

Nyugat-magyarországi Egyetem
Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Hallgató: Lőrinczi Áron
Konzulens tanár: Dr. Andor Krisztián



SZÉNSZÁLLAL MEGERŐSÍTETT ÜLŐBÚTOR

Tartalom

Gondolatmenet.....	1
Ötlet	1
Információgyűjtés	1
Szénszál (carbon fiber)	3
Szénszálas megerősítés tömörfa bútor esetén	4
Szénszálas megerősítés hajlított bútor esetén.....	5
Vázlatok.....	6
Célkitűzés	7
Mérés	7
Mérés előkészítése	7
Faanyag beszerzése.....	7
Próbatestek elkészítése	7
Próbatestek méreteinek levétele	8
Ragasztás, száradás.....	10
Törésteszt.....	11
Eredmények	12
Tervezés	13
Ergonómia.....	13
Szerkezet.....	13
Alapmodell: Null fotel	14
Teherbírás növekedés.....	17
Hány személyesre lehet maximálisan megnövelni?	17
Következtetések.....	17
1. szénszálas típus: 2 személyes, várótermi jellegű.....	18
2. szénszálas típus: 3 személyes, várótermi jellegű.....	19

3. szénszálas típus: 2 személyes, önmagába visszacsavarodó megerősítéssel	20
4. szénszálas típus: 2 személyes, karfa menti megerősítéssel	21
5. szénszálas típus: 3 személyes, karfa menti megerősítéssel	22
6. szénszálas típus: 2 személyes, kiszélesített karfával	23
Hivatkozások	24

Gondolatmenet

ÖTLET

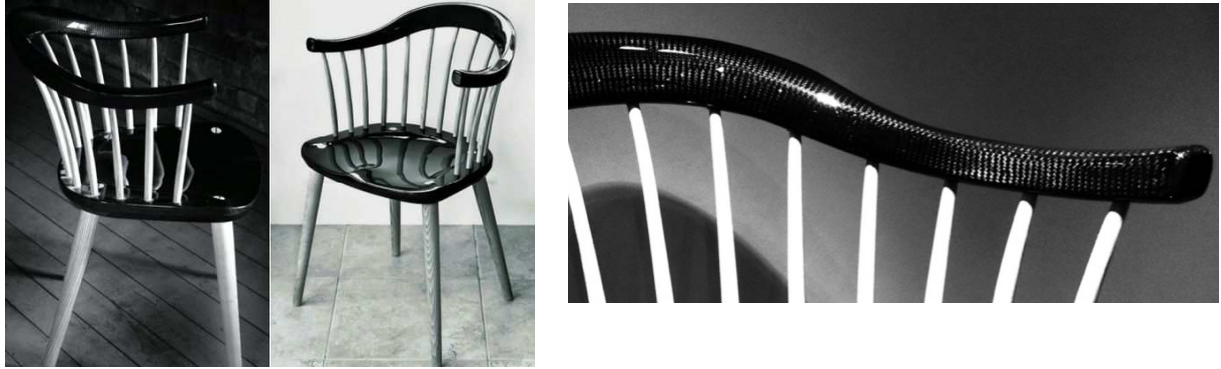
Előző félévben szilárdságtan című tárgy elméleti előadásait Andor Krisztián tanár úr tartotta. Valamelyik előadáson megemlített egy kísérletet, melyet az egyetem mechanika intézete végez. Ezt, egy gyakorlati óra keretein belül meg is tekintettük, és ezzel betekintést nyertünk, hogy is zajlik le egy ilyen kutatás. Lényege, hogy fagerendákat vizsgálnak hajlításra az intézet szerkezetvizsgáló laborjában, mely gerendák **szénszállal** vannak megerősítve a húzott zónában. A gerendákat középen, fokozatosan növekvő erővel terhelik. Egy adott keresztmetszetű szénszálas gerenda jelentős teherbírásnövekedést mutatott, mint amit az adott keresztmetszetű szénszál nélküli gerenda. Ez számottevő eredménynek számít, mivel rengeteg szakmabeli (aki fával dolgozik pl.: építész, asztalos, formatervező, faipari mérnök stb..) gondolatait megváltoztathatná a tervezésnél, kivitelezésnél, mint új alapanyag. Szinte már láttam is magam előtt a szénszálas fagerendák alkalmazását az iparban, közéletben. Nem sokkal miután megtekintettem ezt a kísérletet, arra gondoltam miért ne lehetne megvalósítani ezt kicsiben. **Meg lehetne ezzel a technológiával erősíteni egy széket, fotelt, vagy akár egy kanapét, és ha igen, hogyan?** Ezekkel a kérdésekkel, gondolatokkal kerestem fel az előző félév végén Andor Krisztián tanár urat, akit kíváncsivá tett a dolog, érdeklődést mutatott felé és ekkor vetettem fel azt az ötletet is, hogy TDK-n is indulhatnánk vele, amire rábólintott.

INFORMÁCIÓGYŰJTÉS

A nyár információgyűjtéssel és ötleteléssel telt a témával kapcsolatban. Találtam néhány terméket, amely hasonlít az általam kitalált ötlethez, azonban nem találtam olyat, ahol a tervező olyan eljárással és azzal a céllal tervezte, gyártotta volna le az általa kitalált terméket, amelyek szándékomban álltak, így arra a következtetésre jutottam, hogy valószínű új határokat feszegetek.

1. DARWIN 2012 CHAIR

A Darwin 2012 chair a Go Carbon nevezetű design studio terméke. Semmi köze nincs a szék megerősítésével való kísérletezéshez. Pusztán design szempontjából használták föl a szénszálat.



2. MOOT CHAIR

A Moot chair egy angol bútorgyártó (Established and Sons) terméke, mely 2013-ba jött piacra. A szék műanyagból van, teljes felülete karbonszállal van bevonva majd fóliázva. Itt már beszélhetünk arról, hogy masszívabb lett a szék a ráragasztott szénszáltól, azonban műanyagból készült, szóval más kategóriába sorolnám, mint a saját ötletemet.



3. STEN CHAIR

A Sten chair Paul Loebach amerikai designer keze által készült. A tervező több bútorán is előszeretettel alkalmazza a szénszálat, főleg külső megjelenésük értékének növelése céljából. Azonban nem a megszokott formában, hanem egy kompozit anyagot készít fából plusz a szénszálból, és ezt használja föl. Ez hasonlít az alapkonceptiómhoz, de én nem erre a klasszikus "iskolaszék" formára vittem rá a szénszálat, hanem egy olyan keresztmetszet, olyan formavilág (hajlított rétegelt lemez) mellé ahol, ha nem lenne szénszál ragasztva egyes felületekre, akkor terhelés hatására eltörne a szék. A Sten chair esetében nincs szó ilyesmiről, ha szénszál nélkül lenne kivitelezve, akkor sem történne jelentősebb alakváltozás. Inkább design és védelem szempontjából alkalmazza a tervező.



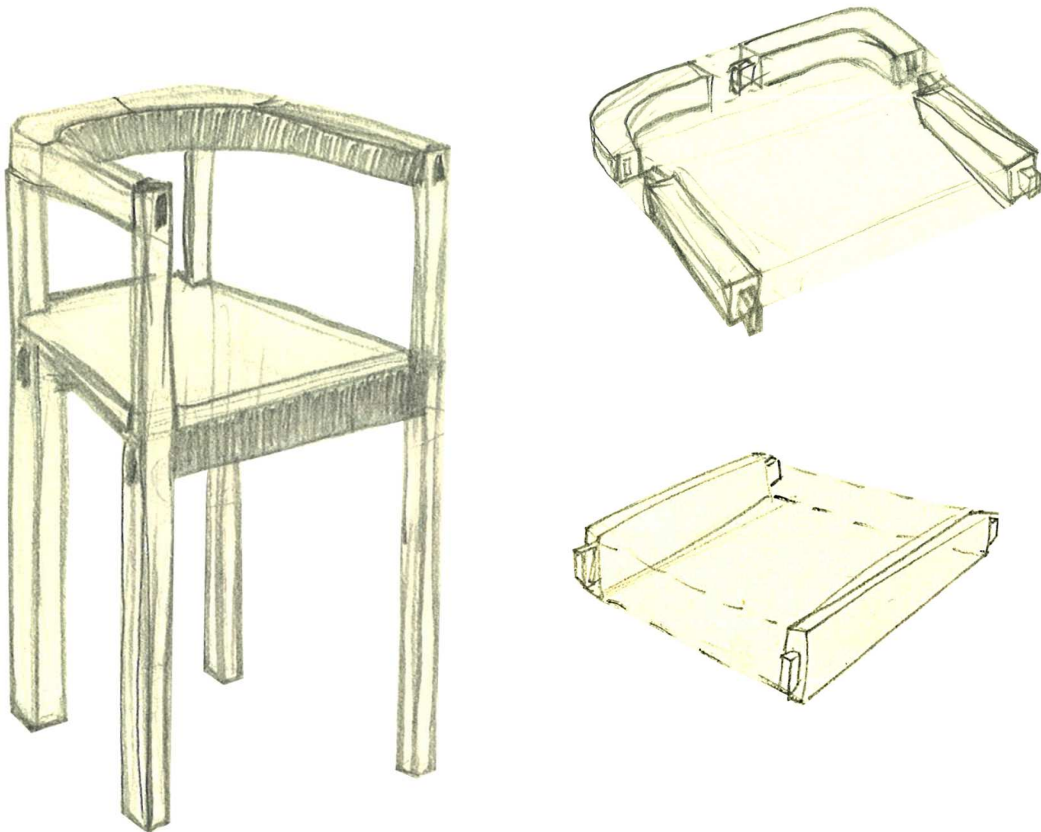
SZÉNSZÁL (CARBON FIBER)

A **szénszálak** (karbonszálak) és a velük rokon **oxidált szálak** napjaink igen fontos textilnyersanyagai közé tartoznak. A nagyrészt szénatomokból álló, különlegesen vékony (0,005–0,010 mm-es) szénszálak alkalmazása elsősorban a kompozitgyártásban jelentős, de készítenek belőle szöveteket és láncrendszerű kötőgépen egy, illetve két irányban rendezett szénszál-fonalakkal megerősített termékeket, valamint körkötött kelméket, nem szőtt kelméket, de fonatolással, sőt hímzéssel is dolgoznak fel szénszálakat ill. azokból készült fonalakat, ipari célokra (pl. kompozitok erősítőanyagaként), vagy védőruházatok gyártására.



SZÉNSZÁLAS MEGERŐSÍTÉS TÖMÖRFA BÚTOR ESETÉN

Az első gondolatom az volt, hogy egy egyszerű, letisztult megjelenésű, egyszerű szerkezetű, tömörfa bútort tervezek (jó minőségű fákból, pl.: bükkből, vagy akácból) melynek az alátámasztást szolgáló léceire lett volna ragasztva a szénzál. Ezt később azért vettem el, mert kicsiny perspektíva nyílna az innovációra, az újításokra, igaz erősebbé, terhelhetőbbé válna, mint szénzál nélkül, de ennél nagyobb eredményt, több kihasználatlan lehetőséget láttam a témában.



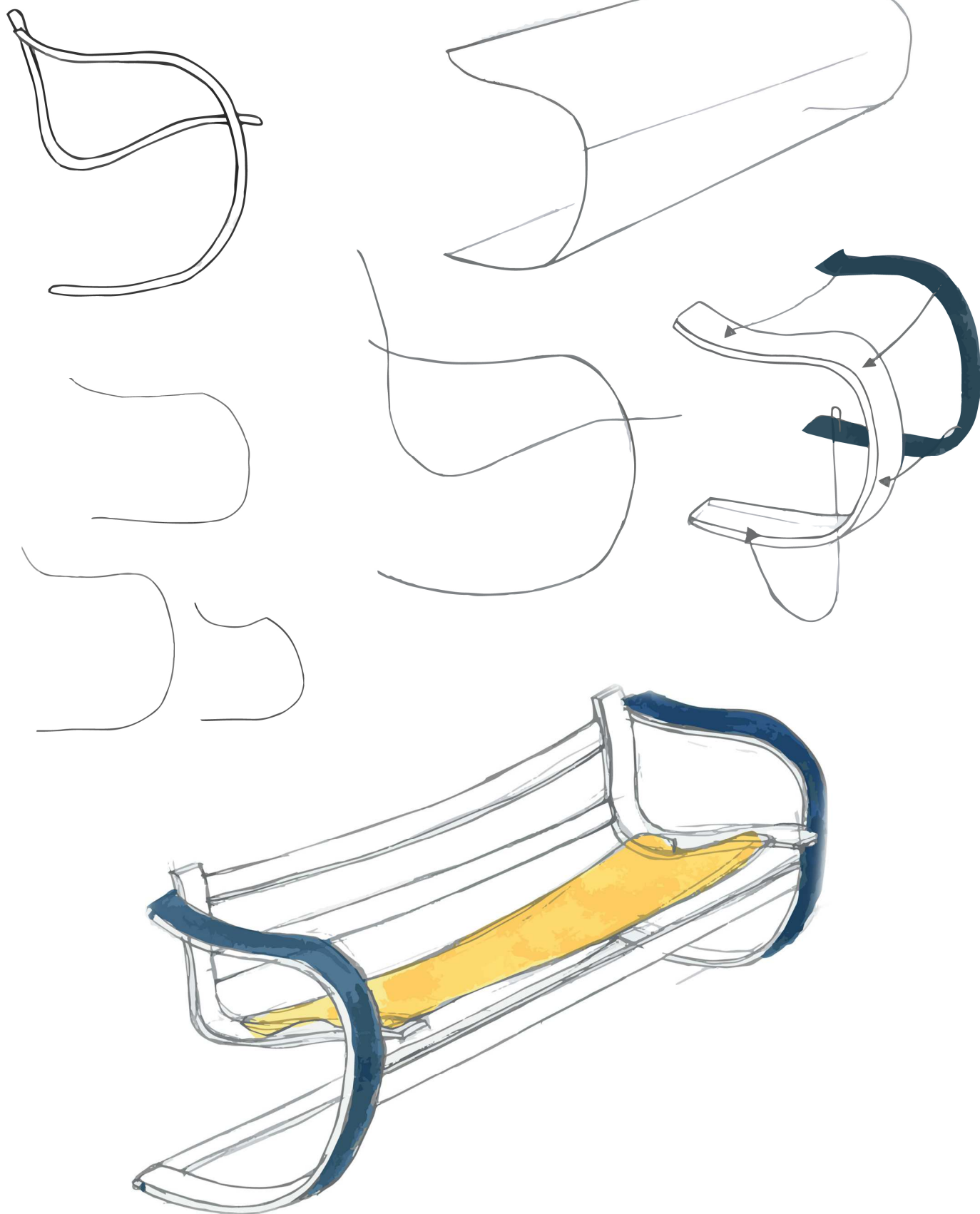
SZÉNSZÁLAS MEGERŐSÍTÉS HAJLÍTOTT BÚTOR ESETÉN

Ezután jött az ötlet, hogy miért ne lehetne egy hajlított felületre ragasztani a szálát. Ezzel növelhetnénk a termék rugalmasságát is. Emellett ugyanúgy növelve a teherbírást is. Vékony keresztmetszetű rétegelt lemezből készült hajlított bútorokra gondoltam, mert azoknál széles spektrum nyílik a kísérletezésre, következtetések, újítások elérésére. Ami rögvest eszembe jutott az az Ikea egyik széke volt, a Poang fotel.



Azért gondoltuk (a konzulensemme), hogy ezen a vonalon érdemes elindulni, mert **ebből a fajta fotelből, még soha nem készült többszemélyes**, mivel ezek a keresztmetszetek, ezek a méretek, ha ki lenne toldva két személyesre a fotel, (azaz már kanapéről beszélünk) akkor **két személy súlya alatt eltörnének. Erre a problémára adhatna megoldást a szénszál**. Ez nyilván egy nagy előrelépés lehetne (gondoltunk magunkban) így hát ezen a szálon haladtunk tovább. Ennek fényében arra jutottunk, hogy valahogy ki kellene számítani, hogy valójában mennyivel bír el többet a hajlított rétegelt lemez a ráragasztott szénszállal, mint nélküle? Összeházasítható a szénszál korrektül a rétegelt lemezzel? Ezek ekkor még megválaszolatlan kérdések voltak előttünk. Csak sejthettük, remélhettük, hogy a mi esetünkben is pozitív eredményeket kapunk. A törésteszt által tudtuk meg a válaszokat a felmerülő kérdésekre, amihez rövidesen hozzá is kezdtünk.

VÁZLATOK



CÉLKITŰZÉS

Egyszemélyes fotelból, két vagy több személyes ülóbútor tervezése szénszállal megerősített, hajlított karfák segítségével, és megvalósíthatósága kérdésének megválaszolása.

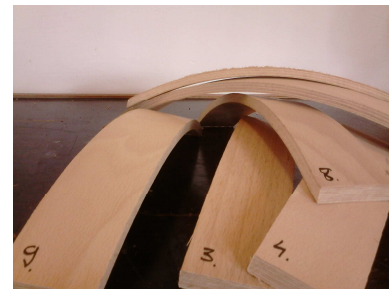
Mérés

A mérést az egyetem mechanika intézete biztosította. Két részből állt: a mérés előkészítéséből, és a töréstesztekből. A mérésben segített még Csikós Szabolcs intézeti mérnök.

MÉRÉS ELŐKÉSZÍTÉSE

FAANYAG BESZERZÉSE

Fa-alapanyagot Markó Gábor, a kar Fa és Papíripari Technológiák Intézetének oktatója biztosított számunkra a célnak tökéletesen megfelelő kezeletlen, bükk rétegelt lemez tömbök formájában. Ezek mind hajlítottak voltak. Azért fontos, hogy kezeletlenek voltak (gyalult felületek), mivel így a fa nedvszó anyagként működik, ami a szénszál felragasztásánál lényeges, mert ezáltal tudott jól egymáshoz ragadni a két anyag.



PRÓBATESTEK

ELKÉSZÍTÉSE:

A rétegelt lemez tömböket, körfűrész és szalagfűrész segítségével daraboltuk fel. Ezáltal létrejött **35 próbatest**:



PRÓBATESTEK MÉRETEINEK LEVÉTELE:

17 db próbatestet csupaszon hagytam és 18 db-nak a domború oldalára felragasztottam a szénszálat, amit már előzetesen méretre vágtam. Így (majdnem) fele-fele arány jött létre. Eközben nekiláttam a próbatestek különböző méreteinek (pl.: húrmagasság, szélesség stb.) lemérésének.

SZÉNSZÁL NÉLKÜLI PRÓBATESTEK MÉRETEI					
sorszám	v (mm)	sz (mm)	l (mm)	m1 (mm)	m2 (mm)
1.	12.8	59.16	343	56.86	53.08
2.	11.98	59.16	348	57.79	52.52
3.	12.71	59.64	349	60.15	54.06
4.	12.52	58.78	348	58.10	51.98
5.	11.89	59.42	338	64.60	58.31
6.	12.02	59.22	339	62.13	55.39
7.	11.48	58.82	338	62.64	56.01
8.	11.31	59.24	338	62.24	55.91
9.	11.63	59.90	339	64.02	57.09
10.	11.58	59.47	327	67.81	60.29
11.	11.36	59.25	327	68.10	59.44
12.	11.98	59.87	328	65.93	58.43
13.	11.62	58.95	329	68.75	60.96
14.	10.71	60.30	463	104.85	103.10
15.	8.94	61.91	428	86.75	85.53
16.	10.53	59.45	462	103.46	103.66
17.	9.11	58.46	420	85.38	83.83

SZÉNSZÁLLAL MEGERŐSÍTETT PRÓBATESTEK MÉRETEI					
sorszám	v (mm)	sz (mm)	l (mm)	m1 (mm)	m2 (mm)
1.	12.97	59.48	327	71.24	63.42
2.	12.51	59.10	348	59.24	52.79
3.	13.20	60.00	348	60.55	56.11
4.	13.38	61.46	339	64.17	58.71
5.	13.16	59.95	338	64.10	57.09
6.	13.00	59.36	339	63.93	57.40
7.	14.02	60.11	328	70.63	63.02
8.	13.25	59.67	349	58.24	53.58
9.	12.98	60.48	328	68.51	60.82
10.	13.05	60.17	348	59.74	54.82
11.	13.19	59.88	346	59.84	53.60
12.	13.30	59.90	328	70.44	61.93
13.	13.14	60.49	328	69.04	60.41
14.	12.19	59.95	339	65.35	59.42
15.	9.98	58.81	423	88.51	86.54
16.	12.11	60.41	460	106.54	104.98
17.	11.49	59.28	460	105.28	104.27
18.	11.53	59.88	464	106.13	106.38

v = vastagság, **sz** = szélesség, **l** = hossz, **m1** =bal oldali húrmagasság, **m2** = jobb oldali húrmagasság

RAGASZTÁS, SZÁRADÁS:

A ragasztás egy kétkomponensű ragasztóval történt. 24 óra kellett a ragasztó megkötéséhez. Ezután már bátran belevághattunk a törésvizsgálatba.



TÖRÉSTESZT:

A törésteszt egy FPZ 100-as típusú statikus terhelő berendezéssel történt, ami maximum 100 kN erő kifejtésére képes. Ehhez társítottunk egy videoextensometert is. Egy mérőjel-átalakító segítségével numerikus adatokká tudtuk a méréseket konvertálni, melyeket táblázatosan elmentettünk számítógépen. A próbadarabokat lineárisan növekvő erővel terheltük, mindaddig, amíg a próbatest tönkremenetel jeleit nem mutatta, (itt már tönkrement a próbatest, de még volt továbbra is teherbírása) ami után már nem fejtettünk ki erőnövekedést, csak vártuk a törést.

A szénszál nélküli próbatestek eltörése kevesebb időt vett igénybe (kb.: 3 percet), mint amely darabokra volt ragasztva. (5-6 perc) Ez azért történt így, mert a szénszállal megerősített daraboknál miután elértük a maximális terhelést, még 2 néhány esetben 4 perc is eltelhetett a szálkás törésig. Ezalatt az idő alatt nagyobb mértékű alakváltozások léptek föl, ami arra bizonyíték, hogy a **rugalmassági értékei is növekedtek**. (lásd: kiegészítő dokumentumban) Sokkal domborúbb, összenyomottabb állapotában következett be a törés, mint a sima próbatesteknél.



EREDMÉNYEK:

A tönkremenetelt a törőnyomatékkal határoztuk meg, amihez mértük a húrmagasságnövekedést a videoextensometerrel.

SORSZÁM	TÖNKREMETTEL SZÉNSZÁL NÉLKÜL (kN)	TÖNKREMETTEL SZÉNSZÁLLAL (kN)
1	-	3.392
2	2.55	-
3	2.92	3.383
4	3.305	3.775
5	2.651	4.105
6	2.769	3.504
7	2.585	3.498
8	2.429	4.135
9	2.668	3.226
10	2.473	3.721
11	2.325	4.128
12	2.582	3.643
13	2.425	3.931
14	0.743	3.505
15	0.401	0.79
16	0.669	0.693
17	0.993	-
18		0.924

A barnával jelölt értékek egy másik (rossz) minőségű rétegelt lemez próbadarabjai. (A többi jó minőségűből származik.)

– jel esetén hiba lépett föl a mérés során, ezért nem kaptunk pontos értéket.

Néhány példa a törésekre kiegészítő dokumentumban.

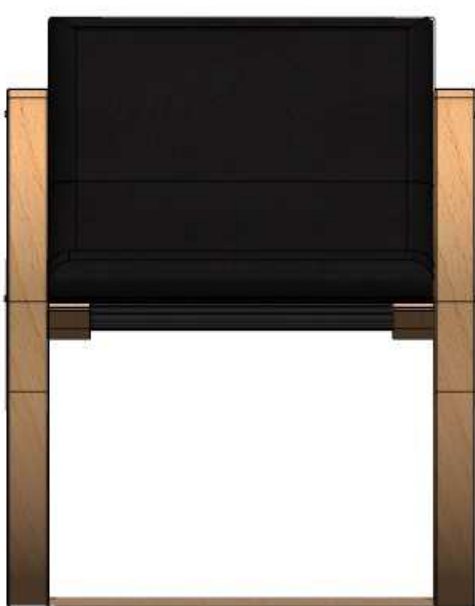
Tervezés

ERGONÓMIA

Úgy vélem, egy kényelmes ülőbútor tervezésénél elsődleges szempontok közé tartozik az ergonomia. Az ergonomia tudománya foglalkozik az ember és a technikai berendezések kapcsolatával. Legfontosabb feladata, hogy megmondja milyen legyen az a berendezés, (bútor a mi esetünkben) ami a legjobban illeszkedik az ember fizikai és szellemi adottságaihoz, képességeihez. Az alapforma tervezésénél célom volt a **formakövető kialakítás**. különösen nagy hangsúlyt fordítottam arra, hogy normál, hátradőlt helyzetben a kényelem biztosítása mellett, egészséges legyen az ülés. Ezalatt azt értem, hogy egészséges a gerincoszlop, a test számára, azaz a test alakjához mérten terveztem.

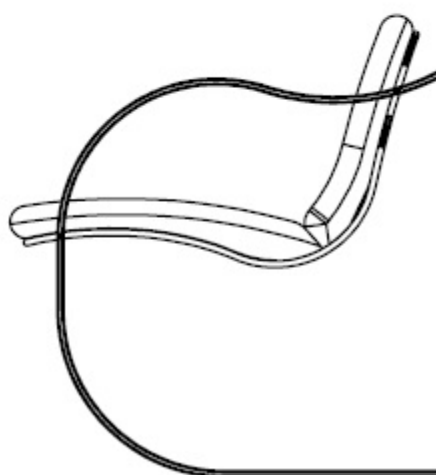
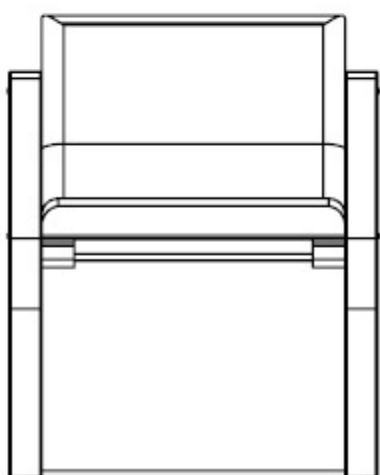
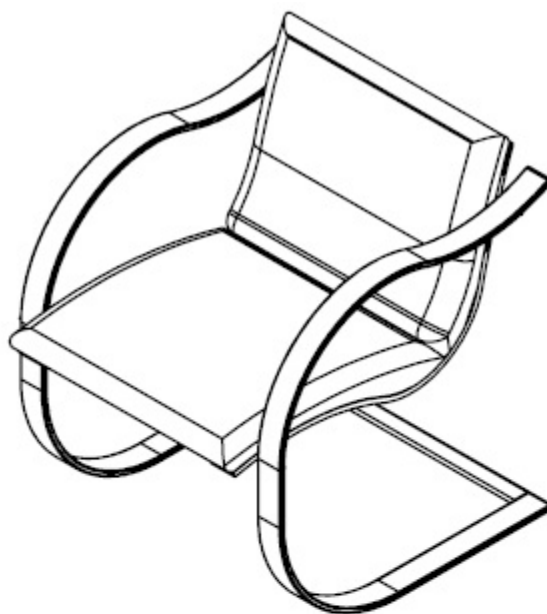
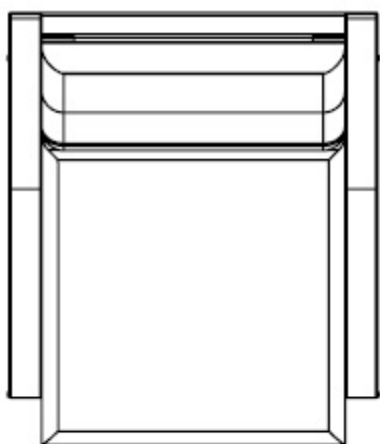
SZERKEZET

Először az alap (szénszál nélküli) fotel szerkezetét, felépítését terveztem meg. Ennek szerkezete kívülről befelé haladva: Karfa, ami két csappal van csatlakoztatva az általam elnevezett "ülőfához". Azért kapta a nevet, mert erre kerül az ülés (párna bőr huzattal) és az ülés alá egy vászon van kifeszítve (lásd.: 6 oldal, alsó rajz), ami továbbítja a terhelést a karfákra. A karfán keresztül fut egy harmadik csap is, ez alul az összekötő elembe kapcsolódik. Az ülőfába két összekötő fa csatlakozik amire a háttámla kerül. Ez szintén egy párna bőr huzattal. Az



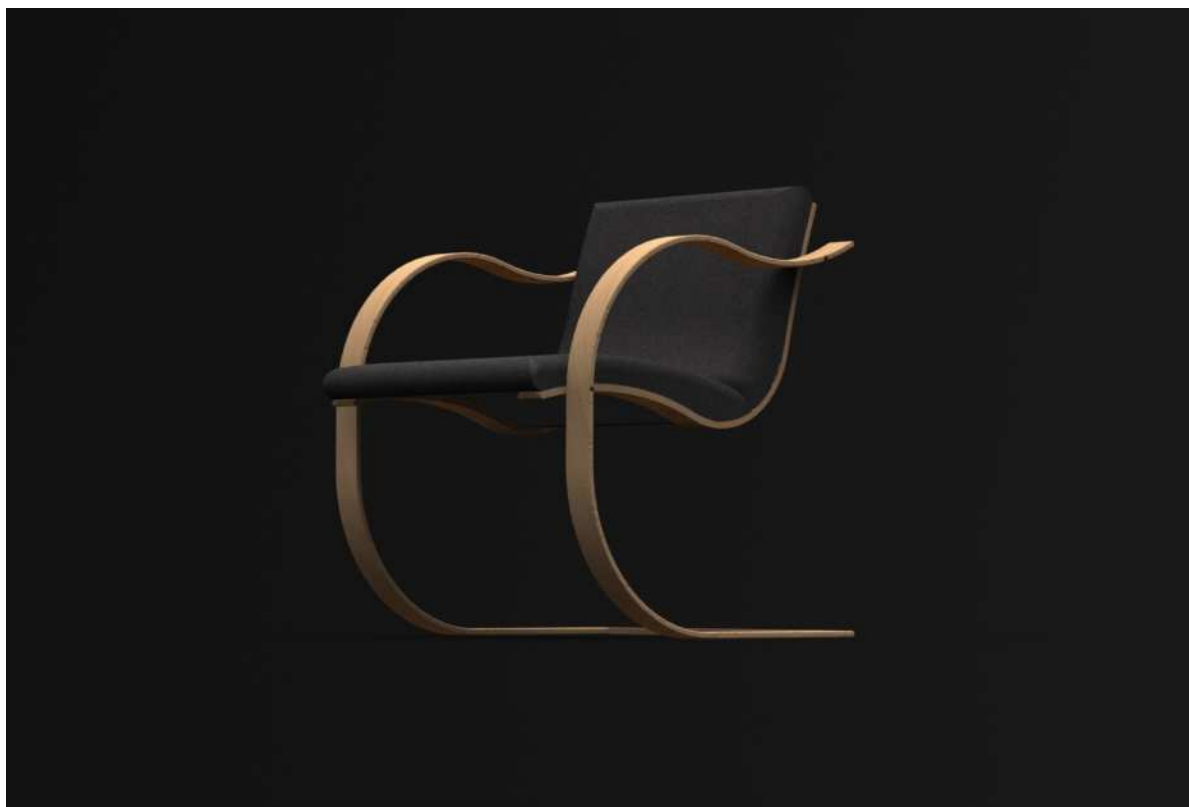
alkatrészek megtervezésénél arra figyeltem még, hogy ez a termék ha egyszer valóban piacra kerülne, könnyen szerelhető lenne otthon. Ezeket az alkatrészeket használtam föl a további szénszálas kibővitések folyamán is, hogy modulárisan szerkeszthető legyen a termék. Csúszásgátlók elhelyezésére szükség lenne, ha legyártásra kerülne a termék, hogy ne billenjen előre, amikor valaki előrehajol ülő helyzetben.

ALAPMODELL : NULL FOTEL





Azért éppen **NULL** fotelnek neveztem el, mert ha oldalnézetből nézzük a széket és azt forgatjuk különböző irányokba az „n”, az „u”, és az „L” betű is kiolvasható. Az „n” és az „u” a karfa alakjából, míg az „L” az ülésből.





Teherbírási növekedés

A szénszál nélkülieknél átlagban 2.64 kN terhelés volt a tönkremeneteli határ, míg ez az érték a szénszállal megerősítetteknél: 3.69 kN.

Az eredmények kiértékeléséből arra következtethettünk, hogy a szénszál technológia alkalmazásával az **ülőbútor** karfája 1,5-ször többet bírna el, mint nélküle.

HÁNY SZEMÉLYESRE LEHET MAXIMÁLISAN MEGHOSSZABBÍTANI?

$$(n + 1) 1,5 = 2n$$

$$1,5n + 1,5 = 2n$$

$$3 = 1,5 / 0,5 = n$$

$$n = 3 \text{ fő}$$

n: személyek száma

KÖVETKEZTETÉSEK

2 db szénszállal megerősített karfával a maximum, amit elérhetünk, a másfél "személyes" ülő bútor.

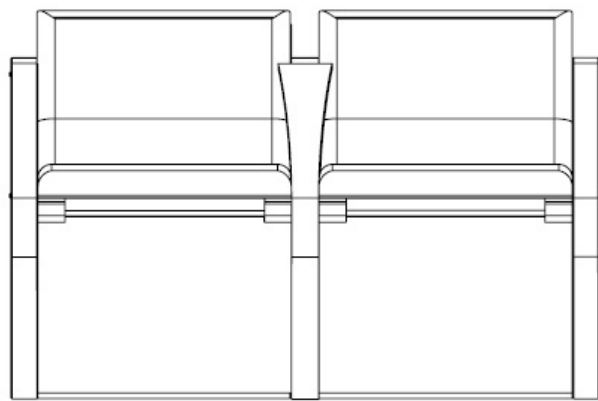
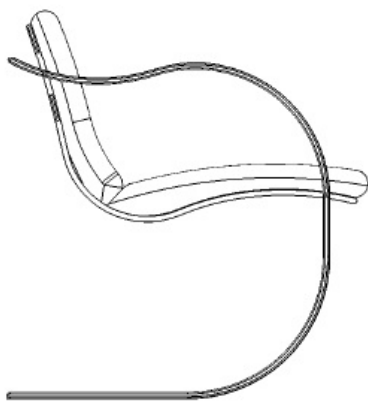
3 fő a maximum, amit a szerkezet elbír.

2 személyes bútor esetén 3 db, 3 személyes esetén pedig 4 db szénszállal ellátott karfára van szükség, hogy megbízhatóan forgalmazható legyen a termék.

Az imént felsorolt következtetések kivitelezésére több járható út is vezet. Ezeket a következőkben fejtem ki.

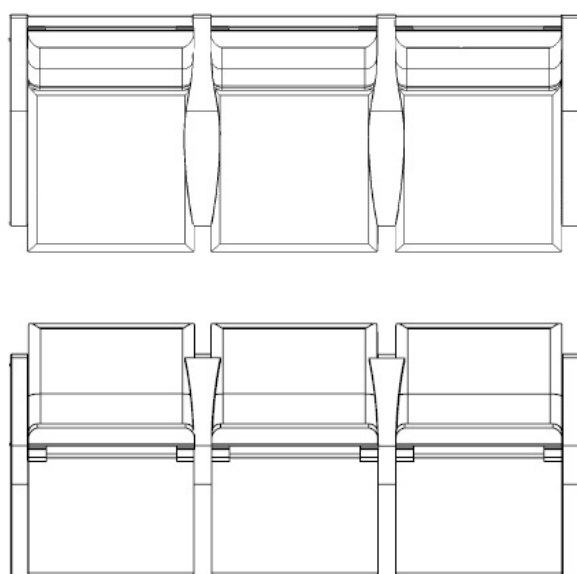
1 SZÉNSZÁLAS TÍPUS: 2 SZEMÉLYES, VÁRÓTERMI JELLEGŰ

Az első fejlesztett változat várótermi székekhez hasonló elrendezésű, mivel azok is hasonló elven vannak összekötve. A középső karfát kiszélesítettem az ülés fölött, mivel gyakori probléma, hogy az ilyen összekötött székeknél, csak egy fő keze fér el rajta. A két szék összekötése az "ülőfán", a karfán, majd az azt követő "ülőfán" keresztül haladó csapokkal, és a hátsó összekötő elemekkel lett megoldva. A szénszál felületét el lehetne takarni egy furnérral, de szándékosan hagytam meg a rendereken is, Design-elemként is funkcionálna és csak egy fólia kerül rá, mivel nem emberbarát anyag. Jól mutat rajta, ha látszódik, inkább kiemelem, mint eltüntettem. A szénszál a megvastagított karfa ívét csak a külalak miatt követi, a szélesebb szénszál itt tartószerkezeti teherbírás-növekedéssel nem jár.



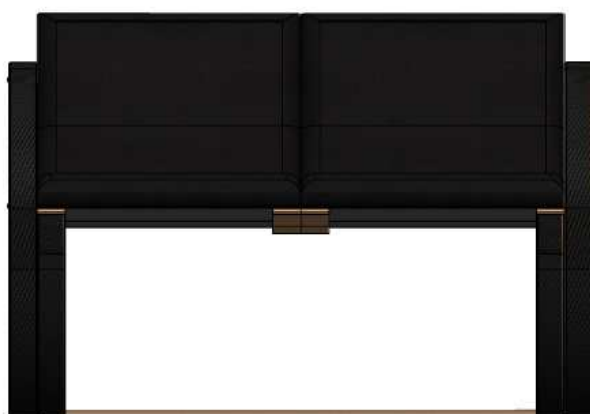
2. TÍPUS: 3 SZEMÉLYES, VÁRÓTERMI JELLEGŰ

A háromszemélyes székcsoporthoz hasonló, csak még egy ülőhellyel meg lett toldva. **Ezáltal a maximális teherbírás is kimerül**, amit a szénszálas megerősítéssel el lehet érni a hajlított, rétegelt lemezből készült NULL fotelekből.



3. TÍPUS: 2 SZEMÉLYES, ÖNMAGÁBA VISSZACSAVARODÓ MEGERŐSÍTÉSSEL

A támaszték szintén rétegelt lemezből készülne, szélessége, vastagsága megegyezne a karfáéval. Csapokkal lenne rögzítve a karfához és az összekötő elemhez. Természetesen szénszállal lenne körbevonva. Ugyanezen az elven meglehetne valósítani 3 személyesre is, és ahhoz is elég lenne 2 támaszték, viszont ott az ülések közé kéne helyezni őket.



4. TÍPUS: 2 SZEMÉLYES, KARFA MENTI MEGERŐSÍTÉSSEL

A karfa mellett egy ugyanakkora keresztmetszetű, és széles elem csavarodik fel az ülés ívével megegyezően, mely szintén szénszállal van borítva. A szénszálak felületét el lehetne takarni egy furnérral, de szándékosan hagytam meg a látványterveken is, Design-elemként is funkcionálna és csak egy fólia kerül rá, mivel nem emberbarát anyag. Jól mutat rajta, ha látszódik, inkább kiemelem, mint eltüntettem.



5. TÍPUS: 3 SZEMÉLYES, KARFA MENTI MEGERŐSÍTÉSSEL:

A karfa mellett egy ugyanakkora keresztmetszetű, és széles elem csavarodik fel az ülés ívével megegyezően, mely szintén szénszállal van borítva. Az előző típusnál elég lett volna egy db ebből az elemből (design szempontjából alkalmaztam ott is kettőt), ebben az esetben azonban a szerkezet megköveteli mindkét oldalon való használatát.



6. TÍPUS: 2 SZEMÉLYES, KISZÉLESÍTETT KARFÁVAL:

A két személyes ülőfelületet a középső karfa nélkül is el lehet érni. Ez esetben, értelemszerűen meg kell szélesíteni mindkét karfát a standard karfavastagság felével. Valószínűleg ez lenne az a típus, mely legyártásába belekezek a közeljövőben, hogy ne csak elméletben, de gyakorlatban is letesztelhessem az eredményeket.



HIVATKOZÁSOK:

<http://www.ikea.com/hu/hu/catalog/products/S79805430/#/S19825191>

<http://go-carbon.co.uk/index.php>

<http://thedesignhome.com/2012/07/sten-chair-by-paul-loebach/>

<http://www.homecrux.com/2013/04/25/5839/the-darwin-2012-chair-uses-carbon-fiber-and-sustainable-wood.html>

<http://zwm.ippt.gov.pl/page2.html>