

Radiális szivattyú jelleggörbéinek kísérleti vizsgálata víz és viszkózus közeg esetén II.

Experimental investigation of the characteristic curves of a centrifugal pump in the case of water and a viscous fluid II.

Lukácsi Dávid Lajos¹, MSc hallgató
Dr. CSIZMADIA Péter², egyetemi adjunktus

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék,
1111 Budapest Műegyetem rkp. 3, tel.: 463-1680, lukacsi.david81@gmail.com, www.hds.bme.hu

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék,
1111 Budapest Műegyetem rkp. 3, tel.: 463-2553, pcsizmadia@hds.bme.hu, www.hds.bme.hu

Abstract

An important issue in pump selection and in the design of hydraulic systems is, that a given pump can deliver a given fluid at the design point. The manufacturer's catalogue data is about only the application of water and this makes it difficult to select a pump, because viscous fluids can degrade the pump's characteristic curves. However, various approximation methods can be found in the literature to "predict" the viscous characteristic curve of a pump. Our aim is to compare our laboratory results obtained by the approximation methods with measurements of a given centrifugal pump, in case of test fluids with different rheology. This work is a continuation of the topic presented at OGÉT 2020.

Kivonat

A szivattyúválasztás és az áramlástechnikai rendszerek tervezésének fontos kérdése, hogy vajon az adott berendezés képes-e a közeget a tervezési ponton szállítani. A gyártói katalógusadatok főként csak vízre vonatkoznak és ez nehézséget jelent a szivattyú kiválasztásakor, ugyanis a viszkózusabb közegek degradálhatják a szivattyú jelleggörbét. Ugyanakkor a szakirodalomban fellelhetőek különböző közelítő módszerek, melyekkel „megjósolhatjuk” a szivattyú viszkózus jelleggörbét. Célunk, hogy saját laboratóriumi mérésekkel összevessük a közelítő módszerek által kapott eredményeket egy adott radiális átömlésű szivattyúnál különböző reológiájú testközegek esetén. Ezen munka a 2020-as OGÉT-en bemutatásra került témának a folytatása.

Kulcsszavak: áramlástechnikai rendszer, centrifugál szivattyú, labormérés, szivattyú jelleggörbe, viszkózus közegek

1. BEVEZETÉS

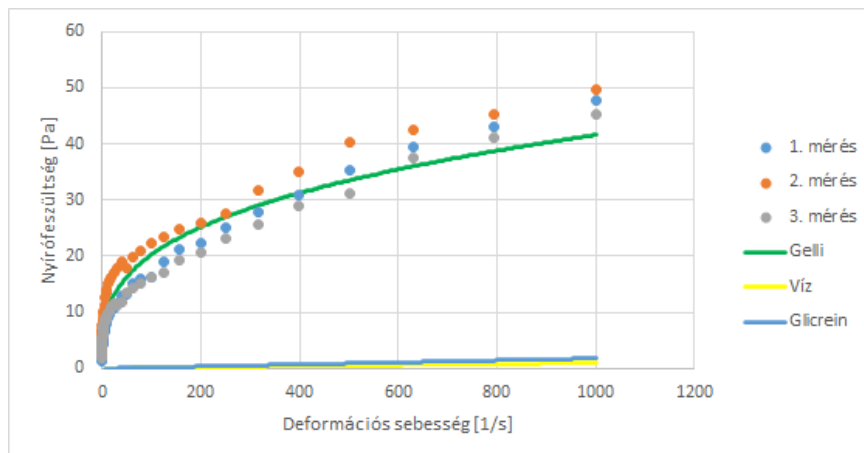
Szivattyúberendezések ipari alkalmazásakor gyakran találkozhatunk olyan esetekkel, amikor nem vizet, vagy nem tisztán csak vizet kell szállítania az adott berendezésnek. Ezen közegek reológiája, illetve viszkozitása rendkívül eltérő lehet. A folyadékok nagy részére igaz a Newton-féle viszkozitástörvény, ezeket tekintjük newtoni folyadékoknak (pl. víz, olaj) [1]. Amelyekre viszont e törvény nem teljesül, azokat nevezük nemnewtoni közegeknek. A nagy viszkozitású folyadékok befolyásolhatják, „ronthatják” a szivattyú jelleggörbét, ezzel megnehezítve a tervező dolgát, valamint mindez gazdasági következményeket is von maga után.

A szakirodalomban több módszer is megtalálható, amiknek segítségével „megjósolhatjuk” a szivattyú viszkózus jelleggörbét. Egyik ezek közül a CFD szimuláció alkalmazása [2]. Viszont fellelhető ennél kisebb számítási kapacitású és kevésbé időigényes megoldás is. Egyszerűbb módszer a korrekciós tényezők alkalmazása, melyek a közeg tulajdonságával vannak összefüggésben. Majd ezekkel a korrekciós tényezőkkel egyszerűen megszorozzuk a szivattyú jelleggörbéjének pontonkénti értékeit. Ilyen megoldás a *Hydraulic Institute Method*, mely széleskörben elterjedt [3]. A *KSB Aktiengesellschaft* módszere is hasonló, viszont számítások helyett grafikus úton jut el a korrekciós tényezőkhöz [4]. 2020 tavaszán pedig *Edgar Minoru Ofuchi* és munkatársai új módszert dolgoztak ki, ezzel bővítve átszámítások tárházát [5]. Munkánk során

különböző tesztközegek esetén vetjük össze a szakirodalmi eredményeket saját laboratóriumi méréseinkkel, és vizsgáljuk a fordulatszámváltoztatás hatását, valamint az affinitási törvények érvényességét [6].

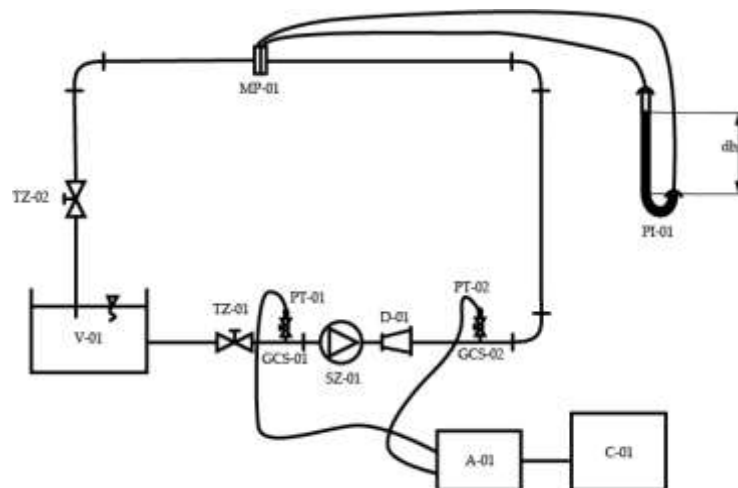
2. A MÉRÉSEK BEMUTATÁSA

A mérések során két tesztközeggel végeztünk méréseket. Az első folyadék a glicerin vizes oldata, mely newtoni reológiájú és kinematikai viszkozitása $\nu = 1,801 \cdot 10^{-6}$ [m²/s] volt. Másik teszt közegünk pedig, egy "Gelli baff" nevű por és víz keveréke (innentől: gelli), mely egy nemnewtoni reológiájú tesztközeget jelentett számunkra. Reológiai görbéjét pszeudoplasztikus modellel közelítettük. A kinematikai viszkozitása ennek a közegnek $\nu = 4,744 \cdot 10^{-3}$ [m²/s]. A lenti ábrán látható, hogy mennyire jelentős változást jelentett viszkozításban és reológiában a gelli közeg alkalmazása.



1. ábra: A tesztközeg reológiai görbéi.

A szivattyú egy tartályból szállítja a közeget [7]. A szivattyú előtt és után nyomástávadókat rögzítettünk, melyeket a mérés előtt kalibráltunk [8]. A fenti ágon egy szabványos mérőperem és egy higanyos manométer segítségével határozhatjuk meg a térfogatáramot. A villamos teljesítmény-felvételt a szivattyúberendezés kijelzi számunkra, a szivattyú fordulatszáma pedig állítható.



2. ábra: A mérőberendezés bemutatása

Mivel szabványos mérőperemet alkalmaztunk a mérésekhez, ezért az áramlástechnikában jól ismert átfolyási egyenletet (1) alkalmazhatjuk a Q térfogatáram számítására [9]. α az átfolyási tényező, d a mérőperem legszűkebb átmérője, Δp_{mp} a mérőperemen lévő nyomáscsökkenés, $\rho_{víz}$ pedig az áramló közeg sűrűsége. A tesztközegünk sűrűsége jó közelítéssel megegyezett a vízével.

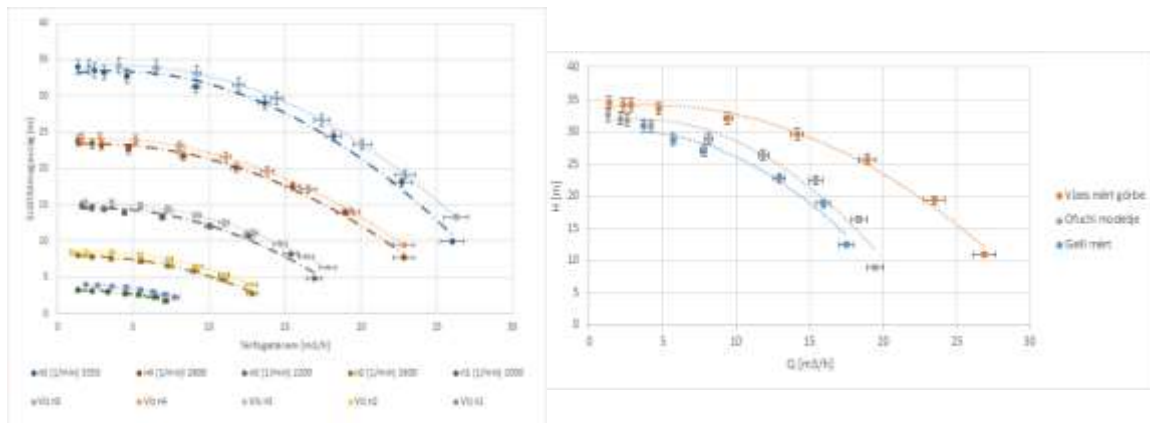
$$Q = \alpha \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{mp}}{\rho_{v\acute{z}}}} \quad (1)$$

A H_{sz} szállítómagasságot pedig az alábbi (2) összefüggéssel számítottuk [10] [11]. A geodetikus magasságból származó tagot elhanyagoljuk, mivel a berendezés vízszintes, a szivattyú szívó- és nyomóoldalának geodetikus magassága megegyezik. p_s és p_n a szívó és nyomóoldalon mért nyomások, g a gravitációs térerősség, A_s és A_n a szívó és nyomóoldal csővezetékének keresztmetszete a nyomásmérési pontban.

$$H_{sz}(Q) = \frac{p_N - p_S}{\rho_{v\acute{z}} \cdot g} + \frac{1}{2 \cdot g} Q^2 \left(\frac{1}{A_N^2} - \frac{1}{A_S^2} \right) \quad (2)$$

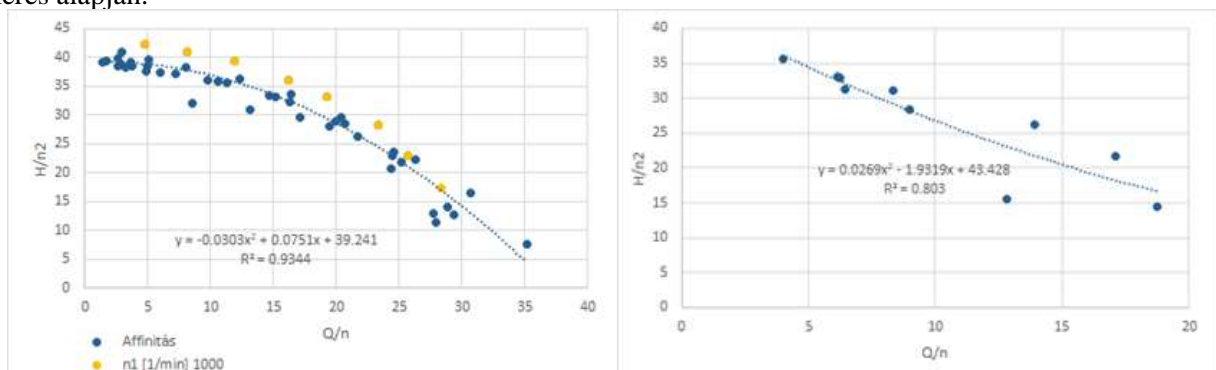
3. EREDMÉNYEK

A laboratóriumi mérésekből kapott jelleggörbék az alább láthatóak. A glicerines közeg esetén egy minimális konstans eltolódást láthatunk. A gelli testközeg esetén pedig egyfajta „letörést”. Míg a glicerines közegnél a közelítő módszerek azt mutatták, hogy nincs számottevő változás, addig a gellinél az Ofuchi-féle modell jó közelítéssel visszaadta a szivattyú viszkózus jelleggörbéjét.



3. ábra: $H(Q)$ jelleggörbék több fordulatszámon (balra a glicerín oldat, jobbra a gelli oldat eredményei láthatóak) [12]

Azt láthatjuk, hogy a glicerines közegnél a vizsgálat eredményei alapján a determinációs együttható 0,9 felett van, így elmondhatjuk, hogy az affinitás törvényei jó közelítéssel teljesülnek, még a legkisebb fordulatszámon is. A gelli közegnél pedig tisztán látható, hogy az affinitás törvényei nem teljesülnek ezen mérés alapján.



4. ábra: Az affinitás vizsgálata (balra a glicerín oldat, jobbra a gelli oldat eredményei láthatóak) [12]

4. ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KITEKINTÉS

Laboratóriumi méréseket végeztünk viszkózus és nemnewtoni reológiájú tesztfolyadékok szivattyúzására. Sikertelenül igazoltunk, hogy az Ofuchi-féle módszer jó közelítést ad a vizsgált, a víztől jelentősen eltérő tesztközeg esetén. Megállapítható, hogy érdemes a későbbiekben foglalkozni azzal, hogy vajon különböző tesztközegeknél az affinitás törvénye teljesül-e, ugyanis a szakirodalomban ez még tisztázatlan. Ezen kívül fontos témának tekintjük a viszkózus közegeknek csővezetékekre, csőidomokra és szerelvényekre gyakorolt hatásának vizsgálatát is, mely a csővezetékjelleggörbét befolyásolhatja.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka Dr. Csizmadia Péter által elnyert az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5-BME-156 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával valamint a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

6. HIVATKOZÁSOK

- [1] T. Lajos, *Az áramlástan alapjai*, Budapest, 2015.
- [2] N. Aldi, C. Buratto, N. Casari, D. Dainese, V. Mazzanti, F. Mollica, E. Munari, M. Occari, M. Pinelli, S. Randi, R. P. Spina és A. Suman, „*Experimental and Numerical Analysis of a Non-Newtonian Fluid Processing Pump*,” 72nd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, p. 8, Szeptember 2017.
- [3] J. Kolombo, R. Haldenwang, R. Chhabra és V. Fester, „*Centrifugal Pump Derating*,” *Journal of Fluids Engineering*, p. 11, Március 2014.
- [4] *Selecting Centrifugal Pumps*, KSB Aktiengesellschaft, 2005. +
- [5] „Edgar Ofuchi, J.M.C. Cubas, H. Stel, R. Dunaiski, T.S. Vieira, R.E.M. Morales, A new model to predict the head degradation of centrifugal pumps handling highly viscous flows,” *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020.
- [6] LUKÁCSI, L. and CSIZMADIA, P. 2020. *Radiális szivattyú jelleggörbéinek kísérleti vizsgálata víz és viszkózus közeg esetén*. XXVIII. Nemzetközi Gépészeti Konferencia – OGÉT 2020. 28, (Apr. 2020), 109-112
- [7] A *szivattyú* *adatlapja*:
https://wilo.com/hu/hu/Term%C3%A9kek/Keres%C3%A9s-sorozat-szerint/Helix-EXCEL-1602-1-16-E-KS_4661.html#tab-JsonProductPumpCurveDataGroup.
- [8] *Nyomástávadó* *kalibrálása*:
http://www.hds.bme.hu/letoltesek/targyak/BMEGEVGNT32/MJ1_Kalibr%C3%A1s.pdf, Budapest.
- [9] *Örvényszivattyú mérése*: <http://www.hds.bme.hu/letoltesek/targyak/BMEGEVGAG02/OA.pdf>, Budapest, 2018.
- [10] L. Kulmann, *Áramlástechnikai gépek*, Budapest, 2019.
- [11] P. Csizmadia, *Áramlástechnikai rendszerek kézikönyve*, Budapest, 2018.
- [12] Lukácsi D. L., *Radiális szivattyú jelleggörbéinek kísérleti vizsgálata víz és viszkózus közeg esetén*, TDK dolgozat BME GPK Áramlástan szekció, II. helyezés, 2020.