الري/ الجزء النظري/ المحاضرة الرابعة بتاريخ 2022/11/1

قياس التصاريف المائية

يقصد بالتصريف Discharge بأنه كمية المياه المارة خلال المقطع العرضي لقناة ري أو أنبوب خلال وحدة الزمن وكما مبين في المعادلة التالية:-

$$Q = V/T$$

Q التصريف مقاساً بوحدة الحجم لكل وحدة زمن مثلاً $L.sec^{-1}$ أو $m^3.sec^{-1}$ أو $ft^3.sec^{-1}$

V كمية المياه المارة خلال المقطع العرضي لقناة الري أو الأنبوب المقاسة بوحدة الحجم مثل اللتر أو المتر المكعب أو القدم المكعب.

T الزمن بوحدة الثانية أو الدقيقة أو الساعة.

ويتم قياس التصاريف المائية للأسباب التالية :-

1- تزايد أهمية المياه كونها مورداً اقتصادياً هاماً وشحته في الكثير من مناطق العالم خاصة المناطق الجافة وشبه الجافة وتزايد استغلال الحصة المائية .

2- التقليل من هدر الحصة المائية إلى اقل قدراً ممكن لتجنب تغدق التربة .

3- تقليل العبء على أنظمة البزل كون هذه الأنظمة مصممة لاستيعاب كمية محدودة من المياه .

وحدات قياس التصاريف المائية Water Discharge Measurement Units

يمكن تصنيف وحدات قياس المياه إلى نوعين

1 – وحدات الحجم Volume Unite

هي الوحدات التي تستخدم فقط عندما تكون المياه في حالة سكون كما هو الحال في الأحواض والخزانات والأهوار ويعبر عن هذه الوحدات بالغالون، المتر المكعب، واللتر، والايكر.انج، والايكر.قدم والهكتار.متر وغيرها. ويقصد بالايكر.انج بأنه حجم الماء الكافي لتغطية مساحة أيكر واحد أي ما يعادل 4050 متر مربع بالماء ولعمق انج واحد حيث يكون حجم الماء في هذه الحالة 3630 قدم مكعب. أما الايكر. قدم فهو حجم الماء اللازم لتغطية مساحة أيكر واحد لعمق قدم واحد ويكون حجم الماء في هذه الحالة 43560 قدم مكعب.

2 – وحدات الحجم خلال وحدات الزمن Units of Volumes in Time Units

تستخدم هذه الوحدات عندما تكون المياه في حالة حركة كما هو الحال في الأنهار والقنوات والسواقي والأنابيب وهي وحدات الحجوم الجارية في وحدات الزمن ومن هذه الوحدات الغالون.دقيقة$^{-1}$، اللتر.ثانية$^{-1}$، المتر^3.ثانية$^{-1}$، الايكر.انج.ساعة$^{-1}$، الايكر.انج.يوم$^{-1}$ وغيرها، وأكثر الوحدات استخداماً في حسابات الري والبزل هي المتر^3.ثانية$^{-1}$ وكذلك القدم^3.ثانية$^{-1}$ (CFS) .

أجهزة قياس التصاريف المائية Water Discharge Measuring Devices

يجب أن تتصف أجهزة قياس التصاريف المائية بمجموعة من المواصفات منها سهولة ودقة القراءة وسهولة النصب والتركيب وكونها ذات متانة عالية وذاتية التنظيف فضلاً عن رخص ثمنها. ويمكن تقسيم أجهزة قياس التصاريف المائية استناداً إلى طريقة القياس إلى الأنواع التالية:-

1- الطرق المباشرة التي تتضمن استخدام خزان مائي ذي حجم معلوم يوضع في المجرى المائي.

2- الأجهزة التي تعتمد على قياس السرعة والمساحة مثل طريقة الطوافة وجهاز عداد التيار

3- الأجهزة التي تعتمد على استخدام حواجز ذات فتحات توضع في المجرى المائي مثل الاورفس والهدارات وقناة بارشال.

اولاً: قياس التصاريف بالطرق المباشرة

تتضمن هذه الطريقة استخدام خزان ذي حجم معلوم يوضع في المجرى المائي. ويتم قياس التصريف من خلال حساب الزمن اللازم لمليء الخزان ثم حساب التصريف وفقاً للمعادلة ادناة:-

$$Q = V/T$$

Q = التصريف بوحدة المتر^3.ثانية$^{-1}$ أو القدم^3. ثانية$^{-1}$

V= حجم الخزان بالمتر^3 أو القدم^3

T = الزمن اللازم لمليء الخزان بالثانية

ثانياً : الأجهزة التي تعتمد على قياس السرعة والمساحة

1 – طريقة الطوافة Float Method

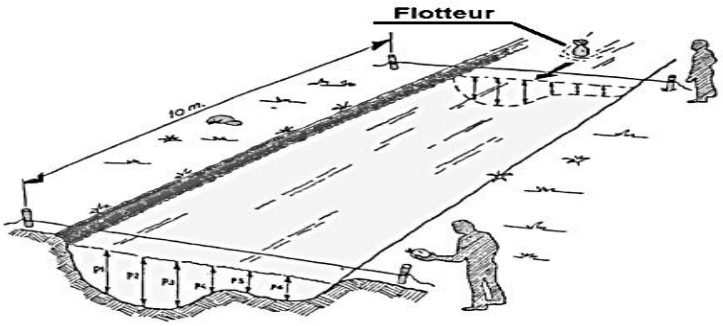
في هذه الطريقة يتم تحديد مسافة معينة على قناة الري وليكن مقدارها D ثم توضع الطوافة في بداية هذه المسافة ويحسب الزمن ألازم لوصول الطوافة إلى نهاية المسافة وليكن T وكما مبين في الشكل (1) ثم تحسب السرعة من العلاقة التالية :

$$V = D/T$$

V= سرعة الطوافة والتي تساوي سرعة جريان المياه في المجرى المائي بالمتر.ثانية$^{-1}$ أو القدم. ثانية$^{-1}$

D= المسافة المحددة على طول المجرى المائي بالمتر أو القدم

T= زمن وصول الطوافة من بداية المسافة إلى نهايتها بالثانية أو الدقيقة



شكل (1) قياس التصريف المائي بطريقة الطوافة

من سلبيات هذه الطريقة إن سرعة المياه تقل كلما اقتربت من جوانب المجرى المائي بسبب احتكاك المياه مع الجوانب. وتبعاً لذلك فان سرعة الطوافة سوف تكون اقل من سرعتها الحقيقية وقد وجد بان هذه السرعة تقل بمقدار 0.8 لذلك يمكن حساب السرعة الفعلية للطوافة من خلال العلاقة التالية:-

السرعة الفعلية = السرعة المقاسة × 0.8

وبعد حساب السرعة الفعلية للطوافة يتم حساب التصريف حسب معادلة الاستمرارية المبينة أدناه :-

$$Q = AV$$

A مساحة المقطع العرضي للمجرى المائي بوحدة m^2 أو ft^2

V السرعة الفعلية للطوافة بوحدة $m.sec^{-1}$ أو $ft.sec^{-1}$

ويمكن استخدام الصبغات بدلاً من الطوافة مثل الفلورسين أو برمنكنات البوتاسيوم لتلافي الأخطاء التي تحدث نتيجة لتغير سرعة المياه في المواقع المختلفة من المجرى المائي. على اعتبار إن الصبغات تمتزج كلياً مع المياه، ثم يحسب زمن وصول الصبغة إلى نهاية المسافة المحددة على طول المجرى المائي بعدها يتم حساب التصريف حسب معادلة الاستمرارية المشار إليها أعلاه.

3 – عداد التيار Current Meter

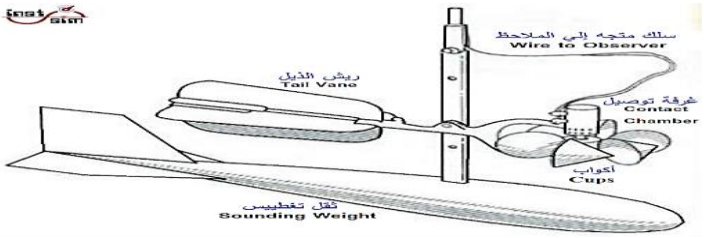
وهو جهاز يستخدم لقياس التصاريف المائية للأنهار الكبيرة إضافة إلى القنوات المائية وهناك نوعين :

ا – العداد القدحي Cup Meter

المبين في الشكل (2) ويتكون من مجموعة من الأقداح التي تدور حول محور عمودي وهو جهاز بسيط التركيب يقيس السرعة من 10 – 15 قدم. ثانية-

ب – العداد المروحي Propeller Meter

المبين في الشكل (3) وهو يتكون من مروحة ذات محور أفقي يستخدم للسرعات العالية (20 – 30) قدم.ثانية-1



شكل (2) العداد القدحي

شكل (3) العداد المروحي

لغرض استخدام الجهاز يجب معايرة الجهاز اولاً وذلك بإمراره في ماء ذي سرعة تيار معلومة. ومن ثم يرسم منحنى المعايرة Calibration Curve الذي يربط العلاقة بين عدد الدورات. ثانية-1 وسرعة تيار الماء وهذا المنحني القياسي سوف يستخدم فيما بعد لحساب سرعة التيار للأنهار والقنوات بعد حساب عدد الدورات. ويتم قياس سرعة التيار باستخدام عداد التيار بإحدى الطرق التالية:-

1- طريقة النقطة الواحدة

بهذه الطريقة يتم قياس سرعة التيار عند عمق يساوي 0.6 من العمق الكلي وتكون هذه السرعة هي السرعة المتوسطة للتيار S_m

$$S_m = S_{0.6}$$

2- طريقة النقطتين

بهذه الطريقة يتم قياس سرعة التيار عند نقطتين بعمق 0.2، 0.8 من العمق الكلي على التوالي ويكون متوسط السرعتين هو السرعة المتوسطة للتيار.

$$S_m = S_{0.2} + S_{0.8} / 2$$

3- طريقة الثلاث نقاط

بهذه الطريقة يتم قياس سرعة التيار عند ثلاث نقاط بعمق 0.2، 0.6، 0.8 من العمق الكلي على التوالي ويكون متوسط هذه القيم مساوياً إلى السرعة المتوسطة للتيار

$$S_m = S_{0.2} + S_{0.6} + S_{0.8} / 3$$

ثالثاً : الأجهزة التي تعتمد على استخدام حواجز ذات فتحات في المجرى المائي

1- الفتحات أو الاورفس Orifices

يمكن تعريف الاورفس بأنه عبارة عن فتحة في حاجز مصنوع صفيحة معدنية خفيفة مسطحة يوضع عمودياً على اتجاه جريان الماء في المجرى المائي. ويجري الماء عبر الفتحة لفرق الضغط الناتج عن اختلاف مستوى الماء على جانبي الحاجز. ويتم حساب التصريف خلال الاورفس بعد تحديد القوة المحركة للماء (h) من خلال تعيين مستوى الماء قبل وبعد الحاجز.

معادلات حساب التصريف خلال الاورفس

تستخدم معادلة تورشلي لحساب سرعة الماء خلال الاورفس المبينة أدناه:-

$V = \sqrt{2gh}$ ..... (1)

V= سرعة الماء بالمتر.ثانية$^{-1}$ أو القدم.ثانية$^{-1}$

h = هو ارتفاع عمود الماء أو القوة المحركة للماء عبر الاورفس (h) والتي تمت الإشارة إليها بوحدة بالقدم أو السنتمتر.

g = التعجيل الأرضي الذي يساوي 980 cm.sec^{-2} أو 32.2 ft.sec^{-2}

وبنفس الوقت يمكن حساب التصريف عبر الاورفس باستخدام معادلة الاستمرارية

$Q = AV$..... (2)

حيث إن A تساوي مساحة فتحة الاورفس وبالتعويض عن قيمة V في المعادلة (1) ينتج:-

$Q= A\sqrt{2gh}$

إذا ما أخذنا بالاعتبار إن التصريف الحقيقي عبر الاورفس يساوي تقريباً 0.61 من التصريف النظري فان المعادلة تصبح كالأتي:-

$Q = 0.61A\sqrt{2gh}$

المعادلة أعلاه هي المعادلة العامة لحساب التصريف عبر الاورفس حيث إن :-

Q= التصريف المائي بوحدة $m^3.sec^{-1}$ أو $ft^3.sec^{-1}$

A= مساحة فتحة الاورفس بالمتر^2 أو القدم^2

g= التعجيل الأرضي الذي يساوي 980 cm.sec^{-2} أو 32.2 ft.sec^{-2}

h= فرق الارتفاع بالمتر أو القدم

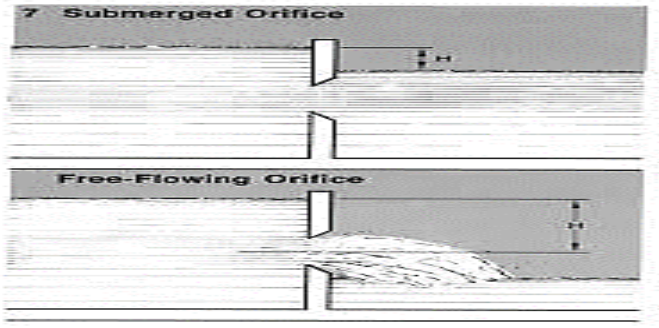
أنواع الاورفس

1- الاورفس المغمور كلياً Sub mergerd Orifice

في هذا النوع المبين في الشكل (4) تكون فتحة الاورفس مغمورة كلياً بالماء من جانبي وتحسب القوة المحركة للماء (h) في هذا النوع من خلال الفرق في مستوى الماء قبل وبعد الحاجز.

2- الاورفس غير المغمور Unsub mergerd Orifice or Free – Flowing Orifice

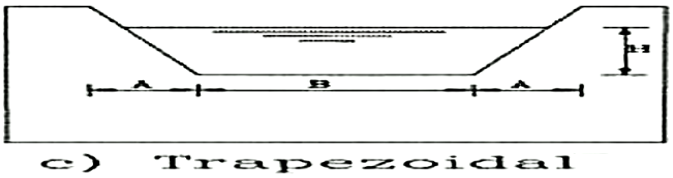
تكون الفتحة في هذا النوع من الاورفس وكما مبين في الشكل (4) مغمورة تماماً من الجهة قبل الحاجز بينما يكون التصريف حراً في الجهة بعد الحاجز. وتحسب القوة المحركة للماء (h) في هذا النوع من خلال حساب الفرق بين مستوى الماء قيل الحاجز ومنتصف فتحة الاورفس. إن الميزة الأساسية الاورفس المغمور هي إمكانية استخدامه لقياس التصريف في قنوات الري ذات الانحدار القليل جداً لأنه يحتاج إلى فرق قليل جداً في مستوى الماء بين مؤخر السد الغاطس ومقدمه. أما أهم سلبياته فهي تجمع الأنقاض الطافية وترسيب حبيبات الرمل والغرين فوق حافة الاورفس مما يؤدي إلى خطا في القراءات.



شكل (4) الاورفس المغمور كلياً الاورفس الغير مغمور

2- الهدارات أو السدود الغاطسة Weirs

يعرف الهدار بأنه عبارة عن حاجز ذي فتحة منتظمة الشكل يوضع عبر المجرى المائي بحيث يعترض اتجاه جريان المياه. وتصنف الهدارات إلى الأنواع المبينة في الأشكال (5، 6، 7) حسب شكل فتحة الهدار.



شكل (5) الهدار ذي الفتحة الشبه منحرفة Trapezoidal Weir

شكل (6) الهدار ذي الفتحة المثلثة Triangle Weir

الهدار ذي الفتحة المستطيلة Rectangular Weir

معادلات حساب التصاريف باستخدام الهدارات

إن حساب التصاريف المائية خلال الهدارات يتطلب معرفة طول فتحة الهدار (L) وعمق الماء فوق فتحة الهدار (H) بالنسبة للهدار ذي الفتحة الشبه منحرفة والمستطيلة. أما الهدار ذي الفتحة المثلثة فان حساب التصريف يتطلب فقط معرفة عمق الماء فوف حافة الهدار (H). وفيما يلي معادلات حساب التصريف عبر الهدارات استناداً إلى شكل فتحة الهدار.

1 – الهدار ذو الفتحة المستطيلة

$$Q = 3.33LH^{3/2} \quad ft^3.sec^{-1}$$

$$Q = 0.0184LH^{3/2} \quad L.sec^{-1}$$

حيث إن قيمة H بوحدة السنتمتر المعادلة أعلاه تحسب التصريف في حالة عدم وجود تضاغط أي إن فتحة الهدار مساويةً لعرض المجرى المائي، إما في حالة وجود تضاغط وهو ما يحدث عندما يكون عرض فتحة الهدار اقل من عرض المجرى المائي وتكون كمية المياه الجارية كبيرة وفي هذه الحالة نطبق المعادلة التالية :

$Q = 3.33(L - 0.2H)\ H^{3/2}$ $ft^3.sec^{-1}$

$Q = 0.0184(L - 0.2H)\ H^{3/2}$ $L.sec^{-1}$

قيمة H بوحدة السنتمتر مع ملاحظة إن المقدار (L- 0.2H) يشير إلى طول الفتحة الفعال للهدار.

2 – الهدار ذو الفتحة الشبه منحرفة

$Q = 3.37LH^{3/2}$ $ft.sec^{-1}$

$Q = 0.0186LH^{3/2}$ $L.sec^{-1}$

لا يوجد تضاغط في مثل هذا النوع من الهدارات وذلك نظراً لانفراج حواف الفتحة وبالتالي لا حاجة لحساب الطول الفعال للحافة السفلى من فتحة الهدار

3 – الهدار ذي الفتحة المثلثة

$Q = 2.49H^{5/2}$ $ft.sec^{-1}$

$Q = 0.0138H^{5/2}$ $L.sec^{-1}$

3- قناة بارشال Parshall Flume

وهي عبارة عن هيكل إروائي مصنوع من الخشب أو الكونكريت أو الطابوق الكونكريتي أو من المعدن الصفائحي الثقيل ويستخدم لقياس التصاريف المائية في القنوات الكبيرة إضافة إلى السواقي والمروز. وقد تم تصميم قناة بارشال لتجاوز سلبيات الاورفس والهدار ومنها عدم حاجة قناة بارشال إلى فرق كبير في مستوى الماء بين مقدم القناة ومؤخرها فضلا عن عدم ترسيب حبيبات الرمل والغرين في قاع القناة نظراً للحركة الاضطرابية للماء داخل القناة. وتتكون قناة بارشال من الأجزاء التالية والمبينة في الشكل (8) :-

1- الجزء الداخل منه الماء Upstream or Converging Section

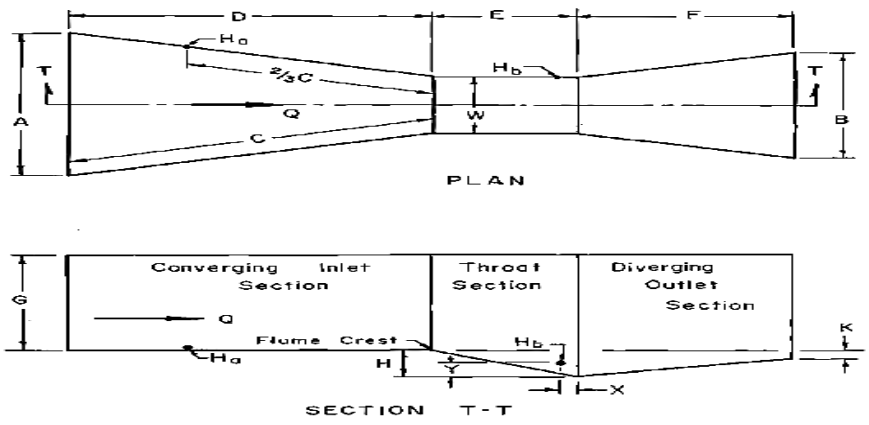
وهو الجزء الأول من القناة والذي يدخل منه الماء، وهو ذي أرضية أو قاعدة مستوية، أما جدرانه فإنها تميل نحو الداخل أي باتجاه الجزء الأوسط (العنق) .

2- الجزء الأوسط (العنق) Throat Section

وهو الجزء الأوسط من قناة بارشال، وهو ذي أرضية أو قاعدة منحدرة من الأعلى إلى الأسفل باتجاه الجزء الثالث من القناة، أما جدرانه فتكون متوازية .

3- الجزء الخارج منه الماء Down Stream or Diverging Section

هو الجزء الأخير من قناة بارشال، وهو ذي أرضية أو قاعدة منحدرة من الأسفل إلى الأعلى، أما جدرانه فإنها مائلة نحو الخارج.



شكل (8) قناة بارشال

قياس التصريف باستخدام قناة بارشال

يتم قياس التصاريف المائية باستخدام قناة بارشال من خلال قياس المتغيرات التالية المبينة في الشكل (8) :

1- Ha وهو ارتفاع المياه في الجزء الأول من قناة بارشال Converging Section

2- Hb هو ارتفاع المياه بالقرب من نهاية الجزء الأوسط من القناة (العنق) Throat Section .

3- W وهو عرض العنق أو الجزء الأوسط من القناة .

عندما تكون النسبة $\frac{Hb}{Ha}$ مساوية أو اقل من 0.7 فان الماء في هذه الحالة ذي جريان حر ولا يوجد اضطراب ويتم حساب التصريف من جداول خاصة تربط العلاقة بين قيمة Ha ارتفاع المياه في الجزء الأول من قناة بارشال Upper head بوحدة القدم وقيمة W عرض العنق أو الجزء الأوسط من القناة Throat Width بوحدة القدم أيضا مع التصريف Q بوحدة القدم^3 . ثانية$^{-1}$ Cubic per Second وكما موضح في الجدول (1)

أما عندما تكون النسبة $\frac{Hb}{Ha}$ اكبر من 0.7 فهذا يعني إن كمية المياه كبيرة والجريان مغمور بحيث يحصل اضطراب كبير في مستوى سطح الماء وارتفاعه مما يؤدي إلى حدوث خطأ في حساب التصريف لذلك يجب إجراء تصحيح في حساب التصريف من خلال طرح الخطأ بالتصريف من قيمة التصريف الأصلي المحسوب من الجداول .

جدول (1) يبين العلاقة بين قيمة Ha ارتفاع المياه في الجزء الأول من قناة بارشال Upper head بوحدة القدم وقيمة W عرض العنق أو الجزء الأوسط من القناة Throat Width بوحدة القدم أيضا مع التصريف Q بوحدة القدم^3 . ثانية$^{-1}$ Cubic per Second

Table 3. Free flow calibration tables for Parshall flumes.

Upper head Ha	Throat Width												
	3 inches	6 inches	9 inches	12 inches	18 inches	24 inches	30 inches	3 feet	4 feet	5 feet	6 feet	7 feet	8 feet
Feet	Flow in cubic feet per second												
0.10	0.028	0.05	0.09	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.11	0.033	0.06	0.10	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.12	0.037	0.07	0.12	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.13	0.042	0.08	0.14	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.14	0.047	0.09	0.15	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.15	0.053	0.10	0.17	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.16	0.058	0.11	0.19	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.17	0.064	0.12	0.20	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.18	0.070	0.14	0.22	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.19	0.076	0.15	0.24	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.20	0.082	0.16	0.26	0.35	0.51	0.66	0.81	0.97	1.26	----	----	----	----
0.21	0.089	0.18	0.28	0.37	0.55	0.71	0.88	1.04	1.36	----	----	----	----
0.22	0.095	0.19	0.30	0.40	0.59	0.77	0.95	1.12	1.47	----	----	----	----
0.23	0.102	0.20	0.32	0.43	0.63	0.82	1.01	1.20	1.58	----	----	----	----
0.24	0.109	0.22	0.35	0.46	0.67	0.88	1.08	1.28	1.69	----	----	----	----
0.25	0.117	0.23	0.37	0.49	0.71	0.93	1.15	1.37	1.80	2.22	2.63	----	----
0.26	0.124	0.25	0.39	0.51	0.76	0.99	1.23	1.46	1.91	2.36	2.80	----	----
0.27	0.131	0.26	0.41	0.54	0.80	1.05	1.30	1.55	2.03	2.50	2.97	----	----
0.28	0.138	0.28	0.44	0.58	0.85	1.11	1.38	1.64	2.15	2.65	3.15	----	----
0.29	0.146	0.29	0.46	0.61	0.90	1.18	1.45	1.73	2.27	2.80	3.33	----	----
0.30	0.154	0.31	0.49	0.64	0.94	1.24	1.53	1.82	2.39	2.96	3.52	4.08	4.62
0.31	0.162	0.32	0.51	0.68	0.99	1.30	1.61	1.92	2.52	3.12	3.71	4.30	4.88
0.32	0.170	0.34	0.54	0.71	1.04	1.37	1.70	2.02	2.65	3.28	3.90	4.52	5.13
0.33	0.179	0.36	0.56	0.74	1.09	1.44	1.78	2.12	2.78	3.44	4.10	4.75	5.39
0.34	0.187	0.38	0.59	0.77	1.14	1.50	1.87	2.22	2.92	3.61	4.30	4.98	5.66
0.35	0.196	0.39	0.62	0.80	1.19	1.57	1.95	2.32	3.06	3.78	4.50	5.22	5.93
0.36	0.205	0.41	0.64	0.84	1.25	1.64	2.04	2.42	3.19	3.95	4.71	5.46	6.20
0.37	0.213	0.43	0.67	0.88	1.30	1.72	2.11	2.53	3.34	4.13	4.92	5.70	6.48
0.38	0.222	0.45	0.70	0.92	1.36	1.79	2.22	2.64	3.48	4.31	5.13	5.95	6.76
0.39	0.231	0.47	0.73	0.95	1.41	1.86	2.31	2.75	3.62	4.49	5.35	6.20	7.05