

## Teszteszközök sajátosságainak jelentősége a magasan automatizált és autonóm járműfunkciók vizsgálatában Pedestrian Target fejlesztése hallgatói csapattal

Rózsás Zoltán\*; Horváth Áron\*\*; Peszleg Richárd\*\*\*; Pintér Krisztián\*\*\*\*

\* Autóipari Próbapálya Zala Kft., Oktatási és K+F Koordinátor (e-mail: [zoltan.rozsas@apz.hu](mailto:zoltan.rozsas@apz.hu))

\*\* Autóipari Próbapálya Zala Kft., Projekt-támogató mérnök (e-mail: [aron.horvath@apz.hu](mailto:aron.horvath@apz.hu))

\*\*\* Autóipari Próbapálya Zala Kft., Műszaki munkatárs (hallgató) (e-mail: [peszleg.richard@gmail.com](mailto:peszleg.richard@gmail.com))

\*\*\*\* Autóipari Próbapálya Zala Kft., Műszaki munkatárs (hallgató) (e-mail: [pinterkrisztian23@gmail.com](mailto:pinterkrisztian23@gmail.com))

Tartalmi kivonat: Jelen dokumentumban az Autóipari Próbapálya Zala kft. egy projektjének bemutatására kerül sor. A projekt a vezetéstámogató rendszerek tesztelésének támogatásával foglalkozik. Ezen belül egy Pedestrian Target (Dummy), azaz egy elüthető tesztbábu tervezésével és kivitelezésével. Kitérünk a tesztbábuk fejlesztésének fontosságára, majd sorra vesszük a projekt során érintett témaköröket. Elsőként a test anyagával foglalkozunk, amely talán a legmeghatározóbb pontja a projektnek. Majd sorra vesszük a további részegységeket mint a vezérlő elektronika, a bábu és mozgató platform kapcsolata, az oldható végtag kapcsolatok, a bábu radarreflexiója, valamint a szabásminta és a ruhaanyag.

### 1. BEVEZETÉS

A közúti balesetek nagy része személygépkocsik és a forgalom olyan résztvevői közt történik, akik sérülékenyebbnek tekinthetők (kerékpárosok és gyalogosok). Ezen esetek nagy százalékában az emberi hibából ered a probléma. A járműgyártók és beszállítói ezért dolgoznak olyan automata vezetés-segítő rendszereken (ADAS - Advanced Driver-Assistance Systems), amelyek csökkentik az emberi hiba lehetőségét és az ilyen balesetek számát. Automatikus vészfék (AEB) rendszert is fejleszt több vállalat, amely a frontális ütközések elkerülése során fékez a sofőrtől függetlenül, amennyiben a járművet vezető személy nem fékez időben.

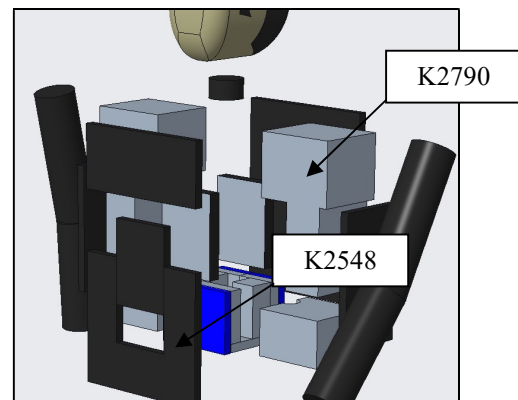
A járművezetőt segítő rendszereket a fejlesztés során szükséges tesztelni, így igény jelentkezett a piacon gyalogost és kerékpárost imitáló tesztbábukra. A bábuknak megfelelően kell szimulálni a kamerák és szenzorok előtt a közlekedés résztvevőjét, illetve fontos, amennyiben bekövetkezik az ütközés a teszteken, se a bábuban, se a személygépkocsiban ne keletkezzen kár.

Az Autóipari Próbapálya Zala Kft. duális hallgatói 2018 nyarán kapták a feladatot egy ilyen bábu fejlesztésére. Az első prototípus el is készült 8 hét alatt, amelynek több hiányossága is volt, ellenben a méret szabványoknak megfelelt. Így saját tapasztalatokat is sikerült szerezni a tesztekben, melyik részeket kell változtatni, és melyik részek kerülnek megtartásra.[1]

### 2. TESTANYAG

A Dummy testanyaga kétféle, különböző polimer habból épül fel. (1. ábra) Sűrűségüket úgy választottuk meg, hogy a szabványban előírt tömeghatáron belül maradjon a Pedestrian Target, emellett teljesítse a szilárdságtani, valamint minőségi előírásokat, általunk elvárt minőségi feltételeket.

Általános habszivacsok alkotják a maganyag burkolatát, valamint a karokat, lábakat is. Ezek ún. ütközőcellaként funkcionálnak a testen, feladatuk, hogy a sikertelen teszt esetén az érkező autó által bejövő mozgási energiát tompítsa, hogy a keményebb maganyagra kevesebb jusson, növelve ezzel az eszközben található elektronika élettartamát. A karok és lábak azon elemek, melyek először találkoznak a járművel. Esetükben is ezek az általános habszivacsok optimális rugalmas tulajdonságokkal bírnak, nem szakadnak el az első sikertelen teszt után.[2]



1. ábra: A felsőtest felépítése

### 3. ELEKTRONIKA

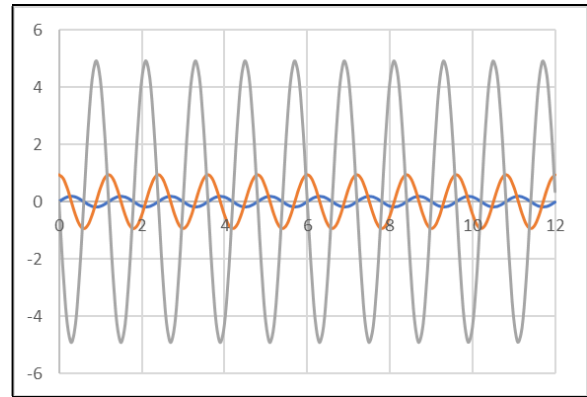
A ZalaZone hallgatói csapata által fejlesztett Pedestrian Target elektronikájának alapjául egy Arduino Mega2560 szolgál. Az Arduino digitális portjairól kimenő jel vezérli a csatlakoztatott két PowerHD 1235Mg szervomotort, melyek a lábak mozgását végzik. A két motort 3D nyomtatott egyedi gyártású teljes kitöltésű védődoboz védi az esetleges balesetekből származó sérüléstől. (2. ábra) A mikrovezérlőt és a szervomotorokat egy darab 7,6V feszültségű lítium-polimer akkumulátor látja el.



2. ábra: Védődoboz

Az Arduino Mega2560-ra írt program vezérli kizárólag a szervomotorokat, nincs egyéb hardver beépítve erre a célra. A program elején található egy set-up üzemmód, mely minden indítás során 2,5 másodpercig tart, ekkor beállnak a lábak ún. kalibrációs (nullpont) helyzetbe. A set-up idő letelével elindul az artikuláció, azaz lábmozgás.

A legtöbbet futtatott program a gyalogos üzemmód. Ekkora a láb 18 cm (36 cm lépéshossz; tartva a szabvány által előírt 26°-os lábszöget) amplitúdóval végez lengőmozgást. Ezt az időfüggvényt matematikai modellel közelítjük meg, melyek során a láb maximális sebessége 3,38 km/h, maximális gyorsulása 4,92 m/s<sup>2</sup>. (3. ábra) Az artikuláció lengésideje ezzel a programmal 1,2 másodperc, körfrekvenciája 5,23 rad/sec, frekvenciája 0,83 Hz.[3]

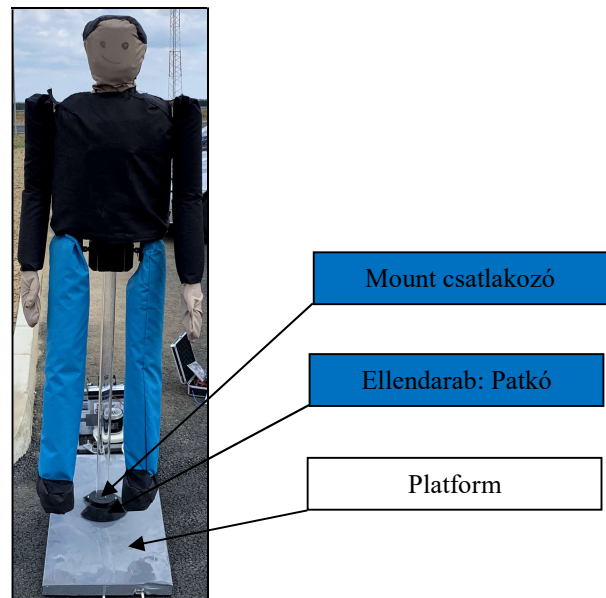


3. ábra: Lábmozgás időfüggvénye: *kitérés* [m], *sebesség* [m/s], *gyorsulás* [m/s<sup>2</sup>]

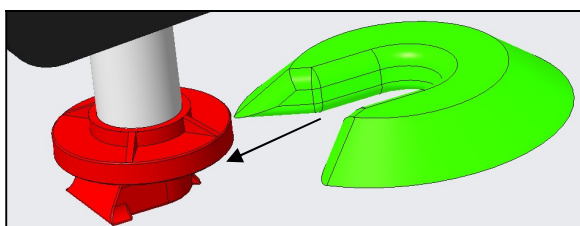
### 4. MOUNT CSATLAKOZÓ

A Dummy bábu ezen része létesít kapcsolatot a test mozgására kialakított platformmal. A fejlesztés során egy adott irányból elüthető csatlakozóból és ellendarabból álló kialakítást hoztunk létre.

A tesztbábu funkciójából adódóan az alkatrész feladata nem csak ennek a fix rögzítésnek a létesítése, hanem az esetleges ütközés esetére oldható kapcsolat biztosítása, amely a törések elkerülését és így a tesztek reprodukálhatóságát teszi lehetővé. Ez az oldható kapcsolat alakzárásra lett megtervezve az első koncepcióban. Tesztek lefolytatásával folyamatosan fejlesztettük a csatlakozó elemet, hogy minél jobban közelítsük a megfelelő geometriát. Így kaptuk ezt az alkatrészpárt, melyet a 4. ábra szemléltet.



4. ábra: Pedestrian Target platformra szerelve



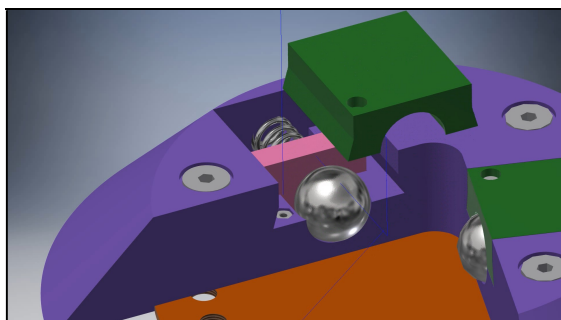
5. ábra: Mount csatlakozó oldása

A patkó alakú megvezetőhöz hangoltuk a mount csatlakozót. Feladatából és elhelyezkedéséből adódóan nagy mértékű kihajlás terheli. (6. ábra) A kihajlással szembeni rögzítés érdekében fűlekkel láttuk el, az oldás érdekében viszont ezt csak pár helyen eszközöltük, hogy el tudja hagyni a foglalatot. (5. ábra) A csőcsatlakozási pontot megnöveltük és merevítővel láttuk el a cső törésének elkerülése érdekében.[4]



6. ábra: Alkatrészek igénybevétele kihajlásra

Az alkatrészek 3D nyomtatással készültek, amely ismétlődő igénybevétel hatására nem volt képes elviselni az erőhatásokat és ezért eltörött. Annak érdekében, hogy elkerüljük az alakzárásból adódó további problémákat egy újabb konstrukció került megtervezésre. (7. ábra)



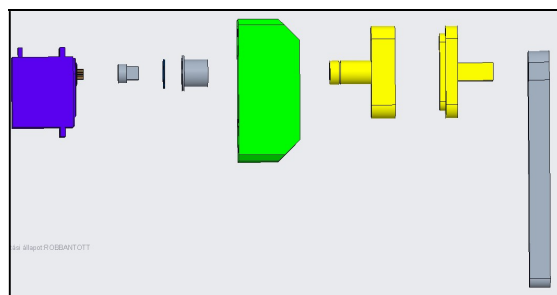
7. ábra: Rugós mount-csatlakozó kialakítása

Ez a megoldás az előre meghatározott rugó-erő ellenében oldja a kapcsolatot. Ütközés hatására a csatlakozó benyomó-

dásra kényszeríti a rugókat. Elegendően nagy erőhatásra teljesen benyomódnak és a csatlakozó kipattan.

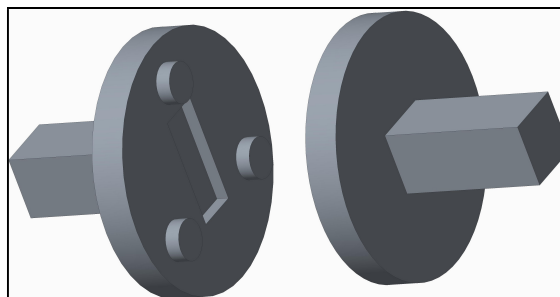
## 5. VÁLL- ÉS COMBKAPCSOLAT

A jelenlegi konstrukció szerint a szervomotorra tengelykapcsolóval csatlakozunk, amely továbbítja a forgatónyomatékot a kihajtó tengelyre, ami egyben az oldható mágneskapcsolatot szolgáltatja meghajtás oldalról. A comb-csatlakozókba erős mágnespárok kerülnek beragasztásra, amelyek csak ütközés esetén engedik leesni a lábakat. (8. ábra)



8. ábra: Combcsatlakozás összeállítása

A szabványos kialakítás szerint ütközés esetén a karoknak le kell válniuk a testről. Ennek kivitelezését alakzárással megerősített mágneskapcsolattal hoztuk létre, ahogy az az 5. ábrán látható. A csatlakozó alkatrészek 3D nyomtatással készülnek és a test szivacsába ragasztásos kötással kerülnek rögzítésre. (9. ábra)



9. ábra: Vállcsatlakozó kialakítása

## 6. RADARREFLEXIÓ

A gyalogos érzékelés funkciót az autókban több szenzor együttes működése teszi lehetővé. Ezek egyike a radar. Személygépkocsikban általában 77-78GHz-es radar van. A radar mérési elve az, hogy az adó kibocsájtott rádióhullám jele milyen mértékben verődik vissza a céltárgyról. A visszavert jel erősségéből megállapítható a mért tárgy radar keresztmetszete. Ez főleg a céltárgy felületének minőségétől, és az anyagának vezetőképességétől függ.[1]

A radarkeresztmetszet (angolul Radar Cross Section, rövidítve RCS) annak mérésére szolgáló mennyiség, hogy egy adott tárgy mennyire jól látható rádiólokátorokkal. Egy ugyanakkora visszaverő képességű, vezető anyagból készült gömb keresztmetszetének területét fejezi ki. Néha decibelben, dBsm vagy dBm<sup>2</sup> formában is megadják, ilyenkor az 1m<sup>2</sup>

felületű cél által visszavert referenciamennyiséghez képest, logaritmikus alapon viszonyítják a visszavert jel erejét, így például 20 dbsm = 100 m<sup>2</sup>, -10 dbsm = 0,1 m<sup>2</sup> visszaverő felülettel. (1. táblázat)

1. táblázat: Egyes objektumok radarreflexiója [5]

Objektum	RCS [m <sup>2</sup> ]	RCS [dB]
madár	0,01	-20
ember	1	0
motorcsónak	10	10
autó	100	20
teherautó	200	23

A Dummy radarreflexióját a Continental ARS 408-21 radarral tudtuk mérni. A mérésnél egy referenciaértékhez képest néztük az eredményeket. A referenciát mindig egy ember adta. (2. táblázat)

Első mérési lehetőségénél készültünk rá hogy a bábu radarreflexióját növelni tudjuk. Ezt egyszerű alufóliával sikerült kivitelezni. A mérési körülmények viszont nem voltak megfelelőek, mivel viharos idő volt, ezért kevés értékelhető adatot kaptunk, azoknak is nagy volt a szórása.

Második mérésnél a bábura nem volt külön reflektáló anyag rakva. A méréseket ugyanúgy egy referencia személyhez viszonyítottunk.

2. táblázat: Mért radarreflexiók értékek

Frontális nézet				
Távolság	Dummy átlag RCS	Min	Max	Szórás
3 m	-1,1130	-4	3	1,3438
5 m	5,6589	1,5	7	1,1008
7 m	0,8227	-0,5	1,5	0,4894
15 m	2,8190	-3,5	7,5	2,1974

Frontális nézet				
Távolság	Referencia átlag RCS	Min	Max	Szórás
3 m	-3,9754	-8,50	2,00	2,2869
5 m	-1,6810	-6,5	2,5	1,7249
7 m	-1,1884	-6,5	5	2,1322
15 m	-0,0616	-6	5,5	2,093

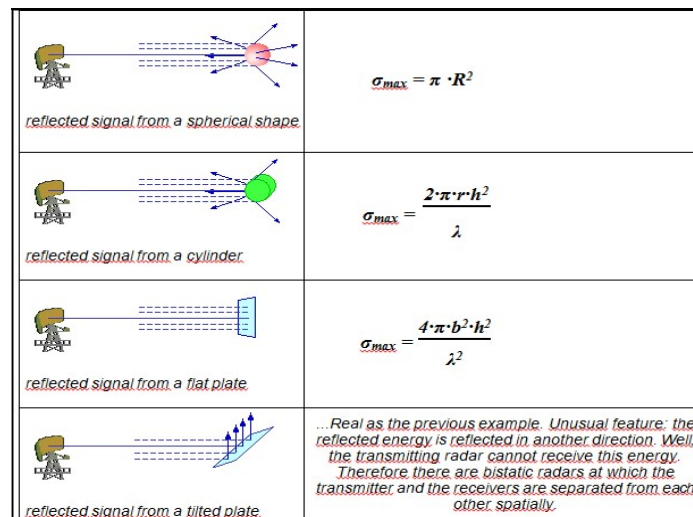
Bal oldali nézet				
Távolság	Dummy átlag RCS	Min	Max	Szórás
3 m	-1,11	-4,00	3,00	1,3438
5 m	-4,40	-8,00	-1,50	1,0760
7 m	-3,06	-7,50	0,00	1,3903
15 m	0,72	-3,00	4,00	1,2942

Frontális nézet				
Távolság	Referencia átlag RCS	Min	Max	Szórás
3 m	-7,8313	-14,00	-2,50	2,0295
5 m	-5,6958	-11,00	-0,50	2,2447
7 m	-0,6823	-10,00	6,00	3,5496
15 m	0,9495	-10,50	7,00	2,9842

A mért értékek szórása a távolság függvényében nagyon magas. A bábu radarjel visszaverő képessége nem homogén a test felületén. Ahol fém anyag van beépítve (mágnesek, vezetékek, akkumulátor), ott a reflexió erősebb. Azonban ez nem probléma, ugyanis az ember sem tekinthető homogén felületnek. A nála lévő tárgyak (kulcs, telefon), ugyanúgy növeli a visszaverődést, mint a Dummy-ban lévő fémek. Viszont így a mért értékek nem összehasonlíthatók, mert ezek a reflektáló tárgyak nem ugyanolyan helyen vannak a bábuban mint az embernél.

Tehát a kérdésre, hogy egy önvezető autó megfelelően látja-e a Dummy-t nem kaptunk választ. Ezt úgy szerettük volna kideríteni, hogy egy modern, gyalogos felismerő, vészfék asszisztenssel felszerelt autó elé kivezetjük a Dummy-t, és az autóban ülő személy pedig figyelni, hogy az autó érzékeli-e a bábút. Két különböző autóval történt tesztelés, de egyik sem ismerte fel a Dummy-t, igaz a második tesztélés során esős idő volt, ami befolyásolhatja az autó szenzorainak a működését.

A radarreflexió mérésekor az adott tárgy helyettesíthető fémkockával, melynek geometria szempontjából kulcsfontosságú paramétere a kocka élhosszúsága. (10. ábra)



10. ábra: Egyes felületek reflexiójának számolása [5]

- Egy átlagos ember radarkeresztmetszete kb. 1 RCS(m<sup>2</sup>)
- lehető legegyszerűbben egy téglatesttel lehetne helyettesíteni



- kocka lapjának a méretei kiszámolhatók

$$\sigma_{\max} = \frac{4 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot h^2}{\lambda^2}$$

- ahol  $\sigma_{\max}$ : radarkeresztmetszet
- b,h: oldalhossz
- $\lambda^2$ : hullámhossz (MRR 76-77Ghz -> 3.947368 - 3.896104mm)

$$l = \frac{4 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot h^2}{0.0039^2}$$

- legyen kocka alakú, b=h

$$l = \frac{4 \cdot \pi \cdot b^4}{0.0039^2}$$

- b = 0,033m = 33mm

A számolás alapján egy ember radarreflexióját lehet helyettesíteni egy 33mm él hosszúságú kockával.

A Dummy-ba kemény, fém tárgyat nem célszerű rakni, az ütközéskor keletkező sérülések elkerülése végett. Viszont mindenképp áram vezető anyagot kell használni, mivel azok tudják visszaverni a radarhullámot megfelelő mértékben. Ezek alapján a beépítendő anyagnak fém hálót választottunk. A magyarországi piacon kapható lekönnyebb hálót választottuk erre a célra.

Az anyag jellemzői:

- $A_0 = 57,4\%$  (lyukas felület / teljes felület)
- Mesh = 38,5 (szemek száma / 1 zoll)
- Sűrűség = 0,45 kg/m<sup>2</sup>
- Huzal átmérő = 0,16 mm

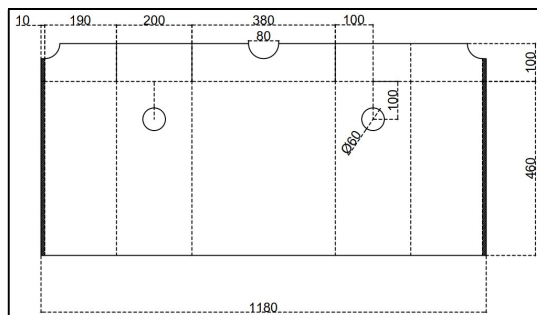
A hálót a Dummy szerelhetőségének érdekében, a felsőtest ruhaanyagának belsejébe, tépőzárral rögzítettük. Radarreflexiós mérésre a későbbiekben lesz újra lehetőség, azután már látni fogjuk hogy ez a háló milyen mértékben növelte a reflektivitást. Ez alapján pedig már meg fogjuk tudni határozni, hogy mekkora felületű fémhálót kell rakni a Dummyra. (11. ábra)



11. ábra: Fémháló a ruhában

## 7. SZABÁSMINTA, RUHAANYAG

Fontos, ha egyszer a Dummy bábu sorozatgyártásra kerül, tartozzon hozzá egy megfelelő szabásminta is. (12. ábra) Evégett készítettük el a miénket is; külön a fejre, a testre, a ka-rokra, az alsónadrágra, a lábakra, valamint a lábfejekre is.



12. ábra: Szabásminta

A test kivételével minden más alkatrésze összevarrottan lesz ráhúzva a textilanyag, a testhez pedig egy hátán végig futó tépőzár megoldást dolgoztunk ki. A tépőzár megoldás azért fontos, hogy a testben lévő elektronikához – ami a hajtásért felelős – bármikor hozzá tudjunk nyúlni az esetleges módosítások elvégzése végett. A varrások verzió valószínűleg egy stabilabb kötést biztosított volna, de negatívumként elmondható róla, hogy a bábu felnyitása vágást igényelne, ami anyag-vesztéshez vezetett volna, ezért elvetettük. Annak érdekében, hogy ne bizonyuljon valamilyen ok folytán kevésnek a felvázolt anyag, emellett azok mentén kivitelezhető legyen a varrás és a tépőzár, 5-10 mm-es ráhagyásokat is feltüntettünk a rajzokon.

A szabványnak megfelelően, a bábu arcát és kézfejeit bézs, testét, haját, karjait és lábfejeit fekete, valamint alsónadrágját és lábait türkizkék színű anyaggal ruházzuk fel. A választott anyag vízálló, 100% poliészter. A poliészter az időjárási viszonyoknak és mikroorganizmusoknak ellenálló, kőolajból készült szintetikus polimer szál. Gyorsan szárad, valamint az ebből készült ruházat könnyű, szilárd, hosszú élettartamú és kevésbé gyűrődik. A vízálló poliészter anyag egyik oldalán PU (poliuretán) réteggel impregnált, ezért víztaszító tulajdonságai vannak. A poliészter nagy mértékben kopás- és nyúlásálló. A vízálló poliészter anyag puhább anyag, mint a vízálló nejlón, kitűnően lehet vele dolgozni. Súlyja is mindösszesen 190g/m<sup>2</sup>, ami számunkra egy fontos aspektus, mivel törekednünk kell arra, hogy a bábu minél könnyebb legyen. (13. ábra)



13. ábra: Vízálló ruhaanyag

## 8. KONKLÚZIÓ

A közúti biztonság fontos társadalmi kérdéssé vált, amelyet nem szabad figyelmen kívül hagyni. Ennek megfelelően a technika folyamatos fejlődésével lehetővé válik a különböző rendszerek létrejötte, amelyek célja a balesetek elhárítása, jobban mondva a balesetek számának minimalizálása. Ilyen a már bevezetőben is említett ADAS – (Advanced Driver-Assistance Systems), illetve az Automatikus vészfék (AEB) rendszer is. Azonban mint minden új rendszert, ezeket is a megfelelő módon tesztelni kell alátámasztani, ami kiszűri a hibákat, és az esetleges negatív kimenetelű eseteket. A tesztek során a változtatások nagy része sikeresnek bizonyult. A legnagyobb kihívást a radarreflexió helyes kivitelezése, javítása jelenti. Az integrált fejlesztések ellenére is a mért értékek szórása nem kielégítő eredményt hozott. E terület a projekt folytatásában maximális prioritást élvez, akárcsak a mount és platform csatlakozó alkatrészei. A tesztek során a bábút ért erőhatások a kipróbált konstrukciók teherbírását felülmúlták. A megfelelő konstrukció további kidolgozást és kutatást, tesztet igényel.

## 9. FORRÁSOK

- [1] Paul Lemmen, Johann Stoll, Udo Bergelt, Patrick Seiniger, Marcus Wisch, Oliver Bartels, Eugen Schubert, Martin Kunert, Iain Knight, David Brookes, Maminirina Ranovona, Tatsuhiro Okawa, Christian Domsch, Thomas Schaller: *Evaluation Of Pedestrian Targets For Use In Automomous Emergency Brake System Testing - A Report From The Harmonistion Platform 2 Dealing With Test Equipment*
- [2] AB Dynamics: *Soft Pedestrian Target SP-6030, Issue No. 07, November 2017*
- [3] European Automobile Manufacturers Association: *Articulated Pedestrian Target Specifications, Version 1.0, October 2015*
- [4] AB Dynamics: *SPT Single Belt Upgrade, Issue No. 02, February 2018*
- [5] Christian Wolff: *Radar Cross-Section, Radar Basics, radartutorial.eu*