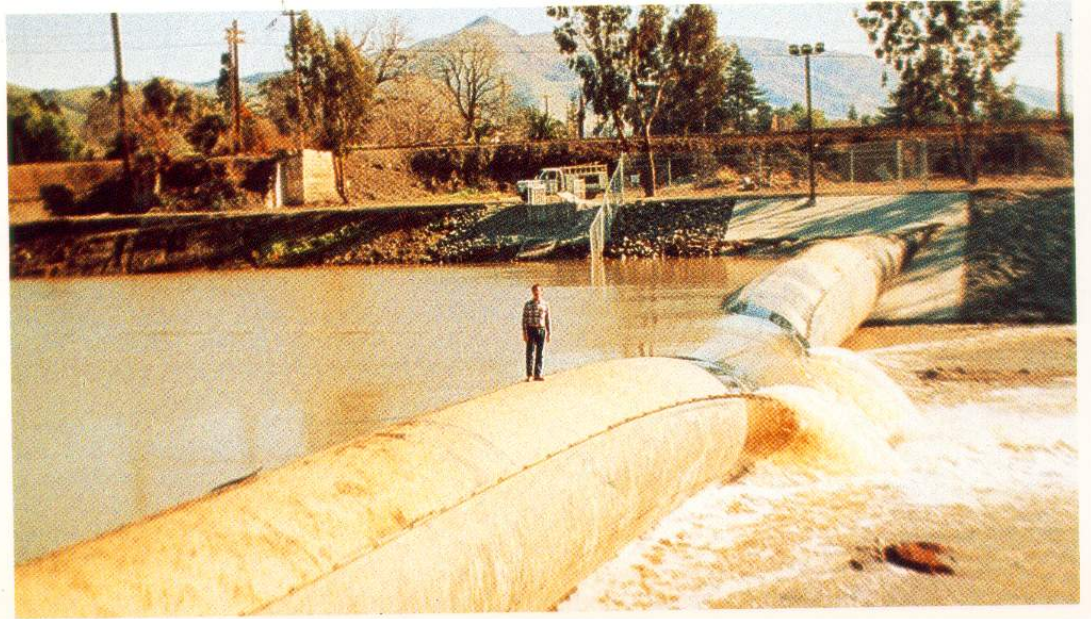
- μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την στήριξη του φουσκωτού η υφιστάμενη γέφυρα .
- με την υφιστάμενη τοπογραφική αποτύπωση και με ύψος φουσκωτού φράγματος 1.2 μέτρα, κατακλύζεται η βαθιά (κύρια κοίτη) μέχρις και περίπου ένα χιλιόμετρο ανάντη . Το πλάτος της κατάκλισης περιορίζεται όσο απομακρυνόμεθα προς τα ανάντη του φράγματος. Με κατάλληλη συντήρηση της επιφάνειας (π.χ. ετήσια διαμόρφωση της κοίτης) , εκτιμούμε ότι το συνολικό εμβαδόν κατάκλισης θα προσεγγίζει τα 150000 τετραγωνικά μέτρα.

Η παροχή διήθησης εκτιμάται σε $Q=0.007*150000= 1.05$ κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο, τιμή που για ένα έτος (8 μήνες με απορροή ανώτερη από 1 κυβικό μέτρο) δίνει συνολικό όγκο 21 εκατομμύρια περίπου κυβικά μέτρα νερού. Για λειτουργία εικοσαετή , ο συνολικός όγκος που θα αποθηκευθεί είναι 420 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού.

Μπορούμε τώρα να εξετάσουμε δύο σενάρια εφαρμογής της τεχνολογίας των φουσκωτών φραγμάτων . Κατά το πρώτο σενάριο το φουσκωτό φράγμα καλύπτει όλη την έκταση από την μία όχθη έως την άλλη , δηλαδή έχει μήκος 140 μέτρα και το κόστος του είναι υψηλό , εκτιμάται σε 200 εκατομμύρια δραχμές .Με εκτιμώμενα έξοδα συντήρησης περίπου 100 εκατομμύρια για είκοσι χρόνια , βρίσκουμε κόστος νερού που αποθηκεύεται ίσο με 0.7 δραχμές ανά κυβικό μέτρο.

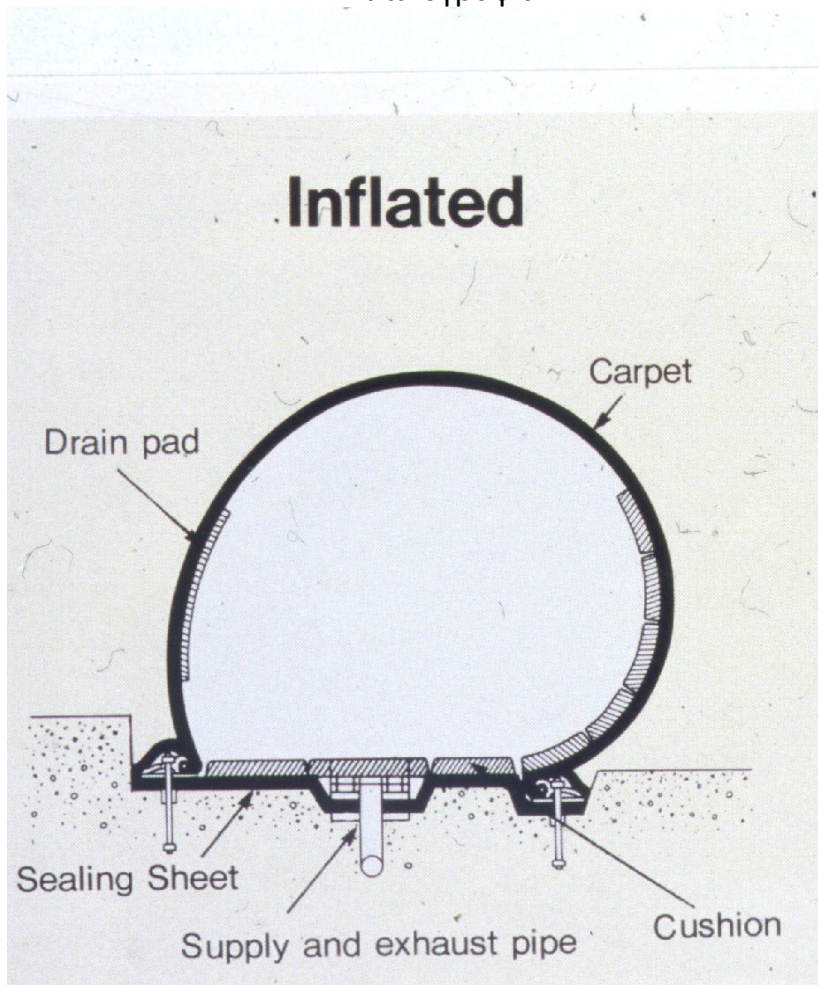
Κατά το δεύτερο σενάριο , το φουσκωτό φράγμα καλύπτει μόνο το μεσαίο φάτνωμα της γέφυρας, θα έχει δηλαδή μήκος 14 μόνο μέτρα, ενώ το υπόλοιπο τμήμα του ανοίγματος θα κλείσει με πρόχειρο χαμηλό φράγμα από λεπτή άμμο (ύψος 1.5 μέτρο) , χωρίς καμία πρόσθετη προστασία. Στις χαμηλές παροχές του ποταμού ,που είναι η συνηθισμένη περίπτωση, ο έλεγχος της στάθμης και της παροχής θα γίνεται από το φουσκωτό. Αν όμως εμφανισθεί μεγάλη πλημμύρα , που δεν μπορεί να περάσει μόνο από το μεσαίο φάτνωμα , τότε η ροή θα υπερχειλίσει και το νερό θα περάσει πάνω από το χωμάτινο προσωρινό φράγμα το οποίο θα το καταστρέψει και συνεπώς θα είναι όλη η διατομή διαθέσιμη για την διέλευση της πλημμυρικής παροχής, και έτσι αποφεύγεται η οποιαδήποτε αρνητική επίπτωση αύξησης του βάθους νερού. Το κόστος της λύσης αυτής είναι σημαντικά φθηνότερο. Εκτιμώμενο κόστος της λύσης αυτής για φουσκωτό φράγμα ύψους 1.2 μέτρα είναι 25 εκατομμύρια

Μία τρίτη θέση για την εγκατάσταση φουσκωτού φράγματος είναι η νέα γέφυρα του Τιρνάβου .Η θέση αυτή ενδείκνυται γιατί με την υφιστάμενη τοπογραφική αποτύπωση και με ύψος φουσκωτού φράγματος 2.5 μέτρα, κατακλύζεται η βαθιά (κύρια κοίτη) μέχρις και περίπου ένα χιλιόμετρο ανάντη , περνώντας και στα ανάντη της παλαιάς γέφυρας . Σε περίπτωση που επιλεγεί ως θέση κατασκευής έργου (φράγματος) εμπλουτισμού η νέα γέφυρα , δεν θα κατασκευασθεί φράγμα στη παλαιά γέφυρα . Με κατάλληλη συντήρηση της επιφάνειας (π.χ. ετήσια διαμόρφωση της κοίτης) , εκτιμούμε ότι το συνολικό εμβαδόν κατάκλισης θα προσεγγίζει τα 200000 τετραγωνικά μέτρα. Η παροχή διήθησης εκτιμάται σε $Q=0.007*200000= 1.4$ κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο, τιμή που για ένα έτος (8 μήνες με απορροή ανώτερη από 1 κυβικό μέτρο) δίνει συνολικό όγκο 28 εκατομμύρια περίπου κυβικά μέτρα νερού. Το φουσκωτό φράγμα θα καλύπτει ένα μικρό μόνο μέρος του ανοίγματος, της τάξεως των 15 μέτρων, ενώ το υπόλοιπο τμήμα του ανοίγματος θα κλείσει με πρόχειρο χαμηλό φράγμα από λεπτή άμμο (ύψος 1.5 μέτρο) , χωρίς καμία πρόσθετη προστασία. Το κόστος της λύσης αυτής για φουσκωτό φράγμα ύψους 2.5 μέτρα είναι 70 εκατομμύρια



IRRIG XAR

ΦΟΥΣΚΩΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΣΤΟ FREMONT ΤΗΣ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΣ ΤΩΝ ΗΠΑ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ . ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΕΧΕΙ ΜΗΚΟΣ 89 ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΥΨΟΣ 4 ΜΕΤΡΑ
Φωτογραφία 1



Φωτογραφία 2 Ενδεικτική τομή φουσκωτού φράγματος που τοποθετείται εγκάρσια στην κοίτη για την αύξηση της διήθησης-τεχνητού εμπλουτισμού.



Φωτογραφία 3 Στάδιο κατασκευής του φουσκωτού φράγματος