

# Levegőztetett homokfogók keresztmetszeti vizsgálata CFD modell alkalmazásával

Mirkó Anna<sup>1</sup>, Dr. Patziger Miklós<sup>2</sup>

1: MSc hallgató, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

2: tanszékvezető, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

## Kivonat

A levegőztetett homokfogók jellemzően a nagyvárosi szennyvíztisztító telepek műtárgyai. Alkalmazásuknak célja, hogy a tisztítási technológia további műtárgyait megvédjék a lerakódásoktól, illetve kopásoktól. A levegőztetett homokfogók kialakítása során törekedni kell arra, hogy a homok leválasztási hatásfoka minél kedvezőbb legyen, viszont az iszap ne kerüljön eltávolításra. Ezen műtárgyak esetében a geometriai kialakítás jelentős hatást gyakorol a létrejövő áramlási struktúrákra. A levegőztetett homokfogók kialakítására jelenleg még nincsen egységes tervezési irányelv. A különböző szabványok és irányelvek egymástól nagymértékben eltérő kialakításokat is javasolnak. Ezen dolgozatban a DWA Német Víz-és Szennyvíz Szövetség keresztmetszeti ajánlásának vizsgálatát végeztem el a különböző tervezési paraméterek változtatásával. A vizsgálatokhoz egy kétdimenziós numerikus áramlástani modellt alkalmaztam. A modellezéshez alkalmazott szoftver az Ansys Fluent volt. A modell megfelelő működését érzékenységvizsgálat segítségével ellenőriztem. A szimulációk során különböző geometriai kialakításokat vizsgáltam a DWA tervezési irányelveinek elemzésére.

**Kulcsszavak:** Szennyvíztisztítás, Optimalizálás, Homokfogó, Modellezés

## BEVEZETÉS

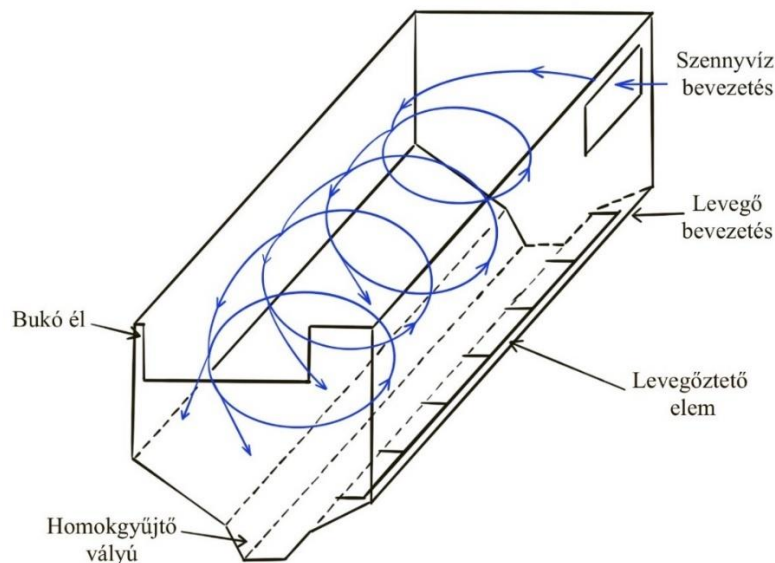
A levegőztetett homokfogók a nagyvárosi szennyvíztisztító telepek gyakori műtárgyai. Alkalmazásuk célja a homok és a zsírok eltávolítása a szennyvízből. Ez a típusú műtárgy a szennyvíztisztítás mechanikai fokozatához tartozik. A levegőztetett homokfogók tervezése során jellemzően különböző tervezési irányelvek állnak rendelkezésünkre útmutatásként. Ezek az irányelvek több esetben is ellentmondanak egymásnak. Korábban a tervezési irányelveket tapasztalati alapon vagy kisminta kísérletek alapján alakították ki.

Manapság a szennyvíztisztítás területén egyre jobban elterjedt az optimalizálás fogalma. A tervezők és az üzemeltetők szeretnék minél energia hatékonyabban és minél jobb eltávolítási hatásfokkal tervezni és üzemeltetni a telepeket. A telep optimalizálás szempontjából többféle eljárás is létezik, egyre elterjedtebb a szimulációs modellezés. Ez a szennyvíztisztító telepek szempontjából lehet kifejezetten kémia-biológiai alapú megközelítés, illetve fizikai áramlástani alapú vagy ezen módszerek kombinálása. A modellezés célja minden megközelítés esetén ugyanaz, a valóság leképezése különböző szimulációs modellek segítségével.

A mechanikai tisztítási fokozathoz tartozó levegőztetett homokfogók modellezésére az áramlástani megközelítés a legalkalmasabb, mivel ebben a műtárgyban nem a kémiai-biológiai folyamatok a mérvadóak. A levegőztetett homokfogókban a homok és a zsír kerül eltávolításra. A műtárgyat úgy kell kialakítani, hogy az iszap ne ülepedjen ki a folyamat során, mivel az értékes szervesanyagot tartalmaz a biológiai tisztítási fokozathoz, illetve az iszaprothasztáshoz.

A modellezés alkalmazásával a homokfogóban kialakuló áramlási struktúrák leképezhetővé válnak. A gyakorlat szempontjából ez azért fontos, mivel a fentebb említett tervezési irányelvek felülvizsgálhatóak ezen modellek segítségével. Majd a felülvizsgált irányelvek módosításával kialakíthatóak olyan homokfogók, melyek minél optimálisabban üzemeltethetők, ezzel megkímélve a telep további műtárgyait a kopásoktól és lerakódásoktól, másrészt energia takarítható meg a telepeken.

Ezen cikk keretén belül a DWA Német Víz-és Szennyvíztechnikai Szövetség Levegőztetett homokfogókra jellemző tervezési irányelve kerül részleges felülvizsgálatra (DWA, 2008).



1. ábra: Levegőztetett homokfogó kialakítása (Mirkó, 2022)

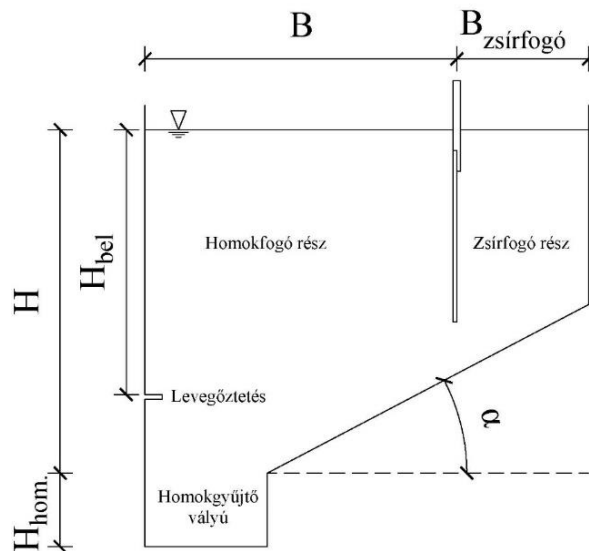
A levegőztetett homokfogók kialakítását az 1. ábra szemlélteti. Ezen műtárgyak hosszanti átfolyással kerülnek kialakításra. A műtárgyban a medence egyik oldalfala felől fúvókák segítségével levegőt juttatunk be a rendszerbe, amely egy egyoldali aszimmetrikus hengeráramlást alakít ki. A kialakuló hengeráramlás hatására a műtárgy áramlási viszonyai erősen turbulensé válnak. Ebben a turbulens áramlásban a kialakuló nyíróerők hatására a homokszemcsék felületéről lenyíródnak a zsírok és az iszapszemcsék. A légbefúvás következtében a szennyvíznél kisebb sűrűségű szennyvíz-levegő keverék alakul ki, amely hozzájárul ahhoz, hogy a homok minél nagyobb határfokkal eltávolítható legyen. Alapvetően a műtárgy három fő részre bontható fel a homokfogó részre a zsírfogó részre, illetve a homokgyűjtő vályúra. A homokfogó hatékonysága a szennyvíz sűrűségétől függően változhat, ekkor a légbefúvás változtatásával optimálisabban lehetne üzemeltetni a rendszert.

Áramlástan szempontból a levegőztetett homokfogókban a keresztmetszet mentén kialakuló áramlási struktúrák jelentősebbek, mint a hossz mentén létrejövő. A vizsgálatokat kétdimenzióban végeztem el, amely egy egyszerűsítés. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazott modell a valóságban létrejövő hossz mentén kialakuló áramlási struktúrákat nem veszi figyelembe.

### Levegőztetett homokfogók tervezése

A levegőztetett homokfogók kialakítása esetében a gyakorlat az, hogy a műtárgyat úgy kell kialakítani, hogy a 0,1-1 mm közötti homokszemcsék leülepedjenek. Záporcsúcsok idején a 3 mm-es szemcseméret is megengedett. A levegőztetett homokfogók kialakítására a tervezési irányelvek használhatóak útmutatásként, viszont a tényleges méretezés a tervező feladata. A méretezés során a tervező a következő paramétereket módosítja (2. ábra).

- Térfogat  $V$
- Homokfogók száma  $n$
- Keresztmetszeti terület  $A$
- Hossz  $L$
- Szélesség  $B$
- Mélység (homokgyűjtő vályú nélkül)  $H$
- Ferde fal dőlésszöge  $\alpha$
- Szélesség/Mélység arány  $(B/H)$
- Légbefúvás mélysége  $H_{bel}$
- Légbefúvás intenzitása  $-$



2. ábra: Levegőztetett homokfogó keresztmetszeti kialakítása (Mirkó, 2022)

## VIZSGÁLATI MÓDSZERTAN

A szimulációs modell az ANSYS FLUENT szoftverben (FLUENT, 2013) környezetében került megépítésre, amely szoftver kifejezetten alkalmas numerikus áramlástan modellezéshez. Az elkészült modell nem kalibrált, mivel az alapja egy fiktív homokfogó geometria volt. A modellt keresztmetszeti elemzésekhez alkalmaztam, annak érdekében, hogy a DWA tervezési irányelvéhez képest különböző vizsgálatokat végezzek.

A modell két fázist tartalmaz, levegő, illetve víz fázist, és leképezi ezek kölcsönhatásait. A légbefúvás a levegőztető elemen keresztül történik meg és a szimmetria síkon keresztül távozik a rendszerből, amely a műtárgy szabad vízfelszíne. A fázisok kölcsönhatásának leírására az Euler-Euler modell megközelítés került alkalmazásra. Ezen megközelítés során a fázisok elkülönülnek, de kevert formában vannak jelen (Kristóf, 2014). A modellben RNG k-e turbulencia modellel került megépítésre.

A számítási rácsháló a kétdimenziós modelleknél kiemelkedő fontosságú, a rácsháló jellemző méretének meghatározásánál fontos figyelembe venni azt, hogy az időlépésnek és a rácsháló méretének összhangban kell lennie. Az alkalmazott rácsháló méret ezen modell esetében 1,5 cm-es volt.

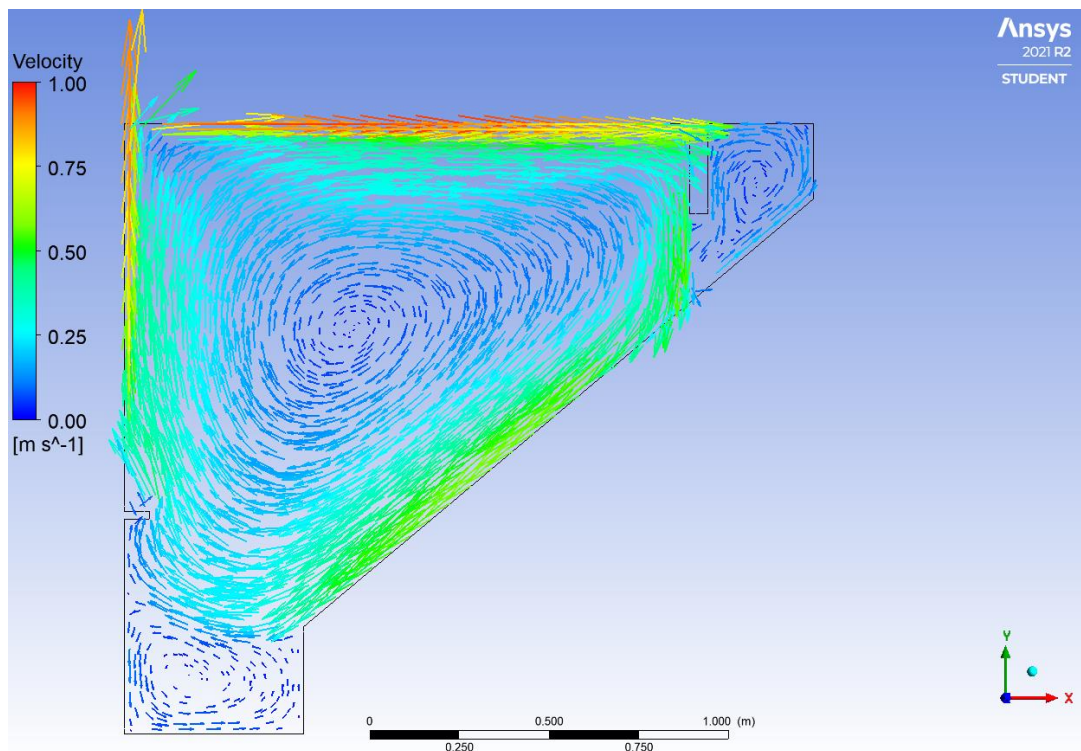
## Szimulációk

Az 1. táblázat a szimulációs tervet foglalja össze. A vizsgálatokat az alapmodellhez képest végeztem el. Minden esetben egy geometriai paramétert változtattam meg annak érdekében, hogy össze tudjam hasonlítani a kialakuló áramlasképet az alapállapottal.

Szimuláció	Vizsgálat	Jellemzés
1	Alapmodell	Az alapmodell geometria vizsgálata
2	Légbefúvás érzékenységvizsgálata	Modell légbefúvás intenzitására való érzékenysége vizsgálata
3		
4	B/H arány vizsgálata	A szélesség/mélység hatásának vizsgálata
5		
6		
7	A légbefúvás mélysége	A légbefúvás mélységének hatása az áramlasképre
8		
9		
10	Az oldalfal dőlésszög	A vízszintes oldalfal dőlésszögének hatása az áramlasképre
11		
12		
13	Javított geometria	A kiértékelések alapján összeállított optimális geometria vizsgálata

1. táblázat: Szimulációs terv (Mirkó, 2022)

A 3. ábra az alapváltozat futtatása során kialakuló áramlasképet mutatja be. Látható az, hogy a levegőztetés hatására létrejön a hengeráramlás a homokfogó rész területén, illetve kialakul egy másodlagos hengeráramlás a zsírfogó rekeszterületén.



3. ábra: Állandósult állapot (Mirkó, 2022)

## EREDMÉNYEK

A szélesség-mélység (B/H) arányának vizsgálata során arra a következtetésre jutottam, hogy minél nagyobb a szélesség-mélység aránya, annál kisebb sebességek alakulnak ki a homokfogóban. A DWA Tervezési Irányelve (DWA, 2008) alapján kialakított homokfogó keresztmetszetekben alacsonyabb sebességek alakultak ki, mint az alapváltozatban. A hengeráramlás középpontja minden B/H vizsgálat esetében a függőleges oldalfal felé mozdult el, ezáltal minimális mértékben megváltozott az áramlási struktúra. A B/H arányának növelésével a sebesség csökken, ezzel ellentétesen a turbulens kinetikai energia növekszik. A szimulációk során a 0,9-1,0 közötti B/H arány mutatkozott a leoptimalisabbnak.

A légbefúvás minimális változtatása során az áramlásképből nem történt szignifikáns változás. Az oldalfal dőlésszögének változtatásával végezett szimulációk során látható volt az, hogy a kisebb meredekségű dőlésszög tartományban nem volt jelentős a változás, viszont a nagyobb dőlésszögű tartományban kis változtatás is jelentős változást gyakorol az áramlásképre.

## IRODALOMJEGYZÉK

DWA (2008). Sandfänge - Anforderungen, Systeme und Bemessung. Arbeitsbericht des DWAFachausschusses KA-5 "Absetzverfahren". *Korrespondenz Abwasser*, 55 (5), S. 508-518.

FLUENT, A. (2013). *ANSYS Fluent User's Guide*.

Kristóf, G. (2014). *Áramlások numerikus modellezése*. Forrás: <http://www.ara.bme.hu/~kristof/CFDjegyzet/>

Mirkó, A. (2022) *Levegőztetett homokfogók keresztmetszeti vizsgálata*. Budapest, szakdolgozat.