

KEVERŐK ALKALMAZÁSA A BIOLÓGIAI SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

USE OF MIXERS IN BIOLOGICAL SEWAGE TREATMENT

PAPP Tamás

(ORCID: 0000-0001-5574-8508)

papp.tamas@uni-nke.hu

Absztrakt

A keverők alkalmazása a szennyvízkezelésben elengedhetetlen a lebegő biomassza homogenizálásához. Anaerob vagy anoxikus reaktorokban nincs levegőztetés, ezért keverőket kell alkalmazni. A keverés teljesítménye a keverő geometriáján, a forgási sebességen, az elhelyezésén és a folyadék tulajdonságain, például a sűrűsége és viszkozitáson alapul. A keverési hatékonyság értékeléséhez általában helyszíni méréseket végzünk (például nyomjelző vagy gyorsasági mező), amely erőforrás igényes lehet. A numerikus számítások hatékony eszköz lehetnek a megbízható költséghatékony megoldások megszerzéséhez, és különböző szimulációs alternatívákat lehet összehasonlítani. Ebben a kutatásban két lapátkeverővel ellátott anoxikus tartályt vizsgáltam a keverők eltérő fordulatszámaival. A keverők az edény aljától 1 és 2 lapátmérőnyi távolságra helyeztem el. Az eredmény az volt, hogy a legalacsonyabb forgási sebességű keverő nem biztosított elegendő keverést, a nagy forgási sebességű nagy sebességeket okozott, amelyek lebontják a flokkokat és alacsonyabb tartózkodási időt eredményezhetnek.

Kulcsszavak: keverő, szennyvíz, folyadék, anaerob, anoxikus, áramlás, fordulatszám

Abstract

Application of mixers in wastewater treatment is essential to homogenise the suspended biomass. In anaerobic or anoxic reactors there is no aeration, thus mixers should be applied. Performance of mixing is based on the mixer geometry, rotational speed, the location and fluid properties such as density and viscosity. For evaluation of the mixing efficiency, generally field measurements are performed (e.g. tracer study or velocity field) which can be resource demanding. Numerical calculations could be an effective tool to gain reliable cost-effective solutions and various simulation alternatives can be compared. In this research an anoxic tank with two mixers were examined at different rotational speed of the mixers. In this research I examined anoxic reservoir with two mixer mixers with different speeds of mixers. The mixers were placed at a distance of 1 and 2 scaffolds from the bottom of the bowl. The outcome was that the scenario with the lowest rotational speed did not provided sufficient mixing, the high rotational speed caused high velocities which may break down the flocs and results lower residence time.

Keywords: mixers, wastewater, fluid, anaerobic, anoxic, flow, simulations, rotation speed,

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.06.03.
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.06.16.

BEVEZETÉS

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni a szennyvíztisztításra, mert rohamosan csökken az édesvíz készletünk, amelyben nagy szerepet játszik, hogy a felhasználásra kerülő tiszta víz 80%-át mindenféle tisztítás nélkül szennyvízként visszaengedjük a természetbe, ez nagy pocsékolás, és a környezetünket is szennyezzük vele. A WHO (Egészségügyi Világszervezet) egy tanulmánya szerint egyetlen csésze kávé előállításához 140 liternyi vízre van szükség, 1 kg marhahúshoz pedig 16 ezer literre. [1]

Számunkra természetes, hogy ha kinyitjuk a csapot, mindig tiszta és egészséges ivóvíz folyik rajta. De sajnos számos olyan ország is található, ahol a lakosság édesvíz igény meghaladja a rendelkezésre álló vízkészletet. Ezen országok népessége az ezredfordulón 2,5 milliárd volt, amely a kutatások szerint 2025-re 3 milliárdra emelkedhet. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) előrejelzése szerint 2080-ra 2,3 milliárdan nem jutnak majd ivóvízhez, 2020-ra 75-250 millió afrikai szenved majd vízhiányban. Nemsokára eljön az időszak, amikor a legnagyobb harc nem az olajért vagy az aranyért folyik, hanem a tiszta és egészséges ivóvízért, a „kék aranyáért”. [1]

Azt már korán megtanultuk, hogy a Föld vízkészleteinek csupán 2,7%-a édesvíz, aminek ráadásul 77%-a jéghegyekbe és gleccserekbe fagyva található. Ez a kevés készletet is, amellyel gazdálkodnunk kell, rengeteg veszélynek van kitéve. Ezen veszélyek nagy többségét mi emberek idézzük elő. A népesség gyarapodásával, az ipar tevékenységével és a mezőgazdasági öntözés növekedésével egyre nő a víz iránti igény. Globálisan a vízfogyasztás 80%-áért a mezőgazdaság felelős. Ugyanakkor világszerte csökkennek az elérhető készletek. Több mint harminc ország szenved vízhiányban, és a kereslet kielégítése érdekében egyre növekszik a felszín alatti víz kitermelése is. [2] Ha az emberiség az értékes vízkészletek kiaknázását utánpótlás vagy visszatöltődés nélkül folytatja, a vízválság egyre súlyosbodni fog. A folyóvizek folyamatos utánpótlást biztosítanak, ezek a vizek azonban erőteljesen szennyezettek is lehetnek, mivel a társadalom által termelt szennyvizek 80%-a jut vissza kezeletlenül a természetbe. Ennyi víz megy veszendőbe, és ami rosszabb, hogy a környezetet is szennyezi. Jelenleg 663 millió ember szenved vízhiányban a Földön, ebből 1,8 millióan szennyvizet fogyasztanak ivóvíz helyett. Ezek a hatalmas, és elkéserítő számok indokolják a szennyvíztisztítás fontosságát. [3]

Szennyezésből származó károk:

- Közvetlen:
 - o Felhasználásuk korlátozott
 - o Felhasználása költséges
- Közvetett:
 - o Hatással van a környezetre, és a vízi élővilágra
 - o Egészségügyi károkat okoz
 - o Sportolási, vízparti pihenések lehetőségének csökkentése [4]

Megfelelő kezeléssel, újra tiszta kezelt vizet lehet előállítani, melyhez lebegő biomasszát alkalmazunk, a biomassa alkotója olyan mikroorganizmus csoport, mely képes szennyvízben található, szerves anyag, tápanyag lebontására. Reaktortérben ez a biomassa lebegő állapotban van, kitölti a teljes reaktor térfogatot, kihasználva a teljes medence kapacitást.

Mindenképp indokolt tehát, hogy a szerves mikroszennyezők esetében a terjedést minél pontosabban lehessen számítani, hogy a kockázatbecslésnél elkerülhessük az olyan túlzásokat, amelyek az ivóvízminőség javító program során korábban már előfordultak.

A hazai viszonyok kapcsán ki kell még emelni a hálózatok túlméretezettségéből és a vízigények csökkenéséből származó magas vízkort, amely elsősorban a fertőtlenítési melléktermékek keletkezésnek kedvez az elosztórendszerben. Ez körülmény kombinálva a

tisztítási technológiák felújítása során nagy számban alkalmazott törésponti klórozással előrevetíti, hogy a fertőtlenítési melléktermékek hálózatban való terjedését szükséges lesz tanulmányozni. Ez nem csak a kockázatbecslés érdekében, hanem a napi üzemeltetés fejlesztéshez is – melynek a klóradagolás meghatározó eleme – szükséges lesz. [2] Ennek a kutatásnak az első lépése maguknak a fertőtlenítőszernek, jelen esetben a leggyakrabban alkalmazott aktív klórformák terjedésének vizsgálata. Ezen ismeretek birtokában válik majd lehetségessé a mikroszennyezőkkel kapcsolatos vízminőségi modellezés. A klór átalakulásnak leírására rendelkezésre álló összefüggések után egy vízelosztó hálózat hitelesített hidraulikai modelljén szemléltetésre kerül a vízminőségi modellezés érzékenysége, azaz hogy a klór átalakulását leíró paraméterek bizonytalansága milyen mértékben képes befolyásolni a végeredményt.

A biomassza lebegésben tartásához is mechanikus keverőket alkalmazunk (levegőztetett medencékben a levegő áram keltette vízmozgás is segít). A tisztítási folyamatok egy része igényli, a külső oxigén bevitelét (pl. nitrifikáció), azonban léteznek olyan folyamatok melyhez kémiai kötött oxigént alkalmazunk, vagyis külső levegőztetésre nincsen szükség, ilyen például a denitrifikáció, melyhez a nitrátban lévő oxigént hasznosítja. Ez esetben, levegőztetés hiányában még nagyobb hangsúlyt kap a mechanikus keverés.

A keverés célja a kiegyenlítés, azaz az összekevert anyagok hőmérsékletének, viszkozitásának, sűrűségének eloszlása egyenletesen a kevertetett tartály teljes térfogatában. [5] A keverés hatékonyságát a keverési index %-ban mutatja. A tökéletes elegyítés értéke 100%, mely a valóságban nem elérhető. [6] De mindenképpen törekedni kell rá, mert minél jobb a kevertetés hatékonysága, annál több vegyszert, időt, és energiát spórolhatunk meg. A keverő berendezések az iparban a leggyakrabban alkalmazott műveleti egységek, de ezek a berendezések legtöbbször egy működő technológia részei, ezért kísérleti információk nehezen szerezhetőek be, valamint egy modell felépítéséhez szükséges adatok összegyűjtése hosszú időbe telik. Megoldást jelenthetnek a félüzemi kísérletek, de ezekben az esetekben a méretnövelés jelenthet problémát, ugyanis ez jelentősen befolyásolhatja a berendezésben kialakuló áramlási képet. A méretnövelés már egy külön tudományággá nőtte ki magát. Kezdetben a dimenziómentes számok rendszerén keresztül bonyolult módon történtek a számítások, ma azonban széles körben alkalmazható tervezőprogramok állnak rendelkezésre ezen a tudományterületen is. [7] Így a keverők teljesítményszükséglete a hasonlóságelmélet segítségével, pontosabban a dimenzióanalízis alkalmazásával általánosan is leírható. Tapasztalatok szerint a keverő teljesítményszükséglete a keverő és a tartály méreteitől, a keverő fordulatszámától, a kevert folyadék sűrűségétől és viszkozitásától függ. Ha a keverőtartályban folyadéktölcsér keletkezik, akkor még a nehézségi erő is befolyásolja. [8]

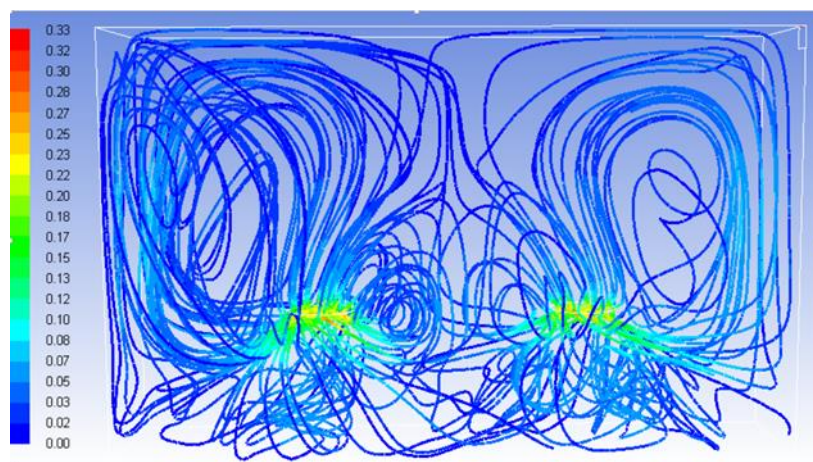
ANYAG ÉS MÓDSZER

A numerikus számítások hatékony eszközök lehetnek a megbízható költséghatékony megoldások megszerzéséhez, és különböző szimulációs alternatívákat lehet összehasonlítani. Ezen programok fejlesztésénél a legfontosabb ösztönző az volt, hogy nemzeti problémák megoldására is fel lehessen használni. [9] Ebben a kutatásban két keverővel ellátott anoxikus tartályt vizsgáltam a keverők eltérő fordulatszámaival. A kísérletet az Ansys nevű szimulációs programmal végeztem el, hatáskeresztmetszet modellel, melybe nyomásnövekedést és perdület változás megadható az áramlási tér valamely felületére, így könnyebben modellezhető az áramlástan gépek pl. a keverők körül kialakuló sebességmegoszlás. [10] A vizsgálandó térben a program rácspontokat vesz fel, és a rácspontok elmozdulásából számolja ki a kevert folyadék sebességét, és irányát. Minél sűrűbben helyezkednek el a rácspontok annál pontosabb eredményt kapunk. [11] A nagy örvényes szimuláció (LES) teszi lehetővé, hogy minden nagy léptékű turbulens örvényt kiszámoljunk, és csak kis turbulens örvényeket alakítunk ki alrácsmódel segítségével. [12]

A hipotézisem, hogy minél nagyobb keverési intenzitást alkalmazunk, egyre jobb áramképet kapunk, egyre kisebb holt térrel, úgy hogy a kívánt tartózkodási idő elegendő a denitrifikáció végbemeneteléhez, mely 2 maximum 3 óra. Tehát a keverőlapátok forgási sebességének növelésével a biotartály kevertetése hatékonyabb lesz.

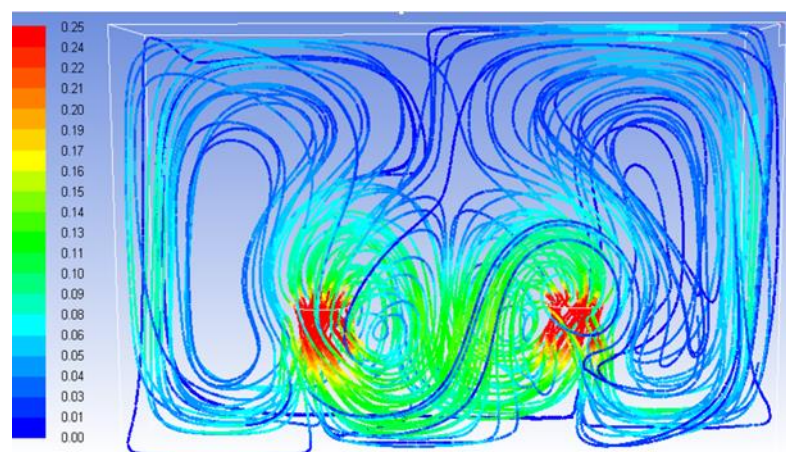
Szimuláció 2 lapátátmérőnyi távolsággal

Az kiindulási modellnél a keverők fordulatszáma 100 1/min. A 1. ábra az áramvonalak sebességét, sűrűségét és stagnáló zónákat mutatja. Az áramvonalak először felfelé, majd lefelé indulnak, ez egy függőleges keverési minta, ami meglehetősen zavaros. Ennél a fordulatszámnál, a teljes elkeveredéshez túl sok időre van szükség, tartályban a tartózkodási idő meghaladta a maximális 3 órát.



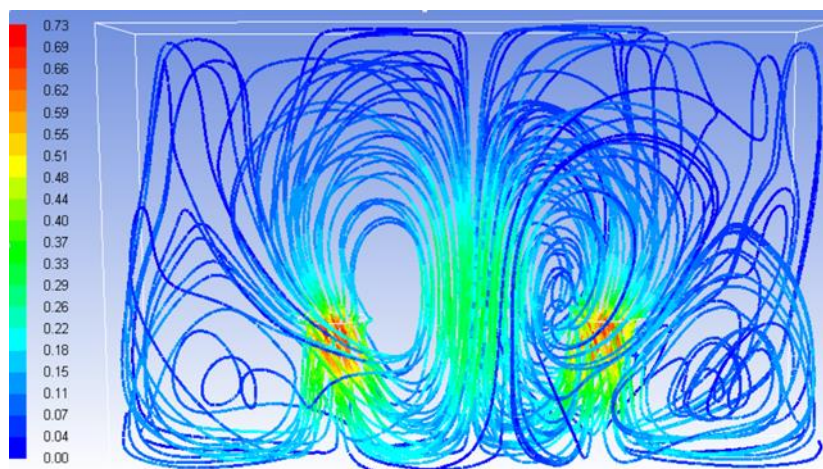
1.ábra Áramvonalak sebességi ábrája 100 1/min-nél (saját szerkesztés)

A második szimulációnál a keverők sebessége 400 1/min. A 2. ábrán jól látható, hogy a sebesség nem csökken le nemkívánatos mértékben a fal mellett sem, jól megfigyelhető, hogy kisebbek lettek a pangó zónák, és az áramvonalak is szabályosabbak lettek. A fokozott fordulatszám lecsökkentette a tartózkodási időt a kívánt időintervallumra.



2.ábra Áramvonalak sebességi ábrája 400 1/min-nél (saját szerkesztés)

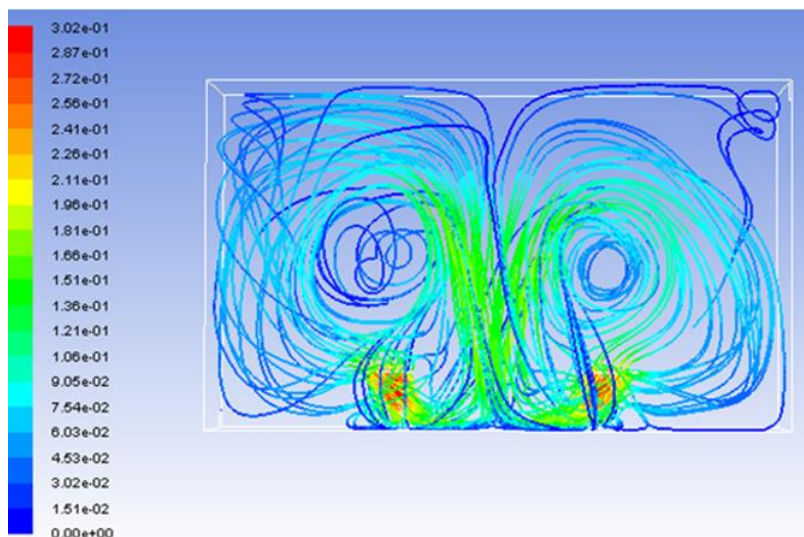
A harmadik szimulációnál a keverők sebessége 900 1/min. A 3. ábrán megfigyelhetjük, hogy az áramvonalak iránya már nem szabályos, és a nagy sebesség miatt a pangó zónák mértéke is növekszik, és a két keverő már összedolgozik. A folyadék tartózkodási ideje a nemkívánatos szint alá csökkent.



3. ábra Áramvonalak sebességi ábrája 900 1/min-nél (saját szerkesztés)

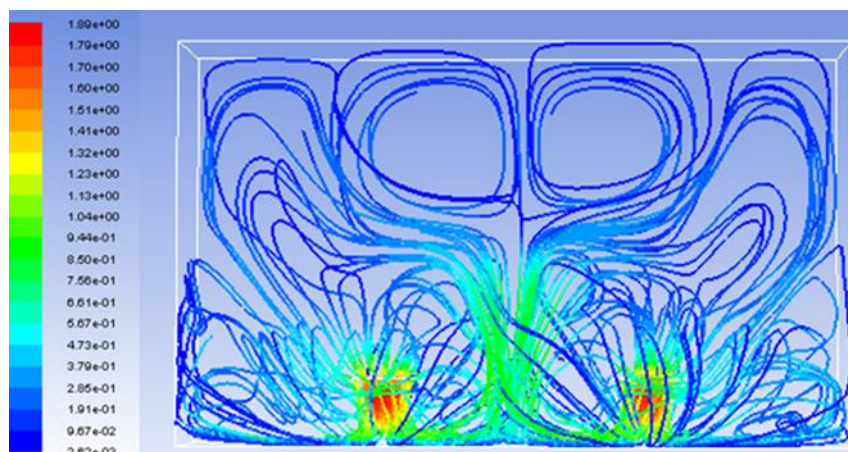
Szimuláció 1 lapátmérőnyi távolsággal

A negyedik szimulációnál, már 1 lapátmérőnyi a keverő, és az edény alja közötti távolság. Keverőlapátok forgási sebessége 100 1/min. Az 4. ábrán jól megfigyelhető, hogy az áramvonalak szabályosabbak, mint az 1. ábrán, de a holtterek mérete lényegesen nagyobb.



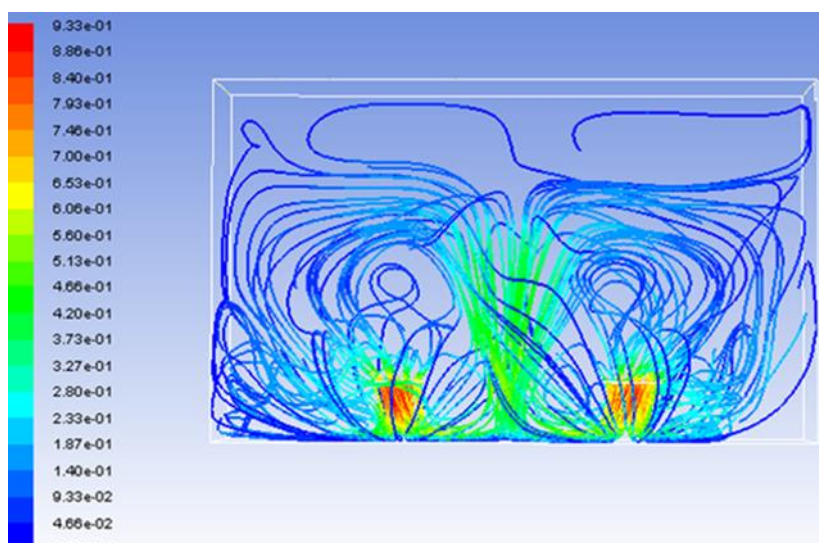
4. ábra Áramvonalak sebességi ábrája 100 1/min-nél (saját szerkesztés)

Az ötödik szimuláció során a keverők sebessége 400 1/min. Ebben az esetben az áramvonalak jelentősen szabálytalanabbak (5. ábra), mint a 2. ábrán látható, és a sebesség is lecsökken, ezért a tartály felső részében a folyadékon nem keveri át a megfelelő mértékben.



5. ábra Áramvonalak sebességi ábrája 400 1/min-nél (saját szerkesztés)

A hatodik szimuláció esetében a fordulatszám 900 1/min (6.ábra). A fokozott fordulatszámnak köszönhetően, a kiinduló sebesség megfelelőnek tűnik, de mivel az edény alja meglehetősen közel van a keverőlapátokhoz, ezért az áramlás iránya túl merőlegesen érkezik, és jelentős mértékben lelassul. Az alacsony sebesség miatt, megnövekedett a tartály felső részén az át nem kevert folyadék mennyisége.



6. ábra Áramvonalak sebességi ábrája 900 1/min-nél (saját szerkesztés)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az első sorozat eredménye, hogy a legalacsonyabb forgási sebességű keverő nem biztosított elegendő keverést, a nagy forgási sebességű nagy sebességeket okozott, amelyek lebontják a flokkokat, és alacsonyabb tartózkodási időt eredményezhetnek. Az eredmények azt mutatták, hogy optimális művelet érhető el az áramlási szimulációk alkalmazásával. Ezért a hipotézisemet elvettem, mert a számítások nem azt igazolták. Ez alapján módosítom a kiindulási állításmat: a keverési hatékonyság, nem lineáris a keverő teljesítményével.

A második sorozatnál a legalacsonyabb fordulatszámú keverés bizonyult a legmegfelelőbbnek, annak ellenére, hogy a pangó zónák méretei nem ebben az esetben voltak a legkisebbek, de az áramvonalak itt a legszabályosabbak, és a keverő lapátok sem dolgoznak egymás ellen, ezért kevesebb az energiafelhasználás is.

ÖSSZEGZÉS

A számszerű adatokat a szimulációból kaptam (1.táblázat), melyekből arra lehet következtetni, hogy a keverő magasság megfelelésével, hiába értem el nagyjából kétszeres folyadék átlagsebességet, mégsem tudja kellő képpen átkeverni, mert túl merőlegesen érkezik a tartály aljára a folyadék, ami miatt lelassul, és túl magas a keverők feletti vízoszlop. A második szimuláció bizonyult a leghatékonyabbnak, ebben az esetben legszabályosabbak az áramvonalak, az áramlás sebessége sem lassul le nemkívánatos módon, és energiafelhasználás szempontjából is megfelelőnek tűnik, mert ebben az esetben a keverőlapátok nem dolgoznak egymás ellen.

Keverők sebessége (1/min)	2 keverőnyi magassággal a kevert folyadék átlagsebessége (m/s)	1 keverőnyi magassággal a kevert folyadék átlagsebessége (m/s)
100	0,037	0,07
400	0,054	0,14
900	0,109	0,28

1.táblázat Különböző forgási sebességekhez, és keverőmagasságokhoz tartozó adatok (saját szerkesztés)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] PAPP T: *Parti szűrés és reverze osmosis szűrés elméleti, és gyakorlati oktatása*. Dunaújváros 2016.
- [2] KÁRMÁN K: A parti szűrésű vízbázisok és jelentőségük. *Magyar tudomány* 174.11. (2013) 1300. oldaltól-1301. oldalig.
- [3] SZABÓ E.: *Szennyvizet ivóvíznek?*, 2017. www.gasztrohos.blog.hu/2017/03/22/szennyvizet_ivoziznek A (letöltés ideje: 2017.10.02.)
- [4] BEREK T., DÉNES K.: *Vízbázisok védelme, különös tekintettel a katonai táborok vízellátására*. 2015. Műszaki Katonai Közlöny XXV: (1) pp. 121-130.
- [5] VARGA I.: *Keverés*. 2014. www.slideplayer.hu/slide/2133443/ (A letöltés ideje: 2017. 09. 14.)
- [6] BÁRÁNY ZS. B.: *A keverés*. 2014. www.bzsb.hu/aloldalok/oktatasi-anyagok/Automatika/Keveres.pdf (A letöltés ideje: 2017.09.15.)
- [7] EDEGY A.: *Vegyipari berendezések áramlástechnikai vizsgálata, CFD szimulációs példák kidolgozása*. 2011, www.pr.mk.uni-pannon.hu/disszeminacio/keveres.html#alkalmaz (A letöltés ideje: 2017.09.31.)
- [8] FONYÓ ZS. FÁBRY GY.: *Vegyipari művelettani alapismeretek*. Digitális Tankönyvtár, 2011, www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelletan/ch02s05.html (A letöltés ideje: 2017.09.19.)

- [9] BRACKBILL J. U. .: *Introduction to Harlow's scientific memoir*. 2003. www3.nd.edu/~gtryggva/CFD-Course/JCP-Harlow-2004.pdf (A letöltés ideje: 2017.10.03.)
- [10] KRISTÓF G.: *Áramlások numerikus modellezése*, Budapest: BME Áramlástan Tanszék, 2011, www.ara.bme.hu/~kristof/CFDjegyzet/ (A letöltés ideje: 2017.10.01.)
- [11] BAKKER A.: *Applied Computational Fluid Dynamics*. Canonsburg: ANSYS, 2002. www.bakker.org/dartmouth06/engs150/07-mesh.pdf (A letöltés ideje: 2017.09.26.)
- [12] BAKKER. A.: *Large Eddy Simulation*. 2000. www.bakker.org/cfm/webdoc16.htm (A letöltés ideje: 2017.09.27)