



# **KERTÉSZETI KISGÉPEK REZGÉSTERHELÉSE ÉS ANNAK MÉRSÉKLÉSE**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**László Helga Elvira**

Témavezetők:

Dr. Láng Zoltán, CSc  
Dr. Augusztinovicz Fülöp, CSc

Budapesti Corvinus Egyetem  
Műszaki Tanszék

Budapest  
2010

## A doktori iskola

**megnevezése:** Kertészettudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok

**vezetője:** Dr. Tóth Magdolna  
egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,  
Gyümölcsstermő Növények Tanszéke

**Témavezetők:** Dr. Láng Zoltán  
egyetemi tanár, CSc  
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,  
Műszaki Tanszék

Dr. Augusztinovicz Fülöp  
egyetemi docens, CSc  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Híradástechnikai Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.



Dr. Tóth Magdolna

Az iskolavezető jóváhagyása



Dr. Láng Zoltán



Dr. Augusztinovicz Fülöp

A témavezetők jóváhagyása

## 1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Az iparosodás és a különböző gépek megjelenése idézte elő a zaj- és rezgés kibocsátás problémáját. Mind a zaj, mind a rezgés, más néven vibráció nemcsak a környezetre, gépekre nézve káros, hanem az emberekre is. Az utóbbi néhány évtizedben fokozott figyelem irányult a zaj eredetű egészségügyi károsodások megelőzésére azonban a humán rezgésvédelem továbbra is mostohagyerekként kezelt terület. Magyarországon a csak rezgésvédelemmel foglalkozó szakirodalom rendkívül csekély és szűkszavú.

Világviszonylatban több millió, Magyarországon, becslések szerint, több tízezer kertészeten, erdőszetben dolgozó ember van napi rendszerességgel kitéve kézre ható rezgésnek (Eurofound 2005). Ezeket a rezgéseket elsősorban kézben tartott motoros szerszámok, úgy, mint fűkaszák, láncfűrészek, fűnyírók, stb. gerjesztik. Az ilyen eszközök huzamosabb idejű használata súlyos izom-, ideg-, és csont megbetegedések, úgynevezett kéz-kar szindróma kialakulását eredményezik. Az egészségügyi károsodások nemcsak az egyén életét nehezítik meg, de a munkából kiesés és a kezelés is komoly összegeket emészthet fel.

Az Európai Unió számos lépést tett a humán rezgésre vonatkozó szabályozás területén. Egyrészt szabályozza a gép rezgés kibocsátásának vizsgálatát, amely a forgalomba hozatal előtt a gyártó feladata, másrészt szabályozza a kezelőt ért rezgésterhelés mérését és értékelését. A gép rezgés kibocsátásának meghatározása vagy szimulált munkakörülmények közötti méréssel, vagy azonos típusú gép ismert rezgés kibocsátásából becsléssel történik. A gépkezelőt érő rezgésterhelés meghatározása alapvetően az ISO 5349:2001 szabvány alapján történik, és a kézre ható rezgésmérés eredménye szolgáltatja az alapot a használatban lévő eszköz veszélyességének meghatározásához. A kisgép által kibocsátott rezgés mérésére, illetve a kézre ható rezgés mérésére és értékelésére vonatkozó szabványokkal kapcsolatban azonban számos kérdés és probléma merült fel. A szimulált munkakörülmények között elvégzett géprezgésterhelés-tesztek sok esetben alábecsülik a valós munkakörülmények között jellemző rezgés kibocsátást. Ezen túlmenően pillanatnyilag nincs olyan adatbázis, amely alapján a gyártó megbízható pontossággal elvégezheti a kertészeten használt gépek rezgés kibocsátásának becslését. Mivel több, a szabványokban nem rögzített tényező befolyásolhatja a gépek rezgésmutatóit és a kézre átadódó rezgés mértékét, a teszteredmények nem feltétlenül pontos indikátorai a gépkezelőt érő rezgésterhelésnek.

A kézre ható rezgés komoly egészségügyi kockázattal jár, ezért csökkentésére egyre nagyobb igény van. Az 1970-es években az anti-vibrációs rendszerrel felszerelt láncfűrészekkel (Griffin 1990) kezdett megjelenni a kézi gépek új generációja. A gyártók rezgéscsökkentő rendszereinek kifejlesztése mellett az olcsóbb megoldást jelentő egyéni védőeszközök szerepe is megnőtt.

Az anti-vibrációs kesztyű egy olyan egyéni védőeszköz, amely szigeteli a kezét a géptől, és anyagánál fogva csökkenti a kézre ható rezgés mértékét. Annak ellenére, hogy egy anti-vibrációs jelzéssel való ellátásának komoly követelményei vannak, a vizsgálatra vonatkozó ISO 10819:1996 szabvánnyal kapcsolatban itt is számos kétség és probléma merült fel. A legfrissebb

kutatások során több olyan tényezőt találtak, amelyek kihatással lehetnek egy anti-vibrációs kesztyű rezgéscsillapítására.

A jelenlegi ismeretek áttekintését követően a doktori kutatásban az alábbi célokat és feladatokat fogalmaztam meg:

- A kertészetben gyakran használt kézi gépek által keltett, gépkezelőt érő rezgésterhelés vizsgálata az ISO 5349:2001 szabvány alapján, valós munkakörülmények között (a gyártók által, új eszközökre megadott rezgés kibocsátás adatokkal történő összevetéssel kiegészítve).
- Olyan tényezők meghatározása és szerepük mérésekkel való igazolása, amelyek hatással lehetnek a kertészeti motoros eszközök rezgés kibocsátására, ezáltal a kezelőt érő rezgésterhelésre.
- A kézre ható rezgésre vonatkozó ISO 5349:2001 szabványban nem részletezett tényezők meghatározása és vizsgálata, amelyek befolyásolhatják a kézre ható rezgés mérési eredményének pontosságát.
- Anti-vibrációs kesztyű rezgést csökkentő hatékonyságának tesztelése az ISO 10819:1996 szabvány alapján, valós kertészeti gépekkel.
- Olyan tényezők meghatározása és vizsgálata, amelyek hatással lehetnek az anti-vibrációs kesztyű rezgéscsillapítására.
- Az eredményeim alapján ajánlás készítése az ISO 5349:2001 és ISO 10819:1996 szabvány felülvizsgálatára.

## 2. HIPOTÉZISEK

Az irodalmi szakanyag tanulmányozását követően a kutatásomban az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg:

- A kézi gép üzemóra számának növekedésével nő a gépkezelőt érő rezgésterhelés is.
- Az eszköz kézben tartásának módja szignifikánsan befolyásolja a kézre ható rezgés mértékét.
- Az anti-vibrációs kesztyűk hatékonysága kertészeti gépek szintetizált spektrumával való vizsgálatok szignifikánsan kisebb, mint ahogy az a szabványos teszteredmények alapján elvárható lenne.
- Az anti-vibrációs kesztyűk dinamikus tulajdonságai nem lineáris változást mutatnak; a rezgés erősségének vagy a fogantyú szorító erejének növelésével változik a kesztyű rezgéscsillapítása.
- Az emberek megválasztása mind a géprezgés teszteléskor mind az anti-vibrációs tesztben szignifikáns hatással van a teszteredményekre.
- A kézfej tenyéren mért legszélesebb mérete korrelációt mutat az anti-vibrációs kesztyű rezgéscsökkentő hatékonyságával.

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### Kertészeti kisgépek rezgésterhelésének vizsgálata

##### 1. A vizsgálat körülményei

A doktori kutatásba a kertészetben leggyakrabban használt gépcsoportokat vontam be, összesen 18 kézi eszközt:

- 11 benzinmotoros fűkaszát,
- 4 benzinmotoros fűnyírót és
- 2 elektromos, 1 benzinmotoros sövényvágót.

Az 1. táblázat foglalja össze a rezgésterhelés mérésekor használt mérőeszközöket.

##### 1. táblázat A rezgésterhelés vizsgálatok során alkalmazott mérőeszközök.

Svantek SV 3023M tri-axiális piezoelektromos gyorsulásérzékelő
Svantek SV 50 kézi adapter
Svantek Svan 912AE zaj- és rezgésanalizátor
Svantek SV 06A négy csatornás bemeneti modul
Svantek Svan 958 négy csatornás zaj-és rezgésanalizátor
Brüel & Kjær 4291 kalibráló rezgésgerjesztő
Brüel & Kjær 4294 kalibráló rezgésgerjesztő

A kézre ható rezgésterhelés vizsgálata az ISO 5349:2001 szabvány előírása alapján történt. Az analízátorral a rezgés gyorsulás adatokat egyidejűleg rögzítettem az  $x$ ,  $y$  és  $z$  irányban. A méréseket az eszközök mindkét fogantyúján (jobb és balkézen) is elvégeztem. A fűkaszák esetében a rezgésmérések terhelés nélküli, alap fordulatszám (gép kézben tartott, hámmoz csatlakoztatott, damilos vágófej nem mozog) -továbbiakban alapjárat- és vágás közben, maximális fordulatszám mellett -továbbiakban vágás- történtek. Fűnyírónál a rezgésmérések a fűnyíró álló helyzetében, vágás nélkül, alap fordulatszám -továbbiakban alapjárat- és 10 cm magasságnál alacsonyabb gyep vágása közben -továbbiakban vágás- történt. A sövényvágók esetében a vizsgálat a benzines változattal alapjáraton, terhelés nélkül -továbbiakban alapjárat- és sövényvágás közben, maximális fordulatszám -továbbiakban vágás- történt. Az elektromos változatoknál csak egy fordulatszám üzemeltek az eszközök, ezért a vizsgálatokat terhelés nélkül (sövényvágás nem történt) -továbbiakban alapjárat- és sövényvágás közben -továbbiakban vágás- végeztem el. A kézre ható rezgés mérése 2005, 2006, 2007 években áprilistól októberig tartó időszakban, illetve 2009 szeptember-októberében a Budapesti Corvinus Egyetem szigetcsépi és soroksári tangazdaságában és egy budapesti parkfenntartással foglalkozó vállalat munkaterületein, Budapesten zajlott.

A rezgésméréseket különböző szempontok szerint és ismétlésekkel végeztem, amelyet a 2. táblázat foglal össze.

2. táblázat A kézre ható rezgés mérésének vizsgálati kombinációi.

Vizsgálati csoport	Eszköz	Gépkezelő száma	Ismétlések száma	Üzem mód	Irány	Mérés helye	Vizsgálat
1	összes eszköz	3	2	alapjárat és vágás	x, y, z	jobb kéz és balkéz	súlyozott rezgésgyorsulás mérése
2	7 fűkasza 1 fűnyíró 1 sövényv.	3	2	alapjárat és vágás	x, y, z	jobb kéz és balkéz	oktávsávós analízis
3	5 fűkasza 2 fűnyíró 2 sövényv.	3	2	alapjárat és vágás	x, y, z	jobb kéz és balkéz	tercsávós analízis
4	7 fűkasza 2 fűnyíró 2 sövényv.	1	2	alapjárat és vágás	x, y, z	jobb kéz és/vagy balkéz	keskenysávú analízis
5	1 fűnyíró	3	8	alapjárat	x, y, z	jobb kéz és balkéz	súlyozott rezgésgyorsulás mérése
6	7 fűkasza	3	2	alapjárat és vágás	x, y, z	jobb kéz és balkéz	súlyozott rezgésgyorsulás mérése, oktáv/tercsávós analízis
7	1 fűkasza 1 sövényv.	3	2	alapjárat és vágás	x, y, z	jobb kéz és balkéz	súlyozott rezgésgyorsulás mérése, tercsávós analízis

A Vizsgálati csoport5 esetében a mérési időhossz 10s, 20s, 30s, és 1 min volt. Vizsgálati csoport6 esetében a méréseket 2006-ban, 2007-ben és 2009-ben évenként egyszer (május-június ill. szeptember) 6-6 méréssorozattal (3 gépkezelő\*2 ismétlés) végeztem ugyanazokkal a sorozatszámú gépekkel mindkét fogantyún. Ez összesen 252 rezgésmérést jelentett. Vizsgálati csoport7 esetében három kézbe tartási pozíciót alkalmaztam: a sövényvágóknál a vágóél párhuzamos a talajjal (sövény vízszintes felületének vágása), a vágóél merőleges a talajra, az eszköz jobbra döntött (sövény oldalának nyírása) és talajra merőleges vágóéllal, mikor a sövényvágó balra döntött. A fűkaszánál használt pozíciók: normál vágás, vágófej talajjal 45°-os szöget zár be és jobbra döntött (lejtős terület kaszálásának esete domboldalon állva), vágófej talajjal 45°-os szöget zár be és balra döntött

Az előzetes vizsgálatok alapján a kézre ható rezgés egy ismétlésének mérési időtartama 20 s volt (kivételem Vizsgálati csoport 5).

## 2. Az eredmények kiértékelése

Az összes mérési feltételeket és kombinációkat tekintve a közel 2800 mérési eredmény feldolgozását és értékelését a Svantek cég SvanPC programjával (2.7.18. verzió) és Microsoft Office (10.0 verzió) Excel táblázatkezelő programmal végeztem. A statisztikai elemzések (átlag, szórás, variációs együttható, Friedman teszt, Wilcoxon teszt, 0.05 szignifikancia szint ( $\alpha$ ) mellett) és a regresszióanalízis SPSS (16.0 verzió) statisztikai programcsomaggal történt.

## Anti-vibrációs kesztyűk rezgésátvitelének vizsgálata

### 1. A vizsgálat körülményei

A kesztyű rezgésátvitelének vizsgálati módja megegyezett az ISO 10819:1996 szabvány előírásaival. A mérésekre az angliai University of Southampton Institute of Sound and Vibration Research Human Factors Research Unit laboratóriumában került sor 2008 július-szeptember és 2009 február-május időszakokban. A vizsgálati eszközöket a 3. táblázat foglalja össze.

Négy, 9 és 10-es méretű, teljes ujjas anti-vibrációs kesztyűt vizsgáltam: egy nitrillel fedett párnázott kesztyűt (Kesztyű1), egy nitrillel fedett szilikonnal töltött kesztyűt (Kesztyű2), egy gelfoam anyaggal töltött polimer borítású kesztyűt (Kesztyű3) és egy zárt légbuborék kamrás bőrkesztyűt (Kesztyű4).

### 3. táblázat Az anti-vibrációs kesztyűtesztek során alkalmazott vizsgálati eszközök.

Derritron VP85 rezgésgerjesztő
Derritron 1.5 kW teljesítményerősítő
réz-nikkel-alumínium típusú nyúlásmérő bélyeg + Yokogawa Wheatson-híd 3199-01
Brüel & Kjær 4374 piezoelektromos gyorsulásérzékelő
Brüel & Kjær 4294 kalibráló rezgésgerjesztő
Brüel & Kjær 2635 jelkondicionáló
Kemo 0,1-10 kHz VBF 17 aluláteresztő szűrő
Hameg HM203-7 oszcilloszkóp

A három hipotézis és a méréseket végző eszközpark különböző beállítási igényei miatt a kísérletet három szakaszra bontottam:

#### 1. szakasz: *kertészeti gépek rezgésspektruma és a kesztyűk rezgéscsökkentése közti összefüggés vizsgálata*

Kilenc rezgésspektrumot használtam: a standard M és H spektrumokat, egy R véletlenszerű, szélessávú 16 és 1000 Hz közötti rezgésspektrumot, valamint hat kerti eszköz (antivibrációs és antivibráció nélküli láncfűrész, egy új és egy használt fűkasza, egy fűnyíró és egy sövényvágó) szintetizált spektrumát. A gépek rezgésének szintetizálására a magyarországi mérési eredményeimet használtam fel. A gépek 6,3 és 1000 Hz közötti tercsávokban mért r.m.s. rezgés gyorsulása adta az alapot a rezgésspektrumok előállításához, mely Matlab és *HVLab* ToolBox programmal történt (kivéve a láncfűrészek r.m.s értékei, amelyek Griffin 1998 tanulmányából valók). A kézi gépeken *x*, *y*, és *z* irányokban mért, kézre ható rezgésterhelés értékeket tercsávonként átlagoltam, hogy a rezgésgerjesztővel ez alapján szintetizál *z* irányú rezgés valós terhelést reprezentáljon. Az R spektrum és a kézi gépek súlyozott r.m.s. rezgés gyorsulása rendre 3.0, 2.6, 17.2, 2.8, 3.3, 5.5 és 5.6 ms<sup>-2</sup> volt. A tesztek kesztyű nélkül és kesztyűvel végeztük.

#### 2. szakasz: *a rezgés nagyságának szerepe a kesztyű rezgésáteresztésére*

Az előző szakaszban használt R spektrumot generáltam hat rezgés erősséggel: 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, és 8.0 ms<sup>-2</sup> r.m.s. A mérésorozat során a tesztszemélyek a nyomóerőt konstans



50 N értéken tartották úgy, hogy közben szorító erőt nem fejtettek ki a fogantyúra. A tesztek csak kesztyű viselésével végeztük.

3. szakasz: *a fogantyúra gyakorolt nyomóerő hatása a kesztyű rezgésáteresztésére*

Ebben a szakaszban a tesztalányok hat nyomóerőt gyakoroltak a fogantyúra: 5, 10, 20, 40, 50, és 80 N. Szorító erőt itt sem fejtettek ki a tesztszemélyek. Az R spektrum rezgésereőssége  $2 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s. értékre lett beállítva. A tesztek csak kesztyű viselésével végeztük.

Az előzetes tesztek alapján 10 s mérési időt használtam mindhárom szakaszban. Az egyes kombinációkat akkor ismételtük, amikor a bemenő és kimenő jel közötti koherencia kisebb volt 0.9-nél. A számítások során a rezgésátvitelt nem korrigáltam a kesztyű nélküli értékkel.

Minden szakaszban 12 jobbkezes, férfi tesztalány vett részt. A kesztyűk és a spektrumok sorrendje mindhárom szekcióban randomizált volt. A kísérlet mindhárom szakaszát a Human Experimentation Safety and Ethics Committee of the Institute of Sound and Vibration Research engedélyezte.

2. Az eredmények kiértékelése

Az összes tesztalányt és kombinációt számolva 1250 rezgésátvitel tesztet végeztem. Az adatfeldolgozás Matlab programmal (R2006a verzió), *HVLab* ToolBox programmal és Microsoft Office (10.0 verzió) Excel táblázatkezelő programmal történt. Az SPSS statisztikai csomaggal (16.0 verzió) Friedman-tesztet, Wilcoxon tesztet és Spearman korreláció vizsgálatot végeztem 0.05 szignifikancia szint ( $\alpha$ ) mellett. A kesztyűk rezgésátvitelének frekvencia szerinti viselkedését és a statisztikai elemzéseket a 16 és 1000 Hz frekvencia tartományban végeztem.

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

### Kertészeti kisgépek rezgésterhelése

#### 4.1. Kisgépek üzemi körülmények között mért rezgésterhelése

##### Fűkaszák

A vizsgált 11 fűkasza rezgésterhelése szóródás mutatott az eltérő teljesítményű gépeken belül és a különböző munkafázisok és mérési pozíciók tekintetében. A súlyozott teljes rezgésyorsulás 1.880 és 4.469 ms<sup>-2</sup> r.s.s. között változott. Alapjáraton döntő többségében a bal, míg vágás közben a gépkezelő szervet üzemeltető jobb fogantyún mértem magasabb rezgésértékeket. Az alapjárat és vágás módok során mért eltérő rezgésterhelés az eltérő fordulatszámából adódhatott. A mérések során meglehetősen nagy szórást tapasztaltam az egyes mérések között, ami magas, általában 10 % feletti variációs együtthatót eredményezett.

A fűkaszák kézre ható rezgésterhelése az alacsonyabb frekvenciákon dominált; oktávsváros elemzésnél a 63 és 125 Hz középfrekvenciájú oktávsvárosban, a tercsávós elemzés során pedig a 80 és 160 Hz középfrekvenciájú tercsávokban volt a legnagyobb a súlyozott teljes rezgésyorsulás.

Napi négy órás használat mellett a fűkaszák előidézte napi rezgésterhelés általában nem haladta meg a beavatkozási határértéket, amely 2.5 ms<sup>-2</sup>.

##### Fűnyírók

A vizsgált fűnyírók kézre ható rezgésterhelése 3.915 ms<sup>-2</sup> r.s.s. és 10.039 ms<sup>-2</sup> r.s.s. között változott. A jobb és balkézrel végzett mérések eredmények között, csak úgy, mint az előzőekben, különbségek adódtak; a legnagyobb 41 % volt (alapjáraton). A vágás során - a várakozásoknak megfelelően - itt is magasabb rezgésterhelés-értékek jelentkeztek.

Az oktáv- és tercsávós elemzések átlaga azt mutatta, hogy a fűnyírók legnagyobb súlyozott rezgésyorsulás értékek 100 Hz alatt jelentkeztek; 31,5 és 63 Hz középfrekvencia közé tehetők.

##### Sövénnyágók

A doktori kutatásom során két elektromos és egy benzinmotoros sövényvágót vizsgáltam. A benzines és elektromos sövényvágók kézre ható rezgésterhelése között nagy különbségek voltak; a benzines sövényvágó esetében a súlyozott teljes rezgésyorsulás értéke 2.243 ms<sup>-2</sup> r.s.s. és 4.777 ms<sup>-2</sup> r.s.s. között változott, amíg az elektromos változatokkal a maximális érték 3.163 ms<sup>-2</sup> r.s.s. volt. Mindhárom eszköznel a vágás üzemmódban megnőtt a rezgésterhelés; a legnagyobb, 80 %-os növekedést az alapjáratához képest a benzines sövényvágó esetében tapasztaltam. Az első és hátsó fogantyúkon mért súlyozott teljes rezgésyorsulás értékek viszonylag közel estek egymáshoz; a legnagyobb eltérés 28 % volt.

Az oktáv- és tercsávós elemzés alapján a benzinmotoros eszköz rezgésterhelése az alacsonyabb 125 illetve 250 Hz középfrekvenciákon domináns, míg elektromos eszközökkel a 800 és 1600 Hz közötti középfrekvenciákon volt a legnagyobb a súlyozott teljes rezgésyorsulás értéke.

#### 4.2. A mérési idő hosszának hatása a teszt eredményére

A fűnyíróval végzett vizsgálat (4 mérési időhossz, 8-8 ismétlés, 3 gépkezelő) alapján a 10 s és 60 s mérési idő mellett volt a legnagyobb a súlyozott teljes rezgésgyorsulás, és a rezgésértékek varianciája (10 s mérési idő mellett 7.4 % és 10.1 % között, míg 60 s mérési idő mellett 6.3 % és 11.8 % között változott a variancia). Rövid mérési idő mellett a motor egyenetlen járása vagy a szorítóerő változásával a kézi adapter elmozdulása nagyobb befolyásoló szereppel rendelkezik az r.m.s számítás során. Hosszú mérési idő mellett a kezek fáradása miatt ugyancsak megnőtt az adapter elmozdulásának eshetősége. Az ismételhetőség, a rezgésterhelés értékek, és az egyének közötti eltérések szempontjából tehát a 20 s és 30 s időtartam megfelelő lenne, ezért a mérések gyorsabb kivitelezhetősége miatt a doktori kutatásom során a 20 s mérési idő alkalmazása mellett döntöttem a rezgésterhelés vizsgálatok esetében.

#### 4.3. Új eszközök rezgés kibocsátása és használt eszközök rezgésterhelése

A mérési eredményeim alapján látható, hogy a gyártó által, új gépekre megadott rezgés kibocsátás és valós üzemi körülmények között, a használt gépeken mért kézre ható rezgés mértéke jelentősen eltérhet egymástól. Általában elmondható, hogy a vizsgált eszközök valós üzemi körülmények között, nagyobb rezgésterhelést eredményeztek a kezelő számára, mint az a bevizsgált rezgés kibocsátásukból várható lett volna. Ez különösen a bal oldali, vagy hátsó fogantyún volt számottevő. A jobb oldali fogantyúkon mért alapjáratú és vágás közbeni értékek átlaga, néhány kivételtől eltekintve, megközelítette a gyártó által, új gépekre meghatározottat. A jelenség egyrészt adódhatott abból, hogy a rezgés kibocsátás és a kezelőt érő rezgésterhelés mérésére más-más szabványok vonatkoznak. A másik lényeges meghatározó ok az, hogy az általam vizsgált eszközök mindegyike már használt volt, tehát elképzelhető, hogy a használat során, illetve a megfelelő karbantartás elmulasztásával változhat az eszközök rezgés kibocsátása.

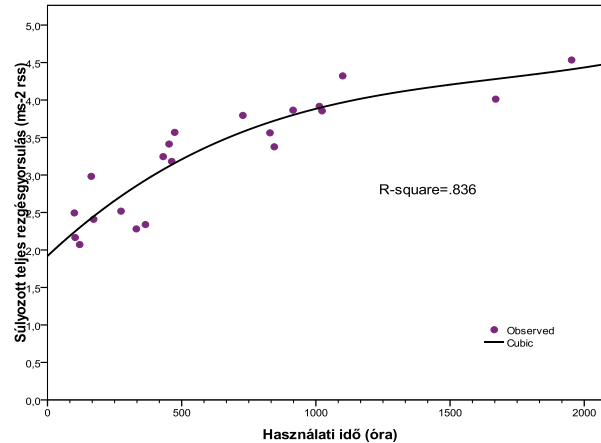
#### 4.4. A kisgép üzemóra számának szerepe a rezgésterhelés változásában

Az előzőek alapján feltételezhető, hogy az üzemóra szám növekedésével változik az eszközök kézre ható rezgésterhelése. A vizsgálatom azt mutatta, hogy a vizsgálati évek és az üzemóra szám növekedésével általában nőtt a súlyozott teljes rezgés gyorsulás értéke mindhárom irányban; az első vizsgálati időponthoz képest a 2009-es mérések eredménye 19.5 % és 80.8 % között változó nagyságrendben volt nagyobb a vizsgált fűkaszák esetében. A Spearman korrelációs vizsgálat statisztikailag szignifikáns összefüggést mutatott az üzemóra szám és a rezgés gyorsulás értékek között ( $r=0.922$ ,  $p(\text{two tailed})=0.000$ ). Az első hipotézis tehát beigazolódott.

Az  $R^2$  érték alapján az illesztett függvények közül legmegfelelőbbnek a harmadfokú függvényt találtam a kapcsolat leírására (1. ábra). Az ábráról látható, hogy az illesztett függvény képe alapján a vizsgált fűkaszákkal mért kézre ható rezgés mértéke jó közelítéssel, 250 üzemórát követően haladta meg a beavatkozási határértéket. Az ábra azt is mutatja, hogy az 1000 üzemóra alatt a rezgésterhelés sokkal nagyobb mértékben változott, mint azt követően; 1000 óra felett az

illesztett függvény képe ellaposodik. Ez arra utalhat, hogy a vizsgált fűkaszák rezgésterhelése egy bizonyos használati idő fölött várhatóan már nem nő jelentős mértékben.

Az eszközcsoporth vizsgálata során végzett terc- és oktávsávós elemzések azt mutatták, hogy a súlyozott rezgésyorsulás értékek esetében a domináns frekvenciatartomány nem változott, csak az azon a 125-160 Hz középfrekvencián mért rezgés amplitúdója nőtt 14.3-29.8 %-kal.



1. ábra Harmadfokú függvény illesztése a vizsgált fűkaszák üzemóra szám függvényében változó súlyozott teljes rezgésyorsulás értékeire.

#### 4.5. A kiegészítő üzemhelyzetének hatása a kézre ható rezgésterhelésre

A doktori kutatás során egy fűkaszát és egy sövényvágót vizsgáltam különböző kézbentartási módok mellett (egyenes, normál tartás, illetve eszköz bal- és jobb oldalra döntött). A súlyozott rezgésyorsulás adatok Friedman és Wilcoxon tesztekkel való összehasonlításakor szignifikáns különbségeket találtam az egyes kézbentartási módokkal mért rezgésterhelés között x, y, és z irányokban mind alapjáraton, mind pedig vágás közben. A sövényvágó esetében a kézre ható rezgés mértéke általában statisztikailag szignifikánsan nagyobb volt ( $p < 0.05$ ) a sövényvágó 90°-kal balra döntésekor (sövény függőleges oldalát vágják). Ezzel szemben a 90°-kal jobbra döntött eszköz rezgésértékei szignifikánsan kisebbek voltak, mint az alap helyzetben mértek (kivételesen hátsó fogantyú vágás közben).

A fűkasza esetében az első fogantyún főként x és z irányokban, míg a hátsó fogantyún gyakorlatilag minden kombinációban statisztikai szignifikáns volt az eltérés az egyes pozíciókkal mért rezgésértékek között, mind alapjáraton, mind vágás közben. A súlyozott rezgésértékeket tekintve a vizsgált fűkasza esetében tehát az eszköz balra döntése általában csak kismértékben, de növelte a fűkasza fogantyúján mért kézre ható rezgés nagyságát. Ezzel szemben az eszköz jobbra döntése jelentősen növelte mind az irányonként mért, mind a súlyozott teljes rezgésyorsulás nagyságát. Vágás közben például a hátsó fogantyún  $2.527 \text{ ms}^{-2}$  eltérés adódott a normál tartás és a jobbra döntött tartás kézre ható rezgésterhelésében. A második hipotézis tehát beigazolódott. Az eredmények alapján úgy tűnik, hogy a motor vízszintes pozíciójának elmozdulásakor megnő a kiegyensúlyozatlanság veszélye, ami ilyen jelentős rezgésterhelés-emelkedéshez vezethet.

Friedman és Wilcoxon statisztikai tesztek igazolták, hogy az első és hátsó fogantyún mind alap, mind pedig vágás üzemmódban döntő többségében szignifikáns ( $p < 0.05$ ) eltérés volt a mért rezgésértékek között az egyes irányokban.

### **Anti-vibrációs kesztyűk frekvenciaátviteli függvényének mérése**

#### 4.6. Az anti-vibrációs kesztyű hatékonysága kertészeti kisgépekkel

Annak ellenére, hogy mind a négy kesztyű anti-vibrációs minősítéssel rendelkezett, az általam végzett kesztyűtesztben csak egy kesztyű felelt meg az anti-vibrációs kritériumoknak. Mindkét tesztcsoporttal végzett méréskor ezen kesztyű TR értékei az 1 és 0.6 határértékek alatt maradtak a szabványos spektrumokkal (0.872 és 0.786 az M spektrummal és 0.483 és 0.559 a H spektrummal).

Mint ahogy azt az előzőekben bemutattam, a kertészeti kisgépek domináns rezgésterhelése az alacsony frekvenciatartományba tehető, amíg a vizsgált kesztyűk éppen e fölött a frekvencia fölött csillapították a rezgést számottevően. Ennek eredménye képen a kesztyűk nem biztosították az elvárt rezgéscsillapítást, amikor azokat a szintetizált géprezgésekkel teszteltem.

Egyértelmű, hogy a szabványos M spektrum rendre alulértékelt a kesztyűk teljesítményét; a láncfűrészekkel mért TR értékek alacsonyabbak voltak, mint az M spektrummal mértek. Ez azt mutatja, hogy a kesztyűk nagyobb mértékben csökkentették a kézre ható vibrációt a láncfűrészekkel, mint az a szabványos spektrummal történt mérést követően várható lett volna. Ezzel szemben azonban a többi kézigép esetében az M spektrummal mért értékek alacsonyabbak voltak mind a négy kesztyűnél, tehát ezeknél az eszközöknél a szabványos teszt jobbnak mutatta a kesztyűt, mint amilyen az a valós gépekkel lett volna.

A szabványos H spektrum rendre felülértékelt a kesztyűk rezgéscsillapítását; a rezgésátviteli-értékek minden esetben alacsonyabbak voltak, mint a valós géppel megfigyeltek. A legnagyobb különbség, az előzőhöz hasonlóan, Kesztyű1 esetében a H és sövényvágó spektrumok értékei között jelentkezett (0.559 és 0.937).

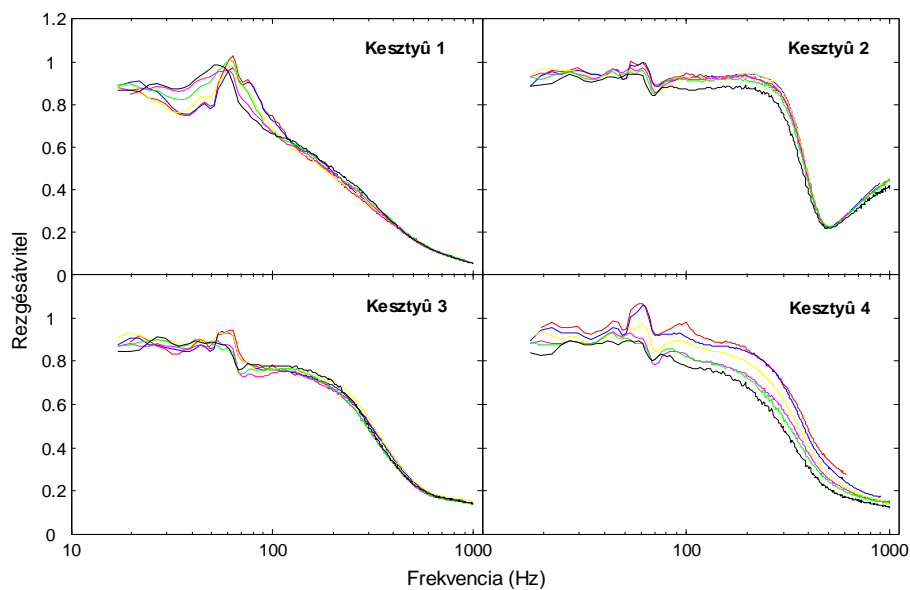
A Friedman és Wilcoxon statisztikai tesztek igazolták, hogy több olyan frekvencia is volt, ahol szignifikáns ( $p < 0.05$ ) különbség adódott az egyes rezgésspektrumokkal mért rezgésátvitel-értékek között. A harmadik hipotézis részben beigazolódott. Az eredmények jól demonstrálják, hogy a kesztyűk rezgésátviteli értékei, vagyis a rezgéscsillapítás a használt rezgésspektrumtól függően változik.

Az egyéni rezgésátviteli-értékek között jelentős eltérés mutatkozott. Mind a szabványos, mind pedig a szintetizált kisgéprezgés-spektrumokat nézve volt olyan személy, akivel a határérték alatti vagy feletti rezgésátvitel értéket mértem, illetve a rezgésátvitel meghaladta az 1 értéket. Ez arra enged következtetni, hogy a tesztszemély megválasztásával egyrészt befolyásolni lehet a kesztyűteszt eredményét, másrészt a kesztyű viselése, különösen a kertészeti kisgépek szintetizált rezgésének vizsgálatakor, egyes személyeknél növelte a kézre ható rezgés mértékét.

#### 4.7. A rezgés amplitúdója és a kesztyű rezgéscsillapítása közötti összefüggés

Elméletben a rezgés erőssége, a kesztyű anyagának dinamikus tulajdonságainak megváltoztatásán keresztül, befolyásolja a kesztyű rezgésre adott válaszreakcióját (transzfer funkció). A vizsgálataim alapján azonban a rezgés erősségének változtatása csak kis mértékben befolyásolta a kesztyűk rezgésátvitelét (2. ábra). A rezgés erősségének  $0.25 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.-ről való emelése  $8 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.-re Kesztyű1-nél rontotta, míg a többi kesztyű esetén javította a rezgéscsillapítást. A Wilcoxon teszt csak néhány középfrekvencián mutatott szignifikáns eltérést az egyes rezgésereőségekkel mért rezgésátvitel között.

A Spearman korrelációs vizsgálat statisztikailag szignifikáns összefüggést mutatott a rezgés erőssége és az átlagos TR érték között három kesztyűvel, de a korreláció iránya eltérő volt ( $r=0.829$ ,  $p(\text{two tailed})=0.042$  Kesztyű1-nél;  $r=-0.943$ ,  $p(\text{two tailed})=0.005$  Kesztyű2-nél;  $r=-1.00$ ,  $p(\text{two tailed})=0.000$  Kesztyű3-nál). A TR érték tehát nőtt a rezgés gyorsulás növelésekor Kesztyű1-nél, csökkent Kesztyű2 és 4-nél, és nem volt korrelációs kapcsolat Kesztyű3 esetében. Ez arra utal, hogy a kesztyűk, feltételezhetően az anyaguk dinamikus tulajdonságainál fogva, eltérően reagálnak a rezgés erősségének megváltozására.

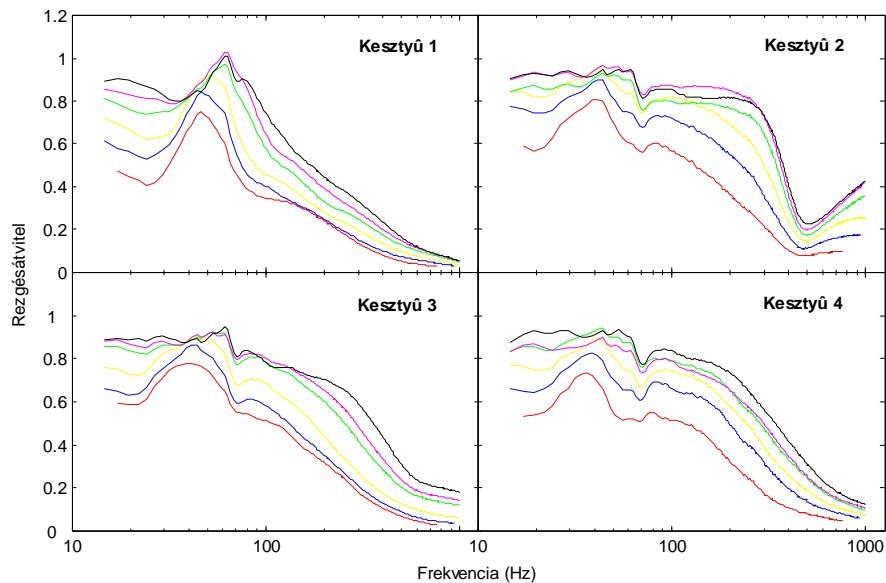


2. ábra A rezgés erősségének hatása 4 anti-vibrációs kesztyű rezgésátvitelére a frekvencia függvényében, 50 N nyomóerő mellett (12 tesztalany átlaga: —  $0.25 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.; —  $0.5 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.; —  $1 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.; —  $2 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.; —  $4 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.; —  $8 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.).

#### 4.8. A fogantyú nyomóereje és a kesztyű rezgéscsillapítása közötti összefüggés

A vizsgálataim azt mutatták, hogy a rezgésátvitel értéke nagyban függ a fogantyúra kifejtett nyomóerő nagyságától; a nyomóerő növelésével nőtt a rezgésátvitel, vagyis romlott a kesztyű rezgéscsillapítása (3. ábra). A Spearman korrelációs vizsgálatot elvégezve egyértelmű, pozitív összefüggést találtam a nyomóerő nagysága és az átlag TR érték között ( $r=0.943$ ,  $p(\text{two-tailed})=0.005$  Kesztyű2 és 4-nél, és  $r=1.00$ ,  $p(\text{two-tailed})=0.000$  Kesztyű1 és 3-nál). A vizsgált 16 Hz és 1000 Hz frekvenciatartomány valamennyi oktávsvábjában statisztikailag szignifikáns

különbséget mutatott az egyes nyomóerőkkel mért rezgésátvitel értékeit tekintve a Friedman teszt ( $p \leq 0.002$ ). A negyedik hipotézis tehát beigazolódott.



3. ábra A fogantyúra gyakorolt nyomóerő hatása 4 anti-vibrációs keszttyű rezgésátvitelére a frekvencia függvényében,  $2 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s. rezgés gyorsulás mellett (12 tesztalany átlaga: — 5 N; — 10 N; — 20 N; — 40 N; — 50 N; — 80 N).

#### 4.9. A tesztalanyok közti különbségek hatása a mérési eredményre

A tesztalanyok rezgésátviteli értékeinek vizsgálatkor jelentős, általában 10 % feletti variációs koefficiens volt megfigyelhető. Általában a kertészeti kisgépek szintetizált spektrumával végzett vizsgálatok eredményei nagyobb variációs koefficienst eredményeztek a szabványos spektrumokkal kapottakhoz képest. A rezgés erősség változtatása három keszttyűnél növelte az egyének eredményei közötti eltérést, ugyanakkor a nyomóerő növelésének hatására csökkent az egyéni teszt eredmények közötti különbség. A Spearman korrelációs vizsgálat egyetlen esetben sem mutatott szignifikáns összefüggést ( $\alpha \leq 0.05$ ) az egyének kéznagysága és a keszttyű rezgés csillapítása között. Az ötödik hipotézis beigazolódott, a hatodik megdőlt.

### Új tudományos eredmények

A 2005-2009 között végzett vizsgálatok során az alábbi új tudományos eredményeket értem el:

1. Megvizsgáltam három, kertészetben alkalmazott, kézi eszköz csoport - valós üzemi körülmények között mért - kézre ható rezgését. A vizsgálatok alapján az alábbi megállapításokat tettem:
  - a) A 4.1.1. és 5.1.1. fejezetben ismertetett benzinmotoros kézi gépek (11 fűkasza, 4 fűnyíró és 1 sövényvágó) kézre ható rezgésterhelése (a (6)-(7) képlettel számítva) éppen a kéz-kar rendszer legérzékenyebb (Aldien *et al.* 2006), 100-200 Hz közötti tartományában volt domináns. Ezt mind a rezgés előidézte károsodás

kockázatának megítélésénél, mind az alkalmazott, kézre átvitt rezgést csökkentő módszer megválasztásánál meghatározó szempont lehet.

- b) A vizsgált fűkasza és sövényvágó eszközökön végzett mérésekkel igazoltam, hogy eszközök (fűkaszánál alaptartáshoz képest 45 fokban, sövényvágónál alaptartáshoz képest 90 fokban) oldalra döntésekor statisztikailag szignifikáns eltérés adódott a kézre ható rezgésterhelésben, az alaptartásban mért értékekhez viszonyítva (Wilcoxon teszt,  $p < 0.05$ ).
2. Benzinmotoros fűkaszákat vizsgálva igazoltam a korrelációt az üzemóra és a rezgésterhelés változása között (Spearman korreláció,  $r = 0.922$ ,  $p(\text{two tailed}) = 0.000$ ). Az üzemóra szám növekedésével nőtt a kézre ható rezgésterhelés.
3. Kidolgoztam a kertészeti kisgépek rezgésspektrumának *HvLab* számítógépes programmal és elektrodinamikus rezgésgerjesztővel való szintetizálásának módszerét. Az így kapott szintetizált spektrumokkal elsőként vizsgáltam anti-vibrációs kesztyűk rezgéscsillapítását. Az eredmények alapján az alábbi megállapításokat tettem:
  - a) A szabványos módon elvégzett kesztyűteszttel kapott rezgésátviteli-értékek és a kertészeti kisgépek szintetizált spektrumával kapott értékek között statisztikailag szignifikáns eltérést mutattam ki (Friedman és Wilcoxon tesztek,  $p < 0.05$ ). Ennek alapján megállapítottam, hogy a szabványos kesztyűteszt eredménye nem megfelelő indikátora az anti-vibrációs kesztyű hatékonyságának, amikor azt kertészeti kisgépek szintetizált rezgésspektrumával vizsgálják.
  - b) A vizsgált négy anti-vibrációs kesztyű alacsony frekvencián (16 és 150 Hz között), egyéntől függően, számos esetben növelte a kertészeti kisgépek szintetizált, kézre átvitt rezgésének mértékét.
  - c) Meghatároztam és összehasonlítottam négy anti-vibrációs kesztyűvel végzett mérésorozat során a kapott rezgésátviteli-értékeinek variációs koefficiensét. Megállapítottam, hogy a vizsgált kesztyűk rezgéscsillapítása közötti eltérés általában kisebb volt, mint az egyes spektrumokon belül (M, R, láncfűrész(AV), láncfűrész(nonAV), fűkasza(új), fűkasza(régi)), a különböző tesztalanyokkal kapott értékek variációs koefficiensé. Ebből arra következtettem, hogy a kesztyűk hatékonyságának legmeghatározóbb befolyásoló tényezője az egyéni tényező, amelyet a vonatkozó szabvány figyelmen kívül hagy.
  - d) Az egyéni tényezők egyik lehetséges magyarázataként megvizsgáltam a korrelációt a kézméret és a kesztyű rezgéscsillapításának változása között. A Spearman korrelációs vizsgálat nem igazolta ezt az összefüggést ( $p(\text{two tailed}) < 0.05$ ).
  - e) Az anti-vibrációs kesztyűk hatékonyságát befolyásoló tényezők közül szisztematikusan vizsgáltam a rezgés erőssége (r.m.s. rezgésgyorsulás) és a fogantyú nyomó erejének befolyásoló szerepét. Megállapítottam, hogy a fogantyú nyomó ereje és az átlagos rezgésátviteli-érték változása között pozitív összefüggés volt (Spearman korreláció,  $r = 0.943$ ,  $p(\text{two-tailed}) = 0.005$  Kesztyű2 és 4-nél, és



$r=1.00$ ,  $p(\text{two-tailed})=0.000$  Kesztyű1 és 3-nál). Friedman és Wilcoxon statisztikai tesztekkel azt is igazoltam, hogy az egyes nyomóerőkkel mért rezgésátvitel-értékek között (oktávsávonként összehasonlítva) szignifikáns különbség volt ( $p<0.05$ ); a nyomóerő növekedésével romlott a kesztyű rezgéscsillapítása.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kézi gépek által keltett rezgés számos, elsősorban a kéz-kar rendszerre kiterjedő egészségügyi elváltozás forrása lehet.

Kertészeti kisgépek vonatkozásában elsőként végeztem átfogó vizsgálatokat három gépcsoport rezgésterhelésének és rezgés karakterisztikájának vonatkozásában a célból, hogy értékeljem azok gépkezelőre gyakorolt hatását. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kertészetben alkalmazott motoros kézi gépek napi rendszeres és huzamos ideig való használata potenciális és fokozott veszélyt jelent a kezelőre nézve, függetlenül attól, hogy az eszköz anti-vibrációs rendszerrel felszerelt-e. Az egészségügyi kockázat nem csak a magas, a beavatkozási, sőt az expozíciós határértéket meghaladó súlyozott egyenértékű rezgés gyorsulásból, hanem az alacsony frekvencián domináns rezgésből is adódik. A dolgozatban bemutatottak alapján elmondható, hogy még az azonos kategóriájú gépek esetében is nagy különbségek jelentkezhetnek a kezelőt érő rezgésterhelésben, ezért az eszközök gondos megválasztásával csökkenthető a kockázat és növelhető a gépekkel végzett munkaidő hossza.

A kéz-kar vibrációs szindróma kialakulásában a rezgés jellemzői és az idő a meghatározó tényezők. A vizsgálataim alapján megállapítható, hogy még megfelelő karbantartás mellett is akár a duplájára nőhet a fűkaszák rezgésterhelése az üzemóra számmal arányosan. A vizsgált fűkaszák esetében a rezgésértékek kb. 250 üzemóra után lépték át a beavatkozási határértéket, de 1000 üzemóra után a kézre ható rezgés mértéke már nem változott jelentősen. Több éven keresztül nyomon követett, rezgésterhelés-változásra vonatkozó mérésorozattal meghatározható lenne egy karbantartási és felülvizsgálati útmutató az egyes géptípusokra.

Egy eszköz forgalomba kerülése előtt a gyártónak vagy méréssel, vagy összehasonlítással értékelnie kell annak a rezgés kibocsátását. A vizsgálataim eredményei egyértelművé tették, hogy a gyártók által új gépekre megadott rezgés kibocsátás értékek általában alacsonyabbak, mint a már használatban lévő eszközökkel mért rezgésterhelés, ezért a rezgés kibocsátás alapján elvégzett, gépkezelőt érő napi rezgésterhelés számítása alábecsülheti a valós terhelés mértékét.

A kertészetben alkalmazott eszközök keltette rezgés számos módszerrel mérsékelhető. Az egyik legolcsóbb megoldást az anti-vibrációs kesztyű használata jelentheti. A doktori kutatásom egyik célja az ilyen típusú kesztyűk hatékonyságának első alkalommal történő értékelése volt különböző kertészeti kisgépek szintetizált rezgésspektumával. Mivel az anti-vibrációs kesztyűk elsősorban 150 Hz felett csillapítják a kézre ható rezgés mértékét (Griffin 1990), a vizsgált kesztyűk több esetben hatástalannak bizonyultak a főként alacsony frekvencián domináns kertészeti motoros kézigépek szintetizált rezgésének csillapításában. A megfelelő kesztyű kiválasztásában ezért rendkívül fontos szerepet kell kapjon a géprezgés jellegének ismerete.

Az anti-vibrációs kesztyűkkel végzett vizsgálatok felhívták arra a figyelmet, hogy a kesztyűk bizonyos tényezők hatására megváltoztatják rezgés csillapításukat. Az egyik ilyen tényező a gép fogantyújára gyakorolt nyomóerő nagysága; egy kesztyű hatékonysága javul, ha a biztonságos gépkezelést szem előtt tartva a nyomóerő a lehető legkisebb mértékű.

Mind a kisgépek keltette rezgések, mind az anti-vibrációs kesztyűvel végzett vizsgálatok során egyértelmű volt, hogy az egyéni tényező az egyik legmeghatározóbb teszteredményt befolyásoló faktor. További kutatásokat tartok szükségesnek annak feltárására, hogy az egyén mely fizikai jellemzője (súly, magasság, kézfelépítés, stb.) határozza meg a kézre átadódó rezgés mértékét. A kézre ható rezgés terjedésének megértésével nemcsak a vizsgálatok eredményeinek megbízhatósága javulna, de hatékonyabb rezgéscsökkentő módszerek kidolgozása is lehetségessé válna.

A doktori kutatás során végzett vizsgálataimat több szabványhoz igazodva végeztem el. Mind az irodalmi áttekintést követően, mind a mérések alatt azonban számos kérdés és probléma merült fel a szabványos tesztek metódusait illetően. Az alábbiakban a kézre ható rezgés értékelésére vonatkozó ISO 5349:2001 szabvánnyal kapcsolatban megfogalmazott észrevételeket és javaslatokat összegzem:

- E szabványban nincs meghatározva az egyes gépekre vonatkozó mérési idő hossza. Mivel a rezgés jellemzői befolyásolják a különböző mérési időkkel végzett vizsgálatok végeredményét, ezért javasolt az egyes gépcsoportokra a minimális rezgésmérési idő meghatározása. A doktori kutatásom során fűnyíró esetében a 20 s mérési időtartamot találtam megfelelőnek az ismételhetőség szempontjából. Bár feltételezem, hogy ez megfelelő mérési időtartam a többi eszközre nézve is, további vizsgálatok elvégzését javasolom ennek igazolására.
- A kisgépek rezgésterhelésének mérésekor a szabvány nem definiálja az üzemi pozíciót. Sövényvágóval és fűkaszával végzett vizsgálati eredményeim azt igazolták, hogy az eszköz kézben tartásának módja jelentősen befolyásolja annak rezgéskeltését. Ennek okán szükségesnek tartom az egyes eszközcsoportokra a valós munkakörülmények között jelentkező géptartási pozíciók szabványban való meghatározását és a vizsgálat ennek megfelelően történő elvégzését.
- A gépkezelőkkel végzett rezgésvizsgálatok eredményeinek nagyfokú szóródása miatt a csak 3 kezelővel végzett teszteredmény nem megbízható. A valós rezgésterhelés értékelésekor célszerűbb lenne kevesebb ismétléssel, de több gépkezelővel elvégezni a rezgésméréseket.
- A kézi adapterrel végzett rezgésmérések jelentős eltérése miatt, amely az adapter mozgásából eredhet, a gyorsulásérzékelő fix rögzítése a kertészeti kisgépek fogantyúján feltehetőleg javítja az ismételhetőséget.
- Az általam vizsgált kisgépek esetében legalább két domináns rezgésirány mutatkozott, ezért kertészeti kisgépek esetében nem javaslom a szabvány által engedélyezett egyirányú mérés alapján történő rezgésterhelés számítást.

Az anti-vibrációs kesztyűk rezgésátvitelének vizsgálatára vonatkozó ISO 10819:1996 szabvánnyal kapcsolatban az alábbi észrevételeket tettem:

- A szabványos spektrumokkal elvégzett tesztek eredménye nem megbízható, amikor a kesztyűket kertészeti kisgépek szintetizált rezgésével vizsgálják. Az M és H spektrumok alul-, vagy felülértékelték a kesztyűk rezgéscsillapítását. A teszt megbízhatóságának javítása érdekében javasolható, hogy az egyes kesztyűket valós kézi gépek szintetizált

spektrumával értékeljék. Ezzel lehetővé válna kisgép specifikus, például fűkaszákkal hatékony kesztyűk tervezése és minősítése.

- A kesztyűteszt során a fogantyúra gyakorolt nyomó- és szorítóerő nagysága meghatározott. Valós munkakörülmények között azonban ennél jóval nagyobb erőhatások is jelentkeznek, amely a vizsgálataim alapján szignifikánsan befolyásolják egy anti-vibrációs kesztyű rezgésátvitelét. A szabványos vizsgálat során éppen ezért a kesztyűket több nyomó és szorítóerő-kombinációval kell tesztelni.
- A szabvány nem veszi figyelembe az egyének közötti eltérés jelentőségét. A méréseim azonban igazolták, hogy az egyének közötti különbségeknek van a legmeghatározóbb szerepük egy kesztyű rezgéscsillapítására. A teszt megbízhatósága javítható, ha a szabványos 3 tesztszemély helyett több személlyel végzett vizsgálatok alapján minősítik a kesztyűket.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Aldien Y., Marcotte P., Rakheja S., Boileau P.E. (2006): Influence of hand forces and handle size on power absorption of the human hand–arm exposed to  $z_h$ -axis vibration. *Journal of Sound and Vibration*, 290 (3–5):1015–1039. p.
- Eurofound (2005): Fourth European Working Conditions Survey. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. Forrás: <http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef0698.htm>
- Griffin M.J. (1990). Handbook of human vibration. London: Elsevier Academic Press
- Griffin M.J. (1998): Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration. *Occupational Environmental Medicine*, 55: 340–348. p.
- ISO 10819:1996: Mechanical vibration and shock—hand-arm vibration—method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- ISO 5349:2001: Mechanical Vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland

## A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Nem IF-es folyóiratcikk:

**László H.E.** (2007): The effect of wear of petrol engine power brush cutters on their vibration exposure. *International Journal of Horticultural Science*, 13 (2): 37–44 (ISSN 1585-0404)

**László H.E.** (2010): Measuring the vibration of a brush cutter in different operational modes. *International Journal of Horticultural Science* IN PRESS

Konferencia kiadványok (Magyar nyelvű, full paper)

**László Helga Elvira** (2006): Kiszékek rezgéselemzése. In: *Összefoglaló MTA Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Nr. 30.* (ISBN: 9636114374), Gödöllő, Magyarország. II. kötet 126-130.p.

**László Helga Elvira** (2007): A kertészeti kiszékek rezgésvédelmének helyzete Magyarországon. In: *Összefoglaló MTA Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Nr. 31.* (ISBN: 978-9636114435), Gödöllő, Magyarország. 199-203. p.

Konferencia kiadványok (magyar nyelvű, abstract)

**László Helga Elvira** (2009): Kézi kiszékek rezgésterhelésének csökkentési lehetőségei a kertészetben. In: *Összefoglaló Lippay János-Ormos Imre-Vas Károly Tudományos Ülésszak* (ISBN 978-963-503-397-3), 2009. Október 28-30. 190-191.p.

Nemzetközi konferencia (full paper)

**H.E. Laszlo**, M.J. Griffin (2009): Measuring the effectiveness of anti-vibration gloves with chain saw vibration. In: *Proceedings of Synergy and Technical Development International Conference* (CD ISBN 978-963-269-112-1), 30 August-03 September, Gödöllő, Hungary. P6-246. p.

**H.E. Laszlo** (2010): Measuring the vibration of a hedge trimmer in different operational modes. In: *Proceedings of Spring Wind 2010 Conference* (ISBN 978-615-5001-05-5), 25-27 March, Pécs, Hungary. 280-284.p.