

Calculul coeficientului de rugozitate pentru un colector de canalizare în condiții de laborator*

Calculation of the rugozitance coefficient for a laboratory conditioning landscape collector

Elena IATAN, Daniela TEODORESCU, Alexandru IATAN,
Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania

Rezumat:

Pentru conducte de canalizare de cele mai multe ori se utilizează valori ale coeficientului de rugozitate date de producătorul conductelor, valori care se referă la conducte noi, fără depuneri și care evacuează apă curată. Pentru calcule de proiectare ASCE recomandă o valoare a coeficientului de rugozitate din formula lui Manning egal cu 0,013 față de 0,010 care este o valoare tipică pentru conductele noi de canalizare. Lucrarea de față își propune să stabilească o procedură pentru a calcula coeficientul de rugozitate din formula lui Manning, în cazul curgerii apei curate peste o frontieră cu depuneri consolidate.

Cuvinte cheie: colector de canalizare, coeficient de rugozitate, viteza de frecare.

Abstract

Sewage pipelines are most often used with roughness coefficients given by the pipe manufacturer, values that refer to new pipelines without deposits and which evacuate clean water. For design calculations ASCE recommends a roughness coefficient value in the Manning formula equal to 0.013 vs. 0.010 which is a typical value for new sewer pipes. The present paper aims to establish a procedure for calculating the roughness coefficient in the Manning formula, in the case of the flow of clean water over a boundary with consolidated deposits.

Keywords: sewer collector, roughness coefficient, friction speed.

1. Introducere

Intr-un sistem unitar de canalizare colectoarele vor fi dimensionate pentru a transporta suma debitelor de apă uzată menajera și pluvială. În aceste condiții, în timp, debitele și concentrațiile sedimentelor transportate prezintă variații importante iar apariția depunerilor la nivelul frontierei curgerii este inevitabilă. Principalele efecte negative asociate depunerilor de sedimente sunt: diminuarea capacității de transport, creșterea rugozității la nivelul frontierei curgerii și implicit creșterea riscului de inundare. Ackers (1964) a observat prezența depozitelor de sedimente consolidate, în colectoare de canalizare în cazul în care erau respectate prescripțiile de proiectare relative la viteza minimă de autocurățire. Condiții similare au găsit Ashley (1992) și Verbank (1992). Ackers a măsurat adâncimea depozitelor de sedimente în sisteme

* Lucrare prezentată în cadrul Conferinței AIIR Timisoara, aprilie 2017

unitare de canalizare și a obținut valori între 25 mm și 300 mm pentru nisip și pietriș cu diametrul particulelor cuprins între 0,54 mm și 12 mm.

Lucrarea de față urmărește, în contextul unui studiu de laborator, o modalitate de evaluare a rugozității unei frontiere solide în lungul căreia curge apă curată iar la nivelul frontierei solide există particule sedimentare consolidate, aranjate într-o dispunere aleasă similar cu alte studii din literatura de specialitate [1]. Chiar dacă elementele de rugozitate sunt idealizate și rezultatele nu pot fi complet extrapolate la situațiile întâlnite în practică, cele mai multe dintre studiile raportate tratează curgeri peste rugozități artificiale, realizate în laborator. În Figura 1 este prezentată dispunerea elementelor de rugozitate aleasă pentru studiul de față. Elementele care se găsesc la frontiera curgerii sunt semisfere cu diametrul calibrat de 4,2mm. În lungul curgerii, raportul dintre distanța a 2 rânduri consecutive și înălțimea semisferei este egal cu 4,5.

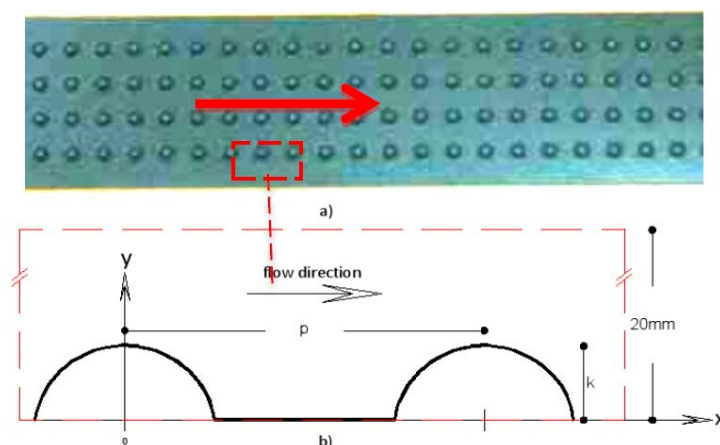


Figura 1. Dispunerea rugozităților artificiale 1a) vedere de sus, respectiv 1b) distanța între 2 rânduri consecutive pentru $p/k=4,5$. Curgerea apei este în sensul săgeții.

Coeficienții de rugozitate pot fi exprimați prin intermediul rugozității granulare echivalente, prin intermediul coeficientului Darcy–Weisbach sau utilizând coeficientul de rugozitate din formula lui Manning. Cei trei coeficienți sunt interschimbabili, odată ce unul dintre ei este cunoscut se pot obține valorile corespunzătoare celorlalți coeficienți. Datorită formei sale ușor de utilizat, relația lui Manning este foarte des implicată în criteriile de proiectare pentru conducte de canalizare ce reprezintă curgeri cu suprafață liberă. De obicei, valoarea coeficientului de rugozitate este estimată și nu calculată, a se vedea spre exemplu [2] pentru valori ale acestui coeficient pentru diferite materiale din care sunt realizate conductele de canalizare. Anumite prescripții de proiectare, a se vedea spre exemplu [2], iau în considerare diferențele dintre condițiile de laborator și condițiile de instalare, rezultând o mărire cu 30% a coeficientului de rugozitate vis a vis de valorile comerciale prezentate. Coeficientul de rugozitate Manning este de așteptat să fie influențat și de mărimea și forma secțiunii conductei, alinierea imperfectă a tronsoanelor, etc.. Acești parametri nu sunt luați în calcul în lucrarea de față.

Se va calcula coeficientul de rugozitate în situația în care au apărut depuneri de sedimente pentru a vedea diferența față de cazul ideal în care un colector nou, fără

Calculul coeficientului de rugozitate pentru un colector de canalizare in conditii de laborator

depuneri, transporta apa curata. Pentru conducta de plexiglas curata si in aceleași condiții de debit, valoarea coeficientului de rugozitate este 0,010.

2. Calculul coeficientului de rugozitate din formula lui Manning

2.1. Modelul de laborator

Pentru calculul coeficientului de rugozitate din formula lui Manning se utilizează relația următoare:

$$n = \frac{R_h^{1/6} u_*}{\sqrt{g} U} \quad (1)$$

In relația (1) este coeficientul de rugozitate din formula lui Manning, este raza hidraulică, u_* este viteza de frecare, g este accelerația gravitațională iar cu U s-a notat viteza medie pe secțiunea curgerii.

Pentru determinarea parametrilor din relația (1) se utilizează un model de laborator având următoare caracteristici: colectorul de canalizare este reprezentat de o conductă de plexiglas cu diametru interior = 144 mm, grosimea depunerilor de sedimente consolidate pe fundul conductei este de 7,5 mm, debitul de apă transportat 0,90 l/s, raza hidraulică stabilita prin măsurători este 0,0245 m, panta de montaj a conductei 0,5%, viteza medie pe secțiunea curgeii a fost calculată împărțind debitul masurat la aria secțiunii transversale curgerii și este egală cu 0,22 m/s. Ținând cont de datele prezentate mai sus singurul parametru necunoscut din relația (1) este în acest moment viteza de frecare. La nivelul modelului de laborator au fost realizate măsurări cu ajutorul tehnicii Particle Image Velocimetry (PIV). Aceasta reprezintă o metodă optică de investigare a curgerilor, mai precis a câmpurilor de viteză, 2D în cazul de față. Principalul avantaj față de alte tehnici de investigare a curgerilor (ex. LDV) este capacitatea sistemului PIV de a măsura un câmp întreg de viteze într-un singur pas. Pentru detalii despre tehnica de măsură a se vedea (Năstase și colegii, 2011). Campania de măsură PIV a fost realizată cu ajutorul unui sistem Dantec compus dintr-o cameră de înalta sensibilitate FlowSense MKII 4M având o rezoluție de $4 * 10^6$ *pixeli* și dintr-un laser Litron de 200mJ, ce produce un plan luminos cu lungimea de undă de 532nm. Frecvența de achiziție a sistemului este de 7.5Hz.

2.2. Calculul vitezei de frecare

Viteza de frecare se va calcula utilizând metoda extrapolării efortului Reynolds către frontiera curgerii. Această metodă a fost propusă pentru curgeri bidimensionale și se bazează pe observația că distribuția efortului Reynolds pe adâncimea curgerii este liniară. Pentru aplicarea acestei metode este necesar să dispunem de măsurători ale eforturilor Reynolds pe adâncimea curgerii studiate. Efortul la frontieră are o componentă laminară și o componentă datorată curgerii turbulente. Repartiția eforturilor (vâscos și turbulent) într-o curgere turbulentă, în regim permanent și uniform este prezentată de principiu în Figura 2.

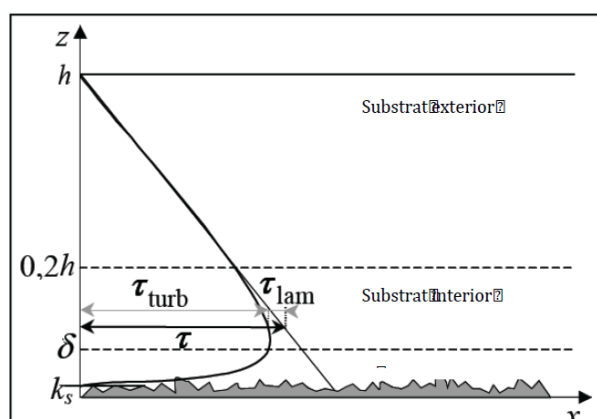


Figura 2. Distribuție teoretică a efortului pe adâncimea curgerii (figură preluată din Yalin 1977)

În Figura 2 se observă că deasupra substratului laminar efortul total este aproximativ egal cu τ_{turb} iar sub δ efortul total este aproximativ egal cu τ_{lam} . Pornind de la efortul total măsurat în substratul exterior, se va extrapola această variație a efortului către frontiera curgerii și se va obține astfel valoarea efortului la frontieră.

Extrapolând dreapta de interpolare din Figura 3 către $y/h=0$ se observa că intersecția acestei drepte cu axa y/h are loc în dreptul valorii covarianței $uv=0,00385$. Variația covarianței pe adâncimea curgerii este obținută în urma măsurărilor PIV utilizând fluctuațiile vitezei în lungul curgerii respectiv în direcția perpendiculară pe sensul curgerii.

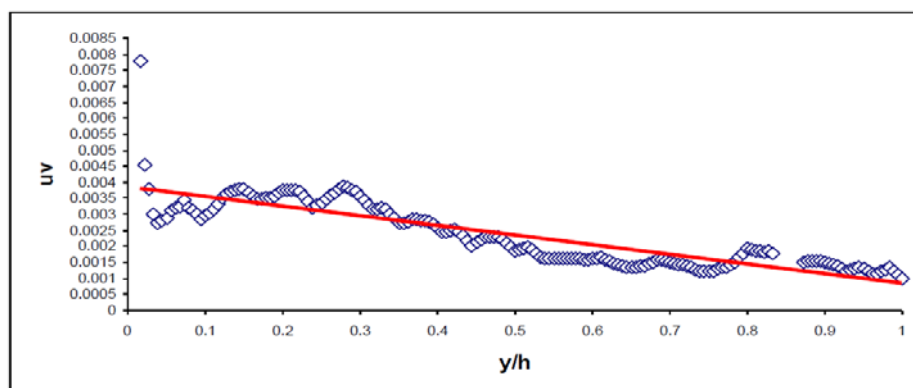


Figura 3. Distribuția covarianței pe adâncimea curgerii în cazul curgerii cu suprafața liberă peste semisfere dispuse ca în Figura 1. Profilul este obținut în punctul extrem al unei semisfere.

Se poate demonstra că există relația următoare ce leagă covarianța fluctuațiilor de viteza de viteza de frecare:

$$\overline{uv} = u_1^2 \left(1 - \frac{y}{h}\right) \quad (2)$$

Utilizând relația (2) se determină, pentru cazul studiat, valoarea vitezei de frecare egală cu:

$$u' = \text{sqrt}(\overline{uv}) \quad (3)$$

Calculul coeficientului de rugozitate pentru un colector de canalizare in conditii de laborator

rezultând și se va calcula valoarea coeficientului de rugozitate din formula lui Manning utilizând relația (1). In Tabelul nr. 1 sunt centralizate caracteristicile colectorului de canalizare din laborator.

Tabelul nr.1.

Caracteristici hidraulice si geometrice ale modelului de laborator

PARAMETRUL CONSIDERAT	MODEL
S (pantă conductă, m/m)	0,005
PARAMETRUL CONSIDERAT	MODEL
Di (mm)	144
Numărul Froude (-)	0,44
Rh (m)	0,0245
U (m/s)	0,22
u_* (viteza de frecare, m/s)	0,062
Numărul Reynolds (-)	5400
Q (l/s)	0,9
ν (vâscozitatea cinematică a apei)	0,000001004
n (coeficientul de rugozitate din formula lui Manning)	0,0196

3. Concluzii

Lucrarea de fata își propune sa stabilească o procedura pentru a calcula coeficientul de rugozitate din formula lui Manning, in cazul curgerii apei curate peste o frontiera cu depuneri consolidate. Se utilizeaza o tehnica de masura PIV pentru a obtine distributia pe adancimea curgerii a efortului Reynolds. Aceasta distributie este utilizata pentru a calcula viteza de frecare si ulterior coeficientul de rugozitate. Pentru conducta de plexiglas curata si in aceleași condiții de debit, valoarea coeficientului de rugozitate este 0,010. Pentru curgerea apei curate peste semisfere calibrate avand diametrul 4,2mm si pentru raportul $p/k=4,5$ se obtine valoarea coeficientului de rugozitate 0,0196.

Bibliografie

- [1]. Martin Agelinchaab, Mark F. Tachie, Open channel turbulent flow over hemispherical ribs, 2006, International Journal of Heat and Fluid Flow 27 1010-1027, Elsevier.
 [2] Bloodgood D. E., Bell J. M., Manning's coefficient calculated from test data, Journal (Water Pollution Control Federation) Vol. 33, No. 2 (Feb., 1961), pp. 176-1831961. [3] Amina Meslem, M El Hassan, Ilinca Nastase, Analysis of jet entrainment mechanism in the transitional regime by time-resolved PIV, Journal of Visualization, Volume 14, Issue 1, pages 41-52, Springer-Verlag.

INFORMATION FOR AUTHORS

- For the works proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering, there are no costs for the author to analyze the manuscript and / or publish the article
- The publication of the article is conditional on its analysis in a peer-review process, as mentioned at <http://www.rric.ro/etica.php>; the author is required to participate in the peer-review process
- The article proposed for publication in the Romanian Journal of Civil Engineering has not been published and can no longer be published in another journal. If portions of content overlap with published content or for publication in another journal, the author must recognize and quote these sources
- Send to publish of an article implies that the study described in the article is original and does not infringe copyright. In the necessary circumstances, the author has to recognize and quote content reproduced from other sources after having previously obtained permission to reproduce the required content from other sources
- If there are more than one author, the content of the article is known and approved by all authors who contributed to writing the article and / or performing the research described in the paper
- All authors of an article should make a significant contribution to its writing
- The proposed article for publication will contain bibliographical references, as well as references to financial support, if any
- In the event of an error being reported in the paper after its publication, the author is required to cooperate with the Editorial Board and the publisher to publish an errata, an addendum, a corrigendum notice, or to withdraw the work if this is considered necessary.

At http://www.rric.ro/template/rric_template.doc there is the template where the proposed article should be sent for publication; the article is sent by email to office@matrixrom.ro or uploaded directly from the journal's website <http://www.rric.ro/autori.php>.

INFORMAȚII PENTRU AUTORI

- Pentru lucrările propuse spre publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu există costuri ale autorului pentru analiza manuscrisului și/sau pentru publicarea articolului
- Publicarea articolului este condiționată de analiza acestuia într-un peer-review proces, așa cum este menționat la <http://www.rric.ro/etica.php>; autorul este obligat să participe la procesul de peer-review
- Articolul propus pentru publicare în Revista Română de Inginerie Civilă nu a mai fost și nu mai poate fi publicat într-o altă revistă. Dacă porțiuni de conținut se suprapun cu conținut publicat sau trimis spre publicare la o altă revistă, autorul trebuie să recunoască și să citeze aceste surse.
- Trimiterea către publicare a unui articol implică faptul că studiul descris în articol este original și nu încalcă drepturile de autor. În situațiile necesare autorul trebuie să recunoască și să citeze conținutul reprodus din alte surse, după ce a obținut anterior permisiunea de a reproduce conținutul necesar din alte surse.
- În cazul în care există mai mulți autori, conținutul articolului este cunoscut și aprobat de toți autorii care au contribuit la scrierea articolului și/sau la realizarea cercetării descrise în lucrare.
- Toți autorii unui articol trebuie să aibă o contribuție semnificativă la elaborarea acestuia
- Articolul propus pentru publicare va conține referințe bibliografice, precum și mențiuni referitoare la suportul financiar, dacă este cazul
- În cazul semnării unor erori în lucrare, după publicarea acesteia, autorul este obligat să coopereze cu Colegiul Editorial și cu editura pentru a publica o erată, o addendum, o notificare de corrigendum sau pentru a retrage lucrarea, în cazul în care acest lucru este considerat necesar.

La adresa http://www.rric.ro/template/rric_template.doc se găsește formatul (template) în care trebuie trimis articolul propus pentru publicare; articolul se trimite prin email la adresa office@matrixrom.ro sau se încarcă (upload) direct din website-ul revistei, secțiunea pentru autori <http://www.rric.ro/autori.php>.

REVISTA ROMÂNĂ DE INGINERIE CIVILĂ INCLUDE ARTICOLE DIN URMĂTOARELE DOMENII

ROMANIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING INCLUDE ARTICLES FROM THE FOLLOWING AREAS

- | | |
|--|---|
| . Mecanica structurilor | . Mechanics of structures |
| . Inginerie seismică și siguranța construcțiilor | . Seismic engineering and construction safety |
| . Inginerie urbană și dezvoltare regională | . Urban engineering and regional development |
| . Construcții civile | . Civil buildings |
| . Căi de comunicații, poduri și tunele | . Communication ways, bridges and tunnels |
| . Căi ferate | . Railways |
| . Drumuri și aeroporturi | . Roads and airports |
| . Construcții din beton armat | . Reinforced concrete buildings |
| . Construcții metalice | . Metal constructions |
| . Geotehnică și fundații | . Geotechnics and foundations |
| . Alimentări cu apă și canalizare | . Water supply and sanitation |
| . Tratarea apei | . Water treatment |
| . Epurarea apelor uzate | . Wastewater treatment |
| . Construcții hidrotehnice | . Hydro construction |
| . Îmbunătățiri funciare | . Land improvements |
| . Hidraulică și mecanica fluidelor | . Hydraulics and Fluid Mechanics |
| . Hidrologie, hidrogeologie și gospodărirea apelor | . Hydrology, hydrogeology and water management |
| . Protecția mediului în inginerie civilă | . Environmental protection in civil engineering |
| . Instalații pentru construcții | . Building services |
| . Management în construcții | . Construction Management |
| . Calitatea mediului interior | . Indoor environmental quality |
| . Acustica clădirilor și a instalațiilor | . Acoustic of buildings and installations |
| . Energetica clădirilor și instalațiilor | . Energy of buildings and installations |
| . Geodezie, fotogrammetrie, cartografie | . Geodesy, photogrammetry, cartography |
| . Termotehnică | . Thermotechnics |
| . Mașini și utilaje pentru construcții | . Constructions machinery |
| . Mecanică tehnică și vibrații | . Technical mechanics and vibrations |
| . Electrotehnică | . Electrotechnics |
| . Ingineria calității | . Quality engineering |
| . Științe fundamentale în inginerie civilă | . Fundamental science in civil engineering |