

Horváth Péter György
Épített és bútorozott környezet ergonómiájának elemzése,
ergonómia gyakorlati alkalmazása
Phd értekezés

Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kar
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola
Fafeldolgozási Technológiák Programja

Phd értekezés

**Épített és bútorozott környezet ergonómiájának elemzése,
ergonómia gyakorlati alkalmazása**

Horváth Péter György

okleveles faipari mérnök

Témavezető: **Dr. Kovács Zsolt**

egyetemi tanár

Sopron, 2009

Épített és bútorozott környezet ergonómiájának elemzése, ergonómia gyakorlati alkalmazása

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Nyugat-magyarországi Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák
Doktori Iskolája

Fafeldolgozási Technológiák Programja keretében.

Írta:

Horváth Péter György

Témavezető: Dr. Kovács Zsolt

Elfogadásra javasлом (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke.

Az értekezést bírálóként elfogadásra javasлом (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen /nem
(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem
(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron,

.....
A Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani azoknak, főleg szüleimnek, akiknek támogatása, türelme, emberi és szakmai hozzáállása segítette e dolgozat létrejöttét.

Külön szeretnék köszönetet mondani Dr. Kovács Zsoltnak, konzulensemnek, aki maximális segítőkészséggel és odaadó szakmai tudásával segítette munkámat.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani Dr. Csóka Levente barátomnak, aki hasznos tanácsokkal látott el munkám során.

Alulírott Horváth Péter György kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést magam készítettem. A dolgozatomban szó szerint idézett, illetve az azonos tartalommal átvett részeknél a forrást megjelöltem.

Sopron, 2009. szeptember 16.

Horváth Péter György

*„Úgy kell formálni az ember környezetét,
hogy az maga is emberformáló legyen.”*

Prof. Pogány Frigyes

Tartalomjegyzék

Bevezetés és problémafelvetés	10
Az ergonómia rendszere	12
Elméleti és történeti áttekintés.....	12
A rendszerelmélet módszerének felhasználási lehetőségei	18
Nyílt és zárt rendszerek	22
Az ergonómia a rendszereszközben	24
Az információ a rendszereszközben	31
Az alkotói folyamat a rendszereszközben	34
Az alkotói rendszer és a környezet kapcsolata	42
Megállapítások	43
Az ergonómia rendszerének vizsgálatából az alábbi megállapításokat szűrtem le: ...	43
Hivatkozások:	45
További felhasznált irodalom:	46
Ergonómia helye és szerepe a terméktervezésben és a termék életében	47
Tervezési lépések.....	47
Tervezési célok meghatározása	50
Környezetbiztonság	62
Az antropometria legfontosabb elemeinek áttekintése.....	66
Az ipari háttér	70
Technológiai tervezés	75
A termelőegység komforttal kapcsolatos paramétereinek elemzése és leírása	77
Ipari munkahely optimális légállapota	77
Hőérzet jelentősége.....	77
Vizuális mikrokörnyezet, természetes és mesterséges megvilágítás.....	78
Hivatkozások:	87
További felhasznált irodalom:	88
Felhasználói képességek, környezeti elvárások.....	90
A problémakör áttekintése.....	90
Hatékonyság	96
Komfort	100

Biztonság	102
Egészség megőrzése	105
Hivatkozások:	106
További felhasznált irodalom:	106
Az ergonómiai tervezés illesztése a terméktervezési folyamatba	107
Ergonómiai jellemzés alapjai.....	107
QFD módszer alkalmazásának kísérletei a minőség javítására	110
Ergonómiai minőség tervezése.....	122
Hivatkozások:	152
További felhasznált irodalom:	152
Az elméleti vizsgálódások és a kísérletek összefoglalása, a tézisek megalapozása.....	153
Tézisek.....	154
Mellékletek	157

Bevezetés és problémafelvetés

Az ember tárgyi, épített környezetének feladata az emberi lét szolgálata. Célja, hogy megkönnyítse hétköznapijainkat, kiszolgálja igényeinket, óvja egészségünket, védjen minket. Sok példával, számtalan módon indokolhatjuk eszközeink szükségességét. Mindegyikben közös, hogy valami, a felhasználó által várt célt szolgáljon. Ezt a szolgálatot, ezt a célt csak akkor láthatja el a termék, akkor érvényesül, ha azt a szükséges kívánalmaknak, igényeknek megfelelően alkottuk meg. Sok esetben pont ennek az igénynek a félreértelmezése, helytelen meghatározása az, ami elégedetlenséget eredményez. Vagy nem mérjük fel pontosan, hogy mire is van szükség, vagy pontosan meghatározzuk az elvárást, csak éppen a rá adott válasz rossz.

Munkám feladatául ezen ellentmondások vizsgálatát tűztem ki. Céлом, hogy a minket körülvevő épített és bútorozott környezetet, annak tervezését, használatát vizsgáljam. A vizsgálatot az ergonómia tudományán keresztül végzem. Céлом feloldani azokat a problémákat, melyek nehezítik, vagy akadályozzák a bútor termékkör megfelelő tervezését, előállítását és használatát.

Céлом az, hogy a már rendelkezésre álló elméleti anyagot olyan tudásanyaggal bővítsem, mely a gyakorlat számára lefordítható és használható. Véleményem szerint itt van az egyik legnagyobb probléma. A rendelkezésre álló adatok, elvek túlságosan tág határokat engednek, így aki kevesebb gyakorlattal nyúl ezen ismeretekhez, az legjobb szándéka ellenére sem fogja elérni a kívánt célt.

Mindezek mellett fontosnak tartom, hogy a mai kor elvárásainak és kihívásainak megfelelően elhelyezzem az ergonómiát a többi tudomány által alkotott hálózatban. Véleményem szerint a korábbi hasonló rendszerezések elavultak, nem tükrözik megfelelően a tudományok reális kapcsolatát.

Az ergonómia egyik használt definíciója szerint egyrészt tudomány, mely egy rendszerben az ember (felhasználó) és a rendszer más elemei közötti interakciókat

vizsgálja, másrészt szakma, amely elméleteket, elveket, adatokat és módszereket alkalmaz a tervezés folyamán, abból a célból, hogy optimalizálja az emberi jó közérzetet és a rendszer teljesítőkéességét.

A fenti definícióval juthatunk el munkám során megválaszolni kívánt további kérdésekhez. Egy bútorozott környezet ténylegesen mikor optimális az emberi közérzet és teljesítőkéesség szempontjából? Véleményem szerint ennek a kérdésnek a megválaszolásához több másik kérdésre kell előbb választ adni. A termékek teljes technológiai életpályáján, teljes életciklus-elemzéssel elemezhetjük a termék környezeti hatásait. Mi a helyzet ezen teljes életciklus alatt a termék és az ergonómia kapcsolatával?

Az ergonómia röviden megfogalmazva az ember és a környezet közötti kapcsolat tanulmányozása. Az ergonómia legfontosabb alapelve, a környezetet úgy megtervezni, hogy az találkozzon a felhasználó igényeivel. Egy bizonyos mértékig a felhasználó is tud alkalmazkodni a környezetéhez, de ennek mértéke az egyes felhasználóknál más és más lehet. Ebből következik a kérdés, hogy hogyan lehet áthidalni a környezet szabta követelmények és az emberi képesség között lévő távolságot?

Abban az esetben, ha tervezés során két, egymáshoz hasonló megoldást adhatunk a felmerülő kérdésre, akkor bizonyos ismeretek hiányában nehezen tudnánk megfelelő döntést hozni. Jogos tehát a kérdés, hogy milyen objektív módszerekkel tudjuk állítani egy termékről, hogy az ergonómiailag helyes, vagy nem?

A feltett kérdésekre munkám során a rendelkezésre álló irodalom feldolgozásával és célirányos szintézisével, korábbi és általam végzett felmérések értékelésével, gyakorlatból vett példák elemzésével, valamint kísérleti vizsgálatokon alapuló modellalkotással kívánok választ adni. Rá kívánok mutatni azokra a hiányosságokra, amelyek az általam vázolt témát jellemzik, valamint az elmélet és az alkalmazott gyakorlat közötti távolságot jelentik. Továbbá be kívánom mutatni, hogy a vázolt kérdésekre adott válaszaimnak mi a kézzel fogható, gyakorlati haszna.

A dolgozat felépítése egy az elmélet felől a gyakorlat felé mutató okfejtés. Áttekinti a szükséges történeti és elméleti alapot, javaslatot ad a tervezésbe való illesztéshez, valamint gyakorlati eszközöket javasol.

Az ergonómia rendszere

Tervezőként az ember munkája során sok megoldandó problémával találkozunk. Azonban mindig szem előtt kell tartania a célt, hogy munkájának eredménye a felhasználót szolgálja. Ahhoz, hogy ezen feladatát a lehető legtökéletesebben ellássa, az adott problémát a lehető legpontosabban kell ismerni. Látni a kell az összefüggéseket, valamint döntéseinek várható következményét. Ebben a feladatában segít az ergonómia szemléletű gondolkodás, illetve az ergonómia, mint rendszernek az alkalmazása.

Elméleti és történeti áttekintés

Az előszóban feltett kérdés kibontásához induljunk ki az egyénből, aki a tudatosan kialakított környezetben mindennapi élete során annak használója és annak szereplője, mindezek mellett a társadalom legkisebb értékrendszerrel bíró egységének tekintjük. Mind az ember, mind pedig az őt befogadó egész (a társadalom), az elmúlt hosszú idők során komoly változásokon ment keresztül. Ezen változások részben pozitív, részben negatív irányba formáltak. Természetesen csak nézőpont kérdése, hogy mely változást tekintjük pozitívnak, illetve negatívnak.

Azt minden bizonyítás nélkül beláthatjuk, hogy az előrelépéshez valamiféle változás, vagy a változtatás szükségességének felismerése szükséges (ez a változtatás, mint a későbbiekben látni fogjuk a mérnöki tudományok legfőbb mozgatója). A társadalom szintjén a jobbító szándék alapja az erkölcs. A szándék pedig valamiféle érték teremtése. Értéknek pedig mindazt tekinthetjük, ami az egyén vagy a közösség számára fontos. Az előzőekben említett erkölcsön (vagy morálon) pedig valamely

magatartásunkat befolyásoló, általunk (vagy a társadalom által) helyesnek tartott, olyan szabályok összességét értjük, amely túlmutat a jog és egyéb írott szabályok keretein. Más megfogalmazás szerint az erkölcs azon elvek összessége, melyek a helyes és helytelen, a társadalmi (és az egyéni) jó és rossz megkülönböztetését segítik a cselekvés szintjén.

El kell érünk tehát arra a szintre, hogy meg tudjuk mondani bizonyos dolgokról, hogy azok előre viszik-e a társadalmat, vagy nem. Az iparban erre az „erkölcsi szintre” a XIX. század elején jutottak el. Több neves és kiváló kutató figyelt fel arra, hogy a hétköznapi más területeihez hasonlóan az iparban is alkalmazni kell bizonyos elveket. És itt következett be a felismerés, mely szükségesnek látta, hogy bizonyos változásokat kell eszközölni az egyén életének jobbítása érdekében.

Coulomb és Lavoisier az emberi erő, és annak szélsőséges kihasználása ellen emelte fel szavát. „Gyakran a munka természete eredményez erőszakos haláleseteket, vagy gyászos baleseteket. Milyen szomorú eredmény ez az iparban. Épületeinknek vér a cementje.” – Antoine-Laurent de Lavoisier: „Az emberi szervezet szélsőséges igénybevétele kedvezőtlen hatású a munka hatékonyságára és a dolgozó egészségére egyaránt. ... Az emberi erő kihasználásával úgy kell növelni a teljesítményt, hogy a fáradási tényező ne növekedjék...” – Charles Augustin de Coulomb. Louise René Villermé 1850-ben lejegyezte, hogy az üzemi balesetek 80%-át a mozgó alkatrészek okozzák. (Orbay Péterné, 2002.)

Ezen okfejtést más oldalról is magyarázhatjuk, hiszen Maslow által megalkotott szükségleti piramis hasonló tartalommal bír. A Maslow-elmélet alapeleme a motiváció. (Chikán A., 2002.) A motiválás igen komplex dolog, egy általános esetben nem csak egy motiváló tényező hat az egyénre. A térben határolt azon helyek, amelyek az ember közvetlen környezetéhez tartoznak az ergonómia eszköztárával és céljával olyan komplex módon alakíthatóak, amely az egyén motiváltságát befolyásolják. Továbbá, igényeink kielégítése az egyik legfontosabb motivátor. Az épített és tervezett eszközök jellemformáló, motiváló hatásaival szintén foglalkoznunk kell az ergonómiai tervezés során. Igényeinket fontossági sorrendben igyekszünk kielégíteni. A kielégített szükséglet nem motivátor, mindig többet akarunk. A magasabb szintű igények kielégítésének több módja is lehetséges, ezeket az egyén, illetve a társadalom külső és

belső befolyásoló tényezők alapján valósítja meg. Az elmúlt közel száz évben az ipari termékek ergonómiai tervezése napjainkra elérte azt a szintet, hogy a társadalom külső és belső igényeit egyaránt képes legyen formálni és alakítani.

A Maslow-féle piramis legalsó szintjén az alapszükségletek, a létfenntartáshoz kapcsolódó szükségletek helyezkednek el. Ezen igények kielégítése önmagával hozza a biztonsági szükségletek kialakítását. Ez a megszerzett javak megővését, védelmét jelenti. A következő szinten található szociális szükségletek az ember társas lény mivoltából fakadnak. Ennek kielégítése érdekében törekszik jó családi, érdeklődésének, gondolkodásmódjának megfelelő baráti, munkahelyi kapcsolatokra. Az ember igyekszik megtalálni helyét a többiek, a társai között, ebből fakad az elismerés iránti szüksége. Igyekszik elfogadtatni magát, elismertetni egyéniségét, képességét, rátermettségét. A piramis csúcsán az önmegvalósítás szüksége áll. Az emberek egy része erős késztetést érez arra, hogy képességét, tehetségét maximálisan kihasználja.

A piramis magasabb szintjein található szükségletek épp azok az igények, melyek a korábban leírt erkölcsi okok, arra késztetnek minket, hogy megtegyük a tőlünk telhető legjobbat, s ezzel az egyének és a társadalom javát szolgáljuk. S hogy ez mennyire így van, s manapság is ezen erkölcsi alapot tekintjük mérvadónak, nézzük a következő példát. A példa a Karunkon (FMK) végző mérnökhallgatók esküjének szövege. „Én ... esküszöm, hogy mérnökként szakmai tudásomat és képességemet az emberiség felemelkedése, a műszaki haladás szolgálatába állítom. Szakmai tevékenységemmel igyekszem öregbíteni Alma Materünk jó hírnevét. Munkámmal hazám fejlődését szolgálom. ***Fogadom, hogy hivatásom gyakorlása során az emberek biztonságát, egészségét és jólétét, a természet és a környezet védelmét kiemelkedő feladatommak tekintem.*** Tevékenységem során a mérnöki munka elismertetéséért, rangjának, tekintélyének megőrzéséért küzdök. Szakmai ügyekben a mérnöki etika előírásainak megfelelően járok el.”

Látható, hogy a korábban felvázolt teória, mely az előremenetelt igyekszik magyarázni, helytálló, és ma is követendő. Azonban ezt a gyakorlatban hogyan lehet alkalmazni? Mik azok a lehetőségek, melyek segítségével ezen filozófia alkalmazható. A válasz a fenti okfejtés további lépésében rejlik.

Az egyén az állatvilágból többek között eszközök használatával emelkedett ki. Véleményem szerint, ezt tekinthetjük a technika, a későbbi műszaki tudományok alapjának. Az egyének összességét a megfelelő keretek létrejöttével pedig társadalomnak tekinthetjük. Az egyik ilyen keret a korábbiakban említett erkölcs. Nos, ha ezt a két ágat, tehát a technikát és az erkölcsöt összekötjük, s fejlődést keresünk, akkor eljutunk oda, hogy a rendelkezésünkre álló tudást feltétlenül úgy kell használnunk, hogy az az egyén, illetve a társadalom javát szolgálja. Változást, és változtatást (műszaki szempontból fejlesztést) kell produkálnunk. Így jutunk el az ergonómiához, mely a műszaki világ erkölce, a morál gyakorlati megjelenése.

A dolgozat során a *rendszer*, a *rendszerelmélet*, majd ezekből következően az *ergonómia* és az *információ* szükségzerű kapcsolatrendszerén keresztül mutatom be az épített környezetünk tervezési folyamatának megújított szemléletét.

A korábban szerepelt definíció szerint az ergonómia egyrészt tudomány, mely egy rendszerben az ember (felhasználó) és a rendszer más elemei (tárgy és környezet) közötti interakciókat vizsgálja, másrészt szakma, amely elméleteket, elveket, adatokat és módszereket alkalmaz a tervezés folyamán, abból a célból, hogy optimalizálja az ember jó közérzetét és a rendszer teljesítőképességét. A definíció első felét vizsgálva láthatjuk, hogy alapvető összefüggést találhatunk az ember (felhasználó) s más elemek között. Lényeges kérdés, hogy pontosan mik ezek az elemek, s milyen kapcsolatban vannak egymással. Hogyan hatnak egymásra, és milyen kölcsönhatás van közöttük? Ezen kérdések tisztázásával véleményem szerint közelebb kerülhetünk eme tudomány megfelelő gyakorlati alkalmazásához. Láthatjuk, hogy ismereteinek mely részét mikor, hol és hogyan kell használnunk.

A feltett kérdésekre a választ elemző technikával szeretném megtalálni. Logikai úton szeretném bizonyítani az egyes feltevéseket, s az azokból következő válaszokat. Mivel legfőbb célom, hogy a feltárt ismereteket a lehető legpontosabban, a gyakorlat számára is használható módon fogalmazzam meg, így minden feltevésemet és elgondolásomat igyekszem példával is alátámasztani. A példákat két témakörből szeretném hozni. Az egyik az egyén, mint a társadalom legfontosabb szereplőjének, annak tudatos magatartásával formált közvetlen épített környezeti egység, a lakás,

annak berendezési tárgyai, valamint a szükségszerűen kialakított lakótér egymáshoz viszonyított kapcsolataiban nyilvánul meg. A másik, az egyénekből álló olyan felhasználói csoport használatára tervezett közösségi tér, melyben a különböző szinten álló igények változatos megjelenési formáit egy magasabb cél érdekében alakították ki. A kapcsolódó térelem egy közösségi buszpályaudvar, mely különböző időszakokban és évszakokban egységesen szolgálja a közlekedési funkciót. Véleményem szerint mindkettő szolgáltat olyan egyszerűbb és bonyolultabb példákat és felvet kérdéseket, melyek tervezési szempontból különösebbek, az ergonómiai funkciók társadalom szintű normájában ölthetnek testet, rutinszerű feladatmegoldásnál több odafigyelést igényelnek.

A minket körülvevő világ minden eleménél arra törekszünk, hogy meglegyen a feladata, minden feladatra legyen eszköz, tárgy, vagy éppen bútor. Sok minden más mellett (pl.: esztétika, tartósság) tehát funkcionális helyességre is törekszünk, azt szeretnénk, hogy a minket övező világ megfeleljen igényeinknek. Ha az egyes elemek funkciójuknak megfelelnek, akkor joggal várjuk el, hogy egy egészként összeállva is betöltsék feladatukat. A lakótér esetén elvárható funkcionalitási szint többek között az olyan termékekénél is fontos (termék: fizikai valóságban megjelenő használati vagy esztétikai funkcióval – vagy mindkettővel – rendelkező valamilyen ember által végzett tervezési folyamat eredményeként létrejött dolog), melyek egymás ergonómiai helyességétől is függenek. Ebből a szemszögből vizsgálva kijelenthetjük, hogy nem csak az egyes elemek ergonómiai helyessége, tehát a térelemek egymáshoz képesti elhelyezkedése, továbbá a tárgyak megjelenése a fontos, hanem a tér, mint egész ergonómiai helyessége is lényeges (pl.: Ha egy forgalmas buszpályaudvar információs felületei (kivetített menetrend) és tájékozódást segítő eszközei (kocsiállás jelölései) nehezen értelmezhetőek és áttekinthetetlenek, akkor az hátráltat utazásunkban és megnehezítheti az átszállást. Hiába komfortos a mosdó, lehetőségünk van a vásárlásra, az egész környezetben van egy gyenge láncszem, így a fő funkcióját nem tölti be a megkívánt szinten). Ezért tehát a felmerülő feladatokat, a felmerülő problémákat, igényeket, tervezési eseteket összetett egységekként kell kezelnünk és értelmeznünk. Éppen ezért az ergonómia egy olyan tudományterület, illetve *eszköz* a tervezés során,

amelyben az ember, mint a környezet tudatos használójának fizikai megjelenése, továbbá erkölcsi értékrendje komplexen jelenik meg.

Ebben az ergonómiai célú elemzésben segít a rendszerelmélet, a rendszer-szemléletű gondolkodás. Ennek segítségével a folyamatokat, tevékenységeket összefüggésükben, a körülményekkel, környezetükkel való kölcsönhatásukban egyidőben szemlélhetjük. Az ember alkotói képességének jellemzője a módszerességre és tudatosságra való törekvés, az összefüggések és kölcsönhatások szem előtt tartása.

A rendszerelmélet módszerének felhasználási lehetőségei

Az általános rendszerelmélet: a rendszerelméletek specifikuma, minden rendszerre érvényes általános elmélet. Magába foglalja a rendszer összességének felépítési, viselkedési, működési és fejlődési törvényszerűségek kimunkálását. [Bertalanffy]

A rendszerelmélet: jelenségek rendszerképként való megjelenítésével, a rendszerek struktúráinak és viselkedésmódjainak egyezéseivel, mindezek modellezésével foglalkozik. [Bertalanffy]

Ez a gondolkodásmód nem új keletű, azonban az ergonómiában, a tervezés során konkrét ergonómiai megközelítéseknél véleményem szerint még keveset alkalmazott. A korábbi elemzések, melyek ezzel kapcsolatban a hatvanas évek elején jelentek meg, túl általánosak, gyakorlati vonatkozásuk nem kellőképpen megalapozott. Nem vizsgálják kellő mélységgel a rendszert, illetve a modellek a bővülő információkkal nem bővíthetők, a gyakorlat számára nehezen hasznosíthatók. [Chestnut, 1967.; Bertalanffy, 1968.; Greene, 1970.; Miller, 1971.]

Az ergonómiai rendszerszemléletű gondolkodásmódot, valamint annak újragondolását az alábbi tényezők ihlették:

- urbanizáció terjedése, anyag- és energiafogyasztás megnövekedése
- a korábbinál hatékonyabb erőforrások, termelékenyebb és pontosabb technológiák megjelenése
- műszaki fejlődés, és annak gyorsulása
- termékek bonyolultabbá válása
- korábban nem ismert eszközök, termékek megjelenése
- gépesítés, automatizálás, elektronika
- heterogén műszaki komponensekből kialakított nagy rendszerek különböző problémái (pl.: tervezés, működtetés, irányítás)
- ökológiai-műszaki, társadalmi-műszaki kölcsönhatások jelentőségének növekedése

- tudományterületek elkülönülése, így szükségessé válik az interdiszciplináris együttműködés.

Ahogy korábban szerepelt, a szemlélet célja, hogy feltárják a rendszer tulajdonságainak, felépítésének, működésének, viselkedésének és fejlődésének törvényszerűségeit. A folyamatokat, tevékenységeket összefüggésükben, a körülményekkel, környezetükkel való kölcsönhatásukban szemléli és jelöli meg a kitűzött cél eléréséhez vezető utat. Ezen kijelentéseket a buszpályaudvarra vonatkozó példákra lefordítva azt jelentik, hogy ismerjük meg a lehető legmélyebben a tervezési feladatot. Vegyük számításba, hogy milyen funkcionális tulajdonságai vannak az épületnek, a közvetlen, tudatosan tervezett, épített környezetnek. Milyen felhasználó célcsoportok kerülnek kapcsolatba a térrel, milyen időbeni eloszlással, milyen közlekedési céllal. Az egyes speciális felhasználói körök (mozgássérültek, gyengénlátók,...) hogyan tudják használni a mosdót, hogyan tudnak jegyet váltani. Hogyan kapcsolódik az épület az épített környezet más elemeihez. Hogyan tudják a felhasználók a különböző funkciójú tereket megközelíteni. Milyen közlekedési kapcsolata van más építészeti egységekkel. Hogyan lehet azt megközelíteni, és milyen módon lehet azt elhagyni. Hogyan kapcsolódnak egymáshoz a különböző funkciójú terek (váróterem, csomagmegőrző, kocsállások, ...). A felhasználók tevékenységük elvégzésére milyen útvonalat járnak be, mely funkciókat milyen gyakran vesznek igénybe. Milyen forrásokból, és milyen módon veszik fel a szükséges információt a felhasználók. Vegyük figyelembe, hogy a közlekedési szokások megváltozása, a közlekedés fejlődése hogyan hat, és hogyan kell hatni az épületre, a különböző funkciójú terekre, egységekre.

Természetesen, ha másik példánkat vesszük (lakótér), akkor az előbbi megállapításokat és összefüggéseket ott is megtalálhatjuk. Hány felhasználó él az adott lakásban, illetve mely korcsoporthoz tartoznak. Milyen az életvitelük, és milyen a napi ritmusuk.

A rendszerszemléletű gondolkodás példán való bemutatása után definiáljuk a rendszert, mint tervezési és elemzési eszközök legátfogóbb halmazát. Ebből következően az egymással kölcsönhatásban lévő funkcionális és tervezési elemek meghatározott totalitásként jelennek meg.

Bertalanffy szerint a rendszer az egymással kölcsönhatásban álló elemek komplexuma.

A következő rendszer-megfogalmazásokat Dr. Csiba Csaba gyűjtötte össze 1989-ben:

- „A részeknek, vagy elemeknek egészé váló bármilyen rendeződése, vagy kombinációja” – Trimmer,
- "Valami olyan, ami idővel megváltozhat"; valamint még: "Egy valóságos gépezetre jellemző sajátos változók összessége" – Ashby
- "Elemek sokasága, amelyek között - és amelyek tulajdonságai között is - kapcsolatok állnak fenn" – Fagen, Hall
- "Elemek oly módon szervezett összessége, hogy egy elem megváltozása, egyikük kizárása, vagy egy új elem bevezetése törvényszerűen változást hoz létre a többi elemekben is" – Toporov
- "A legkülönbözőbb elemek közötti kölcsönhatás"; valamint még: "Minden, ami egymással kölcsönhatásban áll" – Beer
- "Az objektum bemeneti jellemzőinek és állapotainak tükröződése kimeneti jellemzőin" – Mesarovic
- „A rendszer olyan elemek összessége, amelyek között összefüggések állnak fenn.” – Dr. Halassy

Mindez (rendszer meghatározása) természetesen csak egy tisztázott nézőpont által kijelölt szemlélet révén lehetséges. Ahhoz, hogy a rendszerelmélet és az ergonómia összefüggéseit vizsgálni tudjuk, előbb értelmeznünk kell azt, meg kell ismerkednünk vele.

A rendszerelmélet (rendszertechnika) a műszaki alkotások tudatosságra törekvő kifejlesztésének, megvalósításának, működtetésének és továbbfejlesztésének objektív összefüggéseit, szabályszerűségeit, törvényszerűségeit, tipikus gondjait, valamint a belső és külső kölcsönhatások, közeli és távolabbi következmények feltárásának, prognosztizálásának, a tapasztalatok gyors kiértékelésének és visszacsatolásának lehetőségeit, módszereit és eszközeit vizsgáló tudományterület.

A rendszer főbb jellemzői: rendeltetése és funkciói viselkedésmódja, a határvonalán megfigyelhető anyag-, energia-, információ-, és más csere, struktúrája,

állapottere, teljesítőképesége, a rendszer és környezete közötti kölcsönhatások, elemek, alárendelések és részrendszerek együttműködése, viszonylatai.

Az általános rendszerelméletre, mint a megismerésre irányuló sajátos módszertani elméletre, mint filozófiai koncepcióra, illetve mint önálló tudományágra tekinthetünk. A rendszerelmélet jelentős gyakorlati eszközt szolgáltat a különböző területeken végbemenő folyamatok vizsgálatához. Az eszköz lényege maga az általános rendszermodell és az ennek megfelelő szemléletmód.

A rendszerelmélet által lefedett, illetve kidolgozott rendszermodell eltekint a folyamatok egyedi vonásaitól, anyagi jegyeitől, sajátos megnyilvánulásai vagy kibontakozási formáitól, csupán az általános lényegi kapcsolatokra összpontosít, környezeti hatások és visszahatások tényezőit tekinti a fejlődés mozgató rugóinak. (Dr. Csiha Cs., 1989.)

A rendszerelmélet a dolgokat, tényeket, esetleg eseményeket folyamatszerűségükben tekinti. Az egészet a részek összességéként, a részt annak viselkedése alapján. Figyelembe veszi a részek közötti kapcsolatot, valamint a részek közti összefüggéseket.

A rendszer a legáltalánosabb fogalmak egyike. Határai a térben és időben, állandó oszthatóságában, illetve állandó magasabb szintű beépüléseiben a végtelent súrolják. (Dr. Csiha Cs., 1989.)

A mindig, mindenütt és mindenben jelenlévő rendszert a tudati vagy anyagi formájától elvonatkoztatott lényegi, logikai összefüggések azonossága teszi a megismerés alkalmas eszközévé.

A rendszer: egymással meghatározott összefüggésben lévő elemek egységes egészet képező összessége. (Szigeti Györgyné – Vári Györgyné – Volczer Á., 1970.)

Célja és funkciója révén a környezetétől elhatároltan is vizsgálható, egymással meghatározott összefüggésben, szoros kölcsönhatásban álló, egységes egészet képező elemek összefüggése. A rendszer viselkedését jellemzik: a környezettől kapott, illetve felvett impulzusok, azok feldolgozómódja s az elemek egymáshoz kapcsolódásának mikéntje. (Szigeti Györgyné – Vári Györgyné – Volczer Á., 1970.)

Nyílt és zárt rendszerek

Minden rendszer alapvető jellemzője, hogy összetevőinek szakadatlan változása közepette fenntartja önmagát. Ilyenformán bizonyos szempontokból nézve az egyéni lakótér, illetve a közösségi használati tér minden tervezett eleme a saját rendszerében stacionáriusnak mutatkozik. Ám azt, hogy ami egy bizonyos szinten tartós entitásnak látszik, valójában egy örökös változás, a közvetlenül alatta lévő funkcionális szint rendszereinek épülése és bomlása tartja fenn.

Rohanó és állandóan változó világunkat az értékek és funkciók változása miatt véleményem szerint nyílt rendszerállapotnak tekinthetjük. Az önmagától való formálódása az értékeknek nem minden esetben tudatos ergonómiai eszközökre épül, éppen ezért feszültségeket generál. Ideális esetben zártnak tekinthetnénk egy olyan ergonómiai tervezési folyamatot, amely rendszerbe a társadalomból nem épül be formáló elem. Egy buszpályaudvar esetén a rendszerbe tervezett eszközök háttérbe szorulhatnak, míg jelentéktelenebbek felerősödhetnek, de a rendszer, mint egész fenntartja önmagát. Ebben a nyílt rendszerben a célcsoportok saját igényei következtében a funkcionális eszközök folyamatosan változnak.

Ahogy például egy biológiai rendszernek az öfenntartásához anyagcserére van szüksége, ugyanúgy a társadalom által használt és tervezett rendszernek információcserére van szüksége. Csupán ez biztosíthatja fejlődésüket, és fennmaradásukat. Itt az információt nem feltétlenül adatként tekintjük, hanem jelnek, megismert állapotnak.

Egy tervezett rendszer kellő információ birtokában magasabb fejlődési szintre juthat. Ez egyaránt érvényes társadalmi, gazdasági, és biológiai rendszerekre is. A célirányos fejlődés folyamatában a rendszer az információcsere által állandó kölcsönhatásban van környezetével.

A rendszer összetevői az alrendszerek. Ezek az alegységek is rendszerként viselkednek. Ezeknek is céljuk a fennmaradás, és ezek is rendelkeznek környezettel. A

környezetükhöz tartozik az összes többi alrendszer, mellyel folyamatos kapcsolatban vannak.

Ember-épített tárgyi eszköz rendszernek mindig van egy emberi és egy technikai (pl.: bútor) alrendszere, és mindig van egy felület, ahol végbemegy az anyag, vagy energiacsere. Így az emberi alrendszer például elemzés céljától függően felbontható antropometriai, fiziológiai, érzékszervi, kognitív (emberi információ-feldolgozó rendszer), emocionális alrendszerekre, amelyeknek tetszés szerinti mélységű, és részletességű további felbontása végezhető el. Mindezek együttesen az ergonómiában öltének testet a tervezés során, melyet a következő részben szeretném részletesebben bemutatni.

A technikai alrendszer igen sokféle lehet, ezért arra még teljesen általános további felbontás sem adható, mint az emberi alrendszerre. (Minden egyes kölcsönhatásban más a tárgy, más a gép, más az, amivel az ember kapcsolatba kerül.)

Az ergonómia a rendszereszközben

Az ergonómia az a tudománycsoport, amely az emberi adottságoknak megfelelő munkaeszközök, tárgyak, munkakörnyezet kialakításával kapcsolatos ismereteket tárja föl azért, hogy az ember teljesítőképességét a legmagasabb fokon kifejthesse, továbbá az ember kényelmét, biztonságát, egészségének megőrzését biztosítsa. (Szigeti Györgyné – Vári Györgyné – Volczer Á., 1970.)

Az ergonómia munkakörnyezet kialakítását vizsgáló tudomány, melynek célja a dolgozó termelékeny munkájának, szellemi és fizikai fejlődésének elősegítése az ember kényelmének, biztonságának és egészségének megőrzése mellett. Az ergonómia elméleti és gyakorlati fejlesztő munka, amelynek során az ember-gép-környezet rendszer emberközpontú kialakítása a végcél. Kialakulása szoros összefüggésben van a technológia fejlődésével és a technológiaváltással. A munkatevékenység vizsgálatát szakemberek csoportja készíti elő és végzi, együttműködnek a műszaki, a gazdasági, az egészségügyi és a pszichológus szakértők. Felhasználja a műszaki tudományok, közgazdaságtan, orvostudomány, pszichológia, pedagógia, szociológia eredményeit interdiszciplináris kapcsolatokban. Az ergonómia módszertani bázisa a rendszerelmélet, a vizsgálatok tárgya a munkát végző ember, így fontos megismerni a munkaélettan, üzemegészségtan, munkalélektan, szociálpszichológia, munkaszervezés, munkapedagógia, munkaszociológia, munkavédelem stb. eredményeit és módszereit. (human.kando.hu, 2005. november 12.)

Woytech JASTROMBOWSKY írta (1857): „Az ergonómiát a munka tudományának nevezzük, vagyis az emberi erők és képességek tudományának.” (Orbay Péterné, 2002.)

Grandjean (1967): „a dolgozó ember magatartását és reakcióit a fiziológiai, anatómiai és pszichológiai tényezők határozzák meg... az ergonómia összefoglalja a munkatudományok biológiai szakterületeit: a fiziológiát, a pszichológiát, és az anatómiát.” (Orbay Péterné, 2002.)

Mark S. Sanders és Ernst J. McCormick, *Human factors in engineering and design* (1921): „, *A human factors* (ergonómia) feltárja és alkalmazza mindazokat az ismereteket az emberi viselkedésről, képességekről, korlátokról és más emberi jellemzőkről, melyeket figyelembe kell venni az eszközök, a gépek, a rendszerek, munkafeladatok, a munkakörök és környezet tervezése során, mint a hatékony működés, valamint a biztonság és kényelmes emberi használat feltétele.” (Orbay Péterné, 2002.)

K. F. .M. Murrell szerint az ergonómia az ember és munkakörnyezete kölcsönhatásának tudományos tanulmányozása. A munkakörnyezet nem csupán a dolgozókat körülvevő fizikai környezeti tényezőket jelenti, hanem a munkavégzés során használt eszközöket, anyagokat, továbbá a munkamódszert, a munka szervezetét, akár egyéni, akár csoporton belül végzett munkáról van szó. Mindezek kapcsolatban vannak magával az emberrel: a képességeivel, a lehetőségeivel és korlátaival. (Orbay Péterné, 2002.)

A Nemzetközi Ergonómiai Szövetség (IEA) által 2000-ben elfogadott definíciója szerint az ergonómia (Human Factors) egyrészt tudományág, amely az adott rendszer emberi eleme és a többi rendszerelem közötti interakciók vizsgálatával foglalkozik, másrészt szakma, amely elméleteket, elveket, adatokat és módszereket alkalmaz a tervezés folyamán abból a célból, hogy optimalizálja az emberi jó közérzetet és a rendszer teljesítőképességét. (www.bme.erg.hu, 2008. szeptember 7.)

Az ergonómia a munka tudománya, mely elhárítja az akadályokat a minőség, a termelékenység, valamint a biztonság érdekében, azáltal, hogy az ember elvárásaihoz illeszti az eszközöket, a feladatokat, valamint a környezetet. (www.ergoweb.hu, 2008. szeptember 7.)

Az ergonómia egy fejlődő tudomány (fejlődik információk által, tehát az ergonómia egy rendszer), mely főleg az emberben zajló információ-feldolgozó folyamatokra, valamint a számítógépes rendszerekre koncentrál. Célja, az ember információ-felvételi képességének és határának, valamint az informatikai rendszerek közti kapcsolatra vonatkozó ismeretek bővítése. (www.usabilitysa.co.za, 2004. január 6.)

Tudomány, mely az ember és az őt körülvevő rendszer (környezet) elemeinek kölcsönhatását kívánja feltárni. Ezen ismeretek segítségével alapadatokat, elveket,

módszereket, elméleteket fogalmaz meg, és fektet le, annak érdekében, hogy a tervezés végeredménye az ember (használó) számára optimális legyen. (www.yourpowerinside.com, 2004. március 7.)

A munkafolyamatok és eszközök tervezésének tudománya. Célja, a kényelem, a biztonság megteremtése, valamint a használókra ható terhelések (szem terhelése) csökkentése, egészségkárosodások (hát-, ín- és izomsérülés) elkerülése. (herkules.oulu.fi, 2004. március 7.)

Tudományos alapelvek adatokra és elvekre, valamint emberközpontú tervezésre. Ismeretek és elvek összessége terméktervezéshez, eszköztervezéshez, bútortervezéshez, környezettervezéshez. Környezet emberi igényekhez való illesztése. (www.samsung.hu, 2004. március 7.)

Tudomány, mely az emberi teljesítőképességhez igazítja a tervezést (munkakörnyezet, eszköz, használati tárgy). (IEA, 2008)

Az ergonómia miként fogható föl rendszerként, miként értelmezhető, mint rendszer? Ha az ergonómiát a rendszerszemléletben vizsgáljuk, akkor érdemes távolabbról, nagyobb egységben keresni az összefüggéseket.

A rendszervizsgálat menete:

- a rendszer egészének vizsgálata, rendszer céljának meghatározása
- környezeti hatások vizsgálata, környezet meghatározása
- részrendszerekre, elemekre tagolás
- a részrendszerek, elemek kapcsolódásának, a rendszer strukturális felépítésének vizsgálata

- az elemek tulajdonságainak megismerése

Az ergonómia, mint tudományág része az emberi gondolkodásnak, így annak rendszerének is. Ezt a nagy rendszert nevezhetjük az emberi tudásnak, *tudománynak*.

A tudományt, mint fogalmat több (három) értelemben is használhatjuk.

- A világegyetem és saját magunk megismerésének egyik legfontosabb útját, a tudományos kutatást, mint folyamatot, cselekvést, és társadalmi tevékenységet,

- másrészt az e tevékenységet végző emberek csoportját, a nemzetközi tudományos közösséget,
- harmadrészt (és leginkább) a tudományos közösség által végzett tudományos kutatási tevékenység kollektív produktumát, a tudományos ismeretek szigorú elvek szerint ellenőrzött, meghatározott szabályok szerint publikált, és a tudományos közösség által kanonizált együttesét.

A tudomány, mint fogalom, a már megszerzett emberi tudást rendszerezi, vagyis rendszert alkot. Mivel magát a tudományt rendszernek tekintjük, így érvényesnek kell lennie rá a rendszerelmélet általános megfogalmazásainak, definícióinak.

Ennek, mint minden rendszernek vannak elemei. Elemeknek tekinthetjük az egyes tudományterületeket. Ezek összefüggnek egymással, sőt hatnak egymásra.

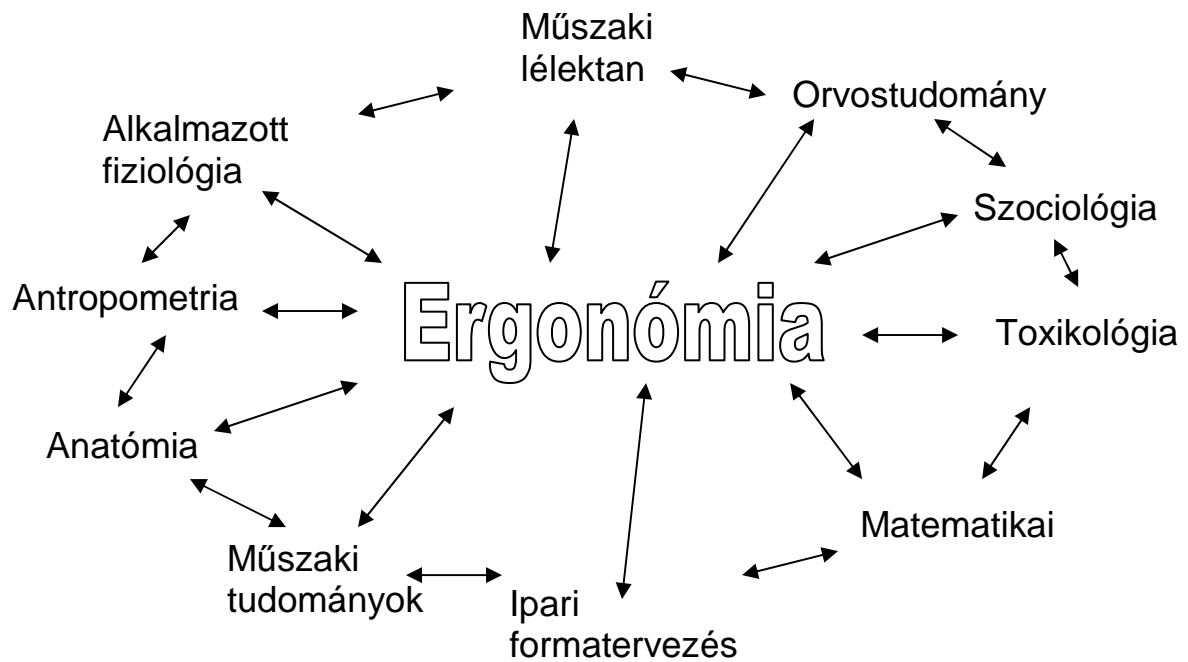
Mik ennek a „nagy egésznek” az elemei? A tudományt, mint fogalmat többféle képpen oszthatjuk fel, bonthatjuk elemeire (mai kor felfogása szerint). A legelső két nagy kategória az absztrakt tudományok és a tapasztalati tudományok. A tapasztalati tudományok empirikusak, és a valóság megismerését célozzák meg (a realitívizmus a "valóság megismerése" kifejezés használatát vitatná). Az absztrakt tudományok csak elvont (tiszt) fogalmak közötti összefüggések megismerését célozzák meg, ilyen a matematika.

A tapasztalati tudományokon belül elkülönítik a természeti és a társadalomtudományokat, valamint a bölcsészetet. A természettudományok a valóság azon jelenségeit kutatják, amelyekben az emberi társadalom nem játszik jelentős szerepet. A társadalomtudományok kifejezetten az emberi közösséggel kapcsolatos tudományok. A bölcsészet ágai (pl. esztétika, etika) filozófiával, valamint az ember különböző társadalmi szintű tevékenységeivel foglalkoznak. Bizonyos nézetek a tudományt egységesnek tartják, és így egyet értenek a társadalomtudományok és bölcsészet alapvető empirikus voltában, vagy legalábbis abban, hogy ez kell, hogy legyen a tudományos norma. Más nézetek szerint a társadalomtudományokat és a bölcsészetet alapvetően más módszer jellemzi, vagy módszertelenség, így tapasztalati tudományok való besorolásuk vitatható.

A tudomány absztrakt rendszer, mert elemei fogalmak. A nyelv, vagy filozófiai rendszerek is ilyenek. Fontos azonban látni, hogy a tudományban rejlő ismeretek, információk, fogalmak, az őket képviselő dolgok, szimbólumok, már fizikai dolgok. Egy absztrakt rendszerben az elemeket definícióval határozzuk meg, vagyis meghatározásokkal állítjuk elő. Az elemek közti relációt, kapcsolatot pedig feltevésekkel adjuk meg. Például axiómákkal (sarokigazság, gyakorlati tapasztalatok széles körű általánosításán alapuló tétel, amelyből valamely tudományos elmélet összes állításai levezethetők, de amelyet maga az elmélet közvetlenül nem igazol (Bakos F., 1973.)) vagy posztulátumokkal (követelmény, kívánalom, bizonyítás nélkül elfogadott, egyszerűbb igazságra vissza nem vezethető tétel, jelenségek egy csoportjának megismeréséhez szükséges, még nem bizonyított állítás, valamely elmélet kiinduló pontja (Bakos F., 1973.)).

A társadalomtudományokat, filozófiát és a bölcsészeti területeket közös megjelöléssel humán tudományoknak nevezik, szembeállítva az élő- és élettelen természettudományokkal és azok alkalmazott ágaival, a reáltudományokkal. A kifejezetten magával az emberrel, mint biológiai és társadalmi lényel foglalkozó alap- és alkalmazott tudományok e két nagy szféra határán vannak (fizikai és kulturális antropológia, pszichológia, humánétológia, orvostudomány).

Az alábbi ábrán (1. ábra) az ergonómia és néhány segédtudomány közti kapcsolat szemléltetését látjuk. Fontos megjegyeznünk, hogy a már korábban említett módon az egyes elemek összessége rendszert alkot, s ezen elemek között meghatározott kapcsolat van. Természetesen az ábra (a rendszer) további elemekkel bővíthető.



1. ábra Tudományok rendszere, valamint a tudományok kapcsolata az ergonómiával
(Dr. Németh A., 1993.)

A bemutatott egyéni és közösségi rendszer állapota adott időpontbeli tulajdonságainak halmaza, mellyel a rendszer jellemezhető. A rendszerelméletet alapul véve elmondhatjuk, hogy minden rendszer adott időpillanatban korlátlan számú tulajdonsággal rendelkezik. Természetesen a feladat komolysága, illetve a kutatás mélysége adja meg, hogy milyen mértékig, milyen mennyiségű tulajdonságot veszünk figyelembe. A tudomány tulajdonságait a felhalmozott ismeretszint mértékével lehet jellemezni. Mivel a felhalmozott ismeretanyag egyre bővül, így annak felső határa ismeretlen. Nem rangsorolható egy skálán, nem fejezhető ki mennyiségileg, kizárólag a korábbi sinthez képesti fejlődésével, valamint a fejlődés, az ismeretanyag bővülésének „gyorsaságával”. Jellemezhetjük a dolgot úgy is, hogy a felhalmozott tudást milyen mértékben, és mennyire hatékonyan tudjuk felhasználni. Ezzel eredményeket érhetünk el, melyek már valamilyen rendszer szerint mérhetők, számszerűsíthetők.

Ahhoz, hogy a bemutatott két rendszert konkrétan meg tudjuk nevezni, szükségünk van azok külső határának megnevezésére. Jelen esetben a lakótér az azt körülvevő legkisebb olyan határoló elem (lépcsőház, telekhatár, kerítés, folyó), amely

egyértelműen meghatározza a funkció érvényességi területét. Előfordulhatnak azonban olyan elemek a rendszerben, amelyeket külső kényszerítő hatások hoznak létre, ezáltal zavart kelthetnek a belső egységben.

A lakófunkciót megjelenítő *rendszer környezete* olyan elemeknek és lényeges tulajdonságoknak a halmaza, amely nem része a rendszernek (rendszeren kívüli elemek), amelyek bármelyikének megváltoztatása a rendszer állapotának megváltozását eredményezheti. A lakókörnyezet esetén leginkább előforduló társadalmi hatások, funkcionális tervezése még a pszichológia tervezési eszközeivel sem küszöbölhető ki, illetve változtatható meg. Tehát, rendszeren kívüli, de annak működését befolyásoló elemek és relációk halmaza. (Dr. Hegedűs J., 1975.)

Ennek megfelelően a tudománynak, mint rendszernek, mint emberi és tárgyi környezetünk tudatos alakítója, meg kell határoznunk környezetét, illetve annak érvényességi határát. Definíciónk szerint a lakókörnyezet meghatározásához olyan lényeges elemeket és tulajdonságokat kell megneveznünk, amelyeket a megismert tudományos eszköztár alapján egyértelműen a tervezési folyamatba építhetünk. A kapcsolatot a lakó rendszer, és annak környezete között információközlés révén tartja fenn, és tartja állandó alakításban.

A megismert tudomány külső környezete az az emberi lét, esetünkben az a szintér, ahol a mindennapjainkat töltjük, tehát lakás, iroda, közterek, az a fizikai környezet, amelyet társadalmi érintkezéseink során használunk. Ennek változása hat a tudományra, hat annak egyes elemeire. Befolyással van azokra. A környezet hatására történő válaszadás a környezetből nyert információk feldolgozása által valósul meg. Ebből következik, hogy a rendszerelmélet szorosan kapcsolódik az információelmülethez. (Dr. Csiha Cs., 1989.)

Az információ a rendszereszközben

Az információ: A matematikai valószínűségelmélet nyelvén megfogalmazott tételekben „az információ szó nem annyira arra vonatkozik, amit mondunk, hanem inkább arra, amit mondhatunk; azaz az információ egy üzenet kiválasztásában rejlő szabad választásunk mértékét jelöli” [Weaver és Shannon, 1986.].

„Az információ szót tulajdonképpen kétféle - konkrét és absztrakt, illetve kvalitatív és kvantitatív - értelemben használjuk. Információ alatt értjük egyrészt magát a konkrét információt (értesülést), másrészt ennek számszerű mértékét, vagyis a konkrét információban foglalt absztrakt információmennyiség mértékszámát, bitekben kifejezve. Célszerű csak a konkrét információt nevezni információnak, míg a konkrét információ számszerű információtartalmát információmennyiségnek” [Rényi Alfréd, 1976.].

Információelmélet: Az információelmélet az információval, mint az új ismeretű értelmezett adattal foglalkozó tudomány. Főként az információ keletkezésével, struktúrájával, kezelésével, tárolásával, elérésével és továbbításával foglalkozik. Az információelmélet ezen kívül tanulmányozza az információ különböző felhasználását, az emberek közti kommunikációt és az információs rendszereket. (wikipedia.hu, 2008. március 8.)

Szerepelt, hogy a tudomány, mint összefoglaló, mint teljes egész, mint rendszer, környezete az emberi lét, a fizikai környezet. Az ember, aki létrehoz, alkot és összekapcsol. Tapasztalatai, és szerzett információi alapján fejlődik tovább. Eszközként használja a tudományt. A tudományt, mint egységet, információval lát el, s onnan információkat vesz föl.

Mint azt korábban bemutattam a rendszer állapotával kapcsolatban a környezet állapota is egy adott időpontbeli tulajdonságok összessége, mely azt jellemzi.

Lakókörnyezet esetén a fizikai környezet állapotát leginkább a komfortérzet, azaz az adott térrészben elhelyezkedő világítótestek, hőforrások, bútorok egymáshoz való viszonya, vagyis a megismerésen alapuló, megtervezett hatások befolyásolják.

Fontos azonban az is, hogy az adott térrészhez a társadalom milyen fejlettségi szintje tartozik, mik a határai, mire képes. A környezet hat a tudományra, hiszen az emberek alakítják a tudományt, teszik hozzá az új ismereteket, tapasztalataikat. Ezzel létrejön a kapcsolat egyik iránya. Másik oldalról a tudomány is hat az emberre, hiszen a már meglévő ismeretek befolyásolják az embereket, befolyásolják a további kutatásokat, fejlesztéseket.

Mint minden rendszernek a tudományok rendszerének is van célja. Ez fontos építő és szervező elem. Ez az, ami fenntartja, és változásra kényszeríti a rendszert. Jelen esetben a cél az emberi társadalom tudásának bővítése, az emberi lét jobbá tétele. Ezen bonyolult rendszer fejlődésével lép tovább az emberiség.

Az újonnan megszerzett információ, a meglévő tudás bővítése változásra kényszeríti a tudományt, vagyis változik a rendszer. A rendszer reagál, választ ad új információkra.

Véleményem szerint összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a *tudomány* rendszeréhez kapcsolódóan az *ergonómia* egy olyan *alrendszer*, amely környezetével, azaz a többi tudományággal folyamatos, *információs* kapcsolatban van. Innen információkat vesz fel, illetve információt ad le. Ebből következően az ergonómia egy nyitott rendszer.

Az ergonómiai rendszer elemeinek milyensége döntően befolyásolja a rendszer típusát. Az ergonómia rendszerének elemeit definíciókkal hozzuk létre, vagyis az ergonómia egy absztrakt rendszer. Elemei tervezési elvek, módszerek és alapadatok. Ezeknek egy részét más tudományokból szerzi, vagyis információs kapcsolat áll fenn a tudomány többi alrendszerével, mint például: antropometria, fiziológia, pszichológia, stb. Az ergonómia rendszerének célja az emberi környezet használhatóbbá tétele oly módon, (mint egy korábbi definícióban már láthattuk), hogy azt kényelmes, biztonságos és egészség megőrzése mellett lehessen használni. Emellett célja, hogy ismereteket tárjon föl, ekkor környezetéből információt vesz föl, majd ugyanebbe a környezetbe ismereteket (javaslatokat) ad le, hogy az ember teljesítőképességét a legmagasabb fokon fejthesse ki. A rendszer már említett elemei (elvek, módszerek, alapadatok) között meghatározott relációt fedezhetünk fel. Minden tervezési elvnek, minden irányadó módszernek megvan a maga szükséges kiindulási alapadata, amire értelmezzük őket,

illetve minden kiindulási alapadathoz tartozik egy elv, mellyel azt az adatot célirányosan fel tudjuk használni. Tehát a köztük lévő kapcsolat ok-okozat. Ezen kapcsolatok teljesülésével fogja elérni az ergonómia, mint rendszer, a rendeltetését és célját.

Sok rendszerhez hasonlóan az ergonómia rendszere is változik. Újabb külső információk érkeznek, újabb elemekkel bővül a rendszer (ez lehet a rendszer válasza a környezet változására), vagy éppen elemek eshetnek ki a rendszerből. Ennek megfelelően a rendszer környezete is változhat. Megváltozhatnak a társadalmi és műszaki elvárások az ergonómiával szemben. Bővíthet a rendszer célja, kiforthat a rendszer rendeltetése (az ergonómia a munka tudományából a hétköznapi alkalmazott tudományává lépett elő).

Az alkotói folyamat a rendszereszközben

Az ergonómia rendszeréhez kapcsolódóan a következő rendszer, mely a téma szempontjából érdekes és elemzésre alkalmas, az alkotói folyamat rendszere (esetünkben ezt nevezhetjük ergonómiai tervezésnek, termék-ergonómiai alkotó folyamatnak).

Mivel ezt rendszernek tekintjük, egyértelmű tehát, hogy elemei vannak, s ezek kapcsolatban vannak egymással. Jelen esetben a rendszer elemei események vagy tevékenységek. Ezek a tervezési folyamat egyes elemei, részei. Ezen események adják a rendszert. Mivel a rendszerben az elemek tevékenységek, illetve események a rendszer nem absztrakt rendszer.

Az említett elemek folyamatosan változnak, s így a rendszer egyik állapotból a másikba jut, ezért az alkotó folyamat, mint rendszer, egy dinamikus több állapotú rendszer (állapota az időben változik).

Az alkotói folyamatnak, a tervezésnek mindig célja van. A cél az, hogy alkossunk valamit, életminőséget javítsunk (pl.: épített környezet javítása, mozgássérültek megváltozott igényeinek megfelelő bútorokat tervezzünk). A rendszer tartalma egy tudatos emberi tevékenységre épülő gondolatmenet, tevékenységsor.

„Az alkotó folyamat cselekedeteknek (vagy eseményeknek) olyan időbeli egymásutánja (állapotsora), amely felmerült igények kielégítésére kitűzött célok megvalósítására vezet. (Kocsis J., 1969.)

A tervező (terméktervező, ergonómus) alkotó folyamata akkor kezdődik, amikor a célkitűzés megtörténik, vagyis a feladatot megkapja. Az alkotó folyamatban a megvalósítás optimális módozatait keressük.

Ennek során a tervező más folyamatokkal, rendszerekkel lép kapcsolatba. A felvázolt példa alapján a tervezés során előtérbe kerülhetnek például speciális felhasználói körök, mint például mozgássérültek lakóterei. A saját információs rendszerét behozva a tervezési folyamatba, az alkotó munkának, speciális alkotó

folyamatának megszervezésével megteremti a kapcsolatokat az új elvárási rendszerrel. Végül munkája során felhasználja a rendszertervezés azon eszközeit, melyek a kialakítandó speciális tér igényeihez leginkább igazodnak. Így válik a tervező alkotó folyamata rendszerré, mely rendszerben a különböző elemek (tevékenységek) kölcsönös kapcsolata, és a kapcsolatok gazdag relációja alakul ki.

Az alkotás környezete maga a hétköznapi élet egyéni és társas érintkezésein alapul, azok elvárásai és kihívásai (felhasználói elvárások, piaci kihívások) alakítják. A tervezőnek ezt a környezetet kell figyelembe venni, ennek a környezetnek a paramétereit kell kiindulási alapnak venni a tervezés során. Az alkotó rendszer és a környezet határai ebben az esetben igen lazák lehetnek. Elhelyezkedése attól függ, hogy a tervező mennyire részletesen veszi számításba a környezet adatait (felhasználói elvárásait, tulajdonságait), mekkora részt emel be a tervezési rendszerbe (pl.: az adott bútort kültérbe vagy beltérbe tervezi).

A rendszer környezetét is folyamatosan változóknak, több állapotúnak tekinthetjük. Változik épített környezetünk, változik az éghajlat, újabb és újabb megmunkálási technológiák terjednek el, melyekre a tervezés rendszerének reagálnia kell, alkalmazkodni kell hozzá (újabb, pontosabb, s költséghatékonyabb eljárásokat kell választanunk).

Mint már megállapítottam, a tervezés célja valamilyen produktum. Ez lehet egy termék, használati tárgy, infrastruktúra vagy éppen szolgáltatás. Ehhez az alkotási folyamat műveletein keresztül, egy tevékenységláncon át juthatunk el. Ennek megfelelően a rendszernek van bemenete (tervezési alapinformációk), és van kimenete, melyek a már említett eredmények lehetnek. Az alkotói művelet maga a bemeneti oldalról az alapadatokon keresztül, a kimeneti oldalnál pedig a terméken keresztül van kapcsolatban a környezettel.

Az alkotói rendszer elemeit megvizsgálva láthatjuk, hogy ezek tovább bonthatóak, vagyis alrendszereknek tekinthetjük őket.

Az alkotó folyamat (a rendszer) funkcionális elemei (alrendszerei):

- Tervezés
- Előkészítés
- Végrehajtás
- Ellenőrzés
- Irányítás
- Számbavétel
- Elemzés (Dr. Hegedűs J., 1975.)

A fentiekben szerepelt, hogy az ember alkotói képességének jellemzője: módszerességre, tudatosságra való törekvés, az összefüggések és kölcsönhatások szem előtt tartása. Tehát a rendszertechnika a műszaki alkotások tudatosságra törekvő kifejlesztésének, megvalósításának, működtetésének és továbbfejlesztésének objektív összefüggéseit, szabályszerűségeit, törvényszerűségeit, tipikus gondjait, valamint a belső és külső kölcsönhatások, közeli és távolabbi következmények feltárásának, prognosztizálásának, a tapasztalatok gyors kiértékelésének és visszacsatolásának lehetőségeit, módszereit és eszközeit vizsgáló tudományterület.

Most tekintsük át részletesebben a fent felsorolt alkotói folyamat elemeit. A *tervezés* és *előkészítés* fázisaiban tesszük meg a rendszertechnika első lépéseit. A tervező itt találkozik az igényekkel, és a rendelkezésre álló erőforrásokkal. Ezek figyelembevételével kell *megtervezni*, összeállítani a követelményrendszert.

A rendszertechnika második lépése a rendszer adott részeinek azonosítása vagy modellezése. Az alkotó folyamatban ez a *végrehajtás* szakasza, amelyben a tervező a kidolgozott és elfogadott követelményrendszernek megfelelően kidolgozza (megtervezi) a feladatot. A szervezésemélet tanítása szerint modellezésnek tekintjük a rajzokat, műszaki leírásokat, számításokat, színvázlatokat és a kisminták elkészítését.

Az *ellenőrzés*, *irányítás*, *számbavétel*, rendszertechnikai megfogalmazása az analízis és a szintézis. Míg előző lépésnél (*végrehajtás*) a tervező tapasztalata mellett nagy szerepet játszik az intuíció, addig az analízis-szintézisben a műszaki és gazdasági paraméterek játszik a fő szerepet. Az analízis során a rendszerjellemzőket kell analizálnunk, a szintézis során pedig a funkcionális és esztétikai követelményrendszert

kell összehangolnunk. Ezeknek a lépéseknek az eszközei a hálótervezés, szisztematikus tervezés, értékelemzés és a különböző optimalizálási módszerek. Ha a tervező feladata a konkrét rendszertechnikai tervezés, akkor a folyamat általános jellemző paramétereit is ezekbe a lépésekben kell elemeznünk.

A folyamatszerzés utolsó lépése az *elemzés*. Ez abban áll, hogy a tervező tervei alapján elkészült gyártmány összehasonlító elemzését kell elvégezni. Természetesen, mint ahogy a gyártmány tervezését nem egyedül a tervező (terméktervező, ergonómus), úgy az elemzést is a gyártmánytervező csapat végzi (legtöbb esetben). Az elemzés során kell azt megvizsgálnunk, hogy a kész gyártmány kielégíti-e a korábbi fázisokban kialakított követelményrendszert, megfelel-e a felhasználási igényeknek.

Nagyobb, vagy bonyolultabb feladatok esetén célszerű, ha a tervező hálótervet készít, amelyben elsősorban saját feladatait tervezi meg és rögzíti kapcsolatait a tervező csapat többi tagjával, vagy a megrendelővel.

A következő egység, melyet természeténél és jelentőségénél fogva érdemes megvizsgálni, az maga a *termék*, mint rendszer. A korábbiakban már láthattuk, hogy termék alatt érthetünk egy fizikálisan megjelenő tárgyat vagy éppen egy szolgáltatást is. Bármelyiket választjuk, mindkettőnél igaz az, hogy rendszert alkot. Most az elemzés folyamán vegyük csak a kézzelfogható produktumokat. Először tekintsük át azt, hogy miért is nevezhetjük rendszernek. A lehető legegyszerűbb tárgynak is van anyaga, tehát legalább az anyaga részekre osztható, melyek funkciójuk szerint akár fizikálisan is kapcsolódnak egymáshoz, vagyis rendszert alkotnak. Ez persze a lehető legegyszerűbb magyarázat lenne. Nézzük most azt, hogy a termékünk a lehető legáltalánosabb tárgy. Rendelkezik mindazon tulajdonságokkal, melyet egy átlagos fogyasztó, végfelhasználó elvár tőle. Nos, ha ezzel a feltételezéssel élünk, akkor a termékünknek van funkciója, formája, szerkezete, anyaga és nem utolsó sorban mérete. Minimálisan ezekkel a jellemzőkkel lehet leírni. Ha gondoljuk, akkor ezen felsorolást akár tekinthetjük a termék alrendszerei felsorolásának is. Természetesen ezen felsorolást korlátlanul ki tudnánk további alrendszerekkel egészíteni, mint például gazdasági vagy éppen logisztikai elemekkel, azonban ez túlságosan elbonyolítaná modellünket. (J. Christopher, 1991.; J. Christopher, 1992.)

Abban az esetben, ha a vizsgált terméket más szemszögből vizsgáljuk, mint például kézbe vehető fizikai dolgot, akkor más praktikus alrendszereket is találunk benne (pl.: egy gépjárműnél a kormányzási, meghajtási, vagy éppen az elektromos alrendszert). Mi azonban most, mint absztrakt terméket vizsgáljuk.

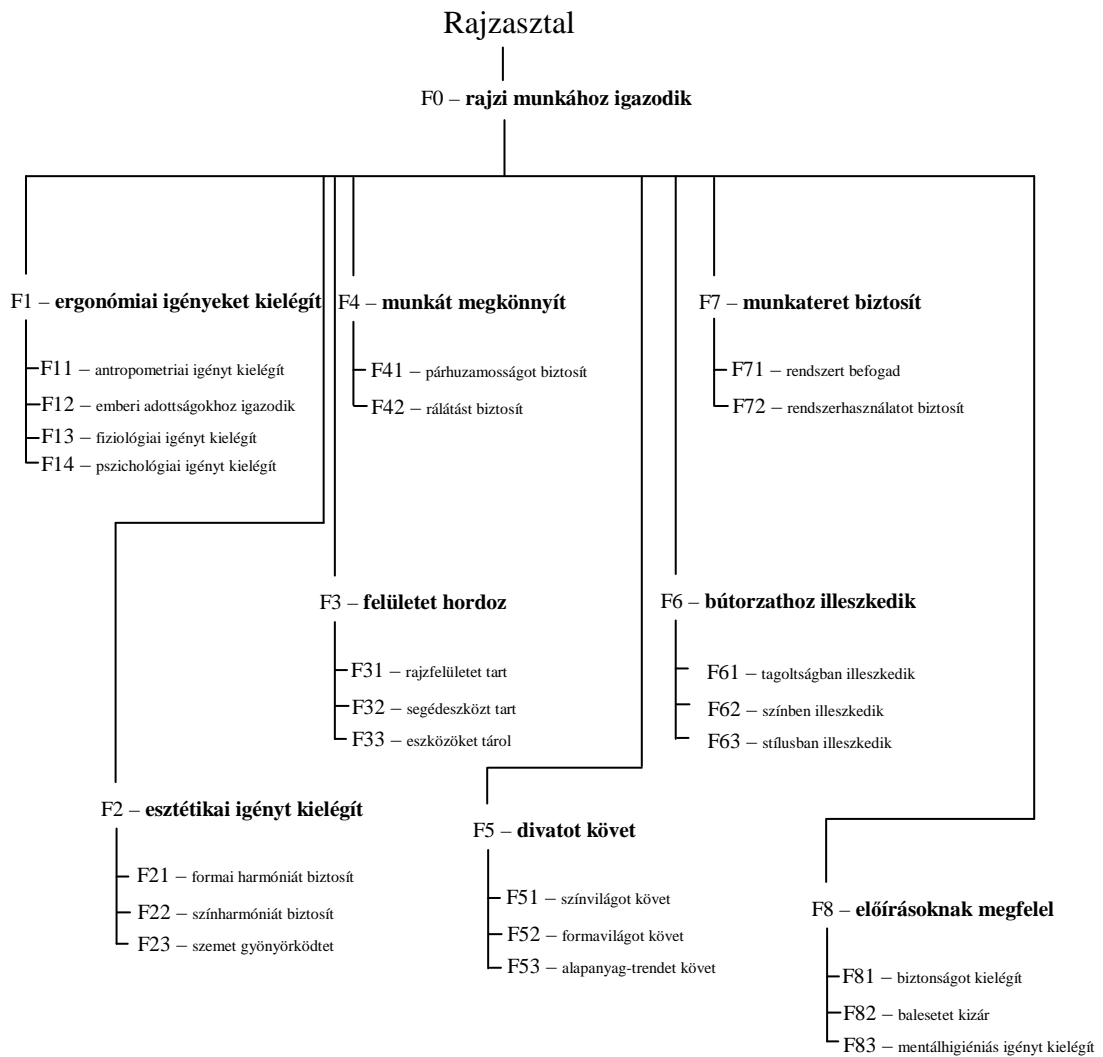
Tehát esetünkben öt (*forma, funkció, szerkezet, anyag, méret*) alrendszert különböztetünk meg. Ezeket az elemeket definícióval állítjuk elő, vagyis maga a rendszer, mely az absztrakt terméket jelenti maga is absztrakt. Azonban ha rendszerként vizsgáljuk, akkor kell, hogy legyen valamilyen kapcsolat az egyes elemek között. A köztük rejlő kapcsolat, reláció a rendszer céljából adódik. A rendszer célja, vagyis a termék célja, hogy a fogyasztó elvárásait, igényeit kielégítse (pl.: ergonómiailag megfelelő legyen az adott használati tárgy). Vagyis az alrendszerek között olyan összhangnak kell lennie, hogy együttesként teljes mértékben a rendszer célját szolgálják. Azt is kell látnunk, hogy nem csak összetartó erő van az egyes elemek között, hanem egymásra gyakorolt hatásuk is van. Vagyis nem csak a rendszer környezetének változása hat az egyes elemekre, alrendszerekre, hanem az egyes alrendszerek változása is hat a többi alrendszerre, illetve a rendszer egészére is (néhány esetben ez a változás a rendszer környezetére is hathat). Ha mondjuk változtatom az anyag alrendszerét (ennek oka lehet valamely külső ok – környezetesemény, vagy belső ok – rendszeresemény), nos az hatással van a formára (megváltozik a felületi minőség), hatással van a méretre (azonos terhelés hatására változhat a keresztmetszet), esetleg változik a funkció, vagy éppen a szerkezet. Láthatjuk, hogy valamely elem változása hatással van minden más alrendszerre. Most vizsgáljuk ezt az öt (*forma, funkció, szerkezet, anyag, méret*) alrendszert az ergonómia szemszögéből. Világos, hogy a terméknek minden parametriális követelmény mellett bizonyos ergonómiai igényeket is ki kell elégítenie. A terméknel használt felületkezelő anyagnak nem csak műszaki követelményeknek kell megfelelnie (pl.: megfelelően kell tapadnia az adott felületen, adott ideig ellen kell állnia az időjárás viszontagságainak), hanem szigorú egészségügyi feltételeknek is meg kell felelnie (pl.: egy gyermekjáték nem tartalmazhat mérgező felületkezelő anyagot). Tovább elemezve a kérdést minden előbb említett területen találunk olyan követelményeket, melyek szoros összefüggésben vannak az ergonómiával. Ezért kijelenthetjük, hogy ezen felosztás szerinti rendszerben (forma,

funkció, anyag, szerkezet, méret) az egyes alrendszerek közötti következő kapcsolat maga az *ergonómia*.

Mivel az elemek (alrendszerek) változhatnak az időben, így magát az absztrakt terméket egy időben változó dinamikus többállapotú rendszernek tekinthetjük.

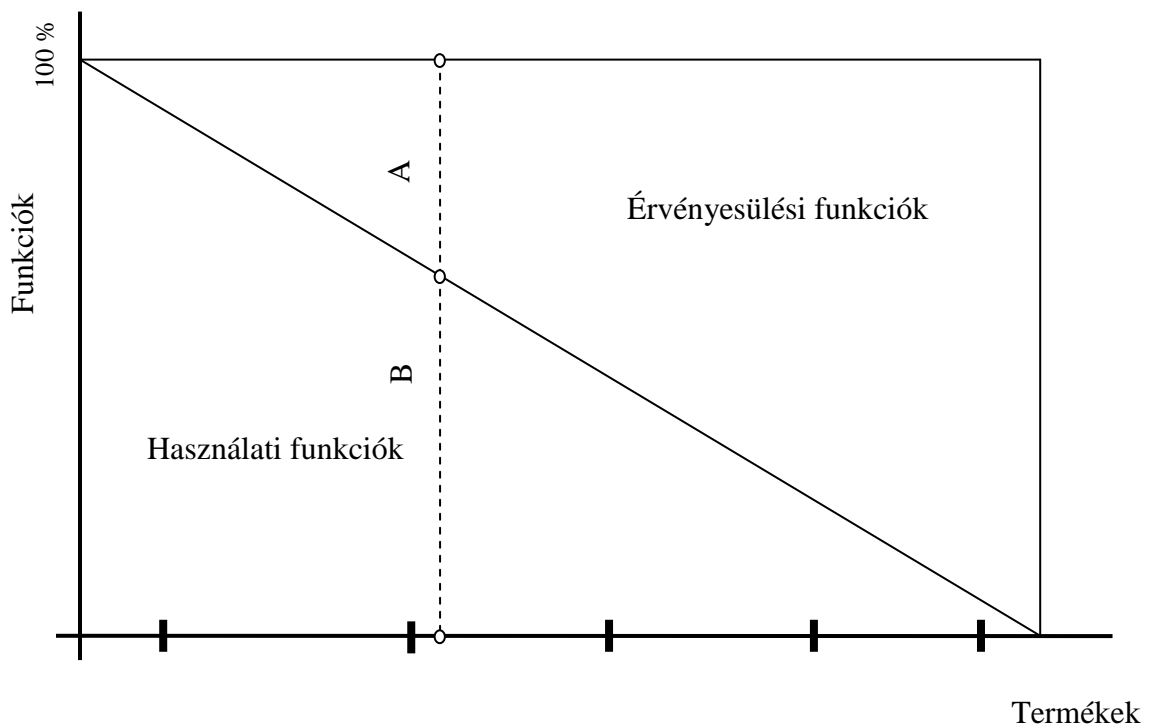
A rendszer környezete maga a termékvilág, illetve a tényleges minket körülvevő világ. A termékre a környezet felől érkező hatások több félék lehetnek. Pl.: gazdasági, technikai, társadalmi, ...

A terméknek legalább további két rendszerfelosztása is lehetséges. Ezekkel a felosztásokkal inkább a termék céljára, illetve funkciójára utalhatunk. Egyik a termék által hordozott funkciók rendszere. Itt feloszthatjuk fő-, mellék- és kiegészítő funkciók alrendszerére (2. ábra), vagy más felosztásban használati- és érvényesülési funkciók alrendszerére (3. ábra).



2. ábra Termék funkciórendszere

A különböző vevői igényeket megfelelő funkciókkal próbáljuk kielégíteni. Ezeket a funkciókat a termékek hordozzák. A funkciók rendszerét egy terméken keresztül a funkciófa mutatja. Minden terméknek megvan a maga főfunkciója, mely ténylegesen az igény kielégítését szolgálja (F0 funkció). A főfunkció teljesülését a termékben rejlő mellékfunkciók segítik (F1, F2,..., Fn). A funkciófa alsóbb szintjein azokat a funkciókat találjuk, melyek ténylegesen a fő funkció elérésében nem vesznek részt, csupán kiegészítik azt. Ezeket nevezzük kiegészítő funkcióknak.



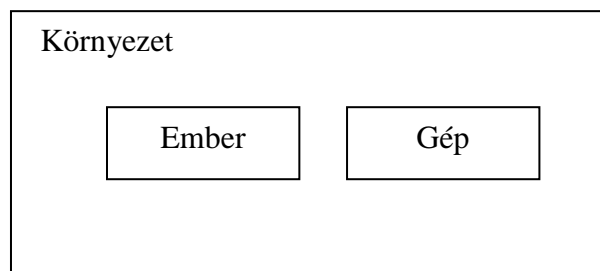
3. ábra Termékek rangsora a bennük lévő használati és érvényesülési funkció alapján

Minden termék rendelkezik használati- és érvényesülési funkcióval. A használati funkció(k) a termék rendeltetését hivatott kiszolgálni, míg az érvényesülési funkció(k) a termék esztétikájára utal. Ezek együttesét 100 %-nak tekinthetjük. A kérdés csak az, hogy ezen adott terméken belül a két funkcióhalmaz aránya mekkora (A és B szakasz aránya). Azon termékek, melyek nagyobb arányú használati funkcióval bírnak (pl.: termelőeszközök, üzemi bútorok) azok az ábra bal oldalán helyezkednek el, amelyekben az érvényesülési funkció a több, azok pedig jobb oldalon. Ennek értelmében a termékvilág bármely elemét el tudjuk helyezni az ábrán. Az ábra, illetve a felosztás természetesen egy-egy termékkörre is érvényes.

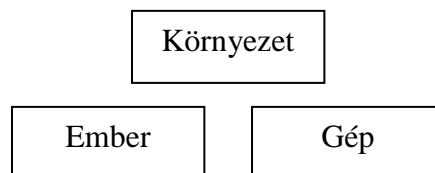
Az alkotói rendszer és a környezet kapcsolata

Az előbbiekhöz képest talán a legnagyobb és legátfogóbb rendszert az ember-gép-környezet hármasa alkotja. Ebben a rendszerben minden megjelenik, ami ebben a hármás interakcióban szerepelhet. Ebből kifolyólag e három rendszerelemet tekinthetjük alrendszereknek is. Mindhárom elemet értelmezhetjük absztrakt elemként, vagy adott esetben konkrét személyként (vagy személyekként), konkrét terméként, illetve konkrét helyszíneként is. Néhány értelmezés szerint a környezetet külön álló, nagyobb rendszerként értelmezik (hierarchikus rendszer), mely magába foglalja a másik két alrendszert (ember és gép/termék). Ennek ellenére tekintsük most mindhármát egyenrangú elemként (heterarchikus rendszer).

Rendszertípusok



4. ábra Hierarchikus rendszer-felépítés, alrendszer(ek) + felettes rendszer (magába foglalja az előzőt).



5. ábra Heterarchikus rendszer-felépítés, osztott intelligenciájú, hálózatos struktúrájú rendszerek. Mellérendelt viszonylat, az egyes egységek önálló működésre is képesek.

A rendszer célja, maga a felhasználó célja. A felhasználó határozza meg, hogy mi legyen a környezet, s mi legyen a termék. Ezért a rendszer kimenete az emberi tevékenységből származó eredmény. Természetesen ez a kimenetel sokféle lehet (pl.: fizikai munka, pihenés, szórakozás).

A rendszer környezete hierarchikus rendszer esetén a körülöttünk lévő fizikai környezet. Heterarchikus rendszer esetén a fizikai környezetet túlmutató esetlegesen már fizikailag nem is tapintható halmaz (pl.: idő).

Mivel ebben a hármas interakcióban minden elemnek fokozott jelentősége van, ebből következik, hogy minden elemnek hatása is van a többi elemre. Vagyis a termékben létrejött valamely változás hatással van az emberre, illetve a környezetre, de ha a környezetben jön létre változás, akkor annak hatása van az emberre, illetve a termékre. Például egy olajszállító teherhajón történt műszaki hiba szennyezheti a környezetet, illetve veszélyforrás lehet a felhasználókra (legénységre) nézve is. Mivel minden elemnek az állapota az időben változik, többállapotú, vagyis maga a rendszer is egy többállapotú dinamikus rendszer.

Megállapítások

Az ergonómia rendszerének vizsgálatából az alábbi megállapításokat szűrtem le:

A környezet tulajdonsága sokrétű. A vizsgáló szemszögéből kell mindig nézni, illetve azt kell leszögezni, hogy milyen széles körben szeretné vizsgálni azt. Ha az interakció egy adott épületen belül jön létre, akkor elég lehet, ha az adott zárt tér paramétereit vesszük figyelembe (pl.: méret, tájolás, elhelyezkedés, kapcsolat más, zárt terekkel, hőmérséklet). Ha azonban, távolabbról szemléljük a rendszert, akkor már kültéri tényezők hatásait is figyelembe kell venni (pl.: időjárás, napszak, fényviszonyok). A termék tulajdonsága, jellemző paraméterei szintén sokrétűek lehetnek. A figyelembe vett paraméterek mennyiségét szintén a vizsgáló személynek van lehetősége korlátozni (anyag, forma, funkció, szerkezet, ár). Mivel mi felhasználók nem vagyunk egyformák (antropometriai különbségek, fiziológiai különbségek,

anatómiai különbségek), így felhasználóként a rendszer vizsgálata során figyelembe vett paramétereink is sokrétűek, és sokfélék lehetnek. A rendszer bemenete maga a felhasználó szándéka, kimenete pedig a tevékenységének a végeredménye.

A korábbi felosztások és rendszer-meghatározások és elemzések célja többek között az ergonómiával való kapcsolatuk bizonyítása volt. Látható, hogy önmagában egy elemet csak annak környezetével együtt érdemes elemezni. Az, hogy tágabb értelemben vett terméknek, környezetnek, valamint a felhasználónak milyen tulajdonságai vannak, milyen tényezők befolyásolják, illetve milyen kapcsolata van az ergonómiával, az a következőkben részletesebben tisztázásra kerül.

Hivatkozások:

- Bakos Ferenc 1973: Idegen szavak és kifejezések szótára akadémiai kiadó
Budapest
- Dr. Csiha Csaba 1989: Rendszerelméleti fogalmak, Kolozsvár, Dacia
Könyvkiadó
- Chikán Attila 2002: Vállalatgazdaságtan, Aula Kiadó
- John Christopher 1992: Design Methods, John Wiley & Sons Ltd.,
London,
- John Christopher 1991: Designing, Architecture Design and Technology
Press, London
- Dr. Hegedűs József 1975: Rendszerelmélet az ipari formatervezésben
Tankönyvkiadó Budapest
- International Ergonomics Association. What is Ergonomics. (2008.
augusztus 21.)
- Kocsis József 1969: Gépipari folyamatok szervezése, Tankönyvkiadó
Budapest
- Dr. Németh Antal 1993: Ipari építészeti környezet és ergonómia,
Műegyetemi kiadó
- Orbay Péterné 2002: Termékergonómia, előadásvázlat, NymE FMK
- Orbay Péterné 2003: Konyhatervezés, Invest-Marketing Bt.
- Szigeti Györgyné - Vári Györgyné - Volczer Árpád 1970: Filozófiai
kislexikon, Kossuth Könyvkiadó, Budapest

<http://human.kando.hu/pedlex/lexicon/E6.xml/ergonomia> (2005. november
12.)

www.bme.erg.hu (2008. szeptember 7.)

<http://www.ergoweb.com/resources/faq/glossary.cfm?print=on&> (2008. szeptember 7.)

www.usabilitysa.co.za/hcigloss.htm (2004. január 6.)

www.yourpowerinside.com/definitions.htm (2004. március 7.)

herkules.oulu.fi/isbn9514259378/html/g240.html (2004. március 7.)

www.samsung.com.au/myguide/about/glos001.asp (2004. március 7.)

wikipedia (2008. március 18.)

További felhasznált irodalom:

- Goode, Harry H. - Robert E. Machol 1957: System Engineering, An Introduction to the Design of Large-scale Systems,. McGraw-Hill.

- Henry Dreyfuss 2003: Designing for People, Allworth Press

- Dr. Mészáros Tamásné - Sívó Erzsébet - Dr. Weidl Lajos 1981: Rendszerelemzés és rendszertervezés, Központi Statisztikai Hivatal, Budapest

- Pheasant, Stephen 1986: Bodyspace : anthropometry, ergonomics, and design, Taylor & Francis. London

- Dr. Szabó Gyula 2002: Termékek ergonómiai fejlesztése, Oktatási segédlet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Ergonómia helye és szerepe a terméktervezésben és a termék életében

Ebben a fejezetben szeretném elemezni és bemutatni az ergonómia kapcsolatát a felhasználóval, a tervezés egyes fázisaival, valamint a termék életének egyes szakaszaival. Továbbá olyan kérdésekre keresek válaszokat, amelyek a termék életének tervezési ciklusában vetődnek fel. Ilyen például a tervezői környezet tudatos és célirányos kialakítása és a termék előállításának megfelelően kialakított körülményei.

Az terméktervezés (ipari termék- és formatervezés) az alkalmazott művészet és a mérnöki tudományok kombinációja. Feladata, hogy a tömegben gyártott termékek eladhatóságát az esztétikum és a használhatóság eszközeivel növelje. Ahhoz, hogy az adott szakember munkája eredményes legyen, tudása, felkészültsége és ismeretei rendkívül szerteágazóak kell, hogy legyenek. A terméktervező képzése egyaránt épül a funkciókra, a formára, valamint a felhasználó és termék közötti kapcsolatra.

Ilyen, és ehhez fogható összetett tervezői tevékenységek megjelenését a XX. század elejére tehetjük. Az 1920-as évektől már versenyképes műhelyek művelték az új tervezési modellt szerte a világban. Ez idő tájt jelentősebb műhelyek Németországban, Angliában, valamint az Egyesült Államokban voltak.

Tervezési lépések

Az előzőekben bemutatott elemzések kiindulópontja az egyéni és közösségi terek ergonómia termékéhez kapcsolódtak, a minket körülvevő világ elemei, annak szerves részei. Feladatuk az emberi létből következő szükségletek kielégítése. Ezzel a kielégítendő feltételekből következnek, hogy az ergonómikus tereknek (használati

tárgynak) eleve olyanoknak kell lenniük, olyanra kell tervezni, fejleszteni, hogy feladatukat a legmagasabb fokon teljesíthessék.

A vevői igények és az ergonómia kapcsolata igen összetett dolog. Joggal tehetjük fel a következő kérdést. Melyik tényező hat a másikra, illetve melyik függ a másiktól? Vajon a vevői igények eredményezik egy termékénél az ergonómiai minőség javulását, vagy éppen az ergonómia az, mely vevői igényeket indukál? Véleményem szerintem mindkettőnek döntő hatása van, és döntő hatása is kell, hogy legyen a másikra. Egyfelől a vevői igények, mint piacot és értékesítést befolyásoló tényezők jelennek meg. A vevőnek legtöbb esetben határozott elképzelése van a termékről, tudja milyen funkciókat vár el. Ezeket a piac és az ipar szabályai szerint a tervezőnek figyelembe kell venni, vagyis számba kell venni azokat az esztétikai, *ergonómiai*, gazdasági, műszaki paramétereket, amit a vevő elvár. Másfelől ha az ergonómiai feladatait tekintjük, melyek között szerepel a felhasználó fejlesztése (fizikai-, mentális- és szociális fejlesztés), akkor látni fogjuk, hogy egy megfelelően kialakított termék nem csak feladatát látja el, hanem „nevel” is, így az ergonómia vevői igényt támaszthat.

A fejlesztés (innováció) két apropóból történhet a *piacfelmérés* után. Egyik eset, mikor egy meglévő terméket valamilyen *termékötlet* alapján fejlesztünk, másik eset mikor az igényeknek megfelelően egy új terméket alakítunk ki, alkotunk meg *tervezési potenciálunk* figyelembe vételével. Meglévő termék esetén vagy a meglévő tulajdonságait újítjuk, vagy a meglévők mellé újabb tulajdonságokat teszünk. Ezzel többlet „tudást adunk” a terméknek. Létező termék esetén a fejlesztés a nagyobb használhatóság (bizonyos esetekben nem) felé kell elvinni a terméket. Teljesen új termék esetén a vevői igényekből indulhatunk ki, azokat tekintjük mérvadónak. Itt a tervező feladata eldönteni, hogy milyen módon és milyen mértékben elégítse ki a termék a felmerülő igényeket. Itt a tulajdonság meglétével, vagy a meglévő tulajdonság paramétereinek megválasztásában lehet gondolkodni.

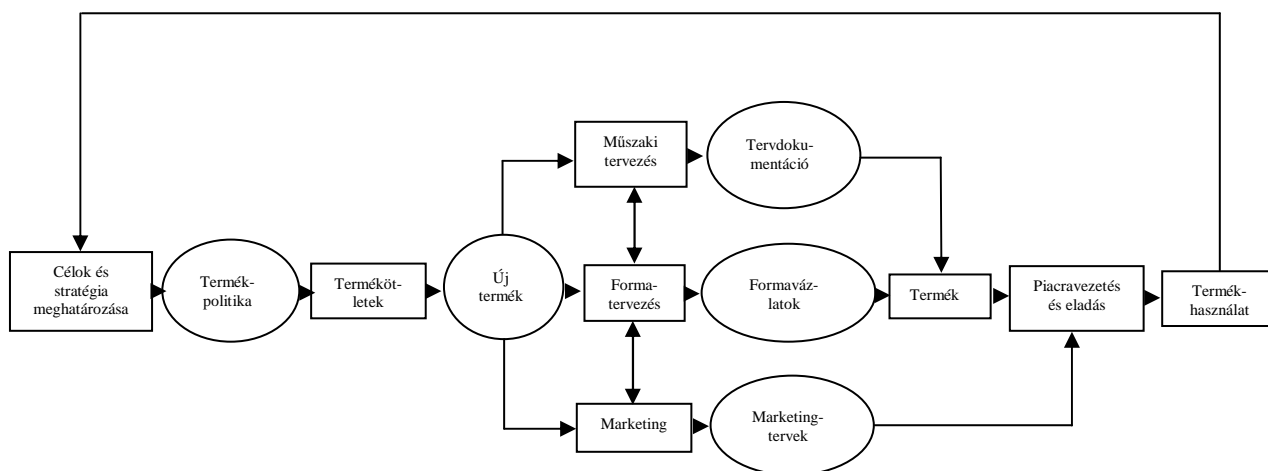
Mivel az ergonómia, és az ergonómiai szemlélet szerves része a terméknek, így az ezzel kapcsolatos kérdésekre már a tervezés folyamatában választ kell találnunk, *döntést kell hoznunk*.

A: Meglévő termék esetén egy jól megválasztott módszerrel (kérdőíves lekérdezés, próbahasználat, vevői véleménygyűjtés) tudunk adatokat gyűjteni a termékről. Ezen adatok segítségével tervezzük át, fejlesztjük tovább termékünket.

B: Új termék tervezésénél lehetőségünk van minden részlet kidolgozását az alapoknál kezdeni. Ilyen esetben nem csak a terméket tervezzük, hanem például magának a tervezésnek a folyamatát, illetve a termék előállítását is. A folyamat összetett, az egyes részek egymással kölcsönhatásban vannak.

Az innovációs folyamat ergonómiai kérdéseit két szálon érdemes vizsgálni. Egyik vonal maga a tervezés és az előállítás (*folyamatergonómia*, foglalkozási ergonómia), másik vonal a termékkel kapcsolatos ergonómiai kérdések (*termékergonómia*, fogyasztói ergonómia) tisztázása.

A 6. ábra szemlélteti egy adott termék fejlesztésének legfontosabb fázisait, valamint ezen fázisok közti kapcsolatot és relációt.



6. ábra Termék tervezésének és fejlesztésének menete (N. F. M. Rozenburg – J. Eekels, 1996.)

Tervezési célok meghatározása

A terméket, mint összetett rendszert alapul véve számos kérdés merül fel, számos terület van, melyre műszaki szempontból választ várunk. A termék *funkciójának* meghatározása után pontosan be kell azonosítanunk a felhasználói kört. Ez lesz az a csoport, akiknek az igényeit, és szükségleteit megpróbáljuk a termék funkcióival kielégíteni. Természetesen ezen kérések mellett még jó néhányat tisztázni kell. Az alábbi felsorolás ezekből a kérdésekből a legfontosabbakat jelöli meg.

Termék-ergonómia:

- Speciális felhasználók
- Használhatóság
- Termékméret
- Dokumentáció, csomagolás
- Karbantartás (Klein S., 2004.)

Mindezekhez természetesen a termék használatával, előállításával és egyéb manipulációjával kapcsolatban is felmerülnek tisztázandó (pl.: ergonómiai) kérdések. Az alábbi felsorolás a lényegesebb elemeket tartalmazza.

Folyamat-ergonómia:

- Emberi környezet (elemei: ember, munkaeszközök, természeti környezet, épített környezet)
- Munkakörnyezet kialakítása, munkahely tervezése (környezeti kialakítás)
- Társas kapcsolatok
- Pszichológiai kérdések
- Fiziológiai kérdések
- Anatómiai kérdések
- Káros hatások (zaj, rezgés) (Klein S., 2004.)

Az emberi társadalom fejlődésében a munkát végző ember egyre nagyobb mértékben alakítja át természetes környezetét. Előbb azért, hogy megvédje önmagát, később pedig bővülő társadalmi funkciók (termelés, ellátás, igazgatás) és ezek kommunikációs folyamatai biztosítása érdekében. Ebben az átalakító tevékenységben az ember, a munka (gép) és a környezet („természetadta és az ember által kialakított anyagi világ, amely körülveszi az emberi társadalmat és hat rá, s amelyben az ember, mint társadalmi lény kielégíti szükségleteit, ezáltal tevékenységével visszahat arra” – Szlávik, 1991.) egyre szorosabb kölcsönhatásba lép egymással. A környezet kialakítása párhuzamosan bővült az ipari fejlődéssel, a kézműipar kezdeti formáitól, az ipari forradalmak, majd a tudományos technikai forradalom hatására napjaink tömeges gyártása irányába, nemegyszer veszélyeztetve az ember és természetes környezete között fennálló ökológiai egyensúlyt is. A környezetben az egyensúly nem azt jelenti, hogy a természetet több ezer éves állapotában megőrizzük. Az emberi beavatkozást azonban úgy kell szervezni, hogy a növekvő emberi szükségletek kielégítése mellett a természettel szemben vállalt kötelezettségek kielégítésére is lehetőség maradjon.

Az ember fizikai létét, de társadalmi fejlődését is természetes élettere, a bioszféra alapvetően meghatározza. Ezen bio-környezet természetes és mesterséges alkotóelemei között megnyilvánuló kölcsönhatások a környezet egészére, a benne élő emberre is hatnak. A bioszféra legfontosabb elemei közé soroljuk:

- a földet
- a vizet
- a levegőt
- az élővilágot (növény, állat)
- a tájat és
- a települési környezetet.

A települési környezet kapcsolódik legszorosabban az emberi tevékenységhez, ez a leggyorsabb művi átalakulásoknak kitett létter. Ide soroljuk a lakóterületeket, a mezőgazdasági és ipari területeket, a településeket, valamint a közlekedési útvonalakat egyaránt. (Dr. Németh A., 1993.)

Az ember termelő tevékenysége, az ipar közismerten döntő mértékben járul hozzá a természetes környezet átalakításához és e területen a védelem megszervezése, a környezeti egyensúly biztosítása az emberiség létkérdésévé vált napjainkban.

Az iparban az optimális termelői teljesítmény feltétele az előbbieken körvonalazott kölcsönhatásokból eredően, ha

- a feladatra jól kiválasztott ember,
- alkalmas munkaeszközökkel és technológiával dolgozik (ergonómiai szempont),
- megfelelő munkaszervezésben és környezetben (fiziológia és pszichológiai szempont).

Ha e három tényező nem összehangolt, nemcsak a teljesítmény csökken, hanem a dolgozó ember közvetlenül is károsodik (baleset, maradandó károsodás).

A legtöbb hibát éppen a munkaszervezési kérdéseknél és a munkakörnyezet nem kielégítő kialakításánál követjük el. A környezeti-, illetve munkafeltételek közvetlenül befolyásolják az ember egészségét és a gép teljesítményét (rossz környezeti feltételek a termelékenységét 25-30 %-kal is leronthatják. – Maynard 1956., Viteles 1962.).

A termelés „mindenáron” való biztosítása következtében a természeti környezet egyre jobban szennyeződik, s az iparban az egészségre ártalmas munkahelyek (pl.: monoton szalagmunka, képernyős munkahelyek) száma évről évre nő. Ennek legfőbb oka az igények növekedésével járó gyors mértékű gépesítés, fokozottan jelentkező automatizálás, a nehezen ellenőrizhető kemizálás, a túlhajtott motorizáció, amely legtöbb esetben nem párosul a felelősségteljes humán szemlélettel (ergonómiai szemlélettel), amelynek fejlődő társadalmunkban is első helyen kell állnia a dolgozó ember és az egész társadalom egészségvédelme érdekében. (Dr. Németh A., 1993.)

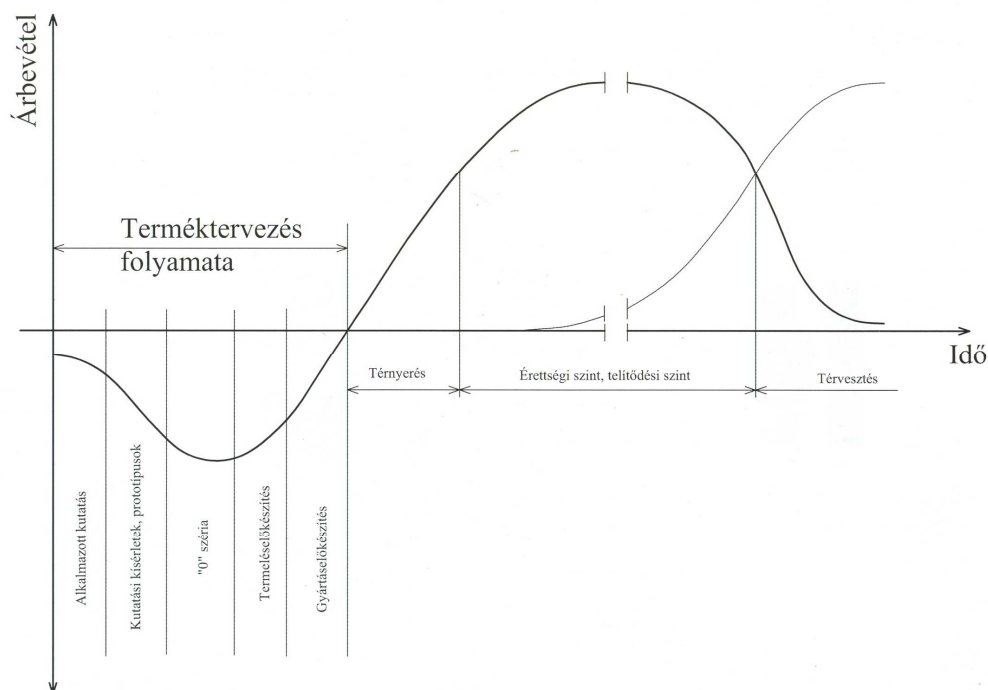
Az emberi környezet tulajdonképpen olyan egységes rendszernek tekinthető, amely

- az emberi társadalom,
- a természeti környezet és
- az ember művi (épített) környezet kapcsolatából áll.

A társadalmi-gazdasági fejlődés hatására azonban strukturális változások történtek, amik a rendszer megszokott összhangját megbontották.

A dolgozó ember életének egyharmadát lakásában, egyharmadát munkahelyén, egyharmadát pedig közlekedéssel, szórakozással, sporttal stb. tölti. Ennek megfelelően mindig az adott időt a lehető leghatékonyabban és legoptimálisabban szeretné eltölteni. Ez a korábbi definícióinkból következően csak akkor lehetséges, ha az adott épített környezeti elem, az a tárgy, vagy éppen az a jármű sok más kívánalom mellett ergonómiailag is helyes. Mint már korábban szerepelt, célszerű rendszerszinten foglalkozni a tervezéssel, a körülöttünk lévő világ kialakításával. Ebből következően fontos, hogy az ergonómiai, mint érték növelő tényező a termék életének első pillanatától az utolsóig jelen legyen. Nézzük tehát a termék életének fontosabb elemeit, illetve a termék életének kapcsolatát az ergonómiával. (Dr. Németh A., 1993.)

A termék az ötlettől a megsemmisítésig nagy utat jár be. Ezen életpályát a szakirodalom sok példával és jellemzéssel mutatja be. (Karl T. U. – Steven D E., 2004.; F. Giudice – G. La Rosa – A. Risitani, 2006.; E. Abele – R. Anderl – H. Birkhofer, 2005.) Az egyes változatok tartalma és mondanivalója azonos, apróbb eltérések az egyes definíciókban, illetve megfogalmazásokban lehetnek. Azonban egyik sem vizsgálja a terméket, mint produktumot az ergonómia oldaláról, azt csak szükséges velejáronak, kiegészítőnek értelmezi. Véleményem szerint ez téves felfogás, mivel a termék feladata a használó szolgálata, s ebbe messzemenőig beletartozik az ergonómia. Ahhoz, hogy ezt nyomon tudjuk követni, lássunk irodalmi példát a termék életére, a termék-életpályájára (7. ábra).



7. ábra Termék-életpályája

Az ábra a termék életét az ötlet megjelenésétől a termék megsemmisítéséig szemlélteti. Az ábrán jól látható, hogy az árbevétel hogyan, és milyen ütemben változik az egyes életszakaszokban. (Kő F., 2007.)

Ahhoz, hogy a kívánt termék megszülessen, előbb meg kell *tervezni* azt, számba kell venni ismereteinket. Szakmai ismereteinket két csoportba sorolhatjuk. *Formatervezési* ismeretek, *konstruktori* ismeretek. Ebben a felosztásban a konstruktori ismereteket további területekre oszthatom, úgy, mint *anyagtervezés*, *szerkezettervezés* és *méretezés*. (Orbay Péterné, 2003.; Orbay Péterné, 1994.)

A termék jellegétől függ az, hogy van-e szükség alapkutatásra, vagy alkalmazott kutatásra. A korábbiaknak megfelelően nem csak azt várhatjuk el, hogy maga a termék legyen ergonómiailag helyes, hanem az a közeg, a tervezői környezet, ahol megszületik az a termék. Ennek amellet, hogy kényelmesnek és inspirálónak kell lenni, alkalmasnak kell lennie a huzamosabb ideig tartó munkára is. A hosszú távú tevékenység, sok esetben ülő munka, több szempontból lehet káros a szervezetre. Egyrészt a vázizomzat számára statikus terhelést jelent, másrészt a folyamatos koncentráció esetleg

monotonitáshoz vezethet. Nézzük most részletesen, hogy milyen feltételeknek kell megfelelnie egy tervezői- vagy alkotókörnyezetnek.

Elsősorban arra kell törekednünk, hogy az adott környezet feltétlen megfeleljen az alkotói munka típusának. Ez azt jelenti például, hogy a belső tér kialakítása, a szükséges bútorok mérete, elrendezése és fajtája az alkotást pozitív irányba befolyásolja.

Néhány példa az alkotókörnyezettel szemben támasztott követelményekre:

- Elektrifikálható alkotói környezet (bútorkörnyezet és épített környezet)
- Rugalmasság a belső tér kialakításában
- Funkcióhelyesség mind a bútorzatban, mind az épületben, mind pedig az eszközökben
- Térgazdaságos elrendezés
- Ergonómiailag helyes belső tér kialakítás
- Nagy értékűen megmunkált belső tér és berendezés
- Esztétikai összhang a technikai eszközökkel
- Funkcióhoz tarozó és annak megfelelő megvilágítás (természetes vagy mesterséges)

(P. A. Gross, 1998.)

Általános elvárások:

- Az úgynevezett harmadik sík (rakodófelület) segítse elő a munkafelület szabaddá tételét nyúlástávolságon belül
- A munkafelület összekapcsolással bővíthető legyen többfunkciós feladat ellátására
- Megfelelő hely álljon rendelkezésre a használó számára, a használt eszközök és berendezések számára, valamint a szükséges mozgásokhoz és mozdulatokhoz
- A szükséges berendezések integrálhatóak legyenek az alkotókörnyezetbe

(P. A. Gross, 1998.)

Ahhoz, hogy ne csak a közvetlen személyes tér, illetve a munkatér legyen megfelelő, véleményem szerint gondolnunk kell a munkahely épületen belüli tágabb környezetére is. Az építészeti adottságokat figyelembe véve ügyelnünk kell arra, hogy az általunk kialakított belső tér funkcióhelyes legyen. Ez magába foglalja a szervezeti egységhez való igazodást, a szociális célú térrész kapcsolódását, a felhasználók létszámához való idomulást, egyszóval a funkcionális és optimális építészeti tér felosztását.

A munkahely kialakításánál a munka típusát, az ott dolgozók munkaviszonyát is figyelembe kell venni. Ezek az alábbiak lehetnek:

- munkatevékenység osztályozása
 - Egyéni munka
 - Csoportos munka
 - Additív
 - Diszjunktív
 - Kompenzatorikus
- kreatív, konjunktív
 - Technikával támogatott munka

Asztali munka esetén fontos, hogy az asztal mind méretben, mind pedig kialakításban a felhasználó igényeinek megfeleljen. Itt gondolhatunk az állíthatóságra, az asztal lapjának döntésére, esetleg osztásra vagy nagyobbításra. Szükség esetén tartó és tároló egységekkel is elláthatjuk.

Követelmények:

- Egyéni és csoportos munka színhelye
- Súlyosabb berendezések tárolhatósága
- Stabilitás
- Iratok, kellékek elhelyezhetősége
- Magasságállítás, esetleg dönthetőség
- Kábelek elvezetése és csatlakoztatása
- Élek lekerekítettek legyenek
- A világítás az asztal szerves része legyen

Tárolási felületek és tárolóbútorok szintén fontos kiegészítői a tervezésnek. Megfelelő kialakítással megkönnyíthetjük a tárolt tárgyak hozzáférhetőségét, rendszerezését és áttekinthetőségét. Minimumként elvárhatjuk egy tárolóbútortól, hogy igazodjon a tárolt tárgyak méretéhez és mennyiségéhez, biztosítson megfelelő védelmet (por ellen, esetleg pára vagy tűz ellen, illetéktelen személyek hozzáférése ellen). A mai modern informatikai eszközök lehetőséget biztosítanak olyan interaktív és virtuális térelemzésre, melyek segítségével még a tervezési fázisban ellenőrizni tudjuk egy adott

tér (pl.: kerekesszékesek számára tervezett lakás) berendezésének helyességét (Roll-view-system, Japán, 2004.). Az ilyen típusú informatikai eszközök elterjedőben vannak, azonban a tényleges tervezési fázisban még csak kísérleti jelleggel alkalmazzák. Ezért indokolt a rendszer-szerű ergonómiai módszerek és eszközök összefoglalása és számbavétele.

Az ülőbútor fajtája és kialakítása nagyban függ a használat módjától. Az azonban mindenképpen elvárható, hogy az, a szükséges módon és mértékben támassza alá a felhasználó testét. Szükség esetén állítható, könnyen tisztítható, s a bütorkörnyezethez igazodó legyen. (Nagy E., 1994.)

Manapság szinte bármely tervezői vagy irodai munkának nélkülözhetetlen kelléke a számítógép. Egyszerűsége és sokoldalúsága miatt nélkülözhetetlenné vált. Azonban hasznos munkaeszközként csak a környezethez való megfelelő illesztés után válhat. Fontos számba vennünk azt, hogy pontosan milyen munkára szeretnénk használni. Ez fogja meghatározni azt, hogy mi lesz a pontos hardver és szoftverigény. A megfelelő eszközök kiválasztása után gondot kell fordítanunk a számítógépes munkakörnyezet kialakítására is. Megfelelő méret asztal és az asztalhoz illő munkaszéket kell választani. Mindkettő esetében a már korábban jelzett szempontokhoz feltétlen megfelelése szükséges. (Ördögh L., 1994.; V. Woods, 2002.; Karwowski, 1990.)

Mint már korábban szerepelt, egy adott munkahely térigénye több tényezőtől függ. Mindenek előtt a felhasználó és a vele kapcsolatba kerülő bútorok és berendezések helyigényét kell kielégíteni. Ezek elhelyezés szempontjából a szükséges minimum, a szükséges de nem elégséges feltétel. Az elégséges feltételt a tényleges tevékenységhez, és tényleges eszközhasználathoz szükséges hely jelenti. Ez lehet egy egyszerű helyzetváltoztatáshoz szükséges hely, vagy éppen a berendezés karbantartásához szükséges hely. Ebbe a kategóriába tartozik még a leolvasási távolság meglétének igénye, a munkához szükséges és gyakran használt eszközök elhelyezése, illetve a perifériás eszközök elérése is. Természetesen ezt a helyigényt is ki kell egészítenünk. Ez a kiegészítés a munkahely szűkebb környezetét jelenti. Az itt felmerülő helyigény a munkahely megközelítését, bővítését, vagy esetleges átalakítását jelenti.

A számítógépes munka hosszú távú ülőmunkát jelent, így gondoskodnunk kell a felhasználó megfelelő alátámasztásáról. Ez elsősorban dinamikus ülés biztosítását jelenti. A további kényelem biztosításáért alkalmazhatunk lábtámaszt, esetleg deréktámaszt. Nem árt, ha a rendelkezésre álló munkaszék a felhasználó egyéni méreteihez állítható (ülőlapp magasság és dőlés, háttámla dőlése, deréktámasz magassága, háttámla rugóereje, karfa elhelyezkedése).

Mivel előfordulhat, hogy a munka során nem csak a képernyőt nézzük (billentyűzet, dokumentumok), gondoskodnunk kell ezek megfelelő elhelyezéséről is. Amennyiben sok tekintetváltás van (pl.: monitor és dokumentum), így törekednünk kell arra, hogy ezek leolvasási távolsága a lehető legközelebb legyen egymáshoz. Ezzel csökkenteni tudjuk a szemre jutó terhelés mértékét. (Peczöli I. – Szabó Gy., 1999.)

A tervezés folyamán (s a szellemi és fizikai munkánál) a tervező kimerülése, fáradása fontos tényező a tevékenység során. A fáradtság fogalmát bonyolultsága és komplexitása miatt igen nehéz meghatározni. Legegyszerűbben talán úgy lehetne meghatározni, hogy a fáradtság a tevékenységre való képesség csökkenése éppen a kérdéses tevékenység következtében.

A fáradtság fogalmának egyik legkényesebb pontja az objektív elfáradás és a szubjektív fáradtságérzés elkülönítése.

- objektív fáradtságon a különféle fiziológiai módszerekkel kimutatható elváltozások, illetve tevékenységekben megmutatható teljesítménycsökkenés mögött meghúzódó pszichofiziológiai jelenségeket értjük

- szubjektív fáradtságérzés az előbbi tudatos pszichikus reprezentációja. (Matusek O. – Ruieka J., 1968.; Geréb Gy., 1956.)

A tevékenység jellege szerint a terhelés két fő fajtáját szokták megkülönböztetni: a fizikai és a pszichikus terhelést. A fizikai és pszichikus terhelés egyaránt a szervezet egészét igénybe veszi.

A fizikai fáradtságot előidéző munkáknak két fő fajtája van:

- statikus izommunka
- dinamikus izommunka

Az izommunka mindkét fajtája lehet egyoldalú, amikor a munkavégzés kizárólag egy kisebb izomcsoport állandó megterhelésével jár. (Dulin J., 1987.)

A pszichikus terhelés részben mentálisan, részben érzelmileg veszi igénybe a szervezetet.

A fizikai és pszichikus jellegű terhelés is együtt jár az érzékszervek megterhelésével.

Az alkotói környezetre vonatkozólag összefoglalás képpen az alábbi funkciókat határozhatjuk meg:

Antropometriai követelmények:

- statikus testméretek figyelembe vétele
- munkakörnyezeten belüli elérhetőség figyelembe vétele
- munkakörnyezeten belüli megfoghatóság figyelembe vétele
- munkakörnyezeten belüli mozgathatóság figyelembe vétele
- megfelelő testtartás figyelembe vétele
- statikus terhelés figyelembe vétele

Pszichológiai követelmények:

- figyelemigény és illeszthetőség
- érzékelhetőség és információátadás figyelembe vétele
- feladatmegoldásra való motiválás
- tanulásra motiválás
- érzelmek kiváltása
- figyelemkoncentráció-, monotonitás-, telítődés-, stressz figyelembe vétele

Fiziológiai követelmények:

- érzékszervekre gyakorolt hatás figyelembe vétele
- erő kifejtés figyelembe vétele (Klein S., 2004.)

A termék életének következő nagy állomása az, mikor prototípusként megjelenik. Ekkor már nem csak egy összeállítási rajz, darabjegyzék, hanem végső formájában mutatkozik meg. Ilyen állapotában már elvégezhetőek rajta azok a tesztek, láthatóak azok a hibák, melyeket papíron még nem láthattunk. Átnézhetjük, hogy működnek-e a szerkezeti elemek, megfelelő rétegvastagságú-e a felületkezelés, illetve

elvégezhethetünk rajta különböző ergonómiai tesztek is. Tekintsük most át, hogy milyen ergonómiai kritériumoknak kell megfelelnie egy terméknek.

Mint már korábban szerepelt, a termék a vevő igényeit kielégítő funkciók hordozója. Elsősorban tehát ezt a funkcióhelyességet, igény-kielégítést kell ellenőrizni. Ennek a megfelelőségnek nem csak funkcióban, hanem formában, anyagban, szerkezetben és méretben is tükröződni kell.

Már a tervezési fázis előtt tisztázni kell néhány alapinformációt, melyek a termék milyenségét nagymértékben befolyásolják. Ezek az alapinformációk igen sokrétűek lehetnek. Hány felhasználó kerül kapcsolatba a termékkel, milyen körülmények között használják, stb. Megfelelő körbekérdezéssel megkaphatjuk a válaszokat.

- Néhány példa:
- Ki használja?
- Hogy használja?
- Mikor használja?

...

Tesztelés során ezen válaszok alapján vizsgáljuk meg a terméket, s döntünk róla, hogy valóban megfelel-e az adott kívánalmaknak. Néhány esetben, mikor a biztonság a kérdés, a kívánalmaknál szigorúbb feltételek mellett teszteljük termékünket.

A nagy kérdés az, hogy általánosságban milyen kívánalmakat támaszthatunk egy termékkel szemben, illetve minimálisan mik azok az ergonómiai követelmények, melyeknek egy tetszőleges terméknek meg kell felelnie.

A termékekkel szemben alapelvárás a teljes körű termékbiztonság oly módon, hogy az extrém használati körülmények között is megvalósuljon. A termékek anyaguk, kialakításuk, használatuk, működésük alapján számtalan olyan veszélyforrást hordoznak, melyek felismerése és megszüntetése a tervezési és ellenőrzési feladat része. Maga a biztonság kérdése többoldalú. Nem elég csak arra törekednünk, hogy a felhasználó, vagy felhasználók legyenek biztonságban. Gondolnunk kell arra is, hogy a használat vagy tárolás, esetleg szállítás során maga a termék és a környezet is biztonságban legyen. Mivel egy rendszert alkotnak, így minden alrendszer hordozhat

veszélyt a másik alrendszerre nézve. Ennek megfelelően kell gondoskodnunk a biztonság kérdéséről. (Dr. Czitán G. – Dr. Gutassy A., 2006.)

Egy termékről akkor jelenthetjük ki, hogy biztonságos, ha veszélytelen, funkcióját teljesíti, valamint a felhasználó és a környezet biztonságban van (a termék használata biztonságos). Maga a biztonság egy pillanatnyi állapot, mely függ a termék műszaki paramétereitől, függ az ergonómiai jellemzőktől, valamint függ a külső tényezőktől.

Környezetbiztonság

A környezetbiztonság az ember egészségét és testi épségét veszélyeztető mikro-, mezo-, és makrokörnyezeti tényezők hatásának elemzésével, modellezésével és célszerű befolyásával foglalkozó multidiszciplináris tudomány és gyakorlat. Az egészség biztosítása elsősorban a környezet elemeinek emberközpontúvá tételével, a biztonság tartós megvalósítása pedig a tárgyi környezet megfelelő alakításával történhet. Statisztikailag kimutatható, hogy a háztartási és üzemi balesetek jelentős része valamely termékkel hozható kapcsolatba.

A biztonság négy területe:

Alkatrészbiztonság az alkatrész töréssel, a megengedettnél nagyobb alakváltozással, instabilitással szembeni biztonsága. A funkció teljesítés biztonsága a termék, berendezés azon biztonsága, amellyel az adott feladatot a szerkezeti egységek vagy elemek teljesítik. A munkavégzés biztonsága a terméket, berendezést használó ember(ek) biztonsága, azaz az ember az üzemeltetés során veszélyeztetett helyzetbe nem kerül, fizikai és pszichikai károsodást nem szenved. A biztonságra való törekvés az élettartam, megbízhatóság, balesetmentesség és környezetvédelem elvárásainak figyelembevételét jelenti.

Biztos túlélés (safe-life) elve: minden elem és kapcsolataik kialakítása olyan, hogy minden lehetséges esemény meghibásodásuk nélkül zajlik le. Korlátozott meghibásodás (fail-safe) elve: a rendszer élettartama alatt nem zárjuk ki a működési zavar és/vagy törés lehetőségét, de biztosítjuk, hogy ezek komoly következményekkel ne járjanak. A redundáns elrendezés elve: ugyanazon funkciót betöltő elemek többszörös beépítése a rendszerek biztonságának és megbízhatóságának növelésére. (Aktív redundancia, passzív redundancia, működési elv redundancia).

Veszélyforrás valamilyen konkrét meghatározott hatótényező (a terméknek az a tulajdonsága, amely a fogyasztó egészségét, biztonságát károsítja), amely potenciálisan sérülést vagy halált okozhat, illetve ezek bekövetkezéséhez hozzájárulhat. A kockázat a veszély bekövetkezésének valószínűsége. Egy terméknek lehetnek nyilvánvaló, de

lehetnek rejtett veszélyforrásai is. Minél több veszélyforrása van egy terméknek, annál veszélyesebbnek érzékeljük.

Veszélyforrások:

- Kinetikus
- Mechanikai
- Kémiai
- Elektromos
- Termikus
- Nyomással kapcsolatos
- Sugárzással kapcsolatos
- Zajjal kapcsolatos
- Rezgéssel kapcsolatos

Kockázat: annak a valószínűsége, hogy egy adott rendszer eleme egy rögzített időtartam alatt meghatározott módon károsodik. A termékbiztonság vonatkozásában ez a meghatározás annak a valószínűségét jelenti, hogy a felhasználóból, az adott termékből és az ezeket befoglaló környezetből álló embergép-környezet rendszer valamelyik konkrét alrendszere, illetve eleme a felhasználó és a termék interakciója során megsérül. A kockázat ismert negatív hatású, bizonytalan bekövetkezésű jövőbeli esemény. A nem ismert negatív hatású vagy valószínűségű esemény a veszély. A kockázatelemzés a lehetséges kockázatok számbavétele, csoportosítása és értékelése a figyelemmel kísért jelenséggel, projekttel vagy üzemeltetési folyamattal kapcsolatban. Az elemzés a lehetséges kockázatcsökkentő intézkedések kidolgozásával zárul, amely a kockázatmenedzselésen belül átvezet a kockázatkezeléshez. A kockázatkezelés a kockázatpotenciál csökkentését jelenti kármegelőzéssel, vagyis a várható negatív esemény bekövetkezési valószínűségének csökkentésével (prevenció), ill. kárcsökkentéssel, a kárhatás horderejének ellensúlyozásával (korrekció). (Dr. Kovács Zs. - Horváth P. Gy., 2006.)

A balesetek, a „majdnem balesetek” és a mindennapi hibázások viszonya:

- baleset: váratlanul bekövetkező esemény, károkat vagy sérüléseket (halált) okoz, részben vagy egészben emberi hibázásra vezethető vissza

- „majdnem baleset”: potenciálisan súlyos eredményű eseményláncolat nem fut végig, a baleset nem következik be, szakadás

oka: véletlen (szerencse), technikai berendezés, céltudatos emberi beavatkozás

- mindennapi hibázások: folyamatosan és igen nagy számban bekövetkező események, önmagukban kis jelentőségű hibázások, azonnal felismerhetőek és korrigálhatóak.

Ahhoz, hogy csökkentsük a termék használatából adódó balesetek számát az alábbi esetek valamelyikére kell törekednünk:

- Veszélyforrás nélküli termék tervezése
- Felhasználó elválasztása a veszély helyétől
- Fizikai akadályok a felhasználó és a veszély forrása között
- Aktív és passzív figyelmeztető eszközök
- Felhasználó képzése, oktatása

Termék nem biztonságos, mert:

- rossz tervezés
- nem megfelelő gyártás
- megfelelő tesztelés elmaradása
- nincs megfelelő információ a termékről
- félrevezető információk (Dr. Kovács Zs. - Horváth P. Gy., 2006.)

A termék-ergonómia napjainkban egyre nagyobb jelentőségű területe a termékhasználat elemzése, a tényleges használati módok megismerése. A termékfejlesztés különböző fázisaiban alkalmazott kísérletek, vizsgálatok, szakértői módszerek közvetlenül a termékhasználatot elemezve segítik elő a termék ergonómiailag jobb kialakítását. Az elemzések során számba kell venni az összes lehetséges használati módot, még a nem rendeltetésszerű használatot is. Ezzel az eljárással bizonyos kockázati tényezőket ki lehet zárni, mely ilyen esetek előfordultával a terméket, a környezetet, vagy a használót veszélyeztetnék. Azonban ilyenkor nem csak a veszélyhelyzeteket lehet kiszűrni. Ilyenkor derül ki, hogy a termék a ténylegesen elérni kívánt funkcióját betölti-e. Arra is fény derülhet, hogy van-e bármely más használati mód, vagy alkalmas-e a termék más helyzetekben. Ezzel a kereséssel a későbbiekben tudatosan fel lehet ruházni a terméket.

Szintén a használhatóság témakörébe tartozik a termék és a használó közvetlen kapcsolatának kérdése. Meg kell vizsgálnunk, hogy a felhasználó (átlagos vagy speciális felhasználó) képes-e használni a terméket. Képes-e elsajátítani annak működését, képes-e azt karbantartani. Abban az esetben, ha ez egy több felhasználós termék, akkor ez hogyan, és mi módon valósulhat meg. A termék kezelhetőségét meghatározza a funkcionalitás, kezelési mód, kezelőszervek és megjelenítők kialakítása, elrendezése. E tényezőknek a felhasználó olyan pszichés jellemzőinek kell megfelelnie, mint pl. tudásszint, elvárások, információ felvétel, feldolgozás, cselekvési stratégia. További kérdés az, hogy amennyiben speciális felhasználók is használják, akkor az ő esetükben hogyan érvényesül a használhatóság.

Az antropometria legfontosabb elemeinek áttekintése

Egy termék méretének meghatározása igen sokrétű dolog. Sok apró részletnek kell teljesülni ahhoz, hogy a termék mérethelyes legyen. Nézzük, hogy mitől is függ egy termék mérete, s mely tényezőknek van ergonómiai vonzata.

Természetes elvárás a felhasználók részéről, hogy a termékek feleljenek meg testméreteiknek. E követelmény teljesítéséhez a különböző antropometriai jellemzők ismerete, illetve olyan eljárások alkalmazása szükséges, mellyel a testméretek jelentős változatossága ellenére is megvalósul a termék és felhasználói méretek összhangja.

a.) Méretvariációk kérdése

Milyen szempontok szerint válogassuk össze a mérendő embereket?

A választástól függően sokféle adatot kaphatunk:

férfi – nő – gyerek
fiatal – öreg
nemzetiség szerint
különböző embercsoportok
szociológiai különbségek

Ezekből a mérésekből nagy számú variáció hozható létre igény szerint. Szűk csoport egyedei sem átlagosak.

Lehetséges kategóriák:

- Nemek
- Etnikai csoportok
- Növekedés és fejlődés
- Akceleráció (lásd lejjebb)
- Szociális helyzet, foglalkozás
- Speciális felhasználók
- Öregedés (Orbay Péterné, 2002.)

b.) Költségtényező

Mikor kell mért adatokra támaszkodni, mikor nem?

- egy emberre méretezett tárgyak

Ebben az esetben a felhasználó speciális helyzete követeli meg az egyedi tervezést és előállítását.

pl.: testi fogyatékosok számára készített bútorok

- „polcról levett megoldás”

Ebben az esetben nem fizetjük meg a luxust, nem vásárolunk személyre szabott terméket.

pl.: kerti bútorok, étkezőgarnitúra

- méretsorozatok

A termékek gyártását bizonyos esetekben méretsorozat szerint végzik.

pl.: konfekcióipar (cipő, ruha)

Ezt a felfogást csak bizonyos esetekben követjük. Gondoljunk arra, hogy ha az étkezőasztalokat is (a cipőkhöz hasonlóan) méretsorozat szerint gyártanák. Ez csak fikció, hiszen az étkezőasztalt csak rövid ideig használjuk, ezalatt az apró mérethelytelenség „elviselhető”.

- állíthatóság elve

Ekkor a terméket a funkciónak megfelelően úgy alakítjuk ki, hogy bizonyos méretét, vagy méreteit előre meghatározott mérettartományban változtatni lehet. Ez az állíthatóság lehet fokozatos vagy fokozatmentes is.

pl.: zongoraszék

- szélsőségek elve

Különböző percentilis értékekhez tartozó tartományok figyelembevételével történő tervezés. (Becker Gy., 1996)

Az adatokat három alapvető elv szerint lehet felhasználni, mindegyik a tervezési problémák más típusát testesíti meg.

A szélsőségek elve

Igen sokszor kell olyan adatokat figyelembe venni, amelyek egyik vagy másik szélsőségre vonatkoznak. A feltétel ilyenkor általában az, hogy ha a szélsőségnek is megfelel, akkor a többi embernek is biztosan jó. Ilyenkor a minimálisan megfelelő értéknek a 95-ös percentilist tartjuk (azaz a népességnek mindössze 5 %-a esik ki az adott paraméter alapján). A legtipikusabb ilyen tervezési példák: ajtók, vészkijáratok, szervizutak. Ilyenkor, ha a legnagyobbaknak – mondjuk a 95-ös percentilisével lévő személyek - megfelelnek a méretezések, akkor az ennél kisebbeknek is biztosan jó lesz a terv.

A maximálisan megfelelő értékek jelentik a másik szélsőséget. Ekkor az 5 percentilist kell figyelembe venni, mindenki, aki ennél nagyobb vagy éppen ekkora, használhatja a terméket. Ilyen példa lehet az irányítópaneleken a vészleállító távolsága, amit a legrövidebb karú ember is kényelmesen el tud érni. Ha valakinek ennél hosszabb a karja, annak ez már nyilván nem probléma. Az 5, illetve 95 percentilis használata elsősorban anyagi, gyakorlati okokból előnyös. Általában a 100% elérése olyan többletköltségeket jelent, hogy nem érdemes megcélozni, tehát olyan termék, amit mindenki kényelmesen tud használni, nem fordul elő. Nem építenek két méter húsz centiméteres ajtókat a liftbe csak azért, hogy a 99-es percentilis is használhassa főhajtás nélkül, vagy éttermi székeket sem terveznek 160 kilogrammos embereknek.

Az állíthatóság elve

A berendezéseknek néhány elemét célszerű olyanra tervezni, hogy könnyen állíthatók legyenek a különböző méretű embereknek megfelelően. Erre a gépkocsiülések előre-hátra, illetve a gépírószékek föl-le állíthatósága a legjobb példák. Az állíthatóság mértéke itt is az 5-ös és 95-ös percentilis közötti intervallum.

A nagyon kis- vagy a nagyméretű számára egyszerűen nem éri meg tervezni ipari méretekben. Ugyanakkor láthatjuk, hogy egyes kereskedők éppen a szélsőségeket célozzák meg termékeikkel, ellátva a „nagyon kicsiket” vagy a „nagyon nagyokat” olyan tárgyakkal, amelyek a könnyebb alkalmazkodást teszik lehetővé számukra. (Becker Gy., 1996.)

Az átlag elve

Bár általában azt hangoztatjuk, hogy az átlagos ember nem létezik, a tervezési gyakorlatban sokszor szembesülünk a „melyik ujjam harapjam meg” típusú problémával. Minél több testméret szerint szeretnénk átlagot képezni, annál kevesebb embert fog kielégíteni a termék. (Becker Gy., 1996.)

Az átlag csak fantom, mégis néha előfordul, hogy a fantomnak kell tervezni. Általában akkor, ha a szélsőségekhez való alkalmazkodás értelmetlen, mert mindkét szélsőség felé egyformán nehezíti a dolgot, vagy egyiknek sem jelent megoldhatatlan nehézséget az átlagos méret. Ilyen átlagos terv például a pénztárpult magassága a közértekben. Ez nem azt jelenti, hogy megtaláltuk az optimumot, hanem inkább azt, hogy a legkevesebb kényelmetlenség irányába tettünk lépéseket.

Az ember testméretén kívül további tényezők is hatnak egy termék méretére. Használat során különböző erőhatások érik a terméket. Ahhoz, hogy megfelelően ellenálljon adott szerkezeti anyag felhasználásakor, megfelelően kell méreteznünk a keresztmetszeteket. Emellett még az esztétika, különböző szabványok és rendeletek, kapcsolódó tárgyak mérete és a megszokás az, ami hat a termék méretére.

Az ipari háttér

Egy termékötlet elgondolásakor jó előre rögzíteni kell, hogy kik lesznek pontosan a termék használói, mi lesz a pontos felhasználói kör. Ezt szűkíthetjük adott populációra, vagy éppen egy speciális csoportra. Amellett, hogy jellemzőket gyűjtünk róluk a termék ergonómiai tökéletessége érdekében, véleményüket is figyelembe kell venni tervezéskor, ellenőrzéskor.

A szerelhetőség és karbantarthatóság tervezésének fontosságát az adja, hogy nem csak a használó a felhasználó, hanem a gyártó és karbantartós személyzet is. Ezek a felhasználók teszik jelentős termék-ergonómiai területté a karbantartásra tervezést és ellenőrzést, mely magába foglalja, pl. az összeszereléshez, karbantartáshoz szükséges kézi munka nehézsége, a belső jelzések, csatlakozók, kötések, hozzáférési módok, karbantartási dokumentáció stb. kialakítását.

Az értéknövelő funkciók hordozójaként a dokumentáció és a csomagolás közvetlenül, fizikai formában is megjelenik a termékben, s ezzel kibővül a termék használhatósági módja, egyszerűsödik a kezelése, biztonságosabbá válik a használat és a karbantartás. Az alaptermékhez hasonlóan a termékkísérő és fejlesztői dokumentáció kialakításához is szükséges az ergonómiai módszerek alkalmazása.

A termék végső megjelenésével (*prototípus*) új szakasz indulhat a fogyasztásra szánt termékek irányában. Mivel már tudjuk, hogy mit, most már csak azt kell tudni, hogy hogyan. A termék piacra kerülésének folyamatában a következő lépés a gyártás-előkészítés, majd a *nullszéria* legyártása.

Az ipar káros környezeti hatása (az emberre és a természeti környezetre), illetve az ellene való védekezés módja sokrétű lehet. Az elemzést összefoglalóan két vonatkozásban célszerű elvégezni:

- amikor az ipari környezet indirekt (közvetett) módon károsítja környezetét, illetve az embert, káros hatása kifelé hat,

- amikor az ipari környezet direkt (közvetlen) módon saját dolgozóira gyakorol káros hatást, a hatás befelé jelentkezik a klimatikus körülmények, a zaj, a vibráció, a világítás, a színhatás és nem utolsósorban a munkavégzés során fellépő pszichológiai tényezők következtében. E témakör tehát a dolgozó emberre ható környezeti, valamint ergonómiai tényezők vizsgálatával, illetve a munka „humanizálásával” foglalkozik.

Az ipar és környezete, mint állandó ingerforrás kedvező vagy kedvezőtlen, direkt hatást gyakorol a munkára és a munkásra egyaránt. A környezet ingerforrásai általában két nagy csoportra oszthatók: fizikai-biológiai (fiziológiai) tényezőkre és pszichológiai tényezőkre.

Az ipari munkahely (mikrokörnyezet), a dolgozó ember, valamint a gyártó berendezés dinamikus nyílt rendszernek tekinthető, s egymással szoros kölcsönhatásban vannak. Az összefüggések vizsgálata, optimum megteremtése különböző tudományok ismereteinek használatát igényli. Az ergonómia, amely a dolgozó emberről alkotott fiziológiai, biológiai, pszichológiai, szociológiai stb. ismeretek kutató és rendszerező tudománya, összefoglalóan irányt szab a korszerű termékek, munkaeszközök és folyamatok, munkahelyek tervezésének és szervezésének:

- ember
- munkaeszköz
- termék
- munkahelyi környezet.

Fontos cél, hogy:

- a dolgozó számára magas teljesítményszint legyen elérhető
- a dolgozó alkotóképességét javítsuk, ösztönözzük
- a munka örömet és a jó közérzetet előmozdítsuk.

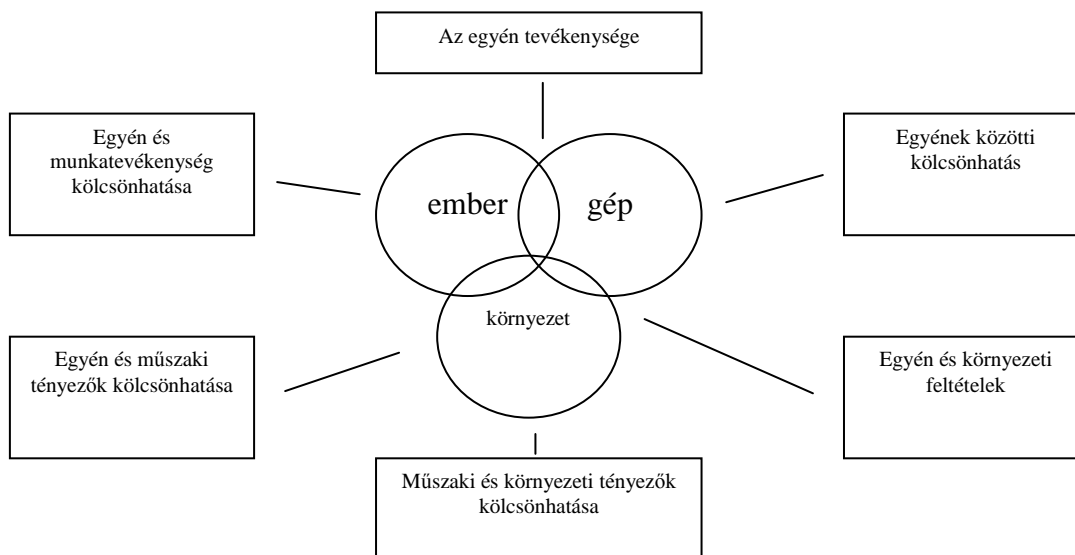
A feltételeket nem könnyű egyesíteni, mert konkrét esetekben lehetséges, hogy az adott információk, illetve elvárások ellentmondásban vannak egymással.

A munkahelyi környezetben a különböző jeleknek, jelzéseknek, mint információknak jelentéstartalmuk és ennek megfelelően cselekvést kiváltó funkciójuk van. Az előbbi a jelzés szemantikai, a második a pragmatikus funkciója. A környezeti befolyások megértése érdekében az emberi, közösségi, társadalmi problémák, felforgások, indokok és kapcsolatok területén is vizsgálatokat kell végezni. (Dr. Németh A., 1993.)

A már korábban említett munkahelyi környezet tágabb értelemben a műhelycsarnokot, sőt az egész üzem területét is jelentheti.

Az ember-gép-környezet rendszerében, amelynek jellemző tulajdonságai az önállóság, a komplexitás, és az állandóság, a rendszer működését meghatározott módon összefüggő döntésekkel szabályozhatjuk. Ezen rendszer tervezése azt jelenti, hogy olyan variánst kell létrehozni, amely az adott körülmények számára optimális:

- megfelelő emberek kiválasztásával
- korszerű munkaeszközök alkalmazásával, korszerű munkafolyamatok szervezésével,
- legkedvezőbb környezeti paraméterek létrehozásával.



8. ábra Az ember-gép-környezet összefüggés elvi ábrázolása az emberi munka komplex rendszerében

A termelő munka során, a gépesítés, az automatizáció, a számítógépes és robottechnika fejlesztése következtében a dolgozó ember pszichikai igénybevétele válhat döntő tényezővé. A magas igényszintű, pozitív munkamotivációjú dolgozóban bizonyos munkafeltételek, illetve követelmények nagyfokú pszichés feszültséget, sőt emocionális konfliktusokat is kiválthatnak. A pszichikai terhelések nagyságát természetesen nehezen lehet fiziológiai mérőszámokkal viszonyítani.

A terheléseket még fokozhatják az egy időben ható munkahelyi jellemzőkből adódó motivációk. Az előző terhelések összegződve pszichikai következményként:

- pszichés elfáradásban,
- monotóniában,
- telítődésben nyilvánulnak meg.

A fáradtság ellen intenzív akaraterővel sokáig lehet küzdeni, a monotóniát rendszerint a tevékenység ismétlődése váltja ki, a telítődés a nagyfokú feszítettség által növekszik. Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy a munka- és pihenési rend szabályozása a termelés-szervezés egyik legfontosabb feladata.

A munkakultúra színvonala a munka optimalizáltságától és humanizáltságától függ. Az ergonómia alapvető célja a munka és a munkakörnyezete humanizálása. Ennek megfelelően az ergonómiát tekinthetjük ellenőrző és tervező módszernek egyaránt.

A munkavégzés a személyiség tudatos tevékenysége, mivel egy gondolatilag előre meghatározott célra irányul. Minden művelet e cél elérése érdekében, folytonos összehasonlító ítéletalkotás révén valósul meg a céllal kapcsolatban álló tényezők figyelembevételével. Minden munka megfelelő sorrendű cselekvések, tevékenységek sorából áll. A cselekvések, a tevékenységek időben és térben rendezett mozgások sorozataiból tevődnek össze.

Ezek alapján megkülönböztethetünk:

- személyi munkafeltételek
- munkafolyamattól függő munkafeltételek
- munkahely adottságaitól függő általános munkafeltételek

Általános munkakörnyezeti feltételek:

- munkahely légállapota (hőmérséklet, páratartalom, levegő mozgása, nyomás, szennyezettség)
- zajterhelés
- rezgések
- fényhatás (világítás)
- színhatás a mikrokörnyezetben
- esztétikai hatás (rend, tisztaság, örömezet)
- emberi kapcsolatok (Dr. Németh A., 1996.)

Ezen kívül speciális hatásokat is figyelembe kell venni bizonyos esetekben:

- különböző sugárzások
- mágneses erőtér
- extrém hőhatások

Az előbbi felsorolt ingerforrások egyrészt közvetlenül az emberi szervezet teljesítőképességének fiziológiai befolyásolása formájában hatnak, másrészt közvetve annak visszatükröződése útján (pszichikai módon).

Technológiai tervezés

A technológiai tervezés, amely a gyártási folyamat optimális és gazdaságos megoldásából, az anyagáramlás, az anyagmozgatás, a gyártástechnológia megszervezéséből áll, meghatározza a nyersanyag bejövételtől, a megmunkáláson keresztül a termék kiszállításáig terjedő munkafolyamatokat.

A megfelelő gyártásmenet jellemzői:

- termelékeny gyártási módszer (korszerű technológia, tömeggyártás, zárt rendszer, minimalizált hulladékmennyiség)
- anyag a legrövidebb utat tegye meg az egyes műveleti helyek között
- a gépek elhelyezése a gyártás sorrendjének megfelelő legyen
- megfelelő ergonómiai szemlélet
- csak a szükséges energiát kösse le a rendszer
- dolgozók számára kedvező munkafeltételek

Mielőtt elemeznénk a gyártás, illetve a gyártás feltételeit, rögzítsünk néhány *gyártási* alaptípust.

- egyedi (darab) gyártásmód:
- sorozatgyártás
- tömeggyártás

Gyártó rendszertípusok alapján a következőket különböztetjük meg:

- pontgyártás (állandó helyű gyártás)
- műhely-gyártás
- csoportos gyártás
- szalaggyártás

Az ipari munkahely ergonómiai szemléletű alakítása tulajdonképpen az ipari telephely beépítésének tervezésével kezdődik, ahol többek között az ergonómia elveinek is meg kell jelenni. (Dr. Németh A., 1996.)

Első és egyik legfontosabb szempont, hogy az anyag útja üzemen belül a lehető legrövidebb legyen. Így kevesebb költséget, és emberi energiát emészt föl, valamint a balesetveszély is csökkenhet. A szállítási útvonalak rendezettek, lehetőleg kereszteződésmentesek, és a lehető legáttekinthetőbbek legyenek.

Az épületek elhelyezésükkel lehetőleg kövessék az anyagáramlás irányát, a telep belső téralakítása is rendezettséget biztosítson.

A későbbi bővítési lehetőségnek megfelelően kell mind az épületeket, mind pedig a gyártósorokat kialakítani.

Környezetvédelmileg, és természetesen ergonómiailag is fontos, hogy poros, zajos, tűz- és robbanásveszélyes, vagy nagyobb dinamikus rezgésekkel dolgozó üzemek a többi épülettől távolabb kerüljenek (amennyiben ez lehetséges), de a szomszéd üzemeket se zavarják. (Jansen G., 1973.; Bonta J., 1969.; Flam T., 1974.)

A munkakör-elemzést követően lehetővé válik a munkakörök olyan átalakítása, amely a szervezet és a dolgozók szempontjából egyaránt megfelelőbb, azaz nő a teljesítmény és javul a dolgozók elégedettsége.

A munkatervezésnek alapvetően két alapvető formája létezik. Egyik a munkafolyamat-, munkaeszköz-központú megközelítés. Itt a munkatevékenység, a gépek ésszerű alakításával törekszik a gyorsabb, hatékonyabb és biztonságosabb munkavégzés elérésére. A másik lehetőség a dolgozó-központú megközelítés. Ekkor a dolgozó elégedettségét, motivációját növelő munka kialakítására törekednek. Természetesen e kettő kombinációja is lehetséges.

A termelőegység komforttal kapcsolatos paramétereinek elemzése és leírása

Ipari munkahely optimális légállapota

A dolgozó ember munkateljesítményét, valamint a „komfortérzés” kialakítását a környező levegő tulajdonságai jelentősen befolyásolják.

Nagyobb térségek időjárási rendszere a makroklíma, a munkahelyé mikroklíma. Az ember jó közérzetét és teljesítőképességét a környezet klimatikus feltételei a leggyorsabban és elsődlegesen határozzák meg.

Gyakran a rossz közérzet is légköri paraméterekkel és/vagy szennyeződéssel kapcsolatos. Az alábbi hatások összegződése fokozza a rossz közérzetet:

- huzathatás
- levegő relatív páratartalmának növekedése
- természetes fény csökkenése
- csökkenő látás és színhatás
- kellemetlen szagok hatása
- szem és légutak irritációja (pl.:por)

Hőérzet jelentősége

Az emberi test hőmérséklete állandó, a munkavégzés és az anyagcsere-folyamatok állandó hőtermeléssel járnak, s a felesleges hőnek el kell hagynia a szervezetet, hogy a hőtermelés és hőleadás egyensúlyban legyen. Ezenkívül számos ipari folyamat is helyi hőt fejleszt. A komfortérzet feltétele éppen a hőleadás arányosságában rejlik. Különböző hőmérsékleteken a munka különböző nehézségűnek érezhető. Hideg hatására a biztonságérzet csökken, szorongás léphet fel, szeles hidegben tehetetlenség,

letargia érvényesül. A kellemes hőérzetet a munkatevékenység és az öltözködés jellegén kívül a jellemző klímátényezők határozzák meg:

- a levegő száraz hőmérséklete
- a levegő relatív páratartalma
- a levegő sebessége
- a környezet, illetve a környező felületek átlagos sugárzási hőmérséklete
- az emberi test hőtermelése, hőleadása, hőszabályozása (Feldman M. P., 1971.)

További jelentős befolyásoló tényezők: a levegő nyomása, szennyezettsége, elektromos töltése. Csak egyik vagy másik jellemző megváltoztatása nem elégséges a körülmények meghatározására vagy megváltoztatására. Fiziológiailag az ember meleggáztartását a bőr vérellátása szabályozza.

Árnyékolás, hőelvezetés, légcseré

Általában normális öltözetben a munkahelyek ajánlatos térhőmérsékletei:

Irodalmi tájékoztató értékek (Grandjean, 1976.)

- ülő, szellemi munka 21 - 23 °C
- ülő könnyű fizikai munka 19 °C
- álló könnyű fizikai munka 18 °C
- álló, nehéz fizikai munka 17 °C
- megerőltető fizikai munka 15 - 16 °C

(az adatok és értékek egyéni komfortérzettől függhetnek) (Dr. Németh A., 1993.)

Vizuális mikro környezet, természetes és mesterséges megvilágítás

A dolgozó ember környezetét elsősorban látóérzéke révén észleli. A környezetből származó ingerek, információk 80 – 90 %-át a szemén keresztül veszi föl. Ennek

következtében a környezet megvilágítását a lehető legnagyobb gondossággal kell megválasztani és meghatározni.

Megfelelő megvilágítással vizuális komfortot, tudati elégedettséget teremtünk. Tervezés szempontjából a dolognak két része van. Adott egy passzív környezet és a világító-eszköz. Megfelelő eredményt csak akkor tudunk elérni, ha mindkettő megfelelő. Tehát szükség van jó világításra, illetve egy jól világítható környezetre. Természetesen azt sem szabad elfelednünk, hogy világítás is csak akkor kell, ha szükség van rá.

A természetes és mesterséges megvilágítás a munkahelyen is a dolgozó embert fiziológiai és pszichológiai hatásával befolyásolja. A jó látás nemcsak a szem kapacitásán múlik, hanem az optikai információk befogadása és feldolgozása jelentősen függ a környezeti feltételektől is. A látás során a fénynek optikai, fiziológiai és pszichológiai hatása komplexen érvényesül s a megoldás megfelelő kompromisszum eredménye.

Egy tárgy vagy munkahely megfelelő világítását befolyásoló tényezők:

- megvilágítási viszonyok (erősség, egyenletesség)
- fénysűrűségi viszonyok
- reflexiós viszonyok
- egyéb jellemzők (gazdaságosság, üzembiztosság, energiatakarékosság, esztétikai megjelenés)

Alapvetően három szinten jelentkezik a megvilágítás elégségessége. Első és legfontosabb feltétel, hogy a látással pontos információt akarok környezetemről. Másodsorban az szeretném, hogy látásomban semmiféle zavaró tényező ne jelentkezzen. Harmadszor pedig a megvilágítás gazdaságosságát, mint szintén nem elhanyagolható szempontot kell említeni.

Az első feltételt további szintekre lehet osztani. Először a felmerülő igénynek megfelelően az információ pontos felvételét szeretnénk. Ezt tekinthetjük az alakzatok és formák látásának. Ezt követően a valóságnak megfelelő képalkotás igényét kell kielégíteni. A tárgyakat, és egyéb információtartalmú dolgokat eredeti színükben szeretnénk látni. Ezt követi a térlátás igényének kielégítése.

A zavaró hatások kiküszöbölése tekinthető az igény-kielégítés következő szintjének.

- káprázás
- kiegyensúlyozott fénysűrűség
- színhőmérséklet

Információ-felvétel szempontjából a világítást tekinthetjük a bemenetnek, kimenetnek pedig a látást és az információ felvételét.

Az emberi szem a megvilágítás erősségének nagyon széles tartományában érzékeny, de a szemnek a világosságérzékelése elsősorban a látszó felületek fénysűrűségétől függ. A fénysűrűségnek, vagyis a felületi világosságnak, a térben igen nagy jelentősége van. Ez fiziológiai vonatkozásban éppúgy fontos, mint a megvilágítás erőssége. A munkateljesítmény szempontjából mindenekelőtt a látás élessége a döntő, melyet a kontraszthatások segítségével a látótér megfelelő fénysűrűsége biztosít. Az információszerzéshez is a látótérben fénysűrűségbeli különbségekre van szükségünk. A vizuális munka alapja a különböző méretű, formájú, különböző sebességgel mozgó munkadarabok jó megkülönböztetése.

Az optimális felületi megvilágítás az üzemben az alábbi arányú (Lehmann, 1962):

- munkatárgy – munkafelület 3:1
- munkatárgy – közelkörnyezet 10:1
- fényforrás – távolkörnyezet 20:1

Fontos az egyes felületek megvilágítása közötti átmenet biztosítása is. A munkahelyen ezen kívül kerülni kell a káprázást, valamint a túlzott árnyékképződést. Ügyelni kell arra is, hogy az egyes munkafelületek ne képezzenek erős visszatükröződést. Lehetőség szerint alkalmazzunk matt felületeket.

A szükséges megvilágítási erősség mértékét nagymértékben befolyásolja a munkafelületek fényvisszaverési tényezője. Hasonló a helyzet a mennyezet, a falak, a padló, a bútorok és a gépek fényvisszaverési tényezőjével is. A megfelelő megvilágítási szint eléréséhez egy erősen visszaverő felületekkel rendelkező munkahelyen kisebb erősségű fényforrásra van szükség, mint egy gyengén visszaverő felületekkel rendelkező munkahelyen. Egy ember a természet alapján megszokott egy bizonyos fényvisszaverődési-rendszert (világos és sötétebb horizont, még sötétebb talaj).

Az egyes felületek fényvisszaverődését elsősorban színük és anyaguk határozza meg. A szürke, a zöld, a kék, a piros és a barna sötét árnyalatai helyett nagy felületek esetén inkább pasztellszíneket és világosszürkét használjunk.

A lámpatípusok kiválasztásánál megvilágítási erősségük mellett figyelembe kell venni a színüket is. Különösen ott lényeges ez, ahol nagy pontossággal kell felismerni az egyes színeket. (Horváth E, 1993.; Eysenk H. J., 1941.)

A színek munkahelyi használatának két területét különböztethetjük meg:

- normalizált használat, amikor is a színt tájékozódási, illetve ismertetőjelként használjuk, és melynek során bizonyos normák betartása szükséges, és
- a munkatermek és berendezések színdinamikai kialakítása, melynél a színek pszichológiai hatása a döntő.

Normalizált színhasználat

A színeknek ebből a szempontból három fő funkciójuk van:

- rendteremtő
- tájékozódást segítő
- biztonsági funkció.

A színdinamika azon az ismert tényen alapszik, hogy a színek hatással vannak az ember fiziológiai és pszichikai állapotára egyaránt. Így például:

- a vörös növeli az izomzat feszültségét, a vérnyomást és a légzési frekvenciát
- a narancssárga növeli a pulzusfrekvenciát, fokozza az emésztőszervek működését
- citromsárga az agyműködést serkenti, nyugtatólag hat az idegrendszerre
- a zöld csökkenti a vérnyomást, tágítja a vérereket, álmosító hatású, a biztonság érzetét kelti
- a kék csökkenti a vérnyomást
- az ibolyaszín fokozza a szív működését
- a fehér könnyen káprázást okoz
- a barna álmosító, depresszív hatása van.

A fizikai munka környezetének kialakítása további odafigyelést igényel. Manapság egy munkahelynek nem elég kényelmesnek és biztonságosnak lenni, az ott

dolgozónak hatékonyan kell ellátnia feladatát. Ez csak úgy lehetséges, ha a tevékenységnek megfelelően alakítjuk ki a munkatér geometriáját. (Nemcsics A., 1967.)

A futószalagról lekerülő késztermék a termék életében a következő megjelenési forma. Itt már nem csak, mint absztrakt terméket nézzük, itt már valóságos termékként jelenik meg. Tervezői elgondolások, technológiai paraméterek ekkor öntenek testet. A termék megkezdzi igazi útját. Mivel az esetek döntő többségében a termék nem az előállítási helyen kerül felhasználásra, így gondoskodni kell róla, hogy az értékcsökkenés nélkül érkezzon el végcéljához, a fogyasztóhoz. Ezen folyamatláncolat során újabb emberek, újabb használók kerülnek kapcsolatba a termékkel. Ennek megfelelően a terméket, vagy annak csomagolását úgy kell kialakítani, hogy az alkalmas legyen a szükséges manipulációkra.

A csomagolással kapcsolatban két alapvető kérdés merül fel, amelyek mindegyikénél ergonómiai vonatkozás is szóba kerül. Egyrésztől egy kereskedelemben betöltött jelentős szerep, másrésztől egy a természeti környezetre gyakorolt terhelés.

A csomagolás feladatai közé tartozik még a védelem mellett, hogy az árut egységbe foglalja, szállítható és tárolható állapotba hozza és tartsa, valamint megfelelő mennyiségű és milyenségű információt szolgáltasson.

Az egységbe foglalás természetesen nem csak ergonómiai szempontból fontos (logisztika, árazás, készletelés, ...). Egy megfelelően kialakított csomagolás, legyen az akár fogyasztói-, gyűjtő vagy éppen szállítói csomagolás nagyban megkönnyíti az anyagmozgatást, azonosítást is.

Megfelelő tervezői szemlélet esetén már a termék kezdeti fázisaiban nagy gondot fordítanak a csomagolásra. Nem is lehet ez másképp, hisz a csomagolás, a *vevői használati* utasítás (dokumentáció) a termék része. Egy fogyasztói csomagolás kialakításánál hasonló szempontokat kell figyelembe venni, mint magánál a termék kialakításánál. Ismernünk kell a felhasználói kört, a felhasználói kör adottságait és képességeit, s számolnunk kell a használat körülményeivel is.

A vevő (felhasználó) és a termék interakciója először a csomagoláson keresztül valósul meg. A vevő kézbe veszi, a számára szükséges információt leolvassa a csomagolásról. Már ez a rövid mozzanatsor megfelelő ergonómiai háttérrel feltételez a termék és a csomagolás részéről. Először is a termék csomagolásának jól kezelhetőnek

kell lennie. Stabilan megfogható, mozgatható kell, hogy legyen (természetesen csak akkor, ha termék mérete és tömege ezt megengedi). A fontos információk felvételét is biztosítani kell. A feliratok megfelelő méretűek, az ábrák egyértelműek kell, hogy legyenek.

A csomagolás felnyitási módjának idomulni a kell a termék jellegéhez, illetve a felhasználóhoz. Speciális felhasználó esetén segítse (mozgássérült), vagy éppen akadályozza a nyitást (gyermek). A terméktájékoztató tényleges információt nyújtson a termék üzembe helyezéséről, használatáról, karbantartásáról, valamint hulladékként való kezeléséről. Természetesen arról sem szabad megfeledkeznünk, hogy a csomagolás hulladékként való kezeléséről is információt adjon a felhasználónak. Nagyobb csomagolási egységek esetében hasonló módon kell eljárni, azonban a szállítási feltételek, valamint feltüntetett információk jellege mások.

A termék használhatatlanná, vagy feleslegessé válása esetén a hulladékgazdálkodásé a szerep. Ez vagy *újrahasznosítást*, vagy megsemmisítést jelenthet. Ideális esetben már a termék és annak csomagolása tervezésekor gondolni kell annak megsemmisítéséről. A megsemmisítés szigorú környezetvédelmi szabályai mellett, gondoskodni kell arról is, hogy maga a *megsemmisítés folyamata*, a megsemmisítés során keletkező anyagok, illetve a megsemmisítés maradéka semmilyen veszélyt ne jelentsen az emberre. E veszély gondatlanság esetén lehet fiziológiai, ritkább esetben pszichológiai hatású.

Fiziológiai szempontból a maradék, vagy éppen keletkező toxikus anyagok jelenthetik a fő veszélyt. Ezek hatását minden körülmények között a lehető legkisebb mértékűre kell csökkenteni.

Megállapítások

Az ergonómia terméktervezésben és a termék életében betöltött szerepének vizsgálatából az alábbi megállapításokat szűrtem le:

A fentiekhez összefoglalás képpen szeretném hozzáfűzni a következő ábrát, amely egységesen szemlélteti a tervezés emberi és tárgyi eszközrendszerének kapcsolatát. Az ábra tartalmazza az irodalomból elérhető, meglévő összefüggéseket, illetve a saját elemzéseim során megfigyelt szükségeszerű kiegészítéseket.

	Tervezési lépések	Tervezési lépés eredménye	Ergonómiai összefüggések és feladatok, termékergonómia és folyamatergonómia
<u>1</u>	Piac felmérése	Felhasználói csoport azonosítása, igények felmérése, termék meghatározása	Antropometriai adatok gyűjtése, felhasználói profil meghatározása, felhasználói tulajdonságok meghatározása
<u>2</u>	Tervezési potenciál meghatározása	Képességek és erőforrások felmérése	Tervezők képességének számbavétele, tervezési menetrend összeállítása, kapacitás meghatározása
<u>3</u>	Termékötletek meghatározása	Új termékötletek	Esetleges különleges felhasználói igények meghatározása, alkotói környezet megteremtése
<u>4</u>	Döntés a termékről/fejlesztésről	Új termék	Folyamatergonómia, megfelelő alkotói környezet biztosítása (helyszükséglet, bútorozott környezet, megvilágítás, megfelelő klimatikus viszonyok biztosítása), megfelelő képernyős munkahelyek kialakítása, esetleges terhelések megszüntetése vagy csökkentése (zaj, por, hő, pára, gőz, gáz)
<u>5</u>	Tervkoncepció, tervezési célok meghatározása	Tervkoncepció, célok meghatározása	
<u>6</u>	Tervezés		
<u>6.1</u>	Funkciótervezés	Funkciók meghatározása	Használati- és érvényesülési funkció meghatározása, termékhasználat meghatározása, kezelhetőség meghatározása,

			ergonómiai minőség, dokumentáció, csomagolás, felhasználói (esetleg különleges) kör számbavétele, fiziológia és pszichológia, kognitív ergonómia
<u>6.2</u>	Formatervezés	Termék formájának meghatározása (külső megjelenés, arányok)	Termékhasználat, tárgy és felhasználó interakciója, antropometria és anatómia, kényelem, használhatóság, felhasználóhoz és környezethez való illeszkedés biztosítása
<u>6.3</u>	Anyagtervezés	Anyagok meghatározása (szerkezeti anyagok, kötőanyagok, felületkezelő anyagok)	Termékbiztonság, környezetbiztonság, Különleges felhasználók azonosítása
<u>6.4</u>	Szerkezettervezés	Termék szerkezetének meghatározása	Használhatóság, kezelhetőség, karbantarthatóság, tisztíthatóság, dokumentáció, csomagolás
<u>6.5</u>	Méretezés	Termék méreteinek meghatározása	Anatómia és antropometria (felhasználói testméretek és adottságok figyelembevétel), méretezési elvek alkalmazása, funkcionális testhelyzetek, termékbiztonság
<u>7</u>	Tervdokumentáció kidolgozása	Rajzok és műleírások készítése	Megfelelő munkakörnyezet kialakítása (képernyős munkahely, belső tér komfortja)
<u>8</u>	Prototípus	Prototípus készítése	Alkotói környezet,

<u>9</u>	Gyártási folyamat tervezése	Technológiai folyamat megtervezése	munkabiztonság és munkavédelem, környezetbiztonság, vevői igények ellenőrzése, termékbiztonság ellenőrzése Munkabiztonság meghatározása, környezetvédelmi utasítások meghatározása és szabályok alkalmazása, termékbiztonság, megfelelő munkakörnyezet kialakítása (csarnokklíma, megvilágítás, terhelések)
<u>10</u>	Nullszéria	Gyártóeszközök kipróbálása	Biztonsági előírások hatékonyságának ellenőrzése, munkavédelem
<u>11</u>	Gyártás	Termék előállítás, csomagolás, belső logisztika	Elvárások (termék, munkakörnyezet) ellenőrzése
<u>12</u>	Eladás, vevői termékhasználat, alkatrészgyártás	Logisztika	Vevőtájékoztatás, karbantartás, másodlagos felhasználói kör
<u>13</u>	Termék megsemmisítése, újrahasznosítás	Megsemmisítés, újrahasznosítás	Környezetvédelem, termékbiztonság, környezetbiztonság

Hivatkozások:

- Becker György – Kaucsek György 1996: Termékergonómia és termékpszichológia, Tölgyfa Kiadó, Budapest
- Bonta János 1969: Munkaegészségtan, Táncsics Kiadó
- Dr. Czitán Gábor - Dr. Gutassy Attila - Ralf Wilde 2006: Termékbiztonság az Európai Unióban, TÜV
- Dulin Jenő 1987: Ergonómiai kislexikon, Budapest, Népszava Lap-és Könyvkiadó
- Eberhard Abele – Reiner Anderl – Herbert Birkhofer 2005: Environmentally – Friendly Product Development, Springer
- Eysenck H. J. 1941: A Critical and Experimental Study of Color Preferences, American Journal Of Psychology
- Fabio Giudice – Guido La Rosa – Antonino Risitani 2006: Product design for the Environmental, Taylor & Francis, London
- Feldman M. P. 1971: Psychology in the industrial environment, Butterworths, London
- Flam Tamás – Makkay László – Sándor Jenő 1974: Az ember a változó munkakörnyezetben, Közgazdasági és Jogi Kiadó
- Geréb György 1956: Kutatásaink és célkitűzéseink a fáradtság lélektanának köréből, MTESZ
- Horváth Endre 1993: A megvilágítási paraméterek mérésének aktuális problémái, Ergonómia
- Irén Peczőli – Gyula Szabó 1999: Flexible office environment: Psychological and Ergonomic Requirements for Design Landscape Office, Periodica Polytechnica Ser. Physics Vol. 1
- Jansen G. 1973: Zaj okozta egészségromlás, Ergonómia
- Karl T. Ulrich – Steven D. Eppinger 2004: Product Design and Development

- Karwowski, W., Genaidy, A.M. and Asfour, S.S. 1990: Computer Aided Ergonomics, Taylor & Francis, London
- Klein Sándor 2004: Munkapszichológia, EDGE 2000
- Dr. Kovács Zsolt – Horváth Péter György 2006: Termékbiztonság, Fejlesztési Terv HEFOP 3.3.1 Operatív Programja, NymE FMK TGYI
- Kő Ferenc 2007: Értékelemzésre alapozott termékfejlesztés módszertana HEFOP oktatási segédlet/óravázlat, GAMF
- Nagy Erzsébet 1994: Relationship between ergonomics and environmental planning in the micro- and macroenvironment, MET
- Nemcsics Antal 1967: Das Farbenpreferenz, BME
- Dr. Németh Antal 1993, Ipari építészeti környezet és ergonómia, Műegyetemi Kiadó
- Matussek O., Ruieka J. 1968: Munkapszichológia, Kossuth Kiadó
- Orbay Péterné 1994: Methods used in ergonomics design and adaption to furniture-planning
- Orbay Péterné 2002: Termékergonómia, előadásvázlat, NymE FMK
- Orbay Péterné 2003: Konyhatervezés, Invest-Marketing B. T.
- Ördögh László 1994: Professional ergonomic systems supported by computers, MET
- Peter A. Gross 1998: Büro oder ..., Office Design, V. H. Gmbh
- N. F. M. Roozenburg J. Eekels, 1996: Product Design: Fundamentals and Methods, John Wiley & Sons
- Valerie Woods 2002: Ergonomics of using a mouse or other non-keyboard input device, USLU

További felhasznált irodalom:

- Frieling H. 1982: Licht und Farbe am Arbeitsplatz, Verlagsgemeinschaft für Wirtschaftspublizistik

- Némethné Dr. Univ. Erdődi Katalin 2008: Terméktervezési módszerek minőségügyi fejlesztése, PhD értekezés, NymE FMK
- W. E. Woodson – D. W. Conover 1973: Ember-gép-üzem, Munkahelytervezés, Műszaki Kiadó, Budapest

Felhasználói képességek, környezeti elvárások

Ebben a fejezetben a különböző felhasználói igények, társadalmi elvárások, továbbá a tervezői lehetőségek egymáshoz képesti viszonyát és szintjét szeretném bemutatni a kiterjesztett rés-elmélet segítségével.

A problémakör áttekintése

Az ergonómia, illetve az antropometria alaptételeként elfogadjuk azt a tényt, hogy nem vagyunk egyformák. Képességeink és adottságaink eltérőek. Mivel erre a tényre tervezni, illetve elvárásokat megfogalmazni nehéz, így kénytelenek vagyunk egy fiktív, átlagos személyhez viszonyítani. Ez az általánosítás sokszor problémához vezethet. Sok termék/rendszer használatából így kizárjuk azokat, akik az átlagostól eltérő igényekkel rendelkeznek (speciális felhasználói körök).

Speciális felhasználói körök

- siketek, nagyothallók
- vakok, gyengénlátók
- néma, beszéd fogyatékosok
- szellemi fogyatékosok
- mozgáskorlátozottak
- gyermekek
- idősek
- átmeneti állapotúak (várandósság, betegség) (Dr. Szabó Gy., 2002.)

Ebből a körből a példa és az egyszerűség kedvéért ragadjuk most ki a mozgáskorlátozottak közösségét. A mozgáskorlátozottak számára a hétköznapi életvitel zökkenőmentes létéhez elengedhetetlen az akadálymentes környezet. Ez számukra több szinten kell, hogy megvalósuljon. Pl.: horizontális és vertikális akadálymentesség, ergonómiai akadálymentesség...

Tervezés ilyen irányú elgondolásai először a „design for special needs” [Dr. Szabó Gyula, 2006.] (tervezés speciális felhasználói körök számára) volt. Ennek értelmében az átlagostól eltérő képességű emberek számára a környezetet speciális igényeiknek megfelelően alakították ki. Az adott műszaki megoldás a végeredmény szempontjából lényegtelen volt. A tervezőket egy cél vezette: mindenáron megkönnyíteni a speciális felhasználók mindennapjait. Így adódhatott az, hogy a mozgássérült, kerekesszékes feljáró sok esetben a hátsó bejárathoz került (ott volt egyszerűen kivitelezhető). Ez az elképzelés azonban akaratlanul is diszkriminációt, megbélyegzést eredményezett. Miért kell valakinek fogyatékosága miatt az épület hátsó kapuján ki-be közlekednie? Ezt kiküszöbölendő alakult ki a „design for all” [Dr. Szabó Gyula, 2006.], vagyis tervezés mindenki számára (mindenkinek megfelelő tervezés) elgondolás. Ennek értelmében már a tervezés folyamatában arra kell törekednünk környezetük kialakításában, ebbe a bútorozott és épített környezetet is beleértjük, hogy azt mindenki a képességeinek megfelelően tudja használni. Senkit se érjen megkülönböztetés, mindenki ugyan azt, és ugyan olyan feltételekkel használhassa a körülötte lévő világot. Ezzel az elgondolással, és ezt a gondolatmenetet követve sokkal több pozitív eredményt érhetünk el, mint azt gondolnánk. Gondoljunk ismét arra a szituációra, mikor egy épületnek (pl.: középület) a megközelítése, és abba való bejutás a cél. Ha eleve úgy tervezzük az épületet, hogy egy megfelelően kialakított rámpát helyezünk el az épület megközelítésére, akkor ezzel nem csak a kerekesszékeseknek segítünk a bejutásban. Ezzel a megoldással a babakocsit toló kismamának, vagy éppen bevásárló kocsit húzó idős személynek is megkönnyítjük a megközelítést és a bejutást.

Ha már felismerjük annak szükségét, hogy valamely környezeti elem kialakításában valamilyen változtatást kell eszközölnünk annak érdekében, hogy azt minél szélesebb körben használni tudják, nos az ezen szemlélet szerint már fél siker.

Ahhoz, hogy nem csak a szükséges, hanem az elégséges feltétel is meglegyen a mindenki számára használható környezet kialakításában, szükséges ismernünk azt is, hogy az adott felhasználó képessége milyen módon és milyen mértékben tér el az elvárttól, az „átlagostól”. Kérdés az tehát, hogy a környezet milyen szinteken, és milyen módon állít követelményeket a felhasználóval szemben?

Az ember és gép (tárgyi elem) közötti kapcsolatot mindig valamilyen környezetben kell értelmezni, hiszen a termék ténylegesen betöltött szerepét csak ebben az esetben lehet megfelelően értelmezni. Ha az emberi oldalt nézzük ennek az interakciónak (emberi alrendszer vizsgáljuk), akkor a következő szinteket, képességeket találjuk:

- Motivációs és emocionális jellemzők
- Értelmi jellemzők
- Érzékelési jellemzők
- Élettani jellemzők
- Testméretek

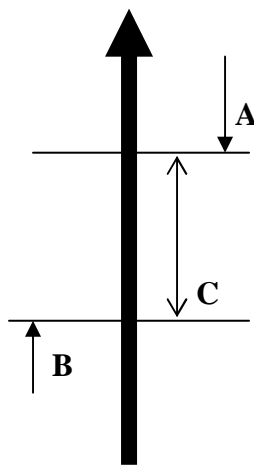
Ezek után magát a terméket vizsgálva (termék alrendszer) megtalálhatjuk az ezen képességekhez tartozó, azzal párhuzamba állítható követelményeket:

- Motivációs és emocionális követelmények
- Értelmi követelmények
- Érzékelési követelmények
- Élettani követelmények
- Eszközök méretei, elemek távolsága, környezeti elem geometriája

Láthatjuk tehát, hogy mely szinteken kell minimálisan megfelelni az adott környezeti elemnek, hol lehetnek eltérések a követelt és a rendelkezésre álló között. Termékhasználat hatásosságot és hatékonyságot is követel. Hatásosság alatt azt értjük, hogy a termék mennyire jól támogatja a felhasználó feladatainak és céljainak kivitelezését. Hatékonyság megmutatja, hogy mekkora erőfeszítést kell befektetnie a felhasználónak feladata elvégzéséhez. Mindezek mellett természetesen az ergonómiai kritériumokat sem szabad figyelmen kívül hagyni, mint biztonság, kényelem és egészség megőrzése. Mint már korábban szerepelt a biztonság kérdése összetett. Szem előtt kell tartani mind a felhasználó, mind pedig a környezet, és természetesen a termék

biztonságát is. A kényelem kérdése magába foglalja a környezetünkkel kapcsolatos szubjektív érzésünket, valamint a minket körülvevő technológiai megoldások használatakor érzett komfortot és jólétet.

A körülöttünk lévő világ fontos eleme a legszűkebb életterünket jelentő épített környezet. Ennek fontos elemei a bútoraink, berendezési tárgyaink. A probléma ott van, hogy a rendelkezésre álló képességek sok esetben nem felelnek meg az „elvártak”, nem esnek egybe az „átlagos ember” képességeivel. Erre a kérdésre a *rés-elmélet* adja meg számunkra a megoldást.



9. ábra A Rész-elmélet ábrázolása

Az ábrán a rész-elmélet vázlata látható. A függőleges nyíl a funkció szintjét jelöli, amely alulról fölfelé növekszik. A jobb oldali nyíl (A) egy adott feladat esetén a funkciónak a társadalom és a környezeti tényezők által megkövetelt szintjét mutatja. A bal oldali nyíl (B) az egyén funkcionális képességének szintjét jelzi. Amennyiben a funkciók megkövetelt szintje magasabb, mint az egyén képességeinek szintje, akkor a két oldal között kialakuló rés (C) a fogyatékoságot és ennek következményeként a hátrányos helyzetet jelképezi. A probléma tehát a különbségi szint.

A funkcionálitási különbség a korábban említett interakciós szintek bármelyikén adódhat. Jelen esetben az egyén, a felhasználó képességeiben lévő hiány okozza a felhasználási problémát. A cél minden esetben az, hogy a kialakult rést, vagy a rés

kialakulásának lehetőségét zárjuk ki. Ezen nehézségek leküzdésében a már említett „design for all” elv segíthet.

Ennek értelmében a környezeti elvárásokat kell úgy csökkenteni, hogy az adott környezetben lévő terméket a lehető legtöbb ember igényeinek megfelelően használhassa.

Épített környezetünk, és azon belül bútorozott környezetünk használata is elvárásokat támaszt a használóval szemben. Ezen elvárások a használatból is a különböző bútorelemek, épületelemek működéséből adódnak.

Épített környezetünket az említett elemekkel a szükségletünknek és a használatnak megfelelően rendezzük be. A berendezés lehet kül- vagy beltéri. Funkció szerinti beszélhetünk bútorokról, térhatárolókról, épületszerkezeti elemekről, valamint kiegészítőkről. Bútorainkat további csoportokra oszthatjuk. Beszélhetünk ülőbútorokról, fekvőbútorokról, tárolóbútorokról, valamint asztalokról.

Nézzük, hogy a környezet és a termék milyen szinteken támaszt követelményt a felhasználóval szemben:

- élettani követelmények, fiziológiás követelmények

Egy szükséges szintű elvárás, ami szükséges és elégséges szint, hogy élni tudjunk az adott környezetben, szükséges erő kifejtésre képesek legyünk, mozogni tudjunk, egy szükséges szinten képesek legyünk hely és helyzetváltoztatásra, izomzatunk elviselje, ellenálló-képességünk megfelelő legyen. Idegrendszerünk, keringésünk és egyéb rendszerünk elviselje és alkalmazkodni tudjuk épített környezetünkben.

- tárgyak méretei, elemek távolsága, környezeti elem geometriája:

A környezet mérettani és geometriai méreteket támaszt. Nem lehet minden akkora, amekkorát szeretnénk.

- érzékelési követelmények

A környezet „elvárja”, hogy figyeljünk oda arra, amit teszünk, tehát egyfajta odafigyelés kell környezetünk használatához. Pl. figyelünk a hangokra, jelzőhangokra,

jelzőfényekre vagy színekre, vagy éppen jelölésekre. Ha összeszerelünk egy bútort, akkor a szerelést értelemszerűen, rajzok szerint kell elvégezni.

- motivációs és emocionális követelmények

Környezetünket használnunk kell, lehetőségeivel élnünk kell. A használatra vonatkoznak szabályok, amiket be kell tartanunk. Ellenkező esetben a termék és a felhasználó közötti összhang megbomlik. A követelmények lehetnek érzelmi vagy értelmi követelmények. Tudnunk kell használni környezetünket, és emellett magunkénak is kell érezni, szeretnünk kell azt.

- kognitív követelmények

Környezetünk használata megkövetel bizonyos tanulást. Ezen ismeretek mellett érhetjük el céljainkat, használhatjuk eszközeinket.

Sok esetben a végtelenségig nem lehet egyszerűsíteni környezetünket, és nem lehet kielégítő megoldást találni az esetleges hiányosságok leküzdésére. Ekkor a rés kiküszöböléséhez, vagy legalább is annak csökkentéséhez az egyén képességeit kell befolyásolni, a felhasználó funkcionális szintjét kell valamely módon emelni.

Környezettervezésnél az előbbi esettel találkozhatunk a legtöbbit, vagyis az egyén képességei alacsonyabbak a környezet által elvárt képességekhez képest.

Az alábbiakban nézzünk néhány példát a rés kiküszöbölésére épített környezetben.

Felmerülő hiányosság	Környezeti helyzet	Megoldás
Látóképesség csökkenése	Lépcső érzékelése	Nagyobb kontraszt használata a burkolaton
Halláskárosodás	Lakáscsengő	Fényjelzés alkalmazása
Alacsony szintű erő kifejtés	Nyílászárók mozgatása	Segédhajtás (elektromos) alkalmazása
Szükséges ügyesség hiánya	Csap elzárása	Billenőkaros csaptelep alkalmazása

Hatékonyság

A hétköznapiakban találunk példát olyan esetekre, amikor szintén részt fedezhetünk fel a különböző funkcionális szintek között, azonban a szintek egymáshoz képesti viszonya más. Tekintsük át még egyszer az ergonómia egy korábban már említett definícióját.

Ergonómia: Az ergonómia az a tudománycsoport, amely az emberi adottságoknak megfelelő munkaeszközök, tárgyak, munkakörnyezet kialakításával kapcsolatos ismereteket tárja föl azért, hogy az ember *teljesítőképességét a legmagasabb fokon kifejthesse*, továbbá az ember *kényelmét, biztonságát, egészségének megőrzését* biztosítsa.

Termékminőség fő összetevői (ergonómiai minőség): *hatékonyság, biztonság, kényelem*, költség, esztétikum (Dr. Szabó Gy., 2002.)

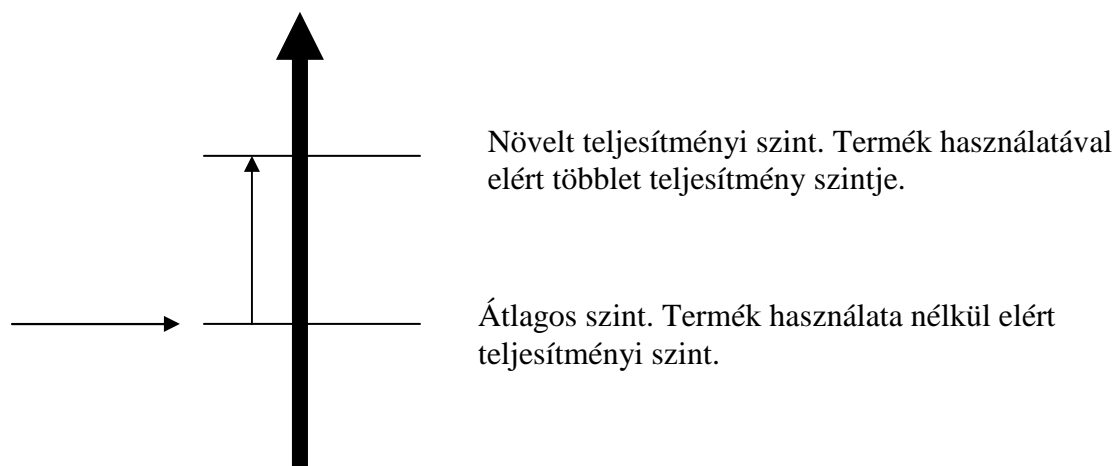
Más megfogalmazásban az ergonómia (human factors) feladata, hogy feltárja és alkalmazza mindazokat az ismereteket az emberi viselkedésről, képességekről, korlátokról és más emberi jellemzőkről, amelyeket figyelembe kell venni az eszközök, a gépek, alrendszerek, a munkafeladat, a munkakör és a környezet tervezése során, mint a *hatékony* működés, valamint a biztonságos és kényelmes emberi használat (alkalmazás) feltételeit. Tudományág, amely az adott rendszer emberi eleme és a többi rendszerelem közötti interakciók vizsgálatával foglalkozik, másrészt szakma, amely elméleteket, elveket, adatokat és módszereket alkalmaz a tervezés folyamán abból a célból, hogy optimalizálja az emberi jó közérzetet és a rendszer teljesítőképességét.

Annak, hogy a definíció egésze teljesüljön, alapfeltétel, hogy az egyes részegységek is maradéktalanul teljesüljenek. A fenti megfogalmazás dőlt betűs részeit nézzük egyenként.

Bármely felhasználó saját tevékenységét megfelelő szinten, megfelelően hatékonyan el tudja látni, ahhoz az kell, hogy az adott használati tárgy, vagy bármely

környezeti elem erre alkalmas legyen. A cél, hogy a felhasználó képességének határát kibővítsük, tevékenységének eredményét megsokszorozzuk.

A körülöttünk lévő termékvilág egyik fontos feladata, hogy a felhasználót kiszolgálja, tevékenységében segítse. Segítse olyan tevékenységek elvégzése közben, melyeket a felhasználó saját képességeire hagyatkozva nem tudna elvégezni. A termék használható legyen.



10. ábra A hatékonysági szintkülönbség

A hatékonyságnak, mint a technikai szemléletmód központi kategóriájának elemzése során van módunk a lehetséges legfontosabb problémák és egyúttal feladatok feltárására.

Hatékonyság: meghatározott termék vagy szolgáltatás, és az előállításához felhasznált erőforrások viszonya (hányadosa).

Hatékonyság=teljesítmény/ráfordítás

Hatékonyság: használhatóság

Teljesítmény: amit az eszköz használata lehetővé tesz

Ráfordítás: amit az eszköz használata igényel

$$\text{Hatékonyság (használhatóság)} = \frac{\text{Teljesítmény (Amit a termék használata lehetővé tesz)}}{\text{Ráfordítás (Amit a termék használata igényel)}}$$

Az ábrán szereplő tört értéke akkor nagyobb mint 1, amikor a termék használatakor nagyobb eredményt érünk el, mint a termék használata nélkül. Vagyis a létrejövő teljesítmény több, mint a termék használata nélküli ráfordítás.

Használhatóság a jellemzők azon összessége, amelyet a használathoz szükséges erőfeszítés mértéke, illetve felhasználók által arról kialakított értékelés határoz meg.

A használhatóságot több szinten értelmezhetjük:

Érthetőség (Understandability): az erőfeszítés..., hogy megértse a rendszer logikáját.

Tanulhatóság (Learnability): az erőfeszítés..., hogy megtanulja a rendszer logikáját.

Üzemeltethetőség (Operability): az erőfeszítés..., hogy működtesse a rendszert, és a működést ellenőrizze.

A használhatóság tényleges megvalósulását több tényező befolyásolja. Ezek együttesen, vagy külön-külön is értelmezhetőek.

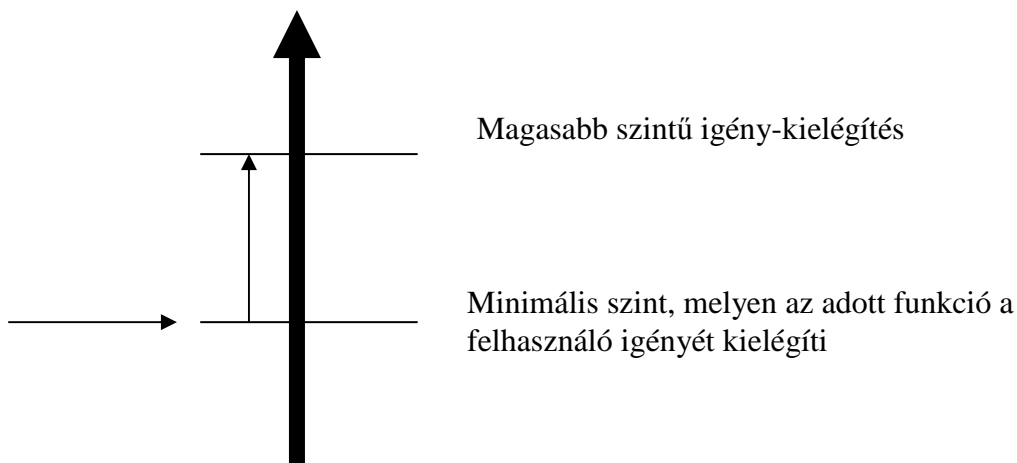
- a tevékenység gyorsasága
- a tevékenység közben elkövetett hibák száma
- a felhasználó azon lehetősége, hogy az elkövetett hibákat a rendszer segítségével kijavítsa
- a felhasználó ráfordításai a rendszer tanulása során
- a felhasználó által elsajátított készségek tartóssága
- a felhasználó azon lehetősége, hogy a rendszert igényei szerint a feladathoz illessze
- a rendszerrel támogatott tevékenység átszervezhetősége
- a felhasználó általános megelégedettsége a rendszerrel.

Ebben az értelmezésben a rés az adott tevékenységgel kapcsolatban az egyén, valamint a közösség elvárt teljesítménye és a tényleges produktum között van. Arra kell törekedni, hogy az elvárt és a tényleges teljesítményi szint azonos legyen. A korábban leírt módon történhet a teljesítmény mérése, számbavétele. A lényeg az, hogy valamilyen módon segítsük a felhasználó munkáját, vagy bármely tevékenységét. Ezt elérni megfelelően tervezett környezettel, és a célnak legjobban megfelelő tárgyakkal érhetjük el. Ennek segítségével elérhetjük, hogy a felhasználó képességét a lehető legmagasabb fokon kifejthesse.

Komfort

A minket körülvevő világ elemei céljukat és értelmüket tekintve igen sokfélék. Ugyanarra a célra esetleg több eszköz, vagy több megoldás is a rendelkezésünkre áll. Ezek mindegyike megfelel a kiszemelt és elérendő célra, azonban némelyeknél úgy érezzük, hogy valami pluszt nyújt számunkra. A teljesítés paraméterében különbséget tapasztalunk. Ez több okból adódhat. Jobban illeszkedik testméréteinkhez, számunkra kellemesebb az anyaghasználat, felületi minőségét jobbnak érezzük. Érezzük, hogy valamivel több. Nos ez az a többlet, amit kényelemnek, *komfort*nak tekintünk. Tehát a kényelem a test jóérzés állapota, illetve az ezt lehetővé tevő körülmények és tárgyak összessége. Ez sok esetben csak az egyén elvárása, s ez minden embernél más, s még nem tekinthetjük luxusnak. Elvárjuk, hogy antropometriai, fiziológiai és pszichológiai igényeinket egy magasabb fokon elégítsék ki.

Felvetődhet, hogy a korábbi logikai menethez képest hol van itt a rés, hol van itt a különbség az elvárás és a környezete adta lehetőség között. A keresett különbség, a rés, a funkció minimális kielégítésének szintje és a felhasználó által elvárt magasabb kielégítési szint között van.



11. ábra Az elvárt komfortra vonatkozó szintek értelmezése

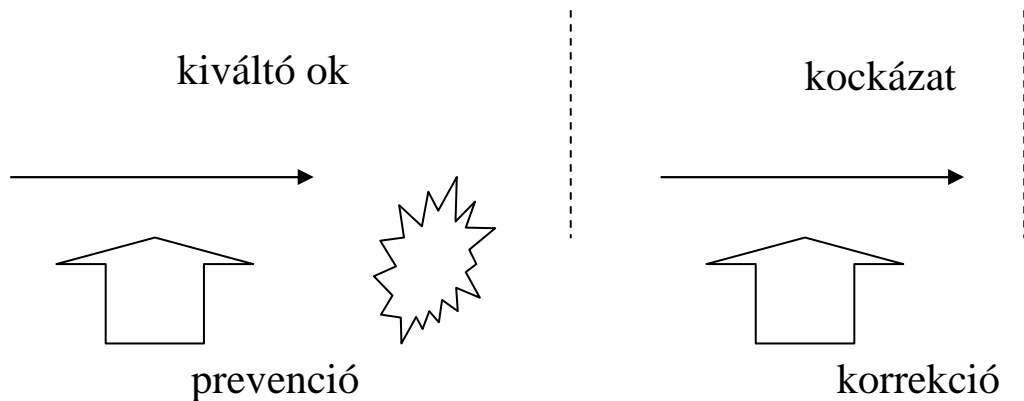
A keletkezett különbséget tervezési folyamat során, még a termék megszületése előtt ki lehet küszöbölni. Ezzel természetesen plusz költség is felmerülhet (a termék előállítását illetően), azonban ezzel termékünket meg is különböztethetjük a konkurenciáétól, azaz értéknövelő feladata is lehet egy ilyenfajta funkcióbővítésnek.

Ez a kérdés általában véve egy szubjektív dolog, azonban a felhasználó oldaláról, az ő szempontjait figyelembe véve, ez egy jól körülhatárolható objektív dolog. Mivel a termékünk célja a felhasználó igényeinek kielégítése, így az egyén elvárása a mérvadó.

Biztonság

A termékvilág és környezetünk sok veszélyt (veszélyforrás: valamilyen konkrét meghatározott hatótényező, amely potenciálisan sérülést vagy halált okozhat, illetve ezek bekövetkezéséhez hozzájárulhat.) rejt. Ezzel együtt kell élnünk. Azonban maga a kockázat (kockázat: annak a valószínűsége, hogy egy adott rendszer eleme egy rögzített időtartam alatt meghatározott módon károsodik. A termék**biztonság** vonatkozásában ez a meghatározás annak a valószínűségét jelenti, hogy a felhasználóból, az adott termékből és az ezeket befoglaló környezetből álló ember-gép-környezet rendszer valamelyik konkrét alrendszere, illetve eleme a felhasználó és a termék interakciója során megsérül.) az egyes esetekben más és más.

Ahhoz, hogy fel tudjuk mérni az egyes helyzetek veszélyességét, elemzést kell végeznünk. A *kockázatelemzés* a lehetséges kockázatok számbavétele, csoportosítása és értékelése a figyelemmel kísért jelenséggel, projekttel vagy üzemeltetési folyamattal kapcsolatban. Az elemzés a lehetséges kockázatsökkentő intézkedések kidolgozásával zárul, amely a kockázatmenedzselésen belül átvezet a kockázatkezeléshez.

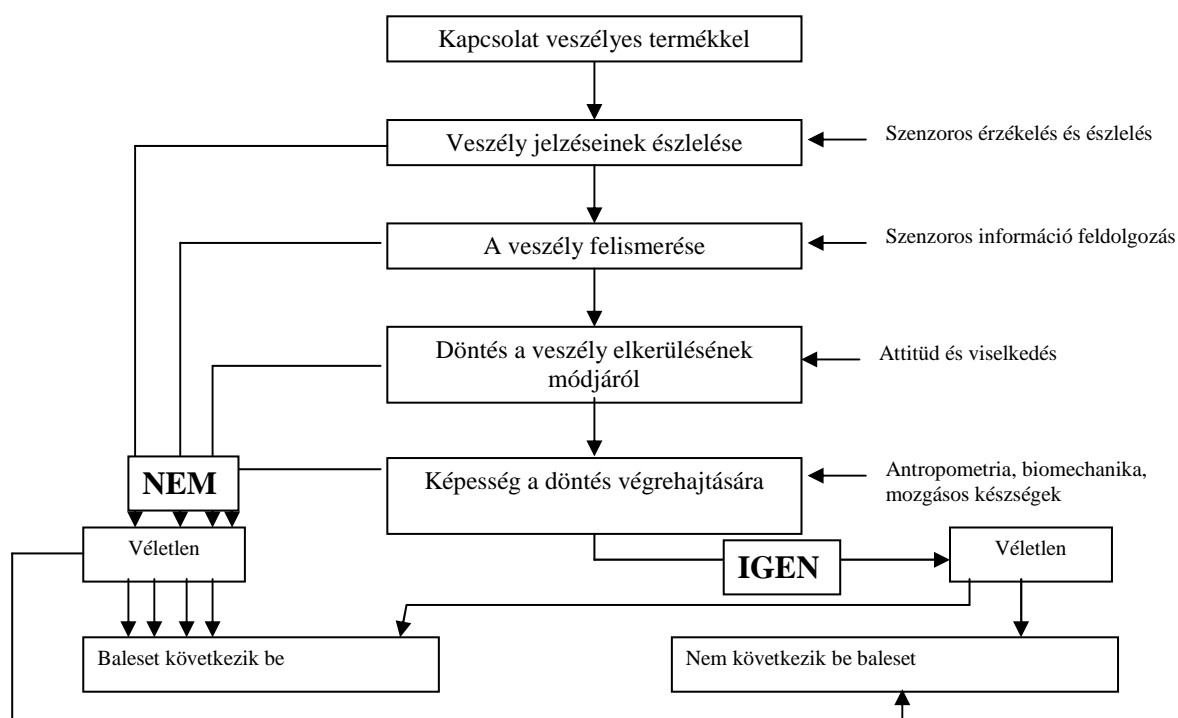


12. ábra A kockázatkezelés

A kockázatkezelés a kockázatpotenciál csökkentését jelenti kármegelőzéssel, vagyis a várható negatív esemény bekövetkezési valószínűségének csökkentésével (prevenció), ill. kárcsökkentéssel, a kárhatás horderejének ellensúlyozásával (korrekció).

A terméktől a fogyasztó elvárja, hogy a funkcióját a kívánt szinten betöltse. Mindezek mellett természetesen vannak olyan ki nem mondott elvárások is, melyeknek szintén teljesülniük kell. Ilyen például a veszélytelenség, vagyis a termék használata során a felhasználó és a környezet biztonságban legyen. Azonban nem szabad elfelejtenünk, hogy a biztonság egy pillanatnyi állapot. A biztonság megvalósulása függ a termék műszaki paramétereitől, pillanatnyi műszaki állapotától, ergonómiai jellemzőitől, valamint létrejövő interakcióra ható külső tényezőktől.

Lássuk most az emberi hibázás egyik irodalmi modelljét. Láthatjuk, hogy a ténylegesen bekövetkező káreseményt, illetve annak bekövetkezését több tényező befolyásolja.



13. ábra Az emberi hibázás alapmodellje (Reason, 1994.)

Az alábbi felsorolás a biztonság hiányának okait, illetve a veszélyforrás jellegét szemlélteti:

Termék nem biztonságos, mert:

- rossz tervezés
- nem megfelelő gyártás
- megfelelő tesztelés elmaradása
- nincs információ a termék veszélyeiről
- félrevezető információk

Veszélyforrások:

- Kinetikus
- Mechanikai
- Kémiai
- Elektromos
- Termikus
- Nyomással kapcsolatos
- Sugárzással kapcsolatos
- Zajjal kapcsolatos
- Rezgéssel kapcsolatos

Az előző felsorolásban lévő biztonságot korlátozó okokat két csoportra oszthatjuk. Egyik csoport a felhasználóval kapcsolatos, mely szerint a felhasználótól várunk el bizonyos fokú teljesítési szintet. Elvárjuk, hogy megfelelő figyelemmel járjon el a termék használata közben, megfelelő ügyességgel rendelkezzen, ... A másik csoportba azok az okok tartoznak, melyeket a termékkel tudunk kapcsolatban hozni. Ezeket az okokat jószerezvel tervezés folyamán fel tudjuk mérni. Ilyenek lehetnek például a termék látható, vagy éppen rejtett veszélyforrásai. Ezek alapján láthatjuk, hogy itt is egyfajta rés található. Rés, melyet a felhasználó elvárásaiból vezethetünk le.

Egészség megőrzése

Egészségünk megőrzése egyfajta szintentartás, fiziológiai és pszichológiai szempontból. A feltétel jellegéből adódóan ez egy hosszú távú folyamat. Természetesen ez az adott állapot fenntartása nehéz, és összetett. Hatással van rá életvitelünk, felfogásunk, szokásaink, valamint környezetünk. Az esetleges bekövetkező változások rövid és hosszútávon fejtik ki hatásukat.

Ennek megfelelően környezetünket úgy kell kialakítanunk, hogy ezek a rövid, illetve hosszú távú, az egészségünkre káros hatások a lehető legkisebb mértékben fejtsék ki hatásukat. A rés melyet vizsgálhatunk az elvárt és a tényleges egészségi állapotunk között fedezhető fel. A megfelelő tervezés és kialakítás célja, hogy ezen különbséget, ezen részt a lehető legtovább a lehető legkisebb szinten tartsa. A bemutatott esetek közül az egészség megőrzése elmélethez kapcsolódik a legnagyobb komplexitás. Ahogy a korábbi fejezetekben látható volt a piaci igények, illetve a terméktervezés legkorábbi fázisaitól kezdve addig a pontig, amíg a termék betölti feladatát, egy adott térben vagy környezetben, magán hordozza az egészség megőrzésének problémaköréhez tartozó igényeket.

Megállapítások

A felhasználó képességek, a környezeti elvárások és a tervezés kapcsolatának vizsgálatából az alábbi megállapításokat szűrtem le:

A *hatékonyságra*, a *komfortra*, a *biztonságra* és az *egészség megőrzésére* vonatkozó szintközelítések nem egymással szemben, illetve egymás alá rendelve, hanem egymással párhuzamosan hajtandók végre. A cél tehát az, hogy a funkcionalitás egyes szintjei között a keletkező rést lefedjük, vagy a szinteket a lehetőségeknek és a céloknak megfelelően egymáshoz közelítsük.

Hivatkozások:

- Szabó Gyula 2002: Tervezés Speciális Felhasználói körök számára, oktatási segédlet, PXP Első Magyar Digitális Nyomda Rt.

További felhasznált irodalom:

- Dr. Czitán – Dr. Gutassy – Wilde 2006: Termékbiztonság az európai Unióban, Budapest
- BME Ergonómia és Pszichológia Tanszék óravázlatok, Budapest
- Dr. Bercsey Tibor – Dr. Izsó L. – Dr. Kövesi 1997: Termékbiztonság és Megbízhatóság, Budapest
- Klein Sándor 2004: Munkapszichológia, EDGE 2000, Budapest
- Dr. Kovács Zsolt – Horváth Péter György 2007: Termékbiztonság (óravázlat)
- Orbay Péterné 2003: Konyhatervezés, Invest-Marketing Bt., Budapest
- G. Pahl – W. Beitz – J. Feldhusen – K. H. Grote 2007: Engineering Design, Springer
- WHO 2002 Towards a Common Language for Functioning, Disability and Health ICF Geneva

Az ergonómiai tervezés illesztése a terméktervezési folyamatba

Gyakran felmerül a kérdés, hogy miként lehet egyszerűen értékelni egy termék ergonómiai helyességét. Milyen módszerek segítségével tudjuk már a tervezőasztalon a lehető legjobban kielégíteni a felhasználó ergonómiai igényeit. Mivel nem vagyunk egyformák, igényeink is eltérő, így nagyon nehéz erre válaszolni. Az irodalom több féle, főleg kérdőíves módszert ajánl, de nagyrésztük nem eléggé objektív, s az eredmények nehezen reprodukálhatóak. Dolgozatomban javaslatot szeretnék tenni egy olyan módszerre, mely az ergonómia lehetőségeit a matematikai statisztika eszközeivel egészíti ki.

Ergonómiai jellemzés alapjai

A világ megismerésének egyik leglényegesebb része az, mikor a megfigyelőnek az egyediben az általánost sikerül felfedeznie. Vagyis a sok elvárás után egy termékre rá tudjuk mondani, hogy ergonómikus. Mit is jelent ez valójában? Könnyen belátható, hogy ez a minősítés nem annyira egyszerű, nehéz objektívnek lennünk. Már antropometriai kérdéseknél kiderült, hogy nem vagyunk egyformák. Valahogy mégis el kell érünk, hogy az általunk tervezett tárgyat a felhasználói csoport igényeinek megfelelően tudja használni. Létezik tehát olyan eszköz a tervező kezében, mely lehetőséget ad ennek a problémának a leküzdésében. Van-e olyan minősítési elv, mely egyértelműen megmutatja, hogy az adott tárgy, vagy éppen épített környezeti elem az ergonómiai követelményeknek megfelel? (Koczor Z., 2000.)

A terméket a szó legszorosabb értelmezésével tevékenységek vagy folyamatok eredményeként használjuk. Ennek alapján termékként értelmezzük a megfogható javakat előállító gyártó és a szolgáltatást nyújtók szükségletet kielégítő teljesítményét. A termékekre gyakran használják a következő kategóriákat:

- hardver
- szoftver
- anyagok vagy feldolgozott termékek
- szolgáltatások.

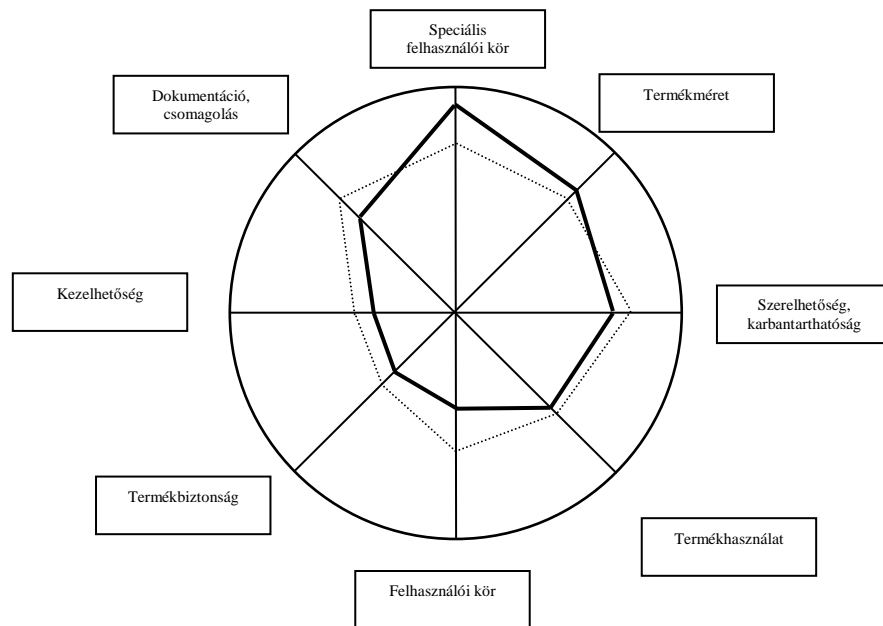
Természetesen a termékek lehetnek az általános termékkategóriák kombinációi is.

Egy termék jellemzői, köztük ergonómiai helyessége mind az elvárások kifejezettsége, mind a jellemzők megvalósulási szintje által kiváltott vevői és társadalmi elégedettség szempontjából különböző kategóriákba sorolhatók. A Kano modell szerint a termék jellemzőit három csoportba tudjuk sorolni. Az első csoportba azokat a terméktulajdonságokat sorolhatjuk, melyeket a felhasználó nem fogalmaz meg, mert azokat természetesnek vesz, s magasabb szintű kielégítése sem vált ki nagyobb elégedettséget. Általában a termék használatára vonatkozó biztonsági tulajdonságokat tudjuk ebbe a kategóriába sorolni. A második kategóriába olyan jellemzőket sorolhatunk, melyek alapvetően nincsenek a termékbe „beleértve”. Meglétük kellemes benyomást gyakorol a használóra. A harmadik csoportba azon tulajdonságokat sorolhatjuk, amelyeket a vevők nem csak elvárnak, hanem minél magasabb fokú kielégülésükön keresztül értékelik a terméket.

Az előbbi csoportosítás alapján láthatjuk, hogy mind a termékjellemzők, mind pedig azok szerepe igen összetett. Mindezek mellett azt is látnunk kell, hogy az egyes termékjellemzők megítélése az időben változik.

Minőségkövetelményeknek (ergonómiai minőséget is ide értjük) nevezzük összefoglalóan a termékre vonatkozó meghatározott és/vagy elvárt igények összességét. A minőségkövetelmények mérhetőségének biztosítására az elvárásokat lehetőleg mennyiségi jellemzőkké kell alakítani. A követelmények kifejezésére sokszor egy mérhető jellemző szintjét használjuk abszolút határértékként vagy az elvárásokat tükröző mennyiségekkel kombinálva relatív jellemzőként. Ha a jellemző mérésére nem áll rendelkezésre ilyen egyszerű lehetőség, mert a jellemző szubjektív elemeket

tartalmaz (az ergonómiai jellemzők jó része ilyen), vagy túl sok hatás egyidejű kifejezését akarjuk egyetlen értékkel leírni, akkor a jellemzőkre képzett egyedi mérőszámok is használhatók. (Koczor Z., 2000.)



14. ábra Minőségpoligon

Az ábra a termékergonómia részterületeinek teljesülését mutatja egy fiktív példa segítségével. A minőségpoligon szaggatott vonala a termékkel szembeni elvárásokat mutatja, míg a vastag vonallal körülhatárolt rész a termékben megvalósított ergonómiai szintet. Az ábra szemléletesen (de szubjektíven) mutatja a kettő közötti különbséget, azonban a tényleges arányt, illetve a konkrét értékeket már objektív paraméterek alapján kell meghatározni.

A következőkben két módszer bemutatása olvasható. Az egyik a QFD technikára alapul, a másik a kísérlettervezés módszerét alkalmazza. Mindkettő célja az, hogy egy megfelelő modellt alkossunk, mely segítségével a termék ergonómiai megfelelőségének értékelése és tervezése lehetséges.

QFD módszer alkalmazásának kísérletei a minőség javítására

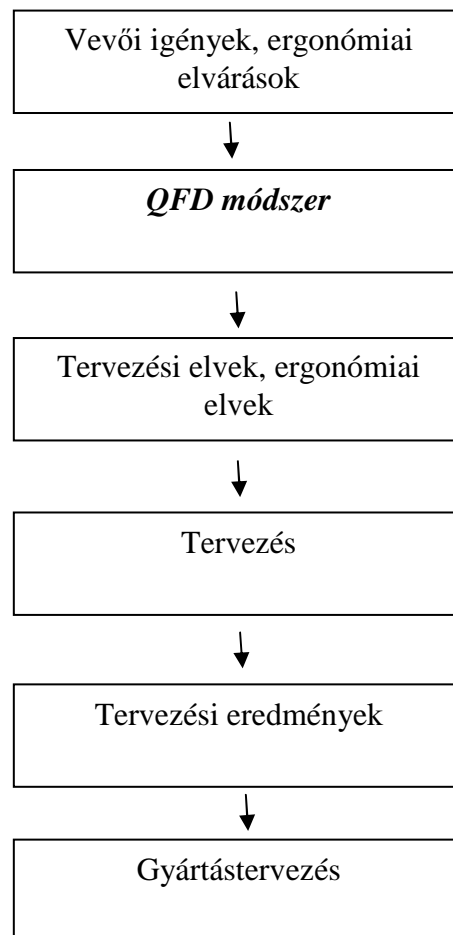
Lényeges kérdés egy termék minősítésével kapcsolatban, hogy az adott jellemzőt mi befolyásolja. Sok esetben könnyű ezt meghatározni, valamint a mért érték egyértelműen megadja számunkra a választ. Felületi minőségénél egy konkrét mennyiség az, ami számunkra megfelelő választ ad. Azonban az ergonómiánál más a helyzet. A jellemzők és a vevői elvárások sokkal összetettebbek. Kérdés az, hogy az egyes jellemzők mire, és milyen mértékben hatnak a termékkel kapcsolatban. Az egyes műszaki paraméterek hogyan hatnak egymásra, valamint az egyes elvárások teljesülése hogyan befolyásolja esetleg más elvárás teljesülését. Az alábbiakban annak a vizsgálatát szeretném szemléltetni, hogy az egyes jellemzők hogyan hatnak a tényleges ergonómiai minőségre, és milyen kölcsönhatások vannak köztük.

A termék több helyen, és több módon megfogalmazott igények hordozója, megjelenési formája. Műszaki paraméterek sokaságával igyekszünk ezeket az igényeket kielégíteni. Látnunk kell, hogy mind a vevői igények, mind pedig az ezekre adott válaszokban rejlő műszaki értékek (paraméterek) összefüggnek, sőt hatnak egymásra. Nem mindegy tehát, hogy az igények lefedésére milyen műszaki paraméter-kombinációt (faktor-kombinációt) határozzunk meg, hiszen ezek saját magukra, saját csoportjukra is hatnak.

A vevői igényekre épülő tervezésnek feltétele a vevői igények megismerése és az igényeknek a tervező szakmai, műszaki, ergonómiai nyelvére való lefordítása, újra fogalmazása. A cél a vevő által elvárt jellemzők teljesítése. Az elvárásoknak való pontos megfelelés azért lényeges, mert a gyengébb minőséget a vevő észleli, aminek gazdaságilag hátrányos következményei várhatóak. A jelentősen jobb tulajdonságoknak viszont legtöbbször olyan többletköltségei vannak, melyek vagy a termék nyereségességét, vagy az ár vevő általi elfogadhatóságát teszik kérdésessé. A kialakítandó kompromisszumnak összességében a vevő értékrendjét kell tükröznie. A QFD (Quality Function Deployment = minőségi funkciók felsorakoztatása/lebontása) módszere alkalmas arra, hogy a vevőktől a termékről megszerzett információkat, mint

bemenő adatokat szolgáltatassa, amelyek a gazdasági és szakmai tervezés során hasznosíthatók. (Koczor Z., 2000.)

Ezen módszer segítségével közelebb kerülünk a vevő ergonómiai igényeihez, valamint biztosítható az optimális erőforrás-ráfodítás. A módszert alkalmazhatjuk a tervezés előtt, valamint egy már meglévő termék fejlesztésénél is. Számszerűsíthetjük a részletes vevői igényeket, kezelhetjük a konkurens termék tulajdonságait, valamint hatékony értékesítési információkat gyűjthetünk. Az alábbi ábrán a terméktervezés hagyományos módját az ergonómiai elvárásokra szabott QFD módszerrel történt kiegészítés után szemléltethetjük. Az ábrán jól látható, hogy a nevezett módszer a hagyományos tervezési menethez igazodik, a tényleges tervezés és a vevői igények felmérése közé ékelődik.

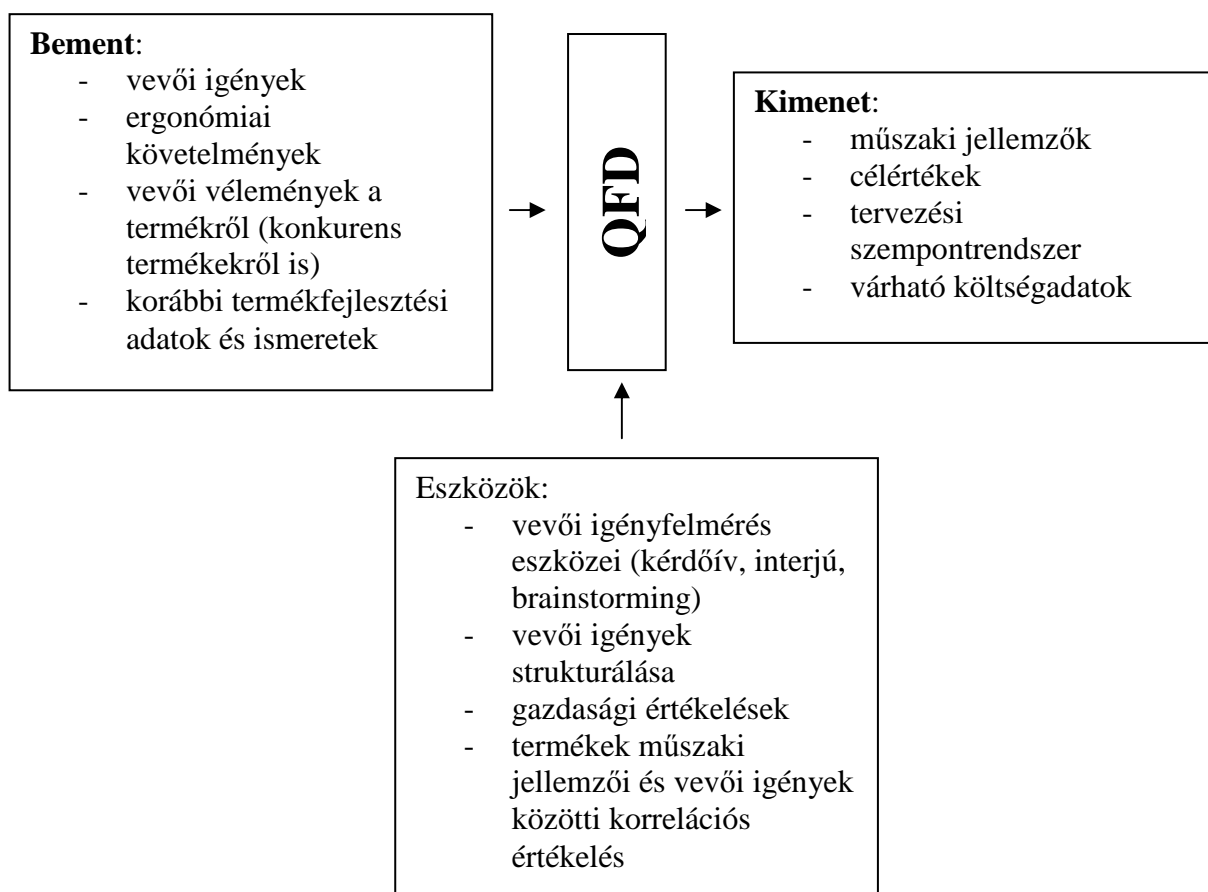


15. ábra Tervezés menete QFD módszerrel kiegészítve

A módszer előnyei:

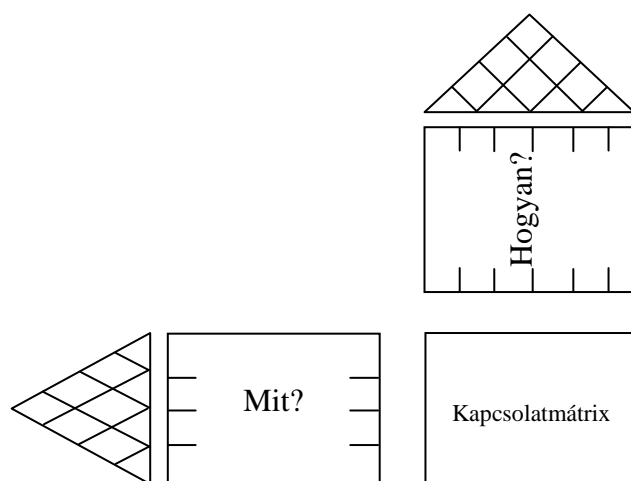
- jó, és használható tervet tudunk készíteni: nem csak a műszaki paramétereket, hanem a vevő ergonómiai igényit is kellő képpen tudjuk érvényesíteni a tervezés során
- a tervezés előtt már rendelkezésre állnak a konstrukció által teljesítendő követelmények: a vevő és a piac szubjektív elvárásait objektív módon tudjuk szolgáltatni a tervezők számára
- gazdaságos és költséghatékony gyártást tudunk megvalósítani: tesztmodellek száma csökkenthető
- tervezés előtti sokrétű adatgyűjtés javíthatja a gyártási technológiát

Az alábbi ábra a QFD kimenő és bemenő információt szemlélteti.



16. ábra QFD módszer információs irányai

A QFD módszer alkalmazásához elengedhetetlenek azok a vevői igények és piaci elvárások, melyek ismerete nélkül a tervezés eredménye kétséges. Ezeket a vevői igényeket és információkat, ahogyan azt az ábrán is láthatjuk, hagyományos marketing-eszközök segítségével szerezhethetjük be. Hasonló gyűjtésekhez hasonlóan itt is minél szélesebb körben, és a lehető legpontosabban behatárolt felhasználói csoporttól kell adatokat gyűjtenünk. Várhatóan ezek az adatok a műszaki élet számára zavaros, túlságosan szubjektív. Ennek megfelelően a begyűjtött adatokat szűrni és rangsorolni kell. Szűrésnél csak a tervezés szempontjából hasznos adatokat engedhetjük tovább. A hasonló és szinonim igényeket is ki kell szűrni, illetve megfelelően kell értelmeznünk.



17. ábra A QFD (minőség háza) felépítése, az egyes területek funkciói

A táblázat „Mit?” mezője a vevői igényeket tartalmazza, a felső „Hogyan?” mező pedig a műszaki paramétereket. A kapcsolatmátrix a vevői igények és a műszaki paraméterek összefüggéseit jelöli. A bal oldali tetőmátrix mező a vevői igények közti kapcsolat feltüntetésére szolgál. A felső tetőmátrix a műszaki paraméterek közti összefüggés megjelölésére szolgál.

A módszer során alkalmazott kapcsolatmátrix kitöltése a hagyományos módon történik. A mátrix bal oldali oszlopa a vevői elvárásokat tartalmazza. Ide kerülnek a „mit?” kérdésre adott vevői válaszok. A vevői igények összegyűjtése kérdőíves módszerrel történt. Az oszlopba a legtöbbet szerepelt és strukturált vevői igények kerültek. Az alábbiakban esettanulmányon keresztül mutatom be a módszer ergonomiai tervezésre

való adaptálását. A tanulmány általános használati célú székek ergonómiai megfelelőségének tervezésére vonatkozik, saját vevői igényfelmérésre alapozottan.

Vevői igények:

stabil legyen
teherbíró legyen
kényelmes ülést biztosítson
használata sérülést ne okozzon
kényelmes tapintás, megfelelő felületi kialakítása legyen
tisztítható felületek
esztétikus legyen
környezetbe illeszkedő legyen
pihentető testhelyzetet biztosítson
tehermentesítse a felsőtestet
tehermentesítse a lábakat
tartós legyen
rakásolható legyen
asztalhoz illeszkedjen

18. ábra Vevői igények felsorolása

A felsorolásból kitűnik, hogy a vevői igények, noha legtöbbször logikusak, azonban csak a legkisebb mértékben irányulnak kézzelfogható műszaki jellemzőkre, paraméterekre. Az igények egyaránt vonatkoznak a tényleges használatra, valamint a bútordarab és annak környezetével való kapcsolatára. A táblázat tartalmazta vevői igényeket a későbbiekben a kísérlettervezés passzív felmérésre alkalmaztam.

A mátrix másik fontos területe a „hogyan?” kérdésre válaszoló függőleges oszlopok. Ide a módszernek megfelelően a vevői igények kielégítését célzó műszaki megoldások és műszaki paraméterek kerültek. Ezen felsorolást az alábbi táblázat tartalmazza.

szerkezeti merevség
szerkezeti kötések erőssége
felületek kopásállósága
ülőlapp szélessége
ülőlapp mélysége
ülőlapp magassága
ülőlapp dőlésszöge
támla szélessége
támla magassága
támla dőlésszöge
karfa szélessége
karfa magassága
karfa hossza
támla görbülete
alkatrészek éllekerekítése
kárpit vastagsága
kárpit keménysége
szék tömege
felületi minőség
kárpitos felület légáteresztésének mértéke
kárpit felület hőszigetelő képessége
kárpitos felület páraáteresztésének mértéke
vegyszerállóság mértéke
szín

19. ábra Vizsgált műszaki paraméterek felsorolása

A felhasznált műszaki paraméterek ergonómiai szempontból jellemzik a terméket, jelen esetben a székeket. A paraméterek konkrét értékekkel, illetve tartománnyal jellemezhetőek. Azonban az egyszerűbb kezelés, és a vevőkkel történő kommunikáció miatt némely esetben (pl.: kárpit keménysége) önkényes paramétersort érdemes alkalmazni (pl.: lágy, félkemény,...). Mivel a mátrix kiindulási adatai jórészt szubjektívek, így bizonyos határok között a konkrét diszkrét értékeket is lehet így értelmezni.

A mátrix kitöltése előtt az egyes vevői igényeket súlyozni kell. A súlyozást páros összehasonlítással végeztem, konzisztencia-beclséssel ellenőrizve.

A páros összehasonlítás elvégzése ott indokolt, ahol több értékelési tényezővel kell számolnunk, s azok fontossága, súlya eltér egymástól. A különböző értékelési

tényezők súlyozását a szubjektív megfontolások torzíthatják. Az értékelés minél megbízhatóbb elvégzését a matematikai módszerek felhasználásával lehet biztosítani. Ekkor az eredményt a páronként felállított elemek közötti preferencia-döntésekre vezetjük vissza. A súlyszámokat tehát úgy határozzuk meg, hogy az értékelési tényezőket páronként összehasonlítva eldöntjük, melyiket preferáljuk, melyiket tartjuk fontosabbnak, s e döntéseket értékeljük.

A módszer lépéssorozata:

- párok képzése
- párok elemzése
- értékelés páronként
- preferencia-mátrix összeállítása
- konzisztencia (következetesség) vizsgálat

N – vevői igények száma (példánkban $N = 14$)

n – összes lehetséges párok száma a páros összehasonlításban.

a_i – a mátrix i -ik sorában található preferenciaértékek (*igen* szavazatok) összege

m – az értékelő személyek száma

Az összehasonlítandó igénypárok száma:

$$n = \binom{N}{k} = \frac{N!}{k!(N-k)!}$$

$$n = \binom{14}{2} = \frac{14!}{2!(14-2)!} = \frac{87178291200}{2 \cdot 479001600} = 91$$

A páros összehasonlítás az értékelő személynek lehetőséget ad inkonzisztens ítéletekre is (pl.: ha $A > B$ és $B > C$, akkor a következetes ítélet $A > C$ lenne, de a bíráló hozhatja a $C > A$ ítéletet is, ami inkonzisztens döntéstriád, azaz logikai tévedés).

$$\sum_{i=1}^{14} a_i = n$$

$$\sum_{i=1}^{14} a_i = 91$$

Ha a következő egyenlőség nem áll fenn, mivel az egyenlet jobb oldala nagyobb, mint a bal, akkor a mátrixban ellentmondás, azaz triád van.

$$\left(\sum_{i=1}^{14} a_i \right)^2 = \frac{N \cdot (N-1) \cdot (2N-1)}{6}$$

$$\left(\sum_{i=1}^{14} a_i^2 \right) = 801$$

$$\frac{N \cdot (N-1) \cdot (2N-1)}{6} = \frac{14 \cdot (14-1) \cdot (2 \cdot 14 - 1)}{6} = 819$$

Példánkban $819 > 801$, tehát a mátrix triádot tartalmaz, a bíráló nem következetes.

Határozzuk meg a K következetességi szint értékét %-ban.

$$K = \left(1 - \frac{d}{d_{\max}} \right) \cdot 100$$

ahol:

d – a triádok tényleges száma

d_{\max} – a triádok maximális lehetséges száma

Az inkonzisztens (következetlen) döntéstriádok száma esetünkben:

$$d = \frac{N \cdot (N-1)(2N-1)}{12} - \frac{\sum a^2}{2} = \frac{819}{2} - \frac{801}{2} = 9$$

A triádok maximális száma, d_{\max} :

Ha N páros, akkor

$$d_{\max} = \frac{N^3 - 4 \cdot N}{24}$$

Ha N páratlan, akkor

$$d_{\max} = \frac{N^3 - N}{24}$$

Mivel $N=14$, ezért az első képlettel számolhatunk.

$$d_{\max} = \frac{14^3 - 4 \cdot 14}{24} = 112, \text{ tehát}$$

$$K = \left(1 - \frac{9}{112}\right) \cdot 100 = 91,96\%$$

A döntések következetességi szintjének küszöbértékét 75%-ra vesszük. A számított értékünk magasabb, mint az elvárt szint, ennek megfelelően a mátrixban foglalt preferenciaértékeket elfogadjuk, azokat a véleményezők egyesített preferenciamátrixban összegezzük. Az értékelésben résztvevő többi személy esetében hasonlóan járunk el, a következetességi szint küszöbértéke alatt maradókat az értékelésből kizárjuk.

A páros összehasonlításnál használt mátrix segítségével a QFD táblázat soraihoz tartozó preferenciaarányt (súlyszámot) a következő módon számolhatjuk:

$$P_{a_i} = \frac{a_i + \frac{m}{2}}{m \cdot (n-1)}$$

ahol

m – az értékelésből nem kizárt személyek száma

A páros összehasonlítás eredményeként megkapjuk, hogy az egyes vevői igények teljesülése mennyire fontos a vevők számára. Az eredményt a következő ábra szemlélteti.

1	stabil legyen	x	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	49	7,5	1	0,083																					
2	teherbíró legyen	1	x	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	81	9,5	1	0,106																					
3	kényelmes ülést biztosítson	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	144	12,5	1	0,139																					
4	használatra sérülést ne okozzon	0	0	0	x	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	7	49	7,5	1	0,083																					
5	kényelmes tapintás, megfelelő felületi kialakítása legyen	0	0	0	0	x	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	4	16	4,5	1	0,05																					
6	tisztítható felületek	0	0	0	0	0	x	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3	9	3,5	1	0,039																					
7	esztétikus legyen	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1	0,017																					
8	környezetbe illeszkedő legyen	0	0	0	0	0	0	0	1	x	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3	9	3,5	1	0,039																					
9	pihentető testhelyeztetet biztosítson	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	x	0	1	1	1	1	1	1	1	11	121	11,5	1	0,128																					
10	tehermentesítse a lábakat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	169	13,5	1	0,15																					
11	tehermentesítse a felsőtestet	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	10	100	10,5	1	0,117																					
12	tartós legyen	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	x	1	1	1	1	1	6	36	6,5	1	0,072																					
13	rakaszalható legyen	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	x	0	1	1	1	1	1	1,5	1	0,017																					
14	asztalhoz illeszkedjen	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	x	1	1	x	4	16	4,5	1	0,05																					
																						Σ	91	801																						

20. ábra Páros összehasonlítás

A kitöltött és összegzett mátrixot az alábbi módon értékelhetjük. A számolt súlyszámokat a mátrix bal oldalán találhatjuk a preferenciaarány oszlopban. A számokból kiolvashatjuk, hogy melyek azok a sorok (vevői igények), melyeket a vevő a legjobban preferál. Láthatjuk, hogy a megkérdezett felhasználók a kényelmes használatot, valamint az alsó és felsőtest tehermentesítését tartják a legfontosabbaknak a székekkel kapcsolatban. A vevők ezen felmérés szerint a székek rakásolhatóságát, valamint esztétikáját tartják ergonómiai szempontból a legkevésbé fontosnak.

A kapcsolatmátrixban (I. számú melléklet) azokat a jelöléseket, illetve számokat láthatjuk, melyek azt jelzik, hogy az egyes vevői igények az egyes műszaki jellemzővel milyen kapcsolatban vannak. Több lehetséges jelölés közül itt a háromlépcsős jelölést láthatjuk. Ha semmilyen kapcsolat nem fedezhető fel az egyes vevői igény, illetve valamely műszaki paraméter között, akkor azon sor adott oszlopelemébe nem kerül szám. Az 1-es szám a gyenge, a 3-mas a közepes, 9-es szám pedig az erős összefüggést jelenti az igény és a műszaki paraméter között.

Adott sor súlyszámát az oszlopelemmel összeszorozva, majd oszloponként összeadva megkapjuk, hogy a vevői igények alapján melyek azok a műszaki paraméterek, melyek a legfontosabbak. Jelen felmérés szerint az ülőlap magassága, az ülőlap szélessége, valamint az ülőlap mélysége a legfontosabb a nevezett vevői igények szerint. Továbbá a módszer levezetése alapján az is bizonyított, hogy a műszaki gyakorlattal ellentétben (mint azt az esetek döntő többsége mutatja) nem egy-egy jellemzővel elégítünk ki egy-egy vevői igényt, hanem a műszaki jellemzők együttese, egy csoportja, határozza meg és elégíti ki az adott vevői igényeket.

A módszer alkalmazása során a kapcsolatmátrix két további mezővel került kiegészítésre. A táblázat tetején található egy tetőmátrix, mely az egyes műszaki jellemzők közti kapcsolatot mutatja. A kapcsolat erősségét a már korábban leírt számhármassal jellemeztem. Mindezek mellett a hagyományos QFD táblázatot a szokásostól eltérően egy további táblázattal egészítettem ki. Ez a mátrix a táblázat bal oldalán található. Itt az egyes vevői igények közötti kapcsolatot lehet feltüntetni. A kapcsolat erősségét szintén a használt számhármassal jelöltem.

A táblázatból kiolvasható, hogy a jelzett műszaki paraméterek közül a vevői ergonómiai igényekre az *ülőlap magassága*, az *ülőlap szélessége*, valamint az *ülőlap*

mélysége van a legnagyobb hatással. Ezért a tervezés során főleg ezekre a műszaki paraméterekre kell irányítani figyelmünket. A vizsgálat szerint a legkisebb figyelmet a szék tömegére, a felületek vegyszerállóságára, valamint a színre kell szentelni. A tetőmátrix alapján láthatjuk például, hogy az ülőlap szélessége és a támla szélessége, valamint a kárpit vastagsága és annak légáteresztő képessége között összefüggést találunk. A bal oldali mátrixról leolvashatjuk, hogy több vevői ergonómiai igény között van összefüggés. Erős kapcsolatot találunk például a pihentető testhelyzet és a felsőtest tehermentesítése között.

Ergonómiai minőség tervezése

Az ergonómiai minőséget több, a tárgyat, berendezést használó személy által értékelt jellemző határozza meg. Ezek mindegyike a termék kialakításának több mérhető és/vagy minősítési jellemzőjétől (tervezési paraméterek), valamint esetleges nem tervezhető jellemzőitől és környezeti, használati tényezőktől (zajtényezőktől) függ. Ezért az ergonómiai minőség összetevőit olyan függő változóknak tekinthetjük, amelyek mindegyikét a független változók (mennyiségi és kategorikus változók) egy csoportja befolyásol, így vizsgálatokra a faktoros kísérlet módszere alkalmas.

A következőkben az eddig leírtakra alapozva annak vizsgálatát szeretném bemutatni, hogy az egyes műszaki paraméterek egymással, illetve a vevői igényekkel milyen kapcsolatban vannak. Vizsgálni szeretném az egyes műszaki jellemzők hatását, esetleges kölcsönhatását.

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a kísérleteket mindig azért végezzük, hogy eredményeikből valamiféle információt nyerjünk, következtetéseket, megállapításokat vonjunk le. A kísérletek lehetnek aktívak, illetve passzívak. A két lehetőség között a különbség az, hogy ha a kísérleti körülményeket matematikai módszerekkel úgy választjuk meg, hogy a kísérlet információtartalma valamilyen értelemben maximális legyen (az adott információ megszerzéséhez a legkevesebb kísérletet kelljen elvégeznünk), akkor aktív kísérletről beszélünk. Ezzel szemben passzív esetben a kísérletek matematikai statisztikai értelemben nem tervezettek. Maga a kísérlettervezés azt jelenti, hogy kijelöljük a független változók terének azon pontjait, amelyekben kísérleteket fogunk végezni.

A kísérlettervezés célja szerint két fő irány különböztethető meg: a tudományos/oktató és a fenomenológikus/pragmatikus célú információszerzés. Jelen esetben fenomenológikus célról beszélhetünk, hiszen oktató kapcsolatokat nem akarunk meghatározni. Vizsgálataink során a független változóknak az optimális működés tartományát jellemző értékeit keressük. Mindezek mellett a függő változóknak az egyes független változók megváltoztatására való érzékenységét akarjuk megismerni,

és becsülni kívánjuk a függő változó értékét a független változók valamilyen beállításánál.

A kísérlettervezés néhány alapfogalma:

Faktorok: független változók, a minőségjellemzőt befolyásoló paraméterek és zajtényezők

Optimalizációs paraméter, célparaméter: függő változó, az a minőségjellemző, amelynek a kívánt értékét akarjuk biztosítani.

Faktortér: többdimenziós tér, koordinátái a faktorok, minden pontja valamely faktorkombinációt határoz meg. A faktortéren belül elhatárolható a faktorok értelmezési tartománya.

Válaszfelület: az optimalizációs paraméter értékeit tartalmazó többdimenziós felület. Minden pontja valamely faktorkombinációnak felel meg.

A faktorok befolyásának megismerésére (célparaméterre gyakorolt hatásuk meghatározására) kísérleteket végzünk, melyek során szándékosan változtatjuk az egyes faktorok értékét, és meghatározzuk a célparaméter felvett értékét.

A faktortér kísérleti tartománya: az egyes faktorok értékkészletének műszaki, gazdasági megfontolásokból, a megvalósíthatóságra vonatkozó előzetes ismeretekből, faktorok összeegyeztethetőségéből adódó határai.

Faktor alapszintje (nulla szint): a kísérletezéshez megválasztott kiinduló pont.

Variációs intervallum: a kísérleti beállítások felső illetve alsó szintjének távolsága az alapszinttől. A kétszeres intervallum átfoghatja a teljes kísérleti tartományt, vagy annak egy részét.

A befolyásoló paraméterek célparaméterre gyakorolt hatását vizsgálhatjuk úgy, hogy egyszerre csak egy paraméter beállítási szintjét változtatjuk, a többi faktor szintjének állandósága mellett. Célszerűbb a többfaktoros kísérleti terv, amikor is egyszerre több befolyásoló paraméter (faktor) szintjét változtatjuk. Ilyenkor az egyes faktorok beállítandó értékeiként a variációs intervallum két szélét vesszük fel (kétszintű faktoros kísérletek) illetve a centrumát is (háromszintű faktoros kísérletek). A kísérlet

tervében az egyes faktorok így meghatározott szintjeinek a különböző kombinációit alkalmazzuk, ezek lesznek az egyes kísérleti beállítások.

A kísérleti beállítások szintjeit kódolt formában célszerű megadni:

például kétszintű kísérletnél – (alsó szint) és + (felső szint), vagy 1 és 2 jelöléssel. A j -ik faktor kódolt értéke:

$$x_j = \frac{z_j - z_0}{I_j}$$

ahol

x_j - a j -ik faktor kódolt értéke,

z_j - a j -ik faktor értéke az eredeti léptékben,

z_0 - a j -ik faktor alapszintjének értéke az eredeti léptékben,

I_j - a j -ik faktor variációs intervalluma.

A faktorszintek kódolt értéke ekkor -1 illetve $+1$. Minőségi jellegű faktorok esetében az egyik szintet -1 , a másikat $+1$, háromszintű kísérletnél a harmadikat 0 kódolt értékkel vesszük számításba, a sorrend lényegtelen.

A többfaktoros kísérleti tervek célszerűen ortogonális elrendezésűek.

Ortogonalis kísérleti terv: a kísérleti mátrix bármely két oszlopvektorának szorzata zéró. (A faktorok terében egy „téglatest” csúcspontjaiba helyezzük a kísérleti beállításokat). A kísérleti tartomány széleire helyezve a beállításokat, az egyes faktorok lineáris hatása a legkisebb bizonytalansággal (variációval) becsülhető.

Az ortogonális kísérleti terv előnye: az egyes faktorok hatása egymástól függetlenül becsülhető!

Az összes lehetséges beállítást az un. *teljes faktoros terv* tartalmazza, melyben a beállítások száma p faktor és k szint esetében k^p . Mivel ez gyakran nagy számot eredményez, a kísérleti tervet meghatározott szabályok szerint redukálhatjuk, ezzel un. rész-faktortervet (részleges faktoros tervet) állítunk elő. A kísérleti tervet mátrix formában állítjuk össze, melynek oszlopai az egyes faktor főhatásoknak és kölcsönhatásoknak, sorai az egyes beállításoknak felelnek meg. Az egyes beállításokhoz a faktorok felvett szintjét kódolt formában adjuk meg.

Példaként lássuk egy háromfaktoros ($p=3$) kísérlet tervezési mátrixát:

Beállítás	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_2x_3	x_1x_3	$x_1x_2x_3$	y_j
1	+	-	-	-	+	+	+	-	y_1
2	+	+	-	-	-	+	-	+	y_2
3	+	-	+	-	-	-	+	+	y_3
4	+	+	+	-	+	-	-	-	y_4
5	+	-	-	+	+	-	-	+	y_5
6	+	+	-	+	-	-	+	-	y_6
7	+	-	+	+	-	+	-	-	y_7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	y_8

21. ábra Tervezési mátrix három faktorra

A faktoros kísérleti terv beállításainak eredményeiből az egyes faktorok hatása, illetve kísérleti eredményeket leíró matematikai modell regressziószámítás segítségével határozzuk meg.

A regressziószámítás illetve -analízis feladatai:

- a függvénykapcsolat (az $Y(x)$ elméleti regressziós függvény) paramétereinek becslése,
- ha lehetséges, a függvény alkalmasságára vonatkozó hipotézis vizsgálat,
- A paraméterekre vonatkozó hipotézis vizsgálata (pl. az elméleti regressziós egyenes átmegy-e az origón, ill. meredeksége szignifikánsan különbözik-e zérustól),
- konfidenciaintervallum, illetve konfidenciasáv számítása a függvény paramétereire és az $\hat{Y}(x)$ tapasztalati vagy empirikus regressziós görbére (a becsült függvényre).

Az illesztett függvényről alkotott elképzelés kétféle lehet:

- görbét (interpolációs formulát) kívánunk illeszteni, amely jól kezelhető, és a szükséges pontossággal reprezentálja a mérési adatokat,

- a változók közötti oksági összefüggést leíró modellt illesztünk, amelynek paraméterei fizikai értelemmel bírnak, így extrapolációra is használhatók.

A regresszió technikája a két esetben azonos, de a becsült paraméterekre vonatkozó statisztikai vizsgálatoknak elsősorban fizikai tartalom szempontjából megalapozott modellillesztés esetén van értelmük.

Vizsgáljuk a következő modellt: valamely (pl. fizikai) törvényszerűség értelmében az x független változó bizonyos értékénél a függő változó értéke $Y = \varphi(x)$.

A mérés során mérési pontatlanságok vagy az egyéb, a függvénykapcsolatban nem szereplő, de a jelenséget befolyásoló hatások miatt Y helyett valamely y értéket mérünk, amelyre, ha az ingadozások véletlenszerűek, és igen kis hatásúak, igaz, hogy $E(y|x) = Y$, vagy $y = Y + \varepsilon$, ahol ε a hiba és $E(\varepsilon) = 0$. Általában feltehető, hogy y eloszlása Y körül normális eloszlás, varianciája:

$$\text{Var}(y | x) = \sigma_y^2 = \text{Var}(\varepsilon).$$

Amennyiben nincsen ismert és igazolt fizikai összefüggés a változók között, hanem éppen ilyet keresünk, vagy csak a mérési eredményeket leíró, esetleg minden kauzális megfontolás nélkül alkotott függvénykapcsolatot keresünk (approximáció), a megfontolások ugyanúgy érvényesek, azzal a különbséggel, hogy nem lehetünk előre meggyőződve a függvény alkalmasságáról.

A regresszóanalízis során feltételezzük, hogy:

- $E(y | x) = Y(x) = f(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots)$ az ismert vagy feltételezett függvénykapcsolat alakja, ahol α, β, γ a függvény konstansai (paraméterei);
- $\text{Var}(y) = \text{Var}(y | x) = \text{konstans}$, illetve y -nak vagy x -nek ismert függvénye;
- a különböző i mérései pontokban elkövetett ε mérési hibák egymástól függetlenek;
- y és x minden értéknél normális eloszlású, vagyis az ε mérési hibák $N(0, \sigma)$ normális eloszlásúak.

Ha a feltételek nem teljesülnek, akkor is elvégezhetjük a függvények illesztését, de az ismertető statisztikai vizsgálatok nem használhatók, illetve a kapott becslések tulajdonságai mások lesznek.

Leggyakrabban polinomiális modellt illesztünk az eredményekre. Kétszintű kísérleteknél az egyes faktorok csak első hatványon szerepelhetnek. A matematikai modell általános alakja:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_{12} x_1 x_2 + \dots + \varepsilon$$

amelyben y a célparaméter valamely beállításnál mért értéke, β_1 stb. a faktorok lineáris hatásainak együtthatói, β_{12} stb. az egyes faktorok közötti kölcsönhatások együtthatói a modellben, ε a kísérleti hiba. A kísérleti hiba tartalmazza az y mérési hibája mellett a figyelembe nem vett (vizsgálatba be nem vont) többi faktor (köztük a kézben nem tartható faktorok) ingadozásának hatását is.

A valódi β modellegyütthatók mért értékek alapján nyert becsléseit jelöljük b betűvel és a megfelelő indexszel. Az együtthatók becslése ortogonális elrendezésű kísérleterről az alábbi általános összefüggéssel lehetséges:

$$b_j = \frac{\sum_i y_i x_{ij}}{\sum_i x_{ij}^2}$$

ahol i az i -edik beállításhoz, j a j -ik faktorra utal (b_0 kiszámítása esetén egy fiktív x_0 faktort veszünk fel, melynek értéke az ortogonális kísérleterről minden beállításhoz +1).

A modellegyütthatók becsült értékeivel felírt egyenlet a célparaméternek a regressziós modellel becsült értékeit adja meg:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_{12} x_1 x_2$$

Ez egy u.n. nem teljes magasabbfokú polinom, a $b_0, b_1, b_{12}, b_{123}$, stb. együttthatók teljes faktoros kísérletek esetén a választott modellnek megfelelő elméleti regressziós függvény együttthatóinak független becslései (a nem teljes faktoros tervekről később lesz szó):

$$b_0 \rightarrow \beta_0; \quad b_1 \rightarrow \beta_1; \quad b_{12} \rightarrow \beta_{12}; \quad b_{123} \rightarrow \beta_{123}.$$

A regressziós összefüggés kifejezi, hogy az egyes faktorok egyenként milyen mértékben változtatják a célparaméter értékét az átlagértékéhez képest, valamint két- és többfaktoros kölcsönhatásaik milyen mértékű változást eredményeznek. Más megfogalmazásban a kísérleti eredményekből a faktorok hatásait akarjuk megtudni.

Kétszintű kísérlet esetében egy faktor hatása azt jelöli, hogy mekkora változás következik be a célparaméter átlagos értékében, ha az adott faktor szintjét a kísérleti beállításokban az alacsonyról a magasra változtatjuk. Mivel a modellünk szerint a faktorunk értékét ekkor -1 -ről $+1$ -re növeltük, két egységgel változtattuk. A regressziós összefüggés együttthatói értelemszerűen az egyes faktorok egységnyi változtatásának tulajdonítható változást fejeznek ki. Ezért ebben az esetben a faktorhatás a megfelelő regressziós együtttható értékének kétszerese. Figyelembe véve, hogy a kétszintű ortogonális kísérleti tervben a $\sum x_{ij}^2$ kifejezés a -1 és $+1$ értékek négyzetének n -tagú szummája, így értéke n , a faktorhatások kiszámítására az alábbi általános összefüggések alkalmasak az egyedi faktorhatás illetve a kettő- vagy többfaktoros kölcsönhatások esetén :

$$E_j = \frac{\sum_i x_{ji} \cdot y_i}{n/2},$$

ahol

E_j - a tervezési mátrix j -ik oszlopának megfelelő faktor vagy interakció hatása,

x_{ji} - a tervezési mátrix j -ik oszlopának megfelelő faktor vagy interakció i -ik beállításhoz tartozó szintjének kódolt értéke

A vizsgálatokhoz szigorú értelemben vett aktív kísérletek alkalmazására a költség- és időtényező miatt nem volt lehetőségem. A passzív kísérletekkel (változó kialakítású, meglévő ülőbútorok vizsgálata) azonban aktív kísérlettervezés szimulálását

próbáltam megvalósítani. A kísérleti beállításokat az általános használatra szánt székek sokaságából az adott kialakítású egyedek (mintaelemek) kiválasztása, illetve módosítása jelentette. A minták jellemző paramétereit a II. számú melléklet tartalmazza. A vizsgált mintákról egy előre összeállított (korábbiakban szerepelt) kérdőív segítségével felhasználói véleményeket gyűjtöttem. A kérdőívek értékelését a III. számú melléklet tartalmazza. A vizsgálat, illetve a módszer bemutató jellege miatt nem törekedtem nagy számú kérdőív kitöltetésére, illetve a korábban szerepelt kapcsolatmátrixon műszaki szempontból elfogadható egyszerűsítést végeztem. A módszer levezetését két vevői igényen (kényelmes használat biztosítása, felsőtest tehermentesítése) kívánom bemutatni.

A nevezett két vevői igénnyel kapcsolatban öt különböző műszaki paraméter befolyását vizsgáltam. Ezek a műszaki jellemzők a vizsgálatban nevesített faktorok (független változók). Mivel egy-egy vevői igény teljesülési szintjét több faktor befolyásolja, így többfaktoros kísérlettervezésről beszélhetünk. Jelen vizsgálat során minden faktornál két faktorszintet határoztam meg.

A kísérlet során a vizsgálatba bevont faktorok:

- ülőlap szélessége
- ülőlap mélysége
- támla szélessége
- támla magassága
- támla dőlésszöge.

Az egyes faktorok szintjei, és a hozzá tartozó értékek:

Faktorok	1. szint	2. szint
ülőlap szélessége	370-425	426-480
ülőlap mélysége	360-409	410-460
támla szélessége	330-429	430-530
támla magassága	335-467	468-600
támla dőlésszöge	90-97	98-105

22. ábra Faktorszintekhez tartozó értékek

A vizsgálat során a faktorok számához igazodóan L8-as kísérlettervet választottam. (T. B. Barker, 1990.) Az alábbi táblázat az egyes faktorok beállítási szintjeit mutatja:

Kísérleti beállítás sorszáma	1	2	3	4	5	6	7
8	1	1	1	2	2	2	2
7	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	1	2	1	1	2
3	2	2	1	1	2	2	1
6	1	2	2	2	2	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2
4	2	1	2	1	2	1	2
1	2	1	2	2	1	2	1

23. ábra L8-as kísérletterv beállítási szintjei

Ez a kísérletterv hét faktor hatásának vizsgálatára alkalmas, azzal a megkötéssel, hogy a 3., 5. és 6. oszlopokat azon faktorok beállítására használjuk, amelyek nem állnak kétfaktoros kölcsönhatásban egyetlen faktoriall sem. Öt faktor esetén célszerűen alkalmazott beállítások (IV. számú melléklet):

Kísérleti beállítás sorszáma	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
8	1	1	1	2	2
7	1	1	1	1	1
2	2	2	1	2	2
3	2	2	1	1	1
6	1	2	2	2	1
5	1	2	2	1	2
4	2	1	2	1	2
1	2	1	2	2	1

24. ábra Kísérlethez alkalmazott beállítások

ahol

F_1 - ülőlapp szélessége

F_2 - támla szélessége

F_3 - támla magassága

F_4 - ülőlapp mélysége

F_5 - támla dőlésszöge

Az általános használatra szánt székek sokaságából 15 elemből álló minta állt rendelkezésemre. A minta 4 kivétellel tartalmazta a megfelelő kísérleti beállítással rendelkező elemeket. Ebből három szék minimális módosítással előállítható volt, a negyedik pedig két szék átlagával volt pótolható (V. számú melléklet). Ebben az esetben a két szék, melynek átlagát vettem, csak egy jellemző beállításában tért el. Az alábbi ábra azt mutatja, hogy mely székek, milyen kísérleti beállításnak felelnek meg:

Kísérleti beállítás sorszáma	8	7	2	3	6	5	4	1
Szék sorszáma	2	13	1	6 és 9 (két szék eredményeinek átlaga)	4 (ülőlapp szélességének csökkentésével)	8 (támla szélesítésével és magasításával)	3	15 (háttámla szélességének csökkentésével)

25. ábra A kísérleti minták megfeleltetése a kísérleti beállításokhoz

A kijelölt székek a kérdéses két kísérletben az alábbi osztályzatokat kapták (a módszer bemutatása miatt csak négy értékelő véleménye szerepel):

Szék sorszáma	2	13	1	6	9	4	8	3	15
Tulajdonosság minősítése	4 3 3 2 3 2 3 2 4 4 4 4 4 4 4,5	4 3 4 3,5 4 3 4 3 4 4 4 4 4 3,5	4 5 4 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	4 3 3 2,5 5 3 3 3,5 4 3 5 4 4 4 3,5	4 3 3 4 5 4 3 3 3 4 4 4 4 4 4,5	4 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	
Kényelmes használat biztosítása	4 3 3 2 3 2 3 2 4 4 4 4 4 4 4,5	4 3 4 3,5 4 3 4 3 4 4 4 4 4 4,5	4 5 4 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	4 3 3 2,5 5 3 3 3,5 4 3 5 4 4 4 3,5	4 3 3 4 5 4 3 3 3 4 4 4 4 4 4,5	4 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4,5	

26. ábra Kiválasztott székek értékelése

Először a kényelmes használatra vonatkozó kísérletet mutatom be. Az elemzéseket STATISTICA 8.0 számítógépes szoftverrel végeztem.

Az alábbi táblázatokban található jelölések magyarázata a következő:

VAR1...5 – faktor, független változó:

VAR1 - ülőlap szélessége

VAR2 - támla szélessége

VAR3 - támla magassága

VAR4 - ülőlap mélysége

VAR5 - támla dőlésszöge

VAR6 - függő változó (ez esetben a „kényelmes használat”, mint vevői igény)

Parameter Estimates (SpreadsheetPEPE2)						
Sigma-restricted parameterization						
Effect	Level of Effect	Column	Var6 Param.	Var6 Std.Err	Var6 t	Var6 p
Intercept		1	3,929688	0,099978	39,30536	0,000000
"Var1"	1	2	-0,273437	0,099978	-2,73497	0,011085
"Var2"	1	3	0,132812	0,099978	1,32841	0,195585
"Var3"	1	4	-0,226563	0,099978	-2,26611	0,032000
"Var4"	1	5	-0,101563	0,099978	-1,01584	0,319064
"Var5"	1	6	-0,070313	0,099978	-0,70328	0,488134

27. ábra A „kényelmes használat”-ra vonatkozó kísérletből meghatározott modellparaméterei

A fenti táblázat „Var6 Param.” oszlopa a megfigyelések eredményére illesztett lineáris regresszió modell paramétereit (konstans, illetve együtthatók) tartalmazza, mely utóbbiak itt az egyes független változók alapszintről (0 kódolt érték) az 1. szintre (-1 kódolt érték) történő változtatásának hatását jelentik. A táblázatból kiolvasható értékek alapján a kényelmes használatra vonatkozó összefüggés a következő:

$$y = 3,9296 + 0,2734 \cdot x_1 - 0,1328 \cdot x_2 + 0,2266 \cdot x_3 + 0,0116 \cdot x_4 + 0,0703 \cdot x_5$$

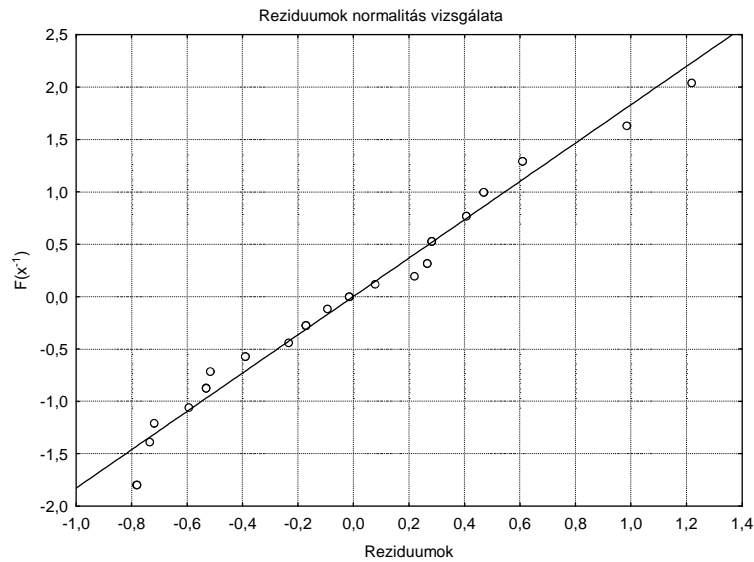
ahol

$x_1 \dots x_5$ - adott faktor beállításainak kódolt értéke

y - vevői igénypontra (kényelmes használat) kapott osztályzat

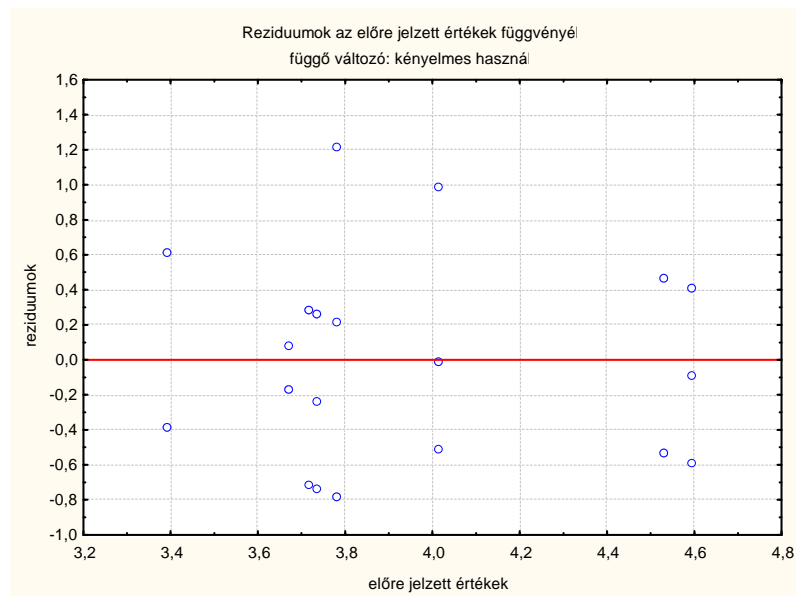
A táblázatból továbbá az is kiolvasható hogy a 4-es és 5-ös faktor hatása elhanyagolható (5 %-osnál csak lényegesen magasabb szinten szignifikáns). Az 1-es és 3-mas faktor hatása döntően befolyásolja a vizsgált tulajdonságot, a 2. faktor hatását nem célszerű figyelmen kívül hagyni.

Az alábbiakban bemutatom a regressziószámítás érvényességi feltételeinek a teljesülését. A reziduumok normalitásának vizsgálatával a cél az, hogy eldöntsük, hogy a maradékok véletlenszerűek-e. A Gauss hálózatban ábrázolt pontok egy egyenes mentén helyezkednek el, a normális eloszlásukra vonatkozó feltételezés elfogadható. Ebből következik, hogy a különbségek véletlenszerűek.



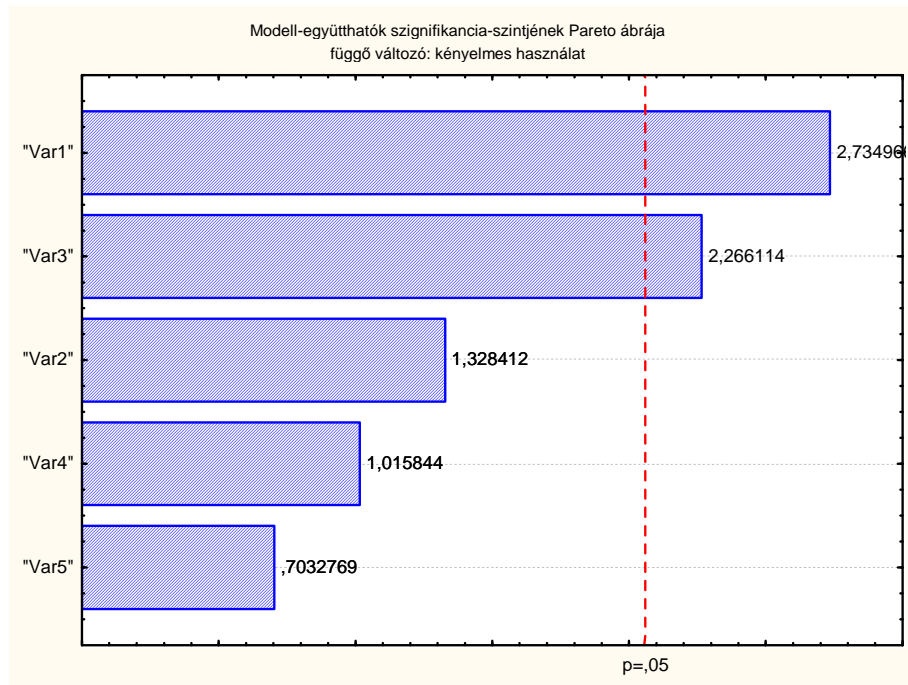
28. ábra Reziduumok normalitás vizsgálata

A következő ábra a reziduumokat mutatja az előre jelzett értékek függvényében. Láthatjuk, hogy trendet nem tartalmaz, a konstans variancia feltételezése elfogadható.



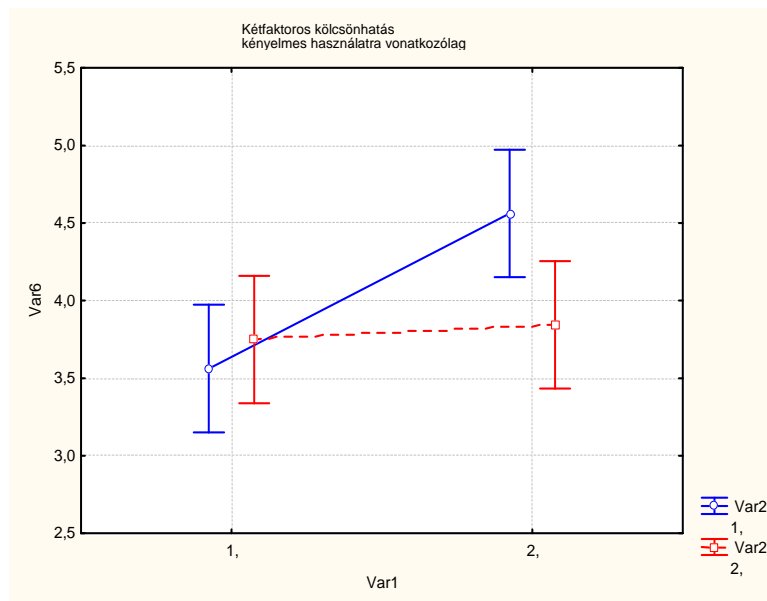
29. ábra Reziduumok az előre jelzett értékek függvényében

A Pareto ábra segítségével az egyes együtthatók adott konfidenciaszint (5 %) melletti szignifikanciáját láthatjuk. Láthatjuk, hogy az 1-es és 3-mas faktor ezen kísérletben szignifikáns.

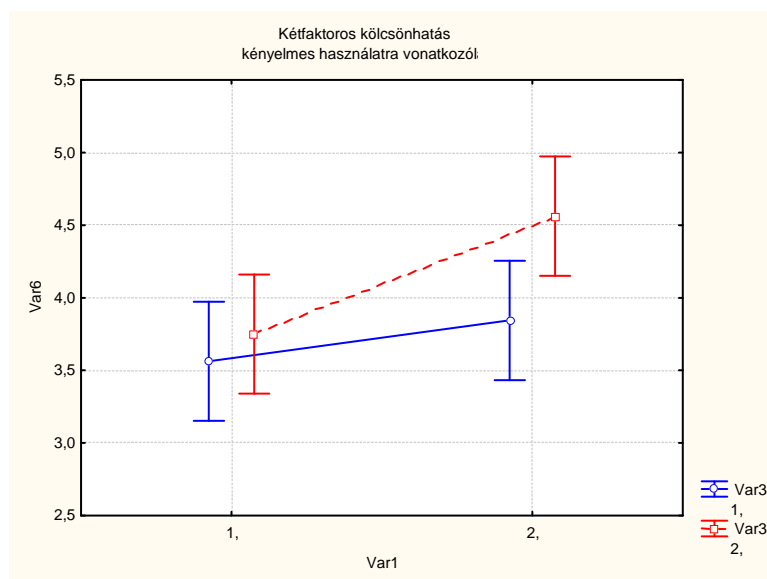


30. ábra Pareto ábra a faktorhatások standard normális eloszlású változóra transzformált értékeinek összehasonlítására (abszolút értékek).

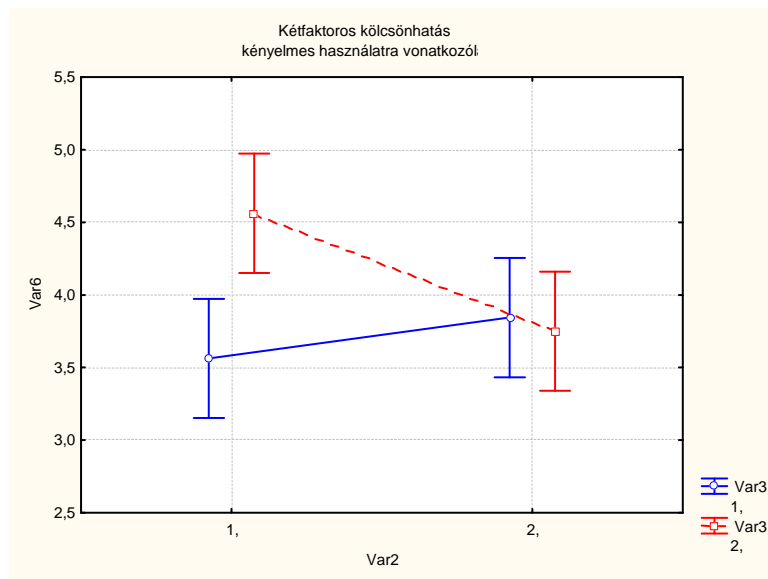
A 30 - 37. ábrásor a kétfaktoros kölcsönhatások diagramjait mutatja be, ezek a függő változó egyik faktor okozta változásának irányát és nagyságát a másik faktor két különböző szintje mellett ábrázolják. Az ábrák vizsgálatából megállapítható, hogy a piros és kék diagramról leolvasható változás különbsége csak a 4. és 5. faktor kölcsönhatása esetén haladja meg a 95%-os megbízhatósági intervallum szélességét, így a többi esetben a kölcsönhatás elhanyagolható. A 4. és 5. faktor közötti kölcsönhatás viszont megengedhető a választott kísérleti elrendezésben, mivel nem vesz része a főhatások-kölcsönhatások előálló keveredési rendszerének.



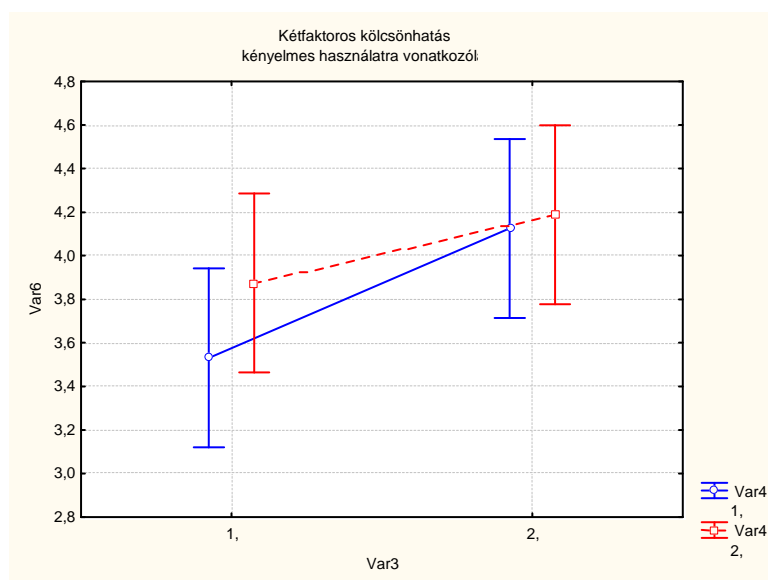
31. ábra: Az 1. és 2. faktor kölcsönhatás-diagrammja



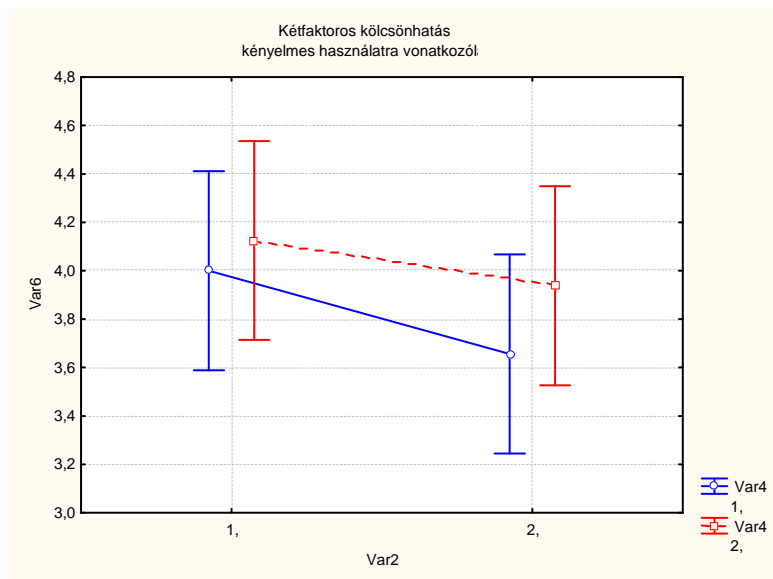
32. ábra: Az 1. és 3. faktor kölcsönhatás-diagrammja



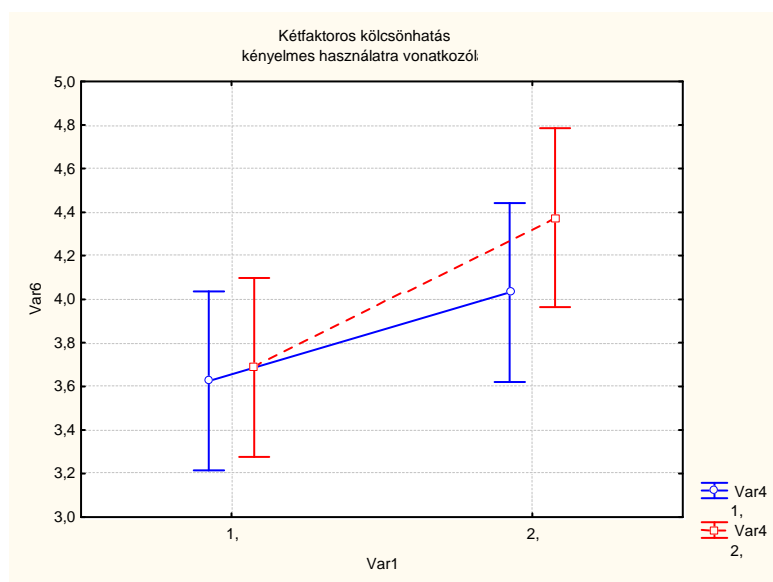
33. ábra: A 2. és 3. faktor kölcsönhatás-diagrammja



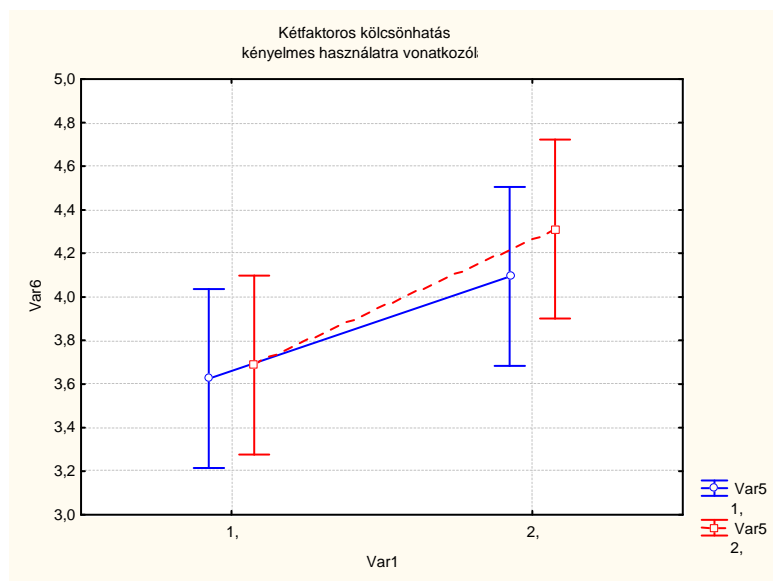
34. ábra: A 3. és 4. faktor kölcsönhatás-diagrammja



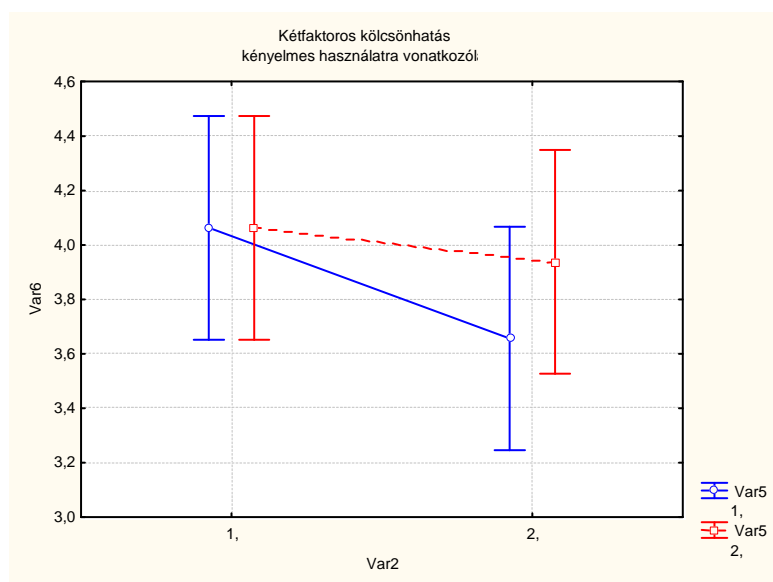
35. ábra: A 2. és 4. faktor kölcsönhatás-diagrammja



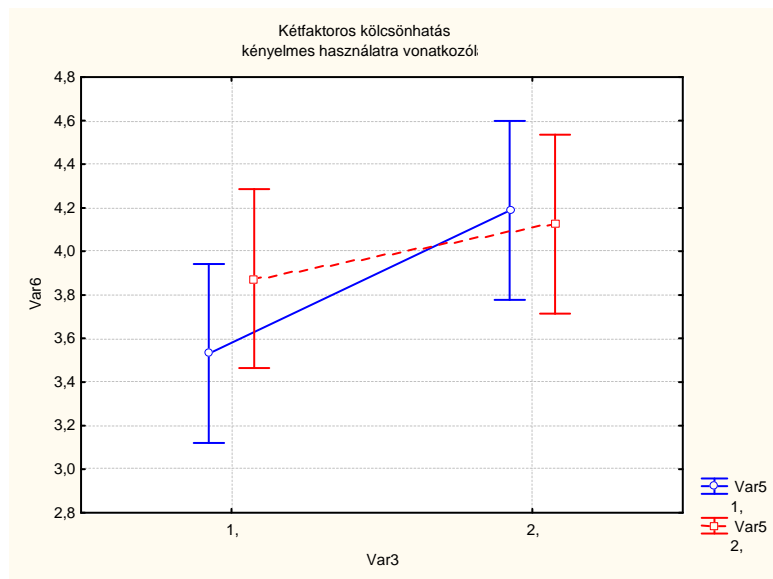
36. ábra: Az 1. és 4. faktor kölcsönhatás-diagrammja



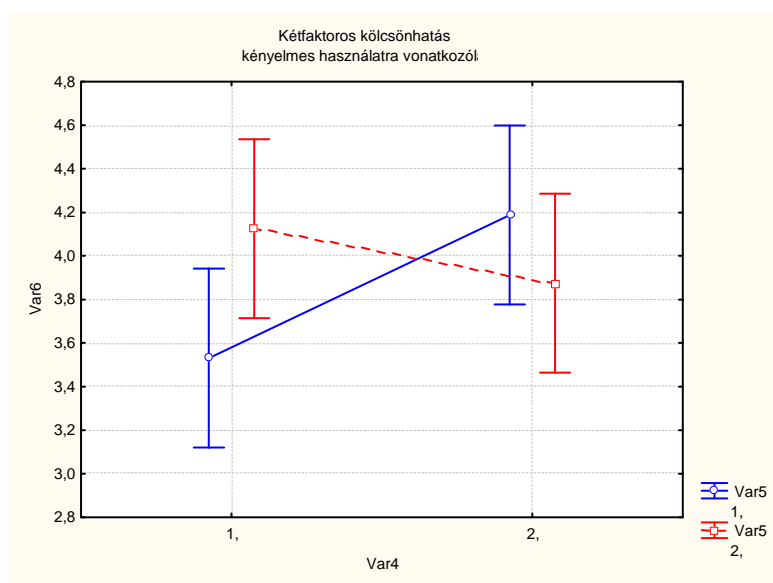
37. ábra: Az 1. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja



38. ábra: A 2. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja

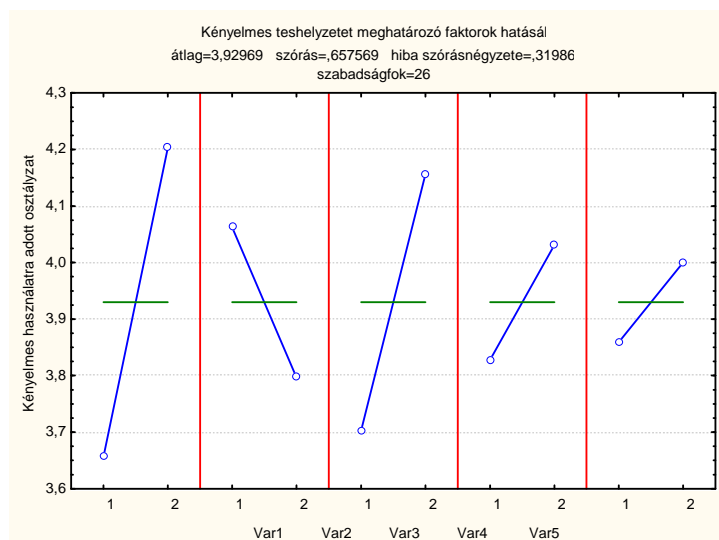


39. ábra: A 3. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja



40. ábra: A 4. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja

A kényelmes használatra vonatkozó utolsó ábra a faktorok egyedi hatását mutatja. Jól látható, hogy jelentős hatása az 1-es, illetve a 3-mas faktornak van. A 2-es faktornak a nevezett tulajdonságra gyenge, míg a 4-es és 5-ös faktornak elhanyagolható hatása van.



41. ábra: Faktorok egyedi hatása

Várható osztályzat optimális körülmények (optimális együttthatókkal, optimális faktor-kombinációval) között 4,7343. Az együttthatók a korábban szerepelt összefüggésbe írható kódolt értékek.

Factor			
	Level	Effect Size	Standard Error
{1}Var1	2	0,273438	0,282782
{2}Var2	1	0,132813	0,282782
{3}Var3	2	0,226563	0,282782
{4}Var4	2	0,101563	0,282782
{5}Var5	2	0,070313	0,282782
Expecter		4,734375	

42. ábra Optimális beállítások

Az egyes faktorok optimális beállítását a „level” oszlopban láthatjuk. Mivel az antropometria egyik fő megállapítása, hogy az emberek nem egyformák, így elfogadható az, hogy az egyes faktorokra, faktor szintekre tartományokat adunk meg.

A következőkben a már bemutatott módon egy másik vevői igény (felsőtest tehermentesítése) elemzését láthatjuk.

Az alábbi táblázatokban található jelölések magyarázata a következő:

VAR1...5 – faktor, független változó:

VAR1 - ülőlap szélessége

VAR2 - támla szélessége

VAR3 - támla magassága

VAR4 - ülőlap mélysége

VAR5 - támla dőlésszöge

VAR7 - függő változó (ez esetben a „felsőtest tehermentesítése”, mint vevői igény)

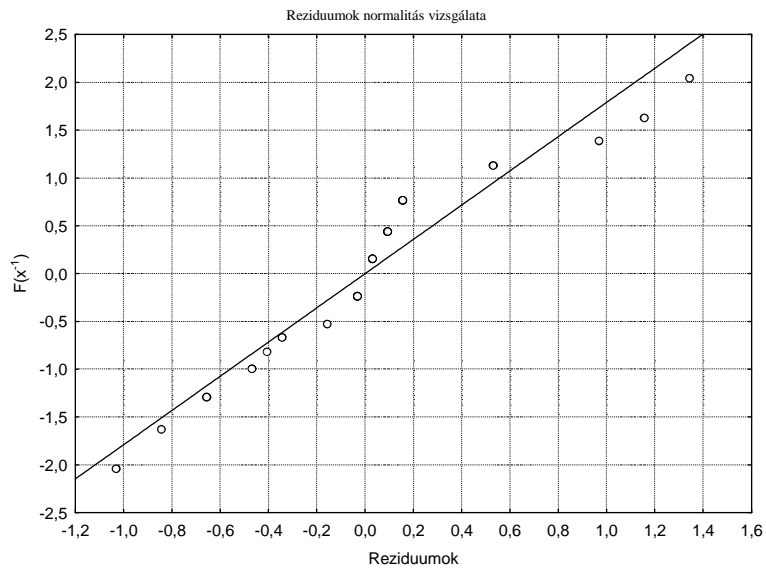
Effect	Parameter Estimates (SpreadsheetPEPE2) Sigma-restricted parameterization				
	Level of Effect	Column	Var7 Param.	Var7 Std.Err	Var7 t
Intercept		1	3,531250	0,099767	35,39502
"Var1"	1	2	-0,281250	0,099767	-2,81907
"Var2"	1	3	-0,187500	0,099767	-1,87938
"Var3"	1	4	-0,312500	0,099767	-3,13230
"Var4"	1	5	-0,093750	0,099767	-0,93969
"Var5"	1	6	-0,187500	0,099767	-1,87938

43. ábra A „felsőtest tehermentesítése”-re vonatkozó kísérlet paraméterei

A fenti táblázat „Var7 Param.” oszlopa a megfigyelések eredményére illesztett lineáris regresszió modell paramétereit (konstans, illetve együtthatók) tartalmazza. A táblázatból kiolvasható értékek alapján a „felsőtest tehermentesítésére” vonatkozó összefüggés a következő:

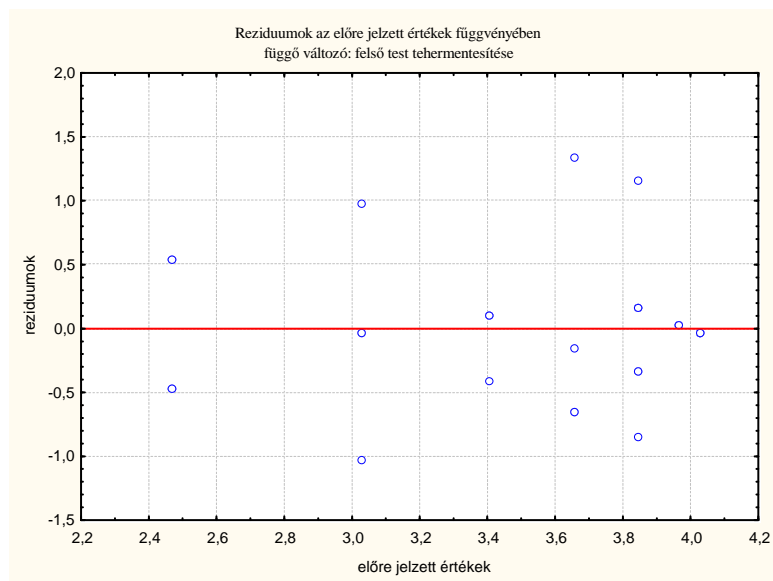
$$y = 3,5313 + 0,2813 \cdot x_1 + 0,1875 \cdot x_2 + 0,3125 \cdot x_3 + 0,0938 \cdot x_4 + 0,1875 \cdot x_5$$

A következő ábra a reziduumok normalitásának vizsgálatát mutatja. A felvitt pontok egy egyenes mentén helyezkednek el, ezért a maradékok normális eloszlást követnek.



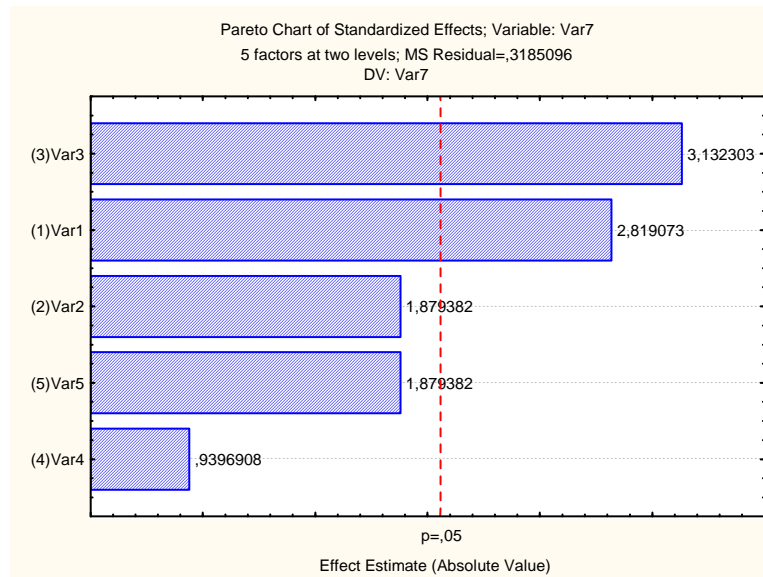
44. ábra Reziduumok normalitás vizsgálata

A következő ábra a reziduumokat mutatja az előre jelzett értékek függvényében. Láthatjuk, hogy trendet nem tartalmaz, a konstans variancia feltételezése elfogadható.



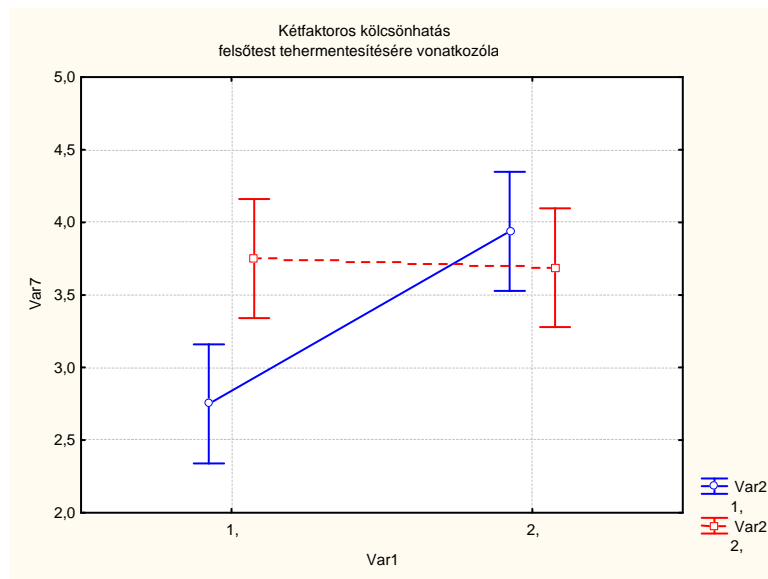
45. ábra Reziduumok az előre jelzett értékek függvényében

A Pareto ábra segítségével az egyes együtthatók adott konfidenciaszint (5 %) melletti szignifikanciáját láthatjuk. Láthatjuk, hogy az 1-es és 3-mas faktor ezen kísérletben szignifikáns.

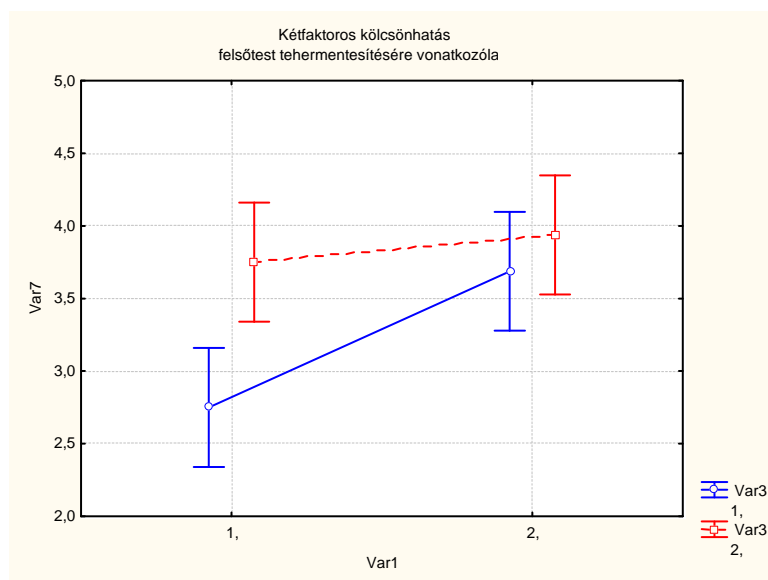


46. ábra Pareto ábra a faktorhatások standard normális eloszlású változóra transzformált értékeinek összehasonlítására (abszolút értékek).

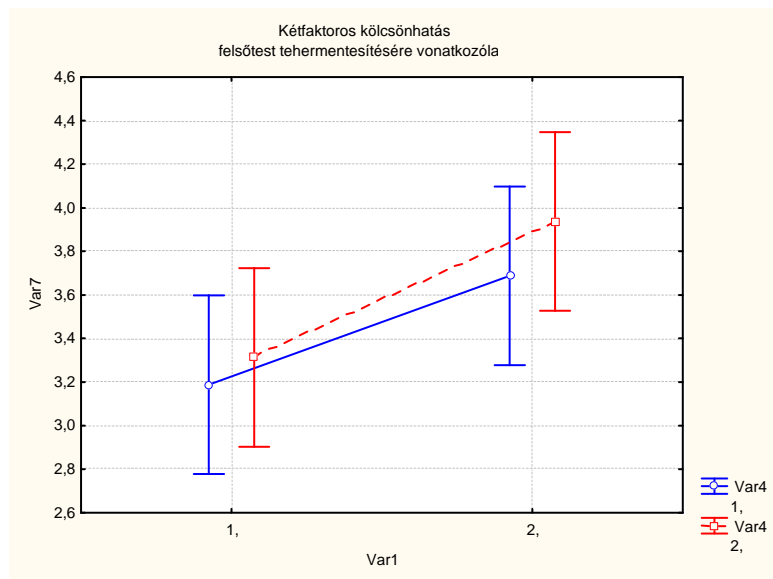
A 46 -55. ábrásor azt igazolja, hogy a faktorok közti két-faktoros kölcsönhatások a 4. és 5., illetve 1. és 2. faktorok közötti kölcsönhatást kivéve elhanyagolhatók. Ez utóbbi megengedhető a választott kísérleti elrendezésben.



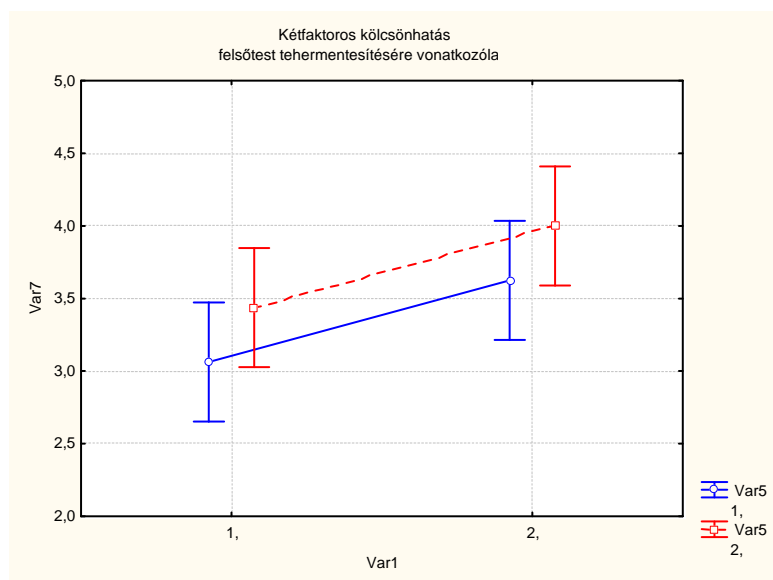
47. ábra: Az 1. és 2. faktor kölcsönhatás-diagrammja



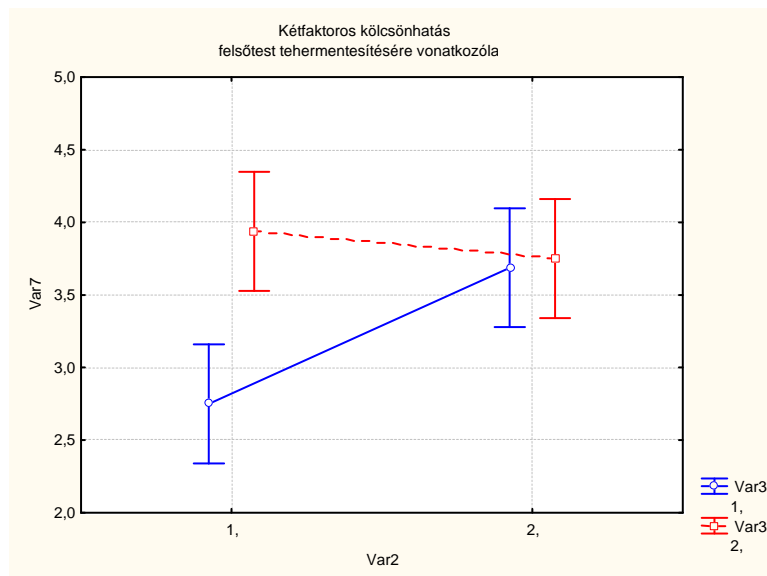
48. ábra: Az 1. és 3. faktor kölcsönhatás-diagrammja



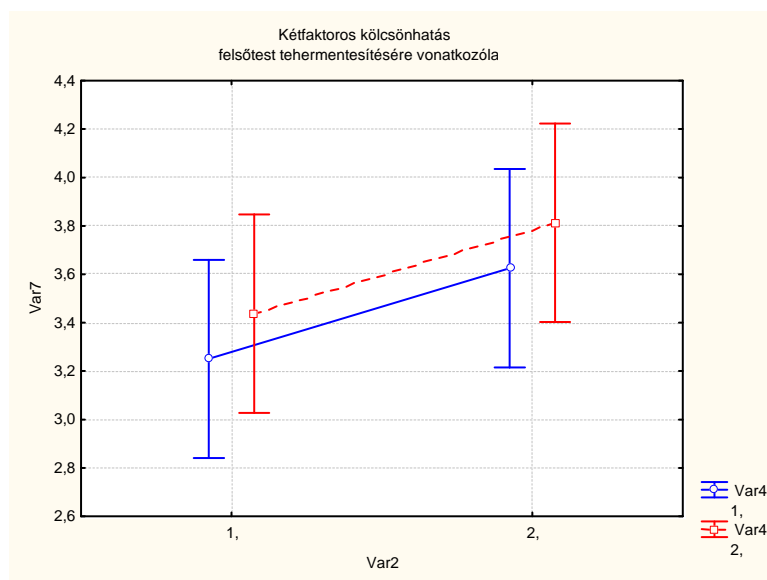
49. ábra: Az 1. és 4. faktor kölcsönhatás-diagrammja



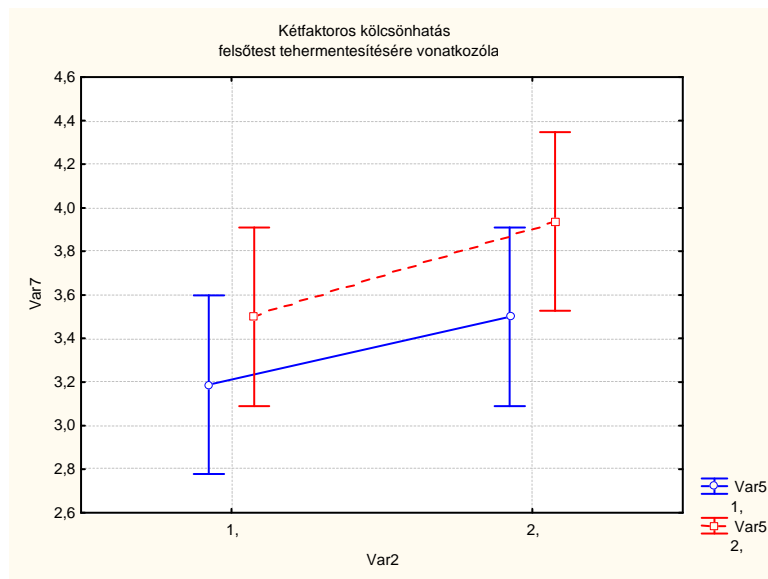
50. ábra: Az 1. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja



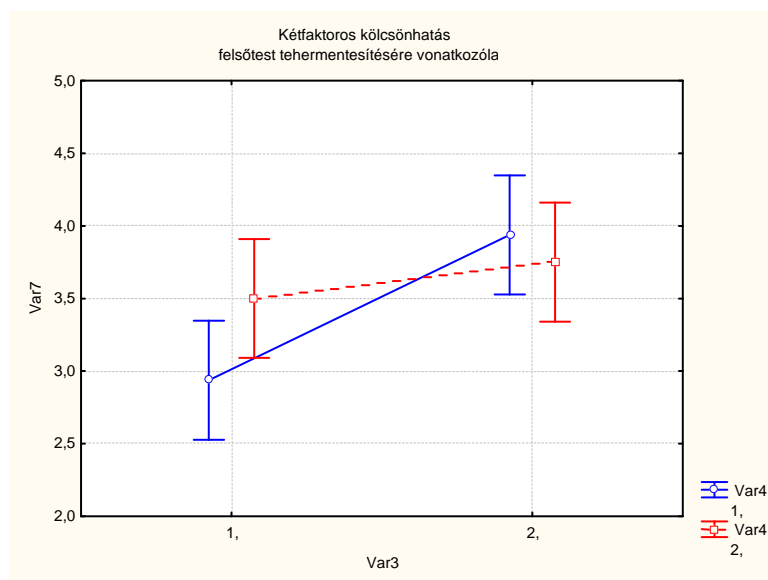
51. ábra: A 2. és 3. faktor kölcsönhatás-diagrammja



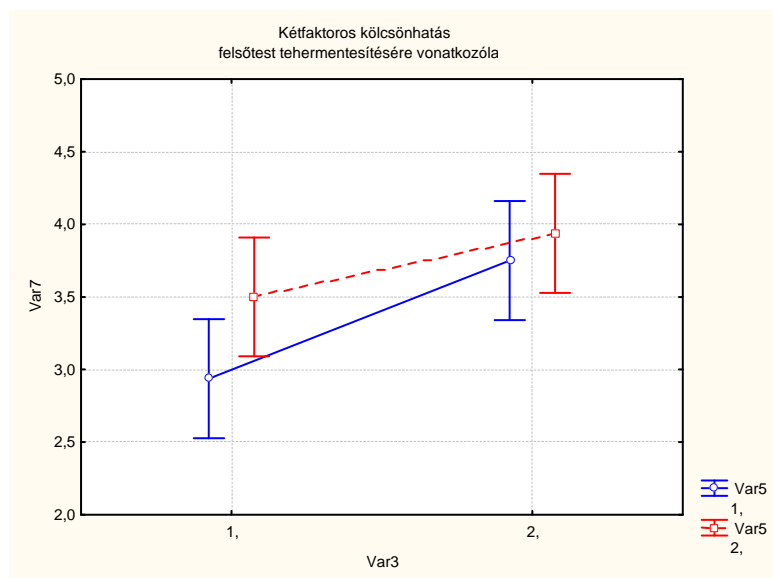
52. ábra: A 2. és 4. faktor kölcsönhatás-diagrammja



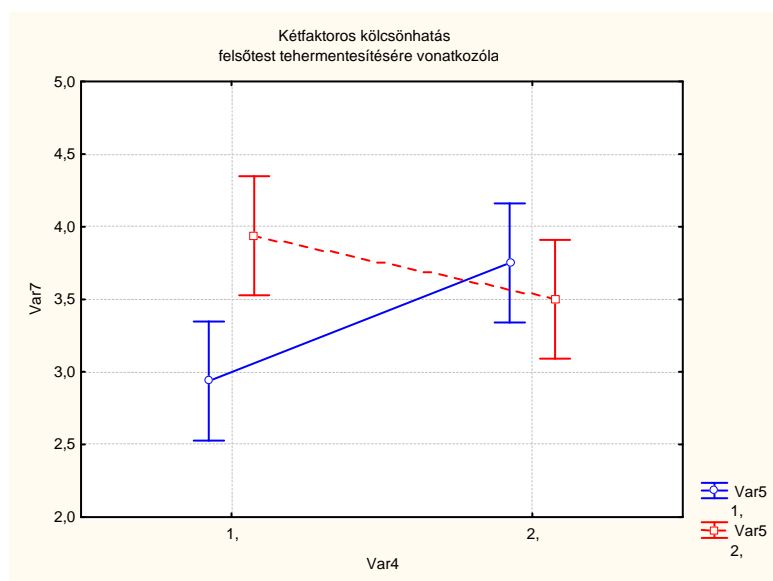
53. ábra: A 2. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja



54. ábra: A 3. és 4. faktor kölcsönhatás-diagrammja

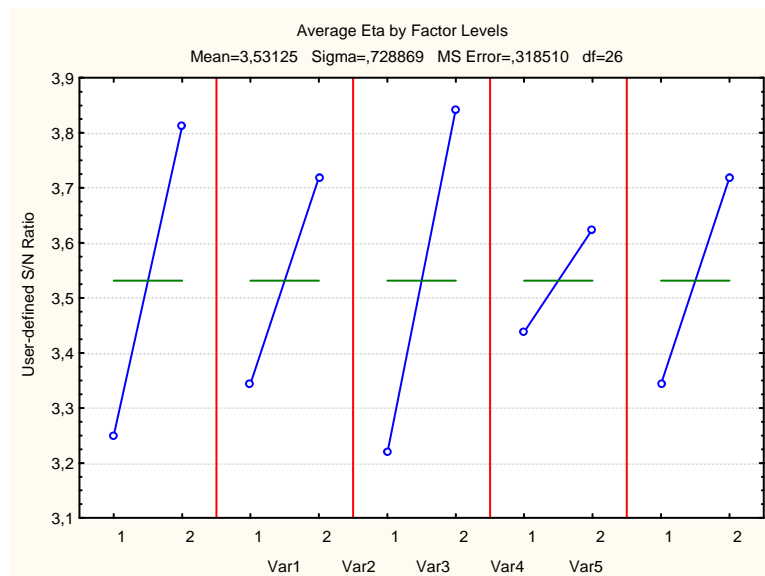


55. ábra: A 3. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja



56. ábra: A 4. és 5. faktor kölcsönhatás-diagrammja

A „felsőtest tehermentesítésére” vonatkozó utolsó ábra a faktorok egyedi hatását mutatja. Jól látható, hogy jelentős hatása az 1-es, illetve a 3-mas faktornak van. A 2-es és 5-ös faktornak a nevezett tulajdonságra gyenge, míg a 4-es faktornak elhanyagolható hatása van.



57. ábra Faktorok egyedi hatása

Várható osztályzat optimális körülmények (optimális együtthatókkal, optimális faktor-kombinációval) között 4,59375. Az együtthatók a korábban szerepelt összefüggésbe írható kódolt értékek.

Factor	Expected S/N Ratio under Optimun Mean = 3,53125 Sigma = ,728869		
	Level	Effect Size	Standard Error
{1}Var1	2	0,281250	0,282183
{2}Var2	2	0,187500	0,282183
{3}Var3	2	0,312500	0,282183
{4}Var4	2	0,093750	0,282183
{5}Var5	2	0,187500	0,282183
Expected S/N		4,593750	

58. ábra Optimális beállítások

Az illusztrációs céllal bemutatott kísérletsorral azt kívántam igazolni, hogy a faktoros kísérlet módszerére alapozottan – folyamatosan és tervszerűen gyűjtött kísérleti adatok felhasználásával – az ergonómiai megfelelésre való tervezés működőképes modellje építhető fel.

A modell felépítése:

- Az ergonómiai megfelelés használati, értékelési tényezőiknek az azonosítása.
- Az értékelési tényezőket befolyásoló termékjellemzők (szerkezeti, méreti, anyagi, termékműködtetési, stb....) számbavétele.
- Az egyes termékjellemzők értéktartományainak felmérése. Szintek meghatározása a kétszintű, ill. háromszintű kísérletekhez.
- Racionális méretű kísérlettervek felállítása a befolyásoló tényezők hatásának vizsgálatához.
- A kísérletterv kísérleti beállításainak megvalósítása:
 - Célrányosan készített termékkel/modellel
 - Célrányosan megkeresett meglévő termékkel
 - Célrányosan módosított meglévő termékkel
- A kísérleti beállítások értékelése, az ergonómiai tényezők teljesülési szintjének megítélése kipróbálással.
- A kísérletterv kiértékelése
 - Jelentős hatású tervezési jellemzők meghatározása
 - Jelentős kölcsönhatások azonosítása
 - Matematikai (regressziós) modell meghatározása
- A jelentős hatású termékjellemzőkkel esetleges háromszintű kísérletek elvégzése, kiértékelése.
- Az eredmények gyakorlati implementálása: adott ergonómiai tényezők kívánt szintjét eredményező termékjellemzők megválasztása a regressziós modell segítségével.

Megállapítások

Ebben a fejezetben a QFD és a kísérlettervezés új lehetőségeit mutattam be. A módszer kiegészítés lehet más, hagyományos módszerek mellett. Véleményem szerint a kísérlettervezéses módszerben további lehetőségek rejlenek, melyek kihasználása nagyobb adatbázis megteremtésével lehetséges.

Hivatkozások:

- Thomas B. Barker 1990: Engineering Quality by Design, Marcel Dekker, Inc., ASQC Quality Press
- Koczor Zoltán 2000: Bevezetés a minőségügybe, Műszaki Kiadó

További felhasznált irodalom:

- Dr. Dénes Levente 2006: Új furnéralapú termék kifejlesztése kísérlettervezéssel, doktori értekezés, NymE FMK TGYI
- Bob E. Hayes 1991: Measuring Customer Satisfaction, Development and Use of Questionnaires, ASQC Quality Press
- Dr. Iványi Attila Szilárd 1980: A gyártmányok versenyképességének fokozása értékelemzéssel. KIK
- Kemény Sándor 1998: Statisztikai minőség- (megfelelőség-) szabályozás, Műszaki kiadó
- Kemény Sándor – Deák András 2000: Kísérletek tervezése és értékelése, Műszaki Könyvkiadó
- Dr. Kindler J. – Dr. Papp Ottó 1972: Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Dr. Kovács Zsolt 2008: Minőségtervezés, elektronikus jegyzet, tgyi.fmk.nyme.hu
- Dr. Kovács Zsolt 2009: Kísérlettervezés, elektronikus jegyzet, tgyi.fmk.nyme.hu
- N. F. M. Roozenburg – J. Eekels 1995: Product Design, John Wiley & Sons
- Taguchi G. 2000: Robust Engineering, McGraw-Hill

Az elméleti vizsgálódások és a kísérletek összefoglalása, a tézisek megalapozása

Dolgozatom feladatául és elérendő céljául az ergonómia gyakorlati alkalmazásainak és lehetőségeinek vizsgálatát tűztem ki. Első körben a tudományterület kereteivel és más tudománnyal való kapcsolatát elemeztem a rendszerelmélet segítségével. Rávilágítottam azokra a fontosabb tulajdonságokra, melyek segítségével az ergonómia könnyebben és gyakorlatiasabban értelmezhető.

Ezt követően a termék életének egyes mozzanatait, valamint az ergonómia kapcsolatát vizsgáltam. Munkám eredményeként egy összefoglaló táblázatot készítettem, mely összefüggéseiben összefoglalja azokat az ergonómiával kapcsolatos teendőket, melyek feladatai kell legyenek a tervezőnek, midőn végigkíséri a terméket az ötlettől a megsemmisítésig.

Munkám harmadik részében a Rés-elméletet dolgoztam fel. Az elv hagyományos alkalmazásán túlmutatóan feltártam azokat a lehetőségeket, melyek további szerepet szánhatnak az elv alkalmazásának.

Végezetül a matematikai statisztika és a minőségtervezés egy-egy módszerének alkalmazási lehetőségeit vizsgáltam az ergonómia területén. Javaslatot tettem a QFD módszer új, ergonómia területén történő alkalmazására. Összefüggéseket kerestem az ergonómiai minőség, a vevői igények, valamint ez egyes műszaki paraméterek között. Ezt követően a kísérlettervezés alkalmazhatóságát elemeztem a tervezhető ergonómiai minőség tekintetében. Elgondolásom szerint a módszer alkalmas arra, hogy megfelelő terjedelmű termék-adatbázis segítségével már a tervezőasztalon meg lehessen becsülni azt, hogy a tervezett termék milyen mértékben fogja kielégíteni a felhasználó ergonómiai igényeit.

Véleményem szerint a munkám elején kitűzött célokat elértem, a témával kapcsolatos elemezni kívánt kérdéseket megválaszoltam.

Horváth Péter György

Tézisek

1.

A terméktervezés diszciplínáját elsősorban az ergonómia tudományára kell alapozni. Minden emberi igénykielégítés ergonómiára vezethető vissza (vagy ergonómiai alapon fogalmazható meg). A felhasználó igényei alá kell rendelni a tervezést, vagyis az ergonómia elveit a gazdasági, esztétikai és műszaki szempontokra is érvényesíteni kell.

Kiegészítés: Az ergonómia integrálja a tudást, integráló tudomány. Adatokat gyűjt, elveket fogalmaz meg. Az ergonómia célja szerint egyrészt egy tudomány, mely egy rendszerben az ember (felhasználó) és a rendszer más elemei közötti interakciókat vizsgálja, másrészt szakma, amely elméleteket, elveket, adatokat és módszereket alkalmaz a tervezés folyamán, abból a célból, hogy optimalizálja az emberi jó közérzetet és a rendszer teljesítőképességét.

2.

A termék, mint rendszer, alrendszerek kapcsolatával modellezhető. A terméktervezés szempontjából alapvetően az alábbi alrendszerekben kell gondolkodnunk:

- Forma alrendszer
- Funkció alrendszer
- Szerkezet alrendszer
- Anyag alrendszer
- Méret alrendszer

3.

Megállapítottam, hogy az ergonómia tudományára alapozott módszerrel képesek vagyunk a felhasználó és a termék között létrejött interakció során megjelenő rést megszüntetni. Ezáltal az ergonómia egy új feladata a termékfejlesztésben, hogy adott környezetben a felhasználó és a termék között létrejött interakció során megjelenő rést megszüntesse.

Kiegészítés: A Rész elmélet alapvetően azon alapszik, hogy a felhasználótól elvárt képesség és a felhasználó tényleges képessége valamely károsodás miatt nem azonos (a felhasználó képessége alacsonyabb, mint amit a termékkörnyezet elvár). Ezt a rést azonban tágabb értelemben is értelmezhetjük, mint például a hatékonyság, a kényelem, a biztonság, illetve az egészség megőrzésével kapcsolatban. Az ergonómia feladata ezen rész megszüntetése, megfelelő tervezéssel való áthidalása.

4.

Kutatásaimmal bebizonyítottam, hogy az ergonómiai minőség számos összetevővel rendelkezik. Mindegyik összetevőjét a termék tervezhető jellemzőinek valamely együttese határozza meg. Az ergonómiai minőség összetevői, mint vevői igénypontok komplex elemző módszer alkalmazásával elégíthetők ki. Ilyen módszer lehet a QFD, aminek az ergonómiai tervezésre való adaptálhatóságát bizonyítottam.

5.

Kutatási eredményeim alapján levontam azt a következtetést, hogy az ergonómiai minőség összetevői olyan függő változók, melyek szintjét a termékhez kapcsolódó mennyiségi és kategorikus (minőségi) jellemzők, mint független változók határozzák meg. Erre a feltevésre alapozva kidolgoztam az ergonómiai minőségjellemzők faktoros kísérletek módszerével való értékelésének és tervezésének modelljét.

6.

Az emberiség létének, valamint a társadalomnak a mozgatója a változás, a pozitív irányba mutató változást fejlődésnek tekinthetjük. Az egymásra figyelmet, a közösség fejlődését az erkölcs mozgatja. Ennek a műszaki megjelenési formája az ergonómia, hisz ennek a tudománynak a segítségével arra törekszünk, hogy az ember kényelmesen, biztonságosan és egészségének megőrzése mellett élhessen.

Kiegészítés: Megállapítottam, hogy az ergonómiai termékfunkciók is jelentős mértékben hozzájárulnak a szokásváltozásokhoz, pozitív irányba mozgatják a

termékpiacot, ugyanakkor az ergonómia által generált szokásváltozások az ember kényelmét, biztonságát, egészségének megőrzését szolgálják.

7.

A tervező a saját információs rendszerét behozva a tervezési folyamatba, az alkotó munkának, speciális alkotó folyamatának megszervezésével megteremti a kapcsolatokat az új elvárási rendszerrel. Munkája során felhasználja a rendszertervezés azon eszközeit, melyek a kialakítandó speciális tér igényeihez leginkább igazodnak. Így válik a tervező alkotó folyamata rendszerré, mely rendszerben a különböző elemeknek, tevékenységeknek kölcsönös kapcsolata és e kapcsolatok gazdag relációi alakulnak ki.

Mellékletek

I. számú melléklet: A QFD módszer bemutatása (kapcsolat- és tetőmátrixok)

II. számú melléklet: A kísérlet mintáinak (székeinek) paraméterei

III. számú melléklet: Kérdőívek eredménye

IV. számú melléklet: Vizsgálandó faktorok meghatározása

V. számú melléklet: Módosított székek