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

EUREKA_16-1-2016-0017

Kutatási Tanulmány II.

Közreműködők:

Az INNOVATEXT részéről: Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia
Szemerédy Andrea
Csépe Boglárka
Szűcs Letícia Mónika
Szalay László

A GLOVITA részéről:

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

BME részéről:

Dr. Augusztinovicz Fülöp
Dr. Rucz Péter
Korondi Ibolya

A jelentést összeállította:

Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia

Budapest, 2019. január

EUREKA_16-2016-0017 ProTexSafe projekt
Kutatási tanulmány

PROTEXSAFE PROJEKT

II. RÉSZJELENTÉS

A részjelentés a futó ProTexSafe projekt keretében készülő kutatási tanulmány 2. részére terjed ki, és a 2018. január 3. - december 31. között elvégzett kutatási tevékenységeket összegezi.

Célkitűzések:

- Védelmi célra textil anyagszerkezet prototípusok fejlesztése, kísérleti sorozatok gyártása (14. részfeladat, GLOVITA KESZTYŰ ZRT)
- Mechanikai védelemhez kifejlesztett anyagszerkezetek összehasonlító laborvizsgálata (4. részfeladat, INNOVATEXT Zrt.)
- Rezgés elleni kar-gép védelemhez textil anyagszerkezetek összehasonlító vizsgálatainak elvégzése (11. részfeladat, BME)

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.....	4
1. Mechanikai, hő és rezgés ellen védő textil anyagszerkezetek fejlesztése, kísérleti sorozatok gyártása	5
1.1 A munkaterv és a vizsgálati mintasorozat készítésének szempontjai.....	6
1.2 Kísérleti terv és kutatási módszertan	7
1.3 Kísérleti minták elkészítése	8
2. A késvágással szembeni ellenállás vizsgálati módszerének és mérőműszerének validálása. 11	
2.1 Vágással szembeni ellenállás meghatározása az MSZ EN ISO 13997:2000 szerint	11
2.2 A késvágással szembeni ellenállás körvizsgálatának menete és eredményei.....	13
3. Kísérleti mintasorozaton végzett komplex vizsgálatok és eredményeik kiértékelése	15
3.1 Késvágással szembeni ellenállás vizsgálatának eredményei	15
3.2 Egyéb mechanikai kockázatok vizsgálata	17
3.3 Termikus hatások elleni védelem vizsgálata	19
3.3.1 Égési viselkedés vizsgálatának ismertetése	19
3.3.2 A kísérleti minták égési vizsgálati eredményei	21
3.4 A légáteresztőképesség és az összenyomhatóság vizsgálatának eredményei	22
4. Kísérleti minták rezgéscsillapítási tulajdonságainak vizsgálata.....	24
4.1 A kísérleti minták rezgéscsillapításának vizsgálati módszere és berendezése.....	25
4.2 A rezgésátviteli vizsgálatok eredményei	26
4. A kísérleti anyagszerkezetek optimalizálása prototípushoz.....	35
5. Összefoglalás	38
6. Hivatkozások.....	40
7. Függelék.....	41
1. Melléklet A 2. kísérleti mintasorozat elemeinek képei és adatai (9-18. minták).....	41
2. Melléklet A 3. mintasorozatot alkotó kompozit szerkezetek mintái (A-T).....	43
3. Melléklet Rezgésterhelést mérő berendezés prototípusa	45
4. Melléklet A Glovita Kesztyűgyárban készült kísérleti minták	46
5. Melléklet A szubjektív vizsgálathoz beszerzett rezgéscsillapító kesztyűk	47

Bevezetés

A tervezett 3 éves kutatás és fejlesztés olyan új egészségmegőrző textil termékekre fókuszál, amelyek képesek megóvni a végtagok funkcionális teljesítményét extrém igénybevételek, és szélsőséges időjárási körülmények esetén is, mindemellett viseletük kényelmes, a használat, tisztítás során is megőrzik tulajdonságukat, így biztosított a hosszú élettartamuk.

A 3 évre szóló fejlesztés szakaszai:

- Előkészítés: késvágás, szűrés és termikus kockázat ellen védő kesztyűk, rezgés csillapító és egészségmegőrző textilanyagok tulajdonságai, elméleti alapjai, meglévő állapot tanulmányozása, összegzése
- Termékfejlesztés: textil anyagszerkezetek, kompozitok tervezése és összehasonlító vizsgálata egyéni védőeszközök és új egészségmegőrző textil termékek prototípusaihoz
- Technológia fejlesztés: új védőkesztyű és funkcionális harisnya/legging/stb. prototípusok gyártása, optimalizálás
- Komplex vizsgálati módszer fejlesztése
- Javaslat esetleges szabványosításhoz, módosításhoz
- 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

A 2017-es év vonatkozó projektszakaszainak 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 alapján 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 vizsgálati szabványok feltüntetésével együtt.

1. Mechanikai, hő és rezgés ellen védő textil anyagszerkezetek fejlesztése, kísérleti sorozatok gyártása

A projekt 2. szakaszának elején kísérleti hipotéziseket állítottunk fel az előző mérőföldkőben kapott elméleti alapok alapján. A cél, hogy az egyes anyagok tulajdonságait és az anyagi jellemzők változtatásának hatását vizsgáljuk, hogy megtaláljuk azokat, amelyek az elvárt komplex igénynek leginkább megfelelnek. Ezek az igénypontok: az anyag elvárt módon álljon ellen éles tárgyak okozta mechanikai sérülésnek, valamint a hőhatásnak és megfelelő mértékben csillapítsa a rezgést kézi szerszámok működtetése során, ugyanakkor legyen ergonomikus, kényelmes a később majd abból készült kesztyű viselete.

Ez a kutatási részjelentés a mechanikai, hő és rezgés elleni védelemben használható újszerű anyagszerkezetek kialakítására fókuszál, elsősorban olyan anyagokra, amelyek különböző rétegekben kompozitként kerülnek kialakításra és üreges textileket, egyéb párnázó és felületmódosított elemeket stb. tartalmaznak. A jelentés az anyagszerkezetek kialakításának folyamatát és vizsgálatainak eredményeit kívánja bemutatni.

Hipotézisünk szerint:

- a. a kötött kelme nyersanyaga befolyásolja a késvágással szembeni ellenállást,
- b. a kompozitként kialakított kötött szendvics szerkezet felső rétege megfelelő védelmet biztosíthat éles tárgyak okozta mechanikai sérülés ellen egyéni védőeszköz kialakításához,
- c. a kompozitként kialakított kötött szendvics szerkezet felső rétege megfelelő védelmet biztosíthat hő ellen egyéni védőeszköz kialakításához
- d. a kompozitként kialakított kötött kelmék közbenső rétegében a rezgés csillapítására alkalmazható üreges textília és szilikon is,
- e. az anyagtulajdonságok vizsgálatával és a mérési adatok alapján kialakítható az elvárt igényekhez rendelt optimális anyagszerkezet.

A hipotézisek bizonyítására kísérleti tervet készítettünk és vizsgálatokat végeztünk. A mérési eredmények alapján lehetőség nyílik a bizonyításra vagy a hipotézisek elvetésére. A vizsgálati eredmények kiértékelése alapján tervezhetők meg a 3. munkaszakaszban a kesztyű és karvédő prototípusok, amelyek legyártása után azokat bevizsgáljuk és a gyakorlati alkalmazhatóság szubjektív kiértékelésének céljából próbaviseletnek is alávetjük.

1.1 A munkaterv és a vizsgálati mintasorozat készítésének szempontjai

A munkaterv:

1. Textil anyagok és összetett anyagszerkezetek kialakítása;
2. A mechanikai és hő hatásokkal szembeni ellenállás vizsgálata;
3. Komplex mérési módszerek fejlesztése, a késvágási ellenállás körvizsgálatában való részvétel a mérési eredmények validálására;
4. Rezgés csillapítás vizsgálata, a mérési eredmények kiértékelése;
5. Anyagszerkezetek optimalizálása prototípushoz.

A kísérleti paraméterek szempontjainak összeállítását az 1. mérőföldkőben végzett irodalomkutatás, valamint a mérőföldkőben elvégzett kísérleti mérések alapozták meg. Három, a hazai kereskedelemben nem kapható, késvágás és rezgés ellen védő kötött egyéni védőkesztyűt vásároltunk (Függelék 5. melléklet), amelyeknek kialakítását és belső szerkezetét szubjektív módon megvizsgáltuk. Az 1. mintasorozaton (1. mérőföldkő kutatási jelentés 1. melléklet 1. táblázat, 1-8. minta) elvégzett a rezgéscsillapításra vonatkozó mérések eredményeiből megállapítottuk, hogy üreges textil alkalmazható erre a célra, ezért a további vizsgálatokhoz különböző, a kereskedelemben is kapható üreges textilt használunk.

Mіндеzek alapján meghatároztuk a kísérleti paramétereket és azok változóit a mintasorozat elkészítéséhez.

Kísérleti paraméterek:

1. kötött kelme nyersanyaga (Kevlar/Dynetex);
2. egyszínoldalas kötött kelme kötésszerkezete (plüss/sima),
3. kötött kelme felületi kialakítása (szitanyomással pontozott PVC / sima);
4. kompozit rétegek száma (3db);
5. szendvicsszerkezet rétegvastagsága (5 mm-15 mm);
6. szendvicsszerkezet belső rétege (üreges textil/szilikon);
7. szendvicsszerkezet belső rétegeként alkalmazott üreges textil fajtája, vastagsága (fehér, 3,7 mm/ barna, 3,1 mm);
8. szendvicsszerkezet belső rétegeként alkalmazott szilikon vastagsága (5 mm/10 mm).
9. szendvicsszerkezet belső rétegeként alkalmazott szilikon kialakítása (sík lap/ csíkok)

A kísérleti textilanyagokon és összetett anyagszerkezeteken elvégzendő vizsgálatok:

- Éles tárgyak okozta ellenállás vizsgálata két módszerrel (körkéses és TDM késvágás)
- Hővel szembeni ellenállás vizsgálata,
- Ergonómiai, kényelmet befolyásoló jellemzők vizsgálatai (légáteresztés, összenyomhatóság, vastagságmérés)

A hideg elleni védelem vizsgálata az EN 511 szabvány szerint történik, amely a hideg elleni védőkesztyűkre vonatkozó követelményeket és tesztelési módokat határozza meg -50 °C-ig. A hideg klímaváltozáshoz vagy ipari tevékenységhez köthető. A szabvány a következő vizsgálatokat tartalmazza:

A: Konvektív hideggel szembeni ellenállás

B: Kontakt hideggel szembeni ellenállás

C: Vízzelhatlanság

Ezekre, valamint az öregedés hatásának vizsgálataira nem került sor, mert jelenleg ilyen vizsgálatokra nincs lehetőség az INNOVATEXT Zrt laboratóriumában, külső labor megbízásának finanszírozását pedig a projekt nem teszi lehetővé. A konzorcium döntése szerint az extrém időjárással szembeni ellenállást majd a 3. mérőföldkőben, a kesztyű prototípusok próbahordásánál lehet szubjektív módszerrel megítélni.

1.2 Kísérleti terv és kutatási módszertan

- a. A mechanikai tulajdonságok összehasonlításához megvizsgáljuk 5 mintán a késvágással szembeni ellenállást (a minták száma: 9,10, 11,12,13);
- b. Két eltérő módszerrel összehasonlítjuk a késvágással szembeni ellenállás eredményeit és körvizsgálatban veszünk részt (a minták száma: 9,12);
- c. Egyéb mechanikai hatások vizsgálata (a minták száma: 9,12);
- d. A termikus ellenállás összehasonlításához megvizsgáljuk a hővel szembeni ellenállást (a minták száma: 9,10, 11,12,13);
- e. A rezgéscsillapítás megítéléséhez a BME laboratóriumában megvizsgáljuk a 3. mintasorozat rezgéssel kapcsolatos jellemzőit, hogy megállapítható legyen, mely szerkezetek alkalmasabbak a csillapításra;

- f. A kényelmi tulajdonságok megítéléséhez megvizsgáljuk a 3. mintasorozat 15 mintájának légáteresztő képességét, hogy következtessünk a szerkezet ergonómiai komfortot leginkább befolyásoló tulajdonságára (minták jele: A,B,D,E,F,H,I,J,L,M,N,P,Q,R,T);
- g. A kényelmi tulajdonságok megítéléséhez megvizsgáljuk a 3. mintasorozat 15 mintájának vastagságát, hogy következtessünk a szerkezet ergonómiai komfortot leginkább befolyásoló tulajdonságára (a minták jele: A,B,D,E,F,H,I,J,L,M,N,P,Q,R,T);
- h. A kényelmi tulajdonságok megítéléséhez megvizsgáljuk a 3. mintasorozat 15 mintájának összenyomhatóságát, hogy következtessünk a szerkezet ergonómiai komfortot leginkább befolyásoló tulajdonságára (a minták jele: A,B,D,E,F,H,I,J,L,M,N,P,Q,R,T).

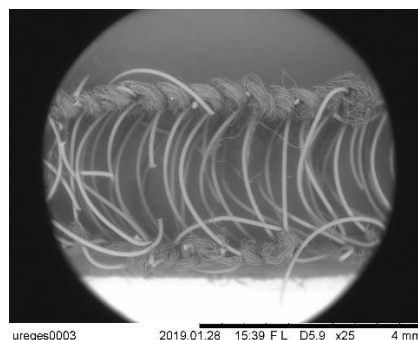
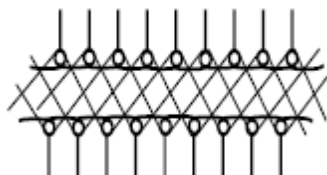
1.3 Kísérleti minták elkészítése

A fenti kísérleti paraméterek alapján a vizsgálati mintákhoz legyártásra kerültek a GLOVITA Kesztyű Zrt-nél a kötött kelmék, beszerzésre került kétfajta üreges textil és kialakításra került kétfajta kísérleti szilikon réteg. Ezek alapján különböző kötésszerkezetű és többrétegű kompozitokat (szendvics szerkezeteket) alakítottunk ki. A 2. és 3. mintasorozatokat alkotó vizsgálati minták adatait és fényképeit a Függelék 1. számú melléklete tartalmazza.

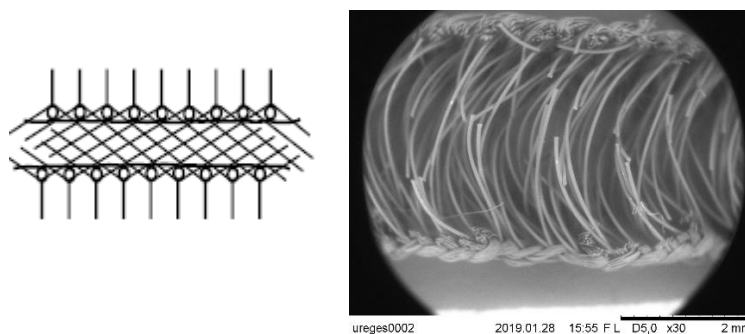
Vizsgálati mintasorozatok

- 10 db kötött kelméből álló 2. számú mintasorozat (1. melléklet, 1. táblázat, minta sorszáma: 9-18)
- 23 db kompozitból álló 3. számú mintasorozat (1. melléklet, 2. táblázat, minták jelölése: A-T)

A rezgéscsillapításhoz kiválasztott üreges textilek a 1.1 és 1.2 ábrán láthatók.



1.1 ábra Az rezgéscsillapításra alkalmazott üreges textil (15. minta) szerkezeti rajza és elektronmikroszkópi képe



1.2 ábra Az rezgés csillapításra alkalmazott üreges textil (16. minta) szerkezeti rajza és elektronmikroszkópi képe

A GLOVITA Kesztyű Zrt. a prototípusok elkészítését automata kesztyű kötőgépen végzi, mert ezeken a megkötött kesztyű teljesen idomozott, alakra illeszkedő lesz, így a kesztyű viselése kényelmes. Ez az illeszkedés biztosítja a kesztyű viselőjének a munkavégzés során a megfelelő komfort érzetet. A cég a projekt támogatásával beszerzett szabásminta szerkesztő, modellező, szériázó, digitalizáló eszköz (Morgan CAD szoftver) alkalmazásával különböző formájú, területű textil anyagokat is készített komplex mérési módszerekkel történő bevizsgálás céljára. A minták közül a legjobb eredményeket mutatók majd a kesztyű-prototípusok tenyér részére lesznek rögzítve, a rezgés csillapítás növelése érdekében. Az eszköz ezen típusa rugalmasan módosítható, folyamatosan követi a kéz méreteket, ezáltal igen pontos méretsor készíthető el a gyártáshoz. A műszaki dokumentációban rögzíthető az adott cikkszámhoz tartozó mindaz a digitalizált paraméter, amire a gyártásnak szüksége van. A szerkesztett minta gyártásba kerülés előtt megbízhatóan ellenőrizhető a szimuláció funkcióval, így kiszűrhetők az ember okozta hibák.

A 11, 12 és 13. minták 36 x 2 tex lineáris sűrűségű, 100% Kevlar összetételű fonalból, egyszínoldalas kötésmóddal készült kötött kelmék, amelyek a GLOVITA Kesztyű Zrt. üzemében készültek, nagyfinomságú kötőgépen. A gép megnevezése: SFG. Finomsága:7. Az üzem Dynetex fonalból is lekötött egyszínoldalas kísérleti mintákat, és a két nyersanyagból plüss fonal kiegészítéssel is gyártott mintákat, hogy a keletkező hurkok következtében az így lekötött kötött kelme felülete terjedelmesebb legyen (1.3. ábra). A feltételezés szerint a különböző méretű hurkokkal kialakított felületréteg, a térbeli kiterjedés következtében növelheti a rezgés csillapítást. A hurkosított és különböző finomságú fonalokból készült kesztyűminták a Függelék 4. Mellékletében láthatóak. Az 1.4. ábra és a 5. Melléklet képein látható, hogy a kesztyűnek csak egy részén alakítottak ki hurkokat a rugalmas réteggel való béleléshez - a kifejlesztendő kötött kesztyű tenyér részén kialakítandó párnázásához.



1.3 ábra Az rezgéscsillapítás céljára hurkosított kelme felülete (11. minta)



1.4 ábra Az rezgéscsillapítás céljára hurkosított kelmefelület a kesztyű tenyér részén



1.5 ábra PVC pöttyökkel módosított kelmefelület

A komplex mérésekhez az 1.3 ábrán látható egy plüss kötösszerkezetű kelme (11. minta) került be a vizsgálandó mintasorozatba. Amennyiben a hurokréteg kimutathatóan képes a rezgés csillapítására, akkor a következő fejlesztési szakaszban további kísérleteket végzünk a hurkos felületek kialakítására és esetleges kitöltésére (párnázásával), és a nagy szilárdságú Kevlar és Dynetex fonalakon kívül olyan különleges tulajdonságú fonalak alkalmazásával is fogunk kísérletezni, melyek speciális kezelés hatására terjedelmessé válnak.

A kísérletekhez legyártott az üzem felvitt PVC pontozással módosított felületű kelméket is (1.5 ábra), amelyek a felület csúszásmentességét biztosítják. A feltételezés szerint az így kialakított réteggel is lehet a rezgésátvitelt befolyásolni. Amennyiben ez beigazolódik, további kísérleteket végzünk majd különböző sűrűségű és magasságú nyomott mintázatú felületek kialakítására és az így kapott mintákat vizsgálatoknak fogjuk alávetni.

2. A késvágással szembeni ellenállás vizsgálati módszerének és mérőműszerének validálása

Az első kutatási munkaszakaszban kialakítottuk a beszerzett új mérőműszer végleges helyét és sor került az új mérőműszer beüzemelésére. A késvágáshoz szükséges kések, a kalibráló neporén és egyéb segédeszközök beszerzése, valamint a vizsgálathoz szükséges képesség elsajátítása hosszabb időt vett igénybe. Első lépésként próbaméréseket végeztünk a műszeren. Második lépésben összehasonlító vizsgálatra került sor, a Hohenstein Intézet laboratóriumában és az INNOVATEX Zrt laboratóriumában. Ennek eredménye nem volt kielégítő, ezért körvizsgálatra jelentkeztünk be.

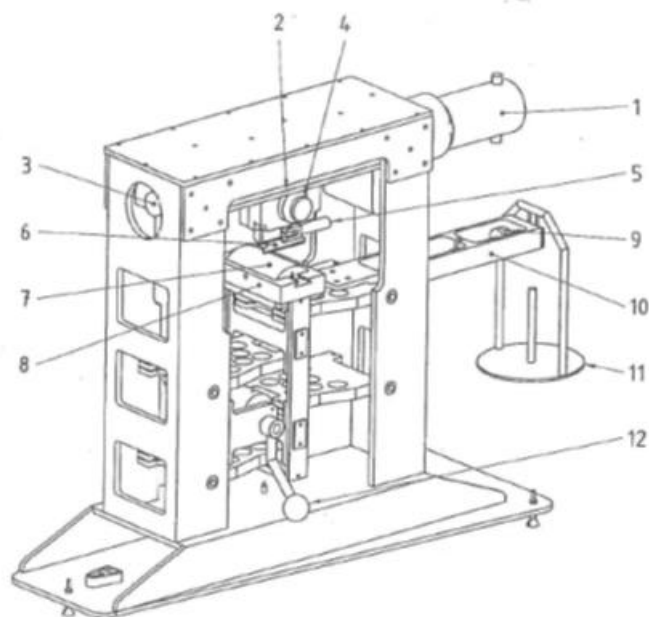
2.1 Vágással szembeni ellenállás meghatározása az MSZ EN ISO 13997:2000 szerint

Éles szélék (kések, fémlapok egyes részei, fémforgács, üveg, pengét tartalmazó szerszámok) vágással szembeni ellenállását tudjuk megállapítani a vizsgálat segítségével. Jelen esetben kötött kelméket vizsgáltunk meg (a minták száma: 9,10, 11,12,13).

A vizsgálati módszer elve:

Az anyag vágással szembeni ellenállása azt jelenti, hogy a pengével való átvágásnak ellenáll. Egy olyan műszeren mérjük ezt meg, amely a próbadarabon keresztül egy éles pengét húz. A penge vágása 3-50 mm hosszan mozog a próbadarabon merőlegesen, miközben különböző súlyokat helyezünk a súlytartó tányérra, ezzel erőt gyakorolva a próbadarab felületére. A vágóerőt azzal a mintaanyaggal vágással szembeni ellenállással fejezzük ki, amelyet a szabványos élességű pengére kell gyakorolni ahhoz, hogy az anyagot éppen átvágja 20mm-es pengevágási hosszal. A vágóerők értékét osztályokba soroljuk.

A vizsgálatot kondicionált laboratóriumban végeztük el, melynek hőmérséklete: $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, nedvességtartalma: $50 \pm 5\%$.



Jelmagyarázat

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1 Motor és meghajtó rendszer | 7 Próbadarabtartó |
| 2 Pengemegvezető rendszer | 8 Próbadarabtartó szerelvény |
| 3 Helyzetkapcsoló | 9 Előfegyők |
| 4 Pengecsatlakozó | 10 Mérlegkar |
| 5 Pengebefogó | 11 Súlytartó tányér |
| 6 Penge | 12 Biztonsági zár |

2.1 ábra A késvágás meghatározására szolgáló műszer az MSZ EN ISO 13997:2000 szerint

Mintavétel:

A mintavételezést úgy végeztük el, hogy a próbadarabok a teljes mintát reprezentálják. Köött kelménél a szemoszlopokhoz képest $45 \pm 10^\circ$ -os szögben történik a próbadarabnak a kivétele, melynek mérete 25x100 mm.

A próbadarab felszerelése:

A próbadarabtartó széleire kétoldalas ragasztót tettünk hosszirányban. A réz tapadószalag (10 mm széles, 0,03 mm vastag) biztosítja a vezetőképességet, amikor a próbadarabon való áthatolásnál a penge és a réz szalaggal érintkezése zárja az áramkört.

A vágóél élességének ellenőrzése és a mérés elvégzése:

A vizsgálat előtt a késpenge csomagból minden 20. pengét meg kell vizsgálni a kalibráló neoprén anyag segítségével, úgy hogy azt a késnek $5 \pm 0,02$ N erővel át kell vágnia. Elfogadható a pengecsomag minősége, ha az átlagos vágási hossz 20 - 30 mm között van, illetve a 10 mérés variációs együtthatója 10% vagy annál kisebb. A kalibrálás befejezhető, ha 15 leolvasással elérünk

15 olyan értéket, melyeknél a vágási hossz 5-50 mm közé esik. A vágási hossz három tartományra osztható:

- I. 5 mm – 15 mm
- II. 15 mm – 30 mm
- III. 30 mm – 50 mm

A vágások sorozatát addig végeztük, amíg minden tartományban minimum 5db mérés került.

A mérési sorozat eredményeit diagramon szemléltettük a vágási hosszok és az alkalmazott erők függvényében. A pontokra illesztett közelítő görbe segítségével meghatároztuk annak egyenletét és azt az erőt a görbéről, amelynél 20 mm-es volt a vágási hossz. Ezzel az erővel öt mérést végeztünk. Ennek során a vágási hossz 18 mm és 22 mm közé kell esen. Amennyiben ez nem teljesül, további 5 vizsgálatot kell végezni. A vágási erő megadása 0,1 N pontossággal történik.

2.2 A késvágással szembeni ellenállás körvizsgálatának menete és eredményei

Az INSPEC Proficiency Services (UK) cég szervezésében végrehajtott körvizsgálat az ISO 17043:2010, *Conformity Assessment – General requirements for proficiency testing* című szabvány követelményeinek megfelelően zajlott, 2018. év második felében.

A körvizsgálatban tesztelt mintákat valamennyi résztvevő laboratórium számára ugyanabból a gyártási tételből, tekercsből vették a homogenitás biztosítása érdekében (SET1-3 minta). A mintákat gyártó cég ISO 9001 tanúsítvánnyal rendelkezik, ezáltal biztosítja a próbadarabok egyenletes minőségét. A körvizsgálatban 31 különböző laboratórium vett részt a világ minden tájáról. Az INNOVATEXT laboratóriuma a 15-ös számmal jelölt labor.

Az eredmények kiértékelése az ISO 13528:2015, *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons* c. szabványnak megfelelően történt.

A kiértékelés során

- hisztogramokban ábrázolták az egyes adatokat minden résztvevő esetében, kivéve az outlier-eket
- variancia analízist végeztek minden labor eredményein (az outlier-ekből is)
- Z-score értékeket határoztak meg minden laboratóriumhoz (az outlier-ekhez is)

A Z-score alapján:

$ Z \leq 2$	megfelelő
$2 < Z \leq 3$	kérdéses
$ Z > 3$	nem kielégítő eredmény

A diagramokon látható eredmények nagyfokú variációt mutattak. Meghatározásra került a kés élesség faktora a 20 mm vágási hosszhoz tartozó és a végső késvágási erő is (2.2. ábra).



2.2. ábra A körvizsgálatban résztvevő laborok eredményei

Az INNOVATEXT méréseinél bár a Z-score értékek alapján a SET3 minta esetében az R-négyzetes érték nem megfelelő, ugyanakkor a 3. ábrán látható, hogy a 20 mm vágási hosszhoz tartozó késvágási erő és a számított végső erő értéke is megfelelő. A SET 1-2 minta esetében valamennyi eredmény megfelelőnek bizonyult. Mindezek alapján az megállapítható, hogy az INNOVATEXT laboratóriumában végzett mérési módszer és eszköz megfelelő, és reprodukálható eredményt ad.

3. Kísérleti mintasorozaton végzett komplex vizsgálatok és eredményeik kiértékelése

A 2.1 fejezetben ismertetett kísérleti tervre és kutatási módszertanra hivatkozva és a gyakorlatban használt jellemző nyersanyagok és szerkezetek figyelembevételével a késvágással szembeni ellenállás vizsgálatához 5 kötött mintát választottunk ki (minta sorszáma: 9, 10, 11, 12, 13). A szövött és bőr anyagoktól eltekintettünk, mert a prototípus fejlesztése kötött technológiával kialakítható kesztyűkre fókuszál.

3.1 Késvágással szembeni ellenállás vizsgálatának eredményei

A késvágással szembeni ellenállás szintjének megállapítása az EN 388 szabvány szerint történik (1. táblázat). A késvágással szembeni ellenállás vizsgálatát először a Kevlár (12) és a Dynetex (9) kötött kelméken végeztük el a 3.1 műszeren. Meghatároztuk a referencia-szövet ellenállását vizsgálat előtt, majd a két mintából készített próbadarabok ellenállását és kés élességének ellenőrzésére a referencia-szövet ellenállását a vizsgálat után. A 2-2 próbadarabon végzett öt mérés átlagértékeit és a védelmi szintet a 2. táblázat tartalmazza.



3.1 ábra A késvágás mérőműszere

1.táblázat Egyéni védőeszközök követelményei az EN388 szabvány szerint

Vizsgálat / Védelmi szint	Szint 1	Szint 2	Szint 3	Szint 4	Szint 5
Kopásállóság (ciklusszám)	100	500	2000	8000	-
Késvágással szembeni ellenállás (indexszám)	1,2	2,5	5	10	20
Továbbszakító erő (N)	10	25	50	75	-
Átlyukasztással szembeni ellenállás (N)	20	60	100	150	-

2. táblázat A késvágással szembeni ellenállás vizsgálata az MSZ EN 388:2003 6.2 szakasza szerint

A minta száma és a próbadarab sorszáma	1.	2.	Szint
9.minta Késvágással szembeni ellenállása (index)	39,2; 44,4; 41,6; 47,7; 22,9	55,7; 49,2; 12,9; 39,8; 51,0	5
Átlagérték	39,2	41,7	
12. minta Késvágással szembeni ellenállás (index)	11,5; 8,1; 6,0; 10,2; 15,7,10,3	12,1; 12,9; 14,8; 12,5; 17,7, 14,0	4
Átlagérték	10,3	14	

A mechanikai kockázatokkal, többek között horzsolással, vágással, szakadással és szúrással szemben védelmet nyújtó kesztyűkre vonatkozó MSZ EN 388:2003 szabványnál szükség volt annak felülvizsgálatára, mivel a vágásvédelmi teszt (Couptest) nem tette lehetővé a nagy ellenállású kesztyűk teljesítményének megfelelő besorolását. Nagy ellenállású kötött kelméknél a vizsgálat során a penge életlenné válik, feltételeztük, hogy a 9. és 12. minta esetében is ez történt. Ezért a mérést a MSZ EN ISO 13997:2000 szabvány alapján is elvégeztük. Ez az ún. TDM módszer megbízhatóbb a penge jobb vezérlésének köszönhetően. Az eredmények alapján megállapítottuk az 5 minta késvágással szembeni ellenállásának EN 388:2016 szabvány szerinti teljesítményszintjét (3. és 4. táblázat).

3.táblázat Az EN 388:2016 szabvány szerinti vágásvédelem teljesítmény szintjei

A szint	B szint	C szint	D szint	E szint	F szint
2	5	10	15	22	30

4. táblázat Az MSZ EN ISO 13997:2000 szerint kapott mérési eredmények és a teljesítményszintek

A minta sorszáma	Vágásvédelem (N)	Teljesítmény szint (A-F)
9	7,9	B
10	8,5	B
11	11	C
12	9	B
13	7,7	B

3.2 Egyéb mechanikai kockázatok vizsgálata

Ahhoz, hogy a fejlesztendő védőeszköz tanúsítható legyen az EN 407 szabványnak megfelelően, egyéb mechanikai jellemzők tekintetében is teljesítenie kell a szabványban előírt követelményeket, azaz legalább 1-es teljesítményszinten meg kell, hogy feleljen az EN 388 kopásra és továbbszakító erőre vonatkozó szakaszainak.

Elvégzett vizsgálatok

1. Kopásállóság vizsgálata az MSZ EN 388:2016 szabvány 6.1 szakasza szerint. Vizsgáló műszer: Nu-Martindale (gyártó: James H. Heal)
2. Továbbszakító erő vizsgálata az MSZ EN 388:2016 szabvány 6.4 szakasza szerint. Vizsgáló műszer: INSTRON 4301 szakítógépj.

A kopásállóság azon fordulatok (ciklusok számát) jelenti, mely szükséges a minta elkoptatásához állandó sebesség mellett.

5.táblázat A MSZ EN 388:2016 szabvány 6.1 szakasza szerint végzett kopásállóság vizsgálati eredményei

Minta sorszáma	Kopásállóság (ciklus szám)	Teljesítmény szint
9	8000	4
12	100	1

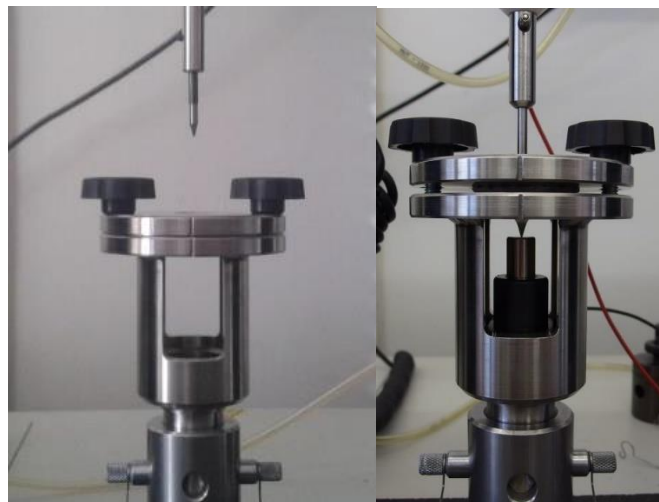
A továbbszakító erő az a legnagyobb erő, mely szükséges a minta szétszakításához. A vizsgálat eredményei a 6. számú táblázatban láthatók.

6. táblázat A továbbszakító erő vizsgálata az MSZ EN 388:2003 6.3 szakasza szerint

Minta száma és a próbadarab sorszama	1.	2.	3.	4.
9.minta Továbbszakító erő (N)	242,3	219,6	273,4	245,1
12.minta Továbbszakító erő (N)	312,5	336,8	314,1	310,5

A 9-es és 12-es minta továbbszakító erő alapján történő besorolása az MSZ EN 388:2003 szerint: **4-es szint.**

További mechanikai kockázat lehet az átlukasztás. Az átlukasztással szembeni ellenállás az az erő, amely szükséges a minta szabványosított lyukasztóval történő átszúrásához. Kötött kesztyűk szabványos vizsgálatakor azonban gyakran probléma merül fel, mert a vizsgálat során ezek az anyagok a viselés körülményeitől eltérően szabadon nyúlhatnak, pedig a viseléskor a szabad deformálódást (nyúlást) a kéz megakadályozza. A tűskét 100 mm/perc sebességgel 50 mm távolságra kell átnyomni a próbadarabon, és a legnagyobb erőt kell feljegyezni (akkor is, ha a tűske nem hatolt át a próbadarabon). Így a vizsgálatnál az átlukadás pillanatában nincs erővisszaesés, az erő tovább növekszik.



3.2 ábra Az átlukasztással szembeni ellenállás mérőműszerének átalakítása

Ezért a módszer ilyen kesztyűk vizsgálatához továbbfejlesztést igényel. A fejlesztés során a mérőműszert átalakítottuk úgy, hogy a tűske az átlukadás pillanatában egy rugós hengerrel érintkezik (3.2. ábra), ennek következtében jelzést (pl. hangjelzést) ad. Az új eszköz alkalmazható nagynyúlású anyagok „életszerűbb vizsgálatára is. A vizsgálat során ezek az anyagok szabadon nyúlhatnak, viselés közben a kéz ezt megakadályozza. Erős rugó alkalmazásával a viseléshez hasonló erősebb alátámasztás érhető el.

Bár ennek a problémának a kiküszöbölésére a meglévő mérőhely átalakításra került, a vizsgálati mintákon átlukasztással szembeni ellenállás mérésére mégsem került sor, mert ezeknél a kötött termékeknél annak meghatározása nem végezhető el megbízható eredménnyel és egyéni védőeszközként való felhasználásukhoz a megfelelőség igazolására sincs erre szükség.

Összességében megállapítottuk, hogy a 9. és 12. minta, a fejlesztés alapkelméi (Kevlar és Dynetex) teljesíti a mechanikai védelmi tulajdonságokra vonatkozó szabvány követelményeit.

3.3 Termikus hatások elleni védelem vizsgálata

A fejlesztendő védőkesztyűhöz használt alapanyagok kiválasztása során lehetőség adódik több szempontból is megvizsgálni és leszűkíteni azon anyagoknak a skáláját, melyeket a többfunkciós védelmi képesség elérése érdekében alkalmazni kívánunk.

A védőeszközzel szemben meghatározott védelmi tulajdonságok egyik csoportja a termikus hatások elleni védelem, azaz a hő- és tűz elleni védelem.

Általános követelmények, előírások ismertetése

Az MSZ EN 407:2004 szabvány a termikus kockázatok (hő és/vagy tűz) elleni védőkesztyűk tesztelési módszereit, általános követelményeit, a hővel szembeni védelmi szintjeiket és a jelölésüket határozza meg. Minden kesztyűre vonatkozik, melyek a kezet védik a hő és/vagy láng egy vagy több formája ellen: tűz, kontakt hő, konvektív hő, sugárzó hő, olvadt fém kisebb és nagyobb fröccsenései.

3.3.1 Égési viselkedés vizsgálatának ismertetése

Az általános követelmények és a mechanikus tulajdonságok vizsgálata mellett, az MSZ EN 407 szabvány előírja a termikus teljesítmény különböző vizsgálatait. Az általános követelmények és a mechanikus tulajdonságok vizsgálata mellett, az MSZ EN 407 szabvány előírja a termikus teljesítmény különböző vizsgálatait. Bármely vizsgálati módszert esetében az előírt teljesítményszintek a kesztyűk tervezett felhasználási területétől függenek, továbbá csak azokat a vizsgálatokat kell elvégezni, melyek a tervezett felhasználási területen előfordulhatnak.

A: Égési viselkedés: Gyúlékonysággal szembeni ellenállás: az az idő, amely alatt az anyag lángol és tovább és az izzópont kialakítását követően.

B: Kontakt hővel szembeni ellenállás: az a hőmérséklet (100 °C-tól 500 °C-ig terjedően), amelynél a kesztyű viselője semmiféle fájdalmat nem érez (legalább 15 másodpercig)

C: Konvektív hővel szembeni ellenállás: az az idő, mely alatt a kesztyű késlelteti a láng melegének átadását.

D: Sugárzó hővel szembeni ellenállás: az az idő, mely szükséges egy adott hőmérséklet eléréséhez.

E: Olvadt fém kisebb kifröccsenéseivel szembeni ellenállás: a kesztyű bizonyos hőmérsékletre való emeléséhez szükséges kifröccsenések mennyisége.

F: Olvadt fém jelentős fröccsenéseivel szembeni ellenállás: a tönkretételt előidézéséhez szükséges kifröccsenések mennyisége.

Így csak azokat a vizsgálatokat kell elvégezni, melyek a tervezett felhasználási területen előfordulhatnak.

Az égési viselkedés MSZ EN 407:1995 6.3 szakasza szerinti vizsgálat leírása

Az égési viselkedés vizsgálata során a próbadarabot (középvonalánál) az égő fölé helyezzük, úgy, hogy az égőt a függőlegeshez képest $30^\circ \pm 3^\circ$ -os szögben szereljük fel. Az égő csúcsa és a próbadarab alsó széle közötti távolság $20 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Az égés időtartama 3 s és 15 s. Ezen időtartamok esetében fel kell jegyezni az utánlángolási, illetve az utánizzási időtartamokat.

A kapott vizsgálati eredmények alapján, az alábbi táblázatnak megfelelően a próbadarabok teljesítményszintje meghatározható.

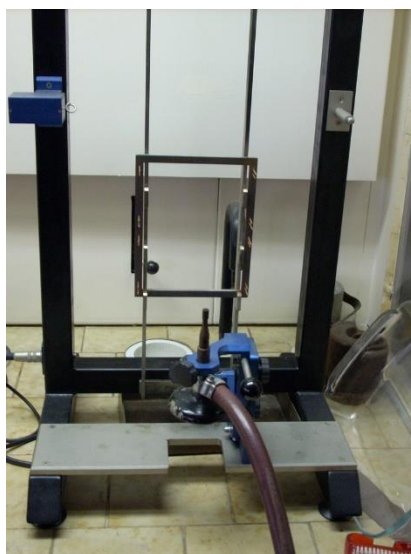
7. táblázat Az égési viselkedés jellemzői alapján meghatározott szintek az MSZ EN 407 szabvány szerint

Szint	Utánlángolási időtartam [s]	Utánizzási időtartam [s]
1	≤ 20	nincs követelmény
2	≤ 10	≤ 120
3	≤ 3	≤ 25
4	≤ 2	≤ 5

Minden esetben ellenőrizni kell a próbadarab legbelső felületét, mely nem mutathatja az olvadás jelét. További követelmény, hogy 15 s égetési időtartam után a vizsgált felületen a kesztyű varrata nem vállalhat szét.

3.3.2 A kísérleti minták égési vizsgálati eredményei

A GLOVITA által legyártásra kerültek azok a kelmék (9, 10, 11, 12, 13 minták), melyek a további fejlesztéshez kívánunk felhasználni. E kötött kelmék a tervezett prototípusok külső rétegét képezhetik. Ennek megfelelően a mechanikai vizsgálatok mellett, a termikus tulajdonságaik is tesztelésre kerültek. A termikus tulajdonságok egyik legfontosabb eleme az égési viselkedés, melynek vizsgálatát az INNOVATEX Zrt. laborjában végeztünk el, a 3.2 ábrán látható berendezésen. Ez a vizsgálat jól tükrözi egy védőkesztyűk hővel szembeni viselkedését.



3.2 ábra Az égési viselkedés mérőműszere

8. táblázat Égési viselkedés vizsgálata a kísérleti mintákon

Minta sorszáma	Égési időtartam [s]	Utánlángolási időtartam [s]	Utánizzási időtartam [s]	teljesítmény szint (1-4)
9	3 15	> 60 > 60	folyamatosan ég, összeolvadt, zsugorodott	-
10	3 15	> 60 > 60	folyamatosan ég, összeolvadt, zsugorodott	-
11	3 15	- -	- -	4
12	3 15	- -	- -	4
13	3 15	- -	- -	4

Az elvégzett vizsgálatok eredményeit tartalmazó táblázat egyértelműen mutatja, hogy a **9-es és 10-es minták nem felelnek meg az égési viselkedéssel szemben támasztott követelményeknek**, így a Dynetex alapanyag további termikus tulajdonsági vizsgálataira nem került sor.

A kötött Kevlar alapanyag (11,12,13. minta) kontakt hő- és lángthatással szembeni viselkedését a 12. mintán vizsgáltuk meg, a vizsgálat eredményeit az alábbi táblázat szemlélteti.

Elvégzett vizsgálatok:

1. Kontakt hővel szembeni ellenállás vizsgálata az MSZ EN 702:1998 szerint.
2. Láng általi hőátadás (átadott hő) vizsgálata az MSZ EN 367:1995 szerint.

9. táblázat Kísérleti minta kontakt hővel szembeni ellenállásának és láng általi hőátadásának vizsgálati eredményei

12. mintán vizsgált jellemzők	Vizsgálati eredmények	Besorolás (MSZ EN 407:2004)
<i>Kontakt hővel szembeni védelem</i>		
Küszöb idő [s]:	15,6	1. szint
100°C-nál	6,7	
250°C-nál	5,2	
350°C-nál	4,3	
500°C-nál		
<i>Láng általi hőátadás</i>		
24°C hőmérséklet emelkedés eléréséhez szükséges időtartam [s]		3. szint
1. / 2. / 3. próbadarab	11,3 / 11,9 / 11,7	
Hőátadási index, HTI (s)	12,0	

Egyértelműen megállapítható, hogy a vizsgált Kevlar anyag megfelelő tulajdonságokkal bír termikus szempontból.

3.4 A légáteresztőképesség és az összenyomhatóság vizsgálatának eredményei

A kényelmi tulajdonságok megítéléséhez megvizsgáltuk a 3. mintasorozat 15 mintájának légáteresztő képességét (MSZ EN ISO 9237:1999 szabvány szerint), vastagságát, valamint az összenyomhatóságát, hogy következtessünk a szerkezet ergonómiai komfortot leginkább befolyásoló tulajdonságára (minták jele: A,B,D,E,F,H,I,J,L,M,N,P,Q,R,T). Az összenyomhatóság vizsgálatát házi módszerrel, míg a textíliák és a textiltermékek vastagságának meghatározását az MSZ EN ISO 5084:1999 szerint végeztük az INNOVATEXT laboratóriumában.

10. táblázat A légáteresztésre és összenyomhatóságra vonatkozó vizsgálatok eredményei

Minta jele	Légáteresztő képesség [l/m ² · s]	rangsorolt relatív érték %	Vastagság [mm]	Összenyomhatóság [mm]	rangsorolt relatív érték
A	848,7	52,61	5,49	4,69	57,97%
B	789	48,91	6,12	3,89	77,91%
C	na	na	7,39	4,29	85,30%
D	5,64	0	12,39	10,77	56,97%
E	626,7	38,85	6,44	5,25	60,75%
F	440,7	27,32	7,07	4,82	72,64%
G	na	na	8,34	4,13	100,00%
H	5,0	0	13,34	11,17	59,14%
I	836	51,82	8,39	6,94	59,87%
J	694,3	43,04	9,02	6,67	66,97%
K	na	na	10,29	6,65	76,63%
L	5,18	0	15,29	11,25	67,30%
M	1366,7	84,71	5,84	4,97	58,19%
N	1613,3	100,00	6,47	4,39	72,98%
O	na	na	7,74	4,31	88,93%
P	5,13	0	12,74	10,96	57,56%
Q	1256,7	77,90	6,4	4,65	68,16%
R	1403,3	86,98	7,03	4,83	72,08%
S	na	na	8,3	5,16	79,65%
T	4,8	0	13,3	11,22	58,70%

4. Kísérleti minták rezgéscsillapítási tulajdonságainak vizsgálata

A kar-gép rezgés okozta egészségügyi kockázat vizsgálatánál a rezgés kibocsátás és a rezgésterhelés egyaránt értékelendő. Vizsgálandó, hogy a gépkezelőt érő rezgésterhelés meghaladja-e a napi megengedett expozíciós határértéket. A szerszámgépek okozta terhelés és az indukált rezgés spektruma meghatározó az egészségügyi kockázatok és a lehetséges egészségügyi károsodások szempontjából. A kézi szerszámgépek rezgés kibocsátása többnyire a 10-1000 Hz frekvenciatartományba esik, lehetséges azonban, hogy az eszköz teljes rezgésterhelése nem haladja meg a határértéket, azonban a használat során a kéz-kar rendszer szempontjából fontos frekvenciákon (50-150 Hz) túlzott terhelés lép fel. Egyes szerszámgépeknél alacsony frekvenciákon jelentkeznek a legmagasabb rezgés gyorsulások.

A késvágási ellenállásra és az égési viselkedésre vonatkozó vizsgálatok kiértékelésével megállapítást nyert, hogy melyik minta felel meg jobban az elvárásoknak. Eszerint – más-más alkalmazási területre szánva – a Kevlar és a Dyntex kötött kelme is szóba jöhet a kidolgozandó kesztyűk külső rétegeként. A kesztyű kialakításánál a kényelmet szolgálja a bélés, ennek a belső, kéz felőli rétegnek mindenképpen puha, kellemes tapintású kelmének (pl. pamut kötött bélés) kell lennie. Hipotézisünk szerint a rezgésszigetelő réteget e két réteg közé lehet elhelyezni.

A legalkalmasabb rezgésszigetelő réteg kiválasztása érdekében lefolytatott egyeztetések során a következő javaslatok születtek:

- a belső réteg mindenképpen pamut kötött kelme (14. minta) legyen;
- a potenciális külső rétegek közül vizsgáljuk a sima és pöttyözött Dyntex (9, 10 minta), a sima Kevlar (12. minta), a Kevlar plüss (11. minta) és a PVC-vel pontozott Kevlar (13. minta) kötött anyaggal megvalósított kombinációkat;
- rezgésszigetelő réteggént pedig próbáljuk ki a két üreges textilt (15. és 16. minta), valamint 5 és 10 mm vastagságú öntött szilikongumit.

Az elmúlt évben kidolgozott anyagvizsgálati módszert [1] tovább fejlesztve és a kísérleteket elvégezve azt a némileg váratlan eredményt kaptuk, hogy a teljes felületen alkalmazott, rendkívül lágy szilikongumi nem mutatott megfelelő rezgéscsillapítást. A kísérleteket ezért 10 mm széles csíkokra vágott és ugyancsak kb. 10 mm széles hézagokkal felrakott szilikongumi anyagokkal is elvégeztük.

A vizsgált anyagok jellemzőit a Függelék 1. számú melléklete, a vizsgált kompozitok (szendvicsszerkezetek) összeállítását és jelölését a 2. számú mellékelt tartalmazza.

4.1 A kísérleti minták rezgéscsillapításának vizsgálati módszere és berendezése

A szendvicsszerkezetek vizsgálatát a [2] szabvány előírásai alapján, a 2018. januárjában kelt kutatási részjelentésünk 2.1 szakasza szerinti módszerrel végeztük – azzal az eltéréssel, hogy a vizsgálandó anyagok valóságoshoz közelebbi üzemiállapota érdekében a terhelő tömeget egy 200×200×25,6 mm méretű, 8 kg tömegű nyomólap szolgáltatta. A rezgéscsillapítás mértékét az alaplapon és a nyomólapon elhelyezett, kalibrált rezgésérzékelők által mért frekvenciaátviteli függvény szolgáltatta. (Ennek értelmében 1-nél nagyobb rezgésátvitel erősítést, 1-nél kisebb érték pedig csillapítást jelent.)

A vizsgáló berendezést és a mért szendvicsszerkezetek fényképeit a 4.1-4.7 ábrák szemléltetik. Megjegyezzük, hogy a felpöndörődő textilek okozta gyakorlati nehézségre és a mérésorozat időszükségletének csökkentésére tekintettel a szendvicsszerkezetek felrakása fordított sorrendben történt: a gerjesztési (azaz alsó, a rázóasztal felőli) oldalon helyeztük el a minden mérésnél közös pamutréteget (ld. a 4.1. ábra fényképén), majd a rezgéscsillapító, és végül a külső réteget. A mechanikai reciprocitás tétele értelmében ez nem befolyásolhatja a mérések eredményét.

A nyomólap által képviselt mechanikai feszültség (egységnyi felületegységre eső erő) még ebben az elrendezésben is jelentősen elmarad a kész kesztyűk rezgéscsillapítási tulajdonságainak mérésére szolgáló eljárás feszültségértékeitől. Ott ugyanis 50 N előtolási erő oszlik meg kb. 20 cm²-nyi tenyérfelületen, ami 25 kPa-nak felel meg. Ez az érték a teljes felületen alkalmazott szendvicsszerkezetek 2 kPa, a csíkokra vágott anyagnál 4 kPa statikus feszültségével áll szemben. A terhelőlap tömegét azonban nem lehet jelentősen növelni, mert az alkalmazott rázóasztal nem viseli el annak súlyát.

A kétségtelenül jelentős eltérés ellenére úgy véljük, hogy az alkalmazott mérési eljárás a legalkalmasabb anyagok kiválasztására megfelelő lehet, de a valóságos üzemi körülmények között elérhető rezgéscsillapítás mértékét majd csak a szimulált terheléssel végzett kesztyűvizsgálatokkal lehet hitelt érdemlően megállapítani. Ennek érdekében beszerzésre kerültek olyan mérőműszer tartozékok, amelyekkel elkészült a „Rezgésterhelést mérő berendezés prototípusa”, amely a későbbi vizsgálatokhoz szükséges (Függelék, 3. Melléklet).

4.2 A rezgésátviteli vizsgálatok eredményei

A kapott eredményeket grafikusán, frekvenciaátviteli függvények formájában értékeltük ki, amelyeket a 4.8. ábra - 4.18. ábra diagramjain mutatunk be. Ebben az ábrázolásban az 1-nél nagyobb érték rezgés erősítést, az 1-nél kisebb értékek pedig rezgésszigetelést jelentenek. Minél alacsonyabban futnak a görbék, annál jobb rezgéscsillapítást képvisel a vizsgált szerkezet.

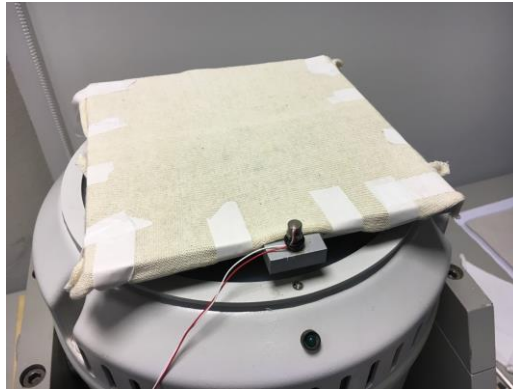
A megadott diagramok részletes elemzése – a Függelékben 2. mellékletében közölt összeállításokkal összevetve – számos következtetés levonását teszi lehetővé. Ezek közül itt a legfontosabbakat emeljük ki.

- A külső réteg nyersanyaga (Kevlar, Dynetex) nem befolyásolja jelentősen az eredő rezgésátvitelt (ld. a 4.13. ábra).
- Lényegében ugyanez érvényes a háromféle Kevlar kelmére (sima, pöttyözött és plüss, ld. a 4.15. ábra diagramjait).
- A pöttyözés rezgésátvitelre gyakorolt hatása elhanyagolható (ld. 4.12. ábra)
- A vizsgált középső rétegek közül a barna üreges textil, valamint az 5 és 10 mm vastag összefüggő szilikongumi rezgésátvitele 100 Hz alatt gyakorlatilag egyforma, sőt magasabb frekvencián a szilikongumi szerkezetek még gyengébben is teljesítenek (4.4.10. ábra, 4.11. ábra).
- A fehér üreges textil egyértelműen kedvezőbb, mint a barna üreges textil és az összefüggő szilikongumi rétegek (4.10. ábra – 4.12. ábra).
- A középső rétegeként alkalmazott szilikongumi anyagot csíkok formájában elhelyezve a rezgésszigetelés drámaian javul, elsősorban a 10 mm vastag anyag esetében. Amint a 4.17. ábra szemlélteti, a javulás 25 Hz fölött egyre nő, 100 Hz-en már közel egy nagyságrendnyi és 250 Hz környékén megközelíti a két nagyságrendet is. (Megjegyezzük, hogy az emberi kéz ebben a frekvenciatartományban nyeli el a legtöbb rezgési energiát, ezért az itt elért rezgéscsillapítás különösen értékes.)

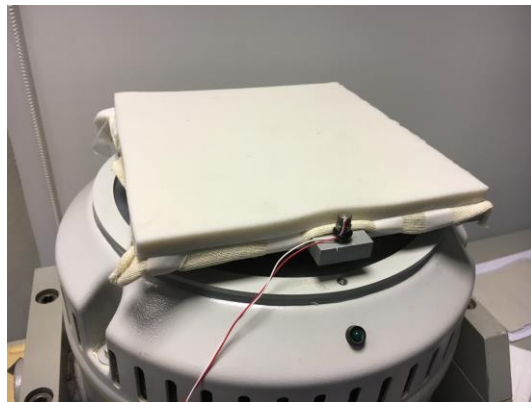
Ugyanezen megállapítások jól összefoglalhatók egy olyan diagramon, ahol a fehér üreges textil és az összefüggő, ill. csíkokban alkalmazott 10 mm vastag szilikongumi hatását az A változat rezgésátviteléhez viszonyítva, relatív rezgésátvitellel szemléltetjük (ld. 4.18. ábra).

A szilikongumi réteg csíkokra vágásának kedvező hatása egyértelműen arra utal, hogy az alkalmazott anyag Poisson-tényezője igen közel áll a 0,5-es értékhez, ami azt jelenti, hogy az

anyag a térfogatát nem, vagy csak alig tudja változtatni mechanikai terhelőerők hatására. (Ezt a megállapítást irodalmi források is megerősítik, ld. pl. [5].) Miután a statikus és dinamikus terhelőerők hatására a lapos, lemezszerű betét oldalirányban kitérni csak minimális mértékben képes, a terheléssel szemben – a hajlékonyságával és deformálhatóságával látszólagos ellentmondásban – közel merev testként viselkedik. Amikor viszont az anyagot csíkokra vágva terheljük, az oldalirányú deformációt semmi nem gátolja, így a csíkok összenyomódhatnak és hatékony rezgésszigetelőként tudnak viselkedni.



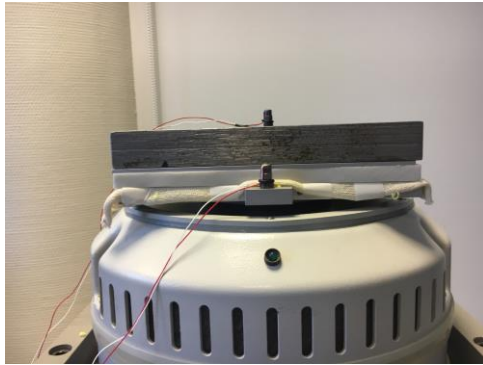
4.1. ábra: Pamut textilréteg elhelyezése és rögzítése az alaplapon



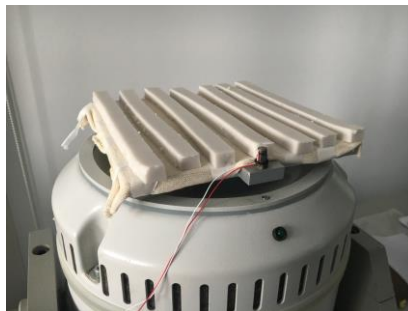
4.2. ábra: 10 mm-es szilikongumi elhelyezése



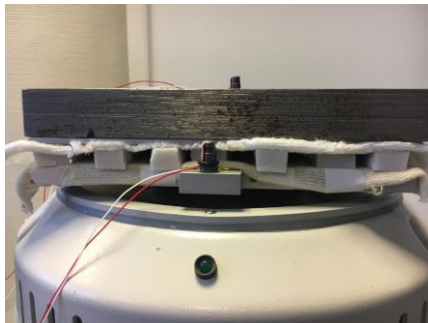
4.3. ábra: Pötyyözött DyneTex anyag elhelyezése a rezgésszigetelő szilikongumi rétegen



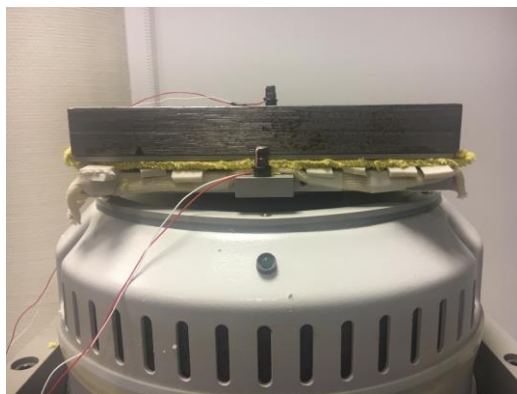
4.4. ábra: Összeállított, mérésre előkészített H jelű szendvicsszerkezet: pamut, 10 mm szilikongumi és pötytyözött Dynetex réteg a nyomólappal. Gyorsulásérzékelők az alaplapon és a nyomólapon.



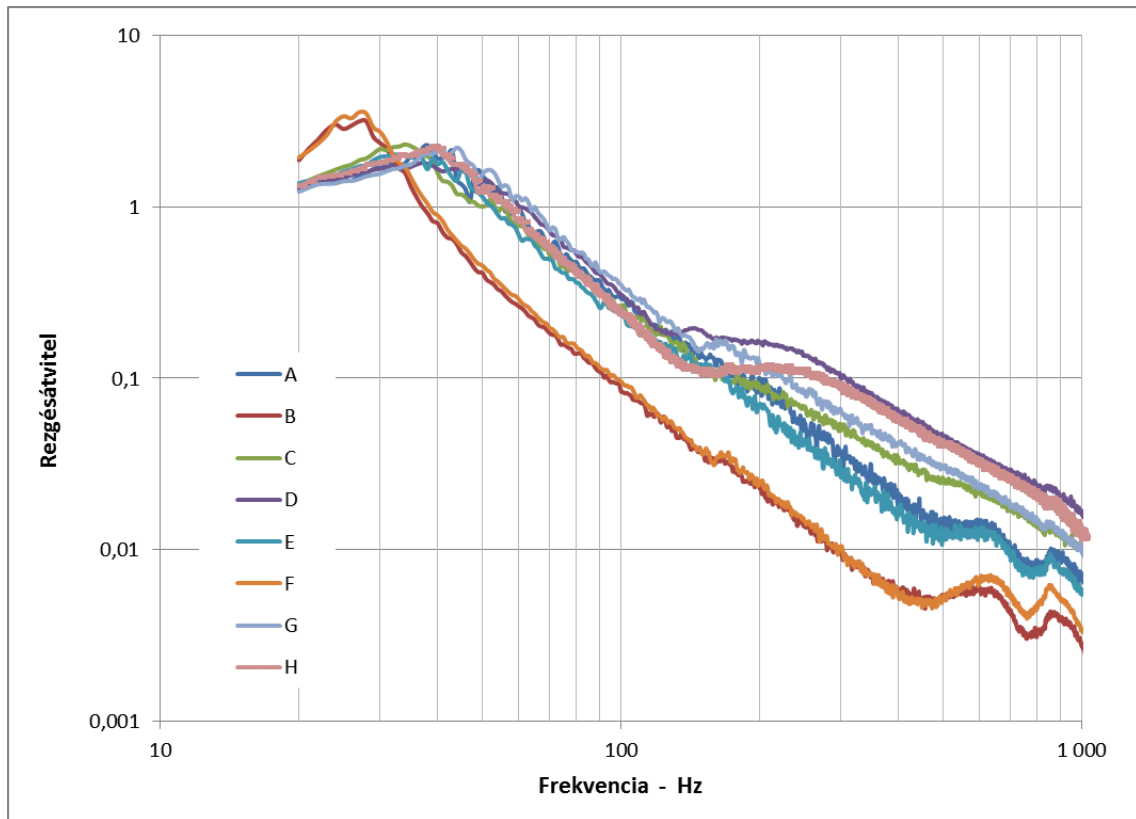
4.5. ábra: Csíkokra vágott szilikongumi elhelyezése a pamut rétegen (Tcsík kombináció)



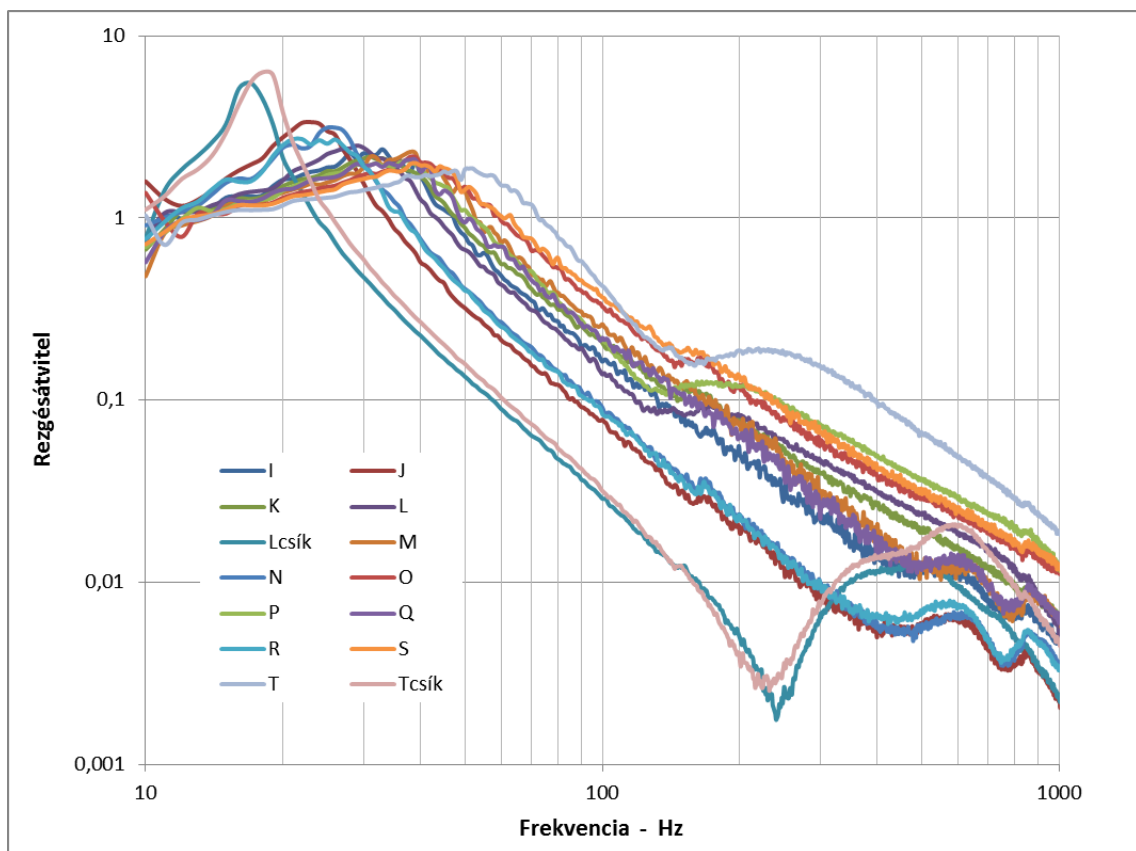
4.6. ábra: 10 mm-es csíkokra vágott szilikongumi és Dynetex réteg kombinációja



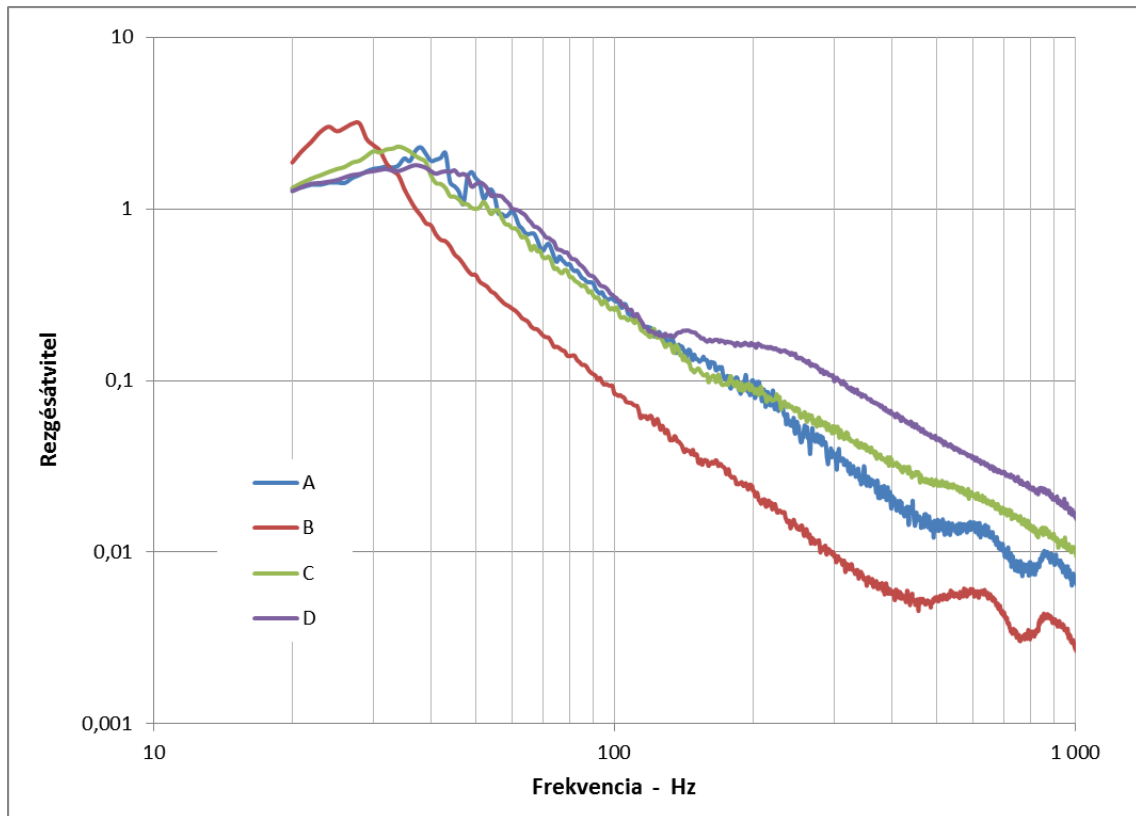
4.7. ábra: 5 mm-es szilikongumi és kevlar plüss anyag kombinációja (S csík változat)



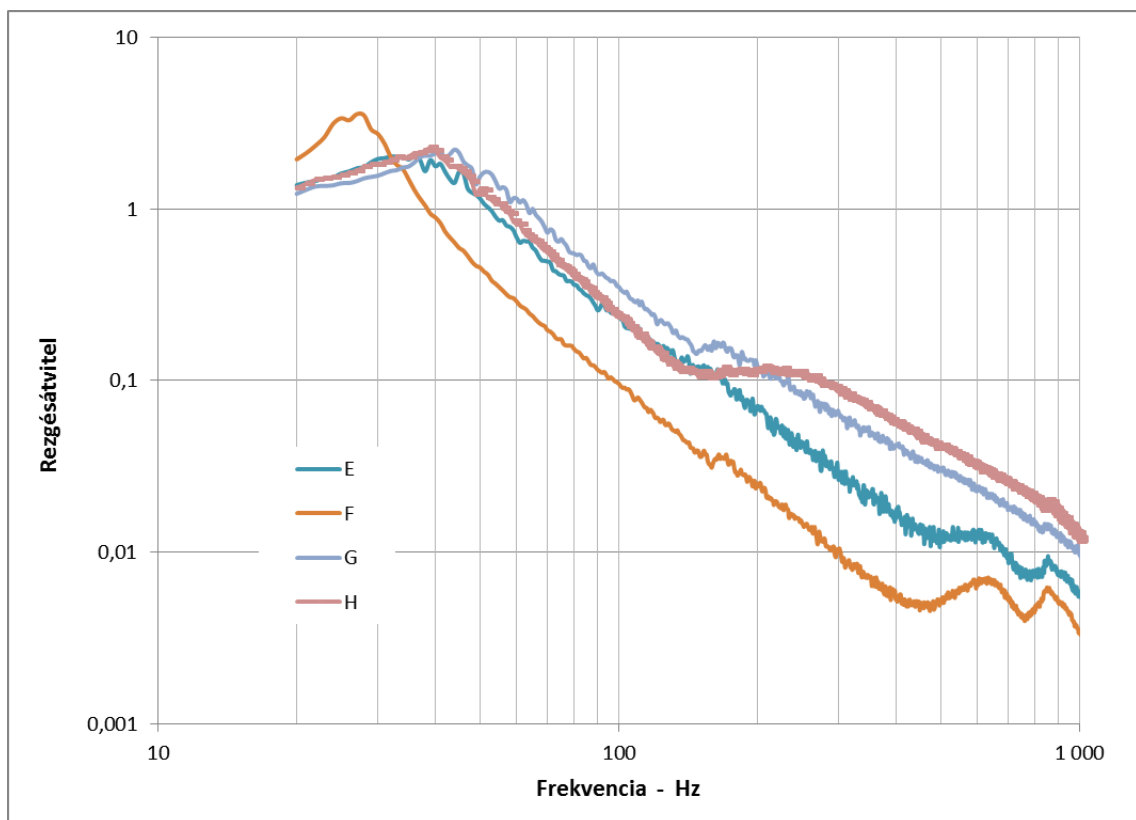
4.8. ábra: A Dynetex anyaggal megvalósított összes szendvics-kombináció rezgésátviteli függvényének összehasonlítása



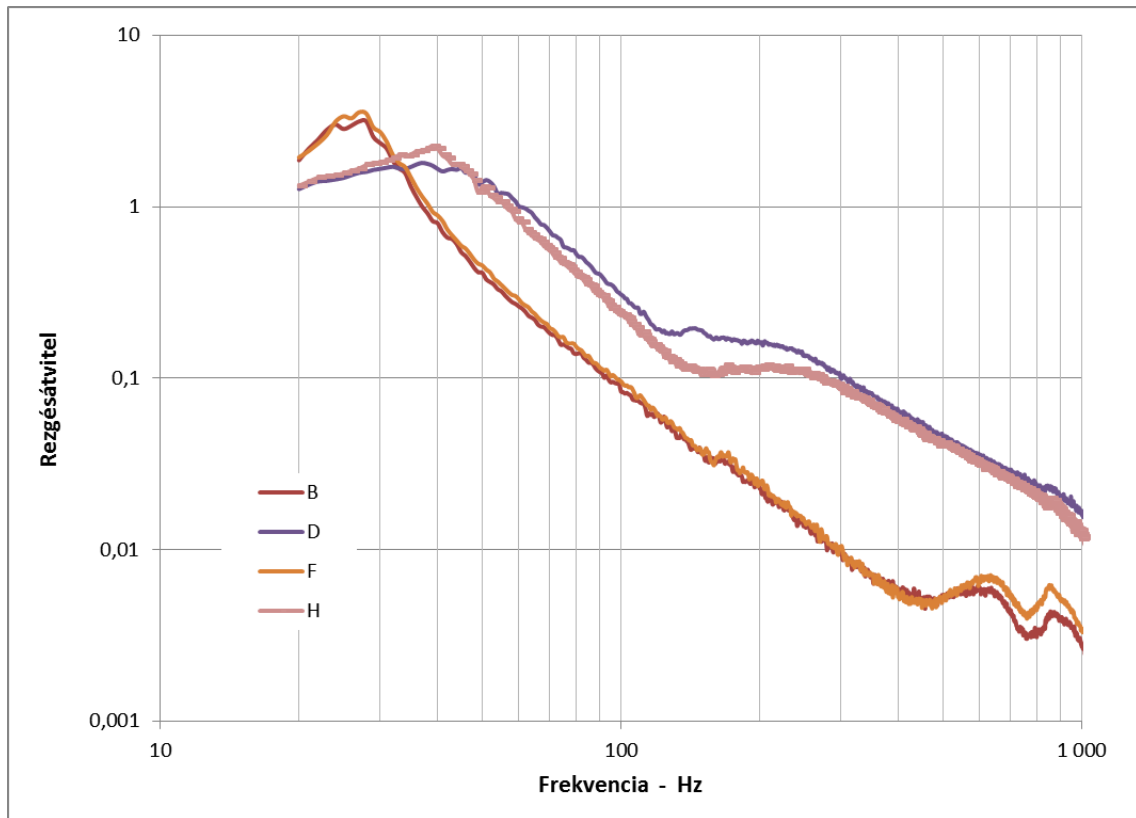
4.9. ábra: Kevlar anyagokkal megvalósított szendvics-kombinációk rezgésátviteli függvényének összehasonlítása



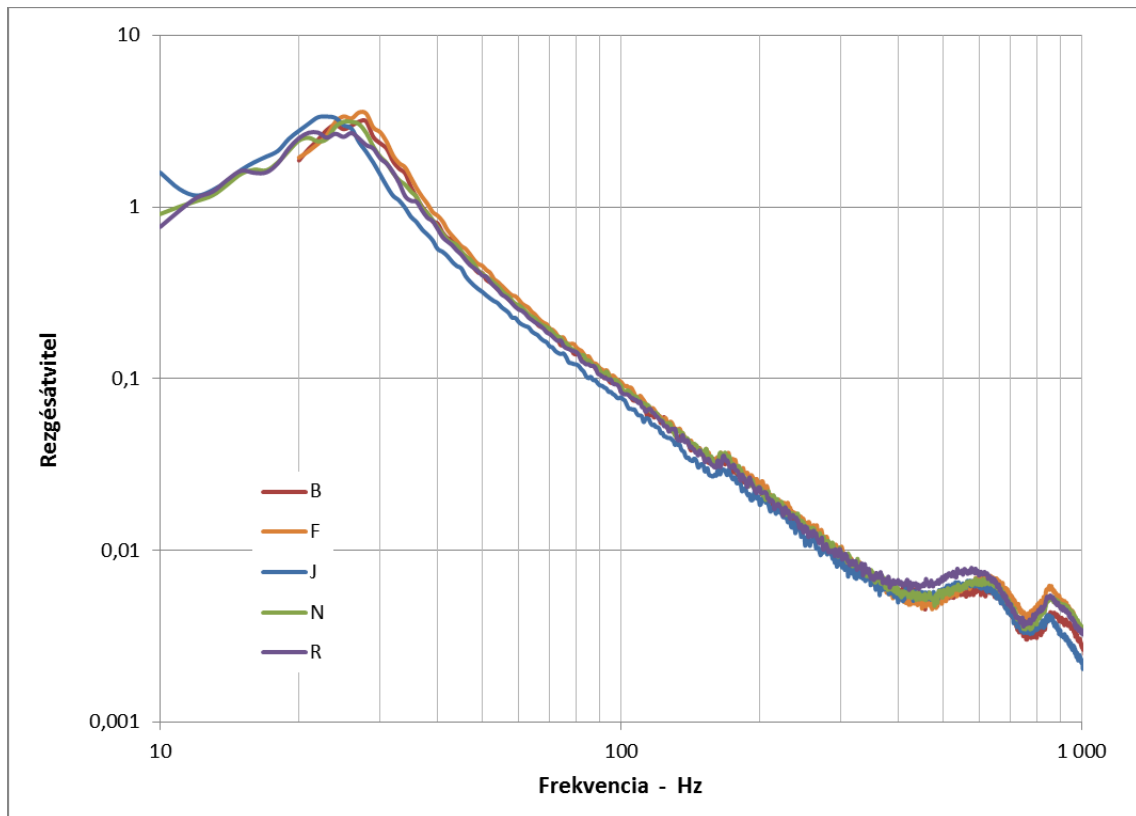
4.10. ábra: Sima (nem pöttyözött) Dynetex anyaggal megvalósított szendvicsszerkezetek rezgésátviteli görbéi négyféle középső réteggel:



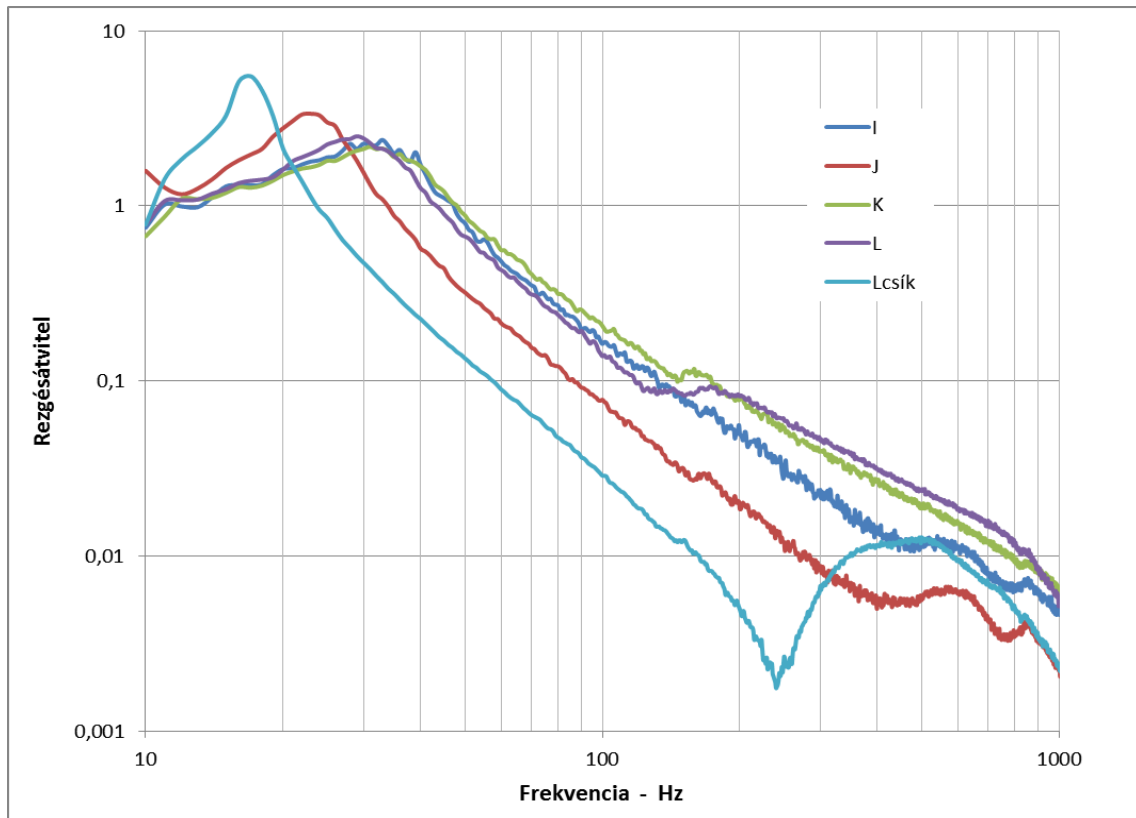
4.11. ábra: Pöttyözött Dynetex anyaggal megvalósított szendvicsszerkezetek rezgésátviteli görbéi négyféle középső réteggel



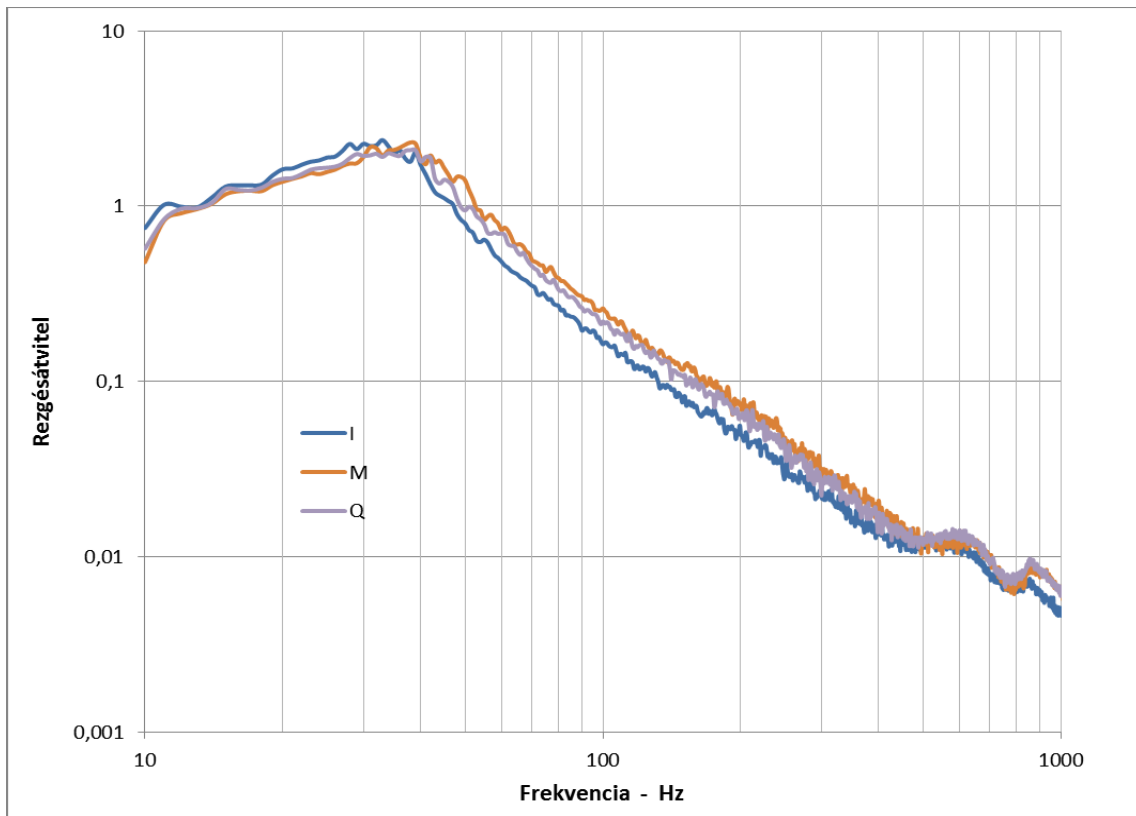
4.12. ábra: Sima és pöttyözött Dynetex-es szendvicsszerkezet fehér üreges textillel és 10 mm szilikongumival



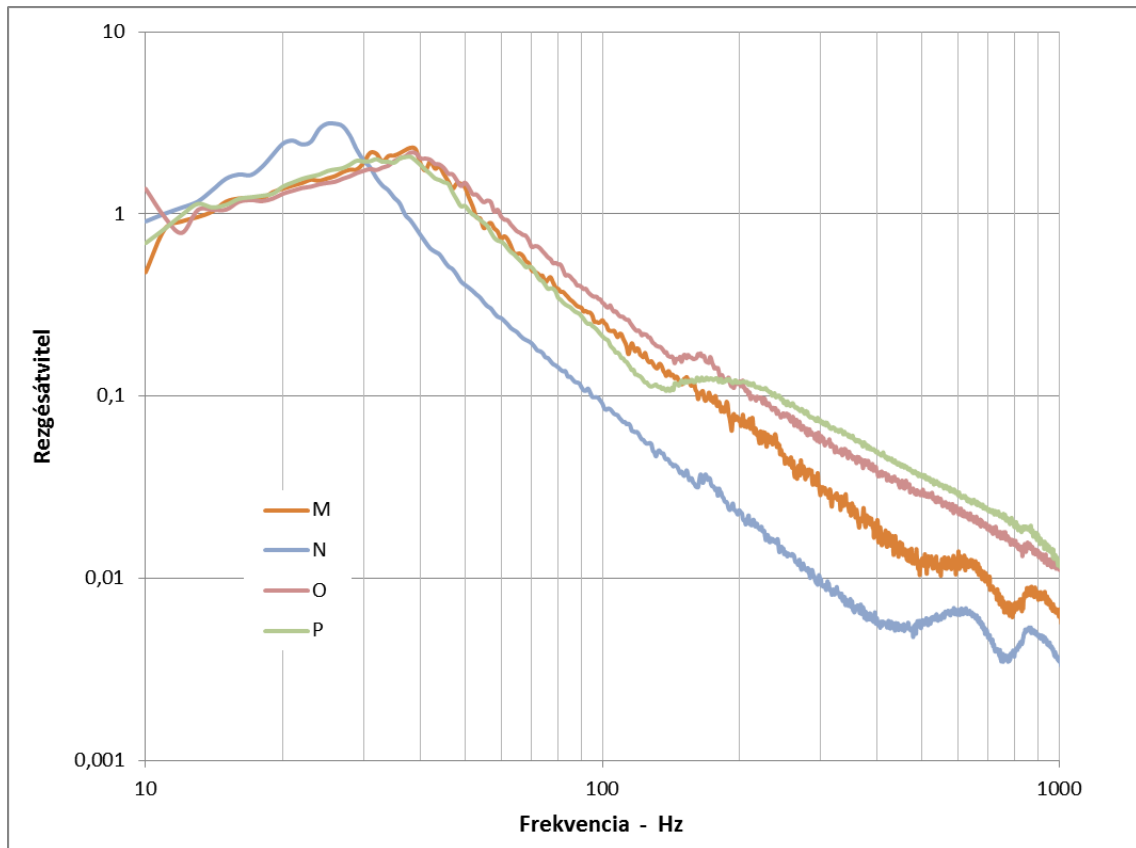
4.13. ábra: Ötféle külső réteggel megvalósított, fehér üreges textilt tartalmazó szendvicsszerkezet rezgésátviteli függvényeinek összehasonlítása



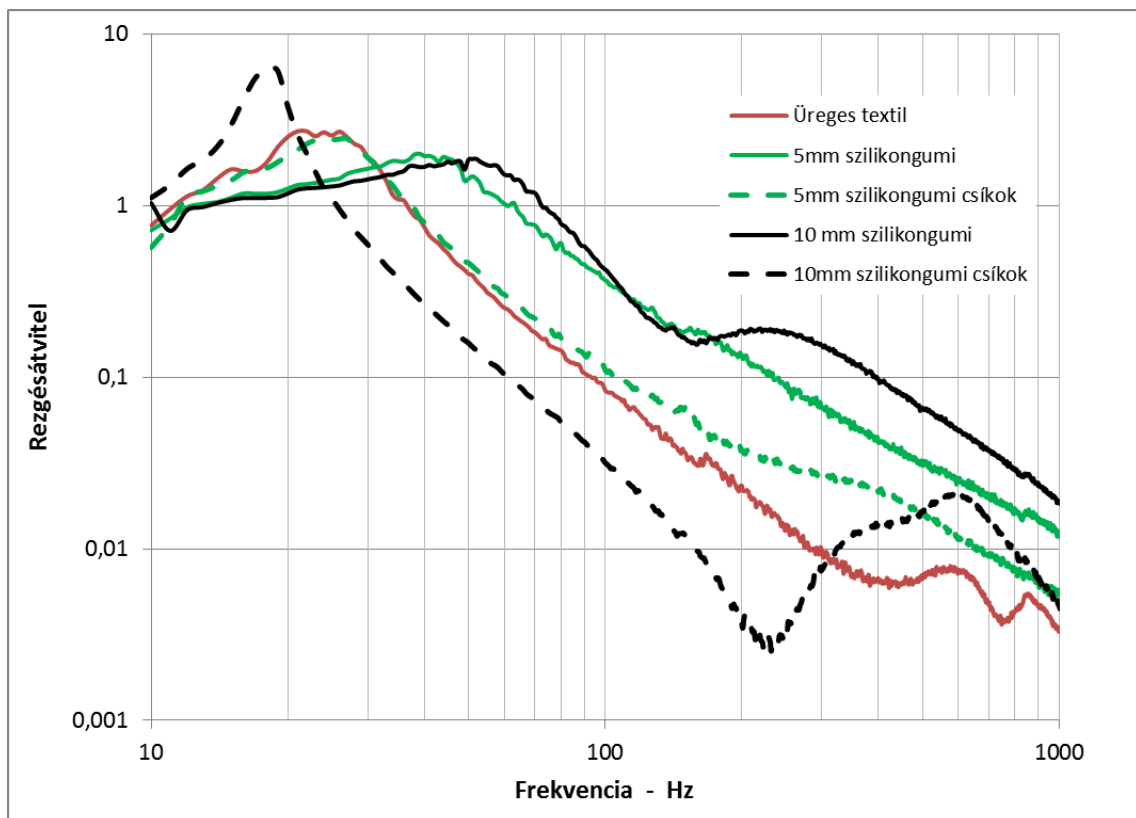
4.14. ábra: Kevlar plüss anyagból és ötféle belső rétegből összeállított szendvicsszerkezet rezgésátviteli függvénye



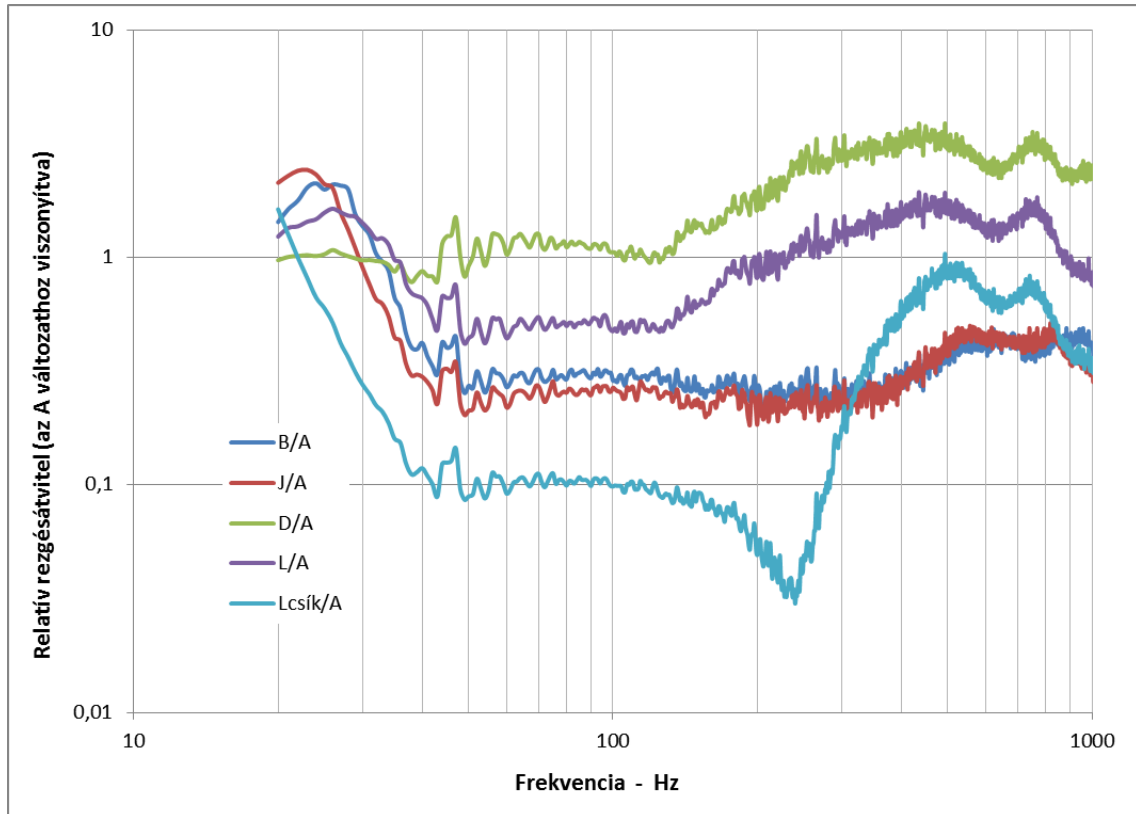
4.15. ábra: Háromféle kevlar anyaggal és barna üreges textil belső réteggel felépített szendvicsszerkezetek rezgésátviteli függvényei



4.16. ábra: Sima (nem pöttyözött) kevlar anyaggal és négyféle belső réteggel összeállított szendvicsszerkezetek rezgésátviteli függvényei



4.17. ábra: Pöttyözött kevlar külső réteg és 5, ill 10 mm vastag, teljes felületű, ill. csíkokban alkalmazott szilikongumi szendvicsszerkezet (R, S, Scsík, T és Tcsík) rezgésátviteli



4.18. ábra: Különféle szendvicsszerkezeteknek a legelső, A jelű (sima Dynetex, barna üreges textil) változathoz viszonyított, relatív rezgésátviteli függvényei

4. A kísérleti anyagszerkezetek optimalizálása prototípushoz

A vizsgált minták tulajdonságait és mért jellemzőit Kesselring módszerével állítottuk sorba. **Kesselring-módszer** (Pontozásos módszer, 1953). A paraméterek többsége mérhető ugyan arány- vagy legalább intervallumskálán, azonban mértékegységeik eltérőek. Ezeket átalakítani közös mennyiségekre nagyon munkaigényes feladat. Az eljárás az alternatívákat minden egyes szempont szerint egy ötfokozatú verbális skálán helyezi el, ahol a legmagasabb fokozat egy ideális anyag adott tulajdonságát jellemzi (p_{ij}). Az ötfokozatú skálán való mérés eredménye alapján tehát p_{ij} értékekkel pontozunk (Az i -edik alternatíva j -edik szempont szerinti pontértéke és $p_{ij} \in \{0,1,2,3,4\}$). Minden szemponthoz fontosságukat jellemző súlyszámot rendelünk (ω_j), ahol $2 \leq \omega_j \leq 10$.

Az egyes rendszerek összpontszámának számítása táblázatos formában történik, ahol alternatívákat (A_1, \dots, A_n) vizsgálunk értékelési szempontok (C_1, \dots, C_n) szerint. A módszer lényeges eleme, hogy az elért pontszámoknak önmagukban is van jelentésük:

$0,8 < P < 1$ nagyon jó

$0,6 < P < 0,8$ jó

$P < 0,6$ nem kielégítő.

	C_1	...	C_j		P_i
A_1	p_{11}			$\sum_j p_{1j} \omega_j$	$\frac{\sum_j p_{1j} \omega_j}{\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j}$
...	
A_i			p_{ij}	$\sum_j p_{ij} \omega_j$	$\frac{\sum_j p_{ij} \omega_j}{\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j}$
ω_j	ω_1	...	ω_j		
	$\max_i p_{i1} \omega_1$...	$\max_i p_{ij} \omega_j$	$\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j$	

Előnyös tulajdonsága a módszernek az egyszerűség, és ebből adódóan az eredmények könnyen megérthető magyarázata. Az eljárás már alkalmas preferencia sorrend felállítására és a legjobb alternatíva kiválasztására. Figyelembe vehető az egyes szempontok fontossága is.

Esetünkben a vizsgálati eredményeket a kelmék relatív sorrendje alapján 0-100-ig terjedő skálán értékeltük. A szabvány szerinti 4 teljesítményszint esetén az egyes szintekhez 25 értékelő pontot rendeltünk. Az egyes vizsgálatok eredményeinek értékelésénél a legjobb 100-as számot kapott. A vizsgált kelmék különböző tulajdonságait az alábbi összefüggés alapján „közös nevezőre” hoztuk:

$$X = \frac{\sum_{i=0}^n p_i}{n} = \frac{\bar{p}}{p_{max}}$$

ahol

- X a minta „értéke” [-]
 p_i az egyes paraméterek pontértéke [-]
 \bar{p} a pontértékek számtani átlaga [-]
 p_{max} az ideális megoldás pontértéke [-]
n a minta műszaki paramétereinek száma [-].

Mivel a kívánt felhasználási szempontból az egyes paraméterek fontosabbak, mások kevésbé, az eredményeket súlyozva vettük figyelembe. Kesslering módszere szerint egy termék súlyozott tulajdonságainak értéke a következőképpen számítható:

$$X' = \frac{p_i \cdot v_i}{p_{i_{max}} \cdot v_i}$$

A v_i súlytényező jelen esetben 1-6 közötti értéket vehet fel. A legfontosabb tulajdonsághoz a 6-os értéket rendeltük.

11.táblázat: Kísérleti minták tulajdonságainak rel. értéke %-ban

értékelési szempont /minta jele	Égéggátlás rel. értéke %	Késvágással szembeni ellenállás rel. értéke** %	Egyéb mech. hatással szembeni ellenállás rel. értéke, %	Légáteresztő képesség rel. értéke, %	Összenyomható óságr. értékes, %	Rezgés csillapítás rel. értéke %	$\sum p_i \cdot v_i$	$\frac{p_i \cdot v_i}{p_{i_{max}} \cdot v_i}$	rang sor
B	0	16,7	100	48,91	77,91	85			
F	0		100	27,32	72,64	85			
J	100	33,4	25	100	66,97	85			
N	100		25	100	72,98	85			
R	100	16,7	25	86,98	72,08	85			
T	100	16,7	25	0	58,70	10*			
Tcsík	100	16,7	25	50*	70*	100			
súly tényező v_i	5	6	3	1	2	4	21		
$p_{i_{max}} \cdot v_i$	500	600	300	100	200	400	2100		

* becült érték

** a TDM vizsgálat szerint a teljesítményhez 6 szintet lehet rendelni. A besorolási szinteket transzformáltuk 100-as skálára.

12.táblázat: Kísérleti minták tulajdonságainak rangsora a súlyozott rel. értéke alapján

értékelési szempont (minta jele)	Égésálló tulajdonság rel. értéke %	Késvágással szembeni ellenállás rel. értéke** %	Egyéb mech. hatással szembeni ellenállás re. értéke %	Légáteresztő képesség rel. értéke %	Össze-nyomhatóság rel. értéke %	Rezgés csillapítás rel. értéke %	$\sum p_i \cdot v_i$	$\frac{p_i \cdot v_i}{p_{i,max} \cdot v}$	rang sor
B	0	100,2	300	48,91	155,82	340	944,93	0,45	5
F	0	200,4	300	27,32	145,28	340	1013	0,48	4
J	500	200,4	75	100	133,94	340	1349,34	0,64	2
N	500	200,4	75	100	145,96	340	1361,36	0,65	1
R	500	100,2	75	86,98	144	0	906,18	0,43	6
T	500	100,2	75	0	117,4	40	832,6	0,40	7
Tcsík	500	100,2	75	50*	140	400	1215,2	0,58	3
súly tényező v_i	5	6	3	1	2	4	21		
$p_{i,max} \cdot v_i$	500	600	300	100	200	400	2100		

5. Összefoglalás

Az első mérőföldkőben végzett rezgéssel szembeni vizsgálatok után kísérleti tervet készítettünk a mintasorozatok összeállításához. Meghatároztunk 9 kísérleti paramétert és azok két változóját.

Szubjektív módon megvizsgáltunk a hazai kereskedelemben nem kapható, késvágás és rezgés ellen védő kötött egyéni védőkesztyűk kialakítását és belső szerkezetüket, amelyből következtetéseket vontunk le a fejlesztéshez. Felkutattunk különböző üreges textileket és rezgéscsillapításra alkalmas anyagokat, melyeket a kompozit szerkezetű mintákhoz használtunk fel. A GLOVITA Kesztyű Zrt. üzemében a kísérleti terv szerint különböző szerkezetű és összetételű kötött mintákat gyártottak le, amelyekhez felhasználták a projekt támogatásával beszerzett szériázó eszközt is.

Elkészítettünk 2 mintasorozatot a vizsgálatokhoz. Az egyikbe a kompozitok egyes rétegeit alkotó lehetséges változatok kerültek (9-18. minta), míg a másik 23 db kompozit mintát (A-Tcsík jelű minták) tartoztak. Ezeket a mintákat az elvárt igénybevételnek megfelelően komplex, mechanikai, hővel szembeni és rezgéssel szembeni hatásokra vonatkozó vizsgálatoknak vetettük alá.

Az INNOVATEXT Zrt. laboratóriumban beüzemeltük a tartozékok beszerzése után a késvágási ellenállás mérésére szolgáló új műszert. A vizsgálati módszerrel kapott eredmények megbízhatóságának összehasonlítására 31 labor részvételével zajló körvizsgálatban vettünk részt. Az értékelés alapján az INNOVATEXT laboratóriumában végzett mérési módszerrel kapott eredmények megbízhatók. Kiértékeljük az elvégzett mechanikai, termikus és ergonómiához kapcsolódó vizsgálatok eredményeit.

A BME a projekt során beszerzésre került mérőműszerrel elvégezte a mintasorozatokon a vizsgálatokat és kiértékelte a minták rezgés csillapításának mértékét.

A kísérleti mintákon elvégzett összetett vizsgálatok eredményeit Kesselring módszerrel rangsoroltuk. Az elvégzett kísérletekből és vizsgálatok eredményeiből a következő következtetést vontuk le:

- A fejlesztendő egyéni védőkesztyű és kar/lábszárvédő prototípusát a felhasználási területüket figyelembe véve Kevlar és Dynetex alapanyagból fogjuk készíteni, pamut béléssel és valamilyen rezgéscsillapító közbülső réteggel.

- A rezgés csillapítására a vizsgált két üreges textilből a vastagabb, sűrűbb szerkezetű jobb (16. minta).
- A rezgés csillapításra alkalmas lehet a szilikongumi, de nem laptermékként.
- A szilikon réteg folytonos felületként és 10 mm vastagságú rétegben alkalmazva nem képes teljesíteni az elvárt ergonomikus tulajdonságot.
- Tovább vizsgálendő az, hogy hogyan lehet a fejlesztendő kesztyű és kar/lábvédő prototípusokban a szilikonréteget optimális vastagságban (< 10 mm), nem folytonos felületként vagy a helyenkénti hurkos felület párnázására használni.
- Olyan területen, ahol az égési viselkedéssel szembeni ellenállás elvárt, ezekből csak a Kevlar alapanyag alkalmazható. (Bár a Kevlar kelme égési viselkedése megfelelő volt, ha több rétegből készül a kesztyű, az égési viselkedést a kész kesztyűn is meg kell majd vizsgálni.)
- A rezgéscsillapítás és a kelme felületmódosítása (hurkosított plüss kötés és PVC pontok felvitele szitanyomással) között nem találtunk szignifikáns összefüggést.

A vizsgálatok kiértékelésével az alábbi szerzetek alkalmasak az anyagszerkezeti és kesztyű valamint kar/lábvédő prototípusok a jövőbeni fejlesztéseihez:

- **N** kompozit (Minták sorszámai: 12+16+14 = Kevlar sima (sárga)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))
- **J** kompozit (Minták sorszámai: 11+16+14 = Kevlar plüss (sárga)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))
- **Tcsík** kompozit (Minták sorszámai: 13+18+14 = Kevlar pontozott (sárga) +szilikon 10 mm+pamut (krémszínű)), 10 mm széles csíkok formájában, köztük 10 mm légréssel
- **F** kompozit (Minták sorszámai: 10+16+14 = Dynetex pontozott (fehér)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))
- **B** kompozit (Minták sorszámai: 9+16+14 = Dynetex (fehér)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))
- **R** kompozit (Minták sorszámai: 13+16+14 = Kevlar pontozott (sárga)+üreges textil (fehér)+ pamut (krémszínű))
- **T** kompozit (Minták sorszámai: 13+18+14 = Kevlar pontozott (sárga) +szilikon 10 mm+pamut (krémszínű))





A tanulmányban a komplex mérési módszerek eredményei alapján összefoglaltuk, hogy melyik anyagszerkezet milyen módon teljesíti a védelmi képességet és az ergonómiát és egyfajta rangsort állítottunk fel a következő munkaszakasz kísérleteihez.



6. 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. ISO 10846 szabványsor, Part 1 to Part 5
Acoustics and vibration - Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer properties of resilient elements.
3. 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
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. 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. Függelék

1. Melléklet A 2. kísérleti mintasorozat elemeinek képei és adatai (9-18. minták)

Vizsgálati minta képe	Vizsgálati minta sorszáma	Kód/Cikkszám	Minőség	Nyersanyag-összetétel	Vastagság (mm)
	9.	921, 111553-370	egyszínoldalas sima kötött kelme	100% Dynetex	1,26
	10.	111503-370	kötött kelme csúszásmentes PVC pöttyökkel	100% Dynetex	2,21
	11.	1121	plüss hurkokkal kötött kelme	100% Kevlar	4,16
	12	1221, 116773-064	egyszínoldalas sima kötött kelme	100% Kevlar	1,61

	13	1321, 116703-064	kötött kelme csúszásmentes PVC pöttyökkel	100% Kevlar	2,17
	14.	na	egyszínoldalas sima kötött kelme	100% pamut	1,13
 Uniform textil	15.	1811	üreges textil	barna	3,1
 textil 2000	16.	2011	üreges textil	fehér	3,73
	17.		kísérleti anyag	szilikonréteg	5
	18.		kísérleti anyag	szilikonréteg	10

2. Melléklet A 3. mintasorozatot alkotó kompozit szerkezetek mintái (A-T)

A szendvics (Minták sorszámái: 9+15+14 = Dynetex (fehér)+üreges textil (barna)+pamut (krémszínű))

B szendvics (Minták sorszámái: 9+16+14 = Dynetex (fehér)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))

C szendvics (Minták sorszámái: 9+17+14 = Dynetex (fehér)+szilikon 5 mm +pamut (krémszínű))

D szendvics (Minták sorszámái: 9+18+14 = Dynetex (fehér)+szilikon 10 mm+pamut (krémszínű))

E szendvics (Minták sorszámái: 10+15+14 = Dynetex pontozott (fehér)+üreges textil (barna)+pamut (krémszínű))

F szendvics (Minták sorszámái: 10+16+14 = Dynetex pontozott (fehér)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))

G szendvics (Minták sorszámái: 10+17+14 = Dynetex pontozott (fehér)+szilikon 5 mm +pamut (krémszínű))

H szendvics (Minták sorszámái: 10+18+14 = Dynetex pontozott (fehér)+szilikon 10 mm+pamut (krémszínű))

I szendvics (Minták sorszámái: 11+15+14 = Kevlar plüss (sárga)+üreges textil (barna)+pamut (krémszínű))

J szendvics (Minták sorszámái: 11+16+14 = Kevlar plüss (sárga)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))

K szendvics (Minták sorszámái: 11+17+14 = Kevlar plüss (sárga)+szilikon 5 mm +pamut (krémszínű))

L szendvics (Minták sorszámái: 11+18+14 = Kevlar plüss (sárga)+szilikon 10 mm+pamut (krémszínű))

Lcsík: mint az L szendvics, az anyagból 10 mm széles csíkok formájában, köztük 10 mm légréssel

M szendvics (Minták sorszámái: 12+15+14 = Kevlar sima (sárga)+üreges textil (barna)+pamut (krémszínű))

N szendvics (Minták sorszámái: 12+16+14 = Kevlar sima (sárga)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))

O szendvics (Minták sorszámái: 12+17+14 = Kevlar sima (sárga)+szilikon 5 mm +pamut (krémszínű))

P szendvics (Minták sorszámái: 12+18+14 = Kevlar sima (sárga)+szilikon 10 mm+pamut (krémszínű))

Q szendvics (Minták sorszámái: 13+15+14 = Kevlar pontozott (sárga)+üreges textil (barna)+pamut (krémszínű))

R szendvics (Minták sorszámai: 13+16+14 = Kevlar pontozott (sárga)+üreges textil (fehér)+pamut (krémszínű))

S szendvics (Minták sorszámai: 13+17+14 = Kevlar pontozott (sárga)+szilikon 5 mm +pamut (krémszínű))

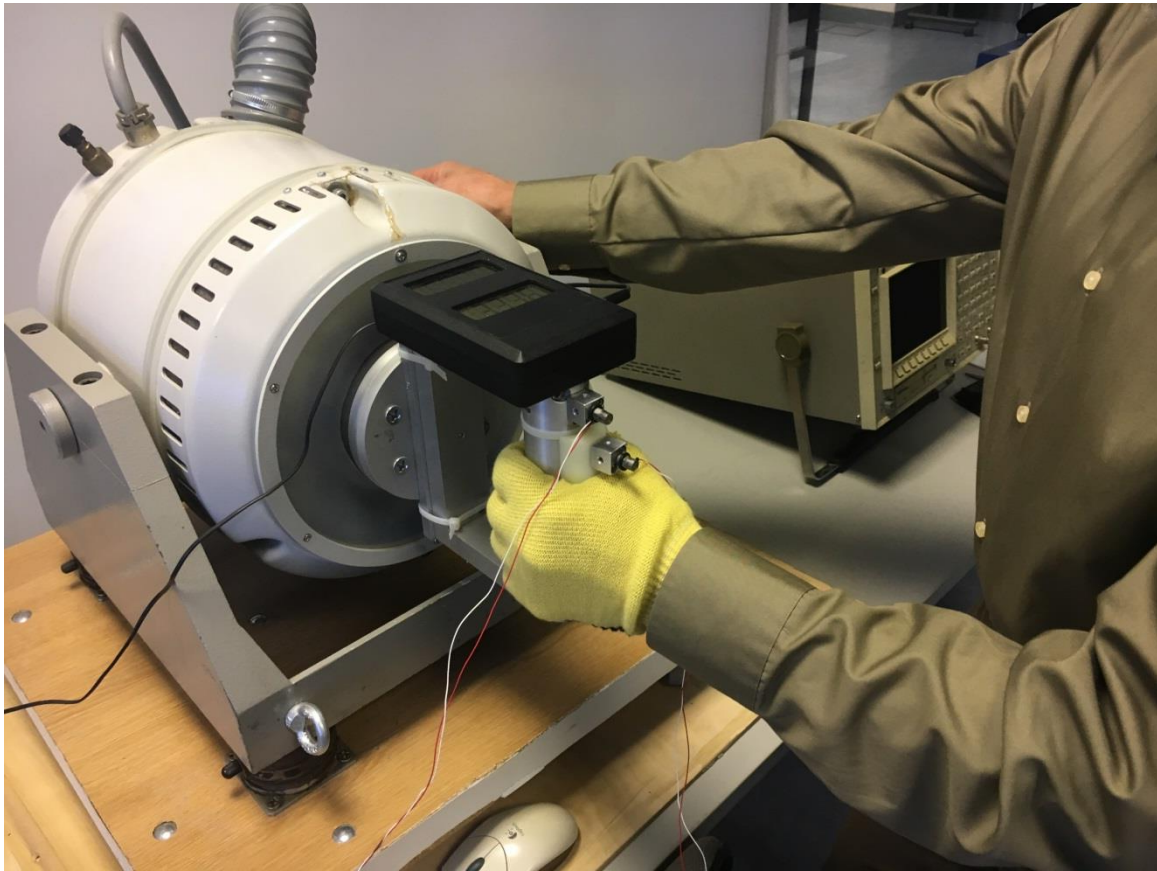
Scsík: mint az S szendvics, az anyagból 10 mm széles csíkok formájában, köztük 10 mm légréssel.

T szendvics (Minták sorszámai: 13+18+14 = Kevlar pontozott (sárga) +szilikon 10 mm+pamut (krémszínű))

Tcsík: mint a T szendvics, az anyagból 10 mm széles csíkok formájában, köztük 10 mm légréssel

3. Melléklet Rezgésterhelést mérő berendezés prototípusa

Az ábrán látható a vízszintesre beállított rezgésgerjesztő és a kesztyűvizsgálatra kialakított mérő markolat a rögzített gyorsulásérzékelővel.



4. Melléklet A Glovita Kesztyűgyárban készült kísérleti minták



5. Melléklet A szubjektív vizsgálathoz beszerzett rezgéscsillapító kesztyűk

