

Eleveniszap szivattyúzásának vizsgálata

Investigation of activated sludge pumping

Dr. CSIZMADIA Péter, TILL Sára

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék, 1111, Budapest, Műegyetem rkp. 3. tel: +3614631680, www.hds.bme.hu

Kivonat

Az eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia során az iszapkoncentráció változása módosítja a közeg reológiai tulajdonságait is. Munkánkban három különböző, valós eleveniszapot szállító, egyszerű hidrodinamikai rendszer veszteségeit és jelleggörbéit határoztuk meg CFD számítások és irodalmi adatok alapján. Kimutattuk, hogy pusztán a koncentráció megváltozása nagymértékű, káros hatással lehet a rendszer fajlagos energiafelhasználására.

Kulcsszavak: eleveniszap, nemnewtoni reológia, áramlási veszteség, CFD, jelleggörbe

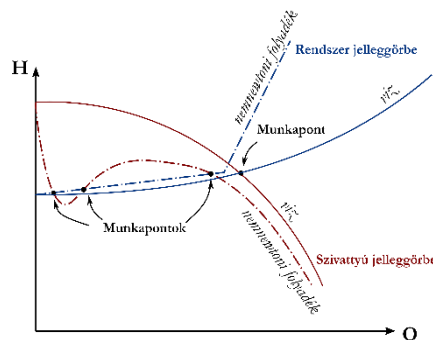
Abstract

Changes in the concentration of the activated sludge during wastewater treatment technology also modify the rheological properties of the fluid. In our work, we determined the losses and characteristic curves of simple hydrodynamic systems carrying three different, real activated sludge based on CFD calculations and literature data. We have shown that the change in the sludge concentration can have a significant, negative effect on the specific energy consumption of the system.

1. BEVEZETÉS

Az ipar számos területén találkozunk nemnewtoni reológiájú anyagokkal, pl. az erőművi zagy [1], a szennyvíziszap [2], a narancslé [3] vagy a fogkrém. A technológiai folyamatok között szivattyúk segítségével szállítják a közegeket. Az egyre szigorodó energiahatékonysági szabályok miatt a rendszerek méretezésekor és üzemeltetésekor elengedhetetlen figyelembe venni a közeg anyagtulajdonságát, hiszen mind a csővezetékrendszer jelleggörbét, mind a szivattyú jelleggörbét módosítja, ha nem víz a szállított közeg.

A szennyvíztisztítás jelenleg legelterjedtebb eljárása az eleveniszapos technológia. Az iszap nemnewtoni tulajdonságú, reológiai modellezésére az Ostwald (hatványfüggvény), a Bingham és a Herschel-Bulkley anyagmodellt ajánlja az irodalom [4][5]. A közeg anyagtulajdonságai a szárazanyag tartalom, a hőmérséklet, az anyagszerkezet függvényében változhatnak, akár az adott technológiai folyamat közben is.



1. ábra Adott rendszerre dolgozó szivattyú elméleti munkapontjai newtoni és nemnewtoni közegek szállítása esetén

Az egyenes cső és csőszerelvények veszteségei függenek a szállított közeg anyagminőségétől. Egy áramlástechnikai rendszer jelleggörbéje nemnewtoni esetben a nagyobb veszteségek miatt feljebb tolódhat, de akár törések is megjelenhetnek rajta, ahogy azt az 1. ábra mutatja.

Egy nemnewtoni anyagot szállító szivattyú jelleggörbéje is módosul, amely változás a kis térfogatáramok tartományában akár jelentős szállítomagasság visszaesést is jelenthet [6]. Így előfordulhat az is, hogy a két görbének több metszéspontja is lesz, vagyis több munkapont adódik, ezt mutatja az 1. ábra. Ezzel együtt a szivattyú hatásfoka is csökken.

Az eleveniszapos szennyvíztisztítás során a megváltozó szilárdanyag-koncentráció (Total Suspended Solid –TSS) nemcsak biotechnológiai kihívásokat okozhat, de emiatt változik az anyag reológiája is. Ennek következtében a kialakuló munkapontban hatásfokromlást tapasztalhatunk. Munkánk célja egy egyszerű esettanulmányon keresztül, valós reológiai adatokon alapulva bemutatni a nemnewtoni anyag szivattyúzásokor bekövetkező hatásfokromlást.

A szerzők korábban megmutatták, hogy a csővezetékrendszer-elemek veszteségeinek becslésére a numerikus áramlásszimulációk (CFD) megbízható eszköznek bizonyultak [7]. Ezen modellekkel meghatározhatók a csősúrlódási tényezők és a könyökök veszteségtényezői nemnewtoni közegekre.

A szivattyú jelleggörbéinek módosulására az Amerikai Nemzeti Szabványügyi Hivatal 12.1-12.6 (2005) számú, erősen viszkózus newtoni közegekre kidolgozott szabványát használja az irodalom [8]. A szabványban leírt számításokban szükség van a folyadék jellemző viszkozitásának megadására, ami nemnewtoni anyagoknál korántsem egyértelmű. A szakirodalomban létező több eljárás közül munkánkban a Graham et al. módszerét használtuk [9].

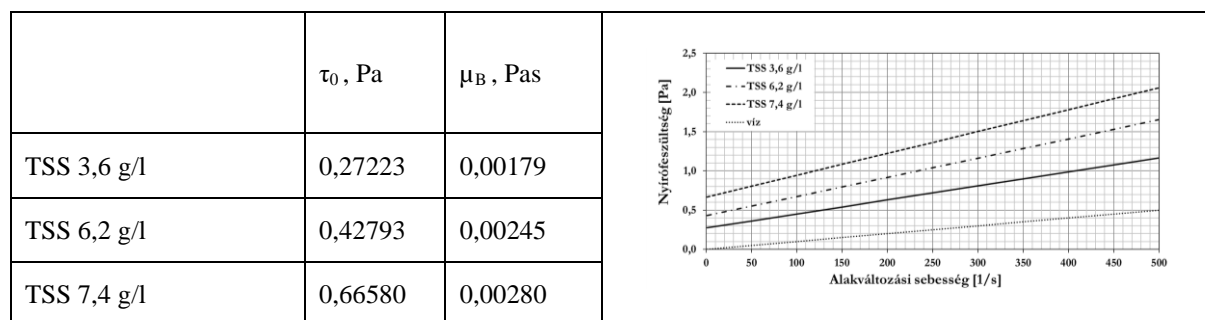
2. MODELLEZÉS

2.1 Reológiai modell

Guibaud et al. [10] különböző koncentrációjú, szennyvíztisztító telepek medencéjéből származó friss eleveniszap reológiáját vizsgálta. A reológiai paramétereket egy PAAR Physica MC100 rotációs reométerrel mérték, koaxialás hengeres „double gap” típusú mérőfejjel. Konstans hőmérsékleten (20 ± 2 °C) minden anyagból 17 ml-t vizsgáltak. Az 1-500 1/s alakváltozási sebesség tartományban vették föl a reológiai görbéket. Az eredeti mintát szikkasztották illetve hígították annak érdekében, hogy az általuk vizsgált szilárdanyag-koncentrációt pontosan beállítsák. A vizsgált koncentrációk (TSS): 3,6 g/l; 6,2 g/l és 7,4 g/l. Munkánkban az általuk publikált adatokra illesztett saját görbéket használtuk [11]. A számítások során használt paramétereket mutatja be az 1. táblázat.

A vizsgált iszaptípusok reológiai paramétereit és görbéit

1. táblázat



2.2 Veszteségek becslése

Az egyenes cső és csőkönyök veszteségeit korábbi munkáinkra hagyatkozva, CFD számítások segítségével határoztuk meg [11]. A csősúrlódási tényezőt a módosított Reynolds-szám alkalmazásával lamináris esetben a Darcy, turbulens esetben a Blasius képlettel becsültük.

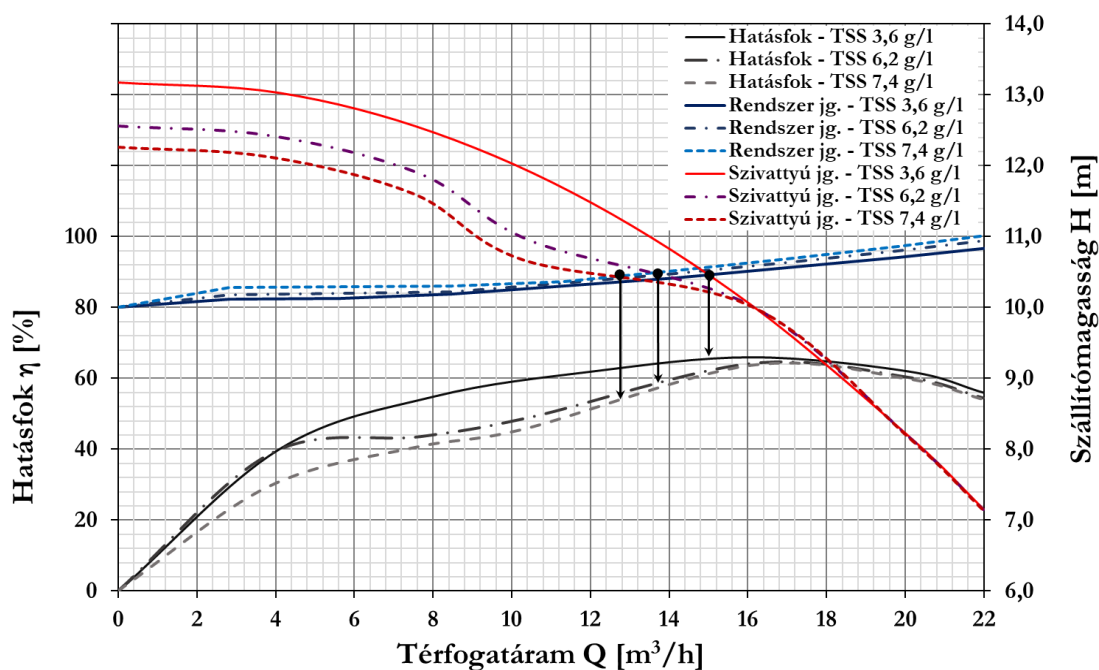
A szivattyú esetében az eredeti jelleggörbe pontjai a fent említett szabványban leírtaknak megfelelően módosulnak. A képletekhez szükséges viszkozitás értékét a látszólagos viszkozitással becsültük. Lamináris esetben az egyenértékű sebesség számítása után a Rabinovitch-Mooney képlettel meghatározott alakváltozási sebességhez; míg turbulens esetben a 4000 1/s alakváltozási sebességnek megfelelő helyen állapítottuk meg a viszkozitást a reológiai görbék alapján [9].

2.3 Áramlástechnikai rendszer

Esettanulmányunkban egy 10 m statikus szállítomagasság igényű rendszert képzeltünk el. Az összesen 80 m hosszúságú; 0,1 m belső átmérőjű; hidraulikailag sima csővezetéken 8 db R/D=1 relatív görbületi sugarú könyök volt. A rendszerre egy $n=2789$ 1/min fordulatszámú vízipari alkalmazásokra tervezett örvényszivattyú dolgozott, járókerekének átmérője 130 mm.

3. EREDMÉNYEK

A reológiai változások a csővezeték jelleggörbéken csak alig észrevehető módosulást okoztak. A szivattyú jelleggörbe azonban jelentősen változott: a kis térfogatáramok tartományában nagymértékű szállítomagasság csökkenést mutatott (lásd 2. ábra).



2. ábra Jelleggörbék, a rendszer munkapontja, és a szivattyú hatásfoka a három különböző koncentrációjú iszap esetén.

A szivattyú fajlagos energiafogyasztása három különböző koncentrációjú iszap esetében 2. táblázat

TSS 3,6 g/l	TSS 6,2 g/l	TSS 7,4 g/l
156 068 J/m ³	174 585 J/m ³	188 933 J/m ³

Bár a rendszer munkapontjában a szállítomagasság változása alig észrevehető, a térfogatáram csökken, és a szivattyú hatásfokának romlása is említésre méltó. A legkisebb 3,6 g/l koncentrációt feltételezve a szivattyú a maximális 66%-os hatásfok érték közelében működött. A 6,2 g/l-es koncentráció esetében ez már csak 59%, maximális 7,4 g/l esetében pedig 54%-ra esett vissza. A szivattyú fajlagos energiafogyasztását a 2. táblázat mutatja. Az egyszerű esettanulmányban végzett becslés alapján a nagyobb koncentrációjú anyagok szállítása rendre 12% és 21%-kal több energiát igényelnek.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánkban egy egyszerű példán megmutattuk, hogy az eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia során a szárazanyag-koncentráció változása miként befolyásolja az iszappör hidrodinamikai viszonyait. Rámutattuk, hogy bár a tervezettől eltérő oldott szárazanyag-koncentráció a

szállítómagasságot lényegesen nem befolyásolja, a hatásfok romlása miatt jelentős fajlagos energiafogyasztás növekedést okoz.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-4-BME-443 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának valamint a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Csizmadia, P. Sűrűzagy keverőben lezajló áramlási folyamatok kísérleti és numerikus vizsgálata (Experimental and numerical investigation of flow field inside a dense slurry mixer). Budapest University of Technology and Economics. 2016. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10890/5312>
- [2] Tixier, N., Guibaud, G., Baudu, M. "Determination of some rheological parameters for the characterization of activated sludge". *Bioresource Technology*, 90(2), pp. 215–220. 2003. DOI:10.1016/S0960-8524(03)00109-3
- [3] Telis-Romero, J., Telis, V. R. N., Yamashita, F. "Friction factors and rheological properties of orange juice". *Journal of Food Engineering*, 40(1), pp. 101–106. 1999. DOI:10.1016/S0260-8774(99)00045-X
- [4] Ratkovich, N., Horn, W., Helmus, F. P., Rosenberger, S., Naessens, W., Nopens, I., Bentzen, T. R. "Activated sludge rheology: A critical review on data collection and modelling". *Water Research*, 47(2), pp. 463–482. 2013. DOI:10.1016/j.watres.2012.11.021
- [5] Seyssiecq, I., Karrabi, M., Roche, N. "In situ rheological characterisation of wastewater sludge: Comparison of stirred bioreactor and pipe flow configurations". *Chemical Engineering Journal*, 259, pp. 205–212. 2015. DOI:10.1016/j.cej.2014.07.102
- [6] Walker, C. I., Goulas, A. "Performance Characteristics of Centrifugal Pumps When Handling Non-Newtonian Homogeneous Slurries". *Proc Instn Mech Engrs Vol*, 198A(1), pp. 41–48. 1984. DOI:10.1243/PIME_PROC_1984_198_006_02
- [7] Csizmadia, P., Hős, Cs. "CFD-based estimation and experiments on the loss coefficient for Bingham and power-law fluids through diffusers and elbows". *Computers and Fluids*, 99, pp. 116–123. 2014. DOI:10.1016/j.compfluid.2014.04.004
- [8] Addie, G. R., Roudnev, A. S., Sellgren, A. "The new ANSI/HI centrifugal slurry pump standard". *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 107(6), pp. 403–409. 2007. Retrieved from <https://www.saimm.co.za/Journal/v107n06p403.pdf>
- [9] Graham, L. J. W., Pullum, L., Slatter, P., Sery, G., Rudman, M. "Centrifugal pump performance calculation for homogeneous suspensions". *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 87(4), pp. 526–533. 2009. DOI:10.1002/cjce.20192
- [10] Guibaud, G., Dollet, P., Tixier, N., Dagot, C., Baudu, M. "Characterisation of the evolution of activated sludges using rheological measurements". *Process Biochemistry*, 39(11), pp. 1803–1810. 2004. DOI:10.1016/j.procbio.2003.09.002
- [11] Csizmadia, P., Till, S. "The effect of rheology model of an activated sludge on to the predicted losses by an elbow". *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 62(4). 2018. DOI:10.3311/PPme.12348