



HUGYI MILÁN

A működési hibajelenségek  
komplex megközelítése,  
a hibajelenségek  
kockázatcsökkentésének  
korlátai

Témavezető: Prof. Dr. Takács István, egyetemi tanár

# TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ .....	4
1 BEVEZETÉS .....	5
1.1 A tudományos probléma megfogalmazása .....	6
1.2 Célkitűzések és kutatási kérdések .....	7
1.3 A téma kutatásának hipotézisei .....	8
1.4 Kutatási módszerek .....	9
2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	10
2.1 A működési hibajelenségek komplex megközelítése (5M) .....	10
<b>2.1.1 Emberi Erőforrás szerepe, jelentősége</b> .....	11
<b>2.1.2 Technológia, gépek</b> .....	14
2.1.2.1 Vizsgált gyártási technológia részletei .....	15
2.1.2.2 Vizsgált értékek eredete .....	23
<b>2.2 Ipar 4.0 – Ipar 5.0 kapcsolata</b> .....	36
3 KUTATÁS TERVEZÉSE ÉS LEFOLYTATÁSA .....	40
3.1 Primer kutatás .....	40
<b>3.1.1 Kvalitatív kutatás</b> .....	40
3.1.1.1 Kérdőíves felmérés részletei .....	44
<b>3.1.2 Kvantitatív kutatás</b> .....	49
3.1.2.1 „Grounded-theory” módszer .....	53
3.2 Szekunder kutatás során gyűjtött adatok önálló feldolgozása .....	64
<b>3.2.1 Regresszió analízis</b> .....	64
<b>3.2.2 Monte-Carlo módszer</b> .....	65
<b>3.2.3 Fuzzy-modell alkotás</b> .....	66
4 KUTATÁS EREDMÉNYE, ADATOK ELEMZÉSE .....	69

<b>4.1</b>	<b>Regresszió analízis</b> .....	69
<b>4.2</b>	<b>Monte-Carlo módszer</b> .....	77
<b>4.3</b>	<b>Fuzzy-model alkotás</b> .....	83
5.	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	
	93	
5.1	Hipotézisek értékelése .....	94
5.2	Kutatási kérdésekre adott válaszok.....	96
5.3	Tézisek.....	97
5.4	Ajánlások, további fejlődési irányok .....	100
	IRODALOMJEGYZÉK .....	102
	TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	109
	ÁBRAJEGYZÉK.....	110
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	112

## ELŐSZÓ

A kapcsolódó előzetes tanulmányaim, valamint későbbi, jelen munkaköreim predestinálták a következőkben bemutatott tanulmányom irányát. Elsődleges, mostani tanulmányom kiindulópontjaként tekintek azon kutatásra, amikor először elkezdtem boncolgatni az emberi erőforrás szerepét a láthatatlan vagyonelemek kapcsán [HM1, HM2]. Már akkor úgy gondoltam, hogy a jövő – a foglalkoztatás átstrukturálódása mellett, az információ-technológia, digitalizáció és robotizáció felemelkedése miatt (ipar 4.0) – a (vállalati) emberi erőforrás tacit tudásában rejlik, mivel ez az egy lehet csupán minden vállalati potenciál alapja mikrokörnyezeti (vállalati) szinten.

Természetesen a technológiai vívmányok, a tárolt adatok (IoT) kezelése a digitálisan letárolható adatkezelés fejlődésével, valamint a monoton munkavégzés elemeinek racionalizálódásával megjelentek az eddigiektől eltérő új lehetőségek a technológia területén, míg a humán erőforrás oldalán pedig a kételyek is ugyanakkor. Lényegében ezen alapvető problémakört felismerve jelent meg az elmúlt években, évtizedben az ipar 5.0 keretrendszere is, kiegészítve az ipar 4.0, digitális átalakulás eszméit. [26, 62]

Az autóiipari folyamat-, illetve rendszer-auditori tevékenységem során tapasztalt nem-megfelelések alapján indukálódott motivációm. Az ellenőrzések sorozata során személyes tapasztalatom által vezérelve indultam el annak a vizsgálatával, hogy hogyan lehetne a gyakorlatban is az adott folyamat hatékonyságát méginkább növelni az egészséges egyensúly fenntartásával a humán-gép relációban, amely alapvető kérdésköre az ipar 5.0-nak.

Az ipar 5.0 eszmerendszerével összhangban úgy vélem, hogy a gépek és az emberek közötti együttműködés egy magasabb szintje tud jelentős hozzáadott értéket adni a vállalatoknak, amelynek előzménye az ipar 4.0, ahol az automatizáció és robotika kap kiemelt hangsúlyt. Dolgozatomban ennek – keretek közötti – vizsgálatát tűztem ki célul, amely a (vállalati) fenntarthatóság égisze alatt bontakozik ki, makrogazdasági szinten.

# 1 BEVEZETÉS

A kis- és középvállalkozások gazdasági szerepe jelentős nem csak Magyarországon, hanem az Európai Unióban is. A magyar GDP-hez közel 50%-ban járulnak hozzá, valamint az összes foglalkoztatott majd 70%-ának adnak munkát, így a gazdaság szerves részét képezik. Ezért kiemelt figyelmet kell fordítani a kis- és középvállalkozásokra, amelyeknek egyik kitörési pontja az innováció lehet, figyelembe véve a vállalatok társadalmi felelősségvállalását és az etikus magatartást, valamint hangsúlyt kell fektetni a láthatatlan vagy „menedzselésére” is.

Napjainkban még inkább erősödő tendenciát mutatnak a fenntarthatóság „három pillérei” közül a környezeti és társadalmi „pillérek” is, hiszen ha a profitérdek mellett ezekre nem figyelünk, akkor az erőforrások kimerülését segítjük elő. Ennek megelőzésére (a CSR) és fenntarthatóság elemeit bele kell szőni a vállalat stratégiájába, hogy a fenntartható fejlődés elveivel összhangban működjenek a vállalkozások. Mind a hazai, mind a nemzetközi szakirodalmat tekintve elmondható, hogy a vállalkozások számára széles stratégiai eszköztárat vonultat fel, amelyek többnyire nagyvállalatok vagy bizonyos piacokon tevékenykedő vállalkozások számára jelenthetnek megoldást. A gyakorlatban ezen elemeket – a lehetőségekhez mérten – próbálják átvenni a kis- és középvállalkozások is, azért, hogy sikeresek legyenek és eredményes gazdasági folyamatokat realizáljanak. Azonban, hogy ezt milyen mértékben, milyen tartalommal és milyen sikerrel tudják átültetni stratégiájukba, – ha egyáltalán tesznek lépéseket ennek érdekében – jelenti a jövőbeli sikerességüket. [HM3] Ahogyan igazak mindezek a nagyvállalatok jövőbeli sikerességét illetően is.

A vállalati méreteket tekintve a hozzáadott értékek arányai a nem-pénzügyi szektorban a következőképpen alakultak egy 2020. évben végzett felmérés alapján. [18] A teljes hozzáadott érték-mutató hazánkra vonatkozólag a kisvállalkozások esetében közel 40%, a középvállalkozások esetében kevesebb, mint 20%, míg a nagyvállalatok esetében több, mint 45% volt. A nagyvállalati kategóriában tekintetében a három dobogós ország: Írország, Franciaország és Németország volt, ahol a hozzáadott érték aránya a legmagasabb volt.

A 2020. évben az Európai Unióban az iparban tevékenykedő vállalatok több, mint

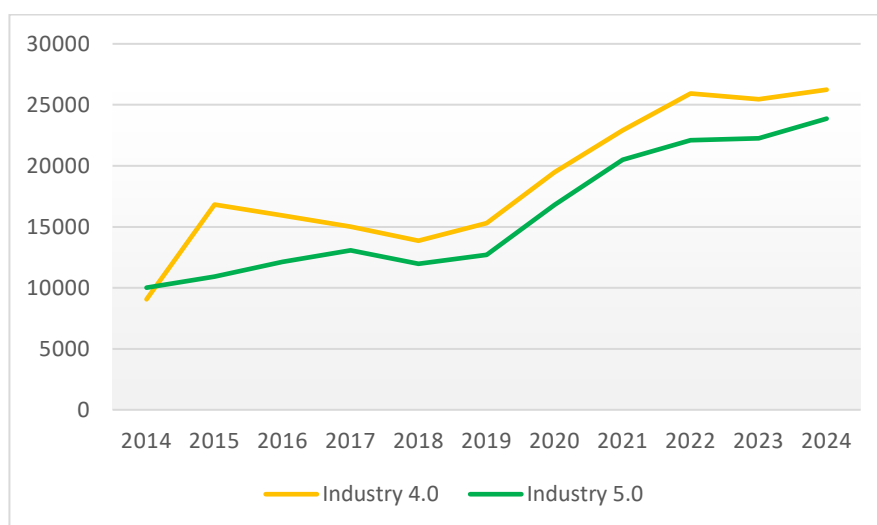
a fele (54,5%) tekinthető innovatívnak. Ezek közül a legtöbb innovatív vállalat Belgiumban (76,5%), valamint Finnországban, Németországban és Görögországban (>75%) volt megtalálható. Ezzel szemben sajnos erőteljes kontrasztot mutat hazánk (32,7%) és Románia (10,8%) ezen felmérés tükrében. [8, 18]

Ahhoz, hogy a termelésben és a cég működésében felmerült hibákat, nem-megfelelő működésű, eredménytelen folyamatokat (folyamatelemeket), amelyek kockázatosak, instabilak és kevésbé hatékonyan működnek – **optimalizálni kell!**

### 1.1 A tudományos probléma megfogalmazása

Azon monoton, s automatizálásra érdemes folyamatokat, ahol elengedhetetlen a megfelelő technológia és annak parametrizálása a minőség folyamatos fenntartására érdekében a gépesítés jelenthet megoldást (ipar 4.0). Azonban mindehhez, hogy a folyamatok ésszerűek és hatékonyak lehessenek, az elérhető adatok módszeres és tudatos feldolgozása, valamint absztrahálása tud hozzáadott értéket teremteni a vállalat számára és elismerést kivívni a munkavállaló számára, amely a legmeghatározóbb a biztonsági klíma megteremtésében.

Az Ipar 4.0-val megjelenő erőteljesebb robotizációs törekvés – a munkavállalókban – okozta riadalmat hivatott csökkenteni az ipar 5.0 eszmerendszere, amely egyúttal a fenntarthatóságra is nagy hangsúlyt helyez.



1. ábra: ScienceDirect publikáció találatok „Industry 4.0 és 5.0” keresőszóra  
(forrás: ScienceDirect adatai alapján saját szerkesztés)

Annak ellenére, hogy az ipar 4.0 mára már elterjedt, s valamilyen formában igyekeznek annak (jó esetben csak az) erősségeit – anyagi és kapacitási korlátok szerint – figyelembe venni, addig az ipar 5.0 még inkább csak elméleti, teoretikus értelemben kezd kiforrni a vállalatok többségénél. Azonban gyakorlati megoldások szükségesek, hogy profitálni tudjanak a vállalatok mindezen elméletekből.

## **1.2 Célkitűzések és kutatási kérdések**

Mindenképpen szükség szerű a hazai ipart nemzetközi kitekintésben értelmezni, ugyanakkor figyelembe kell venni a hazai sajátosságokat, felmerülő körülményeket. Az Európai Unió szerepe különös jelentőséggel bír ezen kontextusban, hiszen hazánk érintett az onnan kiinduló irányelveknek és folyamatoknak.

Kutatásomat hazánk egyik – még mindig – legnagyobb potenciált rejtő szektorában, az autógyártásban folytattam: egyrészt a GDP érintettsége, másrészt pedig, mivel az innovációban élen jár a beszállítói láncban lévő szereplőkkel közösen, kölcsönösen.

**C1: Célom**, hogy primer kutatás segítségével megismerjem a vállalati működést befolyásoló elemeket és megismertessem az ipar 5.0 eddigi beágyazódását és megítélését, valamint, hogy rávilágítsak az emberi erőforrás szerepére, a vállalat számára hozzáadott értéket teremtő legfőbb munícióra, s amely a legfontosabb, legfőbb alappillére lehet a fenntarthatóságnak.

**C2:** Célom továbbá valós autógyártási folyamat vizsgálatán keresztül szeretném bemutatni a matematika és tudományos módszerek jelentőségét – egy hatékonyabb technológiai gyártási folyamat megteremtése érdekében, amelyben a hibajelenségek esélye jelentősen mérséklődni tud, valamint amely gazdaságilag is jelentős mértékben tud hozzájárulni a vállalat eredményességéhez.

### **Kutatási kérdések (KK):**

**KK1:** Melyek a vállalati működést leginkább befolyásoló tényezők, illetve azok szerepei?

**KK2:** A fellépő hibajelenségek hogyan redukálhatóak a humán tőkében rejlő potenciál kiaknázásának segítségével? Hogyan lehet a vállalati értékteremtés középpontjába állítani a munkaerő megbecsülését, szinergiáját?

**KK3:** Milyen lehetőségek rejlenek a vállalat működési folyamatainak fejlesztésében, a meglévő, feldolgozatlan, avagy kiértékelésre váró adatainak tükrében?

A KK3 jelentősége abban rejlik, hogy az adott vállalatnál fellelhető (rendelkezésre álló, de eddig feldolgozatlan) adathalmaz, valamint a tapasztalatok (adott elem karbantartási/meghibásodási ciklusának ismerete stb.) segítségével a működési hibajelenségek csökkentése érdekében milyen lehetőségek, módszerek áll(hat)nak rendelkezésre, a vállalat folyamatainak működési hatékonyságát illetően.

### **1.3 A téma kutatásának hipotézisei**

A fenntarthatóság és az ipar 5.0 elveit az Európai Unió egyre inkább prioritizálja és fókuszba helyezi stratégiai szinten, ahogyan arra fentebb is hivatkoztam, figyelembe véve az Európai Unió jelentéseit. A stratégiai szempontok érthetőek, azonban gyakorlati megvalósulásuk és a vállalat rendszerébe való illesztésük mindenképpen egy hosszabb folyamat, de csak akkor, ha a vállalat vezetése „rugalmas” és alkalmazkodni képes (beleértve gazdasági faktort is) a változásokhoz, megértve ezek szükségszerűségét és jelentőségét.

A hazai autóiparban szerzett saját tapasztalatom és a kezdetleges beszélgetések, megkérdezett szakemberek véleménye alapján a következő hipotézisek kerültek definiálásra:

Kapcsolódva a **C1**-hez:

**H1:** A fenntarthatóbb, humán aspektus esszenciáját (is) népszerűsítő ipar 5.0 eszmerendszer elterjedése még gyerekcipőben jár a Magyarországon működő – autóipari beszállítói láncban tevékenykedő – vállalatok körében. Humán tacit tudás kiaknázása az adatfeldolgozás/kiértékelés viszonylatában alacsony szinten van, amely a (vállalaton belüli) mikro-innovációt is visszaveti.

**H2:** A biztonsági klíma – dolgozók által érzékelt – minél magasabb szintje nagyban hozzájárul a tudásmenedzsment vállalaton belüli eredményesebb működéséhez, s amely jobban korrelál (érzékenyebb kölcsönhatásokat tekintve), mint a szervezet teljesítményével.

H2a: A biztonsági eredmények, kultúra (fizikális és mentális egészség) alapvetően befolyásolják a tudásmenedzsmentben rejlő lehetőségeket.



H2b: Azon magyar, ill. Magyarországon működő multinacionális vállalatok, akik (tudatosan) alkalmazzák a tudásmenedzsment eszköztárát, tudnak profitálni a szervezet összteljesítményén keresztül is.

Kapcsolódva a C2-höz:

**H3:** Tudományos módszerek implementálásával a gyűjtött/rendelkezésre álló adatok feldolgozásakor hatékonyabb gyártási folyamatok alakíthatóak ki annak érdekében, hogy a selejt, valamint a gyártási költségek redukálhatóak legyenek.

## **1.4 Kutatási módszerek**

Az ipar 4.0 keretrendszer követő ipar 5.0 eszmerendszer általános megítélésével kapcsolatban nem reprezentatív, de számos kis- és középvállalat, valamint nagyvállalat képviselve van a felmérésben, az autóiipari beszállítói lánc vonatkozásában.

A szakmai mélyinterjúk tekintetében 85 megkeresést intéztem, amelyből 45 tudott megvalósulni két kérdéscsoportban. Az egyes mélyinterjúk cca. 60-90 perces időtartamúak voltak.

A kérdőíves felméréshez során 320 került kiküldésre, amelyből visszaérkezett és értékelhető volt: 102 db

A fentiek során mind a hazai tulajdonban lévő vállalatok, mind pedig olyan nemzetközi/külföldi tulajdonban lévő vállalatok bevonásra kerültek, amelyek magyarországi telephellyel rendelkeznek.

Az említett módszerek gyakorlatba való implementálásának lehetőségét vizsgáltam egy autóiipari gyártókörnyezetben, amelynek a következő fejezetekben ismertetett jellemzőiről további részletei titoktartási okokból nem oszthatóak ugyan meg, de esszenciája valós körülmények végett meghatározó és elegendő disszertációm szempontjából.

A műszaki-technológiai kutatás során több, mint egy millió adatsor feldolgozására került sor, amely az adatok tisztítását követően, még mindig meghaladta a több, mint 200 000 adatsort. Egy darab adatsor több, mint 10 féle paramétert tartalmazott adott gyártási ciklushoz köthetően.

## 2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 A működési hibajelenségek komplex megközelítése (5M)

A munkavédelem a nulla hiba elvét kívánja megvalósítani, ugyanakkor vészhelyzetben nem mérlegel, s akár a szinte biztos halálba is beküldi a munkást (lásd például csernobili tűzoltók). A minőségmenedzsmentben is a hiba keletkezésének 100%-os kizárása, pontosabban valószínűségének jelentős csökkentése a cél, amelynek elérése több korszerű minőségtechnika és módszer alkalmazásával érhetünk el, amelyek három fő kategóriába sorolhatóak: megelőzés (pl: belső auditok), előrejelzés (pl: FMEA), megvédés (pl: 100%-os funkciótesztek). Továbbá – főként az autóiparban – megkülönböztetett biztonsági (SC) – és kritikus (CC) jellemzők szerepe, azaz a kapcsolódó preventív intézkedések ráfordítása versus hozam reláció vizsgálata – közgazdasági dimenziót adva a ráfordítás-hozam optimum meghatározásának – érdekes kérdés lehet, az eloszlási görbék befolyásolási módszereinek elemzése mellett.

Ahhoz, hogy a folyamat (minél) stabil(abb) legyen, azaz minden minőségjellemző szerinti változékonysága olyan kicsi legyen, hogy a várható érték az alsó tűréshatár, illetve a várható érték és a felső tűréshatár közötti távolság hatoda legyen a folyamat szórása (ha six sigma a cél), szintén vizsgálandó pont lehet, hogy milyen arányú ráfordítással érhető el. Ehhez azonban a ráfordítások kategorizálása és „minősége” is fontos, amely további kérdéseket vet fel. Mivel – sok esetben – hiányzik az „ék”, amely a standardizálás meghatározó eleme, így a minőségköltségek csoportosításának „vak foltjai” is korlátozzák a ráfordítások meghatározását, hiszen többféle alkategóriába sorolhatjuk ezen költségeket, amelyek nem jól körülhatároltak, így elveszik jelentőségük, vagy esetleg hamisan vesszük figyelembe az adott besorolás során.

A kérdés, hogy meddig érdemes elmenni a hibajelenségek valószínűségének csökkentésében, illetve a veszélymentes működés elérésének határai hol vannak. Látni kell, hogy nem minden hibajelenség eredményez élet / balesetveszélyes működést, de attól az még mérlegelés tárgyát képezi.

A fejlődés, de mindenesetre a változás, amely indukálódhat mind a belső, mind pedig a külső (vállalatot körülvevő makro- és mikrogazdasági környezetből) impulzusok hatására is, magával hozza az átalakulás szükségességét. Mindezek felül a

szervezetek, ill. azok folyamatai a folyamatos növekedés miatt és a komplexitás modifikációjának köszönhetően is kell, hogy változzanak. Továbbá fejlődtek a technológiák, amelyet az ipar 4.0 is kiemel [17, 18], valamint a transzparencia szintén nehézkesebbé vált, amelyek elősegítették a hibák kialakulását, valamint azok bekövetkezési valószínűségének növekedését. Sok esetben a hibák a láthatatlan felszín alatt maradtak, amelyek – jobb esetben, csak – néhány esetben balesetet (is) eredményeztek. Ezek gyökér-okát a rendszer- vagy az ember hibájának tartották, s tulajdonítják ma is. A hiba bekövetkezése nem minden esetben történik meg, azonban, ha az bekövetkezik több tényező együtt állása szükséges, hogy láthatóvá váljon. A baleset/hiba bekövetkezése esetén ún. a jéghegy csúcsa bújik elő és válik láthatóvá, azaz kérdés, hogy ki teszi fel az “i”-re a pontot.

### **2.1.1 Emberi Erőforrás szerepe, jelentősége**

A történeti fejlődés során különböző erőforrásokat tekintettek a gazdasági növekedés motorjának, főbb mozgatórugójának. Korábban – az agrártársadalmakban – a legfontosabb és legértékesebb erőforrásnak a föld bizonyult, majd az ipari társadalmakban a tőke vált a legfontosabbá. A tőke alatt értenünk kell egyrészt a pénzeszközöket, másrészt pedig a materiális-, látható-, anyagi eszközöket. A tudással rendelkező ember iránti igény az ismeretek gyarapodásával, a társadalmi és gazdasági fejlődéssel folyamatosan és fokozatosan nőtt a mai napig, amikor is olyan termelőerővé vált, ami létrehozta a tudásalapú társadalom alapjait. „A tudás (tudomány) tisztán gazdasági szempontból profitot termelő eszköz.” [63] Az egyén és szervezet számára egyaránt a tudás jövedelemtermelő és érdekérvényesítő képességet jelent. Ennek hatására a tudásért kemény verseny folyik a gazdaság és a társadalom minden szintjén, mindenhol a fejlett világban. A rendelkezésre álló kreativitásvagyon – és persze a tudásvagyon – szignifikánsan meghatározza a (vállalati) társadalom pozícióját a lokális és globális (munkaerő-)piaci versenyben egyaránt. Ennek megfelelően az elmúlt néhány évben, évtizedben megfigyelhető az a trend, amely a termékvezérelt gazdaságtól a láthatatlan vagyonelemekre alapuló tudásközpontú gazdaság irányába mutat, és a gazdasági-pénzügyi világ egyre hangsúlyosabb dilemmája, hogy a piaci és könyv szerinti érték (jelentős) eltérésének mi lehet az oka. Boda [7] szerint a láthatatlan vagyon – amit intellektuális tőkének nevez –, a piaci érték és a könyv szerinti érték különbsége.

A materiális eszközök értékének meghatározására számos módszert dolgoztak ki,

többek között maga a (pénzügyi) számvitel is („csak”) a látható vagyonelemek értékének kimutatására szolgál. Ha némiképp tartalmaz is a számvitel a láthatatlan vagyonhoz (közvetve) kapcsolható elemet, azt akkor sem a „tudásvállalat” elveinek megfelelően mutatja ki. Például az oktatás, képzés díjait sem befektetésként kezeli, hanem költségként. [46] Jelen esetben a láthatatlan vagyonelemek alatt azokat a vagyonelemek halmazát értjük, amelyek a számviteli mérlegben és a hozzá kapcsolódó kimutatásokban nem szerepelnek.

A materiális eszközökkel szemben a láthatatlan vagyonelemek – amelyeket a szakirodalom nevez még nem anyagi erőforrásoknak, tudástőkének, intellektuális tőkének és immateriális-, rejtett- és láthatatlan eszközöknek is, – mérése, kimutatása gyerekcipőben jár, de kezdik felismerni jelentőségét és a szakirodalom is egyre nagyobb figyelmet szentel a láthatatlan vagyon kérdéskörének, jelentőségének. A láthatatlan eszközök szerepének vizsgálata a mai közgazdaság- és vezetéstudományi kutatások egyik legnépszerűbb területe, mivel a vállalati értékteremtésben és versenyképességben jelentőségük meghatározó. Megállapítható, hogy növekszik azon vállalatok részaránya, amelyek tevékenységüket döntően nem anyagi folyamatokra, hanem a tudástökre alapozzák, azaz a termelési tényezők felhasználásában a láthatatlan eszközök kerülnek túlsúlyba. Juhász [40] szerint a pénzügyi szolgáltatásokon keresztül a gyógyszergyártáson át a gépjárműgyártásig minden iparágban jelentős arányokkal szerepelnek a láthatatlan vagyonelemek.

A szellemi tőke alkotóelemei Mayo és Dzinkowski meghatározásai szerint a szervezeti tőkére, ügyfél tőkére és emberi tőkére oszlanak, míg Edvinsson és Malone szerint a szervezeti tőke, vevői tőke és a humán tőke alkotja a rejtett eszközöket. [40]

A láthatatlan vagyonelemeket Boda [7] a következők szerint határozza meg: ügyféltőke, szervezeti tőke és munkatársak kompetenciája. Sveiby [84] szintén három csoportba sorolta az immateriális eszközöket, azonban más elnevezéssel illette őket. A szervezet külső struktúrája (external structure) az ügyféltőkének, a szervezet belső struktúrája (internal structure) a szervezeti tőkének, míg a szervezet hozzáértése (competence) a munkatársak kompetenciájának felel meg Boda [7] csoportosításában.

A fentieknek megfelelően a 18. ábrán látható az általam korábban kialakított modell, amelyben a láthatatlan vagyon főbb csoportjait a humán tudás- és belkapcsolati tőke, külkapcsolati tőke és szervezeti tőke jelenti. Az *explicit tudás* alatt

azt értjük, amikor a humán tőke birtokosa meg tudja fogalmazni tudását és így „formába öntve” – információként – át tudja adni és be tudja ágyazni például a szervezeti tőkébe. Ezzel szemben a *tacit tudás* rejtett tudás, amelyről gyakran még tulajdonosa sem tud és csak a megfelelő ingerek, pszichológiai tényezők és megfelelő környezet hatására „fogható meg” és alakulhat át explicit tudássá, csökkentve a szunnyadó vagy elmaradó hasznát. A kis- és középvállalkozásoknak nagyobb figyelmet kell(ene) fordítani a humán tőke gondozására és fejlesztésére, amihez ki kell aknázniuk a munkaerőben rejlő tacit tudást, amivel versenyképesebbé válhatnak. Ennek eléréséhez azonban a megfelelő vállalati kultúra és az ahhoz kapcsolódó vállalati légkör és motivációs tényezők elengedhetetlenek. [HM5]

A kis- és középvállalkozások ismerik többnyire a láthatatlan vagyonelemeket és azok jelentőségét, azonban nem tudnak belőle profitálni tudatosan még. Ez adódhat abból, hogy nem igazán tudják kiaknázni – különböző okokból – a humán tudástőkében és kapcsolatokban rejlő potenciált, másrészt pedig – a kkv-k esetében – ugyan befolyásolják a piaci értéket ezen elemek, de további vizsgálatot érdemelne annak kérdése, hogy a piac alulárassa-e a kis- és középvállalatok láthatatlan vagyonát és ezzel együtt a kkv-k piaci értékét. Ennek ellenére a láthatatlan vagyonelemekre mégis hangsúlyt kell fektetni, hiszen jelentős versenyelőnyt jelenthetnek a versenytársakkal szemben a nehéz másolhatóság miatt. A kkv-k sok esetben nem gondolják a láthatatlan vagyonelemeket, hiszen „napról-napra” élnek és így stratégiával sem rendelkeznek, azonban a láthatatlan vagyon gondozása a vállalkozás eredményes működéséhez elengedhetetlen, hiszen a stakeholderekkel ápolni kell a kapcsolatokat, szervezeti értékeket gondozni és fejleszteni kell, valamint a munkatársak munkáját el kell ismerni és jutalmazni kell, tovább kell képezni őket, hogy a vállalat számára – és saját maguk számára – értéket teremtsenek, valamint ezek mérése és eredményeinek felhasználása az üzleti döntéseknél elengedhetetlen lenne, ami megkövetelné a számviteli rendszer átalakítását is, hogy a vállalatvezetők nagyobb hangsúlyt fektetve a láthatatlan vagyonelemekre egy valóban tudás alapú gazdaság kialakulását segítsék elő a vállalati társadalmi felelősségvállalás eszmerendszerével karöltve. [HM5]

Az emberi erőforrás a mozgatórugója minden szervezeti szinten a változásnak és az adott szervezet keretén belül alkalmazott módszertannak (amely magában foglalja a vezetési stílust is) a minőségi produktivitás elérése érdekében. A szervezet akkor a leginnovatívabb és akkor tudja a legtöbb – humán tőkében, s ezzel együtt a

szervezetben rejlő – potenciált kiaknázni, ha értéket teremtünk nemcsak a szervezet stakeholdereinek számára, hanem a szervezetet alkotó egyének számára is.

Azon vállalatok, amelyek rendelkeznek **minőségirányítási rendszerekkel** jobb eredményeket mutatnak hosszútávon, mint amely vállalatnál csak részben érhető tetten a minőségre való törekvés. Természetesen, a minőségirányítási rendszer felépítése és működése korán sem olyan egyszerűen meghatározható jósági fokkal rendelkezik, mint azt elsőre gondolnánk. Említeni lehetne akár, hogy harmadik fél által tanúsítva van-e az adott vállalat, illetve milyen eredménnyel, azon túl, hogy ha meg is felelt. Egyrészt fellelhetőek kulcsmutatók (pl: vevői reklamációk száma, ppm, EBIT (adózás előtti eredmény) és egyéb pénzügyi mutatók is, stb.), amely alapján képet kaphatunk és némely esetben elfogadott csupán ezek alapján a megítélése az adott vállalatnak, szervezetnek. Azonban, ha tényleges és mélységében részletes képet kívánunk kapni, akkor az eddig felsorolt elemek kontextusában mélyebbre kell ásunk, hiszen az adott folyamat alapeleménél szükséges kezdenünk a hiba feltárását, azok elemeinek kutatását.

Az egyéni viselkedést a munkahelyen, befolyásolja a szervezeti állampolgársági viselkedést, amely következményekkel jár a szervezet számára. Mivel – ahogyan Organ et. al. [59] is írta – nem csak gazdasági okai vannak az egyén-szervezet kontextusában, hanem szociális része is, amely alapján az egyén a szervezetbe illeszkedik, annak részvételi, együttműködési módját is beleértve. Ez nem követelhető, hanem a személyes választás eredménye. Azonban nagymértékben hozzájárul a szervezet szinergiájához, hiszen nem csak az számít, hogy mit, hanem hogy hogyan csinálja a feladatát a szervezeti állampolgár.

### **2.1.2 Technológia, gépek**

A gépesítés, robotizáció ma már elengedhetetlen az iparban, gyártási folyamatokban, mivel számos olyan monoton folyamat van a tömeggyártásban, amelynek precizitása miatt nem lenne kivitelezhető csupán emberi erőforrással, valamint gazdaságilag sem lenne hatékony. Az esetben vizsgált gyártófolyamat az autóipar egyik olyan része, amely a robbanómotor egyik fő alkotóeleméhez szükséges, a motorhoz. Így ezen 19. századi műszaki-technológiai innovációként „berobbant” fejlesztés gyártásához természetesen szükségesek gépek, technológiák, amelyek megbízhatóan tudják szolgálni az elvárt minőséget. Azonban a gyártási technológiák fejlesztésében

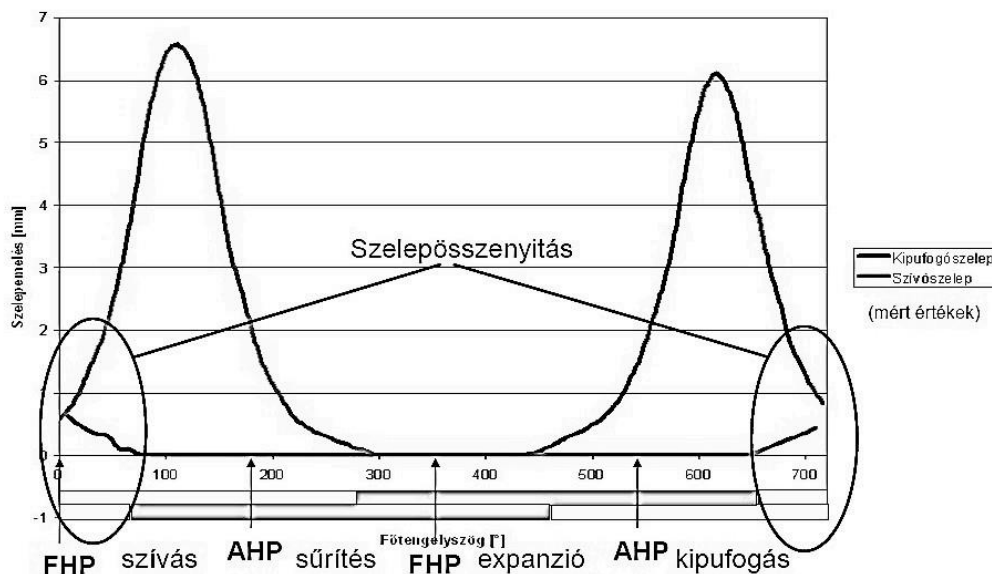
további lehetőség feltárása és megvalósítása szükséges annak érdekében, hogy a humán-erőforrás továbbra is meghatározó részese tudjon maradni a vállalati folyamatoknak és hozzáadott értéket tudjon teremteni a vállalata számára, amellyel további elismerés(eke)t vívhat ki magának.

#### 2.1.2.1 Vizsgált gyártási technológia részletei

A személyautó (önhordó közlekedési eszköz) egy olyan eszköz, amely saját hajtóművel, önerőből képes – földön közlekedő, kerekeken guruló – mozgásra. Az „autónak”, az elsődleges célja a személyszállítás volt, hogy a vele közlekedőt eljuttasson egyik pontból a másikba. Gyorsan kilépett szerepköréből és mára már multidiszciplináris felhasználása miatt, – amely jelenthet áruszállítást, vagy akár versenysportot is – számos változata fellelhető a piacon, de alapjaiban a megbízhatóság és ezzel együtt a minőség jelenti a legfőbb elvárást a vevő részéről, érkezzen az bármely felhasználási céllal. A 16-17. században megjelentek az első gépi hajtású járművek, 19. században már az első benzinmotoros autómobilok (Karl Friedrich Benz, Gottlieb Wilhelm Daimler és Wilhelm Maybach), majd az első **négyütemű motor** is megjelent, amely Nikolaus August Otto (1832-1891) nevéhez fűződik, amely alapjaiban ma is a legelterjedtebb a különböző felhasználási, funkcionális területtől függetlenül a kapcsolódó mechatronikai és járműtechnikai elvek figyelembevételével.

Kizárólag szelepeket használnak a belső égésű motorokban a levegő beszívására, ill. az égéstermékek kibocsátására. A vezérmű egy vagy több bütyköstengelyből áll. A főtengellyel azonos fordulatszámmal forog a kétütemű motorokban a vezérműtengely, míg négyüteműnél a camshaft fordulatszáma fele a főtengely fordulatszámanak.

A négy ütemből álló munkaciklus, amelyről a nevüket is kapták a következők:



2. ábra. Szeleppnyitás a főtengely-pozíció függvényében [13]

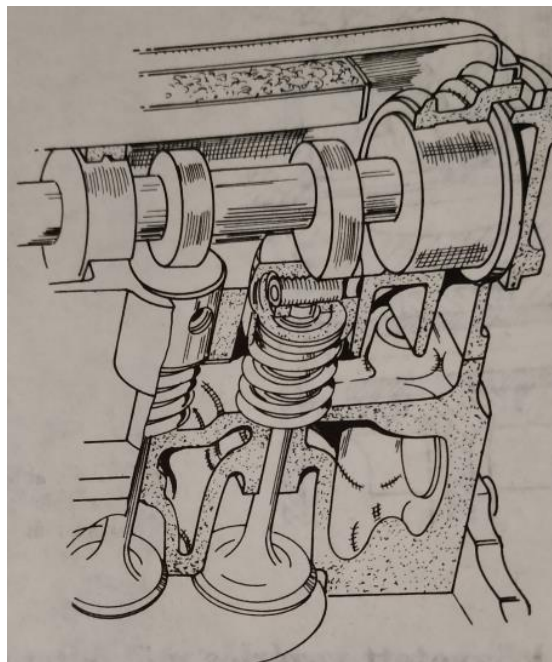
Első ütemben a teljes amplitudó kihasználásával a lökethosszon mozgó dugattyú a térfogatot növelve nyomáscsökkenést hoz létre. A légköri nyomású levegő, ill. gázkeverék a kisebb nyomású hengerbe mozog a **vezérmű által** kinyitott szelep segítségével. A dugattyút ekkor a lendkerék és a dugattyús mechanizmus hozza mozgásba. A második ütemben az előbbieken említett mechanizmus a dugattyút a felső holtpont irányába tolja és a gázkeveréket összesűríti, amely a hengerben található. Majd a sűrítési ütem vége előtt, a gyújtóív meggyújtja a gázkeveréket az előgyújtásnak megfelelő helyzetben. A harmadik ütemben az égő gázkeverék elég magas hőmérsékleten miközben a nyomása megnövekszik. A nagyobb nyomás az alsó holtpont irányába tolja a dugattyút. Így a terjeszkedő gáz és dugattyú és a forgattyús hajtómű segítségével dolgozik. És végül a negyedik ütemben a mechanizmus lendülete a felső holtpont felé irányába mozgatja a dugattyút, így a kisebb mértékű környezetbe tud kiáramlani az égéstermék a nyitott kipufogó szelepeken át. A négy ütem, azaz egy ciklus alatt a szelepeket egyszer kell nyitni, így a bütykös tengely fel annyit fordul, mint a tengely, ahogy fentebb említettem.

A következő vezérlés-típusokat alkalmazták:

- alul vezérelt, oldalt szelepelte motor,
- alul vezérelt, felül szelepelte motor,
- felül vezérelt, felül szelepelte motor,
- alul vezérelt vegyesen szelepelte motor.



Esetünkben a felül vezérelt és felül szelepelte (DOHC: double overhead camshaft) motort fogjuk vizsgálni, hiszen a beépítendő alkatrészünk felhasználása a vevői oldalon ilyen egységbe fog kerülni. A fordulatszám növelésére ez a legkedvezőbb megoldást, mert a szelepek kivételével a vezérmű minden szerkezeti része körforgó mozgást végez, ezért nem keletkeznek tömegeserők. Ahhoz, hogy a leghatékonyabb legyen ez a típusú elrendezés szükséges még, hogy a keverékképzés és a gázok elége a lehető leggyorsabban és legtökéletesebben valósuljon meg. (Például az alul vezérelt, felül szelepelte megvalósítás esetében a fordulatszám növelését korlátozhatják az alternáló mozgást végző szelephimbák, szelepemelő rudak vagy emelő tőkék.) [13]



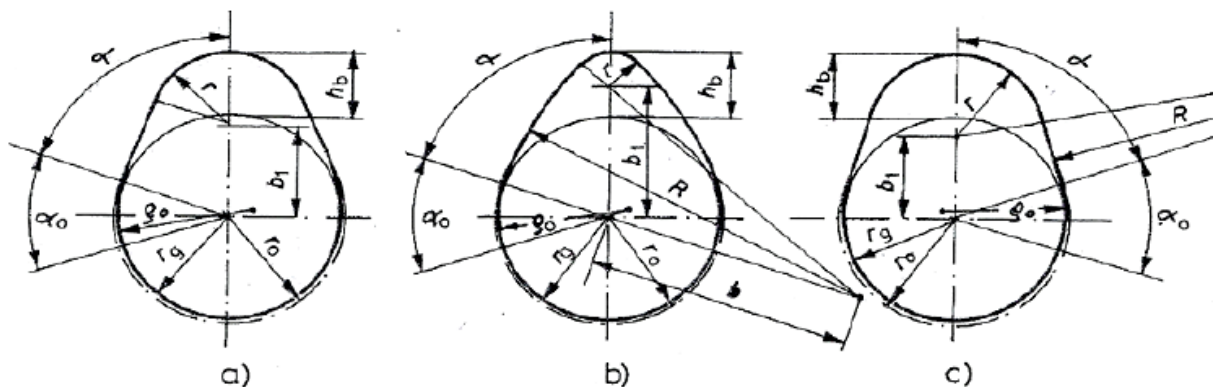
3. ábra. Vezérműtengely beépülésének részlete [13]

A belsőégésű motor szelepeit a vezérműtengelyen (büttyökstengely) kialakított profilos ívű testek mentén mozgatják – bármilyen vezérlésű a motor. A büttyökprofilokat a következő szempontok határozzák meg alapvetően:

- a) *szelep nyitási és zárási pontja* a gázdinamikai hatásoknak köszönhetően a holtpontok előtt, ill. után történik és nem a az ütemek kezdetén és végén,
- b) a legnagyobb *szelepemelkedési magasságtól* ( $h_{max}$ ) függ a büttyök alapkör sugarának ( $r_0$ ), ill. vezérműtengely átmérőjének nagysága az adott vezérlési szögeknél,

- c) a szelepnitáskor és -záráskor fellépő gyorsulások kiemelten fontosak, mivel – a nyitvatartási időn belül – a nyitási és zárási sebesség a következőkkel hatnak szinergikusan egymásra:
- d) minél nagyobb átömlési keresztmetszetet kell szabaddá tenni, miszerint a cél, hogy a szelep minél nagyobb sebességgel nyíljon, hogy az adott intervallum alatt minél magasabbra emelkedjen a szelep,
- e) bár nem szabad túl nagyok lennie a nyitási és zárási sebességnek, mivel a nagy gyorsulások és tömegezők terhelhetik és károsíthatják a vezérlőmechanizmust.

Ezen ellentmondó szempontok között kell megtalálni úgymond az „arany középutat”, azaz olyan bütyökprofil alkalmazni, amely egyrészt nagy átáramlási „időkeresztmetszetet” hoz létre nem túl kártékony gyorsulások mellett, a túlzott terhelések elkerülésére törekedve. Azonban nem szabad elfelejteni, hogy a szelepemelkedés ütemét a vezérmű-bütyökprofil és a kapcsolódó emelőhimba, -kar, -talp együtt határozzák meg és vizsgálatuk is együtt lehetséges.



4.ábra. Vezérlőbütyök alaptípusai [13]

a) tangenciális; b) dombolú oldalú körívbütyök; c) homorú oldalú

- a) tangenciális: nagyobb vezérlési szögek esetén alkalmazható,
- b) harmonikus: egyenletes (sin, cos) foronómiai görbék sík emelőtalp esetén,
- c) homorú oldalú: lassú motoroknak nagy vezérlési időkereszt-metszetet biztosít  
(csak görgős emelővel alkalmazható)

Emelés mozgástörvényei: foronómiai görbék

(bütyökprofiltól és az emelőtalp kialakításától függnék): Gyorsulás, Sebesség, Lököt

A szívó és kipufogó vezérműtengelyen helyezik el a vezérmű-bütyökpárokat. A bütyökpárokat kb. 100-110<sup>o</sup> –kal elékelve képezik ki, ill. a gyújtási távolságnak megfelelően helyezik el a hengerek gyújtási sorrendjében. Azonban további fontos szempont – a köszörülés mellet – a bütyök tartósságára, terhelhetőségével kapcsolatban a hőkezelés (keményítés) eljárása.

Az anyag kiválasztása az egyik meghatározó fontosságú, hanem a legfontosabb „momentuma” a folyamatnak - az eredményesség elérése érdekében.

A vas és a vasalapú ötvözetek teszik ki az ipar által előállított termékek legnagyobb részét – a műanyagok mellett. Azon ötvözetek, amelyek Fe-tartalma meghaladja az 50%-ot a vasötvözetek körébe tartoznak. Az ISO 4948 nemzetközileg lényegében szintén úgy írja le, hogy az acél túlnyomórészt vasat és 2%-nál kevesebb korbont és egyéb elemeket tartalmazó anyag. Továbbá az öntöttvas és az acél között vegyi összetétel alapján nincsen nagy különbség, mert a 2% a megszokott határvonal. A különbség inkább abban rejlik, hogy az acél képlékeny alakítható, míg az öntöttvasat csak meghatározott feltételek teljesülése esetén tudjuk alakítani. [91]

Szobahőmérsékleten az acélokban a széntartalomtól függően általában három szövetszerkezet található meg egyensúlyi hűtés esetén, amelyek a következők: ferrit, perlit, szekunder cementit és az ausztenit. Az ausztenit-mező alsó határát egyes ötvözők lenyomják, más ötvözők igyekeznek zárni, elősegítve ezzel a ferrit megjelenését szobahőmérsékleten – perlites átalakulás lejátszása nélkül.

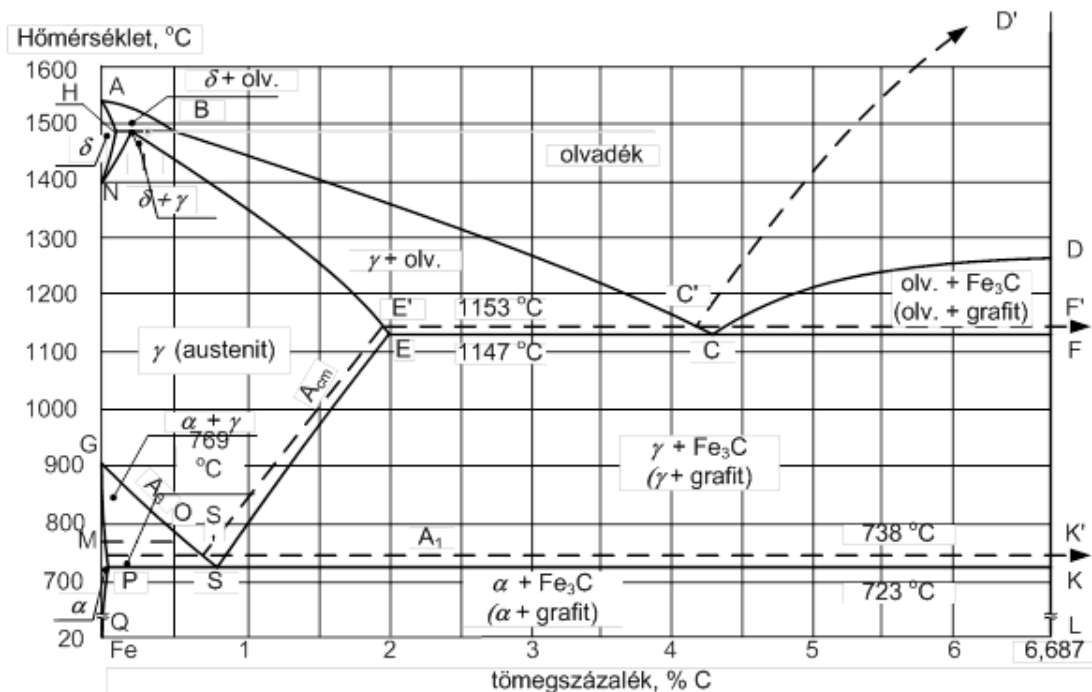
Esetünkben a szerszámacélokat fogjuk megvizsgálni, ahogyan arra a fenti szerszámjelek is utalnak. A felhasználási területtől függően több követelményeknek kell megfelelniük a szerszámacéloknak, például: nagy keménység, kopásállóság (amelyet nagyobb széntartalom biztosít: 0,6-2%. Viszont, ha erős dinamikus igénybevételnek van kitéve, akkor a szívósságot kell előtérbe tenni, amely pedig kisebb C-tartalommal biztosítható (0,25-0,6%). Sok esetben 400-500 °C szükséges, hogy megmaradjon az anyag keménysége és kopásállósága, ill. nagy melegszilárdságú és megeresztésálló legyen, továbbá jó hővezető is a túlhevülések csökkentése végett. Kiemelt szempontok még: mérettartás, minimális vetemedés hőkezelés közben, valamint a termikus kifáradással szemben is ellenálló legyen. S most nézzük meg azokat, amelyek valamennyi követelményt ki tudnak elégíteni.

A K4-es krómötvözésű hidegalakító szerszámacél az jó éltartósságot nyújt finomélű forgácsolószerszámok készítéséhez az 1% szén és 1,5% króm tartalmával.

A teljesség igénye nélkül, például ezen anyagot mérőhasábok, kaliberek, idomszerek, mérőeszközök és különböző kivágószerszámokhoz is felhasználják.

Röviden néhány a Cr ötvözőelem hatásáról: alapvetően ez egy ferritképző ötvöző. A króm az acélok megeresztés-állóságát növeli, továbbá segíti a rozsdásodás elkerülését és elősegíti a savállóságot. Az acélok használata, használódása közben oxidálódnak, vagy egyéb vegyületképződés miatt tönkremennek, de a króm a korrózió megjelenését csökkenti, ellenállóképességét növeli az acélnek, ha 1/8 atomszázaléknál nagyobb mennyiségben ötvözzük az acélhoz. Azonban, ha a 2/8 atomszázalékot meghaladja a krómtartalom, és  $C\% < 0,1$ , akkor azonban savállóságról is beszélhetünk. [91]

A hőkezelés egy tervszerűen végzett, olyan szerkezet átalakítási folyamat, amely magában foglalja a felhevítést, hőntartást és lehűtést. Az edzés célja a célzott keménység elérése (pl: vevői elvárásoknak megfelelő), amelyhez az acél szövetszerkezetét minél nagyobb mértékben martenzitessé kell tennünk. Akkor tekinthető edzettnek az acél, ha legalább 50%-a martenzit a szövetszerkezetének. A szövetszerkezet többi részét az ausztenit és a különböző bomlástermékei (bénit, perlit, ferrit – mind kerülendő) alkotják.



5.ábra. Vas (Fe) – Szén (C) állapotábra [29]

Eredményes edzés feltételei a következők [91]:

- legalább 0,22% szenet kell tartalmazzon,

- acél a hűtés előtt teljesen ausztenites szövetszerkezetű legyen,
- a hűtés sebessége a darab belsejében is nagyobb legyen a kritikus lehűtési sebességnél,
- ne maradjon vissza jelentősebb mennyiségű ausztenit a hűtés végén.

A túl magas hőmérsékletéről edzve az acélokat, nő a repedés veszélye, de az 1% C tartalmú acélt nem szükséges „túlságosan” felhevíteni, mert a perlit átalakulásával az ausztenit kellő mennyiségű szén tud oldani. Az alábbi tapasztalat alapján a hőtartás ideje az alábbiak szerint számolható:  $t=20+D/2$  [min], ahol D – jellemző átmérő [mm]

A martenzites szövetszerkezet kialakulásához edzésnél a kritikus hűtési sebességnél gyorsabban szükséges hűteni a darabot. [91]

Ötvözött acélok esetén, főként a szerszámacélok akár már a fűvott vagy nyugvó levegő is edző hatású. Ha az olaj és a víz is alkalmas gyorsabb hűtésre a kritikus hűtési sebességnél akkor célszerű az olajat választani a kisebb edzési feszültségek megjelenése érdekében. A hűtőközegben érdemes mozgatni a munkadarabot, vagy a hűtőközeget áramoltatni szükséges. A hűtést legtöbbször több lépésben végzik, ahol például a hűtést vízben kezdik és 500°C alá hűtve a darabot elkerülik a perlites alakulás orrpontját, majd a hűtést gyengébb erélyességű olajban folytatják, csökkentve ezáltal a darabban létrejövő feszültséget, ezáltal kisebb valószínűséggel megjelenő deformációt és repedést is. A következő szakaszok ismertek [91]:

- 1. szakasz: első szakaszában a hűtésnek a kéreg gyorsabban hűlik, ami maga után vonná a zsugorodást, de a mag – mivel mérete változatlan – nem engedi zsugorodni, így a kéregben húzó, míg a magban nyomófeszültség lép fel.
- 2. szakasz: ha a kéreg hőmérséklete eléri az adott hőmérsékletet elindul benne az átalakulás, ill. amely maga után vonja a térfogatnövekedést. Kéreg növekedni szeretne, amely miatt húzza a magot. Így a magban húzófeszültség, míg a kéregben nyomófeszültség lép fel.
- 3. szakasz: A hűtés végén a kéreg lehűlt, a mag hűlik, amely szeretne tovább zsugorodni, de ezt a már kihűlt kéreg nem engedi. Kéregben nyomó- és a magban húzófeszültség keletkezik.

- 4. szakasz: Amikor a mag is elérte az átalakulás hőmérsékletét a növekedő mag feszíti a már átalakult kérget, így a kéregben húzó- és a magban nyomófeszültség jön létre.

Általában a húzófeszültség kevésbé elviselhető az anyagokban, mint a nyomófeszültség. Tehát az I. és IV. szakaszban kéregrepedéssel, míg II. és III. szakaszban pedig magrepedéssel kell számolni. A valóságban ezen folyamatok folyamatosan játszódhatnak le a hűtés során, s esetenként ezek teljesen összeolvadnak. [91]

Meg kell említenünk még a megeresztést is, amelynek célja az edzéskor keletkező feszültségek csökkentése (alacsony hőmérsékletű megeresztés), ill. a szívósság fokozása (még keménységcsökkenés árán is) magasabb hőmérsékletű megeresztéssel érhető el (pl: nemesítés). A nagy karbontartalom miatt az edzett acél nagy belső feszültséggel bír, ezért megelőzve a darab repedését – lehetőleg közvetlenül az edzést követően – meg kell eresztetni a darabot.

Esetünkben (figyelembe véve a választott anyagunkat) az alacsony hőmérsékletű megeresztésről kell beszélnünk (100-250°C). Célunk, hogy a feszültséget csökkentsük úgy, hogy az edzési keménységet megtartsuk. Ilyen hőmérsékletű megeresztés 4-5 HRC felületi keménység csökkenést eredményezhet a megeresztés hatására.

Alkalmazási területek:

- ötvöztelen szerszámacélok megeresztése,
- hidegalakító szerszámacélok megeresztése,
- betétben edzhető acélok hőkezelésének utolsó befejező művelete,
- felületen edzett acélok megeresztése.

Fentebb a keménység mélységhez kapcsolódóan ismerttettem a lényegi elemeket, azonban szót kell ejtenünk a felületi hőkezelésekről is röviden:

- létezik a termokémiai hőkezelés is, amellyel az alapanyag felületi kérgének összetételét különböző elemek bediffundálásával megváltoztatjuk, így kialakítva ezzel – alapanyagtól eltérő tulajdonságú – például kemény kopásálló kérget.
- a felületi edzések esetében az anyag összetételét nem módosítjuk. Edzhető acél felületén vékony, kopásálló kérget hozunk létre gyors

hevítéssel, hűtéssel (típusai: indukciós edzés, lángedzés, mártóedzés, lézeres edzés, elektronsugaras edzés).

Esetünkben releváns az indukciós edzés lesz, mivel a primer kutatás során azt tudtam tesztelni, technikailag ez volt kivitelezhető a rendelkezésre álló eszközök tekintetében:

A hevítés elve: ha villamosan vezető fémet helyezünk egy váltakozó árammal átjárt tekercsbe, akkor örvényáram fog keletkezni a mágneses erőter hatására. Ez az örvény Joule-hőt termel, ami melegíti a fémet. (Továbbá ha a fém mágnesezhető akkor a mágnesezési veszteség is hőt képes fejleszteni, ami gyorsítja a felmelegedést.

Az indukciós edzés hátrányai között említhető, hogy:

- beruházásigényes (drága berendezés),
- minden más méretű alkatrészhez külön kell tervezni induktort,
- bonyolult alakú munkadarabok felületi edzéséhez nem alkalmas.

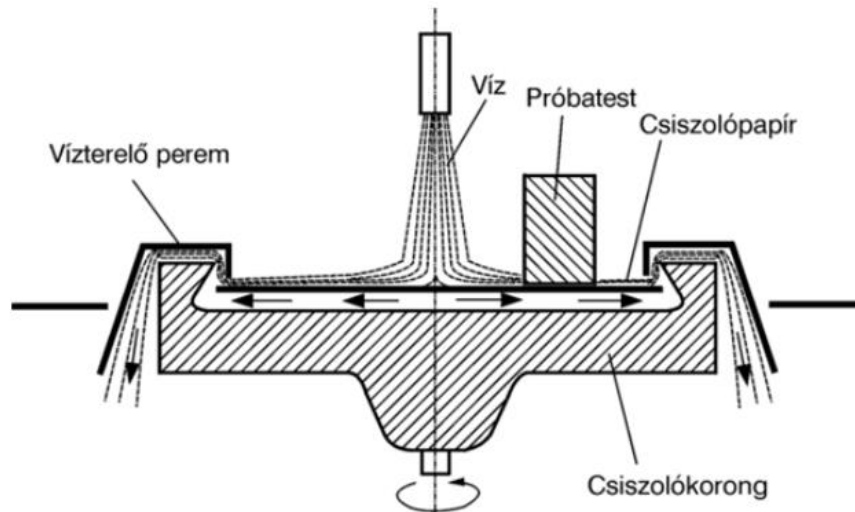
Alkalmazási területek:

- forgástestek, csapszegek, tengelyek (bordás, bütykös, forgattyús) fogaskerekek felületi kérgének edzésére,
- gépjárművek különböző kopásnak kitett elemeinek edzése (szelepvég, szelepfészek, stb.).

#### 2.1.2.2 Vizsgált értékek eredete

Ahhoz, hogy tömegtermelésben ez a hőkezelési eljárás minőségileg biztosítható legyen egy gépgyártó kifejlesztett egy olyan rendszert, amely az optimalizált ciklusidő segítségével, ill. a megfelelő gépkarbantartás mellett a gyártási sorozat ki tudja elégíteni a vevői igényeket, beleértve a tartósság elvét is.

Az edzést követően a bütyök két részre történő vágása során szükséges alkalmazni korrózióvédő folyadékot, hogy vizsgálhatóság szempontjából a kívánt állapot minél hosszabb időn keresztül fenn tudjon maradni, megóvva ezzel a mintadarab állagát. Következő lépésünk, ahhoz, hogy ellenőrizni tudjuk az edzési profilunkat a ketté vágott bütyöket meg kell políroznunk.



6.ábra. Nedvescsiszolás szerkezeti felépítése [23]

Nedvescsiszolást alkalmazunk, amikor a szilícium-karbid szemcséket tartalmazó csiszolópapírunkat – korongra rögzítve – vízárammal látjuk el, hogy a centrifugális erő segítségével a kicsapódó víz helyén létrejövő vákuum a csiszolóanyagot a koronghoz paszírozza és kisimítva tartja. Ezen vízáram segítségével a leváló szemcséket, mind a darabról, mind a csiszolókorongról.

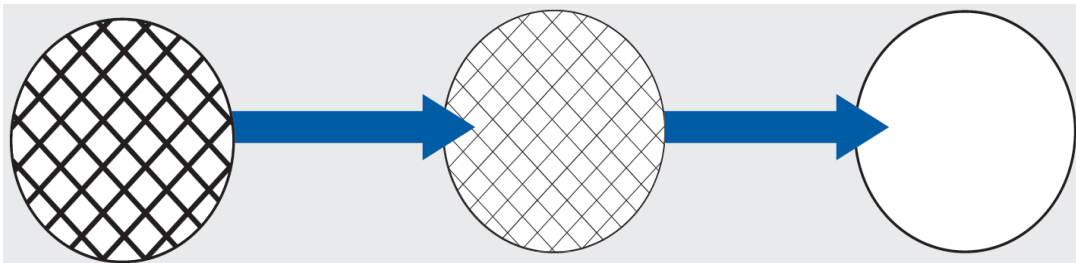


7.ábra. Csiszolás művelete közben (forrás: saját szerk.)

A megfelelő „tisztaságú” eredmény elérése érdekében többféle erősségű csiszolásra, polírozásra van szükségünk. Első körben, ahogyan az a fenti fényképen látható egy durvább, erősebb korong alkalmazására van szükség. A makrocsiszolásnál (jelen esetben P100 szemcseméretéről beszélünk) az elő- vagy

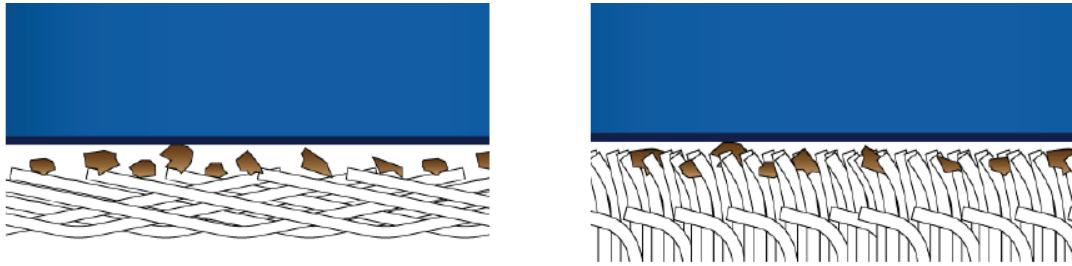


durvacsiszolás folyamata valósul meg. Ezen csiszolás során a felületi egyenlőtlenségek egalizálása (pl. gépnymok eltüntetése) történik. A csiszolás következő fázisában az utócsiszolás vagy köztes csiszolás valósul meg, amikor a durva csiszolás karcolásait tüntetjük el az előbbitől egy finomabb csiszolással, amely valahol a makro- és a mikroszemcsék határán helyezkedik el (P220), valósul meg a második fázis. Ezt követően az 1000-es nagyságú mikroszemcsék segítségével pedig a finomcsiszolás következik, annak érdekében, hogy a felület minél homogénebb legyen – később ez jelentősen meghatározza a profil láthatóságának minőségét. Szükség esetén a mikrokarcok teljes eliminálására használhatunk még finomabb 1200-as csiszoló felületet is szükség esetén. Az egyes fázisokat közel két percen keresztül kell végezni kb. 60 N-os nyomással és 230 percenkénti fordulattal. (Beágyazás segítségével, amelyről későbbi fejezetben szólok, segítségünkre lehet, hogy ne pusztán az ujjunkkal tegyük a leszorítást – ez esetben is törekedjünk a merőleges irány megtartására.) A végső – jelen esetben negyedik – fázisban tökéletesíteni akarjuk a felületünket, azaz a felületen bármely 3 $\mu$ m feletti egyenlőtlenséget szeretnénk megszüntetni.



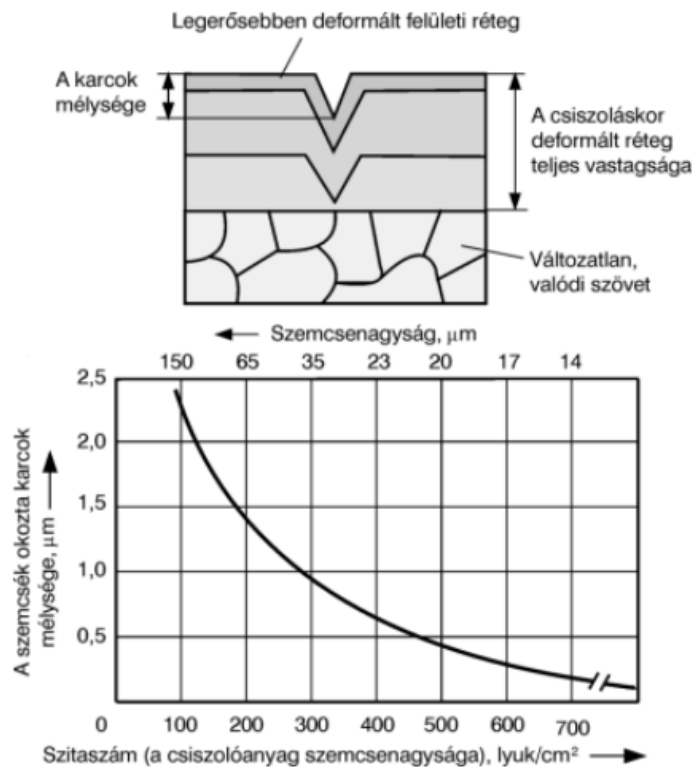
8.ábra. Differentált szövetszerkezetek [8]

Ezen képen látható, és fentebb említett hatások elérése érdekében a hármas sarokpontokat a következők szerint kell értelmeznünk. Az első fázis a durva felületet mutatja, ahol a csiszolóanyagot hozzáadják az erősen vagy közepesen elnyűtt polírozó szövethez. Középen a sok enyhe karcot szimbolizálja a szerkezeti ábra, ahol az erős, közepes vagy puha szövethez adnak. S végül a legfinomabb, karcmentes felületet láthatjuk, ahol szuszpendált csiszolóanyagok alkalmazásával lágyabb, több rugalmas felületet kapunk. A felhasznált szövet típusa nagyban függ a feldolgozandó anyagtól és a végső elemzés követelményeitől. Ennek megfelelően szükséges választani a polírozókorongot, hogy az milyen szövetből, szövésből és alsó részből (ha szerkezetileg nézzük a csiszolandó darabhoz képest) áll.



9. ábra. Elnyűtt, ill. a „bolyhosabb” (hatékonyabb) szövetszerkezet [8]

Esetünkben a finom polírozáshoz arra van szükségünk, hogy a csiszolóanyag  $\mu\text{m}$ . minél inkább „bolyhosabb” legyen, hiszen a csiszolószövetnek minél jobban be kell tudnia hatolnia a csiszolandó szerkezetbe, annak érdekében, hogy a kisebb méretű felületi egyenetlenséget is homogénné tudja tenni. Az említett negyedik lépésben használt finompolírozási folyamat paramétereit kismértékben térnek el a fentebb említettől: lényegében ugyanazon időintervallum alatt fele akkora nyomatékmal nyomva a csiszolóvászonra és kb. 10%-al csökkentve a percenkénti fordulatszámot. Tehát a fentiekből is látható, hogy sok tényező befolyásolja polírozás minőségét, mint például: csiszoló szemcsék mérete és típusa, textúra kialakítása, polírozási ciklusidő, a csiszolandó felület terhelése, forgásirány, forgási sebesség, stb.



10. ábra. A megmunkálással deformált réteg és az ép mikroszerkezet [23]

A fentebb részletezett tevékenységek 9. ábrán látható okok miatt meghatározó jelentőséggel bírnak, mivel, ha egy nagyobb szemcséjű csiszolókorong alkalmazását követően, ha elmulasztjuk a „sértett” réteg megfelelő eltávolítását, akkor az összekarcolhatja a csiszolt felületet, amely egy végtelenített kört okozva ezzel. A fenti ábra is igazolja, hogy a használt 3 µm-es szuszpenzióval a legdurvább csiszolókorongunk (100-as) által okozott karcokat is ki tudjuk venni az anyagból.

Ahhoz, hogy az edzési profil „kirajzolódjon”, láthatóvá váljon vizuálisan meg kell maratnunk a csiszolt felületet. A maratás a polírozott felületek különböző hatású oldattal történő kezelését jelenti – jelen esetben ez oldó hatású oldatot jelent, amely következtében kevésbé nemes kristályszemcséket oldják csupán, a nemesebbeket elhanyagolhatóan csak. A maratási folyamatot követően a maródott, ill. nem maródott felületek egész jól megkülönböztethető, hiszen mikroszkóp alatt előbbi sötétebb, míg utóbbi világosabb felületként vizualizálható. Amennyiben egyforma szerkezetű kristályokról (homogén) beszélünk, akkor azok egyforma mértékben maródnak, s így csupán a kristályok határvonala oldódik, s így mikroszkópikus képen láthatóvá válik. Az említett maratási folyamat során a Nitalt (98% etil-alkohol + 2% HNO<sub>3</sub>) edénybe töltjük, majd belemártjuk a csiszolatot és mozgatjuk az előírt maratási ideig. Jelen esetben ez csupán 4-5 másodpercet jelent, de ha a maratási idő nem ismeretes, akkor szabad szemmel szükséges figyelni a változás tényét. Ha a darab felülete elhomályosodott vagy elsötétedett a maratást abbahagyni szükséges. A maratás idejét meghatározza az is, hogy a maratást követően milyen felbontóképességű mikroszkóp lesz segítségünkre a vizsgálatához. Értelemszerűen, ha gyengébb minőségű mikroszkóppal rendelkezünk a maratást erősebben szükséges elvégeznünk. A maratott felületet bő vízzel, majd, 99%-os etanollal mossuk le, majd meleg levegőáramban szárítsuk meg.

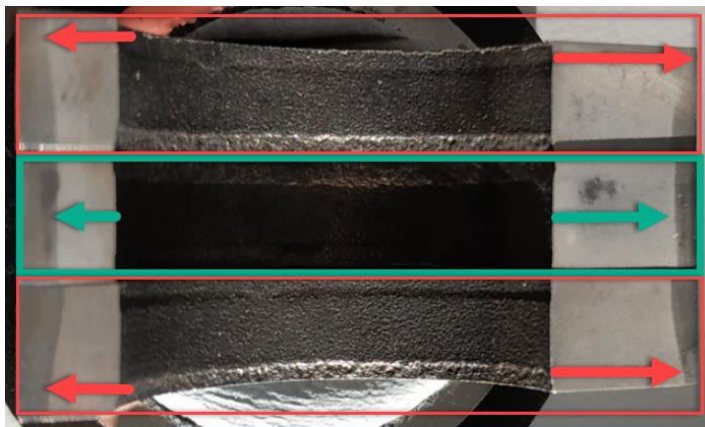
A fenti folyamatot követően elérkeztünk az edzési profil ellenőrzéséhez. Az edzési profilnak párhuzamosan kell futnia a bütök felületével.



11.ábra. Nem-megfelelő edzési profil (forrás: saját szerk.)

Látható a félbevágott bütykön, hogy a pirossal jelölt nyíl végpontjában a felülethez képest – a zöld nyíllal jelzett helytől eltérően – az edzési profil nem megfelelő, mivel nem egyforma mértékben valósult meg a bütyök teljes szélességében.

Ahhoz, hogy elkerüljük a fenti aszimmetrikus edzési jelenséget, meg kell határoznunk a bütyök pozícionálását az induktorhoz képest. Mivel, ha a következő alkalomkor másképp pozícionáljuk, akkor az eredményezheti az eltérést és a különbözőséget, eltérést a gyártási batchek között. Valamint az előzőekben említett vízszintes irányú pozícionáláson kívül szükséges még a függőleges irányú pozícionálás meghatározása is a következők miatt.



12. ábra. Megfelelő és nem-megfelelő edzési profilok (forrás: saját szerk.)

Jól prezentálja ezen ábra, hogy, ha a bütyköt nem az erőter közepére helyezzük, akkor egy eltolódott, aszimmetrikus edzési profilt kapunk. Ha a terméket a középvonal felett helyezzük el, akkor a szétvágott terméken látható, hogy az erőter felső részén már gyengül az erőter intenzitása, így azon részen már nem lesz ugyanolyan mértékben edzve a bütykünk, amely miatt az edzésünk nem lesz homogén, így a termék nem megfelelősége miatt állítanunk szükséges a pozícion. Amennyiben az erőter alja felé közelítünk, ott éppen az ellenkező asszimetriai jelenséget fogjuk tapasztalni a folyamatunk eredményeként.

Következő lépésben mozgassuk el az induktorban függőleges irányban felfelé 4 mm-el. Ez esetben lényegében a tükörképét kaptuk eredményül, amely azt jelentette, hogy a célpozícion felül lett pozícionálva második esetben az edzeni kívánt darab, amely szintén nem megfelelő. Így a fentiek alapján harmadik lépésben, azaz pozícionban (megfelelve az előbbi távolsági adatot) ismét elvégezzük az edzési profil vizsgálatot, amelynek eredményéül (lásd középen) a következő eredményt kaptuk.

Fentebb ismertetett több mm-es függőleges irányba történő elmozdítás során megtapasztalhattuk a szélsőségeket, hogy megértsük milyen esetek fordulhatnak elő, azonban a stabil gyártás elengedhetetlen feltétele azok a határok megtalálása és definiálása, amelyek eredményeképpen a minőségképesség és vevői elégedettség fenntartható. A 0,1 mm-es, pozitív (felfelé) és negatív (lefelé) irányú elmozdítással végeztem kísérleteket, amelynek eredménye, hogy  $\pm 0,8$  mm –el történő függőleges elmozdítás során még az edzési profil megfelelő, tovább engedhető a gyártási folyamatban. Itt van az a pont, ahol már kismértékben „elhajol” az edzési profilunk. A  $\pm 0,8$  mm és  $\pm 1,2$  mm közötti intervallumban feltétellel elfogadható – jelen gyártási feltételek között.

Ahogy fentebb említettem az alkalmazott edzés típusa esetünkben az indukciós edzés, ahol a váltóárammal átjárt vezetőben, pontosabban annak erőterébe helyezett acél darabunk az erőterben fellépő mágneses (hiszterézis) és villamos (örvényáram) veszteségeknek köszönhetően felmelegszik, aminek elengedhetetlen feltétele, hogy a vezetőként működő induktor tekercs körül ölelje a darabot. Az edzést meghatározza még a frekvencia is, hiszen minél nagyobb a frekvencia – annál kisebb behatolásra képes a kéregben, így – kisebb a felmelegedő kéreg vastagsága is (szkin effektus). A létrejövő hőtorlódást, amelyet a nagy hevítési sebesség és a szkinhatás okoz, hűtenünk szükséges, amelyet megtehetünk vízzel, vagy vizes oldattal. Ezen hűtőközeg legtöbbször gyakorlat szerint az induktor hűtésére szolgáló hűtővíz, ahogyan esetünkben is.

Az acélok edzése során indukciós hevítőberendezéseket használunk. Az acél mellett használják még egyéb fém: acél-, alumínium-, és rézötvözetek hőkezeléséhez is. Az anyagok felmelegszenek és felhevült állapotban történik a további feldolgozás.

A hatás eléréséhez szükségünk van az elektromos vezetőre, amely a mágneses erőterén keresztül, érintkezés nélkül melegíti fel a mágneses mező a munkadarabot az indukciós technológia eredményeként, így az anyag felmelegszik. A mágneses erőter generálásához indukciós orsók szükségesek, amelyek felhasználástól függően egyszerűek, vagy nagyon költségesek is lehetnek. A technológia a következőben rejlik: a hatás a mágneses mező által közvetlenül a felmelegítendő anyagban generált, indukált áramerősségnek köszönhetően jön létre. Az anyag részben vagy egészében is felmelegíthető függően a darab formájától és a berendezés kialakításától függően.

Az indukciós tekercsekben lévő áram frekvenciája határozza meg a felmelegedési jellemzőt és az indukált áram behatolási mélységét. Viszonylag kis

frekvenciával történik a munkavégzés. Nagy méretű mintadarabok esetén. A felmelegítési folyamathoz az áramot egy speciális átalakító biztosítja, amely lehetővé teszi egy változó kimeneti frekvenciájú áram szállítását, ami befolyásolja a melegítési folyamatot.

Indukciós berendezések esetén az indukciót generáló alkatrészt jelentős elektromos, termikus és mechanikai hatások érik, mivel az indukciós felmelegítés az erős mágneses mezőkön alapulva működik, így az orsón nagy váltakozó áramoknak kell keresztülfolytania. A teljesítménytől függően az orsók tekercsei sárgaréz üreges profilokból állnak, amelyen egy hűtőközeg áramlik keresztül.

Az indukciós tekercsek által felvett hő a többi alkatrésztől (trafótól, kondenzátortól) elvezetett egyéb hőmennyiségekkel továbbításra kerül egy primer hűtőrendszerbe. Ezt követően a hő ezután egy hőcserélőn keresztül egy másodlagos (helyi) hűtővízkörnek kerül átadásra. A hőcserélő biztosítja a berendezést hűtő víz teljes elkülönítését kommunális hálózati vízvezeték-rendszerétől. A leválasztásra a hűtővíz mennyisége miatt is célszerű.

Az **irányított hűtés** a hőkezelési művelet az egyik legfontosabb része. Az egyes ötvözetek kritikus lehülési sebessége eltérő sebességet kíván, hűtőközegtől függően, amelyek a következők lehetnek:

- Természetes lehülési folyamat levegőn,
- Víz, vagy vizes oldatok hűtőhatása,
- Az olajok hűtőhatása,
- Fém- és sófürdők, mint hűtőolvadékok,
- Mélyhűtés.

A természetes lehülési folyamat során sok esetben előfordul a darabok levegőn való hűtése, amely jelen esetben eredménytelen lenne, hiszen a kritikus lehülési sebesség ezen módon nem elérhető. A további felsorolt módszerek – a vizes oldatokkal való hűtés kivételével – sem alkalmazhatóak a gyártási stabilitás és gazdaságosság elveivel összhangban. Ez az egyik leggyakrabban alkalmazott hűtőközeg, amelynek azonban hátránya, hogy a martenzites körzetben nagy a hőelvonó képesség, amely növeli a repedés valószínűségét. A víz hűtőhatását három szakaszra bonthatjuk: *a gőzhártya képződési, a fővési, valamint az áramlási szakaszra*. A Leidenfrost-féle jelenséghez hasonlóan a darabot gőzhártya vonja be a darab vízzel történő érintésekor, annak bemártásakor, mivel olyan nagy a fajlagos

felületi hőterhelés. Ennek hátránya, hogy a gőzhártya-képződés a hőleadást erőteljesen mérsékli. Majd ezt követi a fővési szakasz, amikor a hőmérsékletének csökkenésével a gőzhártya stabilitása csökken, így esélyt adva a hűtőfolyadéknak, hogy közvetlenül érintkezzen a forró fémfelülettel, amely által a hűtőfolyadék forrni kezd és az így létrejövő buborékok a felületről leválnak. Ezen szakaszban legerőteljesebb a hűtés hatásfoka, azonban a repedéstől azért nem kell tartanunk mivel e hőmérsékleten a darabunk még képlékeny állapotban van. A fentebb említett szakasz az irányított hűtés kapcsán az áramlásos hőelvonás. A repedésre való érzékenység erőteljesen megnövekszik. Éppen ezért a tagolt vagy nagyobb átmérőjű darabokat olajban hűtik tovább a vízhűtés helyett. Azonban – ahogyan esetünkben is – a víz hűtőhatását módosíthatjuk, jelen esetben fokozhatjuk különféle adalékanyagok hozzáadásával, például sók vagy bázisok adagolásával, növelve ezáltal a víz hővezető-képességét és forráspontját, ezáltal a hőátadás megnövekszik (a buborékképződési hajlam mérséklődik) és az áramlással elvitt hőmennyiség is. [58]

Az edzési mélységgel kapcsolatos **vevői elvárás** figyelembe vétele kiemelten fontos, amelyet úgy kell értelmezni, mint egy alsó határt (AH), amelyet mindenképpen szükséges elérni a gyártási folyamat végére. Ennek eléréséhez azonban kalkulálnunk szükséges a gyártási folyamatból adódó megmunkálás következtében adódó anyagvesztéssel, amely az edzés és a kész edzett darabunk fázisai között történnek. A nyers darabunk felső határos átmérőjének, ill. a megmunkált (köszörült) darabunk alsó határos átmérőjének különbségének figyelembevételével a következőkkel szükséges számolnunk:

- köszörülési ráhagyás,
- központosító pozícióhiba,
- köszörülési szöghiba ráhagyás,
- vevői elvárás, amelyet ez esetben tekintsünk.

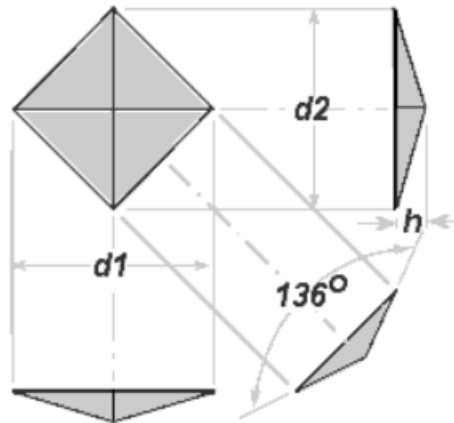
### **Edzési mélység vizsgálata**

Ám széles körben elterjedt a keménység vizsgálat a fémek és az ötvözetek vizsgálatára vonatkozóan, azonban nem szabad elfelednünk, hogy roncsolásos vizsgálatról beszélünk, akkor is, ha a gyakorlatban ez olyan kismértékű is, hogy a legtöbb alkatrész működését ez nem befolyásolja. Ne feledjük továbbá azt sem, hogy

ezen vizsgálat nem reprodukálható, megismételhető, de ez a hőkezelés eredményességének legfontosabb és leggyakoribb ellenőrző módszere.

Keménység fogalma: az anyag ellenállását értjük ez alatt, amelyet egy nálánál keményebb test behatolásakor kifejt. Megkülönböztetünk statikus (Vickers-, Brinell-, Rockwell-eljárásokat) és dinamikus (Shore-eljárás, Poldi-mérés) vizsgálatokat [90]

Esetünkben a keménység mélység vizsgálatát Vickers-ben mérjük:



13. ábra. Vickers lenyomata [90]

képlete:

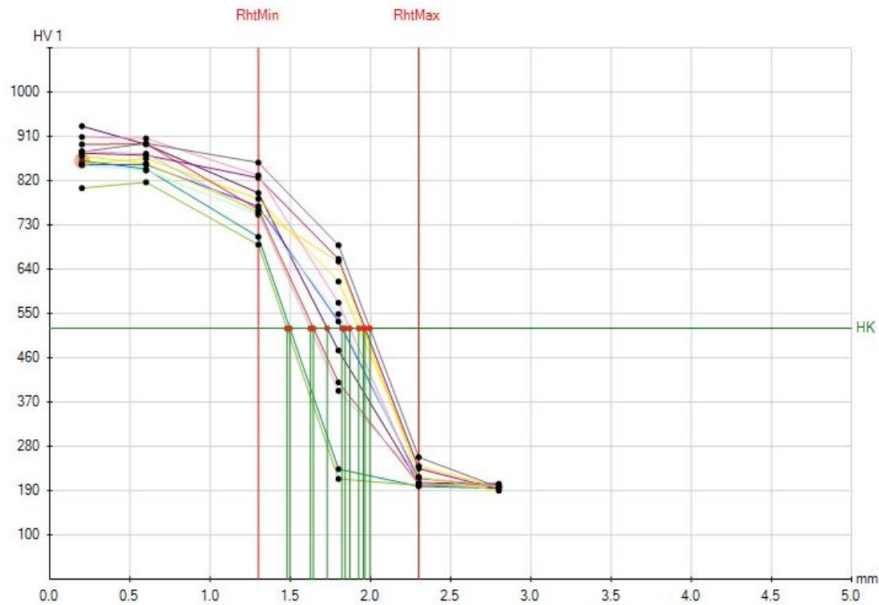
$$HV = P / F = 1,8544 \times P / d^2 \quad \text{kg/mm}^2$$

ahol, P a terhelőerőt és F a benyomódás felszínét jelenti.

Ez a módszer bármilyen keménységű anyag vizsgálatára használható, értéke a terhelőerőtől független és gyakorlatilag megegyezik a Brinell-keménységgel. A Vickers keménységmérés folyamatában  $136^\circ$  csúcshögű négyzet alapú, egyenes gyémántgúlát **F** terheléssel határozott ideig a vizsgálandó anyagba nyomunk. A benyomódás után mérjük a benyomódás **d** átlóját. A terhelőerő és a benyomódás átlagos átlójából számított benyomódási felületnek a hányadosa a Vickers keménység. [90]

Az edzési mélység változtatásának érdekében az edzési idővel finoman kell bánni, hiszen a termelékenység rovására mehet, amennyiben a ciklusidőt túllépjük, így a leggyakoribb eszköz úgymond az edzési feszültség változtatása.





14.ábra. Keménységmérés értékek (Vickers) tűrésben

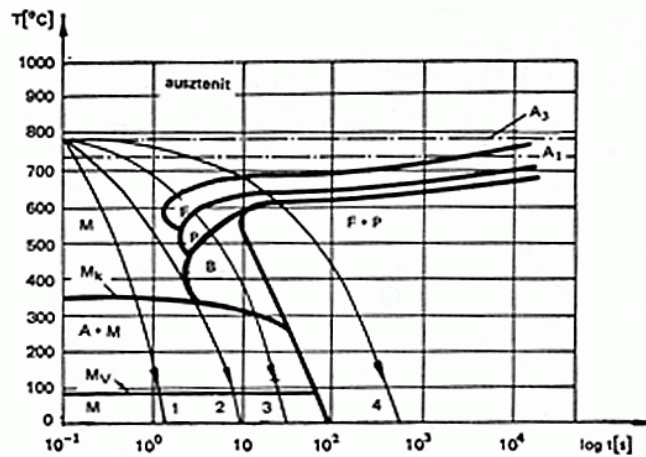
Ahhoz, hogy a gyártás során összehasonlítható méréseket végezhesünk meg kell határozni azon mélységi pontokat, amelyek ellenőrzésével biztosíthatóak később az elvárt eredmények. Ahogyan azt írtam esetünkben az 520 HV1 keménységi értéket 1,3 és 2,3 mm mélységben kell elérnünk (HV1 jelentése, hogy 1 kg-al, vagyis 10N erővel nyomjuk bele a mintadarabba a gyémántgúlát). Ezt szem előtt tartva szükségünk van azon edzési paraméterek, pontosabban azon edzési feszültségek – s ezáltal az energia szintek – meghatározására, amelyek a következő edzési mélységeket eredményezik.

Úgy kell megalkotni, arra kell törekedni az edzési görbe (lásd: 14. ábrán) létrehozásakor, hogy a görbe lefutása minél több ponton rögzített, ezáltal könnyebben és pontosabban prognosztizálható legyen a görbe lefutása. Az AH (1,3mm) és FH (2,3mm) már rögzítettük, de érdemes megnézni az értéket a tűrésmező közepén is, 1,8 mm értéknél. Továbbá arról is meg kell bizonyosodnunk, hogy a tűrésmezőn kívül megfelelő lefutással rendelkezik a görbénk – értelemszerűen a felülethez, felszínhez közel erősebb keménység, míg mélyebb tartományban egyre csekélyebb keménységet kell tapasztaljunk. Ezért szükséges mérnünk a felszínhez közel: 0,2 mm mélységben, illetve a felszín és AH közötti szakasz körülbelül fele távolságban: 0,6 mm-nél és ugyanígy a FH felett ugyanennyivel 2,8 mm mélyen. Hiszen, ha görbénk lefutása úgy valósul meg, hogy például a tűrésben mindössze egy mérési pont esik csupán, akkor kockázatosabb és

nagyobb valószínűséggel fog a kívánt érték a tolerancia tartományon kívül esni, amely nem a stabil gyártási körülményeket fogja elősegíteni.

### Szövetszerkezet vizsgálata a hűtési paraméterek beállításának függvényében

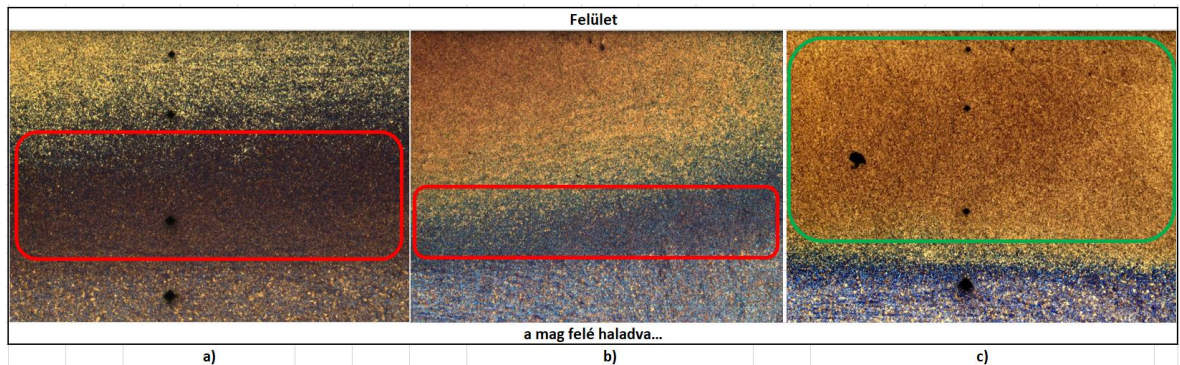
Ahogy már korábban említettem célunk az edzéssel a martenzites szövetszerkezet elérése, a kívánt – vevői elvárásoknak megfelelő mértékben, adott mélységig.



15.ábra. Visszahűtés fázisai és a kialakuló szövetszerkezetek [29]

Annak érdekében, hogy növeljük, növelni tudjuk a mozgásterünket, azaz kicsivel több időnk legyen a martenzites szövetszerkezet kialakítására az idő függvényében érdemes az edzeni kívánt darabot magasabb hőfokra hevíteni, 900°C fölé.

Kezdjük a részletezését a fenti görbék lefutásának az általam vizsgált esethez kapcsolódóan: Először vizsgáljuk meg a 4-es számmal jelölt görbe lefutását. Jól mutatja, hogy az idő logaritmikusan függvényében lassabb lefutása miatt kívül esik a martenzit kialakulásának területén, sőt még bénit sem alakul ki – csupán ferrit és perlit. Ezt a ferrit-perlit-es szövetszerkezetet igyekszik szemléltetni a 28. ábrának a) képének kiemelt területe, ahol látható, hogy ezen kiemelt területben az edzés még nyomokban sem történt meg. Ez esetben a hűtésáramlás csupán 40 liter volt percenként, amelynek eredményeképpen a rendelkezésre álló idő alatt a hűtés intenzitása nem volt elégséges a martenzites szövetszerkezet kialakulásához.

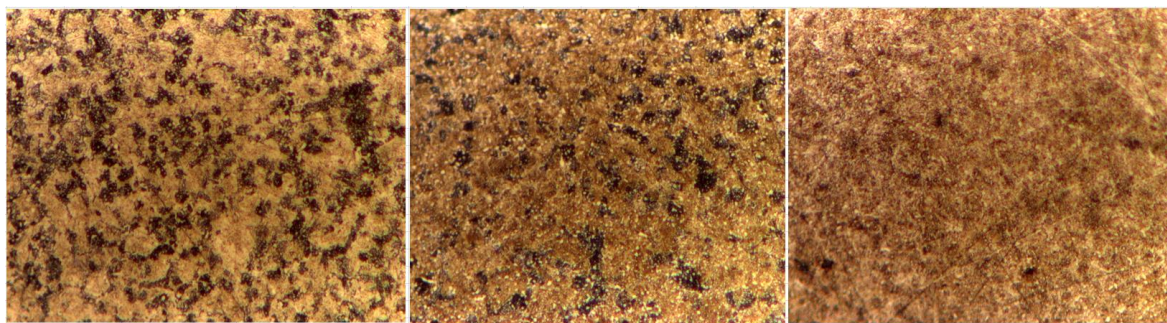


16.ábra. Szövetszerkezet átalakulása (50x nagyítás) (forrás: saját szerk.)

A 16. ábrán közepén szereplő szövetszerkezeti részlet szándékozik prezentálni a 15. ábrán jelölt 3 sz. lefutási görbét, amely alapján kapnunk kell már bénitet is a ferrit és perlit szerkezeti elemek mellett. A bénit megjelenésével jó úton járunk, hogy teljesen martenzites szövetszerkezet alakuljon majd ki, amely ugyan már megjelenik, de még nem ezen hűtési intenzitás – amely ugyan duplája (80 liter / perc) az előzőhöz képest – még mindig kevésnek bizonyul.

A magyarázat arra, hogy hogyan tudtunk közelebb kerülni a martenzites szövetszerkezethez, azaz a bénit kialakulásához, a következő: ha az ausztenitet erőteljesebben hűtjük vissza cca. 500-300°C közé, akkor megváltozik a mechanizmus, mivel megjelennek a tű alakú ferritcsírák. A tútelített ferritből azonban még ki diffundál a karbon és így a ferrit tűket apró cementit korongocskák veszik körül. Azonban mivel a ferrit növekedési sebessége nagyobb, mint a kidiffundált cementité, így elszaporodásával körülöleli a cementit korongokat és kialakul a bénit, amely lényegében cementit korongocskákból elhelyezkedését jelenti ferrit alapba ágyazva. [11]

Amennyiben diffúziós átalakulás nélkül az ausztenitet a lehető legyorsabban (felső kritikus lehülési sebesség) cca. 250°C alá tudjuk hűteni, akkor az átalakulás eredményeképpen martenzites szövetszerkezetet kapunk. Ennek eredményét láthatjuk a 16. ábra jobb szélső képén, ahol a 14. ábrán jelölt 1 sz. görbe lefutásának eredményeképpen létrejött a martenzites szövetszerkezet, amelyet korábban célul tűztünk ki. Ezen eredményt a kezdeti hűtési sebesség háromszorosával értük el, azaz 120 liter / perc-el.



17. ábra. Differenciált hűtésáramlással kialakult szövetszerkezetek (1000x nagyítás) (forrás: saját szek.)

A fentiek szerint haladva (lásd 16. ábra) a) képen látható sok fekete részecske, amelyek alapjaiban cementitet jelentenek, ahogyan az alapanyagban is megjelennek, majd ferlitté és perlitté alakultak át. Továbbá kismértékű bénit is megfigyelhető, azonban martenzit egyáltalán nem.

A 17. ábrán látható középső kép által prezentált részlet mutatja a perlites szövetszerkezet mérséklődését és a bénit nagyobb mértékű megjelenését, illetve a martenzites szövetszerkezet kialakulásának kezdetét.

S végül ezen szövetszerkezeti elemzési szint is jól mutatja a martenzites szövetszerkezet létrejöttét, amely a jobb szélső képen látható. Hiszen eltűntek azon fekete foltok, amelyekben belül a fehér karbidok mutatkoztak, így megállapítható, hogy a jelentéktelen mértékű fekete foltokként vizualizált részletek nem azonosak az előző két képen láthatóakkal, mivel azok inkább eredhetnek a maratási tevékenységből.

## 2.2 Ipar 4.0 – Ipar 5.0 kapcsolata

Mindenekelőtt említést kell tennünk az ipar 4.0 előzményeiről. Az ipar 1.0 a 17-18. századra tehető a nemzetközi szakirodalom meghatározása alapján. [62] Megjelentek az első víz- és gőzhajtású mechanikus berendezések. Az ipar 2.0 – hoz kapcsolható a munkamegosztás és a tömegtermelés bevezetése az 1870-es években. A technikai fejlődés mellett az irányítás szemszögéből is fejlődést láthatunk. Az ipar 3.0 során már találkozhatunk, 1969-től, az elektronikai és informatikai vívmányok megjelenésével a gyártás automatizálására. [75]

A robotok segítséget tudnak nyújtani a monoton és veszélyes munkafolyamatok során, ahol a hatékonyság és munkabiztonsági tényezők indokolják. Az ipar 4.0 koncepciója alapján felülről lefelé irányuló megközelítésként beszélhetünk róla,

hiszen iparági szakértők határozták meg. Érdekes lehetne egy ellentétes irányú, alulról felfelé irányuló megközelítés is, amely jobban kedvezhetne a kis- és középvállalatoknak (kkv). [50] Sok vállalkozásnak az IoT (Internet of Things), robotika és big data bevezetésének költségei magasak lehetnek, így a kkv-k nehezebb helyzetben vannak. A hátrányok között említhetjük továbbá azt a félelmet, amely a megnövekedett robotizáció miatti állásvesztést okoz(hat). S ez ugyanazon alapokra épül csak kiterjesztve azt. Ezáltal túlságosan függőség merül(het) fel az IT szektorral való együttműködés során, amely félelmet kelthet az emberekben.

Sachsenmeier [74] szerint az előzetes kezdetleges koncepciókat az érdekelt felek (politikai, tudományos, tanácsadói, üzleti szereplők) formálják. A német Allensbach Intézet 2016. év április hónapjában történt megállapításai szerint az Ipar 4.0-val kapcsolatos attitűd a közömbösségről a bizalmatlanság felé tolódott el.

Johansson [38] szerint az ipar 5.0 a gépek és az emberek közötti együttműködéséről szól, míg az ipar 4.0 – az ipar 3.0 kibővítéseként – az eszközök összekapcsolásáról az IT vívmányok által. Ezek alapján az ipar 5.0 inkább tekinthető forradalomnak, mint az ipar 4.0. De az ipar 4.0-hoz kapcsolódó robotika és mesterséges intelligencia (AI) nagyban hozzájárulhat az ipar 5.0 sikerességéhez.

Rada [67] szerint az ipar 5.0-hoz a következő 6R módszer tartozik: Recognize (Felismerés), Reconsider (Átgondolás), Realize (Megvalósítás), Reduce (Csökkentés/Racionalizálás), Reuse (Újrafelhasználás), Recycle (Újrahasznosítás), valamint négyféle hulladék: fizikai, társadalmi, városi, technológiai.

A fejlett feldolgozóipart (ADMAN) a csúcstechnológiáknak a gyártási folyamatokba történő integrálása jellemzi. Ez az ágazat nemcsak az EU ipari versenyképessége, hanem a kettős átmenet és a gazdasági biztonság szempontjából is kulcsfontosságú.

Az ADMAN-tanulmány az erőforrás-hatékonyságot fokozó, a gyártási folyamatokat optimalizáló, a gyártást fejlett technológiákkal lehetővé tevő, valamint az automatizálást és az intelligens gyártási módszereket alkalmazó fejlett gyártási technológiákra összpontosít.

Az Európai Unió jelentése az ADMAN-ipart globálisan és Európában vizsgálja, és az európai ADMAN-ipar első áttekintését nyújtja, különös tekintettel a főbb globális

versenytársakkal, például Kínával és az Egyesült Államokkal való összehasonlításra. A jelentés meghatározza és megvitatja az ADMAN-iparág globális és uniós szintű feltérképezésének előzetes mérőszámait.

A globális fejlett feldolgozóipar (ADMAN) erősen koncentrált, a vállalatok 72%-a Kínában, az USA-ban vagy az EU-ban található. Az ágazaton belül erős az innováció, amit az ADMAN-vállalatok 46%-a legalább egy, a fejlett gyártási technológiákkal kapcsolatos szabadalmat nyújtott be. Míg az ADMAN-vállalatok számát tekintve Kína vezet, az EU az elmúlt években gyorsabb növekedést tapasztalt, mint az USA. Az ADMAN-tevékenységet folytató uniós vállalatok száma a 2009-es 1900-ról 2023-ra 4500-ra nőtt, jelentős koncentrációval Németországban, Spanyolországban, Franciaországban és Olaszországban.

Az EU által finanszírozott projektek döntő szerepet játszanak az ADMAN-iparban, az EU-ban működő ADMAN-vállalatok mintegy 40%-át foglalkoztatják, ami jól mutatja az EU elkötelezettségét az ágazat támogatása mellett. A technológia tekintetében a „3D nyomtatás” és a „dinamikus adatok” a legnagyobb technológiai területek közé tartoznak. Az európai vállalatok azonban erősebb komparatív előnyt mutatnak az olyan, inkább hiánypótló technológiai területeken, mint a tárgyak internete (IoT) és a kiterjesztett valóság.

Az ADMAN vállalatok külföldi tulajdonosi részesedése az EU-27-ben 18%, ami megfelel a globális átlagnak. A legtöbb külföldi tulajdonban lévő uniós ADMAN-vállalatot amerikai cégek irányítják, ami rávilágít az e joghatóságok közötti technológiai fejlesztési és együttműködési lehetőségekre. Az EU ADMAN-ágazatába történő kockázati tőkebefektetések azonban elmaradnak az USA és Kína kockázati tőkebefektetéseitől, mivel a globális kockázati tőkealapoknak csupán 5%-a áramlik az uniós vállalatokba. Ez azt jelzi, hogy az uniós ADMAN-ipar növekedési és innovációs potenciáljának fokozása érdekében kritikusan fontos területet kell javítani.

Az ADMAN-tanulmány magában foglalja egy interaktív, a nyilvánosság számára hozzáférhető online eszköz kifejlesztését, amely lehetővé teszi a felhasználók számára a kulcsfontosságú üzenetek feltárását és az érdeklődésre számot tartó területek mélyreható vizsgálatát. Az ADMAN-tanulmány főbb megállapításait egy zárójelentés foglalja össze.

A tanulmány célja, hogy támogassa az uniós politikai döntéshozókat, az ipari érdekelt feleket és a tagállamokat az ADMAN-iparág teljesítményének értékelésében, és szilárd alapot nyújtson a politikai döntéshozatalhoz és a stratégiai tervezéshez. Az EU ipari stratégiájának továbbra is prioritásként kell kezelnie a fejlett feldolgozóipart, felhasználva a tanulmány tanulságait az innováció előmozdítására, a beruházások vonzására és az EU globális ADMAN-iparban elfoglalt relatív pozíciójának megerősítésére. A kockázati tőkehiány kezelése kulcsfontosságú az ADMAN-vállalatok megerősítése és az iparág növekedési pályájának fenntartása szempontjából. Az EU ADMAN-iparának fenn kell tartania a lendületet és meg kell védenie a globális piacon elfoglalt pozícióját, miközben támogatnia kell a kettős, zöld és digitális átmenetet. [9]

## 3 KUTATÁS TERVEZÉSE ÉS LEFOLYTATÁSA

### 3.1 Primer kutatás

#### 3.1.1 Kvalitatív kutatás

a) általános szempontok, a fejlődés gyökér-aspektusai:

A rejtett kritikusságok bekövetkezését ún. „elősegíti” egy emberi cselekmény, amely többnyire valamilyen szervezeti intézkedésben gyökereztethető. Ezen gyökérokok kapcsolódhatnak társadalmi, kulturális, technológiai, valamint szervezeti tényezőkhöz is.

Alapvetően kiindulhatunk az 5M módszerből [2]:

- Humán erőforrás (Man),
- Gép (Machine),
- Anyag (Material),
- Módszer (Method),
- Pénzeszköz (Money).

A technikai, technológiai, valamint az anyaghoz kapcsolódó megközelítés, illetve annak vizsgálata nem képezi tárgyát jelen értekezésnek, mivel az külön utakat nyitna meg, amelyről olvashatunk Hugyi [HM2] kutatásában is bővebben. Jelen tanulmányban a fentebb felsorolt első „M”-re fogjuk helyezni a hangsúlyt, hiszen az emberi erőforrás a mozgatórugója minden szervezeti szinten a változásnak és az adott szervezet keretén belül alkalmazott módszertannak (amely magában foglalja a vezetési stílust is) a minőségi produktivitás elérése érdekében. A szervezet akkor a leginnovatívabb és akkor tudja a legtöbb – humán tőkében, s ezzel együtt a szervezetben rejlő – potenciált kiaknázni, ha értéket teremtünk nemcsak a szervezet stakeholdereinek számára, hanem a szervezetet alkotó egyének számára is. [HM5]

Mielőtt megvizsgáljuk a részleteit az emberi tényező szerepeinek a folyamat alkotás és -változtatás aspektusában, az aktuális mikro- és makrogazdasági szempontok mellett sem mehetünk el szó nélkül, így a meghatározó kontextus átgondolása szükségszerű.

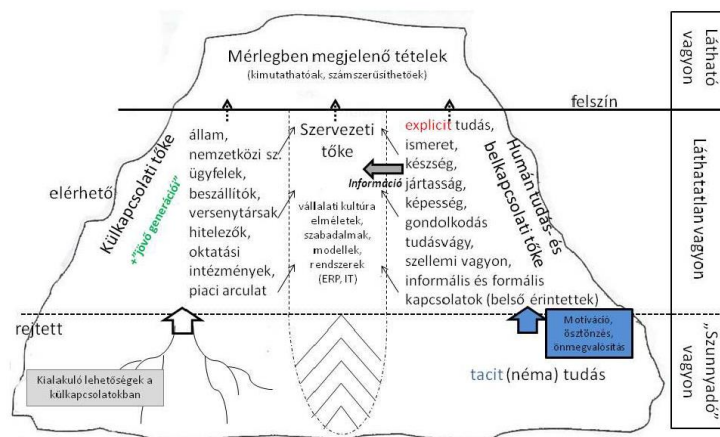
Ezen időszak, a coviddal összefüggésbe hozható pandémiát követő éveket beárnyékolva az Orosz-Ukrán háborúval, amely a világgazdasági eseményekre, illetve annak jórészeire hatással van, meglehetősen nehéz helyzetbe sodorta a jelenlegi piacgazdaságot, amely változásokat indukált, s a bizonytalansági faktor



erősödését eredményezte. A vállalkozások egyik szerepe, hogy a gazdasági fejlődést felelősségteljesen fokozzák, hozzájárulva ezzel a makroszintű gazdasági fejlődéshez. Azonban számos nehézséggel kell szembenéznük: pénzügyi támogatás hiánya, információ hiánya, folyton változó jogszabályi környezet, valamint beszerzési árak radikális növekedése (alapanyag, energiaárak stb.) Ezen okok érzékeltetik a változó körülményekhez igazodó vállalat-működési és sikerességi ismeretek elsajátításának szigfinikanciáját. [48]

Akkor beszélünk fenntartható versenyelőny megteremtéséről, vagy eredményes változás menedzsmentről, ha a fenti sarokpontokat figyelembe vesszük úgy, hogy a **tudásmenedzsmentet** esszenciáját fókuszban tartva alkalmazzuk. Az innováció a tudásmenedzsment végrehajtási folyamatának terméke, és a piacon a (gazdasági) szereplők versenyképességének egyik kulcsmutatója. Az adott célt olyan innovációk és/vagy változtatások alkalmazásával érjük el, amelyekben a munkavállalók tudását a vállalat legértékesebb tőkéjeként használjuk fel. A kívánt fejlődés biztosítása érdekében össze kell kapcsolni a tudásmenedzsmentet a vezetői döntésekkel – támogatva ezzel a minőségirányítás szintjének növelését is.

A változásra való reagálás jellemzői nagymértékben függnék – az adott szervezetet felépítő alkotóelemektől, azaz – az egyének preferenciáitól és a **vállalati kultúrától** is. Akkor beszélünk tudásalapú szervezetről, ha a szervezet alapját az immaterális javak és szolgáltatások létrehozása is jellemzi (a materiális javak létrehozása mellett például egy termelő vállalatnál). A tudásalapú vállalatpolgárokról akkor beszélhetünk, ha azok szándékosan és folyamatosan képesek új ismereteket létrehozni és felhasználni, amelyet vizuálisan az alábbi 18. ábra is prezentál.



18. ábra: A tudás esszenciája a tudásalapú vállalati érték(elés)ben [HM5]

A fentebbi sorokban már utaltam rá, hogy az említett alapelemeket nagymértékben determinálja, hogy a – különböző szinteken – hogyan történik a **döntéshozatal**, hiszen a [48] szerint a menedzsment minősége a döntéshozataltól függ. A stratégiai döntéshozatali folyamatok alapvetően meghatározzák a vállalat hatékonyságát, eredményességét és vízióját. A döntéshozatal során megoldandó feladatokkal kell szembenéznie a döntéshozónak, így több lehetőség közül szükséges kiválasztania a legjobbat. Ehhez szükségesek különböző ismeretek, főként az adott szervezetről és folyamatról, ill. kapcsolódó társ-folyamatokról is, amelyek alapján a döntéshozó értékítélete alapján választ. S ami még nagyon fontos, az a(z) (IT által is támogatott) **releváns információ**, ám az is csak akkor, ha rendelkezésre áll olyan formában, strukturáltan, hogy az használható legyen és elősegítse az adott döntéshozatalt, azaz a **kommunikáció** minősége is meghatározó.

Továbbépítkezve be kell hoznunk a minőség fogalmát és tudományát is a célunk felé haladva, megemlítve a **minőségirányítási rendszereket**, hiszen azon vállalatok, amelyek rendelkeznek minőségirányítási rendszerekkel jobb eredményeket mutatnak hosszútávon, mint amely vállalatnál csak részben érhető tetten a minőségre való törekvés. Természetesen, a minőségirányítási rendszer felépítése és működése korán sem olyan egyszerűen meghatározható jósági fokkal rendelkezik, mint azt elsőre gondolnánk. Említeni lehetne akár, hogy harmadik fél által tanúsítva van-e az adott vállalat, illetve milyen eredménnyel, azon túl, hogy ha meg is felelt. Egyrészt fellelhetőek kulcsmutatók (pl: vevői reklamációk száma, ppm, EBIT (adózás előtti eredmény) és egyéb pénzügyi mutatók is, stb.), amely alapján képet kaphatunk és némely esetben elfogadott csupán ezek alapján a megítélése az adott vállalatnak, szervezetnek. Azonban, ha tényleges és mélységében részletes képet kívánunk kapni, akkor az eddig felsorolt elemek kontextusában mélyebbre kell ásunk, hiszen az adott folyamat alapeleménél szükséges kezdenünk a hiba feltárását, azok elemeinek kutatását.

#### b) biztonsági klíma

A biztonsági klíma fogalma a szervezeti klíma általánosabb felfogásából eredeztethető [10; 49; 61; 72; 77; 97] , amely képes jelezni a biztonsági tényezőit a szervezeti módozatoknak, amely többszintű és többdimenziós [97]. Ennek értékelése annak tükrében tud történni, hogy a munkavállalók tudása és megítélése alapján

hogyan értékelik a szervezet(en belüli) biztonsági szempontokat, azaz, hogy biztonságosnak találják-e azt a szervezeti légkört, amelynek tagjai.

A biztonsági klíma „útmutatója” alapján [97]:

- rányomja a bélyegét a szervezetet alkotó egyének viselkedésére,
- hatással van a kollektív döntésekre,
- szabályok elfogadásának arányára, illetve a törekvésre az alkalmazkodáshoz,
- a munkavégzéshez szükséges utasítások tiszteletben tartására,
- a munkatársak „szemüvegén keresztül” tapasztalhatjuk meg, hogy ők mit tartanak fontosnak, azaz mit jelentenek [59],
- egyfajta visszajelzés a munkatársak elégedettsége és biztonsággal kapcsolatos észleléseiről, viselkedési módjukról [77]

Ezen értékítéletek – szervezeten, csoporton belül – amennyiben megosztják azokat, hozzájárul a biztonsági légkör kialakulásához. S amikor már ezt megosztják a csoporton belül az egyének, akkor bennük ez már elfogadottá, azonosítottá válik, így keretkollektívává tud válni körülöttük. [28; 97]

Az egyéni viselkedést a munkahelyen, befolyásolja a szervezeti állampolgársági viselkedést, amely következményekkel jár a szervezet számára. Mivel – ahogyan Organ et. al.[59] is írta – nem csak gazdasági okai vannak az egyén-szervezet kontextusában, hanem szociális része is, amely alapján az egyén a szervezetbe illeszkedik, annak részvételi, együttműködési módját is beleértve. Ez nem követelhető, hanem a személyes választás eredménye. De nagymértékben hozzájárul a szervezet szinergiájához, hiszen nem csak az számít, hogy mit, hanem hogy hogyan csinálja a feladatát a szervezeti állampolgár.

Morrison [55] megkülönbözteti a fejlesztési és az interperszonális, kooperatív típusú vállalati állampolgárt. Az előbbi a szervezeti változásra összpontosít az ötletgenerálás és a problémamegoldás révén, míg az utóbbi pedig a társadalmi kapcsolatokban, ill. a szervezeti funkcionális egyensúlyok erősítését helyezi reflektorfénybe.

### 3.1.1.1 Kérdőíves felmérés részletei

A primer kutatás keretében kérdőív segítségével vizsgáltam a magyar-, ill. külföldi tulajdonban, de Magyarországon telephellyel rendelkező gyártó vállalatokat, amelyek az autóiipari beszállítói láncban (Tier1, Tier2, Tier3) tevékenykednek. A primer kutatásomat 102 munkavállaló segítette, akik 5 fokozatú Likert-skálán (1-alacsony; 5-magas) értékelték az alábbiakat.

<i>Változó</i>	<i>Kategória</i>	<i>Számok (fő)</i>	<i>Százalék</i>	<i>Átlag</i>	<i>Medián</i>
Nem	Férfi	83	81		
	Nő	20	19		
Teljes munkatapasztalat (év)				9,5	10
Munkatapasztalat a jelenlegi munkahelyen (év)				3,7	4
Átlagéletkor				34,4	34
Korcsoportok	< 25	23	22,3		
	26-30	15	14,6		
	31-40	35	34		
	41-50	30	29,1		

1. táblázat: Kérdőíves felmérés meta adatai (forrás: saját szerkesztés)

#### a) Biztonsági klíma, attitűd, teljesítmény (független változó)

A kérdőív eredmények kiértékelése során a biztonsági klíma kérdésköréhez tartozóakat független változóként kezeltük. Ezen kérdéskörben a munkahelyi balesetek szintjéről, illetve azok személyi sérüléssel járó esetek mértékét is vizsgáltam, ahogyan a tudatosan alakított munkahelyi egészségvédelem fontosságát a szervezetben.

#### b) Szervezeti teljesítmény (független változó)

Szintén független változóként jelent meg a szervezeti teljesítmény. A szervezeti teljesítmény kategória magában foglalja a az innováció és stratégia megítélését, a termelés hatékonyságát és az azt működtető folyamatokat, s rendszereket, a termelés kimenetét, azaz a termék minőségét és az ebből eredő ügyfélelégedettséget, jövedelmezőséget.

c) Tudásmenedzsment, tudás-alapú vállalati kultúra (függő változó)

A megkérdezett autóiipari szegmensben dolgozók válaszai által megismerhettük véleményüket, hogy hogyan vélekednek az előléptetés lehetőségével, ill a belső karrierlehetőséggel kapcsolatban, azaz, hogyan valósul meg a munkavállalói elismerés a szervezeten belül. Továbbá, hogy van-e, illetve milyen szintű tudásmegosztó és teljesítményértékelő rendszerben vesznek részt (pl: belső/külső képzések támogatottsága), valamint mindezek vállalati kultúrában betöltött szerepéről.

Az adatok elemzéséhez az SPSS 27.0 verzió került használatra a következők kiszámításához: Cronbach  $\alpha$ ,  $\beta$ , valamint a regresszió analízis az adott szervezet – kérdéseimen keresztül történő – jellemzéséhez.

A Cronbach-alfa indikátorra azért volt szükség, hogy a teszt megbízhatóságát (reliabilitását) megvizsgáljuk. Cronbach 1951-ben publikálta a – róla elnevezett, akkor addigiakhoz képest – szofisztikáltabb mutatót a korábbi egyszerűbb tesztfelezési módszer helyett. Az elemek közötti alacsony korreláció arra enged következtetni, hogy a teszt elemei nem egy és ugyanazon dolog vizsgálatára szolgálnak, a belőlük képzendő érték ez esetben nem magyarázza a vizsgált elemek közötti összefüggést. [89]

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \text{var}(X_i)}{\text{var}(X)} \right)$$

19. ábra: Cronbach-alfa képlete [89]

$\beta$  megmutatja, hogy az adott (függő) változó a viszonyítás alapját képező (független) változóval együtt mozog-e ( $\beta=1$ ), vagy, ha a  $\beta > 1$ , akkor a függő változó volatilitása meghaladja az adott független változójét, míg, ha a  $\beta < 1$ , akkor a függő változó volatilitása kisebb a viszonyított változóhoz képest.

A többváltozós regressziós analízis megmutatja, hogy adott független változó egységnyi növekedésére mekkora függő változó növekmény jut, ceteris paribus mellett.

A válaszadók (alkalmazottak, vezetők) túlnyomó többségében (81%) férfiak voltak. A munkában töltött éveik számának átlaga: 9,5 év, míg a válaszadás pillanatában lévő munkáltatójuk alkalmazásában pedig, átlagosan 3,7 éve vannak. Továbbá a 25 év alatti válaszadók aránya a megkérdezettek körében 22,3 %, míg 26-30 év közöttiek körében 14,6 %, 31-40 évesek kategóriájában: 34 % és végül a 41-50 éves korosztály 29,1 % arányban képviseltette magát a válaszadók között. (1. táblázat)

### Eredmények

A 2. táblázatban megtaláljuk a két független („Biztonsági klíma, attitúd, teljesítmény”, valamint „a szervezet teljesítménye”) és egy függő („Tudásmenedzsment”) változó elemeit részletesen. A Cronbach  $\alpha$  értékei az előbbieket sorrendjében: 0,796; 0,731; 0,908.

	Cronbach $\alpha$
<b>Faktor / kérdés-csoport 1</b>	
<b>Biztonsági klíma, attitúd, teljesítmény:</b>	0,796
- Munkahelyi balesetek és sérülések alacsony szintje,	
- A szervezet tudatosítja a munkavállalókban a munkahelyi egészségvédelem fontosságát,	
- A szervezet tudatában van és intézkedéseket/programokat szervez a fizikai és mentális biztonság, ill. a munkavállalói elégedettség szintjének növelése érdekében,	

2. táblázat: Cronbach  $\alpha$  (forrás: saját szerkesztés)

<b>Faktor / kérdés-csoport 2</b>	
<b>Szervezet teljesítménye:</b>	0,731
- Deklarált stratégia és innováció eredményessége,	
- Termék/szolgáltatás minősége	
- Jövedelmezőség, releváns piac elégedettsége, termék minőség	
<b>Faktor / kérdés-csoport 3</b>	
<b>Tudásmenedzsment</b>	0,908
- Munkavállalói elismerés, értékteremtés,	
- Rendszerszintű tehetséggondozás, tudás- és eredményalapú teljesítményértékelő módszer támogatásával,	
- Vállalati kultúra átítatva tudásmenedzsment eszközrendszerével,	

2. táblázat (folytatás az előző oldalról): Cronbach  $\alpha$  (forrás: saját szerkesztés)

A 3. táblázatban szereplő TM (1) modell alapján megállapíthatjuk, hogy a biztonsági klíma, ill. a biztonsághoz való hozzáállás szignifikáns hatással volt az adott szervezetben lévő tudásmenedzsment kialakulásában ( $\beta = 0,71$ ,  $p < 0,05$ ), így a H2a elfogadásra került. A TM (2) esetében megállapítható, hogy a szervezet teljesítménye függ, s nagymértékben elősegít(het)i a szervezet összeteljesítményét ( $\beta = 0,52$ ,  $p < 0,05$ ), így a H2b is elfogadásra került.

Változók	TM (1)	TM (2)
Bizt. klíma, attitűd, telj. ( $\beta$ )	0,71	
Szervezet teljesítménye ( $\beta$ )		0,52
Adjusztált $R^2$	0,631	0,415

$p < 0,05$ ; TM=Tudásmenedzsment

### 3. táblázat: TM-re vonatkozó $\beta$ értékek (forrás: saját szerkesztés)

#### Következtetés

Sochen [80] szerint a biztonsági tényezőket, a saját viselkedésünkön keresztül úgy kell kialakítani és változtatni (tanulva a múltbéli hibákból), hogy azok a munkahelyi körülményeinknek megfeleljenek és folyamatosan elősegítsék a munkavégzés hatékonyságát. A jelen tanulmányban bemutatott primer kutatás eredményei is alátámasztják, hogy a kedvezőbb biztonsági légkör csökkenti a baleset bekövetkezési valószínűségét, valamint mindezeknek hatása van a cég teljesítményére is. [12, 70, 80] Hiszen, ha a munkavállalók nem érzik magukat elégedettnek, akkor rossz teljesítményről számolhatnak be [55].

A humán tőke szemszögéből vizsgálva azonban a – fizikai biztonság mellett – nem hagyhatjuk figyelmen kívül a mentális biztonságot, amelynek alapja lehet a biztonságos attitűdnek és teljesítménynek. Mivel, ha az adott dolgozó nem érzi magát biztonságban az adott vállalatnál, vagyis nem látja, vagy nem tudja elhelyezni önmagát (munkakörét) a vállalat stratégiájában, jövőképében, akkor bizonytalanná válhat szerepe, elveszítve a személyes biztonsági faktorát a szervezeten belül.

Nehézségek ellenére az elmúlt hónapok (és évek) a pandémia és szomszédos országban, Ukrajnában kibontakozó, és mai napig tartó háború okozta nehézségek (veszélyhelyzet, nyersanyaghiány, energiaár-robbanás) rámutattak a munkavállalók mentális biztonságának fontosságára is (egyebek mellett: ellátási lánc biztonsága, stb.), illetve arra, hogy hogyan kell és lehet ezt erősíteni, ha egy vállalat a piacon kíván maradni és fenntarthatóan kíván tovább működni – felelőséggel gondolva az emberi erőforrásra és az abban rejlő potenciálra.



Jelen kutatásommal szerettem volna visszaigazolást kapni az autóiipari szegmensben kialakuló tudásmenedzsment szignifikanciájára, hiszen a szervezeten működő vállalatok esetében, ahol fontosnak vélik és igyekeznek figyelembe venni és feszínre hozni a humán tőkében rejlő (egyedi) tacit tudást [HM5] valóban képes hozzáadott értéket teremtve növelni a vállalati teljesítményt – kapcsolódva Harel & Tzafir [31] és Bartel [3] tanulmányához, amely szerint a hatékony képzési tervek, mind a termeléssel és mind a szervezeti teljesítménnyel összefüggnek. Összhangban Rodrigo és Grimm [70] megállapításával, miszerint egy szervezet pénzügyi teljesítménye pozitívan kapcsolódik a biztonsági teljesítményhez.

### **3.1.2 Kvantitatív kutatás**

A közelgő ipari-társadalmi forradalom, amelyet a szakirodalom 5.0 elnevezéssel illet majd várhatóan az előzmények folytatásaként, egyre inkább előhozza a szinergia fontosságát, koncepcióját, amelyhez elengedhetetlenek a kapcsolódási pontok, az információs- és tudáshálók az adott ipari vállalatnál, a szervezet működési folyamataiban – nemcsak a gépek között.

Az ipar 4.0 esetében a robotizáció kapott nagyobb hangsúlyt, amely kiterjesztett értelmezése az ipar 5.0 égisze alatt tud megvalósulni, amennyiben a fenntarthatóságra törekszünk és az emberi erőforrást alappillének tekintjük a termelékenység eredményességét meghatározó tényezői között. Ezért jelentős átalakításra van szükség a társadalom jobb szolgálata érdekében. A magasabb szintű integráció révén remélhetjük az eredményesebb és hatékonyabb szinergia elérését, amely a látens lehetőségekből kovácsolható. Hangsúlyt helyezve a fenntarthatóságra és az innovációra. [20] A fenntarthatóság és az innováció továbbfejlesztésének egyik ékköve lehet az is, amikor a termék, amelyet a gyártási folyamat eredményeként kapunk, s amely csökkenti a környezet káros hatásait, újrahasznosítható is, az emberi egészség megőrzése mellett. A zöld termékek egyre nagyobb figyelmet kaptak az elmúlt években, hiszen a környezettudatosság egy olyan hajtóerő, amely elősegíti a zöld termékek fejlesztését. [98]

Tanulmányom céljai a téma aktualitásából erdeztethetőek. Mivel egyre nagyobb hangsúlyt kap, mind nemzetközi szinten [79, 96], mind hazai szinten [3] az ipar 4.0 és 5.0 létjogosultsága, szerepe és jelentősége a vállalati szférában, ezért a

lehetőségekhez mérten, ha nem is reprezentatívan, de néhány hazai autóiipari beszállítói láncban tevékenykedő vállalat közép- és felső vezetőit kérdeztem véleményükről, hozzáállásukról a téma iránt.

A következőkben a téma aktualitásának bemutatását követően említést teszek az elérhető hazai, nyilvános adatok néhány kapcsolódó pontjáról, valamint az ipar 4.0 és 5.0 földrajzi és tudományági eredetéről, kritikáiról. Valamint arról is, hogy a tanulás és tudás, hogyan tud hozzájárulni az egyéni, majd vállalati fejlődéshez a menedzsment folyamatokon keresztül, a gyűjtött adatok és auditok szerepére is kitérve. Ezt követően részletezem az alkalmazott kutatási módszert, ill. a konkrét célokat. Végül az eredmények és következtetések zárják ezen alfejezetet.

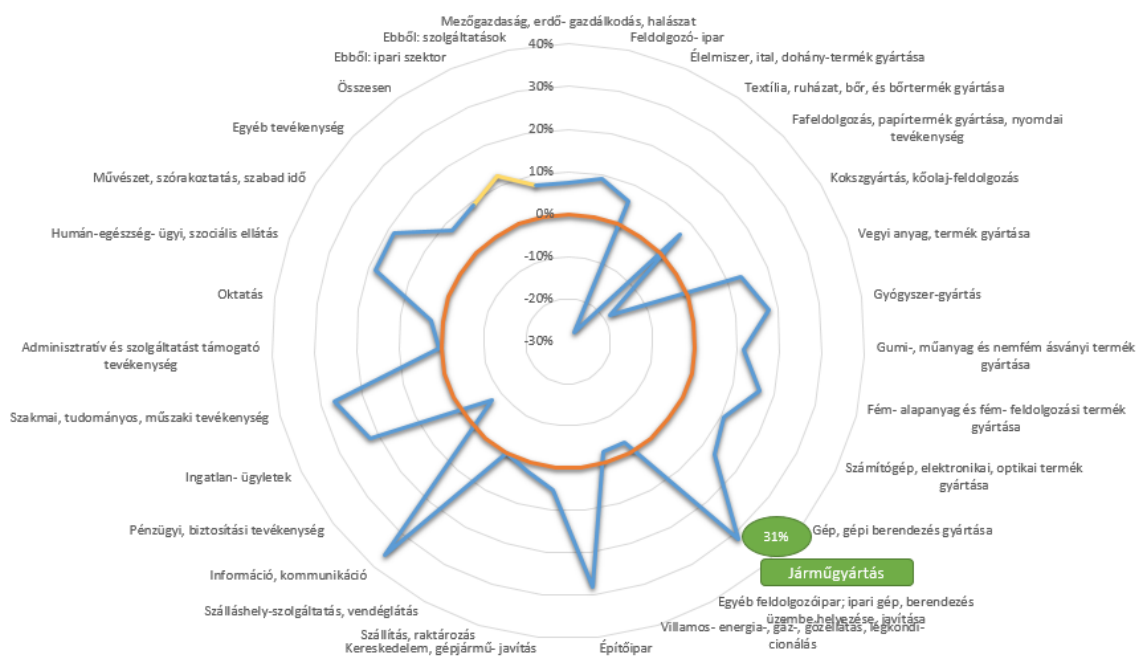
Hazai foglalkoztatási adatok az elmúlt 10 év viszonylatában, nemzetgazdasági áganként

Rendall [68] szerint Németországban az Ipar 4.0 már 2011-re tehető. Ezt követően hazánkban is megjelent a szakmai egyeztetések során ezen kifejezés. Alapvetően az Ipar 4.0 a robotizáció kiterjesztését jelenti. Ez prognosztizál(hat)ja az egyes iparágban a munkaerő létszámának csökkenését.

A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján a 2021. évben ugyan az előző évhez képest a legtöbb iparágban (ipari szektor összességében: 2020: 1 444 e fő; 2021: 1 419 e fő) csökkent a foglalkoztatottak száma, s összességében is (2020: 4 512 e fő; 2021: 4 460 e fő, a szolgáltatási szektort is beleértve). Kivétel ez alól, ahol növekedett a foglalkoztatottak száma: mezőgazdaság; vegyi anyagok és termékek gyártása; gyógyszergyártás; villamos energetikai és gázipar; információ és kommunikáció és kereskedelem, amely jelentős mértékben összefügghet a pandémiával, továbbá a pénzügyi szektor és építőipari területen is növekedés volt megfigyelhető. [44]

A pandémia miatt a következőképpen normalizáltam az adatokat az összehasonlítás érdekében, amelynek eredménye az 20. ábrán látható. Normalizálás során, szintén az 20. ábrán látható nemzetgazdasági ágakban, 2020. évben foglalkoztatottak számát viszonyítottam az azt megelőző 10 évben foglalkoztatottak számának átlagához – igyekezve ezzel a pandémia (COVID-19) okozta egyenlőtlenséget kisimítani az elérhető adatok tükrében.

**A foglalkoztatottak számának, nemzetgazdasági ágak szerinti változásának aránya  
Magyarországon, 2020. évi adatok, a 2009-2019. év átlagához viszonyítva**



20. ábra: A foglalkoztatottak számának, nemzetgazdasági ágak szerinti változásának aránya (%) Magyarországon, 2020. évi adatok, a 2009-2019. év átlagához viszonyítva

Forrás: KSH [21] adatai alapján, saját szerkesztés.

Látható, hogy az adott szektor 2021. évi foglalkoztatási adatai (ezer fő), hogyan változtak az azt megelőző 10 év (2009-2019) viszonylatában, százalékban kifejezve. Megállapítható, hogy mind a járműgyártás; gumi-, műanyag és nemfém ásványi termék gyártása; fém- alapanyag és fém- feldolgozási termék gyártása; feldolgozóipar; számítógép, elektornikai, optikai termék gyártása és információ, kommunikáció szektorban dolgozók létszáma növekedett 2021. évben az elmúlt 10 év átlagához viszonyítva az adott iparági adatokat. [44]

Hozzáadott értéket teremtő fejlődő szervezet – konstruktivista szemléletű megközelítés alkalmazásával

Ahhoz, hogy fenntartható és ennek következményeként fejlődő szervezetet kapjunk szükséges –a legtöbb potenciált és „sokoldalúságot” rejtő – erőforrással kezdeni, amely a humán tőkét jelenti. Fontos a monoton, egyhangú feladatok végrehajtásához olyan megoldást alkalmazni, amelyet az ipar 4.0 említ a robotizáció kapcsán, viszont, ahogy korábban is említettem a legtöbb tacit tudást

rejtő erőforrással és annak (tanulási) lehetőségeit is szeretném megemlíteni az alábbiakban, mint az ipar 5.0 legfontosabb eleme. [26]

A mai konstruktivizmus – Piaget [57] alap gondolataira építve – következő típusokba sorolja a tanulás számára fontos folyamatokat:

- ellentmondás létezésének kérdése a megértendő ismeret és a belső értelmezés között,
- ellentmondás létezésétől függetlenül vizsgálni szükséges, hogy történik-e feldolgozás,
- kérdés, hogy a feldolgozás során, sikerül-e a már létező, meglévő kognitív struktúrához az új ismeretet hozzákapcsolni, lehorgonyoztatni,
- ellentmondás (az új ismeret és a meglévő, belső rendszer között) és a szimultán történt lehorgonyzás esetén, hogyan történt meg az adaptálás, mely meglévő belső elem változásával tudott létrejönni, vagy megváltoztatta, meghamisította az új információt?
- ha a meglévő, belső értelmező rendszer változott meg, azaz a piaget-i akkomodáció jelensége fedezhető fel, akkor is vizsgálni kell, hogy a belső rendszer lényegesen, érdemlegesen átalakult-e vagy sem. [57]

Tehát az utolsó, a kívánt tanulási forma, amelyik a „konceptuális váltás” elnevezést viseli. Ez esetben szintén megtörténik az új információ lehorgonyozása, meghamisítás nélkül, azaz a radikális változás az új ismeret maradandó tárolása a belső rendszer átalakulásával jön létre, amely esetünkben a kívánt célt jelenti. Valóban tanulás, új információ elsajátítása valósul meg, mivel az a belső rendszer erőteljes átalakulásához vezet az ellentmondás eredményeképpen. Új struktúra, új megértési szint megy végbe az adott személyben, amelyet alapjaiban implementál a belső rendszerében. Ez az, amikor nem csak látszat intézkedés, vagy látszat tevékenységet vezetünk be, hanem valóban hozzáadott értéket képvisel az új bevezetett eljárás, látszik lényegi értelme. Amely olyan megoldást kínál, amely alapjaiban úgy változtatja meg a folyamatokat, amelyek értelmet nyernek, elfogadottá válnak, ill. olyan keretek közé irányítják a munkavállalói feladatokat, amelyek követése során a korábban jelentkező probléma nem történhet, vagy nagyon csekély mértékben történhet meg újra csak, vagy még jobb, ha poke-yoke intézkedésről beszélünk, azaz

bolond-biztos, nincsen más alternatíva, csak a jó megoldás valósulhat meg. Ezen eset is az értékteremtést szolgálja. [57]

Beke és Kelemen-Erdős [4] is kiemeli tudományos kutatásában az ipar 4.0 kontextusában a változó igények által indukált képzések fontosságát. Napjainkban a vállalatoknak fel kell készülniük ezen igényekhez szükséges kompetenciák felismerésére, s szükség esetén ezek fejlesztésére, a vállalat számára történő elérhetővé tételére. Mivel az egyszerűbb feladatok elvégzésére a robotizáció vívmányai az egyszerűbb és monoton tevékenységek esetében teret nyernek a komplexebb folyamatok elvégzéséhez, azonban – a szükséges tudás és kompetenciák birtokában – a hatáskör és a döntési jogkörök felülvizsgálatára is sor kell kerülnön. Ez arra is rámutat, hogy a végzettség(ek)en túl olyan szakemberekre lesz szükség, akik fogékonyak a változásra az alapvetően szükséges, speciális ismeretek birtokában – hozzájárulva ezzel az új követelmények sikeres adaptációjához.

#### 3.1.2.1 „Grounded-theory” módszer

A kvalitatív kutatási módszert választottam, amely valamilyen nyitott kérdésre keresi a választ. A nyitott kérdés feltevését követően feltáró jellege jelenti e módszer esszenciáját a probléma összefüggéseit is kutatva a megfigyelés, interjú és szövegelemzés által. Az indukciót részesíti előnyben és meghatározó szerepe van a kutató kreativitásának, elemző és szintetizáló képességének. Az okok mellett a motivációkat is kutatja. [24]

A kvalitatív mélyinterjú, amely egyrészt hagyományos és újrafelfedezett módszer, amely az alapvető struktúrától abban tér el, hogy a kérdező nyitott kérdéseit követően hagyja kibontakozni a válaszokat, mert nem azt tartja szem előtt, hogy kvantifikálható válaszokat kapjon, hanem hogy kövesse és megértse az interjúalany érzéseit és a fejében lévő gondolatait. [86]

A narratívum alkotó jellegét kiemelve: azért keresünk történeteket magunknak, hogy az valamiféle értelmet adjon nekünk mindabból, amit életünk során megélünk. Elmesélve, az információ átadás folyamatában ez úgy tud megtörténni, hogy a magunk képére tudjuk részben formálni, s az általunk a téma iránti véleményünket is bele tudjuk gyúrni. [34]

Horváth és Mitev [35] szerint a legjobb történetek azok, amelyek mélyrehatóak és gondolatébresztőek, ezáltal az emberek elmélkedése révén a szívüket, lelküket, s azok értelmét felkavarják.

A kvalitatív kutatás lényege, hogy szabadon tudják kifejezni a véleményüket, érzéseiket, a témához való hozzáállásukat, attitűdjüket a megkérdezettek, akár szóban, akár írásban vagy akár egyéb módon. Azon túl, hogy szabadon kifejtik véleményüket, közben a kapcsolódó gondolataik más megvilágításba kerülhetnek és új formába konstruálva jelenhetnek meg. [16] A másik kapcsolódó és hasznos módszer a kvalitatív kutatások esetében a tartalomelemzés, amelynek kezdete induktív, mivel az elején nincsenek korlátok, irányok. Ezen határoló szabályokat közben hozzuk meg az adott kutatás során, amikor a releváns kérdések és tények kristályosodnak. Ennek eredményeként olyan új kérdéseket és következtetéseket kaphatunk, amely további összefüggéseket tárhat fel. A tartalomelemzés túlmutat a szavak számlálásán és az oszlopok kategorizálásán. [21] Túl kell lépnie a nyilvánvaló tartalomra úgy, hogy a látens tartalmat figyelembe véve kontextust biztosít az eredményhez. [27]

Ahhoz, hogy a fenti módon gyűjtött adatokat egy megfelelő keretrendszerbe tegyük és módszertani eszközök segítségével vonjuk le a következtetéseket, ill. értékeljük ki azokat a következő, szakirodalomban népszerű „grounded theory”, azaz „megalapozott elmélet” módszert választottam. [25], amely a Glaser és Strauss [24] által megalapozott, tudományosan elismert módszerezh köthető. Ezen módszer gyakorlati alkalmazását vettem alapul kutatásomhoz, amelyet Kelemen-Erdős és Mitev [42] is, ill. Kelemen-Erdős és Molnár [43] is alkalmazott kutatása során, ugyan más terület kutatásában, de esetemben is alkalmazható módszer lefolytatásával, amely a glaseri [25] valóságot leíró, induktivista, pozitivisták megközelítéséből indul ki, összhangban Horváth és Mitev [35] gondolataival, miszerint Glaser nyitott a kreativitásra és az újszerű interpretációkra épít. Az érintkezési, kapcsolódási pontok meghatározását (amely során a vállalatok szerepét, azok elkötelezettségét vettük alapul) követően Heath és Cowley [32] interpretálásában is bemutatott Strauss és Corbin [81] szerzőpáros logikáját követtem. Így a nyílt, axiális és végül a szelektív kódolás fázisait figyelembe véve született meg az eredmény.

A fentiekben említett módszereket – ugyan nem egy reprezentatív minta alapján – de hazai autóiparhoz, járműgyártáshoz kötődő (Tier1, Tier2, stb.) beszállítói láncban résztvevő, első körben öt majd további tíz Magyarországon telephellyel rendelkező, magyar tulajdonú vagy magyar leányvállalattal rendelkező vállalatok közép- és/vagy felsővezetői alkották. Részletesebben a mintáról: Magyar tulajdonú műanyagipari vállalat ügyvezető igazgatója/tulajdonosa (Tier2); Magyar tulajdonú fémmegmunkáló-ipari vállalat ügyvezető igazgatója/tulajdonosa (Tier1); Német tulajdonú multinacionális autóipari vállalat, fémmegmunkálás, ill. fékrendszerek gyártásával foglalkozó vállalat minőségügyi vezetője (Tier1), ill. további két német autóipari vállalat minőségügyi vezetője, akik a fémmegmunkálás területén tevékenykednek (Tier1). (Tier 1-es beszállítók közé azok tartoznak, amely vállalatok közvetlen kapcsolatban állnak az autógyárakkal.) [1]

## Célok

A primer kutatás célja, hogy a fentiek mélyére ássak és elmerülve keressem a lehetőségeit a vállalati, szervezeti működés biztonságául szolgáló minőségügyi és más menedzsment rendszerek működésének kölcsönhatásában a humán tőke általi szerepeket, kontextusokat – kapcsolódva az ipar 5.0 eszmerendszeréhez. Napjainkban a fenntarthatóság – az élet minden területén (pandémia, orosz-ukrán háború) – még inkább kiemelt jelentőségűvé vált és az egyre inkább szűkös erőforrások megkövetelik a veszteségek minimalizálását. Ugyanakkor a hatékonyság és a versenyképesség továbbra is szerepet játszik és meghatározó a vállalati fejlődés útján. Az elméleti ismeretek gyakorlati adaptációja, esetleges reformja, változtatásának eredménye fogja megmutatni a vállalat jövőbeni sikerességét.

A kvalitatív kutatás célja, hogy a megkérdezett – Magyarországon működő – vállalatok, hogy viszonyulnak az ipar 4.0 eszmerendszeréhez, kapcsolódó fejlesztés megvalósult-e esetükben. Továbbá volt-e strukturális változás a szervezet felépítését illetően, és annak kapcsolódó okairól is kérdeztem az interjú alanyokat a beszélgetés felvezetésében. Ezt követően érdeklődésem a gépek és humán erőforrás szinergiájára irányult, illetve, hogy a különböző menedzsment rendszerek, elsőként a minőségügyi rendszer (International Automotive Task Force, Verband der Automobilindustrie szabványok) elvárásai milyen módon teljesülnek és hogyan optimalizálhatóak azok. Ki kellett térnem arra is, hogyan történik a motivációja a dolgozóknak,

különösképpen a kék galléros dolgozóknak és hogyan történik a szükséges ismereteik frissítése a változó igényeiknek megfelelően. Végül pedig a vízióról kérdeztem az érintetteket.

Célom, hogy hazai körképről – bár nem reprezentatívan – képet kaphassunk az ipar 4.0 és az ipar 5.0 vonatkozásában, annak megjelenéséről és megítéléséről összpontosítva a humán erőforrásra a minőségmenedzsment kontextusában. Valamint olyan gyakorlati módszert találok, amely a fenti kérdéskörben eredményes előrelépést eredményezhet az emberi erőforrás hatékonyságának növelésében, figyelembe véve a forradalmi elemek „elvárásait”.

### Eredmények

A megkérdezettek esetében világos képet láthatunk az ipar 5.0 irányába mutató jövőkép tekintetében, amely egyfajta elméleti telítődésre enged következtetni, ha nem mélyülünk el tovább a témában. Az elméleti telítődést az is segíti, hogy ezen területen tevékenykedő vállalatok nem engedhetik meg, hogy valamilyen szinten akarva, vagy akaratlanul is foglalkozzanak az ipar 4.0 és 5.0 elveivel, törekvéseivel.

Valószínűleg ennek köszönhetőek a 4. táblázatban bemutatott eredmények, hogy jelen kutatásban minden interjúalany részleges vagy teljes mértékben mutatja elkötelezettségét ezen eszmerendszer iránt, az az, hogy az autóiparban, járműgyártáshoz kapcsolódó ellátási láncban elengedhetetlen az ipar 4.0 égisze alatt megfogalmazott tartalmi elemek megléte, hiszen ezek nélkül lemaradhatnának a versenytársakkal szemben. Továbbá annak a csírája is felfedezhető, hogy a felelősségteljesen fenntartható fejlődéshez nem feltétlen elegendő az ipar 4.0 szűkebb értelemben vett követése.

Ennek hátránya, hogy időben és erőforrásban a kapcsolódó folyamatok kialakításához befektetés szükséges, amely közép- vagy hosszabb távon tud megvalósulni, amennyiben a működéshez szükséges aktuálisan fennálló, működést akadályozó tényezők elhárítása meg tud történni (pl: alapanyagellátás stabilizálása). Az előnyök között egyértelműen felsorolhatóvá válik az előrehaladás adott pontján majd a hozzáadott érték, emberi erőforrásra helyezve a hangsúlyt, a fenntarthatóságot és az innovációt – hosszútávon – inspirálva ezzel.



<p><b>A vállalati igények NEM találkoznak az Ipar 4.0-5.0 követelményeivel, eszme-rendszerével</b></p> <p>(erősségek-gyengeségek figyelembevételével)</p>	<p><b>A vállalati igények RÉSZBEN találkoznak az Ipar 4.0-5.0 követelményeivel, eszme-rendszerével</b></p> <p>(erősségek-gyengeségek figyelembevételével)</p>	<p><b>A vállalati igények szinte „TELJES MÉRTÉKBEN” találkoznak az Ipar 4.0-5.0 követelményeivel, eszme-rendszerével</b></p> <p>(erősségek-gyengeségek figyelembevételével)</p>
	<p>„Napjainkban tapasztalható napról-napra változó erőforráskapacitás (főként tárgyi, beépülő alkatrészek aspektusában) lassítja az Ipar 4.0-val kapcsolatos forradalomnak való megfelelést.” (I1, I8, I10)</p>	<p>„A robotizáció és kapcsolódó területek szorosabb IT-szemléletű integrációján túl szükségesnek tartjuk a hatékonyság növelését a humán erőforrás figyelembevételével.” (I2, I6, I9)</p>
	<p>„Van rá törekvés, azonban további beruházások és támogatások függvénye.” (I3, I7, I11)</p>	<p>„Dolgozunk rajta, hogyan tudjuk kiterjeszteni és nyomatékosítani az Ipar 4.0-át a fenntarthatóság irányába...” (I4, I12, I13)</p>
		<p>„Törekszünk új piacok felé is nyitni, ezáltal az innováció elengedhetetlen feltétele a munkatársakban rejlő potenciál.” (I5, I14, I15)</p>

4. táblázat: Általánosságban az ipar 4.0-ról, magyarországi helyzetkép  
(Forrás: saját szerkesztés)

<b>Menedzsment folyamatok változatlanságának elfogadása</b>	<b>Menedzsment folyamatok RÉSZLEGES változásának szükségessége</b>  <b>az emberi erőforrás jobb szolgálatában</b>	<b>Menedzsment folyamatok ERŐTELJES változásának szükségessége, ÁTSTRUKTÚRÁLÁSA</b>  <b>az emberi erőforrás jobb szolgálatában</b>
<p>„Jelenlegi hatások figyelembe vétele mellett elődegesen a meglévő folyamatok-előírások teljesítése elégséges.” (I1, I7, I11)</p>	<p>„A teljesítményértékelés elemeként szolgáló mutatószámok (KPI) felülvizsgálata szükséges lehet – eredményétől függően a mögöttes tartalma is.” (I3, I8, I10)</p>	<p>„A korreláló adathalmazok elérhetősége mellett a gyűjtött adatok szintetizálása, kiértékelése és az eredmények hatékony felhasználása/értelmezése elengedhetetlen a fejlődés útján.” (I2, I9)</p>
		<p>„PDCA újragondolásával, egy olyan autonóm, szisztematikus rendszer működik folyamatosan, amely gerjeszteni tudja a kölcsönhatásban álló folyamatokat...” (I4, I6, I12, I13)</p>

5. táblázat: Változások hatásai a menedzsment folyamatokra; ipar 4.0-5.0 interpretációja a humán erőforrás szemszögéből, annak előnyeire fordítva (forrás: saját szerkesztés)

<b>Menedzsment folyamatok változatlanságának elfogadása</b>	<b>Menedzsment folyamatok RÉSZLEGES változásának szükségessége az emberi erőforrás jobb szolgálatában</b>	<b>Menedzsment folyamatok ERŐTELJES változásának szükségessége, ÁTSTRUKTÚRÁLÁSA az emberi erőforrás jobb szolgálatában</b>
		<p>„A jelentős emberi befolyás eredményességét feltáró rendszeres auditok, ellenőrzések hatásfokának emeléséhez elengedhetetlen a (kék-galléros) dolgozói bevonás az alsóbb szinteken is, az eredményes vállalati/menedzsment folyamatok megvalósításához.” (I5, I14, I15)</p>

5. táblázat (folytatása az előző oldalról): Változások hatásai a menedzsment folyamatokra; ipar 4.0-5.0 interpretációja a humán erőforrás szemszögéből, annak előnyeire fordítva (forrás: saját szerkesztés)

Ha a gyűjtött adatok (big data, IoT) feldolgozását meg is oldja az (autó)iparban tevékenykedő vállalat, a kiértékelés és az értékelés minőségorientált hasznosítása további kérdéseket és lehetőségeket vet fel, ahogyan a 5. táblázatban található eredmények is erre utalnak. Ahogyan az andon-tábla mára már elterjedt, érdemes lenne ezen vizuál-menedzsment eszközhöz társítani továbbiakat, például minőségmenedzsmentet befolyásoló eszköztárat. Mivel vannak olyan megmunkálógépek, gyártási folyamatok, ahol több tíz, vagy akár száz paraméter ellenőrzése szükséges egyidőben a vevő által megkövetelt elvárások biztosításához, ezért ennek kézben tartásához, az emberi munkaerő a döntés-támogatáshoz, validáláshoz elengedhetetlen. Ezért olyan formában és mennyiségben szükségesek

az adatok biztosítása az ember számára, amely valóban segíteni tudja a minősítés során: a kívánt szintre egyszerűsítve a több ezernyi adatot feldolgozva, adott módszer mentén történő értékelése és a gyors reakció érdekében annak az adott helyen (is) elérhetővé tétele egy további lépés lehet a gyorsabb és hatékonyabb minőségmenedzsment területén. Erre lehet egy példa a többtényezős SPC (statisztikai folyamatszabályozó) kártya (pl: a minitab szoftverben elérhető „Hotelling T2” elnevezésű többtényezős SPC kártya), amelynek segítségével a több paraméter eltérő tolerancia- és beavatkozási határ szintjei „közös nevezőre” hozhatóak, s ezt követve hatékonyabb, minőségorientált gyártást valósíthatunk meg. Ezen módszer ugyan nem újkeletű, de kevés helyen alkalmazott a gyakorlatban. Ez azért is hasznos, mivel általában együtt korreláló paraméter-változók komplexebben láthatóak és az ismert hibák és megoldásaik idővel jó gyakorlatként gyorsíthatják a probléma megoldást és hatékonyabb gyártás tesznek lehetővé – figyelembe véve a minőséget és a kívánt volument is.

A tacit tudás kiaknázásában: az utolsó, a kívánt tanulási forma, amelyik a „konceptuális váltás” [57] elnevezést viseli. Ez esetben szintén megtörténik az új információ lehorgonyozása, meghamisítás nélkül, azaz a radikális változás az új ismeret maradandó tárolása a belső rendszer átalakulásával jön létre, amely esetünkben a kívánt célt jelenti. Valóban tanulás, új információ elsajátítása valósul meg, mivel az a belső rendszer erőteljes átalakulásához vezet az ellentmondás eredményeképpen. Új struktúra, új megértési szint megy végbe az adott személyben, amelyet alapjaiban implementál a belső rendszerében. Ez az, amikor nem csak látszat intézkedés, vagy látszat tevékenységet vezetünk be, hanem valóban hozzáadott értéket képvisel az új bevezetett eljárás, látszik lényegi értelme. Amely olyan megoldást kínál, amely alapjaiban úgy változtatja meg a folyamatokat, amelyek értelmet nyernek, elfogadottá válnak, ill. olyan keretek közé irányítják a munkavállalói feladatokat, amelyek követése során a korábban jelentkező probléma nem történhet, vagy nagyon csekély mértékben történhet meg újra csak, vagy még jobb, ha poke-yoke intézkedésről beszélünk, azaz bolond-biztos, s nincsen más alternatíva, csak a jó megoldás. Ehhez az egyik gyakorlatias eszköz lehet a team-coaching eszköz Meier [54] nyomán.

## Következtetés

Ugyan egyre nagyobb teret kap az ipar 4.0 kiterjesztése, azonban hazai, magyarországi területeken tisztán autóiipari szegmenshez tartozó vállalatokat megkérdezve az ipar 5.0 elveiről nem történt még ilyen jellegű kutatás, amely a minőségmenedzsment folyamatok és rendszerek felőli megközelítést alkalmazta a coaching eszközök figyelembe vételével. Természetesen a titoktartás alapvető kritérium, de ezen felül is nehézkes a szakmai mélyinterjúk lefolytatása, ami az elérhető interjúszámok magyarázatául is szolgál.

Összességében elmondható, hogy a robotizáció hasznos, de csak mértékkel, ill. ha az (nem kockázatos és) nem veszélyezteti az emberi erőforrás igényét, amennyiben fenntartható módon gondolkodunk. Hiszen nem feledhetjük, hogy a túlzott autonóm technikai megoldások (önvezető autók és légi-járművek) számos aggodalmat is felvetnek, amely további bizonytalanságot eredményez(het). Ha nem csak a vállalat falain belül gondolkozunk, akkor az IT adatok összefonódása és áramlása bizalmatlanságot kelt az emberekben, ezért azokat megfelelően szükséges tárolni és a hozzáférhetőség is kulcskérdés. Ezen elemek befolyásolják a munkavállalók hozzáállását a technikai vívmányokhoz, a vállalaton belül is. Továbbá a gyűjtött adatok feldolgozásának és kiértékelésének hatékonysága messze elmarad a kínált lehetőségektől, ezért ebben még bőven van potenciál.

Az adatokat érdemes a humán tőke szolgálatába állítani, s nem pedig teherként a munkavállalókra zúdítani – természetesen munkavállalói szinttől függően. Ezen célhoz az említett megoldások jelenthetik a kiindulópontot. Továbbá meghatározó jelentőségű, hogy hogyan lehet az ipar 4.0 által keltett esetleges félelmet megtérülő kihívásként kezelni, hogy az később előnyként jelentkezzen, s innovatív lehessen ezáltal a szervezet. Ehhez még inkább szükséges a humán tőkében rejlő tacit tudás felszínre hozatala, a kék gallérosok bevonása akár coaching eszköztárának segítségével és az alulról jövő változások mérlegelése is a folyamatos (át)képzés biztosításával, szükség szerint (pl: változó igények, technológia miatt).

Mivel az ipar 4.0 is még kibontakozóban van, ezért az ipar 5.0-nak nevezett, kiterjesztett értelemben vett ipari forradalom csúcsa még odébb van, de addig is vizsgálni és gyakorlat-orientáltabbá kell tenni a változó követelményeknek

megfelelő minőségorientált tömeggyártást – a fenntarthatóság követelményeit figyelembe véve. Ehhez kapcsolódóan további kutatások szerepelnek a terveim között.

A kutatási eredmények ismertetésénél a kvalitatív („grounded theory”) módszer segítségével további feltárt eredményeket mutatom be. A válaszok kategorizálása az 1. táblázatban láthatóak. Az alábbiakban képet kaphatunk, hogy a megkérdezett autógyártó vállalatok alkalmaznak-e különböző matematikai-statisztikai, esetleg tudományos módszereket a vállalati teljesítmény, illetve gyártási folyamatainak kiértékelése, fejlesztése során.

<p><b>Az adatfeldolgozás, -kiértékelés, fejlesztés során NEM alkalmaznak tudományos módszereket.</b></p>	<p><b>Az adatfeldolgozás, -kiértékelés, fejlesztés során NÉHÁNY ESETBEN alkalmaznak (matematikai vagy) tudományos módszereket.</b></p>	<p><b>Az adatfeldolgozás, -kiértékelés, fejlesztés során TÖBBNYIRE alkalmaznak tudományos módszereket.</b></p>
<p>„...sajnos sem anyagi, sem egyéb erőforrás nem áll rendelkezésre.” (I24,I25,I27)</p>	<p>„A QM (Quality Management) hagyományos eszköztárában felelhető módszereket alkalmazzuk (pl: SPC, MSA)” (I6,I7,I19, I21)</p>	<p>„az újonnan érkező követelmények és a versenytársakkal szemben folyamatosan fennálló kihívások megkövetelik az eddig nem alkalmazott, de hatékony módszerek működésünkbe való integrálását... , akkor is, ha most még csak külső partner segítségével tudjuk megtenni mindezeket.” (I22)</p>
<p>„Mindennapi teendők mellett az elérhető humán erőforrás idejébe nem fér bele, efféle külön pozíció pedig nem engedélyezett...” (I5, I8,I20,I26,I28,I29)</p>	<p>„Természetesen a szabványok által kötelezően előírt módszereket alkalmazzuk.” (I10, I11, I13, I17, I23)</p>	<p>„Céljaink között szerepel, hogy minél több tudományos módszert vonjunk be a következő időszakban (1-3 év) a vállalatunk eredményességének növelésébe” (I30)</p>

6. táblázat: kvalitatív kutatás eredményei (forrás: saját szerkesztés)

Az adatfeldolgozás, -kiértékelés, fejlesztés során <b>NEM</b> alkalmaznak tudományos módszereket.	Az adatfeldolgozás, -kiértékelés, fejlesztés során <b>NÉHÁNY ESETBEN</b> alkalmaznak (matematikai vagy) tudományos módszereket.	Az adatfeldolgozás, -kiértékelés, fejlesztés során <b>TÖBBNYIRE</b> alkalmaznak tudományos módszereket.
„Őszintén szólva, nem gondolom, hogy bármiféle potenciál lenne benne számunkra.” (I1,I2,I16)	„Köszönhetően a digitalizáció elterjedésének és adatgyűjtés kiterjesztésének..., szükség esetén tudnánk különböző vizsgálatokat folytatni, de eddig nem nagyon volt különösebben indokolt” (I3, I4, I18)	
„Nagyon befektetés igényes, és megtérülése, illetve hasznossága kérdéses, nem látjuk (tisztán).” (I9,I12,I14,I15)		

6. táblázat (folytatása az előző oldalról): kvalitatív kutatás eredményei (forrás: saját szerkesztés)

A kapott válaszokat csoportokba rendeztem és a kiemelt válaszok (9) köré rendeltem az egyes interjúalanyoktól kapott visszajelzéseket (30). Látható, hogy a válaszadók 53%-a arról nyilatkozott, hogy erőforrás hiányában, vagy a megfelelő képzettséggel nem rendelkező munkavállaló hiánya miatt nem alkalmaznak tudományos módszertanra visszavezethető vizsgálatokat, elemzéseket, kutatásokat. A válaszadók 40%-a ritkán, vagy néhány esetben alkalmaz bizonyos módszereket. Bár ezen módszerek általában az autóiparban kötelezően (szabványokban) előírt módszerek a minőségbiztosításhoz, minőségirányításhoz kapcsolódóan (QM). Egyértelműen megállapítható ezen kutatás alapján is a háttéradatokból, hogy ha az adott vállalat a beszállítói láncban minél hátrébb helyezkedik el (Tier2,Tier3 vagy még hátrébb), annál kevésbé alkalmaz efféle vizsgált módszereket, amelyből megállapítható, hogy K+F tevékenységet nem folytatnak. Ezek inkább a KKV kategóriába eső vállalatok, ahol ezek a rövidtávú gazdasági szempontok miatt többnyire mérlegelésre sem kerülnek, anélkül, hogy tudatában lennének az ezekben rejlő potenciálnak, kitörési

lehetőségeknek. A nagy(obb) vállalatok sok esetben, természetesen a vevői és szabvány által támasztott követelményeket betartva, szintén kevés számban alkalmazzák a tudományos módszerek azon körét, amelyek jelenleg nem megkövetelik a vevő, vagy valamely autóiparban megkövetelt szabvány által. A megkérdezettek alig 7%-nál beszélhetünk előremutató, tudományos módszerekről. Ezen vállalatoknál, ahol igyekeznek tudományos alapokra helyezni az értékteremtést, az új módszerek segítségével a vállalati (technológiai) folyamatok meg tudnak valósulni – ez esetekben többnyire a vállalatok külső szakértői segítséget vesznek igénybe.

A kvalitatív kutatásom célja az volt, hogy mélyintéjű sorozat keretében, az absztrakció segítségével a megkérdezett vállalatok képviselőivel a lehetőségekhez mérten közösen el tudjuk mélyedni a tudományos módszerek jelentőségéről és azok, az általuk képviselt vállalatuknál történő alkalmazásuk lehetséges hasznosságáról.

Leginkább a nagyvállalatoknál valósulnak meg a megkövetelt módszerek alkalmazásai, míg a KKV-knál jóval kevesebb gyakorisággal valósulnak meg mindezek szisztematikusan, rendszerszinten. Természetesen mindezek függnak az adott követelményrendszer(ek)től.

A megkérdezettek 7%-nál kezd már most is elterjedni a tudományos módszerek beágyazódása a vállalat értékteremtési, értékelési és fejlesztési folyamataiba, azonban ez esetekben is inkább külső partnerek, tanácsadók által.

Ez pedig két dolgot jelent: a) a külső szakemberek nem annyira járatosak a folyamatokban és a folyamatok közötti kapcsolatokban; b) ez esetben, ha külsős megbízással végzik ezt a tevékenységet, még mindig nem (nagyon) tartják fontosnak annyira, hogy saját, teljes munkakört ajánljanak fel erre a tevékenységre.

## **3.2 Szekunder kutatás során gyűjtött adatok önálló feldolgozása**

### **3.2.1 Regresszió analízis**

ANOVA (F-próba) módszert - 5%-os szignifikancia szint mellett – végeztem. A Minitab program segítségével hívtam: a nullhipotézisünk az, hogy a három csoport ugyanabból a sokaságból származik, az ellenhipotézis pedig az, hogy a három csoport közül valamelyik nem ugyanannak a sokaságnak a tagja, mint a többi. Az



ellenhipotézis igazolódott be. Tehát a nullhipotézist elutasítjuk, mivel a P értéke kisebb, mint a fentebb megadott megbízhatósági szint ( $\alpha=0,05$ ).

### 3.2.2 Monte-Carlo módszer

Monte-Carlo módszernek nevezi Pokorádi [65] azokat, amelyek a matematikai modellek megoldásának véletlen mennyiségek modellezését felhasználó numerikus módszereivel történik, és annak a statisztikus értékelését is beleértve, azok jellemzőinek figyelembevételével. A módszert széles körben alkalmazzák differenciált események esetleges kimeneteleinek és azok valószínűségeinek szimulációjára, valamely parametrikus bizonytalansággal bíró, rendszert gerjesztő paraméterek esetében. [64]

A Monte-Carlo módszer esszenciáját az adja, hogy az egyes bizonytalan, gerjesztett paraméterekhez véletlenszerűen választunk ki értéket a valószínűség-eloszlás alapján. A módszer előnye, hogy pusztán a véletlen számok gyors és egyszerű megoldásával már meg is válaszolhatóak a feltett kérdések. [64]

Mielőtt a Monte-Carlo módszert alkalmazom fontos megvizsálni az adatok illeszkedését. Az illeszkedés vizsgálat célja eldönteni adott konfidencia szinten, hogy az a valószínűségi változó amelyből a statisztikai mintát vesszük, lehet-e adott  $F(x)$  eloszlásfüggvénnyel leírható eloszlás. Ez az eloszlás lehet diszkrét vagy folytonos, továbbá egyenletes vagy normál eloszlású is.

Az illeszkedés vizsgálatot a Kolmogorov-próba alapján folytattam le. A Kolmogorov-próba annak ellenőrzésére szolgál, hogy egy adott  $\xi$  folytonos eloszlású valószínűségi változó eloszlásfüggvénye adott  $F(x)$  függvény-e. Először elkészítjük a vizsgált  $\xi$  valószínűségi változó empirikus eloszlásfüggvényét, amelyet  $n$  megfigyelés, azaz  $n$  elemű statisztikai minta esetén  $F_n(x)$  jelöl. Az empirikus eloszlásfüggvény értéke adott  $x$  helyen az  $x$ -nél kisebb értékek relatív gyakorisága. Tehát  $F_n(x)$ -nek  $x_i/n$  nagyságú ugrása van, minden egyes  $\xi_i$  mintaelemnél, ahol  $x_i$  az adott érték megfigyeléseinek száma.

Következő lépésben a Kolmogorov-próba esetében a próbastatisztika a következők szerint állapítható meg. Kiszámítjuk az elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvények különbségének maximumát:

$$D_n = \max_x |F_n(x) - F(x)|; \quad (1)$$

ezt követően pedig a próbastatisztikát:

$$\sqrt{n}D_n \quad (2)$$

amelyről megmutatható, hogy a Kolmogorov-féle  $K(z)$  függvényhez tart:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(\sqrt{n}D_n < z) = K(z); \quad (3)$$

### 3.2.3 Fuzzy-modell alkotás

A 3.1.2.1 alfejezetben említett többtényezős SPC („Hotelling T2”) kártya bevezetése alkalmas lehet, hogy több paraméterrel rendelkező gyártási folyamat során megfigyeljük, hogy az, hogyan mozog a tolerancián belül, adott esetben kívül. Sajnos, amikor már ezzel dolgozunk késő, mivel a jó termékekkel együtt a selejt is le tud gördülni a gyártósorról.

Éppen ezért nekünk olyan megoldást kellett keresnünk, amellyel szignifikánsan tudjuk csökkenteni a nem-megfelelő termékek számát, s be tudunk avatkozni már a gyártási technológiába, illetve annak bemenő adataiba. Ezért vizsgáltam az említett technológia folyamat-szabályozásában rejlő lehetőséget a fuzzy-modell segítségével.

A tanulmány fő célja a fuzzy-modell alkalmazásával a tömeggyártásban történő hőkezelés gyártási folyamat paramétereinek optimalizálása, hatékonyság növelése, s ezáltal a selejt csökkentése.

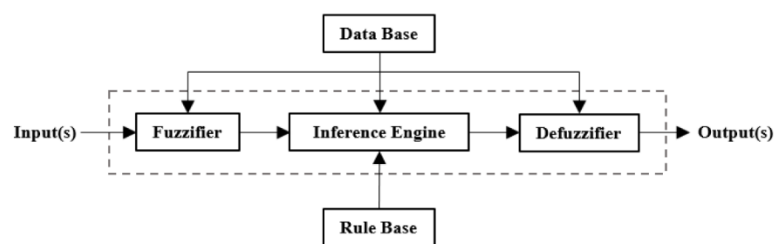
Több, mint egymillió, majd a tisztított adatokat tekintve, több, mint egymillió adatsort bevonva indultam el a fuzzy-modell alkotásának rögzös, de ambíciókkal teli útján.

A vállalat hozzáadott értékének megteremtéséhez szükségesek olyan új matematikai módszerek beemelése a vállalati analízisek módszertanába, ahol egyes munkatársak tacit tudása kerül(het) a felszínre.

Számos olyan kérdés, ill. rejtély létezik, amelyet a hagyományos matematikai elvek segítségével nehéz leírni és annak részleteit meghatározni. Felmerülhetnek algoritmikus nehézségek, információhiány, bizonytalanság és szürke területek. Ezen vizsgálatok számos területen elterjedtek: mérnöki, rendszerirányítási, közgazdasági, döntéstámogatási, s az élet számos további területein. A Fuzzy következtetés esetében a fő gondolat az emberi gondolkodás és döntéshozatal módjának leírása a kétértékű logika többértékűvé bővítésével, átmeneti jelenségek felhasználásával [94]. A mesterséges neurális hálózatokat illetően, működésük az idegrendszer vezetési folyamatán alapul, beleértve a tanulási folyamatot is, amelynek kutatása az 1940-es években kezdődött [33]. A döntéstámogatáshoz a Fuzzy rendszerek ígéretes megoldásnak tűnnek. A gazdasági viselkedés és döntéshozatal modellezése esetében már számos koncepciót szolgáltattak.

1965-ben L. A. Zadeh [93, 94] bevezette a Fuzzy halmazok új módszertanát. A cél az volt, hogy egy olyan koncepciót adjon a korábban a klasszikus módszerek keretében megoldhatatlannak tekintett problémák megoldására. Az alapvető újítás a halmazok matematikai definíciójának egyszerű módosítása volt. Ennek eredményeként elmosódtak az erős határok, meghatározásra került a tagsági függvény és a tagsági fok. A koncepciót továbbfejlesztették, így számos területen alkalmazhatóvá vált, például döntéshozatali problémák, modellezés és irányítás, rendszerek gyakorlati elemzése.

A Fuzzy szabályalapú következtetési rendszer felépítése az 21. ábrán látható, amely a következő elemeket tartalmazza.



21. ábra Fuzzy következtetési rendszer felépítése [30]

A lágy számítási módszerek - különösen a Fuzzy logika és a következtetés - ígéretes eredményeket nyújtanak a döntéshozatalban és a döntéstámogatásban, a rendszerirányításban stb. Ebben a tanulmányban egy több bemenetű, egy kimenetű (MISO) Fuzzy szabályalapú rendszert mutatunk be. A bemutatott modell mennyiségi

változókat tartalmaz. A becsült egyetlen függő kimeneti változó az input adatok várható eredményét mutatja, amely a jövőbeni paraméter-változatok eredményét előre jelzi. [30]

A fuzzy irányítási rendszerek leglényegesebb eleme a szabálybázis alapú modell. Ez a modell bemenet-kimenet típusú szabályokból áll. Az egyszerű modellek, mint a Zadeh- vagy Mamdami-féle, általában homogén szabálytípusból épülnek fel. A bonyolultabb hierarchikusan strukturált szabálybázisokban, ahol az állapotter felosztása is megvalósul az alszabálybázisok is különbözhetnek. Ez természetes, hiszen az egyes alszabálybázisokban a leíráshoz szükséges állapotváltozók száma és jellege eltérhet egymástól. Elvileg lehetséges a kettőnél több fokozatú vagy többlépcsős szabálybázis megalkotása is, ilyenre azonban eddig a gyakorlatban még nem került sor.

A FIS alapelvét először Zadeh javasolta 1973-ban [94] a nagy bonyolultságú rendszerek modellezése érdekében.

A fuzzy irányítási rendszerek leglényegesebb alapegysége a következtető gép által használt következtetési algoritmus, mely előállítja a megfigyelésből a következtetést. A következtetési algoritmus előállításában elsőként az aktuális megfigyelés (bemeneti értékek) és a szabályok antecedenseinek illesztése a meghatározó. Majd egyes szabályantecedenshez meg kell határozni a megfigyeléssel való illeszkedés (tüzelés vagy hasonlóság) mértékét, melynek alapján meghatározható, hogy az egyes szabályok milyen mértékben játszanak szerepet a konklúzió megalkotásában. Mamdami említett eljárásának sikeres eljárása volt egy félüzemi gőzgépes rendszer (kvázioptimális) irányítása. Ezt az igazán nemlineáris rendszert más ismert technikákkal csak ennél rosszabb eredménnyel tudták irányítani.

## 4 KUTATÁS EREDMÉNYE, ADATOK ELEMZÉSE

Az 1.4. fejezetben említettek szerint haladtam tovább kutatásommal, ahol egy autópári gyártóvállalat egy kiemelt folyamatát vizsgáltam, annak optimalizációját tudományos módszerek segítségével, valamint a humán tőke (vállalat munktársai) tudását bevonva vizsgáltam, amelynek folyamatát és eredményeit a következőkben ismertetek.

### 4.1 Regresszió analízis

Először az ANOVA vizsgálatokat tárgyalom és utána a regressziót. Megvizsgálom, hogy az adatsorok átlagai különböznek-e (vagy sem) és utána meghatározásra kerül az összefüggéseket leíró egyenesek egyenletei a keménységméltség (Depth) eseteiben, mind a nose (NoseDepth) és mind a base (BaseDepth) oldal esetében.

#### 4.1.1 Keménységméltség – emelő (nose) oldal (NoseDepth)

A keménység mélység vizsgálatánál – Nose részhez kapcsolódóan, nézzük meg az ANOVA (F-próbának is nevezett) módszer eredményét - szintén 5%-os szignifikancia szint mellett.

A Minitab program segítségét hívtam: A nullhipotézisünk az, hogy a három csoport ugyanabból a sokaságból származik, az ellenhipotézis pedig az, hogy a három csoport közül valamelyik nem ugyanannak a sokaságnak a tagja, mint a többi. Az ellenhipotézis igazolódott be.

Modellünk ez esetben:

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,125549	93,24%	92,74%	91,65%

Az R-sq (R-squared) értékek mind 90% felett vannak, amely azt jelenti, hogy a hiba 10%-nál kisebb.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Energy	2	5,8666	2,93328	186,09	0,000
Error	27	0,4256	0,01576		
Total	29	6,2922			

7. táblázat Variancia analízis (forrás: saját számítás)

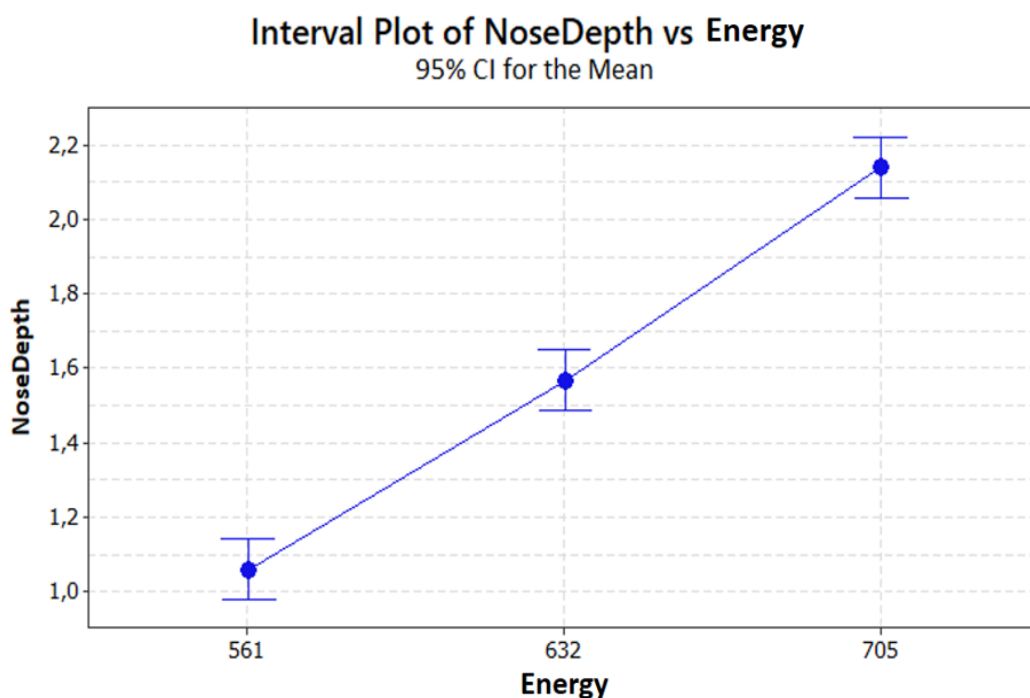
A Mean Square (MS) a tulajdonképpeni variancia. Mivel az energiára eső variancia sokkal nagyobb, mint a hibára eső, ezért teljes variancia nagyobb részét az energia okozza. A nullhipotézist itt is elutasítjuk, mivel a P értéke kisebb, mint a fentebb megadott megbízhatósági szint ( $\alpha=0,05$ ). Az F-próbastatisztika értéke a kétféle MS hányadosa ebben az esetben nagyon magas, ez is arra utal, hogy a nullhipotézist el fogjuk vetni.

Energy	N	Mean	StDev	95% CI
561	10	1,0594	0,1869	(0,9779; 1,1409)
632	10	1,5696	0,0855	(1,4881; 1,6511)
705	10	2,1420	0,0709	(2,0605; 2,2235)

8. táblázat Mean Square (Variancia) (forrás: saját számítás)

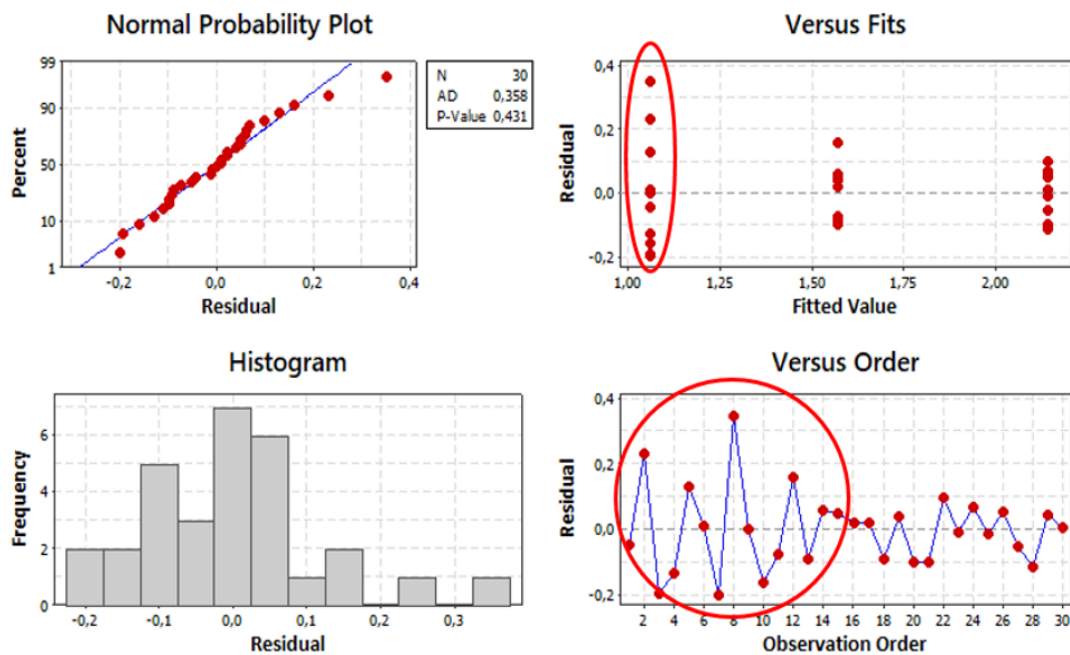
Pooled StDev = 0,125549

Az egyes csoportok átlagai nincsenek benne a többi csoport 95% CI megbízhatósági intervallumban.



22. ábra Intervallum diagram (forrás: saját szerkesztés)

## Residual Plots for NoseDepth



23. ábra Maradékok elemzése (forrás: saját szerkesztés)

Kieső értéket látunk a Normal Probability Plot-on, de a P-value nagyobb 0,05-nél, tehát a maradékok normál eloszlásúak. Az 561-es energiaszinthez kapcsolódó csoport elemei esetében a maradékok szóródása jelentősen nagyobb, mint a másik két csoporté – leolvashatjuk a „versus order” chart-ról.

A **regresszió analízis** statisztikai módszer segítségével is meg vizsgáltam a mért adatokat a *keményység mélységgel* összefüggésben, amelyhez segítségül a Minitab programot hívtam.

$$S = 15,8950 \quad R\text{-Sq} = 93,2\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 92,9\%$$

$$R^2 = 1 - \frac{SS \text{ Residual error}}{SS \text{ Total}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

24. ábra R-négyzet (R-sq) számítása [89]

Az R-sq segítségével képet kaphatunk arról, hogy a képlet milyen mértékben írja le a valóságot. Ez csupán becslésnek tekinthető, mint egy iránymutatás, ezért önmagában nem elegendő. Ugyan konkrét jósaági szintje nem definiált többnyire, mégis egyes vélekedések szerint 70% feletti R-sq érték már egészen jónak mondható. Az R-sq érték azt jelzi, hogy mekkora a hiba aránya a teljes szórásban. Minél kisebb a hiba, annál nagyobb lesz az R-sq. A hiba ugye az egyes pontok regressziós egyenestől mért távolságok átlaga. [89]

$$s^2(MS\ Error) = \frac{SS\ Error}{n - 2} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{n - 2}$$

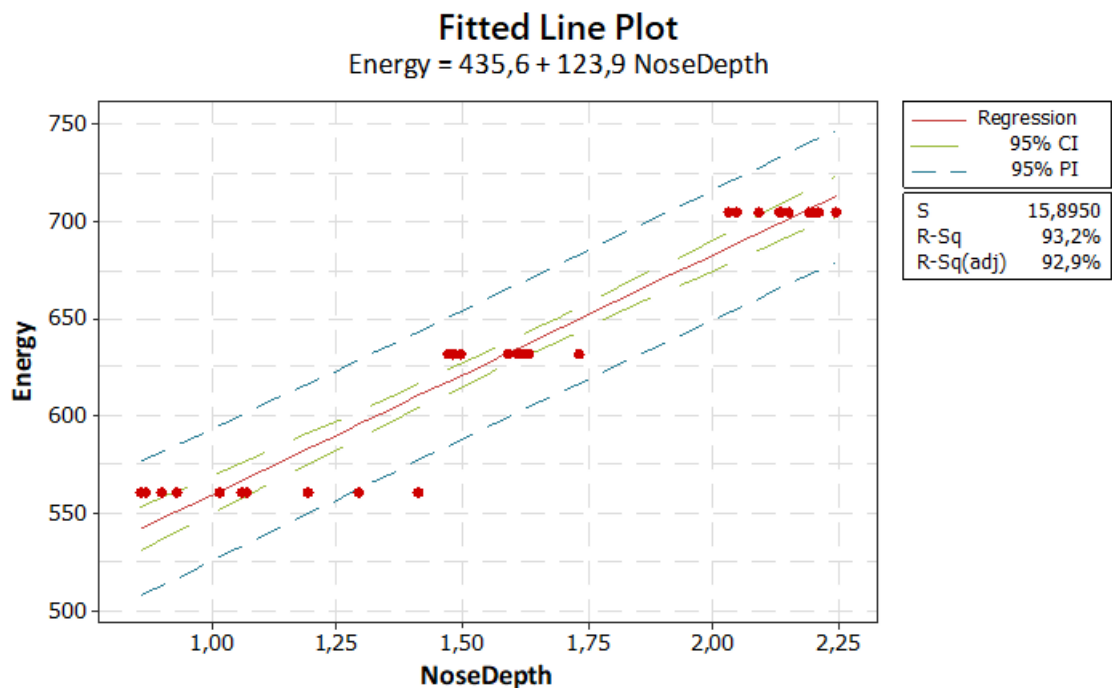
25. ábra S-négyzet számítása [89]

Az elméleti egyenes egyenletét akkor tekinthetjük megfelelőnek, ha a megbízhatósági határok között találjuk meg a pontok 90%-át. Esetünkben az R-sq (R-squared) érték 90% feletti, pontosan 92,9%, amely azt jelenti, hogy a hiba 10%-nál kisebb. [89]

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	96612	96612,4	382,39	0,000
Error	28	7074	252,7		
Total	29	103687			

9. táblázat Variancia analízis (Minitab alkalmazásával) (forrás: saját szerkesztés)

P értéke kisebb, mint a fentebb megadott megbízhatósági szint (alfa = 0,05), ezért a nullhipotézist elutasítjuk, vagyis az energiaszint megváltozása hatással van az edzési mélységre.



26. ábra Regressziós vizsgálat (Minitab alkalmazásával) (forrás: saját szerkesztés)

Látható egy pont, amely egy kicsit kiesik a sávból, de a többi benne van az előre jelzett (Predicted – 95% PI) tartományban. Scatter-diagram megmutatja továbbá, hogy a megbízhatósági intervallum (confidence interval – CI), amely a regressziós



egyenes körüli zöld színnel jelölt szaggatott vonal. A regressziós egyenes az adatpontok átlagát becsüli a minta alapján, amelyből az következik, hogy sokaság átlaga tartománya ismertté válik, de pontosan nem tudjuk, hogy hol. A becslési tartomány (prediction interval – PI) azonban azt mutatja, hogy a sokaság egyes pontjai – a regressziós egyenes körül – mely tartományba fognak esni.

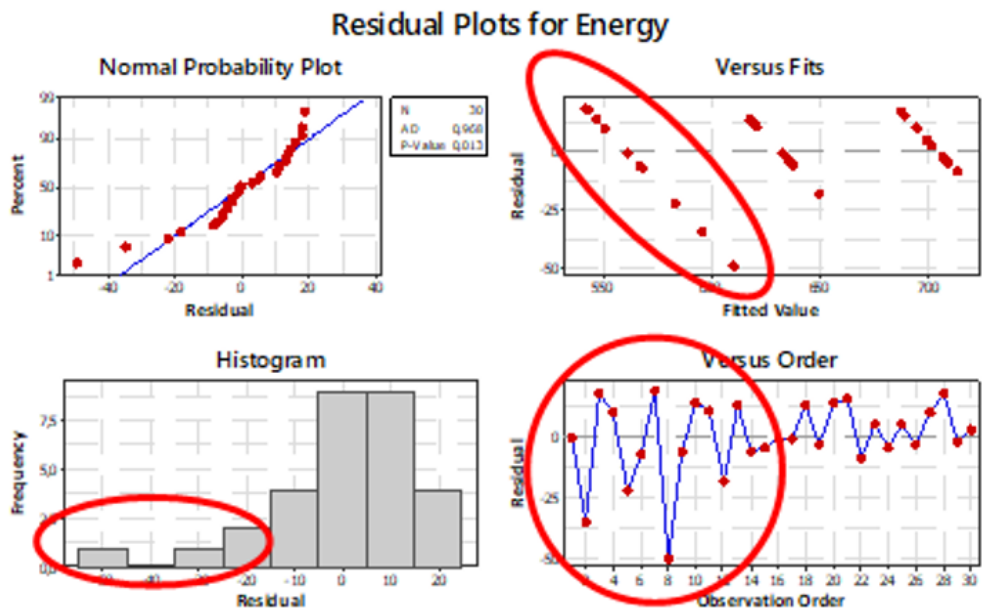
Tehát a fentiek – Minitab alkalmazásával – eredményeképpen, amikor az energia mennyiséget viszonyítottam a Nose rész keménység mélységéhez a következő egyenletet kaptam:

$$\text{Energia} = 435,6 + 123,9 \times \text{Nose keménység mélysége}, \quad (4)$$

amely meglehetősen jól visszaadta a kísérlet során tapasztalt értékeket. Ezen képletet megtaláljuk fentebb a 26. ábrán bemutatott scatter-diagram felső részén is. Célunk ezen képlet megismerése volt, amely arra szolgál, hogy ki tudjuk számítani megfelelő keménység mélység eléréséhez az alkalmazandó energia szintet, amely beállítható a korábban ismertetett berendezés segítségével, biztosítva ezzel a megfelelő darab gyártását.

A következő ábra mutatja a regressziós egyenestől való eltéréseit (maradékok, vagy angolul residuals) az adatpontoknak különböző módon. Ezeket érdemes mindenképpen megvizsgálni a modell megfelelősége szempontjából, hogy

- a maradékok eloszlása normális eloszlású legyen,
- a maradékok egyenletesen szóródjanak a 0 vonal felett és alatt, ne legyen kirajzolódva semmilyen szabályos mintázat,
- ne legyen látható semmilyen a véletlenszerűtől eltérő mintázat a maradékokat sorba rendezve sem. [89]



27. ábra Maradékok (residuals) elemzése (forrás: saját szerkesztés)

A normális eloszlásának vizsgálatát láthatjuk a 27. ábra bal oldalán. A normál eloszlás diagram (normal probability plot) azt kell megnéznünk, hogy szépen ráfekszenek-e a pontok az egyenesre. Itt viszont a maradékok egyáltalán nem normál eloszlásúak, ennek oka megint csak az 561 energia-csoport (azaz azon energia-szinten mért keménységi mélységi értékek) nagyobb szórása a többihez képest. A „residuals versus fit” diagram mutatja, hogy az elméleti illeszkedő egyenest vízszintesen ábrázolva, azt nullának tekintve milyen távol vannak y-irányban az adathalmaz pontjai az egyenestől. Jelen esetben nem ugyanannyi pont van az egyenes alatt, mint felette, továbbá, eltérnek a pontok mennyiségei a diagram közepén és két szélén, valamint a pontok szóródása és sűrűségei nem egyenletesek. Tehát egy nem egyenletes eloszlású, de véletlenszerű mintázatot követ a kirajzolódott chart-sorozat. Még meg kell említenem a „residual versus order” diagramot, amely azt mutatja meg, hogy a maradékok hogyan helyezkednek el a keletkezés sorrendjében, ún. historikusan, ahol szintén megfigyelhető a véletlenszerűség.

#### 4.1.2 Keménységmélység – null (base) oldal (BaseDepth)

Ismét az ANOVA vizsgálattal kezdve maradva a Base keménységi adatokat is megvizsgáltam, ahol minden eredmény nagyon hasonlít az előzőhöz.

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,101919	97,97%	97,82%	97,49%

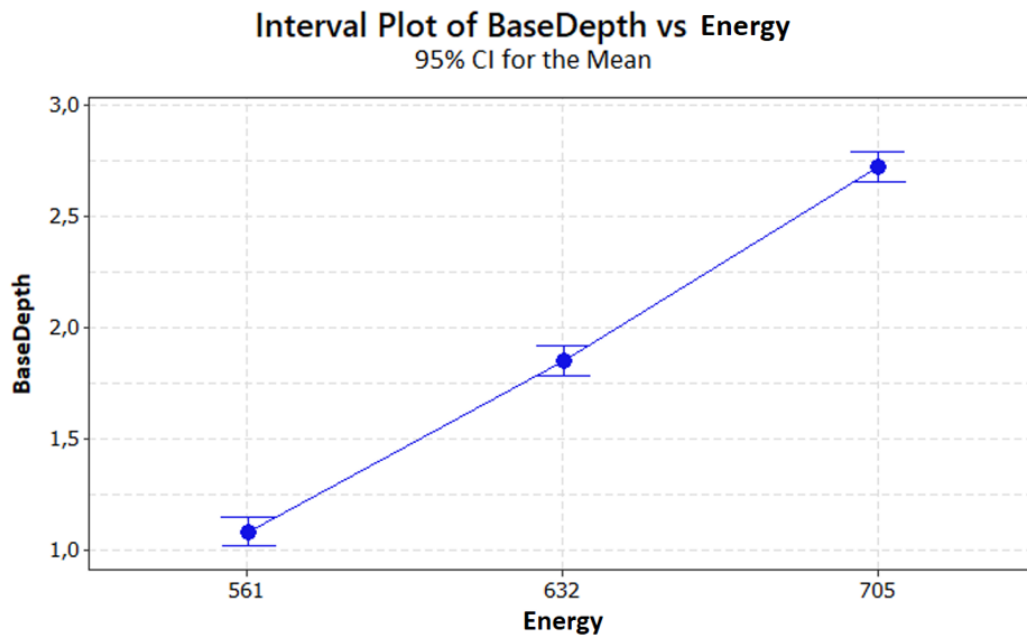
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Voltage	2	13,5151	6,75753	650,54	0,000
Error	27	0,2805	0,01039		
Total	29	13,7955			

10. táblázat Variancia analízis (forrás: saját szerkesztés)

Energy	N	Mean	StDev	95% CI
561	10	1,0822	0,1438	(1,0161; 1,1483)
632	10	1,8520	0,0443	(1,7859; 1,9181)
705	10	2,7252	0,0923	(2,6591; 2,7913)

Pooled StDev = 0,101919

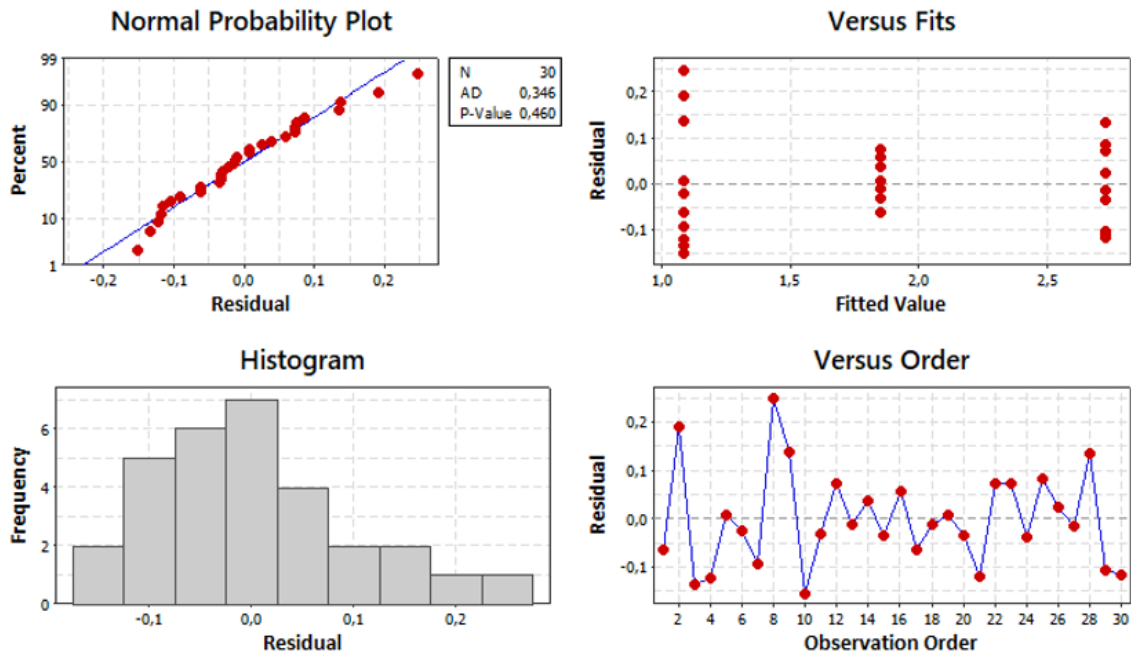
11. táblázat Mean Square (forrás: saját szerkesztés)



28. ábra Intervallum diagram (forrás: saját szerkesztés)

Láthatjuk, hogy – ellentétben a 27. ábrával – jelen esetben az intervallumok a Base oldalon kisebb tartományban mozognak, de itt is szép egyenest kaptunk eredményül.

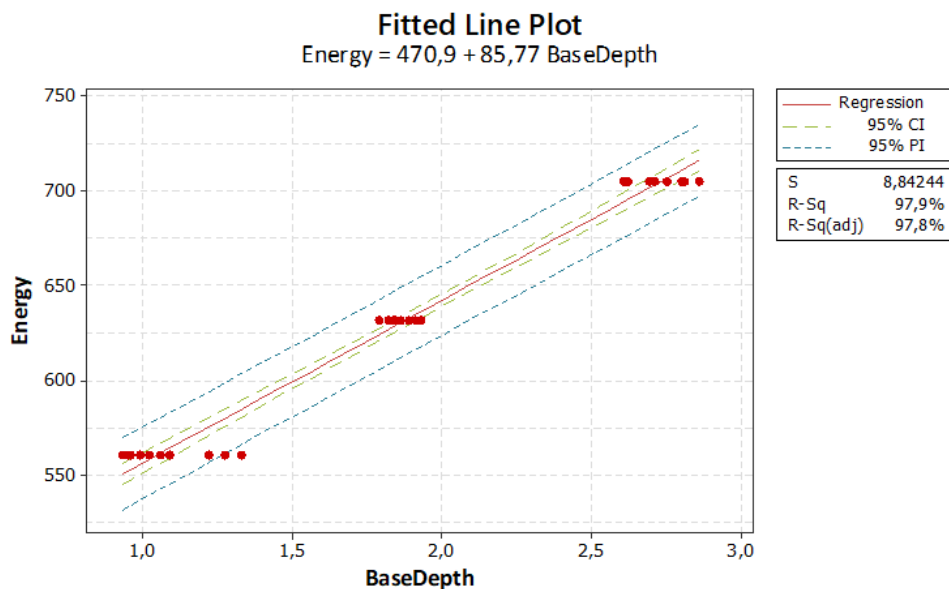
## Residual Plots for BaseDepth



29. ábra Maradék elemzése (forrás: saját szerkesztés)

A fentieket megvizsgáltam a Base keménység mélységének függvényében is a regresszióanalízis módszerével:

$$S = 8,84244 \quad R\text{-Sq} = 97,9\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 97,8\%$$



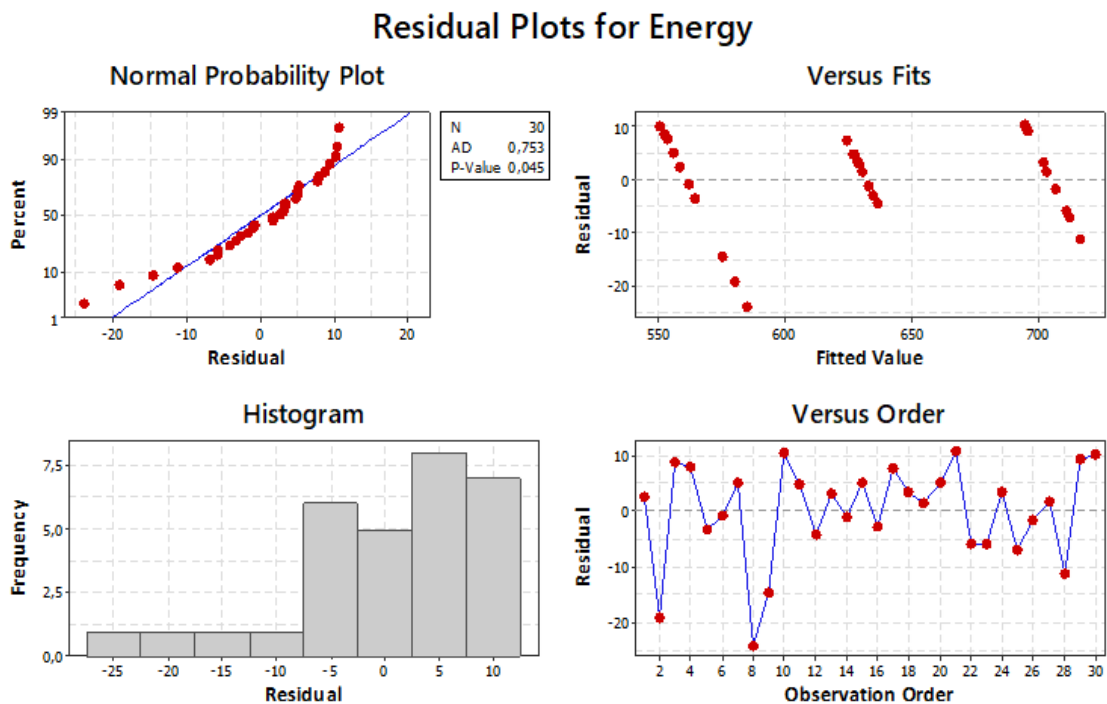
30. ábra Regressziós vizsgálat (Minitab alkalmazásával) (forrás: saját szerkesztés)

Lényegében ugyanazokat a következtetéseket vonhatjuk el a Base keménység mélység értékeinek vizsgálatánál, mint ahogyan fentebb tapasztaltuk a Nose

keményiség mélységeinek elemzésénél, hiszen szinte ugyanolyan mintázatot fedezhetünk fel, ha összehasonlítjuk őket és, ha végig megyünk az előbbi diagram elemzési pontokon.

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	101497	101497	1298,11	0,000
Error	28	2189	78		
Total	29	103687			

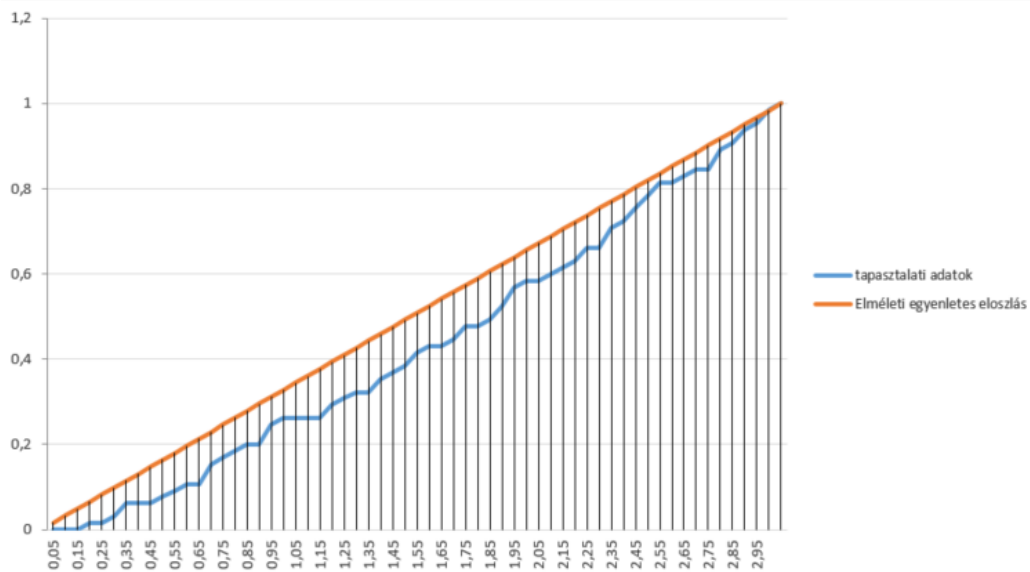
12. táblázat Variancia analízis (forrás: saját szerkesztés)



31. ábra Maradékok (residual) elemzése (forrás: saját szerkesztés)

## 4.2 Monte-Carlo módszer

Az illeszkedés vizsgálat során az adott konfidencia szinthez megkeressük a kritikus  $z$  értéket, és ha a próbastatisztika értéke, kisebb, mint a kritikus érték, akkor a nullhipotézist, miszerint az eloszlásfüggvény  $F(x)$ , elfogadjuk.



32. ábra: Illeszkedésvizsgálat Kolmogorov-próba alapján, nullhipotézis vizsgálata (forrás: saját szerkesztés)

Nullhipotézisünk az, hogy egyenletes eloszlásúak a tapasztalat útján rögzített adataink. Kolmogorov-próba esetében, ahogyan fentebb említettem a próbastatisztika megállapításához kiszámítjuk az elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvények különbségének maximumát, amely a fentebb említett metodika alapján: 0,1195460277427. Majd megkapjuk a próbastatisztika értéket: 0,963811. Mivel 95%-os konfidencia szinten a kritikus  $z$  érték 1,36, s a próbastatisztika értéke, kisebb, mint a kritikus érték, így a nullhipotézist, miszerint az eloszlásfüggvény  $F(x)$ , elfogadjuk. Mivel a Kolmogorov-próba igazolta a tapasztalati adatok egyenletes eloszlását, így az adatsorunk alapján további illeszkedésvizsgálat nem volt indokolt, így ezek ismeretében tudtam haladni a Monte-Carlo módszer alkalmazásával.

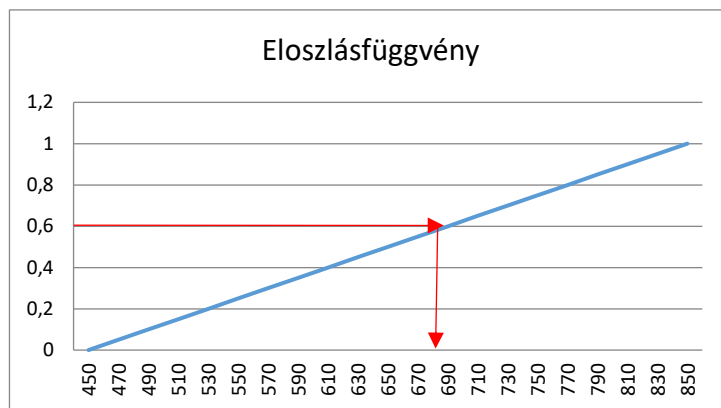
A Monte-Carlo módszer lényege, a nevéből eredően, a szerencsejátékok lényegét jelentő véletlenszerűség tudatos alkalmazását jelenti. A Monte-Carlo algoritmusok lényege, hogy oly módon végzünk számításokat, ill. modellezünk, hogy rengeteg alkalommal generálunk véletlen számokat, majd ezeket helyettesítjük a matematikai modellbe.

A Microsoft Excel programban VÉL() függvény egy  $[0, 1[$  intervallumbeli egyenletes eloszlású véletlen értéket szolgáltat. Ez alapja minden Monte-Carlo szimulációnak és minden más eloszlás szimulációjának.

Egyenletes eloszlás az  $[a, b[$  intervallumban:

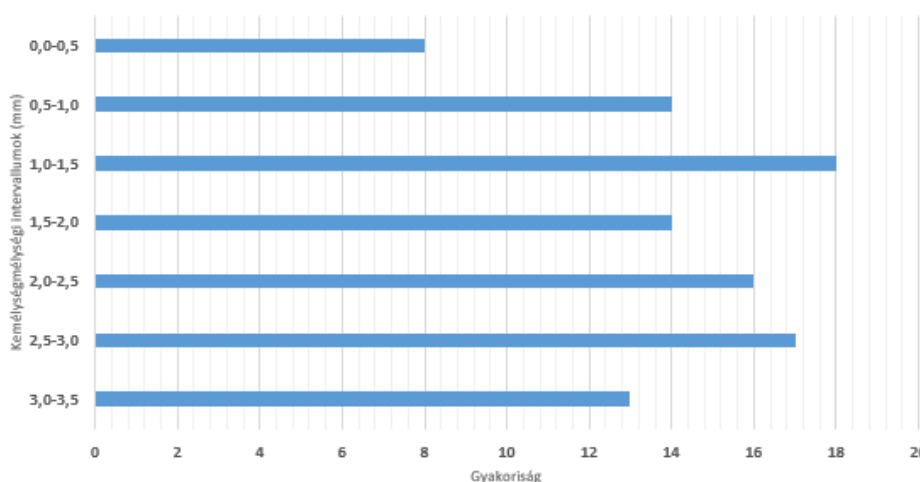
$$a + (b - a) \cdot VÉLO \quad (5)$$

A korábban említett gyártógépen, amely az indukciós edzési folyamatot megvalósítja ezen termék esetében a lehetséges energiaszint a következőre állítható be: 450-850.



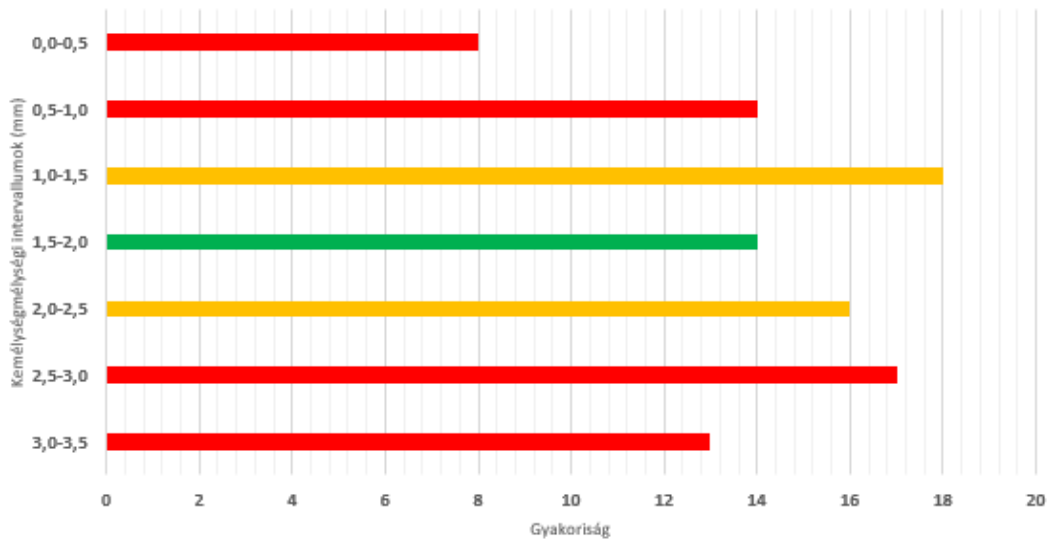
33. ábra: Egyenletes eloszlásfüggvény (forrás: saját szerkesztés)

A piros nyilak az 33. ábrán azt mutatják, hogyan kapunk  $[0, 1]$  intervallumbeli véletlenszámgenerálással – jelen esetben – egyenletes eloszlású véletlen értéket, amely a vizsgálatunk során az energiaszint elnevezésű paramétert jelenti. A keménységméltség értékének meghatározása az előző fejezetben ismertetett kapcsolat alapján került meghatározásra. Az alábbiakban kerül ismertetésre az emelőbütők (nose) indukciós edzéséhez kapcsolódóan a keménységméltség értékei a Monte-Carlo módszer segítségével. Eredményeit a 34. ábrán látható oszlopdiagram mutat be, amelyen a keménységméltség alakulásának szimulációját láthatjuk egy 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban.



34. ábra: Keménységméltségi intervallumok alakulása az adott mélységek (mm) gyakoriságainak tükrében a 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban (forrás: saját szerkesztés)

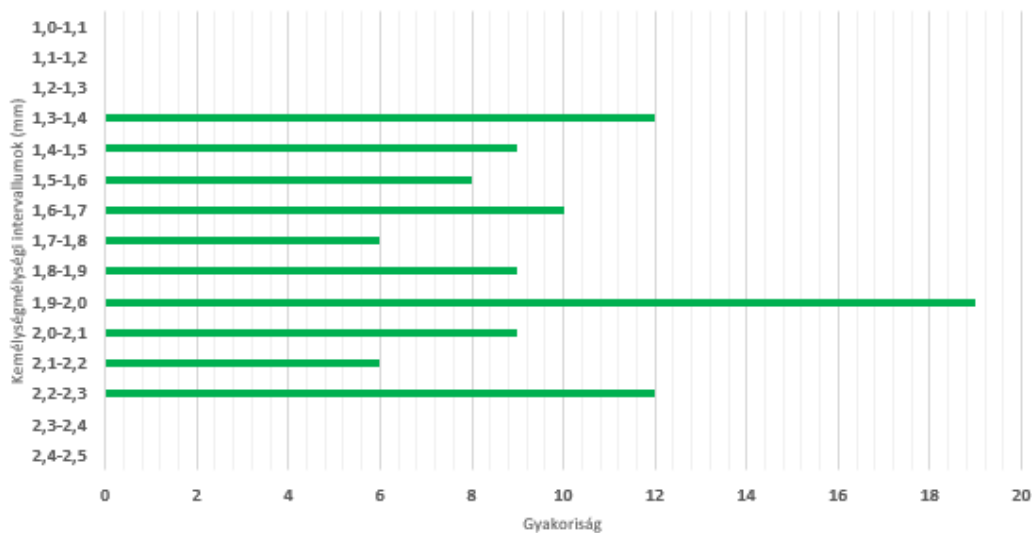
Esetünkben 1,3 mm és 2,3 mm keménységmélységgel rendelkező büttyök tekinthetők megfelelőnek, figyelembe véve a gyártási folyamat további műveletek esetén történő anyag eltávolításának mértékét és – a folyamat végén – a vevői követelményeket is. Ezen megfigyelés sorozatban az látható, hogy csupán a 34%-a lesz a termékeknek a kívánt toleranciában az indukciós edzést követően, amelyet a 35. ábra szemléltet.



35. ábra: Keménységmélységi intervallumok alakulása az adott mélységek (mm) gyakoriságainak tükrében a 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban, OK-NOK megjelöléssel (forrás: saját szerkesztés)

Látható, hogy ezen beállítások mellett 66%-os selejtet tudnánk gyártani, amely elfogadhatatlan, hiszen nem hatékony és nem is gazdaságos. Így az energiaszint értékét optimalizálni szükséges a gyártási folyamat során.





36. ábra: Keménységmélységi intervallumok alakulása az adott mélységek (mm) gyakoriságainak tükrében a 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban, OK: 100%, NOK: 0% (forrás: saját szerkesztés)

Az előző fejezetben található kapcsolódó (keménységmélység, nose) képletbe illesztve a keménységmélység (mm) értékét (alsó határ: 1,3 mm és felső határ: 2,3 mm) megkaphatjuk a kívánt energiszinteket is, amelyek esetében, ha ismételten elvégezzük a Monte-Carlo szimulációt, láthatjuk, hogy a 100 kísérletből álló megfigyeléssorozatban az összes (100%) keménységmélység érték a kívánt tolerancián belül fog elhelyezkedni. Jelen esetben ezek az energiszintek (alsó és felső) a következők: 597 és 720, amelynek eredményeit a 8. ábra szemlélteti.

#### Következtetés

A hőkezelés formája, típusa determinálttá válik az edzeni kívánt darab méretétől, típusától, mennyiségétől (egyedi, vagy sorozatgyártás) és – természetesen kiemelő – a gazdasági hatékonyság, megtérülés kérdése is, amely globalizált világunkat egyre inkább mozgatja a vállalati kultúra eszmerendszerének alappilléreként.

A fenti gyakorlat összegzése és a gyártásba való implementálása a minőség biztosításához – a jól ismert – ellenőrzési terv keretein belül kerül formalizálásra, amely természetesen figyelembe kell vegye a kísérlet során tapasztalt hibákat. A vizsgálataim által a következő sarokpontok határozhatók meg – az említett minőségügyi eszközök használatával összhangban – annak érdekében, hogy a vevői

elégedettség és a minőség biztosított legyen: az edzési profil szimmetriájának, a felületi keménység, a keménység mélység és a szövetszerkezet vizsgálat ellenőrzésével.

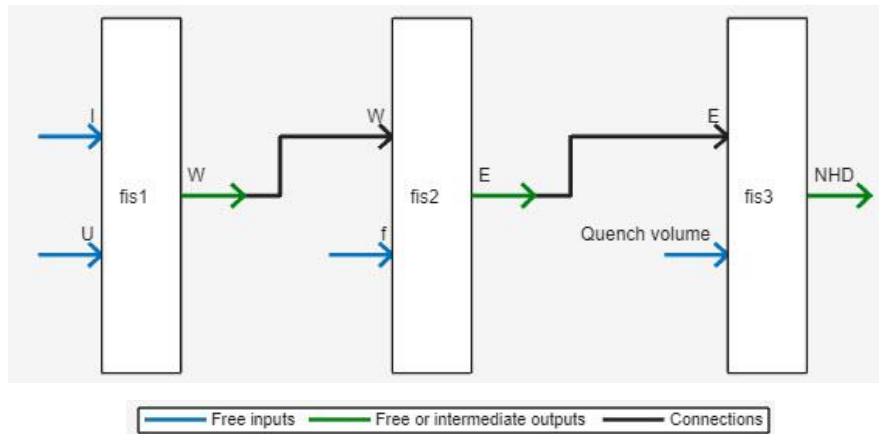
A cél az volt, hogy olyan eredmény kerüljön definiálásra, amely segítségével a későbbiekben biztosítható alkatrésztípusonként a tömeggyártásban a stabilitás a minőségi követelmények tükrében, amely megvalósult a regresszió analízis és Monte-Carlo módszer segítségével. A körülmények, gyártási paraméterek a vizsgálatom eredményeképpen biztosíthatóak, fenntarthatóak, azonban az alapanyag alapszerkezete és tulajdonságai változhatnak, amely miatt napi rendszerességgel szükséges vizsgálni a hőkezelés eredményét, az edzett alkatrészt az ellenőrzési terv módszerével. Amennyiben bármi más (pl: kritériumok, vevő elvárások, gyártógép) változik, akkor pedig ismételtlen szükséges megtenni a bemutatott kapcsolódó vizsgálatokat. Ezen folyamat során nem elegendő egy megfelelő értéket megtalálni, hanem túledzett és nem megfelelően megedzett darabokat is mintázni és elemezni szükséges a megfelelő konklúzió levonásához, ahogyan tettem én is.

A módszeremet – a Minitab szoftveren túl – egy makrókkal ellátott MS Excel táblázatba is implementáltam, amelybe az input (energiszintek, keménység mélység) adatok bevitelét követően – az adott követelményszint mellett – megkapjuk azon energia-szint adatot, amely szükséges a gyártógép beállításához a tömeggyártás kívánt minőségének fenntartásához.

Megállapíthatjuk, hogy a Monte-Carlo módszer segítségével, ismerve az adatkapcsolatokat, meg tudjuk becsülni a várható eredmények intervallumát, ezáltal az arányát az eredményeknek, hogy a kívánt intervallumba esnek-e vagy sem, illetve milyen hatásfokkal. Továbbá abból a célból is igen hasznos módszer lehet, ha a cél megvalósítása érdekében definiálható az adott gép folyamat-paramétereinek toleranciája, azaz alsó és felső határa, amelynek segítségével a selejt mennyiség, ill. – az érdekelt felek számára még inkább meghatározó – selejt költség minimalizálható. Ezáltal – az említett előzmények ismeretében – egyértelműen bizonyítható az ismertett módszer jelentősége és értelme. Ez egy lehetőség, egy módszer a minőségköltségek csökkentése érdekében.

### 4.3 Fuzzy-model alkotás

Esetünkben a FIS fa modell a következőképpen írható le az említett EMA gép működési elvével összhangban.



37. ábra A vizsgált gyártógép működésének FIS-fa modellje  
(forrás: saját szerkesztés)

Empirikus adatok alapján a következő szabályrendszer került felállításra a fa modellben lévő három FIS (fuzzy inference system) esetében:

- FIS1:
  - ha I alacsony és U magas, akkor W rendben van,
  - ha I magas és U alacsony, akkor W rendben van,
  - ha I magas és U magas, akkor W nem ok,
  - ha I alacsony és U alacsony, akkor W nem ok,
  - ha I rendben van, U rendben van, akkor W rendben van,
  - ha I rendben van és U magas, W magas,

defuzzifikációs módszer: Centroid.

- FIS2:
  - ha kW alacsony és f alacsony, akkor E alacsony,
  - ha kW rendben van és f alacsony, akkor E alacsony,
  - ha kW magas és f alacsony, akkor E alacsony,
  - ha kW alacsony és f rendben van, akkor E rendben van,
  - ha kW rendben van és f rendben van, akkor E rendben van,
  - ha kW magas és f rendben van, akkor E magas,

- ha kW alacsony és f magas, akkor E alacsony,
- ha kW rendben van és f magas, akkor E alacsony,
- ha kW magas és f magas, akkor E magas.

defuzzifikációs módszer: Centroid.

- FIS3:

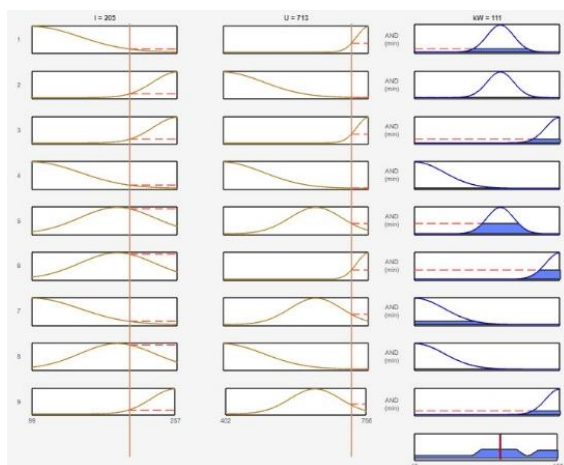
- ha az Energia (E) alacsony és a Hűtővíz mennyiség/intenzitás (Quench volume: QV), akkor az emelő bütyök keménység mélysége (Nose Hardness Depth: NHD) alacsony,
- ha az E magas és a QV rendben van, akkor az NHD magas,
- ha az E alacsony vagy a QV alacsony, akkor az NHD alacsony,
- ha az E magas és a QV magas, akkor az NHD magas,
- ha E magas és QV alacsony, akkor NHD alacsony,
- ha E alacsony és QV magas, akkor NHD alacsony,
- ha E rendben van és QV alacsony, akkor NHD nem rendben van,
- ha E rendben van és QV magas, akkor NHD rendben van,

defuzzifikációs módszer: Centroid.

Célunk megtalálni a emelő bütyökrész (NHD) ideális gyártógép paraméter intervallumát az említett anyag vonatkozásában, amellyel – az Energia paraméteren túl, amelynek kapcsolatát Hugyi [HM4] már definiálta – az alparaméterek, mint az áramerősség és feszültség is körvonalazható, hogy a kívánt beavatkozás eredményesebb tudjon lenni, megismerve az alap független változókat ezáltal.

Továbbá itt meg kell említenünk, hogy az emelő bütyök részénél a keménység mélység pár tized miliméterrel kisebb lesz, mint a null bütyökrész keménység mélysége. Ennek igazolását szintén Hugyi tanulmányában találjuk [HM4]

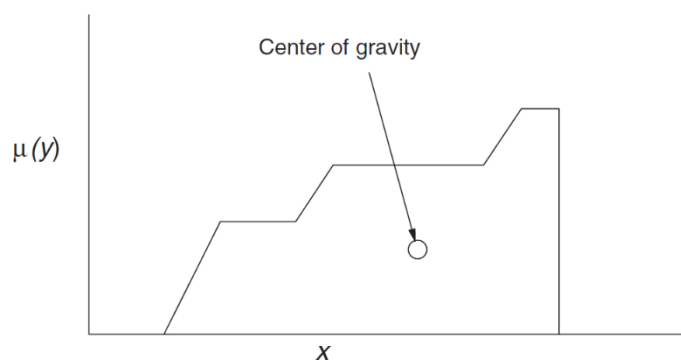
A paraméter analízist követően a felfedett beavatkozási pontokon keresztül pontosítani, optimalizálni kívánom a gyártási folyamatot, a következő szabálykövetkeztetések alapján:



38. ábra FIS1 szabálykövetkeztetése

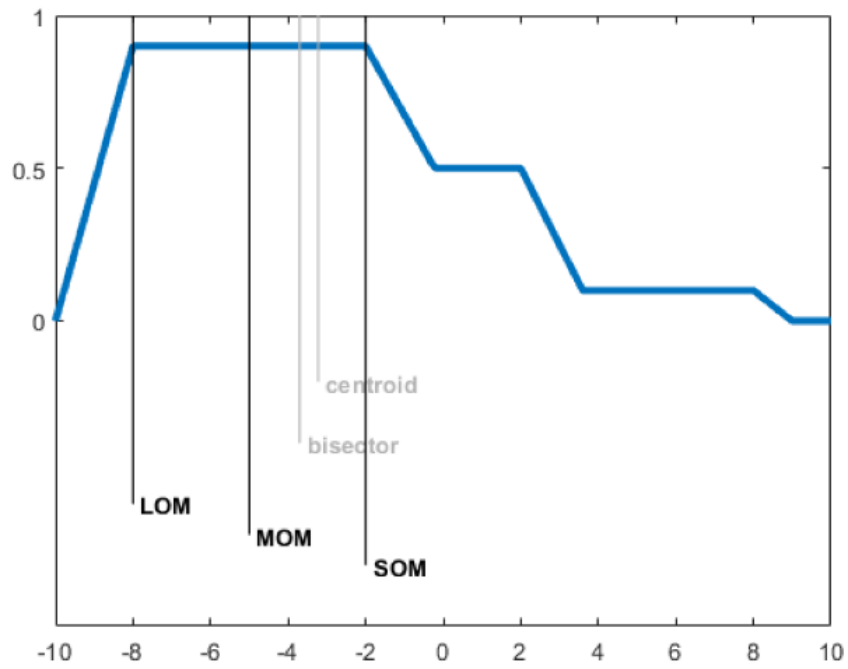
(forrás: saját szerkesztés)

A centroid defuzzifikációs módszer a kimeneti fuzzy régió súlyozott átlagának kiszámításával találja meg a megoldás fuzzy régiójának egyensúlyi pontját. Ez a legszélesebb körben használt technika, mert alkalmazásakor a defuzzifikált értékek hajlamosak egyenletesen mozogni a kimeneti fuzzy régió körül. A technika azonban egyedi, és számítási szempontból nem könnyű megvalósítani. A centroid defuzzifikáció módszere a 39. ábrán látható.



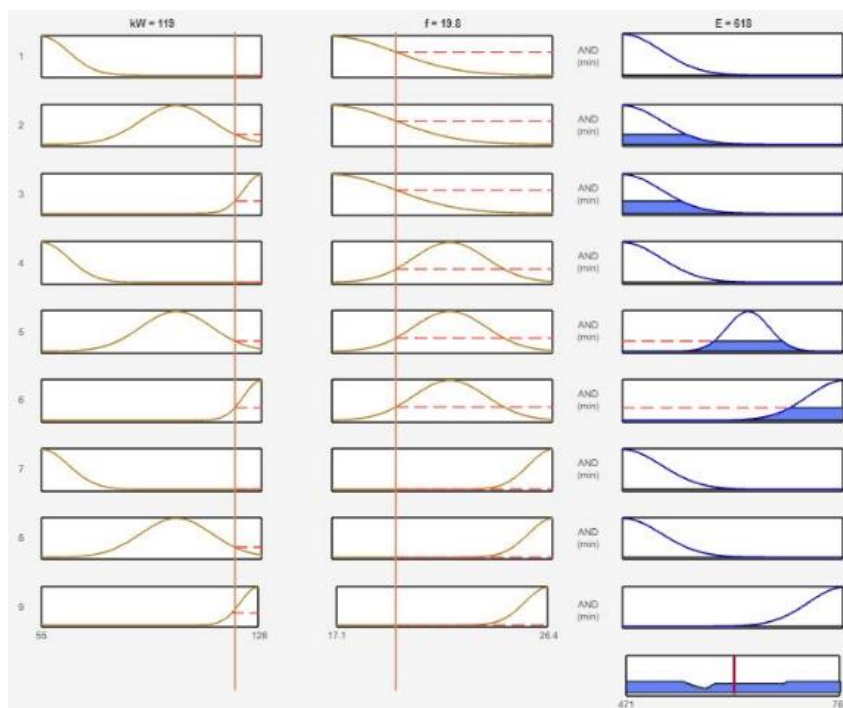
39. ábra Centroid defuzzifikációs módszer [30]

A MOM, SOM és LOM a Maximum középső, legkisebb és legnagyobb értékét jelenti. Ez a három módszer az aggregált tagsági függvény által feltételezett maximális értéket veszi le. Ebben a példában, mivel a maximális értéknél van egy sík, így megkülönböztethetők. Ha az aggregált tagsági függvénynek van egy egyedi maximuma, akkor MOM, SOM, és a LOM mind ugyanazt az értéket veszi fel.



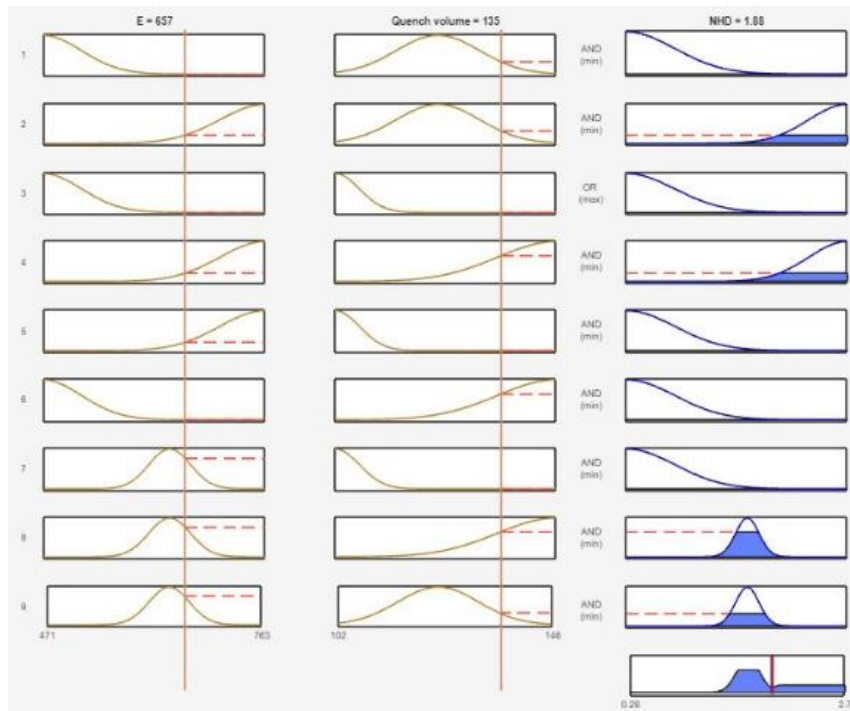
40. ábra A különböző defuzzifikációs módszerek jelentése (LOM, MOM, SOM)

forrás: [30] alapján



41. ábra FIS2 szabálykövetkeztetése

(forrás: saját szerkesztés)

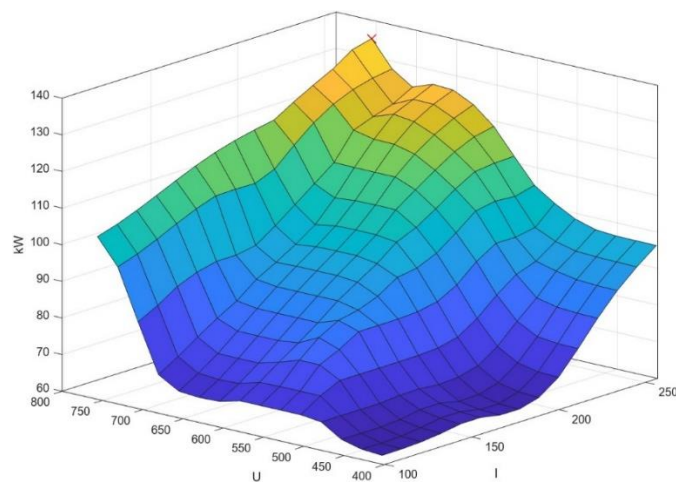


42. ábra FIS3 szabálykövetkeztetése

(forrás: saját szerkesztés)

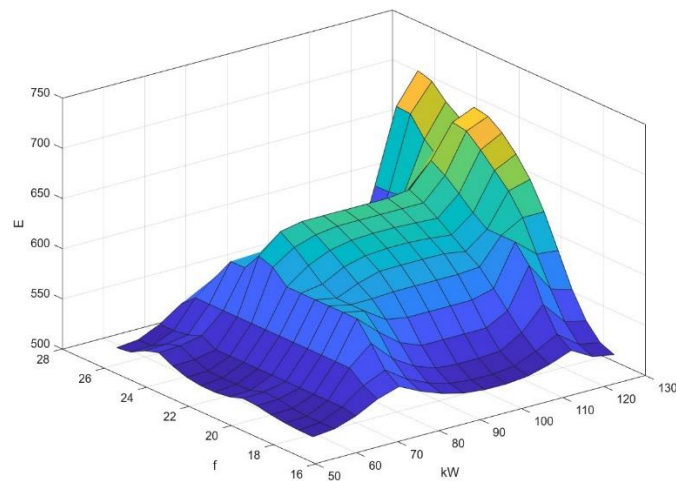
A 37. ábrán látható a fuzzy inferencia model fához kapcsolódó három fuzzy következtetési rendszer két inputja és egy outputja rendszerenkénti felosztásban. Az előző részben alkalmazott szabályrendszer ismeretében, amely empirikus adatok alapján került kialakításra.

A fentiek alapján a következő I (áramerősség) és U (feszültség) értékek a következő W (teljesítményt) eredményezik:



43. ábra A FIS1 vezérlő (kontroll) felülete (forrás: saját szerk.)

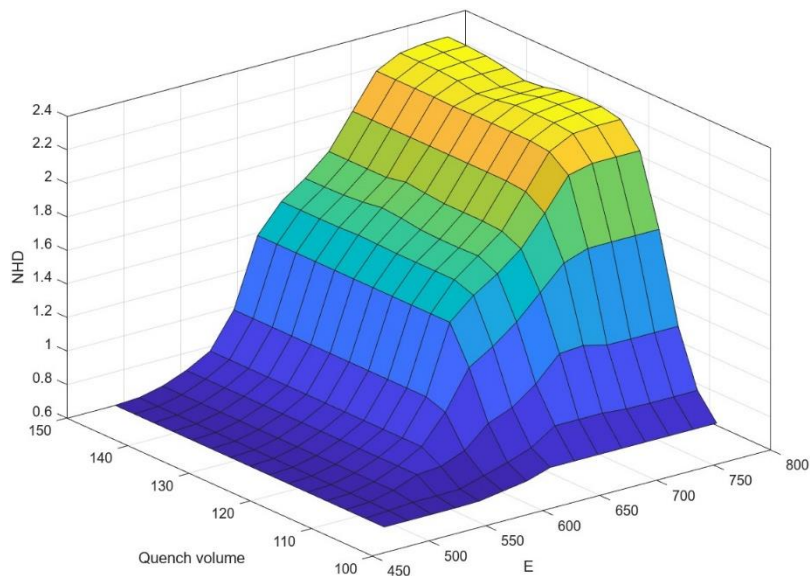
A 43. ábrán láthatjuk a FIS1 -hez kapcsolódó két input (áramerősség és feszültség), valamint egy output (teljesítmény) kapcsolatát. Látható, hogy 180 A feletti áramerősség esetén már 500 V alatt is elérhető némi teljesítmény emelkedés, azonban cca. 550 V felett feszültség esetében pedig tapasztalható a két input szorosabb interakciója az áramerősség csekélyebb növekedésével is a jelen termelési folyamatban magasabb teljesítmény (W) szint érhető el.



44. ábra A FIS2 vezérlő (kontroll) felülete (forrás: saját szerk.)

A 44. ábrából látható, hogy 81 kW feletti teljesítmény esetén érvényesül a szkin-effektus, miszerint a kisebb frekvencia érték emelkedett energia szintet eredményez(het). Ez igazán a cca. 23,7 kHz frekvencia szintnél érhető tetten leginkább. Ezen frekvencia szint felett az energiaszint csökken közel 60 egységnyit kHz-enként. A teljes tartományban ez nem figyelhető meg a vizsgált folyamat során.





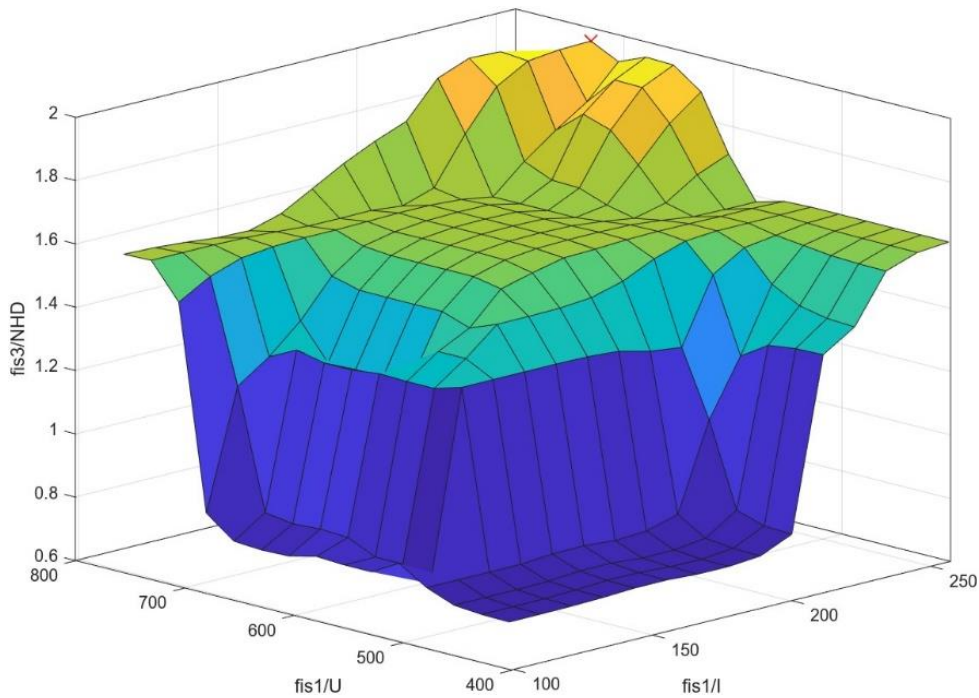
45. ábra A FIS3 vezérlő (kontroll) felülete (forrás: saját szerk.)

Energiasávonként tetten érhető, hogy adott esetben a gyorsabb visszahűtés (legalább 115 liter/perc) eredményezhet egy-két tized miliméter emelkedést a keménységméltség adatokban (520 HV). Ezen edzettebb szövetszerkezet evidenciájáról és validálásáról írt Hugyi [HM4] korábban. Továbbá azt is jól mutatja a 45. ábra, hogy a magasabb energiaszint nagyobb keménység mélységet eredményez (az emelőrészen).

#### Következtetés

Korábbi ezen irányú tanulmányokat [HM6, HM7] sikerült kiegészíteni és az újabb matematikai módszerek bevonásával annak mélységeiben egyre jobban elmerülni. Ezidáig csupán az energiaszint tolerancia szintje jelentette a paraméterkövetelményt a kívánt keménységméltség eléréséhez – vizsgálatlanul és előírás nélkül hagyva az energiaként nevezett input adatait.

A fentiek ismeretében az emelőbűtyök rész a következőképpen szabályozható a két fő input (I; U) alapján, amely a 46. ábrán látható.



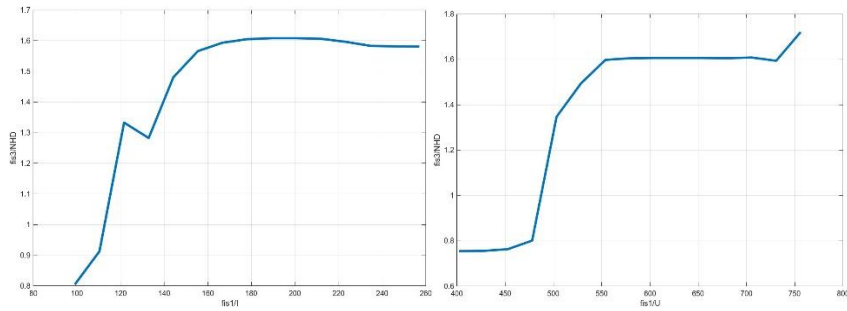
46. ábra A FIS-fa modell kapcsolatainak vezérlőfelülete (U-I-NHD)

(forrás: saját szerkesztés)

A minimális edzésmélység eléréséhez, amelyet Hugyi [HM4] is említ, jelen szövetszerkezetű, geometriájú és méretű emelőbütök estében az említett gyártógéppel tömeggyártásban a következő paraméterekkel érhető el indukciós edzéssel a kívánt mélységben az 520 HV1: I – 120 A; U – 500 V. Természetesen a többi vizsgált tényező sem hagyható figyelmen kívül a kívánt eredmény elérésében.

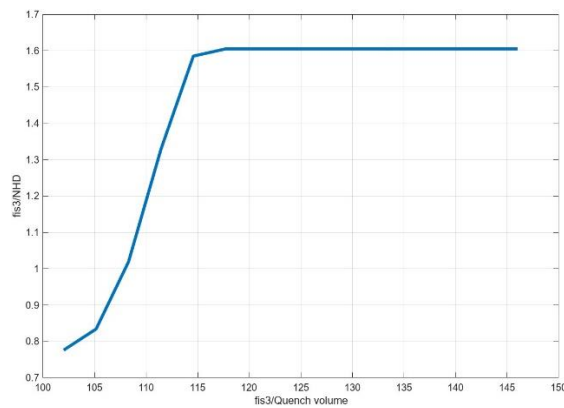
Utólagosan a fuzzy-modell segítségével igazoltam a H3 hipotézishez kapcsolódóan a következőket:

- A) A feszültség (U) hatása nagyobb a keménységmélység elérése tekintetében, mivel emel(ked)ésével – az áramerősséghez (I) képest – nagyobb keménységmélység érhető el a kívánt tartományban. Látható a 14. ábrán, hogy 1,6 mm-nél mélyebb keménység elérésében domináns szerepe van a feszültségnek.



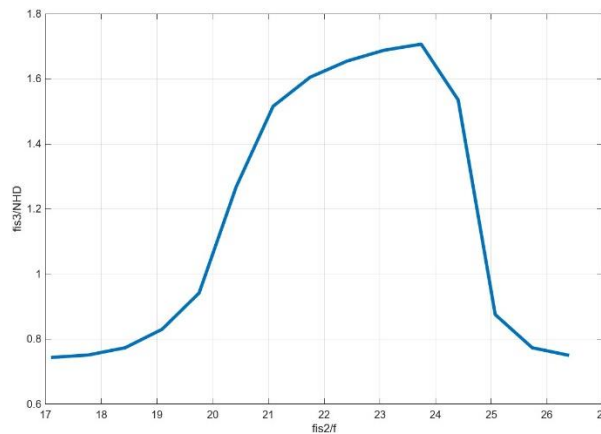
47. ábra Az I és U hatásainak összehasonlítása (forrás: saját szerkesztés)

B) Az erőteljesebb hűtés (nagyobb liter/perc átfolyással) jelentősége meghatározó, mivel a minimális szintjének elérése nélkül a kívánt keménység mélység nem érhető el a megfelelő visszahűtés intenzitása nélkül. Ezen minimális szint: 110-115 liter/perc.



48. ábra A hűtővíz mennyiségének hatása (liter/perc)  
(forrás: saját szerkesztés)

Továbbá igazolva, hogy a frekvencia csökkentésével (cca. 23,7 kHz-ig, amennyiben ezen érték feletti tartományról beszélünk) korlátozottan (adott tartományban) növelhető a keménységmélység mélysége (mm), azonban ez függhet a edzeni kívánt anyagszerkezet összetételétől (esetlegesen geometriájától és méretétől). Ezen említett érték alatt, frekvencia csökken(t)ésével, a keménység mélység csökkenése prognosztizálható.



49. ábra A frekvencia hatásai (kHz)  
(forrás: saját szerkesztés)

A hipotézisek igazolásra kerültek a 47-49. ábrákról leolvasható eredményeken keresztül. A hipotézisek igazolásán túl képet kaptunk az alparaméterek (inputok) kívánt – az emelőbűtyök minimálisan megfelelő keménység-mélység (1,3 mm) – szintjének eléréséhez szükséges paraméterek objektívva tételén keresztül (I: 130-200 A; U: 500-650, amelyek egymástól függenek). Ha ezen folyamat során a kívánt minimális, de szükséges és elégséges értéket elérjük az emelő (nose) részén, így a darab null-részén cca. 0,2 mm-rel nagyobb (mélyebb keménység-mélységet) eredményt kapunk. Ugyan Hugyi [HM4] vizsgálata során nagyobb toleranciát említ az E paraméterhez kapcsolódóan, amelynek oka, hogy az magában foglalja az egész darabot, nem téve különbséget annak megkülönböztetett két része között, másrészt pedig – az erőforrások felhasználásának mérséklésére, illetve azok optimalizálására – cél a minimális és elégséges erőforrásráfordítás a költséghatékony és profitorientált tömeggyártás megteremtéséhez.

Megismerve ezidáig mérhető és parametrizálható input adatokat (ha például a kondenzátorfokozatra, vagy egyéb változóra gondolunk, azokra konstansként tekintettünk), olyan szabályrendszer bontakozhat ki, amely felismerve egy adott paraméter változást, a kívánt cél elérése érdekében, az input adatokat akár automatikusan tudja korrigálni ezen tanulmányhoz kapcsolódó fejlesztés esetén. Valamint önfejlesztő gyártási rendszer alakítható ki, ha a további meghatározó események is bekapcsolhatóak lesznek ezen irányítási rendszerbe. Ezek irányába is tervezek további kutatásokat végezni a jövőben, ahogyan az energiahatékonyság növelésének lehetőségét is, a minőségi kritériumok megőrzése mellett.

## **5. ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK**

Dolgozatomban a Magyarországon lévő KKV-k és hazánkban jelenlévő külföldi, multinacionális vállalatok hazai telephelyinek bevonásával vizsgáltam a következő pontban ismertetett hipotéziseimet. Az említett, kutatásba bevont vállalatok az autóiipari beszállítói láncban tevékenykednek.

A változások (háborúk, kimerülő energiaforrások, Európai Unió által meghatározott direktívák, változó értékrend), a fenntarthatóság priorizálása, valamint a súlyozások miatti átrendeződés indukálta körülmények miatt még inkább szükségessé válik az optimalizálás és az értékteremtés a vállalatok életében. Ahogy a makroszintről egyre inkább lentebb ereszkedünk, eljutunk az ipar 4.0-át követő, – s mára már egyre inkább középpontba kerülő – ipar 5.0 irányelveihez, s azok alkalmazhatóságának kérdésköréhez.

Foglalkozásomból kiindulva – egyetértve az ipar 5.0 fókuszpontjaival – célul tűztem ki olyan folyamatoptimalizálást, amely meghatározó jelentőségű az autóiipari folyamatok között, és kulcseleme a késztermék előállításának az adott vállalatnál, ugyanakkor a humán erőforrásban rejlő potenciálban látja ennek lehetőségét.

Megállapítható – a mélyinterjúkból –, hogy az ipar 4.0 és ipar 5.0 közötti különbséget elméletben értik, de gyakorlati megvalósulása az újabb irányzat elemeinek még nem igazán körvonalozódott a munkavállalókban, érintett felelősök értelmezéseiben. Értelemszerűen, ahol nincsen külföldi, multinacionális támogatottság, azaz magyar tulajdonú, ott az ipar 4.0 követelményeinek való megfelelés is jelent még kihívást sok esetben. Ahol van külföldről érkező támogatás (vagy vevői követelmény), ahol meghatározzák az ezzel kapcsolatos lépéseket, ott, legalább stratégiai szinten kezdenek megjelenni az ipar 5.0 elveivel összhangban lévő törekvések. Gyakorlati megvalósulására még ezen esetekben is türelemre van szükség.

A menedzsment-, illetve irányítási rendszer átstrukturálása legtöbb esetben még el sem kezdődött, amely eredhet abból is, hogy ezen (ISO) szabványokban sem jelentek meg még erőteljesen az ezekre való összpontosítás. Azonban 2024. tavaszán az ehhez köthető klímaváltozás pedig megjelent, mint frissítés, amelyet várhatóan további fenntarthatósággal kapcsolatos elem fog követni a következő években.

A digitalizáció szintén ott tudott strukturált módon beágyazódni a vállalat folyamataiba, ahol az ipar 4.0 elveivel összhangban volt lehetőség a beruházásokra, fejlesztésekre, s ahol az ezekhez kapcsolódó adatokat visszakereshetően letárolták. Amennyiben ezek meg is történtek a következő lépések: adatfeldolgozás, kiértékelés, tudományos módszerek bevonása, a lehetőségekhez mérten is alulmaradtak, sajnos.

Az ipar 4.0-5.0 a karbantartás 4.0 rendszerével kibővítve, az általam vizsgált folyamat-optimalizálást említve, tapasztalatokat az esetleges karbantartási ciklusok kialakításába bevonva tudunk intelligens rendszereket kialakítani. Ezen okos rendszerek amennyiben már az elfogadható tartományon kívül eső bemenő adatot nem tudják biztosítani, úgy jelzik a meghibásodott, elhasználódott perifériát, amely hatással van a megfelelő gyártáshoz szükséges célérték eléréséhez, s jelzik annak csereigényét. Ezáltal, a csereperiódus pontosabban meghatározható, az alkatrész raktárkészletállománya jelentősen redukálható, valamint a karbantartási költségek is könnyebben prognosztizálhatóak.

Ami ennél is fontosabb, legalábbis jelen tanulmány tekintetében, hogy a selejt költség közel nullára csökkenthető (általánosságban: azon folyamatoknál, ahol a háttérismeretek segítségével a specifikumok kialakíthatóak a tudományos módszerek alkalmazhatóságához). Amennyiben a hozzáadott értéket nem teremtő költségek csökkenthetőek, úgy az emissziós faktor is csökkenni fog. Jelen esetben a villamos energia csökkenő felhasználása végett.

Természetesen a gondolatmenetnek itt sincsen vége, hiszen amennyiben a maradék villamos-energia szükségletünket megújuló energiából tudjuk fedezni, úgy szintén egy újabb lépést tehetünk a fenntarthatóság irányába, amelyet tovább szöve eljutunk a fenntarthatósági tényezőkkel átitatott kulcs-teljesítmény mutatókhoz (KPI).

## **5.1 Hipotézisek értékelése**

Az alábbi hipotézisek mind igazolásra kerültek.

Az első (H1) és második (H2) hipotézis a kérdőíves felmérés, valamint a mélyinterjú eredményeként került igazolásra, míg a harmadik hipotézis (H3) pedig a regresszió-analízis, Monte-Carlo szimuláció, valamint a fuzzy-modell segítségével került igazolásra:

**H1:** Igazoltam, hogy a fenntarthatóbb, humán aspektus esszenciáját (is) népszerűsítő ipar 5.0 eszmerendszer elterjedése még gyerekcipőben jár a Magyarországon működő – autóiipari beszállítói láncban tevékenykedő – vállalatok körében. Humán tacit tudás kiaknázása az adatfeldolgozás/kiértékelés viszonylatában alacsony szinten van, amely a (vállalaton belüli) mikro-innovációt is visszaveti.

**H2:** Igazoltam, hogy a biztonsági klíma – dolgozók által érzékelt – minél magasabb szintje nagyban hozzájárul a tudásmenedzsment vállalaton belüli eredményesebb működéséhez, s amely jobban korrelál (érzékenyebb kölcsönhatásokat tekintve), mint a szervezet teljesítményével.

H2a: igazoltam továbbá, hogy a biztonsági eredmények, kultúra (fizikális és mentális egészség) alapvetően befolyásolják a tudásmenedzsmentben rejlő lehetőségeket.

H2b: továbbá igazoltam, hogy azon magyar, ill. Magyarországon működő multinacionális vállalatok, akik (tudatosan) alkalmazzák a tudásmenedzsment eszköztárát, tudnak profitálni a szervezet összteljesítményén keresztül is.

**H3:** Valamint igazoltam, hogy a tudományos módszerek implementálásával a gyűjtött/rendelkezésre álló adatok feldolgozásakor hatékonyabb gyártási folyamatok alakíthatóak ki annak érdekében, hogy a selejt, valamint a gyártási költségek redukálhatóak legyenek.

Az objektíven vizsgált gyártás-technológiai folyamat, amely az indukciós edzés tömeggyártási folyamat-fejlesztési lehetőségeit vizsgálja az elérhető paraméter-adatok viszonylatában. Az ebben rejlő innovatív megközelítés a fuzzy-modell segítségével valósult meg és továbbiak kerültek igazolásra a H3 hipotézishez kapcsolódóan:

A) A feszültség (U) hatása nagyobb, mivel emel(ked)ésével – az áramerősséghez (I) képest – nagyobb keménységmélység érhető el.

B) Az erőteljesebb hűtés (nagyobb liter/perc átfolyással) jelentősége meghatározó, mivel a minimális szintjének elérése nélkül a kívánt keménység mélység nem érhető el a megfelelő visszahűtés intenzitása nélkül.

## 5.2 Kutatási kérdésekre adott válaszok

A megfogalmazott kutatási kérdésekre a kutatás eredményei alapján az alábbi válaszokat tudom összefoglaló módon adni:

**KK1:** Melyek a vállalati működést leginkább befolyásoló tényezők, illetve azok szerepei?

A vállalati működést, vagyis annak hatékonyságát és sikerességét a kulcselemei határozzák meg. Ezek az „5M” elvből kiindulva az ember (man), valamint az anyag és gép/technológia (material és machine), amennyiben nem emeljük ki a gazdasági (money) tényezőt külön, hiszen, mind előbb felsorolt emelek eredője lesz majd ez. Mindezen említett elemeket felhasználva szükséges a leginkább illeszkedő módszer (method) választani, nem csak a gyártáshoz, hanem a minőségmenedzsment eszköztárába illeszkedő matematikai és tudományos módszereket, annak érdekében, hogy a gyártási folyamat és a vállalat működése egyre hatékonyabb lehessen.

Az emberi erőforrást (man) egyre inkább középpontba állító ipar 5.0 kapcsán a megkérdezett vállalatok túlnyomó többsége arról vélekedett, hogy első körben az ipar 4.0 – vevői által támasztott – követelményeinek igyekszik megfelelni. Csupán azon nagyvállalatok magyarországi leányvállalatai, akik a külföldi központból kapnak szakmai, valamint adott esetben anyagi támogatást, ott tudott elkezdődni az ipar 5.0 eszmerendszerének stratégiai szinten történő megjelenése. Gyakorlatban ez még csekély mértékben fedezhető fel csupán.

**KK2:** A fellépő hibajelenségek hogyan redukálhatóak a humán tőkében rejlő potenciál kiaknázásának segítségével? Hogyan lehet a vállalati értékteremtés középpontjába állítani a munkaerő megbecsülését, szinergiáját?

Azon tudás-alapú vállalati kultúra, amely a munkatársakban rejlő (tacit) tudásra, potenciálra épít és teret enged nekik, az tud igazán hozzáadott értéket teremteni. Segítségükkel materializált vállalati innováció, versenyelőny és gazdasági megtakarítás érhető el – optimalizálva, ésszerűsítve a vállalat folyamatait, s ezáltal annak összeteljesítményét, amelynek gyakorlati példáját a KK3-ra adott válasz erősíti meg.

Fontos kihangsúlyozni, hogy a működéshez alapvető létbiztonsági elemek, amelyek első sorban a fizikai biztonságos munkavégzéshez kötődnek, valamint figyelembe



veszik a mentális biztonsághoz kapcsolódó munkavégzés körülményeit, alapvető követelményként jelennek meg, amelyek hiánya esetén – ezen dolgozók esetében – szinte lehetetlen a tudásmenedzsment megfelelő működtetése a munkavállalókban rejlő tacit tudás kiaknázásával.

Azon munkatársak, akik segítségével a vállalat sikeresebb tud lenni a hatékony (jelen esetben: gyártási) folyamat-fejlesztésen keresztül, saját maguk eredményének tekintik, azon túl, hogy a stakeholderek eredményességéhez is nagymértékben hozzájárulnak. Ezáltal az érintett dolgozók (további) megbecsülést, elégedettséget vívnak ki és motiváltabban tudják folytatni a munkájukat, megbizonyosodva arról, hogy a robotizáció és digitalizáció térnyerésén (ipar 4.0) túl, jelentős szerepük megmarad az ipar 5.0 eszmerendszerével egybehangzóan.

**KK3:** Milyen lehetőségek rejlenek a vállalati működési folyamatainak fejlesztésében, a meglévő, feldolgozatlan, avagy kiértékelésre váró adatainak tükrében?

A KK1-re adott válaszban is utal a gyűjtött adatok feldolgozásának hiányára, amely az erőforrás és a ipar 5.0 szerinti vállalati stratégia hiányosságára utal. Hiába a gyűjtött adatok tárolása, ha azok feldolgozása meg sem kezdődik. Ahol azonban történik feldolgozás ott a feldolgozás minősége és annak módszere nem definiált és nem strukturált.

Amennyiben a feldolgozás és az adott vállalati folyamat specialitásait tekintve történik az adatfeldolgozás és a kiértékelés releváns (tudományos) módszertan adaptálásával, úgy valóban innovációról tudunk beszélni, amellyel a gazdasági eredményt is pozitívan fogjuk tudni befolyásolni (pl: monoton folyamatokban csökkent igényű humán erőforrás jelenléte, kevésbé intenzív mérőgép-kihasználtság, kevesebb selejtmennyiség, stb.)

### **5.3 Tézisek**

Az igazolt három hipotézisem és a kutatási kérdésekre adott válaszok alapján az alábbi új tudományos eredményeket fogalmazom meg kutatásom összegzéseként:

1. Tézis: Az ipar 5.0 eszmerendszere még nem igazán tudott beivódni, bevonódni a hazánkban működő vállalatok működésébe, menedzsment folyamatokba, szervezetek irányítási rendszerébe, az autóiipari beszállítói láncban sem.

Vizsgálatba bevont vállalatok több, mint a fele (53%) még (csupán) a robotizáció és digitalizáció szintjének erősítésén dolgozik (ipar 4.0). Amint ezen vállalatok egy olyan szintre tudnak emelkedni, ahol relevanciája van a gyűjtött, de még feldolgozatlan, ugyanakkor potenciált rejlő adatfeldozásnak, az ipar 5.0 elveit követve tud előbbre lépni a vállalat az emberi erőforrásra, valamint a fenntarthatóságra összpontosítva.

A megkérdezettek kevesebb, mint felénél felfedezhetőek az adatok szisztematikus feldolgozására való törekvés. Inkább azon vállalatoknál fedezhető fel csekély evidencia, amelyek külföldi tulajdonú magyarországi leányvállalathoz köthetőek, hiszen ott már elkezdődtek kialakulni ennek a csírái (pl: szisztematikus, IT megoldásokkal támogatott adatgyűjtés), azonban például a dedikált csoport az adatfeldolgozást segítő módszerek vállalaton belüli specifikus kialakítására vonatkozólag csupán közel 7%, ahol ezen gyűjtött adat feldolgozása meg is kezdődött.

Egyelőre még csak külső tanácsadó(k) által. Ez ezt jelenti azonban, hogy a külső szakemberek nem annyira járatosak az adott vállalat folyamataiban, illetve a folyamatok közötti kapcsolódási pontokban, vagy még mindig nem tartják annyira létfontosságú pozíciónak, hogy arra külön, belsős, dedikált teljes munkaköri pozíciót hozzanak létre. (3.1.2.1. fejezet, szakmai mélyinterjúk)

Kapcsolódó publikációim: [HM2, HM5, HM7]

2. Tézis: Az eredményes munkavégzéshez szükséges a biztonsági kultúra létrejötte a vállalaton belül, amely magában foglalja a fizikai és mentális biztonsági feltételek megteremtését. Ez lehet az alapfeltétele a fluktuáció jelentős csökkenésének is, valamint, hogy olyan további tudás kerülhessen felszínre a munkavállalói egyéni tudásból, amely hozzáadott értéket tud teremteni a vállalat számára (is).

A kérdőíves felmérés alátámasztotta, hogy a tudásmenedzsment, a tudás-alapú vállalati kultúra szignifikáns kölcsönhatásban van a biztonsági vállalati klímával ( $\beta=0,71$ ) (3.1.1.1. fejezet, kérdőíves felmérés)

Kapcsolódó publikáció: [HM1]

3. Tézis: releváns tudományos módszerek alkalmazása az adatfeldolgozásban – a humán erőforrás tacit tudását alkalmazva – az eredményesség és hatékonyságban történő előrelépésben hozzá tud járulni a cég versenyelőnyéhez és pénzügyi eredményességéhez.

a) A vizsgált gyártás esetében a gyártógép energiaszintje (E) és a keménységmélység (ND: Depth Hardness – Nose oldal) kapcsolata a következő egyenlettel írható le (4.1. fejezet):

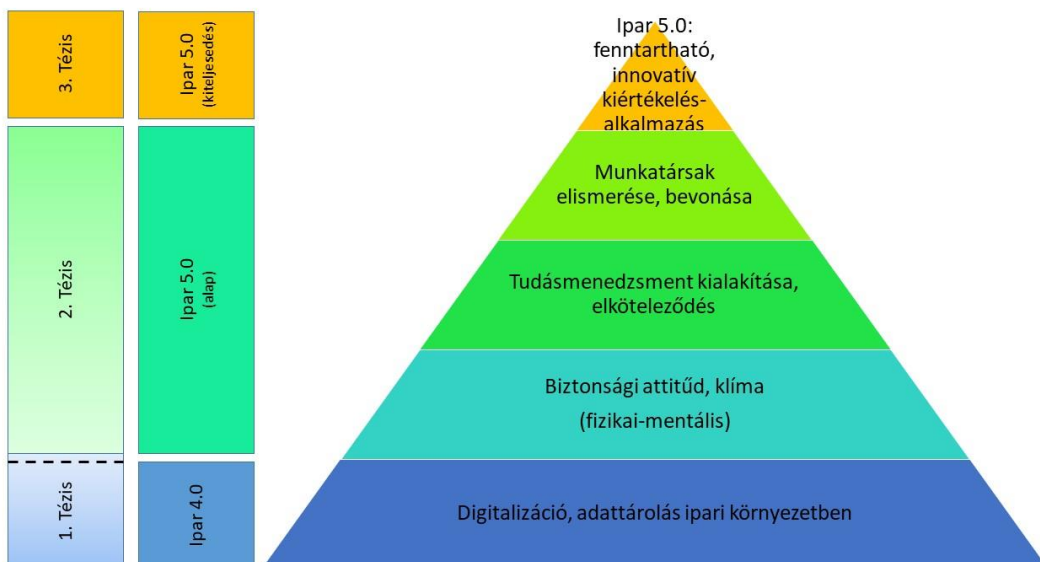
$$E = 435,6 + 123,9 * ND \quad (5)$$

b) A 100 kísérletből álló megfigyeléssorozat során tapasztalt 66db-os selejt mennyiséget sikerült zero selejt-értékre csökkenteni a kívánt keménységmélység célérték megtartásával: 597-720 E (4.2. fejezet).

c) Mivel az energiaszint eredő érték, így tovább kellett specifikálni a beállítás szerinti input adatokat, amelyek a következők (4.3. fejezet):

- I: 130-200 A,
- U: 500-650 V,
- QV: min. 110-115 liter/perc,

Kapcsolódó publikációim: [HM3, HM4, HM+]



50. ábra A vizsgált tényezők szintetizálása, avagy út az ipar 5.0 esszenciájáig (forrás: saját szerkesztés)

## 5.4 Ajánlások, további fejlődési irányok

Ez eddig bemutatott eredmények jól mutatják, hogy maximum addig jutnak el az autópári vállalatok, hogy gyűjtik az adatokat, de azok feldolgozása, ha egyáltalán megtörténik, nem mutatkozik szignifikánsan meg a vállalat mutatóiban, eredményében. Ezért érdemes vizsgálni a technológia adta ismeretek kontextusában a meglévő adatokat az azokhoz társított (tudományos) módszerek bevonásával, hogy eredmények lehessenek elérhetőek az érintett, az adott vizsgálat alá bevont vállalat számára.

A jövőben érdemes ezt a kutatást folytatni és e témában mélyebbre ásni, még diverzifikáltabb forrásokra alapozva, illetve még több változót bevonva, esetlegesen tenni ezt a mintaelemszám növelésével egyidejűleg.

További vizsgálati irányok lehetnek, hogy további jellemzőket vizsgálhatunk a vizsgálatba bevont termék kapcsán: felületi keménység, stb.

A (műszaki jellemzőkkel kapcsolatos) fenntarthatósági-kérdéskörben érdemes lehet vizsgálni a villamos energia fogyasztását az érintett gyártógépnek, amellyel szintén további folyamat-optimalizálás valósítható meg, amely költséget és károsanyag-kibocsátás volumenét tudja csökkenteni, ezzel is növelve eredményességét a bemutatott kutatásomnak.

Ezeket követően a mesterséges intelligencia (MI) és a neurális hálózatok tovább tudják ezeket fejleszteni a minőségorientált eredményesség kontextusában. Neurális hálózatokat széles körben alkalmaznak tudományos és műszaki feladatok megoldására. Többek között karakterfelismerésre, képfeldolgozásra, jelfeldolgozásra, adatbányászatra, bioinformatikai problémákra, mérés-technikai és szabályozástechnikai feladatokra, amelyek segítségével meg lehet oldani összetett problémákat. Bár a mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségeket érdemes fenntartással kezelni, hiszen az adatfeldolgozást abban az esetben, ha már betanítottuk, az adott szabályok alapján nagy biztonsággal el tudja végezni. Az öntanulását azonban érdemes kontrollok között tartanunk, mivel az tévútra vihet minket – de éppen ezért szignifikáns jelentőséggel bír az emberi erőforrás tacit és explicit tudása, amelynek eredményeképpen szisztematikus fejlődés biztosítható a gyártási, műszaki folyamatokban.

A kezdet (kiinduló pont) és a vég(pont) is a humán tőkéhez kötődik, értelmezésében mindenképpen, azaz a lehetőségek és az eredmény is attól függ, hogy miből táplálkozunk (milyen a munkavállalóink tacit tudása) és milyen keretrendszert teremtünk ehhez, hogy a kívánt célt elérjük, megvalósítsuk. Ha csak a bevezetőre gondolunk: a munkavédelem épp a humán tőke (fizikai) biztonságát hivatott szolgálni, de mit sem ér olykor, amikor vészhelyzetben nem mérlegel és kockáztatja a munkavállalót, ha például a csernobili katasztrófát említjük.

A jövő munkaköreiről szóló kiadvány [92] szintén arról számol be, hogy a tehetséggondozás, valamint az előrelépés és elismerés lehetősége a munkavállaló számára, amely az egyik legígéretesebb módszer, üzleti gyakorlat lehet annak érdekében, hogy a folyamatok javulni tudjanak, amelytől a vállalat eredményessége függ. Természetesen az előléptetésekhez a magasabb munkabérek párosulhatnak. Azonban ezt csak fenntartható módon és következetesen szabad alkalmazni. A gondolataimmal egyetértésben kiadott riport említi továbbá a belső kommunikáció fontosságát is, valamint a kulturális egyensúlyt és összhangot a munkavállalók és a cég stratégiája között.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Autoblog Hungarian – Tier 1 beszállító jelentése Link: <https://nataros.ru/mozgas/tier-1-beszallito-jelentese/> Letöltve: 2022.05.01.
- [2.] Azhar, M., Ferry Hermawan, and M. Agung Wibowo. "Strategy of change construction method to increase productivity and reduce waste in the private university buildings." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 448. No. 1. IOP Publishing, 2020.
- [3.] Bartel, A., Freeman, R., Ichniowski, C., & Kleiner, M. M. (2004). Can a work organization have an attitude problem? The impact of workplaces on employee attitudes and economic outcome. *Industrial and Labor Relations Review*, 52(3), 539-564. <http://dx.doi.org/10.3386/w9987>
- [4.] Beke É., Kelemen-Erdős A. (2021): Expected Competences of Smart Factories in the Age of Digitization. *Arab Journal of Administration*, Vol 41, March 2021.
- [5.] Bellman, R. E.; Zadeh, L. A.: Decision-making in a fuzzy environment. *Management science*, 1970, Vol. 17, No. 4, p. B-141, <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141>
- [6.] BME Technológiai Központ (2019): Ipar 4.0 [Ipar 4.0 - Ipar 4.0 Technológiai Központ \(bme.hu\)](#) Letöltve: 2022.03.19.
- [7.] Boda Gy.: A tudást ke kialakulása és hatása a vállalati menedzsmentre. PhD értekezés. BME. Budapest. 2005. 118 p.
- [8.] Buehler: Polishing Guide. Illinois, 2018.
- [9.] Calza E., Soguero Escuer J., Fabiani J., De Prato G.: Joint Research Center Technical Report: Advanced Manufacturing Study. Preliminary findings on EU's Advanced Manufacturing industry in the global landscape ISSN 1831-9424 doi: 10.2760/798090 Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024.
- [10.] Campbell, J.P.; Dunnette, M.D.; Lawler, E.E.; Weick, R.E. *Managerial Behavior, Performance, and Effectiveness*; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1970; ISBN 100070096759.
- [11.] Czizmazia Fné.: Hőkezelés. Széchenyi István Egyetem. Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék. Győr. 2003.
- [12.] Dember W. N., Martin S. H., & Hummer, M. K. (1989). The measurement of optimism and pessimism. *Current Psychology Reserve Review*, 8, 102-119.
- [13.] Dezsényi Gy. – Emőd I. – Finichiu L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata. Egyetemi Tankönyv, Második változatlan kiadás. 1990.
- [14.] Dinya L.: Szervezetek sikere és válsága, Akadémiai kiadó, Budapest, 2005.
- [15.] E. H. Mamdani and S. Assilian. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *Int. J. of Man Machine Studies*, 7(1):1–13, 1975.
- [16.] Elo S.; Kääriäinen M.; Kanste O.; Pölkki T.; Utriainen K.; Kyngas H. (2014): Qualitative content analysis: A focus ont he trustworthiness SAGE Open Vol. 4. No. 1 PP1-10.

- [17.] European Comission (2021) Industry 5.0  
[https://msu.euramet.org/current\\_calls/documents/EC\\_Industry5.0.pdf](https://msu.euramet.org/current_calls/documents/EC_Industry5.0.pdf)  
 Letöltve: 2021.11.08.
- [18.] Eurostat: Key Figures on European Business 2023 Edition. ISBN 978-92-68-00402-9. European Union, 2023.
- [19.] Fogel, L. J.; Owens, A. J.; Walsh, M. J.: Artificial Intelligence through Simulated Evolution. New York: Wiley Publishing, 1966
- [20.] Freeman, R. E.: Strategic Management: A Steakholder Approach. Boston Pitman. 1984. Magyarul: in: Kindler J. – Zsolnay L.: Etika a gazdaságban. 3. fejezet, Keraban Kiadó, 1993.
- [21.] From industry X to Industry 6.0, Ant fragile manufacturing for people, planet, and profit with passion, Business Finland, AIF, White paper, (2015), Retrieved from [https://www.alliedict.fi/wp-content/uploads/2021/08/Industry-X-White-Paper-3.5.2021\\_Final.pdf](https://www.alliedict.fi/wp-content/uploads/2021/08/Industry-X-White-Paper-3.5.2021_Final.pdf) Letöltve: 2022.03.19.
- [22.] Gaur A.; Kumar M. (2018): A systematic approach to conducting review studies: An assessment of content analysis in 25 years of IB research. Journal of World Business Vol. 53. No 2. PP. 280-289.
- [23.] Gácsi Z. – Mertinger V.: Fémtan. Digitális Tankönyvtár. Elektronikus forrás:[https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_53\\_1\\_femtan/ch08s03.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_53_1_femtan/ch08s03.html) Megtekintés időpontja: 2019.10.03.
- [24.] Glaser B. G., Strauss A. (1967): The Discovery of Grounded Theory, Strategies for Qualitative Research, New York: Hawthorn
- [25.] Glaser, B. G. (1992): Basics of Grounded Theory Analysis, Emergence vs. Forcing, Mill Valley, CA: Sociology Press
- [26.] Gotfredsen, S. (2016). Bringing back the human touch: Industry 5.0 concept creating factories of the future. Retrieved from <http://www.manmonthly.com.au/features/bringing-back-the-human-touch-industry-5-0-concept-creating-factories-of-the-future/> . Letöltve: 2022.03.19.
- [27.] Graneheim U. H; Lindgren B. M.; Lundman B. (2017) Methodical challenges in qualitative content analysis: A discussion paper, Nurse Education Today Vol. 56. PP. 29-34.
- [28.] Griffin, M.A.; Neal, A. Perceptions of safety at work: A framework for linking safety climate to safety performance, knowledge, and motivation. J. Occup. Health Psychol. 2000, 5, 347–358.
- [29.] Hajtó N.: Acélok hőkezelése. Táncsics könyvkiadó, Budapest, 1964.
- [30.] Hanka L.: Application of the theory of stochastic processes and Monte-Carlo simulations for the analysis of the operation of charging stations for electric vehicles. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1237 : 1 pp. 1-17. Paper: 012002 , 17 p. (2022)
- [31.] Harel, G. H., & Tzafrir, S. (1999). The effect of human resource management practices on the perceptions of organizational and market performance of the firm. Human Resource Management, 38(3), 185-199.  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-050X\(199923\)38:3<185::AID-HRM2>3.0.CO;2-](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-050X(199923)38:3<185::AID-HRM2>3.0.CO;2-)
- [32.] Heath H., Cowley S. (2004): Developing a grounded theory approach: a comparison of Glaser and Strauss. International Journal of Nursing Studies 41. 141-150.
- [33.] Hebb, D. O.: The organisation of behaviour: a neuropsychological

- theory. New York: Science Editions, 1949,  
<https://doi.org/10.2307/1418888>
- [34.] Hornyacsek J.: A Tudományos Kutatás Elmélete és Módszertana. NKE. 2014. Budapest. 256 p. ISBN 978-615-5491-36-8
- [35.] Horváth D., Mitev A.: Alternatív Kvalitatív Kutatási Kézikönyv. Alinea Kiadó. 2015. Budapest. 393 p. ISBN 978-615-5303-82-1
- [36.] IFR - World Robotics Report (2016) [World Robotics Report 2016 - International Federation of Robotics \(ifr.org\)](https://www.ifr.org/) Letöltés: 2022.03.19.
- [37.] IFR - World Robotics Report (2016) [WR Industrial Robots 2016 \(ifr.org\)](https://www.ifr.org/) Letöltés: 2022.03.19.
- [38.] Johansson, H. (2017) Profinet Industrial Internet of Things Gateway for the Smart Factory. Master's Thesis in Embedded Electronic System Design, Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University Of Technology, University Of Gothenburg Gothenburg, Sweden 2017.
- [39.] Juhász P.: A szellemi tőke szerepe és megítélése a magyar vállalatok működésében. Műhelytanulmány, BCE Vállalatgazdaságtan Intézet. 2005. 29 p.
- [40.] Juhász P.: Az üzleti és könyv szerinti érték eltérésének magyarázata – vállalatok mérlegen kívüli tételeinek értékelési problémái, PhD értekezés. BCE Budapest 2004. 223 p.
- [41.] Karda L.: A kis- és középvállalatok stratégiai vezetése. PhD értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem. Sopron. 2009. 152 p.
- [42.] Kelemen-Erdős A., Mitev A. (2016): Holisztikus szolgáltatásélmény – vendég-utazás és kölcsönös értékteremtés dimenziói az art- és romkocsmák példáján, Marketing és Menedzsment 2016. 3-4. szám.
- [43.] Kelemen-Erdős A., Molnár A. (2019): Cooperation or Conflict? The nature of the collaboration of marketing and sales organizational units, Economics and Culture 16(1),2019.
- [44.] Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa, [https://www.ksh.hu/stadat\\_eves\\_2\\_1](https://www.ksh.hu/stadat_eves_2_1) Letöltés ideje: 2022.03.19.
- [45.] L. A. Zadeh. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Trans. on SMC, 1(1):28–44, 1973.
- [46.] Laáb Á.: Hogyan lehet értékelni a cégek kompetenciavagyonát Vezet i Számvitel módszertani füzetek, Complex Kiadó, 2009. október. 51-61 pp.
- [47.] László J.: Narratív Pszichológia. Pszichológia, 2008 (28), 4, pp 301-317.
- [48.] Litvaj, I., Ponisciakova, O., Stancekova, D., Svobodova, J., & Mrazik, J. (2022). Decision-Making Procedures and Their Relation to Knowledge Management and Quality Management. Sustainability, 14(1), 572.
- [49.] Litwin, G.; Stringer, R. Motivation and Organizational Climate; Harvard University Press: Cambridge, MA, USA, 1968; ISBN 087584071X.
- [50.] Maier, A. and Student. D. (2015) Industrie 4.0 [Digitale Revolution: Industrie 4.0 überfordert deutschen Mittelstand - manager magazin \(manager-magazin.de\)](https://www.manager-magazin.de/) Letöltés: 2022.03.19.
- [51.] Mallick, Z.; Kaleel, A. H.; Siddiqui, A. N.: An expert system for predicting the effects of noise pollution on grass trimming task using fuzzy modeling. International Journal of Applied Environmental



- Sciences, 2009, Vol. 4, No. 4, pp. 389-403
- [52.] Mamdani, E. H.: Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. In Proceedings of the institution of electrical engineers, 1974, Vol. 121, No. 12, pp. 1585-1588, <https://doi.org/10.1049/piee.1974.0328>
- [53.] Mamdani, E. H.; Assilian, S.: An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International journal of man-machine studies, 1975, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
- [54.] Meier D.: Wege zur erfolgreichen Teamentwicklung. SolutionSurfers. 2005. Schweiz. Luzern. 168 p. ISBN978-3-8334-8672-2
- [55.] Morrison, E.W.; Phelps, C.C. Taking charge at work: Extrarole efforts to initiate workplace change. Acad. Manag. J. 1999, 42, 403–419.
- [56.] Murray, M., Fitzpatrick, D. O., & Connell, C. (1997). Fishermen's blues: Factors related to accidents and safety among new foundland fishermen. Work & Stress, 11, 292-297. <http://dx.doi.org/10.1080/02678379708256842>
- [57.] Nahalka I. (2002): Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 182p
- [58.] Német E.: Acélok és nemvasfémek hőkezelése a gyártástechnológiában. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [59.] Organ, D.W.; Podsakoff, P.M.; MacKenzie, S.B. Organizational Citizenship Behavior: Its Nature, Antecedents, and Consequences; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA, 2006.
- [60.] Ostroff, C.; Schmitt, N. Configurations of Organizational Effectiveness and Efficiency. Acad. Manag. J. 1993, 36, 1345–1361.
- [61.] Pakucs J. – Papanek G. (szerk.) (2006): Innováció Menedzsment Kézikönyv, Magyar Innovációs Szövetség, Bp. 2006. 233 p.
- [62.] Paschek D., Mocan A. and Draghici A. (2017) Industry 5.0 – The expected impact of next industrial revolution [https://www.researchgate.net/publication/336653504\\_The\\_Next\\_Industrial\\_Revolution\\_Industry\\_50\\_and\\_Discussions\\_on\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/336653504_The_Next_Industrial_Revolution_Industry_50_and_Discussions_on_Industry_40)  
Letöltve: 2021.11.08.
- [63.] Patay I.: Hozzászólás a tudományról, felsőoktatásról folyó vitához. Gazdálkodás 51. évf. I. szám 75-78 pp.
- [64.] Pokorádi L.: Monte-Carlo Szimuláció alkalmazása a légi közlekedés környezeti hatásainak elemzésére. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés. Budapest. 2014. augusztus 25-27. pp 246-250.
- [65.] Pokorádi L.: Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen. 2008.
- [66.] Pritchard, R.D.; Karasick, B.W. The effects of organizational climate on managerial job performance and job satisfaction. Organ. Behav. Hum. Perform. 1973, 9, 126–146.
- [67.] Rada, M. (2015) INDUSTRY 5.0 - from virtual to physical, 1 December 2015, <https://www.linkedin.com/pulse/industry-50-from-virtual-physical-michael-rada>, Accessed on 1 June 2017. Letöltve: 2022.03.19.
- [68.] Rendall, M. (2017). The New Terminology: CRO and Industry 5.0. Retrieved from <https://www.automation.com/automation-news/article/the-new-terminology-cro-and-industry-50>. Letöltve: 2022.03.19.

- [69.] Robert S. Kaplan – David P. Norton: Strategy Maps. Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes. Harvard Business School Publishing Corporation. 2004. 512 p.
- [70.] Rodrigo, B., & Grimm, C. M. (2010). Impact of motor carrier Firms' financial performance on safety performance. *Transportation Journal*, 49(4), 42-51.
- [71.] Rundmo, T. (2000). Safety climate, attitudes and risk perception. *Safety Science*, 34, 47-59. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00006-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00006-0)
- [72.] Rundmo, T., & Hale, A. R. (2003). Managers' attitudes toward safety and accident prevention. *Safety Science*, 41, 557-574. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00091-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00091-1)
- [73.] Ruspini, E.; Bonissone, P.; Pedrycz, W. (Eds.): Handbook of fuzzy computation. CRC Press., 2020, ISBN 978-0-7503-0427-6
- [74.] Sachsenmeier, P. (2016). Industry 5.0—The Relevance and Implications of Bionics and Synthetic Biology. *Engineering*, 2(2), 225-229.
- [75.] Saeid N. (2019), Industry 5.0—a human-centric solution, *Sustainability* <https://doi.org/10.3390/su11164371> Letöltve: 2022.03.19.
- [76.] Salamonné Huszti A.: Jöv kép és stratégiaalkotás. Kossuth Kiadó. Budapest. 2000. 208 p.
- [77.] Schneider, B.; Bartlett, C.J. Individual Differences and Organizational Climate: I. The Research Plan and Questionnaire Development. *Pers. Psychol.* 1968, 21, 323–333.
- [78.] Schneider, B.; Ehrhart, M.G.; Macey, W.H. Organizational Climate and Culture. *Annu. Rev. Psychol.* 2013, 64, 361–388.
- [79.] Schneider, B.; Reichers, A.E. On the etiology of climates. *Pers. Psychol.* 1983, 36, 19–39.
- [80.] Sochen, J. (1972). *The Unbridgeable Gap: Blacks and their Quest for the American Dream*. Chicago, IL: Rand McNally.
- [81.] Strauss A. L., Corbin J. (1990): *Basic of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. Sage. Newbury Park.
- [82.] Sugeno, M.; Yasukawa, T.: A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 1993, Vol. 1, No. 1, pp. 7-31, <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.1993.390281>
- [83.] Sulcaj G. K., Kokthi E., Kelemen-Erdős A. (2021): Circular Pathways Influential Factor in Albania through Green Products Approximation. *Acta Polytechnica Hungarica*. Vol. 18, No. 11, 2021.
- [84.] Sveiby K-E.: *The Intangible Assets Monitor*. (online letöltés: 2012. január 15.) <http://www.sveiby.com/articles/companymonitor.html>
- [85.] Szlávik J.: *A vállalatok társadalmi felelősségvállalása*, Complex Kiadó Jogi és Üzleti Tartalomszolgáltató Kft. Budapest, 2009. 292 p.
- [86.] Szokolszky Á. (2006): *Kutatómunka a pszichológiában: gyakorlatok*. Bölcsész Konzorcium. 2006. Budapest.
- [87.] Takács-György K; Takács I: *Global Challenges and Local Answers by the SMEs in the North Hungarian Region – Role of Strategic Thinking*. The International Conference Small and Medium Sized Enterprises in a Globalized World, 5th Edition. Conference Proceedings. 7-19 pp.
- [88.] Tan-Wilhelm, D., Witte, K., Liu, W. Y., Newman, L. S., Janssen, A., Ellison, C., Yancey, A., Sanderson, W., & Henneberger, P. K. (2000). Impact of a worker notification program: assessment of attitudinal and behavioural outcomes. *American Journal of Industrial Medicine*, 37,

- 205-213.
- [89.] Többváltozós statisztika – Debreceni Egyetem. weboldal: [https://psycho.unideb.hu/statisztika/pages/p\\_2\\_9.html](https://psycho.unideb.hu/statisztika/pages/p_2_9.html) Letöltés ideje: 2023.04.08.
- [90.] Tuskó L. – Végvári F.: Anyagvizsgálat. Kecskeméti Főiskola, GAMF, Kecskemét, 1997.
- [91.] Végvári F.: Fémek Anyagok. Kecskeméti Főiskola, GAMF, Kecskemét, 1998.
- [92.] World Economic Forum: Future of Jobs Report., Insight Report 2023. május (online letöltés: 2024. augusztus 12.) [www.weforum.org](http://www.weforum.org)
- [93.] Zadeh, L. A.: Fuzzy sets. In Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh, 1996, pp. 394-432
- [94.] Zadeh, L. A.: Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics, 1973, No. 1, pp. 28-44, <https://doi.org/10.1109/TSMC.1973.5408575>
- [95.] Zimmermann, H. J.; Zysno, P.: Latent connectives in human decision making. Fuzzy sets and systems, 1980, Vol. 4, No. 1, pp. 37-51, [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(80\)90062-7](https://doi.org/10.1016/0165-0114(80)90062-7)
- [96.] Zohar, D. Safety climate in industrial organizations: Theoretical and applied implications. J. Appl. Psychol. 1980, 65, 96–102.
- [97.] Zohar, D. Thirty years of safety climate research: Reflections and future directions. Accid. Anal. Prev. 2010, 42, 1517–1522.
- [98.] Zohar, D.; Hofmann, D.A. Organizational Culture and Climate. In The Oxford Handbook of Industrial and Organizational Psychology; Kozlowski, S.W.J., Ed.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2012; pp. 643–666.

#### A témában megjelent saját publikációk:

- [HM1] M. Hugyi, I. Takács, “Aspects of the developing process organization and handling changes in the automotive industry –enhancing risks and safety principles,” *REVISTA ACADEMIEI FORTELOR TERESTRE / LAND FORCES ACADEMY REVIEW*, vol. 115, no. 3, pp. 413–420, 2024.
- [HM2] M. Hugyi, “A minőség- és változásmenedzsment kihívásai,” *MAGYAR MINŐSÉG*, vol. 31, no. 12, pp. 19–30, 2022.
- [HM3] M. Hugyi, “Quality assurance of the production process parameters with help of statistical methods in the automotive industry using the monte-carlo method,” *BIZTONSÁGTUDOMÁNYI SZEMLE*, vol. 4, no. 4, pp. 15–25, 2022.
- [HM4] M. Hugyi, “Ensuring quality of the heat-treatment process with the help of statistical methods,” in *Mérnöki Szimpózium a Bánkin Előadásai : Proceedings of the Engineering Symposium at Bánki (ESB2021)*, 2022, pp. 69–75.
- [HM5] M. Hugyi, “A láthatatlan vagyonelemek szerepének vizsgálata a KKV szektorban – egy felmérés tükrében,” in *Zöld gazdaság és versenyképesség? [elektronikus dok.]: XIII. Nemzetközi Tudományos Napok eladásai[!előadásai] és poszterei = Green economy and*

*competitiveness? : 13th International Scientific Days : presentations and posters of scientific days = Grüne Ökonomie und Wettbewerbsfähigkeit? : XIII. Internationale Wissenschaftliche Tagung : Vorträge und Poster der wissenschaftlichen Tagung, 2012, pp. 749–757.*

- [HM6] K. Kisari, L. A. Csapó, M. Hugyi, and I. Takács, “A vállalatok átállási hajlandósága a felhő technológián alapuló szolgáltatásokra,” in *Vállalkozói és gazdasági trendek a Kárpát-medencében. 1-3. kötet*, 2012, pp. 89–102.
- [HM7] M. Hugyi and G. K. Takácsné, “A kkv szektor stratégiájának vizsgálata egy felmérés tükrében,” *ACTA CAROLUS ROBERTUS*, vol. 1, no. 2, pp. 57–68, 2011.
- [HM+] Hugyi M, Hanka I, Takács I, : *Acta Polytechnica Hungarica: Essence of the fuzzy model concerning developing technical-production processes in the automotive industry enhancing principles of the risks and effectiveness, elfogadás alatt!*

## TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. Kérdőíves felmérés meta adatai
2. Cronbach  $\alpha$
3. TM-re vonatkozó  $\beta$  értékek
4. Általánosságban az ipar 4.0-ról, magyarországi helyzetkép
5. Változások hatásai a menedzsment folyamatokra; ipar 4.0-5.0 interpretációja a humán erőforrás szemszögéből, annak előnyeire fordítva
6. Kvalitatív kutatás eredményei
7. Variancia analízis
8. Mean Square (Variancia)
9. Variancia analízis (Minitab alkalmazásával)
10. Variancia analízis
11. Mean Square
12. Variancia analízis

## ÁBRAJEGYZÉK

1. ScienceDirect publikáció találatok „Industry 4.0 és 5.0” keresőszóra
2. Szelepnyitás a főtengely-pozíció függvényében
3. Vezérműtengely beépülésének részlete
4. Vezérlőbűtykök alaptípusai
5. Vas (Fe) – Szén (C) állapotábra
6. Nedvescsiszolás szerkezeti felépítése
7. Csiszolás művelete közben
8. Differentiált szövetszerkezetek
9. Elnyűtt, ill. a „bolyhosabb” (hatékonyabb) szövetszerkezet
10. A megmunkálással deformált réteg és az ép mikroszerkezet
11. Nem-megfelelő edzési profil
12. Megfelelő és nem-megfelelő edzési profilok
13. Vickers lenyomata
14. Keménységmérés értékek (Vickers) tűrésben
15. Visszahűtés fázisai és a kialakuló szövetszerkezetek
16. Szövetszerkezet átalakulása (50x nagyítás)
17. Differenciált hűtésáramlással kialakult szövetszerkezetek (1000x nagyítás)
18. a tudás esszenciája a tudásalapú vállalati érték(elés)ben
19. Cronbach-alfa képlete
20. A foglalkoztatottak számának, nemzetgazdasági ágak szerinti változásának aránya (%) Magyarországon, 2020. évi adatok, a 2009-2019. év átlagához viszonyítva
21. Fuzzy következtetési rendszer felépítése
22. Intervallum diagram
23. Maradékok elemzése
24. R-négyzet (R-sq) számítása
25. S-négyzet számítása
26. Regressziós vizsgálat (Minitab alkalmazásával)
27. Maradékok (residuals) elemzése
28. Intervallum diagram
29. Maradék elemzése
30. Regressziós vizsgálat (Minitab alkalmazásával)

31. Maradékok (residual) elemzése
32. Illeszkedésvizsgálat Kolmogorov-próba alapján, nullhipotézis vizsgálata
33. Egyenletes eloszlásfüggvény
34. Keménységmélységi intervallumok alakulása az adott mélységek (mm) gyakoriságainak tükrében a 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban
35. Keménységmélységi intervallumok alakulása az adott mélységek (mm) gyakoriságainak tükrében a 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban, OK-NOK megjelöléssel
36. Keménységmélységi intervallumok alakulása az adott mélységek (mm) gyakoriságainak tükrében a 100 kísérletből álló megfigyelés sorozatban, OK: 100%, NOK: 0%
37. A vizsgált gyártógép működésének FIS-fa modellje
38. FIS1 szabálykövetkeztetése
39. Centroid defuzzifikációs módszer
40. A különböző defuzzifikációs módszerek jelentése (LOM, MOM, SOM)
41. FIS2 szabálykövetkeztetése
42. FIS3 szabálykövetkeztetése
43. A FIS1 vezérlő (kontroll) felülete
44. A FIS2 vezérlő (kontroll) felülete
45. A FIS3 vezérlő (kontroll) felülete
46. A FIS-fa modell kapcsolatainak vezérlőfelülete (U-I-NHD)
47. Az I és U hatásainak összehasonlítása (forrás: saját szerkesztés)
48. A hűtővíz mennyiségének hatása (liter/perc)
49. A frekvencia hatásai (kHz)
50. A vizsgált tényezők szintetizálása, avagy út az ipar 5.0 esszenciájáig

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném kifejezni őszinte hálámat azoknak, akik támogattak ennek a dolgozatnak a megírásában. Az elmúlt közel négy év sok tapasztalatot és ismeretet hozott az életembe.

Úgy érzem, sokat kaptam mind szakmailag, mind emberileg is. Külön köszönöm az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola tanárainak és munkatársainak támogató hozzáállásukat.

Hálás vagyok témavezetőmnek, Prof. Dr. Takács István tanár Úrnak, aki első perctől kezdve lelkesített és tanácsaival terelgetett, hogy elkészülhessem ezen disszertáció. Sokat köszönhetek kedves feleségének, Dr. Takácsné Prof. Dr. György Katalin tanárnőnek, aki a doktori képzést megelőzően is már támogatásával segített engem.

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Hanka László tanár Úrnak, aki inspirálta és szintén segítette e dolgozatom elkészültét.

A téma gyakorlati oldalához nyújtott segítséget az autóiipari vállalatoknak szeretném megköszönni.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni családom és párom támogatását és türelmét, hogy a nehézségek ellenére rendületlenül támogattak ezen út során.