

SZENT ISTVÁN EGYETEM

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

MŰSZAKI LEHETŐSÉGEK A PERMETEZŐGÉPEKKEL  
VÉGZETT VEGYSZERKIJUTTATÁS KÖRNYEZETTERHELŐ  
HATÁSAINAK CSÖKKENTÉSÉRE

Gulyás Zoltán

Gödöllő

2013.

## A doktori iskola

**megnevezése:** Környezettudományi Doktori Iskola  
**tudományága:** Környezettudomány

**vezetője:** Dr. Heltai György  
egyetemi tanár, D.Sc.  
Szent István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Környezettudományi Intézet  
Kémia és Biokémia Tanszék

**Témavezető:** Dr. Szoboszlai Sándor  
egyetemi docens, Ph.D.  
Szent István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet  
Környezetvédelmi és Környezettudományi  
Tanszék

**Témavezető:** Dr. Fenyvesi László  
egyetemi tanár, Ph.D.  
Szent István Egyetem  
Gépészmérnöki Kar  
Mechanikai és Géptani Intézet  
Agrár-műszaki kihelyezett Tanszék

---

Az iskolavezető jóváhagyása  
(Dr. Heltai György)

---

A témavezető jóváhagyása  
(Dr. Szoboszlai Sándor)

---

A témavezető jóváhagyása  
(Dr. Fenyvesi László)

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE</b>	<b>2</b>
<b>1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK</b>	<b>3</b>
<b>2. ANYAG ÉS MÓDSZER</b>	<b>7</b>
2.1 Cseppképzés-vizsgálatok	8
2.2 Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában	13
2.3 Statisztikai elemzés	15
<b>3. EREDMÉNYEK</b>	<b>17</b>
3.1 TeeJet gyártmányú TP11004VP, DG11004VS, AIXR11004VP és AI11004VS réses fűvókák vizsgálata	17
3.1.1 Cseppképzés-vizsgálatok	17
3.1.2 Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában	19
3.2 A TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej vizsgálata	24
3.2.1 Cseppképzés-vizsgálatok	24
3.2.2 Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában	25
3.3 Új tudományos eredmények (tézisek)	29
<b>4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK</b>	<b>31</b>
<b>5. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK</b>	<b>37</b>

## JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ANOVA:	varianciaanalízis
BCPC:	Brit Növénytermesztési Tanács
$d_v$ :	térfogat szerinti közepes cseppátmérő
$d_{v10}$ :	térfogat szerinti 10 %-os cseppátmérő
$d_{v50}$ :	térfogat szerinti 50 %-os cseppátmérő
$d_{v90}$ :	térfogat szerinti 90 %-os cseppátmérő
MGI:	VM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet
P-érték:	statisztikai próbáknál: szignifikancia szint
Q-Q ábra:	az adatok eloszlásának (kiemelten a normalitásnak) grafikus teszteléséhez (szemrevételezés) használatos pontdiagram
$\alpha$ :	statisztikai próbák vonatkozásában: konfidencia intervallum

# 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A növényvédelem a növénytermesztési technológiák nélkülözhetetlen eleme. Egyrészt a termelés biztonságát szolgálja, másrészt megfelelő minőségű termények előállítását teszi lehetővé a szükséges mennyiségben. Kiemelten fontos szerepet tölt be a termesztés eredményességében, a vegyszeres növényvédelem pedig különleges jelentőséggel bír a környezetre gyakorolt hatásai miatt is.

A vegyszeres növényvédelem hatékonyságát, minőségét, környezeti elemekre kifejtett hatásait tekintve kulcsfontosságú szerepe van a növényvédelem gépesítésének. A termesztett növényeket kizárólag akkor lehet jó eséllyel megóvni a kártevők, a kórokozók és a gyomnövények terméscsökkenő, minőségrontó hatásától, ha a kellő hozzáértéssel megválasztott peszticidek kijuttatása a talajra vagy a növényekre optimális időpontban, a „szükséges és elégséges mennyiségben”, pontosan és megfelelően egyenletes eloszlásban történik. A felsorolt feltételeknek kell teljesülniük annak érdekében is, hogy a természeti és az ember által létrehozott környezetet a növényvédő szerek használatából eredően a lehető legkevesebb káros hatás érje.

Az elvárt eredmény elmaradásának lehetséges okaként a gazdálkodók és más növényvédelmi szakemberek gyakran csupán az alkalmazott vegyszerek hatástalanságára gondolnak. Pedig kézenfekvő magyarázat az is, hogy a permetlevet nem sikerült megfelelően a célfelületre juttatni. A permetezés határfoka a napjainkban alkalmazott eljárások során általában alacsony, mert a kijuttatott permetlé nagy része nem hasznosul. Ez jelentősen rontja a kezelések hatékonyságát, és rendkívüli mértékben megnöveli a permetezés költségeit, hiszen a védekezéseket a nem kielégítő eredmény következtében sok esetben meg kell ismételni, emellett a növényvédő szerek ára is folyamatosan emelkedik. A hatékonysági problémák mellett fontos szempont, hogy a védendő felületeket elkerülő vegyszerek feleslegesen terhelik, veszélyeztetik, esetenként súlyosan károsítják, szennyezik a környezetet.

A permetezőgépek rendszere, kialakítása, továbbá a gépekre felszerelt műszaki megoldások (elsősorban a szórószerkezeteken rögzített szórófejek, fűvókák) jelentősen befolyásolják, hogy a kijuttatott permetlé milyen mértékben hasznosul, vagy megy veszendőbe.

Az utóbbi években a permetezés műszaki technológiájával szemben támasztott követelmények világszerte szigorodtak. Egyre kifejezettebb és sürgetőbb ugyanis az a társadalmi és szakmai igény, hogy anyagtakarékosan (csökkentett vegyszer- és vízfelhasználással, vagyis mérsékelt permetlé-felhasználással), környezetkímélő módon legyenek elvégezhetőek a beavatkozások anélkül, hogy a permetezés munkaminősége, a kezelések hatékonysága romlana. A kutatásfejlesztéssel foglalkozó szakemberek - felismerve a témakör aktualitását és fontosságát - a permetezőgépeket gyártó/fejlesztő vállalatokkal közösen nagy erővel törekszenek a támasztott igényeket kielégítő technológiák, gépek, műszaki megoldások kifejlesztésére és széles körben történő elterjesztésére.

A témakör kiemelt jelentőségét bizonyítja, hogy az európai országokban a növényvédelmi gépek - különös tekintettel az új és a használatban lévő üzemi méretű permetezőgépekre - kivitelének és műszaki állapotának ellenőrzését EN és ISO szabványokban foglalt, alapvetően környezetvédelmi vonatkozású követelmények, vizsgálati módszerek alapján megalkotott jogszabályok szerint végzik.

Az elmúlt évtizedben a növényvédelemről és a növényvédelmi tevékenységről szóló jogszabályok hatályba léptetésével az illetékes szervek hazánkban is fokozott hangsúlyt fektettek az új, valamint a használatban lévő növényvédő gépek minősítésére, ellenőrzésére. Jelenleg az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló 2008. évi XLVI. törvény, valamint a törvény végrehajtását szabályozó, a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet értelmében az 5 dm<sup>3</sup>-nél nagyobb névleges térfogatú tartállyal felszerelt, új növényvédelmi gépeket kereskedelmi forgalomba történő hozatal előtt típusminősítési eljárás alá kell vetni. A jogszabályok hatálya alá tartozó gépeket kizárólag az MGI által kiadott engedély birtokában lehet forgalmazni Magyarországon.

A géptulajdonosoknak fel kell készülniük arra, hogy az Európai Unió tagállamaiban hatályban lévő 2009/128/EK irányelv, továbbá a nemzeti jogszabályok értelmében rövidesen hazánkban is kötelező jelleggel bevezetésre kerül a használatban lévő permetező berendezések időszakos felülvizsgálati rendszere.

A fentiek alapján kijelenthető, hogy a hatékony, anyagtakarékos, környezetkímélő permetezési eljárások, permetezőgépek, műszaki megoldások kutatása, fejlesztése, vizsgálata, mindezeknek a társadalom szereplőivel történő megismertetése, és széles körben való alkalmazása rendkívül aktuális és nagy jelentőségű feladat.

Kutatási tevékenységem hipotézisei a következők voltak:

- 1. sz. hipotézis: Az üzemi nyomás csökkentésének hatására a képzett cseppek mérete növekszik, és az alacsonyabb nyomás mellett keletkezett részecskék kisebb mennyiségben és kisebb távolságra sodródnak el.
- 2. sz. hipotézis: Az elsodródás ellen védő és a légbeszívásos rendszerű réses fűvókák nagyobb méretű cseppeket képeznek, mint a hagyományos réses fűvókák, és az általuk létrehozott részecskék kisebb mértékben sodródnak el.
- 3. sz. hipotézis: A műszaki szempontból jelentősen eltérő kialakítású légbeszívásos réses fűvókák között kimutatható különbség van a környezetvédelmi szempontból kiemelt fontosságú cseppképzési jellemzőik, valamint az általuk képzett részecskék elsodródásának mértéke tekintetében.
- 4. sz. hipotézis: A levegő-betáplálásos szórófejek használata során a képzett cseppek mérete a gyártó vállalat által közölt információval összhangban változtatható, ezáltal az elsodródott részecskék mennyisége, valamint az elsodródás távolsága csökkenthető.

Munkám célkitűzéseként a felsorolt hipotézisek vizsgálatát fogalmaztam meg. Ennek megfelelően kutatási feladataimként lézeres részecske-analizátorral elvégzendő laboratóriumi cseppképzés- és szélcsatornában lefolytatandó elsodródás-vizsgálatok megvalósítását határoztam meg, amelyek eredményei és a levont következtetések alapján tisztázni kívántam, hogy:

- a szántóföldi permetezésre használt TeeJet gyártmányú TP11004VP hagyományos-, DG11004VS elsodródás ellen védő-, AIXR11004VP légbeszívásos megnövelt hatósugarú-, és AI11004VS légbeszívásos rendszerű réses fűvókák alkalmazása során az üzemi nyomás csökkentése következtében pontosan mennyivel nő a cseppméret, és milyen mértékben mérséklődik az elsodródott részecskék mennyisége és az elsodródás távolsága,
- a DG11004VS, az AIXR11004VP, valamint az AI11004VS fűvókák mekkora mértékben növelik a cseppméretet, és csökkentik az elsodródást a TP11004VP fűvókákhoz képest,
- a műszakilag jelentősen különböző AIXR11004VP és AI11004VS légbeszívásos réses fűvókák között van-e szignifikáns differencia a lehetséges környezeti hatások vonatkozásában fokozott jelentőségű cseppképzési jellemzőik értékében, továbbá a képzett cseppek elsodródásának mértékében,

- a John Deere gyártmányú permetezőgépeken alkalmazott TwinFluid 042/TK-SS10 típusú levegő-betáplálásos szórófej üzemeltetése keretében a gyári beállítások közötti váltások hatására minden esetben bekövetkezik-e szignifikáns mértékű változás a cseppméretben, és ezzel párhuzamosan a keletkezett részecskék elsodródásának mértéke és távolsága csökkenthető-e.

Kutatásaim célja volt továbbá, hogy vizsgálati eredményeim és következtetésem tükrében gyakorlati szakemberek számára is hasznos szakmai javaslatokat fogalmazzak meg.



## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati tárgyaim kiválasztásának legfontosabb kritériumaként azt tartottam szem előtt, hogy valamelyik világszerte ismert és elismert, szórófejeket és fűvókákat gyártó vállalat jó minőségű termékeit vizsgáljam meg, hiszen a nevezett szempontoknak megfelelő cégek precíz gyártási folyamattal, magas színvonalú kutatás-fejlesztési tevékenységgel és szigorú minőségbiztosítási rendszerrel jellemezhetőek.

A hidraulikus szántóföldi permetezés vonatkozásában a példaként említett vállalatok teljes termékpalettáját áttekintettem, majd modellszemlélet segítségével számos szempont alapján összehasonlítottam azokat a szórófejeket, illetve fűvókákat, amelyek vizsgálati objektumokként szóba jöhettek.

Választásom különböző típusú (hagyományos, elsodródás ellen védő, légbeszívásos megnövelt hatósugarú és „klasszikus” légbeszívásos) TeeJet gyártmányú réses fűvókákra, továbbá John Deere permetezőgépeken alkalmazott TwinFluid szórófejre esett, ami szintén TeeJet részegységekből épül fel.

Vizsgálataim első lépéseként a kiválasztott technikai megoldások cseppképzését, azaz a keletkezett részecskék méret szerinti eloszlását vizsgáltam meg laboratóriumi körülmények között eltérő üzemi jellemzők, illetve különböző beállítások mellett lézeres csepp-analizátor segítségével.

Ezt követően a réses fűvókák és a TwinFluid szórófej által képzett cseppek elsodródásának mértékét és távolságát határoztam meg szélcsatornában, a cseppképzés-vizsgálatoknál alkalmazottakkal azonos üzemi paraméterek, ill. beállítások mellett különböző szélesebségek esetében.

Minden részletre kiterjedően pedig azokat az adatokat értékeltem és elemeztem, amelyek a permetezés környezeti hatásai tekintetében kiemelt jelentőségűek.

## 2.1 Cseppképzés-vizsgálatok

A vizsgált TeeJet gyártmányú réses fűvókák gyártó által megadott fontosabb műszaki jellemzőit az 1. sz. táblázat tartalmazza.

1. sz. táblázat: A vizsgált réses fűvókák főbb gyári technikai paraméterei

Fűvóka pontos megnevezése	Fűvóka típusa	Szórás szöge (°)	Méret*/ ISO-színkód**	Fűvókabetét anyaga***	Üzemi nyomás-tart. (bar)	Optimális munkamagasság (cm)
TP11004 VP	TP/hagyományos	110	04/piros	polimer (VP)	2-4	50
DG11004 VS	DG/elsodródás ellen védő	110	04/piros	rozsdamentes acél (VS)	2-5	50
AIXR11004 VP	AIXR/légbeszívásos megnövelt hatósugarú	110	04/piros	polimer (VP)	1-6	50
AI11004 VS	AI/légbeszívásos	110	04/piros	rozsdamentes acél (VS)	2-8	50

### Megjegyzések:

\*: A „04 méret” azt jelenti, hogy a fűvóka névleges szórásteljesítménye 2,8 bar üzemi nyomáson 1,5 l/min.

\*\* : A „piros ISO-színkód” jelentése az ISO 10625:2005 számú szabvány szerint: a fűvóka névleges folyadékfogyasztása 3,0 bar üzemi nyomás mellett 1,6 l/min.

\*\*\*: A fűvókabetét anyaga kizárólag a kopásállóságra, azaz a fűvóka élettartamára gyakorol hatást.

A vizsgált, John Deere permetezőgépeken alkalmazott TwinFluid 042/TK-SS10 típusú műszaki megoldás olyan komplett levegő-betáplálásos TwinFluid szórófej, amely a következő TeeJet gyártmányú részesegységekből épül fel: kompakt kivitelű szórófejtartó (1 darab), 042 méretű kalibrált adagoló betét (1 db), különálló szórófejsapka (1 db), gumiból készült O-gyűrű (1 db), TK-SS10 típusú ütközőlapos fűvóka (1 db).

Az 1. sz. ábra TwinFluid szórófej felépítését, valamint hagyományos kivitelű, csepegésgátló membránszeleppel ellátott szórófejtartókra szerszám nélkül történő felszerelhetőségét szemlélteti.



1. sz. ábra:  
TwinFluid szórófej felépítése és rögzítése

A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófejre vonatkozó fontosabb gyári technikai adatok a 2. sz. táblázatban láthatóak.

2. sz. táblázat: A vizsgált TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej főbb gyári műszaki jellemzői

Nyomás (bar)		Cseppméret*	Névleges szórásteljesítmény (l/min)
Folyadék	Levegő		
1,00	1,00	nagyon finom	0,30
2,00	1,25		0,60
2,50	1,50		0,68
1,50	1,00	finom	0,51
2,50	1,25		0,75
3,50	1,50		0,95
1,50	0,75	közepes	0,59
2,00	1,00		0,67
4,00	1,50		1,05
1,50	0,50	durva	0,67
2,50	0,75		0,88
3,50	1,00		1,04

**Megjegyzés:**

\*: A cseppméreteket a szórófej gyártója a BCPC osztályozási rendszer módszertani leiratában foglaltak alapján a kalibrált adagoló betét (042), illetve a folyadék-, és levegőnyomás függvényében közölte.

A cseppképzés-vizsgálatok nem befolyásolható (determinált) és beállítható paramétereit, a beállítható jellemzőkre vonatkozó beállítási határértékeket, valamint a méréssel meghatározható cseppképzési jellemzőket a 3. sz. táblázatban adtam meg.

3. sz. táblázat: A cseppképzés-vizsgálatokhoz kapcsolódó jellemzőcsoportok és beállítási határértékek

Nem befolyásolható környezeti paraméterek	Beállítható jellemzők	Beállítási határértékek	Mérhető jellemzők
- környezeti levegő jellemzői: - hőmérséklet - relatív páratart. - légmozgás (sebesség, irány) - folyadék** hőmérséklete	folyadék** nyomása (bar)	0,0-10,0	- $d_{v10}$ ( $\mu\text{m}$ ) - 100 $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek aránya (%) - $d_{v50}$ ( $\mu\text{m}$ ) - $d_{v90}$ ( $\mu\text{m}$ )
	levegő nyomása* (bar)	0,0-10,0	
	rögzítési magasság (m)	0,0-1,0	

#### Megjegyzések:

\*: Kizárólag a TwinFluid szórófejre vonatkozik.

\*\* : Az ISO 5682-1:1996 számú szabvány 4.1 fejezete szerint: szilárd halmazállapotú szennyeződéstől mentes tiszta víz (csap- vagy vezetékes víz).

A determinált jellemzők közül VIKING THERMO-HYGRO típusú, kalibrált, digitális mérőeszköz (mérési tartomány: -10,0-50,0 °C, illetve 24-99 %; felbontás: 0,1 °C, illetve 1 %) segítségével az összes vizsgálat teljes időtartama alatt mértem a környezeti levegő hőmérsékletét és relatív páratartalmát. A felhasznált folyadék hőmérsékletét is meghatároztam LOMBIK higanyszálas, belső skálás típusú kalibrált üveghőmérővel (mérési tartomány: 0,0-50,0 °C; felbontás: 0,1 °C).

Mindhárom paraméter vonatkozásában a minimum- és a maximum értékeket rögzítettem. Ezek alapján a levegő hőmérséklete 18,9-22,7 °C között, a relatív páratartalom 41-59 % intervallumban, a felhasznált folyadék hőmérséklete pedig 15,5-19,4 °C tartományban változott a réses fűvókák, illetve a TwinFluid szórófej mérése során.

A beállítható jellemzők értékét a réses fűvókákat, illetve a TwinFluid szórófejet gyártó vállalat ajánlásai, továbbá a szántóföldi permetezésre vonatkozó gyakorlati tapasztalataim alapján választottam meg.

A réses fűvókákra vonatkozó beállításokat a 4. sz., a TwinFluid szórófej esetében alkalmazottakat pedig az 5. sz. táblázatban közöltem.

4. sz. táblázat: A réses fűvókák cseppképzés-vizsgálati beállításai

Fűvóka pontos megnevezése	Üzemi nyomás (bar)	Permetezési magasság (m)
TP11004VP	3,0 és 4,0	0,5
DG11004VS	3,0 és 4,0	0,5
AIXR11004VP	3,0 és 4,0	0,5
AI11004VS	3,0 és 4,0	0,5

A réses fűvókák vizsgálatánál a nyomást HBM PE 300A/20B típusú, kalibrált, digitális nyomástávadó (mérési tartomány: 0,0-20,0 bar; mérési pontosság:  $\pm 0,3$  %; felbontás: 0,1 bar) segítségével állítottam be, a munkamagasságot pedig kalibrált acél mérőszalaggal ellenőriztem.

5. sz. táblázat: A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej cseppképzés-vizsgálati beállításai

Beállítás száma	Nyomás (bar)		Cseppméret*	Permetezési magasság (m)
	Folyadék	Levegő		
1.	2,00	1,25	nagyon finom	0,5
2.	2,50	1,25	finom	0,5
3.	1,50	0,75	közepes	0,5
4.	1,50	0,50	durva	0,5

Megjegyzés:

\*: Ld. a 2. sz. táblázat alatt.

A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej vonatkozásában a folyadék nyomását szintén a fenti, kalibrált, digitális nyomástávadóval, a levegőt pedig INGERSOLL-RAND R18-C4-F000 típusú kalibrált légnyomásmérővel (mérési tartomány: 0,0-10,0 bar; mérési pontosság:  $\pm 1$  %; osztás: 0,1 bar) állítottam be, a permetezési magasság ellenőrzésének eszköze és módja megegyezett a réses fűvókák kapcsán leírtakkal.

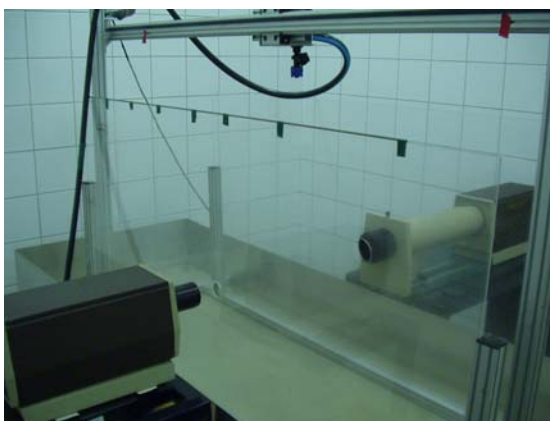
A réses fűvókák és a TwinFluid szórófej cseppképzési jellemzőit diffrakciós elven működő, Malvern 2600 C típusú lézeres részecske-analizátor segítségével határoztam meg az MGI szakmailag illetékes, akkreditált státusszal rendelkező vizsgálólaboratóriumában. Az alkalmazott mérőeszköz legfontosabb metrológiai jellemzői a gyártó által kiadott és a berendezéshez mellékelt felhasználói kézikönyvben megtalálható specifikáció szerint: mérési tartomány: 0,5-1800,0  $\mu\text{m}$ ; mérési pontosság:  $\pm 4$  %; felbontás: 0,1  $\mu\text{m}$ .

Az egymástól eltérő befoglaló méretekkel jellemezhető réses fűvókák cseppképzési vizsgálatát megelőzően első lépésben a vizsgálatok során segédeszközként használt egy darab, fűvókát nem tartalmazó szórófejet (csepegésgátló membránszelep, szórófejtartó, szórófejsapka, gumitömítés) saját fejlesztésű mérőállványon rögzítettem. A szórófejbe szerelt vizsgálandó réses fűvókák kilépőnyílása pontosan a permetlegyezőn a legyező hosszirányú tengelyére merőlegesen átbocsátott lézersugár hosszanti középpontja fölött, a sugár síkjától a megválasztott távolságban helyezkedett el. Így biztosítottam a szántóföldi permetezési gyakorlatban általánosan elterjedt permetezési magasságot, továbbá a mérésekhez megfelelő elhelyezést (2. sz. ábra).

A TwinFluid szórófejet ugyanazon szórófej csepegésgátló membránszeleppel ellátott szórófejtartójára szintén a leírtak szerint szereltem fel.

Második lépésben a vizsgálatok során alkalmazandó üzemi jellemzők függvényében fűvókánként, illetve a TwinFluid szórófej esetében beállításonként meghatároztam, majd jól láthatóan és tartósan bejelöltem a szimmetrikus permetlegyezők széleit azonosító pontokat (referenciapontok). A gyártói felhasználói kézikönyvben foglaltak alapján a szórófejet a mérési célhoz kifejlesztett mérőállványhoz rögzített vízszintes sín pályán, minden esetben egyenletes  $0,01 \text{ m s}^{-1}$  sebességgel mozgatva a referenciapontok közötti szakaszon a teljes permetlegyezőt vizsgáltam. A réses fűvókák vonatkozásában két különböző üzemi nyomáson fűvókánként, illetve a TwinFluid szórófej esetében beállításonként háromszor ismétlésben folytattam le a vizsgálatokat. A méréssel meghatározott, a műszaki megoldások cseppképzését jellemző paraméterek kerekített átlagértékeit és a vonatkozó szórásértékeket numerikus formátumban közöltem.

Az ismertetett vizsgálati módszert illusztrálja a 2. sz. ábra.



2. sz. ábra:

A lézeres részecske-analizátorral végzett cseppképzés-vizsgálatok illusztrációja

A vizsgálati eredmények közül a  $d_{v10}$ -et és a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek arányát értékeltem és elemeztem részletesen, mivel a méréssel meghatározott jellemzők közül ezek a paraméterek gyakorolják a legnagyobb hatást a részecskék elsodródási hajlamára, ezzel összefüggésben a permetezés lehetséges környezeti hatásaira.

## 2.2 Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában

Az elsodródás-vizsgálatok nem befolyásolható és beállítható paraméterei, a beállítási határértékek, valamint a méréssel meghatározható jellemző a 6. sz. táblázatban tekinthetőek meg.

6. sz. táblázat: Az elsodródás-vizsgálatokra jellemző paramétercsoportok és beállítási határértékek

Nem befolyásolható környezeti paraméterek	Beállítható jellemzők	Beállítási határértékek	Méréssel meghatározható jellemző
- környezeti levegő jellemzői: - hőmérséklet - relatív páratartalom - lamináris légáram iránya (szélirány) - folyadék** hőmérséklete	folyadék** nyomása (bar)	0,0-10,0	relatív fedettség (%)
	levegő nyomása* (bar)	0,0-10,0	
	szélsebesség ( $\text{m s}^{-1}$ )	0,0-10,0	
	rögzítési magasság (m)	0,0-1,0	

### Megjegyzések:

\*: A TwinFluid szórófej esetében.

\*\* : Ld. a 3. sz. táblázat alatt.

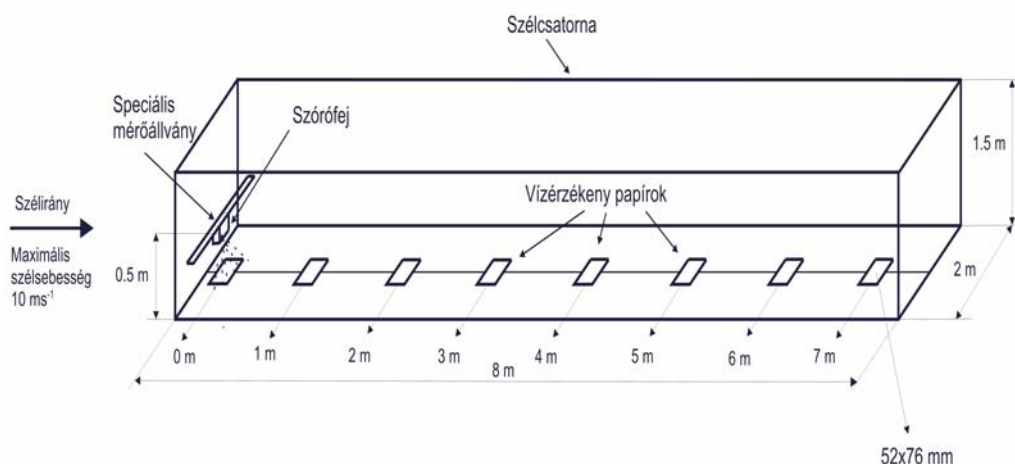
A determinált paraméterek meghatározását, rögzítését a cseppképzés-vizsgálatok kapcsán leírtakkal mindenben megegyezően valósítottam meg. A mért jellemzők a következő értékeket vették fel az elsodródás-vizsgálatok során: levegő hőmérséklete: 14,0-19,2 °C, relatív páratartalom 35-46 %, felhasznált folyadék hőmérséklete: 13,7-18,1 °C.

A vizsgálatok során a nyomás, valamint a rögzítési magasság értékeinek megválasztásakor, beállításakor, ellenőrzésekor pontosan a cseppképzés-vizsgálatokra vonatkozó alfejezetben leírtak szerint jártam el.

A szélességet Testo 400 típusú, kalibrált, többfunkciós mérőeszköz (mérési tartomány:  $0,4-60,0 \text{ m s}^{-1}$ ; mérési pontosság:  $\pm 0,2 \%$ ; felbontás:  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ ) segítségével  $2,0, 4,0,$  illetve  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  értékre állítottam be.

Az elsodródás-vizsgálatokat szintén az MGI gödöllői telephelyén, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Áramlástan Tanszékének munkatársai által kialakított és beüzemelt szélcsatornában végeztem el laboratóriumi körülmények között. A szélcsatornában kialakított mérési tér hossza  $8 \text{ m}$ , szélessége  $2 \text{ m}$ , magassága  $1,5 \text{ m}$ , az előállítható lamináris légáram maximális sebessége (max. szélesség) pedig  $10,0 \text{ m s}^{-1}$ .

A szélcsatornában elhelyezett speciális mérőállványon a vizsgálatokhoz segédeszközként szolgáló, a cseppképzés-vizsgálatoknál használttal azonos szórófejet úgy rögzítettem, hogy egyrészt a szórófejbe szerelt vizsgálandó réses fűvókák, illetve a TwinFluid szórófej által képzett permetlegyező a lamináris légáram irányával (tehát a szélcsatorna hosszirányú tengelyével) pontosan  $90^\circ$  szöget zárjon be, másrészt a réses fűvókák, ill. a TwinFluid szórófej kilépőnyílása pontosan a szélcsatorna padozatának hosszanti középvonala fölött helyezkedjen el. A mérési tér hosszirányú középvonalában a vizsgálati tárgyak alá, valamint azoktól  $1, 2, 3, 4, 5, 6$  és  $7 \text{ m}$  távolságban (mérési pontok)  $1-1$  darab  $52 \times 76 \text{ mm}$  méretű vízérzékeny papírt, azaz összesen mérésenként  $8$  darabot, rögzítettem a padlón. A megadott három különböző szélesség mellett végeztem el a permetezéseket (a szórás időtartama minden esetben  $10$  másodperc volt), majd a teljesen megszáradt vízérzékeny papírokat (minták) összegyűjtöttem. Az alkalmazott vizsgálati elrendezést mutatja be a  $3.$  sz. ábra.



3. sz. ábra:  
Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában - illusztráció



A megfelelő nagyítás érdekében sztereómikroszkóp (típus: Wild M7A, nagyítási tartomány: 6X-31X) közbeiktatásával digitális kamera (felbontás: 2260 dpi) segítségével a mintákat lefényképeztem, ezt követően elektronikus formátumban rögzítettem.

Ezután az egyes mintákhoz tartozó relatív fedettséget (a vízzel történő érintkezés hatására kék színt felvett és az eredeti sárga színű terület %-os arányát) National Instruments LabView v7.1 típusú adatgyűjtő-mérésvezérlő programhoz tartozó Vision Development képfeldolgozó modul segítségével határoztam meg. A réses fűvókák vonatkozásában szintén két különböző üzemi nyomáson fűvókáinként, illetve a TwinFluid szórófej esetében szintén beállításonként háromszoros ismétlésben folytattam le a vizsgálatokat. Az eredményeket (kerekített átlagértékeket, illetve a szórást) numerikus és grafikus formátumban közöltem, illetve ábrázoltam.

Részletesen a teljes mérési tartományra vonatkozó összes relatív fedettséget (a 8 darab relatív fedettség érték összege) értékeltem és elemeztem, mert a keletkezett cseppek elsodródásának mértéke (mennyisége), tehát az élő- és élettelen környezetre gyakorolt hatás, ezzel a paraméterrel jól jellemezhető. Emellett - szintén környezetvédelmi vonatkozások miatt - a részecskék elsodródási távolságára is kiemelt figyelmet fordítottam.

A megválasztott és fentebb ismertetett mérési metodika és kiértékelési módszer segítségével konkrét mennyiségi adatok nem nyerhetőek, ugyanakkor alkalmas permetcseppek elsodródásának, a permetezés lehetséges környezeti hatásainak jellemzésére, a vizsgálati objektumok egyezőségének, illetve különbözőségének kimutatására összehasonlító vizsgálatok keretében.

### *2.3 Statisztikai elemzés*

A vizsgálati eredmények statisztikai elemzését a négy különböző réses fűvóka, valamint a négyféle beállítás mellett működtetett TwinFluid szórófej vonatkozásában egyaránt Windows SPSS 14.0 szoftverrel (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) végeztem el.

A cseppképzés-, valamint a szélcsatornában elvégzett elsodródás-vizsgálatok statisztikai elemzés alá vont adatainak (a  $d_{v10}$  és a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek aránya, valamint az összes relatív fedettség) eloszlását Kolmogorov-Szmirnov próbával (szignifikancia szint:  $P > 0,05$ ), illetve a Q-Q-ábrák szemrevételezésével vizsgáltam.

A cseppképzés-vizsgálatok eredményei közötti különbségeket csoportonként a réses fűvókák vonatkozásában a fűvókák és az üzemi nyomás, a TwinFluid szórófej esetében a beállítások, az elsodródás-vizsgálatok adatainak különbözőségét pedig - a felsoroltak mellet - a szélsőesség függvényében ANOVA segítségével határoztam meg.

Duncan és Scheffé Post Hoc Test-et használtam a fűvókák, illetve a beállítások adatainak páronként történő összehasonlításához.



### 3. EREDMÉNYEK

Az elvégzett statisztikai elemzéseim adatai tükrében a cseppképzés-vizsgálatok keretében vizsgált  $d_{v10}$  és a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek százalékos aránya, valamint az elsodródás-vizsgálatok során rögzített összes relatív fedettség vonatkozásában kapott eredmények egyetlen esetben sem (sem a réses fűvókák, sem a TwinFluid szórófej vonatkozásában) tértek el a normális eloszlástól. A konfidencia intervallum minden egyes statisztikai próba vonatkozásában  $\alpha = 0,05$  volt.

#### 3.1 TeeJet gyártmányú TP11004VP, DG11004VS, AIXR11004VP és AI11004VS réses fűvókák vizsgálata

##### 3.1.1 Cseppképzés-vizsgálatok

A négy réses fűvóka vizsgálata keretében alkalmazott üzemi nyomásértékeket, valamint a méréssel meghatározott cseppképzési jellemzőket a 7. sz. táblázatban mutattam be.

7. sz. táblázat: A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AI11004VS réses fűvókák által képzett cseppek méréssel meghatározott jellemzői az üzemi nyomás függvényében

Fűvóka pontos megnevezése	Üzemi nyomás (bar)	$d_{v10}$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_{v50}$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_{v90}$ ( $\mu\text{m}$ )	< 100 $\mu\text{m}$ cseppek aránya (%)
TP11004VP	3,0	$55,7 \pm 2,8$	$133,2 \pm 7,8$	$231,1 \pm 15,6$	$34,6 \pm 3,3$
DG11004VS		$93,3 \pm 3,9$	$211,0 \pm 2,7$	$376,1 \pm 1,6$	$13,0 \pm 1,1$
AIXR11004VP		$117,1 \pm 4,1$	$308,0 \pm 16,7$	$643,1 \pm 50,6$	$8,3 \pm 0,5$
AI11004VS		$120,0 \pm 4,5$	$329,0 \pm 7,8$	$711,0 \pm 9,4$	$8,0 \pm 0,6$
TP11004VP	4,0	$50,2 \pm 1,1$	$127,3 \pm 6,6$	$230,1 \pm 16,2$	$38,2 \pm 2,8$
DG11004VS		$83,3 \pm 6,5$	$195,5 \pm 15,7$	$335,4 \pm 30,7$	$16,8 \pm 2,6$
AIXR11004VP		$100,0 \pm 3,2$	$208,6 \pm 10,0$	$331,0 \pm 34,4$	$11,3 \pm 0,6$
AI11004VS		$101,6 \pm 2,3$	$269,4 \pm 8,6$	$490,5 \pm 37,7$	$10,8 \pm 0,5$

3,0 bar üzemi nyomáson a  $d_{v10}$   $55,7 \pm 2,8 \mu\text{m} - 120,0 \pm 4,5 \mu\text{m}$  között, 4,0 bar üzemi nyomás mellett pedig  $50,2 \pm 1,1 \mu\text{m} - 101,6 \pm 2,3 \mu\text{m}$  tartományban változott a fűvókák függvényében (7. sz. táblázat).

A négy réses fűvóka statisztikai módszerekkel csoportonként történt összehasonlítása alapján a fűvókák között mindkét vizsgálati nyomás mellett szignifikáns különbség volt a  $d_{v10}$ -ben (3,0 bar:  $F_{3,8}=175,969$ ,  $P<0,001$ ; 4,0 bar:  $F_{3,8}=118,073$ ,  $P<0,001$ ).

A páronkénti összevetés alapján az AIXR11004VP és az AI11004VS fűvókák által képzett cseppekre jellemző  $d_{v10}$ -ben egyik nyomáson sem volt szignifikáns differencia ( $P>0,05$ ). A további fűvóka-párok (TP11004VP és DG11004VS, TP11004VP és AIXR11004VP, TP11004VP és AI11004VS, DG11004VS és AIXR11004VP, DG11004VS és AI11004VS) esetében mindkét nyomás mellett szignifikáns mértékben különböző -  $d_{v10}$  értékkel jellemzett - cseppek keletkeztek ( $P<0,05$ ).

A 7. sz. számú táblázatban látható továbbá, hogy 3,0 bar nyomásnál a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek aránya vonatkozásában  $34,6 \pm 3,3 \%$  -  $8,0 \pm 0,6 \%$ ; 4,0 bar nyomás mellett pedig  $38,2 \pm 2,8 \%$  -  $10,8 \pm 0,5 \%$  tartományba eső értékeket rögzítettem.

A fűvókák csoportonkénti összehasonlítása alapján a fűvókák között mindkét nyomás mellett szignifikáns differencia volt a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek arányában is (3,0 bar:  $F_{3,8}=151,962$ ,  $P<0,001$ ; 4,0 bar:  $F_{3,8}=134,707$ ,  $P<0,001$ ).

A páronként történt összehasonlítás szintén a  $d_{v10}$  értékek összevetése során kapott eredményekkel megegyező adatokat szolgáltatott. Az AIXR11004VP és az AI11004VS fűvókák között egyik nyomásnál sem volt szignifikáns különbség a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek előfordulási gyakoriságában ( $P>0,05$ ). A többi fűvóka-pár összehasonlítása 3,0 és 4,0 bar üzemi nyomáson egyaránt szignifikáns differenciát eredményezett a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek arányában is ( $P<0,05$ ).

### 3.1.2 Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában

Az eltérő szélebségek és különböző üzemi nyomások mellett elvégzett vizsgálatok eredményei a 4-9. sz. ábrákon láthatóak. A szórófej alatt mindhárom szélebség és az összes fűvóka esetében mindkét üzemi nyomás mellett minden ismétlés vonatkozásában 100 % relatív fedettséget határoztam meg.

A  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebség és  $3,0$ , illetve  $4,0$  bar üzemi nyomás mellett kapott eredményeket a 4. sz. és az 5. sz. ábra szemlélteti. A 4. sz. és az 5. sz. ábrán látható, hogy  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebség esetében  $3,0$  és  $4,0$  bar üzemi nyomás mellett mind a négy réses fűvóka vonatkozásában egyaránt a szórófejtől  $2 \text{ m}$  távolsáig volt kimutatható mértékű ( $\geq 1 \%$ ) relatív fedettség.

$3,0$  bar üzemi nyomáson a TP típusú fűvókánál  $2 \%$ , a DG-nél  $4 \%$ , az AIXR és az AI fűvóka esetében pedig  $1-1 \%$  relatív fedettséget rögzítettem a nevezett távolságban.

$4,0$  bar üzemi nyomás mellett  $2 \text{ m}$  távolságban a fűvókák fenti sorrendjének megfelelően a következő értékeket határoztam meg:  $5 \%$ ,  $3 \%$ ,  $2 \%$ ,  $1\%$ .

A  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebségnél rögzített eredményeket a 6. sz. és a 7. sz. ábra mutatja be.

A 6. sz. ábrán látható, hogy  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebségnél  $3,0$  bar nyomás mellett a TP fűvóka esetében a szórófejtől mért  $7 \text{ m}$  távolságban (méréshatár)  $1 \%$  relatív fedettséget regisztráltam. A DG fűvóka vonatkozásában  $6 \text{ m}$ , az AIXR és az AI típusoknál pedig  $4-4 \text{ m}$  távolsáig adódott azonos mértékű fedettség.

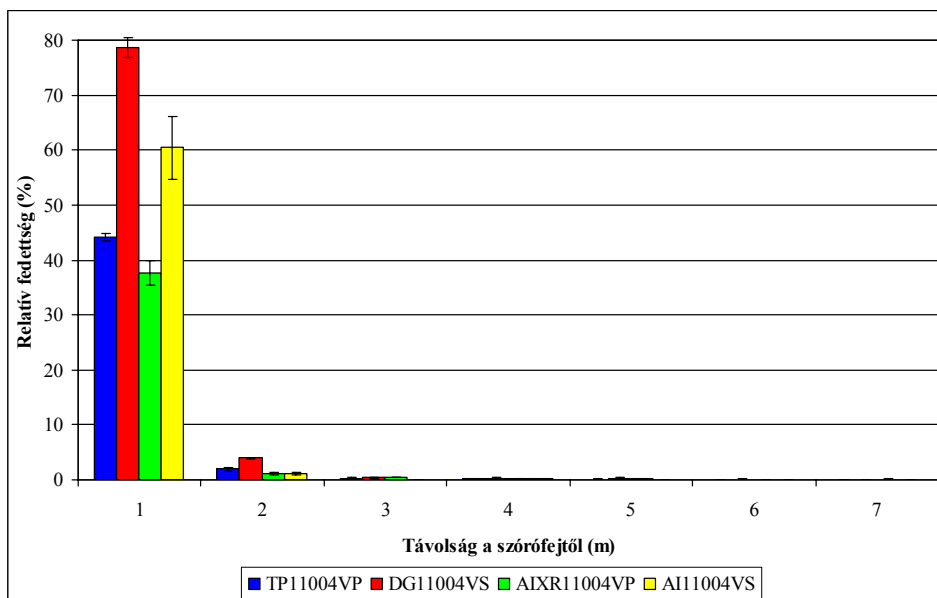
$4,0$  bar nyomáson (7. sz. ábra) a TP és a DG fűvóka vonatkozásában az alacsonyabb üzemi nyomás mellett kapott eredményekhez képest nem tapasztaltam változást a kimutatható mértékű relatív fedettség és a szórófejtől mért távolság összefüggésének tekintetében. Az AIXR és az AI típusok esetében ugyanakkor  $5 \text{ m}$  távolságban rögzítettem  $1-1 \%$  fedettséget.

A  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebség esetében meghatározott adatokat a 8. sz. és a 9. sz. ábra demonstrálja.

A 8. sz. ábrán látható, hogy  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebség és  $3,0$  bar nyomás mellett az AI fűvóka kivételével minden fűvóka esetében kimutatható mértékű relatív fedettséget határoztam meg a méréshatáron (TP:  $3 \%$ , DG:  $2 \%$ , AIXR:  $1 \%$ ). Az AI fűvóka vonatkozásában  $6 \text{ m}$  távolsáig adódott  $\geq 1 \%$  fedettség.

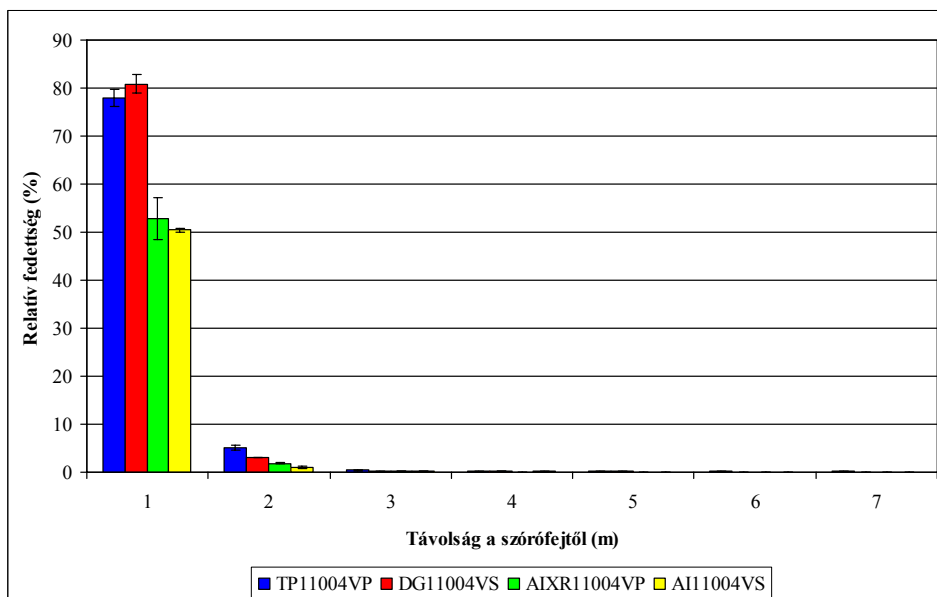
$4,0$  bar nyomáson (9. sz. ábra) a TP fűvóka vizsgálata  $4 \%$ , a DG és az AIXR fűvókáé a kisebb üzemi nyomásnál rögzített adatokkal azonos, az AI típusé pedig  $1 \%$  relatív fedettséget eredményezett  $7 \text{ m}$  távolságban.

Az ábrákról leolvasható továbbá, hogy a  $2,0$  és a  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  szélebség mellett kapott eredményekhez viszonyítva az egyes mérési pontokon meghatározott értékek mindkét üzemi nyomás vonatkozásában jelentős mértékben emelkedtek az összes vizsgált réses fűvóka esetében.



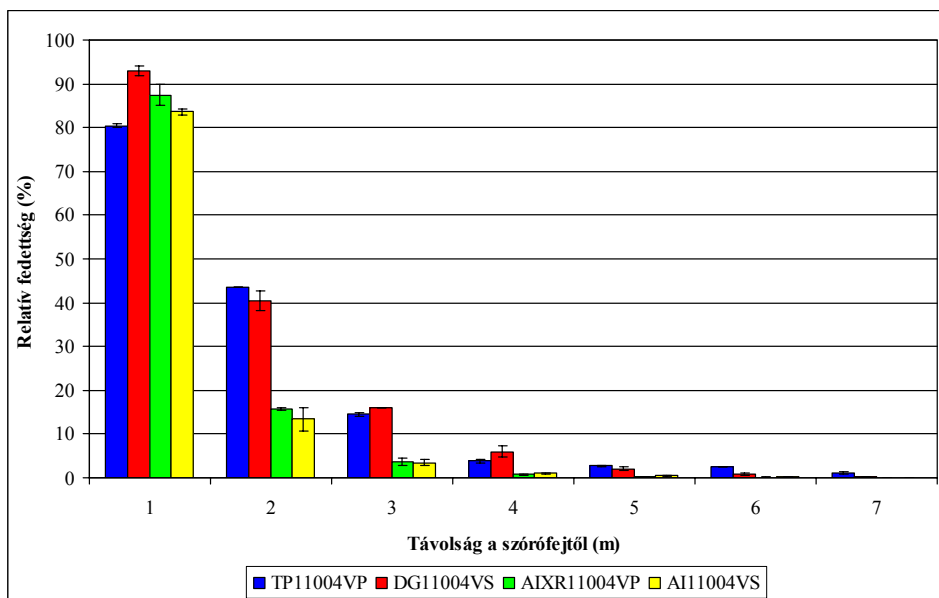
4. sz. ábra:

A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AI11004VS réses fűvókák által képzett cseppek elsodródása szélcsatornában  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség és  $3,0 \text{ bar}$  üzemi nyomás mellett



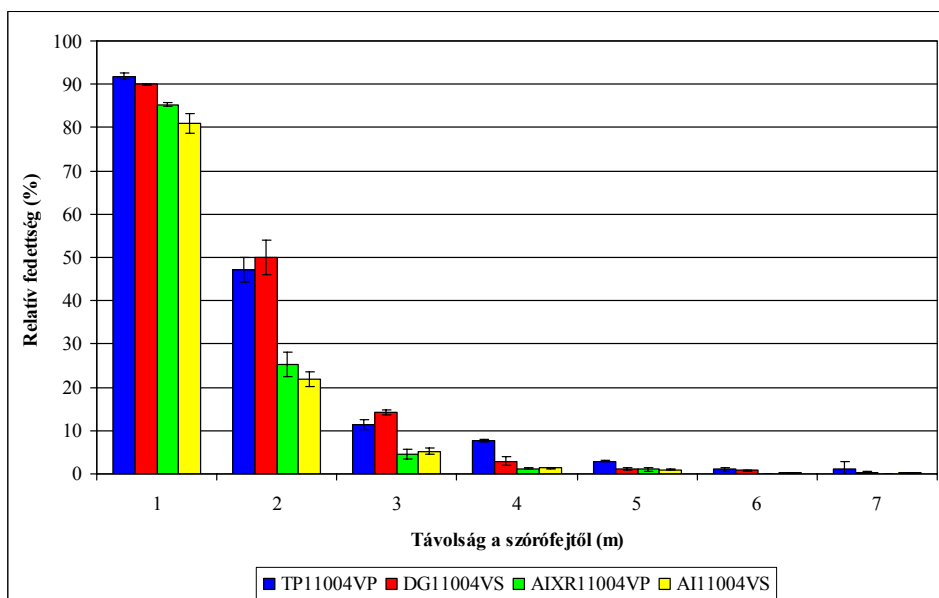
5. sz. ábra:

A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AI11004VS réses fűvókák által képzett cseppek elsodródása szélcsatornában  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség és  $4,0 \text{ bar}$  üzemi nyomás mellett



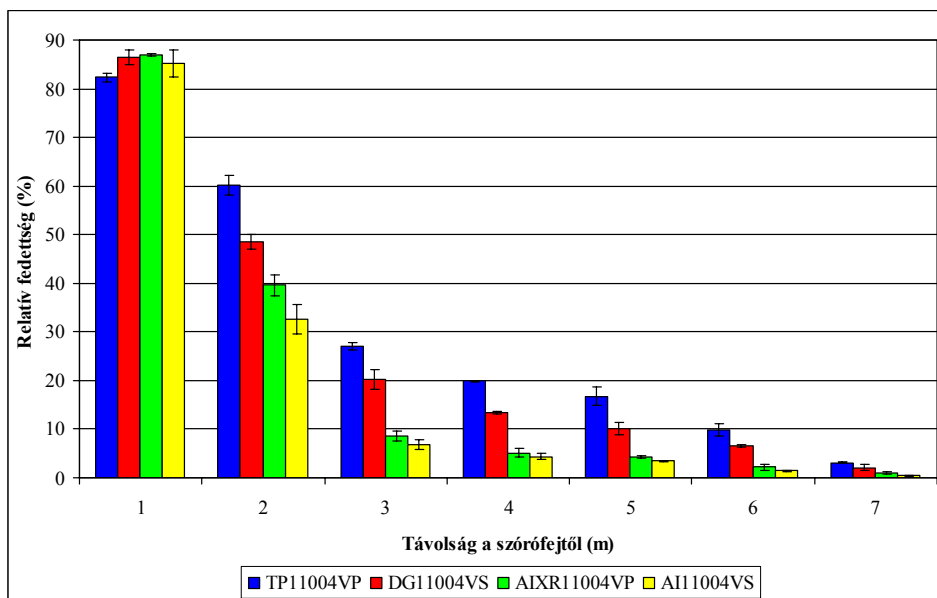
6. sz. ábra:

A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AI11004VS réses fűvókák által képzett részecskék elsodródása szélcsatornában  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  szélességnél és  $3,0 \text{ bar}$  üzemi nyomáson



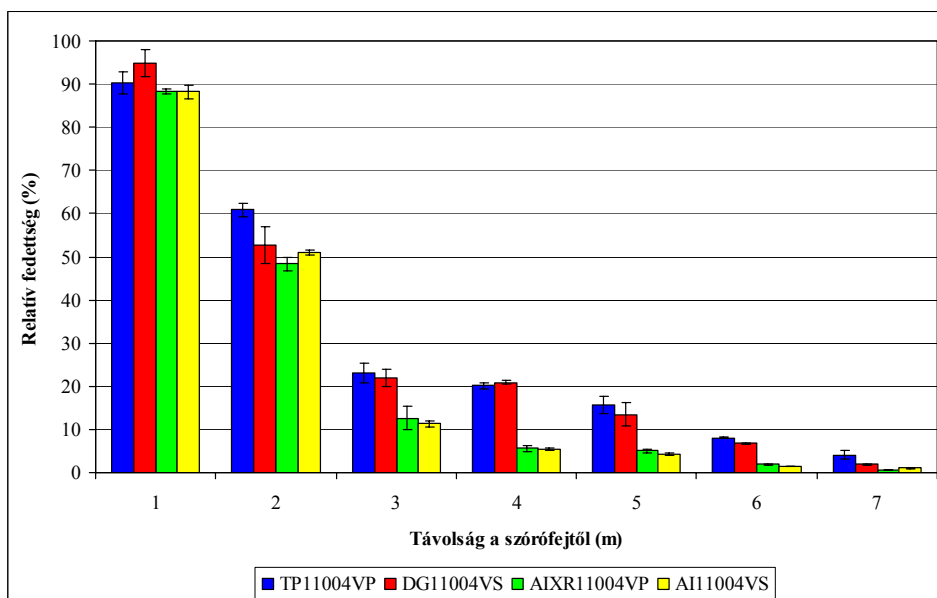
7. sz. ábra:

A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AI11004VS réses fűvókák által képzett részecskék elsodródása szélcsatornában  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  szélességnél és  $4,0 \text{ bar}$  üzemi nyomáson



8. sz. ábra:

A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AII1004VS réses fűvókák által képzett permetcseppek elsodródása szélcsatornában  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség és  $3,0 \text{ bar}$  üzemi nyomás mellett



9. sz. ábra:

A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AII1004VS réses fűvókák által képzett permetcseppek elsodródása szélcsatornában  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség és  $4,0 \text{ bar}$  üzemi nyomás mellett



A teljes mérési tartományra vonatkozó összes relatív fedettség tekintetében a fűvókák, az üzemi nyomás, valamint a szélesebbesség függvényében kapott eredményeket a 8. sz. táblázatban közöltem.

8. sz. táblázat: A TP11004VP, a DG11004VS, az AIXR11004VP és az AI11004VS réses fűvókák által képzett cseppek elsodródása szélcsatornában az üzemi nyomás és a szélesebbesség függvényében

Fűvóka pontos megnevezése	Üzemi nyomás (bar)	Összes relatív fedettség (%)		
		Szélesebbesség ( $\text{m s}^{-1}$ )		
		2,0	4,0	6,0
TP11004VP	3,0	147,0 ± 0,6	249,0 ± 0,4	319,0 ± 5,7
DG11004VS		184,0 ± 2,5	259,0 ± 1,5	288,0 ± 0,7
AIXR11004VP		140,0 ± 1,9	208,0 ± 3,1	248,0 ± 5,4
AI11004VS		162,0 ± 6,0	202,0 ± 2,4	234,0 ± 6,1
TP11004VP	4,0	184,0 ± 1,4	263,0 ± 3,6	322,0 ± 6,6
DG11004VS		184,0 ± 2,0	259,0 ± 5,0	312,0 ± 9,3
AIXR11004VP		155,0 ± 4,3	218,0 ± 3,9	262,0 ± 2,9
AI11004VS		152,0 ± 0,2	211,0 ± 2,3	263,0 ± 0,5

A 8. sz. táblázatban látható, hogy 3,0 bar üzemi nyomáson az összes relatív fedettség értékei  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesebbesség mellett  $140,0 \pm 1,9 \%$  -  $184,0 \pm 2,5 \%$  közé,  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ -nél  $202,0 \pm 2,4 \%$  -  $259,0 \pm 1,5 \%$  tartományba estek,  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesebbeségnél pedig  $234,0 \pm 6,1 \%$  -  $319,0 \pm 5,7 \%$  között változtak a fűvókák függvényében.

$4,0 \text{ bar}$  üzemi nyomás mellett pedig a következő intervallumokban rögzítettem adatokat a szélesebbeségtől és a fűvókáktól függően:  $2,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $152,0 \pm 0,2 \%$  -  $184,0 \pm 2,0 \%$ ,  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $211,0 \pm 2,3 \%$  -  $263,0 \pm 3,6 \%$ ,  $6,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $262,0 \pm 2,9 \%$  -  $322,0 \pm 6,6 \%$  (8. sz. táblázat).

A négy réses fűvóka  $3,0 \text{ bar}$  üzemi nyomásnál kapott eredményeinek statisztikai elemzés keretében csoportonként történt összehasonlítása mindhárom szélesebbesség esetében szignifikáns különbséget mutatott a fűvókák között az összes relatív fedettségben ( $2,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $F_{3,8}=89,808$ ,  $P<0,001$ ;  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $F_{3,8}=411,178$ ,  $P<0,001$ ,  $6,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $F_{3,8}=139,984$ ,  $P<0,001$ ).

A páronkénti összevetés alapján  $3,0 \text{ bar}$  üzemi nyomás és  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesebbesség esetében mind a négy réses fűvóka szignifikáns mértékben eltérő összes relatív fedettséget produkált ( $P<0,05$ ). Ugyanezen az üzemi nyomáson a magasabb szélesebbeségek ( $4,0 \text{ m s}^{-1}$  és  $6,0 \text{ m s}^{-1}$ ) mellett ugyanakkor nem volt szignifikáns differencia az AIXR11004VP és az AI11004VS fűvókák között a képzett cseppek - összes relatív fedettséggel jellemzett - elsodródásának mértékében ( $P>0,05$ ).

A többi fúvóka-pár (TP11004VP és DG11004VS, TP11004VP és AIXR11004VP, TP11004VP és AI11004VS, DG11004VS és AIXR11004VP, DG11004VS és AI11004VS) az erősebb szélességek esetében is szignifikánsan különböző összes relatív fedettséggel volt jellemezhető ( $P < 0,05$ ).

A 4,0 bar üzemi nyomás mellett elvégzett vizsgálatok adatainak elemzése alapján csoportonként szintén szignifikáns differencia volt a fúvókák között a nevezett paraméter tekintetében (2,0 m s<sup>-1</sup>:  $F_{3,8}=157,827$ ,  $P < 0,001$ ; 4,0 m s<sup>-1</sup>:  $F_{3,8}=152,147$ ,  $P < 0,001$ , 6,0 m s<sup>-1</sup>:  $F_{3,8}=87,699$ ,  $P < 0,001$ ).

A 4,0 bar üzemi nyomáson kapott adatok páronként történt összehasonlítása mindhárom szélesség mellett azonos eredménnyel szolgált. A TP11004VP és a DG11004VS, valamint az AIXR11004VP és az AI11004VS párok által képzett cseppek - összes relatív fedettséggel jellemzett - elsodródásának mértékében nem volt szignifikáns differencia ( $P > 0,05$ ). A további fúvóka-párok vonatkozásában szignifikáns mértékben különböző összes relatív fedettséget határoztam meg ( $P < 0,05$ ).

### 3.2 A TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej vizsgálata

#### 3.2.1 Cseppképzés-vizsgálatok

A TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej vizsgálati beállításai, továbbá a méréssel meghatározott cseppképzési paraméterek a 9. sz. táblázatban láthatóak.

9. sz. táblázat: A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej méréssel meghatározott cseppképzési jellemzői a beállítás függvényében

Beállítás sor- és azonosító száma	Folyadék nyomása (bar)	Levegő nyomása (bar)	$d_{v10}$ (μm)	$d_{v50}$ (μm)	$d_{v90}$ (μm)	< 100 μm cseppek aránya (%)
1.	2,00	1,25	63,1 ± 3,4	161,3 ± 4,3	289,6 ± 22,5	25,7 ± 0,9
2.	2,50	1,25	59,5 ± 5,4	176,1 ± 10,3	351,6 ± 14,6	25,1 ± 2,8
3.	1,50	0,75	86,3 ± 9,4	256,1 ± 6,1	509,8 ± 18,1	13,9 ± 2,0
4.	1,50	0,50	97,4 ± 11,6	288,9 ± 28,0	564,6 ± 40,3	11,6 ± 2,1

A 9. sz. táblázatból kiolvasható, hogy a  $d_{v10}$  63,1 ± 3,4 μm – 97,4 ± 11,6 μm közötti értékeket vett fel a beállítások függvényében.

A négyféle beállítás statisztikai elemzés keretében történt csoportonkénti összehasonlítása alapján minden beállítás között szignifikáns különbség volt a  $d_{v10}$ -ben ( $F_{3,8}=15,113$ ,  $P \leq 0,001$ ).

A páronkénti összevetés az 1. és a 2., továbbá a 3. és a 4. beállítás mellett képzett cseppekre jellemző  $d_{v10}$  tekintetében nem mutatott ki szignifikáns differenciát ( $P>0,05$ ). A további beállítás-párok (1. és 3., 1. és 4., 2. és 3., 2. és 4.) vonatkozásában szignifikáns mértékben eltérő  $d_{v10}$  értékeket kaptam ( $P<0,05$ ).

A 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek előfordulási gyakorisága vonatkozásában  $11,6 \pm 2,1 \%$  -  $25,7 \pm 0,9 \%$  közötti értékeket rögzítettem a beállításoktól függően (9. sz. táblázat).

A beállítások csoportonként történt összehasonlítása alapján minden egyes beállítás között szignifikáns differencia volt a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek arányában is ( $F_{3,8}=37,966$ ,  $P<0,001$ ).

A páronkénti összehasonlítás keretében szintén a  $d_{v10}$  értékek összevetése során kapott eredményekkel megegyező adatokhoz jutottam. Az 1. és a 2., továbbá a 3. és a 4. beállítások között nem volt szignifikáns különbség az előfordulási gyakoriságban ( $P>0,05$ ). A többi beállítás-pár összevetése ugyanakkor szignifikáns differenciát eredményezett a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek arányában is ( $P<0,05$ ).

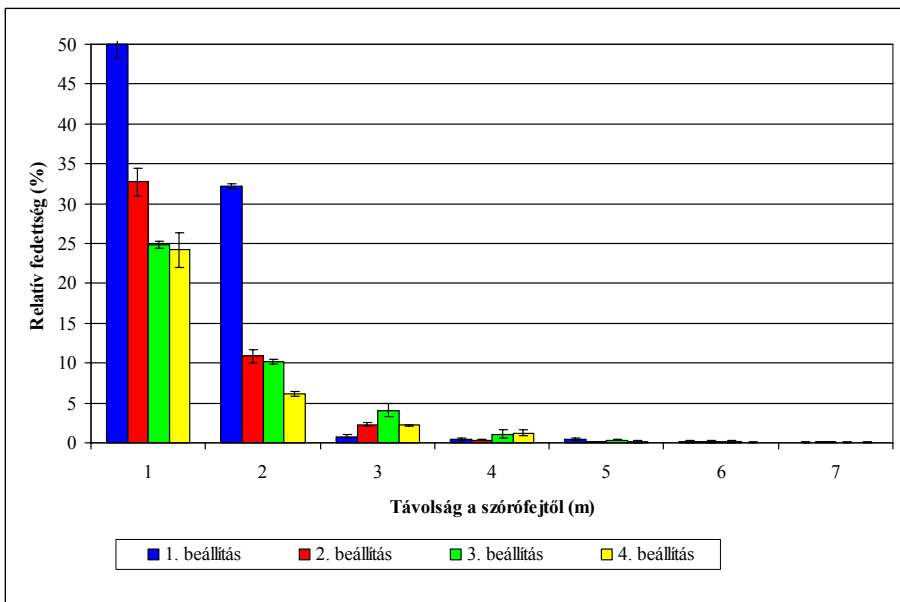
### 3.2.2 Elsodródás-vizsgálatok szélcsatornában

A különböző szélesebségek mellett elvégzett vizsgálatok eredményeit a 10-12. sz. ábrák demonstrálják. A szórófej alatt mindhárom szélesebség és az összes alkalmazott beállítás vonatkozásában minden ismétlés esetében 100 % relatív fedettséget határoztam meg.

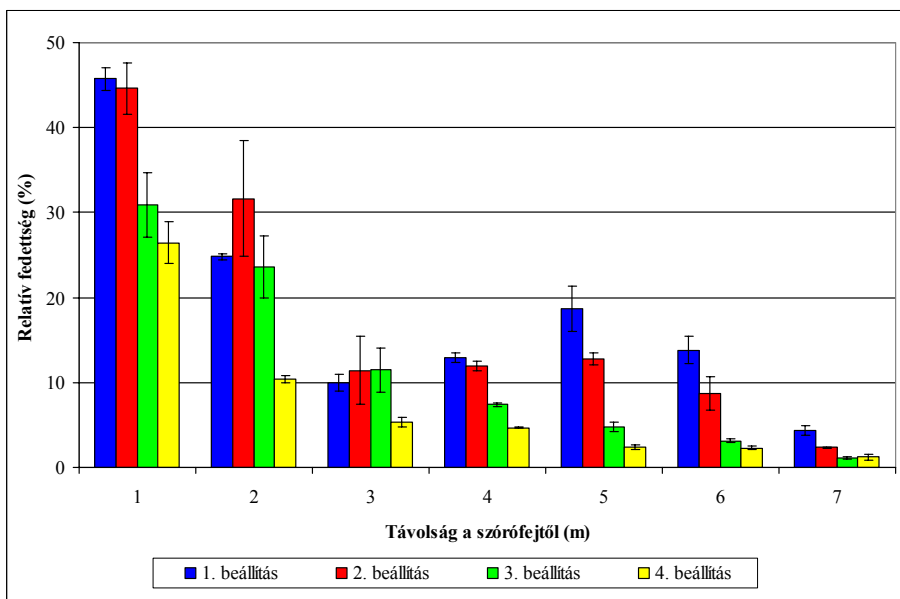
A 10. sz. ábra alapján megállapítható, hogy 2,0  $\text{m s}^{-1}$  szélesebség mellett az 1. beállítás (folyadék nyomása: 2,00 bar, levegő nyomása: 1,25 bar) és a 2. beállítás (2,50 bar, 1,25 bar) esetében a szórófejtől mért 3 m távolságig rögzítettem kimutatható mértékű relatív fedettséget. Az 1. beállításnál 1 %, a 2.-nál pedig 2 % relatív fedettséget regisztráltam a nevezett távolságban. A 3. (1,50 bar, 0,75 bar) és a 4. (1,50 bar, 0,50 bar) beállítás vonatkozásában a fenti megkötésnek megfelelő távolság 4 m volt. Ebben a távolságban mindkét beállításnál 1 % relatív fedettséget határoztam meg.

A 11. sz. ábrán látható, hogy 4,0  $\text{m s}^{-1}$  szélesebségnél mind a négy beállítás esetében  $\geq 1 \%$  mértékű relatív fedettséget rögzítettem a szórófejtől számított 7 m távolságban. Az 1. és a 2. beállítás mellett 4 %, illetve 2 %, a 3. és a 4. beállítás vonatkozásában pedig 1-1 % volt a kimutatott érték a mérés határon. Az alacsonyabb szélesebségnél a kimutatható mértékű fedettség összefüggésben említett 3 és 4 m távolságokban az 1. beállítás esetében 10 % és 13 %, a 2.-nál 11 % és 12 %, a 3. vonatkozásában 11 % és 7 %, a 4. beállításnál pedig mindkét nevezett távolságban 5 % relatív fedettséget határoztam meg.

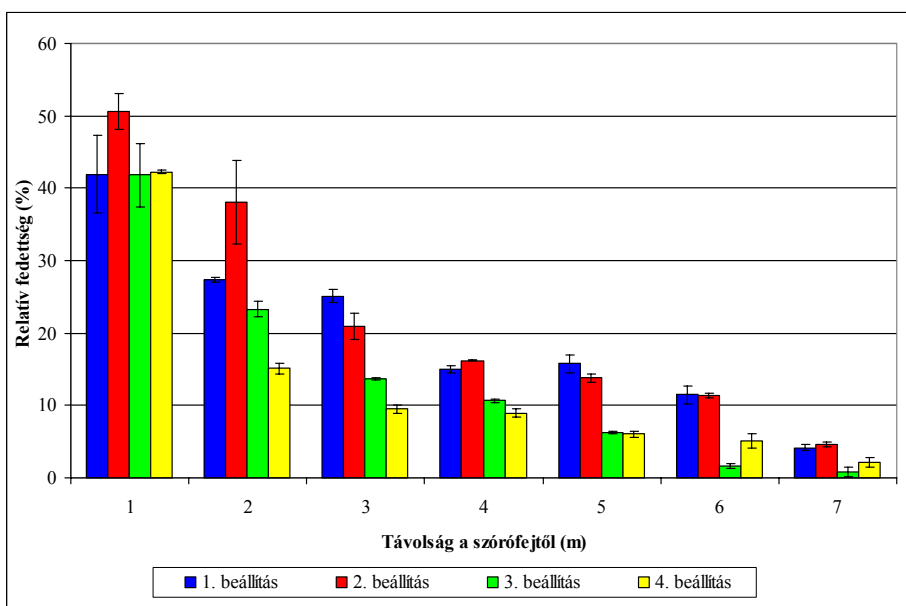
A 12. sz. ábra azt mutatja, hogy 6,0  $\text{m s}^{-1}$  szélesebség esetén a mérés határon a beállítások sorrendjében 4 %, 5 %, 1 % és 2 % volt a regisztrált érték, az 1-7 m tartományban található mérési pontokon meghatározott relatív fedettség pedig tovább növekedett.



10. sz. ábra:  
A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej által képzett cseppek elsodródása szélcsatornában 2,0 m s<sup>-1</sup> szélesség mellett



11. sz. ábra:  
A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej által képzett részecskék elsodródása szélcsatornában 4,0 m s<sup>-1</sup> szélességnél



12. sz. ábra:

A TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej által létrehozott permetcseppek elsodródása szélcsatornában  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség mellett

A teljes mérési tartományra vonatkozó összes relatív fedettség tekintetében a három különböző szélesség mellett a beállítások függvényében rögzített adatokat a 10. sz. táblázat tartalmazza.

10. sz. táblázat: A különböző beállítások mellett üzemeltetett TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej által képzett cseppek elsodródása szélcsatornában a szélesség függvényében

Beállítás sor- és azonosító száma	Folyadék nyomása (bar)	Levegő nyomása (bar)	Összes relatív fedettség (%)		
			Szélesség ( $\text{m s}^{-1}$ )		
			2,0	4,0	6,0
1.	2,00	1,25	$184,0 \pm 1,9$	$230,0 \pm 2,2$	$241,0 \pm 6,3$
2.	2,50	1,25	$147,0 \pm 0,7$	$223,0 \pm 4,5$	$256,0 \pm 9,0$
3.	1,50	0,75	$141,0 \pm 1,1$	$182,0 \pm 2,7$	$198,0 \pm 4,4$
4.	1,50	0,50	$134,0 \pm 1,5$	$153,0 \pm 3,1$	$189,0 \pm 0,9$

Az összes relatív fedettség értéke  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség mellett  $134,0 \pm 1,5 \%$  -  $184,0 \pm 1,9 \%$  között,  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ -nál  $153,0 \pm 3,1 \%$  -  $230,0 \pm 2,2 \%$  tartományban,  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség esetében pedig  $189,0 \pm 0,9 \%$  -  $256,0 \pm 9,0 \%$  között változott a beállítások függvényében (10. sz. táblázat).

A négyféle beállítás csoportonkénti összehasonlítása azt mutatta, hogy mindhárom szélesség vonatkozásában szignifikáns differencia volt az egyes beállítások között az összes relatív fedettségben ( $2,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $F_{3,8}=800,409$ ,  $P<0,001$ ;  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $F_{3,8}=1113,007$ ,  $P<0,001$ ;  $6,0 \text{ m s}^{-1}$ :  $F_{3,8}=1170,545$ ,  $P<0,001$ ).

A páronként történt összevetés alapján  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség mellett mind a négy beállítás szignifikáns mértékben különböző összes relatív fedettséggel volt jellemezhető ( $P<0,05$ ).  $4,0 \text{ m s}^{-1}$  és  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség esetében azonban az 1. és a 2. beállítás között nem volt kimutatható szignifikáns különbség a keletkezett részecskék - a vizsgált paraméterrel karakterizált - elsodródásának mértékében ( $P>0,05$ ).

A többi beállítás-pár között a nagyobb szélességek mellett is szignifikáns differencia volt az összes relatív fedettségben ( $P<0,05$ ).

### 3.3 Új tudományos eredmények (tézisek)

- (1. tézis): A TeeJet AIXR11004VP és a TeeJet AI11004VS megnevezésű fűvókák cseppképzés-vizsgálatának eredményei alapján megállapítom, hogy a légbeszívásos réses fűvókák között 3,0 és 4,0 bar üzemi nyomáson nincs szignifikáns differencia a képzett cseppek térfogat szerinti 10 %-os cseppátmérőjében, és a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek előfordulási gyakoriságában.
- (2. tézis): A TeeJet TP11004VP, a TeeJet DG11004VS, a TeeJet AIXR11004VP és a TeeJet AI11004VS megnevezésű fűvókák szélcsatornában végzett elsodródás-vizsgálatának eredményei alapján megállapítom, hogy a hagyományos, az elsodródás ellen védő, és a légbeszívásos réses fűvókák használata során az üzemi nyomás 4,0 bar-ról 3,0 bar-ra való csökkentésével mérsékelhető az elsodródott, a környezeti elemeket terhelő permetlé mennyisége, és redukálható az elsodródás szennyezőforráshoz viszonyított távolsága.
- (3. tézis): A TeeJet TP11004VP hagyományos-, és a TeeJet DG11004VS elsodródás ellen védő réses fűvókák között 4,0 bar üzemi nyomás és  $2,0 \text{ m s}^{-1}$ ,  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ , illetve  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélsősebesség mellett nincs szignifikáns differencia a képzett cseppek szélcsatornában való elsodródásának mértékében.
- (4. tézis): A TeeJet AIXR11004VP és a TeeJet AI11004VS típusú fűvókák szélcsatornában végzett elsodródás-vizsgálatának eredményei alapján megállapítom, hogy a légbeszívásos réses fűvókák között 3,0 és 4,0 bar üzemi nyomás, valamint  $4,0$  és  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélsősebesség mellett nincs szignifikáns differencia a képzett cseppek elsodródásának mértékében, a használatukból fakadó környezetterhelő hatások tekintetében nincs kimutatható mértékű különbség.
- (5. tézis): A TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej cseppképzés-vizsgálatának eredményei alapján megállapítom, hogy az ütközőlapos fűvókával ellátott légbefűvós szórófejeknél 1,25 bar levegőnyomás mellett a folyadéknyomás 2,00 - 2,50 bar között, továbbá 1,50 bar folyadéknyomás esetén a levegőnyomás 0,50 - 0,75 bar tartományban történő változtatása hatására nem következik be szignifikáns mértékű változás a képzett cseppek térfogat szerinti 10 %-os cseppátmérőjében és a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek előfordulási gyakoriságában.
- (6. tézis): A TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej szélcsatornában végzett elsodródás-vizsgálatának eredményei alapján megállapítom, hogy az ütközőlapos fűvókával ellátott TwinFluid rendszerű szórófejek alkalmazása során 1,25 bar levegőnyomás mellett a folyadéknyomás 2,00 bar - 2,50 bar tartományban történő változtatása  $4,0 \text{ m s}^{-1}$ , illetve  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélsősebesség esetében nem eredményez szignifikáns mértékű változást a képzett cseppek elsodródásának mértékében, ezáltal a környezetterhelő hatások nem befolyásolhatóak.





## 4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A TeeJet gyártmányú TP11004VP (hagyományos), DG11004VS (elsodródás ellen védő), AIXR11004VP (légbeszívásos megnövelt hatósugarú) és AI11004VS (légbeszívásos) réses fúvókák méréssel meghatározott összes cseppképzési jellemzőjének ( $d_{v10}$ ,  $d_{v50}$ ,  $d_{v90}$  és a  $100\ \mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek százalékos aránya) tekintetében rögzített eredményeim együttes értékeléséből származtatott következtetésem tükrében az üzemi nyomás csökkentésének hatására a képzett cseppek mérete növekszik, a részecskék elsodródási hajlama mérséklődik. A következtetést az alapján vontam le, hogy  $4,0\ \text{bar}$  üzemi nyomás mellett a vizsgált három  $d_v$  értéke mind a négy réses fúvóka vonatkozásában alacsonyabb volt, a  $100\ \mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek előfordulási gyakorisága pedig az összes fúvóka esetében emelkedett a  $3,0\ \text{bar}$  üzemi nyomáson regisztrált adatokhoz viszonyítva.

Szélcsatornában végzett elsodródás-vizsgálataim összes adatából kiindulva (köztük egyik új tudományos eredményem alapján) pedig arra a következtetésre jutottam, hogy az alacsonyabb nyomáson keletkezett permetcseppek kisebb mennyiségben és kisebb távolságra sodródhatnak el. Ezt a konklúziót arra alapoztam, hogy a  $4,0\ \text{m s}^{-1}$  szélesebség esetében rögzített összes relatív fedettség a DG típusú fúvókánál azonos, a másik három fúvóka vonatkozásában magasabb volt  $4,0\ \text{bar-on}$ , mint  $3,0\ \text{bar-on}$ ,  $6,0\ \text{m s}^{-1}$ -nél pedig mindegyik fúvóka esetében nagyobb összes relatív fedettséget határoztam meg a nyomásnövelés következtében. Emellett a kijelölt mérési pontokon (a szórófej alatt lévő kivételével) meghatározott fedettség értéke és/vagy a  $\geq 1\ \%$  mértékű boritottság távolsága a szórófejtől szintén növekedett a nyomásnövelés hatására.

A fenti eredmények és következtetések alapján 1. sz. hipotézisemet igaznak fogadtam el.

Gyakorlati szempontból hasznos javaslatként megfogalmazható, hogy a permetezések megkezdése előtt és a kezelések közben is (különösen, ha nincs szélcsend) fokozott figyelmet kell fordítani az üzemi nyomás helyes megválasztására és állandó értéken tartására, mert a nyomás a gépre szerelt fúvókák cseppképzését jelentős mértékben befolyásolja, ezért a munkaminőség és a hatékonyság, valamint a permetezés környezeti hatásai tekintetében egyaránt kiemelt szerepe van.

A négy cseppképzési jellemzőre vonatkozó vizsgálati eredmények együttesen arról is tanúskodtak, hogy összességében mindkét beállított nyomás mellett a TP típusú fúvóka képezte a legkisebb méretű cseppeket, a további típusok sorrendje pedig (a nyomástól függetlenül) a következő volt a cseppméret tekintetében:  $\text{DG} \rightarrow \text{AIXR} \rightarrow \text{AI}$ . Ezek az adatok arra engedtek következtetni, hogy a hagyományos kivitelű réses fúvókák használata során keletkeznek a legapróbb részecskék, az elsodródás ellen védő réses változatok nagyobb cseppeket képeznek, a légbeszívásos réses fúvókák alkalmazásával pedig tovább növelhető a cseppméret.

Tehát 2. sz. hipotézisem is beigazolódni látszott, vagyis arra számítottam, hogy a fűvókák által képzett kis méretű cseppekre és az elsodródás mértékére, vagyis a lehetséges környezeti hatásokat leginkább befolyásoló paraméterekre vonatkozó adatok a fentiekkel teljes mértékben összhangban lévő konklúziók levonását teszik lehetővé.

A  $d_{v10}$ -re és a 100  $\mu\text{m}$  alatti részecskék előfordulási gyakoriságára, továbbá az elsodródás-vizsgálatok keretében regisztrált összes relatív fedettségére vonatkozó eredmények a többi mérésrel meghatározott jellemzőtől elkülönítve történt, részletes értékelése és statisztikai elemzése tükrében azonban a fentieket csak részben megerősítő tanulságokra jutottam.

A lentebbi adatok és következtetések alapján 2. sz. hipotézisemet részben igaznak minősítettem, 3. sz. hipotézisemet ugyanakkor elvettem, mert hamisnak bizonyult.

A  $d_{v10}$  mindkét vizsgálati nyomás mellett a TP típusú fűvóka esetében volt a legalacsonyabb, a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek aránya pedig a legmagasabb. A szélcsatornában meghatározott összes relatív fedettség értéke - egyetlen kivétellel - mindkét üzemi nyomás és mindhárom szélesebbesség esetében magas volt.

A TP11004VP fűvókára vonatkozó vizsgálati eredményeim alapján a hagyományos kivitelű réses fűvókák szántóföldi síkpermetezésre történő alkalmazása - széleskörűen - előnyökkel járhat, hiszen számottevő elsodródásra nem kell számítani, és a nagy mennyiségben jelen lévő apró cseppeknek köszönhetően redukálható a felhasznált vegyszer- és vízmennyiség, továbbá kedvező munkaminőség érhető el. Hátrányként jelentkezik azonban, hogy a keletkezett cseppek célfelületre történő eljuttatása nehézségekbe ütközhet, mert a sok kis méretű és alacsony mozgási energiájú (elsodródásra különösen hajlamos) részecske könnyen elpárologhat, továbbá már igen gyenge szél (szélesebbesség  $< 2,0 \text{ m s}^{-1}$ ) esetén is elsodródás fordulhat elő, ezáltal fokozódhat a környezetszennyezés veszélye.

A DG típusú fűvókánál a  $d_{v10}$  mindkét beállított nyomás mellett szignifikáns mértékben növekedett, a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű részecskék előfordulási gyakorisága pedig szignifikánsan csökkent a TP fűvókához képest. Ezen eredményekből kiindulva tehát az elsodródás ellen védő réses fűvókák a bennük elhelyezett előporlasztó betétnek köszönhetően alkalmasak arra, hogy a kis méretű, magas elsodródási hajlamú cseppeket kisebb mennyiségben hozzák létre, mint a hagyományos kivitelű réses fűvókák.

Ez alapján azt feltételeztem, hogy a DG típus nyomástól és szélesebbeségtől függetlenül szignifikáns mértékben csökkenti az elsodródás mértékét a TP-hez viszonyítva. Mindazonáltal cseppképzés-vizsgálataim keretében a DG fűvókával kapcsolatban azt is megállapítottam, hogy a  $d_{v10}$  mindkét nyomáson viszonylag alacsony volt, a 100  $\mu\text{m}$  alatti cseppek pedig számottevő mennyiségben voltak jelen.

Szélcsatornában végzett elsodródás-vizsgálataim eredményei nem igazolták feltevésemet. A DG típusú fűvóka ugyanis 3,0 bar nyomáson kizárólag  $6,0 \text{ m s}^{-1}$  szélesség mellett volt képes szignifikánsan csökkenteni az összes relatív fedettséget a TP fűvókához képest, 4,0 bar mellett pedig - új tudományos eredményként - egyik szélesség mellett sem volt szignifikáns differencia a két fűvóka között a nevezett paraméter tekintetében.

Az elvégzett cseppképzés- és elsodródás-vizsgálatok eredményeinek értékelése, illetve elemzése alapján összességében tehát arra a következtetésre jutottam, hogy bár a DG11004VS réses fűvókák kevesebb elsodródásra kiváltképp hajlamos apró részecskét képeznek a TP típusú fűvókákhoz viszonyítva, ennek ellenére elsodródás ellen védő megnevezésük létjogosultsága, valamint funkciójuk betöltésére vonatkozó képességük kérdéses lehet, mert a keletkezett permetcseppek elsodródásának mértékét nem tudják minden kétséget kizáróan csökkenteni.

A fenti eredményekből adódott a konklúzió, hogy a DG11004VS elsodródás ellen védő réses fűvókákkal végzett szántóföldi permetezés során a hagyományos kivitelű réses fűvókákhoz viszonyítva a felhasznált anyagmennyiség nem csökkenthető, a munkaminőség javulása nem várható, hiszen kevesebb kis méretű cseppet hoznak létre, az elsodródás mértéke pedig nem mérsékelhető teljes biztonsággal, ezért gyakorlati alkalmazásuk nem javasolható.

Az AIXR és az AI típusú fűvókák 3,0 és 4,0 bar üzemi nyomáson is szignifikáns mértékű növekedést biztosítottak a  $d_{v10}$  tekintetében a TP, valamint a DG típusúhoz viszonyítva, a  $100 \mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek előfordulási gyakoriságát pedig szintén szignifikánsan csökkentették a másik két fűvókához képest.

Az elsodródás-vizsgálatok keretében meghatározott összes relatív fedettség értéke - egy adatot kivéve - mindkét üzemi nyomás és mindhárom szélesség esetében szignifikáns mértékben kisebb volt az AIXR és az AI esetében, mint a másik két típusnál.

Ezen eredmények alapján a légbeszívásos réses fűvókák alkalmazásának előnyei két oldalról közelíthetők meg. Az általuk képzett cseppek elsodródási hajlama sokkal kisebb, mint a hagyományos kivitelű, valamint az elsodródás ellen védő réses fűvókák által létrehozott részecskéké, mert légbuborékok vannak bennük.

Ez a tulajdonság jó eséllyel biztosítja a kezelendő felület biztonságos elérését, azaz alkalmazásukkal erősebb szél (akár  $6,0 \text{ m s}^{-1}$ ) esetében is valószínűleg jelentős mértékben csökkenthető a környezetet veszélyeztető elsodródás, a levegőt tartalmazó cseppek pedig a célfelülettel történő ütközéskor szétpattannak, ezáltal kisebb méretű részecskék keletkeznek, biztosítva a kellően egyenletes és elégséges mértékű fedettséget, a megfelelő munkaminőséget.

Új tudományos eredményeim alapján, amelyek szerint az AIXR11004VP légbeszívásos megnövelt hatósugarú és az AI11004VS légbeszívásos réses fűvókák között a képzett cseppekre jellemző  $d_{v10}$ , valamint a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek százalékos aránya, továbbá a keletkezett részecskék elsodródásának mértékét jellemző összes relatív fedettség tekintetében sem volt szignifikáns differencia sem 3,0 bar, sem 4,0 bar üzemi nyomás mellett, az alábbi következtetésre jutottam. Műszaki szempontból jelentősen eltérő felépítésük (befoglaló méretek; a levegő beszívására szolgáló furatok kiképzése, elhelyezése; az áramlási viszonyokat meghatározó fűvókabetét, ill. -kamra kialakítása, stb.) ellenére nagy biztonsággal lehet arra számítani, hogy a két nevezett fűvóka által képzett kis méretű cseppek mennyisége, a részecskék elsodródási hajlama és a fűvókák elsodródás csökkentő képessége megegyezik.

Mindkét légbeszívásos fűvóka javasolható tehát kielégítő minőségű, környezetkímélő szántóföldi permetezésre. Amennyiben az AIXR és az AI típus között kell választani, elegendő a fűvókák befoglaló méreteiből fakadó sérülékenységet és a beszerzési árat mérlegelni. Ezek a jellemzők az AIXR fűvókák esetében kedvezőbben alakulnak.

A John Deere permetezőgépeken alkalmazott TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej esetében mért összes cseppképzési jellemző vonatkozásában kapott adataim együttes értékelésére alapozott konklúzióm szerint a képzett cseppek összességében vett mérete az alkalmazott beállítások következő sorrendjének megfelelően növekszik: 1. beállítás (folyadék nyomása: 2,00 bar, levegő nyomása: 1,25 bar) → 2. beállítás (2,50 bar, 1,25 bar) → 3. beállítás (1,50 bar, 0,75 bar) → 4. beállítás (1,50 bar, 0,50 bar), hiszen a vizsgált három  $d_v$  értéke (egy kivétellel) ebben a sorrendben nőtt, a kis méretű cseppek előfordulási gyakorisága pedig aszerint csökkent.

Ezekből az adatokból kiindulva 4. sz. hipotézisem igaznak tűnt, mert arra számítottam, hogy a környezetvédelmi szempontból kulcsfontosságú paraméterek kapcsán kapott eredmények részletes értékelése és statisztikai elemzése alapján a fentiekkel összhangban lévő következtetéseket tudok levonni.

A lentebbi eredmények és tanulságok tükrében azonban 4. sz. hipotézisemet csak négy beállítás-pár vonatkozásában tudtam igazként elfogadni.

Az 1. beállításról a 3. és a 4. beállításra, valamint a 2. beállításról a 3.-ra és a 4.-re történő változtatások (1. ↔ 3. és 1. ↔ 4., illetve 2. ↔ 3. és 2. ↔ 4.) ugyanis mind a négy jelölt (a nyilak a váltások irányát jelölik) beállítás-pár esetében szignifikáns differenciát eredményeztek a  $d_{v10}$  és a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb cseppek előfordulási gyakorisága tekintetében.

Szélcsatornában lefolytatott vizsgálataim kapcsolódó eredményei teljes mértékben összhangban voltak a fentebb közölt adatokkal, hiszen a jelölt párok vonatkozásában mindhárom szélsőbesség mellett szignifikáns mértékben csökkent az összes relatív fedettség a megfelelő irányú váltások (1. → 3. és 1. → 4., illetve 2. → 3. és 2. → 4.) hatására.

Ebből adódott a következtetés, hogy a folyadék és a levegő nyomásának együttes és jelentős mértékű, szükséges irányú változtatásával szignifikáns mértékben növelhető, illetve csökkenthető a TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej által képzett kis méretű - elsodródásra különösen hajlamos - cseppek mennyisége, ezzel párhuzamosan a keletkezett részecskék elsodródásának mértéke szignifikánsan mérsékelhető, az elsodródás távolsága redukálható.

Eredményeim és következtetésem alapján szántóföldi permetezés során a TwinFluid szórófejek szakszerű üzemeltetésével a fennálló környezeti feltételek függvényében mérsékelhető a felhasznált permetlé mennyisége és javítható a kezelések minősége, továbbá csökkenthető az elsodródás.

Új tudományos eredményként kapott cseppképzés-vizsgálati adataim ugyanakkor azt mutatták, hogy az 1. beállításról a 2.-ra, továbbá a 3.-ról a 4.-re való váltások (1. ↔ 2. és 3. ↔ 4.) hatására egyik beállítás-párnál sem következett be szignifikáns mértékű változás sem a  $d_{v10}$ -ben, sem a 100  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű cseppek előfordulási gyakoriságában, azaz a részecskék elsodródási hajlama nem változott szignifikánsan.

Elsodródás-vizsgálati eredményeim szerint azonban a 3.-ról a 4. beállításra való váltás

(3. → 4.) következtében mindhárom szélesség mellett szignifikánsan csökkent a meghatározott összes relatív fedettség. Ez az eredmény tehát nem erősítette meg új tudományos eredményemet, az 1. és a 2. beállítás kapcsán viszont - szintén új tudományos eredményként - azzal összhangban lévő adatokhoz jutottam, hiszen 4,0  $\text{m s}^{-1}$  és 6,0  $\text{m s}^{-1}$  szélesség esetén a két beállítás közti váltás

(1. → 2.) nem eredményezett szignifikáns mértékű csökkenést a nevezett paraméter tekintetében.

A cseppképzés-vizsgálatok eredményeiből levonható a következtetés, hogy amennyiben a TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej üzemeltetése során kizárólag a folyadéknyomás, vagy csak a levegő nyomása kerül kisebb mértékben megváltoztatásra a gyártó vállalat által megadott ajánlások szerint, nem lehet teljes biztonsággal arra számítani, hogy a kis méretű cseppekre vonatkozó jellemzők változnak, azaz a kijuttatott anyagmenyiségre és a munkaminőségre, valamint a részecskék elsodródási hajlamára gyakorolható hatás kérdéses.

Elsodródás-vizsgálat adataim alapján pedig - a cseppképzés-vizsgálati eredményekből levont következtetést megerősítve és kiegészítve - arra a konklúzióra jutottam, hogy az 1. és a 2. beállítás közötti váltással (1. → 2.) 4,0  $\text{m s}^{-1}$  sebességű vagy annál erősebb szél esetén végzett szántóföldi permetezés során nagy valószínűséggel nem lehet csökkenteni a TwinFluid 042/TK-SS10 szórófej által képzett cseppek elsodródását, vagyis az élő- és élettelen környezeti elemeket szennyező elsodródott permetlé mennyiségét, továbbá az elsodródás szennyezőforráshoz viszonyított távolságát.

Összefoglalás-képpen megállapítható, hogy a TwinFluid 042/TK-SS10 típusú szórófej gyakorlati alkalmazása nagy szakértelmet, fokozott odafigyelést igényel. A szórófejet gyártó vállalat és a műszaki megoldást nagy mennyiségben értékesíteni kívánó kereskedők által közölt információt javasolt fenntartásokkal kezelni, a permetezőgépek TwinFluid 042/TK-SS10 szórófejekkel történő felszerelését, illetve a permetezések megkezdését megelőzően, továbbá a védekezések során is érdemes felkészült szakember segítségét igénybe venni.

## 5. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

### 5.1 Tudományos folyóiratokban megjelent, lektorált, teljes szövegű tudományos közlemény

*Idegen nyelvű, külföldi kiadású, impakt faktoros folyóiratban megjelent cikk*

1. GULYÁS Z., SZOBOSZLAY S. és FENYVESI L. (2012): Liquid atomization and spray drift measurement in a wind tunnel for twin fluid system with a deflector nozzle. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36 (4) 469-475. p. (doi:10.3906/tar-1107-7, IF 2011: 0,703)

*Idegen nyelvű, hazai kiadású, nem impakt faktoros folyóiratban megjelent cikk*

1. GULYÁS Z. (2006): Test results of chemical saving sprayers. *Hungarian Agricultural Engineering*. (HU ISSN 0864-7410) N° 19/2006 77-79. p.
2. DIMITRIEVITS GY. GULYÁS Z., KOVÁCS L. és MAGÓ L. (2004): Plant-perceiving spraying machine in orchards. *Hungarian Agricultural Engineering* (HU ISSN 0864-7410) N° 17/2004 21-23. p.

### 5.2 Szakmai folyóiratokban megjelent, teljes szövegű szakmai, népszerűsítő közlemény, tanulmány

*Szakmai folyóiratban megjelent közlemény*

1. DIMITRIEVITS GY. és GULYÁS Z. (2012): Permetezőfűvókák kiválasztása és szakszerű alkalmazása. *BASF Növényvédelmi Típek*, 2012/Szántóföldi különszám 19-21. p.
2. DIMITRIEVITS GY. és GULYÁS Z. (2012): Nem elég a hatékony növényvédő szer: jól is kell kiszórni! *BASF Növényvédelmi Típek*, 2012/3 14-17. p.
3. GULYÁS Z. (2012): Környezetkímélő szántóföldi permetezési eljárások. *Értékálló Aranykorona*, XII. (2) 24-25. p.
4. DIMITRIEVITS GY. és GULYÁS Z. (2012): Közvetlen vegyszerbeadagolású permetezőgép fejlesztése. *Mezőgazdasági Technika*, LIII (1) 6-7. p.
5. GULYÁS Z., SZOBOSZLAY S. és FENYVESI L. (2010): Aktív injektoros, ütközőlapos fűvóka cseppképzés-vizsgálatának, illetve szélcsatornában végzett elsodródásvizsgálatának eredményei. *Mezőgazdasági Technika*, LI (12) 2-5. p.
6. BABLÉNA A. és GULYÁS Z. (2010): A szántóföldi növényvédelem. *agrarium AGRÁR- ÉS PIACGAZDASÁG*, 20 (2010/9 – Gépesítési melléklet) 10-11 p.
7. GULYÁS Z. és KOVÁCS L. (2010): Korszerű eszközök a növényvédelmi kijuttatás-technikában. *Értékálló Aranykorona*, X (3) 34-36. p.

8. GULYÁS Z. és KOVÁCS L. (2009): Ültetvénypermetezés gazdaságosabban. *agrarium AGRÁR- ÉS PIACGAZDASÁG*, 18 (2009/4) 9-10. p.
9. GULYÁS Z. (2009): Szántóföldi permetezés gazdaságosabban. *agrarium AGRÁR- ÉS PIACGAZDASÁG*, 18 (2009/3) 22-23. p.
10. GULYÁS Z. (2009): A környezetkímélő állománykezelés korszerű műszaki lehetőségei. *Értékálló Aranykorona*, IX (2) 29-31. p.
11. GULYÁS Z. (2009): A permetezés fejlesztési lehetőségei. *Magyar Mezőgazdaság*, 64(4) 20-23. p.
12. DIMITRIEVITS GY., GULYÁS Z. és KOVÁCS L. (2007): Szántóföldi permetezés - hatékonyan. *Magyar Mezőgazdaság*, 62 (12) 22-23. p.
13. GULYÁS Z. (2004): Hogyan csökkentjük a permetlé elsodródását? *Agrárágazat*, V (1) 32-37. p.
14. GULYÁS Z. és KOVÁCS L. (2004): Elsodródás ellen: korszerű fűvókák. *Mezőgazdasági Technika*, XLV (2) 2-3. p.

### **5.3 Lektorált könyv/jegyzet (részlet), népszerűsítő könyv**

*Könyvírás, magyar nyelvű*

1. DIMITRIEVITS GY. és GULYÁS Z. (2011): A növényvédelem gépesítése. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 255 p.

### **5.4 Kongresszusi kiadványokban megjelent közlemény (az ISBN, ISSN vagy más, hitelesített kiadványaira vonatkozóan)**

*Teljes szövegű közlemény, alkalmi (nem periodika jellegű) kongresszusi kiadványban, idegen nyelven, lektorált formában megjelentetve*

1. KOCSIS L. és GULYÁS Z. (2008): Investigation of reduction of the environment damaging effects during spraying. In: TOME 2 (ISBN 978 - 2 - 87286 - 061 - 6) III International Scientific Symposium - Farm machinery and process management in sustainable agriculture, Walloon Agricultural Research Centre (CRA-W), Agricultural Engineering Department, Gembloux, Belgium, 225-229. p.
2. GULYÁS Z. és DIMITRIEVITS GY. (2004): Versuche mit angewandten verlustmindernden technischen Lösungen beim Spritzen. In: VDI-Berichte Nr. 1855, 2004 (ISSN 0083-5560; ISBN 3-18-091855-1) 62. VDI-MEG Internationale Tagung Landtechnik, Dresden, Germany, 455-462. p.



*Teljes szövegű közlemény, alkalmi (nem periodika jellegű) kongresszusi kiadványban, magyar nyelven, lektorált formában megjelentetve*

1. DIMITRIEVITS GY., GULYÁS Z. és KOVÁCS L. (2007): Környezetkímélő, vegyszertakarékos permetezési eljárások. In: Konferencia-Kiadvány 2. kötet (ISBN: 978-963-611-443-5ö; ISBN: 978-963-611-445-9) XXXI. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás az agrárgazdaság gépesítéséről, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gödöllő, 23-26. p.
2. DIMITRIEVITS GY., KOVÁCS L., GULYÁS Z. és SALLAI P. (2005): A gyümölcsfa permetezés korszerű műszaki lehetőségei. In: Konferencia-Kiadvány 1. kötet (ISBN: 963 611 429 3 ö; ISBN: 963 611 430 7) XXIX. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás az agrárgazdaság gépesítéséről, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gödöllő, 50-52. p.

*Megtartott előadás vagy bemutatott poszter alapján készített egy oldalas idegen vagy magyar nyelvű összefoglaló*

1. KALMÁR I., KALMÁRNÉ VASS E., NAGY V. és GULYÁS Z. (2010): Szántóföldi mérések a permetezőgépek keretlengései csökkentésének megalapozásához. In: Az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói magyarul és angolul (ISBN: 978-963-269-165-7) MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Nr. 34. A mezőgazdasági energia előállítás, az energia növények termesztése, betakarítása, előkészítése és felhasználása, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gödöllő, 46. p.
2. KALMÁR I., KALMÁRNÉ VASS E., NAGY V. és GULYÁS Z. (2010): Próbapadi mérések a haladási sebesség permetfedettségi jellemzőkre gyakorolt hatásának demonstrálásához. In: Az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói magyarul és angolul (ISBN: 978-963-269-165-7) MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Nr. 34. A mezőgazdasági energia előállítás, az energia növények termesztése, betakarítása, előkészítése és felhasználása, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gödöllő, 32. p.
3. GULYÁS Z. (2006): Vegyszertakarékos permetezőgépek vizsgálata. In: Konferencia-Kiadvány (ISSN: 0237-9902) XXXI. Óvári Tudományos Nap - Élelmiszer Alapanyag-előállítás - Quo Vadis?, Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 112. p.

## **5.5 Kongresszusi kiadványokban megjelent közlemény (nem hitelesített kiadványokra vonatkozóan)**

*Egy oldalas idegen vagy magyar nyelvű összefoglaló*

1. GULYÁS Z. (2009): Test of technical solutions for reduction of the environment damaging effects of spraying. In: Skróty referatów (Book of Abstracts) Wirtualny Instytut Rolnictwa Zrównowzonego (WIRZ) Konferencja Naukowo-Techniczna - "Nowe techniki i technologie w rolnictwie zrównowazonym", Kielce, Poland, 34. p.
2. DIMITRIEVITS GY., GULYÁS Z. és KOVÁCS L. (2004): Results of environmentally friendly spray application techniques in Hungary. In: Book of Abstracts International Conference „Environmentally Friendly Spray Application Techniques”, Warsaw, Poland, 149. p.