
**PROTEXSAFE – Funkcionális textil termékek és egyéni védőeszközök
kifejlesztése mechanikai, rezgés, termikus kockázat elleni védelemhez és
életminőség javításához**

EUREKA_16-1-2016-0017

Kutatási jelentés III

Közreműködők:

Az INNOVATEXT részéről: **Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia**

Szemerédy Andrea
Szűcs Letícia Mónika
Pál Veronika
Dobos Bertalan

A GLOVITA részéről:

Marton Józsefné
Hujber Zsuzsa
Kisné Csidey Hedvig
Kovácsné Pintér Teréz
Nagy Attila

BME részéről:

Prof. Dr. Augusztinovicz Fülöp
Dr. Fiala Péter
Dr. Pap László
Győri Jenő

A jelentést összeállította:

Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia
Prof. Dr. Augusztinovicz Fülöp

2020. január 29.

EUREKA_16-2016-0017 ProTexSafe projekt
Kutatási jelentés III.

PROTEXSAFE PROJEKT

KUTATÁSI JELENTÉS III

A Kutatási jelentés egyben zárójelentés is, amely a ProTexSafe projekt során készült beszámolók (1. évet követően: „ProTexSafe Tanulmány 2017” és „ProTexSafe Kutatási részjelentés – BME”, 2. évet követően leadott „ProTexSafe Kutatási Jelentés II.”) folytatása és a 2019. január 3. - december 31. között elvégzett kutatási tevékenységeket összegezi.

Projekt koordinátor

INNOVATEXT®

Textilipari Műszaki Fejlesztő és Vizsgáló Intézet Zrt.
H-1103 Budapest, Gyömrői út 86.

Tel: + 36 (1) 262-2000, Fax : + 36 (1) 261-5260,
<http://www.innovatext.hu/>

Kontakt: Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia
E-mail: kokas@innovatext.hu

Projekt partnerek:



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék,
Akusztikai és Stúdiótechnikai Laboratórium
H-1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.
Tel: (36-1) 463-3246, Fax: (36-1) 463-3266,
<http://last.hit.bme.hu>
Kontakt: Augusztinovicz Fülöp DrSc
E- mail: fulop@hit.bme.hu



Glovita Zrt.
9027 Győr,
Kandó Kálmán u. 15.
Telefon: +36 96/514-010
<http://www.glovitagloves.hu/>
Kontakt: Marton Józsefné
E-mail: marton.jozsefne@glovita-gloves.hu

Tartalom

BEVEZETÉS	5
1. MECHANIKAI, HŐ ÉS REZGÉS ELLEN VÉDŐ KESZTYŰ PROTOTÍPUSOK FEJLESZTÉSE, KÍSÉRLETI SOROZATOK GYÁRTÁSA	7
1.1. TÖBBRÉTEGŰ KESZTYŰK KIALAKÍTÁSÁNAK TECHNOLÓGIÁJA.....	8
2. KESZTYŰ REZGÉSCSILLAPÍTÁSÁT VIZSGÁLÓ BERENDEZÉS KIDOLGOZÁSA	18
2.1. A VIZSGÁLÓBERENDEZÉS FEJLESZTÉSE	18
2.2. A REZGÉSSZIGETELÉSI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK.....	23
2.3. A REZGÉSSZIGETELÉSI JELLEMZŐK SZABVÁNY SZERINTI ÉRTÉKELÉSE	24
3. PROTOTÍPUSOK REZGÉSCSILLAPÍTÁSI VIZSGÁLATAI	26
3.1. ELŐKÍSÉRLETEK KERESKEDELEMBEN BESZEREZHETŐ ÉS EGYRÉTEGŰ KESZTYŰKKEL.....	26
3.2. BETÉTKÉNT ALKALMAZHATÓ ANYAGOK VIZSGÁLATA	27
4. EGYÉB VIZSGÁLATOK ÉS MEGFELELŐSÉG ÉRTÉKELÉS	33
4.1. TÖBBRÉTEGŰ KESZTYŰK ERGONÓMIAI ÉS KÉZMANIPULÁCIÓS VIZSGÁLATA	39
5. A REZGÉSCSILLAPÍTÁS SZABVÁNYOS MÉRÉSI MÓDSZERÉNEK KRITIKUS ÉRTÉKELÉSE	43
6. ÖSSZEFOGLALÁS	44
6.1 TOVÁBBFEJLESZTÉSRE ÉS IPARI ADAPTÁCIÓRA ALKALMAS PROTOTÍPUSOK KIVÁLASZTÁSA.....	44
6.1 FREKVENCIAFÜGGŐ ÉS SÚLYOZOTT, EGYSZÁMADATOS REZGÉSÁTVITELEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	44
6.2 KITEKINTÉS ÉS TOVÁBBLÉPÉSI JAVASLATOK	45
7. HIVATKOZÁSOK	48
8. FÜGGELÉK: A KESZTYŰ PROTOTÍPUSOK FEJLESZTÉSÉHEZ FELHASZNÁLT KÍSÉRLETI MINTÁK KÉPEI	49

Bevezetés

Az EUREKA program támogatásával megvalósult ProTexSafe projektben a konzorciumi együttműködés alapján dolgozó kutatócsoport új egészségmegőrző textil termékekhez fejlesztett ki prototípusokat. A cél az volt, hogy a kifejlesztett prototípusok viselőjének védelmet nyújtsanak a fizikai aktivitás és speciális munkakörülmények okozta fokozott igénybevétel esetén, legyenek kényelmesek, és e funkcionális teljesítményt megőrizték szélsőséges időjárási körülmények esetén is.

A hároméves fejlesztőmunka lépései:

- Előkészítés: késvágás, szűrés és termikus kockázat ellen védő kesztyűk, rezgés csillapító és egészségmegőrző textilanyagok tulajdonságai, elméleti alapjai, meglévő állapot tanulmányozása és összegzése,
- Termékfejlesztés: textil anyagszerkezetek, kompozitok tervezése és összehasonlító vizsgálata egyéni védőeszközhöz és új egészségmegőrző textil termékek prototípusaihoz,
- Technológia fejlesztés: új védőkesztyű és funkcionális kar/lábvédő prototípusok gyártása, optimalizálás,
- Vizsgálati eszközök és módszerek fejlesztése,
- Komplex összehasonlító vizsgálatok elvégzése, eredmények és a szabványos vizsgálati módszerek kritikus értékelése,
- Projekteredmények összefoglalása, terjesztése.

A felhasználásra vonatkozóan a fejlesztések a következő területekhez kapcsolódnak:

- Életminőséget javító termékek kifejlesztése mindennapos használatra
- Egyéni védőeszköz fejlesztése speciális körülmények közötti munkavégzéshez

Az első kutatási projektszakasz eredményei:

A projekt első szakaszában megvalósult az elméleti alapozás és kutatás azzal a céllal, hogy új ismereteket szerezzünk a késvágással, szűréssel, extrém időjárással szemben védelmet biztosító, új textil anyagszerkezetek komplex vizsgálatához, a meglévő védőeszközök jelentős mértékű fejlesztésének elősegítéséhez, valamint új védőkesztyűk kialakításához.

A tanulmány kitért arra, hogy milyen anyagokat használnak jellemzően az előzőekben felsorolt, egyes igénybevételekkel szembeni védelemre. Az irodalomkutatás megállapította, hogy milyen anyagtulajdonságok befolyásolják a védelmi képességet és az ergonómiát, és áttekintette, hogy milyen mérési módszerek és vizsgálati szabványok léteznek e tulajdonságok vizsgálatára. Összefoglalta a projekt célkitűzésében megfogalmazott textilekkel szemben támasztott követelményeket, a termékekre és az elvárások teljesülésének vizsgálatára vonatkozó szabványokat és az alapanyagokkal szemben támasztott követelményeket.

A második kutatási projektszakasz eredményei:

Kísérleti terv készült a mintasorozatok összeállításához, amelyben kiválasztottunk 9 kísérleti paramétert és azokhoz tartozó két változót. Beszereztünk ilyen, a hazai kereskedelemben nem kapható termékeket és szubjektív módon megvizsgáltuk a késvágás és rezgés ellen védő kötött egyéni védőkesztyűk kialakítását és belső szerkezetüket. Ezekből következtetéseket vontuk le a későbbi fejlesztéshez. Felkutattunk és beszereztünk különböző üreges textileket és rezgéscsillapításra feltételezhetően alkalmas anyagokat, melyeket a kompozit szerkezetű mintákhoz használtunk fel. Legyártottuk a különböző szerkezetű és összetételű kötött laptermékeket a mintasorozatokhoz, a kompozitok egyes rétegeit alkotó lehetséges változatokkal (9-18. minta), és elkészítettünk 23 db kompozit mintát (A-Tcsík jelű minták). A mintákat az elvárt igénybevételnek megfelelően komplex, mechanikai, hővel szembeni és rezgéssel szembeni hatásokra vonatkozó vizsgálatoknak vetettük alá. Beüzemeltük és kalibráltuk a rezgéscsillapítás és a késvágási ellenállás mérésére szolgáló új műszereket. A késvágási módszer validálására körvizsgálatban vettünk részt. A kutatási részjelentésben összefoglaltuk az elvégzett összetett vizsgálatok eredményeit és az összetett laptermékekből kiválasztottuk a 7 prototípust a jövőbeni fejlesztéshez.

A harmadik kutatási projektszakasz célkitűzései:

- Védőkesztyűk prototípusainak megépítése laboratóriumi környezetben, optimalizálás (7. részfeladat, INNOVATEXT Zrt.)
- Rezgés elleni védőkesztyűk prototípusainak kísérleti vizsgálatai, optimalizálás (12. részfeladat, BME)
- Rezgés, termikus és mechanikai védelem elleni védőkesztyű prototípusok fejlesztése, optimalizálása (15. részfeladat, GLOVITA KESZTYŰ ZRT)

1. MECHANIKAI, HŐ ÉS REZGÉS ELLEN VÉDŐ KESZTYŰ PROTOTÍPUSOK FEJLESZTÉSE, KÍSÉRLETI SOROZATOK GYÁRTÁSA

A kesztyű és kar/lábvédő prototípusok és termékek kifejlesztéshez többretegű mintákat készítettünk, valamint a kereskedelemben kapható rezgés ellen védő kesztyűket is beszereztünk:

- | | |
|------------|---|
| 1. minta | Egyrétegű kesztyű, tenyérreszen hurkos kötösszerkezettel (19. ábra) |
| 2. minta: | Egyrétegű kötött kesztyű, részleges hurkos kötösszerkezettel (20. ábra) |
| 3. minta: | Háromrétegű kesztyűminta, K1801 jelű változat (23. ábra) |
| 4. minta: | Háromrétegű kesztyűminta, K501 jelű változat (24. ábra) |
| 5. minta: | Kereskedelmi forgalomban beszerezett rezgéscsillapító kesztyű (21. ábra) |
| 6. minta | Kereskedelmi forgalomban beszerezett rezgéscsillapító kesztyű (22. ábra) |
| 7. minta: | Háromrétegű kesztyűminta, K1701 jelű változat (25. ábra) |
| 8. minta: | Háromrétegű kesztyűminta, KI12 jelű változat (26. ábra) |
| 9. minta: | Háromrétegű kevlár kesztyűminta, KJ10 jelű változat (27. ábra) |
| 10.minta: | Kétrétegű plüss kevlár kesztyűminta, „0” jelű változat (28. ábra) |
| 11. minta: | Kétrétegű kesztyűminta, „0” jelű változat (29. ábra) |
| 12. minta: | Kétrétegű kevlár kesztyűminta, KKF10 jelű változat (30. ábra) |
| 13. minta: | Kétrétegű kevlár kesztyűminta, KPF10 jelű változat (31. ábra) |
| 14. minta: | Kétrétegű kevlár kesztyűminta, KPB10 jelű változat (32. ábra) |
| 15. minta: | Egyrétegű kevlár kesztyűminta, K3D1 jelű változat (33. ábra) |
| 16. minta: | Egyrétegű kevlár kesztyűminta, K3D2 jelű változat (34. ábra) |
| 17. minta: | Kötött kevlár lábvédő prototípus (35. ábra) |
| 18. minta | Kötött karvédő, PA/PES/üvegszál (36. ábra) |
| 19. minta: | Háromrétegű kesztyűminta, KSZ0 jelű változat |
| 20. minta: | Háromrétegű kesztyűminta, KSZ1 jelű változat (kísérlet során megsemmisült) |
| 21. minta | Háromrétegű kesztyűminta, KSZ2 jelű változat (kísérlet során megsemmisült) |
| 22. minta | Kétrétegű pamut kesztyűminta (37. ábra) |
| 23. minta | Kevlár bélelt kesztyűminta, kétrétegű zöld szilikonréteggel (KSZ22 jelzéssel (38. ábra) |
| 24. minta | Háromrétegű plüss kevlár kesztyű, kétrétegű szilikonnal (KSZP2) (39. ábra) |
| 25. minta | Kevlar lábvédő pamutbéléssel (40. ábra) |
| 26. minta | PA/PES/üvegszál lábvédő pamutbéléssel (41. ábra) |
| 27. minta | PA/PES/üvegszál ftalátmentes kesztyű, pamutbéléssel (42. ábra) |
| 28. minta | Dynetex bélelt kesztyű (43. ábra) |

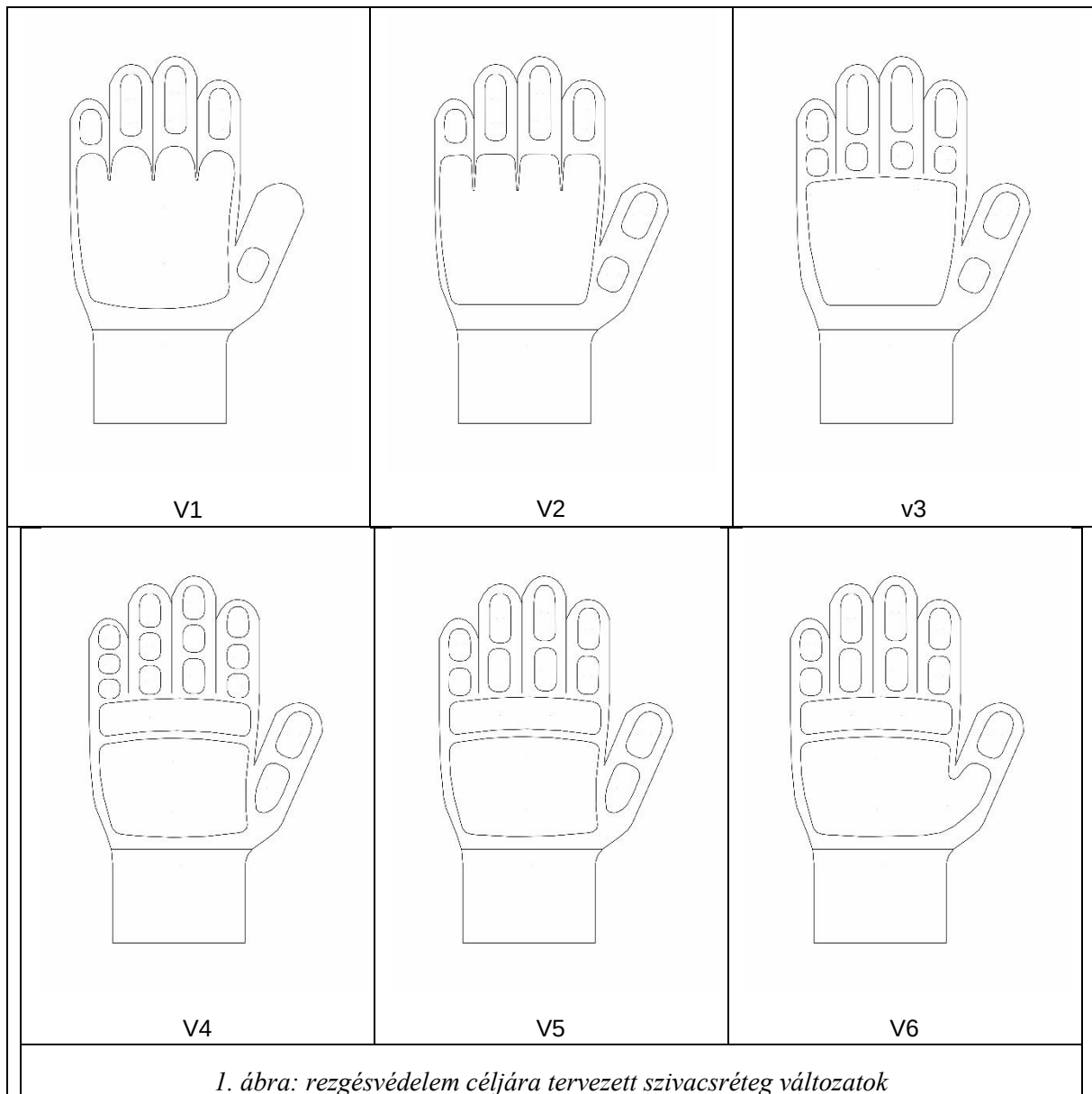
1.1. Többrétegű kesztyűk kialakításának technológiája

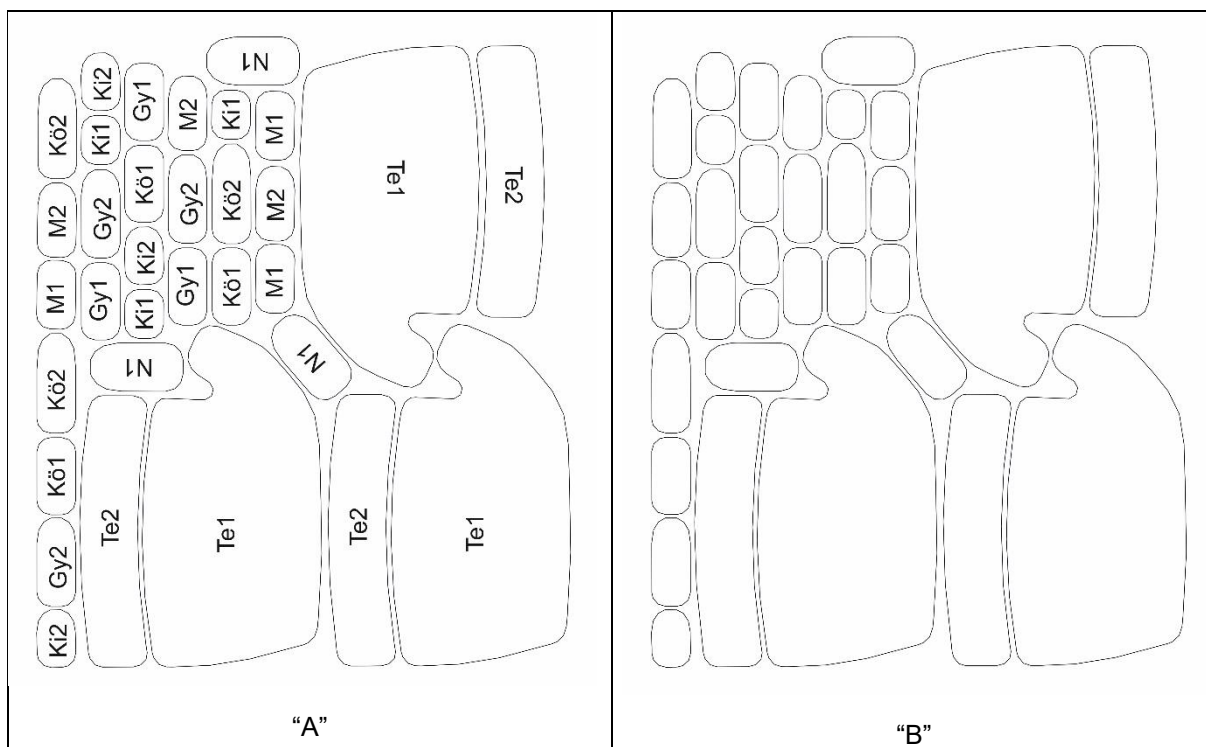
A prototípusok tervezése során a legfontosabb követelmény az optimális védelem kialakítása, továbbá az esztétikai, ergonómiai, fiziológiai, valamint funkcionális követelmények figyelembevétele. A 100% Kevlár és Dynetex fonalból formára kötött technológiával készült kesztyűk rezgés elleni továbbfejlesztéséhez hurkos kötősszerkezeteket is kialakítottunk (1. és 2. minta), de az elővizsgálatokból látható volt, hogy inkább szendvics szerkezet kialakítására van szükség. A kesztyű belső rétege formára kötött 100% pamut bélés. A projektben előírányzott kompozit és védőkesztyű prototípusok mintasorozataihoz kétféle gyártástechnológia fejlesztésére került sor, amely során megtörtént a kesztyűk rezgésszigetelő elemeinek számítógépes modellezése, méretezése és az alkatrészek kötőanyaggal, hő és nyomás segítségével történő rögzítése a kesztyű felületére.

Az 1. mintasorozat kialakítása

A többrétegű, bélelt vagy bélés nélkül ellátott kesztyűkben különféle rugalmas betéteket alkalmaztunk. A kesztyű két rétege közötti antivibrációs réteg formájának kialakítása a konfekcióiparban alkalmazott szabászati technológiával valósult meg. A rezgéscsillapító réteg szabásmintáit a GLOVITA cégnél beüzemelt Standard Morgan Dynamics CAD gyártáselőkészítő szoftver segítségével terveztük meg (1. ábra). A szoftver részei: szabásminta készítő modul, szériázó modul (Pattern Design PD), automata terítékrajz optimalizáló modul (Best Nest BN). Az automata terítékrajz optimalizáló modullal lehetővé vált az alkatrészek méreteinek illesztése a kesztyűre. A szoftver Visual modell-el bővített, kezeli mind a 4 digitalizáló eszközt (Digitális Fotó, Szkenner, Digitális Toll és a Digitalizáló Táblák), valamint konvertálja és exportálja a digitalizált alkatrészeket. Windows operációs rendszerre optimalizált: ezért a GLOVITA munkatársai rövid betanítást követően könnyen elsajátították a használatát. A kiválasztott kesztyűméretekhez három különböző szabásmintát készítettünk. Ezekből választottuk ki a V6 változatot, mert ennél a kéz mozgását (a tenyér és az ujjak hajlítását) a betét kevésbé akadályozza. A műszaki dokumentációba közvetlenül feltöltöttük az adott modellhez tartozó adatokat (mérettáblázat, alkatrész lista, gyártmányrajz, gyártmány leírás,

utasítások, metszetek stb.), azaz minden paramétert amire a gyártásnak szüksége van. A szoftver optimalizáló algoritmusával lehetővé teszi a hulladékot minimalizáló terítékrajzot. A kesztyűk méretre kötése méretábrázolat alapján történik, ami alapját képezi a konfekcióipari műszaki sorozatnak. A formára kötött kesztyűk digitalizálás útján megjeleníthetők Morgan Pattern Design programban és a fektetési rajz méretre igazítható. A felfektetési rajz alapján a lézer szabásgépen századmilliméteres pontossággal kiszabható a rezgéscsillapító réteg a kiválasztott méret nagyságú kesztyűkhöz (2. ábra).





2. ábra: Rezgésvédelem céljára tervezett terítékrajz

Elővizsgálattal rangsoroltuk rezgésszigetelés szempontjából a beszerzésre került 18 féle új rugalmas betétet (3. táblázat). A rezgéscsillapító réteg szabásmintáinak kialakításánál figyelembe vettük az antivibrációs réteg elővizsgálatainak eredményeit.

A lehető legnagyobb rezgéscsillapításhoz a laptermékként elővizsgált 18-as, 5-ös és 17-es jelzésű rugalmas betétmintákat, és a második kutatási mérőföldkőben vizsgált I és J jelű üreges textileket, valamint szilikon rétegeket alkalmaztunk.

A kéz-gép rezgéscsillapítás mérésnél a bélelt, azaz háromrétegű mintákat egymáshoz és egy alap kesztyűhöz hasonlítottuk, ezért alapként egy rezgéscsillapító anyag nélküli „alapkesztyű” is készült. Ezeket az alapkesztyűket az alábbi táblázatban „0” betűvel jelöljük.



3. ábra: Rezgésvédelem céljára lézervágott alkatrészek elhelyezése a kesztyűn

A 3-4. és a 7-14. számú kesztyűmintákhoz a lézervágott alkatrészeket Theobald TJ TRM típusú hőprésen rögzítettük a kötött kelmére egy ragasztós fólia segítségével és a hőfok, nyomás és idő megfelelő beállításával (3. és 4. ábra). Technológiai paramétereket az 1. táblázat tartalmazza.



4. ábra: Rezgésvédelem céljára lézervágott alkatrészek hőrögzítése a kesztyűn

A védelmi és ergonómiai funkció függ a belső réteg kialakításától, a 3 réteg összeillesztésének technológiájától, az anyagok vastagságától, légáteresztő képességétől, rugalmasságától stb., ezért törekedtünk azok optimális megválasztására. A kesztyűk rezgéscsökkentő anyagának vastagságánál ügyeltünk arra, hogy a tenyér részébe helyezett rezgéscsökkentő anyag vastagsága ne legyen nagyobb 8 mm-nél. Ismeretes, hogy a

beépített rezgéscsökkentő anyaggal ellátott kesztyű használata általában csökkenti gépmarkolat megfogásához használt kézi megfogási erőt. Ezért nagyobb megfogási erő kifejtésre van szükség a gép feletti ugyanazon kontroll elérésére, mint amelyre csupasz kezes használatkor volna szükség. A kézre átadott rezgés nagyobb csökkentésére lehetne vastagabb rezgéscsökkentő anyagot használni, de kompromisszumra van szükség a rezgéscsökkentés növelése és a vastagabb anyag lehetséges negatív hatásai között, mint amilyen például a nagyobb megfogási erő, az ujjak használatának és a kéz kényelmének csökkenése, valamint a gép feletti kontroll csökkenése. A rezgés csillapítására szolgáló anyagok kiválasztásánál támaszkodtunk az első mérőföldkőben végzett az előtanulmányra [7], ezért a mintáknál üreges textil, szilikon, és különböző kompozit anyag is felhasználásra került,

A hüvelykujjon és az ujjakon ugyanazon rezgéscsökkentő anyagot helyeztük el, mint a kesztyű tenyér részén. A szabványban írt követelménytől kissé eltértünk, mert a rezgéscsökkentő anyag nem fedi az egyes ujjak mindhárom ujjpercét és a hüvelyujj két ujjpercét és nem vékonyabb, mint a tenyér részén.

A fejlesztésnél azt tapasztaltuk, hogy a betétekkel a kesztyűk túl merevek, terjedelmesek, így a viselés vagy használat során kényelmetlenek lehetnek. Érdemes ezért eltérő anyagvastagságokat használni a kesztyű tenyér részén, mint az ujjakban és a hüvelykujjban. Ha a tenyér részben használt anyaggal megegyező, de kisebb rétegvastagságú anyag van elhelyezve a kesztyű ujjában és hüvelykujjában, azzal az ujjak használhatóbbá válnak, illetve a kesztyű kényelmesebb használatot biztosít. A vékonyabb anyag lehetséges negatív hatásai az ujjakra átadódó rezgések vonatkozásában minimális, és ellensúlyozza a kesztyű viselése és használata során elérhető nagyobb kézügyesség és kényelem.

A minták kialakításánál meghatároztuk az alkatrészek optimális méretét, és rögzítésükre legalkalmasabb technológiai paramétereket (1. táblázat). Ebbe a sorozatba tartoznak a **3-4. számú és a 7-14. számú minták.**

Az 1. mintasorozat jelölése

Az egyes mintákat 4 karakterből álló kódolással láttuk el, ahol mindegyik karakter a mintára jellemző információt tartalmaz. Ebbe a mintasorozatba 8 minta került és egy „0” minta az összehasonlításhoz, amely rezgésszigetelő elemet nem tartalmaz.

A minták jellemzőit és a technológiai paramétereit a 1. táblázat tartalmazza.

1.karakter: termék fajtája

„K”, mint kesztyű

2. karakter: anyagösszetétel

Három rétegűnél: I; J; 18; 5; 17;

két rétegűnél: KF, PF; PB

3. karakter: szabásminta kialakítása rezgésvédő anyagból

1: teli kézfelület

0: kis alkatrészek

4. karakter: ragasztáshoz felhasznált kötőanyag

1: ragasztós háló lézervágás előtt

0: ragasztós fólia a kesztyű teljes felületén

2: ragasztóval kent felület

1. táblázat: A prototípusok kidolgozását célzó első mérésorozat tárgyainak összehasonlítása

Kód	Anyagösszetétel	szabásminta kialakítása rezgésvédelemhez	ragasztáshoz felhasznált kötőanyag	ragasztás technológiai paraméterei
1. Hő, késvágás és rezgés ellen védő kesztyűk prototípusai				
Három rétegű téliesített - kevlárral				
K1801	kevlar+17-es piros szivacs karbonfóliával+pamut bélés	kis alkatrészek	ragasztós háló a lézervágás előtt	210 °C, 30 s,
K501	kevlar+ 5-ös piros vastag szivacs+ pamut bélés	kis alkatrészek	ragasztós háló a lézervágás előtt	210 °C, 30 s,
K1701	kevlar+17-es fekete szivacs+ pamut bélés	kis alkatrészek	ragasztós háló a lézervágás előtt	210 °C, 30 s,
„O”minta	kevlar+pamut bélés	-	-	-
Három rétegű téliesített - plüss kevlárral				
KI12	plüss kevlár+barna üreges+pamut bélés	teljes felület	bélés felülete ragasztóval kent	210 °C, 30 s,
KJ10	plüss kevlár+fehér üreges+pamut bélés	teljes felület	ragasztós fólia	150 °C, 30 s,
„O”minta	plüss kevlar+pamut bélés	-	-	-
„O”minta	kevlar+pamut bélés	-	-	-
Két rétegű (nyári melegben használható kesztyű)				
KKF10	kevlar+fehér üreges	teljes felület	ragasztós fólia	150 °C, 30 s,
„O”minta	kevlar	-	-	-
2. Késvágás és/vagy rezgés ellen védő téliesített kesztyűk				
Üreges textilek béléskesztyűiben - rezgéscsillapítás összehasonlításához				
KPF10	pamut bélés+fehér üreges	teljes felület	ragasztós fólia	150 °C, 30 s,
KPB10	pamut bélés+barna üreges	teljes felület	ragasztós fólia	150 °C, 30 s,
„O”minta	KI12; KJ10			

A 2. mintasorozat kialakítása

A 2. mintasorozat kesztyűiben a múlt évben már bevizsgált szilikon csíkokból álló betétet és a kereskedelmi forgalomban kapható két , ebben a mérföldkőben beszerzésre került rezgésszigetelő anyagot használtuk fel rugalmas betétként:

- 1 cm vastagságú szilikon csíkok (19. minta)
- rugalmas SN „büttyös” szilikon lap (20.minta) (5. ábra)
- Taica Rezgés csillapító szőnyeg SN-50 (21. minta)



[Features]

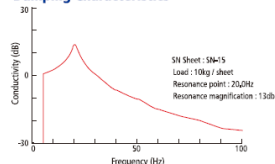
- Add more or divide the SN sheet flexibly for a wide range of load requirements.
- Just place it under the device. Removable anytime.
- Stable with small resonance magnification and little horizontal distortion.

Part No.	Optimum Load (kg/1 Sheet)	Resonance Point (Hz)	Resonance Magnification (dB)	Recommended Frequency (Hz)	deflection (mm)	Color
SN-2	0,5 – 2	27 – 21	6	38 –	1,4 – 3,0	yellow
SN-5	2 – 5	29 – 23	8	40 –	1,5 – 2,5	green
SN-15	5 – 15	26 – 18	13	37 –	1,1 – 2,2	orange
SN-50	15 – 50	22 – 15	20 – 18	30 –	0,7 – 2,0	blue

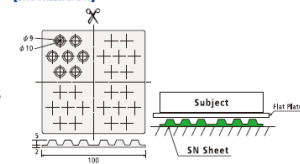
[Notes on Use]

- Place the SN sheets (or portions of them) so that the vibrating object becomes stable.
- Place the sheet so that the load of the vibrating object is spread evenly on the projections.
- Placing a flat plate on the top surface of the SN sheet helps.
- Remove the protective PET film from the bottom surface before use.

Damping Characteristics



[Installation]



Application guideline:

- For 0,5 kg load, use a plate to exceed 0,5 kg or use at least three squares of the divided SN-2.
- For 15 kg load, use a sheet of SN-15 or at least three squares of the divided SN-15.
- For 80 kg load, use 2 sheets of SN-50.

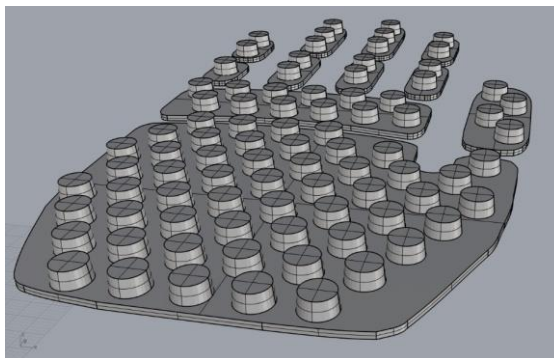
5. ábra: Rezgésvédelem céljára alkalmazott „büttyös” szilikon lap technikai jellemzői

Ez a mintasorozat a **19-21. számú mintákból** állt, amelyek kódjai: KSZ0 (szilikon csíkokkal) a KSZ1 (büttyös szilikon lappal) és a KSZ2 (SN-50 síklappal).

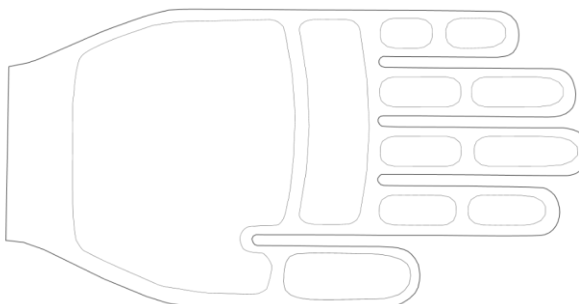
A 3. mintasorozat kialakítása

Tekintettel arra, hogy vizsgálataink szerint a legjobb rezgésszigetelő hatás valamilyen lágy, megfelelően elhelyezett szilikon betétektől várható, a prototípusokkal végzett sorozatok kiegészítéseként két további prototípussal is végeztünk kísérleteket. Ezek a

prototípusok a kevlár kötött kesztyűre 3D-s nyomtatóval felvitt nyomatokat tartalmaznak. A német kutatóintézet (STFI) bevonásával készült nyomat közvetlenül a kötött kelmére került. Ebbe a mintasorozatba a **15. és 16. számú minta** tartozik. A nyomatok geometriáját a 6. és 7. ábra, a prototípus fényképét a 33. és 34. ábra szemlélteti.



6. ábra: A K3D1 jelű, az STFI intézetben készített kesztyű szilikon nyomtatásának geometriája



7. ábra: A K3D2 jelű, az STFI intézetben készített kesztyű szilikon nyomtatásának geometriája

4. mintasorozat a kéz-, kar- és lábvédelem céljára szolgáló egyéb prototípus és termék fejlesztéséhez

A végtagok védelmére csőkelmek készültek (17., 18., 25., 26. minta). A lábvédő prototípusa (**17. minta**) a lábszár körméretéhez igazodó, nagyobb átmérőjű csőkelme, amely az előző mérőldkőben már bevizsgált kevlár kötött kelméből készült. Az alapkélme 2. mérőldkőben végzett vizsgálatai alapján alkalmas mechanikai (késvágás, kopás), hő elleni védelemre. Ebből az alapkelméből készült bélelt kivitelben a lábat védő új termék, amely mechanikai (késvágás, kopás) és termikus hatások ellen véd, és viselete kellemesebb hideg időjárás esetén végzett kültéri munkálatoknál. (**25. minta**). A kevlár

kötőfonal finomsági száma: 36x2 tex, a pamut kötőfonale: 29,5 tex. A karvédő Ng 13 SFG-I Shima Seiki gépen készült, mindkét végén gumírozott széllel.

A **18. minta** a kar védelmét szolgáló termék, amelynél a csőkelme idomba kötött, egyszínoldalas kötéssel készült (36. ábra). A kötésnél alkalmazott géptípus: SFG-10, gépfinomság: Ng-10. A karvédő szegélyrészét három fonalágas szegővarrattal zárták, kellékként fehér színű varrocérnát használtak, és fehér színű, poliészterrel burkolt gumi rugalmas fonalat. A karvédő felkarra rögzítésére tépőzár szolgál. A karvédő alkalmas mechanikai kockázatok elleni védelemre.

A 60%/40% keverékből készült, ahol nagyobb arányú komponens háromágú kötőfonal, nyersanyaga: 67% poliészter / 33% üveg, finomsága 330 dtex . A másik fonal poliamid kétágú, finomsága: 78/18x4 dtex

Ugyanezekből a nyersanyagösszetételű kötőfonalakkból fejlesztettük ki azt a két terméket, amelyek a láb és a kéz védelmét szolgálják mechanikai kockázat és hideg ellen. Az új, üvegszálas termékek pamuttal bélelt kivitelben készültek (**26. minta, 27. minta**). A lábvédő 10 SFG Shima Seiki gépen készült, vágásálló gumi széllel. A csőkelme különlegessége, hogy a cső nem csúszik fel töveknél. A Ng 13 SFG-I Shima Seiki gépen fejlesztett kesztyű szilikon pontozással készült, vágásálló és csúszásmentes. A szitanyomással felvitt réteg ftalátmentes, hogy élelmiszeriparban is alkalmazható legyen.

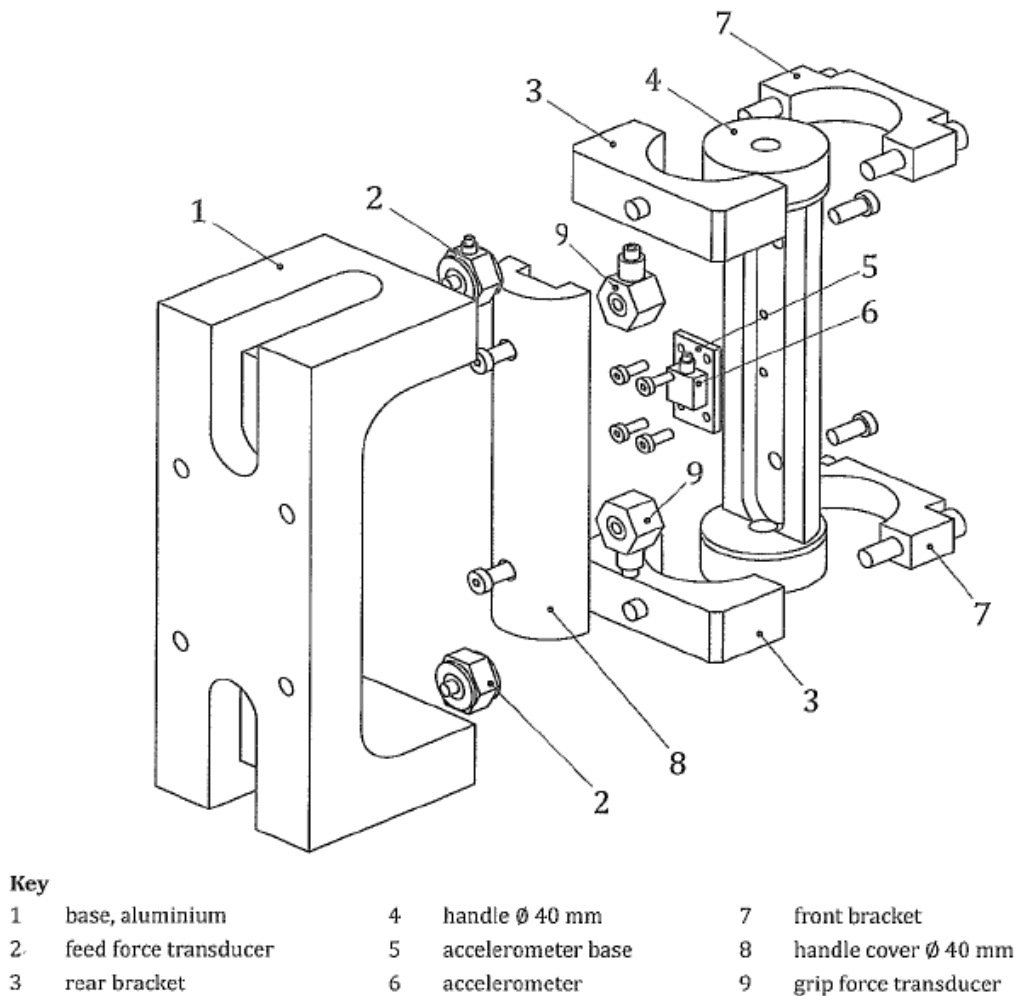
A mechanikai kockázatok ellen védő másik új kesztyű 100% pamut nyersanyagú kötőfonalból készült, 100% pamut béléssel (**22. minta**), ahol a külső réteg kötőfonalának lineáris sűrűsége: 29,5 tex, belső réteg kötőfonalának lineáris sűrűsége: 58,5 tex. Kialakítása ötujjas, idomba kötött és bélelt. Kötésnél alkalmazott géptípus: SFG-13 gépfinomság: Ng-13. A kesztyű szegélyrészét három fonalas szegővarrattal zártuk.

Ng 13 SFG-I Shima Seiki gépen készült fejlesztés az a kesztyű, amelynek alapanyaga az előző mérőföldkőben bevizsgált Dynetex kötött kelme 100 tex finomságú kötőfonalból. Téliessített változat, mert a vágásálló külső réteg alatt puha komfortos bélés került. A pamut bélés kötőfonala 29,5 tex finomságú (**28. minta**).

2. KESZTYŐ REZGÉSCSILLAPÍTÁSÁT VIZSGÁLÓ BERENDEZÉS KIDOLGOZÁSA

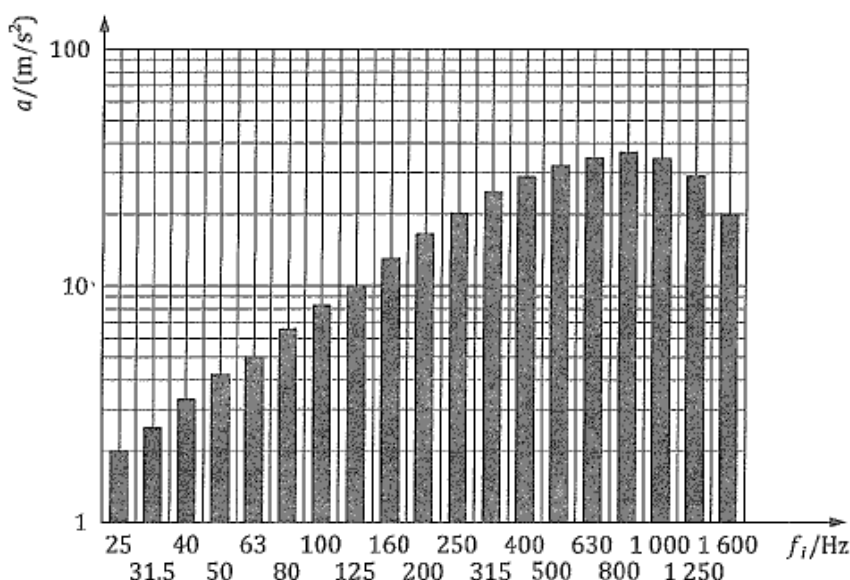
2.1. A vizsgálóberendezés fejlesztése

A vonatkozó szabvány szerinti berendezésnek (ld. alább a [4] szabvány A.2 rajzát, (8. ábra) egy 40 mm átmérőjű, hengeres fogantyút kell tartalmaznia, amin mérni lehet a szorító és az előtoló erőt is. Az előírt markoló erő 30 ± 5 N, az előtoló erő 50 ± 8 N.



8. ábra: A [4] szabványban mintaként bemutatott fogantyú kialakítása

A fogantyút a szabványban megadott spektrumú véletlen jellel kell gerjeszteni (ld. 9. ábra). Mint látható, a gerjesztés a frekvencia függvényében monoton nő, csúcserőértékét 800 Hz-en éri el (értéke 35 m/s^2 , azaz a nehézségi gyorsulás három és félszerese), majd csökkenni kezd és legnagyobb frekvenciája 1800 Hz. A teljes gerjesztési spektrum eredő rezgés gyorsulása 90 m/s^2 . Ezt a rezgés gyorsulást egy felnőtt ember kezén és karján kell biztosítani, ami meglehetősen nagy gerjesztő erőt és kitérést igényel.

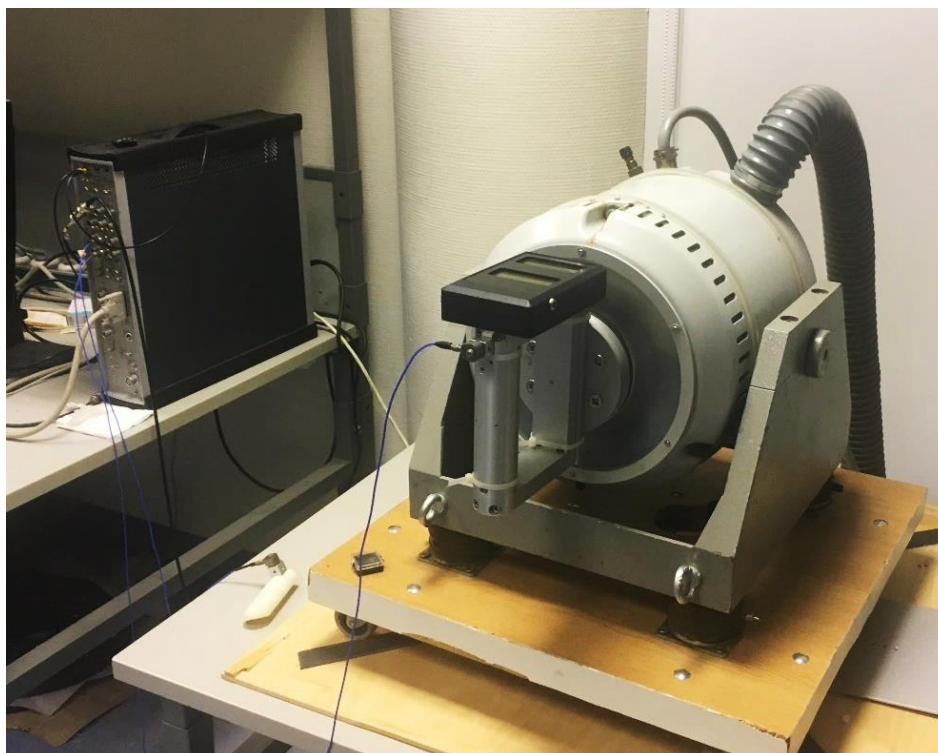


9. ábra: A [4] szabvány által előírt gerjesztő spektrum

A berendezés kidolgozása során a legnagyobb nehézséget a statikus markoló és előtoló erő rezgetés közbeni mérése okozta. A laboratóriumunk rendelkezésére álló különféle erőmérő cellák mindegyike csak váltakozó, dinamikus erők mérésére alkalmas, így az adott feladatra nem használható. A megoldást két digitális mérlegből kisserelt, nyúlásmérő bélyeggel kialakított erőmérő cella alkalmazása szolgáltatta. A jelkondicionálást, az analóg-digitális átalakítást és a mért érték kijelzését végző elektronikát a fogantyúhoz erősített dobozkában helyeztük el, így a mérést végző személy végig maga előtt láthatja és korrigálhatja a beállított erőket (10. ábra). A kialakított fogantyú végleges formáját a 13. ábra, a tenyérbe helyezendő illesztődarabot a 11. és 11. ábra szemlélteti.

A mérőfogantyú üzembe állítása után előkísérleteket végeztünk annak megállapítására, hogy milyen rezgésspektrumot tudunk az adott berendezéssel előállítani. Meg kellett

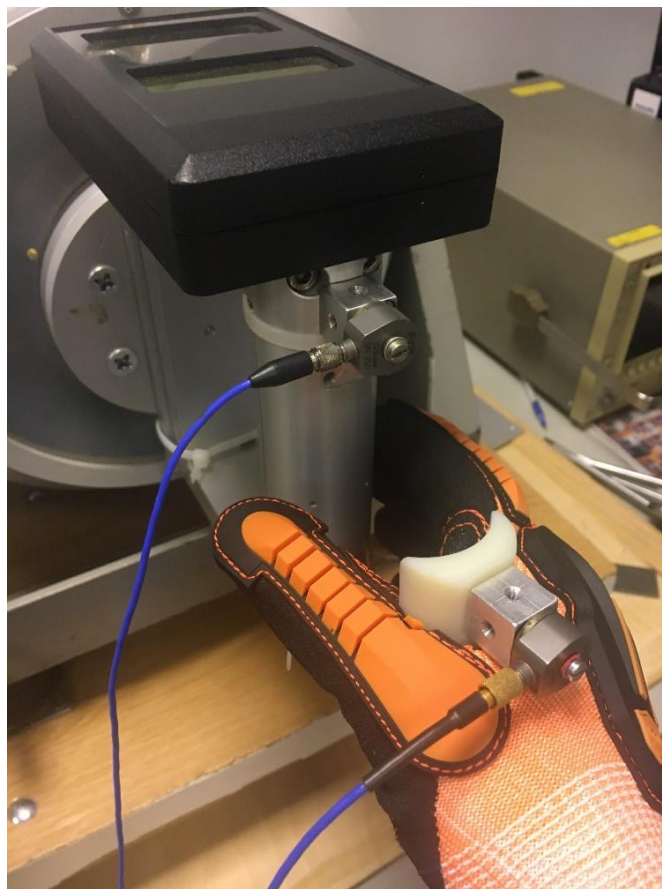
állapítanunk, hogy a rendelkezésünkre álló TIRA 5200 típusú rázóasztal (melynek maximális kitérése csúcstól csúcsig 25 mm, a kifejthető legnagyobb erő pedig 1000 N) az előírt amplitúdójú és frekvenciaösszetételű rezgésgerjesztés előállítására nem alkalmas. Az elérhető gyorsulásspektrumot fehér zajjal gerjesztett állapotban megmérve, többféle inverz digitális szűrőt generáltunk és alkalmaztunk a gerjesztő jel spektrumösszetételének formálására. Számos kísérletet elvégezve azt kaptuk, hogy ha legalább néhány sávban meg kívánjuk közelíteni a követelményszinteket, akkor nagyfrekvencián nem marad kellő kivezérési tartalék a szükséges amplitúdó előállítására. Ezért inkább azt a megoldást választottuk, hogy a gerjesztés spektruma kisebb amplitúdójú, de a kívánt frekvenciamenetet lehetőleg jobban közelítő legyen. A kesztyűvizsgálatokat végül az 14. ábra alsó görbéje szerinti gerjesztéssel végeztük.



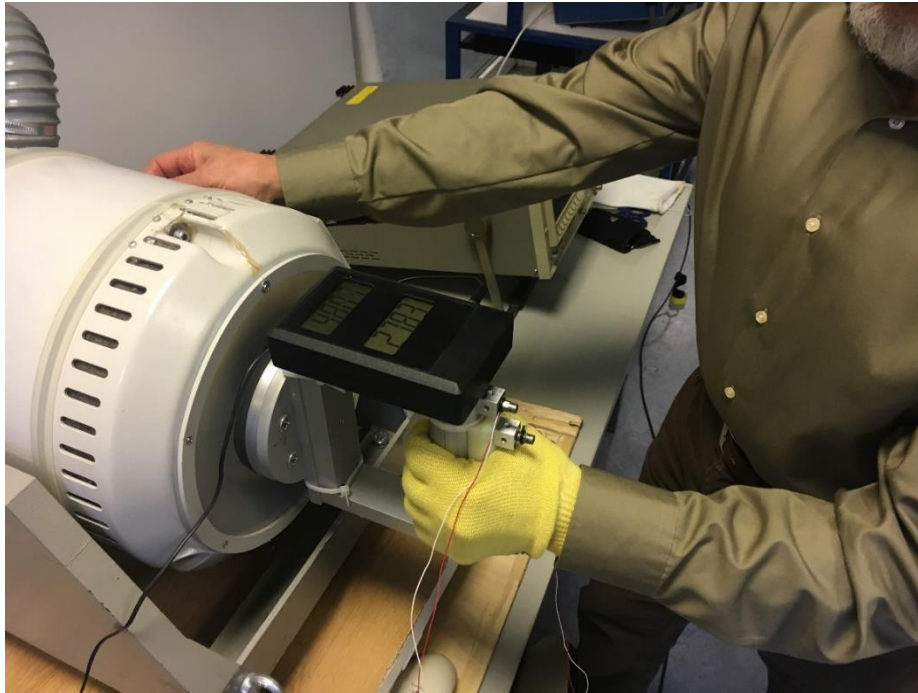
10. Rezgésgerjesztőre felszerelt rezgésvizsgáló fogantyú és digitális mérésadatgyűjtő a BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék Akusztikai Laboratóriumában



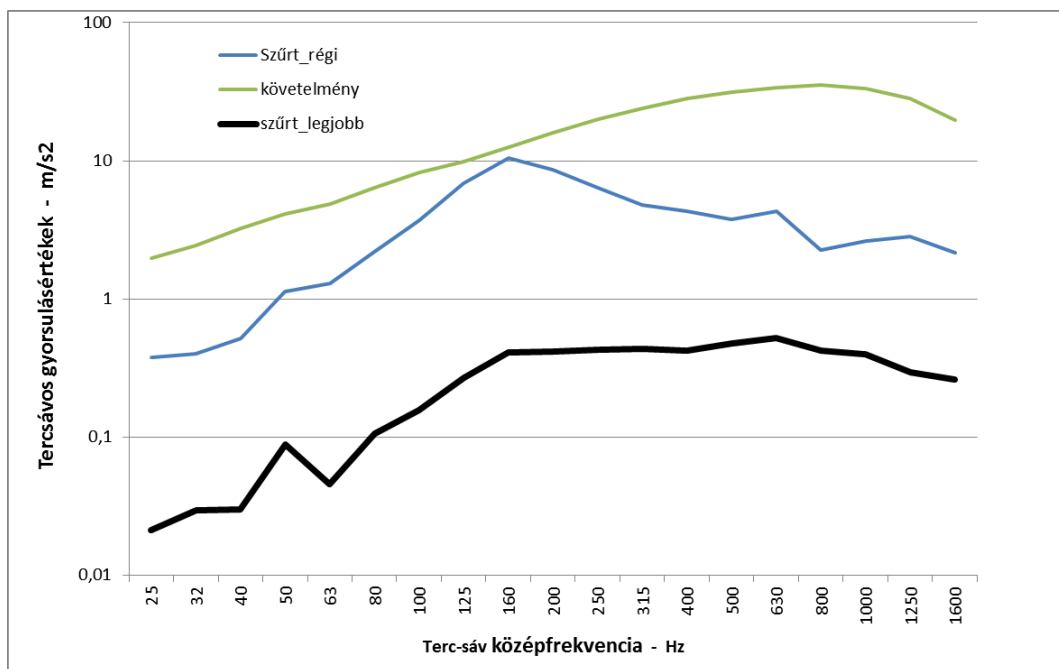
11. ábra: A vizsgálandó kesztyűn belül, a kísérleti személy tenyerébe helyezendő illesztődarab a kézre ható rezgés mérésére szolgáló rezgésérzékelő elhelyezéséhez



12. ábra: Vizsgálathoz előkészített kesztyű és fogantyú, az illesztődarab a kesztyűn vágott részbe helyezve



13. ábra: Rezgésvizsgálat lebonyolítása rezgetőasztal és az érzékelőkkel és erőmérőkkel ellátott mérőfogantyú segítségével



14. ábra: A gerjesztő spektrum kialakítása során elért legnagyobb amplitúdójú (kék vonal) és a követelmény spektrum alakját legjobban közelítő rezgés gyorsulás spektrum (fekete vonal) összehasonlítása a követelmény görbével (zöld vonal)

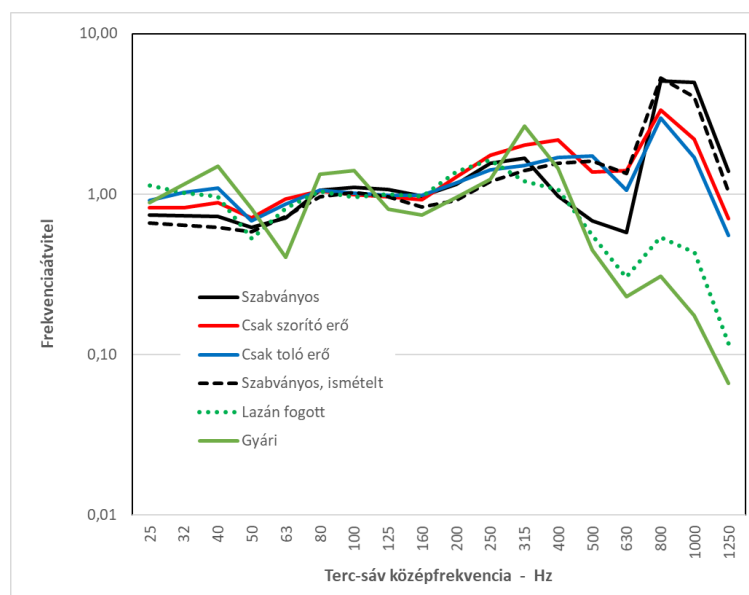
2.2. A rezgésszigetelési vizsgálatok eredményét befolyásoló tényezők

A kesztyűkkel végzett vizsgálataink során hamar világossá vált, hogy a szabványban előírt erők betartása nehézséget jelent még gyakorlott vizsgáló személyek esetében is. A beállított erők, ennek eredményeként pedig a kapott frekvenciaátviteli értékek nagy szórást mutatnak. Minden bizonnyal ezért írja elő a szabvány, hogy minden egyes kesztyű vizsgálatát 5 személlyel kell elvégezni, személyenként három alkalommal. A kapott 15 függvényt a végső átlagolás előtt még korrigálni is kell a fogantyú és az illesztődarab közvetlen összeillesztésével nyerhető frekvenciaátviteli függvény értékeivel.

A vizsgálat során felmerült annak lehetősége és szükségessége, hogy a szabvány szerinti, körülményes és időigényes vizsgálatosorozatot egyszerűsítsük. Ennek megalapozására előzetes parametrikus vizsgálatot végeztünk egy belül pamut béléssel ellátott, betét nélküli, kívül kevlar anyagból készült kesztyűvel. Az eredményeket a 15. ábrán szemléltetjük, ahol a szabvány szerinti paraméterekkel elvégzett két mérés mellett lazán fogott, csak szorító erő, ill. csak tolóerővel végzett mérés eredményeit, valamint egy gyári kesztyű frekvenciaátvitelét mutatjuk be. Amint látható, az eltérések a 250 Hz feletti tartományban jelentősek. Lazán megfogott fogantyú esetén a kesztyű átvitele nagyjából megfelel a szabványos körülmények között vizsgált, jól csillapító gyári kesztyűének. Ha csak külön tolóerőt, ill. külön szorítóerőt alkalmaztunk, az átvitel romlik, sőt csillapítás helyett erősítés lép fel. A szabványos toló és szorító erő alkalmazása esetén az erősítés 800 Hz-en és afelett még tovább nő, miközben jelentős eltérés mutatkozik a közepes frekvenciákon. Az illesztődarabot a fogantyúra közvetlenül felfogva viszont gyakorlatilag egységnyi átvitelt kaptunk.

Mindezek alapján az a döntés született, hogy az illesztődarabra kapható átvittel elvégzendő korrekciót mellőzzük és a prototípus-változatok közötti válogatást csak egy,

a feladatot jól begyakorolt személlyel végezzük. A szabvány szerinti legjobb változatok vizsgálatát azonban a szabvány előírásai szerint végeztük.



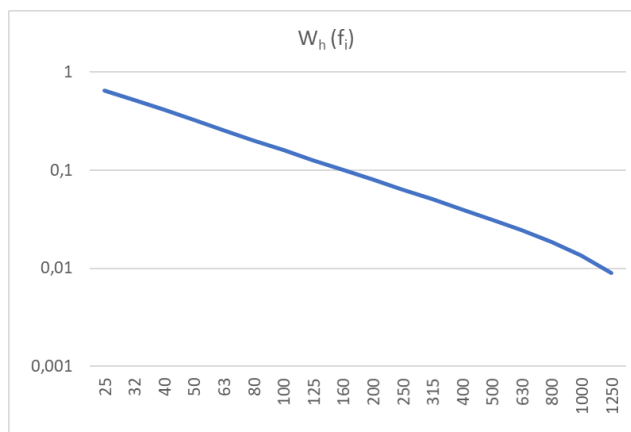
15. ábra: Egy kevlar+pamut összetételű, referencia kesztyűvel különböző üzemi paraméterek mellett elvégzett rezgésátviteli mérések eredménye és gyári rezgésszigetelő kesztyűvel való összehasonlítása

2.3. A rezgésszigetelési jellemzők szabvány szerinti értékelése

Az eredményként kapott frekvenciaátviteli görbék – még terc-sávós spektrumok képzésénél is – nehezen összevethetők és értékelhetők, ezért a vonatkozó nemzetközi szabvány [4] 7. fejezete egyszámadatos jellemző meghatározását írja elő.

2. táblázat: Súlyozógörbe értékek az egyszámadatos rezgésátviteli tényező számításához

f_i	W_{hL}
25	0,647
32	0,519
40	0,411
50	0,324
63	0,256
80	0,202
100	0,16
125	0,127
160	0,101
200	0,0799
250	0,0634
315	0,0503
400	0,0398
500	0,0314
630	0,0245
800	0,0186
1000	0,0135
1250	0,00894



A 25 és 1250 Hz közötti terc-sávokban meghatározott frekvenciaátviteli értékeket (ld. pl. a 9. és számos további ábrán) két csoportba kell sorolni: a 25 és 200 Hz közötti, illetve

200 és 1250 Hz közötti tartományra. Az egyes tartományokra az. 2. táblázat szerinti frekvenciasúlyozással egyszámados értékeket kell képezni, majd az átvitelt az alsó, ill. felső frekvenciatartományra külön-külön kell számítani a

$$T_{g(S)} = \frac{\sqrt{\sum_{i=i_L}^{i_U} [a_{h(P_g)}(f_i) W_{hi}]^2}}{\sqrt{\sum_{i=i_L}^{i_U} [a_R(f_i) W_{hi}]^2}}$$

formula szerint, ahol

- $T_{g(S)}$ az S tartományba eső súlyozott frekvenciaátviteli tényező,
- S a frekvenciatartományt jelző paraméter, melynek lehetséges értékei:
 M tartomány esetén az $i_L = 25$ és $i_U = 200$ Hz közötti frekvenciasávok,
 H esetén az $i_L = 200$ Hz és $i_U = 1250$ Hz közötti frekvenciasávok;
- $a_h(f_i)$ a tenyéren és
- $a_R(f_i)$ a fogantyún mért, i jelű tercsávban kapott rezgés gyorsulás értékek.

A súlyozás és a több személyre, több mérésre képzett eredmények átlagolása után kapott $T_{(M)}$ és $T_{(H)}$ értékeket a szabvány 9.2 pontja szerinti követelményértékkel kell összevetni. A vizsgált kesztyű rezgéscsillapítás szempontjából akkor megfelelő, ha

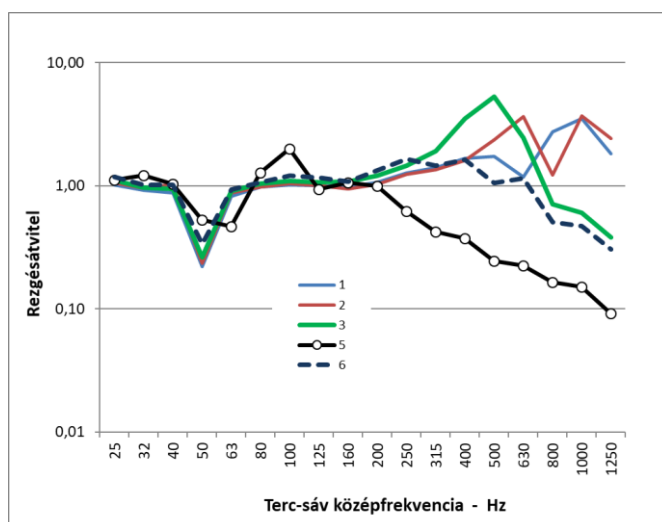
$$T_{(M)} \leq 0,9 \text{ és } T_{(H)} \leq 0,6.$$

3. PROTOTÍPUSOK REZGÉSCSILLAPÍTÁSI VIZSGÁLATAI

3.1. Előkísérletek kereskedelemben beszerezhető és egyrétegű kesztyűkkel

Előkísérletként az első méréssorozatban néhány egyrétegű kesztyűt vizsgáltunk, különböző módon kikészített felületekkel (plüss, pöttyözött, hurkos). Összehasonlítás céljából két, kereskedelemben beszerezhető és a gyártó szerint rezgésszigetelés céljára készített kesztyűt is megvizsgáltunk. A kapott mérési eredményeket a 16. ábra tartalmazza.

Az ábráról egyértelműen leolvasható, hogy az 1-3 jelű minták csak minimális csillapítást mutatnak, sőt a frekvenciatartomány jelentős részében inkább erősítést okoznak. A kereskedelmi forgalomban beszerezett, 6. sz. kesztyű is csak a felső három sávban képvisel valamelyes csillapítást. Az 5. sz., valóban rezgéscsillapításra tervezett kesztyű viszont már 250 Hz fölött hatásos, mégpedig egyre nagyobb mértékben. Amint a következő fejezetben bemutatjuk, ezzel az alsó frekvenciatartományban még éppen nem, de a felsőben már megfelel a szabványos követelménynek. Tekintettel arra, hogy a vizsgált 1-3 minták valójában nem tartalmaznak rugalmas betétet, nem is várható, hogy számottevő rezgéscsillapítással rendelkezzenek. A vizsgálatokat ezért a 2018-ban már megvizsgált anyagoknál alkalmasabbnak vélt, vastagabb és jobb rugalmas tulajdonsággal rendelkező betétanyagok vizsgálatával folytattuk.



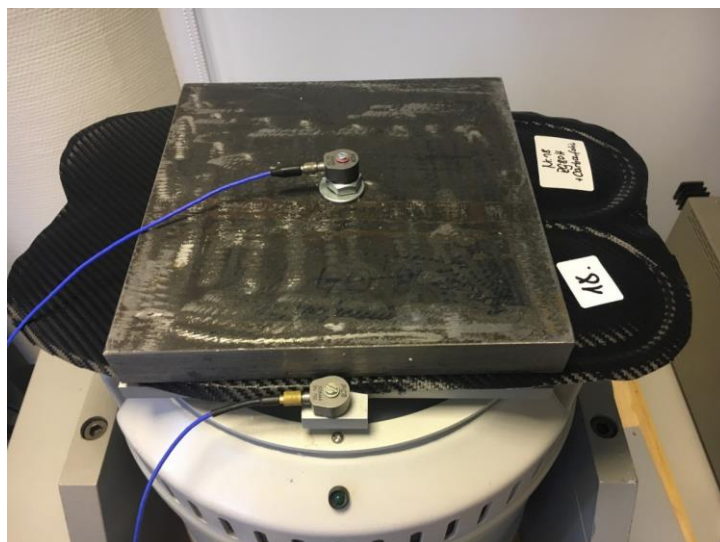
16. ábra: Előkísérletek eredményeinek összehasonlítása.
Az egyes kesztyűminták fényképe a 19. – 22. ábrán látható.

3.2. Betétként alkalmazható anyagok vizsgálata

A 2018-ban végzett vizsgálatok eredményei [2] alapján kiválogatott, ill. időközben beszerzett és feltételezésünk szerint rezgéscsillapító betétként alkalmazható anyagokkal újabb anyagjellemző méréseket végeztünk a tavalyi jelentésünkben ismertetett módszer alapján. A vizsgált anyagok egy részének képét a 17. ábra, az ismét felhasznált mérési összeállítást a 18. ábra szemlélteti. A kapott eredményeket 3. táblázat, a 2018-as méréssorozat adataival egyesített adathalmazt a 19. ábra grafikus formában szemlélteti. Mint látható, az idei évben vizsgálat alá vont anyagok – a 18. sz. anyag kivételével – általában merevebbek, ugyanakkor csillapítási tényezőjük egyenletesen magas érték, 18 és 35 % közötti. A vastagságukat és további technológiai szempontokat is figyelembe véve a továbbiakban a 18-as, 5-ös és 17-es jelű anyagokkal kísérleteztünk, több méréssorozatban.



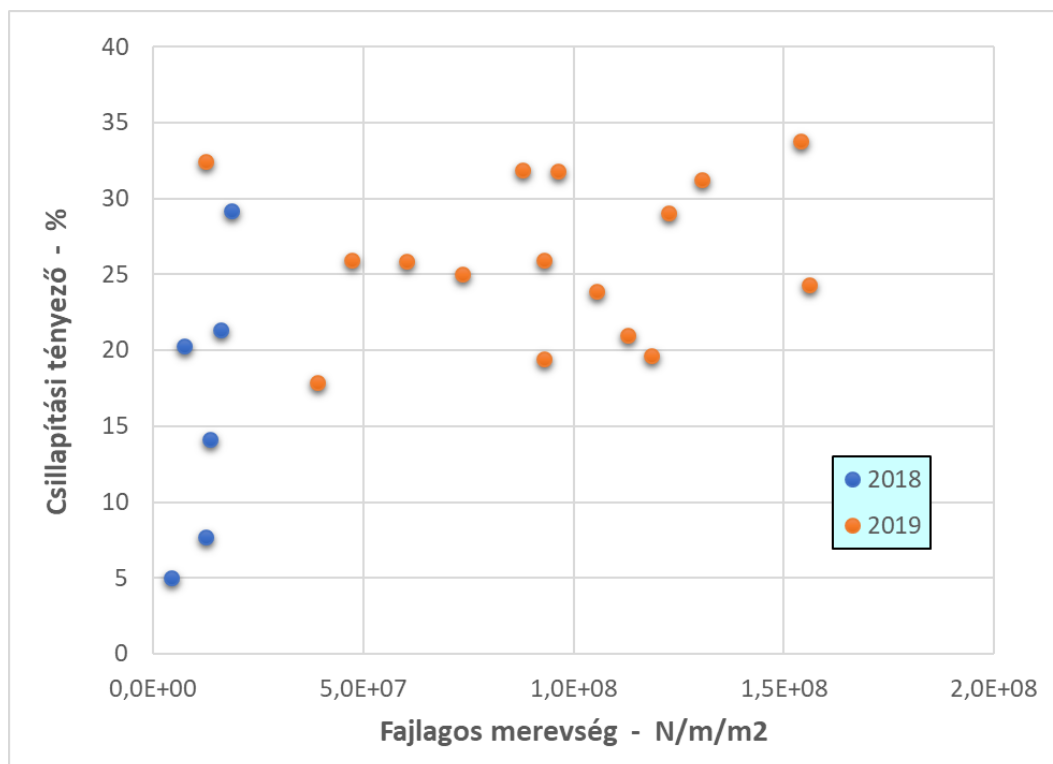
17. ábra: Betét készítés szempontjából vizsgált üreges textil és szivacs anyagminták



18. ábra: Egy rugalmas cipőbetétként használatos, 18. jelű anyag vizsgálata

3. táblázat: A kétrétegű kesztyűk között potenciálisan alkalmazható betétanyagok rugalmassági jellemzőinek összefoglalása

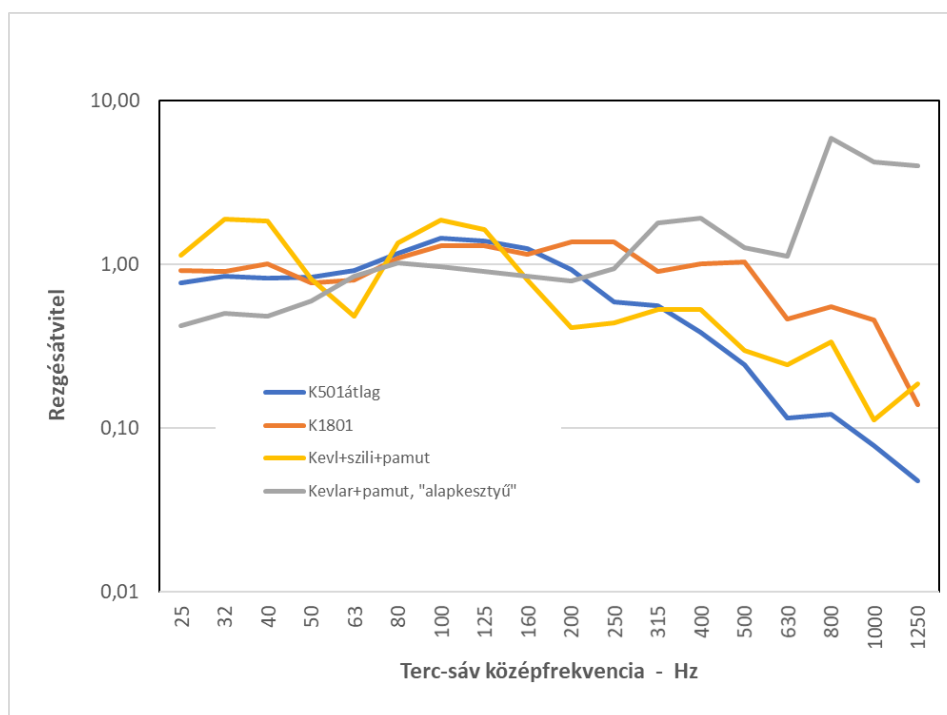
ID	Megnevezés	Vastagság	din. merevség	fajlagos dinamikus merevség	kszi
		mm	N/m	N/m/m ²	%
18	RG80H rot + Carbonfolie	3,3	436151	1,25E+07	32
5	RG80H rot	7,5	1561095	3,90E+07	18
3	Verbundschaum mit S-Static	7,0	1888925	4,72E+07	26
17	Schaum mit Aktivkohle	2,8	2411414	6,03E+07	26
8	UNK Drytex Verbundschaum	1,8	2936133	7,34E+07	25
10	Latex weiss (Schaumteil f. Fersenhalter)	3,5	3512464	8,78E+07	32
6	Innovatives M. + Stoff	4,6	3716043	9,29E+07	26
12	Technolite blau	3,7	3716043	9,29E+07	19
7	Latex Memofoam orange	4,2	3854949	9,64E+07	32
1	Latex blau (Fersenpolster)	3,1	4213364	1,05E+08	24
9	Latex gelb	2,5	4511565	1,13E+08	21
14	Innovatives M. + Stoff & Microfaser	4,2	4741906	1,19E+08	20
15	Schockabsorber	2,3	4898653	1,22E+08	29
16	Latex schwarz	3,0	5219792	1,30E+08	31
11	Poron Schaum	2,8	6155493	1,54E+08	34
2	Alveo Schaum	8,0	6244380	1,56E+08	24
4	Memoschaum	4,0	24977521	6,24E+08	46
13	Lunairmed	3,7			



19. ábra: Üreges textilek és szivacsanyagok rugalmassági jellemzőinek összevetése. Kék kör: 2018-as mérésorozat (a mérési módszert és részletes leírást ld. a 2018-as évet lezáró kutatási jelentésben), narancs kör: a fenti, 3. táblázatban összefoglalt anyagok mérési eredményei

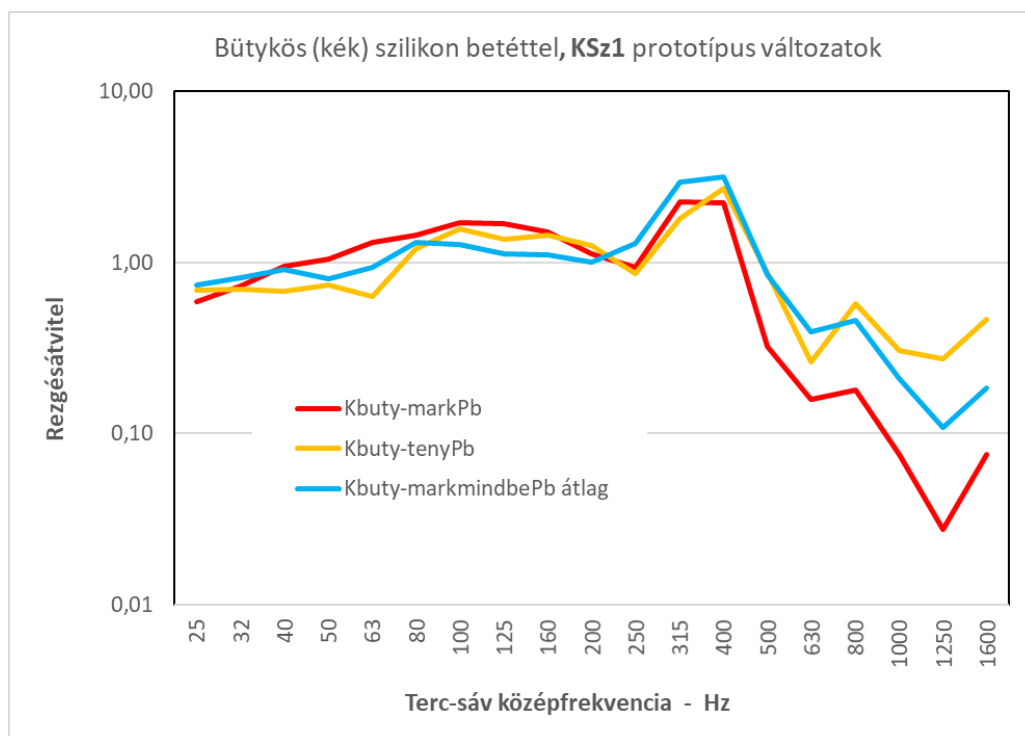
Az eredmények közül a legalkalmasabbnak vélt változatok rezgésátvitelét a 20. ábrán, a szabványos egyszámadatos értékeket pedig a 6. fejezet 4. táblázatában közöljük.

A K501-es változat mutatja a legjobb rezgésátvitelt, sajnos azonban közepes frekvencián erősítést produkál, emiatt a szabványos minősítése 1-nél nagyobb értéket eredményez. A legkiegyensúlyozottabb átvitelt a 2018-as vizsgálatoknál is kiemelkedőnek talált lágy, 1 cm vastagságú szilikon betét szolgáltatja. Ennek gyakorlati alkalmazása azonban technológiai problémákat vet fel, és meghaladja a szabványos előírás szerinti vastagságot, ezért kísérleteinket további szilikon anyagokkal folytattuk.

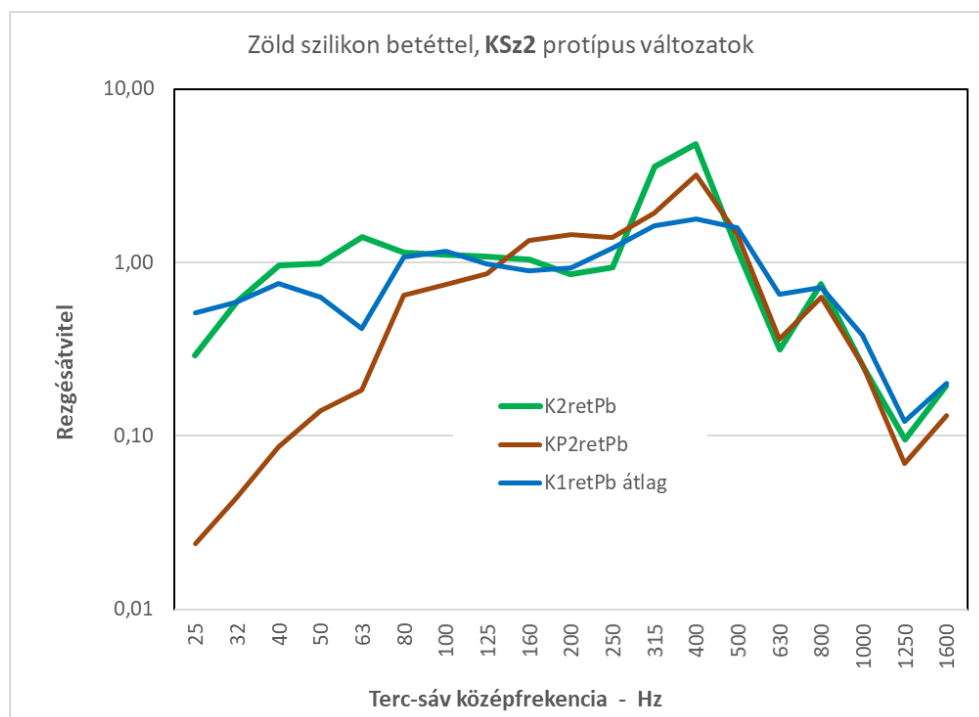


20. ábra: Betétel készült, a legjobb rezgésszigetelő hatást mutató háromrétegű kesztyű prototípusok frekvenciafüggő rezgésátvitelének összehasonlítása

A KSz1 jelű változatban lágy szilikonból készült, összefüggő alaplemezt és kiemelkedő szigeteket, „bütyköket” is tartalmazó anyagot alkalmaztunk, míg a KSz2 változat vastagabb, de sík felületű rugalmas szilikon anyag volt. A betétlemezeket különféle kombinációkban helyeztük el a kesztyű rétegei között. A kapott különböző kombinációkat bemutató rezgésátviteli görbéket a 21. és 22. ábrán vetettük össze. Az egyszámados, szabványos értékelés eredményeit ezekre vonatkozóan is a 4. táblázat tartalmazza



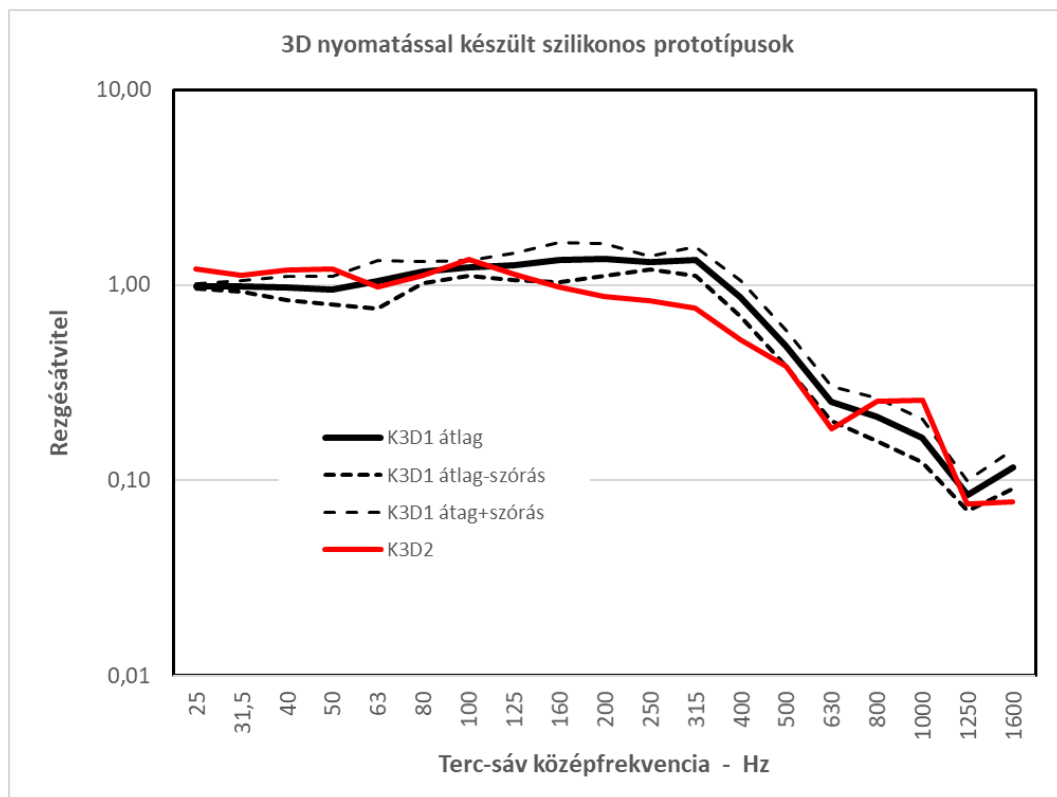
21. ábra: KSZ1 prototípusok: Bütykös szilikon betétlemezzel végzett mérések eredményeinek összefoglalása. Piros vonal: a tenyérenél elhelyezett betét bütykei a fogantyú felé, ujjaknál tenyér felé; sárga vonal: minden bütyök a tenyér felé; kék vonal: minden bütyök a fogantyú felé irányul.



22. ábra: KSZ2 prototípusok: szilikon betétlemezekkel végzett mérések összehasonlítása. Zöld vonal: kevlar kesztyű 2-rétegű szilikon betétlemezzel; barna vonal: plüss kevlar kesztyű 2-rétegű szilikon betétlemezzel; kék vonal: kevlar kesztyű 1-rétegű szilikon betétlemezzel.

A 3. mintasorozat vizsgálati eredményei

A kevlár kötött kesztyűre 3D-s nyomtatóval felvitt nyomatokat tartalmazó prototípusoknál (15. és 16. számú minta) a kapott rezgésátviteleket a 23. ábra szemlélteti.



23. ábra: Az STFI intézetben 3D-nyomtatással készített mintakesztyű prototípusok rezgésátvitelének összehasonlítása. A K3D1 jelű kesztyűnél a szabvány szerinti statisztikai értékelés eredményét: az átvitelek átlagát és az attól + 1 szórásnégyzettel eltérő szórásmezőt is feltüntettük.

Amint azt a későbbi fejezetben bemutatott egyszámadatos, súlyozott átvitelek értékei is mutatják, a „bűtykökkel” felülnyomott kesztyű nagyobb frekvencián jobban csillapít, de közepes frekvenciákon nincs kedvező – sőt határozottan káros – a rezgéscsillapító hatása.

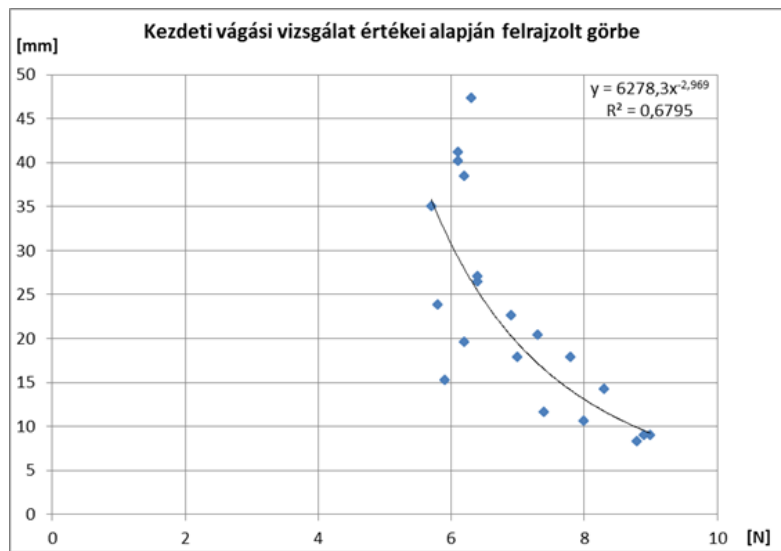
4. EGYÉB VIZSGÁLATOK ÉS MEGFELELŐSÉG ÉRTÉKELÉS

A prototípusok többsége kevlár kötött kelméből készült, amelyek alapkelméin a 2. mérőföldkőben vizsgáltuk a mechanikai (késvágás, kopásállóság stb.) és a termikus kockázatok elleni védelmet [8]. E szerint a kevlárból fejlesztett prototípusok alkalmasak a késvágás és a termikus kockázatok elleni védelemre. Védőeszközként való tanúsításhoz a prototípusok továbbfejlesztése és az iparilag előállított termék bevizsgálása szükséges. Mivel a 18-as és 22. minta eltérő nyersanyagösszetételű, mint az összes eddig vizsgált kelme, ezért megvizsgáltuk ezeknek a tulajdonságait. A bőrrel közvetlen érintkezés miatt vizsgáltuk azt is, hogy jelent-e az alapanyag vegyi összetevője valamilyen kockázatot, azaz „bőrsemleres”-e. Az ártalmas anyagokra irányuló vizsgálatok elvégzését a projekt szűkös költségvetése nem tette lehetővé. A vizsgálati eredmények alapján lefolytattunk megfelelési eljárást is, hogy a prototípusok egyéni védőeszközként tanúsíthatóak-e. Vizsgálataink kiterjedtek a kesztyűben alkalmazott üreges textil tulajdonságaira is.

A 18. minta karvédőként mechanikai kockázatok elleni védelem céljára fejlesztett termék. Meghatároztuk az éles tárgyakkal való vágással szembeni ellenállást az MSZ EN ISO 13997:1999 és az MSZ EN 388:2016 szerint. A vizsgálókészülék: Cutting Restistant Tester (Fero 2017), szabványos vágási hossz: 20 mm, a kés korrekciója: 1,0136. A kondicionálási és vizsgálati légtér jellemzői: 20°C, relatív légnedvesség: 65%.

4. táblázat: A 18. minta kezdeti vágási értékei az MSZ EN ISO 13997:1999 szerinti vizsgálva

Osztály- ba sorolás	5 mm – 15 mm			15 mm – 30 mm			30 mm – 50 mm		
Mérések sor- száma	Vágási hossz (mm)	Alkal- mazott tömeg (g)	Erő (N)	Vágási hossz (mm)	Alkal- mazott tömeg (g)	Erő (N)	Vágási hossz (mm)	Alkal- mazott tömeg (g)	Erő (N)
1.	8,3	450	8,8	15,3	300	5,9	35	290	5,7
2.	9,0	460	9,0	22,6	350	6,9	40,2	310	6,1
3.	9,0	455	8,9	17,9	400	7,8	38,5	315	6,2
4.	11,6	375	7,4	17,9	355	7,0	47,3	320	6,3
5.	10,6	410	8,0	23,8	295	5,8	41,2	311	6,1
6.	14,3	425	8,3	26,5	325	6,4	-	-	-
7.	-	-	-	27,1	324	6,4	-	-	-
8.	-	-	-	20,4	374	7,3	-	-	-
9.	-	-	-	19,6	314	6,2	-	-	-

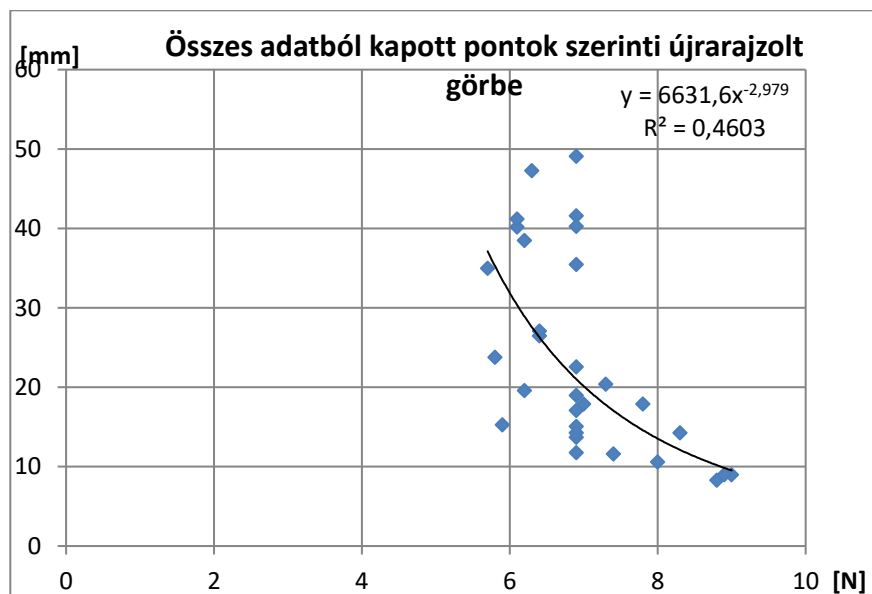


$$20 = 6278,3x^{-2,969}$$

További mérések: Átlag tömeg (g): 352

Vágási erő (N): 6,9

Mérések sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Vágási hossz (mm)	41,6	49,1	40,3	35,5	17,1	13,7	15,1	19,0	14,3	11,8
Átlag	25,75									



$$20 = 6631,6x^{-2,979}$$

$$x = 7,0 \text{ N}$$

Az összes adatból kapott pontok szerinti származtatott vágási erő: 7,0 N

	A szint	B szint	C szint	D szint	E szint	F szint
6.3 TDM vágási erő [N]	2	5	10	15	22	30

MSZ EN 388:2016 szerinti besorolási szint: B

Meghatároztuk a **méretet az MSZ EN 420:2003+A1:2010 6.1 szakasza szerint.**

Eredmények:

Méret nagyság	n.a.
Teljes hossz (mm)	350, 350
Kar kerülete (mm)	254, 248

Meghatároztuk a **kopásállóságot az MSZ EN 388:2017 6.1 szakasza szerint.**

Eredmények:

Próbadarab sorszáma	1.	2.	3.	4.
Kopásállóság (fordulat)	600	630	700	700

Besorolás az MSZ EN 388:2017 szerint: 2-es szint

A 18. minta megfeleléség értékelése az **MSZ EN 420:2003+A1:2010** szerint:

Fejezet/szakasz	Értékelés
4. Általános követelmények	
4.1. Kialakítás és -szerkezet. Általános előírások	megfelel
4.3. A védőkesztyű ártalmatlansága	
4.3.1. Általános előírások	megfelel
4.3.2. A pH-érték meghatározása	megfelel
5. Kényelem és használhatóság	
5.1. Méret nagyság megadása	megfelel
7. Megjelölés és tájékoztatás	
7.1. Általános előírások	megfelel
7.2. Megjelölés	
7.2.1. A kesztyű megjelölése	megfelel
7.2.2. A csomagolás megjelölése	megfelel
7.2.3. Avulási idő	n.a.
7.3. Gyártói tájékoztatás	megfelel

MSZ EN 388:2017 szerint (Fejezet/szakasz)	Értékelés
4.1. Általános előírások Teljesítményszintek: - kopásállóság - késvágással szembeni ellenállás - továbbszakító erő - átlukasztással szembeni ellenállás - vágással szembeni ellenállás (TDM)	megfelel 2-es szint 4-es szint 4-es szint n.v. C szint
4.2. Kiegészítő védelem	n.v.
7. Megjelölés	megfelel
8. Gyártói tájékoztatás	megfelel

A termékfejlesztés során több vizsgálatot végeztünk el 22. mintán is, hogy megállapítsuk, megfelel-e egyéni védőeszköz céljára. A kifejlesztett 100% pamut bélelt kesztyűn megvizsgáltuk a méretre illeszkedést, a mechanikai kockázatok (kopás, körkéses vágás) elleni védelmi képességet, elvégeztünk szilárdsági vizsgálatot, amely a tartós használhatóságra is utal, valamint a kéz mozgásának és a bőrre jelentő kockázatnak az értékelését is. Ezt követően elvégeztük a megfelelőségi eljárást is.

1. Méretek meghatározása az MSZ EN 420:2003+A1:2010 6.1 szakasza szerint.

Eredmények:

Méret nagyság	8	10	11
Teljes hossz (mm)	240, 235	243, 240	254, 252
Tenyér kerülete (mm)	184, 186	210, 210	212, 210

2. Kopásállóság vizsgálata az MSZ EN 388:2017 6.1 szakasza szerint.

Külső réteg:

Próbadarab sorszáma	1.	2.	3.	4.
Kopásállóság (fordulat)	50	50	50	75

Belső réteg:

Próbadarab sorszáma	1.	2.	3.	4.
Kopásállóság (fordulat)	50	90	90	90

Besorolás az MSZ EN 388:2017 szerint: **1-es szint**

3. Késvágással szembeni ellenállás vizsgálata az MSZ EN 388:2017 6.2 szakasza szerint.

Eredmények:

Próbadarab sorszáma	1.					2.				
Vágás sorszáma	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Ciklus (ell. próbadarab), C_n	0,8	0,8	0,8	1,3	0,9	0,9	1,2	1,2	1,4	1,4
Ciklus (próbadarab), T	1,7	1,7	2,7	1,8	2,3	3,7	2,7	1,7	1,7	1,7
Ciklus (ell. próbadarab), C_{n+1}	0,8	0,8	1,3	0,9	0,9	1,2	0,7	1,4	1,4	1,4
Indexszám, i_n	3,1	3,1	3,5	2,6	3,6	4,4	3,7	2,3	2,2	2,2
Végző indexszám, I	3,2					3,0				

Besorolás az MSZ EN 388:2017 szerint: **2-es szint**

4. A vizes kivonat pH-értékének meghatározása az MSZ EN ISO 3071:2006 szerint.

A vizsgálathoz használt oldat típusa: KCI oldat.

Eredmények:

pH-érték (külső réteg)	6,8
pH-érték (belső réteg)	6,7

5. Továbbszakító erő vizsgálata az MSZ EN 388:2017 6.4 szakasza szerint.

Vizsgáló műszer: INSTRON 3369 szakítógépp.

Külső réteg:

Próbadarab sorszáma	1.	2.	3.	4.
Továbbszakító erő (N)	48,6	42,5	43,3	49,1

Belső réteg:

Próbadarab sorszáma	1.	2.	3.	4.
Továbbszakító erő (N)	84,8	106,6	94,1	106,7

Besorolás az MSZ EN 388:2017 szerint: **4-es szint**

6. Kéz mozgási képességének vizsgálata az MSZ EN 420:2003+A1:2010

6.2. szakasza szerint.

Eredmények:

Vizsgált kesztyű mérete	11	11	13	13
Vizsgálópálcika mérete (mm)	5	5	5	5

Besorolás az MSZ EN 420:2003+A1:2010 szerint: **5-ös szint**

A megfelelés értékelése az **MSZ EN 420:2003+A1:2010** szerint:

Fejezet/szakasz	Értékelés
4. Követelmények	
4.1. Általános előírások	megfelel
Teljesítményszintek:	
- kopásállóság	1-es szint
- késvágással szembeni ellenállás	2-es szint
- továbbszakító erő	4-es szint
- átlukasztással szembeni ellenállás	n.v.
- vágással szembeni ellenállás (TDM)	n.v.

Fejezet/szakasz	Értékelés
4. Általános követelmények	
4.1. Általános előírások	megfelel
4.2. Méret nagyságok	megfelel
4.3. Kopásállóság	megfelel
4.4. Továbbszakító erő	megfelel
5. Termikus teljesítmény	
5.2. Kontakt hő	1-es szint

A 18. és 22. minta értékelésének összefoglalása:

A 18. számú karvédő prototípusa mechanikai kockázatok ellen védelmet biztosít, (teljesítményszint: 2, 4, 4, X, C), ipari körülmények között gyártható és II. kategóriájú egyéni védőeszközként forgalomba hozható. A kifejlesztett 22. számú kesztyű prototípus ipari körülmények között gyártható, és II. kategóriájú egyéni védőeszközként forgalomba hozható, teljesítményszintje: 1, 2, 4, X, X.

Rezgéscsillapításra használt anyag mechanikai és hővel szembeni vizsgálata

A prototípusoknál kétféle üreges textíliát használtunk fel rezgéscsillapító réteggént. A 8. és 14. mintában felhasznált üreges textílen meghatároztuk a vastagságot, a szakítóerőt, a kopásállóságot és a hőállóságot is, és megállapítottuk, hogy eredményei alapján az a kesztyű réteggént termikus védelemben nem, de mechanikai védelemben felhasználható lesz.

5. táblázat: A 8. és 14. mintában felhasznált barna üreges textil mérési eredményei

Vizsgált jellemzők	Vizsgálati eredmények
Nyersanyag-összetétel - szemképző fonal - a rétegek közötti távolságtartó monofilament	67,6% poliamid 6.6/32,4% poliészter poliamid 6.6 poliészter
Kötésmód	Kétrétegű, üreges kötött kelme, a rétegek között távolságtartó fonalrendszerrel
Sűrűség (db/10cm) szemoszlop / szemsor	124 / 209
Területi sűrűség (g/m ²)	262,8
Vastagság (mm)	3,11
Golyós szakítóerő (N) színoldal / fonákoldal	708 / 672
Kopásállóság (fordulat)	21.250
Göbösödési és bolyhosodási hajlam (fokozat) Fordulat: 125 / 500 / 1000 / 2000 / 5000 / 7000	5 / 5 / 5 / 5 / 5 / 5
Hőállóság vizsgálata Gyulladás Olvas Méretváltozás (zsugorodás) (%) hosszirány - keresztirány	nem volt nem volt -5,0 -4,8
Gyúlékonyság vizsgálata Átlagos gyulladási idő (s) hosszirány - keresztirány	5 4

4.1. Többrétegű kesztyűk ergonómiai és kézmanipulációs vizsgálata

A kesztyű prototípusok kényelmi funkciójának elemzése azért elengedhetetlen, hogy a modellek valós, gyakorlati alkalmazhatóságáról képet nyerhessünk. Ehhez a védőkesztyűk általános követelményeinek vizsgálatait olyan szubjektív értékeléssel egészítettük ki, amelyek kifejezetten az általunk fejlesztett modellek rendeltetési helyein előforduló igénybevételeket szimulálták. Szabványos és szubjektív vizsgálatokat végeztünk, 7 tesztszemély bevonásával 4 prototípuson.

Objektív vizsgálat – ujjak mozgási képességének meghatározása

Az MSZ EN 420:2003+A1:2010 szabvány 5. fejezete tér ki a kényelem és használhatóság szempontjaira. A méretezésen kívül objektív vizsgálati módszert a kéz mozgási képességére és a vízgőzáteresztésre kínál a szabvány.

Előbbi meghatározására változtatások nélkül a 6.2. fejezetben található vizsgálati módszert alkalmaztuk. Ehhez öt tömör, simára csiszolt, 40 mm hosszú nemesacél vizsgálópálcika szükséges, egyenként 5; 6,5; 8; 9,5 és 11 mm-es átmérővel. A vizsgálat során a tesztalany kesztyűs kezének hüvelyk- és mutatóujjával kísérli meg a vizsgálópálcikákat egyenként felemelni, kerületüknél fogva. Valamennyi pálcikát 30 másodpercen belül háromszor kell felemelni sík felületről. A vizsgálati eredmény szintjét a legkisebb pálcika határozza meg, amellyel még probléma nélkül elvégezhető volt a vizsgálat.

Szubjektív vizsgálat

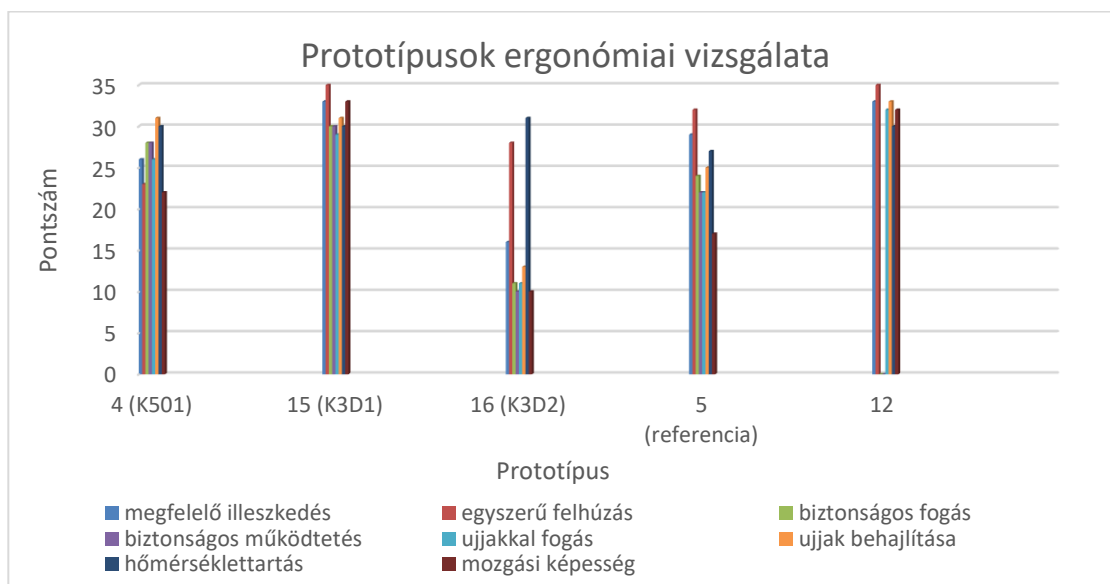
Az ergonómiai képességvizsgálat keretein belül az objektív, szabványos vizsgálatot egy 7 kérdésből álló tesztlappal egészítettünk ki (6. táblázat). Az egyes kényelmi jellegzetességeket egy ötfokozatú skálán értékelték a megkérdezettek, egymás után felpróbálva 4, illetve egy kereskedelembe már kapható referenciamintát is, ez utóbbit összehasonlításként alkalmaztuk.

Két kérdés az alapvető ergonómiára vonatkozott (kesztyű illeszkedése és felhúzásának könnyedsége), két kérdés a kézben tartott szerszám alkalmazásának kényelmi és érzékelt biztonsági fokozatára vonatkozott, további két kérdés pedig az ujjmozgatás akadályoztatását mérte fel. Mivel az előző mérőföldkőben a konzorcium céljai közt az extrém időjárással szembeni ellenállás szubjektív vizsgálata is szerepelt, a 7. kérdésben 15 percnyi téli időjárásban eltöltött idő után tapasztalható melegtartási képességet is vizsgáltuk.

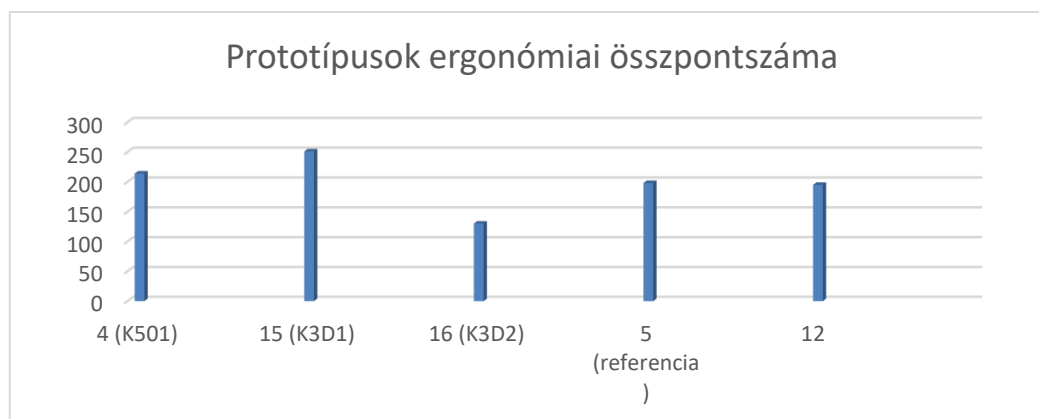
Eredmények statisztikai kiértékelése

A referenciamodellhez képest a 15-ös és a 12-es modell jelentősen kedvezőbb eredményeket ért el a vizsgálati alanyok szubjektív komfortérzete alapján (23. ábra).

A 15 minta esetében megfelelő az illeszkedés, egyszerű a felhúzás, biztonságos a fogás, és működtetés, se az ujjakkal fogás, ujjak behajlítása, a hőmérséklettartás és a mozgási képesség is. Az ábrából megállapítható, hogy a 3D-s nyomtattal készült mintáknál a 16. minta ergonomiai szempontból kedvezőtlenebb, a kéz mozgása akadályozott, sem a biztonságos fogás, biztonságos működtetés nem valósul meg, korlátolt az ujjakkal fogás és az ujjak behajlítása is. A tesztalanyok a prototípusok megtartóképeségét referenciamintáénál jobbnak ítélték.



23. ábra: A prototípusok ergonomiai vizsgálatának eredményei az MSZ EN 420:2003+A1:2010 szabvány és a szubjektív vizsgálat alapján



24. ábra: A prototípusok ergonomiai értékelése szubjektív módon

6. táblázat: Kérdőív a kesztyű prototípusok ergonomiai tulajdonságainak szubjektív megítélésére

	Modell ID	igen, tökéletesen- ----- egyáltalán nem				
Úgy érzi, hogy a védőkesztyű megfelelően illeszkedik a kezére?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
A kesztyű felhúzása egyszerű?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
A szerszám markolatát biztonságosan tudja vele megfogni ?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
A gépet hosszabb időn keresztül biztonságosan tudja működtetni ?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1

Ujjával meg tudja fogni, fel tudja venni az eszközt?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
Ujjait be tudja hajlítani?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
A kesztyű hideg időjárásban 15 perc után is tartja az optimális hőmérsékletet?	4 (K501)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	15 (K3D1)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	16 (K3D2)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	12	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
	5 (referencia)	☐ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1

7. táblázat Értékelő lap a kéz mozgási képességének vizsgálatához az MSZ EN 420:2003+A1:2010, 6.2. alapján

Modell ID	Legkisebb, még megfogható vizsgálópálcika mérete				
4 (K501)	☐ 11 mm	☐ 9,5 mm	☐ 8 mm	☐ 6,5 mm	☐ 5 mm
15 (K3D1)	☐ 11 mm	☐ 9,5 mm	☐ 8 mm	☐ 6,5 mm	☐ 5 mm
16 (K3D2)	☐ 11 mm	☐ 9,5 mm	☐ 8 mm	☐ 6,5 mm	☐ 5 mm
12	☐ 11 mm	☐ 9,5 mm	☐ 8 mm	☐ 6,5 mm	☐ 5 mm
5 (referencia)	☐ 11 mm	☐ 9,5 mm	☐ 8 mm	☐ 6,5 mm	☐ 5 mm

5. A REZGÉSCSILLAPÍTÁS SZABVÁNYOS MÉRÉSI MÓDSZERÉNEK KRITIKUS ÉRTÉKELÉSE

Mivel az anti-vibrációs kesztyűk töltete általában olyan anyagokból készül, amelyeknek a viselkedése nem lineáris jelleget mutat, ezért feltételezhető, hogy a kesztyű rezgéscsillapítását a fogantyú nyomóereje befolyásolja. Az ISO 10819:2013 szabvány előírja, hogy a teszt során mind a nyomó, mind pedig a szorító erőt egy meghatározott (50N és 30N) értéken kell tartani, így a kesztyűanyag deformitása egy lineáris tartományban marad. A vizsgálat során az erő állandóértéken tartása nehézkes. Ráadásul a gyakorlati életben, ahol a rezgés forrása kevésbé ellenőrizhető, ezek az értékek nem tarthatók, ezen felül pedig nem feltétlenül tükrözik a valós munkakörülményeket.

Egyértelmű, hogy az egyéni tényezőnek meghatározó szerepe van egy kesztyű hatékonyságának megítélésében. Az ISO 10819:2013 szabvány három tesztszemély bevonását írja elő a vizsgálatokba és a méréseket kétszeri ismételtsében kell elvégezni. A vizsgálatok során látható volt, hogy a tesztszemély kiválasztásától függően egy kesztyű átmehet, vagy megbukhat a szabványos vizsgálaton (TR érték <1 az M spektrummal és TR érték <0.6 H spektrummal vizsgálva), sőt egy minősített anti-vibrációs kesztyű sem biztosít minden használó számára védelmet. A tesztfolyamat megbízhatóságának ellenőrzésére ezért célszerű tesztszemélyekkel történő nagyobb mintás mérési sorozatot készíteni, hogy a vizsgálati módszer megbízhatóságát igazolni lehessen.

Javasolható, hogy a szabványt pontosítsák, mert a szabványban számos tényező vagy nincs definiálva (például a személyek közötti eltérés jelentősége), vagy nem tükrözi a valóságos munkakörülményeket.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

6.1 Továbbfejlesztésre és ipari adaptációra alkalmas prototípusok kiválasztása

Az előző mérőföldkő eredményei az üreges textilekkel és szilikon rétegekkel készített kompozitok [8]. A projekt harmadik mérőföldkőjében elvégzett komplex vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a 28 mintából álló sorozat egyes elemei alkalmasak a projektben megfogalmazott célok teljesítésére. Elkészült 6 prototípus (4., 15., 16., 17., 23., 24. minták), amelyek alkalmasak egészségmegőrzésre, egyes változatai védenek mechanikai, termikus és/vagy rezgéssel kapcsolatos kockázatok ellen. A kevlar alapanyagú prototípusok alkalmasak az együttesen fellépő mechanikai (kopás, késvágás) és termikus kockázatok csökkentésére. Közvetlen piaci értékesítésre alkalmas kesztyűk, valamint kar- és lábvédők is készültek, ezek a 18., 22., 25., 26., 27. és a 28. minták. A bélelt és a plüsskötésű változatok jól használhatók téli időjárás esetén. A kifejlesztett karvédő és az egyik kesztyű prototípusa megfelelőségértékelési eljárásen esett át (18. és 22. minta), azaz a tanúsítás megszerzésével egyéni védőeszközként forgalmazható.

6.1 Frekvenciafüggő és súlyozott, egyszámadatos rezgésátvitel összehasonlítása

A projekt keretében a kesztyűkön végzett rezgéscsillapítási vizsgálatok végeredményét az alábbi, 4. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban piros kóddal és számokkal jeleztük azokat a változatokat, amelyeket rezgésszigetelő egyéni védőkesztyűkhöz ipari adaptációra alkalmasnak tartunk. A legjobb eredményt egyértelműen a KSz0 jelű változat produkálta, aminél a külső és belső réteg között vastag, igen lágy szilikongumi csíkokat helyeztünk el. Mint említettük, technológiai okoknál fogva ez a megoldás nehezen adaptálható, ezért további szilikonos megoldásokkal kísérleteztünk. Mind a 20. (KSz1), 21. (KSz2) és a 15. (K3D1) mintáknál az okozza a problémát, hogy a 315 és 400 Hz-es sávban csillapítás helyett kisebb-nagyobb mértékű erősítés lép fel. Feltételezésünk szerint ezt a rezonanciás erősítést a kesztyű különböző rétegei és a közöttük elhelyezkedő szilikon „büttyök” alkotta tömeg-rugó rendszer sajátrezgése hozza létre. Amikor a betétréteg nagy csillapítással rendelkezik; ez a rezonancia nem lép fel 19. (KSz0) minta, vagy erősen ellapult formában jelentkezik 15. minta (K3D1). A 15. minta (K3D1 típus) rezgésátvitel – várakozásunk ellenére – sajnálatos módon elmarad a többi szilikonos anyaggal elért eredménytől. Úgy véljük, hogy ennek oka elsősorban a túlságosan merev

szilikonos anyag, ill. az a tény, hogy a rugalmas anyag nem a két kesztyűréteg közé, hanem a kevlar anyag külső felületére került.

4. táblázat: A prototípusok [4] szabvány szerint elvégzett értékelésének eredményei

Követelmény			≤0,9	≤0,6
leírás	Típuskód	Mintaszám		
VIBRATION fekete gyári		5	0,92	0,40
tenyér felől poliészter bevonat, hátul betéttel		6	1,22	0,93
Levlar+piros vastag szivacs(5)+pamut	K501	4	1,11	0,43
Kevlar+szilikon+pamut	KSZ0	19	0,96	0,34
Kevlar+ragasztott szivacs+cotton	K1801	3	1,24	1,16
Kevlar+bütykös szilikon (csak tenyérnél markolat felé)+pamut	KSZ1	20	1,39	0,55
Kevlar+bütykös szilikon (minden bütyök markolat felé)+pamut		20	1,08	1,05
Kevlar+bütykös szilikon (bütyök tenyér felé)+pamut		20	1,32	0,74
Kevlar+1-rétegű zöld szilikon+pamut	KSZ2	21	0,94	1,28
Kevlar+2-rétegű zöld szilikon+pamut	KSZ22	23	0,96	1,11
Plüss kevlar+2-rétegű zöld szilikon+pamut	KSZP2	24	0,72	1,32
3D-s nyomtatással készült egyrétegű kevlar, szilikon bütykökkel	K3D1	15	1,32	1,06
3D-s nyomtatással készült egyrétegű kevlar, szilikon lapokkal	K3D2	16	1,01	0,70

6.2 Kitekintés és továbblépési javaslatok

A rezgéscsillapító kesztyűk prototípusainál arra fókuszáltunk, hogy olyan anyagokat találjunk, amelyek a szabványban elvárt követelmények szerint csillapítják a kéz-gép okozta rezgést. A kesztyű szerkezeti kialakításához a szabványnak a külalakra vonatkozó előírásait nem tudtuk figyelembe venni a konzorciumi partnerek által fejlesztett technológiákat alkalmazva.

Ahhoz, hogy a rezgés csillapítására szolgáló kesztyű tanúsítható legyen, a kesztyű kialakításával kapcsolatos szabványos követelményeket figyelembe kell venni. E szerint a kesztyű tenyér részébe, ujjába és hüvelykujjába helyezett rezgéscsökkentő anyag vastagságának nagyobbnak vagy egyenlőnek kell lennie, mint a kesztyű tenyér részébe helyezett rezgéscsökkentő anyag vastagságának 0,55-szöröse. A rezgésálló kesztyűk készülhetnek úgy, hogy a kesztyű hüvelykujj részébe helyezett rezgéscsökkentő anyag

nem csatlakozik közvetlenül a szomszédos, a tenyér részbe helyezett rezgéscsökkentő anyaghoz. Ilyen esetben az alábbi követelményeknek kell teljesülniük:

- A közvetlenül a mutatóujj és hüvelykujj közötti tenyérterületet rezgéscsökkentő anyaggal kell fedni, amely része a kesztyű tenyér részében lévő rezgéscsökkentő anyagnak.
- A hüvelykujj rész és a szomszédos tenyér rész rezgéscsökkentő anyaga közötti hiány (rés) nem lehet nagyobb, mint a tenyér rész rezgéscsökkentő anyagának vastagsága a rések hosszának mentén.
- A hüvelykujj rész rezgéscsökkentő anyagát úgy kell rögzíteni kesztyű hüvelykujj részéhez, hogy az anyag ne csússzon ki vagy mozduljon el a helyéről a kesztyű normál használata során.

Érdemes annak megfontolása, hogy a jelen kutatásban rezgés csillapítására alkalmazott anyag és milyen rögzítési technológiával válhatnak ipari méretekben gyártható terméké. A konzorciumi partnernél alkalmazott technológia további fejlesztéseket igényel. Amennyiben a 3D-s nyomtatással kedvező rezgésvizsgálati eredmények születnek, célszerű a nyomtatáshoz saját eszközt beszerezni.

Vizsgálataink rámutattak arra, hogy a legjobb rezgéscsillapítási eredmény a kétrétegű kesztyűk között elhelyezett betét-anyaggal érhető el, amelynek a lehető leglágyabbnak kell lennie. A kevlar külső réteg teherelosztóként is működik, így a nem egyenletes felületű, hanem „bűtyköket” tartalmazó rugalmas betétben a kiemelkedő részek egyenletesebb oszlik el a vizsgálatkor és a használat során is kialakuló erőterhelés; ugyanakkor a „bűtykök” oldalirányban is deformálódhatnak.

A megfelelően lágy és tartósan felvihető, legvalószínűbben szilikon alapú betétanyag ipari szempontokat is kielégítő kiválasztása mellett fontos és a jelen projekt keretei között megválaszolatlanul maradt kérdés az, hogy mi okozza a vizsgált kesztyűk legnagyobb

részénél tapasztalható, közepes frekvenciás erősítést. Ennek a rezonanciának a megszüntetése vagy csillapítása jelentősen javítaná a rezgésszigetelő hatást.

A probléma megoldása azonban széles körű elméleti biomechanikai kutatásokat tenne szükségessé, ami meghaladta az ipari megoldásokra fókuszáló ProTexSafe K+F projekt kereteit.

7. HIVATKOZÁSOK

1. PROTEXSAFE – Funkcionális textil termékek és egyéni védőeszközök kifejlesztése mechanikai, rezgés, termikus kockázat elleni védelemhez és életminőség javításához.
EUREKA-16 program, BME témaszám: 47093.
BME kutatási részjelentés a 2017. évben végzett kutatómunkáról.
2. PROTEXSAFE – Funkcionális textil termékek és egyéni védőeszközök kifejlesztése mechanikai, rezgés, termikus kockázat elleni védelemhez és életminőség javításához.
EUREKA-16 program, BME témaszám: 47093.
BME kutatási részjelentés a 2018. évben végzett kutatómunkáról.
3. ISO 10846 szabványsor, Part 1 to Part 5
Acoustics and vibration - Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer properties of resilient elements.
4. ISO 10819 : 2013
Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand
5. ISO 9052-1:1989
Acoustics – Determination of dynamic stiffness.
Part 1: Materials used under floating floors in dwellings
Part 2: Materials used for vibration and sound insulation of equipment in buildings
6. G.P. O'Hara, Mechanical properties of silicone rubber in a closed volume.
Technical Report ARCLB-TR-83045, US Army Armament Research and Development Center, Watervliet N.Y., December 1983.
Letöltve: 2019. január 9.
7. PROTEXSAFE - Funkcionális textil termékek és egyéni védőeszközök kifejlesztése mechanikai, rezgés, termikus kockázat elleni védelemhez és életminőség javításához.
EUREKA-16 program.
Kutatási tanulmány 2018.
8. PROTEXSAFE - Funkcionális textil termékek és egyéni védőeszközök kifejlesztése mechanikai, rezgés, termikus kockázat elleni védelemhez és életminőség javításához.
EUREKA-16 program.
Kutatási jelentés 2019.

8. FÜGGELÉK: A KESZTYŰ PROTOTÍPUSOK FEJLESZTÉSÉHEZ FELHASZNÁLT KÍSÉRLETI MINTÁK KÉPEI



19. ábra: Előkísérletnél alkalmazott, 1. sz. kesztyű minta.



20. ábra: Előkísérletnél alkalmazott, 2. sz. kesztyű minta.



21. ábra: Előkísérletnél alkalmazott, 5. sz., kereskedelmi forgalomban beszerezett kesztyű



22. ábra: Előkísérletnél alkalmazott, 6. sz., kereskedelmi forgalomban beszerezett kesztyű.



23. ábra: Kétrétegű kesztyű prototípus, K1801 jelű változat.(3. minta)



24. ábra: Kétrétegű kesztyű prototípus, K501 jelű változat (4. minta)



25. ábra: Kétrétegű kesztyű minta, KI701 jelű változat (7. minta).



26. ábra: Kétrétegű kesztyű minta, KI112 jelű változat (8. minta)



27. ábra: Kétrétegű kesztyű minta, KJ10 jelű változat (9. minta)



28. ábra: Kétrétegű kesztyű minta, plüss kevlár „0” jelű változat (10. minta)



29. ábra: Kétrétegű kesztyű minta, kevlar „0” jelű változat (11. minta)



30. ábra: Kétrétegű kesztyű minta, KKF10 jelű változat (12. minta)



31 ábra: Kétrétegű kesztyű minta, KPF10 jelű változat (13. minta)



32 ábra: Kétrétegű kesztyű minta, KPB10 jelű változat (14. minta)



33 ábra: Egyrétegű kesztyű prototípus, 3D nyomtatással készült szilikon „bütykökkel” (K3D1), (15. minta)



34 ábra: Egyrétegű kesztyű prototípus, 3D nyomtatással készült szilikon lapocskákkal (K3D2)(16. minta)



35. ábra: Egyrétegű kevlár csökelme prototípusa láb védelmére (17. minta)



36. ábra Kötött karvédő, 40% poliamid, 40% poliészter, 20% üvegszál felhasználásával (18. minta)



37 ábra: Kétrétegű pamut kesztyű (22. minta)



38. ábra: Kevlar kesztyű prototípusa, kétrétegű zöld szilikonnal és pamutbéléssel (KSZ22) (23. minta)



39 ábra: Kevlar plüsskötésű kesztyű prototípusa, kétrétegű zöld szilikonnal és pamutbéléssel (KSZ22) (24. minta)



40 ábra: Kevlar lábvédő pamutbéléssel (25. minta)



41 ábra: PA/PES/üvegszál lábvédő pamutbéléssel (26. minta)



42. ábra: PA/PES/üvegszál fitalátmentes kesztyű, pamutbéléssel (27. minta)



43. ábra: Dynetex bélelt kesztyű (28. minta)