

Talpas és talpatlan
betűtípusok
olvasásvizsgálatának
bemutatása webes
környezetben

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1 Bevezető	2
2 A Tipográfia alapjai	3
2.1 A tipográfia fogalma és célja	3
2.2 A betű	3
2.3 Betűk csoportosítása	5
2.3.1 Reneszánsz antikva	5
2.3.2 Barokk antikva	6
2.3.3 Klasszicista antikva	7
2.3.4 Talp nélküli lineáris antikva (groteszk)	8
2.4 True Type betűtípusok	8
3 Olvashatóság	9
4 Kutatási struktúra	12
4.1 Első szöveg előkutatásának eredményei	16
4.2 Második szöveg előkutatásának eredményei	17
4.3 Harmadik szöveg előkutatásának eredményei	19
4.4 Negyedik szöveg előkutatásának eredményei	20
4.5 Előkutatás eredményei kiértékelése	21
5 Véletlenszerűsítés	22
6 A kutatás menete	25
7 A minta összetétele	27
8 A kutatás eredményei	28
8.1 Adatok bevitele a kiértékeléshez	28
8.2 A szövegek sorrendjének, az elért pontszámok és az idő összefüggései	31
8.3 A szövegek betűfajtái, az elért pontszámok és az idő összefüggései	32
8.4 Korreláció	33
9 Összegzés	34
10	Mellékletek
35	
10.1 „A” szöveg	35
10.2 „B” szöveg	37
10.3 „C” szöveg	39
10.4 „D” szöveg	41

1 Bevezető

Dolgozatom egy kutatásra épülő tanulmány, abból a feltevésből, hipotézisből indul ki, miszerint a talp nélküli betűtípusokat elektronikus formában (például webes megjelenítés esetén), míg a talpasokat nyomtatott formában (például újságok, könyvek szövegei esetében) ajánlott vagy szokás alkalmazni, hiszen mindegyik megjelenítés esetén megvan az, hogy melyik csoport tagjai olvashatóbbak.

A fenti állítások gyakran a tipográfia alkalmazásának alapelveiként hangzanak el. Úgy gondolom, hogy ezeknek az elveknek a megfogalmazása olyan technikai eszközök mellett született, melyek a mai számítógépek teljesítménye mellett nagyon elavultnak számítanak. Ma a számítógépek, tabletek, képernyőolvasók és mobiltelefonok képernyőfelbontása nagyon magas, emellett már több generáció beleszületett az elektronikus információszerezés világába az internet elterjedésével párhuzamosan, ezen generációk esetében a nyomtatott könyvek olvasása kezd háttérbe szorulni. A mai korosztályon és a mai technikai eszközök segítségével, vizsgállok meg egy olyan hipotézist, ami több évtizeddel ezelőtt született. A kutatásom eredménye vagy alátámasztja, vagy megcáfolja majd a talpas és a talpatlan betűtípusok olvashatóságára vonatkozó feltételezéseket.

Dolgozatomban ismertetem a talpas és talpatlan betűtípusok két nagy csoportjának jellemzőit, majd azokat a betűtípuscsaládokat mutatom be, amelyekből a kísérlet elvégzéséhez válogatva lettek az egyes konkrét betűtípusok. A tárgyalás folyamán részletesen ismertetem a kutatás előkészületeit, menetét, majd ezeket követően az eredményeket és azok kiértékelését. Tanulmányom végén kitérek a jövőbeni kutatási lehetőségekre a témával kapcsolatosan és az eredményekből következő kutatási témára teszek javaslatot.

2 A Tipográfia alapjai

2.1 A tipográfia fogalma és célja

Mohai István: Tipográfiai alapismeretek Kiadványszerkesztés tantárgyi segédletében olvashatjuk a következő gondolatokat. A tipográfia szó a görög tüposz (kép, minta) és a gráfó (írni) szavakból származó kifejezés. Elsősorban a nyomtatott szöveg szerkesztését, megtervezését jelenti, de a mai értelemben bármilyen szöveges közlés megformázását, „a szöveg és a kép együttes elrendezésének tervezését, kialakítását értjük alatta.”¹

A tipográfia alapvető céljai közé tartozik, hogy a szöveg által hordozott információt minél egyszerűbben, könnyebben és érthetőbben továbbítsa az olvasó számára, ehhez különböző tipográfiai eszközök állnak rendelkezésünkre. Jelentősen javíthatjuk az olvashatóságot a tipográfiai összetevők jó megválasztásával, segítve ezzel a gyorsabb és kevésbé fárasztó olvasást, valamint az eszközök megfelelő kombinációjának összeválogatásával arculatot hozhatunk létre, mely egységet teremt a különböző részek között. A tipográfia eszközei (összetevői) közé tartoznak a betűtípus, a betűszín, a betűméret, a szöveg igazítása, a háttér megválasztása, az üres területek (térközök, betűközök, margók) és a kiemelések.

Egy szöveg egészét számos apró elemre bonthatunk, a tipográfus rendelkezésére álló eszközök a következők:

A betű: a szöveg legkisebb egysége, részét képezik az ékezetek, kis- és nagybetűk, szóközök, számok és egyéb speciális karakterek.

A sor: önálló egységként kezelendő, kiemelésével, igazításával, helyzetével különböző hatásokat érhetünk el.

A sorcsoport: olyan sorok együttese melyek tartalmilag összetartoznak, pl.: könyvcím, képaláírás

2.2 A betű

A szöveg tartalmát tekintve a betűnek több funkciója is lehet, elsősorban magának a közlendő, továbbítandó információnak a hordozója, valamint funkcionálhat díszítőelemként is. Az olvasóban kiváltott érzelmeket nem csak, a szöveg tartalma, mondaniválója határozza meg, nagyon fontos szerepe van a betűk alakjának, példának okáért keressünk egy számunkra megrázó hírt például: „*A gyűlölet születése*” ezzel a címmel olvashatunk egy cikket az

¹ Mohai István: Tipográfiai alapismeretek Kiadványszerkesztés tantárgyi segédlet, Székesfehérvár, 2006

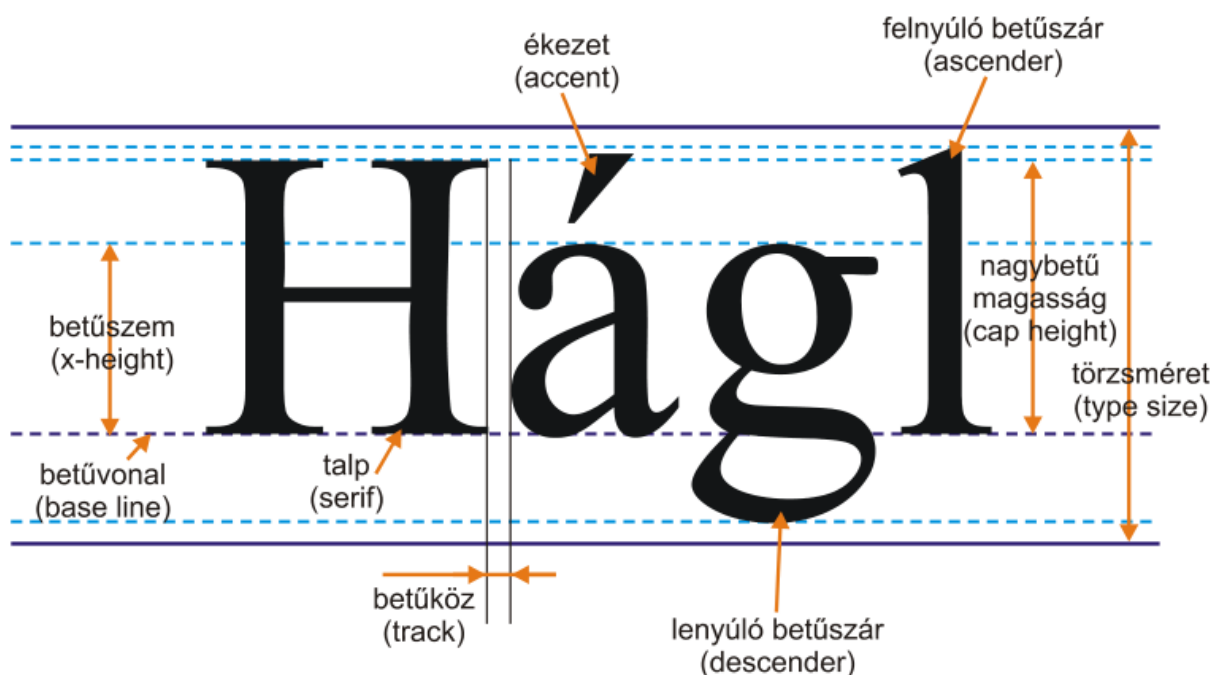
index.hu weboldalán. Nézzük, meg hogyan változik a cím érzelmi töltete két különböző betűtípusnál.

„A gyűlölet születése” „A gyűlölet
születése”

1. ábra Betűtípusok hangulati eltérése

A szemléltetéshez két nagyon eltérő betűtípust választottam, az első Century Gothic stílusban, a másodikat Comic Sans MS-ben. Jól látható mennyivel komolyabb és sejtelmesebb hatása van az első példának, szemben a Comic Sans bohókás, vidám stílusával. Kevésbé tűnik drámainak így a cikk címe, a figyelem felkeltése valószínűleg kevésbé lenne sikeres. Ezért rendkívül fontos, talán az egyik legfontosabb dolog a szöveg tartalmához legmegfelelőbbben illő betűtípus megválasztása.

Az azonos stílusba tartozó betűket úgy alkotják meg, hogy a betűk, számjegyek, írásjegyek megegyező grafikai stílusjegyeket hordozzanak, és ezzel együtt az összehatás egységesebb legyen. Magát betűt is több apróbb részre lehet bontani.



2. ábra A betű részei

Azon felül hogy megválasztottuk a szövegünk betűinek stílusát, meg kell határoznunk azok méretét, fontos tudni hogy az egyes stílusok betűméretei is eltérőek, tehát egy Times New Roman 12-es méretű mondat, nem fog meggyezni egy Verdana 12-essel írt mondat méretével. Egy stílus méretét alapvetően a törzsméret határozza meg. A törzsméret magába

foglalja a legmagasabb felnyúló szárat és a legmélyebb lenyúló szárat, egyik sem lóghat túl a törzsméretben meghatározott tartományból. Tehát ha megadjuk egy betű méretét az nem a kis- illetve nagybetűk méretét határozza meg, hanem a törzsméretét.



3. ábra Törzsméret

Ezért van az, hogy ha megváltoztatjuk a szövegtörzs betűinek stílusát, de a betűk méretét változatlanul hagyjuk, ettől függetlenül, az hatással lehet a szöveg terjedelmére.

2.3 Betűk csoportosítása

Az alábbiakban a teljességigénye nélkül bemutatásra kerülnek azokat a betűcsoportokat, amelyek a kutatásban szerepelnek.

Mohai István Tipográfiai alapismeretek Kiadványszerkesztés tantárgyi segédletében fogalmazta meg a következőket: a betűtípusok száma már olyan magas, több tízezerre tehető, hogy a szakembereknek nélkülözhetetlen valamiféle rendszerbe, csoportokba rendezni őket. A legelterjedtebb ilyen csoportosítási a rendszer az úgynevezett tízes csoportosítás. Ez a rendszer a betűk készítési ideje, a betűvonalak és talpak stílusjegyei alapján sorolja különböző csoportokba.

2.3.1 Reneszánsz antikva

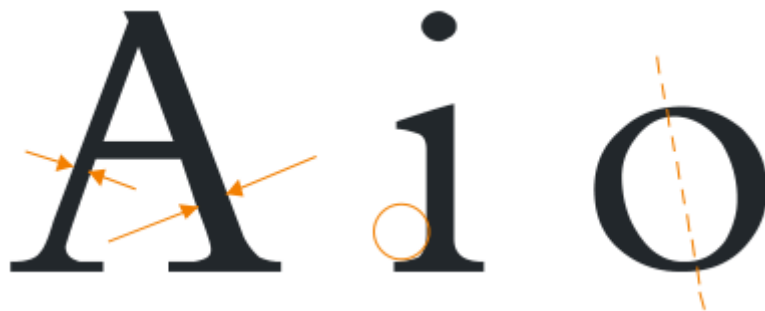
„Eredete: Az antik római példákhoz nyúlik vissza. A római kapitális (majuszkula) és a karoling minuszkulából alakul ki a humanista könyvírás. A klasszikus szövegek, karoling közvetítéssel való másolása a "littera antiqua" a gót írás a "littera moderna". A humanista íróiskolákban alapvető elvárás az olvashatóság. Jellemző írástípus a humanista kurzív minuszkula. Harmonikus arányú írástükör a pergamen vagy papírlaphoz képest. Világosan tagolt szavak és szellős sortávolság a jellemző. A XV–XVI. században készített betűtípus.

Jellemzői: A betűk képe arra emlékeztet, mintha tollal vagy ecsettel rajzolták volna, utánozza a kézírás ritmusát, dinamikáját, ezért kiválóan alkalmas hosszabb olvasásra szánt

szöveghez. A reneszánsz antikvát két csoportra oszthatjuk, velencei reneszánsz antikvára és francia reneszánsz antikvára, ám a gyakorlatban nem tesznek e kettő közt különbséget. Az angolszász területeken "humanista" néven terjedt el. Az "e" betű harántvonala ferde (velencei változat), ill. vízszintes (francia változat).

Változatos vonalvezetés, apró részletek kifinomult tervezése.

- A segéd- és alapvonalak vastagsága közti csekély különbség.
- Talpakkal rendelkezik.
- A betűtalpak, záró vonalkák gömbölyítettek, a gömbölyítés jól látható.
- A kerek formák ferde tengelyállásúak.”²



4. ábra Reneszánsz antikva

A kutatásban szereplő reneszánsz antikva stílusú betűtípus a Garamond.

2.3.2 Barokk antikva

„**Eredete:** Az első tipikus barokk antikva a "romain du roi", amit XIV. Lajos megbízására dolgozott ki Louis Simoneau (1695). Jellemzője a betűképek matematikai megközelítése, emiatt merev, négyzetes formák alakultak ki, amik rontották az olvashatóságot. A "romain du roi" túlszerkesztett, "darabos" betűképeit Simon Pierre Fournier (Fournier le Jeune) 1712-1768 munkássága révén sikerült feloldani. A francia mester a betűk szélességi arányait variálta. Ő dolgozta ki az ún. 7-es osztást, amit ma is használunk. A nevéhez fűződik a tipográfia mértékrendszerének, a pont-rendszernek a kidolgozása is. Ez későbbi követőjéről Didot-rendszernek hívjuk.

Jellemzői:

- A segéd- és alapvonalak vastagságának különbsége erőteljesebb.
- A betűtalpak, záró vonalkák kevésbé gömbölyítettek.
- A kerek formáknál a tengely kevésbé ferde, vagy függőleges.”³

² http://hu.wikipedia.org/wiki/Renesz%C3%A1nsz_antikva



5. ábra Barokk antikva

A kutatásban szereplő barokk antikva stílusú betűtípus a Times New Roman.

2.3.3 Klasszicista antikva

„Eredete: A XVII. sz. végén a rézmetszés technológiája lehetővé tette, sőt egyenesen arra csábította a betűmetszőket, hogy az addigi kézírásból örökölt alapokat elvetve, teljesen a technika határozza meg a betűformák kialakítását. Az íróeszközök jellegzetességeit felváltotta a karctű hajszálvékony vonala. Gutenberg még a kézírás hatását akarta felidézni, a klasszicista antikva azonban már a metszetet tartotta követendő példának.

Jellemzői: A növekvő iparosodás, a hirdetések, az újságok elterjedése hatással volt a stílusjegyeinek kialakulására. Alkalmas hangsúlyos, figyelemfelkeltő szöveg szedésére, viszont hosszabb szövegnél alkalmazva nehezebben olvasható.

- A segéd- és alapvonalak vastagsága erősen kontrasztos, jelentős köztük a különbség.
- A betűtálpak derékszögűek, vagy csekély kerekítésűek.
- A kerek formáknál látható vastagítás tengelye mindig függőleges.”⁴



6. ábra Klasszicista antikva

³ http://hu.wikipedia.org/wiki/Barokk_antikva

⁴ http://hu.wikipedia.org/wiki/Klasszicista_antikva

A kutatásban szereplő klasszicista antikva stílusú betűtípus a Book Antiqua.

2.3.4 Talp nélküli lineáris antikva (groteszk)

„A mértani formák egyszerűségével tükrözi a századok folyamán kialakult hangjelek alapformáit. Éppen tárgyilagos formája következtében érzelmi hangulat kifejezésére kevésbé alkalmas, mint az előző korok antikvái. Szépirodalmi könyvek, verseskötetek szedésére általában nem is használják, sokkal inkább prospektusok, hirdetések, falragaszok szedésére

Legfőbb jellemzői:

- a betűt alkotó vonalak egyenlőek
- szabályos felépítésűek
- talp nélküliek”⁵



7. ábra Talp nélküli lineáris antikva

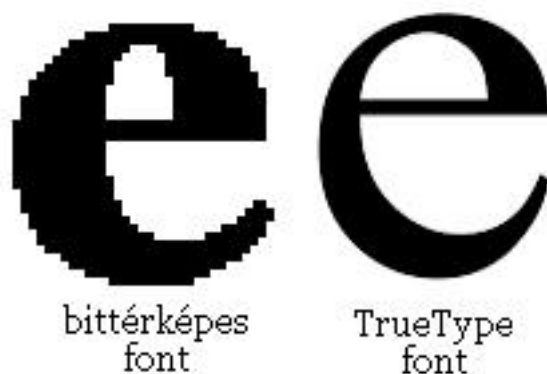
Legtöbbször modern stílusú kiadványoknál vagy képernyőre szánt szövegek megjelenítésére használjuk. A kutatásban szereplő talp nélküli lineáris antikvák a Verdana, az Arial, a Calibri.

2.4 True Type betűtípusok

A betűtípusokat a Windows rendszerek egységesen kezelik. Az ún. bittérképes (raszteres) karakterek (pixelfontok) képe képpontonként van tárolva, adott felbontású megjelenítő eszközre van tervezve. A bittérképes fontokat ezért csak eredeti méretben lehet használni, ugyanis felnagyítva láthatóvá válnának a pixelek.

A másik tárolási megoldás a vektorgrafikus mód, a TrueType betűtípusok ilyenek. Ilyenkor a betű képét annak jellemzői, a sarokpontok, ívek, vonalak alapján tároljuk. A módszer előnye, hogy az ilyen fontok minőségromlás nélkül tetszőlegesen nagyíthatóak.

⁵ Szilágyi Tamás: Nyomdatitkok, avagy a nyomdai megrendelők kézikönyve, Budapest, Delta Szaklapkiadó, 1987



8. ábra TrueType betű

A legelterjedtebbek az ún. TrueType betűtípusok. Minden betűtípusnak saját neve van, amely azonosítja: pl. a Times New Roman, Arial, Courier New, Brush Script, Algerian, Verdana, Garamond, Desdemona betűtípusok, amelyeket minden Windows rendszer tartalmaz.

3 Olvashatóság

Dolgozatom e fejezetét az olvashatóság definiálásával kezdeném, mielőtt belemerülnénk a betűtípusok, a kutatás és az adatok ismertetésébe fontosnak tartom, ennek a fogalomnak a pontos meghatározását. Ha kezünkbe vesszünk egy tipográfiáról szóló könyvet, előbb-utóbb mindenképpen belefutunk a fent említett címszóba. Ennek oka az, hogy a betűformák megtervezésénél alapvető szempont az olvashatóság, de mit is foglal ez magába?

„Az európai írás egyes hangjegyekből áll, amelyek olvasása közben a gyakorlott olvasó tudatában szóképet, mondatképet alkotnak. Ezzel indokolható a betűkkel szemben támasztott alapvető követelmény, az olvashatóság...”

Az olvashatóság több tényező együttes hatásaként fogható fel, Bardóczy Irén szerint ezek közül a legfontosabbak a következők:

Fontos, hogy az ábécé egyes betűjelei egyértelműen megkülönböztethetők legyenek egymástól.

- Az adott betű szerkezeti arányai is nagyban meghatározzák az olvashatóságot. Fontosak a felső és alsó betűszárak, valamint a törzsméret magasságának arányai.
- A betűk közötti távolság mértéke is meghatározó.

- A betűk egymáshoz illeszkedését a betűfejek és betűtalpak arányai megalapozzák.

A könnyen olvashatóság kritériumába tehát nem csak a betűtípus megválasztása a meghatározó. A kevésbé jól olvasható betűk közé tartozik tehát a groteszk (lineáris antikva) betűk, amelyek azonos vonalvastagságú, talp nélküli betűk. Ezek fárasztják a szemet, mivel hiányzik a vastag és vékony vonalak „ritmikus váltakozása”.

A fent olvasható idézetből is jól látszik a hipotézis, amit vizsgálni fogunk. A szerző már a nyomtatott anyagoknál is arra a feltevésre jutott, hogy a talp nélküli betűtípusok a kevésbé jól olvasható kategóriába tartoznak, felhívnám a figyelmet, hogy nyomtatott anyagokról beszélünk, az elektronikus szövegolvasás még fel sem merült. Ez a meghatározás nagyjából behatárolja az olvashatóság fogalmát, esetleg még a következőkkel egészíthetnénk ki.

„Az olvashatóság kérdésével szorosan összefügg a sorok hossza és az egy sorban szereplő betűk száma. Ideális méretű a 20-22 cecerós sor. A túl hosszú, 80 karakter fölötti sor esetében fárasztó az olvasás a gyakori sortévesztés miatt. 40 betű alatt nehéz egyenletes, nyugodt szövegfeldolgozást képezni. Újságok szedésénél a túl keskenyre tervezett hasábok miatt sokszor zavart okoz ez a hibás megoldás.

A betűközök és a szűk szóközök szinte „zenei ritmusa” segíti az egyenletesen gyors olvasást. A jól megtervezett betűk az előfordulható betűtalálkozások viszonylatában optikailag azonos, ideális betűtávolságot tartanak.

A szóközök helyes mérete a betűk átlagos szélességértékétől függően egyharmad, egynegyed négyzet; sorkizárt szöveg esetében soronként változó, a sorban szereplő betűk és a szóközök számának függvényében. A magyar nyelv hosszú szótagjai, összetett szavai miatt – más nyelvekhez viszonyítva – nehezebb feladatot jelent az egyenletesen szűk szóközű szövegfeldolgozás kialakítása.

A betűk pontmérete, a betűszem és a le- és felnyúló betűszárak aránya szerint szabályozni kell a sorok távolságát, a sorok közti térközt. Az ideális sorritkítás mértéke 10-20 százalék. A sorritkítás mértékét a sorok hossza, valamint a betűk középmagasságának mértéke szerint célszerű megválasztani. A hosszabb sorok és az arányaiban nagyobb középmagasságú betűk nagyobb sortávolságot igényelnek.

A megfelelő méretű margók a szövegnek egyenletes, semleges háttérrel adnak. Amikor a szem olvasáskor a sor végére és, az üres felületen megpihen, majd ezt követően tér vissza a következő sor elejére. A nagy, széles margók a könyvnek gazdag, díszes külsőt adnak. A szűk margók takarékos, gazdaságos, tömegkiadvány jelleget sugallnak. A margóviszonyok kialakításánál az aranymetszet arányait kell alapul venni.

*Az olvashatóságot befolyásoló tényezők továbbá: a nyomtatási eljárás, a nyomat és a papír színe, a megvilágítás és egyéb környezeti hatások.*⁶

A fenti két idézet véleményem szerint átfogó képet ad a nyomtatott szövegek olvashatóságáról, mindkettő forrás egyértelműen a talpas betűtípusokat sorolja a legjobban olvasható kategóriába.

Mgr. Námesztovszki Zsolt Hagyományos és digitális írás-olvasás című írásában részletesen kitért a hipertextre és a hiper médiára. A digitális olvasás jellegzetességei részben összehasonlítja a hagyományos olvasást és a képernyőről (internetről) történő olvasást. Fejezetét azzal a megállapítással kezdi, hogy ha össze akarjuk vetni ezt a két fajta olvasást, akkor azok alapfunkcióval kell kezdenünk ezek, meghatározzák az olvasás jellegét, miszerint, idézem:

„A hagyományos olvasásnál az irodalmi élmény átélése, a gyönyörködtetés, a szókincs bővítés és az árnyaltság a jellemző.

*Az interneten általában az információ (számunkra új értesülés) keresése dominál (hírek, időjárás, új játékok, új hardverelemek).*⁷

Továbbá kitér kettő kutatásra, amelyből az egyiket a British Library 2008-as jelentésében publikáltak, ebben leírják, hogy az online olvasás minőségileg tér el a hagyományos olvasástól. A jelentés szerint mind a tanárok, mind a diákok rosszabbul teljesítenek az olvasás terén. A digitális olvasás akkor előnyös, ha egy bizonyos információt keresünk, ha célirányosan kutatunk valamilyen új adatot. Véleménye szerint:

*„Az online felület sokkal felületesebbé teszi az olvasást, és korántsem biztosít olyan mértékű elmélyedést, mint a papíralapú irodalom.*⁸

A másik kutatás az agyban végbemenő folyamatokat vizsgálták, az eredmény szerint a két olvasás esetén teljesen más idegpályák aktívak. Legfőbb különbségnek azt emelik ki, hogy a nyomtatott szövegnek a tartalomhoz kötődik a papíron elfoglalt helye, számítógépen ez a folyamatos lapozás miatt nem valósul meg. Valamint tanulásnál fontos szerepe van a befogadás sorrendjének, könyvek eseténél követnünk kell a sorrendet, nem kezdhetjük a tanulást a könyv közepétől, hiszen az egymásra épülő információk miatt ez elég hiányos tudást eredményezne. A másik esetben a tanuló határozza meg a befogadás sorrendjét, ezt

⁶ Dr. Gara Miklós: Nyomdaipari enciklopédia, Osiris Kiadó, 2001

⁷ Mgr. Námesztovszki Zsolt Hagyományos és digitális írás-olvasás

⁸ Mgr. Námesztovszki Zsolt Hagyományos és digitális írás-olvasás

legtöbbször az érdeklődési kör határozza meg. A hipertextek legnagyobb előnye abban rejlik, hogy a befogadó érdeklődését követve gyorsan és könnyen gyarapíthatja tudását.

„Egyetemisták körében elvégzett kutatások, azonban azt mutatták ki, hogy ha két oldalnál több szöveget kell olvasni-tanulni, akkor azt már kinyomtatják.”⁹

4 Kutatási struktúra

Célunk az, hogy vizsgáljuk a kutatásban kiválasztott hat betűtípus olvashatóságát elektronikus megjelenítésben és nyomtatott formában egyaránt. Ehhez majd minden tesztszemély négy szöveget fog kapni négy különböző betűtípussal, ebből kettőt elektronikus, kettőt nyomtatott formában. A betűtípusok olvashatóságát a következő két tényezőt igyekszünk majd lemérni:

1. Megnézzük azt, hogy az adott betűtípussal írt szöveg elolvasása a tesztszemélyek által átlagosan mennyi időt igényelt.
2. Kérdéseket teszünk fel az adott szöveg tartalmára vonatkozóan (azaz szövegértést vizsgálunk).

A kutatás megkezdése előtt számos kérdésben dönteni kellett, ilyen volt például, hogy:

- Melyek legyenek a vizsgálandó betűtípusok?
- Milyen környezetben végezzük a kísérletet?
- Milyen hosszúak és milyen tartalmúak legyenek a szövegek?
- Hány tesztalannyal, milyen szisztéma szerint történjen a kísérlet?

Az már az elején biztos volt, hogy minden tesztalannak négy különböző szöveget kell olvasni, négy különböző betűtípussal, különböző felületen, különböző sorrendben, de mielőtt fő kutatást elkezdtük volna, számos előkutatást kellett végeznünk.

Az első orvosolandó probléma a következő volt, egyértelműen látható különbségek voltak a betűtípusok betűméretei között.

⁹ Mgr. Námesztovszki Zsolt Hagyományos és digitális írás-olvasás

„A huszadik század nagy fizikai elméletei a kvantummechanika, a speciális relativitáselmélet, az általános relativitáselmélet és az erők kvantumelmélete.”¹⁰

„A huszadik század nagy fizikai elméletei a kvantummechanika, a speciális relativitáselmélet, az általános relativitáselmélet és az erők kvantumelmélete.”¹¹

9. ábra Betűtípusok méretbeli eltérése (első mondat Arial 12pt, második Calibri 12pt)

Amint a fenti példamondaton (9. ábra) is jól látszik annak ellenére, hogy a két mondat méretben megegyezik (12pt), a valóságban még sem ugyanakkora. Ennek számos oka van, például a betűk közötti távolságnak, vagy a karakterek méretének a kiküszöbölése érdekében egy előkutatást végeztünk tizenkét tesztalanyon. Az előkutatás menete a következőképpen történt: minden résztvevő kapott egy kivágott papír lapot, amin egyetlen 12 pontos Times New Roman betűtípussal írt mondat volt látható. Továbbá a tesztalanyok kaptak egy lapot, amelyen a Times New Roman-tól különböző öt másik betűtípussal írott ugyanazon mondat szerepelt több méretben. Megkértük őket, hogy válasszanak ki mind az öt betűtípusból egy olyat, amelyik véleményük szerint méretben legjobban megközelíti az általunk megadott standard mondat méretét. A standard mondat betűtípusának és méretének kiválasztása a következő, olyan méretet és típust kellett választanunk, amit sok helyen használnak, így jutottunk a Times New Roman 12-es betűméret döntéséhez, hiszen ilyen formátumban kell a hallgatóknak a szakdolgozatot vagy a TDK dolgozatot is írniuk. Az előkutatás eredménye a lenti táblázatban látható. A táblázatba azt a számot kellett beírunk, amelyiket választott az öt megadott méret közül. A méretek a következők voltak:

1. Arial 10,5pt, 11pt, 11,5pt, 12pt
2. Calibri 11pt, 11,5pt, 12pt, 12,5pt, 13pt
3. Verdana 9pt, 9,5pt, 10pt, 10,5pt
4. Garamond 11pt, 11,5pt, 12pt, 12,5pt, 13pt
5. Book Antiqua 10pt, 10,5pt, 11pt, 11,5pt, 12pt

Az első oszlop jelöli a tesztalanyokat, a többi betűtípusokat, a könnyebb megértés érdekében, egy példán keresztül mutatom be a táblázat működését. A P1-es alany az Arial típusból a másodikat jelölte meg, vagyis a 11-es betűméretet.

¹⁰ Stephen Hawking: A tér és az idő természete

¹¹ Stephen Hawking: A tér és az idő természete

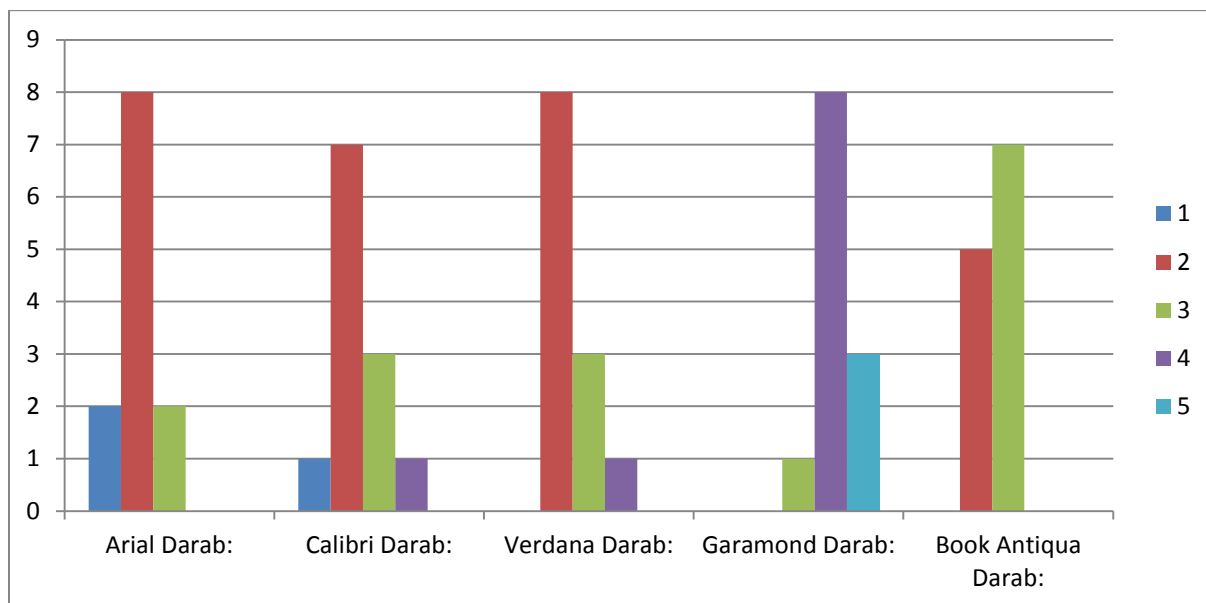
Alany	Arial	Callibri	Verdana	Garamond	Book Antiqua
P1	2	3	3	5	2
P2	3	2	2	4	3
P3	2	1	2	4	2
P4	3	4	4	5	3
A1	2	2	2	4	3
A2	2	2	2	4	3
A3	2	2	2	3	2
A4	2	2	2	4	2
Cs1	2	3	3	4	2
Cs2	1	2	2	5	3
Cs3	1	2	2	4	3
Cs4	2	3	3	4	3
Átlag:	11	11,6666666 7	9,70833333 3	12,5833333 3	10,7916666 7

1. táblázat Betűméret előkutatás

Miután bekerültek az adatok a táblázatba (1.táblázat) néhány egyszerű függvény segítségével, kiszámításra kerültek az átlagok és hogy az adott elemek hányszor szerepeltek egy adott oszlopban. A lentebb látható táblázatból jól látszanak, melyek azok a méretek, amelyeket a legtöbbször jelölték meg. Az előkutatás eredménye végül a következő lett, az Arial betűtípusból a másodikat szerepel legtöbbször a listában, a Calibri-ből és Verdana-ból is a második, Garamondból a negyedik, Book Antiqua-ból pedig a harmadik, vagyis kiderült, hogy méretben a Times New Roman 12-es betűméret leginkább az Arial 11-eshez, a Calibri 11-eshez, a Verdana 9.5-öshöz, a Garamond 12.5-öshöz hasonlít.

	Darab:	Darab:	Darab:	Darab:	Darab:
1	2	1	0	0	0
2	8	7	8	0	5
3	2	3	3	1	7
4	0	1	1	8	0
5	0	0	0	3	0

2. táblázat Betűméret előkutatás eloszlása



1. diagram Betűméret előkutatás eloszlása

Ezt követően keresnünk kellett négy különböző szöveget, amelyekhez minden tesztalany nagyjából azonosan viszonyul. Két lehetőség merült fel, az egyik, miszerint a szövegek témája legyen olyan, ami mindenkire kicsit közel áll például egy állat életéről szóljon. A másik szerint a témák álljanak a lehető legtávolabb az alanyok érdeklődési körétől például asztrofizika. Végül a második lehetőség mellett maradtunk, ennek oka, az hogy az állatokról szóló információkat könnyebben megjegyzik a kutatásban résztvevők. Tehát keresni kellett egy olyan témát, amely mindenkire vagy csak nagyon kevés ember érdeklődéséhez áll közel. Így esett a választás Stephen Hawking: A tér és az idő természete című könyvének szövegére. Ezt követően a könyvből négy olyan részletre volt szükségünk, amik önállóan is érthető, összefüggő szöveget alkotnak, továbbá fontos volt még az a szempont, hogy szolgáltatassanak annyi információt, hogy minimum tíz kérdést össze lehessen állítani az egyes szövegre vonatkozóan.

Elkészültek a négy szöveghez a kérdéseket egy újabb előkutatás segítségével kiválasztottuk, mely kérdések maradjanak végül a kutatásban, ez a mérés online végezve a Google Docs segítségével, négy űrlapot hoztunk létre, az űrlapokba értelemszerűen a kérdések kerültek, 5 tesztalanyon történt a mérés, melynek eredménye az alábbi oldalon látható.

4.1 Első szöveg előkutatásának eredményei

1 *Mi alkotja a kvantum-térelmélet kiindulását?*

- *A kvantumelmélet és a kvantummechanika* 1 20%
- *A speciális relativitáselmélet és a kvantummechanika* 4 80%
- *A Hulse-Taylor-féle PSR 1913+16* 0 0%

2 *Mennyi a relatív pontossága a kvantum-térelméletnek?*

- *1:1000* 0 0%
- *1:1010* 1 20%
- *1:1011* 4 80%

3 *Mi korlátozza a kvantum-térelmélet pontosságát?*

- *A Hulse-Taylor-féle PSR 1913+16* 1 20%
- *A relativitáselmélet* 0 0%
- *A földi óráink pontossága* 4 80%

4 *Mi a Hulse-Taylor-féle PSR 1913+16?*

- *Két egymáskörül keringő neutroncsillag melyek közül egyik sem pulzár* 1 20%
- *Két egymáskörül keringő neutroncsillag melyek közül az egyik pulzár* 2 40%
- *Két egymáskörül keringő neutroncsillag melyek közül mind a kettő pulzár* 2 40%

5 *Miért zsugorodik két csillag egymás körüli keringési pályája?*

- *Mert a gravitációs hullámok kibocsátása révén energia távozik a rendszerből* 1 20%
- *Mert az energia hullámok kibocsátása révén gravitáció távozik a rendszerből* 2 40%
- *Mert a Newton-törvényeknek megfelelő pályákból energia távozik* 2 40%

6 Mit állítanak a kvantummechanika művelői?

- Hogy elméletük pontossága miatt az általános relativitáselmélet az, aminek meg kell változnia 4 80%
- Hogy a relativitáselmélet pontossága miatt az elméletüknek kell megváltoznia 1 20%
- Hogy a relativitáselmélet független az ő elméletüktől 0 0%

7 Mi a kvantum-térelmélet legnagyobb gondja?

- Hogy ha kiszámítjuk egy sokszorosan csatolt Feynman-diagram amplitúdóját, akkor végtelent kapunk eredményül 3 60%
- Hogy ha kiszámítjuk egy sokszorosan csatolt Feynman-diagram amplitúdóját, akkor nullát kapunk eredményül 0 0%
- Hogy ha kiszámítjuk egy sokszorosan csatolt Feynman-diagram amplitúdóját, akkor nem kapunk pontos eredményt 2 40%

8 Mit jósol meg az általános relativitáselmélet?

- A téridő szingularitásainak létezését 4 80%
- A Feynman-diagram értékét 0 0%
- Az idő szingularitásának létezését 1 20%

9 Mi oldhatná meg a kvantum-térelmélet divergencia-problémáját?

- Az általános relativitáselméletből kölcsönzött ibolyántúli levágás 1 20%
- Az általános relativitáselmélet szingularitása 4 80%
- A Hawking-sugárzás 0 0%

A további három szövegre vonatkozó kérdések mellékletben találhatóak.

9.1 Második szöveg előkutatásának eredményei

Min alapul a relativitáselmélet?

- a gravitáció a többi erőhöz hasonló kölcsönhatás 2 40%

- a gravitáció nem a többi erőhöz hasonló kölcsönhatás 3 60%
- a gravitáció több erő kölcsönhatása 0 0%

Mi határozza meg a görbület mértékét?

- a tömeg és az energia eloszlása 2 40%
- a tömeg és az energia hányadosa 0 0%
- a téridő eloszlása 3 60%

Miért mozognak a bolygók görbe vonalú pályán?

- mert az egyenes pálya görbült térbeli megfelelőjét követik 3 60%
- mert a gravitációnak nevezett erő erre kényszeríti őket 2 40%
- mert a tömeg és az energia erre kényszeríti őket 0 0%

Mit jelent a geodetikus vonal?

- két, egymáshoz közeli pont közötti legrövidebb pálya 2 40%
- két, távoli pont közötti legrövidebb pálya 3 60%
- két, távoli pont közötti leghosszabb pálya 0 0%

Mi az Egyenlítő?

- egy egyenes 0 0%
- egy főkör 5 100%
- egy görbült tér 0 0%

Mi mentén mozognak a testek az általános relativitáselmélet szerint?

- a négydimenziós téridőgeodetikus vonalai mentén 2 40%
- a négydimenziós térgeodetikus vonalai menté 1 20%
- a kétdimenziós térgoedetikus vonalai mentén 2 40%

Mi történik a vonalakkal, ha anyag van jelen?

- a négydimenziós tér eltorzul 3 60%
- az idő eltorzul 0 0%
- a négydimenziós téridő eltorzul 2 40%

A Merkúr és a Nap pályájának tengelye, mennyi idő alatt tesz meg egy teljes kört?

- 2300 1 20%
- 23000 3 60%
- 230000 1 20%

Az általános relativitáselmélet szerint mekkora a pálya ellipszis nagytengely elfordulásának mértéke?

- körülbelül ezer évenként egy fok 3 60%
- körülbelül tízezer évenként egy fok 2 40%
- körülbelül tízezer évenként tíz fok 0 0%

9.2 Harmadik szöveg előkutatásának eredményei

Ki alkotta meg a Világegyetem korai szakaszának képét?

- George Gamow 2 40%
- Ralph Alpher 2 40%
- Hans Bethe 1 20%

Mit adtak a szerzők nevei?

- a görög ábécé kezdő betűit 4 80%
- az angol ábécé kezdő betűit 1 20%
- az arab ábécé kezdő betűit 0 0%

Mennyi az abszolút nulla fok?

- 270 Kelvin-fok 0 0%
- 273 Celsius-fok 3 60%
- 273 Kelvin-fok 2 40%

Mivel nem rendelkeznek a testek ilyen hőmérsékleten?

- energiával 0 0%
- hőenergiával 5 100%
- gravitációval 0 0%

Kik találták meg a mikrohullámú sugárzást?

- Bethe és Wilson 2 40%
- Penzias és Wilson 3 60%
- Penzias és Gamow 0 0%

Mikor?

- 1948-ban 2 40%
- 1973-ban 1 20%
- 1965-ben 2 40%

Miből nem állt rendelkezésre elegendő az Ősrobbanás elmélete szerint?

- az időből 1 20%
- a hőből 4 80%
- az energiából 0 0%

Miért azonos minden irányban a mikrohullámú háttérsugárzás hőmérséklete?

- mert, a kezdeti állapotban a hőmérséklet mindenütt ugyanakkora 2 40%
- mert, a kezdeti állapotban a sugárzás mindenütt ugyanakkora 2 40%
- mert, a kezdeti állapotban a hőenergia mindenütt ugyanakkora 1 20%

Alan Guth minek nevezte a Világegyetem nagyon tágulási szakaszát?

- a Világegyetem inflációjának 4 80%
- a Világegyetem zsugorodásának 1 20%
- Ősrobbanásnak 0 0%

9.3 Negyedik szöveg előkutatásának eredményei

Mi történik, amikor a Világegyetem elkezd összehúzódni?

- az idő iránya megfordul 1 20%
- a tér zsugorodik 3 60%
- az idő kitágul 1 20%

Kikkel folytatott vita cáfolta meg ezt a feltevést?

- Laflamme és Schrödinger 1 20%
- Schrödinger és Laflamme 1 20%
- Page és Laflamme 3 60%

Minek felelnek meg a téregyenletek megoldásai?

- egy kicsiny háromdimenziós gömb felének 2 40%
- egy kicsiny háromdimenziós gömb határainak 1 20%
- egy kicsiny háromdimenziós gömb középpontjának 2 40%

Mit kell hozzákapcsolni a Lorentz-de Sitter-megoldáshoz?

- az euklideszi négydimenziós gömb középpontját 2 40%
- az euklideszi négydimenziós gömb határait 1 20%
- az euklideszi négydimenziós gömb körülbelül felét 2 40%

Mit határoznak meg a téregyenletek megoldásai?

10 Véletlenszerűsítés

Az volt a célunk, hogy minden tesztalany kettő nyomtatott szöveget és kettő elektronikus szöveget olvasson, véletlenül kiválasztott sorrendben. Minden alanynak véletlen betűtípussal, az elektronikus megjelenítésben és nyomtatásban is egy-egy talpas vagy talpatlan betűtípusból válogattunk véletlenszerűen, keverve a szöveg felületének sorrendjét is. Ehhez szükségünk volt egy Excel táblázathoz (3. táblázat), amelybe bevittük az összes lehetséges keverési lehetőséget és egy egyszerű randomizálással összekevertük, ügyelve arra, hogy az így létrejövő esetek közel azonos mennyiségben szerepeljenek.

Sz.	Betűk				R	Sorrend				Bemutató				R	Szöveg			
1.	A	B	D	E	98845	4	2	1	3	s	p	s	p	72619	II	III	I	IV
2.	A	B	D	F	3286	4	2	1	3	s	p	s	p	38457	IV	II	I	III
3.	A	B	E	F	6232	2	1	4	3	s	p	s	p	65630	I	IV	III	II
4.	A	C	D	E	28402	3	2	1	4	s	p	s	p	46437	IV	I	II	III
5.	A	C	D	F	12083	4	3	2	1	s	p	s	p	55966	I	III	IV	II
6.	A	C	E	F	50483	4	3	1	2	s	p	s	p	46369	IV	I	III	II
7.	B	C	D	E	62176	1	3	2	4	s	p	s	p	14715	I	III	II	IV
8.	B	C	D	F	72140	3	2	4	1	s	p	s	p	45835	I	IV	III	II
9.	B	C	E	F	32563	3	2	1	4	s	p	s	p	13256	III	IV	II	I
10.	A	B	D	E	72716	4	3	2	1	p	s	s	p	57319	II	I	III	IV
11.	A	B	D	F	71934	2	4	1	3	p	s	s	p	3384	IV	II	I	III
12.	A	B	E	F	19924	4	2	3	1	p	s	s	p	50159	I	II	III	IV
13.	A	C	D	E	10588	2	1	3	4	p	s	s	p	15862	III	II	IV	I
14.	A	C	D	F	6752	1	3	2	4	p	s	s	p	9924	III	II	IV	I
15.	A	C	E	F	63306	3	4	2	1	p	s	s	p	31312	II	III	I	IV
16.	B	C	D	E	38400	3	4	1	2	p	s	s	p	71442	III	II	IV	I
17.	B	C	D	F	16738	1	4	3	2	p	s	s	p	73997	IV	III	II	I
18.	B	C	E	F	40048	3	4	2	1	p	s	s	p	80654	III	IV	II	I
19.	A	B	D	E	82261	1	3	4	2	s	p	p	s	31369	I	IV	III	II
20.	A	B	D	F	38856	2	4	3	1	s	p	p	s	47459	II	IV	III	I
21.	A	B	E	F	83205	3	1	4	2	s	p	p	s	8069	III	IV	I	II
22.	A	C	D	E	64064	3	4	1	2	s	p	p	s	73439	II	IV	I	III
23.	A	C	D	F	53431	2	3	4	1	s	p	p	s	42072	IV	I	II	III
24.	A	C	E	F	48021	3	1	4	2	s	p	p	s	58505	IV	III	I	II
25.	B	C	D	E	6102	2	1	4	3	s	p	p	s	45735	IV	II	III	I
26.	B	C	D	F	85578	1	4	2	3	s	p	p	s	79930	IV	II	III	I
27.	B	C	E	F	62233	4	1	3	2	s	p	p	s	54756	IV	III	II	I
28.	A	B	D	E	45461	2	1	3	4	p	s	p	s	67823	II	I	IV	III
29.	A	B	D	F	98516	3	1	2	4	p	s	p	s	43424	III	I	II	IV
30.	A	B	E	F	14724	3	1	2	4	p	s	p	s	5398	II	I	IV	III
31.	A	C	D	E	3056	1	3	2	4	p	s	p	s	40533	I	II	IV	III
32.	A	C	D	F	83406	4	1	2	3	p	s	p	s	48366	I	III	II	IV
33.	A	C	E	F	23721	2	3	1	4	p	s	p	s	94126	IV	I	III	II
34.	B	C	D	E	30031	3	1	2	4	p	s	p	s	29680	III	I	II	IV

35.	B	C	D	F	47325	2	1	3	4	p	s	p	s	26268	II	III	I	IV
36.	B	C	E	F	8796	1	2	3	4	p	s	p	s	62379	II	III	IV	I
37.	A	B	D	E	56589	1	2	3	4	s	p	s	p	67276	III	IV	I	II
38.	A	B	D	F	28096	3	2	4	1	s	p	s	p	21284	III	II	I	IV
39.	A	B	E	F	12551	2	4	3	1	s	p	s	p	71517	III	II	I	IV
40.	A	C	D	E	51953	1	3	4	2	s	p	s	p	62812	II	I	IV	III
41.	A	C	D	F	47529	2	1	4	3	s	p	s	p	73377	II	I	III	IV
42.	A	C	E	F	15904	1	4	3	2	s	p	s	p	85569	II	IV	I	III
43.	B	C	D	E	84003	1	3	4	2	s	p	s	p	87569	III	IV	II	I
44.	B	C	D	F	58888	3	4	1	2	s	p	s	p	55572	III	II	I	IV
45.	B	C	E	F	33491	4	3	2	1	s	p	s	p	18157	III	I	IV	II
46.	A	B	D	E	54054	4	2	3	1	p	s	s	p	56573	II	IV	III	I
47.	A	B	D	F	17968	2	4	3	1	p	s	s	p	75038	I	IV	II	III
48.	A	B	E	F	3444	1	4	2	3	p	s	s	p	94968	II	I	III	IV
49.	A	C	D	E	75639	4	1	2	3	p	s	s	p	71227	III	I	IV	II
50.	A	C	D	F	36906	4	1	3	2	p	s	s	p	5748	II	III	IV	I
51.	A	C	E	F	43208	3	1	4	2	p	s	s	p	22478	II	IV	III	I
52.	B	C	D	E	89729	1	2	3	4	p	s	s	p	24742	I	II	IV	III
53.	B	C	D	F	10149	3	4	2	1	p	s	s	p	73121	III	IV	I	II
54.	B	C	E	F	26620	1	2	4	3	p	s	s	p	69186	I	IV	II	III
55.	A	B	D	E	66086	2	3	4	1	s	p	p	s	886	I	II	IV	III
56.	A	B	D	F	68736	3	2	4	1	s	p	p	s	39251	I	IV	II	III
57.	A	B	E	F	61633	4	1	2	3	s	p	p	s	84336	IV	III	I	II
58.	A	C	D	E	16465	2	3	1	4	s	p	p	s	44706	II	IV	I	III
59.	A	C	D	F	40211	4	2	1	3	s	p	p	s	75161	III	I	II	IV
60.	A	C	E	F	2773	4	2	3	1	s	p	p	s	37431	IV	II	III	I
61.	B	C	D	E	42113	1	2	4	3	s	p	p	s	59118	IV	I	II	III
62.	B	C	D	F	69819	4	3	1	2	s	p	p	s	99152	I	III	IV	II
63.	B	C	E	F	45146	2	3	4	1	s	p	p	s	539	I	II	III	IV
64.	A	B	D	E	95333	3	2	1	4	p	s	p	s	97795	II	III	IV	I
65.	A	B	D	F	27584	2	4	1	3	p	s	p	s	34178	IV	II	I	III
66.	A	B	E	F	72010	4	3	1	2	p	s	p	s	52521	IV	III	II	I
67.	A	C	D	E	21331	4	1	3	2	p	s	p	s	46070	I	III	IV	II
68.	A	C	D	F	46289	1	2	4	3	p	s	p	s	27332	III	I	IV	II
69.	A	C	E	F	95397	2	4	1	3	p	s	p	s	81706	IV	I	III	II
70.	B	C	D	E	41022	2	3	1	4	p	s	p	s	52482	I	II	III	IV
71.	B	C	D	F	34912	1	4	2	3	p	s	p	s	39641	I	III	II	IV
72.	B	C	E	F	11949	1	4	3	2	p	s	p	s	34649	IV	III	I	II

3. táblázat Véletlenszerűsítés

Az első oszlop jelöli az alanyokat, egytől hetvenkettőig, a következő négy oszlopban látható betűket a betűtípusokhoz rendeltük (4. táblázat).

A	Arial
B	Calibri
C	Verdana
D	Garamond
E	Book Antiqua

F	Times New Roman
---	-----------------

4. táblázat Véletlenszerűsítés táblázat jelmagyarázata

Az összes előálló esetet felvittük az első kilenc sorba, majd a tizedik sortól ismételtük megint a kilenc soros blokkot. A hatodik oszlop, véletlenül generált számokat tartalmaz, ezek segítenek majd a szövegek sorrendjének összekeverésében. A következő négy oszlop a négy szöveg egymást követő sorrendjét jelöli. A „Bemutatás” oszlop alatt két kisbetű látható „p” és „s” ezek jelölik, hogy az adott szöveget a tesztalany, milyen felület olvassa majd. Az „s” számítógépet a „p” papírt jelent(print/screen). Ezeket az eseteket összekeverve a következő táblázatot kaptuk eredményül (6. táblázat). Hogyan is kell ezt pontosan értelmezni? Ezt az első tesztalany kitöltésikészletén keresztül mutatom be (5. táblázat).

Sz.		Betűk			R	Sorrend				R	Bemutatás				R	Szöveg				Személy kitöltéskészlete			
1.	A	B	D	E	98845	4	2	1	3	33357	s	p	s	p	72619	II	III	I	IV	E-p-II	B-p-III	A-s-I	D-s-IV

5. táblázat Véletlenszerűsítés táblázat értelmezése

A személy kitöltésikészlete oszlop négy külön cellára oszlik, az első cellában „E-p-II” látható, vagyis ez azt jelent, hogy az első tesztalany az első szöveggént Book Antiqua betűtípusban, papíron, a második szöveget fogja kapni; másodikként kapja Calibri betűtípusban a harmadik szöveget papíron Calibri, harmadiknak kapja az első szöveget számítógépen Arial betűkkel írva, negyediknek olvassa a negyedik szöveget, számítógépen Garamond betűket használva.

Személy kitöltésikészlete			
E-p-II	B-p-III	A-s-I	D-s-IV
F-p-IV	B-p-II	A-s-I	D-s-III
B-p-I	A-s-IV	F-p-III	E-s-II
D-s-IV	C-p-I	A-s-II	E-p-III
F-p-I	D-s-III	C-p-IV	A-s-II
F-p-IV	E-s-I	A-s-III	C-p-II
B-s-I	D-s-III	C-p-II	E-p-IV
D-s-I	C-p-IV	F-p-III	B-s-II
E-s-III	C-p-IV	B-s-II	F-p-I
E-p-II	D-s-I	B-s-III	A-p-IV
B-s-IV	F-p-II	A-p-I	D-s-III
F-p-I	B-s-II	E-s-III	A-p-IV
C-s-III	A-p-II	D-s-IV	E-p-I
A-p-III	D-s-II	C-s-IV	F-p-I
E-s-II	F-p-III	C-s-I	A-p-IV
D-s-III	E-p-II	B-p-IV	C-s-I

B-p-IV	F-p-III	D-s-II	C-s-I
E-s-III	F-p-IV	C-s-II	B-p-I
A-s-I	D-p-IV	E-s-III	B-p-II
B-p-II	F-s-IV	D-p-III	A-s-I
E-p-III	A-s-IV	F-s-I	B-p-II
D-p-II	E-s-IV	A-s-I	C-p-III
C-p-IV	D-p-I	F-s-II	A-s-III
E-p-IV	A-s-III	F-s-I	C-p-II
C-p-IV	B-s-II	E-s-III	D-p-I
B-s-IV	F-s-II	C-p-III	D-p-I
F-s-IV	B-s-III	E-p-II	C-p-I
B-s-II	A-p-I	D-p-IV	E-s-III
D-p-III	A-p-I	B-s-II	F-s-IV
E-p-II	A-p-I	B-s-IV	F-s-III
A-p-I	D-p-II	C-s-IV	E-s-III
F-s-I	A-p-III	C-s-II	D-p-IV
C-s-IV	E-p-I	A-p-III	F-s-II
D-p-III	B-p-I	C-s-II	E-s-IV
C-s-II	B-p-III	D-p-I	F-s-IV
B-p-II	C-s-III	E-p-IV	F-s-I
A-s-III	B-p-IV	D-s-I	E-p-II
D-s-III	B-p-II	F-p-I	A-s-IV
B-p-III	F-p-II	E-s-I	A-s-IV
A-s-II	D-s-I	E-p-IV	C-p-III
C-p-II	A-s-I	F-p-III	D-s-IV
A-s-II	F-p-IV	E-s-I	C-p-III
B-s-III	D-s-IV	E-p-II	C-p-I
D-s-III	F-p-II	B-s-I	C-p-IV
F-p-III	E-s-I	C-p-IV	B-s-II

6. táblázat Személy kitöltéskészlete

11 A kutatás menete

Ahhoz elkezdhessük a kutatást ki kellett választani egy termet, ahol korszerű számítógépek vannak elhelyezve, kivetítési lehetőség van, továbbá hat tesztalany kényelmesen elfér. A terem Mac számítógépekkel van felszerelve, ezzel biztosítottuk, hogy minden tesztalany azonos körülmények között vesz részt a kutatásban.



10. ábra A kutatás helyszíne

Minden padhoz egy embert ült a kísérlet folyamán, ahol a két számítógép közül csak az egyik volt bekapcsolt állapotban, ennek oka, az volt, hogy az alanyok számára ne legyen az, hogy zavaró a nyomtatott anyagot bekapcsolt monitor előtt olvasni. A kutatást hat fős csoportokban végeztük hetvenöt fővel. Minden csoport figyelmét felhívtam a következőkre, a kutatás névtelenül történik, a kivetítőn látható stoppert használják a táblázat kitöltéséhez. A táblázatba a szövegek olvasásának kezdeti és befejezési időpontjait kell beírnia. Megkértük őket, hogy a lapok sorrendjét ne keverjék össze, hiszen mi azokat a 6. táblázat alapján sorba rendeztük, arra is felhívtuk a figyelmüket, hogy a szövegeket csak egyszer olvassák el és úgy töltsék ki a tesztet. Amikor számítógépen történik az olvasás, a teszt kitöltésének ideje alatt ki kellett kapcsolniuk monitort, így kiküszöbölve annak lehetőségét, hogy a válaszokat kikeressék. Kezdetben a tesztalanyok bekarikázhatták a kérdéssoron a válaszokat, de később úgy döntöttünk, hogy a kiértékelésnél egyszerűbb, ha egy lapra csak a válaszok betűit írjuk le. A stopperhez egy online weboldalt használtunk: <http://www.online-stopwatch.com>, itt a „stop watch” menüpontot választva. Amikor egy tesztalany végzett megkértük, hogy állítson, fel kettő sorrendet az egyik szerint rendezze csökkenő sorrendbe az olvasott szövegeket érdekesség szerint, másodikban olvashatóság szerint. Ezt a két kérdést azért nem tüntettük fel a lapokon, hogy még véletlenül se befolyásolhassa őket. Természetesen egyik csapat sem tudott előzőleg a kutatásról vagy annak céljairól.

12 A minta összetétele

Ebben a fejezetben bemutatnám, milyen eloszlásban vettek részt férfiak és nők a kutatásban. Az átlag életkorukat, és hogy melyik kar hallgatói.

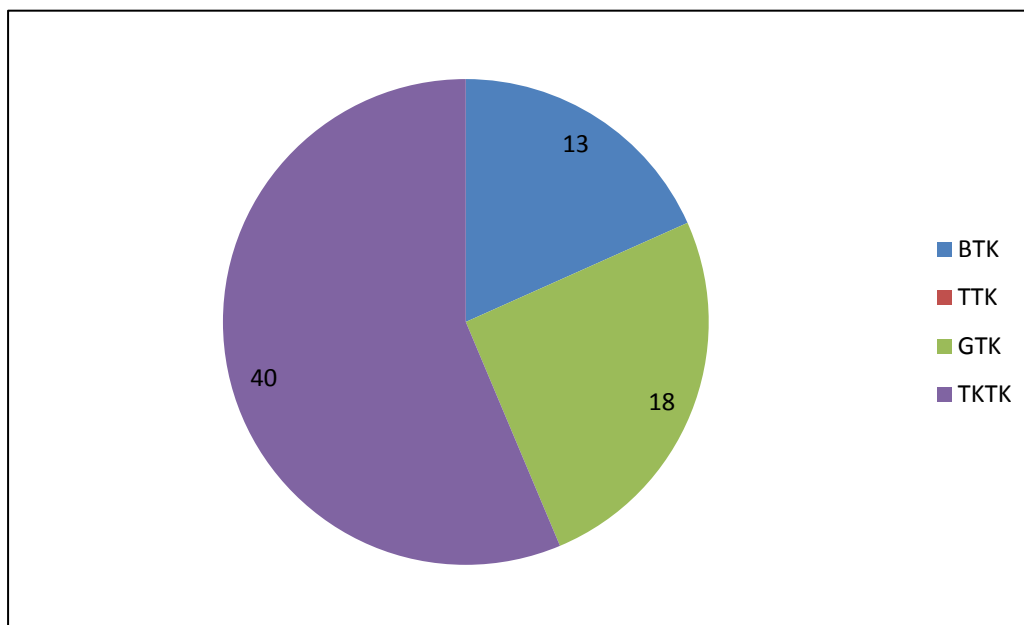
	Nem	N	Átlag	Szórás (SD)	Átlag szórás (SE)
Kor	Nő	39	21,08	1,841	0,295
	Férfi	35	20,77	1,646	0,278

7. Táblázat Minta eloszlása

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kor	Equal variances assumed	0,473	0,494	0,749	72	0,456	0,305	0,408	-0,508	1,119
	Equal variances not assumed			0,754	72	0,454	0,305	0,405	-0,503	1,114

8. táblázat

A nemek eloszlásával kezdeném (7. táblázat) ebben a táblázatban láthatjuk minta összetételét, miszerint, 39 nő és 35 vett részt a kutatásban, a nők átlag életkora 21,08, férfiaké 20,77. a következő táblázat eredményei pedig bizonyítják, hogy a minta homogén.



2. diagram Mintában résztvevő hallgatók

Egy kördiagramon szemléltetem, mely kar hallgatói vettek részt a kutatásban, 13 BTK-ás, 0 TTK-ás, 18 GTK-ás, 40 TKTK-ás hallgató töltötte ki a tesztet. Azért nem vettek részt TTK-s hallgatók a kutatásban, mert ő hozzájuk állhatott legközelebb a téma.

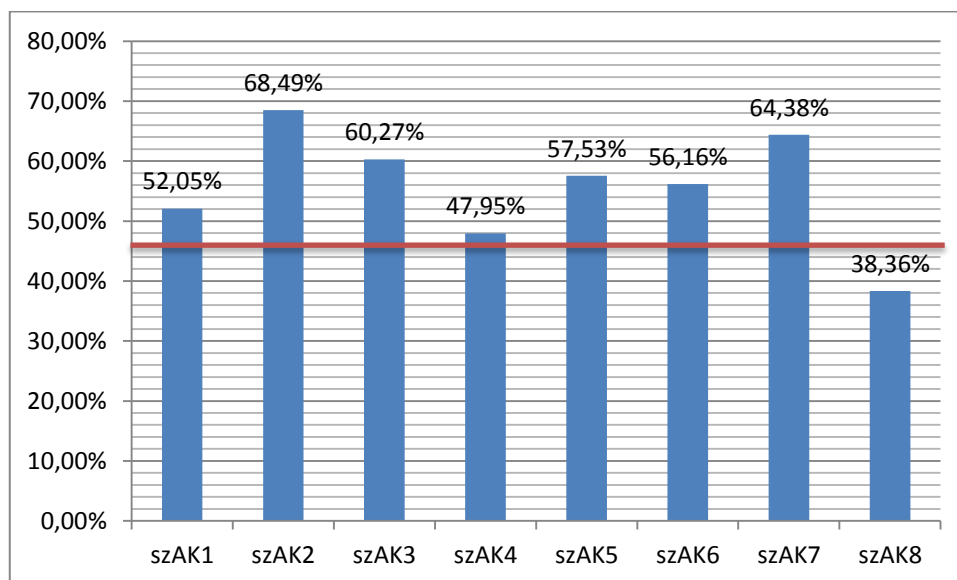
13 A kutatás eredményei

13.1 Adatok bevitele a kiértékeléshez

Ahhoz hogy a kiértékelést elkezdhessük, minden alany eredményét és az adatait egy Excel táblázatba kell bevinni. Egy tesztalanyhoz tartozó adatok a következők lettek. Minden adatot lehetőség szerint megpróbáltunk számokkal helyettesíteni a kiértékelés megkönnyítéséért. Mindenki kapott egy azonosítót egytől hetvenkilencig, nemüket egyessel vagy kettessel jelöltük (1=nő, 2=férfi), megadtuk a korukat, hogy melyik kar hallgatója (BTK=1, TTK=2, GTK=3, TKTK=4). Minden szöveg olvasásának időtartalmát (ezt az adatot, az alanyok által megadott egy szöveghez tartozó két időpont különbsége határozta meg), majd az egyes szövegek betűfajtaát (0=talpatlan, 1=talpas), a betűtípusát (1=Arial, 2=Calibri, 3=Verdana, 4=Garamond, 5=Book Antiqua, 6=Times New Roman). Milyen felületen olvasta az adott szöveget (0=papír, 1=Számítógép) és hogy hányadiknak olvasta. Majd az összes válasz megadásával folytattuk a kiértékelés előkészületeit. Ezt követően pontoztuk egy függvény segítségével minden ember olvasásértését, majd kiszámoltuk a szövegekre kapott pontok átlagait, és minden alanyánál kivontuk az elért pontjaiból az átlagot és osztottuk az átlag

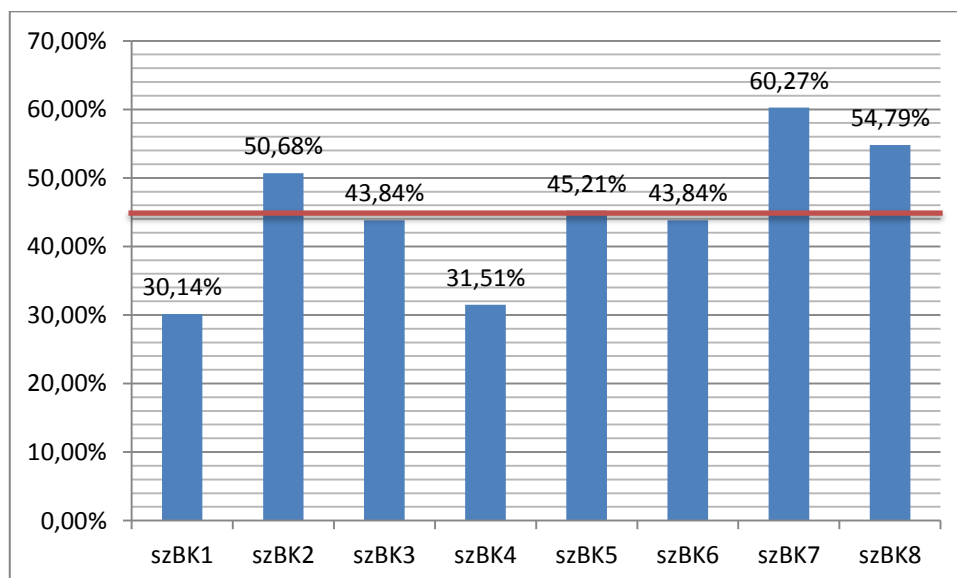
eltérésével, az így kapott eredményeket standardizáltuk a szórást egyre hoztuk egyen skálát létrehozva.

A helyes válaszokat tovább vizsgálva kiértékeljük, hogy az adott kérdésre a résztvevők hány százaléka adott helyes választ. Azon kérdések adtak számunkra releváns eredményt, amelyeket a megkérdezettek minimum 45%-a helyesen megválaszolta (a piros vonal a 45 %-ot jelöli).



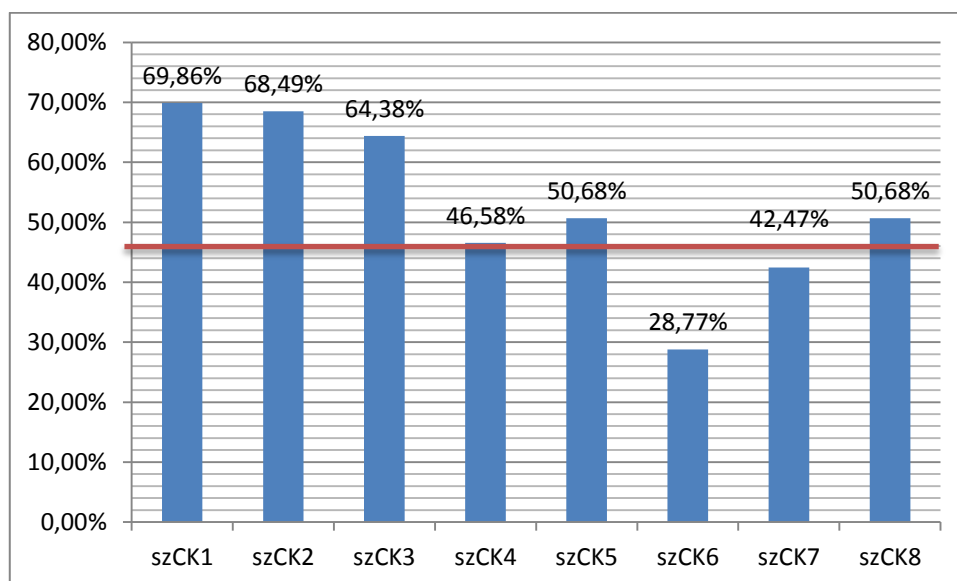
3. diagram Az „A” szöveg helyes válaszainak aránya

A 3. diagram jelöli az első szövegre („A” szöveg) adott helyes válaszok százalékos megfelelőit. Az eredményekből kitűnik, hogy csak kérdés eredményei irrelevánsak számunk (8. kérdés), ezért ezt a későbbiekben nem vesszük figyelembe.



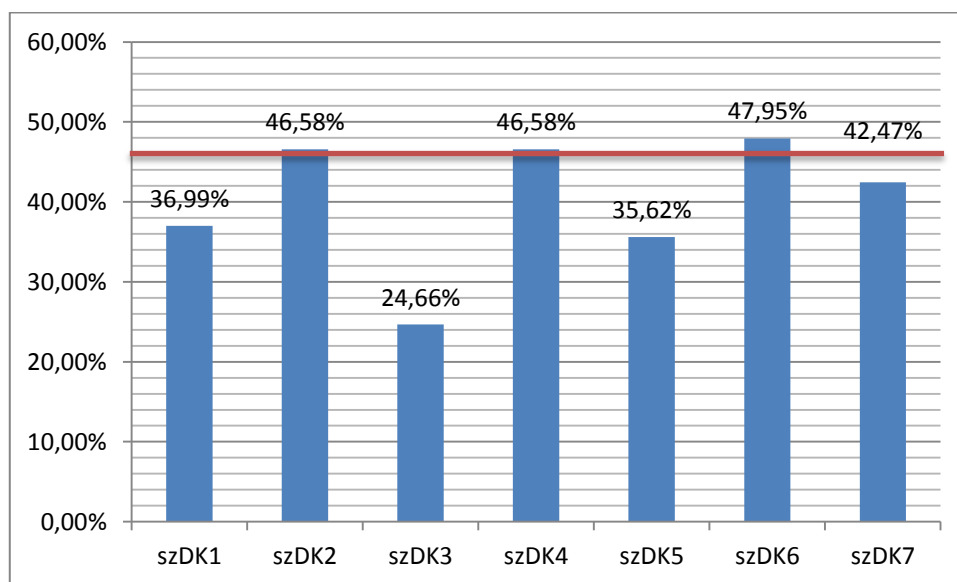
4. diagram Az „B” szöveg helyes válaszainak aránya

A 4. diagramban látható eredmények a „B” szövegre vonatkoznak, szembevetve a különbség az előzőhöz képest, mivel míg az „A” szövegnél csak egy kérdésre kaptunk 45 %-ban kaptunk helyes választ, itt már négy ilyen eredmény látható.



5. diagram Az „C” szöveg helyes válaszainak aránya

A harmadik szöveg lett a második legsikeresebb, itt csak kérdés eredményeit nem kellett figyelembe vennünk (5. diagram).



6. diagram Az „D” szöveg helyes válaszainak aránya

Végül a „D” szöveg eredményei: itt is megfigyelhető, a „B” szövegnél leírtak. Összes három kérdés felelt meg a kritériumnak (azok is csak épp).

Ezen adatok ismeretében úgy döntöttünk, hogy a kiértékelés során, csak az „A” és a „C” szöveg eredményeit vizsgáljuk.

13.2 A szövegek sorrendjének, az elért pontszámok és az idő összefüggései

T-próba „A” szöveg					
	"A" szöveg bemutatása	N	Átlag	Szórás (SD)	Átlag szórása (SE)
"A" szövegen elért pontszám	Papíron	35	6,12	1,884	0,318
	Számítógépen	39	5,57	2,404	0,385
„A” szöveg olvasási ideje	Papíron	35	268,00	63,623	10,754
	Számítógépen	39	255,08	94,418	15,119

9. Táblázat T-próba „A” szöveg

Ezen táblázatból (9. táblázat) kiderül, hogy az „A” szövegben elért szövegértés pontszám és az olvasás ideje milyen kapcsolatban áll azzal, hogy milyen felületen (papír, számítógép) olvasták a tesztalanyok. Haladjunk oszloponként. Az „N” nevű oszlopban láthatjuk, hogy 35-en töltötték ki papíron és 39 fő számítógépen. A „Átlag” oszlopban látható, hogy a papíron olvasók szövegértése átlagosan 6,12 (SD=1,884), míg a számítógépen olvasóké 5,57 (SD=2,404) pont lett. Ez a különbség azonban nem bizonyult szignifikánsnak a t-próbán ($t=1,096$; $p=0,506$). A lentebbi cella ugyanezt jelöli az olvasási idővel, ahol a papíron olvasók átlagosan 268,00 (SD=63,623) s alatt olvasták el a szöveget szemben a számítógépen olvasókkal, akik ugyanezt a szöveget 255,08 (SD=94,418) s alatt olvasták végig. Ez a különbség szintén nem bizonyult szignifikánsnak ($t=0,697$; $p=0,489$; a varianciák Levene-féle különbözősége miatt U-próbával vizsgálva).

T-próba „C” szöveg					
	"C" szöveg bemutatása	N	Átlag	Szórás (SD)	Átlag szórása (SE)
A „C” szövegen elért pontszám	Papíron	36	5,714	2,316	0,386
	Számítógépen	38	5,564	2,173	0,352
„C” szöveg olvasási ideje	Papíron	36	279,055	111,156	18,526
	Számítógépen	38	293,737	78,585	12,748

10. Táblázat T-próba „C” szöveg

A „C” szövegre vonatkozó adatok a 10. táblázatban láthatók, 36-an töltötték ki papíron és 38-an számítógépen. A papíron olvasók szövegértése átlagosan 5,71 (SD=2,316), a számítógépen olvasóké 5,56 (SD=2,173) pont. A különbség nem bizonyult szignifikánsnak

($t=0,288$, $p=0,150$). Az olvasási időtartamot nézve kicsit nagyobb az eltérés de itt sem számottevő, papíron átlagosan 279,05 (SD=111,156), számítógépen 293,74 (SD=78,585).

13.3 A szövegek betűfajtái, az elért pontszámok és az idő összefüggései

T-próba „A” szöveg					
	"A" szöveg betűfaja	N	Átlag	Szórás (SD)	Átlag szórása (SE)
"A" szövegen elért pontszám	Talpatlan	44	6,136	2,125	0,320
	Talpas	30	5,381	2,201	0,403
„A” szöveg olvasási ideje	Talpatlan	44	253,75	75,831	11,432
	Talpas	30	272,10	88,317	16,124

11. Táblázat T-próba „A” szöveg

A T-próba eredményeit láthatjuk a fenti táblázatban (11. táblázat), értelmezésénél ismét oszloponként fogok haladni. Az „N” oszlop továbbra is darabszámot jelöli, vagyis az „A” szöveget 44-en olvasták talpatlan és 30-an talpas betűtípussal. Tovább haladva láthatjuk az elért pontszámok (talpatlan: 6,13 (SD=2,125), talpas: 5,38 (SD=2,201)) és az olvasási idő (talpatlan: 253,75 (SD=75,831), talpas: 272,10 (SD=88,317)) átlagait. Ebből a T-próbából kiderült, hogy nincs szignifikáns különbség az átlagok között ($t=1,477$, $p=0,144$) vagyis nem mondhatjuk azt, hogy számít, hogy a tesztalanyok talpas vagy talpatlan betűtípusokkal olvasták-e az „A” szöveget.

T-próba „C” szöveg					
	„C” szöveg betűfaja	N	Átlag	Szórás (SD)	Átlag szórása (SE)
A „C” szövegen elért pontszám	Talpatlan	31	5,760	2,197	0,395
	Talpas	43	5,548	2,274	0,347
„C” szöveg olvasási ideje	Talpatlan	31	270,903	86,676	15,568
	Talpas	43	297,907	100,760	15,366

12. Táblázat T-próba „C” szöveg

A „C” szöveget 31-en olvasták talpatlan és 43-an talpas betűtípussal. Átlagaik 5,76 (SD=2,197) és 5,54 (SD=2,274) ($t=0,404$ $p=0,688$). Az olvasás ideje talpatlan betűk esetén 270,90 (SD=86,676), talpas betűknél pedig 297,90 (SD=100,760) ($t=-1,205$ $p=0,232$). Egyik eredménynél sincs szignifikáns különbség.

13.4 Korreláció

		„A” szövegen elért pontszám	„A” szöveg olvasásának ideje
Az „A” szöveg bemutatásának sorrendje	Pearson Korreláció	0,143	-0,252*
	Sig. (2-oldalú)	0,225	0,030
	N	74	74

13. Táblázat Korreláció „A” szöveg

A Pearson-féle korreláció eredményei láthatók a fenti táblázatban (13. táblázat), az „A” szövegen elért pontszámok nem korrelálnak azzal, hogy hányadiknak olvasták az „A” szöveget, nincs hatása a pontszámokra, viszont az időben negatív összefüggés látható, vagyis minél később olvasták az „A” szöveget annál gyorsabban befejezték.

		„C” szövegen elért pontszám	„C” szöveg olvasásának ideje
Az „C” szöveg bemutatásának sorrendje	Pearson Korreláció	-0,070	-0,230*
	Sig. (2-oldalú)	0,553	0,049
	N	74	74

14. Táblázat Korreláció „C” szöveg

A „C” szövegre vonatkozó korreláció (14. táblázat) szerint, mivel a „C” szövegen elért pontszám negatív értéket vett fel, ezért ez azt jelenti, hogy minél később olvasta a „C” szöveget annál jobban romlott az elért pontszám, valamint ismét szignifikáns eredmény

jött ki az idő tekintetében (0,049 -> 0,05 alatt van vagyis szignifikáns az eredmény). Negatív az összefüggés, vagyis minél később olvasta ezt a szöveget annál rövidebb idő alatt fejezte be. Ezt valószínűleg a fáradtságnak vagy az eluntnak tudható be.

14 Összegzés

Ezen adatok ismeretében, a következő megállapításra jutottunk: a jelenlegi korosztály és a mai technikai eszközök mellett a hipotézis, miszerint a talpas betűtípusokat nyomtatott formában a talpatlan betűtípusokat pedig számítógépen könnyebb olvasni, megdőlni látszik. Persze ahhoz hogy ezt 100%-osan bizonyítani tudjuk, számos újabb kutatásra lenne szükség. Hiszen a kiértékelés során az eredményekben látható eltérések olyan elenyészőek, hogy ezek vizsgálatához nagyobb mintára van szükség.

A kutatás jövőjét illetően számos elképzelésünk van, ilyen például hasonló kutatási struktúrával vizsgálni a kiemelések hatékonyságát, a legtöbb embernek a kiemelés szó hallatán a félkövér kifejezés ugrik be elsőnek, annak ellenére, hogy egy korábbi kutatás szerint a dőlt szöveggel kiemelt információk könnyebben megjegyezhetőek. Egy szemvizsgáló eszköz segítségével figyelhetnénk a tesztalanyok szemének mozgását olvasás közben, az ebből következő adatokat össze lehetne vetni az egérmutató mozgásával. A betűk színeivel is való kutatás is számos érdekes eredményt hozhat. A tesztalanyok teljesítményének mérése hosszabb idejű olvasás esetén, ezek vizsgálata betűtípusokra bontva.

Tehát elmondható, hogy ez a kutatás még korántsem ért véget, de az már most kiderült, hogy a néhány évtizeddel ez előtt megállapított adatok a mai környezetben már nem állják meg helyüket teljes biztonsággal, számos irányban lehet tovább, haladni, hiszen ez a felmérés csak a jéghegycsúcsa.

Összegezve, számos előkutatás segítségével megpróbáltuk a lehető legjobb környezetet és feltételeket megteremteni a felmérésnek. Minimalizáltuk a lehetséges hibák számát, a statisztikai számítások megcáfolták a hipotézist.

A dolgozatom címe Talpas és talpatlan betűtípusok olvasásvizsgálatának bemutatása webes környezetben, ezért az eredmények az interneten is elérhetőek lesznek a <http://olvasaskutatas.ektf.hu> weboldalon.

15 Mellékletek

15.1 „A” szöveg

A huszadik század nagy fizikai elméletei a kvantummechanika, a speciális relativitáselmélet, az általános relativitáselmélet és az erőkterek kvantumelmélete. Ezek az elméletek korántsem függetlenek egymástól: az általános relativitáselmélet a speciálisra épül, az erőkterek kvantumelmélete vagy a kvantum-térelmélet kiindulását pedig a speciális relativitáselmélet és a kvantummechanika alkotja (lásd a 4.1. ábrát).

Azt tartják, hogy a kvantum-térelmélet minden idők legpontosabb fizikai elmélete, hiszen relatív pontossága nem kevesebb, mint egy a 10¹¹-hez.

Szeretnék azonban rámutatni, hogy az általános relativitáselmélet helyességét egy bizonyos egyértelmű esetben immár egy a 10¹⁴-hez relatív pontossággal sikerült ellenőrizni (és ezt a pontosságot is nyilvánvalóan csak a földi óráink pontatlansága korlátozta). A Hulse-Taylor-féle, PSR 1913+16 jelű kettőspulzárról van szó, két egymás körül keringő neutroncsillagról, melyek egyike pulzár. Az általános relativitáselmélet előrejelzése szerint a két csillag egymás körüli keringési pályája lassan zsugorodik (egyidejűleg keringési periódusuk csökken), mert a gravitációs hullámok kibocsátása révén energia távozik a rendszerből. Ezt valóban sikerült is megfigyelni. Megadták a mozgás teljes leírását, beleértve a Newton-törvényeknek megfelelő pályákat, figyelembe vették az általános relativitáselmélet szerinti korrekciókat és kiszámították a gravitációs sugárzás miatt fellépő pálya menti gyorsulás nagyságát. A húsz év alatt végzett megfigyelésekkel összehasonlítva az eredmények a fent említett figyelemre méltó pontossággal egyeznek azzal, amit megjósolt az általános relativitáselmélet (amelyet én úgy tekintek, mint ami határesetként tartalmazza a Newton-féle elméletet). E rendszer felfedezői munkájuk elismeréseképpen ma már joggal érdemelnék meg a Nobel-díjat. A kvantummechanika művelői mindig azt állították, hogy elméletük pontossága miatt az általános relativitáselmélet az, aminek meg kell változnia, hogy illeszkedjék az általuk felállított vázhoz, véleményem szerint azonban ma már a kvantum-térelméletnek kellene ehhez csipkednie magát. Bár az említett négy elmélet vitathatatlanul sikeres, azonban mindegyiknek megvannak a maga problémái. A kvantumtérelmélet legnagyobb gondja, hogy ha kiszámítjuk egy sokszorosán csatolt Feynman-diagram amplitúdóját, akkor végtelent kapunk eredményül. Ezeket a végteleneket az elmélet renormálásának nevezett folyamat részeként valahogy el kell távolítani. Az általános relativitáselmélet megjósolja a téridő szingularitásainak létezését. A kvantummechanikában a „mérés problémája” lép fel – erre

később visszatérek. Esetleg a különféle problémák közös megoldása az a tény lehet, hogy önmagában egyik elmélet sem teljes.

Sokan például arra számítanak, hogy a kvantum-térelmélet valamiképpen „szét tudja kenni” az általános relativitáselmélet szingularitásait. A kvantum-térelmélet divergencia-problémáját részben az általános relativitáselméletből kölcsönzött ibolyántúli levágás oldhatná meg. Azt hiszem, hogy ehhez hasonlóan végső soron a mérési probléma is megoldható lenne, ha sikerülne az általános relativitáselméletet és a kvantummechanikát megfelelő módon valamilyen új elméletté egyesíteni.

Most pedig a fekete lyukakban történő információvesztésről szeretnék beszélni, ami véleményem szerint lényeges az előzőek szempontjából. Csaknem mindazzal egyetértek, amit Stephen erre vonatkozóan elmondott. Ám míg Stephen a fekete lyukakban történő információvesztést a kvantummechanikai határozatlanságon túl és azonfelül jelentkező további bizonytalanságnak tartja a fizikában, én ezt valamiféle „kiegészítő” bizonytalanságnak tartom. Szeretném megmagyarázni, mit értek ezen. Egy fekete lyukat tartalmazó téridőben az információvesztés folyamatát nyomon követhetjük, ha megalkotjuk a téridő Carter-diagramját (4.2. ábra).

A „bejövő információt” az $\mathcal{I}^-$ múltbeli fényszerű végtelennel azonosítjuk, a „kimenő információt” pedig az $\mathcal{I}^+$ jövőbeli fényszerű végtelennel. Akár azt is mondhatjuk, hogy a hiányzó információ akkorvész el, amikor átesik a fekete lyuk eseményhorizontján, én azonban szívesebben fogalmazok úgy, hogy akkorvész el, amikor eléri a szingularitást. Vegyük most szemügyre egy test gravitációs összeomlását, a fekete lyuk kialakulását, amit a fekete lyuk Hawking-sugárzás útján történő párolgása követ. (Természetesen ennek a bekövetkezésére elég sokat kellene várnunk – talán többet, mint a Világegyetem egész élettartama!) Egyetértek Stephen elképzelésével, mely szerint az összeomlás és a párolgás folyamata során elvész az információ. Felrajzolhatjuk ennek a teljes téridőnek a Carter-diagramját is (4.3. ábra).

15.2 „B” szöveg

Einstein általános relativitáselmélete azon a forradalmi ötleten alapul, miszerint a gravitáció nem a többi erőhöz hasonló kölcsönhatás, hanem annak a ténynek a következménye, hogy a téridő nem sík, amint azt már korábban is feltételezték. Az általános relativitáselméletben a téridőgörbült, ahol a görbület mértékét a tömeg és az energia eloszlása határozza meg. A testek, mint például a Föld, nem azért mozognak görbe vonalú pályán, mert a gravitációnak nevezett erő erre kényszeríti őket, hanem azért, mert az egyenes pálya görbült térbeli megfelelőjét követik. Az ilyen útvonalat geodetikus vonalnak, vagy röviden geodetikusnak nevezzük. Technikailag a geodetikust két, egymáshoz közeli pont közötti legrövidebb pályaként definiálhatjuk.

A geometriai sík lehet az egyik példa a kétdimenziós sík térre, amelyen a geodetikusok az egyenes vonalak. A Föld felszíne ezzel szemben kétdimenziós görbült tér. A Föld felszínén a geodetikus vonalakat főköröknek nevezzük. Az egyik ilyen főkör az Egyenlítő. Ehhez hasonlóan minden olyan, a Földfelszínére rajzolt kör főkör, amelynek középpontja egybeesik a Föld középpontjával. (A "főkör" kifejezés onnan ered, hogy ezek a legnagyobb átmérőjű körök, amelyet adott gömb felszínére rajzolhatunk.) Minthogy két repülőtér között mindig a geodetikus vonal jelenti a legrövidebb utat, a repülőgépek navigátorai ezek mentén irányítják a gépeket. New Yorkból Madridba például repülhetünk úgy, hogy az iránytűnket figyelve mindig pontosan kelet felé repülünk, és a két város közös földrajzi szélességi köre mentén haladunk, így 3707 mérföldet (5966 km-t) kell megtennünk. Ha viszont a két várost összekötő főkör mentén repülve északkelet felé indulunk, majd fokozatosan kelet, majd délkelet felé fordulunk, akkor a távolság csak 3605 mérföld (5802 km). Ha ezt a két útvonalat olyan térképre rajzoljuk rá, amelyik a Földet síkba kiterítve (tehát torzítva) ábrázolja, akkor a látvány félrevezető lesz. Amikor "egyenesen" kelet felé repülünk, akkor valójában nem egyenes irányban haladunk, legalábbis nem abban az értelemben, ahogyan a geodetikus meghatározza a legrövidebb útvonalat a két város között.

Az általános relativitáselmélet szerint a testek mindig a négydimenziós téridőgeodetikus vonalai mentén mozognak. Ha nincs jelen anyag, akkor a négydimenziós téridőgeodetikus vonalai egybeesnek a háromdimenziós térben rajzolt egyenes vonalakkal. Anyag jelenlétében azonban a négydimenziós téridő eltorzul, ezért a háromdimenziós térben pontosan úgy görbül meg a testek pályája, mint ahogy a régi, Newton-féle elmélet magyarázata szerint a gravitációs erőhatására. Ahhoz hasonló ez, mint amikor egy dombos táj fölött szálló repülőgépet figyelünk. A repülőgép a háromdimenziós térben egyenes vonal mentén repül, ha

azonban figyelmen kívül hagyjuk a harmadik dimenziót - a magasságot -, akkor azt tapasztaljuk, hogy a repülőgép árnyéka a dimbes-dombos, de kétdimenziós felületen görbe vonal mentén mozog. Vagy képzeljünk el egy űrhajót, amelyik egyenes vonal mentén repül a térben, miközben pontosan az Északi-sark fölötthalad el. Vetítsük le a pályáját a Föld kétdimenziós felszínére, ekkor azt látjuk, hogy az űrhajó pályája félkör alakú lesz, az északi félgömb egy hosszúsági körét követi. Bár a jelenséget nehéz ábrázolni, a Nap tömege éppen annyira görbíti meg a téridőt, hogy bár a Föld a négydimenziós téridőben egyenes vonal mentén mozog, ennek a pályának a háromdimenziós vetülete egy csaknem pontosan kör alakú pálya.

Miközben a Merkúr a Nap körülkering, ellipszis alakú pályájának nagytengelye lassan elfordul. A tengely nagyjából 23000 év alatt tesz meg egy teljes kört. A jelenség pontos magyarázatát Einstein általános relativitáselmélete adta meg.

Bár a két elmélet két merőben különböző módszerrel származtatja a bolygók pályáját, mégis az általános relativitáselmélet szerinti pálya csaknem pontosan ugyanolyan alakúnak adódik, mint a Newton gravitációelmélete alapján számított. A legnagyobb eltérés a két elmélet eredménye között a Merkúr bolygó esetében mutatkozik, mert ez a Naphoz legközelebbi bolygó, ezért erre hat a legerősebben a gravitáció, amellet pályája meglehetősen elnyúlt. Az általános relativitáselmélet szerint a pályaellipszis nagytengelyének nagyon lassan kell fordulnia a Nap körül, jóllehet az elfordulás mértéke körülbelül tízezer évenként egy fok. Bár az effektus nagyon kicsi, mégis már jóval 1915 előtt észrevették (lásd a 3. fejezetben). Az eltérés magyarázata volt az első bizonyíték Einstein általánosrelativitáselmélete mellett. A közelmúltban más bolygók esetében is sikerült radarcsillagászati mérésekkel kimutatni az ellipszis alakú pálya nagytengelyének (még a Merkúrénál is sokkal lassúbb) elfordulását. Megállapították, hogy a Newton-féle elmélettől való eltérés minden esetben pontosan megegyezett az általánosrelativitáselmélet előrejelzésével.

15.3 „C” szöveg

A Világegyetem forró, korai szakaszának ezt a képét először George Gamow (lásd a 61. oldalon) vázolta fel, egy 1948-ban, tanítványával, Ralph Alpherrel közösen írt, híres cikkében. Gamownak jó humorérzéke volt - ezért meggyőzte a magfizikus Hans Bethét, hogy csatlakozzék hozzájuk harmadik szerzőként, így a cikk szerzői nevének kezdőbetűi ábécé sorrendben - Alpher, Bethe, Gamow - a görög ábécé első három betűjét adták: alfa, béta, gamma. Gamow ezt különösen helyénvalónak találta egy olyan cikkhez, amely a Világegyetem kezdeteivel foglalkozik. Ebben a publikációjukban tették azt a figyelemre méltó előrejelzést, hogy a Világegyetem nagyon forró, ősi állapotából (fotonok formájában) visszamaradt sugárzásnak még ma is körül kell vennie bennünket, noha hőmérsékletének már néhány fokkal az abszolút nulla közelébe kellett csökkennie. (Az abszolút nulla fokos hőmérséklet 273 Celsius-foknak felel meg, ezen a hőmérsékleten az anyagoknak már nincs hőenergiájuk, ezért ez az elméletileg lehetséges legalacsonyabb hőmérséklet.) Ez volt az a mikrohullámú sugárzás, amelyet Penzias és Wilson 1965-ben megtalált. Abban az időben, amikor Alpher, Bethe és Gamow megírta nevezetes közös cikkét, még nem sokat lehetett tudni a protonok és a neutronok magreakcióiról. A különbözőelemek ősi Világegyetemben kialakult arányára vonatkozó becslések ennek következtében meglehetősen pontatlanok voltak. Később azonban, immár a pontosabb ismeretek birtokában, megismételték a számításokat, és a megfigyelésekkel jól egyezőeredményeket kaptak. Sőt mi több, nagyon nehéz lenne másképpen megmagyarázni, miért éppen a tömeg egynegyede van jelen a Világegyetemben hélium formájában.

Eljött azonban néhány probléma a felvázolt képpel kapcsolatban. A forró Ősrobbanás elmélete szerint a korai Világegyetemben nem állt rendelkezésre elég idő ahhoz, hogy a hő eljusson az egyik tartományból a másikba. Ez azt jelenti, hogy a kezdeti állapotban a hőmérsékletnek mindenütt pontosan ugyanakkorának kellett lennie, máskülönben nem tudnánk megmagyarázni, miért azonos a mikrohullámú háttérsugárzás hőmérséklete minden irányban. Sőt, a tágulás kezdeti ütemét is nagyon pontosan kell megválasztanunk, ha azt akarjuk, hogy a tágulás üteme még ma is nagyon közel legyen az összeomlás elkerüléséhez szükséges kritikus értékhez. Nagyon nehéz lenne megmagyarázni, miért kellett volna pontosan így kezdődnie a Világegyetem történetének, hacsak nem feltételezzük Isten beavatkozását, akinek szándékában állt a hozzánk hasonló lények megteremtése. A tudósok megpróbáltak olyan világmodellt találni, amelyben sok különbözőkezdeti konfiguráció egyaránt a mai Világegyetemre hasonlító állapotokat eredményezett volna. Alan Guth, a

Massachusetts-i Műszaki Egyetem (MIT) kutatója például felvetette, hogy a Világegyetem korai történetében egy nagyon gyors tágulással járó szakasz lehetett. Ezt az időszakot a Világegyetem felfúvódásának (inflációjának) nevezte el, utalva arra, hogy a tágulás átmenetileg hihetetlen sebességűvé vált. Guth szerint a Világegyetem sugara a másodperc törtrésze alatt millió millió millió millió milliószorosára nőtt (az 1-es után harminc nullát kell írni). Ez a viharos sebességű tágulás a Világegyetemben korábban jelen lévő minden egyenetlenséget kisimított, mint ahogy a léggömb ráncai is kisimulnak, amikor felfújjuk. Ilyen módon a felfúvódás magyarázatot ad arra, hogyan fejlődhetett ki a Világegyetem jelenlegi, sima és homogén állapota sok különböző, nem homogén kezdeti állapot bármelyikéből. Ezért ma már meglehetősen bizonyosak vagyunk abban, hogy a felvázolt képünk helytálló, legalábbis az Ősrobbanást követő egy milliárdod billiomod billiomod másodpercig.

Miután ezek a kezdeti zűrzavarok az Ősrobbanást követően mindössze néhány óra alatt lecsillapodtak, leállt a hélium és a többi elem, például a lítium keletkezése. Ettől kezdve nagyjából egymillió éven keresztül folytatódott a tágulás, de ezenkívül semmi említésre érdemes esemény sem történt. Végül, amikor a hőmérséklet néhány ezer fokra csökkent, az elektronok és az atommagok energiája már nem volt elegendő a közöttük ébredő elektromágneses vonzás legyőzéséhez, ezért elkezdődött atomokká egyesülésük. A Világegyetem egésze tovább tágult és hűlt, azonban egyes, az átlagosnál valamivel nagyobb sűrűségű tartományokban a tágulást lassította a megnövekedett gravitációs vonzás.

Ez a vonzás egyes tartományokban megállította a tágulást, és elindította az összehúzódást. Az összehúzódó anyagcsomók a tartományon kívüli anyag vonzása következtében lassú forgásba jöhettek. Ahogy csökkent az összehúzódó tartomány mérete, úgy gyorsult a forgása - éppúgy, ahogy a műkorcsolyázó forgása is gyorsul, amikor behúzza mindkét karját. Végül, amikor ezek a tartományok már elég kicsik lettek, akkor elegendően gyorsan forogtak ahhoz, hogy a forgás egyensúlyt tartson a gravitációval, így megszülettek a korong alakú, forgó galaxisok. Más tartományok, amelyek nem jöttek forgásba, elnyúlt, tojásszerű objektumokká fejlődtek, ezeket elliptikus galaxisoknak nevezzük. Az elliptikus galaxisokban azután megállt az összehúzódás, mert egyes részei stabil keringésbe kezdtek a rendszer középpontja körül, de a galaxis egésze nem forgott.

15.4 „D” szöveg

Azonban ha az idő iránya megfordul, amikor a Világegyetem elkezd összehúzódni, akkor ugyanennek meg kell történnie a fekete lyukak belsejében is. Mindamellet nem ajánlanám, hogy bárki is beleugorjon egy fekete lyukba, abban a reményben, hogy ezzel meghosszabbíthatja az életét.

Egy korábbi cikkemben azt állítottam, hogy az idő iránya megfordul, amikor a Világegyetem elkezd összehúzódni. Később azonban a Don Page-dzsel és Raymond Laflamme-mal folytatott viták meggyőztek arról, hogy életem legnagyobb tévedését követtem el, legalábbis ami a fizika területén elkövetett tévedéseket illeti: a Világegyetem ugyanis az összeomlás eredményeképpen nem fogja elérni a korábbi sima és rendezett állapotát. Márpedig ez azt jelenti, hogy az idő iránya akkor sem fordul meg, amikor a tágulás átsap összehúzódásba. Az idő továbbra is ugyanúgy múlik, mint ahogy a táguló szakaszban tapasztaljuk.

Hogyan lehet az idő két vége mégis különböző? Miért kell az egyik végén kicsiknek lenni a perturbációknak, a másik végén viszont nem? A kérdés nyitja, hogy a téregyenleteknek két komplex megoldása lehetséges, amelyek egy kicsiny, háromdimenziós gömb határának felelnek meg. Az egyik megoldás az, amit korábban már leírtam: az euklideszi négydimenziós gömb körülbelül felét hozzákapsoljuk a Lorentz-de Sitter-megoldás kis részéhez (5.14. ábra).

A másik lehetséges megoldás az, amikor az euklideszi négydimenziós gömb ugyanezen felét egy olyan Lorentz-megoldáshoz kapcsoljuk hozzá, amely nagyon nagyméretűre tágul, majd ismét összehúzódik az adott határfeltételnek megfelelő kis sugarúra (5.15. ábra). Nyilvánvalóan az egyik megoldás az idő egyik végének, a másik pedig a másik végének felel meg. A két végpont közötti különbség abból a tényből adódik, hogy a h_{ij} háromdimenziós metrikában a perturbációk az első megoldásban rövid Lorentz-periódussal erőteljesen csillapodnak. Az előbb táguló, majd összehúzódó megoldásban ezzel szemben a perturbációk nagyon nagyok lehetnek, anélkül hogy számottevő mértékben csillapodnának. Ez okozza az idő két vége között azt a különbséget, amelyre Roger rámutatott. Az idő egyik végén a Világegyetem nagyon sima, a Weyl-tenzor pedig nagyon kicsi volt. Nem lehetett azonban pontosan nulla, mert ez a határozatlansági elv megsértését jelentette volna. Ehelyett kicsiny fluktuációknak kellett létezniük, amelyek később galaxisokká és hozzánk hasonló testekké fejlődtek. Mindezzel ellentétben az idő másik végén a Világegyetemnek nagyon szabálytalannak és kaotikusnak kellett volna lennie, a Weyl-tenzor jellemzően nagy értéke mellett. Ez megmagyarázná az idő megfigyelt irányát, azzal együtt, hogy a csészék miért

esnek le az asztalról és törnek össze, ahelyett hogy egybeforrnának és felugranának eredeti helyükre.

Mínthogy tehát az idő iránya nem fordul meg, a számomra kijelölt idő viszont letelt, ezért legjobban teszem, ha befejezem az előadásomat. Megismétlem, hogy mi az a két legfigyelemreméltóbb jelenség, amelyeket a térre és az időre vonatkozó kutatásaim során megtanultam: (1) a gravitáció összecsavarja a téridőt, ezért annak kezdete és vége van; (2) mély kapcsolat van a gravitáció és a termodinamika között, még hozzá azért, mert maga a gravitáció határozza meg annak a sokaságnak a topológiáját, amelyre hat.

A téridő pozitív görbülete szingularitásokat hoz létre, amelyekben az általános relativitáselmélet érvényét veszíti. A kozmikus cenzúra megvédi bennünket a fekete lyukak szingularitásaitól, az Ősrobbanást azonban továbbra is a maga meztelen valóságában látjuk. A klasszikus általános relativitáselmélet nem képes megmondani, hogyan kezdődött a Világegyetem története. Ezzel szemben a kvantum általános relativitáselmélet és a határ nélküli elképzelés együttesen éppen olyan Világegyetemet jósol meg, amilyent megfigyelünk, sőt úgy tűnik, hogy még a mikrohullámú háttérsugárzás fluktuációinak spektrumát is helyesen jósolja meg. Bár a kvantummechanika visszaállítja azt az előrejelezhetőséget, amelyet a klasszikus fizika elveszít, ezt csak részben teszi meg. Mínthogy a fekete lyukak eseményhorizontja és a kozmológiai eseményhorizont miatt nem láthatjuk az egész téridőt, ezért megfigyeléseinket kvantumállapotok sokasága írja le, nem pedig egyetlen állapot. Ez újabb bizonytalansági tényezőt hoz a képbe, viszont ennek köszönhetően érthetővé válik, miért tűnhet a Világegyetem a klasszikus fizikával leírhatónak. Ez megmenti Schrödinger macskáját attól, hogy félig eleven és ugyanakkor félig holt állapotban létezzék.

Ahogy megfosztottuk a fizikát az előre jelezhetőség képességétől, majd valamilyen korlátozott értelemben sikerült ezt a lehetőséget visszacsempészni, ez valóban sikertörténet. Ennyit szerettem volna elmondani.

16 Ábrajegyzék

1. ábra Betűtípusok hangulati eltérése	4
2. ábra A betű részei	4
3. ábra Törzsméret	5
4. ábra Reneszánsz antikva	6
5. ábra Barokk antikva	7
6. ábra Klasszicista antikva	7
7. ábra Talp nélküli lineáris antikva	8
8. ábra TrueType betű	9
9. ábra Betűtípusok méretbeli eltérése (első mondat Arial 12pt, második Calibri 12pt)	13
10. ábra Eszterházy Károly Főiskola Mélyföldszint 21-es Maclabor	26

17 Irodalomjegyzék

Mohai István: Tipográfiai alapismeretek Kiadványszerkesztés tantárgyi segédlet, Székesfehérvár, 2006

Mgr. Námesztovszki Zsolt Hagyományos és digitális írás-olvasás

http://hu.wikipedia.org/wiki/Renesz%C3%A1nsz_antikva

http://hu.wikipedia.org/wiki/Barokk_antikva

Szilágyi Tamás: Nyomdatitkok, avagy a nyomdai megrendelők kézikönyve, Budapest, Delta Szaklapkiadó, 1987