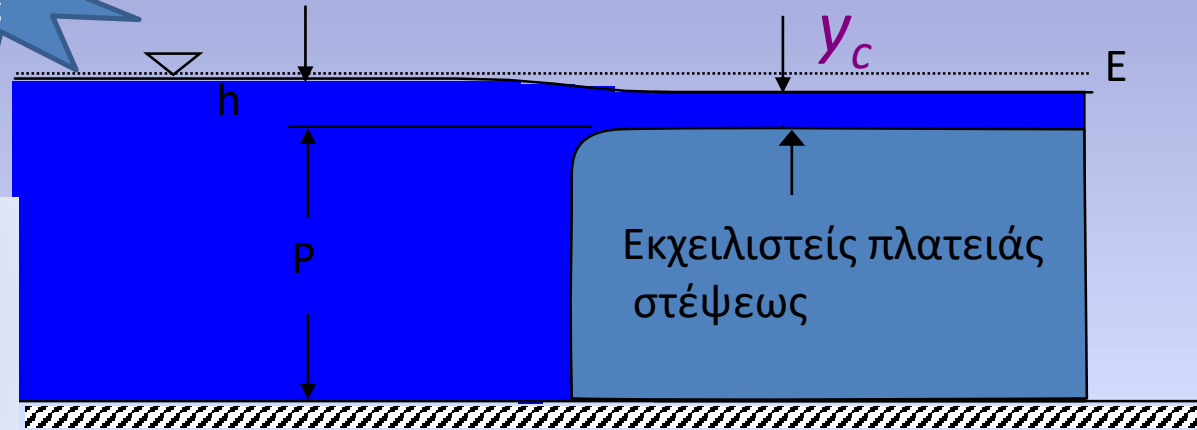


Εκχειλιστείς πλατειάς στέψεως επανάληψη

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$



Περισσότερο ακριβής σχέση , χωρίς απώλειες και με τις συνήθεις παραδοχές της Υδραυλική

$$Q = b\sqrt{g} \left(\frac{2}{3} \right)^{3/2} E_c^{3/2}$$

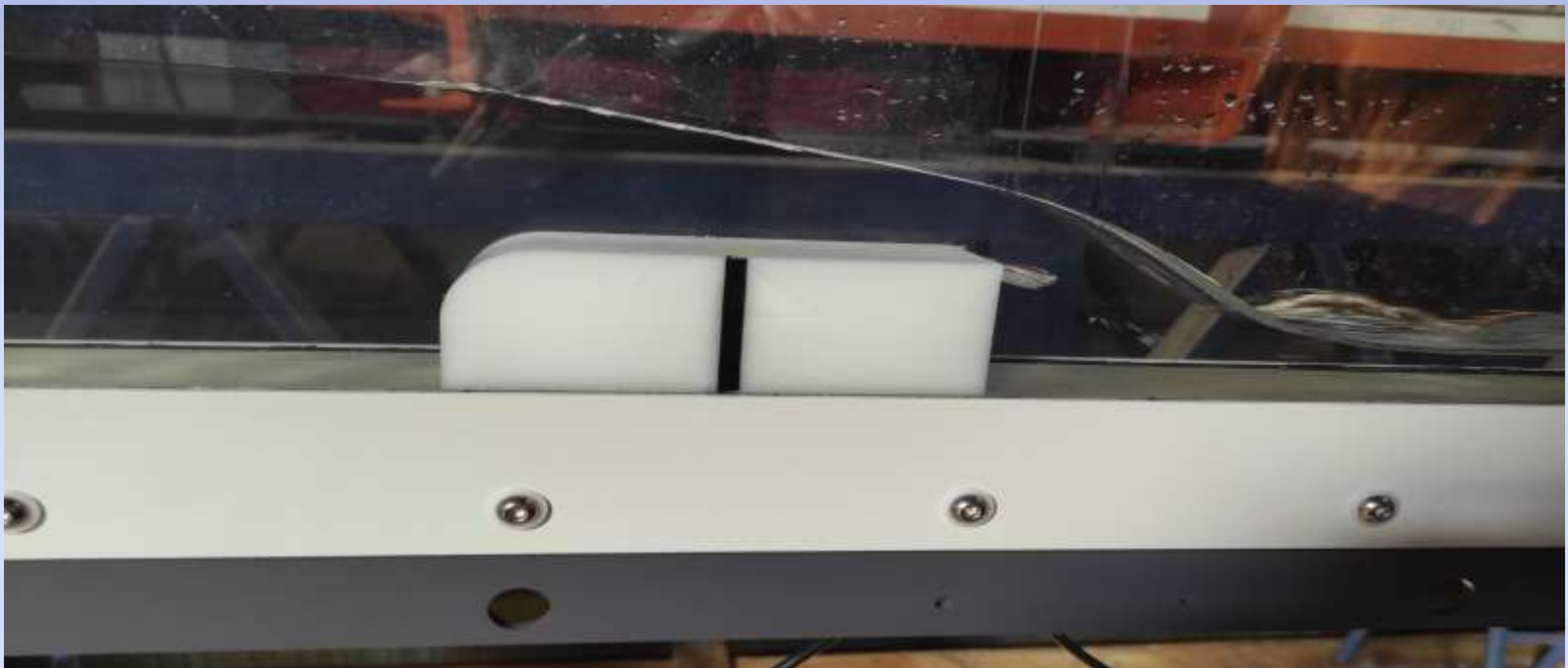
λιγότερο ακριβής σχέση , με τις προηγούμενες παραδοχές + αμελητέα κινητική ενέργεια στην αρχική θέση:

$$Q = (C)b\sqrt{g} \left(\frac{2}{3} h \right)^{3/2}$$

E από το πυθμένα του εκχειλιστή

C_d συντελεστής με βάση το H (βιβλιογραφικά από πειράματα)

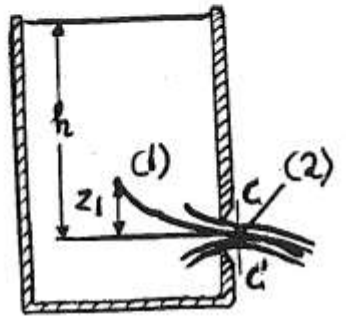
Εκχειλιστής Πλατιάς Στέψης



Διπλωματική,
Γεωργοπούλου

Συμπεράσματα: Προκύπτουν δύο σχέσεις
προσδιορισμού της παροχής που αν και
βασισθήκαμε στην εμφάνιση κρίσιμων
συνθηκών ροής, εμφανίζεται μόνο το βάθος
ροής ανάντη (πριν) τον υπερχειλιστή μείον το
ύψος του υπερχειλιστή!!!

Ροή δια μέσου ορομίων



Εκροή από οπή
Εξίσωση Bernoulli

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + 0$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} \Rightarrow h = \frac{u_2^2}{2g} \Rightarrow \boxed{u_2 = \sqrt{2gh}} \text{ ιδεατή τιμή}$$

Πραγματική τιμή της ταχύτητας:

$$\boxed{u_2 = C_v \sqrt{2gh}}$$

Πραγματική τιμή της ταχύτητας:

$$u_2 = C_v \sqrt{2gh}$$

C_v = συντελεστής ταχύτητας (λόγος πραγματικής προς την ιδεατή ταχύτητα)

$$Q = u_2 A_2$$

$$A_2 = C_c A_{\text{στομ.}}$$

C_c : συντελεστής σύγκλισης

$$Q = C_v \sqrt{2gh} C_c A_{\text{στομ.}}$$

$$C_d = C_v C_c \Rightarrow Q = C_d \sqrt{2gh} A_{\text{στομ.}}$$

C_d : συντελεστής παροχής

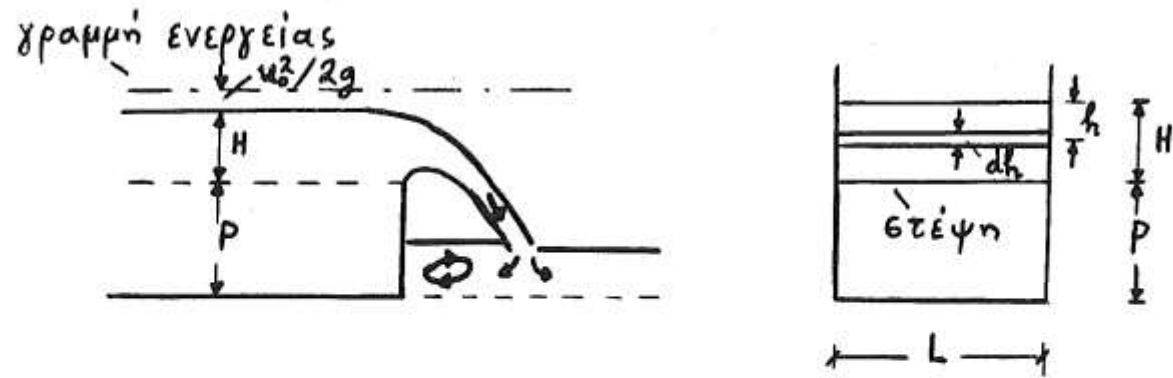
$$Q = C_d Q_{\text{ιδεατό}}$$

Χρήση συντελεστών

Ορθ. Εκχειλιστές λεπτής στέψης

Ορθογωνικοί εκχειλιστές (λεπτής στέψης)

39

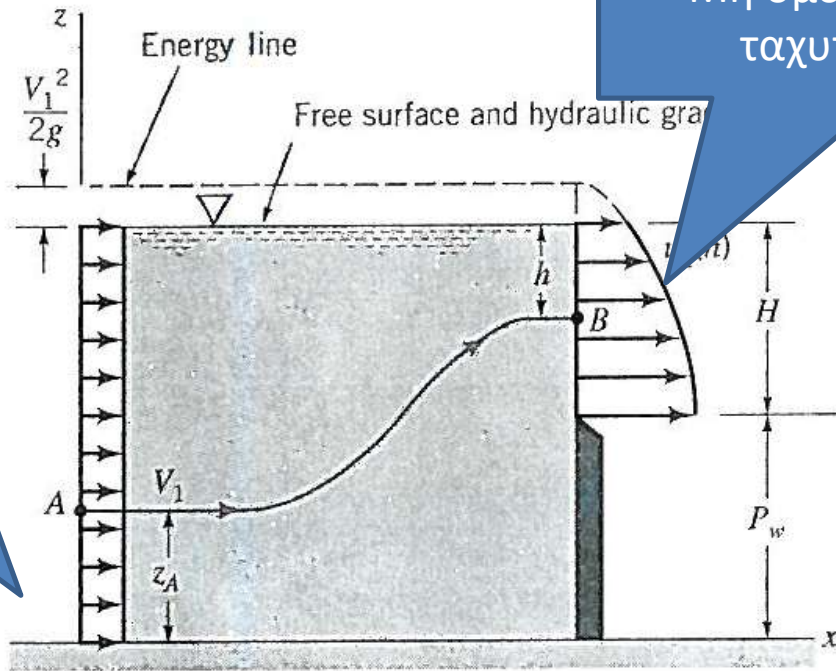


- Μέτρηση της παροχής
- Προηγουμένως μέτρηση του ύψους H σε μία απόσταση από τη στέψη τουλάχιστον $4H$
- Μήκος της στέψης = Πλάτος του ανοικτού αγωγού

Εκχειλιστές λεπτής στέψης

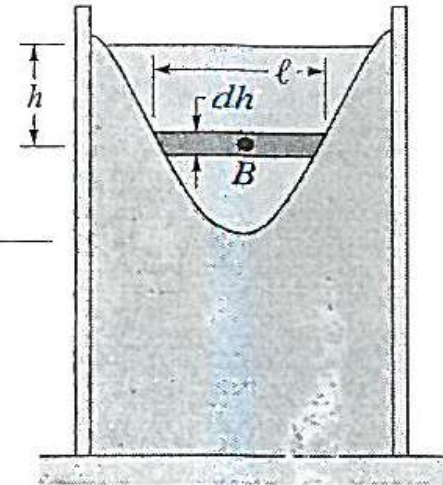
Ορθ. Εκχειλιστές **λεπτής στέψης**

- Δεν ισχύει η προσέγγιση κρίσιμου βάθους
- Το «1%» σε αυτό το εξαμηνιαίο μάθημα που δεν ισχύει η προσέγγιση της σταθερής ταχύτητας καθ' ύψος της διατομής
- Στη διατομή της στέψεως ατμοσφαιρική πίεση
- Εξίσωση ενέργειας χωρίς απώλειες (Bernoulli) κατά μήκος μιας γραμμής ροής (ταχύτητα εφαπτόμενη, μόνιμη ροή γραμμής ροής και τροχιά ταυτίζονται) → ταχύτητα στομίου
- Παροχή: Με ολοκλήρωση κατά μήκος του εκχειλιστή



Μη ομοιόμορφο προφίλ ταχυτήτων στον εκχ.

Μόνιμη ροή, γραμμή ροής και τροχιές συμπίπτουν Εξ. Ενέργειας κατά μήκος γραμμής ροής



θέση

$$\frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_A = (H + P_w - h) + \frac{u_2^2}{2g}$$

Πίεση= ατμοσφαιρική

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_1 + \frac{\rho g h_1}{\rho g} = H + P_w = \text{ολ. ύψος}$$

$$H + P_w + \frac{V_1^2}{2g} = H + P_w - h + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2g \left(\frac{V_1^2}{2g} + h \right)} \approx \sqrt{2gh}$$

$$dA = L dh$$

$$dQ = u dA$$

$$dQ = \sqrt{2gh} L dh$$

$u = \sqrt{2gh}$: ιδανική ταχύτητα, όταν $u_0 \approx 0$

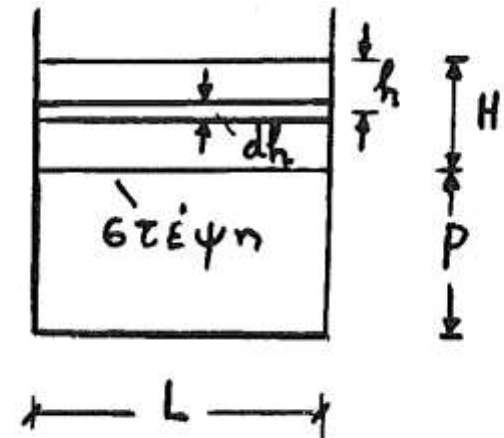
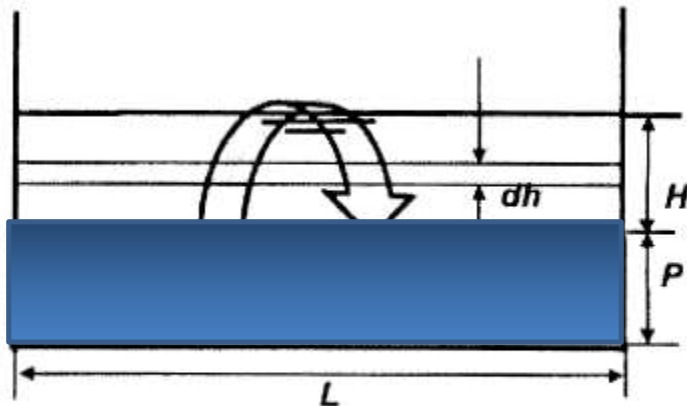
$$dQ = L \sqrt{2g} h^{1/2} dh$$

$$Q_i = L \sqrt{2g} \int_0^H h^{1/2} dh$$

$$Q_i = \frac{2L}{3} \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Προηγούμενη
διαφάνεια

Q_i : ιδανική παροχή



Σχήμα 9.20 Ροή υπεράνω ορθογωνικού εκχειλιστού. Εκ των κατάντη όψις

Ορθ. Εκχειλιστής λεπτής στέψεως

$$Q = C_d Q_i = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} L H^{3/2}$$

Q : πραγματική παροχή

C_d : συντελεστής παροχής

απώλειες ενέργειας λόγω τριβών, σύγκλιση του στρώματος νερού

Εμπειρική σχέση (βάσει πειραμάτων):

$$C_{o\lambda} = 0.605 + 0.08 \frac{H}{p} + 0.001 \frac{1}{H}, \quad \frac{H}{p} \leq 5$$

Μη αμελητέο ύψος κινητικής ενέργειας στο (1)

$$Q = \sqrt{2g} b \int_0^H \left(h + \frac{V_1^2}{2g} \right)^{1/2} dh$$

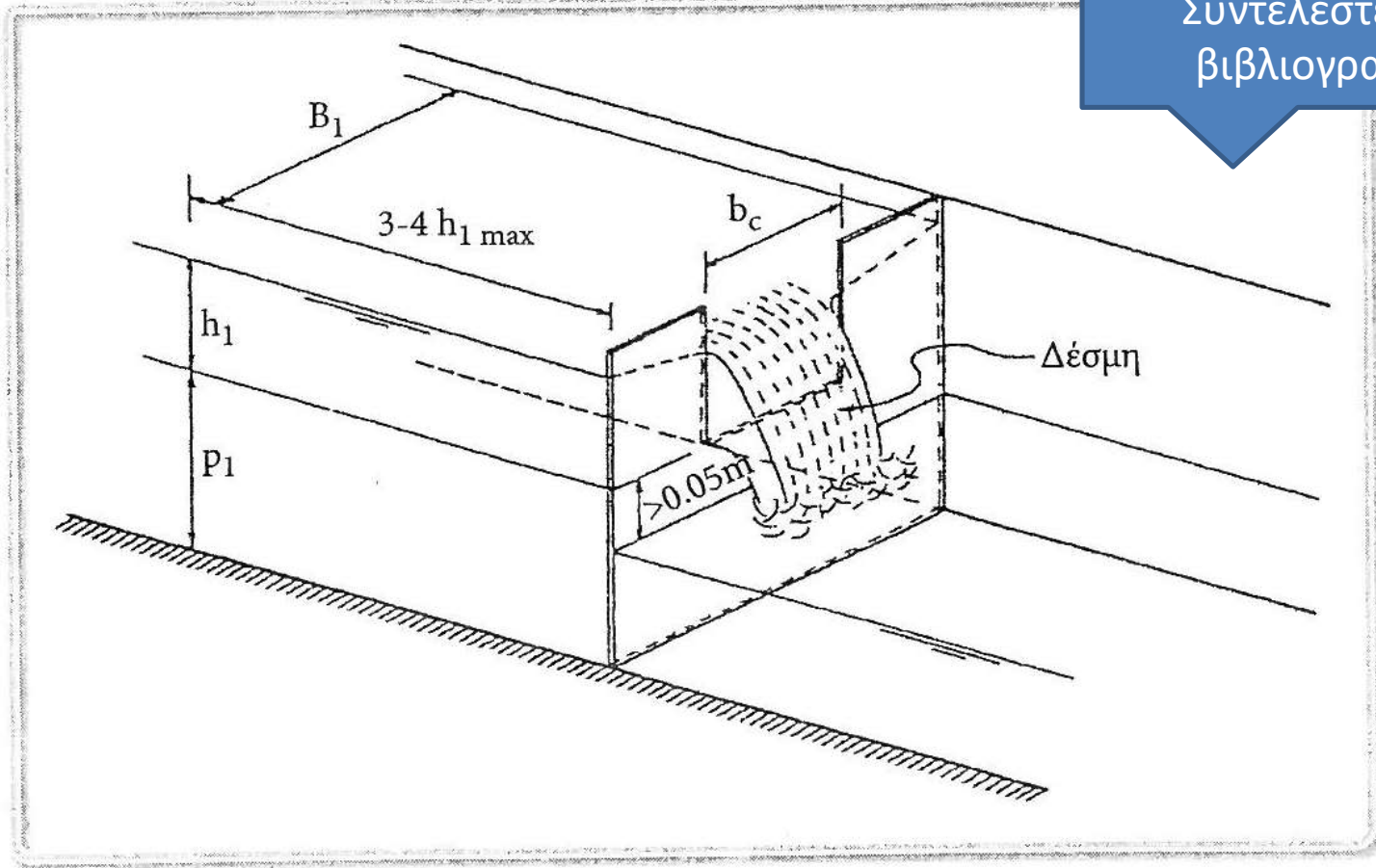
$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} b \left[\left(H + \frac{V_1^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{V_1^2}{2g} \right)^{3/2} \right]$$

Πρίνος, 2013

Μη πλήρης διατομή
στέψεως

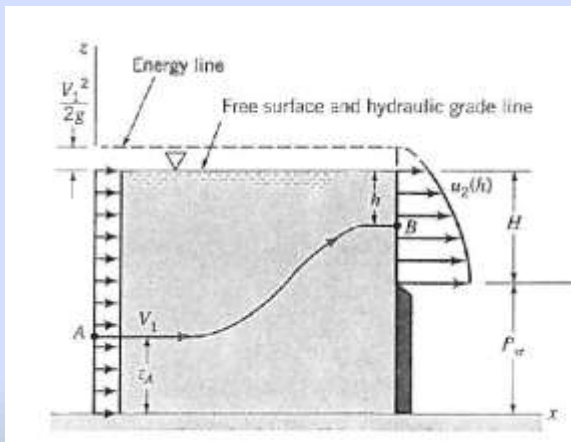
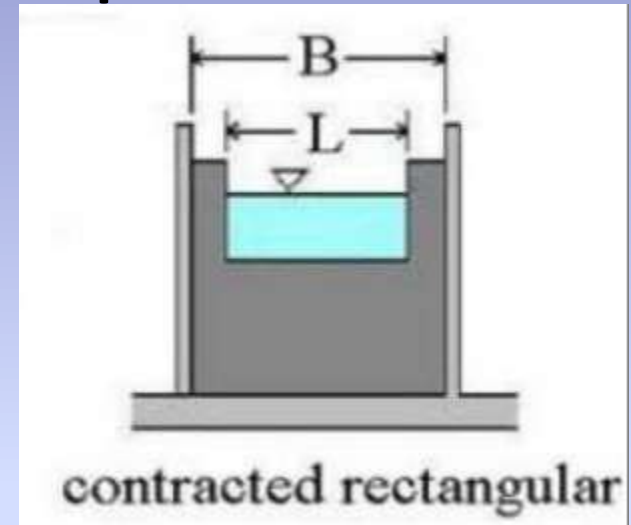
Εκχειλιστής με πλευρική
συστολή

Συντελεστές από
βιβλιογραφία...



Λεπτής στέψεως ορθ. Εκχειλιστής με πλευρική συστολή

- Μεθοδολογία Kindsvater & Carter (1957)



Μέτρηση
συναρτησης του
 H
(ανάντη του
εκχειλιστή)
Υπάρχει μία
καμπύλωση που
δεν δείχνει το
σχήμα

Kindsvater και Carter

Αρχικά λαμβάνεται ο τύπος της παροχής κατά Kindsvater και Carter ο οποίος όπως φαίνεται και παραπάνω είναι ο εξής:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} * Cde * Le * He^{3/2}$$

Ύστερα λύνοντας τον ως προς τον διορθωτικό συντελεστή Cde , προκύπτει η παρακάτω σχέση:

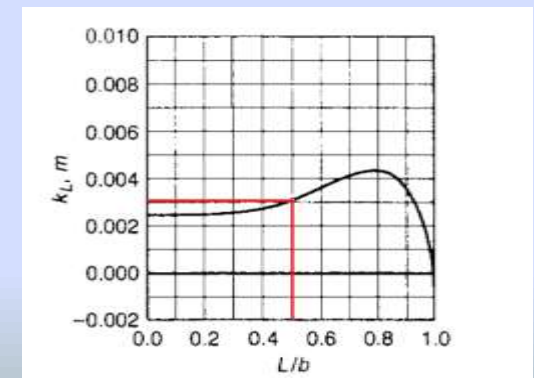
$$Cde = \frac{3 * Q}{2 * \sqrt{2 * g} * Le * He^{3/2}}$$

Στον τύπο αυτό υπάρχουν κάποιοι άγνωστοι όπως είναι οι Le και He .

$$Le = L + K_L \quad He = H + K_H$$

- Το K_H ισούται με 0,001 (0,003ft)

L/b	Cde
1	0.602 + 0.075 H/P
0.9	0.599 + 0.064 H/P
0.8	0.597 + 0.045 H/P
0.7	0.595 + 0.030 H/P
0.6	0.593 + 0.018 H/P
0.5	0.592 + 0.011 H/P
0.4	0.591 + 0.0058 H/P
0.3	0.590 + 0.0020 H/P
0.2	0.589 - 0.0018 H/P
0.1	0.588 - 0.0021 H/P
0	0.587 - 0.0023 H/P



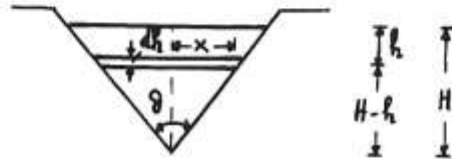


Εικόνα 2.8 Ορθογωνικός υπερχειλιστής τοποθετημένος μέσα στον ανοιχτό αγωγό

Στην Εικόνα 2.8 φαίνεται ο ορθογωνικός υπερχειλιστής λεπτής στέψης τοποθετημένος μέσα στον ανοιχτό αγωγό, λίγη ώρα πριν ξεκινήσει η διαδικασία των πειραμάτων.

Τριγωνικοί εκχειλιστές

- Οι ορθογωνικοί εκχειλιστές δεν είναι κατάλληλοι για τη μέτρηση πολύ μικρών παροχών.



$$dQ = C_d \sqrt{2gh} \, dA$$

$$dA = 2x \, dh$$

$$x = (H-h) \cot \frac{\theta}{2}$$

$$Q = C_d 2\sqrt{2g} \cot \frac{\theta}{2} \int_0^H (H-h) h^{1/2} dh$$

$$Q = C_d \frac{8}{15} \sqrt{2g} \cot \frac{\theta}{2} H^{5/2}$$

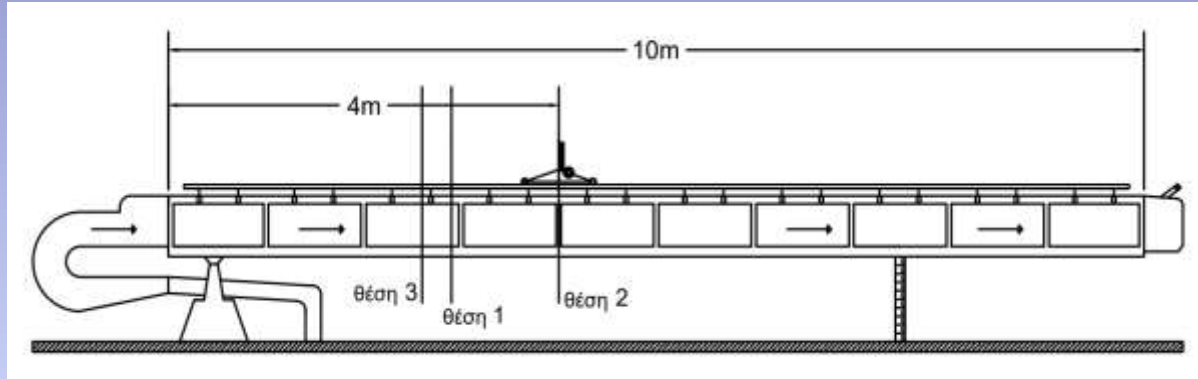
$$Q = KH^{5/2}$$

- Διάγραμμα (βάσει πειραμάτων): $C_d = f(H, \theta)$

Σε σχέση με τον ορθ εκλ.
Διαφέρει μόνο το dA

0.58-0.62 για
φωνία έως
45°
διάγραμμα

- Κατά την πειραματική μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο εργαστηριακός εξοπλισμός όπως φαίνεται παρακάτω:



Αναπαράσταση πειραματικού αγωγού με τα χαρακτηριστικά του

Διπλωματική, Χωματάς

- Για την εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε ο κάτωθι τριγωνικός εκχειλιστής λεπτής στρώσεως



Λεπτής στέψεως τριγωνικού Εκχειλιστή

- Μεθοδολογία Kindsvater & Carter (1957)

Για να εφαρμοστεί αυτή η εξίσωση τόσο σε πλήρως όσο και σε μερικώς συστολικούς εκχειλιστές με απότομη κορυφογραμμή, τροποποιείται σε μια μορφή που προτάθηκε από τους Kindsvater και Carter (1959),

- $Q = C_d * 8/15 * \tan(\theta/2) * \sqrt{(2g)} * h_{e0}^{5/2}$

• όπου θ ισούται με τη γωνία που αναπτύσσεται μεταξύ των πλευρών της εγκοπής και η μεταβλητή h_{e0} ισοδυναμεί με $h + K_h$, και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως h είναι η διαφορά στάθμης νερού ανάντη και στέψης του εκχειλιστή και K_h ο διορθωτικός παράγοντας για τον υπολογισμό του h .

Table 5.4 Discharges for V-notch sharp-crested weirs for heads in metres (adapted from ISO/TC 113/GT 2 (France-10) 1971)

Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec			
metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°
0.050	0.803	0.406	0.215	0.100	4.420	2.249	1.161	0.150	12.066	6.130	3.140	0.200	24.719	12.506	6.379
0.051	0.843	0.427	0.225	0.101	4.530	2.305	1.190	0.151	12.267	6.231	3.192	0.201	25.208	12.662	6.458
0.052	0.884	0.448	0.236	0.102	4.641	2.362	1.219	0.152	12.471	6.334	3.245	0.202	25.339	12.819	6.537
0.053	0.926	0.469	0.247	0.103	4.754	2.420	1.249	0.153	12.676	6.437	3.297	0.203	25.652	12.977	6.617
0.054	0.970	0.491	0.259	0.104	4.869	2.478	1.278	0.154	12.883	6.542	3.350	0.204	25.969	13.136	6.698
0.055	1.015	0.514	0.271	0.105	4.985	2.537	1.309	0.155	13.093	6.648	3.404	0.205	26.288	13.296	6.780
0.056	1.061	0.537	0.283	0.106	5.103	2.598	1.339	0.156	13.304	6.755	3.458	0.206	26.610	13.457	6.862
0.057	1.108	0.561	0.295	0.107	5.222	2.659	1.371	0.157	13.517	6.863	3.513	0.207	26.934	13.620	6.944
0.058	1.156	0.586	0.308	0.108	5.344	2.720	1.402	0.158	13.732	6.971	3.568	0.208	27.261	13.784	7.026
0.059	1.206	0.611	0.321	0.109	5.467	2.783	1.434	0.159	13.950	7.081	3.624	0.209	27.590	13.949	7.111
0.060	1.257	0.637	0.334	0.110	5.592	2.847	1.466	0.160	14.169	7.192	3.680	0.210	27.921	14.115	7.196
0.061	1.309	0.663	0.348	0.111	5.719	2.911	1.499	0.161	14.391	7.304	3.737	0.211	28.254	14.282	7.281
0.062	1.362	0.691	0.362	0.112	5.847	2.976	1.533	0.162	14.614	7.417	3.794	0.212	28.588	14.450	7.366
0.063	1.417	0.718	0.376	0.113	5.977	3.042	1.566	0.163	14.840	7.531	3.852	0.213	28.924	14.620	7.453
0.064	1.473	0.747	0.391	0.114	6.108	3.109	1.601	0.164	15.067	7.646	3.911	0.214	29.264	14.794	7.539
0.065	1.530	0.776	0.406	0.115	6.242	3.177	1.635	0.165	15.297	7.762	3.969	0.215	29.607	14.964	7.627
0.066	1.588	0.806	0.421	0.116	6.377	3.246	1.670	0.166	15.529	7.879	4.029	0.216	29.953	15.138	7.715
0.067	1.648	0.836	0.437	0.117	6.514	3.315	1.706	0.167	15.763	7.998	4.089	0.217	30.301	15.313	7.803
0.068	1.710	0.867	0.453	0.118	6.653	3.386	1.742	0.168	15.999	8.117	4.149	0.218	30.651	15.489	7.893
0.069	1.772	0.899	0.470	0.119	6.793	3.457	1.778	0.169	16.237	8.237	4.210	0.219	31.004	15.666	7.982
0.070	1.836	0.932	0.486	0.120	6.935	3.529	1.815	0.170	16.477	8.358	4.272	0.220	31.359	15.844	8.073
0.071	1.901	0.965	0.503	0.121	7.079	3.602	1.853	0.171	16.719	8.481	4.334	0.221	31.717	16.024	8.164
0.072	1.967	0.999	0.521	0.122	7.224	3.667	1.891	0.172	16.964	8.604	4.397	0.222	32.077	16.204	8.255
0.073	2.035	1.033	0.539	0.123	7.372	3.731	1.929	0.173	17.210	8.728	4.460	0.223	32.439	16.386	8.347
0.074	2.105	1.069	0.557	0.124	7.522	3.827	1.968	0.174	17.459	8.854	4.524	0.224	32.803	16.570	8.441
0.075	2.176	1.105	0.575	0.125	7.673	3.904	2.007	0.175	17.709	8.980	4.588	0.225	33.168	16.754	8.535
0.076	2.248	1.141	0.594	0.126	7.827	3.982	2.046	0.176	17.963	9.108	4.653	0.226	33.535	16.940	8.629
0.077	2.322	1.179	0.613	0.127	7.982	4.060	2.086	0.177	18.219	9.237	4.718	0.227	33.907	17.127	8.724
0.078	2.397	1.217	0.633	0.128	8.139	4.140	2.127	0.178	18.478	9.367	4.784	0.228	34.282	17.315	8.819
0.079	2.473	1.256	0.653	0.129	8.298	4.220	2.168	0.179	18.738	9.497	4.851	0.229	34.659	17.504	8.915
0.080	2.551	1.296	0.673	0.130	8.458	4.302	2.209	0.180	19.001	9.629	4.918	0.230	35.039	17.695	9.011
0.081	2.630	1.336	0.694	0.131	8.621	4.384	2.251	0.181	19.265	9.762	4.986	0.231	35.421	17.886	9.108
0.082	2.710	1.377	0.715	0.132	8.785	4.467	2.294	0.182	19.531	9.896	5.054	0.232	35.806	18.079	9.207
0.083	2.792	1.419	0.737	0.133	8.951	4.551	2.337	0.183	19.800	10.032	5.122	0.233	36.199	18.274	9.306
0.084	2.876	1.462	0.759	0.134	9.119	4.636	2.380	0.184	20.071	10.168	5.192	0.234	36.582	18.469	9.405
0.085	2.961	1.505	0.781	0.135	9.289	4.722	2.424	0.185	20.345	10.305	5.261	0.235	36.974	18.666	9.504
0.086	3.048	1.549	0.803	0.136	9.461	4.809	2.468	0.186	20.621	10.444	5.332	0.236	37.369	18.864	9.605
0.087	3.136	1.594	0.826	0.137	9.634	4.897	2.513	0.187	20.899	10.584	5.403	0.237	37.766	19.063	9.706
0.088	3.225	1.640	0.850	0.138	9.810	4.986	2.559	0.188	21.180	10.726	5.475	0.238	38.166	19.263	9.808
0.089	3.316	1.686	0.874	0.139	9.987	5.075	2.604	0.189	21.463	10.867	5.547	0.239	38.568	19.465	9.910
0.090	3.409	1.734	0.898	0.140	10.167	5.166	2.651	0.190	21.748	11.010	5.620	0.240	38.973	19.668	10.013
0.091	3.503	1.782	0.922	0.141	10.348	5.258	2.697	0.191	22.034	11.155	5.693	0.241	39.380	19.872	10.116
0.092	3.598	1.830	0.947	0.142	10.532	5.351	2.744	0.192	22.322	11.300	5.766	0.242	39.790	20.079	10.220
0.093	3.696	1.880	0.973	0.143	10.717	5.444	2.792	0.193	22.612	11.447	5.841	0.243	40.202	20.287	10.325
0.094	3.795	1.930	0.998	0.144	10.904	5.539	2.840	0.194	22.906	11.595	5.916	0.244	40.617	20.496	10.430
0.095	3.895	1.981	1.025	0.145	11.093	5.635	2.889	0.195	23.203	11.743	5.992	0.245	41.034	20.705	10.536
0.096	3.997	2.033	1.051	0.146	11.284	5.732	2.938	0.196	23.501	11.893	6.068	0.246	41.454	20.916	10.642
0.097	4.101	2.086	1.078	0.147	11.476	5.830	2.988	0.197	23.802	12.044	6.145	0.247	41.877	21.127	10.750
0.098	4.206	2.139	1.106	0.148	11.671	5.929	3.038	0.198	24.106	12.197	6.222	0.248	42.302	21.340	10.858
0.099	4.312	2.194	1.133	0.149	11.867	6.029	3.089	0.199	24.411	12.351	6.300	0.249	42.730	21.555	10.967

Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec			
metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°
0.250	43.160	21.772	11.077	0.300	68.106	34.268	17.410	0.350	100.19	50.313	25.512
0.251	43.593	21.990	11.187	0.301	68.675	34.552	17.555	0.351	100.91	50.672	25.693
0.252	44.028	22.209	11.299	0.302	69.246	34.837	17.700	0.352	101.63	51.033	25.875
0.253	44.466	22.429	11.410	0.303	69.821	35.124	17.845	0.353	102.36	51.397	26.057
0.254	44.907	22.649	11.523	0.304	70.398	35.412	17.992	0.354	103.08	51.758	26.240
0.255	45.350	22.873	11.635	0.305	70.980	35.702	18.139	0.355	103.81	52.121	26.424
0.256	45.796	23.098	11.749	0.306	71.568	35.995	18.287	0.356	104.54	52.487	26.609
0.257	46.245	23.323	11.863	0.307	72.159	36.290	18.435	0.357	105.28	52.856	26.794
0.258	46.696	23.549	11.978	0.308	72.750	36.585	18.585	0.358	106.02	53.227	26.981
0.259	47.150	23.777	12.094	0.309	73.341	36.880	18.735	0.359	106.77	53.596	27.168
0.260	47.606	24.005	12.210	0.310	73.936	37.177	18.885	0.360	107.52	53.967	27.355
0.261	48.065	24.235	12.326	0.311	74.534	37.477	19.037	0.361	108.27	54.340	27.544
0.262	48.527	24.466	12.443	0.312	75.135	37.779	19.189	0.362	109.02	54.717	27.733
0.263	48.991	24.699	12.561	0.313	75.738	38.081	19.342	0.363	109.78	55.096	27.923
0.264	49.458	24.933	12.680	0.314	76.344	38.384	19.495	0.364	110.54	55.473	28.114
0.265	49.928	25.168	12.799	0.315	76.954	38.687	19.650	0.365	111.30	55.852	28.306
0.266	50.400	25.404	12.920	0.316	77.566	38.995	19.805	0.366	112.06	56.231	28.498
0.267	50.876	25.642	13.041	0.317	78.181	39.304	19.960	0.367	112.84	56.616	28.691
0.268	51.353	25.881	13.162	0.318	78.802	39.615	20.117	0.368	113.62	57.003	28.885
0.269	51.834	26.121	13.284	0.319	79.428	39.927	20.274	0.369	114.39	57.391	29.080
0.270	52.317	26.363	13.407	0.320	80.057	40.241	20.432	0.370	115.17	57.780	29.275
0.271	52.802	26.606	13.529	0.321	80.685	40.553	20.590	0.371	115.95	58.171	29.472
0.272	53.291	26.851	13.653	0.322	81.314	40.867	20.750	0.372	116.73	58.560	29.669
0.273	53.782	27.098	13.778	0.323	81.947	41.184	20.910	0.373	117.52	58.950	29.867
0.274	54.276	27.347	13.903	0.324	82.583	41.503	21.071	0.374	118.31	59.345	

Χρησιμότητα εκχειλιστή λεπτής στέψεως

- Μέτρηση παροχών
- Τριγωνικός εκχειλιστής για μέτρηση μικρών παροχών
- Ισοδυναμία με εκχειλιστή φράγματος κατά στη στέψη με κατάλληλη όμως γεωμετρία

MUNSON
YOUNG
OKIISHI
FUNDAMENTALS OF
FLUID MECHANICS



Σύνοψη εκχειλιστών, χαρακτηριστικές
περιπτώσεις
αδρομερή εκτίμηση

Παχιάς στέψεως ορθ. Εκχειλιστής για πλήρης διατομή

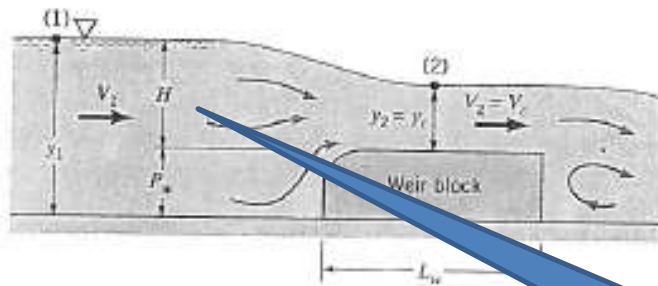


FIGURE 10.27
Broad-crested weir geometry.

$$0.08 \leq \frac{H}{L_w} \leq 0.35$$

$$Q = C_{wb} b \sqrt{g} \left(\frac{2}{3} \right)^{3/2} H^{3/2}$$

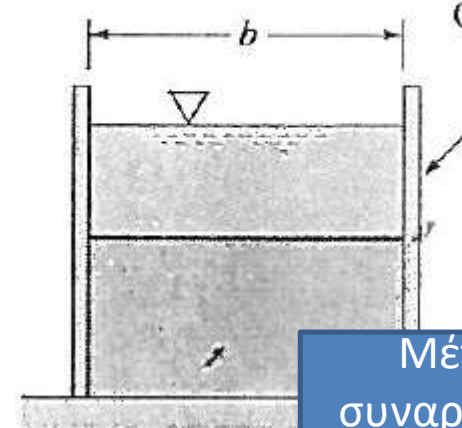
$0.1 < h/L < 0.35$, $h/(h+p) \leq 0.35$ προτεινόμενο,
εκχειλιστής πλατειάς στέψεως, **Cd=0.848**

Μέτρηση
συναρτησης του H
(ανάντη του
εκχειλιστή)

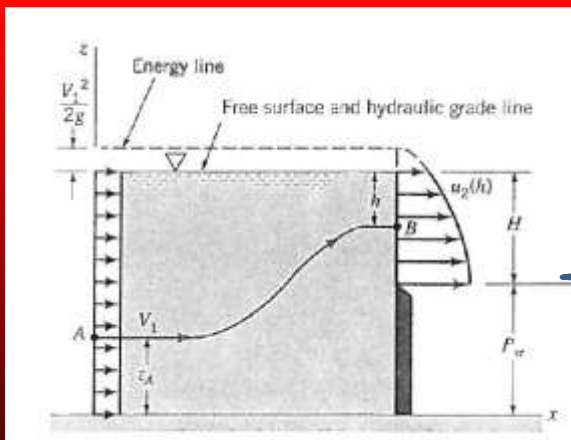
Λεπτής στέψεως ορθ. εκχειλιστής

$$Q = C_{wr} \frac{2}{3} \sqrt{2g} b H^{3/2}$$

$$C_{O\Delta} = 0.605 + 0.08 \frac{h}{p} + 0.001 \frac{1}{h}, \quad \frac{h}{p} \leq 5$$



Μέτρηση
συναρτησης του
 H
(ανάντη του
εκχειλιστή)
Υπάρχει μία
καμπύλωση που
δεν δείχνει το
σχήμα



Λεπτής στέψεως τριγωνικός εκχειλιστής

$$Q = C_{wt} \frac{8}{15} \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \sqrt{2g} H^{5/2}$$

1ft = 0.3048 m

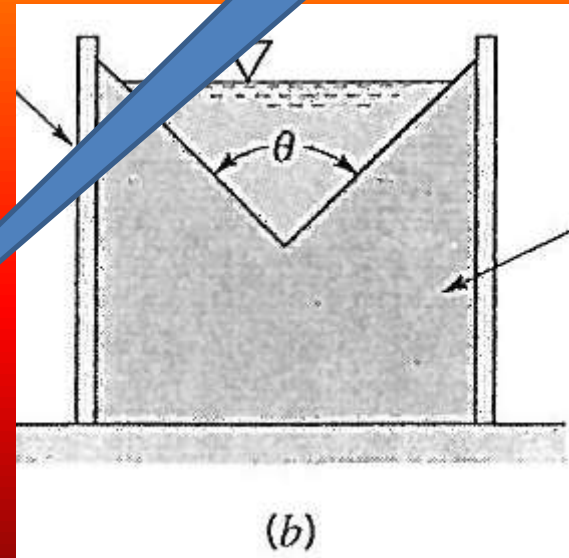
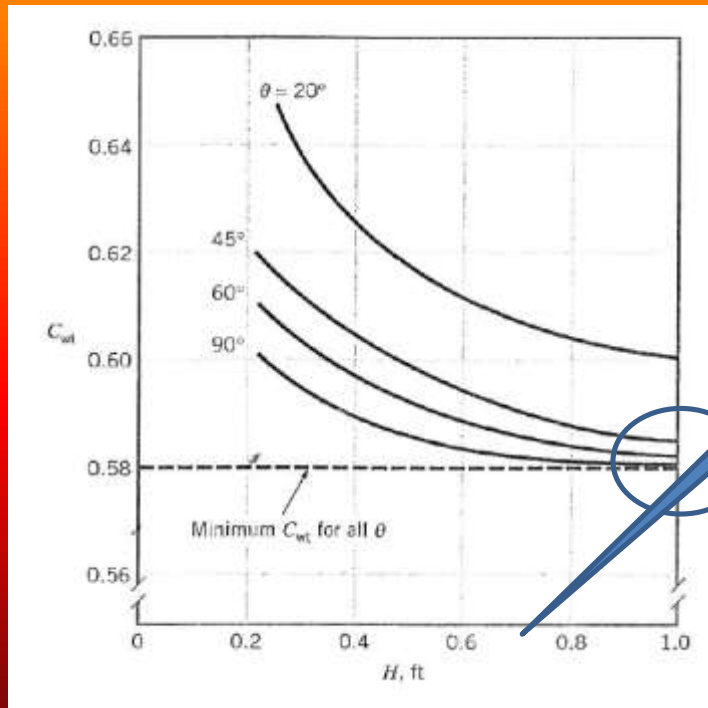
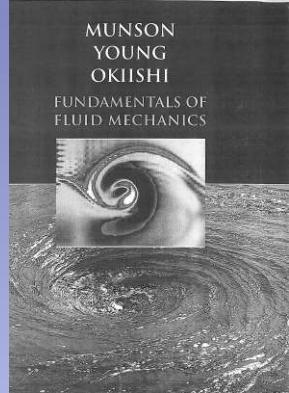


Table 5.4 Discharges for V-notch sharp-crested weirs for heads in metres (adapted from ISO/TC 113/GT 2 (France-10) 1971)

Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec			
metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°
0.050	0.803	0.406	0.215	0.100	4.420	2.249	1.161	0.150	12.066	6.130	3.140	0.200	24.719	12.506	6.379
0.051	0.843	0.427	0.225	0.101	4.530	2.305	1.190	0.151	12.267	6.231	3.192	0.201	25.208	12.662	6.458
0.052	0.884	0.448	0.236	0.102	4.641	2.362	1.219	0.152	12.471	6.334	3.245	0.202	25.339	12.819	6.537
0.053	0.926	0.469	0.247	0.103	4.754	2.420	1.249	0.153	12.676	6.437	3.297	0.203	25.652	12.977	6.617
0.054	0.970	0.491	0.259	0.104	4.869	2.478	1.278	0.154	12.883	6.542	3.350	0.204	25.969	13.136	6.698
0.055	1.015	0.514	0.271	0.105	4.985	2.537	1.309	0.155	13.093	6.648	3.404	0.205	26.288	13.296	6.780
0.056	1.061	0.537	0.283	0.106	5.103	2.598	1.339	0.156	13.304	6.755	3.458	0.206	26.610	13.457	6.862
0.057	1.108	0.561	0.295	0.107	5.222	2.659	1.371	0.157	13.517	6.863	3.513	0.207	26.934	13.620	6.944
0.058	1.156	0.586	0.308	0.108	5.344	2.720	1.402	0.158	13.732	6.971	3.568	0.208	27.261	13.784	7.026
0.059	1.206	0.611	0.321	0.109	5.467	2.783	1.434	0.159	13.950	7.081	3.624	0.209	27.590	13.949	7.111
0.060	1.257	0.637	0.334	0.110	5.592	2.847	1.466	0.160	14.169	7.192	3.680	0.210	27.921	14.115	7.196
0.061	1.309	0.663	0.348	0.111	5.719	2.911	1.499	0.161	14.391	7.304	3.737	0.211	28.254	14.282	7.281
0.062	1.362	0.691	0.362	0.112	5.847	2.976	1.533	0.162	14.614	7.417	3.794	0.212	28.588	14.450	7.366
0.063	1.417	0.718	0.376	0.113	5.977	3.042	1.566	0.163	14.840	7.531	3.852	0.213	28.924	14.620	7.453
0.064	1.473	0.747	0.391	0.114	6.108	3.109	1.601	0.164	15.067	7.646	3.911	0.214	29.264	14.794	7.539
0.065	1.530	0.776	0.406	0.115	6.242	3.177	1.635	0.165	15.297	7.762	3.969	0.215	29.607	14.964	7.627
0.066	1.588	0.806	0.421	0.116	6.377	3.246	1.670	0.166	15.529	7.879	4.029	0.216	29.953	15.138	7.715
0.067	1.648	0.836	0.437	0.117	6.514	3.315	1.706	0.167	15.763	7.998	4.089	0.217	30.301	15.313	7.803
0.068	1.710	0.867	0.453	0.118	6.653	3.386	1.742	0.168	15.999	8.117	4.149	0.218	30.651	15.489	7.893
0.069	1.772	0.899	0.470	0.119	6.793	3.457	1.778	0.169	16.237	8.237	4.210	0.219	31.004	15.666	7.982
0.070	1.836	0.932	0.486	0.120	6.935	3.529	1.815	0.170	16.477	8.358	4.272	0.220	31.359	15.844	8.073
0.071	1.901	0.965	0.503	0.121	7.079	3.602	1.853	0.171	16.719	8.481	4.334	0.221	31.717	16.024	8.164
0.072	1.967	0.999	0.521	0.122	7.224	3.667	1.891	0.172	16.964	8.604	4.397	0.222	32.077	16.204	8.255
0.073	2.035	1.033	0.539	0.123	7.372	3.731	1.929	0.173	17.210	8.728	4.460	0.223	32.439	16.386	8.347
0.074	2.105	1.069	0.557	0.124	7.522	3.827	1.968	0.174	17.459	8.854	4.524	0.224	32.803	16.570	8.441
0.075	2.176	1.105	0.575	0.125	7.673	3.904	2.007	0.175	17.709	8.980	4.588	0.225	33.168	16.754	8.535
0.076	2.248	1.141	0.594	0.126	7.827	3.982	2.046	0.176	17.963	9.108	4.653	0.226	33.535	16.940	8.629
0.077	2.322	1.179	0.613	0.127	7.982	4.060	2.086	0.177	18.219	9.237	4.718	0.227	33.907	17.127	8.724
0.078	2.397	1.217	0.633	0.128	8.139	4.140	2.127	0.178	18.478	9.367	4.784	0.228	34.282	17.315	8.819
0.079	2.473	1.256	0.653	0.129	8.298	4.220	2.168	0.179	18.738	9.497	4.851	0.229	34.659	17.504	8.915
0.080	2.551	1.296	0.673	0.130	8.458	4.302	2.209	0.180	19.001	9.629	4.918	0.230	35.039	17.695	9.011
0.081	2.630	1.336	0.694	0.131	8.621	4.384	2.251	0.181	19.265	9.762	4.986	0.231	35.421	17.886	9.108
0.082	2.710	1.377	0.715	0.132	8.785	4.467	2.294	0.182	19.531	9.896	5.054	0.232	35.806	18.079	9.207
0.083	2.792	1.419	0.737	0.133	8.951	4.551	2.337	0.183	19.800	10.032	5.122	0.233	36.199	18.274	9.306
0.084	2.876	1.462	0.759	0.134	9.119	4.636	2.380	0.184	20.071	10.168	5.192	0.234	36.582	18.469	9.405
0.085	2.961	1.505	0.781	0.135	9.289	4.722	2.424	0.185	20.345	10.305	5.261	0.235	36.974	18.666	9.504
0.086	3.048	1.549	0.803	0.136	9.461	4.809	2.468	0.186	20.621	10.444	5.332	0.236	37.369	18.864	9.605
0.087	3.136	1.594	0.826	0.137	9.634	4.897	2.513	0.187	20.899	10.584	5.403	0.237	37.766	19.063	9.706
0.088	3.225	1.640	0.850	0.138	9.810	4.986	2.559	0.188	21.180	10.726	5.475	0.238	38.166	19.263	9.808
0.089	3.316	1.686	0.874	0.139	9.987	5.075	2.604	0.189	21.463	10.867	5.547	0.239	38.568	19.465	9.910
0.090	3.409	1.734	0.898	0.140	10.167	5.166	2.651	0.190	21.748	11.010	5.620	0.240	38.973	19.668	10.013
0.091	3.503	1.782	0.922	0.141	10.348	5.258	2.697	0.191	22.034	11.155	5.693	0.241	39.380	19.872	10.116
0.092	3.598	1.830	0.947	0.142	10.532	5.351	2.744	0.192	22.322	11.300	5.766	0.242	39.790	20.079	10.220
0.093	3.696	1.880	0.973	0.143	10.717	5.444	2.792	0.193	22.612	11.447	5.841	0.243	40.202	20.287	10.325
0.094	3.795	1.930	0.998	0.144	10.904	5.539	2.840	0.194	22.906	11.595	5.916	0.244	40.617	20.496	10.430
0.095	3.895	1.981	1.025	0.145	11.093	5.635	2.889	0.195	23.203	11.743	5.992	0.245	41.034	20.705	10.536
0.096	3.997	2.033	1.051	0.146	11.284	5.732	2.938	0.196	23.501	11.893	6.068	0.246	41.454	20.916	10.642
0.097	4.101	2.086	1.078	0.147	11.476	5.830	2.988	0.197	23.802	12.044	6.145	0.247	41.877	21.127	10.750
0.098	4.206	2.139	1.106	0.148	11.671	5.929	3.038	0.198	24.106	12.197	6.222	0.248	42.302	21.340	10.858
0.099	4.312	2.194	1.133	0.149	11.867	6.029	3.089	0.199	24.411	12.351	6.300	0.249	42.730	21.555	10.967

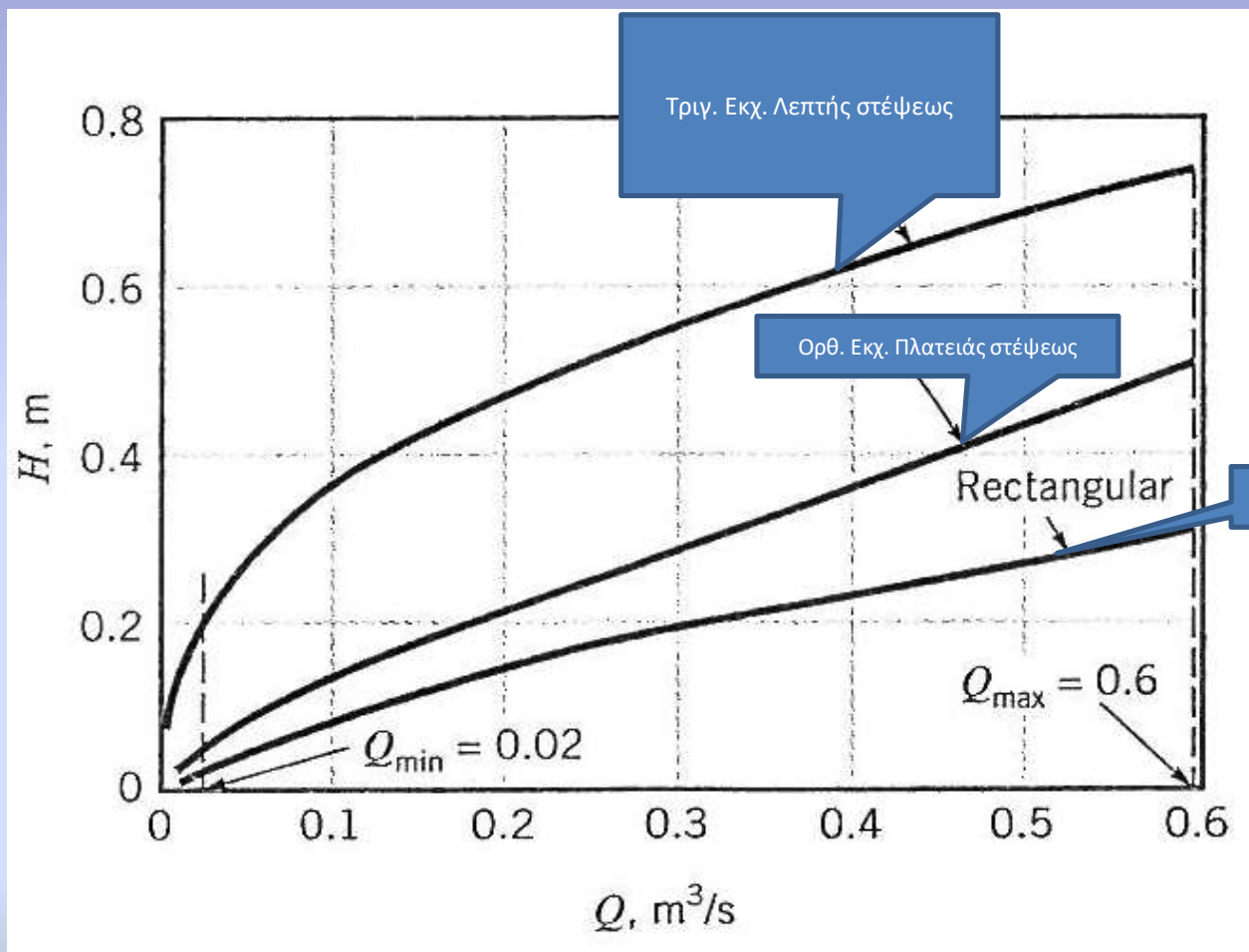
Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec				Head Discharge l/sec			
metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°	metre	90°	1/2 90°	1/4 90°
0.250	43.160	21.772	11.077	0.300	68.106	34.268	17.410	0.350	100.19	50.313	25.512
0.251	43.593	21.990	11.187	0.301	68.675	34.552	17.555	0.351	100.91	50.672	25.693
0.252	44.028	22.209	11.299	0.302	69.246	34.837	17.700	0.352	101.63	51.033	25.875
0.253	44.466	22.429	11.410	0.303	69.821	35.124	17.845	0.353	102.36	51.397	26.057
0.254	44.907	22.649	11.523	0.304	70.398	35.412	17.992	0.354	103.08	51.758	26.240
0.255	45.350	22.873	11.635	0.305	70.980	35.702	18.139	0.355	103.81	52.121	26.424
0.256	45.796	23.098	11.749	0.306	71.568	35.995	18.287	0.356	104.54	52.487	26.609
0.257	46.245	23.323	11.863	0.307	72.159	36.290	18.435	0.357	105.28	52.856	26.794
0.258	46.696	23.549	11.978	0.308	72.750	36.585	18.585	0.358	106.02	53.227	26.981
0.259	47.150	23.777	12.094	0.309	73.341	36.880	18.735	0.359	106.77	53.596	27.168
0.260	47.606	24.005	12.210	0.310	73.936	37.177	18.885	0.360	107.52	53.967	27.355
0.261	48.065	24.235	12.326	0.311	74.534	37.477	19.037	0.361	108.27	54.340	27.544
0.262	48.527	24.466	12.443	0.312	75.135	37.779	19.189	0.362	109.02	54.717	27.733
0.263	48.991	24.699	12.561	0.313	75.738	38.081	19.342	0.363	109.78	55.096	27.923
0.264	49.458	24.933	12.680	0.314	76.344	38.384	19.495	0.364	110.54	55.473	28.114
0.265	49.928	25.168	12.799	0.315	76.954	38.687	19.650	0.365	111.30	55.852	28.306
0.266	50.400	25.404	12.920	0.316	77.566	38.995	19.805	0.366	112.06	56.231	28.498
0.267	50.876	25.642	13.041	0.317	78.181	39.304	19.960	0.367	112.84	56.616	28.691
0.268	51.353	25.881	13.162	0.318	78.802	39.615	20.117	0.368	113.62	57.003	28.885
0.269	51.834	26.121	13.284	0.319	79.428	39.927	20.274	0.369	114.39	57.391	29.080
0.270	52.317	26.363	13.407	0.320	80.057	40.241	20.432	0.370	115.17	57.780	29.275
0.271	52.802	26.606	13.529	0.321	80.685	40.553	20.590	0.371	115.95	58.171	29.472
0.272	53.291	26.851	13.653	0.322	81.314	40.867	20.750	0.372	116.73	58.560	29.669
0.273	53.782	27.098	13.778	0.323	81.947	41.184	20.910	0.373	117.52	58.950	29.867
0.274	54.276	27.347	13.903	0.324	82.583	41.503	21.071	0.374	118.31	59.345	



Άσκηση

- Ορθογωνικό κανάλι πλάτους 2 m και ροή μεταξύ 0.02-0.60 m³/s, μετράται:
 - Ορθ. εκχειλιστής πλατειάς στέψεως
 - Ορθ. εκχειλιστής λεπτής στέψεως
 - Τριγων. εκχειλιστής λεπτής στέψεως

Δίνεται $Pw = 1m$ για όλες τις διατάξεις να γίνει διάγραμμα παροχής ως συνάρτησης του H και να σχολιαστούν τα αποτελέσματα



Τριγ. Εκχ. Λεπτής στέψεως

Ορθ. Εκχ. Πλατειάς στέψεως

Rectangular

Ορθ. Εκχ. Λεπτής στέψεως

$Q_{min} = 0.02$

$Q_{max} = 0.6$

$Q, m^3/s$

H, m

Σχόλια

- Για πολύ μικρές παροχές προκύπτουν πολύ μικρά H για ορθ. εκχειλιστή πλατειάς και λεπτής στέψεως. Άρα δεν είναι κατάλληλοι (πρακτικοί λόγοι)
- Ο εκχειλιστής πλατειάς στέψεως δεν μπορεί να λειτουργήσει για το σύνολο των παροχών γιατί δεν ικανοποιείτε ο περιορισμός:

$$0.08 \leq \frac{H}{L_w} \leq 0.35$$

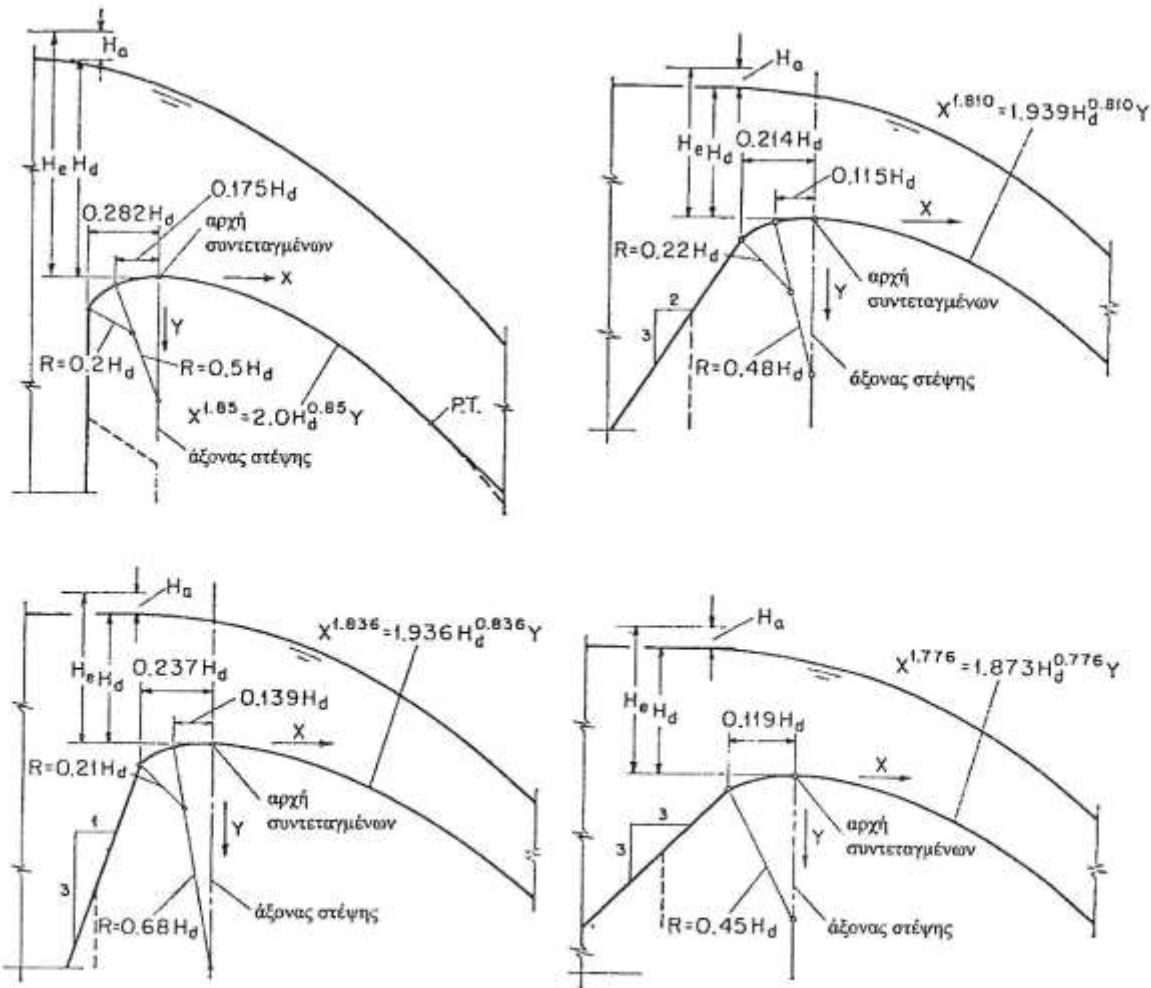
ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΕΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Χρησιμότητα εκχειλιστή λεπτής στέψεως

- Εκχειλιστής λεπτής στέψεως
- Ισοδυναμία με εκχειλιστή φράγματος κατά στη στέψη με κατάλληλη όμως γεωμετρία



- Περαιτέρω έλεγχος σπηλαιώσεως στον εκχειλιστή



Σχήμα 9-8. Τυπικές στέψεις υπερχειλιστών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Waterways Experimental Station

Κατασκευαστικά πρότυπα εκχειλιστή---εκτός ύλης



Φαινόμενο σπηλαίωσης

- Δημιουργία φυσαλίδων υδρατμού σε περιοχή χαμηλών πιέσεων ($p < p_v$)
- Σύνθλιψη των φυσαλίδων σε περιοχή υψηλότερων πιέσεων (εκρηκτικής μορφής)
- Ασύμμετρη σύνθλιψη φυσαλίδων δίπλα σε στερεή επιφάνεια



Από θραύση
φυσάλιδων...



Εκχειλιστής
Φράγματος
Μεσοχώρας



Ποταμός
Αχελώος

Σπηλαιίωση

Το πρόβλημα της σπηλαιίωσης

Όταν η πίεση του νερού γίνει μικρότερη από την τάση ατμών στιγμιαία το νερό μεταπίπτει από την υγρή φάση στην αέρια οπότε δημιουργούνται τοπικά φυσαλίδες. Ο βρασμός νερού αναφέρεται σε αυτήν την περίπτωση όπου η πίεση νερού είναι μικρότερη από την πίεση των υδρατμών νερού, οπότε σχηματίζονται φυσαλίδες σε αυτήν την επιφάνεια. Οι αιτίες για τον βρασμό του νερού είναι:

- Αύξηση της θερμοκρασίας, οπότε αυξάνεται η πίεση των υδρατμών
- Μείωση της πίεσης νερού ως συνέπεια απότομης στένωσης της διατομής, λόγω ύπαρξης ανοδικού ανάγλυφου ή ακόμη τη λειτουργία αγωγού αναρρόφησης σε αντλητική διάταξη.

Η ύπαρξη περιοχής υποπίεσεων οδηγεί σε περαιτέρω απελευθέρωση αερίων, οπότε αυξάνεται το μέγεθος των φυσαλίδων μειώνοντας το μέγεθος της πραγματικής διατομής για την κίνηση του ρευστού δημιουργώντας πρόβλημα σε κινήσεις ρευστού σε ανοδικό ανάγλυφο.

Ωστόσο κατάντη του σημείου βρασμού ενδέχεται η πίεση να αυξηθεί εκ νέου είτε λόγω διαπλάτυνσης της διατομής, είτε λόγω ύπαρξης κατωφέρειας. Σε αυτήν την περίπτωση οι φυσαλίδες νερού θα καταστραφούν ασκώντας μία στιγμιαία σημαντική πίεση στα τοιχώματα του αγωγού. Οπότε η σπηλαιίωση αναφέρεται στη θραύση των φυσαλίδων των υδρατμών κατάντη (λόγω αύξηση της πίεσης κατάντη) που σχηματίστηκαν σε προηγούμενη επιφάνεια/ σημείο όπου η πίεση του υγρού ήταν μικρότερη από την πίεση των υδρατμών. Με τη θραύση των φυσαλίδων έχουμε την ανάπτυξη στιγμιαίων υψηλών δυνάμεων στα τοιχώματα.

ΣΠΗΛΛΙΩΣΗ (CAVITATION)

Από το θεώρημα του Bernouilli

$$H = \frac{\vec{u}^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{ιδία σταθερη τιμη}$$

είναι φανερό, ότι όταν η ταχύτητα της ροής σε κάποια περιοχή λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές, τότε η πίεση p λαμβάνει πολύ μικρές τιμές ή ακόμη και αρνητικές τιμές.

Συνεπώς σε ροές νερού με υψηλές ταχύτητες εμφανίζονται στιγμιαίες απόλυτες πιέσεις χαμηλές, έτσι ώστε τοπικά και στιγμιαία η πίεση γίνεται μικρότερη από την πίεση ατμών, οπότε στιγμιαία μεταπίπτει νερό από την υγρή φάση στην αέρια, και δημιουργούνται τοπικές μικρές φυσαλίδες.

Οι φυσαλίδες αυτές μεταφερόμενες σε περιοχές με μεγαλύτερη πίεση μεταπίπτουν στιγμιαία σε υγρή φάση, απελευθερώνοντας τοπικές κρουστικές πιέσεις (στιγμιαίες πιέσεις) πολύ μεγάλου μεγέθους, που καταστρέφουν τα στερεά όρια της ροής, από οποιοδήποτε υλικό και να είναι φτιαγμένα (ακόμη και από ατσάλι). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται σπηλαιώση (cavitation).

Απόλυτη και σχετική πίεση

Συνήθως χρησιμοποιείται η σχετική πίεση, p

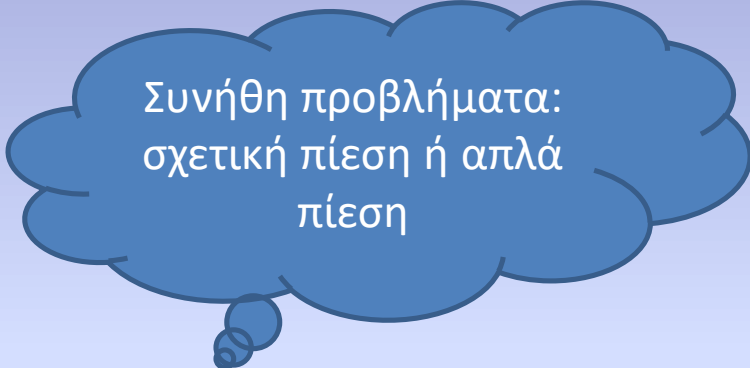
Απόλυτη πίεση $= p_{atm} + p$

Απόλυτη πίεση, δίνει τοπικά ένα «αέρα» 10m για προβλήματα σπηλαιώδης, εξετάζεται μόνο σε ειδική κατηγορία προβλημάτων.

$$p_{atm} = 101325 Pa$$

ή σε όρους μήκους:

$$\frac{p_{atm}}{\gamma} = \frac{101325 Pa}{9789 \frac{N}{m^3}}$$



Συνήθη προβλήματα:
σχετική πίεση ή απλά
πίεση

Όταν η πίεση του νερού γίνει μικρότερη από την τάση ατμών στιγμιαία το νερό μεταπίπτει από την υγρή φάση στην αέρια οπότε δημιουργούνται τοπικά φυσαλίδες. Ο βρασμός νερού αναφέρεται σε αυτήν την περίπτωση όπου η πίεση νερού είναι μικρότερη από την πίεση των υδρατμών νερού, οπότε σχηματίζονται φυσαλίδες σε αυτήν την επιφάνεια. Οι αιτίες για τον βρασμό του νερού είναι:

- Αύξηση της θερμοκρασίας, οπότε αυξάνεται η πίεση των υδρατμών
- Μείωση της πίεσης νερού ως συνέπεια απότομης στένωσης της διατομής, λόγω ύπαρξης ανοδικού ανάγλυφου ή ακόμη τη λειτουργία αγωγού αναρρόφησης σε αντλητική διάταξη.

Σχετική και απόλυτη πίεση-έλεγχος

Ένα ελάχιστο μέτρο προστασίας για τη σπηλαίωση είναι η απαίτηση η απόλυτη πίεση σε οποιαδήποτε σημείο να είναι μεγαλύτερη από την τάση ατμών:

$$\frac{P_a}{\gamma} > \frac{P_v}{\gamma} ,$$

Όπου

$$P_a = p + P_{atm}$$

η απόλυτη πίεση που είναι το άθροισμα της σχετικής πίεσης p και της ατμοσφαιρικής πίεσης p_{atm} και p_v η πίεση των υδρατμών του νερού.

Η παραπάνω συνθήκη αποφυγής της σπηλαίωσης μπορεί να γραφεί ισοδύναμα με βάση την σχετική πίεση:

$$\frac{p}{\gamma} \geq \frac{P_v - P_{atm}}{\gamma}$$

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι μολονότι στην ενεργειακή εξίσωση χρησιμοποιείται συνήθως η σχετική πίεση, θεωρώντας δηλαδή μηδενική ατμοσφαιρική πίεση (όπως και στο σύνολο των άλλων εφαρμογών του κεφαλαίου) σε προβλήματα που παρουσιάζονται υποπίεσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η απόλυτη πίεση, δηλαδή θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η πραγματική ατμοσφαιρική πίεση.

Η ατμοσφαιρική πίεση μπορεί να ληφθεί ίση με (Στάμου, 2009):

$$p_{atm} = 101325 Pa$$

ή σε όρους μήκους:

$$\frac{p_{atm}}{\gamma} = \frac{101325 Pa}{9790 \frac{N}{m^3}}$$

Για $T=20^\circ C$ η πίεση των υδρατμών είναι

$$p_v = 2340 Pa,$$

ή σε όρους μήκους:

$$\frac{p_v}{\gamma} = \frac{2340 Pa}{9790 \frac{N}{m^3}} \approx 0.24$$

Συνεπώς, η παραπάνω συνθήκη για την εμφάνιση του φαινομένου της σπηλαίωσης γράφεται ισοδύναμα για τη σχετική πίεση

$$\frac{p}{\gamma} \geq \frac{2340 Pa - 101325 Pa}{9790 \frac{N}{m^3}} \approx -10.1 m$$

Στην πράξη για λόγους ασφαλείας η παραπάνω συνθήκη μπορεί να γραφεί (Στάμου, 2009):

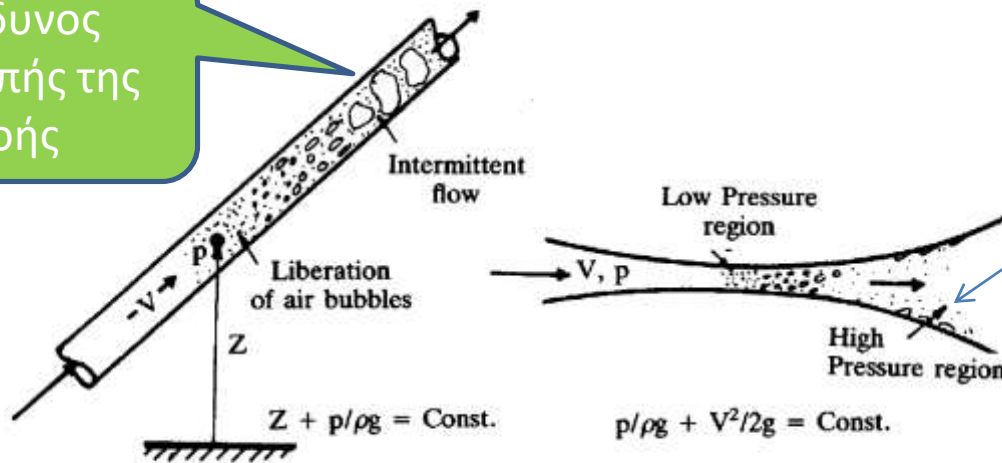
$$\frac{p}{\gamma} \geq -8 m$$

Δηλαδή για να αποφύγω τη συνολική πίεση (απόλυτη) δουλεύω με τη σχετική πίεση και ελέγχω αν η σχετική πίεση είναι μεγαλύτερη από -8 (σχετική πίεση)

Κλειστοί αγωγοί

Σταθερή διατομή (εξίσωση συνέχειας) → σταθερή ταχύτητα
Αύξηση του z (εξίσωση ενέργειας) → μείωση της πίεσης, κίνδυνος η πίεση να είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής οπότε δημιουργούνται φυσαλίδες (βρασμός νερού)

Κίνδυνος διακοπής της ροής

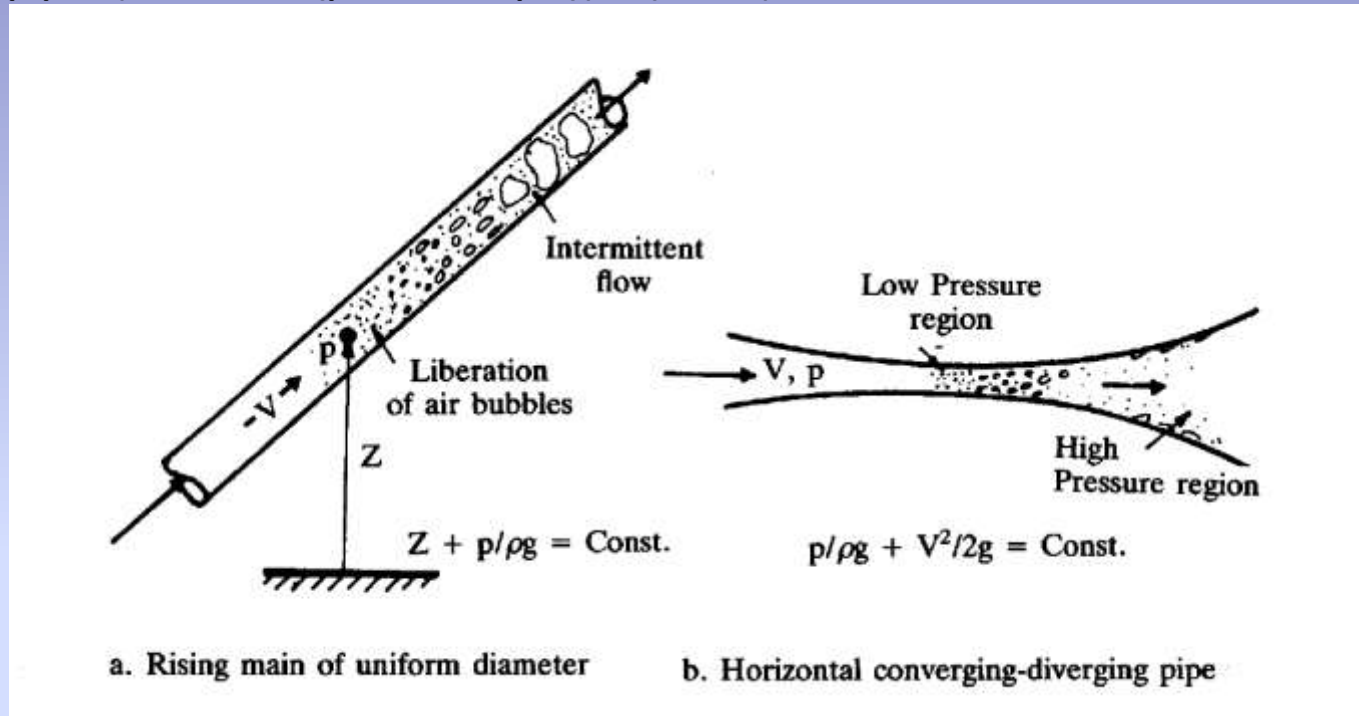


a. Rising main of uniform diameter

b. Horizontal converging-diverging pipe

Αύξηση πίεσης κατάντη, θραύση φυσαλίδων, σπηλαίωση

Πολλοί μελετητές σε συνήθεις αγωγούς υπό πίεση που λειτουργούν με βαρύτητα προκειμένου να αποφεύγονται γενικά οι υποπίεσεις στα υψηλότερα σημεία του δικτύου στην παραπάνω συνθήκη θεωρούν θεωρώντας μηδενική την ατμοσφαιρική πίεση γεγονός που είναι σημαντικά υπέρ της ασφαλείας.



Σχ. 2.30 Ελάττωση της πίεσης και σχηματισμός φυσαλίδων λόγω (α) ανάγλυφου και (β) λόγω στένωσης της διατομής

Ο σίφωνας είναι ένας σωλήνας σχετικά μικρής διαμέτρου και μήκους που χρησιμοποιείται για την παροχέτευση του νερού από μία δεξαμενή σταθερής στάθμης σε μίαν άλλη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο αντεστραμμένος σίφωνας, στον οποίο η ψηλότερη διατομή βρίσκεται πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια (Δημητρίου, 1995). Χαρακτηριστικό του είναι ότι στρέφει τα κοίλα κάτω ενώ τοπικά ανυψώνει το νερό σε υψηλότερο σημείο από τη στάθμη της ανάντη δεξαμενής. Βεβαίως στο τελικό σημείο κατάντη ο αγωγός είναι χαμηλότερα από τη στάθμη της ανάντη δεξαμενής.

Πόδας υπερχειλιστή

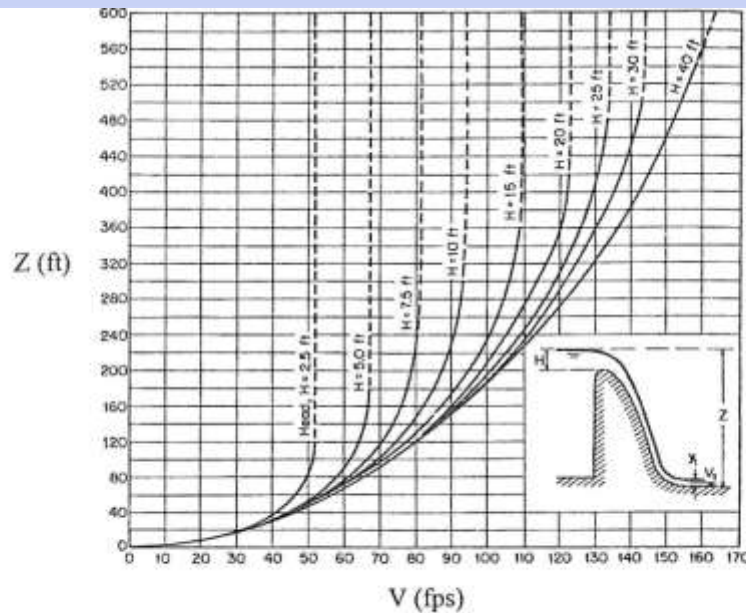
Η θεωρητική ταχύτητα στον πόδα ενός υψηλού υπερχειλιστή είναι:

$$V = \sqrt{2g(z + H - y_1)} \dots\dots\dots(9.23)$$

όπου:

z η υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανάντη στάθμης νερού και του πυθμένα κατάντη

y_1 το βάθος ροής στον πόδα.



Σχήμα 9-7. Καμπύλες για την εκτίμηση της ταχύτητας στον πόδα υπερχειλιστών.

Ανάγκη πειράματος για
πιέσεις σε υπερχειλιστή

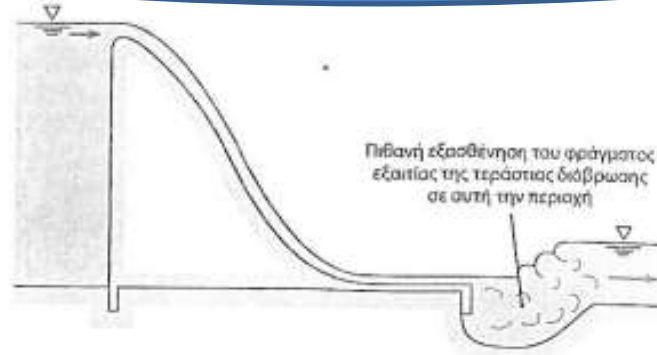
Έλεγχος υποπιέσεων

Κατάντη λεκάνη καταστροφή ενέργειας με
υδραυλικό άλμα

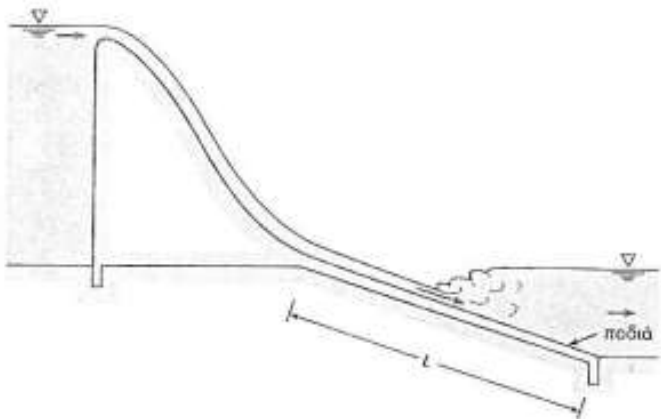
Κατάντη λεκάνη καταστροφή ενέργειας με υδραυλικό άλμα



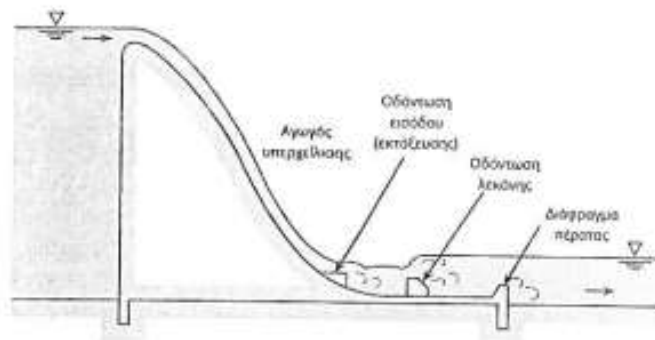
ΣΧΗΜΑ 15.25 Αγωγός υπερχειλίσσης σε φράγμα και υδραυλικό άλμα.



ΣΧΗΜΑ 15.26 Το υδραυλικό άλμα εκδηλώνεται μετά τον πόδα του αγωγού υπερχειλίσσης.



ΣΧΗΜΑ 15.27 Κεκλιμένη ποδιά μεγάλου μήκους.



ΣΧΗΜΑ 15.28 Αγωγός υπερχειλίσσης με λεκάνη ηρεμίας. Ο Τύπος III έτσι όπως υποδεικνύεται από το USBR (13).